

Yonga Levha Üretiminde Tutkallama Öncesi ve Sonrası Parafin İlavésinin Levha Özellikleri Üzerine Etkisi*

The Effect of Paraffin Addition Before and After Gluing in the Particle Board Production on the Board Properties

 Hasan IŞIK¹,  Oktay GÖNÜLTAŞ¹

Özet

Yonga levha üretiminde levhaların rutubet dayanım özelliklerini iyileştirmek amacıyla parafin emülsiyonu kullanılmaktadır. Parafin endüstriyel yonga levha üretiminde mikser isimli tutkallama makinasında verilmektedir. Bu çalışmada mikser makinasında, veriliş sırasının değiştirilmesinin üretilecek olan yonga levha örneklerinin performans değerlerine etkileri araştırılmıştır. Parafin emülsiyonu, tutkallama öncesi ve sonrası dozajlanmıştır. Yonga levhalar, 18 mm kalınlıkta, 640 kg/m³ yoğunlukta, %32 dış tabaka yonga oranı, %68 orta tabakada yonga oranı olacak şekilde sürekli pres hattında 220 °C sıcaklıkta üretilmiştir. Üretilen levhaların fiziksel özelliklerini belirlemek için su alma ve kalınlığına şişme, mekanik özelliklerini belirlemek için eğilme dayanımı ve yüzeye dik çekme testleri yapılmıştır. Örneklerin formaldehit emisyon değerleri gaz analizi, desikatör ve perforatör metotları ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre parafinin tutkallama işlemi sonrası sisteme verilmesinin formaldehit emisyonu değerlerini desikatör metoduna göre %9.8, perforatör metoduna göre %7, gaz analizi metoduna göre %17.2 oranında düşürdüğü ortaya konulmuştur. Yüzeye dik çekme direnci tutkallama öncesi 0,52 N/mm², tutkallama sonrası 0,50 N7mm² olarak tespit edilmiştir. Parafinin veriliş sırasının değiştirilmesiyle levhaların fiziksel özellikleri olumsuz etkilenmiştir, ancak mekanik özelliklerde ise önemli bir değişiklik gözlemlenmemiştir.

Abstract

In particle board production, paraffin emulsion is used to improve the physical properties of the boards. Paraffin chemical is given in a gluing machine called a mixer in particle board production. In this study, the effects of changing the order of delivery in the mixer machine on the performance values of the chipboard samples to be produced were investigated. Paraffin emulsion was dosed before and after gluing. Particle boards were produced at 220 °C in a continuous press line with 18 mm thickness, 640 kg/m³ density, 32% surface layer chips ratio and 68% middle layer chips ratio. Formaldehyde emission of the produced boards, water absorption and swelling to the thickness to determine their physical properties, bending strength and internal bonding tests to determine their mechanical properties were carried out. According to the results obtained, it was revealed that the application of paraffin to the system after the gluing process reduced the formaldehyde emission values by 9.8% according to the desiccator method, 7% according to the perforator method, and 17.2% according to the gas analysis method. Internal bonding was determined as 0,52 N/mm² before gluing and 0,50 N/mm² after gluing. The physical properties of the boards were negatively affected by changing the paraffin feeding sequence, but no significant change was observed in the mechanical properties.

Anahtar Kelimeler: Parafin, Yonga levha, Üre formaldehit, Formaldehit emisyonu

Keywords: Paraffin, Particle board, Urea formaldehyde, Formaldehyde emissio

Geliş Tarihi: 02.11.2022, Düzeltme Tarihi: 21.11.2022, Kabul Tarihi: 22.11.2022

Adres: ¹Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Bursa

E-mail: hasan.isik@keas.com.tr

*Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi 19(2)'nde basılan makalenin düzeltme makalesi olarak yayımlanması uygun görülmüştür.

1. Giriş

Ahşap esaslı levhaları, yonga levha, yönlendirilmiş yonga levha, lif levha, lamine kaplama, ve kontrplak gibi ürünler olarak sınıflandırmak mümkündür (Hussain ve ark., 2018).

Yonga levha, lignoselülozik malzemelerden elde edilen yongaların sentetik veya biyobazlı tutkallar ile sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle üretilen daha büyük ve geniş ebatlardaki odun esaslı levhalardır (Gözalan, 2016). Ağaç türü, ekstraktif maddeler, permeabilite, odunun rutubet miktarı, odun özgül ağırlığı, yonga tipi ve geometrisi, kabuk kullanımı, presleme şartları, tutkalın türü ve uygulanma şartları, kullanılan katkı maddeleri yonga levhanın performans özelliklerini etkileyen faktörlerden bazılarıdır. Bunlara ilaveten levha üretiminde kullanılan katkı maddeleri, levhaların preslenmesi sırasında tutkalın sertleşme süresinin azaltılmasında, levhaya su iticilik özelliği kazandırılmasında, mantar ve böceğe karşı dayanıklılık sağlamak için kullanılabilir (Güller, 2009). Levha üretiminde kullanılan en yaygın reçineler üre formaldehit (UF), fenol formaldehit (FF) ve melamin formaldehittir (MF) tutkallarıdır. Bununla birlikte, üre formaldehit reçinesi diğer alternatiflere göre düşük maliyetlidir. Bu nedenle UF reçinesi daha çok tercih edilmektedir. UF reçinesi kullanmanın dezavantajlarından bazıları ise, üretilen panellerin yüksek formaldehit emisyonuna ve düşük su direncine sahip olmalarıdır (Özlüsoylu ve İstek, 2018). UF reçinesi içindeki reaksiyona girmemiş serbest formaldehit, yüksek sıcaklıkta preslemeden sonra bile ahşap panellerden yayılabilir. Ghani ve arkadaşları 0.85 F/U oranına sahip UF reçinesi ile yapılan tutkalın mukavemeti yaklaşık 1.1 F/U oranına sahip reçineden %20 daha düşük olduğunda F/U oranının olması gereken minimum limite ulaştığı sonucunu elde etmişlerdir (Ghani ve ark., 2018). Yonga levhalarda nem direncinin artırılması için, polimerik izosiyanat veya melamin üre formaldehit reçineleri kullanılmaktadır (Silva ve ark., 2014). Levhaların su alımına karşı direncini artırmak için parafin de kullanılabilir (Nemli ve ark., 2006). Parafin emülsiyonları ahşap esaslı malzemelerin üretiminde, tekstil endüstrisinde, seramik malzemeler, kağıt, karton gibi çeşitli yüzeylere hidrofobik özelliklerin yanı sıra doğal ve sentetik liflerden yapılmış kumaşlara su geçirmezlik kazandırmak için kullanılır. 25-35 °C'de katı olan parafin veya diğer lipitler içeren emülsiyonlar tipik olarak lipitin erime noktasının 5-10 °C üzerindeki bir sıcaklıkta bir stabilizatör içeren sulu bir fazda dağıtılarak hazırlanır. Parafin kimyasal erime noktasının altında bir sıcaklığa düşürüldüğünde faz ayrışmasına ve katı partiküllerin oluşmasına neden olabilmektedir. Parafin emülsiyonlarının hazırlanmasında ve bu emülsiyonların stabil bir

şekilde depolanmasını sağlamak amacıyla çeşitli, anyonik veya katyonik yüzey aktifleştiriciler sıklıkla kullanılmaktadır (Koroleva ve ark., 2017). İşlevi, ahşap yongalarını film tabakası ile kaplamak ve böylece su geçirmez hale getirmektir. Bir parafin emülsiyonu ilavesi, ahşabın hidrofilik yapısı nedeniyle levhaların boyutsal kararlılıklarını büyük ölçüde arttırmaktadır.

Chau ve ark. (2015) parafin ile muamele edilmiş çam odunu numunelerinin fiziksel özelliklerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre numunelerin boyutsal kararlılıklarının arttığı ve su alımı değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Iswanto ve ark. (2017) üre formaldehit tutkalı ile üretilen yonga levha numunelerini fiziksel özelliklerini geliştirmek amacıyla parafin, silikon ve palmye yağı kimyasalları ile işleme tabi tutmuşlardır. Su alma ve kalınlığına şişme değerlerinde iyileşme görülmüştür. Mujika-Garai ve ark. (2007) parafin emülsiyonlarını yonga levhaların suya karşı dayanıklılıklarını arttırmak için kullanmışlardır. Yüzey aktif madde sistemleri ile stabilize edilmiş parafin emülsiyonlarının kullanımı yonga levhaların fiziksel özelliklerini geliştirdiği gözlemlenmiştir.

Yonga levha üretiminde levhanın ıslak mukavemetini sağlamak amacıyla kullanılan parafin emülsiyonu mikserlerde önce yongayla buluşmaktadır. Daha sonrasında tutkal ve diğer kimyasallar verilmektedir. Bu aşamada parafinin içerisindeki yağ içeriğinden dolayı yongaların yüzeyinin ilk önce yağ ile kaplanmasından dolayı, daha sonra verilen tutkal ile yongaların bağ yapmasının engellenebileceği düşünülmektedir. Bu amaçla parafin kimyasalının tutkallamadan sonra verilerek tutkallanmış yongaların üzerinde bir kaplama oluşturarak ıslak mukavemeti ve tutkalın bağ yapma performansını iyileştireceği düşünüldüğünden dolayı bu çalışmanın yapılması planlanmıştır. Endüstriyel olarak üretilen yonga levhaların tutkallama aşamasında, mikserlere eklenen parafinin tutkallamadan önce ve sonra olmak üzere verilmiş sıralamasının levhanın fiziksel, mekanik ve formaldehit emisyon özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Üre formaldehit tutkalı ve odun yongaları Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den temin edilmiştir. Yonga levhaların üretilmesinde %60 çam odunu yongası, %20 meşe yongası, endüstriyel atık sınıfına giren %10 piyasa talaşı ve %10 kavak kapak çıtasından elde edilen yongalar hammadde olarak kullanılmıştır. Dış tabakada %50 katıda üre formaldehit tutkalı (UF), orta tabakada ise %65 katıda UF tutkalı kullanılmıştır (Çizelge 1). Sertleştirici olarak %25 konsantrasyonda, tutkal katısına göre %2.5 amonyum sülfat

kullanılmıştır. Parafin ise %60 katı madde oranında emülsiyon halinde yongaların kimyasallarla karıştırıldığı yer olan tutkallama makinesinde kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan parafinin özellikleri Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Tutkal özellikleri.

Numune	Katı madde oranı	pH	Jelleşme zamanı (sn)	Yoğunluk (g/cm ³)	Viskozite (cP)	Formaldehit/Üre mol oranı
UF (yüzey tabaka)	50	8,30	54	1,21	35	1,12
UF (orta tabaka)	65	8,55	45	1,28	227	1,17

Çizelge 2. Parafin özellikleri.

Seçenekler	Birim	Maksimum	Minimum	Ortalama
Katı madde	%	65	58	60,02
Yoğunluk	g/cm ³	0,96	0,85	0,95
pH		11	8	0,29
Akma zamanı	saniye	30	10	17

2.1. Yonga Levha Üretimi

Yonga levhalar 16x2100x2800 mm ebatlarında, 640 kg/m³ yoğunlukta, %32 dış tabaka, %68 orta tabaka yonga oranında ve %6 levha rutubetinde, Siempelkamp marka sürekli pres hattında 220°C sıcaklıkta, 150 N/mm² basınçta 580 mm/sn hızda üretilmiştir. Şekil 1’de yonga levha üretiminin aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 1. Yonga levha üretim aşamaları

2.2. Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Üretilen yonga levhaların su alma, kalınlık artışı özellikleri (TS EN 317, 1999), rutubet oranları (TS EN 322, 1999) ve yoğunlukları (TS EN 323,1999) 50x50 mm boyutlarındaki numunelerle belirlenmiştir.

2.3. Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Mekanik özelliklerin belirlenmesi için yüzeye dik çekme ve eğilme dayanımı testleri İMAL üniversal test makinesiyle gerçekleştirilmiştir. Yüzeye dik çekme direnci TS EN 319 (1999) standardına göre 50x50 mm boyutlarında örneklerle gerçekleştirilmiştir. Eğilme dayanımı testinde ise TS EN 310 (1999) standardı kullanılarak 210x50 mm boyutlarında örneklerle gerçekleştirilmiştir. Yüzey sağlamlığı TS EN 311 (2005) standardına göre 50x50 mm boyutundaki numunelerden elde edilmiştir. Örneklerin vida tutma direnci TS EN 320 standardına uygun olarak 75x75 mm boyutlarında gerçekleştirilmiştir.

2.4. Formaldehit Emisyonu

Yonga levha örneklerinin formaldehit emisyon değerleri belirlenmesi için gaz analizi (TS EN 717-2, 2006), desikatör (JIS A 1460, 2001) ve perfaratör (TS EN 120 1993) metotları kullanılmıştır. Formaldehit emisyon limitleri ülkelerden ülkeye farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, Avrupa ve ABD’de CARB sınıfı emisyon limitleri geçerliken, uzak doğu ülkelerinde JIS standartları yürürlüktedir. Bu sebeplerden dolayı 3 farklı metolla formaldehit emisyonları test edilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Fiziksel Özellikler

Üretilen yonga levhaların rutubet miktarları tutkallama öncesi parafin ilave edilen örnek grubunda (TÖ) %6.19 ve tutkallama sonrası parafin ilave edilen örnek grubunda (TS) %6.36 olarak elde edilmiştir. Yonga levhaların yoğunluk değerleri TÖ’de 630 kg/m^3 , TS’de ise 626.9 kg/m^3 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). TÖ su alma değerleri TS’den daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Parafinin tutkallama öncesinde kullanımının oldukça yaygın olduğu ve levhaların fiziksel özelliklerini olumlu etkilediği bilinmektedir (Essid ve ark.,, 2021). Özçiftçi ve ark. (2017), tutkal ve parafin oranının yönlendirilmiş yonga levhaların fiziksel özelliklerine etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarında, tutkal ve parafin oranı yüksek levhalarda fiziksel test sonuçlarının daha üstün performans gösterdiğini aktarmışlardır. Sonuçlardan da anlaşıldığı gibi tutkallama sonrası parafin ilavesinin levhanın

fiziksel özelliklerini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Yonga levhaların fiziksel özellikleri.

Test	Birim	TÖ	TS	Limitler
Rutubet	%	6.19 (0.14)	6.36 (0.05)	5
Şişme 2 saat	%	9.03 (2.67)	10.52 (1.10)	15
Su Alma 2 saat	%	51.15(10.42)	59.19 (5.87)	80
Ham Levha Ort. Yoğunluğu	kg/m ³	630.02 (7.54)	626.98 (13.36)	600

TÖ: Tutkallama öncesi parafin ilave edilen örnek grubu, TS: Tutkallama sonrası parafin ilave edilen örnek grubu

Çizelge 4. Yonga levhaların fiziksel özellikleri (t testi sonuçları).

Test	n	Gruplar	Ortalama	Standart sapma	t	p
Rutubet	3	TÖ	6.19	0.14	-2.041	0.111
		TS	6.36	0.05		
Şişme	5	TÖ	9.03	2.67	-1.151	0.283
		TS	10.52	1.10		
Su Alma	5	TÖ	51.15	10.42	-1.503	0.171
		TS	59.19	5.87		
Ham Levha Ort. Yoğunluğu	20	TÖ	630.02	7.54	886	0.381
		TS	626.98	13.36		

Üretilen yonga levhaların t-testi analizleri SPSS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 4'te yonga levhaların fiziksel test sonuçlarının t- testi istatistik analizleri gösterilmektedir. T-testi istatistik analizi sonucunda homojen olarak dağılım gösterdiği ancak $p>0.05$ olduğundan tutkallama öncesinde ve tutkallama sonrasında parafinin kullanılması fiziksel test sonuçlarında anlamlı farklılık oluşturmadığı görülmüştür.

3.2. Mekanik Özellikler

Eğilme dayanımı TÖ için 13.44 N/mm^2 , TS için ise 14.03 N/mm^2 olarak elde edilmiştir (Çizelge 5). TÖ yüzeye dik çekme direnci 0.52 N/mm^2 ile TS'den daha iyi performans göstermiştir. Her iki örnek grubunun yoğunluk değerleri de karşılaştırıldığında TÖ yüzeye dik çekme sonuçlarının yoğunluk değerleriyle doğru orantılı olarak elde edildiği gözlemlenmektedir. Üretilen levhalar, TS EN 312 standardına göre P2 sınıfı yonga levha test limitlerini karşılamaktadır. Gözalan (2016) yüksek lisans tez çalışmasında, parafin kullanımının yonga levhaların mekanik sonuçlarında belirgin farklılıklar oluşturmadığını gözlemlemiştir. Xu ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan çalışmada, parafin kullanımının mekanik özellikleri olumsuz etkilemediği ancak kullanım oranının kontrollü bir şekilde artırılması gerektiğini ve belirli bir noktadan sonra yüzeye dik çekme dayanımını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Yüzey dayanıklılığı 1.51 N/mm^2 ve vida çekme direnci değeri 801.3 N ile TS örnek grubu TÖ'dan daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5. Yonga levhaların mekanik özellikleri.

Test	Birim	TÖ	TS	Limitler
Eğilme dayanımı	(N/mm ²)	13.44 (2.20)	14.03 (2.62)	11
Elastikiyet modülü	(N/mm ²)	2571.76 (412.34)	2556.77 (401.34)	≥ 1800
Yüzeğe dik çekme direnci	(N/mm ²)	0.52 (0.04)	0.5 (0.07)	0.35
Yüzey dayanıklılığı	(N/mm ²)	1.45 (0.08)	1.51 (0.14)	0.8
Geri çekme vidalaması kenar	N	755.67 (69.58)	801.33 (84.11)	450

TÖ: Tutkallama öncesi parafin ilave edilen örnek grubu, TS: Tutkallama sonrası parafin ilave edilen örnek grubu, n: Numune sayısı

Çizelge 6. Yonga levhaların mekanik özellikleri (t testi sonuçları).

Test	n	Gruplar	Ortalama	Standart sapma	t	p
Eğilme dayanımı	6	TÖ	13.44	2.20	-0.426	0.679
		TS	14.03	2.62		
Elastikiyet modülü	6	TÖ	2571.76	412.34	0.064	0.950
		TS	2556.77	401.34		
Yüzeğe dik çekme direnci	6	TÖ	0.52	0.04	0.525	0.611
		TS	0.50	0.07		
Yüzey dayanıklılığı	6	TÖ	1.45	0.08	-1.025	0.329
		TS	1.51	0.14		
Geri çekme vidalaması kenar	3	TÖ	755.67	69.58	-0.725	0.509
		TS	801.33	84.11		

Çizelge 6'da yonga levhaların mekanik test sonuçlarının t-testi istatistik analizleri gösterilmektedir. T-testi istatistik analizinde homojen olarak dağılım gösterdiği ancak $p > 0.05$ olduğundan iki varyasyon arasında parafinin kullanılmasının mekanik test sonuçlarında anlamlı farklılık oluşturmadığı sonucu elde edilmiştir.

3.3. Formaldehit Emisyonu Test Sonuçları

Çizelge 7'de yonga levha örneklerinin formaldehit emisyonu testi sonuçları gösterilmiştir. Formaldehit emisyonu sonuçları desikatör, perferatör ve gaz analizi metotları olmak üzere 3 farklı yöntemle belirlenmiştir. Uygulanan üç farklı yöntem sonucunda da TS formaldehit emisyonu sonuçları TÖ'den daha düşük olduğu sonucu elde edilmiştir. Sonuçların perferatör metodunda E1 sınıfı yonga levhalar için belirlenen limitler dahilinde olduğu gözlemlenmiştir. İstek ve arkadaşlarının 2018 yılında yaptıkları çalışmada, üretilen 18 mm kalınlıkta, 700 kg/m³ yoğunluktaki yonga levhaların perferatör metoduna göre formaldehit emisyonu sonucu 11,8 mg/100g olarak belirlenmiştir (İstek ve ark., 2018).

Çizelge 7. Formaldehit emisyonu sonuçları.

	Desikatör metodu (mg/L)	Perfaratör metodu (mg/100g)	Gaz analizi metodu (mg/m²h)
TÖ	3.46	6.94	4.66
TS	3.12	6.45	3.86
Limitler	JIS A 1460-2001 ≤0.3/0.4 mg/L F☆☆☆☆ ≤0.5/0.7 mg/L F☆☆☆ ≤1.5/2.1 mg/L F☆☆	EN13986:2005 TS EN 120 ≤8 mg/100 g E1	EN13986:2005 TS EN 717-2 (≤3,5 mg/m ² h).

Çizelge 8. Formaldehit emisyonu t-testi sonuçları.

Test	Gruplar	Ortalama	Standart sapma	t	p
Desikatör	TÖ	3.46	0.06	9.016	0.002
	TS	3.12	0.03		
Perfaratör	TÖ	6.94	0.02	27.591	0
	TS	6.45	0.03		
Gaz analizi	TÖ	4.66	0.07	16.692	0
	TS	3.86	0.04		

Çizelge 8’de yonga levhaların formaldehit emisyonu sonuçlarına yapılan t-testi analizi sonuçları gösterilmektedir. Üç farklı metodla değerlendirilen formaldehit emisyonu sonuçlarının homojen olarak dağıldığının ve $p < 0.05$ olduğundan dolayı anlamlı farklılık oluşturduğu belirlenmiştir.

4. Sonuçlar

Levhaların eğilme dayanımı, elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme, yüzey dayanıklılığı, geri çekme vidalaması kenar testi değerlerinde Çizelge 5’de gösterilen limit değerlerinden üstün performans gösterdiği ancak parafin verilmiş sırasının mekanik test sonuçlarında anlamlı farklılıklar oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Parafinin tutkallama öncesi uygulanması ile üretilen levhalarda rutubet %6.19, su alma %51.15, kalınlığına şişme %9.03 değerleri elde edilmiş ve fiziksel test sonuçlarının tutkallama sonrası varyasyona göre daha iyi performans gösterdiği sonucu elde edilmiştir.

Parafin emülsiyonlarının tutkallama öncesi ve sonrasında sisteme dâhil edilmesinin yonga levha örneklerinin mekanik özelliklerinde belirgin bir değişiklik elde edilememiştir. Parafinin tutkallama işlemi sonrasında ilave edilmesi formaldehit emisyonu değerlerini desikatör metoduna göre %9.8, perfaratör metoduna göre %7, gaz analizi metoduna göre %17.2 oranında düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Daha sonraki çalışmalarda parafin ilavesinin TÖ ve TS sonuçlarının, parafin ilave edilmeden elde edilecek fiziksel ve mekanik sonuçlarla kıyaslanması çalışılabilir.

Teşekkür

Bu çalışma, “TÜBİTAK 118C102 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Chau, T., Ma, E., & Cao, J. (2015). Moisture adsorption and hygroexpansion of paraffin wax emulsion-treated southern pine (*Pinus spp.*). *BioResources*, 10(2), 2719-2731.
- Ganim, A., Ashaari, Z., Bawon, P., & Lee, S. H. (2018). Reducing formaldehyde emission of urea formaldehyde-bonded particleboard by addition of amines as formaldehyde scavenger. *Building and Environment*, 142, 188-194.
- Gözalan, M. (2016). Yonga levhalarda parafin kullanım miktarının optimizasyonu üzerine araştırmalar. (Master's thesis, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Güller, B. (2009). Odun kompozitleri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 2(1), 135-160.
- Hussain, M., Malik, R. N., & Taylor, A. (2018). Environmental profile analysis of particleboard production: a study in a Pakistani technological condition. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(8), 1542-1561.
- Iswanto, A. H., Sucipto, T., Nadeak, S. S. D., Fatriasari, W. (2017). Post-treatment effect of particleboard on dimensional stability and durability properties of particleboard made from sorghum bagasse. *{IOP} Conference Series: Materials Science and Engineering*, 180, 12015.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ., Bakar, S., & Öz, E. (2018). Tutkal Çözeltisine Üre İlavesinin Formaldehit Emisyonu ve Levha Özelliklerine Etkisi. II. In *International Scientific and Vocational Studies Congress*, Kırıkkale (pp. 824-830).
- Koroleva, M. Y., Gorbachevski, O. S., & Yurtov, E. V. (2017). Paraffin wax emulsions stabilized with polymers, surfactants, and nanoparticles. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 51(1), 125-132.
- Mújika-Garai, R., Aguilar-García, C., F. Juárez-Arroyo, Covián-Sánchez, I., Nolla, J., Esquena, J., & Hidalgo-Álvarez, R. (2007). Stabilization of paraffin emulsions used in the manufacture of chipboard panels by liquid crystalline phases. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 28(6), 829-836.
- Nemli, G., Demirel, S., & Zekoviç, E. (2006). Yonga rutubeti, parafin kullanımı ve ağaç cinsinin yongalevhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkileri.
- Özçifçi, A. , Kara, M. E. , Karakaya, B. & Biçer, E. (2017). Yönlendirilmiş yonga levha (OSB)'nin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine tutkal ve parafin miktarının etkisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi* 6(3), 52-60.

- Özlüsoylu, İ. & İstek, A. (2018). Sodyum karboksimetil selüloz (Na-CMC) takviyeli üre formaldehit tutkalının yonga levha özellikleri ve formaldehit emisyonuna etkisi . Turkish Journal of Forestry , 19 (3) , 317-322 . DOI: 10.18182/tjf.402355
- Essid, S., Hegde, V. J., Mahieu, A., Bizet, L., Leblanc, N., & Saouab, A. (2021). Comparison of the properties of flax shives based particleboards prepared using binders of bio-based lignin and partially bio-based epoxy resin. International Journal of Adhesion and Adhesives, 109, 102915.
- 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 agro-industrial 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.
- Xu, X., Yao, F., Wu, Q., & Zhou, D. (2009). The influence of wax-sizing on dimension stability and mechanical properties of bagasse particleboard. Industrial crops and products, 29(1), 80-85.
- TS EN 317 (1999). Yonga levhalar su içerisinde daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini, TSE Ankara.
- TS EN 322 (1999). Ahşap esaslı levhalar rutubet miktarının tayini, TSE Ankara.
- TS EN 323 (1999). Ahşap esaslı levhalar birim hacim ağırlık tayini, TSE Ankara.
- TS EN 319 (1999). Yonga ve lif lif levhalar, yüzeye dik çekme direncinin tayin edilmesi, TSE Ankara.
- TS EN 310 (1999). Ahşap esaslı levhalar, Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 311 (2005). Ahşap Esaslı Levhalar-Yüzey Sağlamlığı-Deney metodu, TSE, Ankara.
- TS EN 320 (2011). Yonga levhalar ve lif levhalar, Vida tutma mukavemetinin tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 120 (1999). Ahşap esaslı levhalar, Formaldehit miktarının tayini, Ekstraksiyon metodu ile ayırma. TSE, Ankara.
- TS EN 717-2 (2006). Ahşap esaslı levhalar- Formaldehit ayrışması tayini- Gaz analiz metodu ile formaldehit ayrışması.
- JIS A 1460 (2001) Determination of the emission of formaldehyde from building boards- Desiccator method.