

TASLAK RUTUBETİ VE F/U MOL ORANININ FORMALDEHİT EMİSYONU VE YONGALEVHANIN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Y.Doç.Dr.Turgay AKBULUT¹⁾

Kısa Özet

Bu araştırma, laboratuvar şartlarında üretilen yongalevhelerde formaldehit/üre mol oranı (F/U) ve taslak rutubetinin levha özellikleri üzerine etkisi ile ilgilidir.

Formaldehit/Üre mol oranının azalması ile eğilme direnci ve yüzeye dik çekme direnci azalmıştır. Taslak rutubetinin artması eğilme direncini artırırken, yüzeye dik çekme direncini azaltmıştır.

Formaldehit/ üre mol oranının 1.64' ten 1.12'ye düşmesi ile formaldehit emisyonu 39.08 mg' dan 16.62 mg HCOH/100 gr tamkuru levha' ya inmiştir. Taslak rutubetinin artması ise formaldehit emisyonunu çok az etkilemiştir.

1.GİRİŞ

Başta Yongalevha olmak üzere, Kontrplak, MDF , LVL ve Glulam gibi odun-esaslı ürünlerin imalatında genellikle sentetik tutkallardan yararlanılmaktadır. Sentetik tutkallar içerisinde Üre-formaldehit ucuz, renginin beyaz ve sertleşme süresinin kısa olmasından dolayı en çok kullanılanıdır. Ancak, Üre-formaldehit tutkalının kullanılması durumunda gerek üretim sırasında ve gerekse üretilen ürünlerde insan sağlığına zararlı olan formaldehit açığa çıkmaktadır.

Açığa çıkan formaldehit miktarı, tutkalın üretimi sırasında Üre ile Formaldehit arasındaki mol oranın bir fonksiyonu olduğundan; açığa çıkan formaldehit miktarını düşürmek için reaksiyona sokulan formaldehit oranının azaltılması yoluna gidilmektedir. Bu nedenle, farklı Formaldehit/Üre mol oranlarına (F/U) sahip tutkallarla üretilen yongalevhelerin bazı önemli fiziksel ve mekanik özel-

1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Odun Mekanik ve Teknolojisi Anabilim Dalı

likleri ile formaldehit emisyonunun F/U mol oranı tarafından nasıl etkilendiğinin tespit edilmesi önemli bulunmaktadır.

Bu çalışmada, F/U mol oranına ilave olarak sıcak presleme sırasında levha taslağının içerdiği rutubet miktarının hem formaldehit emisyonuna hem de fiziksel ve mekanik özelliklere olan etkisi araştırılmıştır.

Formaldehit

Formaldehit renksiz, keskin kokulu, zayıf asidik, suyla karışabilen, akışkan ve zehirli bir maddedir. Yongalevha ve kontrplak gibi odun-esaslı levhaların üretimi sırasında çok fazla miktarda kullanılan üre-formaldehit tutkalı içerisinde bir miktar serbest formaldehit bulunmaktadır. Bunun miktarı daha önceleri % 1 iken günümüzde % 0.3'ün altındadır (SUNDIN 1986). Serbest formaldehit tutkalın çapraz bağ oluşturmaya yardımcı olur ve sıcak preste sertleşmeyi hızlandırır. Sıcak presleme sırasında serbest formaldehitin büyük bir kısmı kimyasal reaksiyona girer ve/veya dağılır, reaksiyona girmeyen gaz halindeki bir miktar formaldehit ise levha içerisinde kalır ve yavaş yavaş dışarı çıkarak havaya karışır (SELLERS/MILLER/NEIH 1990).

Formaldehidin insanlarda göz yaşarması, baş ağrısı, nefes alma zorluğu, boğazda kuruluk ve susuzluk belirtisi gibi zararlı etkileri tespit edilmiştir (SUNDIN 1986). Formaldehit Almanya'da sağlığa zararlı maddeler içerisinde değerlendirilmekte ve muhtemel kansere neden olucu madde sınıfına dahil edilmektedir (ANONİM 1990). ABD "Çevre Koruma Bürosu" (EPA) tarafından, formaldehit, kanserojen madde olarak listeye alınmıştır (WINDHOLZ 1983).

Formaldehidin insan sağlığı bakımından zararlı etkileri dolayısıyla çeşitli ülkelerde hem odun-esaslı levhalardaki formaldehit emisyonu hem de çalışma yeri ve oturma odalarında formaldehit konsantrasyonu sınırlandırılmıştır. Örnek olarak; ABD de "Ulusal Mesleki Emniyet ve Sağlık Enstitüsü", fabrikalarda formaldehit miktarını 1 ppm ile sınırlandırmıştır (DREISBACH 1983). Almanya, Hollanda ve Avusturya'da kapalı alanlarda izin verilen maksimum formaldehit miktarı 0.1 ppm, Belçika, Finlandiya ve Danimarka'da 0.12 ppm'dir (DEPPE 1990).

Odun-esaslı levha ürünleri ise formaldehit emisyonuna göre sınıflandırılmakta ve buna göre her bir sınıfa giren ürün belirli yerlerde kullanılabilir. Örnek olarak Almanya'da aminoplast tutkallarla üretilen yongalevhalar formaldehit emisyonuna göre;

E1	0-10 mg/100 gr tam kuru levha
E2	10-30 mg/100 gr tam kuru levha
E3	30-60 mg/100 gr tam kuru levha

şeklinde sınıflandırılmaktadırlar. Buna göre, E2 emisyon sınıfına giren levhalar işlenmemiş olarak oturan mekanlarda kullanılamazlar. İsviçre'de ve Hollanda'da levhalardan ayrışabilecek maksimum formaldehit miktarı 10 mg HCOH/100 gr levha, İngiltere ve İspanya'da ise 50 mg HCOH/100 gr levhadır (DEPPE 1990).

Yongalevhalarından açığa çıkan formaldehit miktarı, ağaç türü, tutkal tipi ve miktarı, presleme şartları, katkı maddelerinin miktarı, Formaldehit/Üre mol oranı ve levhaların üretim tarihi ile formaldehit emisyonunun tespit edildiği tarih arasındaki süre gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir.

Çam ve Ladin yongalevhalarından ayrışan formaldehit miktarı, kayımdan üretilen levhalardan daha fazla bulunmuştur (KALAYCIOĞLU/ÇOLAKOĞLU 1994).

Levhalarından ayrışan formaldehit miktarı yapıştırma kullanılan Üre-formaldehit tutkalının F/U mol oranının bir fonksiyonu olup, bu oranın 1.4'den 1.05'e düşmesiyle formaldehit emisyonu 2.6 ppm'den 0.25 ppm'e gerilemiştir (SUNDIN 1986).

F/U mol oranını düşük olduğu (1.2'nin altında) Üre-formaldehit tutkallarında, tutkal miktarının artması formaldehit emisyonu üzerine pek etkili değildir. Yüksek F/U mol oranlarında ise tutkal miktarının artması formaldehit emisyonunu artırmaktadır (GÖKER/ÖRS/KALAYCIOĞLU/ÇOLAKOĞLU 1994).

Sıcak pres süresinin uzamasıyla genelde levhalardan ayrışan formaldehit miktarı azalma göstermektedir (KOLLMAN/KUENZI/STAM 1975). Bu azalma presleme sırasında orta tabakanın ulaştığı sıcaklık derecesine bağlıdır.

Taslak Rutubeti

Sıcak presleme işleminden hemen önce levha taslağının içerdiği rutubet levha özelliklerini etkileyen faktörlerden birisidir. Yüzey ve orta tabakanın rutubetleri genellikle farklı olup, orta ve yüzey tabakalarında kullanılan yonga oranları ve rutubet yüzdeleri dikkate alınarak ortalama taslak rutubeti hesaplanmaktadır.

Taslak rutubeti levhanın yüzey düzgünlüğü ve sıklığı, tutkal sarfiyatı, presleme sırasında levha yüzeyinde kabarcıkların oluşup-oluşmaması ve üretim maliyeti üzerine etkilidir. Yonga rutubetinin çok az olması halinde tutkal yongalar tarafından absorbe edilir ve yonga yüzeylerinde yapıştırma için gerekli olan miktarda tutkal kalmayabilir (LYNAM 1968; HUŞ 1978). Aynı şekilde, levhanın yüzey tabakaları yeterince sıkıştırılmaz ve bunun sonucunda gevşek ve zayıf levha yüzeyleri elde edilir. Yüksek rutubet ise presleme sırasında veya preslemeden sonra levhanın patlamasına sebep olabilir (LYNAM 1968). Taslaktaki sudan ayrı olarak pres süresini kısaltmak, preste bazı durumlarda ön sertleşmeyi önlemek, levhanın direnç, görünüş ve yüzey yapısını iyileştirmek için bazen taslak yüzeylerine su püskürtülür (KOLLMAN/KUENZI/STAM 1975). Taslağın fazla rutubet içermesi halinde levha gizli ve açık buhar kabarcıkları ihtiva eder, bunun sonucunda ise yüzeye paralel makaslama direnci düşer, yüzey pürüzlü olur ve gereksiz yere levhanın sonuç rutubeti yüksek olur. Bu durumları engellemek veya en aza indirmek için daha uzun bir presleme süresine ihtiyaç vardır (LYNAM 1968).

Yüzey tabakalarında rutubetin % 18-20 olması halinde maksimum eğilme direncine ulaşılmaktadır. Yüzey tabakalarının rutubetinin % 12 den % 20'ye, orta tabaka rutubetinin ise % 8'den % 10'a çıkmasıyla yüzeye dik çekme direnci % 10 oranında artmaktadır (KOLLMAN/KUENZI/STAM 1975).

HUŞ (1978) presleme işleminden önce ortalama taslak rutubetinin % 15-16'nın üzerinde olması halinde yoğunluğu 0.65 gr/cm³ olan levhalarda kısa bir presleme süresinin kullanılmasıyla rutubetin taslak içerisinden yeterince buharlaşmayacağını, bu durumda sadece direnç değerlerinin düşmesinin değil aynı zamanda levhanın orta kısmından patlayacağını, bu bakımdan taslak rutubetinin sınırlı tutulması gerektiğini, örnek olarak üç tabakalı levhalarda tutkalı yonga taslağında orta tabakanın % 10-13, yüzey tabakalarının ise % 15-18 rutubeti geçmemesi ve böylece ortalama taslak rutubetinin % 13-15'i aşmaması gerektiğini belirtmektedir.

Yüzey tabakalarının yüksek rutubetli orta tabakanın ise düşük rutubetli olması durumunda, yüzey tabakaları orta tabakadan fazla sıkışır ve bunun sonucunda eğilme direnci ve elastik özellikler üniform rutubetteki taslaklara göre artar, fakat yüzeye dik çekme direnci azalır. Bu yüzden ortalama taslak rutubeti, levhaların presten çıktıktan sonra patlamaması için makul sınırlar içerisinde tutulmalıdır (MALONEY 1977). Sıcak presleme sırasında taslak rutubetinin yüksek olması formaldehit çıkışını artırmaktadır (KOLLMAN/KUENZI/STAM 1975; ROFFAEL 1982).

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Deneme Materyali

2.1.1 Odun Hammaddesi

Deneme levhalarının üretiminde Tever A.Ş. ve Yongapan A.Ş. yongalevha fabrikalarından temin edilen endüstriyel yongalar karıştırılmak suretiyle kullanılmıştır. Yüzey tabakalarında kullanılan yongalar Kavak, Söğüt, Çam ve Ladinden, orta tabakada kullanılanlar ise Kayın, Meşe ve Kestane odunlarından elde edilmiştir.

2.1.2 Tutkal

Yapıştırıcı madde olarak Polisan Kimya Sanayii A.Ş. tarafından üretilen ve üç farklı F/U mol oranına sahip aşağıda teknik özellikleri belirtilen Üre-formaldehit tutkalları kullanılmıştır.

Tipi	: Poliüre-6465, 2265, 1265
Görünüş	: Temiz, beyaz, sıvı
Katı Madde(120 °C'de 2 saat) %	: 65±1
Yoğunluk (20 °C) gr/cm ³	: 1,265 ±1, 280
Viskozite (20 °C) cP	: 200-450
Akma zamanı (20 °C, FC 4) sn.	: 35-75
pH (20 °C)	: 7,5-8,5
Jelleşme zamanı (100 °C) sn.	: 40-50
(50 gr. Reçine 5 ml. %10'luk NH ₄ Cl)	
Depolama zamanı (20 °C) gün	: 60
Serbest formaldehit %	: 0.70 , 0.20 ve 0.15 max
Formaldehit / Üre mol oranı	: 1.64 , 1.22 ve 1.12

2.1.3 Hidrofobik Madde

Deneme levhalarının üretiminde hidrofobik madde olarak katı madde oranı % 42, 20 °C'de yoğunluğu 0.88 gr/cm³, pH'ı 7.5 ve rengi beyaz olan parafin emülsiyonu kullanılmıştır.

2.2 Deneme Levhalarının Üretimi

2.2.1 Kurutma

Madde 2.2.1. 'de özellikleri belirtilen yüzey ve orta tabaka yongaları kurutma firmında % 4 rutubete kadar kurutulmuşlardır.

2.2.2 Tutkallama

Yüzey ve orta tabaka yongaları ayrı ayrı olmak üzere, tek enjektörlü, 6 kg/cm² basınca dayanıklı, beş karıştırma koluna sahip tutkallama makinesinde tutkallanmıştır. Bu makinede motora bağlı bulunan milin dönmesiyle karıştırma kolları harekete geçmekte ve böylece yongalar homojen bir şekilde tutkallanabilmektedirler.

Uygulanan tutkal miktarları tam kuru yonga ağırlıkları esas alınarak hesaplanmıştır. % 65 katı madde oranına sahip tutkalların hesaplamalarda yalnız katı madde oranları dikkate alınmıştır. Tutkal çözeltisi hazırlanırken sertleştirici madde olarak % 1 oranında Amonyum klorür katılmıştır.

2.2.3 Levha Taslağının Hazırlanması

Levha taslağının hazırlanmasında 56x56 cm boyutlarında şekillendirme çerçevesi ve 2 cm kalınlığında kalınlık takozları kullanılmıştır. Üretilen levhaların orta ve yüzey tabakalarında kullanılan yonga oranları ağırlık esasına göre dozajlanmıştır. Levhaların yüzey tabakaları %30 orta tabakaları ise %70 olacak şekilde teşkil edilmiştir. Şekillendirme çerçevesi 3 mm kalınlığındaki pres sacı üzerine yerleştirildikten sonra, öncelikle tutkallanmış alt tabaka yongaları elle homojen bir şekilde serilmiştir. Bunu takiben, orta tabaka yongaları ve en sonunda üst tabaka yongaları elle serilmiştir.

Serme işlemi tamamlandıktan sonra, şekillendirme çerçevesi büyüklüğünde bir plaka ile yongalar üzerine basınç uygulanarak bir nevi soğuk pres yapılmıştır. Soğuk presleme işleminden sonra, şekillendirme çerçevesi dikkatli bir şekilde çıkarılarak serilen taslak üzerine üst pres sacı yerleştirilmiş ve böylece taslak sıcak preslemeye hazır hale getirilmiştir.

Levha taslakları laboratuvar tipi ve levha büyüklüğü 70x89 cm olan, elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik preste 150 °C sıcaklık, 30 kp/cm² basınç ve 10 dakika süre ile preslenmiştir. Pres kapanma süresi 20 sn. dir. Levhalar prestenden çıkarıldıktan sonra soğutulmuş ve formaldehit testi için gerekli numuneler alındıktan sonra sıcaklığı 20 °C ve bağıl nemi % 65 olan klima odasında istiflenerek hava kurusu hale gelinceye kadar bekletilmişlerdir. Bu şekilde kondisyonlanmış olan deneme levhalarından fiziksel ve mekanik testler için gerekli standart boylardaki örnekler kesilmiştir. Hazırlanan örnekler deneme anına kadar tekrar klima odasında tutulmuştur.

Her bir deneme levhasından 3'er adet üretilmiştir. Deneme levhalarının hepsinde kalınlık 20 mm olup, diğer özellikleri Tablo 1'de toplu bir şekilde verilmiş bulunmaktadır.

Tablo 1: Laboratuvar Üretilen Deneme Levhası Tipleri ve Bunlara Ait Üretim Değişkenleri

Table 1: Types of Experiment Boards Produced and Their Manufacturing Variables

Levha Tipi Code	Formaldehit/Üre Mol Oranı Formaldehyde/Urea Mole Ratio	Taslak Rutubeti(%)* Mat Moisture Content
A	1.64	10/9.5/10
B	1.22	10/9.5/10
C	1.12	10/9.5/10
D	1.64	13/11/12.7
E	1.64	20/13/15

*)Tablodaki ilk değer yüzey tabakalarının, ikinci değer orta tabakanın, son değer ise ortalama taslak rutubetini göstermektedir.

2.3 Araştırma Metodları

Eğilme direnci ve yüzeye dik çekme direnci TS 180 (1991)'e göre, formaldehit emisyonu ise TS 4894 (1986)'e göre yapılmıştır.

2.4 İstatistik Uygulamalar

Bu çalışmada; endüstriyel yongaların kullanılmasıyla laboratuvar üretilen yongalevhaların, yüzeye dik çekme direnci ve eğilme direnci ile formaldehit emisyonu üzerine F/U mol oranı ve taslak rutubetinin etkileri araştırılmıştır.

Deneyler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde; bir faktör üç örnekleme olduğu için önce basit varyans analizi yapılmış ve sonucun manidar olması halinde aritmetik orta-

lamalar Duncan testi ile karşılaştırılarak, birbirinden farklı ve eşit kabul edilebilecek ortalamalar belirlenmiştir.

Fiziksel ve mekanik özelliklerin tayini için yapılan testlerde kullanılması gereken minimum örnek sayısını belirlemek için, KALIPSIZ (1988)'dan alınan;

$$n \geq \frac{t^2 \cdot v^2}{m^2} \text{ formülü kullanılmıştır.}$$

Burada;

t= t- tablosundan, % 95 güven seviyesi için, alınan bir sabit. (v=10-1=9 serbestlik derecesi için t=2 alınmıştır)

v= Varyasyon katsayısı

m= Öngörülen hata yüzdesi (% 5 olarak alınmıştır.)

Testlerden önce 10'ar adet örnek üzerinde ön deneme yapılarak her bir test için gerekli minimum örnek sayısı belirlenmiştir. Buna göre: test türüne bağlı olarak, minimum örnek sayısının 15 ila 30 arasında değiştiği görülmüştür. Ancak araştırmanın hassasiyetini yüksek tutmak amacıyla her bir test için 30 örnek üzerinde denemeler yürütülmüştür. Formaldehit emisyonu için ise 2 ölçümün yeterli olduğu tespit edilmiş, fakat denemelerde 3'er ölçüm yapılmıştır. İstatistikî karşılaştırmalarda güven seviyesi %95 olarak alınmıştır.

3. BULGULAR

Deneyler sonucunda elde edilen veriler; istatistiki olarak değerlendirilerek araştırılan faktörlerin levha özellikleri üzerine olan etkileri tablolar yardımıyla aşağıda açıklanmıştır.

3.1 Eğilme Direnci

Eğilme direnci ile ilgili levha tiplerine ait aritmetik ortalama, standart sapma, varyans, değişim genişliği ve varyasyon katsayısı değerleri tablo 2'de toplu olarak verilmiştir.

Tablo 2: Levhaların Eğilme Direnci ile İlgili İstatistikî Değerler

Table 2: Statistical Values Regarding the Bending Strengths of the Boards

Levha Tipi Code	Aritmetik Ortalama Aritmetical Mean (kp/cm ²)	Standart Sapma Standard Deviation (kp/cm ²)	Varyans Variance	Değişim Genişliği Range (kp/cm ²)	Varyasyon Katsayısı Coefficient of Variation (%)
A	135.99	14.71	216.43	165.8-105.9	10.81
B	129.50	16.47	271.42	165.8-96.7	12.72
C	128.42	17.04	290.40	156.6-101.3	13.26
D	138.07	18.62	346.92	165.8-105.9	13.47
E	174.23	16.20	262.7	207.3-138.2	9.3

3.1.1 Taslak Rutubetinin Etkisi

Eğilme direnci üzerine taslak rutubetinin etkisini tesbit etmek amacıyla üç farklı taslak rutubetine sahip olan A, D ve E tipi levhalar karşılaştırılmıştır. Bu levha tiplerine ait eğilme direnci değerleri şöyledir:

Levha Tipi	Taslak Rutubeti(%)	Eğilme Direnci (kp/cm ²)
A	10.0	135.99
D	12.7	138.07
E	15.0	174.23

Tablo 3: Taslak Rutubetinin Eğilme Direncine Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Table 3: The Analysis Of Variance Regarding The Effect Of The Mat Moisture Content On The Bending Strength

Varyasyon Kaynağı Source of Variation	Serbestlik derecesi Degrees of Freedom	Kareler Toplamı Sum of Squares	Ortalama Kareler Mean Square	F-Oranı F	Önem seviyesi Level of Significance
Gruplar arası Groups	2	27736.33	13868.16	50.36	S*
Gruplar içi Error	87	23958.04	275.37	>	
Toplam Total	89	51694.37	580.83	3.07	

Yapılan varyans analizinden görüldüğü gibi, taslak rutubeti %95 güvenle eğilme direncini etkilemektedir. Duncan testi sonucuna göre E tipi levhalara ait aritmetik ortalama değer, % 95 güvenle diğerlerinden önemli derecede farklıdır. A ve D tipi levhalar arasındaki farklılık ise % 95 güvenle önemli bulunmamıştır.

3.1.2 F/U Mol Oranının Etkisi

F/U Mol oranının eğilme direnci üzerine etkisini tesbit etmek için A, B ve C tipi levhaların karşılaştırılması gerekmektedir. Bu levhaların üretiminde kullanılan Üre-formaldehit tutkalındaki F/U mol oranı hariç diğer bütün üretim değişkenleri aynıdır. Söz konusu levhalara ait eğilme direnci değerleri şöyledir:

Levha Tipi	F/U Mol Oranı	Eğilme Direnci(kp/cm ²)
A	1.64	135.99
B	1.22	129.50
C	1.12	128.42

Görüldüğü gibi F/U mol oranı küçüldükçe yani tutkal içerisindeki formaldehit miktarı azalınca eğilme direnci de azalmaktadır. Bu konuda yapılan varyans analizi Tablo 4'te verilmiştir:

Tablo 4: F/U Mol Oranının Eğilme Direnci Üzerine Etkisine İlişkin Varyans Analizi Tablosu

Table 4: Analysis Of Variance Regarding The Effect Of The F/U Mole Ratio On The Bending Strength

Varyasyon Kaynağı Source of Variation	Serbestlik derecesi Degrees of Freedom	Kareler Toplamı Sum of Squares	Ortalama Kareler Mean Squares	F-Oranı F	Önem seviyesi Level of Significance
Gruplar arası Groups	2	1004.65	5502.32	1.936	N.S.
Gruplar içi Error	87	22569.57	259.42	<	
Toplam Total	89	23574.43	264.87	3.07	

Varyans analizi tablosunun incelenmesinden anlaşılacağı gibi araştırılan sınırlar içerisinde F/U mol oranının eğilme direnci üzerine olan etkisi % 95 güvenle önemli değildir.

3.2 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci ile ilgili levha tiplerine ait aritmetik ortalama, standart sapma, varyans, değişim genişliği ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5: Levhaların Yüzeye Dik Çekme Direnci İle İlgili İstatistik Değerler
Table 5: Statistical Values Regarding The Internal Bond Strengths Of The Boards

Levha Tipi Code	Aritmetik Ortalama Arithmetical Mean (kp/cm ²)	Standart Sapma Standard Deviation (kp/cm ²)	Varyans Variance	Değişim Genişliği Range (kp/cm ²)	Varyasyon Katsayısı Coefficient of Variation (%)
A	4.62	0.558	0.311	5.96-3.60	12.07
B	3.56	0.464	0.216	4.40-2.96	13.03
C	3.40	0.472	0.223	4.28-2.84	13.88
D	4.54	0.614	0.377	5.52-3.72	13.52
E	2.47	0.305	0.093	3.20-2.00	12.36

3.2.1 Taslak Rutubetinin Etkisi

Yüzeye dik çekme direnci üzerine taslak rutubetinin etkili olup olmadığını tesbit etmek amacıyla A, D ve E tipi levhalar karşılaştırılmıştır. Bu levha tiplerinin yüzeye dik çekme direncine ait değerler şöyledir:

Levha tipi	Taslak Rutubeti (%)	Yüzeye dik çekme Direnci(kp/cm ²)
A	10.0	4.62
D	12.7	4.54
E	15.0	2.47

Tablo 6: Taslak Rutubetinin Yüzeye Dik Çekme Direncine Etkisine İlişkin Varyans Analiz Tablosu

Table 6: The Analysis Of Variance Regarding The Effect Of Mat Moisture Content On The Internal Bond Strength

Varyasyon Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Kareler Toplamı Sum of Squares	Ortalama Kareler Mean Squares	F-Oranı F	Önem seviyesi Level of Significance
Gruplar arası Groups	2	88.79	44.39	169.9	S*
Gruplar içi Error	87	22.72	0.26	>	
Toplam Total	89	111.52	1.25	3.07	

Tablo 6'nın incelenmesinden, taslak rutubetinin yüzeye dik çekme direnci üzerine % 95 güvenle etkili olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan Duncan testi sonucuna göre, A ve E tipi levhalar arasındaki farklılık % 95 güvenle önemli bulunmazken, taslak rutubetinin % 15 olduğu E tipi levhalar ile diğerleri arasındaki farklılıklar aynı güven seviyesiyle önemli bulunmuştur.

3.2.2 F/U mol oranının Etkisi

Yüzeye dik çekme direnci üzerine F/U mol oranının etkisini tespit etmek amacıyla A, B ve C tipi levhalar karşılaştırılmıştır. Bu levhaların yüzeye dik çekme direnci aritmetik ortalama olarak aşağıda verilmiştir:

Levha Tipi	F/U Mol Oranı	Yüzeye Dik çekme Direnci (kp/cm ²)
A	1.64	4.62
B	1.22	3.56
C	1.12	3.40

Tablo 7: F/U Mol Oranının Yüzeye Dik Çekme Direnci Üzerine Etkisine İlişkin Varyans Analiz Tablosu

Table 7: The Analysis Of Variance Regarding The Effect Of The F/U Mole Ratio On The Internal Bond Strength

Varyasyon Kaynağı Source of Variation	Serbestlik derecesi Degrees of Freedom	Kareler Toplamı Sum of Squares	Ortalama Kareler Mean Squares	F-Oranı F	Önem seviyesi Level of Significance
Gruplar arası Groups	2	26.48	13.24	52.19	S*
Gruplar içi Error	87	21.77	0.25	>	
Toplam Total	89	48.26	0.54	3.07	

Yapılan varyans analizinden F/U mol oranının yüzeye dik çekme direncini %95 güvenle etkilediği görülmektedir. Duncan testi sonucuna göre, A tipi levhalar diğerlerinden önemli farklılık gösterirken, B ve C tipi levhalar arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır.

3.3 Formaldehit Emisyonu

Formaldehit emisyonu ile ilgili levha tiplerine ait aritmetik ortalama, standart sapma, varyans, değişim genişliği ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 8'te verilmiştir.

Tablo 8: Lehaların Formaldehit Emisyonu İle İlgili İstatistik Değerler

Table 8: Statistical Values Regarding The Formaldehyde Emission Of The Boards

Levha Tipi Code	Aritmetik Ortalama Aritmetical Mean (mg HCOH)	Standart Sapma Standard Deviation (mg HCOH)	Varyans Variance	Değişim Genişliği Range (mg HCOH)	Varyasyon Katsayısı Coefficient of Variation (%)
A	39.08	0.848	0.720	39.6-39.4	2.16
B	24.70	0.707	0.500	25.3-24.2	2.86
C	16.62	0.919	0.845	17.2-15.9	5.52
D	41.38	0.636	0.405	41.8-40.9	1.53
E	40.39	0.551	0.304	40.7-40.0	1.36

3.3.1 F/U Mol Oranının Etkisi

Formaldehit emisyonu üzerine F/U mol oranının etkisini tesbit etmek için A, B ve C tipi levhaların karşılaştırılması gerekmektedir. Bu levha tiplerine ait formaldehit emisyonu şöyledir:

Levha tipi	F/U mol oranı	Formaldehit emisyonu (mg HCOH/100 gr levha)
A	1.64	39.08
B	1.22	24.70
C	1.12	16.62

F/U mol oranının formaldehit emisyonu üzerine etkili olup olmadığına dair yapılan varyans analizi tablo.6'da verilmiştir.

Tablo 9: Formaldehit Emisyonu Üzerine F/U Mol Oranının Yaptığı Etkiye İlişkin Varyans Analizi Tablosu

Table 9: The Analysis Of Variance Regarding The Effect Of The F/U Mole Ratio On The Formaldehyde Emission

Varyasyon Kaynağı Source of Variation	Serbestlik Derecesi Degrees of Freedom	Kareler Toplamı Sum of Squares	Ortalama Kareler Mean Squares	F-Oranı F	Önem seviyesi Level of Significance
Gruplar arası Groups	2	517.67	258.83	375.1	S*
Gruplar içi Error	87	2.07	0.69	>	
Toplam Total	89	519.74	103.94	3.07	

Tablo 9'un incelenmesinden anlaşılacağı gibi, formaldehit emisyonu üzerine F/U mol oranı % 95 güvenle etkili bulunmaktadır. Yapılan Duncan testi sonucuna göre, aritmetik ortalamalar arasındaki farklılık % 95 güvenle önemlidir.

3.3.2 Taslak Rutubetinin Etkisi

Formaldehit emisyonu üzerine taslak rutubetinin etkisini tesbit etmek için A, D ve E tipi levhaların karşılaştırılması gerekmektedir. Bu levha tiplerine ait formaldehit emisyonu değerleri şöyledir:

Levha tipi	Taslak rutubeti (%)	Formaldehit emisyonu (mg HCOH/100 gr levha)
A	10.0	39.08
D	12.7	41.38
E	15.0	40.39

Tablo 10: Formaldehit Emisyonu Üzerine F/U Mol Oranının Yaptığı Etkiye İlişkin Varyans Analizi Tablosu

Table 10: The Analysis Of Variance Regarding The Effect Of The F/U Mole Ratio On The Formaldehyde Emission

Varyasyon Kaynağı Source of Variation	Serbestlik derecesi Degrees of Freedom	Kareler Toplamı Sum of Squares	Ortalama Kareler Mean Squares	F-Oranı F	Önem seviyesi Level of Significance
Gruplar arası Groups	2	5.31	2.65	5.53	N.S.
Gruplar içi Error	87	1.45	0.48	<	
Toplam Total	89	6.76	1.35	9.55	

Yapılan varyans analizinden, taslak rutubetinin formaldehit emisyonu üzerine, % 95 güvenle, etkisiz olduğu görülmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

4.1 Taslak Rutubetinin Etkisi

Ortalama taslak rutubeti %15 (yüzey tabakaları %20, Orta tabaka %13) olan levhalarda en yüksek eğilme direnci gerçekleştirilmiştir (174.23 kp/cm²). En düşük eğilme direnci ise ortalama taslak rutubetinin %10 (yüzey tabakaları %11, orta tabaka %9.5) olduğu levhalarda elde edilmiştir (135.99 kp/cm²). Ortalama taslak rutubetinin %12.7 (yüzey tabakaları %15.5, orta tabaka %11.4) olduğu levhalarda ise eğilme direnci 138.07 kp/cm² dir. %10 ve %12.7 taslak rutubetleri arasında eğilme direnci bakımından önemli bir farklılık bulunmamaktadır. Ortalama taslak rutubetinin yüksek olmasıyla eğilme direncinde meydana gelen bu artışı, rutubetin plastikleştirme etkisiyle açıklayabiliriz. Zira, presleme sırasında sıcaklık ve basınç altında rutubetli yogalar daha kolay sıkışmakta ve yüzey tabakalarında sıkı bir zon oluşturabilmektedir. Bu da eğilme direncinin artmasına neden olmaktadır.

Yüksek taslak rutubeti yüzeye dik çekme direncini ise azaltmaktadır. Nitekim %10 taslak rutubetinde yüzeye dik çekme direnci 4.62 kp/cm², %15 taslak rutubetinde ise 2.47 kp/cm²dir. Eğilme direncinde olduğu gibi yüzeye dik çekme direncinde de %10 ve %12.7 taslak rutubetleri arasında önemli bir farklılık yoktur. Yüksek rutubetin yüzeye dik çekme direncini düşürmesinin sebebi, aynı presleme süresi içerisinde yüksek rutubete sahip taslaklarda rutubetin yeterli derecede buharlaşmaması ve böylece tutkalın tam olarak sertleşmesine mani olmasıdır.

Araştırılan sınırlar içerisinde taslak rutubetinin formaldehit emisyonu üzerine önemli bir etkisi olmamıştır.

4.2 F/U Mol Oranının Etkisi

F/U mol oranının azalması ile eğilme direncinde düşme olmaktadır. Ancak; 1.64, 1.22 ve 1.12 F/U mol oranları arasında eğilme direnci bakımından meydana gelen farklılık önemli değildir. 1.64 F/U mol oranında eğilme direnci 135.9, 1.22 F/U mol oranında 129.5 ve 1.12 F/U mol oranında 128.4 kp/cm² olarak tesbit edilmiştir. Bu durum, GÖKER ve arkadaşları (1993) ile MARUTZKY ve RANTA (1980) tarafından elde edilen sonuçlara uygunluk göstermektedir. F/U mol oranının 1.1'in altına düşmesi ile eğilme direncinde önemli miktarda azalma olabilir.

F/U mol oranı yüzeye dik çekme direnci üzerine de etkili olmaktadır. F/U mol oranının azalmasıyla yüzeye dik çekme direnci düşmektedir. Zira, 1.64 F/U mol oranında yüzeye dik çekme direnci 4.62, 1.12 F/U mol oranında ise 3.40 kp/cm²'dir. Ancak, 1.12 ve 1.22 F/U mol oranları arasındaki farklılık önemli miktarda değildir. F/U mol oranının özellikle 1.10'un altına düşmesi halinde yüzeye dik çekme direncinin azaldığı belirtilmektedir (SUNDİN 1986; MYERS 1984).

F/U mol oranı en büyük etkisini formaldehit emisyonu hususunda göstermektedir. F/U mol oranının azalmasıyla birlikte, formaldehit emisyonu da azalmaktadır. Nitekim 1.64 F/U mol oranında formaldehit emisyonu 39.08 mg, 1.12 F/U mol oranında ise 16.62 mg HCOH/100gr levha olarak bulunmuştur. SUNDİN (1986)'ın belirttiği gibi, yongalevhalardan ayrılan formaldehit miktarı, kullanılan Üre-formaldehit tutkalındaki F/U mol oranının bir fonksiyonudur. F/U mol oranının 1.10 ve onun altına düşmesinin levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerine yaptığı olumsuz etkiyi ortadan kaldırmak için tutkal miktarının artırılması ve yapışmayı engellemeyecek miktarda (max. % 1) parafin ilave edilmesi gerekir.

THE EFFECT OF FORMALDEHYDE/UREA MOLE RATIO AND MAT MOISTURE CONTENT ON SOME PROPERTIES OF PARTICLEBOARDS

Y. Doç. Dr.Turgay AKBULUT

Abstract

This study is on the relationship between the board properties and mat moisture content and formaldehyde/urea mole ratio in particleboards produced in the laboratory.

With the reduction of mole ratio (F/U) the bending strength and the internal bond strength decreased. Increasing the mat moisture content increased the bending strength and reduced the internal bond strength.

Reduction of mole ratio (F/U) from 1.64 to 1.12 resulted in a fall of formaldehyde emissions from 39.08 mg to 16.62 mg HCOH/ 100 gr board (ovendry weight). Increasing the mat moisture content influenced slightly the formaldehyde emissions from the boards.

SUMMARY

Using particleboards produced in the laboratory the effect of the F/U mole ratio and mat moisture content were investigated on the bending strength, internal bond strength, and formaldehyde emission.

Table 1: The types of the boards produced in laboratory and manufacturing variables

Code	Formaldehyde/Urea Mole Ratio	Mat Moisture Content*
A	1.64	10/9.5/10
B	1.22	10/9.5/10
C	1.12	10/9.5/10
D	1.64	13/11/12.7
E	1.64	20/13/15

*) Based on ovendry weight of particles

The following factors were held constant for all board types:

Furnish.....	:A mixture of industrial particles.Dried and screened:In the faces poplar+pine+spruce+willow, in the core beech+oak+chestnut were used.
Panel size.....	:20 by 560 by 560 mm
Resin.....	:Urea-formaldehyde
Density	:0.65 gr/cm ²

The press conditions applied for all boards are as follows:

Press temperature.....	:150°C
Press closing time	:20 sec.
Total press time	:10 min.
Press pressure.....	:30 kp/cm ²

Tests for the bending strength, and internal bond strength according to Turkish Standard (TS) 180, formaldehyde emission according to TS 4984 were made.

The statistical analyses led to the following conclusions:

With the reduction of F/U mole ratio from 1.64 to 1.12 the quality of boards were generally lowered, but the formaldehyde emission was reduced from 39.08 to 16.62 mg HCOH/100 gr board.

Increasing the mat moisture content from 10 to 15 caused a fall in the internal bond strength. However, this increase did not influence formaldehyde emissions of the boards.

KAYNAKLAR

- AKIO, I., HIRO-KUNI, O., YASUTO, C. 1991: Prediction of Formaldehyde Concentrations in Air Originating from Wood-Based Materials. Bull. For. and For. Prod. Res. Inst., No.360, Japan
- ANONIM,1990: Technische Regeln Für Gefahrstoffe:TRGS: Mak Werte. 2 Aufl. Landsberg:eucomed, Almany.
- BOEHME, C., ROFFAEL, E. 1990: Wirksamkeit Verscheidener Herstellungsverfahren Formaldehydarmer Spanplatten. Adhasion. 32 (10), p.38-45.
- BOZKURT,Y., GÖKER, Y. 1990: Yongalevha Endüstrisi. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No:413, İstanbul
- COPLUGİLE, 1993: Formaldehit ve Formaldehit Reçineleri.ORENKO'93 Bildiri Metinleri. KTÜ Orman Fak. Trabzon.
- DEPPE, H.J. 1990: Regelungen zur Erfassung und Vermeidung von Formaldehydabgen. Möbel und Fomaldehyd. February, Braunschweig, Tagusband, 1-20.
- DREISBACH, R.B. 1983: Handbook of Poisoning. Lange Medical Publications, Los Altos, California.
- GO,A.T. 1991 Low Emitting Particleboard Urea-Formaldehyde Resins. in: T.Maloney: Proceedings 25th International Particle-board/Composite Material Symposium. W.S.U., Wash.

GÖKER,Y., KALAYCIOĞLU, H., AS, N., AKBULUT,T.1993: Ağaç Türü, Tutkal Miktarı ve Formaldehit/Üre Mol Oranının Yongalevhanın Özellikleri Üzerine Etkisi. ORENKO'93 Bildiri Metinleri, K.T.Ü. Orman Fak., Trabzon.

GÖKER, Y., ÖRS, Y., KALAYCIOĞLU, H., ÇOLAKOĞLU, G.1994: Kızılçam Yongalevhalarında Formaldehit Emisyonu Üzerine Tutkal Miktarı ve F/U Mol Oranının Etkisi. Yeşile Çerçeve Dergisi, Sayı.27.

HUŞ,S.1979: Teknolojik Faktörlerin Yongalevhanın Özellikleri Üzerine Etkisi. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri B, Cilt 29, Sayı 2.

JOHNSON, E.C. (Ed.) 1956: Wood Particle Board Handbook. The Industrial Experimental Program of the Engineering, Nort Coralina State College, Raleigh, N.Coralina.

KALAYCIOĞLU,H., ÇOLAKOĞLU G. 1994: Çeşitli Ağaç Türlerinden Üretilmiş Kontrplak ve Yongalevhalarından, Üretim Şartlarına Bağlı Olarak Formaldehit Çıkışının Sınırlandırılması İmkanları. Tübitak Proje No: TOAG-935 (Basılmamıştır)

KALIPSIZ,A. 1988: İstatistik Yöntemler. İ.Ü. Orman Fak. Yayın No.394

KURTOĞLU,A., UÇAR,H. 1985: Orman Ürünleri Sanayiinde Formaldehit Ayrışması ve Çevre Sağlığına Etkileri. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri B, Cilt 35, Sayı3.

KOLLMAN,F., KUENZİ,E.W., STAM,A.S. 1975: Principles of Wood Science and Tecnology. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Newyork.

LYNAM, F.C. 1969 : Factors Influencing the Properties of Wood Chipboard. in: L.Mitlin: Particle-board Manufacture and Aplica-tions.Pressmedia Books Ltd., U.K.

MALONEY, T. 1977: Modern Particle Board and Dry-Process Fiberboard Manufacturing. Miller Freeman Publications, San Fran-sisco/California.

MARUTZKY, R., RANTAL. 1980: Die Eigenschaften Formal-dehydarmer HF-Leimharze und Daraus Hergestellter Holzspanplatten. Holz als Roh-und Werkstoff.(38), p.217-223.

MYERS, G.E. 1984: How Mole Ratio of UF Resin Affects Formaldehyde Emissions and Other Properties. Frest Prod. J.34 (5).

MYERS,G.E. 1985: Effect of Separate Additions to Furnish or Veneer on Formaldeyde Emission and Other Properties:A Literature Review (1960-1984). Forest Prod.J.35(6), p.57-68.

MEYERS,G.E.1985: The Effects of Temperature and Humudiy on Formaldehyde Emissions from UF-Bonded Boards: Literature Critique. Forest Prod. J.35(9), p.20-30.

MEYERS,G.E.1986 : Effects of Post-Manufacture Board Treatments on Formaldehyde Emissions: a Literature Review (1960-1984). Forest Prod.J.36(6), p.41-51.

NIEH, S., SELLERS, T. 1991: Performance of Flakeboard Bonded with Three PF Resins of Different Mole Ratios and Mole-cular Weights. Forest Prod.J.41 (6), p.49-53.

ROFFAEL, E., RAUCH, W. BISMARCK, C.V. 1975:Formaldehydabgabe und Festigkeitsausbildung bei Verleimung von Eichenholdzspanen mit Harnstoff-Formaldehydharzen. Holz als Roh-und Werkstoff. (33), p. 271-275.

ROFFAEL,E. 1982: Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen. DRW Verlag, Stuttgart.

SELLERS, T., MILLER, G.D., NIEH,S. 1990: Evaluation of Post Added Ester and/or Urea as a Formaldehyde Scavenger in UF Resins Used to Bond Suthern Pine Particleboard. Forest Prod.J.41 (1),p.53-56.

SUNDIN, E.B. 1986: Formaldehyde Concerns in Composite Products. 18th IUFRO World Congress, Devison-5, Forest Products, Yugoslavya.

TS (180) 1991: Yonga Levhaları (Genel Amaçlar için - Yatık Yongalı) (Tadil:1984). TSE, Ankara

TS (4894) 1986: Odunlifi ve Yongalevhaları - Ekstrakte Edile-bilen Formaldehit Tayini. TSE, Ankara

UÇAR,G., KURTOĞLU.A. 1986: Türkiye'de Üretilen Yongalevhalarından Formaldehit Ayrışması. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri B, Cilt 36,Sayı 1. WINDHOLZ, M. (Ed.) 1983: The Merck Index an Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biological. Merck and Co., INC. Rahway, N.J., USA.