

Yonga Levha Üretiminde Çok Katlı Sıcak Pres Parametrelerinin Mekanik Özelliklere Etkisi

Osman ÇAMLİBEL^{1*}

¹Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, Kırıkkale

*Sorumlu Yazar: osmancamlibel@kku.edu.tr

Geliş Tarihi: 28.01.2021 Düzeltme Geliş Tarihi: 15.07.2021 Kabul Tarihi: 01.07.2021

Öz

Bu çalışmada; yonga levha üretim prosesinde, katlı pres sıcaklığı, pres hızı, presleme süresinin yonga levhalarının mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Yonga levha üretiminde sarıçam (*Pinus slyvestris* L) %40, sapsız meşe (*Quercus petraea* L) %30, kavak (*Populus alba*) %20 ve talaş %10 oranlarında hammadde kullanılmıştır. Karışım biokütle yongalarına 1.35 mol üre-formaldehit yapıştırıcısı, sertleştirici ve parafin kullanılmıştır. Yonga levhaların fiziksel özelliklerinden yoğunluklarının en düşük P1;0.622 gcm⁻³, en yüksek P3; 0.632 gcm⁻³, mekanik test sonuçları sırasıyla; çekme direnci en az; P4; 0.44 Nmm⁻², en yüksek P1; 0.49 Nmm⁻²; levhaların eğilme direnci en düşük P4; 14.84 Nmm⁻², en yüksek P3; 16.25 Nmm⁻²; levhaların elastik modülü en düşük P4; 2632.40 Nmm⁻², en yüksek P1; 2847.60 Nmm⁻², levhaların vida tutma direnci en düşük P3; 72.92 Nmm⁻², en yüksek P1; 78.62 Nmm⁻² levha yüzey direnci en düşük P1; 1.29 Nmm⁻², en yüksek P4; 1.43 Nmm⁻² olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada sonucunda; katlı pres, presleme süresinin artması, pres sıcaklığının ve pres hızının azalması; levha yüzeyine dik çekme direnci, elastikiyet modülü, vida tutma direnci artırmaktadır fakat eğilme direnci ve yüzey sağlamlığı direnci azaltmıştır.

Anahtar kelimeler: Yonga levha, mekanik özellikleri, katlı pres, üre formaldehit

The Effect of Multi-Layer Press Parameters on Mechanical Properties in Particleboard Production

Abstract

In this study; In the chipboard production process, the effects of the multi-layers press temperature, press speed, pressing time on the physical and mechanical properties of the chipboards were investigated. Scotch pine (*Pinus slyvestris* L) 40%, sessile oak (*Quercus petraea* L) 30%, poplar (*Populus alba*) 20% and sawdust 10% were used in the production of chipboard. Urea-formaldehyde 1.35 mol resin, hardener and paraffin were added to the mixed biomass chips. Density property from physical properties of particleboard was measured the lowest P1 622 kgm⁻³ and the highest P3 632 kgm⁻³. According to Mechanical test results of particleboards measured which were the lowest internal bond of boards, P4; 0.44 Nmm⁻², the highest P1; 0.49 Nmm⁻²; the lowest bending resistance of boards, P4; 14.84 Nmm⁻², the highest P3; 16.25 Nmm⁻²; the lowest elastic modulus of boards; P4; 2632.40 Nmm⁻², the highest P1; 2847.60 Nmm⁻²; the lowest of screw holding resistance of the boards; P3; 72.92 Nmm⁻²; the highest P1; 78.62 Nmm⁻², the lowest of surface resistance of boards; P1; 1.29 Nmm⁻², the highest P4; 1.43 Nmm⁻². As a result of this study; multi-layers press, increase in pressing time, decrease in press temperature and press speed; the internal bond, the modulus of elasticity, the screw holding strength increased. On the other hand, the bending strength and surface resistance of the board decreased.

Key words: Particleboard, mechanical properties, multi-layers press, urea formaldehyde.

Giriş

Yonga levhalar, iç mekanlarda mobilya üretimi ve mimarı tasarım ürünlerin üretiminde

kullanılmakta ve levhaların mekanik özellikleri standartlardaki değerlerin üzerinde olması istenmektedir. İnsanların yaşam alanlarında

mobilya ürünlere talep artıkça ve bu talebi karşılayabilmek amacıyla yonga levha tesislerinin sayıları ve üretim kapasiteleri artmaktadır.

Kalaycıoğlu (1991) yaptığı çalışmada, yonga levha üretiminde sahil çamı odunlarının kullanılabilirliği ve levhaların performansını araştırmıştır. Araştırma sonucunda fiziksel özellikleri iyileştirmek amacıyla parafin tüketimini %0.5'den %1'e çıkarılmasının önermiştir. Akbulut (2000) tarafından yapılan bir çalışmada, yonga levha üretim teknolojilerindeki gelişmeler, yonga levha ürün çeşitliliği ve üretim kapasitelerini arttığını ifade etmiştir. Araştırmasına göre; yonga levha üretimi proseste birçok değişkene bağlı olduğunu ifade etmiştir. Bu değişkenler; hammaddenin özellikleri, presleme esnasında sıkıştırması kolay, orta değerli özgül kütleli türler, biokütle atık materyallerin kolay bulunan ucuz olan türlerin tercih edilmesini açıklamıştır.

Bardak ve ark. (2011) tarafında yapılan çalışmalarında, levhanın yoğunluk profilini ve sıcak pres diyagramı yonga levhaların kalite özelliklerini etkilediğini açıklamıştır. Araştırmasına göre; sıcak presleme esnasında ilk basıncın artması levhanın yoğunluğu, eğilme direnci, elastikiyet modülü, suda şişme özelliklerini iyileştirdiğini, presleme hızının artması levhanın tüm özelliklerinin iyileştirdiğini açıklamıştır. Sıcak presleme esnasındaki son uygulanan basınç, levhaların performans özelliklerine etki etmediğini yalnızca yoğunluğu arttırdığını ifade etmiştir.

Iosifov ve ark. (1991) yaptıkları çalışmalarında, iğne yapraklı ağaç odunları ve ihlamur odunları kullanarak üretilen yonga levhaların diğer odun türlerinden üretilen yonga levhalar ile karşılaştırılmışlardır. Bu çalışmaya göre; iğne yapraklı ağaç odunları ile ihlamur ağacı odunlarından üretilen yonga levhaların çok iyi test sonuçlarını gösterdiğini açıklamıştır. Çalışmasına göre; yonga levha üretimine uygun ağaç türlerinin yoğunluğu 0.40-0.65 gcm⁻³ olması gerektiğini söylemiştir.

Iswanto ve ark. (2014) araştırmalarında, yonga levha üretiminde reçine türü, pres sıcaklığı, pres basıncı, presleme süresi gibi parametreler levhanın kalitesini etkileyen önemli faktörler olduğunu açıklamıştır.

Nemli (2003) yılında yaptığı araştırmada kızılğaçtan üretilen yonga levhaların mekanik direncini arttırmak için özgül ağırlığının artırılması gerektiğini belirtmiştir. Özen (1980) yaptığı bir araştırmasında, sıcak presleme parametrelerinden pres sıcaklığı, presleme süresi, pres kapanma süresi, pres basıncı, tutkal sertleşme süresi, tutkal katı madde miktarı gibi değerler yonga levhanın kalitesini etkilediğini açıklamıştır.

Gündüz ve Masraf (2005) çalışmalarında, üç tabakalı yatık yongalı yonga levha üretim esnasında; dış tabaka kullanılan yonga oranı ve presleme faktörleri (sıcaklık, basınç, zaman parametreleri)'nin levhanın hem fiziksel hemde mekanik özelliklerini etkilediğini açıklamışlardır. Aydın (2016) yaptığı çalışmada; katlı preslerde üretilen yonga levhaların tüm tabakalarda yonga geometrisinin artmasıyla eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünü artırdığını ifade etmiştir.

Biçer (2014) çalışmada, yonga levha üretiminde sodyum karboksimetilselülozün (Na-CMC) yapıştırıcı olarak belli oranlarda kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Güler ve Sancar (2015) tek katlı preste üretilen levhalar, sürekli preslerde üretilen levhalara göre daha kaliteli olduğunu, fakat sürekli presin üretim verimliliği ve optimizasyon yönünden avantajlı olması nedeniyle yonga levha üreticileri tarafından tercih edildiğini ifade etmişlerdir.

Güler ve İbiş (2018) yılında yaptıkları çalışmada, yonga levha üretiminde yurt dışından gelen yongalara alternatif üretmek ve dışa bağılı azaltmak amacıyla endüstriyel kapak tahtalarını %5, 10, 15, 20, 25 oranlarında üretim yonga levhaların, fiziksel ve mekanik özelliklerinin standart değerlere uygun olduğunu ve kapak tahtalarının %25 oranına kadar üretimde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Nemli ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada, sürekli ve katlı preste ürettikleri yonga levhaların özellikleri pres çeşitlerine göre değiştiğini belirtmişlerdir.

İstek ve ark. (2017) yonga levha üretiminde üst ve alt tabaka yonga oranının artması levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerine olumlu etkilediği, levha yoğunluğu üzerine etkisi olmadığını açıklamışlardır. İstek ve ark (2018) yaptıkları çalışmaya göre yonga levha üretiminde yonga boyutlarının artması, levhaların mekanik özelliklerinin olumlu arttığını fakat fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini ifade edilmiştir.

Bu çalışmada, yonga levha üretiminde çok katlı sıcak presin hızı ve pres sıcaklığının farklı özelliklerde (P1, P2, P3 ve P4) üretilen yonga levhaları mekanik özellikleri üzerine etkisini belirlemektir. Bu amaçla mekanik testleri (çekme direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, vida tutma direnci, yüzey sağlamlığı direnci)'nin performansları ölçülmüştür. Sonuçlar değerlendirilerek çok katlı preslerde pres parametrelerinin levha kalitesine etkisi belirlenmiştir.

Materyal ve Metot

Hammadde

Bu çalışmada; sarıçam (*Pinus slyvestris*), sapsız meşe (*Quercus petraea*), kavak (*Populus alba*) ve talaş kullanılmıştır. Bu odunlar Kastamonu Orman İşletme Müdürlüklerinden tedarik edilmiştir.

Tutkal

Bu çalışmada kullanılan tutkal Kastamonu Tutkal Üretim Tesislerinde üretilmiştir. Üre formaldehit tutkalı molaritesi 1.35 mol, katı madde miktarı: 65±1, yoğunluğu:1.227 gcm⁻³, pH: 7-8.5 (25 °C), vizkosite:20-35 (sentipoise 25 °C), jelleşme :30-45 sn. (100 °C), Raf ömrü: 75 gün, serbest formaldehit (maksimum CH₂O): 0.20 ppm.

Sertleştirici

Üre formaldehit tutkalını sertleştirilmesinde kullanılan katalizör %20'lik amonyum klorür (NH₄Cl) çözeltisi kullanılmıştır. %20'lik çözelti, yoğunluğu; 0.95gcm⁻³ ve pH: 6.5'tir. Sertleştirici özel bir firmadan temin edilmiştir.

Parafin

Kirli beyaz renge %60 katı madde içeren, pH: 9-10 viskozite: 13-23 sn. yoğunluğu:0.96 gcm⁻³

sıvıdır. Denizli ilinden ticari bir işletmeden getirilmiştir.

Üretim Parametreleri

Bu çalışmada; yonga levhaların üretim parametreleri çizelge 1'de verilmiştir. Parametreler belirlenirken sadece pres süresi, pres sıcaklığı ve pres hızı değişirken fakat hammadde türü ve karışım oranları, yongaların yüzey ve orta tabaka rutubetleri, reçine, sertleştirici ve parafin türü ve tüketim miktarları ve pres basıncı değişmemiştir. Üretilen yonga levha grupları P sembolü ile gösterilmiştir. Çizelge 1'e göre; P1 levhası (pres süresi 200 sn, pres sıcaklığı 185 °C, pres hızı 200 mmsn⁻¹), P2 levhası (pres süresi 170 sn, pres sıcaklığı 210 °C, pres hızı 230 mmsn⁻¹), P3 levhası (pres süresi 160 sn, pres sıcaklığı 220 °C, pres hızı 240 mmsn⁻¹) ve P4 levhası (pres süresi 150 sn, pres sıcaklığı 230 °C, pres hızı 250 mmsn⁻¹) üretilmiştir.

Deneme levhaları Kastamonu ilindeki özel bir yonga levha tesisinde üretimi gerçekleştirilmiştir. Yonga levhaların üretiminde 7 katlı sıcak pres kullanılmıştır. Üretilen yonga levhaların ölçüleri 2100X2800 mm'dir.

Çizelge 1. Yonga levhaların üretim parametreleri

Gruplar	Hammadde				Reçine (ÜF: %55)		Pres süresi (sn)	Pres basıncı (kpcm ⁻²)	Pres sıcaklığı (°C)	Pres hızı (mmsn ⁻¹)
	Sarıçam (%)	Sapsız meşe (%)	Kavak (%)	Talaş (%)	Orta tabaka (%)	Dış tabaka(%)				
P1	40	30	20	10	8.2	12.5	200	30	185	200
P2	40	30	20	10	8.2	12.5	170	30	210	230
P3	40	30	20	10	8.2	12.5	160	30	220	240
P4	40	30	20	10	8.2	12.5	150	30	230	250

ÜF:üre formaldehit

Yonga Levhaların Üretimi

Bu çalışmada kullanılan hammaddeler; sarıçam (*Pinus slyvestris* L) %40, sapsız meşe (*Quercus petraea* L) %30, kavak (*Populus alba*) %20 ve talaş %10 oranlarında kullanılmıştır. Odun yongaları ticari bir işletmede bulunan yongalama makinesi kullanılarak ağaç türleri ayrı ayrı yonga haline getirilmiştir ve ayrı yonga boşaltma helezonu vasıtasıyla karışım oranları ayarlanmıştır. Yonga levha dış ve orta tabaka için farklı silolara bantlı konveyör sistemi ile taşınmıştır. Yonga karışımları üç kademeli mekanik sarsak elekte tasnifi edilerek sınıflandırılmıştır.

Yongalar döner silindirik kurutucularda dış ve orta tabaka ayrı ayrı %1.5-2.5 rutubete kadar kurutulmuş ve iç ve dış tabaka yongaları pallmann tipi değirmenlerde üretim parametrelerine göre

son yonga boyutlarına kadar inceltilmiştir. Yongaların tutkallama işleminde kuru yongaya oranla dış tabaka yongaları %12.5 ve orta tabakaya %8.2 tutkal eklenmiştir. Tutkal, sertleştirici ve parafin maddeleri ilave edilen yongalar serme istasyonunda dış ve iç tabaka şeklinde serme işlemi yapılmıştır. Serme istasyonunda oluşan pastalar ön preste basınç uygulayarak sıcak prese hazır duruma getirilmiştir. Çizelge 1'deki sıcak pres parametrelerine göre P1, P2, P3 ve P4 yonga levhaları 2100X2800 mm ölçülerinde üretilmiştir. Sıcak presten sonra yıldız soğutucuda levhalar oda sıcaklığına kadar klimatize edilmiştir. Ebatlama makinesinde boyutlandırma işlemi yapılmıştır. Levhalar ara depoda 4 gün bekletildikten sonra zımparalama işlemi 40-80-100 kum zımpara kâğıdı ile levha yüzeyleri pürüzsüz hale getirilmiştir. Yonga

levhalar, hava akımı olmayan, beton zemin üzerinde kapalı alanda depolanmıştır.

Yonga levhalar test işleminden önce 20 ± 2 ve 65 ± 5 bağıl nem (Rh) koşullarında %12 rutubete kadar TS 642-ISO 554 (1997) standardına göre kondisyonlama işlemi yapılmıştır. Bu çalışmada yonga levhaların fiziksel (yoğunluğu) ve mekanik test performansları (çekme direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, vida tutma direnci, yüzey sağlamlığı direnci) ölçmek amacıyla toplam 120 adet ölçüm yapılmıştır.

Ahşap esaslı levhalarda numune alma, kesme ve deney sonuçlarının gösterilmesi TS EN 326-1 (1999) standardına göre yapılmıştır. Ahşap yonga levhalara uygulanan testler için kullanılan standartlar sırasıyla; levhaların tarif ve sınıflandırma TS-EN 309 (1999), eğilme ve eğilme direnci elastikiyet modülünün tayini TS-EN 310 (1999), yüzey sağlamlığı tayini TS-EN 311 (1999), levhaların özellikleri bütün levha tipleri için genel özellikleri TS-EN 312 (2012), yonga levha yüzeyine dik çekme direncinin tayin edilmesi TS-EN 319 (1999), yonga levhaların vida tutma tayini TS EN 320 (2011), yonga levhaların özgül kütle tayini TS-EN 323 (1999), yonga levhaların deney parçalarının boyutlarının tayini TS-EN 325 (1999) uygulanmıştır.

Deney numunelerini ölçerken 0,01 mm duyarlı dijital mikrometre kullanılmıştır. Levhaların yoğunluğu ve örnek boyutlarının ölçümünde, İmal IB700 laboratuvar test cihazı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde SPSS 22 istatistik programı ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel farklılıkları $p < 0.05$ 'te güvenle anlamlı olup olmadığı ve hangi gruplar arasında fark olduğu Post hoc testlerinden Duncan testi yapılarak deney levhalarının yoğunluk ve mekanik özelliklerinin tespit edilmesi için Post hoc testlerinden Duncan testi yapılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çok katlı pres parametrelerinin mekanik özelliklere etkisi ortaya konmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve yapılan istatistiksel değerlendirmeler çizelge 2'de gösterilmiştir.

Yonga levhaların özgül kütle tayini TS-EN 323 (1999) standardına göre test edilmiştir. Yoğunluk değerleri çizelge 2'de gösterilmiştir. P1 levhasında yoğunluğu 622 kgm^{-3} ölçülmüştür. P2 levhasının yoğunluğu 624 kgm^{-3} ve P3 levhasının yoğunluğu 632 kgm^{-3} ve P4 levhasının yoğunluğu 630 kgm^{-3} ölçülmüştür. Testlerde yonga levhaların yoğunlukları birbirine yakın ölçülmüştür. Çizelge 2'de gösterildiği gibi yoğunluk değerlerinin istatistiksel ANOVA (Duncan) analiz sonuçlarına göre (P1, P2) ve (P2, P4) arasında anlamlı bir fark

olmadığı, P3 levhalarında ise anlamlı farklılık olduğu bulunmuştur.

Gündüz ve Masraf (2005) yılında yaptıkları araştırmaya göre yonga levhaların mekanik özellikleri levhanın özgül kütlesi, ağacın türü, yongaların geometrik yapısına, tutkalın türüne ve katı maddesine, sermenin homojenliğine, sıcak presin sıcaklığına, pres süresine bağlı olduğunu açıklamışlardır.

İstek ve Sıradağ (2013) yaptıkları çalışmalarında levha yoğunluğunun artmasıyla fiziksel özellikleri dışında mekanik özellikleri pozitif yönde iyileşmeler göstermiştir. Levhaların yoğunluğundaki %10'luk artış istatistiksel değerlendirmelerde fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli değişimleri gösterdiğini ifade etmişlerdir

Özen ve Güler (2015) yaptıkları çalışmada, yonga levhanın Avrupa'daki özgül ağırlıklarına göre 500 kgm^{-3} hafif yonga levhalar, $500-650 \text{ kgm}^{-3}$ arası orta yoğunlukta levhalar ve 650 kgm^{-3} üzeri yoğunlukta yonga levhalar yüksek özgül ağırlıkta yonga levhalar sınıfına dahil olduğunu açıklamışlardır. Üretim proseslerinde yoğunlukla $600-700 \text{ kgm}^{-3}$ arasında özgül ağırlığa sahip levhalar üretilmektedir. Araştırmamızdaki yonga levhaların yoğunluk değerleri ilgili standart ve yoğunlukla kabul gören değerler arasında yer almaktadır. Çamlıbel (2020) çalışmasına göre; üretimde pres hızı ve pres sıcaklığı %20'den fazla artması levhanın fiziksel özellikleri olumsuz yönde etkilediğini ifade etmiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi yüzeye dik çekme direnci test sonuçlarının incelendiğinde %95 güvenle istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olmadığı görülmektedir. P1 levhasında çekme direnci 0.49 Nmm^{-2} ölçülmüştür. P2 levhasının çekme direnci 0.48 Nmm^{-2} , P3 levhasının çekme direnci 0.45 Nmm^{-2} ve P4 levhasının çekme direnci 0.45 Nmm^{-2} ölçülmüştür. Testlerdeki yonga levhaların çekme direnci TS EN 319 (1999) standardına göre yonga levhalarda dik çekme direnci $\geq 0.35 \text{ Nmm}^{-2}$ 'den büyük olması istenmektedir. Bu çalışmada, P1, P2, P3 ve P4 dik çekme mukavemetleri standartların üzerinde ölçülmüştür. Şekil 1'deki grafiğe göre; sıcak preste yonga levha üretiminde pres hızı 200 mmsn^{-1} , pres süresi 200 sn ve pres sıcaklığı $185 \text{ }^\circ\text{C}$ değerlerinde en yüksek yüzeye dik yönde çekme değeri ölçülmüştür. Fakat pres hızı 250 mmsn^{-1} , pres süresi 150 sn ve pres sıcaklığı $230 \text{ }^\circ\text{C}$ değerlerinde en düşük yüzeye dik yönde çekme değeri ölçülmüştür. Dolayısıyla pres sıcaklığı ve pres hızının artması levhaya olumlu yönde etki ettiği görülmüştür.

Çizelge 2. Yonga levhaların yoğunluğu ve mekanik özelliklere ait bulgular

Deneyle	Gruplar	Ortalama*	Std. Sapma	Std. Hata	Ortalama için%95 Güven Aralığı		Minimum	Maximum
					Alt Sınır	Üst sınır		
Yoğunluk (kgm ⁻³)	P1	622.0 ^a	4.64	2.07	616.24	627.76	616.00	626.00
	P2	624.6 ^{ab}	3.36	1.50	620.43	628.77	619.00	628.00
	P3	632.2 ^c	3.03	1.36	628.43	635.97	629.00	635.00
	P4	630.0 ^{bc}	5.70	2.55	622.92	637.08	622.00	635.00
Çekme direnci (Nmm ⁻²)	P1	0.49 ^b	0.02	0.01	0.46	0.52	0.47	0.53
	P2	0.48 ^{ab}	0.02	0.01	0.45	0.51	0.46	0.51
	P3	0.45 ^{ab}	0.03	0.02	0.41	0.50	0.42	0.51
	P4	0.44 ^a	0.05	0.02	0.39	0.50	0.39	0.51
Eğilme direnci (Nmm ⁻²)	P1	15.82 ^b	0.79	0.35	14.84	16.80	14.90	16.90
	P2	15.82 ^b	0.79	0.35	14.84	16.80	14.90	16.90
	P3	16.24 ^b	0.57	0.25	15.54	16.95	15.50	16.94
	P4	14.84 ^a	0.31	0.14	14.45	15.23	14.50	15.30
Elastikiyet modülü (Nmm ⁻²)	P1	2847.6 ^b	7.64	3.41	2838.12	2857.08	2839.00	2855.00
	P2	2811.2 ^b	18.47	8.26	2788.26	2834.14	2785.00	2829.00
	P3	2826.4 ^b	63.17	28.25	2747.96	2904.84	2722.00	2881.00
	P4	2632.4 ^a	26.17	11.70	2599.91	2664.89	2589.00	2659.00
Vida tutma direnci (Nmm ⁻²)	P1	78.62 ^d	5.02	2.24	77.99	79.24	78.00	79.20
	P2	77.54 ^c	9.89	4.42	76.31	78.76	76.00	78.50
	P3	72.92 ^a	5.17	2.31	72.27	73.56	72.50	73.80
	P4	75.42 ^b	4.09	1.83	74.91	75.92	74.90	75.80
Yüzey sağlamlığı direnci (Nmm ⁻²)	P1	1.28 ^a	0.03	0.01	1.25	1.33	1.25	1.33
	P2	1.32 ^a	0.07	0.03	1.24	1.41	1.21	1.38
	P3	1.34 ^a	0.05	0.02	1.28	1.41	1.26	1.39
	P4	1.42 ^b	0.06	0.03	1.36	1.50	1.36	1.49

*Ortalama ANOVA için% 95 güven aralığı. a, b, c, d harfleri aynı harfle anlamlı olarak farklı değildir (Duncan testi).

Eğilme mukavemeti test sonuçlarının istatistiki analiz sonucunda P1, P2, P3 levhaları arasında anlamlı fark olmadığı, bu levhaların P4 levhalarının arasında anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Testlerdeki yonga levhaların eğilme direnci TS EN 310 (1999)'a göre yonga levhalarda eğilme direnci ≥ 10 Nmm⁻²'den büyük olması istenmektedir. Yonga levhaların P1, P2, P3 ve P4 eğilme mukavemetleri standartların üzerinde ölçülmüştür. Şekil 1'deki grafiğe göre; pres hızı 250 mmsn⁻¹, pres süresi 150 sn ve pres sıcaklığı 230 °C değerlerinde en düşük eğilme mukavemeti ölçülmüştür. Ancak pres hızı 240 mmsn⁻¹, pres süresi 160 sn ve pres sıcaklığı 220 °C değerlerinde en yüksek eğilme mukavemeti ölçülmüştür.

Dolayısıyla pres süresinin artması yonga levhanın eğilme mukavemetine olumlu etki ettiği görülmüştür.

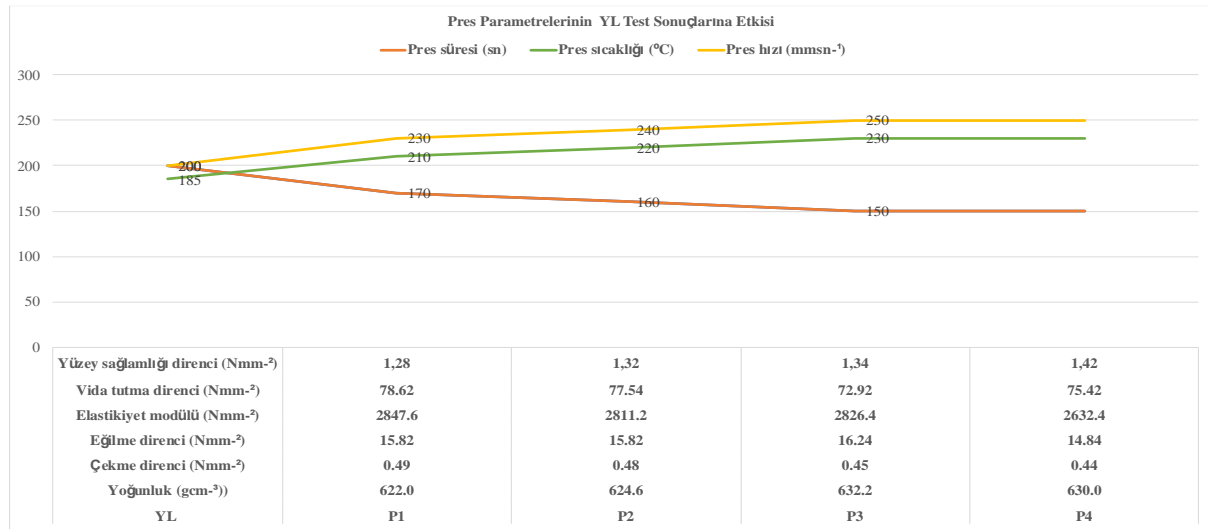
Eğilmede elastikiyet modülü test sonuçlarının istatistiki analiz sonucunda (P1, P2, P3) arasında anlamlı bir fark olmadığı, P4'te anlamlı farklılıklar olduğu bulunmuştur. Eğilmede elastikiyet modülünün tüm test sonuçları standardın üzerinde ölçülmüştür. Şekil 1'deki grafiğe göre; pres hızı 200 mmsn⁻¹, pres süresi 200 sn ve pres sıcaklığı 185 °C değerlerinde en yüksek eğilme elastikiyet modülü ölçülmüştür. Ancak pres hızı 230 mmsn⁻¹, pres süresi 170 sn ve pres sıcaklığı 210 °C değerlerinde en düşük eğilme elastikiyet modülü ölçülmüştür. Dolayısıyla pres süresinin

artması yonga levhanın elastikiyet modülüne olumlu etki etmiştir.

Vida tutma mukavemet test sonuçlarının istatistiki analiz sonucunda (P1, P3) yonga levhaları arasında anlamlı fark yoktur. Fakat P2 ile P4 levhaları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Yonga levhaların P1, P2, P3 ve P4 vida tutma dirençleri standardın üzerinde ölçülmüştür. Kasal ve ark. (2013) yaptıkları çalışmalarından yonga levha üretim parametrelerinde sıcak pres hızı ve sıcak pres sıcaklığı %15 oranında artması sonucu levhalarda en yüksek vida tutma direnci ölçülmüştür. Fakat pres hızı, %20 oranında artığında vida tutma direnci en düşük ölçülmüştür. Pres hızı artıka vida tutma direncinin azaldığını ifade etmişlerdir. Şekil 1'deki grafiğe göre; pres hızı 200 mmsn⁻¹, pres süresi 200 sn ve pres sıcaklığı 185 °C değerlerinde en yüksek vida tutma mukavemeti ölçülmüştür. Ancak pres hızı 240 mmsn⁻¹, pres süresi 160 sn ve pres sıcaklığı 220 °C değerlerinde en az vida tutma mukavemeti ölçülmüştür. Dolayısıyla pres süresinin artması yonga levhanın vida tutma mukavemeti olumlu etki etmiştir.

Yonga levhanın yüzey sağlamlığı mukavemetinin test sonuçları istatistiki analiz sonucunda P1, P2, P3 levhaları arasında anlamlı bir fark yoktur. Fakat (P1, P2, P3) ile P4 levhaları

arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Ölçüm sonucunda P1, P2, P3 ve P4 yüzey sağlamlığı değerleri standardın üzerinde ölçülmüştür. Ashori ve Nourbakhsh (2008) tarafından yapılan bir çalışmaya göre sıcak presleme esnasında en önemli değişken parametreler; pres süresi, pres basıncı, pres sıcaklığı olduğunu açıklamıştır. Araştırmasına göre presleme süresi yeterli pres sıcaklığı, yeterli pres basıncı ve yeterli presleme süresi optimize edilerek üretilmesi yönünde açıklamışlardır. Şekil 1'deki grafiğe göre; yonga levhanın yüzey sağlamlığı mukavemeti, pres hızı 250 mmsn⁻¹, pres süresi 150 sn ve pres sıcaklığı 230 °C'de levhanın yüzey sağlamlığı mukavemeti en yüksek ölçülmüştür. Ancak pres hızı 200 mmsn⁻¹, pres süresi 200 sn ve pres sıcaklığı 185 °C değerlerinde en düşük sonuç görülmüştür. Dolayısıyla pres sıcaklığı ve pres hızının artması levhanın yüzey sağlamlığı mukavemetine olumlu etki etmiştir. Nemli ve ark. (2004) araştırmalarında katlı pres sistemle üretilen yonga levhaların dış tabaka yonga oranından dolayı yonga levhanın yoğunluğunda bir artış olduğunu ve bu da levhanın eğilme direncini, elastiklik modülünü ve yüzeye dik vida tutma gücünü artırdığını ifade etmişlerdir.



Şekil 1. Pres parametrelerinin; P1, P2, P3, P4 yonga levhalarının yoğunluğuna ve mekanik özellikleri etkisi

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada; çok katlı sıcak preste yonga levhalar üretilmiştir. Sıcak pres parametrelerinin yonga levhanın mekanik özelliklerine etkisi analiz edilmiştir. Pres hızı 200 mmsn⁻¹, pres süresi 200 sn ve pres sıcaklığı 185 °C değerlerinde en yüksek yüzeye dik çekme değeri 0.49 Nmm⁻² ölçülmüştür. Eğilme mukavemeti; pres hızı 240 mmsn⁻¹, pres süresi 160 sn ve pres sıcaklığı 220 °C değerlerinde en yüksek 16.24 Nmm⁻² ölçülmüştür. Eğilme

elastikiyet modülü; pres hızı 200 mmsn⁻¹, pres süresi 200 sn ve pres sıcaklığı 185 °C değerlerinde en yüksek 2847 Nmm⁻² ölçülmüştür. Vida tutma mukavemeti; pres hızı 200 mmsn⁻¹, pres süresi 200 sn ve pres sıcaklığı 185 °C değerlerinde en yüksek 78.62 Nmm⁻² ölçülmüştür. Yüzey sağlamlığı mukavemeti, pres hızı 250 mmsn⁻¹, pres süresi 150 sn ve pres sıcaklığı 230 °C'de levhanın yüzey sağlamlığı mukavemeti en yüksek 1.42 Nmm⁻² ölçülmüştür. Katlı presin hızının artması levhanın

çekme direncine olumlu etki yapmıştır. Pres süresinin artması yonga levhanın eğilme mukavemetine olumlu etkilemektedir. Pres süresinin artması yonga levhanın elastikiyet modülüne olumlu etkilediği belirlenmiştir. Pres süresinin artması yonga levhanın vida tutma mukavemeti olumlu etkilemiştir. Pres sıcaklığı ve pres hızının artması levhanın yüzey sağlamlığı mukavemetine olumlu etkilediği görülmüştür.

Sonuç olarak yonga levha üretiminde kullanılan katlı preslerde pres parametreleri (pres hızı, pres süresi ve pres sıcaklığı) mekanik özellikleri önemli derecede etkilediği görülmüştür. Dolayısıyla çok katlı preslerde üretim yapan endüstriyel işletmelerin pres hızı, pres süresi ve pres sıcaklığının optimize edilerek revize edilmesi mekanik özellikleri olumlu olarak etkileyeceği ve üretim maliyetlerini düşürebileceği anlaşılmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makalede herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Teşekkür

Kastamonu Samsun fabrikalar direktörüne, Tutkal üretim müdürüne ve Yonga levha üretim müdürüne bu çalışmanın ortaya çıkmasında verdikleri destekten dolayı teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Akbulut, T. 2000. Yonga Levha Endüstrisi, *Laminart Mobilya Dekorasyon Sanat Tasarım Dergisi*, Nisan-Mayıs sayı, 7 s.112-119.
- Ashori, A., Nourbakhsh, A. 2008. Effect of Pres Cycle and Resin Content on Physical and Mechanical Properties of Particleboard Panels Made from The Underutilized Low-Quality Materials. *Industrial Crops and Products*, 28, 225-230.
- Aydın, U. 2016. "Yonga Geometrisi ve Taslak Rutubet Değişimlerinin Yonga Levha Özelliklerine Etkisi" üzerin yüksek lisans tez çalışması. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Bardak, S., Nemli, G., Sarı, B., Baharoğlu, M., Zekoviç, E. 2011. Effects of Density Profile and Hot Press Diagram on the Some Technological Properties of Particleboard Composite. *High Temperature Materials and Processes*, vol; 30, issue 1-2
- Biçer, A., 2014. Sodyum Karboksi metilselüloz (Na-CMC) Modifiyeli Yonga Levha Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Ürünleri

Kimyası ve Teknolojisi Bilim Dalı, Bartın, 169 s.

- Çamlıbel, O., 2020. Sıcak pres parametrelerinin yongalevhanın fiziksel özellikleri ve formaldehit emisyonuna etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*. Cilt: 21, Sayı:2, Sayfa: 276-283.
- Güler C 2015. Pamuk Saplarından Yonga Levha Üretimi ve Fabrikasyon İşlemi. *Türkiye Alim Kitapları Yayınları* 188 s. ISBN: 978-3-639-67436-1.
- Güler, C., Sancar, S., 2016. Yonga levha Fabrikasının Çalışma Prensibi ve Farklı Presleme Tekniğinin Levha Kalitesi Üzerine Etkisi. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi* 12 (1): 1-10.
- Güler, C., İbiş, M., (2018). Yonga levha Üretiminde Hammaddede Kaynaklarının Optimizasyonu ve Teknolojik Yönden İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6: 808-817
- Gündüz, G. ve Masraf, Y., 2005. Üç tabakalı yatık yongalı yonga levha üretiminde üretim şartlarının değiştirilmesinin levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi. *ZKÜ, Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7 (8): 49-57.
- İstek, A., Kurşun, C., Aydemir, D., Köksal, S. E., Kelleci, O., 2017. Yüzey Tabaka Yonga Oranının Yonga Levha Özelliklerine Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 182-186.
- İstek, A., Sıradağ, H., 2013. "The effect of Density on Particleboard Properties." *ICFS, International Caucasion Forestry Symposium pp:932-938 Artvin / Turkey*.
- İstek, A., Aydın, U., Özlüsoylu, I., 2018, April. The effect of chip size on the particleboard properties. in *Proceedings of the International Congress on Engineering and Life Science (ICELIS), Kastamouno, Turkey* (pp. 26-29).
- Isosifov, N., Vlcheva, L., Ganev, S., 1991. The effect of the wood species on the physical and mechanical properties of particleboards, *Nauka-za-Gorata*, 28: 1, 87-92.
- Iswanto, A. H., Azhar, I., Supriyanto, I., Susilowati, A., 2014. Effect of resin type, pressing temperature and time particleboard properties made from sorghum bagasse. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 3(2): 62-66. doi: 10.11648/j.aff.20140302.12
- Kalaycıoğlu, H. 1991. Sahil Çamı (*Pinus pinaster*) "Odonlarının Yonga Levha Üretiminde Kullanılması İmkânları." Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği

- Anabilim Dalı, Orman Endüstri Mühendisliği Programı, Trabzon, 144 s.
- Kasal, A., Diler, H., Bayındır, F., Demirci, S., Kuşkun, T. 2013. Alternatif Panel Mobilya Malzemesi Olarak Polivinil Klorür (PVC) Levhaların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikler Açısından Geleneksel Malzemelerle Karşılaştırılması. *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (2), 228-244.
- Nemli, G. 2003. Effects of Some Manufacturing Factors on the Properties of Particleboard Manufactured From Alder, *Turk. J. Agric.For*, 27: 99-104.
- Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., Akbulut, T. 2004. Pres Çeşidinin Yonga Levha Teknik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1-2, 89-95.
- Özen, R. 1980. Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 30, 2003, Trabzon*.
- TS 642-ISO 554. 1997. Kondisyonlama ve/veya Deney İçin Standart Atmosfer – Özellikler, TSE, Ankara
- TS-EN 309. 1999. Ahşap Yonga Levhalar, Tarif ve Sınıflandırma, TSE, Ankara.
- TS-EN 310. 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Eğilme ve Eğilme Direnci Elastikiyet modülünün Tayini, TSE, Ankara.
- TS-EN 311. 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Yüzey Sağlamlığı Tayini, TSE, Ankara.
- TS-EN 312. 2012. Yonga Levhalar, Özellikler- Bölüm 1: Bütün Levha Tipleri İçin Genel Özellikler, TSE, Ankara.
- TS-EN 319. 1999. Yonga ve Lif Levhalar, Levha Yüzeyine Dik Çekme Direncinin Tayin Edilmesi, TSE, Ankara.
- TS-EN 320. 2011. Yonga levhalar ve lif levhalar-vida tutma tayini, TSE, Ankara
- TS-EN 323. 1999. Ahşap Yonga Levhalar, Özgül Kütlelerin Tayin Edilmesi, TSE, Ankara.
- TS-EN 325. 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Deney Parçalarının Boyutlarının Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 326-1. 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Numune Alma, Kesme ve Muayene-Bölüm 1: Deney Numunelerinin Seçimi Kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi, TSE, Ankara.