

## Rutubete dayanıklı P5 tipi yonga levhaların bazı özellikleri üzerine melamin üre formaldehit (MUF) reçinesinin etkisi

Mehmet Erdal Kara<sup>a,\*</sup> 

**Öz:** Bu çalışmada, yonga levhaların su ve neme karşı direnç özelliklerini iyileştirmek için özel olarak üretilen melamin üre formaldehit (MUF) reçinesinin etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla hazırlanan yonga taslağının tam kuru yonga ağırlığına oranla üst tabakada %13, orta tabakada dört farklı oranda (%9,5, %10, %10,5, %11) katı madde içeriği %62 olan MUF reçinesi ilave edilmiştir. Daha sonra yonga taslakları 195±5 oC sıcaklık, 30 kg/cm<sup>2</sup> basınç ve 5 dakika hidrolik deney presinde preslenerek 550x550x19 mm ebatlarında 650 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda P5 tipi üç tabakalı deney örnekleri üretilmiştir. Deney örneklerinin çekme direnci testi (TS-EN 319), kaynatma sonrası çekme direnci (TS EN 1087-1), kalınlık artışı ve su emme testi (TS-EN 317), serbest formaldehit testi (TS EN 12460-5) standardına göre test edilmiştir. Test sonuçları kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında özel olarak sentezlenen MUF reçinesinin yonga levhaların test edilen tüm özellikleri üzerine olumlu yönde belirgin bir etkisi olduğu anlaşılmıştır. Buna göre, kaynatma öncesi ve sonrası en yüksek çekme direnci değerlerine sırasıyla %13 ve %55 artış ile %11 oranında tutkal kullanılan A4 deney örneklerinde, kalınlık artışı ve su emme özelliklerinde en iyi sonuçlara ise sırasıyla %15 ve %7 düşüş gösteren %10,5 oranında tutkal kullanılan A3 deney numunelerinde görülmüştür. Serbest formaldehit değerlerinde en düşük değerlere %23 oranında düşüş görülen %10,5 oranında tutkal kullanılan A3 deney örneklerinde tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda P5 tipi yonga levhaların standartlarda belirtilen limit değerleri sağlaması açısından MUF reçinesi kullanım oranının önemli bir faktör olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yonga levha, MUF reçinesi, Rutubet, Yoğunluk, Mekanik ve fiziksel özellikler

## Effect of melamine urea formaldehyde (MUF) resin on some properties of moisture resistant P5 type particle boards

**Abstract:** In this study, the effect of specially produced melamine urea formaldehyde (MUF) resin was investigated to improve the water and moisture resistance properties of particle boards. For this purpose, MUF resin with a solids content of 62% was added at a ratio of 13% in the top layer and four different ratios (9.5%, 10%, 10.5%, 10.5%, 11%) in the middle layer to the full dry chip weight of the prepared particleboard. Then, the chip drafts were pressed at 195±5 °C temperature, 30 kg/cm<sup>2</sup> pressure and 5 minutes in a hydraulic test press to produce P5 type three-layer test specimens with 550x550x19 mm dimensions and 650 kg/m<sup>3</sup> density. The test specimens were tested according to tensile strength test (TS-EN 319), tensile strength after welding (TS EN 1087-1), thickness swelling and water absorption test (TS-EN 317), free formaldehyde test (TS EN 12460-5). When the test results were compared with the control samples, it was understood that the specially synthesized MUF resin had a significant positive effect on all tested properties of the particle boards. Accordingly, the highest tensile strength values before and after boiling were observed in A4 test samples using 11% glue with 13% and 55% increases respectively, while the best results in terms of thickness swelling and water absorption properties were observed in A3 test samples using 10.5% glue with 15% and 7% decreases, respectively. The lowest values in free formaldehyde values were found in A3 test specimens with 10.5% glue, which showed a 23% decrease. As a result of the research, it was understood that the rate of use of MUF resin is an important factor for P5 type particleboards to meet the limit values specified in the standards.

**Keywords:** Particleboard, MUF resin, Humidity, Density, Mechanical and physical properties

### 1. Giriş

Yonga levhanın tanımı üzerine araştırmacılar tarafından pek çok tanım yapılmıştır. Yonga levha, farklı odun türlerinden elde edilen yongaların termoset bir yapıştırıcı ile yüksek sıcaklık ve basınç altında üretilen, mobilya ve binaların farklı alanlarında kullanılan kompozit bir malzemedir (Juslin ve Lintu, 1997). Yonga levha endüstrisinde odun, orman atıkları, yıllık bitkiler, sanayi artığı (kapak, çıtalar, testere talaşı, planya talaşı) maddeler kullanılmaktadır. Yonga levhalar kullanım yeri, üretim

yöntemleri, yoğunluk vb. değişik parametrelere göre sınıflandırılmaktadır (Göker, 2000). TS EN 312 (2012) standardına göre yonga levhalar kullanım şartlarına uygun olacak şekilde P1, P2, P3, P4, P5, P6 ve P7 olarak 7 sınıfa ayrılmıştır. P5, yüksek boyutsal kararlılık ve sağlamlık ile kuru ve nemli koşullar altında yük taşıyıcı panel olarak tercih edilmektedir. Suya ve neme karşı standart yonga levhalara göre daha yüksek mukavemet gösteren bu levhalar üretim aşamasında özel işlemlerden geçirilir. Bu işlemler arasında, yüksek yoğunluk, suya ve neme dayanıklı melamin içerikli reçine kullanımının yanı sıra yeşil renkli boyalar kullanılır.

✉ <sup>a</sup> İnönü Mahallesi, Alparsalan Türkeş Bulvarı, Altınşehir Sitesi, No: 7/68, 37100, Kastamonu, Türkiye

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): erdal.kara7581@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 08.11.2024, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.04.2025



**Citation** (Atıf): Kara, M.E., 2025. Rutubete dayanıklı P5 tipi yonga levhaların bazı özellikleri üzerine melamin üre formaldehit (MUF) reçinesinin etkisi. Turkish Journal of Forestry, 26(2): 168-174.  
DOI: [10.18182/tjf.1581850](https://doi.org/10.18182/tjf.1581850)

Yeşil renkli boyalar, genellikle suntaların yüzeyine uygulanarak su ve nem gibi dış etkenlere karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlar. Çevre dostu olup, düşük VOC (uçucu organik bileşikler) içeriğine sahiptirler. Bu nedenle suya dayanıklı yüzeyler oluşturulabilir. P5 sınıfı suya dayanıklı yeşil sunta üretiminde kullanılan yeşil boya, genellikle epoksi veya akrilik reçineler, yeşil pigmentler, antifungal ve antibakteriyel ajanlar, UV stabilizatörleri ve koruyucu kimyasallar içerir. Boyaların içeriği, boya ve üreticiye bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Görgülü Orman Ürünleri, 2024). Şekil 1'de P5 yeşil sunta örneği gösterilmiştir.

Dünyada yonga levha üretimi 2020 yılında 100 milyon m<sup>3</sup>'ü aşmış bulunmaktadır (FAOSTAT, 2020). Türkiye, 2020 yılı itibarıyla dünya yonga levha üretiminin %6,5'ünü gerçekleştirmiştir. Türkiye'de ahşap esaslı levha sektöründe son yıllarda artan yatırımlarla tesislerin toplam kurulu kapasitesi 2023 yılı itibarıyla 16.329.280 m<sup>3</sup>/yıl'a ulaşmıştır (Yomsad, 2021). Yonga levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri hammadde türü, reçine ve katkı maddelerinin özellikleri ile üretim şartlarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle yonga levhaların üretim şartlarının çok iyi takip edilmesi gerekir. Özellikle yük taşıma gerektiren inşaat uygulamaları, banyo panelleri ve mutfak projelerinde üretilen formaldehit (UF) tutkalı yeterli mekanik direnç özelliği gösterse de özellikle su ve neme karşı daha fazla direnç gösteren melamin formaldehit (MF) ya da melamin katkılı melamin üre formaldehit (MUF) reçineleri tercih edilmektedir (Özlüsoy ve İstek, 2018). Yonga levhaların su ve neme karşı dayanımını iyileştirmek için, polimerik izosiyanat veya MUF reçineleri tercih edilmektedir (Silva vd., 2014). MF tutkallarının rutubete ve suya karşı oldukça dirençli olmaları nedeniyle kontrplak ve yonga levha üretiminde bağlayıcı olarak kullanıldığı bilinmektedir (Demirkır vd., 2005). MUF tutkalının MF tutkalından daha ekonomik, suya karşı direnç açısından MF tutkalının daha güçlü olduğu vurgulanmıştır (Pizzi, 1983). Pan vd. (2007) yonga levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine yaptığı çalışmada tutkal kullanım artışına bağlı olarak levhaların mekanik direnç özelliklerinin iyileştiğini belirtmiştir. Young ve Kim (2007) yonga levha üretimlerinde MUF ve UF tutkalı ile yaptıkları araştırma sonucunda MUF tutkalı ile daha iyi mekanik özellikler, boyutsal kararlılık ve serbest formaldehit değerleri elde etmişlerdir. Hse vd. (2008) formaldehitin üre ve melamine molar oranı (F/U/M) farklı MUF reçinesi ile yaptıkları çalışmada melamin içeriğinin artması ile daha hızlı jel süreleri sonucu yonga levhaların çekme direncinde artışa, kalınlık artışı, su emme ve formaldehit değerlerinde ise düşüşe yol açtığını belirtmişlerdir. Saldanha ve Iwakiri (2009) yaptıkları çalışmada kalınlıkça şişme değerinin kullanılan tutkal türü ve özellikleri ile bağlantısı olduğunu ifade etmişlerdir. Zhang vd. (2013) düşük oranda melamin katılmış UF tutkalı ve melamin katılmamış UF tutkalı ile üretilen kontrplaklara göre daha yüksek yapışma direnci ve daha düşük serbest formaldehit değeri elde edilmiştir. Nemli ve Akbulut (2004) yaptıkları çalışma ile UF tutkalına melamin ilavesinin yonga levhanın mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma ile melamin reçinesinin kimyasal reaksiyonundaki bağ yapısından dolayı açığa çıkabilecek serbest formaldehit değerinin azaldığı, UF reaksiyonunda oluşan melamin içerikli bağlar nedeniyle mekanik ve fiziksel özelliklerinin iyileştiğini belirtmiştir. Kara, (2018) nano ürünlerle modifiye ettiği MUF ve fenol formaldehit (FF) reçinelerinin lamine malzemelerin mekanik ve fiziksel

özellikleri üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışma sonunda optimum değerlere MUF reçinesi ile üretilen deney örneklerinde tespit etmiştir. Özçifçi vd. (2017) yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine tutkal ve parafin artışının önemli bir etkisinin olduğunu belirtmiştir. Iswanto vd. (2014) yonga levha üretiminde reçine türü, pres sıcaklığı, pres basıncı, presleme süresi gibi parametreler levhanın kalitesini etkileyen önemli faktörler olduğunu açıklamıştır. Doğan ve Kaymakçı (2023) melamin içeriği %0, 2,5, %5, %15, %20 olan MUF tutkalı ile farklı yoğunluklarda elde ettikleri yönlendirilmiş yonga levhalarda (OSB) en iyi sonuçlara melamin içeriği %15-20 olan ve yüksek yoğunluklu deney örneklerinde tespit etmişlerdir. Ayrıca F/U mol oranı düşük tutkallarla üretilen deney gruplarının formaldehit emisyonu değerlerinin daha düşük sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Şahin ve Çavdar (2019) MUF ve izosiyanat tutkalları ile yaptıkları benzer çalışmada kalınlık artışı değerlerinin standartta belirtilen limit değerden (%14) düşük olduğunu belirtmişlerdir. Güler vd. (2016) yaptıkları araştırma sonunda nemli ortamlarda ve yüksek mekanik direnç özellikleri istendiğinde MUF tutkalının tercih edilmesinin daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Yapı ve mobilya sektöründe mekanik özellikleri ve boyutsal kararlılıklar bakımından literatürde kuru ve nemli ortamlar için farklı oranlarda melamin ihtiva edilen MUF reçinelerinin kullanıldığı rapor edilmiştir. Bu çalışmada MUF reçinesinin suya ve neme dayanıklı yüksek yoğunluklu P5 kalite TS EN 312 (2012) yonga levhaların mekanik, fiziksel ve teknolojik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla %23 melamin katkılı MUF reçinesi özel olarak sentezlenerek kuru yongaya oranla dört farklı oranda (%9,5, %10, %10,5 ve %11) yonga taslağının orta tabakasına ilave edilerek standartlara uygun optimum tutkal kullanım oranı tespit edilmiştir. Deney örneklerinin kaynatma öncesi ve sonrası çekme direnci, kalınlık artışı ve su emme ile serbest formaldehit özellikleri tespit edilerek kontrol örnekleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. P5 yeşil sunta örneği (Görgülü Orman Ürünleri, 2024)

Figure 1. P5 green chipboard sample (Görgülü Orman Ürünleri, 2024)

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal

**Hammadde:** Araştırmada hammadde olarak kullanılan karaçam (*Pinus nigra* A.) ve titrek kavak (*Populus tremula* L.) ağaç türlerinden elde edilen odun talaşı ve endüstriyel sanayi atığı olan piyasa talaşının boyutları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Boya pigmenti:** Yonga levhanın neme dayanıklı bir malzeme olduğunu belirtmek amacıyla %53 katı madde içeriğine sahip yeşil boya pigmenti kullanılmıştır.

**Reçine ve kimyasallar:** Deney numunelerinin üretiminde %23 melamin ihtiva eden 1,05 mol (%62 katı madde içeriği) oranına sahip MUF reçinesi kullanılmıştır. Sertleştirici olarak katı madde içeriği %20 olan Amonyum klorür ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) çözeltisi, su itici olarak katı madde içeriği %60 olan parafin emülsiyonu tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan odun talaşı ve kimyasallar Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi A.Ş.'den, boya pigmenti ise ticari olarak bir tedarikçiden temin edilmiştir. Kimyasallara ait özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

**Deney örneklerinin üretimi için hazırlanan üretim deseni** Çizelge 3'te verilmiştir.

**Deney levhalarının üretimi:** Deney levhalarının üretimi laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş olup, üretim aşamaları sırasıyla aşağıda verilmiştir.

**Tutkallama:** Reçine ve kimyasalların odun talaşına verilmesi özel olarak tasarlanmış karıştırıcı ve üzerindeki

pnömatik enjektörlerle yapılmıştır. İlk olarak tam kuru talaş ağırlığına oranla %0,8 parafin emülsiyonu verilmiştir. Daha sonra bir beher içerisine tam kuru talaş ağırlığına oranla yüzey tabakaya %13, orta tabakaya sırayla; %9,5, %10, %10,5, %11 MUF reçinesi alınmıştır. Sertleştirici olarak tutkala oranla orta tabakada %3 üst tabakada %0,5 Amonyum klorür ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) çözeltisi ve tam kuru talaş ağırlığına oranla orta tabakaya %0,1 boya pigmenti katılarak DLAP OS20 marka 2200 rpm mekanik karıştırıcıda 5 dakika karıştırılıp odun talaşına ilave edilmiştir.

**Yonga taslağının hazırlanması:** Tutkal ve diğer kimyasallar ile karıştırılmış ince formdaki piyasa talaşları alt ve üst yüzeyde, kaba formdaki odun yongaları orta tabakada olacak şekilde üç katlı yonga levha üretimine göre 550x550x300 mm hazırlama kabında elle serilerek gerçekleştirilmiştir.

**Presleme:** Presleme işlemi Alman menşei Bürkle marka hidrolik pres ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre yonga taslakları 195±5 °C sıcaklık, 30 kg/cm<sup>2</sup> basınçta 5 dakika boyunca preslenerek 550x550x19 mm ebatlarında 650 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta deney örnekleri elde edilmiştir.

**Yüzey işlemleri:** Deney örnekleri 20±2 °C ve 65±5 bağıl nemde 4-7 gün kondisyonlanma için bekletilmiştir. Daha sonra net kalınlık 18±0,1 mm olacak şekilde İtalyan menşei EMC Explorer 1100 marka zımpara makinesinde 80-100 kum zımpara bantları ile kalibre edilmiştir. Yonga taslaklarının preslenmesi ve elde edilen deney örneklerin test edilmesi Şekil 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Hammaddelerin boyutları

Table 1. Dimensions of raw materials

Hammadde türü	Yonga kalınlığı (mm)	Yonga eni (mm)	Yonga uzunluğu (mm)
Piyasa talaşı (yüzey tabaka)	0,15-0,3	0,5-1,0	0,15-1,5
Odun talaşı (orta tabaka)	0,4-1,0	1,0-5,0	5,0-25

Çizelge 2. Kimyasalların özellikleri

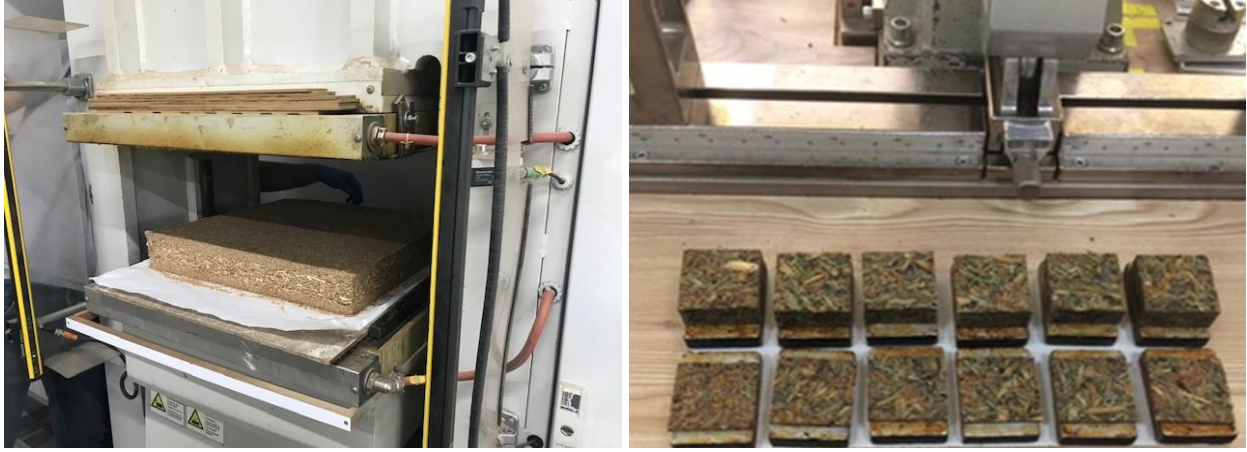
Table 2. Properties of chemicals

Kimyasal	Katı madde (%)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	pH	Akma zamanı (sn)	Mol oranı (Mr)	Melamin oranı (%)	Serbest for. oranı (% max.)
Tutkal (MUF)	62	1,297	9,09	50	1,05	23	0,10
Boya pigmenti (su bazlı)	53	1,300	8,80	33	-	-	-
Parafin emülsiyonu	60	0,950	9,50	12	-	-	-
Sertleştirici ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )	20	1,020	8,30	33	-	-	-

Çizelge 3. Üretim deseni

Table 3. Production design

Hammadde kullanım oranı (%)		Tutkal kullanım oranı (%)		Deney grupları
Yüzey tabaka	Orta tabaka	Yüzey tabaka	Orta tabaka	
35	65	13	9,5	A1 (Kontrol)
		13	10	A2
		13	10,5	A3
		13	11	A4



Şekil 2. Deney örneklerinin üretimi (Burkle pres)  
Figure 2. Production of test samples (Burkle press)

## 2.2. Yöntem

TS-EN 312 (2012) standartlarında uygun olarak her grup için 10 deney örneği üretilerek test edilmiştir. Deney örneklerinin mekanik özelliklerinden çekme direnci deneyleri İtalyan menşeli IMALPAL firmasına ait IBX600 üniversal test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kaynatma sonrası çekme dirençlerinin testleri TS-EN 1087-1 (1999) standardına göre yapılan kaynatma işleminden sonra gerçekleştirilmiştir. Fiziksel özellikleri belirlemek için test örnekleri hassas dijital terazi ve 1/20 hassasiyette kumpas yardımıyla ilk ve 24 saat sonraki değerleri ölçülerek kalınlık artışı ve su emme yüzdeleri belirlenmiştir. Teknolojik özelliklerinden serbest formaldehit içeriği perforatör yöntemi ile tespit edilmiştir TS EN 12460-5 (2016). Deney örnekleri üzerinde yapılacak testlere ait standartlar ile limit değerler Çizelge 4'te verilmiştir.

Araştırmada MUF reçinesinin kullanım oranının deney örneklerinin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi çok yönlü ANOVA analizi, faktörler arasındaki farklılıklar ise %95 güvenle DUNCAN testi ile belirlenmiştir.

## 3. Bulgular ve tartışma

Deney örneklerinin mekanik, fiziksel ve serbest formaldehit özellikleri üzerine MUF reçinesinin etkisinin araştırıldığı çalışmada test sonuçlarına ait ortalama değerler ve istatistiksel analizler Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 5'te verilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre tutkal verilme oranının deney örneklerinin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine olumlu yönde belirgin bir etkisinin ( $p < 0,05$ ) olduğu anlaşılmıştır. Yapılan DUNCAN testi sonuçlarına göre deney örneklerinin fiziksel ve mekanik değerleri arasında anlamlı farkların ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit edilmiştir.

## 3.1. Fiziksel özellikler

Deney numunelerinin fiziksel özelliklerinden kalınlık artışı ve su emme, teknolojik özelliklerden serbest formaldehit testlerine ait ortalama değerler Şekil 3 (a, b) ve Şekil 4'te verilmiştir.

Çizelge 5'e göre 24 saat kalınlık artışı değerleri üzerine tutkal kullanım oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN 312 (2012) standardında P5 sınıfı yonga levhalar için belirlenen üst limitin altında olduğu görülmüştür. Şekil 3 (a, b)'te verilen test sonuçlarından en düşük kalınlık artışı değerine %8,79 ile kontrol örneklerine göre %15 düşüş gösteren A3 deney örneklerinde görülmüştür. Su emme değerlerinde ise en düşük değerler %41,29 ile kontrol örneklerine göre %7 azalış gösteren A3 deney örneklerinde tespit edilmiştir. Test sonuçlarına göre tutkal kullanım oranı arttıkça kalınlık artışı ve su emme değerlerinde iyileşme görülmüştür. Bu durum kontrol örneğine göre tutkalın birim hacimde yongalar arasındaki bağ yapma kabiliyetinin artması dolayısıyla iç yapışmanın artması ile açıklanmıştır. Bu sayede serbest su moleküllerinin yonga ile teması güçleşmiş levhaların boyutsal kararlılıkları artmıştır. Elde edilen bulguların literatürde yapılan bir önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Nemli ve Akbulut (2004) yaptıkları çalışmada MUF reaksiyonunda oluşan melamin içerikli bağlar nedeniyle yonga levhanın kalınlıkça şişme değerlerini iyileştirdiğini belirtmiştir. Doğan ve Kaymakçı (2023) yaptıkları benzer çalışmada en düşük su emme ve kalınlık artışı değerlerine melamin içeriği yüksek MUF reçinesi ile üretilen deney örneklerinde tespit etmiştir. Young ve Kim (2007), Şahin ve Çavdar (2019) yaptıkları çalışmada, MUF tutkalı ile elde edilen örneklerin suya dayanımını arttırdığını ve standartlarda belirtilen değerlerden daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Hse vd. (2008) melamin içeriğinin artması ile yonga levhaların formaldehit değerlerinde düşüşten bahsetmiştir. Saldanha ve Iwakiri (2009) yaptıkları araştırma ile kalınlık artışının tutkal türü ve özellikleri ile doğrudan ilişkisi olduğunu belirtmiştir. Serbest formaldehit testine ait ortalama değerler Şekil 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Testlere ait standartlar ve limit değerler

Table 4. Standards and limit values of tests

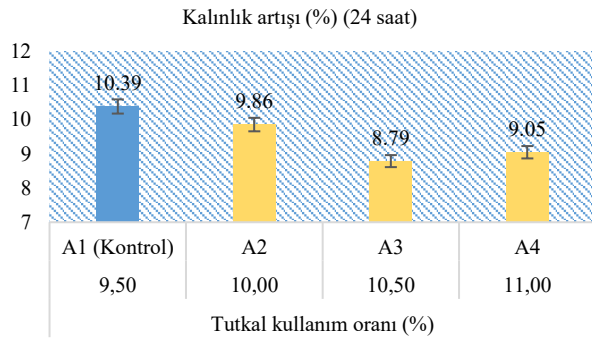
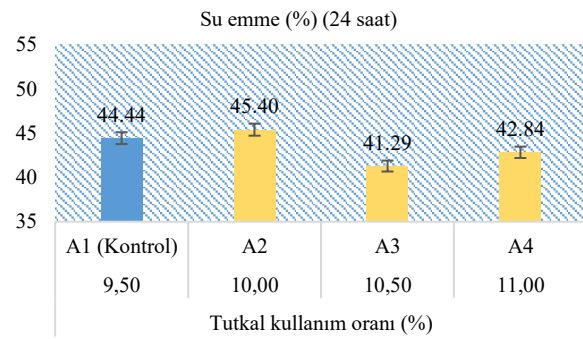
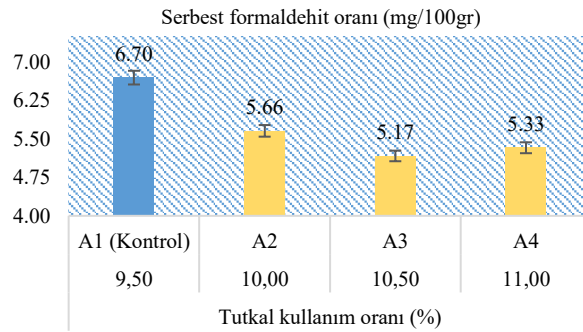
Mekanik ve fiziksel testler	Standart no	Örnek boyutları (mm)	Örnek sayısı	Limit değer (P5 tipi)
Çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> )	TS EN 319	50x50	10	≥ 0,45
Çekme direnci-kaynatma sonrası (N/mm <sup>2</sup> )	TS EN 1087-1	50x50	10	≥ 0,14
24 saat kalınlık artışı (%)	TS EN 317	50x50	10	max. 10
24 saat su emme (%)	TS EN 317	50x50	10	max. 45
Serbest formaldehit testi (mg/100gr)	TS EN ISO 12460-5	20x25 (150gr)	10	(E-1) ≤ 8

P5: Suya ve neme dayanıklı yonga levha

Çizelge 5. Test sonuçlarına ilişkin istatistiksel analizler

Table 5. Statistical analysis of test results

Mekanik ve fiziksel testler	Faktör tutkal oranı (%)	Deney grupları	Örnek sayısı	Ortalama	Standart sapma	p<0,05
Çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> )	9,5	A1: Kontrol	10	0,84 <sup>b</sup>	0,04	<b>0,001*</b>
	10	A2	10	0,94 <sup>a</sup>	0,04	
	10,5	A3	10	0,92 <sup>a</sup>	0,07	
	11	A4	10	<b>0,95<sup>a</sup></b>	0,04	
Çekme direnci (kaynatma sonrası) (N/mm <sup>2</sup> )	9,5	A1: Kontrol	10	0,09 <sup>c</sup>	0,01	<b>0,001*</b>
	10	A2	10	0,11 <sup>b</sup>	0,01	
	10,5	A3	10	0,12 <sup>b</sup>	0,01	
	11	A4	10	<b>0,14<sup>a</sup></b>	0,01	
Kalınlık artışı 24 saat (%)	9,5	A1: Kontrol	10	10,39 <sup>a</sup>	0,21	<b>0,007*</b>
	10	A2	10	9,86 <sup>ab</sup>	1,17	
	10,5	A3	10	<b>8,79<sup>c</sup></b>	1,32	
	11	A4	10	9,05 <sup>bc</sup>	0,55	
Su emme 24 saat (%)	9,5	A1: Kontrol	10	44,44 <sup>ab</sup>	1,15	<b>0,002*</b>
	10	A2	10	45,40 <sup>a</sup>	3,17	
	10,5	A3	10	<b>41,29<sup>c</sup></b>	1,18	
	11	A4	10	42,84 <sup>bc</sup>	1,73	
Serbest formaldehit oranı (mg/100gr)	9,5	A1: Kontrol	10	6,70 <sup>a</sup>	1,02	<b>0,003*</b>
	10	A2	10	5,66 <sup>b</sup>	0,87	
	10,5	A3	10	<b>5,17<sup>b</sup></b>	0,95	
	11	A4	10	5,35 <sup>b</sup>	0,65	

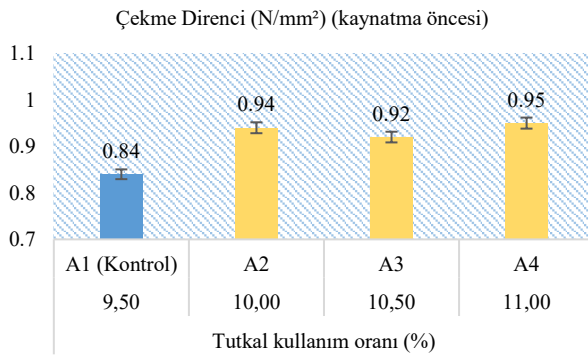
Şekil 3a. Kalınlık artışı ortalama değerler  
Figure 3a. Average values of thickness swellingŞekil 3b. Su emme ortalama değerler  
Figure 3b. Average values of water absorptionŞekil 4. Serbest formaldehit ortalama değerler  
Figure 4. Average values of free formaldehyde

Çizelge 5'e göre serbest formaldehit değerleri üzerine tutkal kullanım oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN ISO 12460-5 (2016) standardında E1 sınıfı için belirlenen üst limit değerin ( $E1 \leq 8$ ) altında olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4'te verilen test sonuçlarından en yüksek değerlere 6,7 mg/100g ile A1 kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. En düşük 5,17 mg/100gr ile kontrol örneklerine göre %23 düşüş gösteren A3 deney örneklerinde görülmüştür. Test sonuçlarından orta tabakada MUF reçinesinin artışına bağlı olarak formaldehit salınım değerlerinde belirgin düşüşler tespit edilmiştir. Bu durum melamin içeriğine sahip MUF tutkalının kimyasal reaksiyonunda bağ yapısı güçlendiğinden yongalar arası yapışma kabiliyetinin artışına neden olmuştur. Buna bağlı olarak serbest haldeki formaldehit yapılarının levha içinde kalması olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulguların literatürde yapılan önceki çalışmalarla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Doğan ve Kaymakçı (2023) yaptıkları araştırmada MUF tutkalının kimyasal reaksiyonundaki bağ yapısından dolayı açığa çıkabilecek serbest formaldehit oranının azalış gösterdiğini belirtmiştir. Aynı zamanda F/U mol oranı düşük reçinelerle üretilen örneklerin serbest formaldehit emisyonunun daha düşük sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir. Nemli ve Akbulut (2004) melamin reçinesinin kimyasal reaksiyonundaki bağ yapısından dolayı formaldehit bağlanmakta bu sayede açığa çıkabilecek serbest formaldehit oranının azaldığını belirtmiştir. Young ve Kim (2007), Zhang vd. (2013) ve Hse vd. (2008) MUF tutkalı ile yaptıkları çalışmalarda melamin içeriğinin artışına bağlı olarak serbest formaldehit değerinin düştüğünü belirtmişlerdir. Kara (2018) nano ürünle modifiye edilen MUF reçinesinin lamine malzemelerin serbest formaldehit emisyonu üzerine olumlu etkisinden bahsetmiştir.

### 3.2. Mekanik özellikler

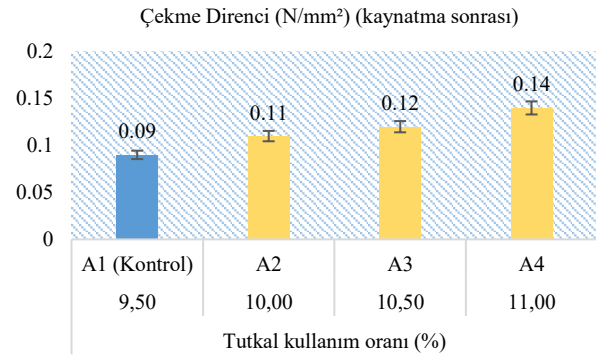
Deney örneklerinin mekanik özelliklerinden kaynatma öncesi ve sonrası çekme direncine ait ortalama değerler sırasıyla Şekil 5 (a-b)'de gösterilmiştir.

Çizelge 5'te çekme dirençleri üzerinde tutkal kullanım oranının istatistiksel olarak anlamlı etkisi görülmüştür. Test sonuçlarından tüm değerlerin TS EN 312 (2012) standardında P5 sınıfı için belirlenen üst limitin üzerinde olduğu görülmüştür. Şekil 5 (a, b)'ten de anlaşılacağı üzere en yüksek çekme direncine 0,95 N/mm<sup>2</sup> ile kontrol örneklerine göre %13 artış gösteren A4 deney numunelerinde görülmüştür. Kaynatma sonrası çekme direncinde en yüksek değer 0,14 N/mm<sup>2</sup> ile kontrol örneklerine göre %55 artış gösteren A4 deney örneklerinde tespit edilmiştir. Test sonuçlarından tutkal artışına bağlı olarak çekme direncinde artış olduğu ve literatürde yapılan önceki çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Pan vd. (2007), Özçifçi vd. (2017) yonga levhaların mekanik özellikleri üzerine tutkal artışının olumlu etkisinden bahsetmiştir. Young ve Kim (2007) melamin katkılı UF reçineleri ile üretilen yonga levhaların mekanik özelliklerinin iyileştiğini belirtmiştir. Hse vd. (2008) melamin içeriğinin artması ile daha hızlı jel sürelerinin elde edildiği ve bu durumun yonga levhaların çekme direncinde artışa yol açtığını belirtmiştir. Kara (2018) nano ürünle modifiye edilen MUF reçinesinin lamine malzemelerin çekme direnci üzerine olumlu etkisinden bahsetmiştir. Doğan ve Kaymakçı (2023) melamin içeriği yüksek MUF reçineleri ile üretilen (OSB)'lerin çekme direnci değerlerinde önemli artışlar olduğunu belirtmiştir. Güler vd. (2016) mekanik direnç özellikleri yüksek yonga levhalar istendiğinde MUF tutkalının tercih edilmesinin daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 5-a. Çekme direnci ortalama değerler (kaynatma öncesi)

Figure 5-a. Average values of tensile strength (before boiling)



Şekil 5-b. Çekme direnci ortalama değerler (kaynatma sonrası)

Figure 5-b. Average values of tensile strength (after boiling)

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada P5 sınıfı yonga levhaların mekanik, fiziksel ve teknolojik özelliklerini iyileştirmeye yönelik MUF reçinesinin etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda;

- P5 sınıfı yonga levhaların mekanik, fiziksel ve teknolojik özellikleri üzerine MUF reçinesi artışının olumlu yönde belirgin bir etkisi olduğu ve standartta TS EN 312 (2012) belirtilen limit değerleri karşıladığı anlaşılmıştır.
- Test sonuçları kontrol örnekleri ile karşılaştırılarak optimum değerlere ulaşılmıştır. Buna göre mekanik özelliklerde çekme direncinde %13, kaynatma sonrası çekme direncinde ise %55 artış görülmüştür. Fiziksel özelliklerde 24 saat kalınlık artışı ve su emme değerlerinde sırasıyla %15 ve %7 iyileşme tespit edilmiştir. Son olarak teknolojik özelliklerden formaldehit emisyon değerinde %27 düşüş gerçekleşmiştir.
- Çalışma ile elde edilen yonga levhaların tüm özellikler bakımından yüksek performans göstermesinde MUF reçinesinin özelliğinin ve kullanım oranının önemli bir etkisi olduğu anlaşılmıştır. Bu sayede standartlarda belirtilen limit değerlere yakın değerlerde ve istenilen özelliklerde yonga levhaların elde edilebileceği anlaşılmıştır.

Sonuç olarak yonga levhalar kendini temsil eden kontrol örnekleri karşılaştırıldığında MUF reçinesinin kullanım oranına bağlı olarak yonga levhaların mekanik, fiziksel ve teknolojik özelliklerinde iyileşmeler tespit edilmiştir. Bu doğrultuda yonga levhaların su ve neme karşı boyutsal kararlılıkları ve mekanik mukavemetlerini iyileştirmeye yönelik farklı reçine türleri ve kimyasallar ile yeni çalışmaların yapılması tavsiye edilmiştir.

#### Açıklama

Bu çalışmanın yapılmasında desteklerinden dolayı Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu Fabrikası yönetimine teşekkür ederim.

#### Kaynaklar

- Demirkır, C., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., 2005. Melamin üre formaldehit (MUF) ile üretilmiş okume kontrplakların bazı özelliklerine orta tabakada kullanılan ağaç türünün etkisi. Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 6(1-2): 94-101.
- Doğan, K., Kaymakçı, A., 2023. Melamin ve üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş yonga levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 25(3): 362-368. DOI: 10.24011/barofd.1295679FAOSTAT, 2020. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (accessed on 7 July 2020)
- Göker, Y., 2000. Değişik yöntemlerle üretilmiş yonga levhaların kullanım yerleri. Laminart Mobilya ve Dekorasyon ve Sanat ve Tasarım Dergisi, Sayı:7, İstanbul [org/faostat/en/#data/FO](http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO) (accessed on 7 July 2020)
- Görgülü Orman Ürünleri, 2024. <https://gorgulu.com.tr/urun/18-mm-neme-dayanikli-sunta/> (erişim tarihi: 08.11.2024)
- Güler, C., Altıntaş, B., Yüksek, A.K., 2016. Melamin ve üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş yonga levhaların bazı teknolojik özelliklerinin incelenmesi. Ormanlık Dergisi, 12(2): 143-152.
- Hse, C.Y., Fu, F., Pan, H., 2008. Melamine-modified urea formaldehyde resin for bonding particle boards. Forest Products Journal, 58(4)

- Juslin, H., Lintu, L., 1997. Responcesto changes in demand, supply of forest products through improved marketing. XI. World Forestry Congress, Antalya, Türkiye, ss 121-135.
- Iswanto, A.H., Azhar, I., Supriyanto, I., Susilowati, A., 2014. Effect of resin type, pressing temperature and time particle board properties made from sorghum bagasse. Agriculture, Forestry and Fisheries, 3(2): 62-66. doi: 10.11648/j.aff.20140302.12
- Kara, M.E., 2018. Nanoteknolojik ürünlerle modifiye edilen FF ve MUF tutkallarının odun kompozit malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi. Doktora tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük
- Kaymakçı, A., & Doğan, K. 2023. Melamin ve üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş yonga levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 25(3), 362-368. <https://doi.org/10.24011/barofd.1295679>
- Nemli, G., Akbulut, T., 2004. Üre formaldehit tutkalına melamin formaldehit ilavesinin yonga levhanın bazı özellikleri üzerine etkisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 54(1): 42-44.
- Özçifçi, A., Kara, M.E., Karakaya, B., Biçer, E., 2017. Yönlendirilmiş yonga levha (OSB)'nin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine tutkal ve parafın miktarının etkisi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(3): 52-60.
- Özlüsoy, İ., ve İstek, A., 2018. Sodyum karboksimetil selüloz Na-CMC takviyeli üre formaldehit tutkalının yonga levha özellikleri ve formaldehit emisyonuna etkisi. Türkiye Ormanlık Dergisi, 19(3): 317-322.
- Pan, Y. Zheng, R. Zhang, Jenkins B.M., 2007. Physical properties of thin particle board made from saline eucalyptus, Industrial Crops and Products, 26(2): 185-194.
- Pizzi, A., 1983. Wood Adhesives Chemistry and Technology.
- Silva, D.A.L., Lahr, F.A.R., Pavan, A.L.R., Saavedra, Y.M.B., Mendes, N.C., Sousa, S.R., Sanches, R., Ometto, A.R., 2014. Do wood-based panels made with agroindustrial residues provide environmentally benign alternatives? An LCA case study of sugarcane bagasse addition to particle board manufacturing. The International Journal of Life Cycle Assessment, 19(10): 1767-1778.
- Saldanha, L., Iwakiri, S., 2009. Effects of density and kind of resin in the properties of OSB of (Pinus taeda L.) Journal floresta, 39(3): 571-576.
- Şahin, H. İ., Çavdar, V., 2019. PMDI ilaveli melamin üre formaldehit (MUF) tutkalının yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(3): 1957-1968.
- TS EN 312, 2012. Yonga levhalar-özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga ve lif levhalar-su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 319, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN ISO 12460-5, 2016. Ahşap esaslı levhalar. formaldehit salınımın belirlenmesi. Bölüm 5: Ekstraksiyon (perforatör yöntemi).
- TS EN 1087-1, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar-kaynatma sonrası çekme dayanımı tayini. TSE, Ankara.
- Yomsad., 2021. Türkiye ahşap esaslı levha üretim, ithalat ve ihracat raporu. MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği, İstanbul.
- Young, B., Kim, Moon G., 2007. Evaluation of melamine modified urea formaldehyde resin as particle board binders. Journal of Applied Polymer Science, 106(6): 4148-4156.
- Zhang, J., Wang, X., Zhang, S., Gao, Q., Li, J., 2013. Effects of melamine addition stage on the performance and curing behavior of melamine-urea formaldehyde (MUF) resin. BioResources, 8(4): 5500-5514.