

28264

KARADENİZ TEKNİK UNIVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

KONTRPLAK ÜRETİM ŞARTLARININ FORMALDEHİT EMİSYONU VE TEKNİK  
ÖZELLİKLERE ETKİSİ

Orm.End.Yük.Müh. Gürsel ÇOLAKOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"Doktor"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 08.09.1993

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 19.11.1993

Tezin Danışmanı: Prof. Dr. Yalçın ÖRS  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Yener GÖKER  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Harzemsah HAFIZOĞLU

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Temel SAVASKAN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Eylül-1993

TRABZON

## ÖNSÖZ

Kontrplaklarda formaldehit emisyonu, özgül ağırlık, çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmede elastikiyet modülü üzerine, ÜF tutkalına ilave edilen farklı miktarlardaki üre ve melamin ile dolgu ve katkı maddeleri, pres basıncı ve süresi, Ü/F mol oranı, levha kalınlığı ve ağaç cinsinin yapacağı etkilerinin araştırıldığı bu çalışma, K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

Doktora tezi danışmanlığımı üstlenerek gerek konu seçimi, gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında ilgisini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Yalçın ÖRS'e teşekkür etmeyi zevkli bir görev bilirim.

Yapıcı eleştirilerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Yener GÖKER'e ve sayın hocam Prof.Dr. Harzemsah HAFIZOĞLU'na teşekkür ederim.

Ayrıca deney kontrplakları üretiminde kullanılan malzemelerin teminini sağlayan Samsun İşletme Müdürlüğü, ORUS Bolu Müessese Müdürlüğü ve Polisan A.Ş. yetkilileri ile laboratuvar çalışmaları sırasında yardımlarını esirgemiyen mesai arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Trabzon, Eylül-1993

Gürsel ÇOLAKOĞLU

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Tanımlar.....	3
2.2. Kontrplak Üretim Teknolojisi.....	3
2.2.1. Tomrukların Depolanması.....	4
2.2.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması.....	4
2.2.3. Tomruk Kabuklarının Soyulması.....	5
2.2.4. Soyma Yöntemi ile Kaplama Üretimi.....	5
2.2.5. Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması.....	5
2.2.6. Dar Soyma Kaplama Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yanyana Eklenmesi.....	7
2.2.7. Kaplama Levhalarının Tutkallanması.....	7
2.2.8. Kontrplak Levhalarının Preslenmesi.....	7
2.2.9. Kontrplakların Klimatize Edilmesi.....	8
2.2.10. Kontrplaklarda Boy Kesme ve Yan Alma İşlemleri.....	9
2.2.11. Zımparalama ve Tasnif.....	9
2.3. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar.....	9
2.3.1. Üre Formaldehit Tutkalı.....	9
2.3.2. Fenol Formaldehit Tutkalı.....	12
2.3.3. Melamin Formaldehit Tutkalı.....	13
2.3.4. Diğer Yapıştırıcılar.....	14
2.4. Dolgu ve Katkı Maddeleri.....	15
2.5. Yapışmanın Fiziksel ve Kimyasal İlkeleri.....	16

2.6. Kontrplaklarda Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler.....	18
2.7. Formaldehit Emisyonu.....	21
2.7.1. Formaldehit Ayrışmasına Etki Eden Faktörler.....	23
2.7.1.1. Odun Türü.....	23
2.7.1.2. Reçinelerdeki Formaldehit Miktarının Etkisi.....	23
2.7.1.3. Sertleştiricilerin Etkisi.....	23
2.7.1.4. Presleme Şartlarının Etkisi.....	23
2.7.1.5. Tutkal Miktarının Etkisi.....	24
2.7.1.6. Formaldehit Tutucuların Etkisi.....	24
2.7.1.7. Levhaların Depolanmasının Etkisi.....	25
2.7.2. Odun Levhalarından Formaldehit Ayrışmasını Belirleme Metotları.....	25
2.7.2.1. Perforatör Yöntemi.....	26
2.7.2.1.1. İyodemetrik Olarak Formaldehit Belirlenmesi.....	28
2.7.2.1.2. Asetil-aseton Metodu ile Formaldehit Tespiti.....	29
2.7.2.2. Gaz Analizi Metodu.....	29
2.7.2.3. Kabin Metodu.....	31
2.7.2.4. Deney Odası Metodu.....	31
2.7.2.5. WKI-Şişe Metodu.....	32
2.7.2.6. Desikatör Metotları.....	33
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	35
3.1. Deneme Materyali.....	35
3.1.1. Ağac Malzeme.....	35
3.1.2. Tutkal.....	36
3.1.3. Dolgu ve Katkı Maddeleri.....	36
3.2. Deneme Levhalarının Üretimi.....	36
3.2.1. Soyma Kaplamaların Üretimi.....	36
3.2.2. Kaplama Levhalarının Kurutulması.....	37
3.2.3. Levhaların Tutkallanmaya Hazırlanması.....	37

3.2.4. Tutkal Reçetelerinin Hazırlanması ve Tut-	
kallama.....	37
3.2.5. Presleme .....	39
3.2.6. Presleme Sonrası İşlemler.....	39
3.3. Araştırma Yöntemi.....	39
3.3.1. Fiziksel Özellikler.....	40
3.3.1.1. Özgül Ağırlık.....	40
3.3.2. Formaldehit Ayrışması.....	41
3.3.3. Dolgu Maddelerinin (Çam ve Fındık Kabuğu)	
Kimyasal Analizi.....	43
3.3.4. Mekanik Özellikler.....	43
3.3.4.1. Çekme-Makaslama Direnci ve Deney	
örneklerinin Hazırlanması.....	43
3.3.4.1.1. Deneyin Yapılması.....	44
3.3.4.2. Egilme Direnci ve Egilmede Elas-	
tikiyet Modülü.....	45
3.4. İstatistik Uygulamalar.....	47
4. BULGULAR.....	48
4.1. Formaldehit Ayrışması.....	48
4.1.1. Levha Kalınlığının Etkisi.....	48
4.1.2. Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisi.....	50
4.1.3. Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisi.....	52
4.1.4. Ağaç Cinsinin Etkisi.....	54
4.1.5. Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi.....	55
4.1.6. U/F Mol İlişkisinin Etkisi.....	58
4.1.7. Katkı Maddesi (Buğday Unu) Miktarı ve	
Pres Süresinin Etkisi.....	59
4.1.8. Ure İlavesinin Etkisi.....	60
4.1.9. Dolgu Maddesi İlaveli (Çam Kabuğu Unu)	
UF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplaklarda	
Pres Süresinin Etkisi.....	63
4.1.10. Tutkal Çözeltisine İlave Edilen Melaminin	
Etkisi.....	65
4.1.11. Dolgu Maddesi Türü ve Miktarının Etkisi.....	67
4.2. Özgül Ağırlık.....	75

4.2.1. Levha Kalınlığının Etkisi.....	75
4.2.2. Dış Tabaka Ağac Cinsi.....	75
4.2.3. Orta Tabaka Ağac Cinsi Etkisi.....	77
4.2.4. Ağac Cinsinin Etkisi.....	79
4.2.5. Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi.....	80
4.2.6. Ü/F Mol Oranının Etkisi.....	82
4.2.7. Üre ve Katkı Maddesinin Etkisi.....	82
4.2.8. Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisi.....	84
4.3. Çekme-Makaslama Direnci.....	88
4.3.1. Levha Kalınlığının Etkisi.....	88
4.3.2. Dış Tabaka Ağac Cinsinin Etkisi.....	89
4.3.3. Orta Tabaka Ağac Cinsinin Etkisi.....	91
4.3.4. Ağac Cinsinin Etkisi.....	93
4.3.5. Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi.....	95
4.3.6. Ü/F Mol Oranının Etkisi.....	97
4.3.7. Katkı Maddesi Oranının Etkisi.....	98
4.3.8. Tutkala ilave Edilen Ürenin Etkisi.....	100
4.3.9. Tutkala ilave Edilen Melaminin Etkisi.....	103
4.3.10. Dolgu Maddesi (Çam Kabuğu) Kullanılmış Kontrplaklarda Pres Süresinin Etkisi.....	105
4.3.11. Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisi.....	107
4.4. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	114
4.4.1. Levha Kalınlığının Etkisi.....	114
4.4.2. Dış Tabaka Ağac Cinsinin Etkisi.....	115
4.4.3. Orta Tabaka Ağac Cinsinin Etkisi.....	117
4.4.4. Ağac Cinsinin Etkisi.....	119
4.4.5. Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi.....	121
4.4.6. Ü/F Mol Oranının Etkisi.....	123
4.4.7. Tutkala ilave Edilen Üre ve Katkı Madde- sinin Etkisi.....	124
4.4.8. Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisi.....	126
4.5. Özgül Ağırlık, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Arasındaki İlişki.....	129
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	132
6. KAYNAKLAR.....	139

## ÖZET

Bu çalışmada önce kontrplak üretimi, formaldehit emisyonu ve yapışma özellikleri hakkında genel bilgiler verildikten sonra kullanılan metotlar anlatılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak laboratuvar şartlarında 3 tabakalı 43 farklı tipte üretilen kontrplakların, formaldehit emisyonu WKI şişe metodu ile, özgül ağırlık DIN 52374, çekme-makaslama direnci TS 47 (1981) ve DIN 53255 (1964), eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneyleri TS 3969 (1983) ve DIN 52371 (1968) de belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Sonuç olarak, ayrışan formaldehit miktarı, kayın kontrplaklarda kavak ve okume kontrplaklarına göre daha düşüktür. Ayrıca levha kalınlığı ve katkı maddesi oranı ile pres süresi ve basıncının artması, üre ve melamin ilavesi yanında formaldehit oranı düşük UF tutkalının kullanılması ve kontrplak depolama süresinin uzaması formaldehit emisyonunu azaltıcı etki yaparken, dolgu maddesi türlerinin önemli bir etkisi görülmemiştir. Diğer taraftan kayın levhaların kullanıldığı kontrplakların özgül ağırlık, çekme-makaslama ile eğilme direnci ve elastikiyet modülü diğer kontrplak tiplerinden yüksek bulunmuştur. Pres basıncı ve süresinin artması, belirtilen özellikler üzerine olumlu etkileri görülürken, üre ilavesi çekme-makaslama direnci ile özgül ağırlığı azaltırken, eğilme direnci ve elastikiyet modülünü yükseltmiştir. Katkı maddesi oranının artması kavak kontrplakların yapışma direncini kuru olarak denenen örnekler için artırırken, özgül ağırlığı azaltmış ve eğilme direnci ile elastikiyet modülünü etkilememiştir. Dolgu maddesi tür ve oranın özgül ağırlığa etkisi görülemezken, dolgu maddesi oranının artması çekme-makaslama ile eğilme direnci ve elastikiyet modülünü düşürmüş, çam kabuğu ununun dolgu maddesi olarak kullanılması durumunda ise çekme-makaslama direncinde önemli bir değişme göstermemiştir.

## EFFECTS OF THE PRODUCTION PARAMETERS ON FORMALDEHYDE EMISSION AND TECHNICAL PROPERTIES OF PLYWOOD

### SUMMARY

At the laboratory, 43 different types of three-layer plywood were produced from beech, poplar and okoume. Formaldehyde emission was determined by WKI-bottle-method, specific gravity by DIN 52374 (1964), shear-tensile strength by TS 47 (1981) and DIN 53255, bending strength and modulus of elasticity by TS 3969 and DIN 52371 (1968).

Amount of formaldehyde emission from beech plywood was found to be higher than those of poplar and okoume. Formaldehyde emission was decreased by the increase of veneer thickness, proportion of filler, extender, urea and melamine, press time and pressure, storing time of plywood and use of urea-formaldehyde resin with low formaldehyde proportion, but the type of fillers did not show any influence on the emission. On the other hand, specific gravity, shear-tensile and bending strengths and modulus of elasticity of plywood made of beech veneers were higher than those of the other wood species. Pressure and press time increased the mechanical properties, whilst urea addition was found to decrease the shear-tensile strength and the specific gravity and to increase the bending strength and the modulus of elasticity. By the increase of extender proportion, glue-bond strength of dry-tested poplar plywood increased, specific gravity decreased and bending strength and modulus of elasticity was seen not to be changed. Type and proportion of fillers did not have any influence on the specific gravity. The increase in the proportion of filler decreased the shear-tensile strength and the bending strength and the modulus of elasticity. Use of pine bark as filler did not show any influence on the shear-tensile strength.



## 1. GİRİŞ

Ure formaldehit tutkalının bağlayıcı madde olarak kullanıldığı odun levhalarının (Yonga levha, kontrplak, MDF) üretimleri esnasında ve üretim sonrasında çevre ve sağlık için sorun olabilecek problemler ortaya çıkmaktadır. Bunlar; presleme ve kullanım sırasında ayrılan formaldehit, zımparalama esnasında ortaya çıkan odun tozları, özellikle fenol formaldehit tutkalının kullanılması halinde, ortaya çıkan formik ve asetik asitin yarattığı problemlerdir.

Odun levhalarından ayrılan formaldehit miktarına bağlı olarak, insanlarda göz yaşarması, boğazlarda yanma, nefes darlığı ve alerjik deri rahatsızlıklarının oluşması, ayrıca özellikle meşe ve kayın odun tozlarının yapılan araştırmalar sonucunda kansorejen madde olarak gösterilerek, çevre ve iş emniyeti açısından çeşitli etkilerinin resmi ve bilimsel raporlarda yer alması (1, 2, 3), diğer taraftan levhalardan ayrılan asetik ve formik asitin kullanım yerlerinde, örneğin metallerde korozyona neden olması ve kağıt malzemeleri soldurması gibi sebeplerden dolayı bir kısım araştırmanın konusunu teşkil etmesi (4, 5) odun işleyen endüstrilerde yeni düzenlemelere gidilmesi zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bunun için bir çok ülkede levhalardan ayrışabilecek formaldehit oranı sınırlandırılırken, örneğin Almanya da zımparalama makineleri için toz emisyonunun  $10 \text{ (mg/m}^3\text{)}$ , kurutucular için ise  $50 \text{ (mg/m}^3\text{)}$  üzerine çıkmasına izin verilmemektedir (3).

Özellikle levhalarda formaldehit emisyonunu azaltırken standartlarda mekanik özellikler için belirtilen esasların dikkate alınması gerekmektedir. Diğer taraftan üretim şartlarına bağlı olarak hem mekanik özellikleri iyileştirmek hemde formaldehit emisyonunu azaltmak için uygulanacak yöntemlerin, maliyeti yükseltmemesi yanında odun levhalarının diğer özelliklerini etkilememesi istenir.

Bu çalışmada ülkemiz kontrplak endüstrisinde önemli miktarda kullanılan Üre formaldehit tutkalına yapıştırma özelliği olmayan dolgu maddeleri (MDF ve yonga levha zımpara

tozları ile Sarı çam ve fındık kabuğu unları) ilavesinin, pres şartlarının (pres süresi ve basıncı), kaplama kalınlığının, tutkalla ilave edilen farklı oranlardaki üre ve melaminin ve ağac cinsinin (kayın, kavak ve okume) kontrplakların formaldehit emisyonuna, özgül ağırlığına, çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmede elastikiyet modülüne etkileri incelenmiştir.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Tanımlar

Kontrplak TS 2128 (6) de ardışık gelen tabakalarının lif doğrultuları birbirine dik olacak şekilde yapıştırılmış (orta tabaka veya göbeğin her iki tarafında yer alan iç ve dış tabakalar genellikle birbirine simetriktir.) bir levha olarak tanımlanmaktadır.

ASTM D-907' (7) ye göre kontrplak ince levhaların üst üste ve lif yönleri birbiriyle 90 ° açı yapacak şekilde tutkallanmış odun levhaları olarak belirtilmektedir. Genel olarak kontrplak katları 3, 5, 7, gibi tek sayıdadır. Fakat 1982 yılında, orta tabakaları birbirine paralel yapıştırılmış iki kaplama levhadan oluşan kontrplakların üretimine başlanmasından sonra literatürde (8), kontrplağın her bir tabakası tek bir tabakadan oluşabileceği gibi, iki veya daha çok kaplama levhaların birbirine paralel yapıştırılmasıyla teşkil edilebileceği bildirilmektedir.

Alman standartlarında ise (DIN 68708) (9) kontrplak, lif yönleri birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmiş en az üç adet yapıştırılmış tabakadan oluşan, dış ve iç tabakaları öz veya orta tabakanın her iki tarafına simetrik olarak tespit edilmiş levha olarak ifade edilmektedir.

### 2.2. Kontrplak Üretim Teknolojisi

Kontrplak üretiminin ana maddesi olan ağaç türünün, özgül ağırlığı, yıllık halka yapısı, bilhassa ilkbahar ve yaz odunu özgül ağırlıklarının farklılık derecesi ve her ikisi arasındaki geçişin yavaş veya ani oluşu ile genel hacime istirak oranları; yapraklı ağaçlar da trahelerin halkalı veya dağınık oluşu çeşitli makroskopik hatalar, özellikle liflerin durumu ve reaksiyon odununun varlığı kontrplak için üretilecek kaplama levhaların özelliklerini etkilerler (10). İdeal bir kaplamalık tomruğun silindirik formda olması ve özün her iki ucun

geometrik merkezinde bulunması, kabuğun kapladığı yüzeyin yani çevrenin ve tomruk uçlarının kusursuz olması, odun yapısında ve özgül ağırlığında az bir değişmeyi gösteren yıllık halkaların yavaş ve homejen büyümesi, liflerin düzgün ve öze paralel olması, budak, çürük, renk bozukluğu olmaması reaksiyon odununun bulunmaması, verimi düşürecek çatlakların olmaması ve çapının soyma kaplama üretimi için en az 35 (cm) olması istenmektedir (11). Bu şartları sağlayan tomruklardan kontrplak üretimi aşağıdaki safhalarda gerçekleşmektedir.

### 2.2.1. Tomrukların Depolanması

Uygun olmayan depolama şartlarında, tomrukların enine kesitlerinde ve çevresinde kuruma ve çatlamalardan dolayı mavi renklenme, çürüme ve oksidasyon lekeleri, mantar ve böcek zararları, donma ve ısınmadan dolayı lif ayrılması ve çatlama arzu edilmeyen koku ve bakteri saldırılarından dolayı porozite artması gibi kusurlar oluşabilmektedir. Bu sebeple tomrukların enine kesitlerine çatlama ve mantar enfeksiyonlarını önlemek için çeşitli koruyucu maddeler sürülmesi, uygun bir yağmurlama sistemiyle ıslatılması veya su içinde istiflenmesiyle depolama esnasında oluşabilecek kusurların önlenmesine çalışılmaktadır.

### 2.2.2. Tomrukların Soyma İşlemine Hazırlanması

Üretime başlamadan, tomrukların soyma veya kesmeye hazırlanması için, bazı ön işlemlerin gerçekleştirilmesi gerekir. Bunlar; Tomruğun hatalı yerlerinin uzaklaştırılması, yabancı maddelerden temizlenmesi, soyma makinelerine uygun uzunlukta kesilmesi, buharlanması veya sıcak suda ısıtılmasıdır. Isıtma işlemi ülkemizde su buharı ile yapılmaktadır. Buharlama işlemi, tomruk deposundan gelen aynı cins, çap, kalite ve boydaki tomruklar soyma makinesinden önce odunu yumuşatmak, soyucu ve kesici aletlerle kolaylıkla işlenebilecek bir hale getirmek, kontrplağı teşkil eden levhaların birbiri üzerine uygunluğunu temin için eğilme kabiliyetini artırmak, tomruk yüzeyindeki toprak ve yabancı maddeleri yıkamak ve kabuğu yumuşatarak

kolayca soyulmasını sağlamaktadır.

Buharla muamelede esas itibariyle, pektin maddesi ve az miktarda ligninin çözültülmesiyle odunsu hücrelerdeki orta lamel gevşetilmekte, böylece soyma işlemi kolaylaşmaktadır (12).

### 2.2.3. Tomruk Kabuklarının Soyulması

Kabuğu soyulmamış tomruklardan kaplama soyulmamalıdır. Aksi takdirde makine bıçağı zarar görür. Ayrıca kabuk, soyma makinesinde bıçak ve basınç levhası arasına sıkışarak işi engeller. Kabuk soyma işlemi, küçük fabrikalarda balta veya kabuk soyma demiri ile büyük fabrikalarda ise kabuk soyma ve temizleme makineleri ile yapılır.

### 2.2.4. Soyma Yöntemi ile Kaplama Üretimi

Soyma kaplama üretimi için kullanılan makineler temel levhası, ayak ve kızak kısımlarından oluşur. Kavrama kolları kavrama başlıkları ile birlikte tomruğu her iki ucundaki merkezinden kavrar ve onu eksenini etrafında döndürür. Bıçak ve basınç levhası veya basınç silindirinden oluşan makine kızığı sürekli olarak tomruğa doğru ilerler.

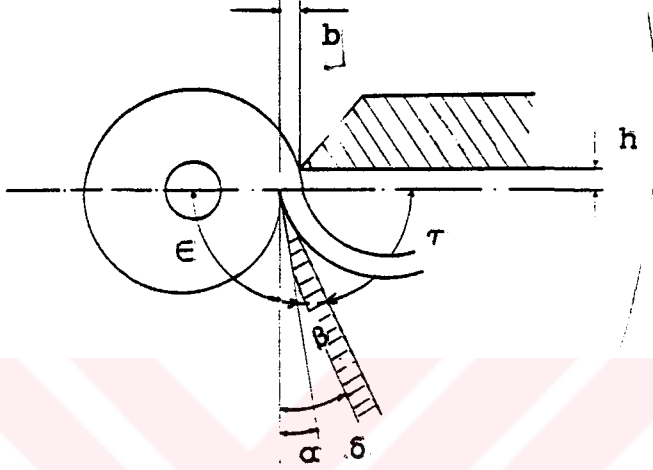
Kontrplağın özelliklerini büyük ölçüde üretildiği kaplamanın kalitesi etkiler. Kaplama kalitesi ise, ağaç türüne, bunun soymaya hazırlanışına, soyma makinesi ve ayarına bağlıdır (10).

Özellikle soyma makinesinin bıçak ve basınç levhasının ayarı (açı ve açıklıklar) kaplama kalitesini önemli derecede etkilemektedirler. Bıçak ve basınç levhasına ilişkin açı ve açıklıklar şekil 1' de gösterilmiştir.

### 2.2.5. Kaplama Levhalarının Taşınması, Kusurlarının Temizlenmesi ve Kurutulması

Soyma makinesinden çıkan sonsuz bant halindeki levha, tablalı masa (Tray-Deck) veya sargı-bobin sistemleriyle,

boyutlandırma ve kusurlardan temizlenmesi için giyotinlere gönderilir. Giyotinler, pnömatik, elektrikli, mekanik veya hidrolik sistemlerle çalışırlar. Kuru metotla kaplama üretiminde soyma makinesinden çıkan levha doğrudan kurutuculara taşınmakta ve sonsuz bant halindeki levhanın kurutulmasından sonra boyutlandırma ve kusurlarından temizlenme işlemi gerçekleştirilmektedir.



- |                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| $\alpha$ = Serbest açısı        | $\tau$ = Sırt açısı |
| $\beta$ = Bıçak kama açısı      | $h$ = Düşey açıklık |
| $\epsilon$ = Bıçak tesbit açısı | $b$ = Yatay açıklık |
| $\delta$ = Soyma açısı          |                     |

Şekil 1. Bıçak ve Basınç Levhası Arasındaki Açılı ve Açıklıklar

Kontrplak üretimi için soyma levhalarda sonuç rutubetinin % 6 - 8 (ÜF-Reçinesi için) olması istenir. Bu amaç için özel kurutma makineleri geliştirilmiştir. Kurutma makinelerinde, kaplamalar makinenin bir ucundan girerken, bu sırada yanlardan, alt ve üstten veya makinenin çıkış ucundan kurutucu hava püskürtülmektedir. kaplama levhaların makine içindeki hareketini silindirler veya tel örgü bantlar sağlar.

Kurutulmuş kaplamalar aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmalıdır. bunlar;

- Rutubet dağılımı yeknesak olmalıdır
- Potlaşma ve olukluluk görülmemelidir
- Çatlama oluşmamalıdır

- d) Tutkallama için iyi kondüsyonlanmış olmalıdır
- e) Cazip bir renge sahip olmalıdır
- f) Daralma minimum olmalıdır
- g) Hücre çökmesi (kollaps) ve bal peteği oluşmamalıdır
- h) Yüzeysel sertleşme minimum olmalıdır (11).

#### 2.2.6. Dar Soyma Kaplama Levhalarının Kenarlarının Düzeltilerek Yanyana Eklenmesi

Geniş kontrplakların üretiminde kullanılan dış levha eksiz olabildiği gibi, bazı zamanlar çok sayıdaki dar kaplama levhaların yan yana yapıştırılması suretiyle elde olunan ekli levhalar halindedey olabilmektedir (12). Ekonomik bakımdan da çok önemli olan bu işlem, kağıt şeritlerle, iplik halindeki tutkal veya şerit kullanmayan kenar yapıştırma makineleriyle gerçekleştirilir.

#### 2.2.7. Kaplama Levhalarının Tutkallanması

Üretilecek kontrplak boyutlarına uygun kesilmiş ekli veya eksiz soyma kaplama levhaları dökme, püskürtme ve sürme esasına göre çalışan makinelerle tutkallanmaktadır (8). Tutkallama işleminden sonra istenilen kat sayısında (3, 5, 7 gibi) lif yönü birbirine dik olacak şekilde üst üste konmak suretiyle oluşan kontrplak taslağı presleme işlemine alınmaktadır.

#### 2.2.8. Kontrplak Levhalarının Preslenmesi

Sıcak prese verilmeden önce, kontrplak taslaklarının bir istif halinde soğuk preslenmesinde bir çok fayda bulunmaktadır. Ön pres genellikle tutkal-odun bağına kuvvetlendirir, verimliliği artırır ve üretim kusurlarını azaltır. Uygun olmayan bir ön presleme işlemi özellikle tutkal-odun bağına zarar verir. Ön preslemeye, tutkal türü reçeteleri, ortam sıcaklığı, kaplama türü, kaplama sıcaklığı, kaplama rutubeti, taslağın açık ve kapalı bekleme süresi, ön pres basıncı ve süresi etki etmektedir.



Ön pres süresi genellikle 3 - 5 dakika kadar olmakla beraber, kış aylarında daha uzun, yazın ise daha kısa tutulabilir. Ön pres basıncı ise 7 - 12 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişir (8). Sentetik reçineler kullanılarak üretilmiş kontrplak levhalarında, iyi bir yapışma sağlanabilmesi için sıcak presler kullanılmaktadır. Bu preslerde kuvvet iletimi için su veya yağ, ısıtılması için ise buhar, sıcak su, elektrik ve yüksek frekanstan yararlanılmaktadır. Kontrplakların preslenmesinde üç faktör oldukça önemlidir. bunlar, pres basıncı, pres sıcaklığı ve pres süresidir.

Pres basıncı öncelikle ağaç cinsine (yumuşak veya sert ağaç) elastikiyet ve sertliğe, üst yüzeylerin özelliğine, iç tabakanın ölçü tamlığı ve yapısı gibi faktörlere bağlı bulunmakta ve aynı tabaka içinde değişik ağaç türlerinin kullanılmasında pres basıncı yumuşak ağaca göre belirlenmektedir (10). Pres sıcaklığı ise tutkalin cinsine bağlıdır ve her tutkal için bir sertleşme sıcaklığı vardır. Üre formaldehit 90 - 120 (°C), Fenol formaldehit ise 140 - 170 (°C) sıcaklıklarda sertleşmektedir (13). sıcak preslerde presleme süresinin belirlenmesi için 100 (°C) sıcaklıkta ısının orta tabakaya ulaşınca kadar her bir mm levha kalınlığının ısınması için 1 dakika hesaplanmakta ve buna kullanılan tutkalin 100 (°C) deki yapışma (sertleşme) süresi ilâve edilmektedir (13).

#### 2.2.9. Kontrplakların Klimatize edilmesi

Sıcak presten çıkan kontrplakların dış tabakaları ile iç tabakası arasında rutubet farklılıkları vardır. Dış tabakalar iç tabakalardan daha az rutubet ihtiva ederler. Bundan dolayı ortaya çıkabilecek sakıncalardan kaçınmak için malzemenin klimatize edilmesi gerekir. Kontrplak endüstrisinde klimatize işlemi, presten çıkan levhaların araya çıta konulmadan sık bir şekilde istif edilmesi, klimatize kanallarından geçirilmesi veya levha yüzeyine su püskürtülmesi edilmesi suretiyle gerçekleştirilir.



### 2.2.10. Kontrplaklarda Boy Kesme ve Yan Alma İşlemleri

Klimatize edilen kontrplak levhaların boyutları standart ölçülerden daha büyük olmaktadır. Bu nedenle boy ve yan alma makineleriyle kontrplaklar standart boyutlarına ulaştırılmaktadır. Bu maksatla bir seferde yanlardan birbirine paralel şekilde kesen iki veya dört daire testereli makinelerde yanlar alınabilmektedir.

### 2.2.11. Zımparalama ve Tasnif

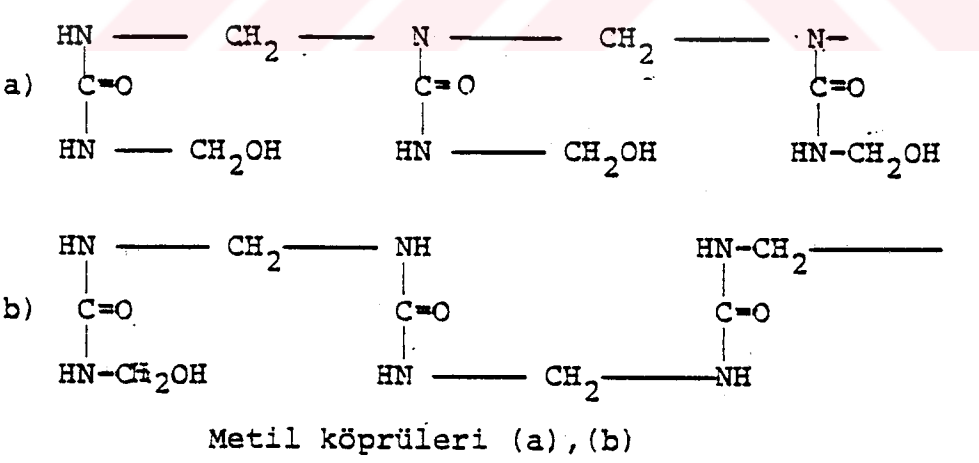
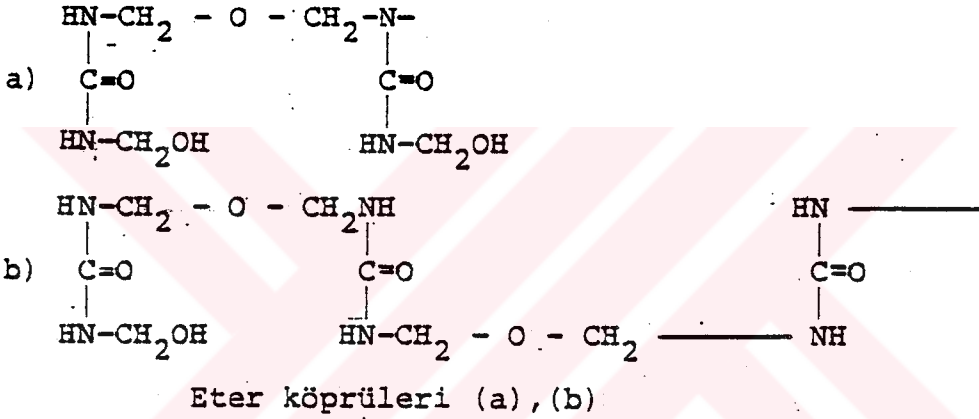
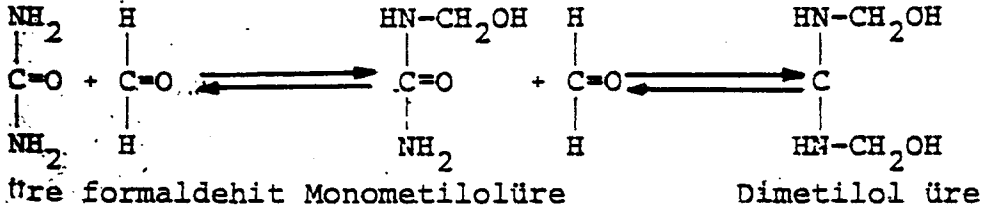
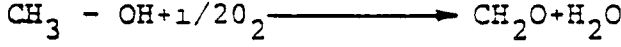
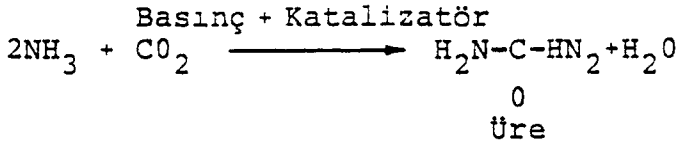
Standartlara uygun şekilde boyutlandırılan kontrplakların, alt ve üst yüzeyleri zımparalama makinelerinde zımparalanmaktadır. Zımparalama üzerine, ağaç türü, anatomik yapı, zımparalama süresi ve miktarı, sıcaklık, yapılan basınç ve hız gibi faktörler etki yapmaktadırlar. Zımparalanmış kontrplak, üretildiği ağaç türüne, kullanılan tutkal cinsine, alt ve üst yüzeylerdeki kaplama levhalarının görünüş özelliklerine göre kalite sınıflarına ayrılırlar.

### 2.3. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar

1930 yılından önce tabakalı ağaç malzeme üretiminde hayvansal, kazein, kan ve kan albümini tutkalları ile birlikte bitkisel tutkallar da kullanılmaktaydı. Günümüzde önemli oranda değerlendirilen sentetik reçinelerin kullanımı 1930 yılından sonra hızlı bir gelişme göstermiştir.

#### 2.3.1. Üre Formaldehit Tutkalı

ÜF-tutkalı, üre ve formaldehitin sulu bir çözeltide kondense olmasıyla elde olunur. Her iki bileşen dimetil ve monometilol üre'nin teşekkülü altında, hafif alkali ortamda reaksiyona girer, oluşan monometilol ve dimetilol üre bünyelerinden su kaybederek metilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondense olurlar. Bu ön kondensasyon ürünleri henüz suda çözülebilen bileşikler olup reaksiyona üç boyutlu ağlar



oluşturacak şekilde devam ederler, arzu edilen kondenzasyon derecesine ulaşmasından sonra reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulması ve nötralleşme ile kesilir. Üre ve formaldehit arasındaki reaksiyon hızı ve seyri, çeşitli kondenzasyon kademelerindeki pH değeri, üre ve formaldehit arasındaki oran (mol ilişkisi), kondenzasyon esnasında çeşitli

bileşenlerin konsantrasyonu, kondensasyon süresi ve sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenir (14). Genel olarak ÜF-tutkalının üretim akışı aşağıdaki gibidir (15).

1. Formaldehitin reaktöre verilmesi
2. pH' nın nötral veya alkali olacak şekilde ayarlanması
3. Modifiye maddelerin ilavesi
4. Arzu edilen reaksiyon mol oranına göre üre ilave edilmesi
5. Reaksiyonun başlaması ve hızlandırılması için sıcaklığın artırılması ( $\approx 90$  °C)
6. Alkali ortamda 90 °C' de sıcaklığın tutulması
7. pH'nın asidik ortama ayarlanması
8. İstenilen molekül ağırlığını elde etmek üzere kondensasyon reaksiyonu için asidik pH nın korunması ve artırılması
9. Reaksiyonu durdurmak için pH nın 7,0 üzerine çıkararak nötralize edilmesi
10. Gerekirse fazla suyun destile edilmesi
11. Arzu edilirse üre ilave edilmesi
12. İlave kimyasal maddelerin katılması
13. 25 °C' ye kadar soğutma

Formaldehit oranı yüksek ÜF-tutkalarında (örneğin kaplama tutkalarında Ü/F, 1/1,74) serbest formaldehit miktarı daha yüksektir. Üre ve formaldehit arasındaki kondensasyon reaksiyonunun seyri çeşitli yollarla değiştirilebilir. Bu konu hakkında önemli sayıda patent mevcuttur. Örneğin DOS 2207921' e göre fazla miktardaki formaldehit ( Ü/F, 1/3 ) ile üre pH 3 den düşük ortamda ön kondensasyon oluşturur ve bunu takiben pH yavaş yavaş yükselttilerek ilave ürenin katılmasıyla kondensasyon pH 8 civarında devam ettirilir. Bu şekilde üretilmiş ÜF tutkalları geleneksel yöntemle üretilmiş, aynı mol oranına sahip tutkallarla kıyaslandığında çok daha düşük serbest formaldehit oranı göstermektedir. Ayrıca bu tür reçinelerle üretilmiş yonga levhalardan geleneksel yöntem ile üretilmiş ÜF' nin kullanıldığı yonga levhalara göre çok daha az formaldehit ayrılmaktadır. ÜF-tutkalının kullanım amaçlarına

göre ayarlanması gereken özellikleri arasında; Viskozite, soğuk uygulanabilirlik, mol oranı, reaktivite, pH, tampon kapasitesi, depolanabilirlik ve ilave maddelerle (parafin gibi) uyumluluk gösterilebilir (14).

### 2.3.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

A.B.D ve Güney Asya ülkelerinde kontrplak üretiminde önemli oranda kullanılan FF-tutkalının, yapışma direnci, dayanıklılık ve üretim sonrası ayrılan formaldehit miktarının daha az olması gibi üstünlükleri vardır.

Fenol ile formaldehitin kondensasyonu asidik veya alkali ortamda gerçekleşmekte ve asidik veya alkali olmak üzere iki ayrı tutkal türü ortaya çıkmaktadır. Formaldehit/fenol  $< 1$  olmak üzere fenol ile formaldehitin asidik katalizörler yardımı ile kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine Novalak adı verilmekte olup organik alkali çözücülerde çözünmektedir. Kullanılacağı zaman Novalak'a paraformaldehit katılmaktadır (16). Bu tür fenol reçinesi odun işleyen endüstrilerde kullanılmamaktadır.

Fenol + Formaldehit

(Fazlaca)

+ Alkali

Resol

Sıcaklık

Fenol + Formaldehit

(Fazlaca)

+ Asit

Novalak

Asit

Paraformaldehit

Heksametilentetramin

Resit

Formaldehit/fenol  $> 1$  (1,5-2) olmak üzere fenol ile formaldehitin alkali katalizörler yardımı ile kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine ise Resol denilmektedir. Fenol ve formaldehit çözeltileri yukarıdaki oranlarda karıştırıldıktan sonra reaksiyonun başlayabilmesi

çözeltinin pH değerinin çok yüksek olması gerekirken bu çözeltiye NaOH ilavesi ile sağlanır. Reaksiyon hızı, yükselen pH değeri ile artar ve kondensasyon 3 kademede tamamlanır (10,16). İlk meydana gelen metilolfenollerden su ayrılması ile eter, su ve formaldehit ayrılması ile etilen köprüleri oluşturarak kondanse olurlar. Kondensasyon diğer sentetik tutkallarda olduğu gibi çözeltinin nötralleştirme ve soğutulması ile henüz ara ürün suda çözülebilir durumdayken durdurulur. Buna tutkalın A - durumu (Resol) denir. Kondensasyon yavaş yavaş devam ettiği için bu durumda tutkal dayanıklı değildir. Bozulmadan ancak 3-5 ay saklanabilir. Yapıştırma işleminde, yarıda kalmış kondenzasyonun devamı uygun bir sertleştirici veya yüksek sıcaklıklardaki uygulamayla sona erdirilir. Ve böylece organik maddelerle çözülmeyen, şişmeyen ve erimeyen katı bir madde meydana gelir. Buna C - durumu (Resit) denir. Kondenzasyon az da olsa günlerce devam eder. Buna pratikte sonradan sertleşme denir. Resol ile Resit arasındaki geçiş safhasında tutkal B durumunda bulunur. Bu durumda tutkal organik çözeltilerde kısmen çözünür, çok fazla şişer, ısı ile erimez yumuşar (10). Kontrplak endüstrisinde 110-120 (°C) arasında yapışan fenolik reçineler kullanılması bakımından pratik bulunmaktadır (13).

### 2.3.3. Melamin Formaldehit Reçinesi

Melamin formaldehit tutkalı melaminin formaldehit ile kondensasyonu sonucu elde olunmaktadır. Reaksiyon, pH değeri 5-6 olan bir çözeltide melamin ile formaldehitin 1:2 - 1:3 mol oranında karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler. UF ve FF de olduğu gibi reaksiyon tamamlanmadan yarıda durdurulur. Yapışma sırasında ısı ve sertleştirici etkisiyle reaksiyon yeniden başlar ve sonunda çözünmeyen erimeyen bir madde oluşur (10).

Piyasada genellikle toz halinde bulunmakta olup kullanılacağı zaman suda çözülmekte ve sertleştirici madde karıştırılmaktadır. Melamin reçinesi, koyu rengi mahsurlu görüldüğü fakat dayanıklılık bakımından fenol reçinesi

özelliklerinin istendiği yerlerde az miktarda sert odun kontrplakları yapımında fenol reçinesi yerine kullanılmaktadır. Fiyatı fenolik reçinelere göre daha pahalıdır (13).

#### 2.3.4. Diğer Yapıştırıcılar

Yukarıda belirtilen reçinelerin pahalı olması zengin fenolik yapılara sahip tanen ve lignin gibi maddelerin yapıştırıcı olarak değerlendirilmesi çalışmalarına önem verilmesine neden olmuştur.

A.B.D. de Kraft lignininin fenol formaldehit tutkalına % 25 oranında katılmasıyla Douglas göknarı kontrplaklarının yapıştırılmasında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yine aynı ülkede mason yöntemiyle elde edilen ligninden yapılan yapıştırıcıların kullanıldığı kontrplaklarda çekme-makaslama dirençlerinin fenol formaldehit ile yapıştırılmış olanlardan elde edilen değerlere yakın bulunmasına rağmen lif oranı deneyi sonuçları daha düşük bulunmaktadır (17).

Uygulamada fenol formaldehit tutkalına lignin katıldığında tutkal maliyetini düşürmesine rağmen en önemli sakıncası presleme süresini iki kat artırmasıdır.

Bir doğal polifenol olan Tanen bazı ülkelerde sentetik tutkalların pahalı olması nedeniyle, odun levhalarının üretiminde yapıştırıcı olarak değerlendirilmektedir. Örneğin Brezilyada fenol reçinesinin fiyatı Avrupaya göre 2 veya 3 kat daha fazla bulunmaktadır (18). Tanen formaldehit reçinesi tutkal olarak veya diğer tutkallara ilave edilerek de kullanılabilir. Odun levhaları sanayiinde, Güney Afrika, Zimbawe, Avustralya, Yeni Zellanda ve Brezilya gibi ülkelerde mimoza kabuğundan elde edilen tanen yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır. 1980 yılında tüketim, mimoza ekstraktifleri 113000 t, quebracho ekstraktifleri 107000 t ve kestane ekstraktifleri için 33000 t/yıl olarak bildirilmektedir. Avustralya da tanen formaldehit ile yapıştırılmış ticari kontrplakların üretimi 1960 yılında başlamıştır. Güney Afrika da kontrplak üretiminin % 50' si tanen reçineleriyle gerçekleştirilmektedir (19, 20). Ayrıca Finlandiya kontrplak

endüstrisinde, fenol reçinelerinin sertleşmesini hızlandırmak için yaklaşık olarak 2500 t quebracho taneni kullanılmaktadır (19). Yonga levha ve kontrplaklarda yapıştırıcı olarak da kullanılan bu ekstrakt piyasada colatan ticari adı altında bulunmaktadır (21).

#### 2.4. Dolgu ve Katkı Maddeleri

Kontrplak endüstrisinde günümüzde yapıştırıcı olarak, genel amaçlı kontrplaklar için UF, yapı kontrplakları için ise FF-reçineleri kullanılmaktadır. Her iki tutkal tipine; kullanım yeri, odun türü, tutkallama metotları ve pres şartlarına göre çeşitli miktarlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir. Bir çok literatürde kontrplak üretimi için, dolgu ve katkı maddelerinin tutkala ilavesiyle sağlanabilecek avantajlar belirtilmiş (8,10,22-26) ve genel olarak proteinli ve nişastalı maddeler katkı, ligno selulozik maddeler ise dolgu maddeleri olarak tanımlanmıştır (23,26,27). Kil gibi inorganik maddeler de dolgu maddelerinin bir alt grubu olarak gösterilmektedir. ASTM-D-1907-77 (28) de katkı maddeleri (Extender), nisbeten az miktarda yapıştırma özelliğine sahip, birim alana sürülen esas yapıştırıcının miktarını azaltmak için tutkala ilave edilen maddeler, dolgu maddeleri (Filler) ise genellikle yapıştırma özelliği olmayan ve tutkala, onun çalışma özelliklerini, yeknesak dağılımını, direncini veya diğer özel-liklerini iyileştirmek için ilave edilen maddeler olarak tanımlanmaktadır.

Katkı maddesinin (Buğday, çavdar, patates, soya, mısır gibi proteinli ve nişastalı tahıl ve baklagil unları) tutkala ilavesiyle; tutkal karışımının viskozitesi ayarlanmakta, makine ile sürülmesi kolaylaşmakta, kaplama yüzeyinin ıslanabilme yeteneği artmakta, tutkalın kaplama içerisine geçişini (penetrasyonunu) engellemekte, sertleşmiş üre reçinesinin gevrekliğini ve tutkal hattında oluşabilecek gerilimleri önemli oranda azaltmakta ve sıcak preste tutkalın viskozitesinin azalmasını engellemektedir (24). Ayrıca yoğunluğu fazla yapıdaki odunlarda daha güçlü adhezyon, tutkallanmış kaplamala-



rın preslenmeden önce bekleme sürelerinde daha uzun tolerans ve ön preste odun ve tutkal arasında daha kuvvetli bir bağ oluşumu sağlamaktadır (8).

Dolgu maddeleri genel olarak; 1. Lignoselülozik dolgu maddeleri (organik); a). Furfurol yan ürünleri, b). Ceviz gibi çekirdekli meyve kabuk unları, c). Ağaç kabuk unları, d). Odun tozları, e). Kağıt hamuru artıkları (özellikle lignin), 2. İnorganik dolgu maddeleri (çeşitli killeri), gibi sınıflandırılabilir (25). Dolgu maddeleri; kaplamalarda hücreleri, boşlukları, çatlakları ve diğer yüzey pürüzlülüklerini doldurarak poroziteyi azaltmakta ve böylece tutkal çözeltisi dolgu maddesi üzerinde yayılıp, odun tarafından tamamen absorbe edilemeyerek tutkal hattı üzerinde kalabilmektedir (8). Tutkal Çözeltisi içinde sınırlı miktarlarda ve yeteri kadar inceltilmiş dolgu maddeleri yapışma direncini önemli oranda etkilememekte, oran arttıkça tutkal çözeltisinin kaplama yüzeyine makinelerle sürülmesi veya püskürtülmesi zorlaşmakta ve tutkal-odun bağının zayıflamasına neden olmaktadır. A.B.D. de yapı kontrplaklarında katı haldeki FF tutkalına % 25-30 oranında dolgu maddesi ilave edilmekte ve bu tür kontrplak üretiminde tüketilen toplam dolgu maddelerinin % 38,5 unu Furafil teşkil etmektedir. Aynı ülkede UF tutkalının kullanıldığı genel amaçlı sert ağaç kontrplaklarında, katı haldeki tutkala oranla % 8-15 arasında dolgu maddesi katılmakta ve bunun için daha çok ceviz kabuğu unu kullanılmaktadır. A.B.D. de katkı maddesi olarak UF ve FF tutkalları için buğday (8), Almanya da ise çavdar unu tercih edilmektedir (24). Tutkal çözeltilerinde dolgu maddesi olarak; yonga levha zımpara tozları (29), odun tozları (19,30), öğütülmüş iğne yapraklar (31) ve kilin (Atapulgitte clay) (27) değerlendirilmesi çalışmaları yapılmış olup olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

## 2.5. Yapışmanın Fiziksel ve Kimyasal İlkeleri

Bu çalışmada üzerinde durulan hususlardan biri olan yapışma direnci kontrplakların en önemli direnç özelliklerinden biridir. Bu sebeple yapışmanın fiziksel ve kimyasal özellikleri



ile yapışma direncini etkileyen faktörler hakkında bilgi verilmiştir.

Ağaç sanayii tutkalları ekseriya kolloidal çözeltiler halindedir. Yapışma sırasında çözeltinin su kaybetmesi, soğuması veya bünyesinde kimyasal reaksiyonun olmasıyla, çözelti geçici olarak pelteleşir ve zaman geçtikçe katılaşır. Böylece iki ağaç malzeme yüzeyi arasında katı bir tabaka oluşur. Bu tabaka çeşitli zorlamalara karşı koyabilecek dirence sahiptir. Diğer taraftan tutkal çözeltisi katılaşırken iki ağaç malzemeyi birleştirir. Ayırıcı kuvvetlere karşı, tutkal ve odun yüzeyi arasında oluşan bağlar ve tutkal tabakası yeterli direnc göstermelidir (10). Bütün tutkallar tutkallamadan sonra yüksek moleküllü parçalar haline gelirler. Bu durumda molekül yapısı, uzun zincir şeklinde fakat az miktarda ve çok kuvvetli üç boyutlu ağ şeklinde makro moleküllerinden oluşur. Tutkalın mukavemeti ve elastikiyeti moleküllerin yapısına, ağırlığına, dağılma fonksiyonuna ve ağ yapısının oluşma derecesine bağlıdır. İki katı maddenin yapışmasını veya karşılıklı gelen yüzeylerin birleşmesini sağlayan kuvvetlerin toplamına adhezyon denir. Bu olayın gerçekleşmesi için aynı cinsten olmayan maddelerin molekülleri arasındaki mesafe yeterli olmalıdır. Bu nedenle bu mesafenin  $3 \times 10^{-8}$  (cm) den daha az olması istenir (32).

Ağaç malzemenin yapıştırılmasında kolloidal çözelti halinde olan tutkal odun gözeneklerini yüzeyden itibaren, viskozitesine göre, çeşitli derinliklerde doldurur veya bu boşlukların iç yüzeylerini ıslatır, ince bir tabaka halinde örür ve sıvı tutkalın katılaşmasıyla odun ile tutkal arasında kenetlenme olur. Bu mekanik adhezyon olarak isimlendirilir. Mekanik kenetlenmenin, yapışmayı sağlayan kuvvetlere katılma oranı, pratik olarak yoktur, hatta tutkal ağaç malzeme gözeneklerini tamamen doldurur ve iki parça arasında bir tutkal tabakası oluşmaz ve bu tabakanın oluşumu yer yer aksarsa zararlıdır. Yapışmayı gerçekleştiren ve yeterli direnci sağlayan spesifik adhezyondur. Spesifik adhezyon, sabit cisim üzerindeki moleküllerle tutkal tabakası molekülleri arasında karşılıklı tesirle meydana gelir. Bu da iyi bir yaklaşımla

mümkün olur. Tutkalın sürüldüğü cismin yüzeyini ıslatabilmesi zorunludur. Şayet bu olay mevcut değilse sert cisimle sıvı arasında itme kuvvetleri meydana gelir ve bu durum yaklaşımı engeller. Maddeler polar ve polar olmayanlar olarak ikiye ayrılırlar. Ancak aynı gruptan olan maddeler birbirleri ile tutkal yardımıyla yapıştırılabilirler. Bu genel kurala göre odun ve odun tutkalları kuvvetli polar maddeler sınıfına dahildir. Polar cisimlerin molekülleri küçük miktarda çubuklara benzetilen dipoller oluştururlar. İki polar cisim yaklaştırıldığı zaman dipoller arasındaki karşılıklı etkiler sonucu birbirini çekerler. Aynı cins moleküller arasındaki bağa yani moleküller arası çekim kuvvetlerinin toplamına kohezyon denir. Dış etkilere karşı cismin direnc göstermesi kohezyon kuvvetinin varlığı ile mümkündür ve onun miktarına bağlıdır. Bu ise cismin moleküler yapısı tarafından belirlenir. Yapıştırılmalarda tutkal tabakası direncinin, yani kohezyonun tutkal ile ağaç malzeme arasındaki bağlantının direncine, yani adhezyona eşit olması ve her ikisinde ağaç malzeme direncinden yüksek olması idealdir (10).

## 2.6. Kontrplaklarda Yapışma Direncini Etkileyen Faktörler

Kontrplak tutkal bağı kalitesini etkileyen faktörleri üç ana kategoriye ayırmak mümkündür.

### A- Kaplama (odun) ile ilgili faktörler

1. Özgül ağırlık
2. Kaplama rutubeti
3. Anatomik yapı
4. Kaplama sıcaklığı
5. Yüzey pürüzlülüğü
6. Kaplamanın ıslanabilme yeteneği
7. Ekstraktif maddeler
8. Levha kalınlığı

### B- Üretim şartları ile ilgili faktörler (33).

1. Üretim anındaki sıcaklık ve bağıl nem
2. Açık ve kapalı bekleme süresi
3. Ön pres süresi, sıcaklığı ve basıncı

4. Pres süresi, sıcaklığı ve basıncı

C- Yapıştırıcı ile ilgili faktörler (33).

1. Yapıştırıcı türü ve karakteristikleri
2. Tutkal karışım formülasyonu ve viskozite
3. Yüzeyle sürülen tutkal miktarı

Yapışma direnci ile odunun özgül ağırlığı arasındaki ilişki hakkında bir çok literatürde bilgi verilmekte ve yapışma direncinin odunun özgül ağırlığına bağlı olarak arttığı belirtilmektedir (34). Ayrıca levha özgül ağırlığının artması ile bu levhalardan yapılmış kontrplakların çekme-makaslama dirençleri artmaktadır (35). UF-tutkalı kullanılarak 22 ağaç türü üzerinde yapılan bir çalışmada özgül ağırlığın  $0,8 \text{ g/cm}^3$  e kadar artmasıyla, lif oranı deneyine göre yapışma, direncinin arttığı ve bu değerden sonra ise düşme gösterdiği belirtilmektedir (36). Aynı şekilde, özgül ağırlıkları  $0,62$  ile  $0,90 \text{ g/cm}^3$  arasında değişen altı ağaç türü ile UF, fenol-resorsinol formaldehit ve kazein tutkalı kullanılarak yapılan bir başka çalışmada da yapışma direncinin, özgül ağırlığı yaklaşık  $0,8 \text{ g/cm}^3$  olan odunda en yüksek olduğu bulunmuştur (37).

Kontrplaklarda kazein, hayvansal tutkallar, kola ve soya tutkalı için % 3-5, UF' nin soğuk kullanılanı için % 7-9 sıcak kullanılanı için ise % 5-7 ve FF-tutkalı için de % 4-6 lık kaplama rutubetleri tavsiye edilmektedir. Yapıştırıcının oduna nüfuz edebildiği derinlik ve tutkallama sonunda meydana gelen tutkal tabakası kalınlığı, tutkallama anında odunda mevcut su miktarına bağlıdır (38).

Pinus palustris ile yapılan bir çalışmada ilkbahar odunu-ilkbahar odunu yapıştırmalarında en kuvvetli, yaz odunu-yaz odunu yapıştırmalarında en zayıf ve ilkbahar odunu-yaz odunu yapıştırmalarında orta kuvvette yapışmaların meydana geldiği ortaya konulmuştur. Bu sonuçların incelenmesinde, tutkalın ilkbahar odunu hücrelerinin içine kadar nüfus ettiği ve burada katılarak odunla-tutkal tabakası arasında sıkı bir kenetlenme meydana getirdiği, diğer taraftan yaz odunu hücrelerinde bu durumun meydana gelmediği görülmüştür. Ayrıca pseudotsuga

odununda yaz odunu-yaz odunu yapıştırıcılarının ilkbahar odunu-ilkbahar odunu yapıştırıcılarına oranla çekme-makaslama deneyinde % 90, blok- çekme deneyinde ise % 42 fazla bir kopma (kırılma) yükü verdiği saptanmıştır. Diğer taraftan eşit yapışma direncine sahip olmaları için, halkalı traheli ağaç odunlarının, dağınık trahelilere oranla daha uzun bir sıkıştırma süresine ihtiyaç duyulduğu ve bu durum aynı yapıştırma şartlarında dağınık traheli ağaç odunun, halkalı traheli oduna oranla daha kuvvetli bir yapışma vereceğini göstermektedir (38).

A.B.D. de Güney çamlarından üretilen kontrplaklarda kaplama sıcaklığının yapışma üzerine olan etkisinin özellikle uzun bekleme sürelerinde tesirli olduğu ve yapışma direncini düşürdüğü belirtilmektedir (39).

Yapışma yüzeyleri pürüzsüz olan kaplamalardan yapılmış kontrplakların, lif oranı deneyi sonuçlarının daha yüksek olduğu bulunmuştur (33).

Yüzeylerin ıslanabilme derecesi odunun yeni yada eski kesilmiş olmasına, kurutma sıcaklığına ve odunun ekstraktif madde oranına bağlıdır.

Kurutma sıcaklığının 160 (°C) üzerinde artması uzak doğu ağaçlarından elde edilen kaplamalarda ıslanabilme yeteneğini azalttığı, polar veya hidrofilik ekstraktiflerin odunun ıslanma özelliğini artırırken, polar olmayan ekstraktiflerin varlığının ise olumsuz etki ettiği belirtilmektedir (40). Bekleme süresinin uzatılmasıyla ıslanabilirliği zayıf olan odunlarda yapışma direnci pek az etkilenmekte, ıslanabilirliği yüksek olan odunlarda ise bunun aksi meydana gelmektedir. Bunun yanında yapıştırıcının, yüzey gerilimi, sürme şekli ve odunu ıslatabilmesi de yapışma direncini etkilemektedir (38).

Levha kalınlığının homojen olduğu ve soyma kusurlarının oluşmadığı ağaç cinslerinden soyulan ince levhalardan yapılmış kontrplakların, kalın levhalılara göre daha yüksek bir yapışma direncine sahip olduğu bildirilmektedir (10).

Pres basıncı, sıcaklığı ve süresi; ağaç türü, kaplama kalınlığı ile tutkal türü ve çözeltisine göre değişme göstermektedir. 5,5-14,0 kg/cm<sup>2</sup> arasındaki pres basınçları

kullanılarak yapılan çalışmada pres basıncının artmasıyla yapışma direncinin (lif oranı) arttığı (41), 16 kg/cm<sup>2</sup> den yüksek pres basınçlarının cam kontrplakları için fazla kalınlık kayıplarından dolayı uygun olmadığı (33), Pres sıcaklığı ve basıncın artmasıyla yapışma direnci (lif oranı) ile kalınlıktaki azalma miktarının yükseldiği belirtilmektedir(42).

## 2.7. Formaldehit Emisyonu

Odun levhalarının (Yonga levha, kontrplak, kontrtabla, MDF) üretiminde, ucuzluğu, açık renkli olması, yüksek reaksiyon hızı ve geniş tolerans sınırları nedeniyle UF tutkalı önemli oranda tüketilmektedir. Bu levhaların üretimi ve kullanımı sırasında, kullanılan odun türü, reçine tipi ve miktarı, presleme şartları, sertleştirici ve ilave maddelerin miktar ve türleri ile odun rutubeti gibi üretim parametrelerine bağlı olarak açığa çıkan formaldehit miktarı değişmektedir.

Formaldehitin insan sağlığına olumsuz etkileri nedeniyle, bazı ülkelerde 1980 yılından itibaren bu tür malzemelerden ayrılan formaldehit miktarlarını sınırlayıcı idari tedbirler alınmıştır.

Bir meskendeki formaldehit problemi sadece UF tutkalı kullanılarak üretilmiş odun malzemelerinden değil, tekstil, halı ve duvar kağıdı gibi üretiminde formaldehit kullanılmış malzemelerden de kaynaklanabilmektedir. Ayrıca sigara dumanında ve otomobil egsoz gazlarında da formaldehit bulunmaktadır. Yapılan çalışmalara göre insanların çoğu genellikle 0,4 ppm formaldehit konsantrasyonu altındaki değerlerden rahatsız olmamaktadır. Alerjik insanlar için bu sınır 0,25 ppm olarak belirtilmektedir. Çok düşük konsantrasyonlarda insanlarda önce gözlerde hafif bir tahrişe neden olur. Artan konsantrasyonlarda göz yaşarması ile boğazlarda yanma ve tahriş oluşumu artmakta, 3,5 ppm üzerindeki konsantrasyon ise öksürük, nefes darlığı, göz yaşarması gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Oda havasının tenefüsüyle meydana gelebilecek bu rahatsızlıkların tek nedeni formaldehit gösterilemez, aynı veya benzer sendromlara organik tozlar, bazı gazlar, mikroplar ve

bakteriler de neden olabilirler (43). Bu hususlar dikkate alınarak Almanya sağlık idaresi havadaki formaldehit konsantrasyonunun, sağlık açısından 0,1 ppm den yüksek olamayacağını bildirmektedir. Aynı ülkede tehlikeli maddeler kararname, odun levhalarının (yonga levha, kontrplak, kontrtabla, lif levha), bir deney odasındaki formaldehit denge konsantrasyonları 0,1 ppm aşması halinde bunların ticaretine izin verilemeyeceğini belirtmektedir (44). Bazı Avrupa ülkelerinde oturma odalarında kabul edilebilen havadaki formaldehit konsantrasyonları ile odun levhaları için sınır değerler tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Avrupa Ülkelerinde Kabul Edilebilen Formaldehit Sınır Değerleri (45).

Ulke	Konsantrasyon (Odalarda) (ppm)	Perforatör (mg/100g levha)	Gaz analizi (ppm)
Almanya	0,10	E1 ≤ 10	≤ 0,1
		E2 10-30	0,1-1,0
		E3 30-60	1,0-2,3
Hollanda	0,10	max. 10	-
Norveç	0,13	max. 30	-
Avusturya	0,10	max. 8	-
İsveç	0,13	15	-
İsviçre	0,20	10	-
İspanya	0,15	50	-
Belçika	0,12	14 Kalite1	-
		28 Kalite2	-
		42 Kalite3	-
Finlandiya	0,12	40	-
Danimarka	0,12	10 Kalite E15	-
		25 Kalite P25B	-
Fransa	-	50	-
İngiltere	-	50	-



## 2.7.1. Formaldehit Ayrışmasına Etki Eden Faktörler

### 2.7.1.1. Ağaç Türü

Yapılan araştırmalarda aynı üretim şartlarında meşe yonga levhalarından ayrışan formaldehit miktarı, çam yonga levhalarından ayrışandan daha az bulunmuştur (46). Diğer taraftan ladinden yapılmış yonga levhalardan formaldehit ayrışması kayın' dan üretilmiş olanlarınkinden (47), kayın kontrplaklarından ayrışan formaldehit miktarı da okume kontrplaklarınkinden yüksek bulunmuştur (48).

### 2.7.1.2. Reçinelerdeki Formaldehit Miktarının Etkisi

UF reçinelerinde Ü/F oranının odun levhalarından formaldehit ayrışması üzerine etkileri çeşitli araştırmalarda incelenmiş ve mol oranı ile formaldehit çıkışı arasında lineer bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Reçinedeki formaldehit oranının artması ayrışmanın artmasına neden olmaktadır (14). Bununla birlikte reçinedeki formaldehit miktarının belli değerlerin altında azalması ise levhalarda çekme direncinin azalmasına ve kalınlığına şişmenin artmasına sebep olmaktadır. F/Ü oranının düşürölmesiyle azalan tutkalın donma hızını amonyum tuzlarının katalitik etkisi ile dengelemek mümkündür (49).

### 2.7.1.3. Sertleştiricilerin Etkisi

Özellikle yonga levha üretiminde Preslemeden önce yonga rutubetinin azalması formaldehit ayrışmasını azaltması yanında, sertleştirici tipi ve hazırlanmasının da formaldehit ayrışması üzerine etkisi olmakta ve özellikle Amonyum klorür, diğer serleştiricilere göre, formaldehit ayrışmasını azaltması bakımından olumlu etki göstermektedir (14).

### 2.7.1.4. Presleme Şartlarının Etkisi

Pres süresinin uzamasıyla genelde, levhalardan ayrışan

formaldehit miktarı azalma göstermektedir. Özellikle yongaların preslenmesi sırasında ek bir yüksek frekansla ısıtma uygulanması üretilmiş yonga levhalardan formaldehit ayrışması potansiyeline azaltıcı etki yapmaktadır. Bununla beraber azalma miktarı presleme işlemi sırasında yonga levhanın ortasında ulaşılan sıcaklığa bağlıdır. Bu durum levha kalınlığı ve yoğunluğuna göre farklılık gösterir (14).

#### 2.7.1.5. Tutkal Miktarının Etkisi

Genel olarak tutkal miktarının yükselmesiyle, yüzde olarak kıyaslandığında, formaldehit ayrışmasının önemli oranda artmadığı tesbit edilmiştir. Tutkal miktarının % 50 civarında artmasıyla ayrışma miktarında % 20 oranında bir artış olmaktadır. Levha üretiminde formaldehit oranı düşük olan UF tutkallarının kullanımı halinde tutkal miktarının etkisinin önemsiz olduğu tesbit edilmiştir (14).

#### 2.7.1.6. Formaldehit Tutucuların Etkisi

UF tutkalı kullanılarak üretilen levhalardan formaldehit ayrışmasının azaltılabilmesi için literatürde formaldehit tutucularla ilgili bir çok patentten bahsedilmektedir. DOS 1 653 167 de tutkallamadan önce yongaların tümü veya bir kısmının formaldehitte bağlanabilen melamin ve resorsin gibi maddelerle muamele edilmesinden bahsedilmektedir. Bu maddeler presleme esnasında ve daha sonra oluşan serbest durumdaki formaldehitte reaksiyona girerler. Bu şekilde üretilmiş olan yonga levhalardan formaldehit çıkışı önemli oranda azalmakta fakat bu işlem levhaların çekme direnci ve kalınlığına şıme özelliklerine olumsuz etki etmektedir. Formaldehit tutucu olarak sepi maddeleri ve türevleri, sodyum tiosülfat, sodyum sülfid, sodyum ditiyonit, elementer kükürt ve polivinil alkol gösterilebilir. Ayrıca UF tutkalının resorsin ile modifiye edilmesi DSP 4032515 de tavsiye edilmektedir (14).



#### 2.7.1.7. Levhaların Depolanmasının Etkisi

Formaldehit oranı yüksek UF reçineleriyle üretilmiş yonga levhalardan depolama süresine bağlı olarak formaldehit ayrışmasındaki azalma miktarı, formaldehit mol oranı düşük UF ile üretilmiş olanlara göre daha çok olmaktadır (14). Yonga levhanın depolanmasında çevredeki havanın formaldehit konsantrasyonu ile formaldehit ayrışma miktarının azalma hızı arasında ters bir orantı vardır. Buna göre havadaki formaldehit konsantrasyonu  $0,26 \pm 0,8$  ppm olan ortamda 4 hafta depolamadan sonra formaldehit ayrışma miktarı, formaldehit konsantrasyonu  $1,4 \pm 0,1$  ppm olan ortamdakinden yaklaşık % 50 daha az bulunmuştur. Endüstriyel uygulamalarda genel bir fikir olarak, formaldehit ayrışmasını azaltması bakımından, presleme işleminden sonra levhaların yavaş soğutulmasının hızlı soğutmaya nazaran daha faydalı olduğu belirtilmektedir (14).

Kontrplaklarda kaplama kalınlığının artması ve tabaka sayısının azalması ayrışan formaldehit miktarını düşürmektedir. Bunun yanında albümince zengin katkı maddelerinin, albümin oranı düşük katkı maddelerine göre formaldehit tutma etkisi daha fazla bulunmaktadır (48).

#### 2.7.2. Odun Levhalarından Formaldehit Ayrışmasını Belirleme Metotları

Odun levhalarından ayrışan formaldehitin belirlenmesi için birçok metot geliştirilmiş ve bunların bazıları çeşitli ülke standartlarında yer almıştır. Türk standartlarında (TS 4894) (50) "Odun lifi ve yonga levhaları-ekstrakte edilebilen formaldehit tayini" başlığı altında perfaratör metodu açıklanmaktadır. Aynı yöntem kontrplaklarda yapılacak tayinlerde de kullanılabilir. Diğer taraftan gaz analizi (DIN 52368) (51) yöntemiyle de hem yonga levha hemde kontrplaklarda ayrışan formaldehit belirlenebilmektedir. Amerikan (FTM-1) ve Japon standartlarında (JAS, JIS 5908 A 1986) kontrplak ve yonga levhalar için desikatör yöntemleri yer almaktadır. Almanyada geliştirilen WKI-Şişe metodu (52) ise

1990 yılından beri yarı resmi bir standart olarak Avustralya ve yeni Zellanda yonga levha fabrikalarında kullanılmaktadır (53).

#### 2.7.2.1. Perferatör Yöntemi

Bu yöntemde (DIN EN 120) (54), toluol içerisinde kaynatılan levha örneklerinden formaldehitin destile suya geçmesi sağlanmakta ve sulu çözeltideki formaldehit miktarıda iyodometrik veya fotometrik olarak belirlenerek kuru levha ağırlığına oranlanmaktadır.

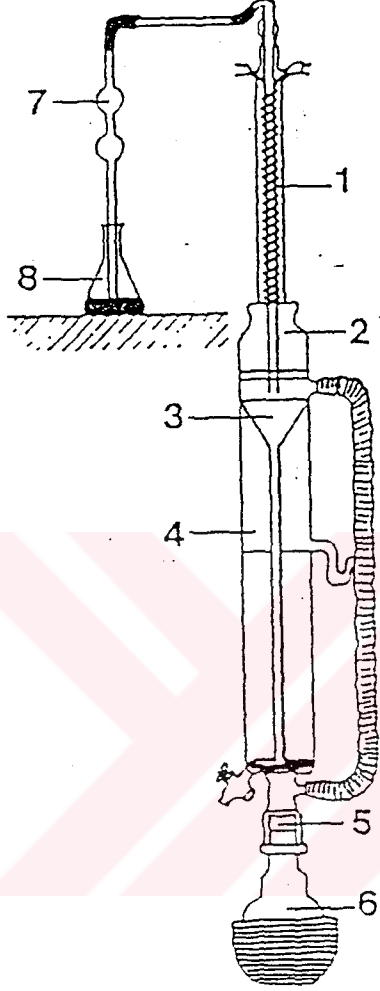
Perferator yönteminin bazı sakıncaları aşağıda belirtilmiştir. Bunlar;

- Farklı rutubetlerdeki yonga levhalardan farklı sonuçlar
- İyodometrik ve fotometrik ölçülen değerler arasındaki farklılığın yüksek olabilmesi,
- Kullanılan teçhizat ve malzeme fiyatlarının yüksek olması,
- Her perferatör aletinde bir iş gününde sadece iki analizin yapılabilmesi,
- Özellikle 10 mg/100 gr dan daha düşük formaldehit emisyon değerlerinde hatalı sonuç,
- Toluen buharlarının neden olabileceği sağlık problemleridir.

Perferatör metodu, levhaların formaldehit içeriği % 0,01 veya daha çoksa kullanılır.

Örnek hazırlama ve deneyin yapılması: Levhaların kenarından en az 500 mm içeride olmak şartıyla 25x25x4 boyutlarında yaklaşık 400 gr deney örneği hazırlanır. Numuneler kesildikten sonra 24 saat içinde deneylerin yapılması gerekir. Şekil 2 deki gibi monte edilen perferatör cihazı; cam balon, ekstraktör, gaz tutucu ve toplam uzunluğu 400 mm olan spiral soğutucu olmak üzere dört ana bölümden ibarettir. Yaklaşık 105-110 gr ağırlığındaki levha 0,01 gr hassasiyetle tartılır ve cam balon içerisine konur ve bunun üzerine 600 ml toluen ilave

edilerek balon cihaza bağlanır, yaklaşık 1000 ml destile su perferatora dökülür su yüzeyi ile sifon akışı arasında 1-2 cm



1. Spiral soğutucu
2. Konik bağlantı
3. Cam filtre
4. Perferatör
5. Bağlantı elamanı
6. Cam balon
7. Balonlu cam boru
8. Erlen

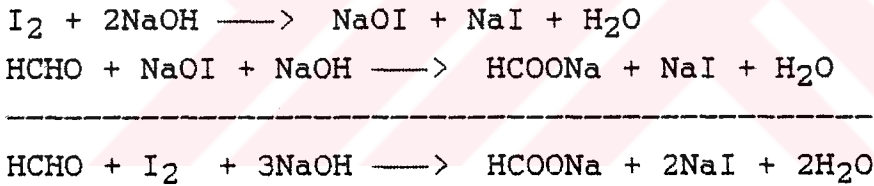
Sekil 2. Perferatör Cihazı

boşluk kalması zorunludur. Daha sonra soğutucu ve 100 ml destile su ile doldurulmuş gaz absorpsiyon cihazı birbirine bağlanır. Aletin montajından sonra cam balon sıcaklığı ayarlanabilen bir elektrikli ısıtıcıyla ısıtılmaya başlar. Perfarasyon iki saat süreyle devam eder. Perfarasyon ilk olarak toluenin sifon borusuna geri gelmesiyle başlar (yaklaşık 20-25 dakika sonra). Tüm perfarasyon süresince toluolun muntazam bir şekilde geri akışı sağlanmalıdır. Absorpsiyon deposundaki su perfarator aletinden geçerek reaksiyon kabına akmamalıdır. Toluenin geri akışının başlangıcından 2 saat sonra ısıtıcı kapatılır ve cam balon uzaklaştırılır. Perfaratorun içinde

bulunan su 20 °C kadar soğutulduktan sonra bir çıkış musluğu ile 2000 ml lik bir cam balona aktarılır ve toluoldan ayrılır. Cihaz işlem sonunda iki defa daha 200 ml su ile çalkalanır. Ayrıca gaz absorpsiyon deposundaki su da cam balona dökülür ve destile su ile 2000 ml ye tamamlanır.

#### 2.7.2.1.1. İyodometrik Olarak Formaldehit Belirlenmesi

Pipet ile ölçülü balondaki ekstraksiyon sıvısından 100 ml alınarak 300 ml erlenmeyer içerisine konur ve sırasıyla 50 ml 0,01 N iyot çözeltisi ve 20 ml 1 N NaOH çözeltisi ilave edilir. Ağzı kapatılan erlenmeyer 15 dak. karanlıkta bırakılır ve 10 ml 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilerek 0,01 n Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi ile titre edilir. Titrasyon işleminde formaldehit alkali çözeltide fazla miktardaki iyotla formik asite oksitlenir. Kullanılmayan iyot ise tiyosülfatla geri titre edilir. Reaksiyon aşağıdaki gibi gerçekleşir.



Perfaratör değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\text{Perfaratör değeri} = \frac{0,003 \cdot (b - a) \cdot (100 + u)}{Eu} =$$

$$= (\text{mg HCHO}/100 \text{ gr Tam Kuru Levha})$$

Eu= Deney örneklerinin rutubetli ağırlığı gr.

b = Referans deneme (kör deney) için kullanılan tiyosülfat çözeltisi ml.

a = Deney çözeltisi için kullanılan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi ml.

u = Örnek rutubeti (%).

#### 2.7.2.1.2. Asetil-aseton Metodu ile Formaldehit Tespiti

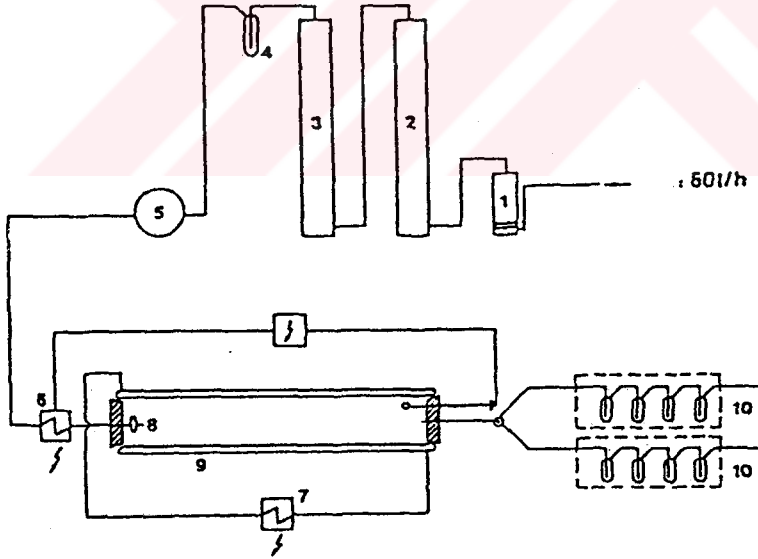
Bunun için 0,04 M amonyum asetat ve % 20 lik asetil-aseton çözeltileri kullanılır. 10 ml ekstraksiyon çözeltisi (0,001-0,150 mg formaldehit ihtiva eden) bir deney şişesinin (50 ml) içerisine konur ve bunun üzerine 10 ml amonyum asetat ve 10 ml asetil aseton ilave edilerek karıştırılır. Hazırlanan bu çözelti 10 dakika süreyle 40 °C deki sıcak su banyosunda ısıtılır. Isıtma işleminden sonra 1 saat oda sıcaklığına kadar soğutulur. Bu çözeltideki formaldehit miktarı 412 nm de (referans olarak destile su kullanılır) fotometrik olarak ölçülür.

#### 2.7.2.2. Gaz Analizi Metodu

Metot hakkında DIN 52368 (51) de ve bazı literatürde bilgi verilmektedir. Bu yöntemde sabit hız ve sıcaklıktaki hava, içerisinde örneğin bulunduğu bir reaksiyon borusuna gönderilmektedir. Buradan çıkan formaldehitli hava boru çıkışına yerleştirilmiş yıkama şişelerindeki destile suda absorbe edilir (şekil 3). Deney süresi 4 saat olup, 1 saattaki hava değişimi 60 litredir. Destile su içerisinde absorbe edilen formaldehit fotometrik olarak belirlenmektedir. Gaz analizi için 400x50x5 mm boyutlarında örneklerin kenarları kaplanmış veya açık olarak deneye alınabilmektedir. Yonga levhalar için geliştirilen bu metot kaplanmış yonga levhalar ve kontrplak için de kullanılabilir. Rutubet 25x25x5 mm boyutlarındaki örnekler kullanılarak belirlenir. Bu metot da formaldehit ayrışmasını belirlemek için ölçülecek levhadan üç örnek alınması gereklidir. Bütün örnekler kesimden hemen sonra hava geçirmez şekilde analize kadar paketlenir ve oda sıcaklığında saklanır. Deney örnekleri 60 (°C) sıcaklıktaki reaksiyon borusuna yerleştirilir ve taşıyıcı gaz olarak gönderilen kurutulmuş hava (Bağıl nem %1-2) burada deney örneklerinden ayrılan formaldehitle zenginleşir ve hava boşaltma vanası üzerinden bir yıkama şişesi grubuna gider. Bir yıkama şişesi grubu 2 adet 100 ml lik şişeden ibarettir. Her bir şişede absorpsiyon çözeltisi olarak 30 ml destile su bulunur.

Taşıyıcı gaz reaksiyon borusuna girmeden önce temizlenir ve bir kimyasal kurutucuya nakledilir. Hava akış miktarı bir vana-pompa ile 60 l/saat a ayarlanır. Her saatte bir otomatik olarak formaldehitli hava bir yıkama şişesi grubuna gönderilmekte ve 4 saat sonunda deney sona erdirilmektedir. Yıkama şişelerinde toplanan formaldehit miktarı asetil-aseton metodu ile belirlenmektedir (55).

Gaz analizi metotunun en önemli faydası kenarları kaplanmış ve üst yüzey işlemleri uygulanmış yonga levhalardan formaldehit ayrışma miktarının belirlenebilmesidir. Perferator yöntemiyle bu mümkün değildir. Sakıncası ise deneyin uzun zaman almasıdır. Perferator yöntemiyle kıyaslandığında, gaz analizi ile ölçülen formaldehit miktarı, yonga levhanın difüzyon direnci ve özgül ağırlığından etkilenirken, perferator yöntemiyle yapılan ölçümlerde bu durum söz konusu değildir.



Şekil 3. Gaz Analizi Yöntemi

1. Hava temizleme, 2,3. Hava kurutucu, 4. Gaz Temizleme,
5. Aneometre, 6. Isıtma, 7. Ön ısıtma, 8. Gaz filtresi,
9. Örnek silindiri, 10. Absorpsiyon Şişeleri

#### 2.7.2.3. Kabin Metodu

Bu yöntem ile, iç ölçüleri 1250x1000x800 mm = 1 m<sup>3</sup> olan bir kabin içine yerleştirilen malzemelerden formaldehit ayrışması oranı; sıcaklık, bağıl nem, hava değiştirme sayısı ve kabin doluluk oranı (örnek alanının oda hacmine oranı, m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>) varyasyonları dikkate alınarak ölçülür.

Kabin içindeki sıcaklık sabit olup 23 °C dir. Bağıl nem deneyin hava değiştirmeli olması halinde % 45-50 olarak belirlenmektedir. Formaldehit ölçümü, fasıllı veya fasılasız denge konsantrasyonu oluşuncaya kadar 24 saat aralıklarla gerçekleştirilir. Fasıllı ölçüm yönteminde kabin havasından 0,1 m<sup>3</sup> alınır ve içerisinde absorpsiyon çözeltisi bulunan gaz yıkama şişesine 2 l/dak hızla gönderilir. Absorbe edilmiş formaldehitin tesbiti fotometrik veya kromatografik yöntemler yardımıyla (mg/m<sup>3</sup>) olarak bulunur (56).

Hava değiştirme işlemi olmaksızın, bu yöntemle yapılan deneylerde 500x500x500 mm boyutlarında iki örnek bağıl nemin dikkate alınmadığı ve sıcaklığın 23 °C de sabit tutulduğu kabine yerleştirilir. Böylece dar kenarlar hesaplanmadan oda doluluğu 1 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> olur. 24 saat aralıkla en fazla 0.05 m<sup>3</sup> hava kabinden alınır ve yukarıda belirtildiği şekilde havadaki formaldehit ölçülür.

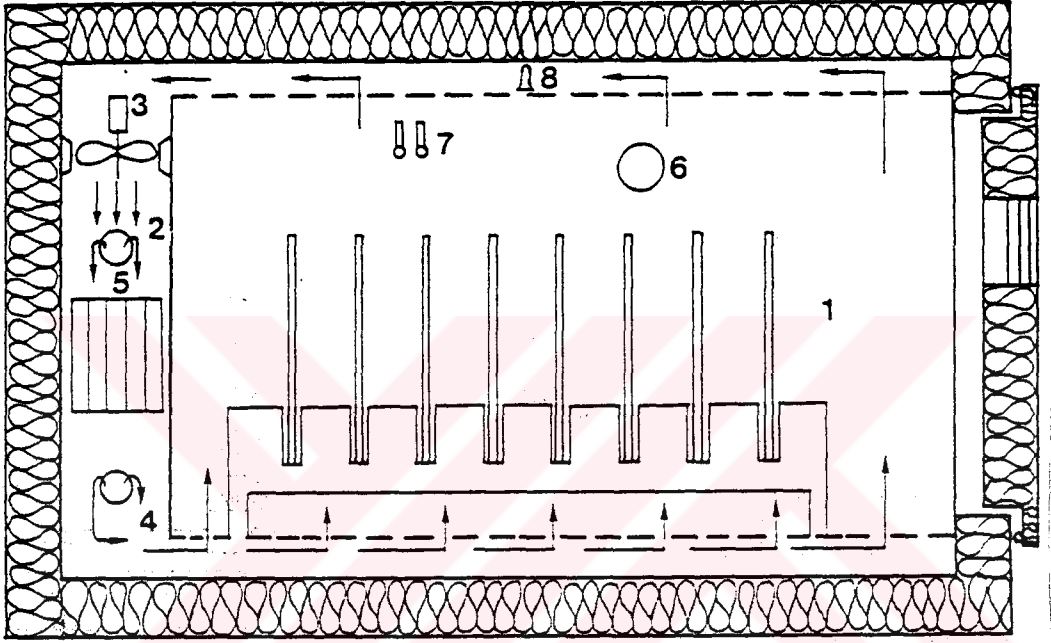
#### 2.7.2.4. Deney Odası Metodu

A.B.D, Japonya, İskandinav ülkeleri ve Almanyada kullanılmakta olan bu metoda göre, büyük boyutlardaki yonga levha ve mamül mobilyaların formaldehit ayrışması, geniş hacimli deney odalarında ölçülmektedir. Mobilyaların ve büyük boyutlardaki levhaların kullanılabilmesi sebebiyle elde edilen sonuçlar, pratik değerlere, diğer yöntemlerle kıyaslandığında, daha yakındır. Bu yöntemde klima şartları, hava değiştirme sayısı ve süreye bağlı olarak, örneklerin formaldehit ayrışmasındaki değişimleri belirlenebilir (57).

Almanyada ETB (Einheitliche Technische Baubestimmungen) yönergesine (1980) göre iç hacmi 40 m<sup>3</sup> olarak tarif edilen



deney odasında sıcaklık  $23 \pm 1$  °C, bağıl nem %  $45 \pm 3$ , hava değişimi 1 değişim/saat, oda doluluk  $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$  ve levha alanı  $2 \times 1$  m olarak ayarlanır (şekil 4). Deney odalarından alınan gaz örneğindeki (hava+formaldehit) formaldehit uygun analiz yöntemleriyle (örneğin asetil-aseton) belirlenir (58).



Şekil 4. Büyük Boyutlu Levhalardan Ayrışan Formaldehit Miktarının Deney Odasında Ölçülmesi

1. Levha, 2. Taze hava girişi, 3. Vantilatör,
4. Buhar, 5. Isıtıcı, 6. Atık hava çıkışı,
7. Termometre, 8. Örnek hava çıkışı

#### 2.7.2.5. WKI - Şişe Metodu

1975 yılında Almanyada geliştirilen ve uygulanması oldukça basit olan bu metotla (52), odun levhaları yanında duvar kağıdı ve sentetik halılarda da formaldehit ayrışması ölçülebilir (59). Bu metodun perfaratör metoduna göre en önemli avantajı, elde edilen sonuçlarının levha rutubetine bağlı olmamasıdır. Ayrıca diğer metotlara göre maliyetinin düşük olması ve çalışma



ortamında, özellikle perferator yöntemine göre, önemli sağlık problemleri yaratmaması diğer üstünlükleri olarak gösterilmektedir (14). Diğer taraftan levha üretiminde tutkal reçetelerindeki küçük değişikliklerde dahi, perferator yöntemine göre, ölçümlerde daha hassas sonuçlar elde edilmektedir (47). Bunun yanında 24 saatlik deney süresi sakıncalı yanı olarak gösterilmekte ve fakat deneyin 3 saatte tamamlanması halinde perferator yöntemiyle bir korelasyon sağlanacağı bildirilmektedir (60).

Bu metodun benzeri , Hollanda da (CHR-78) ve eski Doğu Almanyada (WHIS-313-1985) standartları bünyesinde kullanılmakta olup ayrıca Japon ve Amerikan desikatör metotlarında da bu metoda benzerlik göstermektedir (59).

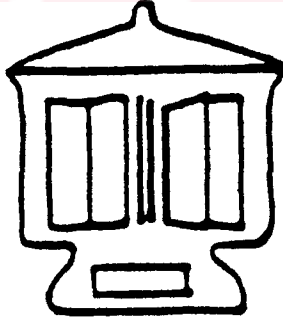
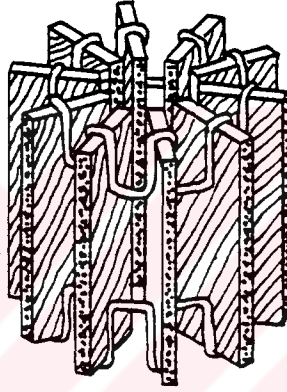
#### 2.7.2.6. Desikatör Metotları

Japon (JIS A 5908) (61) ve Amerikan (FTM-1) (62) standartlarında hem yonga levha hemde kontrplaklar için desikatör yardımıyla formaldehit ayrışmasının belirlenmesi metotları açıklanmıştır. Japon standartlarında her bir deney levhasından 150 x 50 mm, Amerikan standardında ise 70 x 120 mm alanlarında ve levha kalınlığına göre değişen sayıda deney örneği hazırlanmaktadır. Japon standartlarında 120 mm çapında, 60 mm yükseklikte 300 ml destile su ile dolu bir kristalizuar kabı, 9 - 11 litrelik (çap, 240 mm) desikatöre şekil 5 deki gibi yerleştirilir ve bu şekilde 24 saat 20 (°C) de bekletildikten sonra, kristalizuar içerisindeki su örnek çözelti olarak alınır ve asetil aseton yöntemiyle formaldehit miktarı fotometrik olarak mg/litre cinsinden hesaplanır.

Amerikan desikatör yönteminde 10,5 litrelik desikatör kullanılmakta ve deney süresi 24 ± 1 °C sıcaklıkta 2 veya 24 saat olabilmektedir. Desikatör içerisine absorpsiyon çözeltisi olarak konulan destile suyun miktarı, deneyin 2 saat olması durumunda 100 mm lik bir petri kabı içinde 25 ml, 24 saat sürmesi halinde 400 ml lik beher içinde 300 ml, olmalıdır. Absorpsiyon çözeltisindeki formaldehit Kromatografik asit ve asetil-aseton yöntemleriyle belirlenebilir ve mg/ml olarak

hesaplanır.

Asetil-aseton metodunda, 25 ml örnek çözeltisi 100 ml lik erlenmeyere konular, bunun üzerine 25 ml asetil aseton - amonyum asetat çözeltisi (JIS A 5908 e göre hazırlanır) ilave edilerek karışım çalkalanır ve 60 - 65 °C su banyosunda 10 dakika ısıtılır. Aynı şartlarda örnek çözeltisi yerine destile su kullanılarak bir kör deney yapılır ve referans değer elde edilir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan örnek çözeltinin formaldehit miktarı fotometrik olarak 415 nm absorpsiyonu ölçülerek bulunur.



Şekil 5. Desikatör Metodu Deney Düzeneği.

### 3. MATERTAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Deneme Materyali

##### 3.1.1. Ağaç Türü

Bu nedenle çalışmada sözü edilen özelliklere sahip kavak (*Populus x eureamericana* I 45/51) tomrukları kullanılmıştır. Tomruklar 15 yaşında ve 26-38 cm arasında olup Terme, Gölardı bölgesinden kesilmişlerdir. Bu kavak türüne ait Almanyada yapılan bir çalışmada odun özellikleri ile ilgili aşağıdaki (tablo 2) değerler bulunmuştur (63).

Tablo 2. Kavak Odununa Ait Özellikler

Teknolojik Özellikler		
Özgül ağırlık $\rho_0$	( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	0.372
Yıllık halka gen.	(mm)	8.93
Lif uzunluğu	(mm)	1.049
Eğilme direnci	( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	474
Basınç direnci	( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	238
Çekme direnci	( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	656
Şok direnci	( $\text{kgm}/\text{cm}^2$ )	0.618

Ayrıca bu çalışmanın amacına uygun, endüstriyel şartlarda üretilmiş kayın (*Fagus orientalis*) ve okume (*Aucoumea klaineana*) soyma kaplamaları laboratuvar şartlarında kontrplak üretmek için piyasadan temin edilmiştir. Bunlardan kayın uzun yıllardan beri kontrplak endüstrisinde hammadde olarak kullanılmaktadır. Okume ise Dünya pazarlarındaki en önemli Batı Afrika odunu olup büyük oranda kontrplak üretiminde tüketilir. Tam kuru özgül ağırlığı  $0,41 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , eğilme direnci  $720 \text{ kp}/\text{cm}^2$ , elastikiyet modülü  $30000-80000 \text{ kp}/\text{cm}^2$  ve basınç direnci ise  $390 \text{ kp}/\text{cm}^2$  olduğu bildirilmektedir (64).

### 3.1.2. Tutkal

Deneme kontrplaklarının üretiminde ÜF tutkalı kullanılmıştır. Ü/F mol ilişkisinin formaldehit ayrışması yanında kontrplakların diğer özelliklerine etkisinin de incelenebilmesi için üretici firmadan Ü/F mol oranı 1/1.32 ve 1/1.74 olan iki ayrı tipte tutkal temin edilmiştir. Bunlardan formaldehit oranı yüksek olan 1/1.74 ÜF tutkalı ülkemizde daha çok kontrplak üretimi ve yonga levhaların kaplanmasında kullanılmaktadır.

### 3.1.3. Dolgu ve katkı maddeleri

Tutkala katkı maddesi olarak buğday unu (kalite 2), dolgu maddesi olarak, farklı oranlarda fındık kabuğu unu, ÜF-tutkalı ile üretilmiş yonga levha ve MDF zımpara tozları ile çam kabuğu unları (Pinus silvestris) ilave edilmiştir. Bunlardan fındık kabuğu ve çam kabuğu unları 240 (mesh) lik elekten geçirildikten sonra, MDF ve yonga levha zımpara tozları ise, elenmeden kullanılmıştır. Ayrıca tutkala üre ve melamin ilavesiyle kavak kontrplakların özelliklerindeki değişimler incelenmiştir.

## 3.2. Deneme Levhalarının Üretimi

### 3.2.1. Soyma Kaplamaların Elde Edilmesi

Deney kontrplaklarının laboratuvar şartlarında üretilmesinde değerlendirilen kavak soyma kaplamalar, ağaçların kesiminden hemen sonra, 80 cm uzunluğunda ve 40 cm çapında tomruk soyabilen kaplama makinesinde, 1,4 ve 2,1 mm kalınlıklarda soyulmuşlardır. Kaplama üretimi esnasında kaplamaların sıkı yüzeyi bir kalem yardımıyla işaretlenmiştir. Ayrıca kenar bıçakları arasındaki mesafe 60 cm, yatay açıklık kaplama kalınlığının % 85' i kadar, düşey açıklık ise 0,5 mm olarak ayarlanmıştır. Sonsuz bant halindeki levha 60 cm boylarda kesilmiştir.

Piyasadan temin edilen 1,4 mm kalınlığındaki kayın ve okume kaplamalar, buharlanmış tomruklardan (kayın 40-45 saat, okume 30-35 saat) endüstriyel şartlarda üretilmiş ve 150 °C de kurutulmuş levhalar arasından seçilmişlerdir.

### 3.2.2. Kaplama Levhaların Kurutulması

Laboratuvarda üretilen 60x60 cm boyutlarındaki kavak soyma levhaları tel örgü bantlı kaplama kurutma makinesinde 130-140 °C sıcaklıkta 7 dak. kurutulmuş ve levhaların rutubetlerinin % 4-7 olması sağlanmıştır.

### 3.2.3. Levhaların Tutkallanmaya Hazırlanması

Kurutulduktan sonra levhaların rutubeti eşit olmadığından iklimlendirme dolabında rutubetleri % 6 olacak şekilde bekletilmişlerdir. Tutkallama işlemine kadar levhalarda oluşabilecek rutubet değişikliklerini önlemek için her defasında 6 adet kaplama, iklimlendirme dolabından alınarak kullanılmıştır.

### 3.2.4. Tutkal Reçetelerinin Hazırlanması ve Tutkallama

Tutkal reçetelerinin hazırlanmasında üretici firmanın tavsiyeleri, araştırma amacı ve kontrplak fabrikalarının kullandığı reçeteler dikkate alınmıştır. Sertleştirici olarak % 15' lik  $NH_4Cl$  kullanılmış ve tüm reçetelere sıvı haldeki tutkalın % 10' u oranında ilâve edilmiştir. Tutkal çözeltisi her defasında sadece 4 kontrplak için gerekli miktarda hazırlanmış ve böylece çözeltinin viskozitesinin değişmesi önlenmiştir. Çalışmada kullanılan tutkal çözeltisi karışımları ve kontrplak üretim şartları tablo 3' de gösterilmiştir. Kaplama levhalarının tutkallanmasında, dozajlama silindirlerine sahip, tutkallama makinesi kullanılmıştır. Tutkal, kaplama levhanın tek yüzüne,  $170 \text{ gr/m}^2$  olacak şekilde silindirlerle sürülmüş ve sürülen tutkal miktarı, levhanın tutkallama öncesi ve sonrası tartılması suretiyle kontrol edilmiştir. Tutkallanan levhalar lifleri birbirine dik ve kaplama açık yüzeyleri

Tablo 3. Deneme Kontrplaklarının Üretim Faktörleri

Kontr. No	Pres Bas. Kg/cm <sup>2</sup>	Pres Sür. dak.	Katkı Mad.* %	Dolgu Türü	Mad. Oranı* %	İlave Mad.* %	İlave su %	Orta Tab.	Dış Tab.
1	7	6	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
2	10	6	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
3	12	6	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
4	15	6	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
5	10	4	55	Ç.K.U	5	-	-	Kav.	Kav.
6	10	4	55	Ç.K.U	10	-	-	Kav.	Kav.
7	10	4	90	-	-	-	35	Kav.	Kav.
8	10	4	90	Ç.K.U	10	-	35	Kav.	Kav.
9	10	4	90	Ç.K.U	20	-	35	Kav.	Kav.
10	10	6	90	-	-	-	35	Kav.	Kav.
11	10	3	55	Ç.K.U	10	-	-	Kav.	Kav.
12	10	4	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
13	10	5	55	Ç.K.U	10	-	-	Kav.	Kav.
14	10	6	55	Ç.K.U	10	-	-	Kav.	Kav.
15	7	4	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
16	12	4	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
17	15	4	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
18	10	4	18	-	-	-	-	Kav.	Kav.
19	10	6	18	-	-	-	-	Kav.	Kav.
20	10	4	55	F.K.U	5	-	-	Kav.	Kav.
21	10	4	55	F.K.U	10	-	-	Kav.	Kav.
22	10	4	90	F.K.U	10	-	35	Kav.	Kav.
23	10	4	90	F.K.U	20	-	35	Kav.	Kav.
24	10	4	55	MDF Z.T	5	-	-	Kav.	Kav.
25	10	4	55	MDF Z.T	10	-	-	Kav.	Kav.
26	10	4	90	MDF Z.T	10	-	35	Kav.	Kav.
27	10	4	90	MDF Z.T	20	-	35	Kav.	Kav.
28	10	4	90	YL.Z.T	10	-	35	Kav.	Kav.
29	10	4	90	YL.Z.T	20	-	35	Kav.	Kav.
30	10	4	55	-	-	%10 Üre	-	Kav.	Kav.
31	10	4	55	-	-	%20 Üre	-	Kav.	Kav.
32	10	4	90	-	-	%10 Üre	35	Kav.	Kav.
33	10	4	90	-	-	%20 Üre	35	Kav.	Kav.
34 <sup>a</sup>	10	4	55	-	-	-	30	Kav.	Kav.
35	10	4	55	-	-	%5 Mel.	-	Kav.	Kav.
36	10	4	55	-	-	%10 Mel.	-	Kav.	Kav.
37	10	4	55	-	-	%20 Mel.	-	Kav.	Kav.
38 <sup>b</sup>	10	4	55	-	-	-	-	Oku.	Kav.
39 <sup>b</sup>	10	4	55	-	-	-	-	Kav.	Kav.
40 <sup>b</sup>	10	4	55	-	-	-	-	Oku.	Oku.
41 <sup>b</sup>	10	4	55	-	-	-	-	Kay.	Kay.
42 <sup>b</sup>	10	4	55	-	-	-	-	Kay.	Oku.
43 <sup>b</sup>	10	4	55	-	-	-	-	Kay.	Kav.

\* Tutkal katı madde miktarına göre, Mel.: Melamin

a. Ü/F = 1/1.32, b. Kaplama kalınlığı 1.4 (mm)

Ç.K.U : Çam kabuğu unu, F.K.U : Fındık kabuğu unu

MDF Z.T : MDF zımpara tozu, YL Z.T : Yonga levha zımpara tozu

kontrplak taslağının iç yüzeyinde kalacak şekilde üst üste yerleştirilmiş ve preslemeden önce bu şekilde 5 dakika bekletilmişlerdir.

### 3.2.5. Presleme

3 tabakalı ve 60x60 cm boyutlarındaki levhaların preslenmesi laboratuvar tipi (presleme alanı 70x89 cm) elektrikle ısıtılan tek katlı hidrolik preste yapılmıştır. Pres basıncı ve süresinin, üretilen deney kontrplaklarının bazı özelliklerine etkisini incelemek için, 7, 10, 12, 15 kg/cm<sup>2</sup> basınçlar ve 3, 4, 5, 6 dak. lık pres süreleri uygulanarak kontrplak üretimi gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.6. Presleme Sonrası İşlemler

Dış tabakalar ile iç tabaka arasındaki sıcaklık ve rutubet farklılığını gidermek için üretilen 172 adet kontrplak 2 hafta süreyle, kalın ve düzgün bir yonga levha üzerine istif latası kullanmadan üst üste konmak suretiyle istiflenmişlerdir. İstifin üzeri yine kalın ve düzgün bir başka yonga levha ile örtülmüştür. Bu şekilde bekletilen kontrplakların sıcaklıklarını uzun süre muhafaza etmeleri ve tedrici soğumaları sağlanarak biçim değişimleri önlenmiştir.

### 3.3. Araştırma Yöntemi

Üretilen levhaların teknolojik özelliklerinin belirlenmesinde ve tutkalla ilave edilen dolgu maddelerinin ekstraksiyon işlemleri için uygulanan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.



### 3.3.1. Fiziksel Özellikler

#### 3.3.1.1. Özgül Ağırlık

Kontrplak tiplerinin özgül ağırlıkları DIN 52374 (64) e göre belirlenmiştir. Bu standart' da örnek boyutları ISO 3805 (1975) ve TS 3110 (1978) standartlarındakine göre farklılık göstermektedir. Ayrıca DIN 52374 e göre kalınlık örneğin orta noktasından tek ölçümle belirlenmektedir (şekil 6a). ISO ve TS standartlarında ise örnek kalınlığı, şekil 6b de gösterildiği gibi 4 ayrı noktadan ölçülerek bulunmaktadır. DIN 52374 de 50 mm bir mesafede kalınlık farklılığının önemli olmayacağını, 4 mm kalınlığındaki bir levhada varyasyon katsayısının ancak % 0,42 olabileceği belirtilmekte ve bunun için kalınlık belirlenmesinde tek ölçümün yeterli olacağı savunulmaktadır.

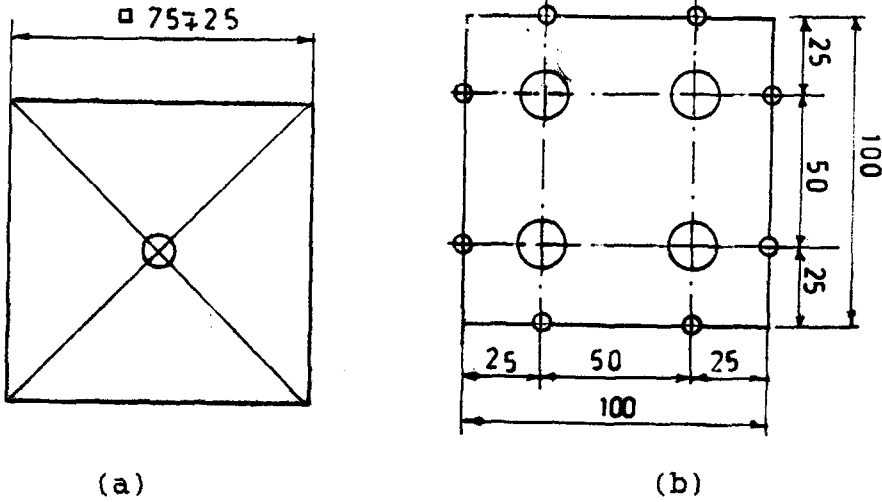
Bu duruma rağmen özgül ağırlık örneklerinin kalınlıkları 4 ayrı yerden, 0,01 mm duyarlıklı bir mikrometre ile ölçülmüştür. Örnek uzunluk ve genişliği, kompas ayakları ile deney parçası yüzeyleri arasında 45° açı olacak şekilde 0,05 mm duyarlıkla, birbirine paralel kenarlar arasında 2 şer ölçme yapılarak bulunmuştur. Ağırlıklar 0,001 gr kadar ölçme yapabilen terazide belirlenmiştir. Her kontrplak tipinden alınan 30 adet örneğin boyut ve ağırlıkları ölçülmeden önce % 65±3 bağıl nem ve 20±1 °C sıcaklık şartlarında klimatize edilmişlerdir. Hava kurusu haldeki örneklerin özgül ağırlıkları,

$$\rho_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \quad (\text{gr/cm}^3),$$

$M_{12}$  = örnek ağırlığı (gr)

$V_{12}$  = örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ )

esitliği ile hesaplanmıştır (66).



Şekil 6. özgül Ağırlık örnekleri (a. DIN 52374 e göre, b. ISO 3805 ve TS 3110 a göre)

### 3.3.2. Formaldehit Ayrışması

Deneme kontrplaklarından ayrışabilecek formaldehit miktarı WKI- Şişe metodu ile iyodometrik olarak belirlenmiştir. Bunun için kontrplaklardan, üretimden hemen sonra, 1 ay ve 3 ay sonra olmak üzere 25x25x2 mm da örnekler alınmıştır. Örneklerin kesilmesi sırasında, örnek kenarlarının kesici bıçaklar tarafından yakılmamasına ayrıca yüzeylerinde çatlak ve budak bulunmamasına özen gösterilmiştir. Her bir kontrplak tipinden 3 er örnek alınmak suretiyle deneyler aşağıda belirtilen yol izlenmiştir.

İçerisinde 50 ml destile su bulunan 500 ml lik polietilen şişeye, her kontrplak tipine ait örneklerden rastgele seçilen 15-17 gr numune, bir lastik bant yardımıyla destile suya değmeyecek şekilde asılmıştır (Şekil 7). Bu işlemler, şişe içerisindeki suyun havadaki formaldehiti absorbe etmemesi için hızlı bir şekilde yapılarak şişenin ağzı sıkıca kapatılmıştır. Daha sonra şişeler 40 °C sıcaklıktaki fırında 24 saat tutulduktan sonra çıkarılmış ve 1 saat süreyle bir soğutucu içerisinde bekletilmişlerdir. Bu süre sonunda içerisindeki kontrplak örnekleri uzaklaştırılan şişelerden 10 ml absorpsiyon çözeltisi bir pipet yardımıyla alınarak 150 ml lik behere aktarılmıştır. Bunun üzerine 25 ml 0,01 n iyot ve 10 ml 1 n NaOH çözeltileri ilave edildikten sonra 15 dakika karanlıkta

bekletilen örneklere 10 ml 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> katılmıştır. Hazırlanan bu çözelti 0,01 n Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> ile, indikatör olarak % 1 lik nişasta kullanılarak, titre edilmiştir. Ayrıca destile su ile refeans olarak bir kör deney yapılmıştır.

iyot ve tiyosülfat çözeltilerinin hazırlanması ve standardizasyonu TAPPI 610 OM 92 ye göre yapılmıştır. Sulu çözeltide iyodometrik olarak tespit edilen formaldehit miktarı aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak bulunmuştur.

$$0,15.5.100.(b-a).$$

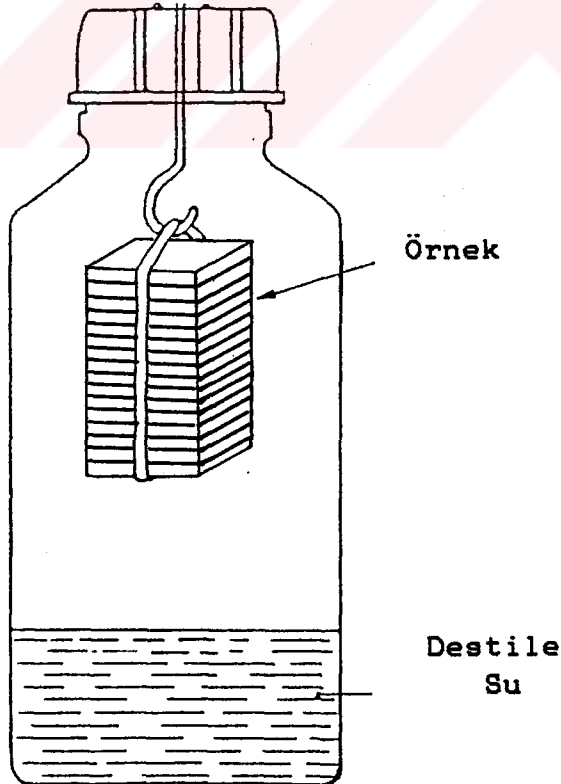
$$\frac{H_{WKI} \cdot Eu \cdot 100}{100+u} = (\text{mg HCOH}/100 \text{ gr tam kuru levha})$$

b= Kör deney için sarf edilen 0,01 n tiyosülfat çözeltisi (ml)

a= Örnek çözelti için sarf edilen 0,01 n tiyosülfat çözeltisi

u= Deney örneklerinin rutubeti

Eu= örneklerin deney öncesi rutubetli ağırlıkları (g)



Şekil 7. WKI-Şişe Metodu Deney Düzenegi

### 3.3.3. Dolgu Maddelerinin (Çam ve Fındık Kabuğu ) Kimyasal Analizi

Dolgu maddelerinin kül miktarı kontrplakların işlenmesi esnasında, kesici aletlerin aşınması üzerine etkili olmaktadır. Ayrıca ekstraktif maddeler yapışma direncine ve formaldehit ayrışmasına tesir edebilmektedir. Bu sebeple çam ve fındık kabuğunun kül miktarı ile çözünürlük deneyleri TAPPI standartlarına göre yapılmıştır.

Kül miktarı, TAPPI T-15 m-58 standardına göre  $575 \pm 25$  °C deki bir fırında örneğin yanmasından sonra kalan mineral kısım tam kuru oduna oranla % olarak hesaplanmıştır. Sıcak ve soğuk suda çözünürlükler için TAPPI T 1 m-59, Alkol-Benzen çözünürlüğü için TAPPI T 6 m-59 ve % 1 lik NaOH çözünürlüğü için ise TAPPI T 4 m-59 standartlarından yararlanılarak bulunan sonuçlar tam kuru odun ağırlığına göre % olarak ifade edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Fındık ve Çam Kabuğunun Kül Miktarı ve Çözünürlükleri

	Alkol-Benzen (%)	Sıcak su (%)	Soğuk su (%)	%1 NaOH (%)	Kül (%)
F.F.U.	1,26	3,98	2,37	18,67	1,40
Ç.K.U.	7,88	9,22	4,61	50,05	1,79

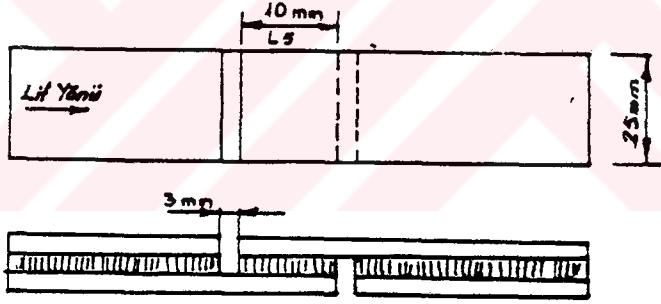
### 3.3.4. Mekanik Özellikler

#### 3.3.4.1. Çekme-Makaslama Direnci ve Deney Örneklerinin Hazırlanması

Deney örneklerinin hazırlanması ve deneyin yapılması DIN 53255 (68) ve TS 47 (69) de belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Klimatize edilen kontrplaklardan şekil 8

de gösterilen biçim ve boyutlarda kesilen örneklerin kusursuz olanları seçilmiş, bir iklim dolabında % 65 ± 2 bağıl nem ve 20±1 °C sıcaklık şartlarında bekletilerek örneklerin hava kurusu hale gelmeleri sağlanmıştır.

Çalışmada kullanılan ÜF tutkallıya üretilen kontrplaklar açıkta kullanılmaya uygun olmadığından, Kapalı yerlerdeki normal hava rutubetinin tutkal başına yapacağı etkiyi incelemek için klimatize edilen örnekler iki gruba ayrılmışlardır. Hiç bir ön işlem uygulanmadan klimatize edilen birinci grup örneklerine çekme-makaslama deneyi yapılarak yapışma dirençleri belirlenmiştir. İkinci grup; önce klimatize edilen örneklerin deneyleri, sıcaklığı 20 °C ayarlanmış suyun içerisinde 24 saat bekletildikten sonra yapılmıştır. Bu deneyi başaran örneklerin tutkal tabakaları normal hava rutubeti etkilerine karşı yeteri kadar dayanıklıdırlar.



Şekil 8. 3 Tabakalı Kontrplaklar için Çekme-Makaslama Deneyi Örneği

#### 3.3.4.1.1. Deneyin Yapılması

Deneyler üniversal deneme makinesinde yapılmıştır. Deneylerden önce örneklerin, makaslama alanlarının genişlik ve boyları 0,01 mm duyarlıkla ölçülmüştür. Bundan sonra örnekler her iki uçlarından 30 mm lik kısımları kavrama çeneleri arasında kalacak şekilde düşey olarak makineye yerleştirilmiştir. Bu durumda çekme kuvveti uygulanmaya

başlanmış ve deney hızı her  $\text{cm}^2$  tutkallanmış makaslama alanı için dakikada 100 kg olarak ayarlanmıştır. Deney örneği kopuncaya kadar sürdürülen çekme sırasında uygulanan en büyük kuvvet ( $F_{\text{max}}$ ) makinenin kadranından 1 kg duyarlıkla okunmuştur. Ayrıca her kontrplak tipinden hazırlanan örneklerin yarısı soyma çatlakları açılacak şekilde diğer yarısı ise soyma çatlakları kapanacak şekilde denenmişlerdir.

Her bir örneğin çekme-makaslama direnci aşağıdaki eşitlikten yararlanarak hesaplanmıştır.

$$\sigma = \frac{F_{\text{max.}}}{A} = \frac{F_{\text{max.}}}{l \cdot b} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$\sigma$  = Çekme-makaslama direnci ( $\text{kg/cm}^2$ )

A = Makaslama yüzeyi alanı (l.b)

l = Makaslama yüzeyi uzunluğu (cm)

b = Makaslama yüzeyi genişliği (cm)

#### 3.3.4.2. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin hazırlanması ve deneylerin yapılması TS 3969 (70) ve DIN 52371 (71)' e göre gerçekleştirilmiştir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri için aynı örneklerden faydalanılmıştır. Deneyler, uzunluk eksenini dış tabakaların lif doğrultusuna paralel olan örnekler üzerinde yapılmıştır. 30 a  $\pm$  0,5 mm + 50 mm uzunluğunda ve 50 mm genişliğinde hazırlanan örnekler 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl neme sahip iklim odasında klimatize edilmişlerdir. Genişlik ve kalınlığı 0,01 mm duyarlıkla ölçülen örnekler, çapları 25 mm olan dayanaklar üzerine, kuvvet uygulama silindiri (r=12,5 mm) örneğin tam ortasına gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Dayanak silindirleri arasındaki mesafe 30 x a  $\pm$  0.5 mm, yükleme hızı ise kırılma yüküne ( $F_{\text{max}}$ ) 1-2 dakikada ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Deneyler, her tip kontrplaktan alınan 20 örneğin yarısına alttan diğer yarısına ise üstten uygulanmıştır. Eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesinde en büyük yükün

1/3 üne kadar olan yükleme arasında 6 yükleme basamağı seçilmiş ve bu basamaklarda yük (N), eğilme ise deneme makinesinin tensometresi yardımıyla 0,01 mm duyarlıkta okunmuştur. Eğilme direnci ve eğilmedeki elastikiyet modülü hesaplamaları aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak yapılmıştır.

$$\sigma_e = \frac{3L_s}{2 \cdot b \cdot a^2} \cdot F_{\max} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$E_b = \frac{L_s^2}{4 \cdot b \cdot a^3} \cdot \frac{\Delta F}{\Delta a} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$\sigma_e$  = Eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$E_b$  = Elastikiyet modülü (N/mm<sup>2</sup>)

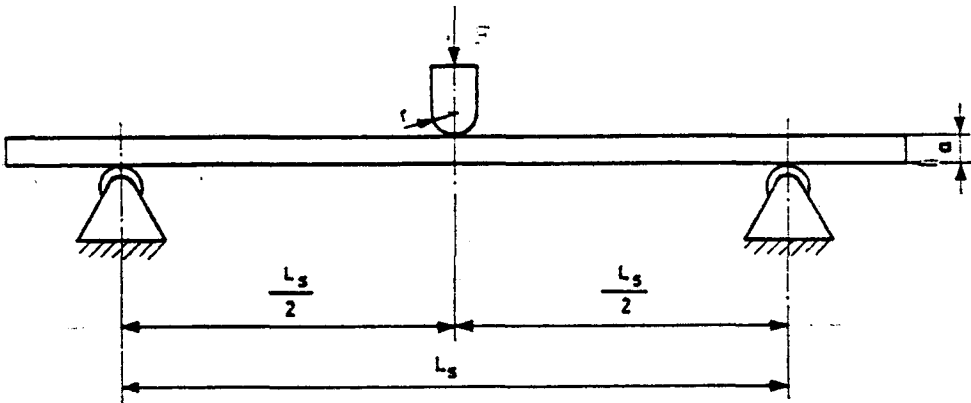
$L_s$  = Dayanak açıklığı (mm)

$b$  = Deney parçası genişliği (mm)

$a$  = Deney parçası kalınlığı (mm)

$\Delta F$  = Uygulanan iki kuvvet arasındaki fark ( $F_1 - F_2$ )

$\Delta a$  =  $F$  kuvvetinin meydana getirdiği sehim (mm)



Şekil 9. Eğilme Direnci Deney Düzeneği



### 3.4. İstatistik Uygulamalar

Bu çalışmada, laboratuvarda üretilmiş kontrplakların; özgül ağırlık, rutubet, formaldehit ayrışması, yapışma direnci, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü üzerine, odun türü, kaplama kalınlığı, pres basıncı ve süresi, dolgu maddesi cins ve miktarı, katkı maddesi miktarı, üre ve melamin gibi ilave maddelerin etkileri araştırılmıştır.

Deneyler sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla uygulanan istatistik yöntemde, bir faktör iki örneklemede F testi ile varyanslar ve bunun sonucuna göre uygulanan t-testi ile ortalama değerler karşılaştırılmıştır. İki'den fazla örnekleme ve bir faktör söz konusu olunca basit varyans analizi, iki faktör ve iki'den fazla örneklemede çoğul varyans analizi yapılmak suretiyle değişkenlerin etkili olup olmadıkları belirlenmiş ve etkilemenin anlamlı olması halinde ortalama değerler Duncan testi yapılmak suretiyle, belli bir hata ihtimali ile karşılaştırılmıştır. Diğer taraftan kontrplakların eğilme direnci ile özgül ağırlık ve elastikiyet modülü arasındaki bağıntısının belirlenebilmesi için regresyon analizi yapılmıştır.

#### 4. BULGULAR

##### 4.1. Formaldehit Ayrışması

Üretilen deneme kontrplaklarından ayrışan formaldehit miktarı WKI-Şişe metodu yardımıyla iyodometrik (mg HCHO/100 gr tam kuru levha) olarak hesaplanmıştır.

##### 4.1.1. Levha Kalınlığı

1,4 mm ve 2,1 mm kalınlıktaki Kavak kaplama levhalarının ÜF ile yapıştırılmasıyla üretilmiş olan 12 ve 39 nolu kontrplaklar üretimlerinden sonra 20 °C ve % 65 bağıl nem şartlarındaki ortamda 1 gün , 30 gün ve 90 gün bekletilip her depolama süresi sonunda ayrışan formaldehit miktarı tesbit edilerek tablo 4 de gösterilmiştir.

Tablo 5. Levha Kalınlığına göre Ayrışan Formaldehit Miktarları

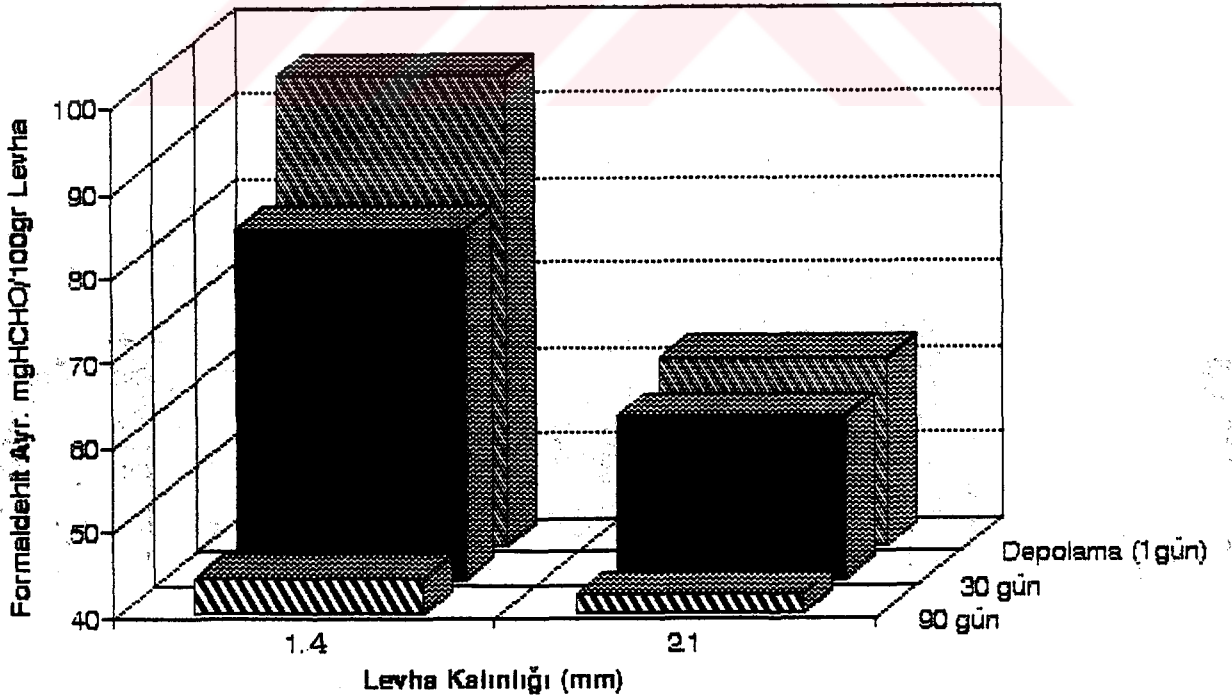
Kontrplak No	Levha Kal. (mm)	Depolama Süresi (gün)		
		1	30	90
		(mg HCHO/100 gr Levha)		
		x	x	x
12	2,1	62,1	59,1	42,2
39	1,4	95,5	81,3	44,2

Bu değerlere ilişkin tablo 5 de yapılan varyans analizine göre levha kalınlığı, depolama süresi ve bu varyans kaynaklarının karşılıklı etkileri 0,001 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunmuştur. Buna göre Kontrplaklardan ayrışan formaldehit miktarı üzerine üretildikleri levhanın kalınlığı ve

depolama süresinin önemli oranda etki ettiği anlaşılmaktadır. Denemeler sonucu bulunan varyans kaynakları ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları tablo 28a da özetlenmiştir.

Tablo 6. Formaldehit Ayrışmasına Levha Kalınlığı ve Depolama Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Kalınlık	1662,7	1	1662,7	156,8	***
Depolama	4147,8	2	2073,9	195,8	***
K x D	763,5	2	381,7	36,0	***
Hata	127,3	12	10,6		
Toplam	6701,2	17			



Şekil 10. Levha Kalınlığı ve Depolamanın Kavak Kontrplaklarda Formaldehit Ayrışmasına Etkisi.

#### 4.1.2. Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisi

Orta tabakaları kayın, dış tabakaları ise okume (42), kavak (43) ve kayın (41) olan kontrplaklardan ayrışan formaldehit oranları incelenerek dış tabaka ağaç cinsinin etkisi araştırılarak, Her tip kontrplak için bulunan ortalama değerler tablo 6 da belirtilmiştir.

Tablo 6. Dış Tabaka Ağaç Cinsine Göre Ayrışan Formaldehit Miktarları

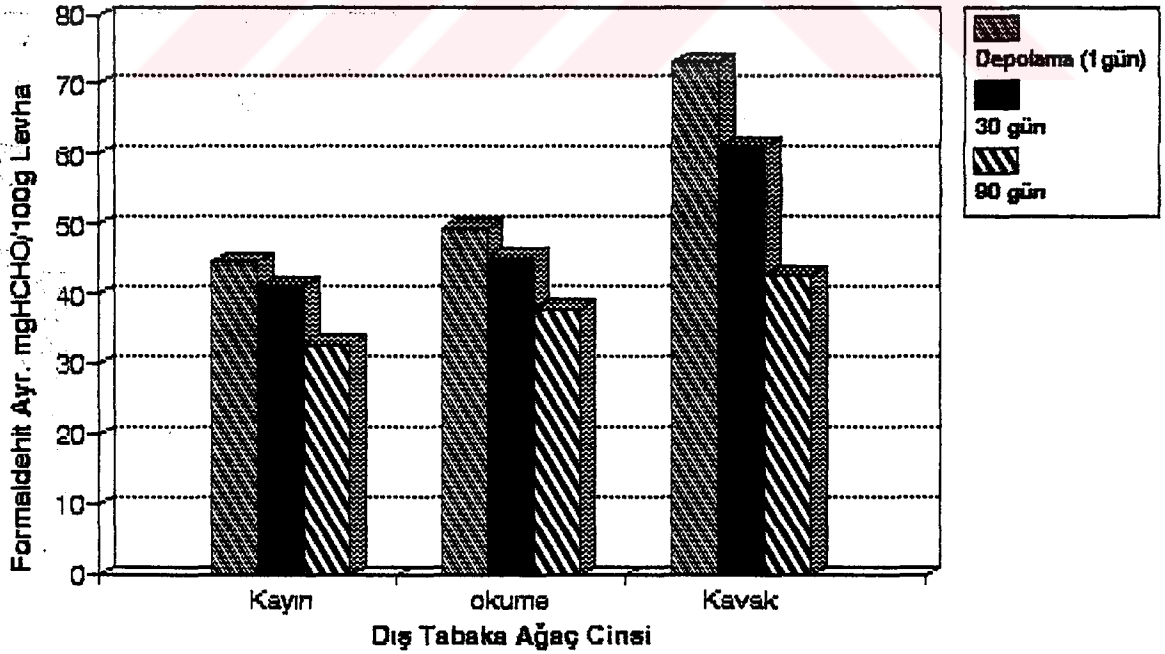
Kontrplak No	Dış Tabaka Ağaç Cinsi	Depolama Süresi (gün)		
		1	30	90
		mg HCHO/100 gr Levha (mo)		
		x	x	x
42	Okume	49,5	45,1	37,9
43	Kavak	73,2	61,3	42,7
41	Kayın	44,7	41,1	32,9

Bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları tablo 7 de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre dış tabaka ağaç cinsi ve Depolama süresi 0,001, dış tabaka ve depolamanın karşılıklı etkileri ise 0,01 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunmuştur.

Tablo 7. Formaldehit Ayrışmasına Dış Tabaka Ağaç Cinsi ve Depolama Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-hesap	Önem Düzeyi
Dış Tab.					
Ağaç cinsi	1874,2	2	937,1	52,3	***
Depolama	1489,3	2	744,7	41,8	***
D x D	358,0	4	89,5	5,03	**
Hata	320,5	18	17,8		
Toplam	4042,0	26			

Denemeler sonucu bulunan ana varyans kaynaklarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları tablo 28b de verilmiştir.



Şekil 11. Dış Tabaka Ağaç Cinsi ve Kontrplakların Depolanma Süresinin Formaldehit Ayrışmasına Etkisi.

#### 4.1.3. Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisi

Dış tabakaları kavak, orta tabakaları ise kayın, kavak ve okume olan 43, 39 ve 38 nolu Kontrplaklardan formaldehit ayrışma oranlarına ait ortalama değerler tablo 8 de verilmiştir.

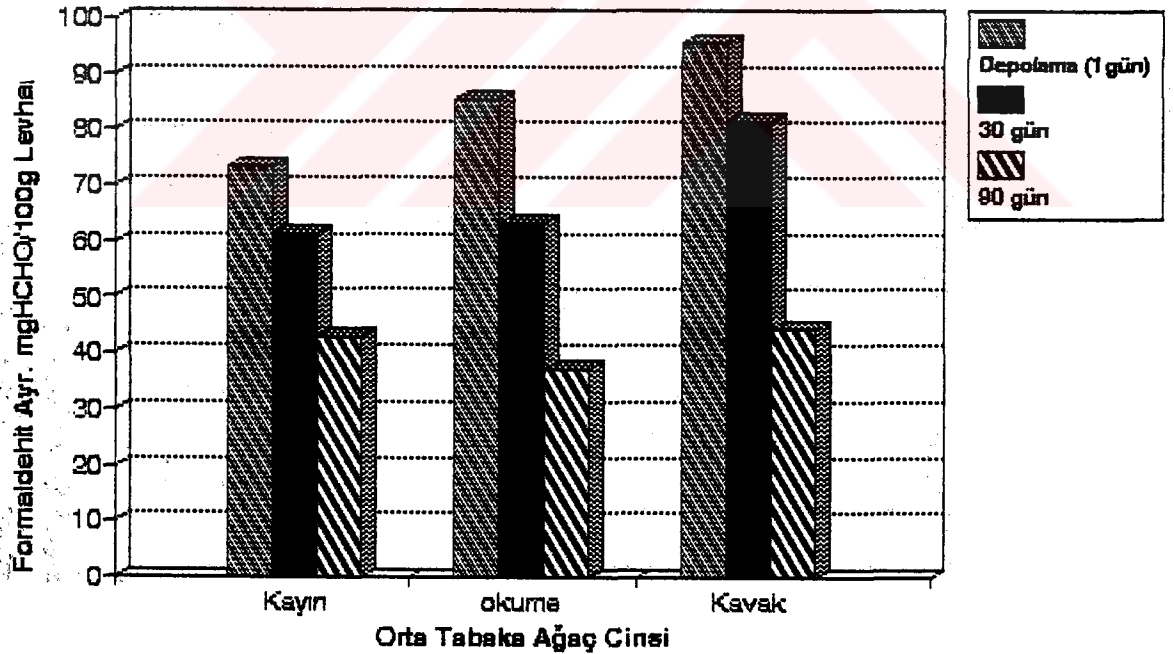
Tablo 8. Orta Tabaka Ağaç Cinsine Göre Ayrışan Formaldehit Miktarları

Kontrplak No	Orta Tabaka Ağaç Cinsi	Depolama Süresi (gün)	mg HCHO/100 gr Levha	
		1	30	90
		x	x	x
38	Okume	85,6	63,3	37,2
39	Kavak	95,5	81,3	44,1
43	Kayın	73,2	61,3	42,7

Bu veriler ile ilgili olarak yapılan varyans analizi sonuçlarına göre (Tablo 9) orta tabaka ağaç cinsi, depolama süresi ile bunların karşılıklı etkileşimi 0,001 hata ihtimali ile önemli bulunmuştur. Sonuçlarla ilgili Duncan testi karşılaştırması tablo 28c de verilmiştir.

Tablo 9. Formaldehit Ayrışmasına Orta Tabaka Ağaç Cinsi ve Kontrplakların Depolanma Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Orta Tab.					
Ağaç Cinsi	1076,0	2	538,0	27,7	***
Depolama	8680,1	2	434,1	223,8	***
O x D	488,3	4	122,1	6,3	***
Hata	349,0	18	19,4		
Toplam	1059,3	26			



Şekil 12. Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Formaldehit Ayrışmasına Etkisi

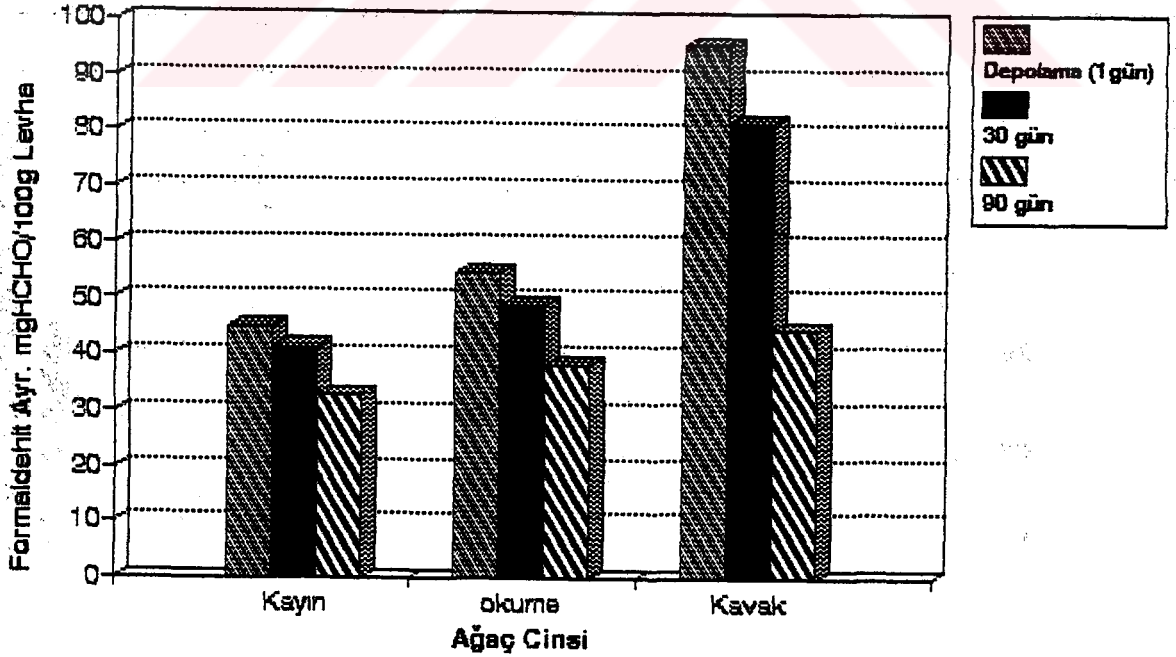


#### 4.1.4. Ağaç Cinsinin Etkisi

Ağaç cinsinin kontrplaklarda formaldehit ayrışmasına etkisini incelemek için üretilen 41, 40 ve 39 tipi kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarlarına ait ortalama değerler tablo 10 da verilmiştir.

Tablo 10. Ağaç Cinsine Göre Ayrılan Formaldehit Miktarları

Kontrplak No	Ağaç Cinsi	Depolama Süresi (gün)		
		1	30	90
		(mg HCHO/100 gr Levha)		
		x	x	x
40	Okume	54,4	48,4	38,1
39	Kavak	95,5	81,3	44,1
41	Kayın	44,7	41,1	32,9



Şekil 13. Ağaç Cinsinin Kontrplaklarda Formaldehit Ayrışmasına Etkisi

Bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları tablo 11 ve Duncan testi sonuçları ise tablo 28d de verilmiştir.

Tablo 11. Formaldehit Ayrışmasına Ağağ Cinsi ve Depolama Süresinin Etkisine ilişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Ağağ Cinsi	5802,5	2	2901,3	320,7	***
Depolama	3332,8	2	1666,4	184,1	***
A x D	1519,5	4	379,9	42,0	***
Hata	162,9	18	9,05		
Toplam	10817,7	26			

Tablo 11 e göre, ağağ cinsi, depolama ve depolama ile ağağ cinsinin karşılıklı etkileri 0,001 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunmuşlardır.

#### 4.1.5. Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi

Pres basıncı ve süresinin kontrplaklardan ayrışan formaldehit miktarına etkisini incelemek için, farklı pres basınęları ve süreleri kullanılarak üretilen kontrplaklara ait ortalama değerler tablo 12 de gösterilmiştir.

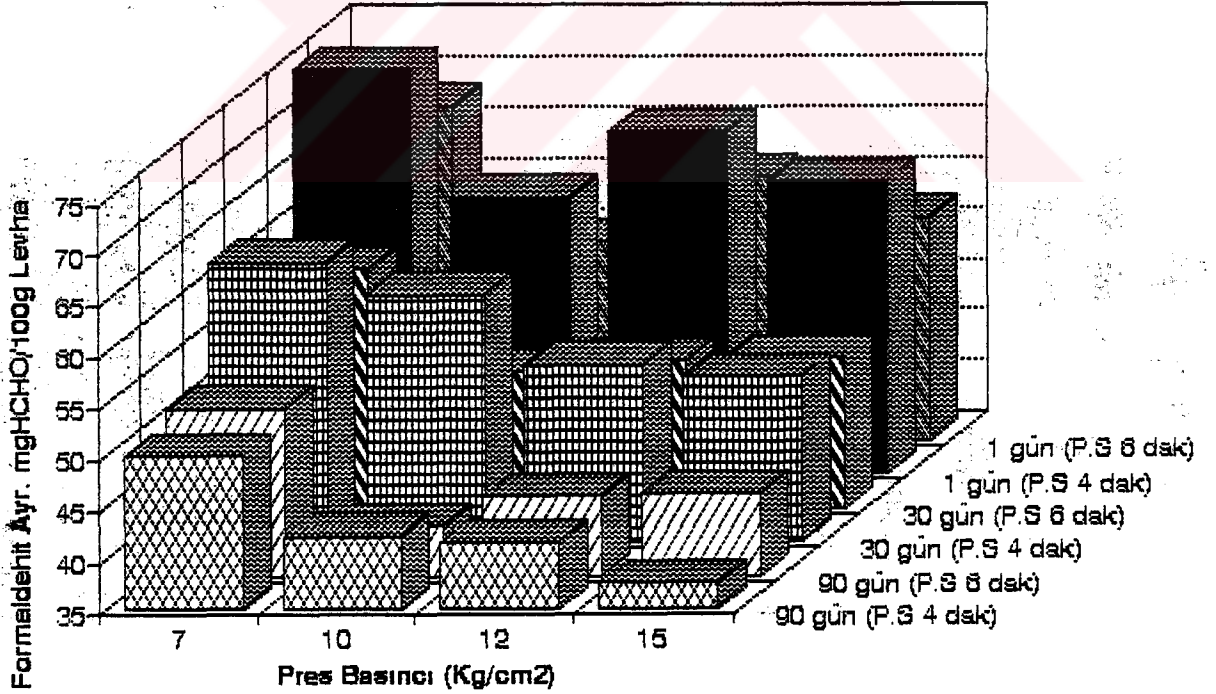
Tablo 12. Pres Basıncı ve Süresine Göre Formaldehit Ayrışması Miktarları

Kontrollük No	Pres Bas. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres Sür. (dak.)	Depolama Süresi (gün)		
			1	30	90
			(mg HCHO/100 gr Levha)		
			x	x	x
1	7	6	67,8	58,4	51,4
2	10	6	54,5	48,3	39,8
3	12	6	60,7	49,5	42,8
4	15	6	56,7	49,7	43,1
15	7	4	74,8	62,3	50,0
12	10	4	62,1	59,1	42,2
16	12	4	68,6	52,3	41,6
17	15	4	63,6	51,2	37,5

Tablo 13 de gösterilen bu ortalama değerlere ilişkin çoğul varyans analizi sonuçlarına göre pres basıncı, süresi ve depolama süresi 0,001, basınç ve sürenin karşılıklı etkileşimi 0,01, basınç ve depolama süresinin karşılıklı etkileşimi 0,05, pres süresi ve depolama süresinin karşılıklı etkisi 0,001 yanılma ihtimaliyle anlamlı, pres basıncı, pres süresi ve depolama süresinin karşılıklı etkileri ise (0,05) anlamsız bulunmuştur. Denemeler sonucu önemli bulunan ana varyans kaynakları ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları tablo 28 de sunulmuştur.

Tablo 13. Formaldehit Ayrışmasına Pres Basıncı ve Süresinin Etkilerine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Pres Bas.	1257,9	3	419,3	82,5	***
Pres Sür.	227,2	1	227,2	44,7	***
Depolama	4849,6	2	2424,8	477,2	***
P.B x P.S	80,8	3	26,9	5,3	**
P.B x D	132,8	6	22,1	4,4	*
D x P.S	245,0	2	122,5	24,1	***
P.BxP.SxD	41,0	6	6,9	1,365	B.D.
Hata	243,9	48	5,08		
Toplam	7078,9	71			



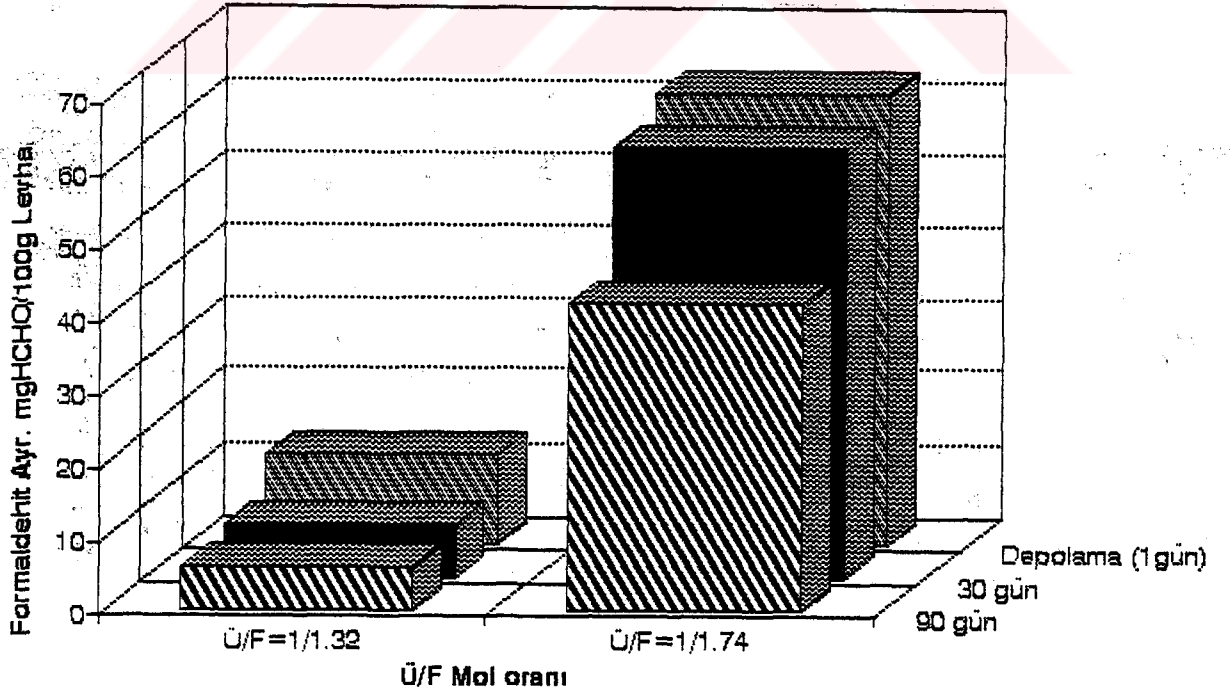
Şekil 14. Pres Basıncı ve Süresinin Formaldehit Ayrışmasına Etkisi

#### 4.1.6. Ü/F Mol ilişkisinin Etkisi

Formaldehit ayrışmasına, kullanılan tutkal Ü/F ilişkisinin etkisini incelemek için iki farklı tipteki (Ü/F, 1/1.32 - 1/1.74) ÜF tutkalı ile üretilen 12 ve 34 nolu kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarları araştırılmış ve bulunan ortalama değerler tablo 14 de verilmiştir.

Tablo 14. Ü/F Mol ilişkisine Göre Ayrılan Formaldehit Miktarları

Kontrplak No	Ü/F Oranı	Depolanma Süresi (gün)		
		1	30	90
		(mg HCHO/100 g Levha)		
		x	x	x
12	1/1,74	62,1	59,1	42,2
34	1/1,32	12,1	7,2	6,1



Şekil 15. Ü/F Mol ilişkisinin Kavak Kontrplaklarda Formaldehit Ayrışmasına Etkisi

Bu değerlere ilişkin varyans analizi tablo 15 de hesaplanmıştır. Buna göre mol oranı, Kontrplak depolama süresi ve bunların karşılıklı etkileri 0,001 yanılma ihtimali ile önemli bulunarak Duncan testi sonuçları tablo 28f de gösterilmiştir.

Tablo 15. Ö/F Mol Oranı ve Kontrplak Depolama Süresinin Formaldehit Ayrışmasına Etkisine ilişkin Varyans Analizi.

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	nem Düzeyi
Mol Oranı	9535,8	1	9535,8	1785,6	***
Depolama	528,7	2	264,4	49,4	***
M x D	223,4	2	111,7	20,9	***
Hata	64,1	12	5,34		
Toplam	10352,0	17			

#### 4.1.7. Katkı Maddesi (Buğday Unu) Miktarı ve Pres Süresinin Etkisi

Tutkalın katı madde miktarına göre, %18, %55 ve %90 oranında Buğday unu katılarak 4 ve 6 dakikalık pres sürelerinde üretilmiş olan kontrplakların formaldehit ayrışma miktarına ilişkin ortalama değerler tablo 16 da verilmiştir.

maddesi miktarının karşılıklı etkileri ise 0,01 yanılma ihtimaliyle anlamlı bulunmuştur. Pres süresi ve depolama süresinin karşılıklı etkileri ile pres süresi, depolama ve katkı maddesi miktarlarının karşılıklı etkileri ise farksızdır. Varyans kaynaklarının karşılaştırılması için yapılan Duncan testi sonuçları tablo 28g de sunulmuştur.

Tablo 17. Formaldehit Ayrışmasına Katkı Maddesi Miktarı, Pres Süresi ve Kontrplak Depolama Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oran	Önem Düzeyi
Pres Sür.	96,8	1	96,8	9,37	**
Depolama	3987,2	2	1993,6	193,0	***
Katkı Mad.	1115,5	2	557,7	54,0	***
PS x D	46,4	2	23,2	2,25	Ö.D.
PS x K	127,7	2	63,8	6,18	**
D x K	288,7	4	72,2	6,99	***
PS x D x K	30,1	4	7,5	0,728	Ö.D.
Hata	371,9	36	10,3		
Toplam	6064,2	53			

#### 4.1.8. Üre İlavesinin Etkisi

Tutkal katı madde miktarının %55 ve %90ı kadar katkı maddesi ihtiva eden ÜF tutkalı çözeltilerine %10 ve %20 oranında üre ilavesiyle üretilen deneme kontrplaklarından ayrılan formaldehit miktarıyla ilgili ortalama değerler tablo 18 de verilmiştir.



Tablo 18. Üre ilaveli Kontrplaklarda Ayrışan Formaldehit Miktarları

Kontrplak No	Katkı Mad. (%)	Üre (%)	Depolama Süresi (gün)		
			1	30	90
			(mg HCHO/100 g Levha)		
			x	x	x
12	55	0	62,1	59,1	42,2
30	55	10	15,7	15,5	13,5
31	55	20	9,6	10,5	9,6
7	90	0	52,2	39,5	30,8
32	90	10	21,7	21,1	18,1
33	90	20	13,1	8,5	7,5

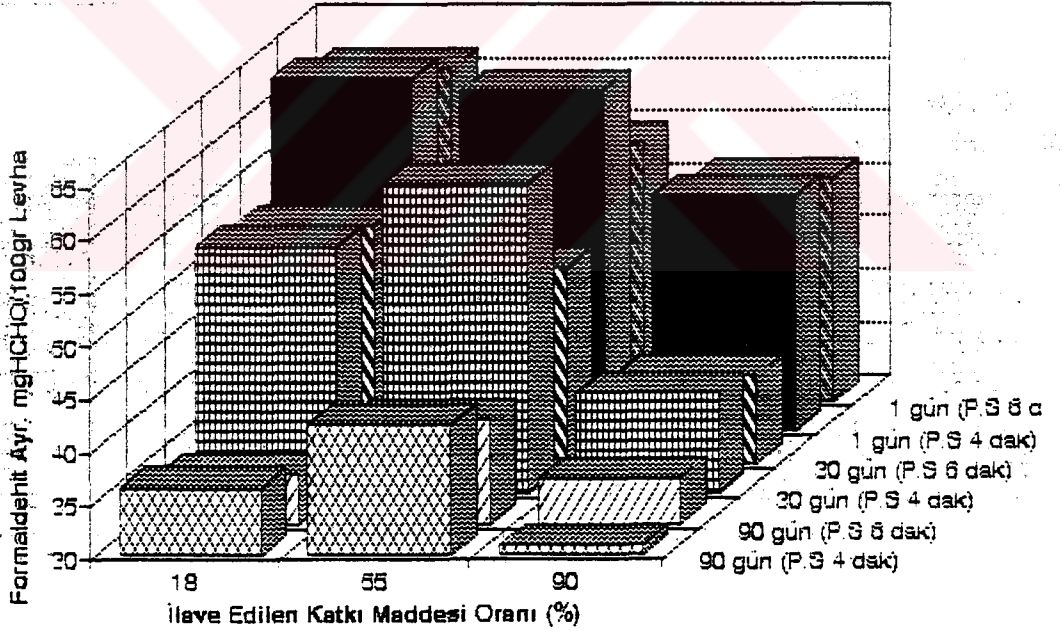
Bu ortalamalara ait varyans analizi sonuçları tablo 19 da gösterilmiştir.

Tablo 19. Formaldehit Ayrışmasına ilave Üre Oranı, Katkı Maddesi Miktarı ve Kontrplak Depolama Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Katkı Mad.	107,0	1	107,0	26,8	***
Depolama	706,8	2	353,4	88,6	***
Üre	14393,9	2	7196,9	1805,1	***
K x D	60,7	2	30,4	7,61	**
K x Ü	853,3	2	426,7	107,0	***
D x Ü	643,7	4	160,9	40,4	***
K x D x Ü	53,2	4	13,3	3,33	*
Hata	143,5	36	3,987		
Toplam	16962,0	53			

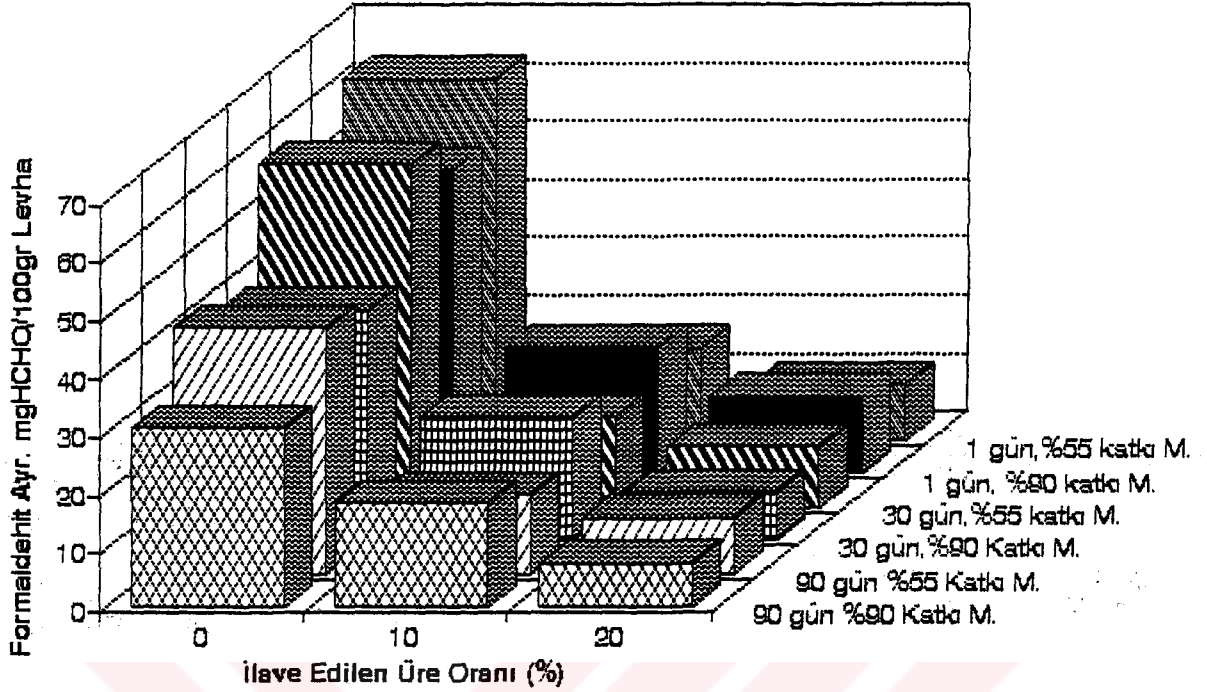
Tablo 16. Katkı Maddesi ve Pres Süresine Göre Ayrıışan Formaldehit Miktarları

Kontrplak No	Pres Sür. (dak.)	Katkı Mad. (%)	Depolama Süresi (gün)		
			1	30	90
			(mg HCHO/100 gr levha)		
			x	x	x
18	4	18	63,3	53,2	36,3
12	4	55	62,1	59,1	42,2
7	4	90	52,2	39,5	30,8
19	6	18	61,4	52,3	34,7
2	6	55	54,5	48,3	39,8
10	6	90	50,9	38,2	34,3



Şekil 16. Katkı Maddesi Miktarı ve Pres Süresinin Formaldehit Ayrıışmasına Etkisi

Katkı maddesi miktarı, pres süresi ve kontrplak depolama süresinin etkilerine ilişkin varyans analizi tablo 17 de gösterilmiştir. Buna göre pres süresi 0,01, katkı maddesi miktarı, depolama süresi ve depolama süresi ile katkı maddesi



Şekil 17. Tutkal Çözeltisine ilave Edilen Üre' nin Formaldehit Ayrışmasına Etkisi

Buna göre varyans kaynaklarından üre, katkı maddesi ve depolama süresi 0,001, katkı maddesi miktarı ve depolama süresinin etkileşimi 0,01, katkı maddesi miktarı ve ürenin hem katkı maddesi hemde depolama süresiyle yaptığı etkileşimleri 0,001, katkı maddesi miktarı, depolama süresi ve ilave edilen üre miktarının karşılıklı etkileri ise 0,05 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunmuşlardır. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırılması için yapılan Duncan testi sonuçları tablo 28h de özetlenmiştir.

#### 4.1.9. Dolgu Maddesi İlaveli (Çam kabuğu unu) ÜF Tutkalı İle Üretilmiş Kontrplaklarda Pres Süresinin Etkisi

Tutkala, katı madde miktarına göre %10 oranında çam kabuğu unu ilave edilerek üretilen deneme kontrplaklarından ayrılan formaldehit miktarları ortalamaları tablo 20 de, varyans analizi sonuçları ise tablo 21 de verilmiştir.

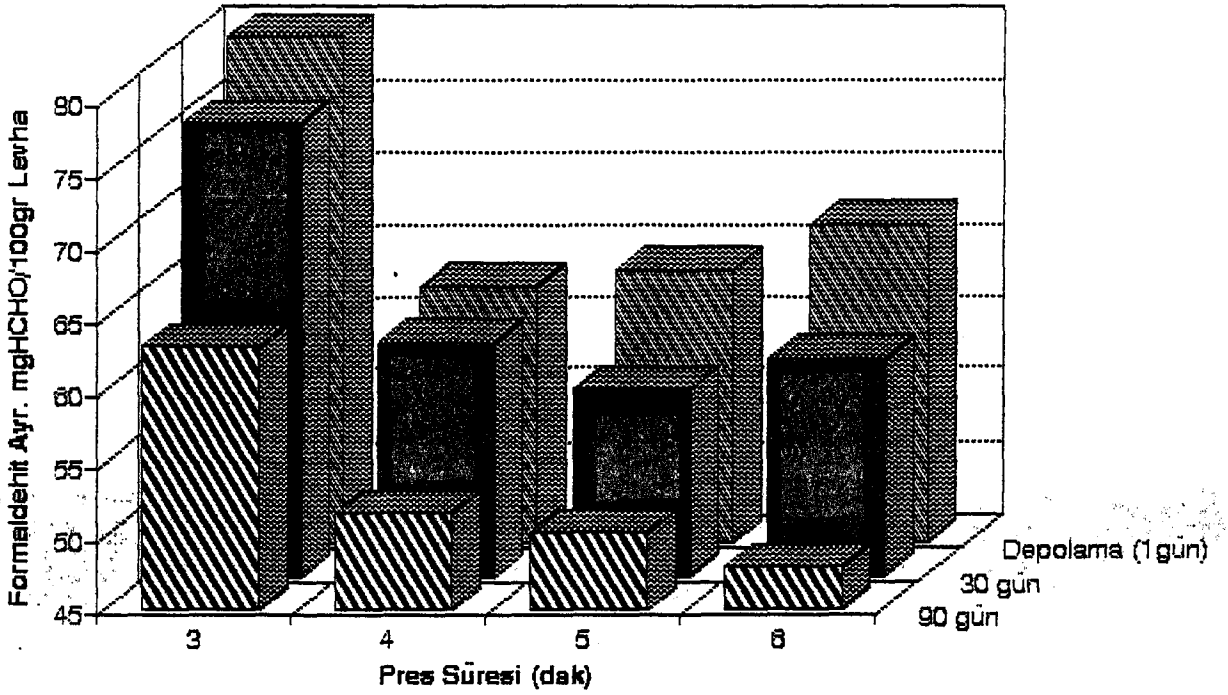
Tablo 20. Pres Süresine Göre Ayrışan Formaldehit Miktarları

Kontrplak No	Pres Sür. (dak)	Depolama Süresi (gün)		
		1	30	90
		(mg HCHO/100 gr levha)		
		x	x	x
11	3	79,9	76,2	63,2
6	4	62,7	61,1	51,7
13	5	63,8	57,9	50,3
14	6	67,4	60,0	48,0

Yapılan varyans analizine göre pres süresi ve kontrplak depolama süresinin etkisi 0,001 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunurken, varyans kaynaklarının birlikteki etkileşimi ise 0,05 hata ihtimali ile önemsiz bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının çoklu karşılaştırma testi sonuçları tablo 28i de verilmiştir.

Tablo 21. Formaldehit Ayrışmasına Dolgu Maddesi (Çam Kabuğu) Kullanılarak Üretilmiş Kontrplaklarda, Pres Süresi ve Kontrplak Depolama Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Pres Sür.	1454,8	3	484,9	37,0	***
Depolama	1547,5	2	773,7	59,0	***
P x D	106,0	6	17,8	1,36	B.D
Hata	314,8	24	13,2		
Toplam	3423,1	35			



Şekil 18. Çam Kabuğu Unu ilaveli ÜF Tutkalı ile Üretilmiş Kontrplaklarda Pres Süresinin Formaldehit Ayrışmasına Etkisi

#### 4.1.10. Tutkal Çözeltilisine ilave Edilen Melaminin Etkisi

Tutkal çözeltisine melamin ilave edilerek üretilen kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarına ilişkin ortalama değerler tablo 22 de gösterilmiştir.

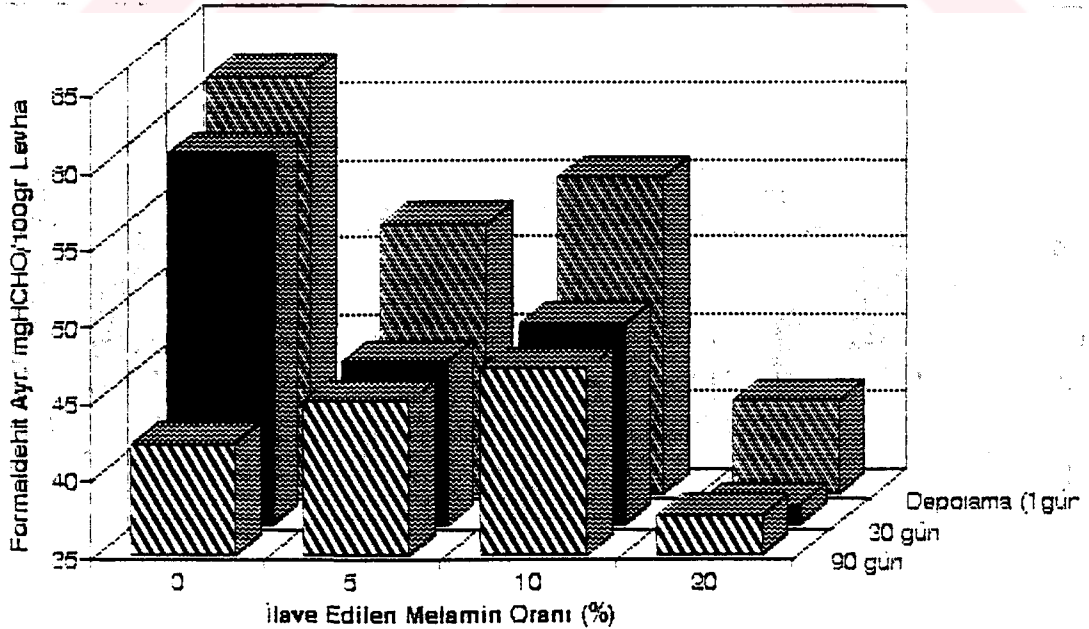
Tablo 22. Melamin ilaveli Kontrplaklarda Ayrılan Formaldehit Miktarları

Kontrplak No	Melamin (%)	Depolama Süresi (gün)		
		1	30	90
		(mg HCHO/100 gr levha)		
		x	x	x
12	0	62,1	59,1	42,2
35	5	52,6	45,5	45,0
36	10	55,5	48,8	47,1
37	20	41,1	36,2	37,6

Tablo 23. Formaldehit Ayrışmasına Tutkal Çözeltisine ilave Edilen Melamin Miktarının Etkisine ilişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Melamin	1400,6	3	466,7	46,54	***
Depolama	496,1	2	248,1	24,73	***
M x D	386,5	6	64,4	6,42	***
Hata	240,7	24	10,0		
Toplam	2523,9	35			

Tablo 23 e göre melamin miktarı, kontrplak depolama süresi ve bunların karşılıklı etkileşimi 0,001 yanılma ihtimali ile önemli bulunmuşlardır. Sonuçların Duncan testi karşılaştırmaları tablo 28j de verilmiştir.



Şekil 19 . Tutkal Çözeltisine ilave Edilen Melamin Oranının Formaldehit Ayrışmasına Etkisi

4.1.11. Dolgu Maddesi Türü ve Miktarının Etkisi

a.) Katkı Maddesi Oranı %55 Olan Tutkal Çözeltisinde

Tutkal çözeltisine dolgu maddesi olarak Fındık kabuğu unu (F.K.U), MDF zımpara tozu ve Çam kabuğu ununun (Ç.K.U) %5 ve %10 oranlarında (Tutkal katı madde miktarına göre) katılmasıyla üretilen deneme kontrplakları için hesaplanmış ortalama değerler tablo 24 de gösterilmiştir.

Tablo 24. Dolgu Maddesi İlaveli Kontrplaklarda Ayrışan Formaldehit Miktarları

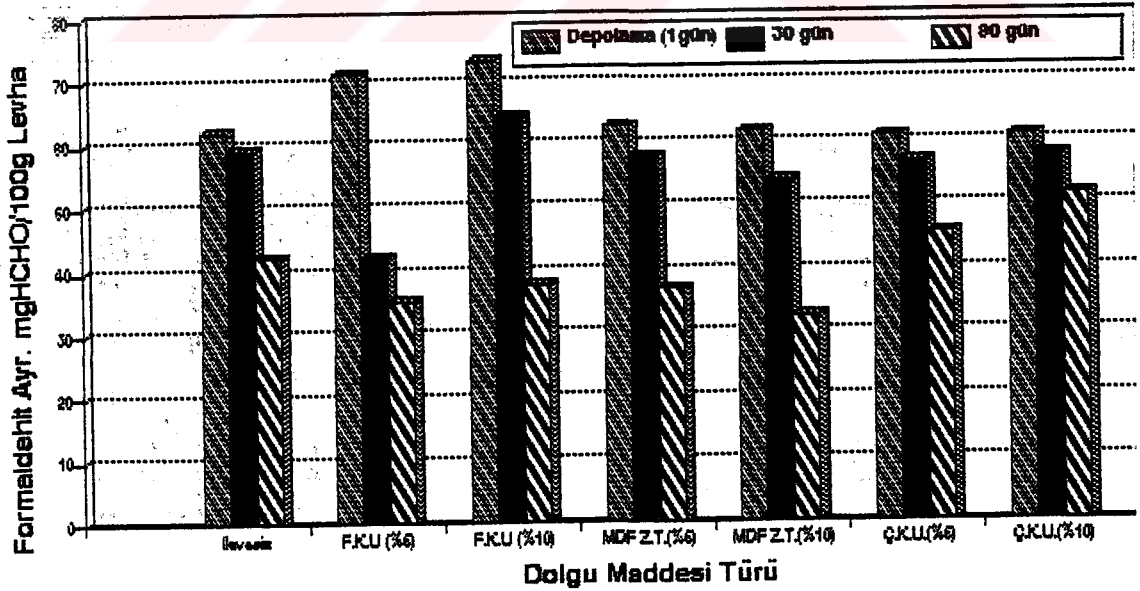
Kontrplak No	Dolgu Maddesi		Depolama Süresi (gün)		
	Tür	Oran (%)	1	30	90
			(mgHCHO/100 gr levha)		
			x	x	x
12	-	-	62,1	59,1	42,2
20	F.K.U	5	71,3	62,1	35,3
21	F.K.U	10	73,1	64,5	37,7
24	MDF Z.T	5	62,7	58,1	37,2
25	MDF Z.T	10	61,9	54,0	32,6
5	Ç.K.U	5	60,9	56,9	45,6
6	Ç.K.U	10	61,0	58,1	48,7

Tablo 25 de bu değerlere ilişkin düzenlenen varyans analizine göre dolgu maddesi türü, kontrplak depolama süresi ile bunların karşılıklı etkileri 0,001, dolgu maddesi miktarı etkisi ise 0,01 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunmuşlardır. Ayrıca dolgu maddesi tür ve miktarı ile varyans kaynaklarının üçlü etkileşimi de 0,001 hata ihtimali ile önemlidir. Varyans kaynakları ortalamalarının karşılaştırıldığı Duncan testi sonuçları tablo 28k de özetlenmiştir.



Tablo 25. Formaldehit Ayrışmasına Dolgu Maddesi Tür, Miktar ve Kontrplak Depolama Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Dol.Mad.Tür	173,2	2	86,6	7,99	***
Miktar	148,4	2	74,2	6,85	**
Depolama	7879,4	2	3939,7	363,6	***
T x M	416,6	4	104,2	9,61	***
T x D	618,9	4	154,7	14,3	***
M x D	263,5	4	65,9	6,08	***
T x M x D	625,6	8	78,2	7,22	***
Hata	585,1	54	10,8		
Toplam	10710,7	80			



Şekil 20. Dolgu Maddesi Tür ve Miktarının Formaldehit Ayrışmasına Etkisi (Katki maddesi Oranı 55)



b.) Katkı Maddesi Oranı %90 olan Tutkal Çözeltisinde

Dolgu maddesi olarak kullanılan Fındık kabuğu unu MDF ve yonga levha (YL) zımpara tozları ile çam kabuğu unu %10 ve %20 oranlarında tutkala ilave edilerek hazırlanan çözeltiyle üretilen kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarlarına ilişkin ortalama değerler tablo 26 da gösterilmiştir.

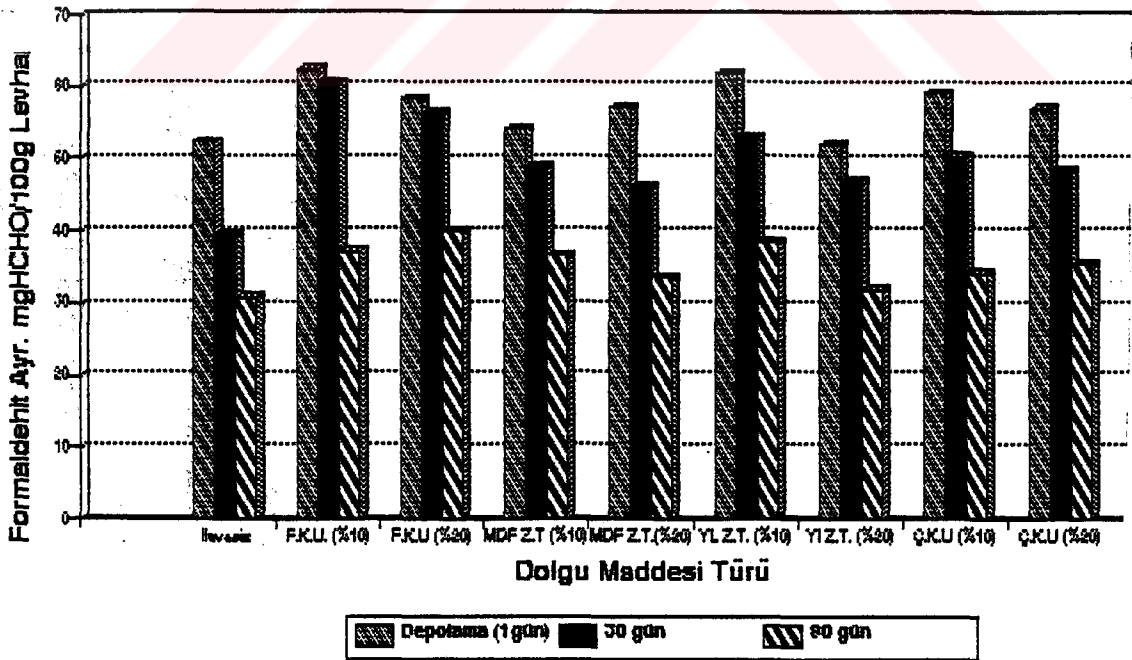
Tablo 26. Dolgu Maddesi İlaveli Kontrplaklarda Ayrılan Formaldehit Miktarları

Kontrplak No	Dolgu Maddesi Tür	Maddesi Oran(%)	Depolama Süresi (gün)		
			1	30	90
			(mg HCHO/100 gr levha)		
			x	x	x
7	-	-	52,2	39,5	30,8
22	F.K.U	10	62,2	60,6	37,2
23	F.K.U	20	58,4	56,3	39,8
26	MDF Z.T	10	54,1	48,9	36,7
27	MDF Z.T	20	57,1	46,4	33,7
28	YL Z.T	10	61,6	53,2	38,5
29	YL Z.T	20	51,8	47,0	32,0
8	Ç.K.U	10	59,1	50,2	34,2
9	Ç.K.U	20	57,0	48,6	35,5

Tablo 27 de özetlenen varyans analizine göre dolgu maddesi tür ve miktarı ile depolama süresi 0,001 yanılma ihtimali ile kendi aralarında farklılıklara sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca dolgu maddesi türü ile miktarı, miktar ile depolama süresinin karşılıklı etkileri 0,001 ve dolgu maddesi türü ile depolamanın karşılıklı etkileri ise 0,05 yanılma ihtimali ile anlamlı, üç ana varyans kaynağının birliktedeki etkileşimi ise önemsiz çıkmıştır. Varyans kaynakları ortalamalarının çoklu Duncan testi karşılaştırmaları tablo 281 de özetlenmiştir.

Tablo 27. Formaldehit Ayrışmasına Dolgu Maddesi Tür, Miktar Kontrplak Depolama Süresinin Etkisine ilişkin Varyans Analizi (Katki Maddesi Oranı %90)

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Dolgu Mad.					
Tür	278.7	3	92.9	16.22	***
Miktar	1477.1	2	738.6	128.90	***
Depolama	8485.3	2	4242.6	740.42	***
T x M	283.6	6	47.3	8.25	***
T x D	83.6	6	13.9	2.43	*
M x D	247.7	4	61.9	10.80	***
T x M x D	124.6	12	10.4	1.81	B.D.
Hata	412.4	72	5.73		
Toplam	11392.9	107			



Şekil 21. Dolgu Maddesi Tür ve Miktarının Formaldehit Ayrışmasına Etkisi (Katki Maddesi Oranı %90)

Tablo 28. Formaldehit Ayrışması Üzerine Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (P<0.05)\*

Varyans Kaynakları		n	Ayrışan Formaldehit (mg HCHO/100 gr Levha) x	
a)	Levha	2.1	9	54,4 a
	Kalınlığı (mm)	1.3	9	73,4 b
	Depolama (gün)	90	6	43,0 a
		30	6	70,0 b
		1	6	78,8 c
	b)	Dış Tabaka	Kayın	9
Ağaç Cinsi		Okume	9	44,1 b
		Kavak	9	59,1 c
Depolama (gün)		90	9	37,0 a
		30	9	49,0 b
		1	9	55,0 c
c)	Orta Tabaka	Kayın	9	59,1 a
	Ağaç cinsi	Okume	9	62,0 a
		Kavak	9	73,7 b
	Depolama	90	9	41,3 a
		30	9	68,6 b
		1	9	84,8 c

d)	Ağaç Cinsi	Kayın	9	39,6 a
		Okume	9	47,0 b
		Kavak	9	73,7 c
Depolama		90	9	38,4 a
	(gün)	30	9	56,9 b
		1	9	64,9 c
e)	Pres Basıncı	15	18	50,3 a
	(Kg/cm <sup>2</sup> )	12	18	52,6 b
		10	18	51,0 a
		7	18	60,7 c
Pres Süresi		6	36	51,9 a
	(dak.)	4	36	55,4 b
Depolama		90	24	43,5 a
	(gün)	30	24	53,9 b
		1	24	63,6 c
f)	Mol Oranı	1/1.3	9	8,4 a
	(Ü/F)	1/1.74	9	54,4 b
Depolama		90	6	24,1 a
	(gün)	30	6	33,0 b
		1	6	37,1 c
g)	Pres Süresi	6	27	46,1 a
	(dak.)	4	27	48,8 b
Katkı Mad. Oranı (%)		90	18	41,0 a
		55	18	50,9 b
		18	18	50,2 b
Depolama		90	18	36,4 a
	(gün)	30	18	48,4 b
		1	18	57,4 c

h)	Üre Oranı	20	18	9,8 a
	(%)	10	18	17,6 b
		0	18	47,7 c
Katkı Mad. Oranı (%)	90	27	23,6 a	
	55	27	26,4 b	
Depolama (gün)	90	18	20,3 a	
	30	18	25,7 b	
	1	18	29,1 c	
1)	Pres Süresi	6	9	59,8 a
	(dak.)	5	9	57,3 a
		4	9	58,5 a
		3	9	73,1 b
Depolama (gün)	90	12	53,3 a	
	30	12	64,3 b	
	1	12	68,9 c	
j)	Melamin	20	9	38,3 a
	Oranı (%)	10	9	52,4 b
		5	9	47,7 c
		0	9	54,5 b
Depolama (gün)	90	12	43,7 a	
	30	12	48,1 b	
	1	12	52,8 c	

k)	Dolgu Mad.	MDF Z.T.	27	52,1 a
	(Tür)	F.K.U	27	54,0 b
		Ç.K.U	27	55,0 b
	Dolgu Mad.	0	27	54,5 a
	Oranı (%)	5	27	52,2 b
		10	27	55,5 a
	Depolama	90	27	40,8 a
	(gün)	30	27	56,1 b
		1	27	63,3 c
1)	Dolgu Mad.	MDF Z.T.	27	44,4 a
	Tür	YL Z.T.	27	45,2 a
		Ç.K.U.	27	45,3 a
		F.K.U.	27	48,6 b
	Dolgu Mad.	0	36	40,9 a
	Oranı (%)	10	36	49,7 b
		20	36	47,0 c
	Depolama	90	36	34,3 a
	(gün)	30	36	47,4 b
		1	36	55,8 c

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak farksızdır. Ç.K.U.: Çam kabuğu unu, F.K.U.: Fındık kabuğu unu, MDF Z.T.: MDF zımpara tozu

#### 4.2. Özgül Ağırlık

##### 4.2.1. Levha Kalınlığının Etkisi

Levha kalınlığının özgül ağırlığa etkisini incelemek için 1,4 ve 2,1 mm kalınlıktaki soyma levhalardan üretilen 39 ve 12 nolu kontrplaklara ait ortalama değerler ve t-testi sonucu tablo 29 de gösterilmiştir. Buna göre levha kalınlığının Kavak kontrplakların özgül ağırlığına etkisi 0,05 yanılma ihtimali ile anlamsız bulunmuştur.

Tablo 29. Levha Kalınlığının Kavak Kontrplakları Özgül Ağırlığına Etkisine İlişkin t-Testi

Kalınlık (mm)	1,4	2,1
$\bar{x}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	0,471	0,467
$s^2$	0,000484	0,000313
V	4,67	3,79
n	30	30
t-hesap		0,763
Önem D.		B.D.

##### 4.2.2. Dış Tabaka Ağaç Cinsi

Orta tabakaları kayın, dış tabakaları ise okume, kavak ve kayın olan 42, 43 ile 41 nolu kontrplakların özgül ağırlıklarına ilişkin ortalama değerler tablo 30 da belirtilmiştir.

Tablo 30. Dış Tabaka Ağac Cinsine Göre Özgül Ağırlık Değerleri

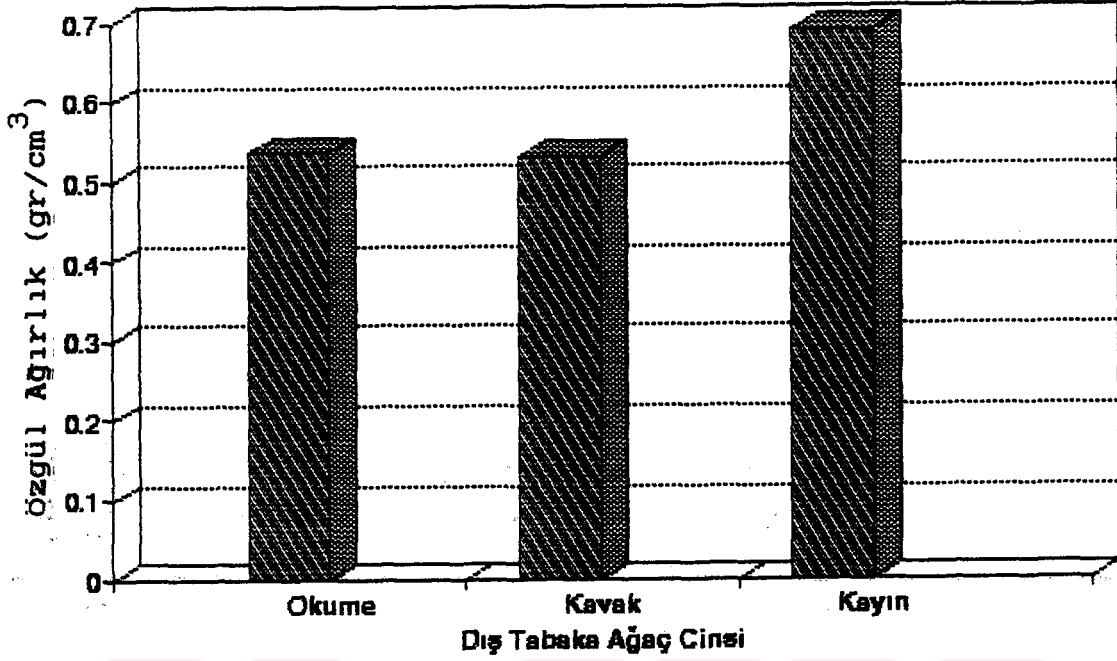
Kontrplak No	Dış Tabaka Ağac Cinsi	Özgül Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> ) x
41	Kayın	0,6897
43	Kavak	0,5318
42	Okume	0,5353

Bu değerlere ilişkin varyans analizi tablo 31 de verilmiştir. Burada hesaplanan F değeri 0,001 hata ihtimaliyle F-Tablo değerinden daha büyük olduğundan dış tabaka ağac cinsinin kontrplakların özgül ağırlığına etkisi farklıdır. Ortalamalar arasında bulunan farklar Duncan testi ile karşılaştırılmış ve sonuçları tablo 43a da gösterilmiştir.

Tablo 31. Özgül Ağırlığa Dış Tabaka Ağac Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	0,4881	2	0,244	796,6	***
Gruplar içi	0,02663	87	0,000306		
Toplam	0,5147	89			





Sekil 22. Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Özgül Ağırlığa Etkisi

#### 4.2.3. Orta Tabaka Ağaç Cinsi

Dış tabakaları kavak orta tabakaları ise kayın, kavak ve okume olan 43, 39 ve 38 nolu kontrplakların özgül ağırlıklarının aritmetik ortalamaları tablo 32 de, varyans analizi sonuçları ise tablo 33 de gösterilmiştir.

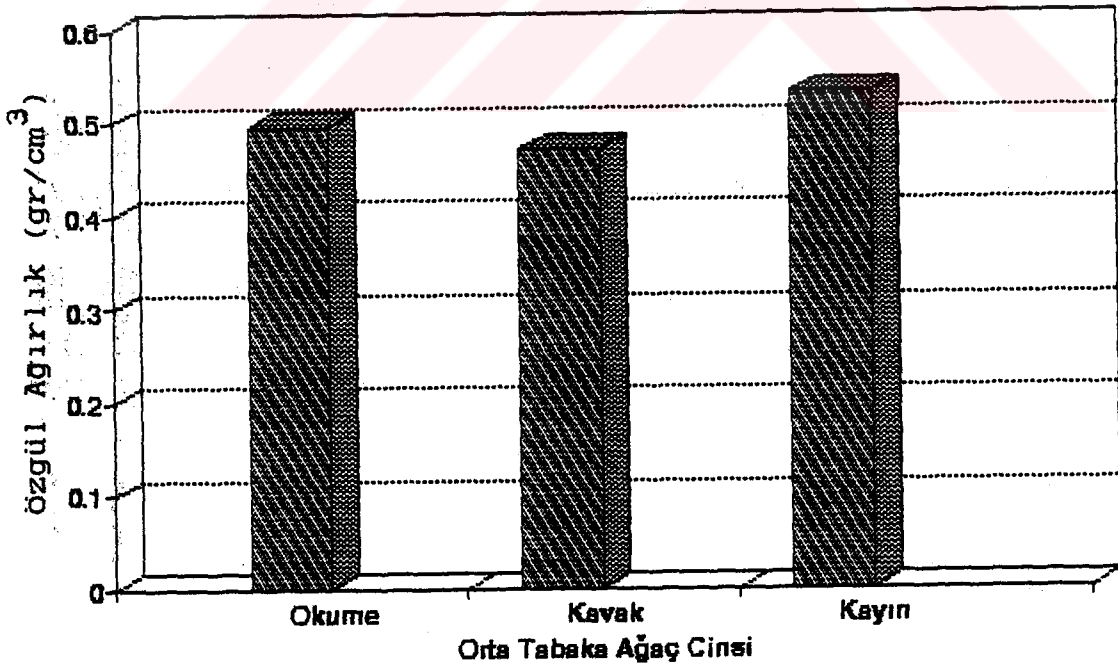
Tablo 32. Orta Tabaka Ağaç Cinsine Göre Özgül Ağırlık Değerleri

Kontrplak No	Orta Tabaka Ağaç Cinsi	Özgül Ag. (gr/cm <sup>3</sup> ) x
38	Okume	0,4950
39	Kavak	0,4710
43	Kayın	0,5318

Tablo 33 e göre özgül ağırlığa orta tabaka ağac cinsinin etkisi 0,001 yanılma ihtimali ile önemli bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklar Duncan testi ile karşılaştırılmıştır (Tablo 43).

Tablo 33. özgül Ağırlığa Orta Tabaka Ağac Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	0,0561	2	0,02805	61,1	***
Gruplar İçi	0,0399	87	0,000459		
Toplam	0,096				



Sekil 23. Orta Tabaka Ağac Cinsinin özgül Ağırlığa Etkisi

#### 4.2.4. Ağaç Cinsinin Etkisi

Kavak, okume ve kayın kontrplakların özgül ağırlıkları hesaplanarak bulunan ortalamalar tablo 34 de verilmiş ve bu değerlere ilişkin varyans analizleri ise tablo 35 de gösterilmiştir.

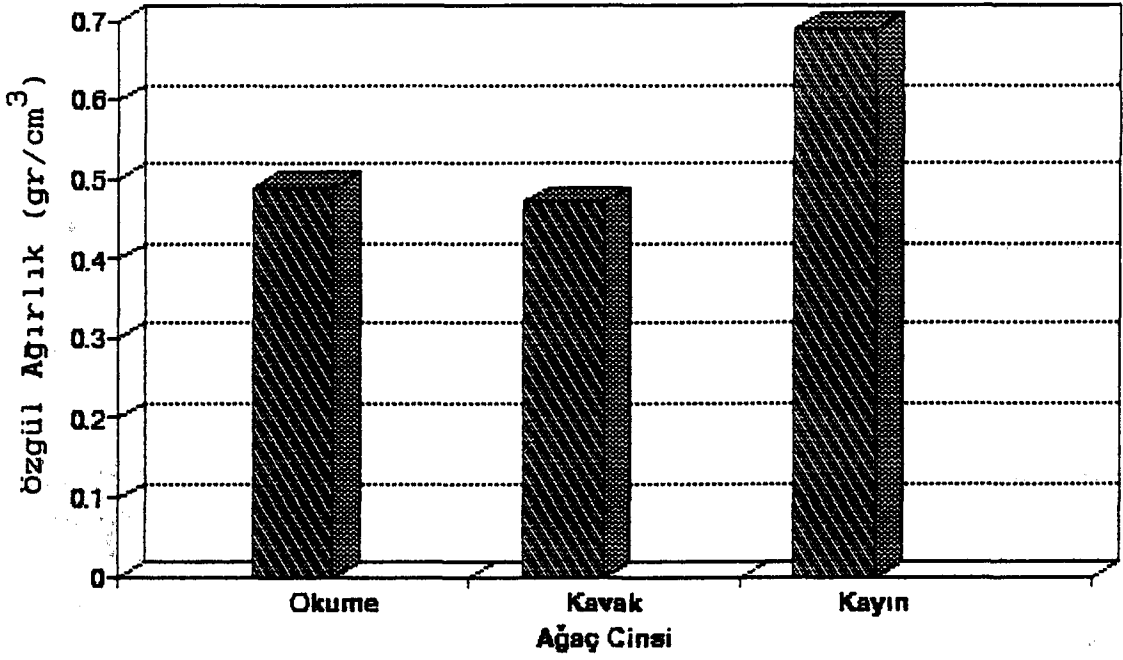
Tablo 34. Ağaç Cinsine Özgül Ağırlık Değerleri

Kontrplak No	Ağaç Cinsi	Özgül Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> ) x
39	Kavak	0,4710
40	Okume	0,4900
41	Kayın	0,6897

Tablo 35. Özgül Ağırlığa Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	0,89	2	0,445	317,8	***
Gruplar İçi	0,124	87	0,0014		
Toplam	1,014	89			

Tablo 35 e göre ağaç cinsinin özgül ağırlık üzerine etkisi 0,001 yanılma olasılığı için önemli bulunmuştur. Duncan testi sonuçları tablo 43c de özetlenmiştir.



Sekil 24. Ağaç Cinsinin özgül Ağırlığa Etkisi

#### 4.2.5. Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi

Farklı pres basıncı ve süresi kullanılarak üretilen deneme kontrplakları özgül ağırlık ortalamaları tablo 36 da varyans analizi ise tablo 37 de gösterilmiştir.

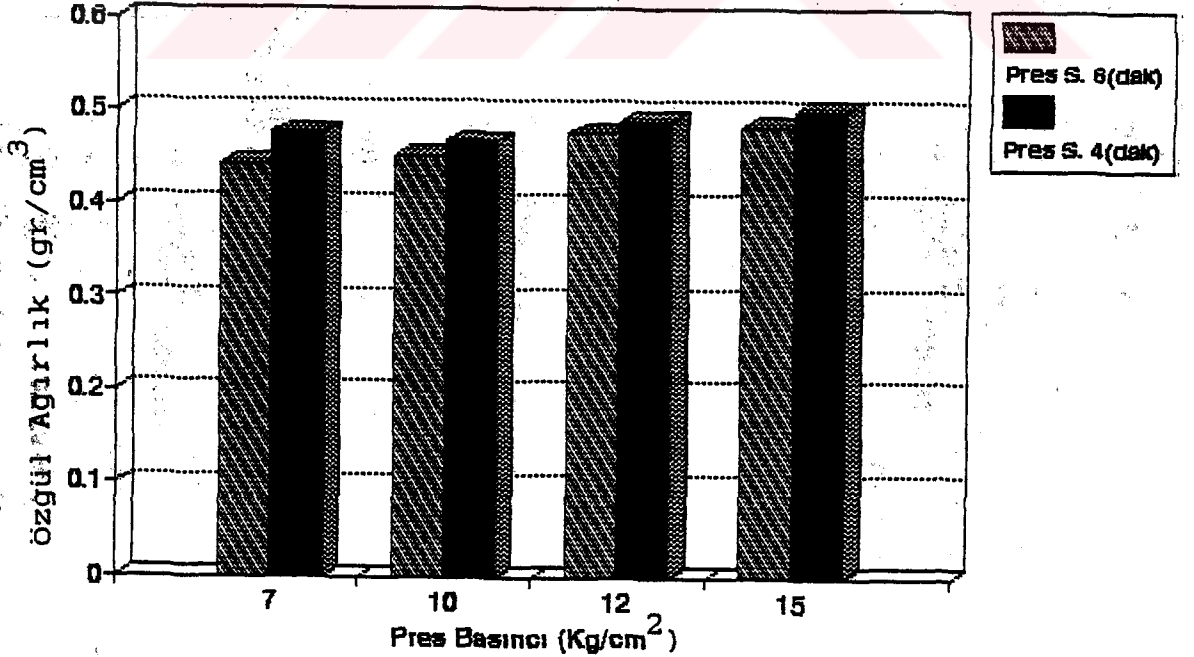
Tablo 36. Pres Basıncı ve Süresine Göre özgül Ağırlık Değerleri

Kontrplak No	Pres Basıncı (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres Süresi (dak.)	özgül Ağ. (gr/cm <sup>3</sup> ) x
1	7	6	0,444
2	10	6	0,451
3	12	6	0,476
4	15	6	0,483
15	7	4	0,476
12	10	4	0,467
16	12	4	0,489
17	15	4	0,501

Tablo 37. Özgül Ağırlığa Pres Basıncı ve Süresinin Etkilerine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Pres Bas.	0,04889	3	0,016297	74,66	***
Pres Sür.	0,02315	1	0,02315	106,04	***
PB x PS	0,00326	3	0,00109	4,984	**
Hata	0,05042	232	0,000218		
Toplam	0,12595	239			

Tablo 37 ye göre pres basıncı ve süresin etkisi 0,001, bunların karşılıklı etkileri ise 0,01 yanılma ihtimali anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları tablo 43d de özetlenmiştir.



Sekil 25. Pres Basıncı ve Süresinin Özgül Ağırlığa Etkisi

#### 4.2.6. U/F Mol Oranının Etkisi

U/F mol oranının etkisini incelemek için 34 ve 12 nolu kontrplaklara ait ortalama değerler ve t-testi sonucu tablo 38 de gösterilmiştir. Buna göre U/F mol oranının kavak kontrplakların özgül ağırlığına etkisi 0,001 yanılma ihtimali ile önemlidir.

Tablo 38. U/F Mol Oranının zgl Ağırlığa Etkisine İlişkin t-Testi

U/F	1/32	1/74
x (gr/cm <sup>3</sup> )	0,446	0,467
s	0,000228	0,000313
V	3,39	3,79
n	30	30
t-hesap		4,95
nem D.		***

#### 4.2.7. Üre ve Katkı Maddesinin Etkisi

Tutkal zeltisine ilave edilen üre ile katkı maddesinin özgül ağırlığa olan etkisini incelemek için üretilen kontrplakların özellikleri ve hesaplanan ortalama değerler tablo 39 da verilmiştir.

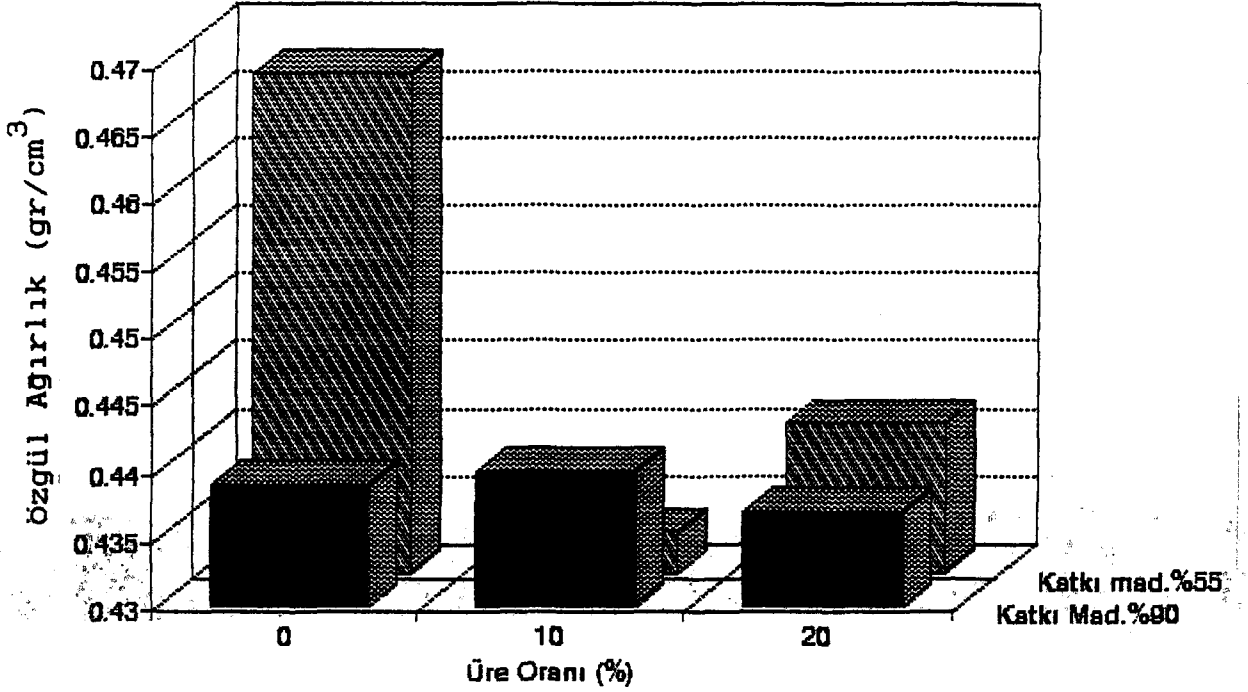
Tablo 39. Üre ilaveli Kontrplaklarda özgül Ağırlık Değerleri

Kontrplak No	Katkı mad. (%)	Üre (%)	özgül Ag. (gr/cm <sup>3</sup> ) x
12	55	0	0,467
30	55	10	0,433
31	55	20	0,441
7	90	0	0,439
32	90	10	0,440
33	90	20	0,437

Yapılan varyans analizine göre (tablo 40) katkı maddesinin etkisi 0,01, üre ilavesi ve üre ile katkı maddesinin karşılıklı etkileşimi 0,001 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları tablo 43e de gösterilmiştir.

Tablo 40. Özgül Ağırlığa Üre ve Katkı Maddesi Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Katkı Mad.	0,002435	1	0,002435	7,338	**
Üre	0,009535	2	0,004767	14,369	***
K x Ü	0,009959	2	0,00498	15,009	***
Hata	0,0577	174	0,000332		
Toplam	0,07966	179			



Sekil 26. Üre ve Katkı Maddesi Oranlarının özgül Ağırlığa Etkisi

#### 4.2.8. Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisi

Dolgu maddesi türü ile bunların miktarlarının özgül ağırlığa yapacağı etkileri incelemek için üretilen deneme kontrplakları için bulunan ortalama değerler tablo 41 de varyans analizi ise tablo 42 de gösterilmiştir.

Tablo 41. Dolgu Maddesi İlaveli kontrplakların özgül Ağırlık Değerleri

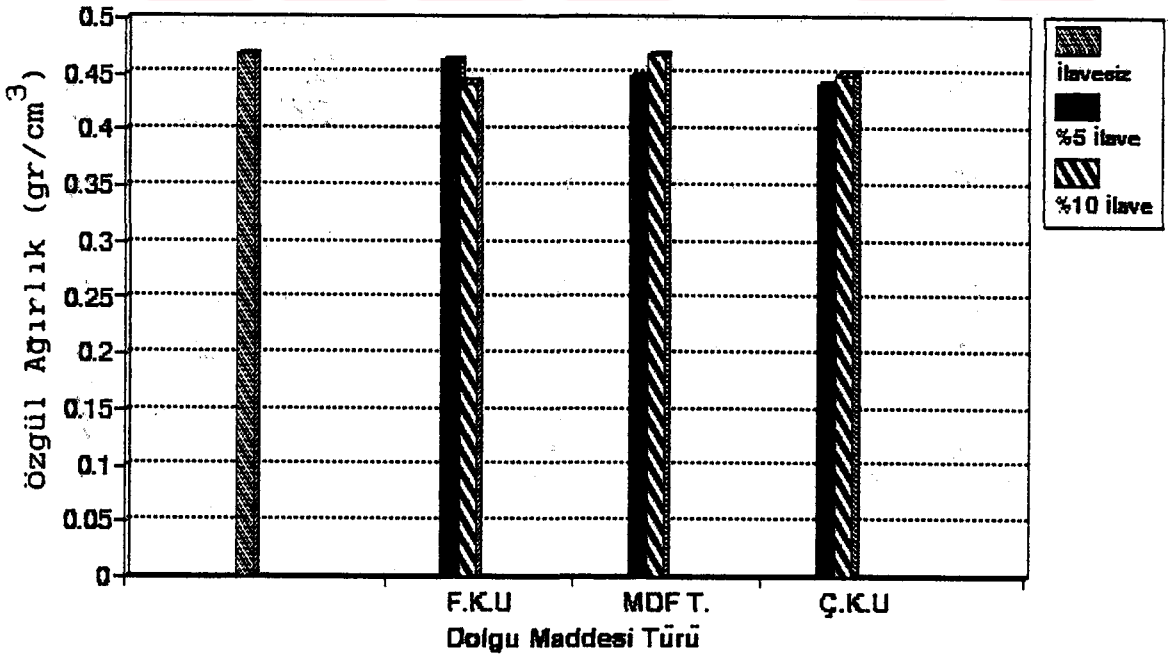
Kontrplak No	Dolgu Maddesi Tür	Oran (%)	özgül Ağ. x (gr/cm <sup>3</sup> )
12	-	0	0,467
20	F.K.U	5	0,462
21	F.K.U	10	0,442
24	MDF Z.T.	5	0,4486
25	MDF Z.T.	10	0,4685
5	Ç.K.U.	5	0,441
6	Ç.K.U.	10	0,45



Tablo 42. Özgül Ağırlığa Dolgu Maddesi Tür ve Miktarının Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Dolgu Mad.					
Oran	0,01553	2	0,007764	19,63	***
Tür	0,002625	2	0,002984	3,319	*
O x T	0,0119341	4	0,002984	7,544	***
Hata	0,103221	261	0,000395		
Toplam	0,133307	269			

Tablo 42 ye göre dolgu maddesi türünün etkisi 0,05, oranının etkisi 0,001 ve her ikisinin karşılıklı etkileşimi ise 0,001 yanılma ihtimaliyle anlamlı bulunmuştur. Varyans kaynakları ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan testi yardımıyla tespit edilerek tablo 43f de özetlenmiştir.



Sekil 27. Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Özgül Ağırlığa Etkisi

Tablo 43. Özgül Ağırlık Üzerine Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (P<0.05)\*

Varyans Kaynakları	n	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> ) x
a) Dış Tabaka		
Ağac Cinsi		
Kayın	30	0,6897 a
Okume	30	0,5353 b
Kavak	30	0,5318 b
b) Orta Tabaka		
Ağac Cinsi		
Kayın	30	0,5318 a
Okume	30	0,4950 b
Kavak	30	0,4770 c
c) Ağac Cinsi		
Kayın	30	0,6897 a
Okume	30	0,4920 b
Kavak	30	0,4710 c

d) Pres Basıncı ve Süresi

Pres Basıncı

(Kg/cm <sup>2</sup> )	7	30	0,4597 a
	10	30	0,4592 a
	12	30	0,4828 b
	15	30	0,4918 c

Pres Süresi

(dak.)	4	30	0,4831 a
	6	30	0,4635 b

e) Üre ve Katkı Maddesi

Üre Oranı

(%)	0	30	0,4533 a
	10	30	0,4364 b
	20	30	0,4399 b

Katkı Mad.

(%)	55	30	0,4469 a
	90	30	0,4395 b

f) Dolgu Mad. Tür

ve Oranı

Oranı	0	90	0,4672 a
(%)	5	90	0,4503 b
	10	90	0,4520 b

Tür	F.K.U.	90	0,4570 ab
	Ç.K.U.	90	0,4525 a
	MDF Z.T.	90	0,4601 b

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdırlar.

F.K.U.: Fındık Kabuğu unu, MDF Z.T.: MDF zımpara Tozu

Ç.K.U.: Çam kabuğu unu

#### 4.3. Çekme-Makaslama Direnci

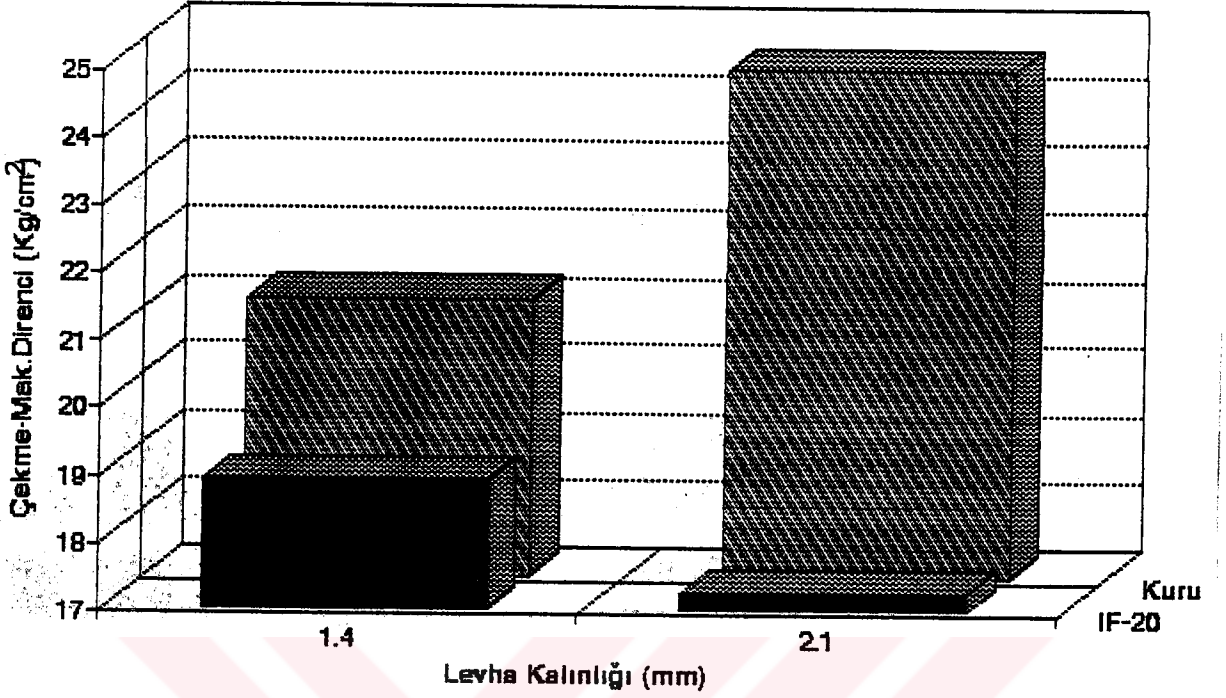
Çekme-makaslama deneyi örnekleri iki gruba ayrılmış, 1. grup klimatize edildikten sonra (Kuru), 2. grup ise 20 °C suda 24 saat bekletildikten sonra denenmiştir (IF-20, Yaş).

##### 4.3.1 Levha Kalınlığının Etkisi

Levha kalınlığının yapışma direncine etkisini belirlemek için üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnç değerleri ( $\bar{x}$ ) ve t-testi tablo 44 de verilmiştir.

Tablo 44. Çekme-Makaslama Direncine Levha Kalınlığının Etkisine İlişkin t-Testi

Kalınlık (mm)	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş	Kuru	Yaş
	1,4		2,1			
$\bar{x}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	21,1	18,9	24,5	17,2		
$s^2$	19,9	15,1	9,3	22,3		
V	15,7	20,5	12,4	25,2		
n	30,0	30,0	30,0	30,0		
t-hesap					4,12	1,50
Önem Düz.					**	B.D.



Şekil 28. Levha Kalınlığının Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

#### 4.3.2. Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisi

Orta tabakaları kayın, dış tabakaları ise okume kavak ve kayın olan 42, 43 ve 41 nolu kontrplaklara ait ortalama değerler tablo 45 de belirtilmiştir.

Tablo 45. Dış Tabaka Ağaç Cinsine Göre Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

Kontrplak No	Dış Tabaka Ağaç Cinsi	Çekme-Mak. Direnci	
		Kuru (Kg/cm <sup>2</sup> )	Yaş
41	Kayın	30,8	26,2
43	Kavak	22,1	19,6
42	Okume	16,3	14,5

Bu değerlere ilişkin varyans analizi, klimatize edilmiş (kuru), ve soğuk suda bekletilmiş örnekler için ayrı ayrı yapılarak tablo 46 ve tablo 47 de gösterilmiştir.

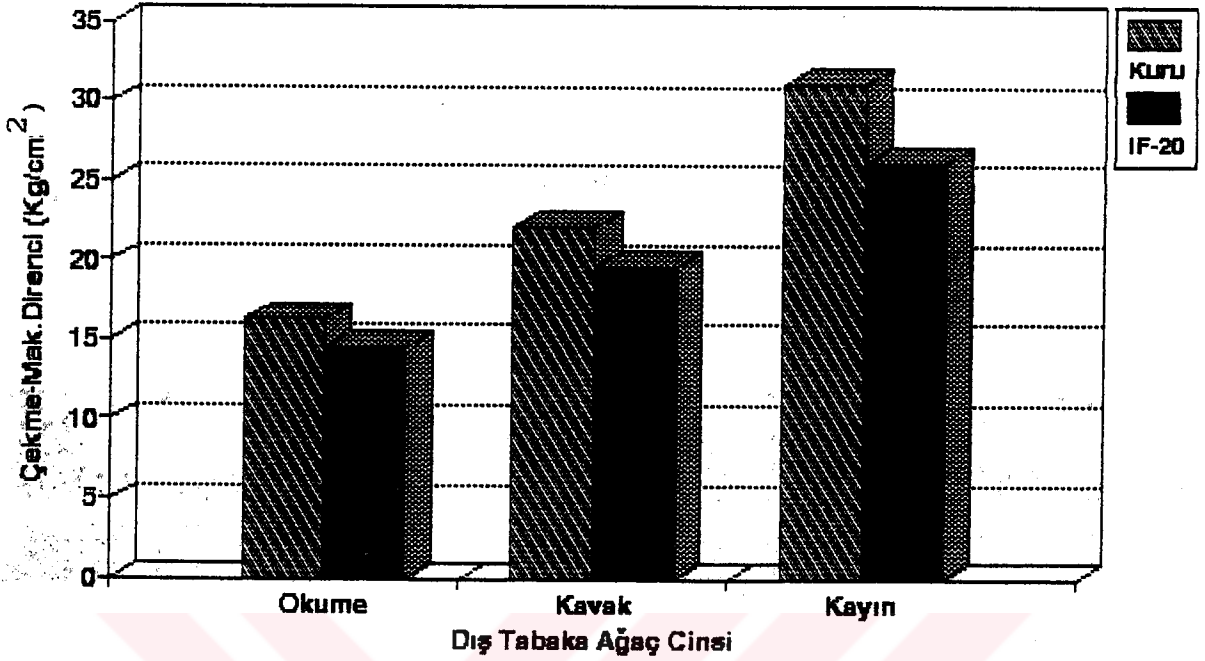
Tablo 46. Çekme-Makaslama Direncine Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisine ilişkin Varyans Analizi (Kuru)

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	3208,2	2	1604,10	136,3	***
Gruplar içi	846,9	87	9,73		
Toplam	4055,1	89			

Tablo 46 ve 47 ye göre Dış tabaka ağaç cinsi, hesaplanan F değeri 0,001 hata ihtimali ile F-tablo değerinden daha büyük olduğu için, her iki örnek grubunun çekme-makaslama direncine etkili olduğu anlaşılmaktadır. Varyans kaynakları ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırmaları tablo 75a da özetlenmiştir.

Tablo 47. Suda Bekletilmiş örneklerde Çekme-Makaslama Direncine Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisine ilişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	2092,0	2	1046	136,3	***
Gruplar içi	667,5	87	7,67		
Toplam	2759,9	89			



Şekil 29. Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

#### 4.3.3. Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisi

Dış tabakaları kavak, orta tabakaları ise kayın, kavak ve okume levhalarından üretilmiş olan kontrplakların çekme-makaslama direnci ortalamaları hesaplanarak tablo 48 de belirtilmiştir.

Tablo 48. Orta Tabaka Ağaç Cinsine Göre Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

Kontrplak No	Orta Tabaka Ağaç Cinsi	Çekme-Mak. Direnci	
		kuru (Kg/cm <sup>2</sup> ) x	Yaş x
43	Kayın	26,4	23,2
39	Kavak	21,1	19,9
38	Okume	22,1	19,6

Yapılan basit varyans analizine göre (tablo 49 ve 50) her iki örnek grubu için orta tabakaları farklı kontrplaklar arasında, 0,001 yanılma ihtimaliyle fark bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklar Duncan testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar tablo 75b de gösterilmiştir.

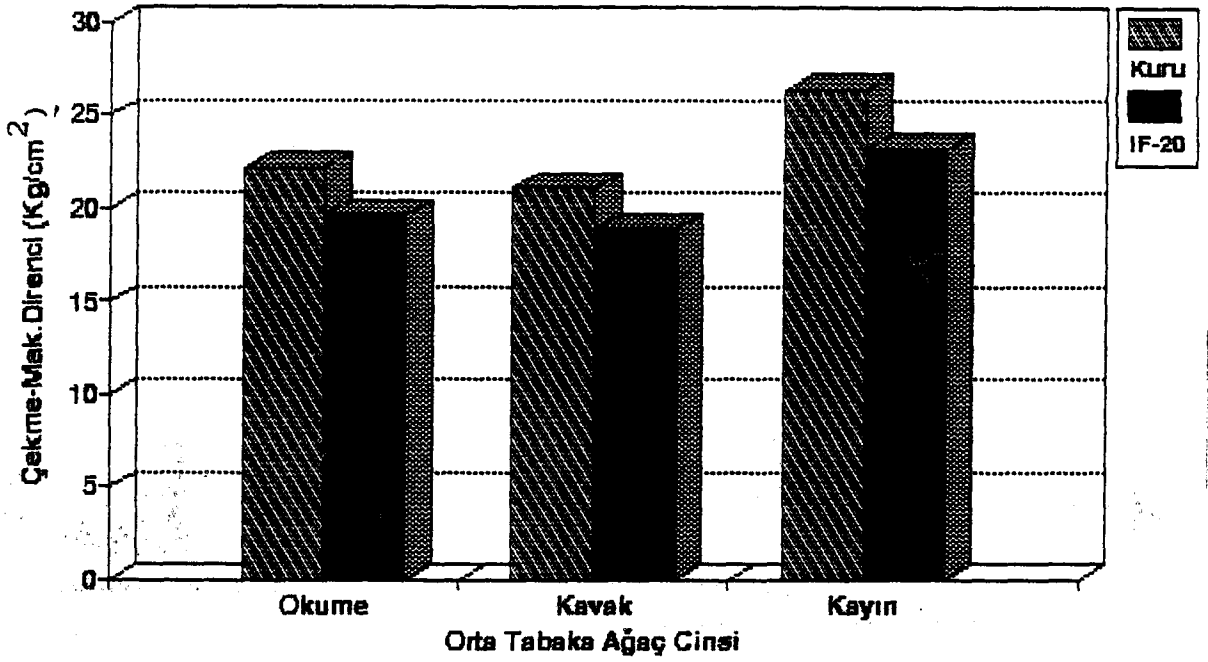
Tablo 49. Çekme-Makaslama Direncine Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Kuru)

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. Arası	483,1	2	241,6	30,7	***
Gruplar İçi	685,7	87	7,88		
Toplam	1168,8	89			

Tablo 50. Çekme-Makaslama Direncine Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Yaş)

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. Arası	311,1	2	155,6	16,2	***
Gruplar İçi	835,9	87	9,61		
Toplam	1147,0	89			





Şekil 30. Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

#### 4.3.4. Ağaç Cinsinin Etkisi

Ağaç cinsinin yapışma direncine etkisini belirlemek için kayın, kavak ve okume kaplama levhalarından üretilen 41, 39 ve 40 nolu kontrplakların çekme-makaslama direnci ortalamaları tablo 51 de ifade edilerek bunlara ait varyans analizi tablo 52 ve tablo 53 de düzenlenmiştir.

Tablo 51. Ağaç Cinsine Göre Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

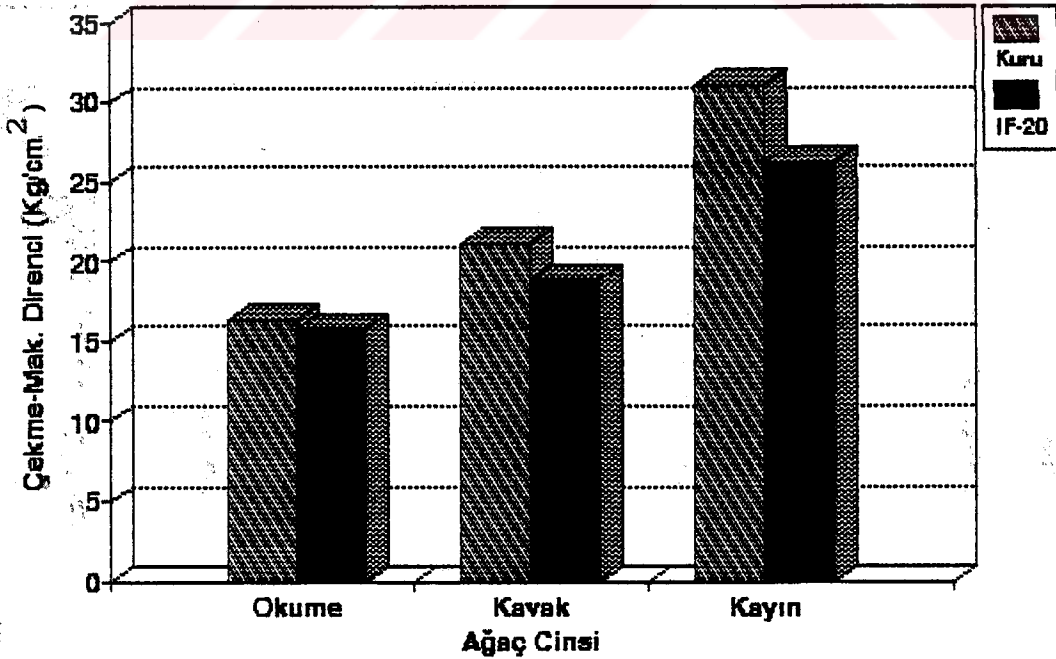
Kontrplak No	Ağaç Cinsi	Çekme-Mak. Direnci (Kg/cm <sup>2</sup> )	
		Kuru x	Yaş x
41	Kayın	31,1	26,2
39	Kavak	21,1	18,9
40	Okume	16,4	15,8

Tablo 52. Çekme-Makaslama Direncine Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Kuru)

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. Arası	3413,7	2	1706,9	132,3	***
Gruplar İçi	1120,2	87	12,9		
Toplam	4533,9	89			

Tablo 53. Soğuk Suda Bekletilmiş Örneklerde Çekme-Makaslama Direncine Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
G. arası	1725	2	861,5	75,6	***
Gruplar İçi	993	37	11,4		
Toplam	2718	89			



Şekil 31. Ağaç Cinsinin Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

Tablo 52 ve 53 e göre hesaplanan F değerleri F tablo değerinden 0,001 yanılma ihtimaliyle farklı olması ağaç cinsinin kontrplak yapışma direncini önemli derecede etkilediğini göstermektedir. Ortalamalar arasındaki farkın karşılaştırıldığı Duncan testi sonuçları tablo 75c de gösterilmiştir.

#### 4.3.5. Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi

Pres basıncı ve pres süresinin yapışma direncine etkilerini araştırmak için iki farklı pres süresi ve dört farklı pres basıncı kullanılarak üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci ortalama değerleri tablo 54 ve şekil 32 de gösterilmiştir.

Tablo 54. Pres Basıncı ve Süresine Göre Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

Kontrplak No	Pres Basıncı (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres Süresi (dak.)	Çekme-Mak. Direnci	
			Kuru (Kg/cm <sup>2</sup> )	Yaş
			x	x
1	7	6	21,9	18,3
2	10	6	25,9	19,6
3	12	6	23,2	19,6
4	15	6	25,2	16,5
15	7	4	22,5	18,7
12	10	4	24,5	17,4
16	12	4	24,5	19,4
17	15	4	25,8	20,5

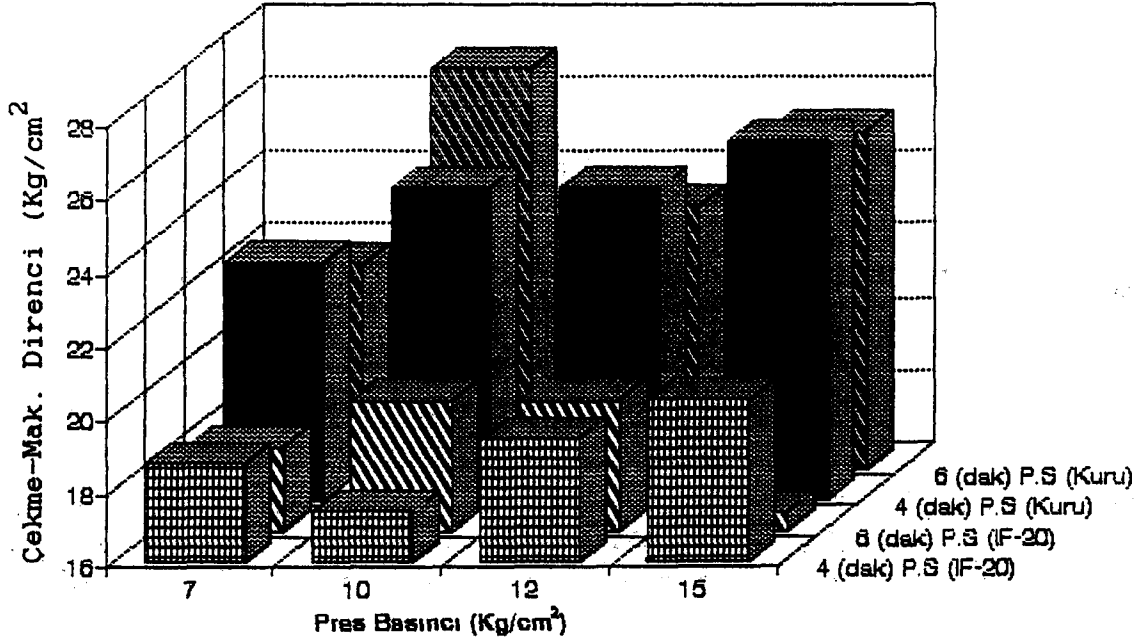
Tablo 55. Çekme-Makaslama Direncine Pres Basıncı ve Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Kuru)

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Pres Bas.	358,2	3	119,4	13,98	***
Pres Sür.	3,75	1	3,75	0,44	B.D.
PB x PS	59,3	3	19,8	2,31	B.D.
Hata	1297,9	152	8,5		
Toplam	1719,2	159			

Tablo 56. Soğuk Suda Bekletilmiş Örneklerde Çekme-Makaslama Direncine Pres Basıncı ve Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Pres Bas.	50,2	3	16,7	1,911	B.D.
Pres Sür.	0,625	1	0,63	0,71	B.D.
PB x PS	42,7	3	14,7	1,638	B.D.
Hata	1330,6	152	8,8		
Toplam	1424,0	159			

Tablo 55 e göre pres basıncı 0,001 yanılma ihtimali ile anlamlı, pres süresi ve bunun pres basıncı ile karşılıklı etkileşimi 0,05 hata ihtimali ile anlamsız bulunmuştur. Tablo 56 ya göre ise pres basıncı, pres süresi ve bunların karşılıklı etkileri F-hesap < F-tablo olduğundan istatistik anlamda %5 yanılma ihtimali ile önemsiz bulunmuştur. Duncan testi sonuçları tablo 75d de özetlenmiştir.



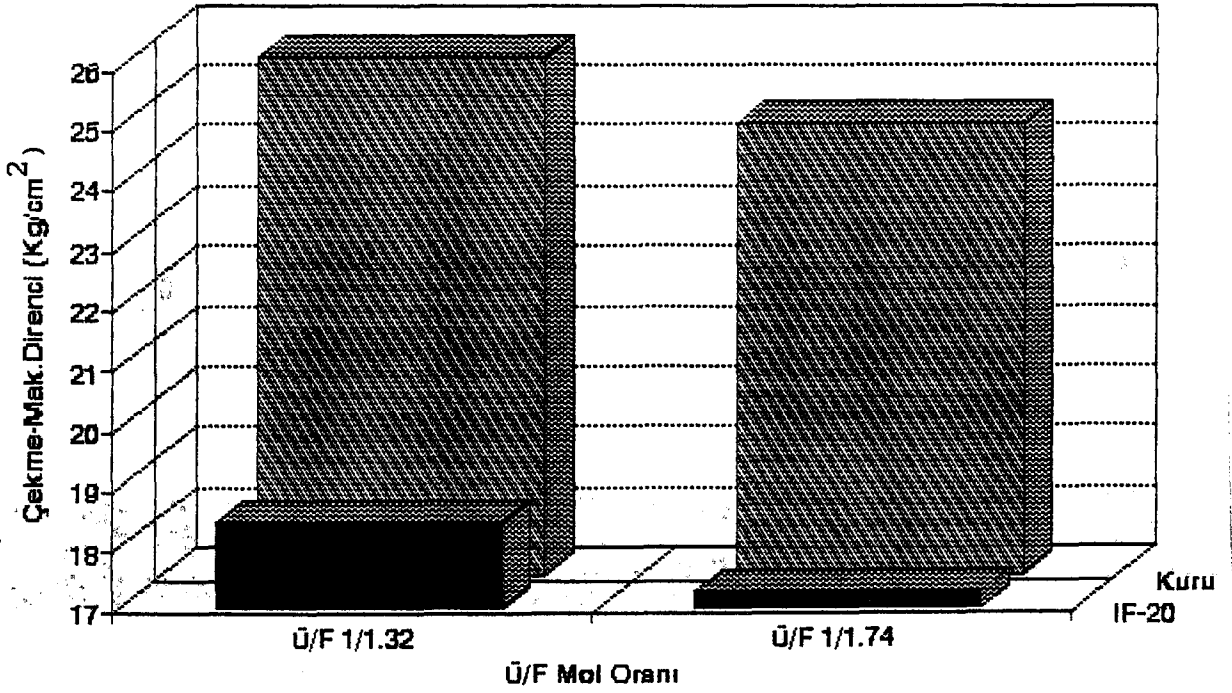
Şekil 32. Pres Basıncı ve Süresinin Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

#### 4.3.6. Ü/F Mol Oranının Etkisi

Ü/F mol oranının çekme-makaslama direncine etkisini incelemek için 34 ve 12 nolu kontrplaklara ait ortalama değerler ve t-testi sonucu tablo 57 de gösterilmiştir. Buna göre Ü/F mol oranının kavak kontrplakların yapışma direncine etkisi 0,05 yanılma ihtimaliyle önemsizdir.

Tablo 57. Çekme-Makaslama Direncine Ü/F Mol Oranının Etkisine İlişkin t-Testi

Ü/F Oranı	Kuru Yaş		Kuru Yaş		Kuru Yaş	
	1/1,32		1/174			
$\bar{x}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	25,6	18,4	24,5	17,2		
$s^2$	16,4	3,4	9,3	22,3		
V	15,8	18,6	12,5	25,3		
n	30	30	30	30		
t-hesap					1,88	1,29
önem Düz.					B.D.	B.D



Şekil 33. Ü/F Mol Oranının Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

#### 4.3.7. Katkı Maddesi Oranının Etkisi

Katkı maddesi miktarı ve bunun pres süresi ile birlikte yapışma direncine karşılıklı etkileri araştırılarak ortalama değerler tablo 58 (şekil 34) de, yapılan varyans analizleri ise tablo 59 ve 60 da gösterilmiştir.

Tablo 58. Katkı Maddesi Oranına Göre Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

Kontrplak No	Katkı Mad. (%)	Pres Süresi (dak)	Çekme-Mak. Direnci	
			Kuru (Kg/cm <sup>2</sup> ) x	Yaş x
18	18	4	23,5	21,5
12	55	4	24,5	17,4
7	90	4	26,9	19,4
19	18	6	23,7	19,5
2	55	6	26,9	19,6
10	90	6	27,0	18,2

Tablo 59. Çekme-Makaslama Direncine Katkı Maddesi Oranı ve Pres Süresinin Etkilerine İlişkin Varyans Analizi (Kuru)

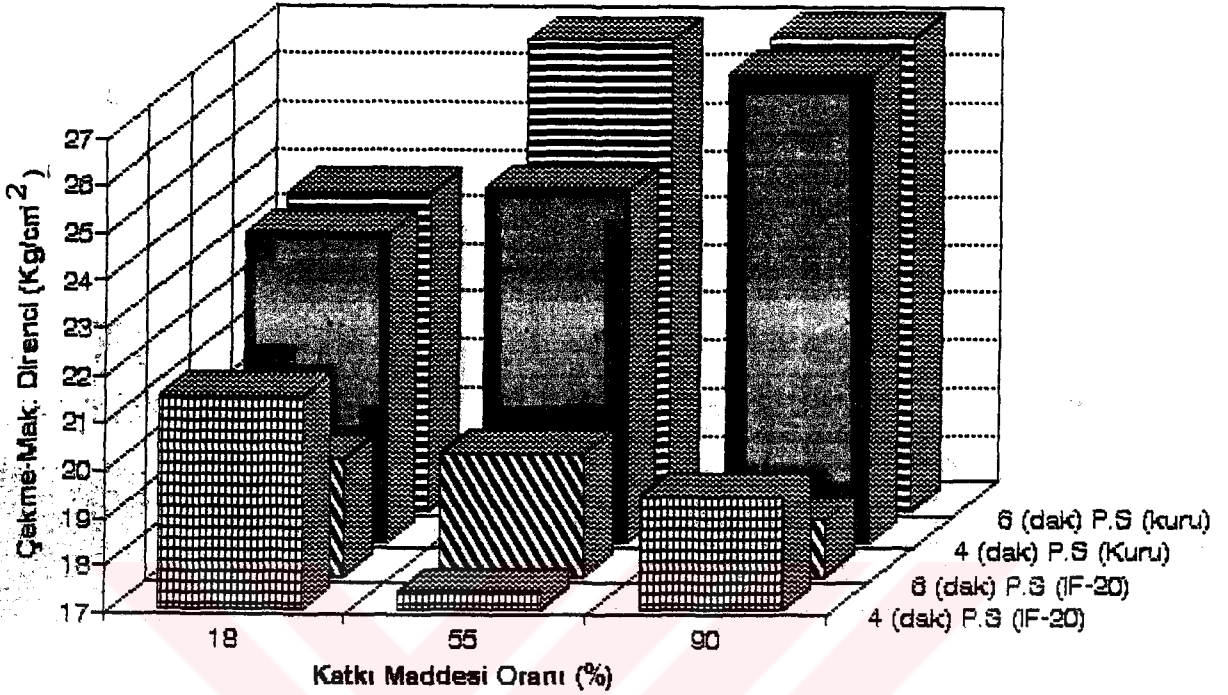
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Katkı Mad.	448,1	2	224,1	34,2	***
Pres Sür.	13,7	1	13,7	2,09	B.D.
K x PS	77,2	2	38,6	5,9	**
Hata	1139,7	174	6,55		
Toplam	1678,8	179			

Tablo 59 a göre katkı maddesi 0,001, katkı maddesi ve pres süresinin karşılıklı etkileri 0,01 yanılma ihtimali ile önemli, pres süresinin etkisi ise 0,05 hata ihtimali ile farksız bulunmuştur. Tablo 60 da ise katkı maddesi ve pres süresinin karşılıklı etkileri 0,001 yanılma ile önemlidir. Diğer faktörlerin etkileri ise klimatize edilmiş örneklerde olduğu gibidir. Bu sonuçlara ilişkin yapılan Duncan testi tablo 75e de özetlenmiştir.

Tablo 60. Soğuk Suda Bekletilmiş Örneklerde Çekme-Makaslama Direncine Katkı Maddesi Oranı ve Pres Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Katkı Mad.	186,5	2	93,3	10,06	***
Pres Sür.	0,313	1	0,313	0,034	B.D.
K x PS	135,5	2	67,7	7,31	***
Hata	1612,2	174	9,265		
Toplam	1934,5	179			





Şekil 34. Katkı Maddesi Oranının Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

#### 4.3.8. Tutkala ilave Edilen Ürenin Etkisi

Farklı oranlarda katkı maddesi ihtiva eden (%55, %90) ÜF-tutkalı karışımına %10 ve %20 oranında (Tutkalın katı madde miktarına göre) üre ilavesiyle üretilen deneme kontrplaklarının tablo 61 de (şekil 35) belirtilen çekme-makaslama direnci ortalamalarının varyans analizi (tablo 62 ve tablo 63) ile önem düzeyleri belirlenmiş ve varyans kaynaklarının ortalamaları Duncan testi ile karşılaştırılarak tablo 75f de gösterilmiştir.



Tablo 61. Üre ilaveli Kontrplaklarda Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

Kontrplak No	Katkı Mad. (%)	Üre (%)	Çekme-Mak. Direnci	
			Kuru (Kg/cm <sup>2</sup> ) x	Yaş x
12	55	0	24,5	17,4
30	55	10	22,0	16,9
31	55	20	22,0	17,1
7	90	0	26,9	19,4
32	90	10	26,6	20,2
33	90	20	26,7	20,2

Tablo 62. Çekme-Makaslama Direncine Üre ve Katkı Maddesi Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Kuru)

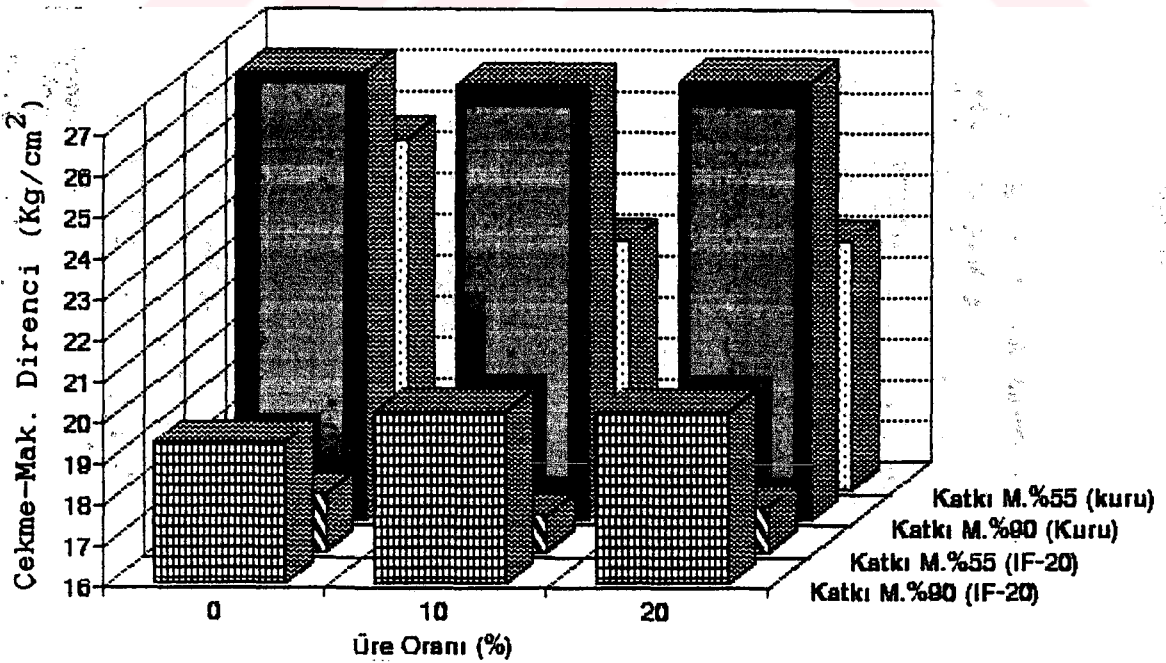
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Üre	122,9	2	61,4	5,65	**
Katkı Mad.	782,9	1	782,9	71,98	***
Ü x K	22,5	2	11,3	1,03	B.D.
Hata	1892,5	174	10,9		
Toplam	2820,8	179			

Tablo 62 ye göre üre oranı 0,01, katkı maddesi oranı 0,001 yanılma ihtimali ile önemli bulunmuştur. Her iki faktörün karşılıklı etkileri ise 0,05 hata ihtimali ile farksızdır.

Tablo 63. Soğuk Suda Bekletilmiş Örneklerin Çekme-Makaslama Direncine Üre ve Katkı Maddesi Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Üre	3,21	2	1,607	0,154	B.D.
Katkı Mad.	363,0	1	363,0	34,7	***
Ü x K	10,82	2	5,41	0,517	B.D.
Hata	1820,7	174	10,46		
Toplam	2197,6	179			

Tablo 63 e göre belirtilen bekletme ortamında çekme-makaslama direncine etkisi bakımından katkı maddesi oranı 0,001 yanılma ihtimali için önemlidir. Diğer taraftan Üre oranı ve bunun katkı maddesi ile birlikteki etkileşimi 0,05 yanılma ihtimali ile farksızdır.



Şekil 35. Tutkal Çözeltisine İlave Edilen Üre Oranının Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

#### 4.3.9. Tutkala ilave Edilen Melaminin Etkisi

Melamin ilave edilmiş ÜF tutkallıya üretilen kavak kontrplakların tablo 64 de belirtilen çekme-makaslama direnci ortalamalarının, yapılan varyans analizleri ile önem düzeyleri belirlenmiş (tablo 65, 66) ve varyans kaynaklarının ortalamaları Duncan testi ile karşılaştırılarak tablo 75g de özetlenmiştir.

Tablo 64. Melamin ilaveli Kontrplaklarda Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

Kontrplak No	Melamin (%)	Çekme-Mak. direnci	
		Kuru (Kg/cm <sup>2</sup> )	Yaş
		x	x
12	0	24,5	17,4
35	5	24,5	22,3
36	10	25,2	21,4
37	15	26,0	21,8

Tablo 65. Çekme-Makaslama Direncine Melamin Oranının Etkisine ilişkin Varyans Analizi (Kuru)

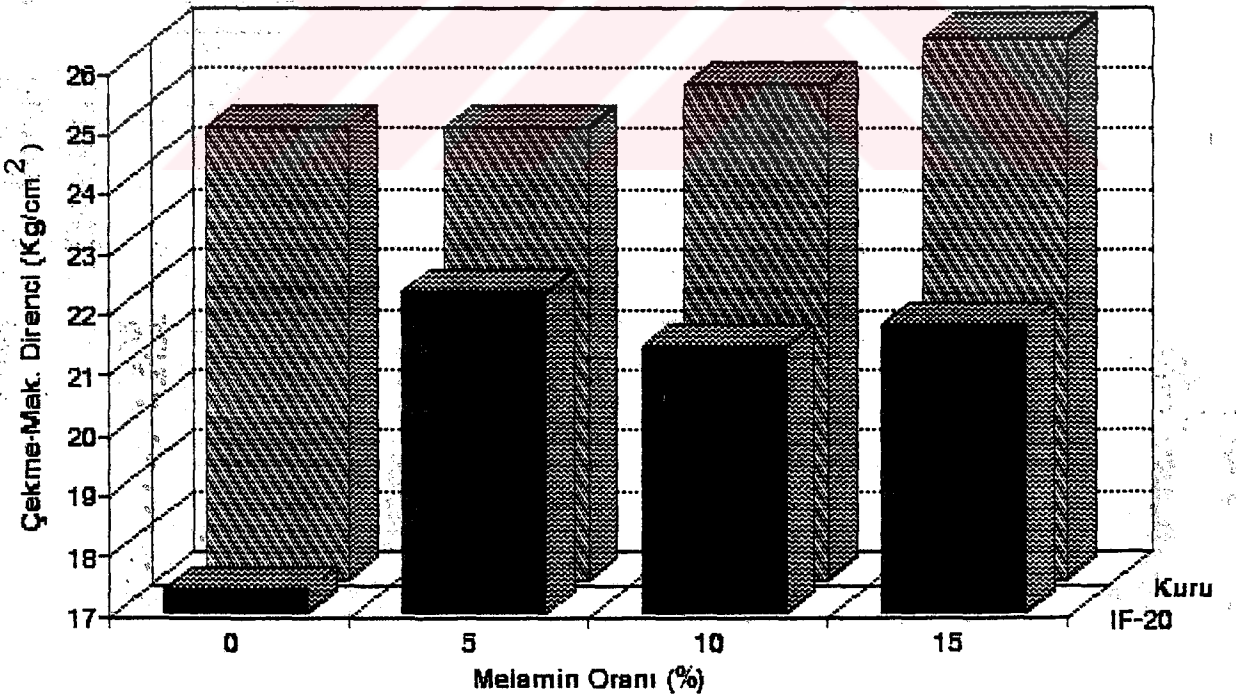
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. Arası	45,2	3	15,07	1,455	B.D.
Gruplar içi	1201,6	116	10,36		
Toplam	1246,8	119			

Tablo 65 e göre melamin oranları için (Gruplar arası) hesaplanan F değeri < F-Tablo(0,05) bulunmuştur. Bunun yanında

soğuk suda bekletilmiş örneklerde ise  $F\text{-hesap} > F\text{-tablo}(0,001)$  olarak bulunduğundan (Tablo 66) melamin oranları kendi aralarında 0,001 yanılma ihtimali ile farklılıklara sahiptir.

Tablo 66. Soğuk Suda Bekletilmiş Örneklerin Çekme-Makaslama Direncine Melamin Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. Arası	483,8	3	161,3	11,84	***
Gruplar İçi	1580,3	116	13,63		
Toplam	2064,4	119			



Şekil 36. Melamin Oranının Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

4.3.10. Dolgu Maddesi (Çam Kabuğu) Kullanılmış Kontrplaklarda Pres Süresinin Etkisi

UF-tutkalına %10 oranında Çam kabuğu unu ilave edilerek 3, 4, 5 ve 6 dakikalık pres süreleri ile üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci ortalama değerleri tablo 67 de verilmiştir.

Tablo 67. Pres Süresine Göre Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

Kontrplak No	Pres Süresi (dak.)	Çekme-Mak. Direnci	
		Kuru (Kg/cm <sup>2</sup> ) x	Yaş x
11	3	21,9	17,9
6	4	24,8	20,0
13	5	25,9	22,7
14	6	28,6	21,3

Bu değerlere ilişkin tablo 68 ve tablo 69 da gösterilen Varyans analizleri için yapılan Duncan testi tablo 75g de özetlenmiştir.

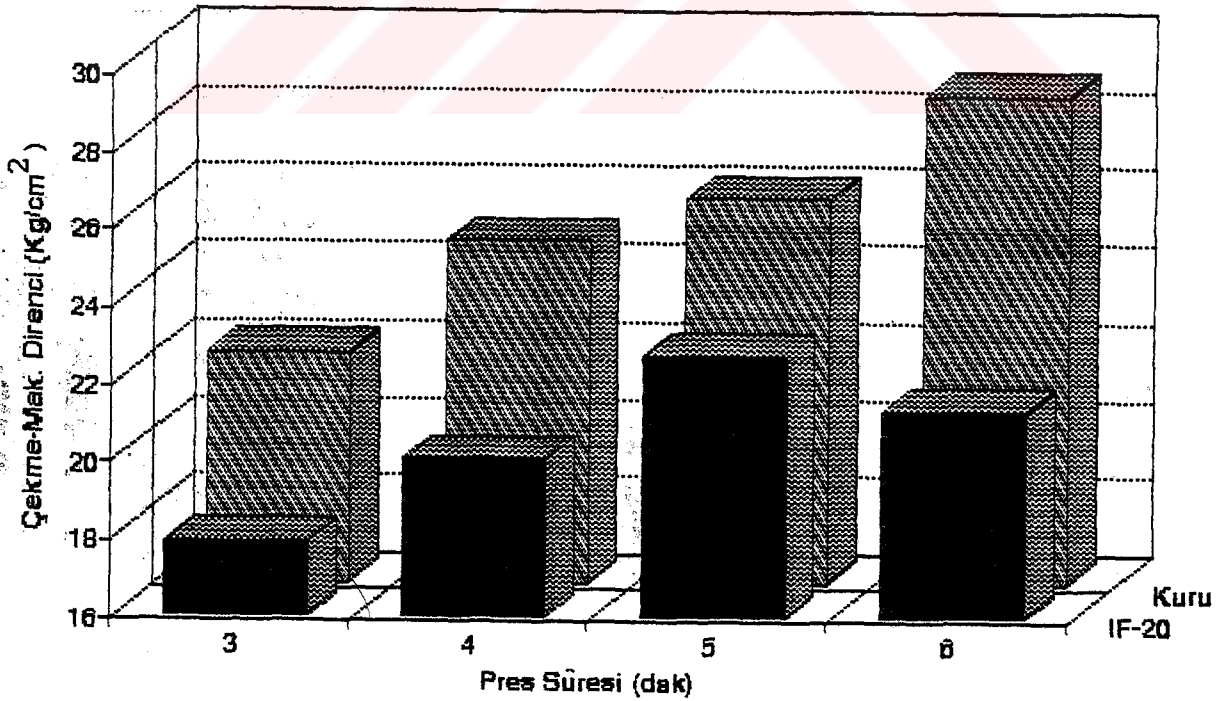
Tablo 68. Çekme-Makaslama Direncine Pres Süresinin Etkisine ilişkin Varyans Analizi (Kuru)

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. Arası	459,4	3	153,1	30,15	***
Gruplar içi	386,1	76	5,1		
Toplam	845,5	79			

Tablo 69. Soğuk Suda Bekletilmiş Örneklerin Çekme-Makaslama Direncine Pres Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. Arası	249,6	3	83,2	11,47	***
Gruplar İçi	551,3	76	7,25		
Toplam	800,9	79			

Her iki bekletme ortamı örnekleri için düzenlenen basit varyans analizi tablolarına göre, dolgu maddesi ilaveli kontrplakların yapışma direncine pres süresinin etkisi 0,001 yanılma ihtimali ile farklı bulunmuştur.



Şekil 37. Çekme-Makaslama Direncine Pres Süresinin Etkisi

4.3.11. Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisi

Katkı maddesi oranı %55 olan tutkal karışımına, katı tutkalın %5 ve %10 u kadar (a), Katkı maddesi oranı %90 olan tutkal karışımına %10 ve %20 oranında dolgu maddesi ilave edilerek (b) üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci ortalamaları Tablo 70 deki gibi olup, her bekletme ortamı ve katkı maddesi oranlarına göre ayrı ayrı düzenlenen varyans analizleri tablo 71, 72, 73, 74 de gösterilmiştir.

Tablo 70. Dolgu Maddesi İlaveli Kontrplaklarda Çekme-Makaslama Direnci Değerleri

a) Kontrplak No	Dolgu Maddesi		Çekme-Mak. Direnci	
	Tür	Oran (%)	Kuru (Kg/cm <sup>2</sup> ) x	Yaş x
12	-	-	24,5	17,4
20	F.K.U	5	22,6	17,4
21	F.K.U	10	21,6	17,5
24	MDF Z.T.	5	20,2	18,4
25	MDF Z.T.	10	22,6	18,6
5	Ç.K.U	5	29,4	23,7
6	Ç.K.U	10	24,8	20,0
b) 7	-	-	26,9	19,4
22	F.K.U	10	22,0	18,0
23	F.K.U	20	22,0	16,6
19	MDF Z.T.	10	19,6	17,6
21	MDF Z.T.	20	19,2	17,0
28	YL Z.T.	10	26,4	21,4
29	YL Z.T.	20	25,4	20,4
8	Ç.K.U	10	27,1	22,7
10	Ç.K.U	20	27,0	18,2



Tablo 71. Çekme-Makaslama Direncine Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Katkı Mad. %55)

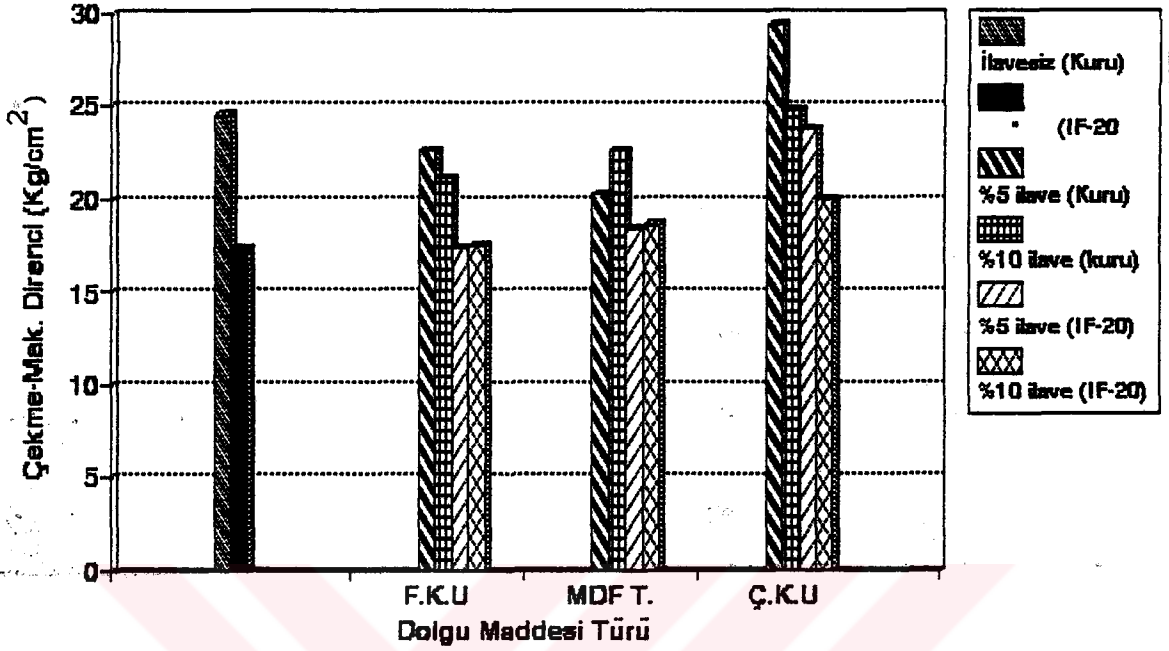
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Dol. Mad.Türü	765,5	2	382,7	53,3	***
Dol.Mad.Oranı	170,6	2	85,3	11,9	***
DT x DO	776,9	4	194,2	27,1	***
Hata	1801,7	251	7,8		
Toplam	3514,7	259			

Tablo 72. Soğuk Suda Bekletilmiş Örneklerin Çekme-Makaslama Direncine Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Katkı Mad. %55)

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Dol.Mad.Tür	423,2	2	211,6	17,44	***
Dol.Mad.Oranı	302,2	2	151,1	12,45	***
DT x DO	360,3	4	90,1	7,42	***
Hata	3045,8	251	12,13		
Toplam	4131,4	259			

Tablo 71 ve 72 ye göre her iki bekletme ortamından sonra denenen örneklerin çekme-makaslama direncine dolgu maddesi türü ve oranı ile bunların karşılıklı etkileri için hesaplanan F değerleri  $> F\text{-tablo}(0,001)$  olduğundan sözü edilen bekletme ortamında, varyans kaynaklarının yapışma direncine etkileri 0.001 yanılma ihtimali ile farklıdır. Duncan testi sonuçları tablo 75i de özetlenmiştir.





Şekil 38. %55 Katkı Maddeli Tutkal Karışımına İlave Edilen Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

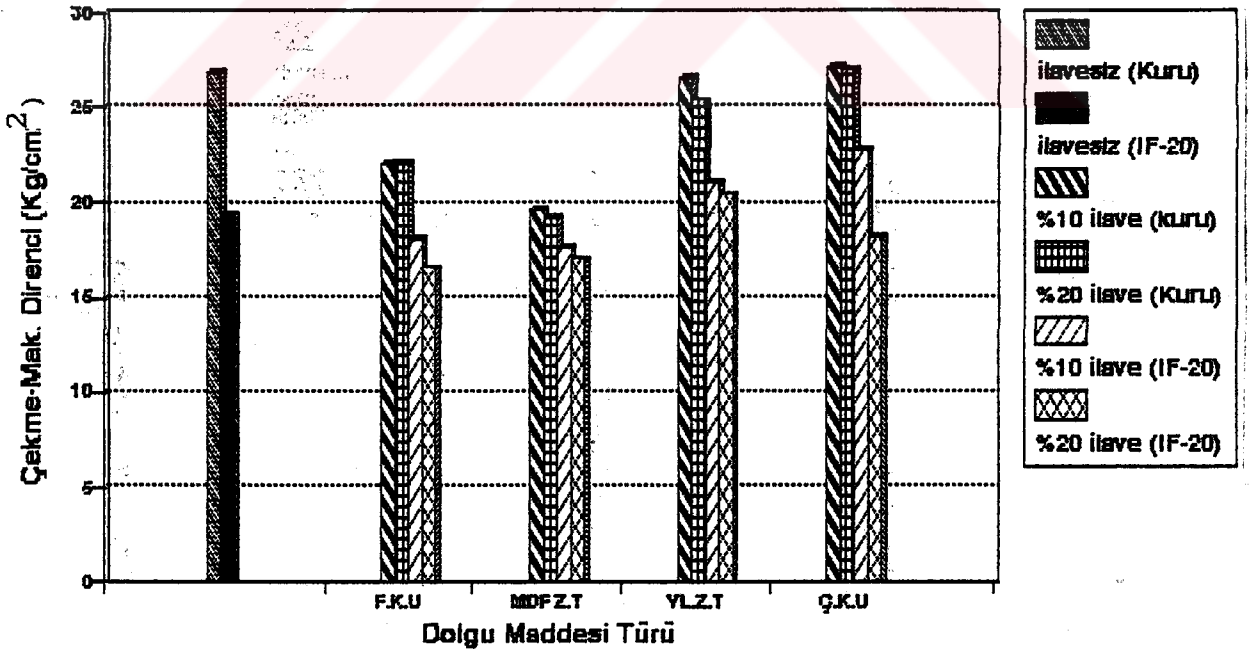
Tablo 73. Çekme-Makaslama Direncine Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Katkı Mad. %90)

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Dol.Mad.Türü	1402,8	3	467,6	56,0	***
Dol.Mad.Oranı	1238,4	2	619,2	74,3	***
DT x DO	723,4	6	120,6	14,5	***
Hata	2899,5	348	8,33		
Toplam	6264,1	359			

Tablo 74. Soğuk Suda Bekletilmiş Örneklerin Çekme-Makaslama Direncine Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi (Katki Mad. %90)

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Dol.Mad.Türü	357,7	3	119,2	19,06	***
Dol.Mad.Oranı	242,1	2	121,0	19,34	***
DT x DO	314,6	6	52,4	8,38	***
Hata	2176,7	348	6,26		
Toplam	3091,1	359			

Tablo 73 ve tablo 74 e göre sözü edilen bekletme ortamlarında, örneklerin çekme-makaslama direncine etkileri bakımından, dolgu maddesi türü ve oranı 0,001 yanılma ihtimali ile farklıdır. Varyans kaynakları ortalamaları Duncan testi ile karşılaştırılmış ve sonuçlar tablo 75k de özetlenmiştir.



%90 Katkı Maddeli Tutkal Karışımına İlave Edilen Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Çekme-Makaslama Direncine Etkisi

Tablo 75. Yapışma Direncine Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları\*

Varyans Kaynakları	n	Çekme- Mak. Direnci		
		Kuru (Kg/cm <sup>2</sup> )	Yaş	
a) Dış Tabaka				
Kayın	30	30,8 a	26,2 a	
Ağaç Cinsi				
Kavak	30	22,1 b	19,6 b	
Okume	30	16,3 c	14,5 c	
b) Orta Tabaka				
Kayın	30	26,4 a	23,2 a	
Ağaç Cinsi				
Kavak	30	21,1 b	18,9 b	
Okume	30	22,1 b	19,6 b	
c) Ağaç Cinsi				
Kayın	30	31,1 a	26,2 a	
Kavak	30	21,1 b	18,9 b	
Okume	30	16,4 c	15,8 c	
d) Pres Basıncı ve Süresi				
Pres Basıncı	7	40	22,2 a	18,4 a
(Kg/cm <sup>2</sup> )	10	40	25,7 b	18,9 ab
	12	40	24,3 c	19,5 ab
	15	40	25,9 b	19,9 b
Pres Süresi	4	80	24,4 a	19,1 a
(dak.)	6	80	24,7 a	19,2 a

e) Katkı Mad. ve Pres Sür.

Katkı Mad.	18	60	23,5 a	20,8 a
Oranı (%)	55	60	25,7 b	18,4 b
	90	60	27,4 c	18,8 b
Pres Süresi	4	90	25,2 a	19,3 a
(dak)	6	90	25,8 a	19,4 a

f) Üre ve Katkı Mad. Oranı

Üre (%)	0	60	26,1 a	18,3 a
	10	60	24,3 b	18,6 a
	20	60	24,4 b	18,6 a
Katkı Mad.	55	90	22,8 a	17,1 a
Oranı (%)	90	90	27,8 b	19,9 b

g) Melamin Oranı

(%)	0	30	24,5 a	17,4 a
	5	30	24,5 a	22,3 b
	10	30	25,2 a	21,4 ab
	15	30	26,0 a	21,8 b

h) Pres Süresi

(dak.)	3	30	21,9 a	17,9 a
	4	30	24,8 b	20,0 b
	5	30	25,9 b	22,7 c
	6	30	28,6 c	21,3 bc

i) Dolgu Mad. (Katki Mad. %55)

Türü	F.K.U	90	22,7 a	17,4 a
	MDF Z.T.	90	22,4 a	18,0 a
	Ç.K.U	80	26,2 b	20,4 b
Oranı (%)	0	90	24,5 a	17,2 a
	5	90	24,1 a	19,8 b
	10	80	22,8 b	18,7 c

k) Dolgu Mad. (Katki Mad. %90)

Türü	F.K.U	90	24,0 a	18,4 a
	MDF Z.T.	90	22,4 b	18,0 a
	YL Z.T.	90	26,6 c	20,3 b
	Ç.K.U	90	27,3 c	20,1 b
Oranı (%)	0	120	27,7 a	19,4 a
	5	120	23,9 b	20,2 a
	10	120	23,6 b	18,1 b

\* (P<0.05) aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır.

#### 4.4. Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü

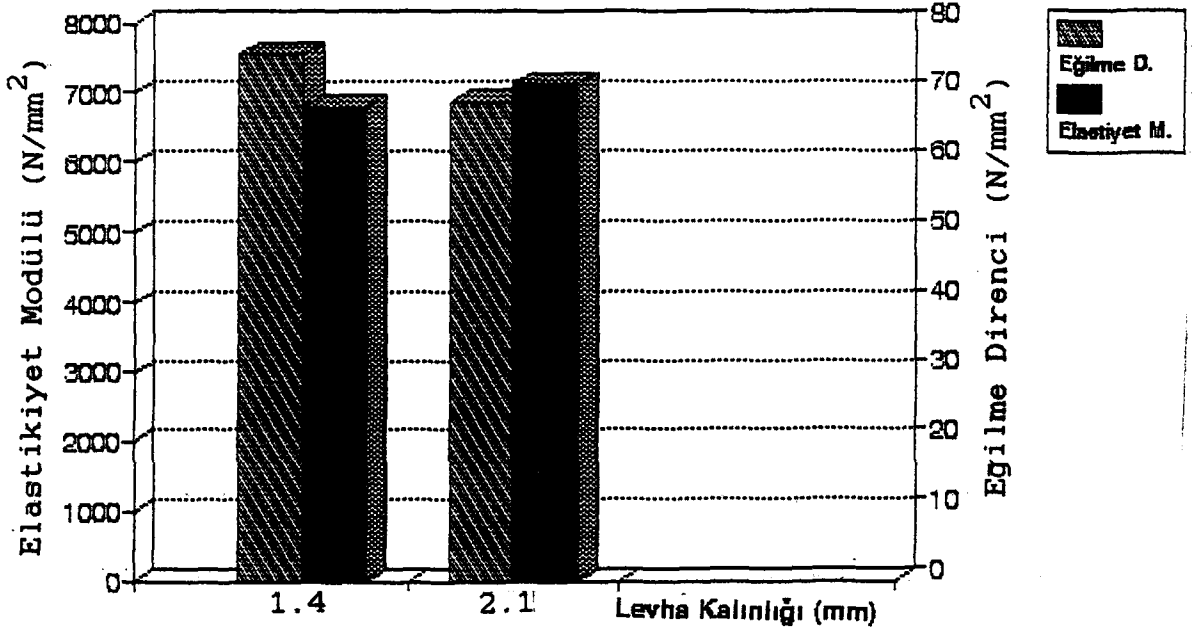
##### 4.4.1. Levha Kalınlığının Etkisi

Levha kalınlığının eğilme direnci ve elastikiyet modülüne etkisini incelemek için 1,4 ve 2,1 mm kalınlıktaki soyma levhalardan üretilen 39 ve 12 nolu deneme kontrplakları karşılaştırılmış ve sonuçlar (t-testi) tablo 76 ve şekil 40 da gösterilmiştir.

Tablo 76. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Levha Kalınlığının Etkisine ilişkin t-testi (n=20)

	1,4		Levha Kalınlığı (mm) 2,1					
	$\bar{x}$ (N/mm <sup>2</sup> )	S <sup>2</sup>	V	$\bar{x}$ (N/mm <sup>2</sup> )	S <sup>2</sup>	V	t Hes.	Önem Düz.
Eğ.D.	75.6	31.8	7.5	68.7	21.5	6.8	4.12	**
El.M.	6803	519408	10.6	7123	237169	6.8	1.60	B.D.

Bu sonuçlara göre levha kalınlığının Eğilme direncine etkisi 0,01 yanılma ihtimali ile önemli, elastikiyet modülüne etkisi ise 0,05 hata ihtimaliyle farksızdır.



Şekil 40. Levha Kalınlığının Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkisi

#### 4.4.2. Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisi

Dış tabakaları farklı, orta tabakaları ise aynı ağaç cinsinden (kayın) olan levhalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalama değerleri tablo 77 de, eğilme direncine ilişkin yapılan varyans analizi tablo 78 de ve elastikiyet modülü varyans analizi ise tablo 79 da gösterilmiştir.

Tablo 77. Dış Tabaka Ağaç Cinsine Göre Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Değerleri

Kontrplak No	Dış Tabaka Ağaç Cinsi	Eğilme Dir. (N/mm <sup>2</sup> )	Elastikiyet Mod. (N/mm <sup>2</sup> )
		x	x
41	Kayın	124,5	10096,0
43	Kavak	80,6	7119,4
42	Okume	72,1	7123,2

Tablo 78. Eğilme Direncine Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

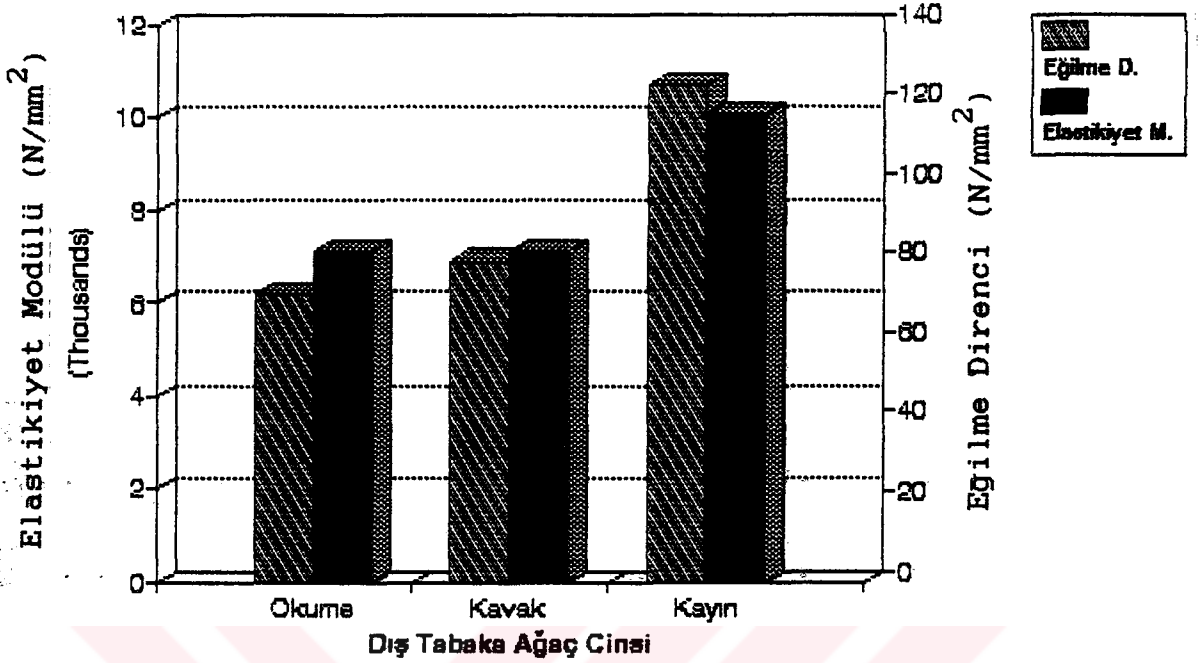
Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	31616,2	2	15808,1	454,4	***
Gruplar içi	1982,8	57	34,8		
Toplam	33599,0	59			

Tablo 79. Elastikiyet Modülüne Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	117981698	2	58990849	131,7	***
Gruplar içi	25535772	57	447996		
Toplam	143517470	59			

Tablolarda gösterilen varyans analizi sonuçlarına göre dış tabaka ağaç cinsinin eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülüne etkisi 0,001 yanılma ihtimali ile anlamlıdır. Varyans kaynağı ortalamaları arasındaki farklar için yapılan Duncan testi ile sonuçları tablo 96a da özetlenmiştir.





Şekil 41. Dış Tabaka Ağaç Cinsinin Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkisi

#### 4.4.3. Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisi

Orta tabakaları farklı ağaç cinslerinden üretilen kontrplakların eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalamaları tablo 80 de verilmiş ve bu sonuçlara ilişkin yapılan varyans analizleri tablo 81 ve tablo 82 de gösterilmiştir.

Tablo 80. Orta Tabaka Ağaç Cinsine Göre Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Değerleri

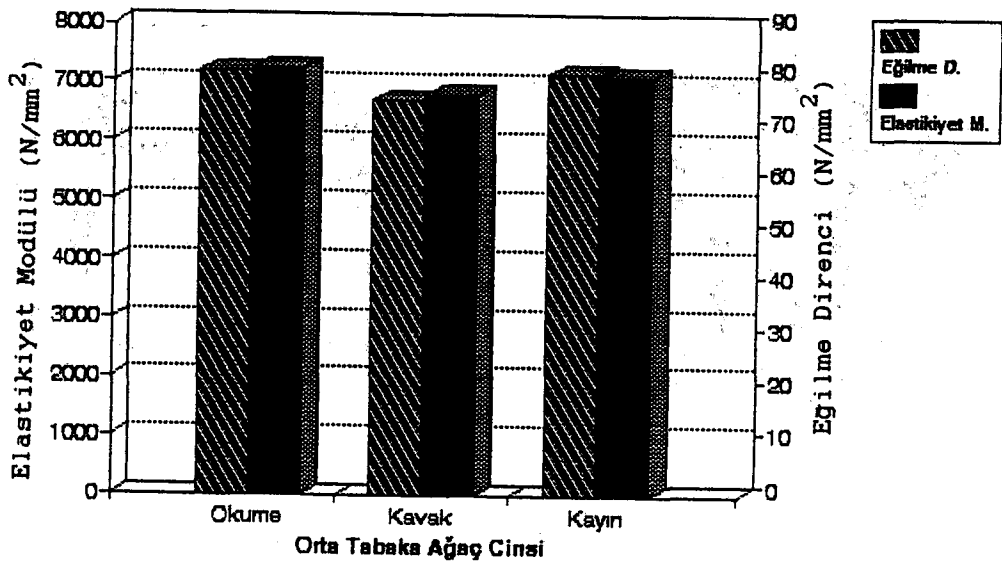
Kontrplak No	Orta Tabaka Ağaç Cinsi	Eğilme Dir. (N/mm <sup>2</sup> ) x	Elastikiyet Mod. (N/mm <sup>2</sup> ) x
38	Okume	81,1	7246,7
39	Kavak	75,6	6803,3
43	Kayın	80,6	7119,4

Tablo 81. Eğilme Direncine Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	370,2	2	185,4	4,98	*
Gruplar içi	2120,2	57	37,2		
Toplam	2490,9	59			

Tablo 82. Elastikiyet Modülüne Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	2085169,5	2	1042584,8	1,9	B.D.
Gruplar içi	31301828,3	57	549154,9		
Toplam	33386997,8	59			



Şekil 42. Orta Tabaka Ağaç Cinsinin Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkisi

Tablo 81 e göre eğilme direncine orta tabaka ağaç cinsinin etkisi 0,05 yanılma ihtimali ile önemli bulunurken aynı faktörün elastikiyet modülüne etkisi ise 0,05 yanılma ihtimaliyle farksızdır (tablo 82). Duncan testi sonuçları tablo 96b de verilmiştir.

#### 4.4.4. Ağaç Cinsinin Etkisi

Kavak, okume ve kayın kontrplaklarının eğilme direnci ve elastikiyet modülü hesaplanarak ortalamalar tablo 83 de belirtilmiş bu değerlere ilişkin yapılan varyans analizleri ise tablo 84 ve tablo 85 de gösterilmiştir.

Tablo 83. Ağaç Cinsine Göre Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Değerleri

Kontrplak No	Ağaç Cinsi	Eğilme Dir. (N/mm <sup>2</sup> ) x	Elastikiyet Mod. (N/mm <sup>2</sup> ) x
41	Kayın	124,5	10096,0
40	Okume	77,4	7732,6
39	Kavak	75,6	6803,3

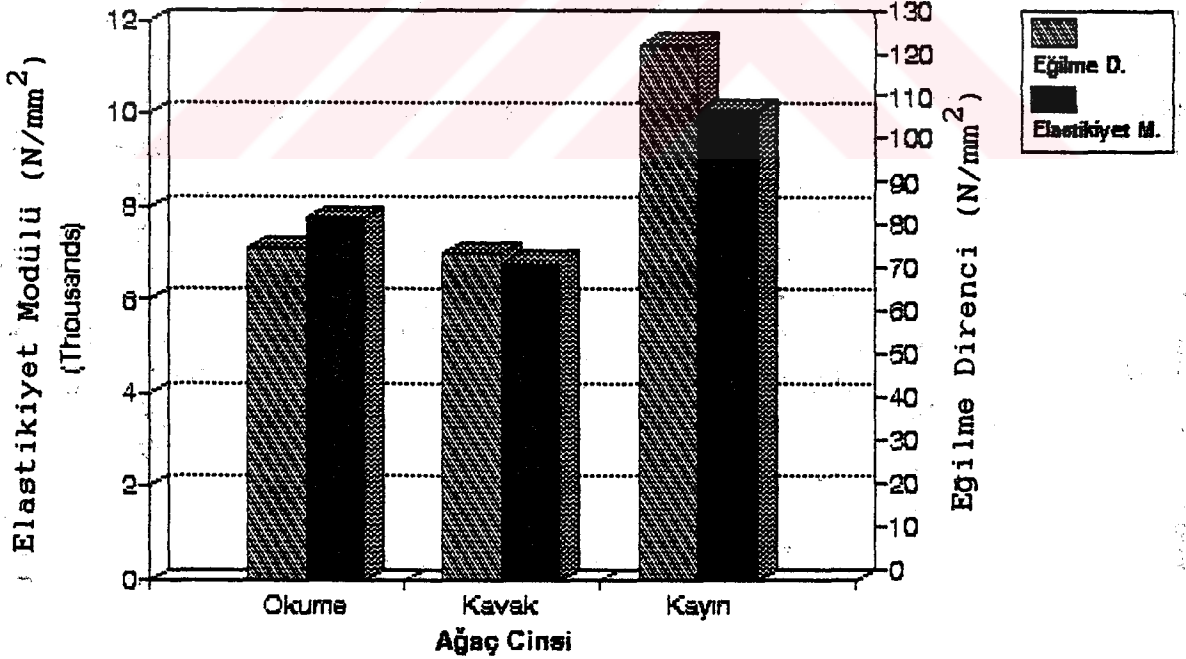
Tablo 84. Eğilme Direncine Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	30765,9	2	15383	455	***
Gruplar içi	1927,3	57	33,81		
Toplam	32693,2	59			

Tablo 84 ve tablo 85 e göre ağaç cinsinin eğilme direnci ve elastikiyet modülüne etkisi 0,001 yanılma ihtimaliyle önemli bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farkların karşılaştırıldığı Duncan testi sonuçları tablo 96c de özetlenmiştir.

Tablo 85. Elastikiyet Modülüne Ağaç Cinsinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Grup. arası	115274012	2	57637006	141	***
Gruplar içi	23300418	57	408779		
Toplam	138574430	59			



Şekil 43. Ağaç Cinsinin Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkisi

#### 4.4.5. Pres Basıncı ve Süresinin Etkisi

Farklı pres basınç ve süreleri ile üretilen deneme kontrplaklarının eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalama değerleri tablo 86 da verilerek, bunlara ilişkin varyans analizleri ise tablo 87 ve tablo 88 de gösterilmiştir.

Tablo 86. Pres Basıncı ve Süresine Göre Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Değerleri

Kontrplak No	Pres Bas. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres Sür. (dak)	Eğilme Dir. (N/mm <sup>2</sup> ) x	Elastikiyet Mod. (N/mm <sup>2</sup> ) x
1	7	6	66,4	7038,8
2	10	6	66,3	7082,9
3	12	6	71,5	7492,1
4	15	6	71,8	7455,1
15	7	4	64,7	6445,0
12	10	4	68,7	7123,1
16	12	4	72,4	7012,1
17	15	4	70,4	7027,6

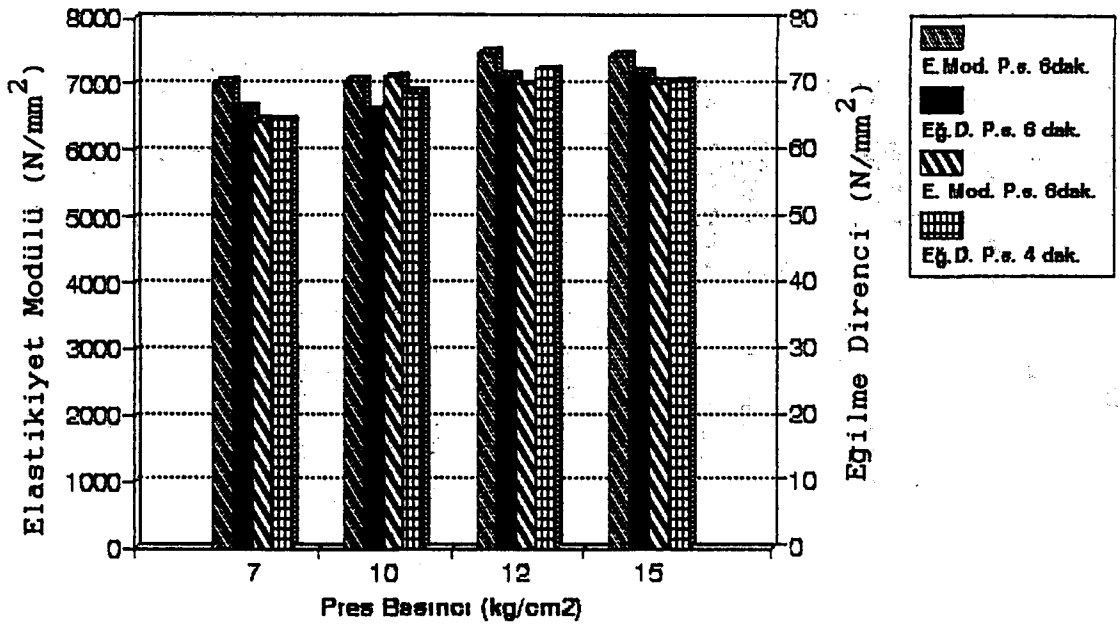
Tablo 87. Eğilme Direncine Pres Basıncı ve Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Pres Basıncı	1063,6	3	354,5	20,4	***
Pres Süresi	4,1	1	4,1	0,24	B.D.
PB x PS	85,1	3	28,4	1,64	B.D.
Hata	2629,1	152	17,3		
Toplam	3781,9	159			

Tablo 88. Elastikiyet Modülüne Pres Basıncı ve Süresinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Pres Bas.	7369640	3	2456546,7	7,124	**
Pres Sür.	4688757,2	1	4688757,2	13,6	***
Hata	52415226	152	334837,0		
Toplam	66753398	159			

Tablo 87 ye göre Pres basıncının eğilme direncine etkisi 0,001 yanılma ihtimali ile önemli bulunurken, pres süresi ve bunun pres basıncı ile olan karşılıklı etkisi 0,05 hata ihtimaliyle farksız bulunmuştur. Pres basıncının elastikiyet modülüne etkisi 0,01, pres süresinin 0,001 yanılma ihtimali ile önemli, varyans kaynaklarının karşılıklı etkileri ise 0,05 hata ihtimali ile farksızdır (tablo 88). Önemli bulunan varyans kaynakları ortalamaları Duncan testi ile karşılaştırılmış ve tablo 96d de özetlenmiştir.



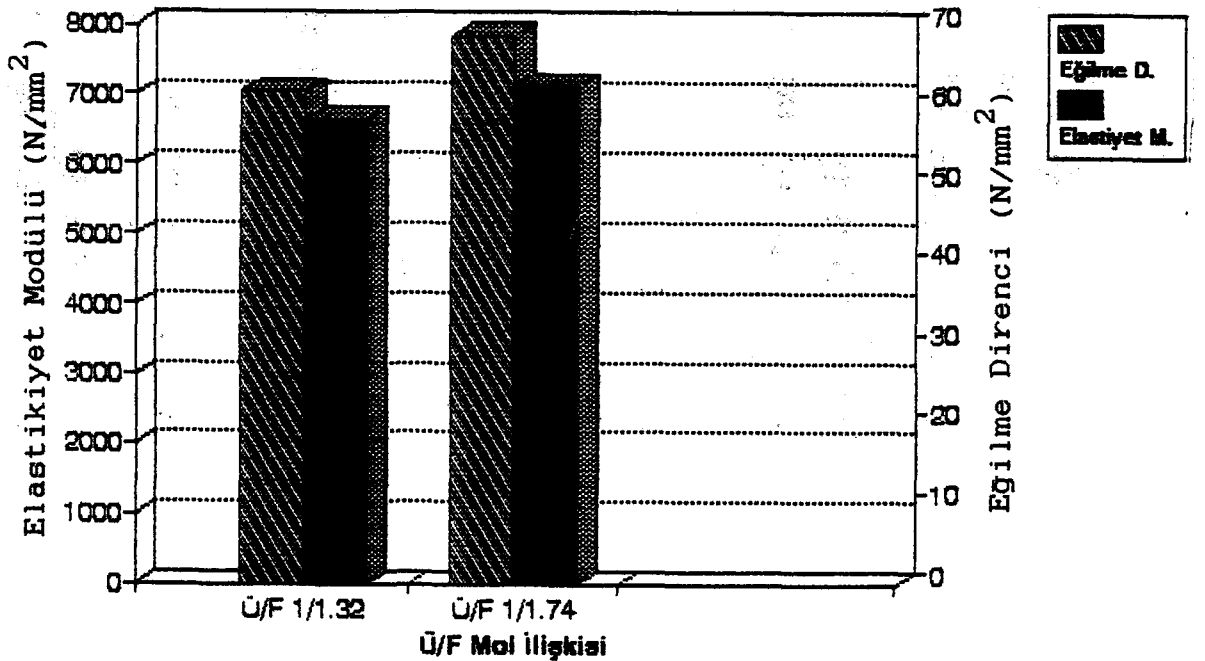
Şekil 44. Pres Basıncı ve Süresinin, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkisi

#### 4.4.6. Ü/F Mol Oranının Etkisi

Bunun için 34 ve 12 nolu kontrplaklara ait ortalama değerler ve t-testi sonucu tablo 89 da gösterilmiştir. Buna göre Ü/F mol oranının kavak kontrplakların eğilme direncine 0,001 ve elastikiyet modülüne etkisi ise 0,01 yanılma ihtimaliyle anlamlı bulunmuştur.

Tablo 89. Ü/F Mol Oranının Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkisine ilişkin t-Testi (n=20)

	1/1.32			(Ü/F)			1/1.74			
	x	S <sup>2</sup>	V	x	S <sup>2</sup>	V	t	Önem		
	(N/mm <sup>2</sup> )			(N/mm <sup>2</sup> )			Hes.	Düz.		
Eğ.D.	61,7	30,7	8,98	68,7	21,5	6,8	4,33	***		
El.M.	6657	250000	7,51	7123	237169	6,8	2.99	**		



Şekil 45. Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Ü/F Oranının Etkisi

#### 4.4.7. Tutkala ilave Edilen Üre ve Katkı Maddesinin Etkisi

Farklı oranlarda katkı maddesi ihtiva eden (%55, %90) ÜF tutkalı karışımına %10 ve %20 oranında (Tutkal katkı madde miktarına göre) üre ilavesiyle üretilen deneme kontrplaklarının tablo 90 da belirtilen eğilme direnci ve elastikiyet modülü ortalamalarının varyans analizi (Tablo 91 ve tablo 92) ile önem düzeyleri belirlenmiş ve varyans kaynaklarının ortalamaları Duncan testi ile karşılaştırılarak sonuçları tablo 96e de gösterilmiştir.

Tablo 90. Üre ilaveli Kontrplaklarda Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Değerleri

Kontrplak No	Katkı Mad. (%)	Üre (%)	Eğilme Dir. (N/mm <sup>2</sup> ) x	Elastikiyet Mod. (N/mm <sup>2</sup> ) x
12	55	0	68,7	7123,1
30	55	10	68,6	7401,4
31	55	20	71,3	8014,5
7	90	0	63,9	6603,8
32	90	10	71,5	7630,4
33	90	20	71,4	7525,4

Tablo 91. Eğilme Direncine Üre ve Katkı Maddesinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

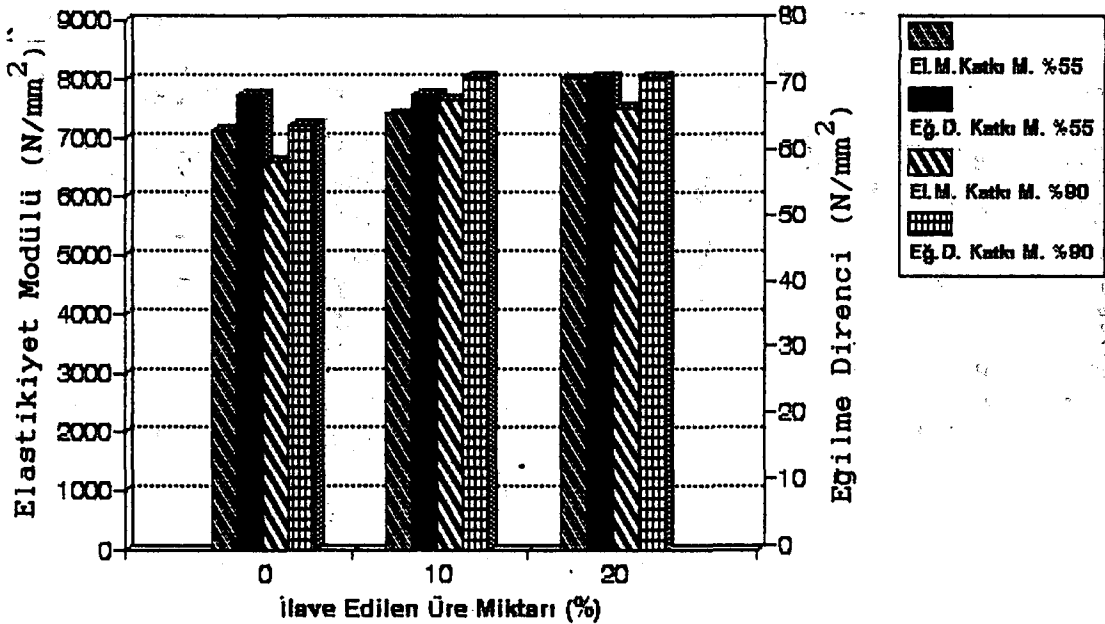
Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Üre	528,5	2	264,2	11,88	***
Katkı Mad.	11,8	1	11,8	0,53	B.D.
Ü x K	292,6	2	146,3	6,57	**
Hata	2536,6	114	22,2		
Toplam	3669,5	119			



Tablo 92. Elastikiyet Modülüne Üre ve Katkı Maddesinin Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Üre	16801955	2	8400977,7	46,14	***
Katkı Mad.	2321746	1	2321746	12,75	***
Ü x K	3753600	2	1876800	13,31	***
Hata	20756440	114	182074		
Toplam	43633742	119			

Tablo 91 e göre üre' nin eğilme direncine etkisi 0,001 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunurken, katkı maddesinin çıkmıştır. oranlardaki ilavesi 0,05 hata ihtimali ile önemsiz bulunmuştur. Üre ile katkı maddesinin karşılıklı etkisi ise 0,01 yanılma ile farklılıklara sahiptir. Tablo 92 ye göre ise, elastikiyet modülü üzerine ana varyans kaynakları ile bunların karşılıklı etkileri 0,001 hata ile farklılıklara sahiptir.



Şekil 46. Üre ve Katkı Maddesi ilavesinin Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkisi

#### 4.4.8. Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisi

Tutkal çözeltisine dolgu maddesi olarak Fındık kabuğu unu (F.K.U), MDF zımpara tozu ve Çam kabuğu ununun (Ç.K.U) %5 ve %10 oranlarında (Tutkal katı madde miktarına göre) ilavesiyle üretilen deneme kontrplakları için hesaplanmış ortalama değerler tablo 93 de gösterilmiştir.

Tablo 93. Dolgu maddesi ilaveli Kontrplaklarda Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Değerleri

Kontrplak No	Dolgu Maddesi		Eğilme Dir. (N/mm <sup>2</sup> )	Elastikiyet Mod. (N/mm <sup>2</sup> )
	Tür	Oran (%)		
12	-	-	68,7	7123,1
20	F.K.U	5	64,1	7059,7
21	F.K.U	10	62,5	7276,5
24	MDF Z.T	5	59,3	6126,4
25	MDF Z.T	10	61,2	6649,7
5	Ç.K.U	5	67,5	7284,0
6	Ç.K.U	10	62,7	6563,0

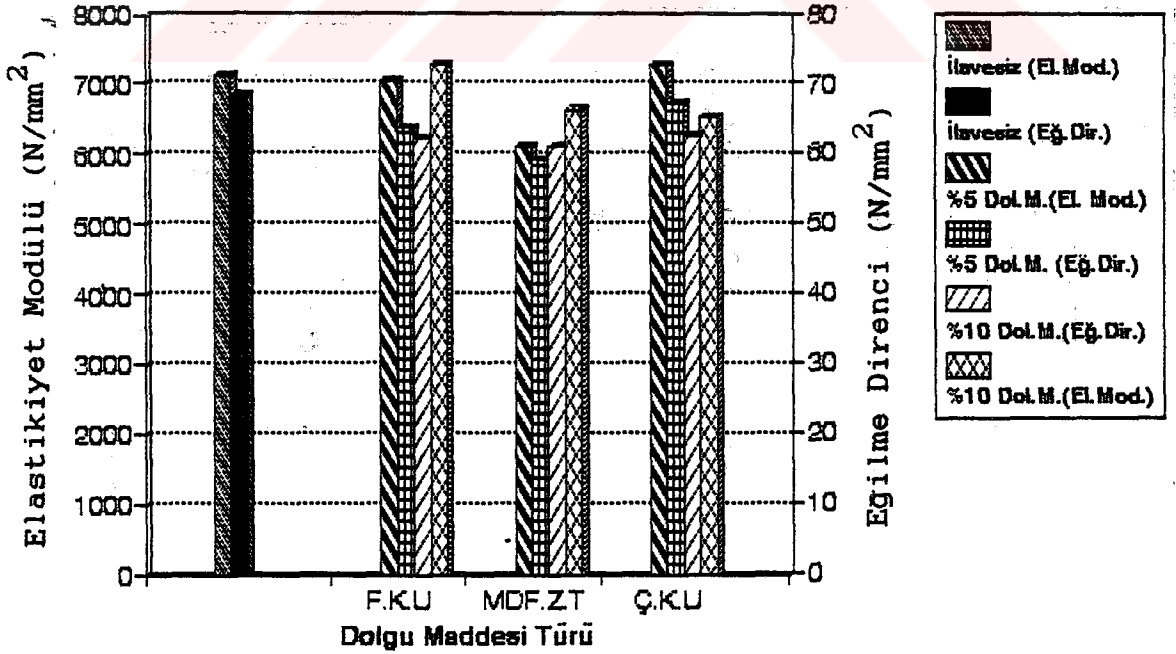
Tablo 94. Eğilme Direncine Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Tür	324,2	2	162,1	10,1	***
Oran	1374,9	2	687,5	42,6	***
T x O	383,5	4	95,9	5,94	***
Hata	2760,5	171	16,1		
Toplam	4843,1	179			

Tablo 95. Elastikiyet Modülüne Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Etkisine İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F-Oranı	Önem Düzeyi
Tür	8488913,3	2	4244456,7	13,71	***
Oran	3522286	2	1761143	5,68	**
T x O	12646385	4	3161596,3	10,2	***
Hata	52988423	171	309873,8		
Toplam	77646007	179			

Tablo 94 ve tablo 95 e göre dolgu maddesi türü ve bunun ilave edilen oran ile yaptığı karşılıklı etkisi 0,001, dolgu maddesi oranının elastikiyet modülü üzerine 0,01, eğilme direncine olan etkisi ise 0,001 hata ihtimaliyle anlamlıdır. Duncan testi sonuçları tablo 96f de verilmiştir.



Şekil 47. Dolgu Maddesi Tür ve Oranının Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülüne Etkisi

Tablo 96.9 Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülüne Etkileri Araştırılan Varyans Kaynakları Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları (P<0.05)\*

Varyans Kaynakları	n	Eğilme Dir. (N/mm <sup>2</sup> )	Elastikiyet Mod. (N/mm <sup>2</sup> )	
a) Dış Tabaka Kayın				
Ağaç Cinsi	Kayın	20	124,5 a	10096,0 a
	Kavak	20	80,6 b	7119,4 b
	Okume	20	72,1 c	7123,2 b
b) Orta Tabaka Kayın				
Ağaç Cinsi	Kayın	20	80,6 a	7119,4 a
	Kavak	20	75,6 b	6800,3 a
	Okume	20	81,1 a	7246,7 a
c) Ağaç Cinsi				
	Kayın	20	124,5 a	10096,0 a
	Kavak	20	75,6 b	6803,3 c
	Okume	20	77,4 b	7732,6 b
d) Pres Bas. ve Sür.				
Pres Basıncı (Kg/cm <sup>2</sup> )	7	40	65,6 a	6752,0 a
	10	40	67,4 b	7103,1 b
	12	40	70,5 c	7241,3 b
	15	40	72,2 c	7307,0 b
Pres Süresi (dak.)	6	80	68,8 a	6929,9 a
	4	80	69,1 a	7272,3 b
e) Üre ve Katkı Mad.				
Üre (%)	0	40	66,3 a	6863,6 a
	10	40	70,1 b	7519,4 b
	20	40	71,2 b	7446,0 b
Katkı Mad. (%)	55	60	68,8 a	7237,2 a
	90	60	69,5 a	7515,4 b

f) Dolgu Mad.

Türü	MDF Z.T	60	63,1 a	6633,2 a
	F.K.U	60	65,1 b	7153,2 b
	Ç.K.U	60	66,3 b	6990,3 b
Oranı	0	60	68,6 a	7123,3 a
(%)	5	60	63,6 b	6823,4 b
	10	60	62,1 c	6829,8 b

\* Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farksızdır.

4.5. Özgül Ağırlık, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü Arasındaki İlişki

Üretilen deneme kontrplaklarının özgül ağırlıkları ile eğilme direnci ve eğilme direnci ile elastikiyet modülü arasındaki ilişki regresyon analizi ile araştırılmış ve sonuçlar tablo 97 ve şekil 48 ile tablo 98 ve şekil 49 da gösterilmiştir.

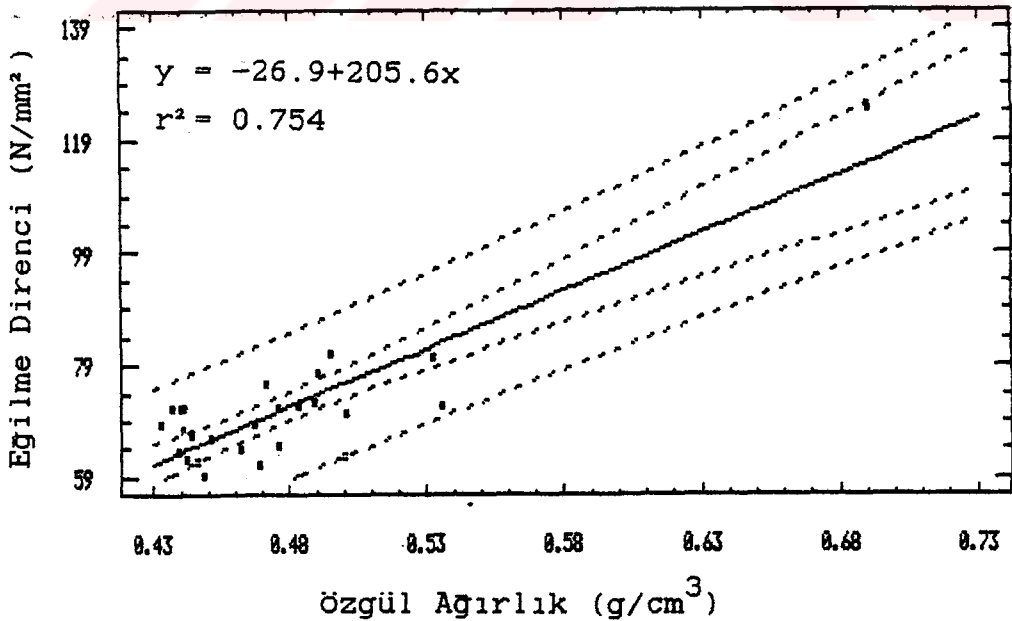
Tablo 97. Deneme Kontrplaklarının Özgül Ağırlıkları ile Eğilme Dirençleri Arasındaki Bağlantıya İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F Oranı	Önem Düzeyi
Regrasyon	2854,98	1	2854,98	73,45	***
Hata	932,90	24	38,87		
Toplam	3787,89	25			

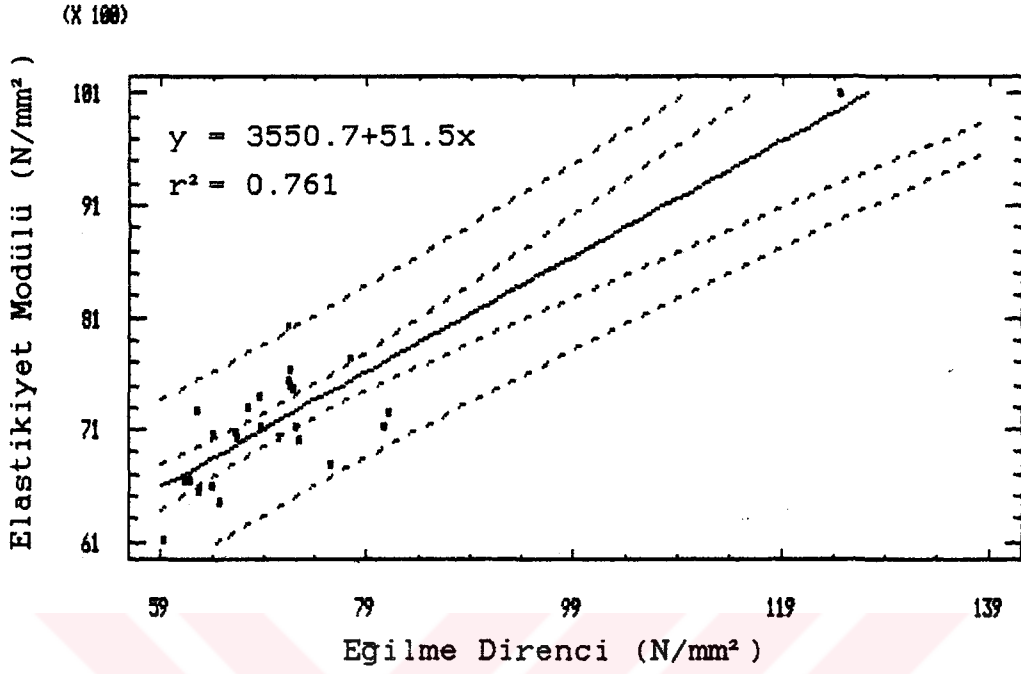
Tablo 98. Deneme Kontrplaklarının Eğilme Direnci ile Elastikiyet Modülleri Arasındaki Bağıntıya İlişkin Varyans Analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	Ortalama Kareler	F Oranı	Önem Düzeyi
Regrasyon	10054577	1	10054577	76,55	***
Hata	3152283,3	24	131345,1		
Toplam	13206861	25			

Bu sonuçlara göre özgül ağırlık ve eğilme direnci ile eğilme ve elastikiyet modülü arasında doğrusal bir bağıntı vardır. Çünkü hesaplanan F değerleri her iki tablo için 0,001 yanılma ihtimali ile anlamlı bulunmuştur. Ayrıca özgül ağırlıkla eğilme direnci arasındaki korelasyon katsayısı  $r=0,868$ , eğilme direnci ile elastikiyet modülü arasındaki korelasyon katsayısı ise  $r=0,873$  olarak hesaplanmıştır.



Şekil 48. Deneme Kontrplaklarının Özgül Ağırlıkları ile Eğilme Direnci Arasındaki İlişki



Şekil 49. Deneme Kontrplaklarının Eğilme Dirençleri ile Elastikiyet Modülü Arasındaki İlişki

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İnce levhalardan üretilmiş kontrplaklardan ayrılan formaldehit oranı kalın levhalardan üretilenlere göre daha fazla bulunmaktadır . Bu durum, iki şekilde açıklanabilir. Birincisi, WKI yönteminde 25 x 25 mm boyutlarındaki yaklaşık 15 gr. olan örneklerin, ince levhalardan üretilmesi durumunda, levhanın birim ağırlığı içerisindeki tutkal oranı kalın levhalardan üretilenlere göre daha fazla olmakta ve böylece ayrılan formaldehit miktarı artmaktadır. Bu sonuç perfarotor yöntemi kullanılması durumunda da görülebilir. Çünkü her iki yöntemde ayrılan formaldehit tam kuru levha ağırlığına oranlanmaktadır. İkinci durum levhaların üretildiği ağacın porozitesi ile ilgili olup kalınlık azaldıkça yüzeylerden çıkan formaldehitin fazla olmasıyla izah edilebilir. Porozite ile formaldehit ayrışması arasındaki ilişki, gaz analizi yöntemi uygulanarak, ayrı bir çalışmada incelenebilir.

Bu çalışmada levha kalınlığının kontrplak özgül ağırlığına etkisi önemli görülmemekle birlikte, levha kalınlıkları arasındaki farkın artmasıyla değişme gösterebilir. Kontrplakların birim hacmi içerisinde, ağacın cinsine bağlı olarak levha kalınlığı azaldıkça, özgül ağırlığı yüksek olan tutkalın, ağırlık itibarıyla oduna oranı artacaktır.

Kalın levhalardan üretilen kontrplakların çekme-makaslama direnci klimatize edilmiş örneklerde yüksek bulunurken soğuk suda bekletilmiş örnekler arasında fark bulunamamıştır. Özen, (10) Levha kalınlığının, özellikle Kayın gibi sert ağaçlarda yapışma direncini etkileyeceğini bildirmekte ve bu hususun kalın levhaların daha çok soyma ve kurutma hatalarına sahip olmasıyla ilgili olduğunu ifade ederek, ayrıca kalın levhaların hatasız soyulabildiği kızılçam için aynı ilişkinin geçerli olmadığını belirtmektedir. Buna göre, levha kalınlığının yapışma direncine etkisi, kontrplakın üretildiği ağacın cinsine göre değişme gösterebilir. Kalın levhalardan üretilen kontrplakların eğilme direnci ince levhalardan üretilenlere



göre düşüktür. Sonuçlar kayın ve kızılağaç kontrplakları için literatürde (10) verilen değerlere benzerlik göstermektedir. Eğilmede elastiklik modülüne, kavak kontrplaklarda, levha kalınlığının belirgin bir etkisi görülmemiştir. Kontrplaklarda formaldehit ayrışması üzerine ağaç cinsinin etkisi belirgin olup kavak kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarı okume ve kayın kontrplaklarına göre oldukça fazladır. Bu durum, presleme sırasında odun türlerine bağlı olarak, kaplama levhaların kimyasal yapısında meydana gelen değişmelerle açıklanabilir. Pres sıcaklığının tesiri ile odundan asetil grupları ayrılırken asetik asit ortaya çıkmaktadır (72). Bu ise formaldehiti bağlayıcı bir etki yapmaktadır. Kayındaki asetil grupları (% 4.5 - 7.1), okume (% 2.4 - 4.5) ve kavakdan (% 2.9 - 3.0) daha yüksektir. Bunun yanında kontrplak yüzeylerinden ayrılan formaldehit miktarı; dış tabakanın üretildiği ağacın, anatomik yapısı, porozitesi ve difüzyon direncine bağlı olabilir. Özellikle dış tabaka ağaç cinsinin etkisi için bulunan ortalama değerler bu sonucu desteklemektedir. (Tablo 29e ve Şekil 14).

Kontrplakların özgül ağırlıkları önemli oranda üretildiği odun türünün özgül ağırlığına bağlıdır. Buna göre, özgül ağırlığı kavak ve okume ye göre daha fazla olan kayın' dan yapılan kontrplakların özgül ağırlığı diğerlerinden yüksek bulunmuştur. Böylece dış ve orta tabakaları oluşturan levhanın üretildiği ağaç cinsine bağlı olarak kontrplakların özgül ağırlıkları değişecektir.

Üretilen deneme kontrplakları için hesaplanan çekme-makaslama dirençleri Türk (TS) ve Alman (DIN) standartlarında belirtilen minimum değerlerin üzerinde bulunmuştur. Araştırma sonucuna göre kayın kontrplakların çekme-makaslama direnci, okume ve kavakdan, kavağın ise okume kontrplaklarından daha yüksektir (Şekil 30, tablo 76c). Bu sonuç, çalışmada kullanılan ağaç cinslerinden kayının, kavak ve okumeden daha yüksek özgül ağırlığa sahip olmasıyla açıklanabilir. Literatürde de belirtildiği gibi odunun özgül ağırlığı arttıkça yapışma direnci artmaktadır (34-37). Diğer taraftan dış tabaka ağaç cinslerinin etkilerinin karşılaştırıldığı kontrplaklarda da kayın dış tabakalı kontrplaklar daha yüksek, okume olanlar ise

en düşük yapışma direncini vermişlerdir (Şekil 28, Tablo 76a). Bunun yanında orta tabaka ağaç cinsi için yapılan değerlendirmede orta tabakaları okume ve kavak olan kontrplakların çekme-makaslama dirençleri arasında fark görülmezken , orta tabakası kayın olan kontrplakların çekme-makaslama direnci diğerlerinden daha yüksektir.

Bu çalışmada kayın kontrplakların eğilme direnci ve elastikiyet modülü, kavak ve okume kontrplaklarından daha yüksek bulunurken en düşük sonuçlar kavak için elde edilmiştir. Buna göre kontrplağın üretildiği ağaç cinsinin eğilme direnci ile kontrplakların eğilme direnci arasında önemli bir ilişki olduğu söylenebilir. Orta tabakası okume ve kayın olan kontrplakların eğilme direnci ve elastikiyet modülü, orta tabakası kavak olandan, dış tabakası kayın olan kontrplaklar ise diğerlerinden daha yüksek eğilme direnci ve elastikiyet modülüne sahiptir.

Pres basıncı ve süresinin artmasıyla kavak kontrplaklardan ayrılan formaldehit miktarı azalmaktadır. Buna sebep olarak,pres süresinin uzamasıyla, odunun kimyasal yapısındaki değişmelerin artması ve presleme esnasında açığa çıkan formaldehidin fazla olması, gösterilebilir. Böylece üretimden sonra ayrılan formaldehit oranı, kısa süre preslenmiş kontrplaklara göre daha az olacaktır. Pres basıncının artmasıyla özgül ağırlık artmaktadır . Bu husus, basınç ile oluşabilecek kalınlık kayıpları ile izah edilebilir. Araştırma sonuçlarına göre 4 dakikalık pres süresiyle üretilen kontrplakların özgül ağırlığı, pres süresi 6 (dak.) olanlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Araştırma sonuçlarına göre eğilme direnci ve elastikiyet modülü, artan pres basıncı ile artış göstermiştir. Ayrıca soğuk suda bekletilmiş örneklerin çekme-makaslama direncine, pres basıncı ve süresinin önemli etkisi bulunmamış fakat kondisyonlandıktan sonra denenen örneklerin yapışma dirençleri, pres basıncına bağlı olarak artmıştır.

Ü/F mol ilişkisi yonga levhalarda olduğu gibi kontrplaklardaki formaldehit emisyonuna da önemli oranda etki etmiş ve  $\frac{Ü}{F} = 1/1.32$  olan ÜF ile üretilen kontrplaklardan

ayrışan formaldehit miktarı  $\dot{U}/F = 1/1.74$  olan  $\dot{U}/F$  ile üretilenlerden çok daha az çıkmıştır. Bunun yanında kontrplak depolama süresinin uzamasıyla ayrışan formaldehit miktarındaki azalma formaldehitce zengin  $\dot{U}/F$  tutkalı ile üretilmiş kontrplaklar için daha fazla bulunmuştur.  $\dot{U}/F$  oranı 1/1.74 olan tutkalla üretilen kontrplakların özgül ağırlıkları,  $\dot{U}/F$  oranı 1/1.32 olan  $\dot{U}/F$  ile üretilmiş kontrplaklardan daha yüksektir.  $\dot{U}/F$  oranı kontrplakların çekme-makaslama direncine etkili, olmamış ancak formaldehit oranı yüksek  $\dot{U}/F$  ile üretilen kontrplakların eğilme direnci ve elastikiyet modülü, formaldehit oranı düşük olan tutkalla üretilenden daha düşük olmuştur.

$\dot{U}/F$  tutkalına ilave edilen katkı maddesi (Buğday unu) oranının % 18 den % 90 a çıkarılmasıyla, formaldehit emisyonunda % 21 lik bir azalma görülmüştür. Bu sonuç, Tutkal çözeltisi içindeki  $\dot{U}/F$  katı madde oranının azalmasıyla izah edilebilir. Ayrıca katkı maddesi oranının % 55 den % 90 a çıkarılmasıyla özgül ağırlıkta çok az miktarda bir azalma söz konusu olmaktadır. Çekme-makaslama direnci, artan katkı maddesi oranı ile, kuru denenen örnekler için artarken, soğuk suda beklemiş örnekler için azalmıştır. Bu durum kontrplaklarda katkı maddesi miktarının artmasıyla yapışma direncinin her zaman artış göstereceği şeklinde yorumlanmamalıdır. Bu sonuç çalışmada kullanılan ağaç cinsi (kavak) ve pres şartları için geçerli olup, özellikle odunun porozitesi ve kaplama yüzeyinin pürüzlülüğü ile yakından ilgilidir. Ayrıca Tutkal çözeltisindeki katkı maddesinin % 55 oranından % 90 a artırılmasıyla eğilme direnci ve elastikiyet modülünde azalma görülmüştür.

Üre ilaveli  $\dot{U}/F$  ile üretilen kontrplaklardan ayrışan formaldehit önemli oranda azalmış, bu azalma üre oranı arttıkça daha fazla gerçekleşmiştir. Ayrıca üre ilavesi kontrplakların özgül ağırlıklarında az miktarda azaltmıştır.  $\dot{U}/F$  tutkalına üre ilavesi çekme-makaslama direncini, % 90 katkı maddeli kontrplaklarda etkilememekte, % 55 oranında katkı maddesi ilaveli  $\dot{U}/F$  ile üretilmiş kontrplaklarda ise azaltıcı etki yapmaktadır. Ürenin, tutkal katı madde miktarına göre % 10 ve %

20 oranında ilavesiyle, özellikle % 90 katkı maddeli tutkal karışımıyla üretilmiş kontrplaklarda, eğilme direnci ve elastikiyet modülü önemli oranda artmıştır.

Dolgu maddesi olarak çam kabuğu unu ilaveli ÜF tutkalı ile üretilmiş kontrplakların formaldehit emisyonu, artan pres süresi ile azalma göstermiştir. Bu husus 90 gün devam eden depolama sonunda daha belirgin olarak tesbit edilmiştir. Diğer taraftan bu durumda çekme-makaslama direnci önemli oranda artmıştır .

Tutkal çözeltisine ilave edilen melamin, formaldehit emisyonunu az miktarda düşürmüş, artan depolama süresi bakımından diğer kontrplak tipleri ile karşılaştırıldığında, formaldehit emisyonundaki azalma önemli oranlarda olmamıştır. Melamin ilavesinin, klimatize edildikten sonra denenen örneklerin çekme-makaslama direncine etkisi görülmemiş, soğuk suda bekletilen örneklerin çekme-makaslama direncini az miktarda artırmıştır .

Dolgu maddesi olarak kullanılan çam (Pinus silvestris) kabuğu unu ile yonga levha ve MDF zımpara tozlarının formaldehit emisyonu üzerine önemli etkileri görülmemiş fakat fındık kabuğu ununun formaldehit emisyonunu çok az oranda artırdığı gözlenmiştir . Ayrıca dolgu maddesi oranının % 10 dan % 20 ye çıkarılmasıyla ayrışan formaldehit miktarında önemsiz miktarda azalma meydana gelmiştir. MDF ve yonga levha zımpara tozları odun yanında ÜF ve parafin gibi maddelerde ihtiva ettiklerinden ekstraksiyon işlemleri uygulanmamıştır. Dolgu maddesi ilavesi özgül ağırlığı azaltırken ve dolgu maddesi türleri arasında önemli bir etki görülmemiştir . Çam kabuğu unu ilavesi kontrplakların yapışma direncine etki etmezken, diğer dolgu maddesi türleri özellikle MDF zımpara tozu çekme-makaslama direncinin azalmasına neden olmuştur . Dolgu maddesi oranının artması yapışma direncini azaltmıştır. Eğilme direnci ile elastikiyet modülü dolgu maddesi ilavesiyle azalmış, bu azalma MDF zımpara tozunun kullanıldığı kontrplaklarda daha belirgin olmuştur. Dolgu maddesi türleri arasında çam kabuğu unu ilaveli kontrplakların eğilme direnci ve elastikiyet modülü daha yüksek çıkmıştır.

Yapılan regrasyon analizlerine göre kontrplak özgül ağırlığı ile eğilme direnci, eğilme direnci ile elastikiyet modülü arasında doğru orantılı bir ilişki olduğu tesbit edilmiştir.

Sonuç olarak, ayrışan formaldehit miktarı, kayın kontrplaklarda kavak ve okume kontrplaklarına göre daha düşüktür. Ayrıca levha kalınlığı ve katkı maddesi oranı ile pres süresi ve basıncının artması, üre ve melamin ilavesi yanında formaldehit oranı düşük ÜF tutkalının kullanılması ve kontrplak depolama süresinin uzaması formaldehit emisyonunu azaltıcı etki yaparken, dolgu maddesi türlerinin önemli bir etkisi görülmemiştir. Diğer taraftan kayın levhaların kullanıldığı kontrplakların özgül ağırlık, çekme-makaslama ile eğilme direnci ve elastikiyet modülü diğer kontrplak tiplerinden yüksek bulunmuştur. Pres basıncı ve süresinin artması, belirtilen özellikler üzerine olumlu etki yaparken, üre ilavesi çekme-makaslama direnci ile özgül ağırlığı azaltmış, eğilme direnci ve elastikiyet modülünü artırmıştır. Katkı maddesi oranının artması kavak kontrplakların yapışma direncini kuru olarak denenen örnekler için artırırken, özgül ağırlığı azaltmış, eğilme direnci ile elastikiyet modülünü etkilememiştir. Dolgu maddesi tür ve oranın özgül ağırlığa etkisi olmazken, dolgu maddesi oranının artması çekme-makaslama ile eğilme direnci ve elastikiyet modülünü azaltmış, çam kabuğu ununun dolgu maddesi olarak kullanılması durumunda ise çekme-makaslama direncinde önemli bir değişme göstermemiştir.

## 6.KAYNAKLAR

1. Nimz, H.H., Probleme, Kenntnisse und Hoffnungen zum Thema " Holzstaub", Holz als Roh und Werkstoff, 46 (1986) 117-121.
2. Kubel, H., Weißmann, G., Lange, W., Untersuchungen zur Cancerogenität von Holzstaub, die Extractstoffe von Buche und Fichte, Holz als Roh- und Werkstoff, 46 (1988) 215-220.
3. Noack, D. Zur Frage einer Krebserregenden Wirkung von Holzstaub und daraus resultierende Auswirkungen für die Spanplattenindustrie, FESYP Tech. Conf. München, Deutschland, 10-11 März 1987, 78-86.
4. Roffael, E., Voruntersuchungen über die Abgabe von flüchtigen Säuren aus Holzspanplatten, Adhäsion, 32, 12, (1988) 21-29.
5. Roffael, E., Abgabe von flüchtigen organischen Säuren aus Holzspanen und Holzspanplatten, Holz als Roh- und Werkstoff 47 (1989) 447-452.
6. TS 2128, Kontrplak, Terimler ve Tarifler, TSE Ankara 1975.
7. ASTM 907, Standart definitions of terms relating to adhesives, ASTM, Philadelphia, 1982.
8. Sellers, T., Plywood and Adhesive Technology, Marcel Dekker Inc., New York, 1985.
9. DIN 68708, Sperrholz-Begriffe, DIN, Berlin, 1976.



10. Özen, R., Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar, K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayın No : 9, Trabzon, 1981.

11. Lutz, J.F., Wood Veneer; Log Selection, Cutting and Drying, U.S. Dep. Agric., Tech. Bull. No 1577, Madison, 1977.

12. Göker, Y., Türkiyede Kontrplak, Kontrtabla ve Yonga Levha Sanayii Gelişme Olanakları, Bu Malzemelerin Teknolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar. İ.Ü. Orm. Fak. Yayın No 3243/367, İstanbul, 1984.

13. Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orm. Fak. Yayın No 3401/378, İstanbul, 1986.

14. Roffael, E., Die Formaldehydabgabe von Spanplatten und anderen Werkstoffen, DRW Verlag, Stuttgart, 1982.

15. Wallace, P.D., Urea-Formaldehyde Resins, Nonnomen Binders; Chemistry and Use Seminar, Tappi Press, Atlanta, Georgia, 1983.

16. Örs, Y., Kama Dişli Birleştirmeli Masif Ağaç Malzemedeki Mekanik Özellikler, K.Ü., Orman Fak. Yayın No 112/11 Trabzon, 1987.

17. Gardner, D.J., Sellers, T.Jr., Formulation of a Lignin based Plywood Adhesive from Steam-Explosed Mixed Hardwood Lignin, For. Prod. J., 36, 5 (1986) 61-67.

18. Deppe, H.J., Ernst, K., Taschenbuch der Spanplatten-technik, 2. Auflage, DRW-Verlag, Leinfelden, 1982.

19. Dix, B., Marutzky, R., Tanninformaldehydharze als Bindemittel für Holzwerkstoffe, WKI-Bericht No 18, Braunschweig, 1987.

20. Pizzi, A., Scharfetter, H., Kes, E.W., Adhesives and Techniques Open New Possibilities for the Wood Processing Industry, Part 1: Experience with Tannin Based Adhesives. Holz als Roh- und werkstoff, 39 (1981). 85-89.

21. Long, R., Quebrachoholz als Quelle für natürliche Bindemittel, Adhäsion, 5 (1991) 37-39.

22. Huş, S., Ağaç Malzeme Tutkalları, i.Ü. Orm. Fak. yayın No 2337/242, Istanbul, 1977.

23. Kollmann, F., Furniere, Lagenhölzer und Tischlerplatten, Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1962.

24. Plath, L., Streckmittel bei der Harnstoffharzverleimung, Adhäsion, 11/12, (1970) 1-10.

25. Robertson, J.E., Robertson, R.R.P., Review of Filler and Extender Quality Evaluation, For. Prod. J., 27, 4 (1977) 30-38.

26. Robertson, J.E., Plant-site Observations of Asian Plywood Glue Extender, For. Prod. J., 24, 11 (1974) 35-41.

27. Strickler, M.D., Sawyer Jr, E.W., Attapulgate Clay- a Filler for Exterior Plywood Adhesives, For. Prod. J., 24, 11 (1974) 17-22.

28. ASTM, Standard Definitions of Terms Relating to Adhesives, Standard D-907, 1982.

29. Knudson, R.M., Stout, R.M., Rogerson, D.E., Plywood Glue Extender from Particleboard Sander Dust, For. Prod. J., 28, 9 (1978) 44.



30. Deulieger, F., Becerra, L., Sanding Dust as Fillers for Urea-Formaldehyde Resin in Plywood Industry, Holzforschung und Holzverwertung, 39, 6 (1987) 144.

31. Chauan, B.R.S., Pine Needles as Filler and Extender for Phenol-Formaldehyde Resin in Plywood Making, Holzforschung und Holzverwertung, 33, 6 (1981) 118-119.

32. Kollmann, F., Kuenzi, E., Stamm, A.J., Principles of Wood Science and Technology II, Wood Based Materials, Springer Verlag, New York, Berlin, 1975.

33. Faust, T.D., Rice, J.T., Veneer Surface Roughness on Gluebond Quality in Southern Pine Plywood, For. Prod. J., 36, 4 (1986) 57-62.

34. Namara, U.S.Mc., Waters, O., Comparison of the Rate of Glue-line Strength Development for Oak and Maple, For. Prod. J., 20, 3 (1970) 34-35.

35. Guiher, J.K., Methylphenol-Formaldehyde Resin as an Adhesive for Wood, For. Prod. J., 20, 5 (1970) 21-23.

36. Freeman, H.A., Relation Between Physical and Chemical Properties of Wood and Adhesion, For. Prod. J., 9, 7 (1959) 39-43.

37. Chow, S., Chunsi, K.S., Adhesion Strength and Wood Failure Relationship in Wood-Glue Bonds, Mokuzai Gakkaishi, 25, 2 (1979) 125-131.

38. Öktem, E., Kontrplaklarda Yapışma Direncinin Saptanması, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Yayın No 33, Ankara, 1975.

39. Chen, C.M., Rice, J.T., Veneer and Assembly Condition Affects on Bond Quality in Southern Pine Plywood, For. Prod. J., 23, 10. (1973) 46-49.

40. Jordan, D.L., Wellons, J.D., Wettability of Dipterocarp Veneers, Wood Science, 10, 1 (1977) 22-27.

41. Freeman, H.G., Influence of Production Variables on Quality of Southern Pine Plywood, For. Prod. J., 20, 12 (1970) 28-31.

42. Wellons, J.D., Krahmer, R.L., Sandoe, M.D., Jokerst, R.W., Thickness Loss in Hot-Pressed Plywood, For. Prod. J., 33, 1, 1983, 27-34.

43. FESYP., (Europäische Föderation der Verbände der Spanplattenindustrie) Untersuchungen über Formaldehyd, Teil 2-neue Überarbeitung Anwendungstechnische Empfehlungen, Giessen, 1982.

44. Klug, L., Bestimmung der Formaldehyd - Ausgleichkonzentration, Die sich durch vorhandene Holzwerkstoffe, Lacke und sonstige formaldehydemittierende Werkstoffe bei Raumtemperatur einstellt, "zur Messung von Formaldehyd-Methoden, Erkenntnisse und Erfahrungen", 1988, Braunschweig, Wilhelm Klauwitz Institut-Bericht No 19, 45-60.

45. Deppe, H.J., Regelungen zur Erfassung und Vermeidung von Formaldehydabgaben, "Möbel und Formaldehyd", 21/22 February 1990, Wilhelm Klauwitz Institut, Braunschweig, Tagungsband, 1-20.

46. Roffael, E., Rauch, W., Bismarck, C.v., Formaldehydabgabe und Festigkeitsausbildung bei Verleimung von Eichenholzspänen mit Harnstoff-Formaldehydharzen, Holz als Roh- und

47. Boehme, C., Roffael, E., Wirksamkeit verschiedener Herstellungsverfahren formaldehydarker Spanplatten, Adhäsion, 32, 10 (1990) 38-45.
48. Lehnert, H., Techniken und Klebstoffe zur Formaldehydarmen Furnierverleimung, Möbel und Formaldehyd, 21/22 February 1990, Wilhelm Klauditz Institut, Braunschweig, Tagungsband, 231-242.
49. Kurtoğlu, A., Uçar, H., Orman Ürünleri Sanayisinde Formaldehit Ayrışması ve Çevre Sağlığına Etkileri. f.Ü. Orman Fak. Dergisi, 35-B, 3 (1985) 27-36.
50. TS 4894, Odun lifi ve yonga levhalar-Ekstrakte edilebilen formaldehit tayini, TSE, Ankara, 1986.
51. DIN 52368, Prüfung von Spanplatten, Bestimmung der Formaldehydabgabe durch Gasanalyse, DIN, Berlin, 1984.
52. Roffael, E., Messung der Formaldehydabgabe Praxisnahe Methode zur Bestimmung der Formaldehydabgabe harnstoffharzgebundener Spanplatten, Holz-Zentralblatt, 101 (1975) 1403-1404.
53. Sundin, B., Roffael, E., Bestimmung der Formaldehydabgabe von Holzwerkstoffen nach der Flaschenmethode, Holz-Zentralblatt, 37/38 (1991) 597-598.
54. DIN EN 120, Spanplatten, Bestimmung des Formaldehyd-gehalts, DIN, Berlin, 1984.
55. Menzel, W., Marutzky, R., Mehlhorn, L., Formaldehyd Meßmethoden, Wilhelm Klauditz Institut-Bericht No 13, Braunschweig, 1981.

56. Marutzky, R., Flentge, A., Mehlhorn, L., Zur Messung der Formaldehydabgabe von Holzwerkstoffen, Baustoffen und Möbeln mittels der 1 m<sup>3</sup>-Kammer-Methode, Holz als Roh- und Werkstoff, 45 (1987) 339-343.

57. Paulitsch, M., Methoden der Spanplattenuntersuchung, Springer-Verlag, Berlin, 1986.

58. Mehlhorn, L., Normierungsverfahren für die Formaldehydabgabe von Spanplatten. Teil 1. Möglichkeiten der Ausdehnung auf andere Produkte, Adhäsion, 29, 6 (1986) 27-33.

59. Roffael, E., Formaldehydbestimmung nach der WKI-Flaschen-Methode und hiervon abgeleiteten Verfahren, Holz als Roh- und Werkstoff, 46 (1988) 369-376.

60. Sundin, B., Can the Perferatör Method be replaced? Zur Messung von Formaldehyd - Methoden, Erkenntnisse und Erfahrungen, 1988, Brunschweig, Wilhelm Klauditz Institut-Bericht No 19, 107-155.

61. JIS A 5908, Particleboards, Japanese Industrial Standard, 1986.

62. FTM-1, Small scale test method for determining formaldehyde emission from wood products, two hour desiccator test, Hardwood Plywood Manufacturers Association, Virginia, 1983.

63. Sachsse, H., Mohrdiek, O., Vergleichende Untersuchungen technologisch wichtiger Holzeigenschaften der Schwarzpappelhybriden " Tannenhoeft, I 45/51, und Harff", Holz als Roh- und Werkstoff, 38 (1980) 285-297.

64. Göker, Y., Kurtoğlu, A., Maun Yerine Kullanılabilen Afrika Ağaç Türleri. i.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 37-B (1987) 23-37.

65. DIN 52374, Prüfung von Sperrholz, Bestimmung von Rohdichte, DIN, Berlin, 1977.

66. Örs, Y., Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Notları, 1. Kısım, Odunun Fiziksel Özellikleri, K.Ü. Orm. Fak., Ders Teksirleri Serisi No: 11, K.Ü. Basımevi, Trabzon, 1986.

67. T 610 om 92, Preparation of indicators and standard solutions, Tappi, 1992.

68. DIN 53255, Prüfung von Holzleimen und Holzverleimungen; Bestimmung der Bindefestigkeit von Sperrholzleimungen (Furnier- und Tischlerplatten) im Zugversuch und im Aufstechversuch, DIN, Berlin, 1964.

69. TS 47, Kontrplak yapışma dayanımının tayini, TSE, Ankara, 1981.

70. TS 3969, Kontrplak eğilme dayanımının ve elastiklik modülünün tayini, TSE, Ankara, 1983.

71. DIN 52371, Prüfung von Sperrholz; Biegeversuch, DIN, Berlin, 1968.

72. Poplete, H.W., Veränderungen in Holzspänen während der Trocknung und des Pressens zu Holzspanplatten, Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Forstlichen Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen, 1983.

## ÖZGEÇMİŞ

(Gürsel ÇOLAKOĞLU)

1960 yılında Trabzon'da doğdu. 1977 yılında Affan Kitapcıoğlu lisesini tamamladı. 1978-1979 yıllarında Kayseri DMMA Makine Mühendisliği bölümünde okudu, aynı yıl K.T.Ü Orman Endüstri-Bölümünü kazanarak lisans eğitimini tamamladı. 1985-1987 yıllarında İ.T.Ü, Düzce MYO orman ürünleri bölümüne öğretim görevlisi olarak çalıştı. 1987 yılında K.T.Ü Orman Fakültesinde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 1993 yılında, aynı kurumda öğretim görevlisi olarak atandı. Ocak-1990 da K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsün de Yüksek lisansını tamamladı. Almanya'da odun levhalarından formaldehit ve asit emisyonu konusu ile ilgili çalışmalarda bulundu. Almanca ve İngilizce bilir.