

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**EMPRENYE EDİLMİŞ YONGALARDAN ÜRETİLEN YONGALEVHALARIN**  
**BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Orman Endüstri Yük. Müh. Ahmet Ali VAR**

**Ağustos 2000**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**EMPRENYE EDİLMİŞ YONGALARDAN ÜRETİLEN YONGALEVHALARIN**  
**BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

**Orman Endüstri Yük. Müh. Ahmet Ali VAR'a**  
**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**“Doktor”**

**Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22.08.2000**

**Tezin savunma Tarihi : 26.10.2000**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ümit C. YILDIZ**

**Jüri Üyesi : Prof. Dr. Yener GÖKER**

**Jüri Üyesi : Doç. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Asım KADIOĞLU**

**Trabzon 2000**

## ÖNSÖZ

“Emprenye Edilmiş Yongalardan Üretilen Yongalevhaların Bazı Teknolojik Özellikleri” adlı bu çalışma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

DPT tarafından 97.113.001.2 proje kod numarası ile desteklenen bu çalışma, KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Doktora tez danışmanlığımı üstlenerek, gerek konu seçimi, gerekse çalışmaların planlanmasında bilimsel desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Ümit C. YILDIZ’a şükranlarımı sunarım. Araştırmanın yürütülmesinde bilimsel desteğini esirgemeyen, çalışmanın her aşamasında bilgi ve görgüsünden yararlanmama imkan tanıyan sayın hocam Doç. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU’na teşekkür etmeyi zevkli bir görev bilirim. Ayrıca, yapıcı eleştirilerinden faydalandığım sayın hocalarım Prof. Dr. Yener GÖKER ve Doç. Dr. Erol ÖKTEM’e çok teşekkür ederim.

Levhaların üretiminde kullanılan yonga, tutkal ve sertleştiricinin, ORMA Orman Mahsulleri Entegre Sanayi ve Ticaret A.Ş.’den temininde ve fabrikanın kalite kontrol laboratuvarında yapılan bazı çalışmalarda yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm sayın İbrahim BARDAK ve mesai arkadaşlarına minnet ve şükranlarımı bildiririm.

Levhaların üretilmesi ve bu levhalardan numunelerin hazırlanmasında yardımlarını gördüğüm KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü akademik ve idari personeline ve ayrıca, bu araştırmaya emeği geçenlerin hepsine şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmanın, emprenye ve yongalevha konularında araştırma yapanlara ve bunların pratikteki uygulayıcılarına faydalı olmasını temenni ederim.

Trabzon, Ağustos 2000

Ahmet Ali VAR

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	II
İÇİNDEKİLER .....	III
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ .....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş .....	1
1.2. Emprenyenin Tanımı ve Önemi .....	2
1.3. Yongalevhanın Tanımı .....	5
1.4. Emprenye Maddeleri .....	6
1.4.1. Yağlı Emprenye Maddeleri .....	6
1.4.2. Organik Çözücülü Emprenye Maddeleri .....	6
1.4.3. Suda Çözünen Emprenye Maddeleri .....	7
1.4.4. Yanmayı Önleyici Emprenye Maddeleri .....	7
1.5. Yongalevha Endüstrisinde Kullanılan Hammaddeler .....	8
1.5.1. Ağaç Malzeme .....	8
1.5.2. Yıllık Bitkiler .....	9
1.5.3. Tutkallar .....	10
1.5.3.1. Organik Tutkallar .....	10
1.5.3.2. Doğal Tutkallar .....	12
1.5.3.3. Anorganik Tutkallar .....	13
1.5.4. Katkı Maddeleri .....	13
1.5.4.1. Sertleştirici Maddeler .....	13
1.5.4.2. Hidrofobik Maddeler .....	13
1.5.4.3. Koruyucu Maddeler .....	14
1.6. Yongalevha Üretim Tekniği .....	14



1.7. Yongalevha Üretiminde Emprenye .....	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	24
2.1. Deneme Materyali .....	24
2.1.1. Ağaç Malzeme .....	24
2.1.2. Tutkal .....	24
2.1.3. Sertleştirici .....	25
2.1.4. Emprenye Maddeleri .....	25
2.1.4.1. Kolofan .....	26
2.1.4.2. Alkit reçinesi .....	26
2.1.4.3. Amonyum sülfat .....	27
2.1.4.4. Borik asit .....	27
2.1.4.5. Boraks .....	27
2.1.4.6. Tanalith-CBC .....	28
2.1.4.7. Immersol-WR 2000 (sıvı) .....	28
2.1.5. n – Heksan .....	29
2.2. Deneme Levhalarının Üretimi .....	30
2.2.1. Kurutma .....	30
2.2.2. Emprenye .....	30
2.2.3. Tutkallama .....	30
2.2.4. Taslağın Hazırlanması .....	31
2.2.5. Presleme .....	31
2.2.6. Presleme Sonrası İşlemler .....	32
2.3. Araştırma Yöntemi .....	35
2.3.1. Fiziksel Özellikler .....	35
2.3.1.1. Yoğunluk .....	35
2.3.1.2. Rutubet Miktarı .....	36
2.3.1.3. Su Alma Miktarı .....	36
2.3.1.4. Kalınlık Artışı .....	37
2.3.2. Mekanik Özellikler .....	38
2.3.2.1. Eğilme Direnci .....	38

2.3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	39
2.3.2.3. Levha Yüzüne Dik Çekme Direnci .....	40
2.3.3. Yanma Mukavemeti .....	41
2.3.3.1. Alev Kaynaklı Yanma .....	43
2.3.3.2. Alev Kaynaksız Alevli Yanma .....	43
2.3.3.3. Kor Halinde Yanma .....	43
2.3.3.4. Yanma Sonrası Ağırlık Kaybı .....	44
2.4. İstatistiksel Yöntemler .....	44
3. BULGULAR .....	46
3.1. Fiziksel Özellikler .....	46
3.1.1. Yoğunluk .....	46
3.1.2. Rutubet Miktarı .....	50
3.1.3. Su Alma Miktarı .....	54
3.1.4. Kalınlık Artışı .....	59
3.2. Mekanik Özellikler .....	64
3.2.1. Eğilme Direnci .....	64
3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	68
3.2.3. Levha Yüzüne Dik Çekme Direnci .....	72
3.3. Yanma Mukavemeti .....	76
3.3.1. Alev Kaynaklı Yanma .....	76
3.3.2. Alev Kaynaksız Alevli Yanma .....	80
3.3.3. Kor Halinde Yanma .....	84
3.3.4. Yanma Sonrası Ağırlık Kaybı .....	88
4. İRDELEME .....	92
4.1. Fiziksel Özellikler .....	92
4.1.1. Yoğunluk .....	92
4.1.2. Rutubet Miktarı .....	93
4.1.3. Su Alma Miktarı .....	95
4.1.4. Kalınlık Artışı .....	98

4.2. Mekanik Özellikler .....	101
4.2.1. Eğilme Direnci .....	101
4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü .....	103
4.2.3. Levha Yüzüne Dik Çekme Direnci .....	105
4.3. Yanma Mukavemeti .....	107
4.3.1. Alev Kaynaklı Yanma .....	107
4.3.2. Alev Kaynaksız Alevli Yanma .....	109
4.3.3. Kor Halinde Yanma .....	110
4.3.4. Yanma Sonrası Ağırlık Kaybı .....	112
5. SONUÇLAR .....	114
6. ÖNERİLER .....	123
7. KAYNAKLAR .....	125
8. EKLER .....	135
ÖZGEÇMİŞ .....	141

## ÖZET

Bu çalışmada; laboratuvar şartlarında, emprenye edilmiş yongalardan yatık yongalı – genel amaçlar için üretilen yongalevhelerde çeşitli emprenye maddelerinin levhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Levhaların üretimi için odun hammaddesi olarak % 70 oranında kızılçam, karaçam ve sedir karışımı, % 30 oranında kavak odunu ve toplam yonga içerisinde de % 5 oranında kabuk bulunan endüstriyel yongalar; yapıştırıcı madde olarak üre-formaldehit tutkalı (% 65); sertleştirici madde olarak amonyum klorür (% 33); emprenye maddeleri olarak kolofan (% 10), alkit reçinesi (% 20), amonyum sülfat (% 7), borik asit (% 5), tanalith-CBC (% 10), boraks (% 5), immersol-WR 2000 (% 1.76), borik asit / boraks (% 2.5 / 2.5), tanalith-CBC / borik asit / boraks (% 5 / 2.5 / 2.5) kullanılmıştır.

Tam kuru yonga ağırlığına oranla dış tabakalar için % 10 ve iç tabaka için % 8 üre-formaldehit tutkalının harcandığı levha üretiminde her iki tabaka için tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 10 sertleştirici kullanılmıştır. Diğer yandan, tutkallama makinasında gerçekleştirilen emprenye işlemlerinde her iki tabaka için tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 1, 1.5 ve 3 kolofan, % 1, 1.5 ve 3 alkit reçinesi, % 1, 1.5 ve 3 amonyum sülfat, % 0.5, 0.75 ve 1.5 borik asit, % 0.5, 0.75 ve 1.5 boraks, % 0.5, 0.75 ve 1.5 borik asit / boraks, % 0.6, 0.9 ve 1.8 tanalith-CBC, % 0.6, 0.9 ve 1.8 tanalith-CBC / borik asit / boraks, % 0.3, 0.45 ve 0.9 immersol-WR 2000 uygulanmıştır.

Deneme levhaları, pres sıcaklığı 150 °C, pres süresi 6 dk (pres kapandıktan sonra), pres basıncı 25 – 28 kp / cm<sup>2</sup>, levha kalınlığı 20 mm, dış tabakalar levha kalınlığının % 35'ini, orta tabaka ise % 65'ini oluşturacak şekilde ve 56 x 76 cm boyutlarında 28 tip levha olarak üretilmiştir.

Üç hafta süre ile  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında kondisyonlanan levhalardan deneyler için standartlarda verilen boyutlarda deneme örnekleri hazırlanmıştır. Örnekler üzerinde yoğunluk, rutubet miktarı, 2, 24 ve 48 saatlik süreler için su alma ve kalınlık artışı oranları, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, levha yüzüne dik çekme direnci, alev kaynaklı ve alev kaynaksız (alevli ve kor halinde) yanma mukavemetleri ile yanma sonrası ağırlık kaybı deneyleri yapılmıştır. Deneylerde elde edilen değerler varyans analizi, duncan testi ve korelasyon analizine tabi tutulmuş ( $p < 0.05$ ), standard ve literatür bilgeleri ile de karşılaştırılmıştır.

Yapılan istatistiksel değerlendirmelere göre; bütün levha grupları için emprenye maddesi kullanım oranına bağlı olarak yoğunluk, rutubet miktarı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, levha yüzüne dik çekme direnci, alev kaynaklı ve alev kaynaksız yanma mukavemetleri ile yanma sonrası ağırlık kaybı iyileşmiştir. Bununla beraber, 2, 24 ve 48 saatlerdeki su alma miktarı ve kalınlık artışı kolofan ve alkid reçinesi grubu levhalarda azalırken, diğer levha gruplarında ise yükselmiştir. Diğer yandan, levhaların su alma miktarları ve kalınlık artışları suda bekletme süresinin uzaması ile artmış, fakat bekletme süresi ilerledikçe su alımı ve kalınlıktaki artış yavaşladığı gibi, bu artışları engelleyen kimyasalların etkileri de azalmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Su İtici Maddeler, Suda Çözünen Maddeler, Organik Çözücülü Maddeler, Borlu Bileşikler, Mantar ve Böcek Tahribatını Önleyici Maddeler, Yanmayı Geciktirici Maddeler, Emprenye, Emprenyeli Yongalar, Yongalevha, Fiziksel Özellikler, Mekanik Özellikler, Yanmaya Dayanıklılık, Çürümeye Dayanıklılık, Böceklere Dayanıklılık.

## SUMMARY

### Investigation of Some Technological Properties of Particleboards Produced from Wood Chips Impregnated

In this study, effects of various impregnation substances on some technological properties of particleboards produced in the laboratory by using wood chips treated with various chemicals were investigated.

The wood raw material used in the experiments were the mixture of coniferous tree species [70 %, *Pinus brutia* Ten., *Pinus nigra* Arn var. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Cedrus libani* Ait.] and black poplar (30 %, *Populus nigra* L.). In the mixture of the above mentioned species, bark have been accepted up to 5 percent. As preservatives, the following chemicals were used with the concentrations given in the brackets; urea-formaldehyde resins (65 %), ammonium chloride (33 %), rosin (10 %), synthetic resin (20 %, long chained alkyd resin), boric acid (5 %), ammonium sulfate (7 %), tanalith-CBC (10 %), borax (5 %), immersol-WR 2000 (1.76 %), boric acid / borax (2.5 / 2.5 %), tanalith-CBC / boric acid / borax (5 / 2.5 / 2.5 %).

Three layers of particleboards were prepared by using 10 % adhesive for chips of outer layers and 8 % for middle layer according to weight of oven dry chips. As chemicals, 10 % ammonium chloride, 1, 1.5 and 3 % rosin, 1, 1.5 and 3 % alkyd resin, 1, 1.5 and 3 % ammonium sulfate, 0.5, 0.75 and 1.5 % boric acid, 0.5, 0.75 and 1.5 % borax, 0.5, 0.75 and 1.5 % boric acid / borax, 0.6, 0.9 and 1.8 % tanalith-CBC, 0.6, 0.9 and 1.8 % tanalith-CBC / boric acid / borax, 0.3, 0.45 and 0.9 % immersol-WR 2000 were used for each layers according to weight of oven dry adhesive.

The press conditions and the production properties of particleboards were as follows; press temperature = 150 °C, pressing time = 6 min, press closing time = 70 – 80 sec, press pressure = 25 – 28 kp/cm<sup>2</sup>, thickness = 20 mm, width and length = 56 x 76 cm, outer layers = 35 % of thickness of boards, middle layer = 65 % of the thickness.

The experimental boards were conditioned at  $20 \pm 2$  °C temperature and  $65 \pm 5$  % relative humidity for three weeks. All the samples used in the experiments were prepared from those boards with the dimensions given in the national and international standards. The samples were used for determination of following properties of the boards; specific density, moisture content, amounts of water absorption and thickness swelling for 2, 24 and 48 hours immersion in water, bending strength, modulus of elasticity in bending, tensile strength perpendicular to the plane, flame and non-flame (flaming, embering) resistances, amount of weight lost after flame and non-flame. The values obtained from the experiments were evaluated statistically with the analysis of variance, the multiple range tests (duncan) and the correlation analysis ( $p < 0.05$ ). The results were compared with values given in the standards and the related literature.

As a result; specific density, moisture content, bending strength, modulus of elasticity in bending, tensile strength perpendicular to the plane, flame and non-flame resistances, amount of weight lost after flame and non-flame of the particleboard showed a certain improvement with increasing of use rates of impregnation substance for all of the board groups. However, amounts of water absorption and thickness swelling at 2, 24 and 48 hours immersion in water decreased for rosin and alkyd resin board groups, whereas it increased for other the groups. Also, water absorption and thickness swelling increased with the increase of soaking time. The rates of increase in water absorption and thickness swelling decreased with the increase of soaking time. The preventive effects of water repellents also decreased with the increase of time.

**Keywords:** Water Repellents, Water - Soluble Salts, Organic Solvent - Soluble Substances, Boron Solutions, Fungicids, Insecticids, Fire Retardants, Impregnation, Impregnated Chips, Particleboard, Physical Properties, Mechanical Properties, Combustion Resistance, Rots Resistance, Insects Resistance.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Şekillendirme çerçevesine serilmiş yongalar .....	31
Şekil 2. Kalınlık takozları yerleştirilmiş ve soğuk preslemesi yapılmış yongalevha taslağı .....	32
Şekil 3. Levha taslağının hidrolik preste preslenmesi .....	33
Şekil 4. İstiflenmiş deneme levhaları .....	33
Şekil 5. Yoğunluk ve rutubet miktarı deney örneği ve bu örnekteki kalınlık ölçme yerleri .....	35
Şekil 6. Su alma miktarı ve kalınlık artışı deney örneği ve bu örnekteki kalınlık ölçme yeri ....	37
Şekil 7. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deney düzeneği .....	39
Şekil 8. Levha yüzüne dik çekme direnci deney düzeneği .....	41
Şekil 9. Yanma deneyleri için deney düzeneği .....	42
Şekil 10. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın yoğunluğu üzerine etkileri .....	93
Şekil 11. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın rutubet miktarı üzerine etkileri ....	94
Şekil 12. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın su alma miktarı üzerine etkileri ....	95
Şekil 13. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın kalınlık artışı üzerine etkileri .....	98
Şekil 14. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın eğilme direnci üzerine etkileri ....	101
Şekil 15. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın eğilme elastikiyet modülü üzerine etkileri .....	104
Şekil 16. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın levha yüzüne dik çekme direnci üzerine etkileri .....	105
Şekil 17. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı üzerine etkileri .....	107
Şekil 18. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın alev kaynaklı alevli yanma sıcaklığı üzerine etkileri .....	109
Şekil 19. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın kor halinde yanma sıcaklığı üzerine etkileri .....	111
Şekil 20. Emprenye maddesi kullanım oranının levhanın yanma sonrası ağırlık kaybı üzerine etkileri .....	112



## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan emprenye maddeleri .....	29
Tablo 2. Deneme levhası tipleri, emprenye maddesi kullanım oranları ve levhaya yüklenen katı emprenye maddesi miktarı .....	34
Tablo 3. Deneme levhalarının ortalama yoğunluk değerleri .....	46
Tablo 4. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın yoğunluğu üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	47
Tablo 5. Deneme levhalarının yoğunluklarına dair duncan testi sonuçları .....	48
Tablo 6. Deneme levhalarının yoğunluklarına dair korelasyon analizi sonuçları .....	49
Tablo 7. Deneme levhalarının ortalama denge rutubet miktarları .....	50
Tablo 8. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın rutubet miktarı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	51
Tablo 9. Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ilişkin duncan testi sonuçları .....	52
Tablo 10. Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	53
Tablo 11. Deneme levhalarının 2, 24 ve 48 saatlerdeki ortalama su alma miktarları .....	54
Tablo 12. Emprenye maddesi kullanım oranı ve suda bekletme süresinin yongalevhanın su alma miktarı üzerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları .....	55
Tablo 13. Deneme levhalarının su alma miktarlarına ilişkin duncan testi sonuçları .....	57
Tablo 14. Deneme levhalarının su alma miktarlarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	58
Tablo 15. Deneme levhalarının 2, 24 ve 48 saatlerdeki ortalama kalınlık artışı oranları .....	59
Tablo 16. Emprenye maddesi kullanım oranı ve suda bekletme süresinin yongalevhanın kalınlık artışı üzerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları .....	60
Tablo 17. Deneme levhalarının kalınlık artışına ilişkin duncan testi sonuçları .....	62
Tablo 18. Deneme levhalarının kalınlık artışına ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	63
Tablo 19. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri .....	64
Tablo 20. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın eğilme direnci üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	65
Tablo 21. Deneme levhalarının eğilme direncine ilişkin duncan testi sonuçları .....	66
Tablo 22. Deneme levhalarının eğilme direncine ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	67
Tablo 23. Deneme levhalarının ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri .....	68

Tablo 24. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	69
Tablo 25. Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin duncan testi sonuçları .....	70
Tablo 26. Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modülüne ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	71
Tablo 27. Deneme levhalarının ortalama levha yüzüne dik çekme direnci değerleri .....	72
Tablo 28. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direnci üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	73
Tablo 29. Deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme direncine ilişkin duncan testi sonuçları .....	74
Tablo 30. Deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme direncine ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	75
Tablo 31. Deneme levhalarının ortalama alev kaynaklı yanma sıcaklıkları .....	76
Tablo 32. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	77
Tablo 33. Deneme levhalarının alev kaynaklı yanma sıcaklığına ilişkin duncan testi sonuçları .....	78
Tablo 34. Deneme levhalarının alev kaynaklı yanma sıcaklığına ilişkin korelasyon analizi sonuçları.....	79
Tablo 35. Deneme levhalarının ortalama alev kaynaksız alevli yanma sıcaklıkları .....	80
Tablo 36. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları. ....	81
Tablo 37. Deneme levhalarının alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığına ilişkin duncan testi sonuçları .....	82
Tablo 38. Deneme levhalarının alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığına ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	83
Tablo 39. Deneme levhalarının ortalama kor halinde yanma sıcaklıkları .....	84
Tablo 40. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın kor halinde yanma sıcaklığı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	85
Tablo 41. Deneme levhalarının kor halinde yanma sıcaklığına ilişkin duncan testi sonuçları .....	86
Tablo 42. Deneme levhalarının kor halinde yanma sıcaklığına ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	87
Tablo 43. Deneme levhalarının yanma sonrası ortalama ağırlık kaybı değerleri .....	88

Tablo 44. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın yanma sonrası ağırlık kaybı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları .....	89
Tablo 45. Deneme levhalarının yanma sonrası ağırlık kaybına ilişkin duncan testi sonuçları .....	90
Tablo 46. Deneme levhalarının yanma sonrası ağırlık kaybına ilişkin korelasyon analizi sonuçları .....	91
Tablo 47. Deneme levhalarının fiziksel ve mekanik özellikleri ile yanma sıcaklıkları ve yanma sonrası ağırlık kayıplarına ilişkin toplu sonuçlar .....	122

## SEMBOLLER DİZİNİ

AR	:	Alkit reçinesi
AS	:	Amonyum sülfat
BA	:	Borik asit
BB	:	Borik asit / Boraks
BR	:	Boraks
CBC	:	Tanalith-CBC
IM	:	Immersol-WR 2000
K	:	Kontrol
KLF	:	Kolofan
TBB	:	Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks
LDN	:	Lif doygunluğu noktası
DRM	:	Denge rutubeti miktarı

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Orman ürünleri ihtiyacının karşılanması ve çeşitli sebeplerle plansız yapılan kesimler ile orman varlığı azalma göstermektedir. Ülkemizde ise orman tanımına giren 20.2 milyon hektarlık alanın yaklaşık % 60'ının bozuk yapıda olduğu bilinmektedir.

Ormandan kesilen her bir ağacın ancak % 25'i yapı malzemesi haline getirilebilmektedir. Klasik odun işleme yöntemleri ise ya terk edilmekte ya da diğer yöntemlerle entegre edilerek odunun % 100'e yakın bir kısmı değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmalar sonunda yongalı, lifli ve tabakalı ağaç malzeme üretim yöntemleri geliştirilmiştir. Bu levhalar içerisinde özellikle yongalevhalar önemlidir. Bunlar, tek veya çok tabakalı yatay yongalı levhalar ile dikey yongalı levhalar olarak iki şekilde üretilmektedir.

Yongalevha, % 90 gibi büyük oranda odun yongası içermektedir. Herhangi bir koruyucu işleme tabi tutulmadan kullanılan yongalar rutubet, mantar, böcek ve yangın gibi çeşitli biyotik ve abiyotik zararlıların tahribatına maruz kalabilmektedir. Bunun sonucu olarak, mamul malzemede boyut değişimleri, renklenmeler, çürümeler ve dolayısı ile direnç kayıpları meydana gelebilmektedir. Oysa, levha üretiminde amaç, ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanında, biyolojik ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi veya en azından bunların korunmasıdır. Bunun için, yongalevhaların yukarıda bahsedilen zararlılara karşı etli bir şekilde korunması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı; su ve / veya rutubet alımı, çürüklük mantarı ve böcek tahribatı ile yanmaya karşı etkili bazı emprenye maddelerinin yongalevhanın fiziksel ve mekanik özellikleri ile yanma dayanımı üzerine etkilerinin belirlenmesidir. Üretilen yongalevhalarından elde edilen bulgular literatür bilgileri ile karşılaştırılmıştır.

## 1.2. Emprenyenin Tanımı ve Önemi

Ağaç malzemenin korunması süreci içerisinde emprenye denilince, gerek yuvarlak gerekse işlenmiş haldeki ağaç malzemenin, bir kimyasal madde ve bir emprenye yöntemi kullanılmak suretiyle değişik kullanım yerlerindeki dayanma süresinin uzatılmasına yönelik tedbirler anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, TS 344'de göre aşağıdaki tanımlar yapılmıştır (1).

**Ahşap koruma:** Ahşabın ve her çeşit ağaç malzemenin özelliklerini bozan veya tahrip eden zarar veya zararlılara (çürüme, çatlama, renk bozuklukları, yıpranma, yangın vb.) karşı girişilen her türlü önleyici veya kurtarıcı işlemlerdir.

**Zarar:** Ağaç malzemenin özelliklerinin çeşitli etkenler nedeniyle değişik yer ve ölçüde kullanma amacına göre olumsuz yönde etkilenmiş ya da etkilenmesi durumudur. TS 344'e göre zarar çeşitleri ve bunlara ilişkin tanımlar aşağıda verilmiştir (1).

**Biyolojik zarar:** Bitkisel ve hayvansal (böcekler, mantarlar, deniz içinde ahşabı tahrip eden hayvanlar, kemiriciler, kuşlar, ökseotu vb.) etkilerle oluşan zarardır.

**Mekanik zarar:** Basınç, sürtünme, aşınma, çarpma vb. etkenlerle oluşan zarardır.

**Fiziksel zarar:** Sıcaklık, rutubet gibi etkenler ile meydana gelen zarardır.

**Kimyasal zarar:** Kimyasal maddelerin etkisiyle meydana gelen zarardır.

**Yüzeysel zarar:** Ağaç malzemenin sadece yüzeyinde oluşan anma boyutlarına ait tolerans içinde silme, rendeleme, zımparalama, kesme vb. işlemlerle giderilebilen zarardır.

**Derin zarar:** Ağaç malzemenin anma boyutlarına ilişkin tolerans içinde silme, rendeleme, zımparalama, kesme vb. işlemlerle giderilemeyen zarardır.

**Yersel zarar:** Ağaç malzemenin belirli yerlerinde (toprak – hava, su – hava zonları, giriş başları vb.) meydana gelen zarardır.

**Yaygın zarar:** Ağaç malzemenin yaklaşık olarak tümünde meydana gelen zarardır.

**Kullanım zararı:** Ağaç malzemenin tür ve doğal özellikleri ile kullanım yeri – istemlerine uygun seçilmemiş ve uygulanmamış olması sonucunda oluşan zarardır.

TS 344'e göre ağaç malzemenin korunmasına yönelik önlemlerin çeşitleri ve bunların tanımları aşağıda verilmiştir (1).

**Koruyucu önlem:** Zararlıların ağaç malzemeyi etkilemesinden önce yapılan her türlü koruma işlemleridir.

**Kurtarıcı önlem:** Zararlıların ağaç malzemeyi etkilemesinden sonra yapılan her türlü koruma işlemleridir.

**Teknik işlemlerle koruma:** Ağaç malzemenin üretim ve yapım için kullanılmasında uygulanması gerekli kuralları içeren tüm koruyucu ve kurtarıcı işlemlerdir.

**Üretim ve depolamada koruma:** Kesme, biçme, taşıma, istif ve depolamada uygulanması gereken tüm teknik işlemlerdir.

**Kimyasal koruma:** Ağaç malzemeye katı, sıvı ve gaz halindeki kimyasal maddelerin uygulanması veya nüfuz ettirilmesine ilişkin tüm işlemlerdir. TS 344'e göre kimyasal korumanın çeşitleri ve bunların tanımları aşağıda verilmiştir (1).

**Emprenye:** Genellikle, emprenye maddelerinin ağaç malzemeye uygulanmasına veya nüfuz ettirilmesine ilişkin tüm işlemlerdir.

**Emprenye derinliği:** Ağağ malzemenin emprenyesinden sonra emprenye maddelerinin ağağ malzemeye işleme (nũfuz etme) derinliğidir.

**Yũzeyssel emprenye:** Emprenye derinliği yaklaşık 1 - 2 mm olan emprenye işlemidir.

**Derin emprenye:** Emprenye derinliği en az 10 mm olan emprenye işlemidir.

**Yersel emprenye:** Ağağ malzemenin belirli bũlũmlerine uygulanan emprenye işlemidir.

**Tam emprenye:** Ağağ malzemenin tũmũnũn veya en azından diri odunun tamamının emprenye edilmesi işlemidir.

**Yeniden emprenye:** Ağıkta hava tesiri altında kullanılan ağağ malzeme veya ağağtan yapılan yapılarda özellikle tehlikeli olan kısımların yeniden emprenye edilmesi işlemidir.

Yukarıda yapılan tanımlara göre **Emprenye**; ağağ malzemenin doğal kullanım sũresini artırmak için, koruyucu kimyasal maddelerin çeşitli yöntemlerle özel tesislerde ağağ malzeme içerisine nũfuz ettirmek suretiyle besin maddesi olarak kullanılan hũcre çeperinin zehirli bir hale getirilmesi ve böylece, ağağ malzemenin bilinen bũtũn ahşap zararlılarına karşı korunması ve yanmasının geciktirilmesi işlemleri olarak da tanımlanmaktadır (2, 3).

Ağağ malzemeye olan ihtiyaç, ekonomik ve teknik gelişmelere paralel olarak artmış, arz talebi karşılayamayacak duruma gelmiştir. Bunun için, ormanlara fazla yũklenilmekte, dolayısı ile, arz / talep arasında denge sağlanamadığından ormanlar azalmaktadır (2, 4). Bu nedenlerle, inşaatlık ahşap malzeme, ağağ direkler, demiryolu traversleri, it kazıkları, ağağ kapılar, yongalevha ve kontrplak gibi, işlenmiş veya yarı işlenmiş ağağ malzemenin ekonomik ve uzun sũreli kullanılması gerekmektedir (4, 5).



Doğal halde kullanılan ağaç malzemenin fiziki ve ekonomik ömrü sınırlıdır. Normal hava koşullarında, ağaç malzeme mantar, böcek, oyucu deniz kurtları, yangın ve dış etkenlerle kolayca tahrip edilmekte ya da kullanım değeri azaltılmaktadır. Bunun sonucu olarak da maddi kayıplar söz konusu olmaktadır. Ağaç malzemenin bu zararlılara karşı korunması ve daha uzun süre kullanılması için empenye maddeleri ile empenye edilmesi gerekmektedir. Bu maksatla çeşitli maddeler ve yöntemler geliştirilmiştir (2, 5, 6).

Ekonomik değeri her geçen gün biraz daha artan ağaç malzemenin empenyesi, kullanım süresinin uzatılması, üretim ve tüketim dengesinin sağlanması bakımlarından çok önemli bulunmaktadır. Böylece, bir yandan maddi tasarruf sağlanırken, diğer yandan da ormanlarımızın yükünün hafifletilip yok olması önemli ölçüde önlenebilecektir (2, 4, 6).

### 1.3. Yongalevhanın Tanımı

EN 309'a göre yongalevha; odun (odun yongası, rende, testere talaşı, vb.) ve / veya diğer lignoselulozik lifli malzemelerin (keten, kenevir lifleri, şeker kamışı, vb.) herhangi bir tutkal ile tutkallanıp, belli bir sıcaklık ve basınç altında biçimlendirilmesi ile oluşan levhalar olarak tanımlanmıştır (7).

ÖZEN'e göre yongalevha; odun veya odunlaşmış bitkilerden elde edilen belirli özelliklerdeki yongaların çeşitli yapıştırıcı maddeler ile tutkallanması ve bunların basınç ve sıcaklık etkisinde yapıştırılmasıyla üretilen bir malzemedir (8).

KALAYCIOĞLU ise, BS 5669'da yongalevhanın; odun veya diğer lignoselulozik lifli materyalin (odun yongası, testere talaşı, keten lifleri gibi), bir tutkal ilavesi ile veya tutkal ilavesi olmaksızın hidrolik bağlayıcıların meydana getirdiği bir yapışma ile şekillendirilmesi sonucu oluşan levhalar olarak tarif edildiğini belirtmiştir (9, 10).

#### 1.4. Emprenye Maddeleri

Emprenye maddeleri, ağaç malzemenin mantar, böcek (termitler ve deniz kurtları dahil), ateş ve yüksek sıcaklığa (yangına) karşı korunmasında kullanılan tuzlar ve / veya yağlı maddelerdir. Bu maddeler, kullanım yeri ve içerdikleri maddeye göre yağlı, organik çözücülü ve suda çözünen emprenye maddeleri olarak üç grupta toplanmıştır (3, 11).

##### 1.4.1. Yağlı Emprenye Maddeleri

Yağlı emprenye maddeleri, kreozot, karbolineum, maden ve linyit kömürü katranı, odun katranı ve katran yağı ile petrol ürünleridir. Bu maddeler, kazanda basınç, sıcak-soğuk kazan yöntemi, fırça ile sürme veya püskürtme yöntemleri ile uygulanmaktadır (3, 12).

Yağlı emprenye maddeleri, % 20'den az rutubetli ağaç malzemenin emprenyesinde kullanılmakta, odundaki rutubet değişmelerinin fazla olduğu kullanım yerleri için tavsiye edilmektedir. Kokusu ve yanma tehlikesi olan bu maddeler metal, cam, mermer ve taş malzemelere olumsuz etkileri bulunmamakta, plastik malzemelere aşındırıcı etki yapmaktadır. Emprenyeden sonra, ağaç malzeme de yapıştırma ve boyama gibi işlemler yapılmamaktadır (6).

##### 1.4.2. Organik Çözücülü Emprenye Maddeleri

Organik çözücülü maddelerin en önemlileri; organik kalay bileşikleri, çinko ve bakır naftenat, bakır-8 kinolinolat, organik civa bileşikleri, lindan, dieldrin, sentetik piretroidler, pentaklorfenol (PCP) ve türevleridir. Organik çözücü olarak, heksan, white spirit, terebantın yağı gibi hidrokarbonlar kullanılmaktadır. Organik çözücülü maddelerin % 95'ini organik çözücüler oluşturmaktadır (5).

Organik çözücülü maddeler; fırça ile sürme, püskürtme, daldırma, batırma veya çift vakum yöntemleri ile kapı ve pencere doğraması, çatı iskelesi, ambalaj kabı ve tohum sandığı yapımında kullanılan ağaç malzemelerin emprenyesinde kullanılmaktadır. Bu maddeler, ağaç

malzemede renk değişikliği, şişme ve çarpılmaya neden olmamaktadır. Ancak, emprenyeli malzemede emprenyeden sonra çözücü buharlaşınca kadar veya 55 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda yanma tehlikesi bulunabilmekte, gıda maddeleri üzerine koku sinebilmekte ve çözücü madde geri kazanılamamaktadır (3, 5).

#### 1.4.3. Suda Çözünen Emprenye Maddeleri

Suda çözünen emprenye maddelerinin en önemlileri; bakır / krom / arsenik (CCA), asit bakır kromat (ACC), amonyaklı bakır arsenik (ACA), amonyaklı bakır çinko arsenik (ACZA), bakır / krom / bor (CCB), kromlu çinko klorür (CZC), fluor / krom / arsenik / fenol (FCAP), pentaklorfenol / amonyak / solvent (PAS), borik asit ve boraks gibi bor bileşikleridir (3, 5).

Bu gruptaki maddeler kokusuz olup, katı, macun veya konsantre halinde taşınabilmekte, çözeltileri kolayca hazırlanabilmekte, mantar ve böceklere karşı aynı etkinlikte, yangın tehlikesini artırmamakta, yanmayı önleyiciler ile kombine edilebilmekte, emprenye sonrası boya, cila vb. işlemler yapılabilir. Ancak, metal, cam ve seramikte korozyon etkisi yapmakta, denge rutubetini artırdıkları için emprenyeli malzemede çalışma kusurları görülmektedir (3, 5).

Suda çözünen emprenye maddeleri; fırça ile sürme, püskürtme, batırma, difüzyon, besi suyu çıkarma ve kazanda basınç yöntemleri uygulanmak sureti ile soğuk hava deposu ve taşıma aracı yapımında kullanılan malzemeler, emprenye sonrası boyanacak veya cilalanacak ahşap kısımlar, tel, iskele, çit ve maden direkleri, travers ve inşaatlık malzemeler gibi yarı kuru veya kuru ağaç malzemelerin emprenyesinde kullanılmaktadır (3, 5).

#### 1.4.4. Yanmayı Önleyici Emprenye Maddeleri

Yanmayı önleyici maddeler, amonyum, alüminyum, bor, borat, çinko, potasyum ve sodyum esaslı tuzlar ile boraks ve borik asit içeren maddelerdir. Fosforlu maddeler ile vernik ve boya ile karıştırılan su bazlı maddeler de bu maksatla kullanılmaktadır. Bu maddeler beş grupta toplanmıştır. Bunlar; a) Mekanik etki yapan maddeler: Ağaç malzemenin, havanın oksijeni ile

ilgisini keserek koruma sağlamaktadır, b) Eriyici madde oluşturanlar: Erime sırasında yapışıcı tabakalar oluşturarak erime ısısının malzemeye ulaşmasına mani olmakta ve kömürleşmeyi önlemektedir, c) Köpük oluşturan maddeler: Isınma ile kömür gibi köpük tabakaları oluşturarak ağaç malzemeyi korumaktadır, d) Söndürücü gaz oluşturan maddeler: Yanma sırasında, yanıcı gazların konsantrasyonunu düşürmek suretiyle yanma azaltarak koruma sağlamaktadır, e) Ağaç malzemeyi kömürleştiren maddeler: Çok yüksek sıcaklıklarda kömürleşmeyi artırmak suretiyle termik izolasyon sağlayarak korumaktadır (3, 5, 13).

Yanmayı önleyici maddelerin en önemli sakıncası higroskopik olmalarıdır. Bu gruptaki maddeler, malzemenin DRM'nı yükseltmekte, yıkanabilmekte, metallerde paslanmaya neden olmakta, mantar ve böceklere karşı koruyucu özellikleri bulunmaktadır. Bu maddeler, yüksek sıcaklıkla karşılaştıklarında, önce yumuşayarak asetat, borat, fosfat, silikat gibi yüzeyi örten maddeler, sonra da karbondioksit, amonyak, sülfürik asit gibi tutuşmayan gazlar meydana getirmektedir. Gaz, örtü maddesi tarafından tutularak köpük tabakası oluşturmakta, sonra, bu tabaka sertleşerek yanmayan maddelere dönüşmektedir. Yanmayı önleyici maddeler; yüzeye fırça ile sürme, püskürtme, kazanda basınç (dolü hücre), difüzyon, besi suyu çıkarma ve sıcak – soğuk kazan yöntemleri kullanılarak ağaç malzemelere uygulanmaktadır (5, 6, 13).

## 1.5. Yongalevha Endüstrisinde Kullanılan Hammaddeler

### 1.5.1. Ağaç Malzeme

TS 1351'e göre, boyu 0.5 – 2 m, ince uç çapı en az 4 cm, kalın uç çapı en fazla 20 cm olan yuvarlak ve yarma odunlar, kalınlığı 20 cm'den küçük artık parçalar, tane büyüklüğü en az 2 mm olan testere talaşları lif ve yonga odunu olarak kullanılabilir. Yongalevha üretiminde kullanılacak odunlarda budak, böcek yeniğı, eğrilik, lif kıvrıklığı, çatlaklar vb. bulunabilir. Odunlarda kabuk olmamalı, çürüklük bulunmamalı, öz çürüklüğü ise enine kesitin yarısına kadar olabilir (14).

Yongalevhanın yoğunluğu üzerine ağaç türünün etkisi fazla olduğu için, üretimde, üretim teknolojisi ve üretilen levhanın özelliklerine bağlı olarak, yoğunlukları farklı ağaç türlerinin kullanılabilirdiği belirtilmektedir. Yongalevha üretimi için en uygun ağaç türlerinin iğne yapraklılardan çam, ladin, göknar ve sedir, yapraklılardan ise kızılğaç, ıhlamur, kayın, kavak ve söğüt türlerinin olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, bu maksatla ormangülü, sahil çamı, titrek kavak ve yalancı akasya türlerinin de kullanılabilirdiği bildirilmektedir (15 - 20).

Yongalevha üretiminde yakacak odunlar da dahil, kapak tahtaları, çıtalar, tahta ve tomrukların uç kısımlarından elde edilen artıklar, testere talaşları, kaplama levha üretim artıkları, lif ve yonga odunları, kereste fabrikası artıkları gibi odun hammaddesinin hepsi değerlendirilmektedir. Ayrıca, aralama ve bakım kesimlerinde elde edilen ince odunlar, budama ile elde edilen dal ve tepe uçları ile endüstriyel artıklar da kullanılmaktadır (8, 9).

### 1.5.2. Yıllık Bitkiler

Hammaddesi odun olan endüstrilerin artış göstermesi, lif ve yonga odununun temininde karşılaşılan zorluklar, odun hammaddesi fiyatlarının artması vb. durumlar, yıllık bitkilerin de yongalevha üretiminde değerlendirilmesi imkanlarının araştırılmasını sağlamıştır (8, 9).

Yongalevha üretiminde keten ve kenevir lifleri, şeker ve göl kamışı, pamuk sapları, yerfıstığı kabuğu, arpa, buğday, yulaf vb. samanı, ayçiçeği çekirdeği ve kabuğu gibi bitkisel maddeler veya artıkların odunsu kısımları kullanılabilir. Ayrıca, çay fabrikası artıkları ile şeker kamışı / odun yongası karışımının da kullanıldığı belirtilmiştir. Ancak, bunların yeterli miktarda olması, toplanması, taşınması, depolanması ve hazırlanmasının kolay ve ucuz olması gerekmekte, bitkisel ve hayvansal zararlıların tahribatına uğramamış, odunsu kısımlarının yağlanmamış olması istenmektedir (8, 21, 22).

### 1.5.3. Tutkallar

#### 1.5.3.1. Organik Tutkallar

Genellikle, yongalevha endüstrisinde organik tutkallar olarak duroplastik tutkallar (Aminoplastlar = üre formaldehit ve melamin formaldehit, Fenoplastlar = fenol formaldehit ve resorsin formaldehit) ile az miktarda da termoplastik tutkallar (polyvinil asetat ve polyvinil klorür) kullanılmaktadır. Bu tutkallar, ısıtıldığı zaman yumuşamakta, fakat daha fazla ısıtıldığı takdirde yumuşamamak üzere sertleşmektedir (9).

**Üre formaldehit:** Üre ile formaldehidin yaptığı bir kondenzasyon ürünüdür. Üre, amonyak ve karbondioksitin reaksiyona girmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ara madde olarak, amonyum karbaminat meydana gelmekte, buna amonyak ilave edildiği takdirde su ve üre oluşmaktadır. Formaldehid ise maden kömürü, oksijen ve hidrojenle elde edilen metanolün, katalitik oksidasyon ve hidrolizasyon yolu ile üretilmektedir (23).

Üre formaldehid tutkalının üretimi sırasında, 5.0 - 5.5 pH'da bir reaksiyon vuku bulmaktadır. Bu reaksiyon, pH'nın 7,5'a çıkarılması ve soğutma ile durdurulabilmektedir. Tutkalın, % 40 - 60'ı uçucu olmayan katı maddelerden ibarettir. Bir miktar suyun destile edilmesi ile katı tutkal miktarı % 60 - 65'e çıkarılmaktadır (23).

Üre formaldehit tutkalının sertleşmesini hızlandırmak için sertleştirici olarak amonyum klorür veya amonyum sülfat gibi maddeler kullanılmaktadır. Sertleşme hızı, sıcaklık ve rutubete bağlı olarak 15 - 120 saniye arasında bulunmaktadır. Tutkalın sertleşmesi için orta kısmın sıcaklığı 100 °C, alt ve üst kısımların sıcaklıkları ise pres levhasının sıcaklığına bağlı olarak, 150 - 180 °C arasında veya daha yüksek olabilmektedir (23).

Üre formaldehid, levha üretiminde % 90 veya daha fazla oranlarda kullanılmaktadır. Ucuz, kullanımı kolay, sertleşme süresi kısa, beyaz renkli veya renksiz, kokusuz, suda kolaylıkla çözünebilen bu tutkal, genel amaçlı yongalevha üretiminde kullanılmaktadır (8, 15).

**Fenol formaldehit:** Alkali katalizör yardımıyla fenol ve formaldehitin kondensasyonu ile elde edilmekte, sıcak tutkallama için saf halde veya bir sertleştirici katılarak yongalevha üretiminde kullanılmaktadır. Resol ve Novolac tipi olarak iki gruba ayrılan fenol formaldehit tutkalı rutubete, suya ve atmosferik koşullara karşı dayanıklı yapışma sağladığı için açık hava şartlarında ve dış cephelerde kullanılacak levhaların üretimi için uygun bulunmaktadır. Ancak, koyu renkli oldukları için levhalarda koyu renk söz konusu olmakta veya küçük kırmızı lekeler şeklinde görüntüler oluşmaktadır (8, 15).

Fenolik tutkallara mum, parafin veya kimyasal tepki veren bitkisel yağlar vb. su itici maddeler karıştırılabilmektedir. Tutkalın sertleşme süresi üre formaldehit tutkalına göre daha yavaş ve sıcaklığı daha yüksek olmaktadır. Levhanın orta kısmındaki sıcaklık ise 120 – 150 °C arasında olması gerekmektedir. Bu tutkallar, sıcaklık etkisiyle sertleştiğinde daha dirençli olabilmekte ve iyi bir boyutsal stabilite sağlayabilmektedir (15, 24).

**Melamin formaldehit:** Melaminin formaldehit ile kondensasyonu sonucu elde edilmekte, özellikle üre formaldehit tutkalıyla karıştırılarak kullanılmakta, böylece rutubete karşı yüksek direnç sağlanabilmektedir. Sertleştirici ilave edilmeden 90 – 140 °C sıcaklıklarda sertleşen bu tutkal, sulu çözeltisinin dayanma süresi çok kısa olduğundan toz halinde satılmaktadır (9). Melamin formaldehit dış maksatlarda kullanılacak levhalara uygulandığında, üre tutkallarından daha fazla etkili, fenollü tutkallardan ise daha az etkili bulunmaktadır (15).

**Resorsin formaldehit:** Özellikle fenol formaldehit tutkalına ilave edilen resorsin formaldehit, malzemeye zarar vermeden soğuk halde yapışabilmektedir. Bu tutkala genellikle dolgu maddesi ilave edilmemekle birlikte, bitkisel unlar, özellikle Hindistan Cevizi kabuğu unu tercih edilmekte, bunlar % 10 oranlarında ilave edilebilmektedir. Atmosferik şartlara dayanıklı olduğu için açık hava koşullarında kullanılabilen resorsin formaldehit tutkalı; su, kaynar su, rutubet, asitler, çözücüler ve mikroorganizmalara karşı iyi bir direnç gösterebilmektedir. Ancak, pahalı olması nedeniyle özel amaçlar için kullanılmaktadır. (8, 9).

**izosiyanat tutkalı:** Çok pahalı ve rutubete karşı dayanıklı olan izosiyanat tutkalı, yongaları daha iyi yapıştırdığından fenolik tutkallardaki kadar yüksek özgül ağırlıkta levhalar üretmektedir. Levhalar suya karşı çok dayanıklı ve dış hava koşullarına elverişli bulunmaktadır. Saman gibi zor yapıştırılan materyal ile kullanılabilen izosiyanat tutkalı, alüminyum ve çelik malzemeye yapıştığı için preslerde sorun oluşturmaktadır. Bu ise, gliserin gibi maddelerin veya dış tabakalarda fenolik tutkalların kullanılması ile önlenmektedir (8, 15).

**Termoplastik tutkallar:** Isıtıldıklarında yumuşayabilmekte ve soğutulduklarında da yeniden serleşebilmektedir. Bu tutkallar soğuk olarak uygulanma, kolay sürülme, çabuk sertleşme, yanıcı olmama, odunu veya yongaları boyamama, kokusuz olma ve işlenme sırasında aletleri yıpratmama gibi özelliklere sahip bulunmaktadır. Ayrıca, sıcaklık yükseldikçe yumuşamakta ve 70 °C'den itibaren bağlayıcı veya yapıştırıcı madde görevini yitirmektedirler (8, 9). Termoplastik tutkallar, yongalevha üretiminde yalnız veya üre formaldehit ya da fenol formaldehit tutkalları ile kullanılabilir. Ancak, üretilen levhalar yüksek sıcaklık karşısında kolayca bozulabildikleri için yongalevha üretiminde tercih edilmemektedir (15).

### 1.5.3.2. Doğal Tutkallar

Doğal tutkallar; hayvansal (kazein, kan albümini vb.) ve bitkisel tutkallar (tanen, sülfat atık suyu, soya vb.) olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bitkisel tutkalların yongalevha endüstrisinde önemli bir yer tutacağı tahmin edilmektedir. Sülfat atık suyu, suya karşı dayanıklı bir yapışma sağlamakta, sıcak preste hem sıvı hem de toz halinde kullanılmaktadır (15, 25).

Tanen olarak bilinen doğal fenoller, dış maksatlarda kullanılan tutkalların hammaddesini oluşturmakta ve atmosferik şartlarda kullanılacak levhalar için uygun bulunmaktadır. Soya tutkalı ise soğuk ve sıcak yöntemlerle kontrplak endüstrisinde kullanılabilir (8, 9). Fenol formaldehit tutkalına % 10 amonyum ligno sülfat çözeltisi ilave edilerek üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin standartlara uygun olduğu belirtilmektedir (24).



### 1.5.3.3. Anorganik Tutkallar

Anorganik tutkallar olarak, çimento ve alçı kullanılmaktadır. Bunlar, genel olarak, inşaat sektöründe yalıtım amacıyla kullanılan levhaların ve özellikle de prefabrik konut duvarlarının yapımında kullanılmaktadır (26).

### 1.5.4. Katkı Maddeleri

Genellikle, yongalevha endüstrisinde sertleştiriciler, hidrofobik ve koruyucu maddeler katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu maddeler, tutkalın homojen dağılımını sağlamak ve sertleşmesini hızlandırmak, kalınlık artışını azaltmak, yanmayı geciktirmek, bitkisel / hayvansal zararlılara karşı koruma sağlamak gibi amaçlarla tutkala ilave edilmektedir (8, 15, 27).

#### 1.5.4.1. Sertleştirici Maddeler

Yongalevha üretiminde kullanılan tutkalın, hazırlandıktan sonra presleme işlemine kadar geçen süre içinde sertleşmemesi, presleme sırasında ise kısa zamanda sertleşmesi gerekmektedir. Bu maksatla, genellikle, üre formaldehid tutkalı için amonyum klorür, nadiren de amonyum sülfat kullanılmaktadır. Fenol formaldehid tutkalı ise, alkali ortamda sertleştiği için yapıştırıcı ilavesine gerek duyulmamaktadır. Ayrıca, sertleşmenin hızlandırılması için heksametilentetraamin veya kalsiyum karbonat da kullanılabilir (8, 15, 28).

#### 1.5.4.2. Hidrofobik Maddeler

Yongalevhaların su alarak şişmesini önlemek için hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. Bunlar, levhanın su almasını önleyememekte, fakat su alma hızını yavaşlatabilmektedir (8, 15). Yongalevha üretiminde yaygın olarak kullanılan hidrofobik madde parafindir. Parafin, iyi bir su itici etkiye sahip olması, erime noktasının düşük (48 – 56 °C) olması ve diğer hidrofobik maddelerle karıştırıldığında daha ekonomik olması gibi nedenlerle tercih edilmektedir. Genellikle, iğne yapraklı ağaç odunlarında tam kuru yonga ağırlığına göre % 0.3 – 0.5 oranında,

yapraklı ağaç odunlarında ise % 0.5 – 1.0 oranında kullanılmaktadır (9). Özellikle % 0.2 – 0.3 oranlarında kullanılması durumunda, levhanın kalınlık artışında önemli bir azalma olduğu, mekanik özelliklerinde ise değişiklik olmadığı belirtilmektedir (29).

Yongalevha üretiminde, su itici madde olarak kolofan kullanıldığında, kolofanın kimyasal bileşiminde bulunan abietik, levopimarik gibi reçine asitleri formaldehid ile reaksiyona girdiği için, levhanın özelliklerinin normal levhalara göre daha iyi sonuç verdiği belirtilmektedir. Örneğin; kolofan, tutkala, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 1.0, 1.5 ve 3.0 ilave edildiğinde, levhanın iç bağlanma mukavemeti iyileşmekte, kalınlık artışı ve formaldehid emisyonu azalmaktadır. Ayrıca, kolofan kullanılarak üretilen levhaların fiziksel özelliklerinin, parafin kullanılarak üretilen levhalara göre daha iyi olduğu bildirilmektedir (30).

#### 1.5.4.3. Koruyucu Maddeler

Yongalevhelerde fiziksel, biyolojiksel, kimyasal ve mekanik zararlılara karşı koruma sağlayabilmek için bazı koruyucu maddelerin kullanılması gerekmektedir. Bu maksatla, sodyum pentaklorfenol (Na-PCP) ve bakır pentaklorfenol (Cu-PCP) gibi organik çözücülü maddeler ile kromlu bakır arsenat (CCA-Tip C), amonyaklı bakır arsenik (ACA) ve sodyum flüorür (NaF) gibi suda çözünen tuzlar mantar ve böcek tahribatına karşı kullanılmaktadır (8, 15).

Yangın gibi yüksek sıcaklığa karşı çinko, bakır, boraks, borik asit ve borat ihtiva eden maddeler ile boraks / borik asit karışımı ve amonyum sülfat gibi amonyum bileşikleri ve fosfat içeren maddeler kullanılmaktadır. Koruyucu maddeler, levhalarda homojen bir dağılım yapabilmeleri için tutkal çözeltisine karıştırılarak veya orta ve dış tabaka yongalarına ayrı ayrı püskürtülerek ya da levhanın dış tabakalarına sürülmek suretiyle uygulanmaktadır (8, 15).

#### 1.6. Yongalevha Üretim Tekniği

Yongalevha üretiminde ilk işlem, rutubeti lif doygunluğu rutubeti üzerinde bulunan yuvarlak haldeki ağaç malzemenin kabuklarının soyulmasıdır. Özellikle, levhanın dış tabakasında

kullanılacak yongalar için gerekli olan bu işlem, soyma, sürtme ve hidrolik tip kabuk soyma makineleri veya el ile yapılmaktadır (8, 15).

Levhanın özellikleri yonga geometrisine göre değiştiği için kaba, normal ve ince olmak üzere üç farklı yonga hazırlanmaktadır. Kaba yongalar, çekiçli yongalama makinalarında liflere dik veya biraz meyilli üretilen yongalardır. Levhanın orta tabakasında kullanılan kaba yongalar, kereste endüstrisi artıklarından üretilmekte, boyları 10 – 60 mm, kalınlıkları 0.25 – 0.5 mm arasında değişmektedir (8, 9, 31). Normal yongalar, bıçaklı yongalama makinalarında yuvarlak odundan doğrudan levha üretimine uygun kalınlık ve uzunlukta üretilen yongalardır. Genişlik sınırlandırması bulunmayan, kalınlıkları 0.15 – 0.25 mm arasında değişen normal yongalardan daha dar yongalar elde edilebilmekte ve bunlar levhanın dış tabakasında kullanılmaktadır. İnce yongalar ise liflere paralel yönde kesilerek veya kaba ve normal yongaların yeniden inceltme makinalarından geçirilmesiyle elde edilen yongalardır. Levha üretimine en uygun yongaların ince yongalar olduğu belirtilmektedir (8, 9, 15).

Yongalama sırasında, odunun rutubeti LDN üzerinde olması gerektiğinden, genellikle, yonga rutubeti % 35 - 120 arasında değişmektedir. Ancak, levha üretiminde, yonga rutubeti çok önemli bulunmaktadır. Yongaların fazla rutubetli veya kuru olması halinde, tutkal sertleşmesinin engellenmesi, levhanın patlaması, toz miktarı ve yangın tehlikesinin artması, pres kapamırken hafif yongaların yüzeyden uzaklaşması, yanlar alınmadan önce kopma ve kırılmanın olması gibi sorunlar çıkabilmektedir. Bunun için, levhanın presten çıkış rutubetine göre, yongaların % 3 – 6 arasında değişen rutubete kadar kurutulması gerekmektedir. Bu maksatla; döner silindiri, borulu, tamburlu, tablalı, çok bandlı, kontakt, türbülö, girdaplı ve süspansiyon tipi kurutucular kullanılmaktadır. Bu makinalarda yüksek sıcaklık uygulanarak kurutma yapılmaktadır (8, 15).

Yongalar, yongalama makinalarından elde edildiği şekilde doğrudan üretimde değerlendirildiğinde, kurutma, tutkallama, serme ve yapıştırma sorunları çıktığı gibi, geçirgenliğin atması, yüzey düzgünlüğünün bozulması, kenarları kaplamanın zorlaşması vb. sorunlar da oluşmaktadır. Kaliteli levha üretebilmek, ancak yonga boyutlarının homojen olması

ile sağlanır. Bu nedenle, yongaların tasnif edilmesi gerekmektedir. Bu maksatla; pnömatik ve mekanik olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır (8, 15).

Yongaların depolanması için yonga siloları kullanılmaktadır. Bunlar, yonganın hareket yönüne göre yatay, düşey ve döner silolar olarak üçe ayrılmaktadır. Yongaların, üretim kademeleri arasında taşınması; mekanik ve pnömatik tipte yonga taşıyıcılar kullanılarak gerçekleştirilmektedir (9, 15).

Levha kalitesini, ağaç türü yanında, büyük ölçüde yapıştırıcı madde de etkilemektedir. Yapıştırıcının kaliteli ve yapışma direncinin yeterli olmasından başka, tutkallamanın da kusursuz olması gerekmektedir. Bu nedenle, yongaların tutkallanmasında noktasal tutkallama yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemde, tutkal çözeltisi çok küçük taneciklere ayrılmakta ve yongalar üzerine püskürtülmektedir. Tutkallamaya; yonga geometrisi, yüzey düzgünlüğü ve tutkallama makinasındaki yonganın hareketi etki etmektedir. Tutkal, doğrudan kullanılmadığından, kaplara taşıyıp püskürtülmesi için çözelti halinde hazırlanması gerekmektedir. Tutkal çözeltisi; tutkal, sertleştirici, parafin ve koruyucu maddeler den oluşmakta ve yongalar üzerine hacim Yani; da ağırlık esasına göre fasıllı veya fasılasız olarak püskürtülmektedir. Üniform bir tutkallama için  $1 \text{ m}^2$  yonga yüzeyine 2 g kuru, 8 - 12 g da sıvı tutkal uygulanmalıdır. Diğer yandan, ağır yongalara az, ince ve hafif yongalar ile odun tozlarına ise daha fazla tutkal isabet ettiğinden yongaların tasnif edilerek tutkallanması gerekmektedir. Bu amaçla hava girdaplı, yüksek basınçlı ve merkezkaç enjektörleri ile tutkallama silindiri ve vantilatörler kullanılmaktadır (8, 9, 15).

Tutkallanmış yongalar homojenleştirme depolarına alınarak iyice karıştırılmaktadır. Bunun için, fabrikalarda iki depo bulunmakta olup, biri, alt ve üst tabaka yongalarının, diğeri ise orta tabaka yongalarının homojenleştirilmesinde kullanılmaktadır. Buralardan alınan tutkallı yongalar serme makinalarının silolarına taşınmaktadır (8, 15).

Levha taslağını oluşturmak için, tutkallı yongaların dökme, rüzgârlama ve savurma yöntemlerinden biri ile homojen bir şekilde serilmesi gerekmektedir. Serme işlemi hatasız ve yatay düzleme göre simetrik yapılmalıdır. Levha taslağı, sermenin başından preslemeye kadar

sarsıntısız taşınmalıdır. Aksi takdirde taslağın kenar ve köşeleri dökülebilmekte, simetrisi bozulabilmekte, materyal kaybı olabilmekte, dolayısı ile, levhanın fiziksel ve mekanik özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir (8, 15).

İstenilen yoğunlukta yongalevha üretebilmek için levha taslağının preslenmesi gerekmektedir. Bunun için, soğuk ve sıcak olmak üzere iki ayrı pres uygulanmaktadır (9). Levha taslağı, doğrudan sıcak prese verilirse, pres katları arasındaki açıklık artmakta, dolayısı ile, presin kapanma süresi uzamakta ve ısı kaybı olmaktadır. Ayrıca, yüzey düzgünlüğü bozulmakta, yüzey ve orta tabaka iyice kenetlenememekte, ince yongalar sarsıntı ile alt tabakaya kayarak levha simetrisi bozulmaktadır. Bu nedenlerle, taslak, önce soğuk preslerde en az 15 – 20  $\text{kp/cm}^2$  basınç uygulanarak sıkıştırılmaktadır (15).

Levha taslağı, yongalevha özelliğini ancak sıcak preste kazanabilmektedir. Sıcak pres; a) levha taslağının öngörülen kalınlıkta sıkıştırılması, b) yongalar arası yapışmayı sağlayan basıncın oluşturulması, c) yongalardan rutubetin buharlaştırılması ve tutkalin sertleşmesi için gerekli sıcaklığa kadar ısıtılması, d) yongaların levha oluşturacak şekilde sıkıştırılması olmak üzere dört aşamada gerçekleşmektedir (8, 15).

Presten sonra, yongalevhalar soğutma kanalı, pres veya yıldızları kullanılarak 15 gün istifte soğutulmakta, daire testereler ile kesilerek boyutlandırılmakta ve 2 – 4 silindri zımpara makinaları ile kalınlık hataları düzeltilmekte, görünümlerine göre sınıflandırılarak 18 – 24 °C sıcaklık ve % 60 – 65 bağıl nem şartlarında depolanarak satışa sunulmaktadır (8, 9, 15).

### 1.7. Yongalevha Üretiminde Emprenye

Genellikle, yongalevha üretiminde, emprenye işleminin aşağıda belirtildiği şekilde uygulandığı bildirilmektedir: a) Odunun emprenye edilip sonra yongalanması, b) Yongalara emprenye çözeltilisinin püskürtülmesi, c) Yongaların emprenye çözeltisi içerisinde belli bir süre bekletilmesi, d) Tutkallama aşamasında emprenye maddesinin tutkal çözeltisine karıştırılması, e) Tutkallama makinasında emprenye çözeltilisinin yongalara püskürtülüp, sonra tutkallanması, f)

Tutkallama makinasında yongaların tutkallanıp, sonra emprenye çözeltisinin püskürtülmesi, g) Levhanın çeşitli emprenye yöntemleri ile emprenye edilmesidir. Diğer yandan, yongalevhanın, biyotik ve abiyotik zararlılara karşı korunması amacıyla yapılan araştırmalarda, emprenye işleminin, yongalevhanın teknolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediğinin anlaşılması üzerine, emprenye maddeleri ve yöntemleri ile bunların uygulanma durumlarına bağlı olarak, emprenyeli yongalevha üretiminin Avrupa ülkelerinde büyük bir gelişme içerisine girdiği ve bir dizi ek yatırımların yapıldığı belirtilmektedir (32 – 46). Endüstriyel uygulamaların ne durumda olduğu hususunda ise, literatür bilgisine rastlanılmamıştır. Fakat, yongalevhaların, melamin emdirilmiş kağıtlar gibi, emprenyeli kağıtlar ile kaplanarak üretildiği bilinmektedir.

Üre formaldehid / parafin ve üre formaldehid / kolofan formülasyonları kullanılarak üretilen yongalevhalarda formaldehid emisyonu, iç bağlanma direnci, 2, 24 ve 48 saatlerdeki kalınlık artışı oranları araştırılmıştır. Buna göre, parafin miktarı %1.0'den %1.5'e çıkarıldığında, az da olsa, iç bağlanma direnci ve kalınlık artışı oranı azalmıştır. Kolofan miktarı %1.0'den %3.0'e yükseltildiğinde, hem iç bağlanma direnci iyileşmiş hem de kalınlık artışı oranı azalmıştır. Formaldehid emisyonu ise üre formaldehid / kolofan ile üretilen levhalarda, üre formaldehid / parafin ile üretilenlerden daha az bulunmuştur (30).

Maleik asit / gliserol karışımı ile emprenye edilip fenol formaldehit tutkalı ile tutkallanan yongalardan üretilen yongalevhalarda iç bağlanma direnci ve elastikiyet modülünün iyileştiği, kalınlık artışı ve su alımının azaldığı belirtilmiştir (47).

Yongaları maleik asit / gliserol karışımının sulu çözeltisiyle emprenye edilen yönlendirilmiş yongalevhalarda, emprenye maddesi miktarının artmasıyla kalınlık artışı ve su alımının azaldığı, direnç özelliklerinin, özellikle elastikiyet modülünün, kontrol levhasına göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (48).

Asetil, propilenoksit ve maleik asit / gliserol karışımı ile modifiye edilen odun yongalarından üretilen levhalarda enfraruj analizi yapılmıştır. Buna göre, asetillendirilmiş levhalarda daralma oranı azalmış, propilenoksit ile muamele edilmiş levhalarda ise artmıştır.

Mekanik özelliklerin, asetillendirilmiş yongalevhelerde iyileştiği, maleik asit / gliserol karışımı ile emprenye edilmiş levhalarda kötüleştiği, propilenoksit ile emprenye edilmiş yongalevhelerde ise beklenildiği kadar iyi olmadığı belirlenmiştir. Su alımının, maleik asit / gliserol karışımı uygulanan levhalarda en az, propilenoksit'li levhalarda en yüksek, asetil'li levhalarda ise kontrole göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (49).

Maleik asit / gliserol karışımı ile emprenye edilmiş yongalevhelerde emprenye maddesi miktarının ve pres sıcaklığının artması ile, boyutsal stabilitenin iyileştiği, kalınlık artışı ve su alımının önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (50).

Bor buharıyla emprenye edilen MDF, OSB ve yongalevhelerde eğilme ve levha yüzüne dik çekme dirençlerinde önemli bir değişikliğin olmadığı belirlenmiştir. Bu levhalar, yanmayı geciktirici kimyasallarla emprenye edildiğinde, eğilme direncinde önemli bir değişimin olmadığı, OSB ve yongalevhada ise levha yüzüne dike çekme direncinde biraz iyileşme olduğu belirlenmiştir. Emprenye süresi uzadıkça, her üç levhanın şok direncinin de önemli oranda azaldığı saptanmıştır. Ayrıca, borik asit retensiyonu arttıkça, levhaların şok dirençlerinin azaldığı, diğer mekanik özelliklerinin ise iyileştiği bildirilmiştir (51).

Sarıçam, kayın ve kızılğaç odunu yongalarından yongalevha üretimi esnasında tutkal çözeltisine parafin emülsiyonu ilave edildiğinde, kalınlık artışının tüm türler için yaklaşık aynı oranda azaldığı belirtilmiştir (52).

Yongalara, yonga karıştırıcı içerisinde parafin eriyiği püskürtülerek ve tutkal çözeltisine parafin emülsiyonu ilave edilmek suretiyle levhalar üretilmiştir. Levhalardaki su itici etkinliğin, birincisinde değişmediği, ikincisinde ise kontrole göre daha iyi olduğu bildirilmiştir (53).

Sarıçam odunu yongaları, sodyum pentaklorfenol (Na-PCP), disodyum silisyum florür ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ), bakır sülfat / di sodyum silisyum florür ( $\text{CuSO}_4 / \text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) ve beta-naftol maddeleri ile emprenye edilmişlerdir. Emprenye işlemi, bu maddeler toz halde tutkal çözeltisine karıştırılarak ve çözelti halinde yongalara püskürtülerek gerçekleştirilmiştir. Emprenye edilen

yongalar üre formaldehit tutkalı ile tutkallanarak yongalevha üretilmiştir. Buna göre,  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ 'nın tutkal çözeltisine karıştırılması ve  $\text{CuSO}_4 / \text{Na}_2\text{SiF}_6$ 'nın yongalara püskürtülmesi durumlarında, levhanın özelliklerinde herhangi bir olumsuzluk belirlenmemiştir.  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ 'nın yongalara püskürtülmesi ve  $\text{CuSO}_4 / \text{Na}_2\text{SiF}_6$ 'nın tutkal çözeltisine karıştırılması durumlarında, levhanın direnç ve su itici özellikleri kontrol levhasına göre daha düşük değer vermiştir. Na-PCP'nin yongalara püskürtülmesi ve tutkal çözeltisine karıştırılması durumlarında, levhanın bu özellikleri daha fazla azalma göstermiştir (54).

Çam yongalarından levha üretimi sırasında üre-melamin formaldehit ve resorsin formaldehit çözeltilerine karıştırılan emprenye maddeleri (Na, ester ihtiva eden PCP), levhanın direnç özelliklerini olumlu yönde etkilemiş, fakat küf mantarlarının gelişimini engelleyememiştir. Üre-melamin formaldehit çözeltisine karıştırılan % 5'lik potasyum hidrojen florür ( $\text{KHF}_2$ ) hem çürüklük mantarlarına hem de küf mantarlarına karşı etkili bir koruma sağlamıştır. Emprenye edilmemiş resorsin formaldehit'li levhalar ise bu zararlılara karşı iyi bir direnç göstermiş, fakat kötü kokması nedeniyle makbul görülmemiştir (55).

Eritilmiş parafin, yongalara püskürtülerek ve tutkal çözeltisine karıştırılarak üretilen levhalar 24 saat suda bekletilmiş ve kalınlık artışı karşılaştırılmıştır. Sonuçta, birinci işlemin ikincisi kadar etkili olduğu ortaya çıkmıştır (56).

Kurutma sıcaklığı ve süresinin levhanın su alımı ve kalınlık artışı üzerine etkileri araştırılmıştır. Bunun için, meşe (*Quercus cerris* L.) odunu yongaları 230 – 300 °C sıcaklıkta 1 – 8 dakika kurutulmuş ve bunlardan, üre formaldehit tutkalı kullanılarak levhalar üretilmiştir. Sonuçta, levhalarda su alımının % 33'den fazla, kalınlık artışının % 45 – 50 oranında azaldığı, eğilme direncinin ise % 20 – 25 civarında arttığı belirtilmiştir (57).

Farklı küf mantarı sporları ile aşılandıktan sonra 30 °C'de ve % 100 bağıl nem şartlarında 4 ay bekletilen emprenyesiz yongalevhaların eğilme direnci değerlerinin % 60 – 80, ağırlığının ise % 10 – 13 oranında azaldığı belirlenmiştir. Fungisitler'in tutkal çözeltisine karıştırılması durumunda, eğilme direncinde % 50, ağırlığında ise % 4 kayıp meydana gelmiştir.



Fenol, üre ve üre - melamin formaldehid tutkalları ile üretilen levhalar, nemlendirildikten sonra kültüre edilmemiş farklı mantar sporları ile aşılansmış, 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem şartlarında 4 ay bekletilerek mantarların gelişebilirliği test edilmiştir. Fenol formaldehitli levhaların eğilme direncinde önemsenmeyecek kadar az, üre formaldehitli levhaların eğilme direncinde % 10, levha yüzüne dik çekme direncinde % 20, üre - melamin formaldehitli levhaların eğilme direncinde % 20, levha yüzüne dik çekme direncinde % 40 azalma meydana gelmiştir. Aynı şartlarda, mantar sporları ile aşılandıktan sonra 30 °C sıcaklık ve % 100 bağıl nem ortamında 4 ay bekletilen levhalarda ise fenol formaldehitli levhalardaki direnç kayıplarında herhangi bir artış olmamış, üre formaldehitli levhalardaki kayıplarda ise önemsenmeyecek kadar az bir artış olmuştur. Ayrıca, fungusit ve insektisitlerin tutkal çözeltisine ilave edilmesi durumunda, bu maddelerin, levhalarda beklenen etkiyi göstermedikleri tespit edilmiştir (58).

Karışık ve ayrı olmak üzere, çeşitli ağaç türü yongalarından, fenolik reçine ve bisülfid atık suyu kullanılarak üretilen yongalevhalar, çürüklük mantarlarına karşı, üre formaldehit ve melamin formaldehit tutkalları kullanılarak üretilen levhalardan daha fazla direnç göstermiştir. Tutkal çözeltisine fungusit ve su itici maddeler karıştırılarak üretilen levhaların ise çürüklük mantarlarına karşı dirençli oldukları belirtilmiştir (59).

Yanmayı geciktirici emprenye maddeleri ve bunların kombinezonları kullanılmak sureti ile göknar ve kavak odunu yongaları emprenye edilmiştir. Emprenye işlemi; a) rutubeti lif doyunluğu civarında olan yongalara toz halindeki emprenye maddelerinin karıştırılması, b) kuru yongalara sıvı haldeki emprenye çözeltisinin püskürtülmesi suretiyle gerçekleştirilmiştir. Üretilen yongalevhaların boyutsal stabilite ve mekanik özellikleri ile yanma mukavemeti üzerinde ikinci işlemin birincisinden daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir (60).

Eritilmiş parafin, fenol formaldehit ve üre formaldehit çözeltilerine karıştırılmak suretiyle üretilen levhalarda su alımı ile kalınlık artışının, üre formaldehitli levhalarda fenol formaldehitli levhalardan daha fazla olduğu belirtilmiştir (61).

Tanen ve titrek kavak odunu yongaları kullanılarak üretilen yongalevhada, rutubet miktarı ve suda bekletme süresinin, kalınlık artışı üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçta, rutubet miktarı ile levhanın kalınlık artışı arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Örneğin; rutubetin % 1.0 artması veya azalmasına karşılık, kalınlık artışı ise % 0.9 artmış veya azalmıştır. Ayrıca, suda bekletme süresi ise kalınlık artışını önemli derecede etkilemiştir. Örneğin; 24 saatteki kalınlık artışı 2 saatteki kalınlık artışından 2.39 kat daha fazla bulunmuştur (62).

Bakır / krom / arsenik (CCA) ile empenye edilmiş çam tel direği yongaları % 0, % 25, % 50, % 75 ve % 100 oranlarında empenye edilmemiş yongalar ile karıştırılmış ve tam kuru yonga ağırlığına oranla % 4 ve % 8 fenol formaldehid tutkalı kullanılarak üretilen yongalevhada fiziksel ve mekanik özellikler araştırılmıştır. Buna göre, levhanın elastikiyet modülü, kırılma gerilmesi ve iç bağlanma direnci, karışımdaki CCA'lı yonga miktarının artması ile azalmış, boyutsal stabilite, kalınlık artışı ve su alma miktarı ise kontrole göre önemli farklılık göstermemiştir. CCA'lı yongaların empenyesiz yongalar ile % 50 oranında kullanılması, fiziksel ve mekanik özelliklere önemli bir etki yapmamıştır (63).

Kavak odunu yongaları, fenol formaldehid tutkalı, organik çözücülü ve suda çözünen empenye maddeleri ile parafin emülsiyonu kullanılmak suretiyle empenyeli yongalevhalar üretilmiştir. Emprenye işlemleri; a) levhaların empenye çözeltisine batırılması, b) levhaların basınç altında empenye edilmesi, c) empenye maddesinin, üretim sırasında tutkal çözeltisine veya parafin emülsiyonuna ilave edilerek uygulanması, d) yongaların empenye edilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu levhalarda, empenye işlemlerinin mekanik özellikler ve kalınlık artışı üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçta, levhanın elastikiyet modülü, kırılma gerilmesi ve iç bağlanma direncinin ANSI A208.1-1979 standardına uygun sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Kalınlık artışının ise basınç altında CCA ve ACA ile empenye edilen levhalarda kontrole göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, tutkal çözeltisine sülfür dioksit, parafin emülsiyonuna da CCA ilave edilerek üretilen levhalar ile bakır-8-kinolinolat çözeltisine batırılan levhalardaki kalınlık artışı oranlarının, istatistiksel olarak eşit olduğu tespit edilmiştir (64).

Japon sediri (*Cryptomeria japonica*) odunu yongaları, fenol formaldehid tutkalı ve düşük moleküllü fenol formaldehid reçinesi (emprenye maddesi olarak) kullanılarak üretilen yongalevhada fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Emprenye işlemi olarak; a) yongaların emprenye çözeltisine batırılması, b) yongalara tutkal çözeltisi verilmeden önce emprenye çözeltisinin püskürtülmesi, c) tutkal çözeltisine emprenye çözeltisi ilave edilerek yongalara püskürtülmesi yöntemleri kullanılmıştır. Buna göre, kullanılan katı reçine miktarının artmasına bağlı olarak, boyutsal stabilite, kalınlık artışı oranı ve su alma miktarı azalmış, yoğunluk, iç bağlanma direnci, kırılma gerilmesi ve elastikiyet modülü ise artmıştır. Emprenye yöntemleri arasında, levhanın özelliklerine etkileri bakımından önemli farklılıklar ortaya çıkmamıştır. Diğer yandan, levhalarda çürüklük testleri yapılmış ve tahribatın derecesi ağırlık kaybı esasına göre araştırılmıştır. Sonuçta, esmer çürüklük mantarları için, levhalardaki ağırlık kaybı % 10 - 15 reçine yüklemesinde önemli derecede azaltmıştır. Beyaz çürüklük mantarları için, levhalardaki tahribat, bu oranlardan daha az reçine yüklemelerinde bile, önemli miktarda engellenmiştir. Ayrıca, levhalarda çürüklük nedeni ile önemli bir renk ve tekstür değişikliği meydana gelmemiştir (65).

Japon yalancı servisi (*Chamacyparis obtusa*) ve huş (*Betula maximowicziana*) türlerinin diri odunlarının kullanıldığı bir araştırmada, 1.6 ve 2.4 mm kalınlıktaki kaplama levhalardan 50 x 30 mm boyutlarda hazırlanan örnekler, vakum ve difüzyon yöntemleri kullanılarak % 5 konsantrasyondaki sodyum silikat (water glass : su camı) çözeltisi ile emprenye edilerek odun-mineral kompozitleri elde edilmiştir. Bu kompozit levhalar, laboratuvar şartlarında, doymuş alüminyum sülfat ve kalsiyum klorit çözeltileri ve aynı emprenye yöntemleri uygulanarak emprenye edildikten, inorganik tuzlar arasında reaksiyon oluşabilmesi için 24 saat bekletilmiştir. Sonuçta, kompozit levhalarda yanma mukavemetinin iyileştiği, dolayısı ile yanma sıcaklığının kontrol levhasından daha düşük olduğu, özellikle, difüzyon yönteminde yanma mukavemetinin daha yüksek çıktığı belirtilmektedir. Ayrıca, levhaların yanma sıcaklıklarının ilk 3 dakika içinde hızlı bir artış gösterdiği, daha sonraki sürelerde ise önemli bir yükselme olmayıp yaklaşık aynı derecede kaldığı da bildirilmektedir (66).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Deneme Materyali

#### 2.1.1. Ağaç Malzeme

Deneme levhalarının üretiminde, ORMA Orman Mahsulleri Entegre Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den temin edilen endüstriyel yongalar kullanılmıştır. Kalınlığı 03 - 05 mm arasında değişen, % 70 kızılçam, karaçam ve sedir karşımı, % 30 kavak ve toplam yonga içerisinde ise % 5 kabuk bulunan bu yongaların, yanma odası 800 °C, makina girişi 400 - 420 °C ve makine çıkışı 116 °C sıcaklığa sahip kurutma makinasında 8 - 10 dakika bekletilmek suretiyle, % 40 rutubetten % 2 - 3 rutubete kadar kurutulduğu bildirilmiştir.

Yongalar, tutkallama makinesi girişi kısmından alınıp plastik torbalara doldurulmuş, rutubet girişini önlemek için torbaların ağızları bağlanmış ve K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Yongalevha Pilot Tesisi'ne taşınmıştır.

#### 2.1.2. Tutkal

Tutkal olarak, yukarıda belirtilen fabrikadan temin edilen % 65'lik üre formaldehit tutkali kullanılmıştır. Tutkallanmada, tam kuru yonga ağırlığına oranla, dış tabakada % 10, orta tabakada ise % 8 oranlarında üre formaldehit çözeltisi uygulanmıştır. Üre formaldehit tutkalının özellikleri aşağıda verilmiştir.

Fiziki görünüş (20 °C'de)	:	Temiz, beyaz, sıvı
Katı madde oranı (20 °C'de 2 saat)	:	% 65 ± 1
Yoğunluk (20 °C'de)	:	1.285 g/cm <sup>3</sup>
Viskozite (20 °C'de)	:	400 centipoise
pH (20 °C'de)	:	7.8
Formaldehit / üre oranı	:	1.64
Serbest formaldehit (%)	:	0.42 maksimum
Jelleşme zamanı (100 °C'de)	:	40 - 50 saniye
Depolama zamanı (20 °C'de)	:	60 gün

### 2.1.3. Sertleştirici

Sertleştirici olarak, Bölüm 2.1.1.'de belirtilen fabrikadan temin edilen % 33'lük amonyum klorür çözeltisi kullanılmıştır. Orta ve dış tabakalar için, tutkal çözeltisine, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 10 ilave edilerek uygulanmıştır. Amonyum klorürün özellikleri aşağıda verilmiştir:

Fiziki görünüş	:	Temiz, beyaz, katı
Katı madde oranı	:	% 33
Çözücü	:	su
Çözelti yoğunluğu (20 °C'de)	:	0.70 – 0.75 g/cm <sup>3</sup>
pH (çözelti için)	:	7.5

### 2.1.4. Emprenye Maddeleri

Yongalevha üretiminde, emprenye maddelerinin, tam kuru yonga veya katı tutkal ağırlığına oranla kullanıldığı belirtilmektedir (30, 63, 67 – 70). Su itici maddelerin % 0.2 – 3.0 oranlarında (8, 9, 29, 30) ve organik çözücülü emprenye maddelerinin % 0.3 – 1.0 oranlarında kullanıldığı bildirilmektedir (5, 54, 71). Suda çözünen emprenye maddelerinin ise, zamanla suda eridiği için yonga veya levha taslağının denge rutubeti yükseldiğinden, buna bağlı olarak da, levhada bazı problemler meydana geldiğinden, konsantrasyon ve kullanım oranlarının düşük tutulması gerektiği belirtilmektedir (8, 15, 16, 33, 35, 54, 55).

Levha üretiminde, emprenye maddelerinin konsantrasyon ve kullanım oranları fazla miktarlarda kullanıldığında, levhaların makina ile işlenmelerinin güçleştiği, renklerinin yüksek sıcaklıklarda koyulaştığı, daha büyük delikli püskürtüclere gerek duyulduğu, ayrı bir işlem safhası gerektirebildiği, tutkal sertleşmesinin olumsuz yönde etkilendiği, birim yüzeye isabet edecek tutkal miktarının azaldığı, buna bağlı olarak da, fiziksel ve mekanik özelliklerinde azalmalar olabildiği belirtilmektedir (8, 15, 16, 70, 72 – 78).

Literatüre uygunluk bakımından, konsantrasyon ve kullanım miktarları düşük tutulan emprenye maddeleri, deneme levhalarının üretiminde katı tutkal ağırlığına oranla kullanılmıştır. Bu maddeler aşağıda verilmiştir.

### 2.1.4.1. Kolofan

Su itici maddelerden olan kolofan, soğuk halde katı, saydam ve kristalleşen bir yapıda olup, su veya rutubet karşı koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır. Ağırlık esasına göre % 10'luk çözeltisi hazırlanan kolofanın özellikleri aşağıda verilmektedir (79 – 82).

Koku	:	Çam kokulu
Fiziki görünüş ( $23 \pm 2$ °C'de)	:	Sarı - kahve rengi kristal
Yoğunluk	:	1.07 – 1.085 g/ml
Yumuşama noktası	:	70 – 80 °C
Erime noktası	:	120 °C
Çözücü (organik solvent)	:	Benzin, alkol, eter, tiner, n-heksan, vb.

Kolofan, levha üretiminde, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 1.0, 1.5 ve 3.0 oranlarında kullanılmıştır (30).

### 2.1.4.2. Alkid reçinesi

Su itici maddelerden olan alkid reçinesi, kapılar boşlukları doldurmak suretiyle su veya rutubete karşı koruyucu bir tabaka meydana getirmektedir. Ağırlık esasına göre % 20'lik çözeltisi hazırlanan alkid reçinesinin özellikleri aşağıda verilmektedir (79, 83).

Tip (uzun molekülü)	:	S63W70
Katı madde oranı	:	% 70
Yağ cinsi	:	Ayçiçek veya soya
Yağ uzunluğu	:	% 63
Viskozite ( $23 \pm 2$ °C'de)	:	75 – 90 centipoise
Yoğunluk ( $23 \pm 2$ °C'de)	:	0.740 g/cm <sup>3</sup>
pH	:	7.00

Alkid reçinesi, levha üretiminde, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 1.0, 1.5 ve 3.0 oranlarında kullanılmıştır (30).

### 2.1.4.3. Amonyum sülfat

Yanmayı önleyici maddelerden olan amonyum sülfat, suda kolayca eriyebilen, renksiz kristal görünümünde, ucuz ve kokusuz bir madde olup, yanma sırasında amonyak ve sülfürik asit gibi gazlar oluşturmak suretiyle yanmayı önleyici etki göstermektedir. Ağırlık esasına göre % 7'lik çözeltisi hazırlanan amonyum sülfat, levha üretimde, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 1.0, 1.5 ve 3.0 oranlarında kullanılmıştır (5, 15, 55).

### 2.1.4.4. Borik asit

Mantar ve böcek tahribatı ile yanmaya karşı uygulanan borik asit, suda kolayca çözünebilmekte ve diğer maddeler ile karışık olarak kullanılabilir. Ağırlık esasına göre % 5'lik çözeltisi hazırlanan borik asitin özellikleri aşağıda verilmektedir (5, 15, 33).

Fiziki görünüş	:	Renksiz kristal
Formül yapısı	:	$H_3BO_3$
Molekül ağırlığı	:	61.84
Yoğunluk	:	1.435 g/cm <sup>3</sup>
Erime noktası	:	171 °C
Çözünmeyen madde	:	% 0.01

Borik asit, levha üretiminde, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 0.5, 0.75 ve 1.5 oranlarında kullanılmıştır (33, 55).

### 2.1.4.5. Boraks (Sodyum tetraborat)

Bor tuzlarından olan boraks; fungusit, insektisit ve yanmayı önleyici (fire-retardant) olarak etkili bir madde olup, diğer maddelere katılarak kullanılmakta ve su ile yıkanarak uzaklaşmaktadır. Ağırlık esasına göre % 5'lik çözeltisi hazırlanan boraksın özellikleri aşağıda verilmektedir (5, 15, 33).

Fiziki görünüş	:	Renksiz kristal
Formül yapısı	:	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
Molekül ağırlığı	:	291.35
Yoğunluk	:	1.815 g/cm <sup>3</sup>
Erime noktası	:	741°C

Boraks, levha üretiminde, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 0.5, 0.75 ve 1.5 oranlarında kullanılmıştır (33, 55).

#### 2.1.4.6. Tanalith-CBC

Bakır / krom / bor (CCB) karışımı tuzlardan olan tanalith-CBC, belirli oranlarda bakır sülfat (% 37), sodyumdikromat (% 36), borik asit (% 25) ve katkı maddeleri (% 2) ile karışım halinde üretilmekte olup, mantar, böcek, termit ve deniz zararlıları ile yanmaya karşı koruyucu olarak uygulanmaktadır. Kokusuz olan tanalith-CBC tuzu; demir, bakır, bronz, alüminyum ve cam malzemede aşındırıcı etki yapmamaktadır (3, 5). Ağırlık esasına göre % 10'luk çözeltisi hazırlanan tanalith-CBC, levha üretiminde, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 0.6, 0.9 ve 1.8 oranlarında kullanılmıştır (33, 35, 55).

#### 2.1.4.7. Immersol-WR 2000 (sıvı)

Organik çözücülü olan immersol-WR 2000, mantar, böcek ve termit tahribatına karşı kullanılmaktadır. Emprenyeli malzeme doğal rengini ve boyutlarını korumakta, metallerde paslanma yapmamaktadır (3, 5). 107.8 mililitresinde 1.9 g katı madde bulunduğu, yani;  $1.9 / 107.8 \times 100 = \% 1.76$  konsantrasyonda olduğu belirtilen immersol-WR 2000'nin özellikleri aşağıda verilmektedir (84).

Koku	:	Kokulu
Fiziki görünüş	:	Sıvı, solgun saman renkli
Kaynama noktası	:	150 – 250 °C
Yoğunluk	:	0.806 g/cm <sup>3</sup>
Parlama noktası	:	38 – 50 °C (cc)
Viskozite (23 ± 2 °C'de)	:	2 – 3 centipoise

Immersol-WR 2000, levha üretiminde, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 0.3, 0.45 ve 0.9 oranlarında kullanılmıştır (35, 43).



### 2.1.4.8. n - Heksan

n - Heksan, ham petrolün saf alifatik hidrokarbonlarda damıtılarak fraksiyonlarına ayrılmasıyla, 140 - 200 °C arasında oluşan ürünlerdendir. Kolofan ile alkid reçinesi çözeltisinin hazırlanmasında kullanılan n-Heksan'ın özellikleri aşağıda verilmektedir (5).

1 litre, minimum	:	% 97
Formül yapısı	:	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> )CH <sub>3</sub>
Yoğunluk	:	0.670 - 0.70 g/cm <sup>3</sup>
Molekül ağırlığı	:	86.19
Kaynama noktası	:	68.9 °C

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan emprenye maddeleri, konsantrasyon ve kullanım oranlarına göre Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme levhalarının üretiminde kullanılan emprenye maddeleri.

Sıra no	Emprenye maddesi	Konsantrasyonu (%)	Kullanım oranı (%) *		
1	Kolofan	10	1.0	1.5	3.0
2	Alkid reçinesi	20	1.0	1.5	3.0
3	Amonyum sülfat	7	1.0	1.5	3.0
4	Borik asit	5	0.5	0.75	1.5
5	Boraks	5	0.5	0.75	1.5
6	Borik asit / Boraks	2.5 / 2.5	0.5	0.75	1.5
7	Tanalith-CBC	10	0.6	0.9	1.8
8	Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	5 / 2.5 / 2.5	0.6	0.9	1.8
9	Immersol-WR 2000 **	1.76	0.3	0.45	0.9

\* Tam kuru tutkal ağırlığına oranla kullanılmıştır. \*\* 107.8 mililitresinde 1.9 g katı madde bulunmaktadır.

## 2.2. Deneme Levhalarının Üretimi

Levhaların üretimi, KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü Yongalevha Pilot Tesisi'nde gerçekleştirilmiştir. Üretim sırasında yoğunluk, boyutlar, tutkal ve sertleştirici miktarı, yonga rutubeti, presleme ile kondisyonlama şartları, serme hataları vb. faktörler kontrole göre sabit tutulmuş, emprenye maddeleri, konsantrasyonları ve kullanım oranları ise denemelerde ön görüldüğü şekilde farklı tutulmuştur.

### 2.2.1. Kurutma

Yongalar, taşınma sırasında rutubet aldıkları için laboratuvar tipi kurutma fırınında  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta % 2 – 3 rutubete kadar kurutulmuştur.

### 2.2.2. Emprenye

Kurutulan yongalar, tutkallama makinasında emprenye edilmiştir. Bunun için tek enjektörlü, 6 kg/cm<sup>2</sup> basınca dayanıklı ve beş adet karıştırma koluna sahip tutkallama makinası kullanılmıştır. Makinada, karıştırma kolları motora bağlı bir milin dönmesi ile hareket ederek, bir taraftan yongaları homojen bir şekilde karıştırırken, diğer taraftan da yongalar üst enjektörden makina içerisine sevk edilen emprenye çözeltisi ile emprenye edilmiştir. Emprenye çözeltisi miktarı, tam kuru tutkal ağırlığına oranla uygulanmıştır.

### 2.2.3. Tutkallama

Emprenye işleminin hemen ardından, tutkallama makinası içindeki yongalar üzerine tutkal çözeltisi püskürtülmüştür. Tutkallanan emprenyeli yongalar serme ünitesine taşınmıştır. Tutkal çözeltisine, sertleştirici olarak, tam kuru tutkal ağırlığına oranla % 10 amonyum klorür çözeltisi katılmıştır. Tutkallamada, tutkal miktarı, tam kuru yonga ağırlığına oranla, dış tabaka için % 10, orta tabaka için % 8 uygulanmıştır. Karıştırma süresi ise, tutkal dağılımının homojen olmasını sağlamak için 5 dakika olarak ayarlanmıştır.

#### 2.2.4. Taslağın Hazırlanması

Levha taslağının hazırlanmasında boyutları 56 x 76 cm olan şekillendirme çerçevesi ve kalınlığı 2 cm olan iki adet kalınlık takozu kullanılmıştır. Levhaların dış tabakaları, levha kalınlığının % 35'ini, orta tabaka ise % 65'ini oluşturacak şekilde hazırlanmıştır.

Şekillendirme çerçevesi, alt pres sacı üzerine yerleştirildikten sonra, öncelikle, alt dış tabaka yongaları, sonra, sırası ile orta ve üst dış tabaka yongaları serilmiştir. Serme işlemi, el ile mümkün olduğu kadar homojen bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Orta ve dış tabakalarda kullanılan yonga miktarı, ağırlık esasına göre belirlenmiştir (Şekil 1).



(A)



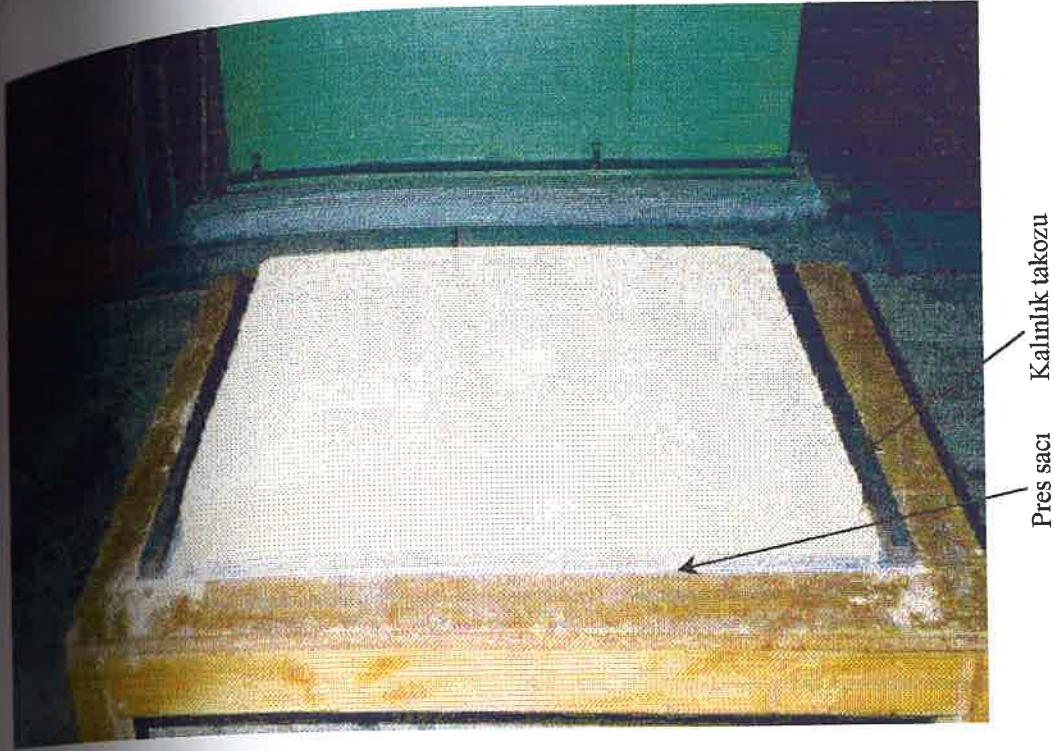
(B)

Şekil 1. Şekillendirme çerçevesine serilmiş yongalar:  
A) dış tabaka yongaları, B) orta tabaka yongaları.

#### 2.2.5. Presleme

Serme işleminden sonra, yongalevha taslağı, üzerine soğuk pres görevi yapan şekillendirme çerçevesi büyüklüğünde bir tabla yerleştirilmek sureti ile sıkıştırılmıştır. Bunu takiben, önce şekillendirme çerçevesi, sonra da tabla yavaşça ve taslak levhanın kenarlarına zarar vermeden çıkarılmıştır. Levhanın homojen kalınlıkta olması için alt pres sacı üzerine 20 mm kalınlıkta kalınlık takozları, taslak levha üzerine de üst pres sacı yerleştirilmiştir. Böylece, sıcak prese hazır bir hale getirilmiştir (Şekil 2).





Şekil 2. Kalınlık takozları yerleştirilen ve soğuk preslemesi yapılan yongalevha taslağı.

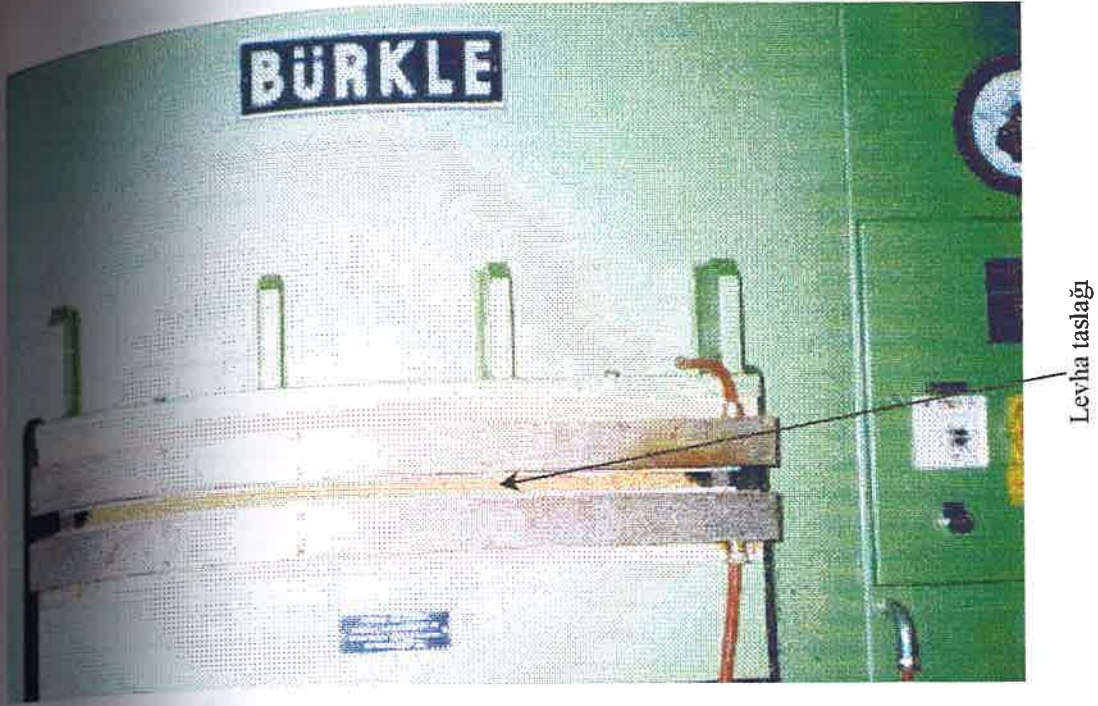
Taslak levha, yongalevha özelliğini kazanması için laboratuvar tipi, elektrik ile ısıtılan ve levha boyutları 70 x 89 cm olan tek katlı hidrolik preste preslenmiştir (Şekil 3). Preslemede pres sıcaklığı 150 °C, pres süresi pres kapandıktan sonra 6 dakika, presin kapanma süresi 70 – 80 saniye ve pres basıncı 25 – 28 kp/cm<sup>2</sup> arasında tutulmuştur. Bütün levha tipleri için aynı pres şartları uygulanmıştır. Böylece, boyutları 56 x 76 x 2 cm ve yoğunluğu 0.70 g/cm<sup>3</sup> olacak şekilde, her bir levha tipi için ikişer, kontrol amacı ile de dört adet olmak üzere, toplam 58 [(27 x 2) + 4] adet deneme levhası üretilmiştir.

#### 2.2.6. Presleme Sonrası İşlemler

Üretilen deneme levhaları, tutkalın sertleşmeye devam etmesini sağlamak için sıcak presten çıkarılmış ve soğuması için pres saçları arasında laboratuvar ortamında bekletilmiştir.

Soğuyan levhalar, TS 642'ye göre, sıcaklığı 20 ± 2 °C ve bağıl nemi % 65 ± 5 olan kondisyonlama odasında yaklaşık üç hafta bekletildikten sonra yan alma işlemlerine tabi tutulmuştur (85).





Şekil 3. Levha taslağının hidrolik preste preslenmesi.

Yanları alınan deneme levhaları, tekrar aynı şartlarda kondisyonlama odasına konulmuş, burada fiziksel ve mekanik özellikler ile yanma mukavemeti testleri için deney örnekleri hazırlanıncaya kadar bekletilmişlerdir (Şekil 4).



Şekil 4. İstiflenmiş deneme levhaları.

Denemelerde üretilen levha tipleri, emprenye maddesi kullanım oranları, levhanın dış ve orta tabaklarına yüklenen katı emprenye maddesi miktarları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneme levhası tipleri, emprenye maddesi kullanım oranları ve yüklenen katı emprenye maddesi miktarı.

Sıra No	Levha tipi	Emprenye maddesi kullanım oranı (%)	Deneme levhasına yüklenen katı emprenye maddesi miktarı (g)	
			Dış tabaka	Orta tabaka
1	K	0	0	0
2	KLF <sub>1</sub>	1.0	1.95	2.90
3	KLF <sub>2</sub>	1.5	2.93	4.35
4	KLF <sub>3</sub>	3.0	5.85	8.70
5	AR <sub>1</sub>	1.0	1.95	2.90
6	AR <sub>2</sub>	1.5	2.93	4.35
7	AR <sub>3</sub>	3.0	5.85	8.70
8	AS <sub>1</sub>	1.0	1.95	2.90
9	AS <sub>2</sub>	1.5	2.93	4.35
10	AS <sub>3</sub>	3.0	5.85	8.70
11	BA <sub>1</sub>	0.5	0.98	1.45
12	BA <sub>2</sub>	0.75	1.47	2.18
13	BA <sub>3</sub>	1.5	2.93	4.35
14	BR <sub>1</sub>	0.5	0.98	1.45
15	BR <sub>2</sub>	0.75	1.47	2.18
16	BR <sub>3</sub>	1.5	2.93	4.35
17	BB <sub>1</sub>	0.5	0.98	1.45
18	BB <sub>2</sub>	0.75	1.47	2.18
19	BB <sub>3</sub>	1.5	2.93	4.35
20	CBC <sub>1</sub>	0.6	1.17	1.74
21	CBC <sub>2</sub>	0.9	1.76	2.61
22	CBC <sub>3</sub>	1.8	3.51	5.22
23	TBB <sub>1</sub>	0.6	1.17	1.74
24	TBB <sub>2</sub>	0.9	1.76	2.61
25	TBB <sub>3</sub>	1.8	3.51	5.22
26	IM <sub>1</sub>	0.3	0.59	0.87
27	IM <sub>2</sub>	0.45	0.88	1.31
28	IM <sub>3</sub>	0.9	1.76	2.61

## 2.3. Araştırma Yöntemi

### 2.3.1. Fiziksel Özellikler

#### 2.3.1.1. Yoğunluk

Yoğunluk deneyi, TS EN 323 standardına göre yapılmıştır (86). Bunun için, 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarındaki kare kesitli örnekler kullanılmıştır (Şekil 5). Örnekler  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem koşullarında sabit ağırlığa ulaşıncaya bırakılmış, ağırlıkları g, boyutları ise mm olarak  $\pm 0.01$  duyarlılıkla ölçülmüştür (85).

Örneklerin yoğunluk değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (86).

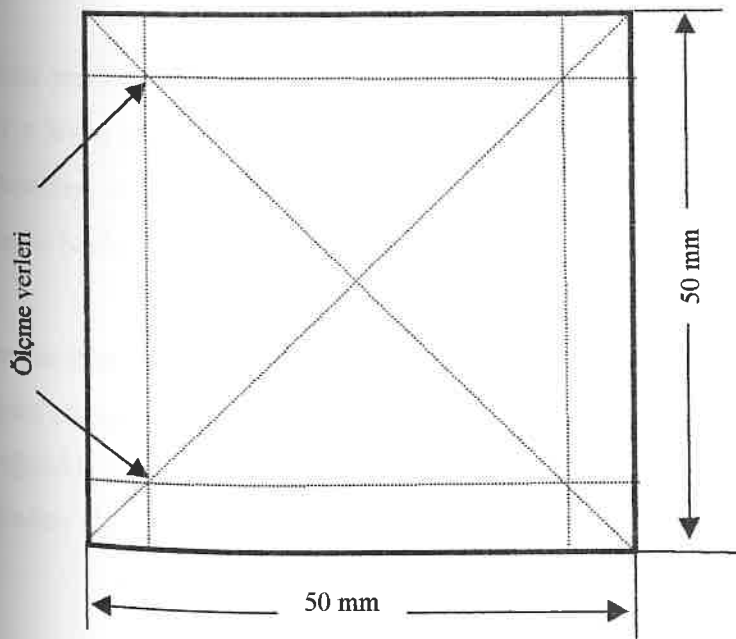
$$\delta = m / v$$

Burada;

$\delta$  = Yoğunluk ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ),

$m$  = Örnek ağırlığı (g),

$v$  = Örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ )'dir.



Şekil 5. Yoğunluk ve rutubet miktarı deney örneği, bu örnekteki kalınlık ölçme yerleri (9).

### 2.3.1.2. Rutubet Miktarı

Rutubet miktarı deneyi, TS EN 322 standardına göre yapılmıştır (87). Bunun için, 50 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan örnekler kullanılmıştır (Şekil 5). Örnekler, sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemi %  $65 \pm 5$  olan klima odasında, ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar bekletildikten sonra ağırlıkları  $\pm 0.01$  g duyarlıklı analitik terazide tartılmıştır. Sonra, örnekler kurutma dolabının ızgaraları üzerine yerleştirilmiş ve  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta tam kuru hale ulaşmaya kadar bekletilmek suretiyle tam kuru ağırlıkları aynı hassasiyetle belirlenmiştir (85).

Örneklerin rutubet miktarları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (87).

$$r = (m_1 - m_0) / m_0 \times 100$$

Burada;

$r$  = Rutubet miktarı (%),

$m_1$  = Örneğin klimatize edilmiş haldeki ağırlığı (g),

$m_0$  = Örneğin kuru haldeki ağırlığı (g)'dir.

### 2.3.1.3. Su Alma Miktarı

Su alma miktarı deneyi, ASTM D - 1037 standardına göre yapılmıştır (88). Bunun için, 25 x 25 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında kesilen kare kesitli örnekler kullanılmıştır (Şekil 6). Örnekler,  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında sabit ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiş ve ağırlıkları  $\pm 0.01$  g duyarlıkla tartılmıştır (85).

Klimatize işleminden sonra, sıcaklığı  $20 \pm 1$  °C olan temiz su içerisine su yüzeyinden 25 mm aşağıda olacak şekilde batırılan örnekler, birbirine ve kaba değmeyecek biçimde üst taraftan bir ağırlıkla bastırılmıştır. Örnekler 2, 24 ve 48 saat sonra su içinden çıkarılmış, bir bez ile fazla suları alınmış ve bu durumdaki ağırlıkları belirlenmiştir (88).



Örneklerin su alma miktarları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (88):

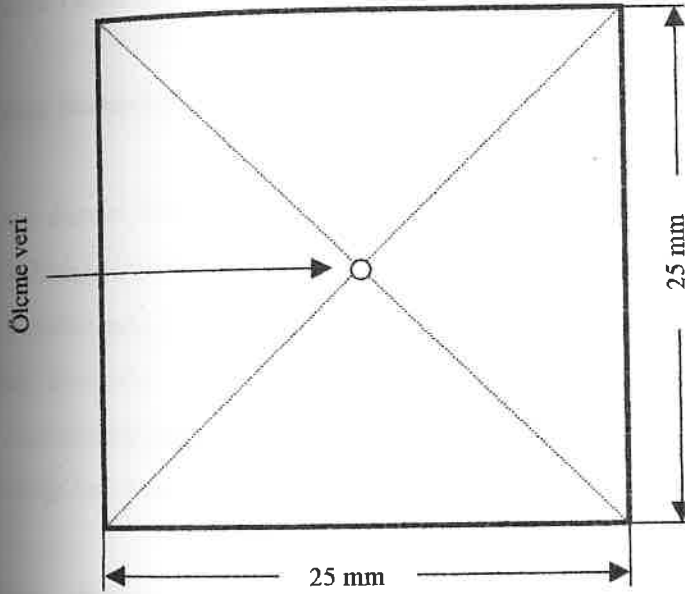
$$SA = (m_y - m_i) / m_i \times 100$$

Burada;

SA = Su alma miktarı (%),

$m_y$  = Suda bekletilen örnek ağırlığı (g),

$m_i$  = Klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)'dir.



Şekil 6. Su alma miktarı ve kalınlık artışı deney örneği, bu örnekteki kalınlık ölçme yeri (9).

#### 2.3.1.4. Kalınlık Artışı

Kalınlık artışı deneyi ASTM D - 1037 standardına göre yapılmıştır (88). Bunun için, su alma deneylerinde kullanılan örnekler kullanılmıştır (Şekil 6).

Klimatize işleminden sonra, kalınlıkları tam orta noktadan  $\pm 0.01$  mm duyarlıkla ölçülen örnekler, sıcaklığı  $20 \pm 1$  °C olan temiz suya batırılarak, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 2, 24 ve 48 saat sonra sudan çıkarılan örneklerin fazla suları bir bez ile alınmış ve kalınlıkları ilk ölçülen noktadan aynı duyarlıkla tekrar ölçülmüştür (88).

Örneklerin kalınlık artışları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (88):

$$KA = (e_y - e_k) / e_k \times 100$$

Burada;

KA = Kalınlık artışı (%),

$e_y$  = Suda bekletilen örnek kalınlığı (mm),

$e_k$  = Klimatize edilmiş durumdaki örnek kalınlığı (mm)'dir.

### 2.3.2. Mekanik Özellikler

#### 2.3.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyi TS EN 310 standardına göre yapılmıştır (89). Bunun için, 250 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan örnekler,  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\% 65 \pm 5$  bağıl nem koşullarında hava kurusu rutubete kadar klimatize edilmiştir (85). Yükleme yapıldığı hat üzerinde, örneklerin genişliği bir, kalınlıkları ise iki noktadan 0.01 mm duyarlılıkla ölçülmüştür. Ölçülen her iki kalınlık değerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak örneğin kalınlığı belirlenmiştir.

Eğilme direnci deneyi Üniversal Test Makinası'nda yapılmıştır. Yükleme mekanizması, yükleme anından itibaren 1– 2 dakika içinde kırılma gerçekleşecek şekilde 6 mm/dk hızla çalıştırılmıştır (Şekil 7).

Örneklerin eğilme direnci değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (89):

$$\delta_{eg} = (3 \times F \times L) / (2 \times b \times d^2)$$

Burada;

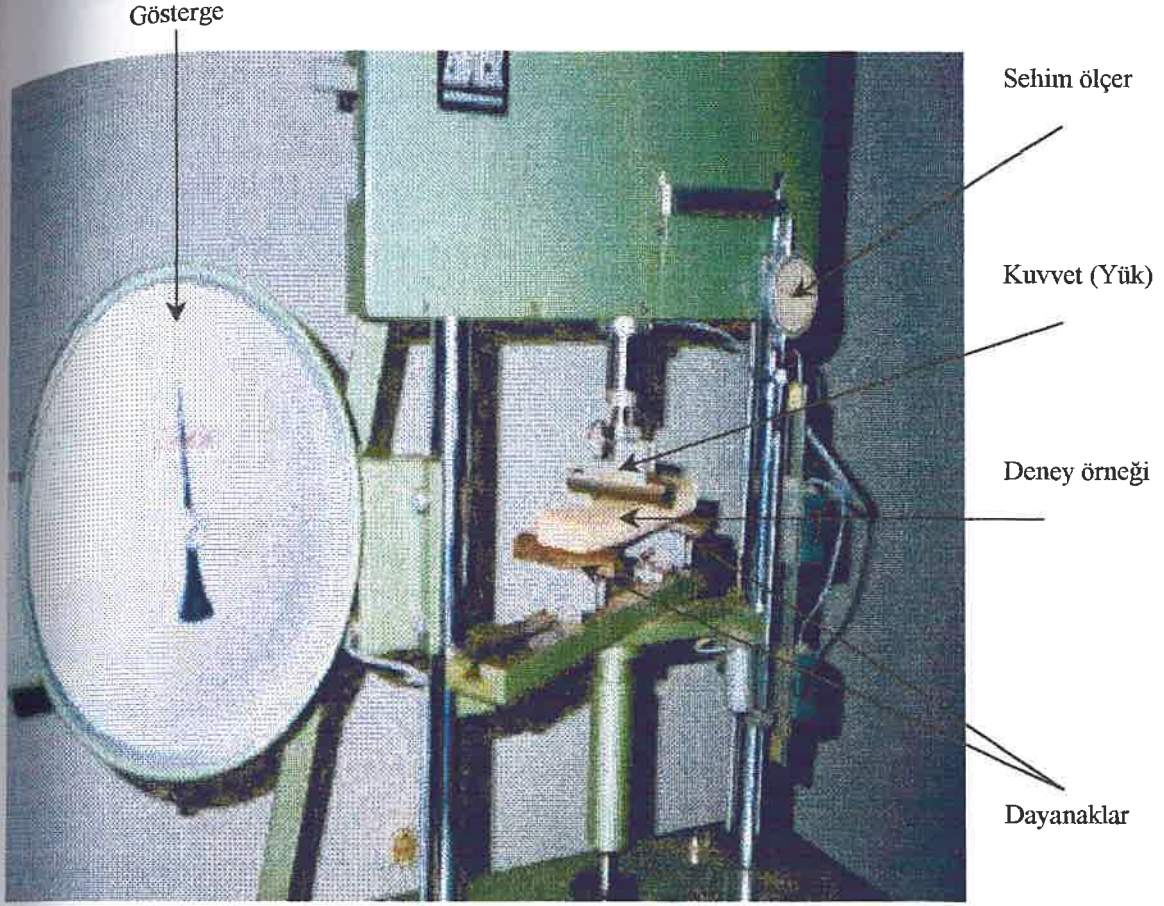
$\delta_{eg}$  = Eğilme direnci (kgf/cm<sup>2</sup>),

F = Kırılma anındaki en büyük kuvvet (kgf),

L = Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm),

b = Örnek genişliği (cm),

d = Örnek kalınlığı (cm)'dir.



Şekil 7. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü deney düzeneği.

### 2.3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Eğilmede elastikiyet modülü deneyi TS EN 310 standardına göre yapılmıştır (89). Bunun için, 250 x 50 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan örnekler kullanılmıştır. Klimatize ortamda değişmez ağırlığa kadar bekletilen örneklerin elastik deformasyon bölgesindeki eğilme miktarları saptanmıştır. Bu maksatla, Üniversal Test Makinası'nın sehim ölçerinden faydalanılmıştır. Elastik deformasyon 0.01 mm, kırılma anındaki kuvvet ise 1 kgf duyarlılıkla belirlenmiştir (Şekil 7).

Eğilmede elastikiyet modülü, kuvvet – deformasyon eğrisinin elastikiyet sınırı içerisinde kalan kısmından yararlanarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (89):

$$E = (F \times L^3) / (4 \times \Delta_e \times b \times d^3)$$

Burada;

$E$  = Eğilmede elastikiyet modülü ( $\text{kgf/cm}^2$ ),

$F$  = Deformasyon sağlayan kuvvet ( $\text{kgf}$ ),

$L$  = Dayanak açıklığı ( $\text{cm}$ ),

$b$  = Örnek genişliği ( $\text{cm}$ ),

$d$  = Örnek kalınlığı ( $\text{cm}$ ),

$\Delta_c$  = Eğilme (sehim) miktarı ( $\text{cm}$ )'dir.

### 2.3.2.3. Levha Yüzüne Dik Çekme Direnci

Levha yüzüne dik çekme direnci deneyi TS 4906 standardına göre yapılmıştır (90). Bunun için, 50 x 50 levha kalınlığı ( $\text{mm}$ ) boyutlarda kare kesitli örnekler hazırlanmıştır. Örnekler, sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemi  $\% 65 \pm 5$  olan ortamda klimatize edilmiştir (85). Örneklerin boyutları 0.01 mm duyarlıkla ölçüldükten sonra, her iki yüzüne standardta belirtilen profillere sahip takozlar yapıştırılmıştır. Bu örnekler, yaklaşık  $1-2 \text{ kgf/cm}^2$  basınç altında işkencelerle yarım gün sıkıştırılmıştır. Klimatize edilen örnekler takozlarla birlikte Universal Test Makinası'na yerleştirilmiştir (Şekil 8).

Test Makinası'nda, standardta verilen esaslara uygun olarak, örneklerin yüzüne dik yönde çekme kuvveti uygulanmış ve örnek kopuncaya kadar devam ettirilmiştir. Kuvvetin hızı, 1 - 2 dakika içerisinde kopma olacak şekilde ayarlanmıştır.

Levha yüzüne dik çekme dirençleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (90):

$$\delta_{\text{çd}} = F_{\text{max}} / A$$

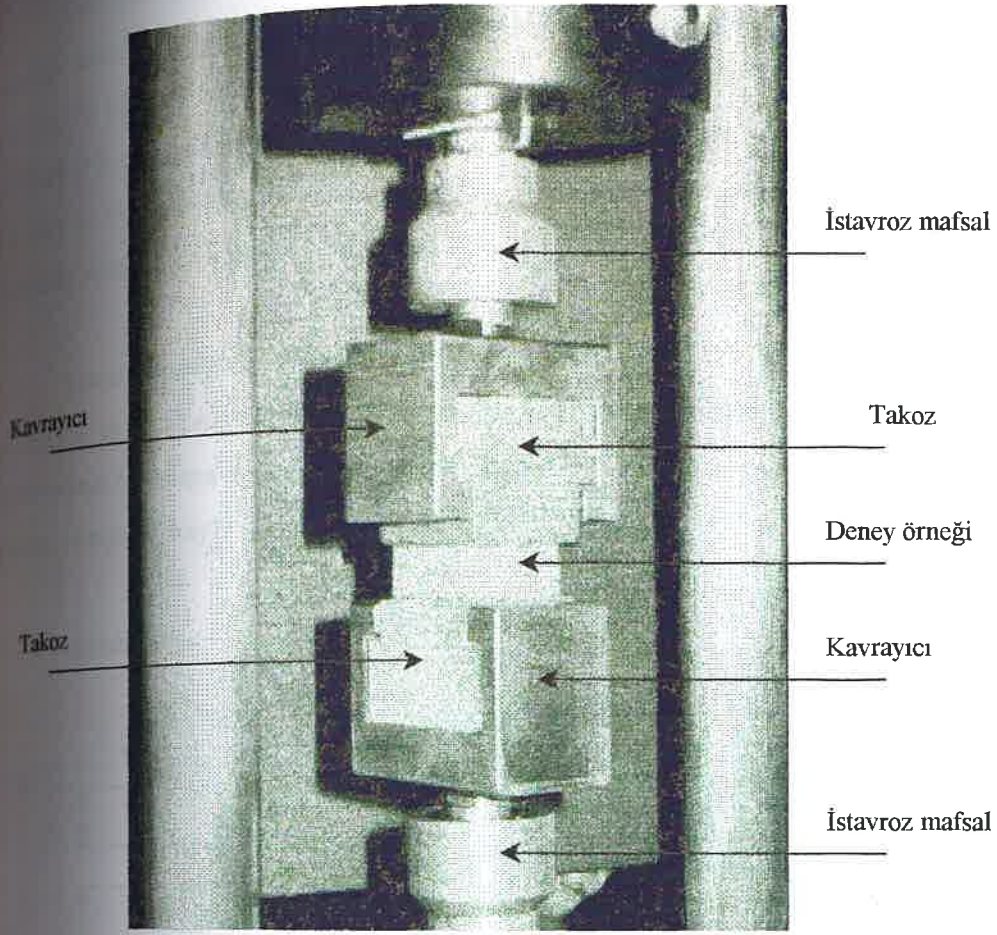
Burada;

$\delta_{\text{çd}}$  = Levha yüzüne dik çekme direnci ( $\text{kgf/cm}^2$ ),

$F_{\text{max}}$  = Kopma anındaki en büyük kuvvet ( $\text{kgf}$ ),

$A$  = Örnek enine kesit alanı ( $\text{cm}^2$ )'dir.





Şekil 8. Levha yüzüne dik çekme direnci deney düzeneği (16).

### 2.3.3. Yanma Mukavemeti

Yanma deneyleri ASTM E 160 – 50 standardına göre yapılmıştır (91). Bunun için, 76 x 13 x levha kalınlığı (mm) boyutlarında hazırlanan örnekler kullanılmıştır. Örnekler,  $27 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\% 30 \pm 3$  bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında  $\% 7$  rutubete ulaşınca kadar bekletilmiş ve sonra 0.01 g duyarlılıkla tartılmıştır. Bir denemede, her tip levhadan 24'er adet örnek kullanılmıştır.

Yanma deneylerinde Şekil 8'de verilen deney düzeneği kullanılmıştır. 24 adet örnek, düzenekteki tel kafesin her bir katında 2'şer adet olacak şekilde dizilmiş ve 12 katlı bir istif oluşturulmuştur. Her bir kattaki örnekler, aralarında 2.5 cm'lik bir mesafe olacak şekilde ve bir alt kattaki örnekler ile  $90^\circ$  açı yapacak biçimde yerleştirilmiştir (91).



### 2.3.3.1. Alev Kaynaklı Yanma

Alev kaynaklı yanma deneyi ASTM E 160 – 50 standardına göre yapılmıştır (91). Bunun için, alev kaynağı örnek istifinin altına ve istifi ortalayacak biçimde yerleştirilmiştir (Şekil 9). Örnekler, kaynaktan çıkan alevin etkisinde 3 dakika bırakılarak yakılmıştır / tutuşturulmuştur. Sonra, alev kaynağı kapatılarak alev söndürülmüş ve kaynak uzaklaştırılmıştır. Yakma / tutuşturma süresi bütün levha tipleri için sabit tutulmuştur.

Yakma işlemine başlanıldığı andan itibaren, sıcaklık değerleri 15'er saniye ara ile bacadaki sıcaklık ölçerden okunmuştur. Deney sonunda, her bir tip levhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı, sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak belirlenmiştir (91).

### 2.3.3.2. Alev Kaynaksız Alevli Yanma

Alev kaynaksız alevli yanma deneyi ASTM E 160 – 50 standardına göre yapılmıştır (91). Deney, Bölüm 2.3.3.1'de açıklandığı gibi, örneklerin yakılıp tutuşturulmasından sonra alevin söndürülüp alev kaynağının kapatılması ile başlamış ve örnekler, alevli halde kendi kendine yandığı sürece devam etmiştir.

Deney süresince, değişen sıcaklık değerleri 30'ar saniye ara ile sıcaklık ölçerden okunmuştur. Deney sonunda, her bir tip levhanın yanma sıcaklığı, sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak belirlenmiştir (91).

Ayrıca, toplam yanma süresi, bacadan çıkan alev yüksekliği, duman rengi ve yoğunluğu, yıkılma başlangıcı ile çitirtılı yanma olup olmadığı da tespit edilmiştir.

### 2.3.3.3. Kor Halinde Yanma

Kor halinde yanma deneyi, Bölüm 2.3.3.2.'de açıklandığı şekilde, örneklerdeki alevin sönmesi ile başlamış ve örnekler, kor halinde kendi kendine yandığı sürece devam etmiştir.

Deney süresince, değişen sıcaklık değerleri 30'ar saniye ara ile sıcaklık ölçerden okunmuştur. Deney sonunda, her bir tip levhanın korlu yanma sıcaklığı, sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak belirlenmiştir (91).

Ayrıca, toplam yanma süresi, yanmış veya yanmamış örneklerin fiziki görünüşü ve sayısı, bacadan çıkan duman rengi ve yoğunluğu, çıtırtılı yanma ve yıkılma olup olmadığı da tespit edilmiştir.

#### 2.3.3.4. Yanma Sonrası Ağırlık Kaybı

Yanma sonrası, örneklerde meydana gelen ağırlık kayıplarının belirlenmesi için kül, kömür ve yanmamış kısımlardan oluşan yığından faydalanılmıştır. Bu amaçla, yığın, daha önce darası alınmış madeni bir kap içerisine konularak  $20 \pm 2$  °C sıcaklı ve  $\% 65 \pm 5$  şartlarında klimatize edilmiş ve 0.01g duyarlıkla tartılmıştır (91).

Yanma sonrası ağırlık kaybı değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (91):

$$AK = (A_0 - A_s) / A_0 \times 100$$

Burada;

AK = Ağırlık kaybı (%),

$A_0$  = Yanma öncesi %7 rutubetteki ağırlık (g),

$A_s$  = Yanma sonrası ağırlık (g)'dir.

#### 2.4. İstatistiksel Yöntemler

Laboratuvar şartlarında üretilen kontrol ve deneme levhalarında yoğunluk, rutubet miktarı, 2, 24 ve 48 saat suda bekletme sonucu su alma miktarı ve kalınlık artışı, eğilme direnci, eğilmeye elastikiyet modülü, levha yüzüne dik çekme direnci, alev kaynaklı ve alev kaynaklı alevli ve kor halinde yanma sıcaklıkları ile yanmada ağırlık kaybı üzerine çeşitli emprenye maddelerinin etkileri araştırılmıştır.

Elde edilen bulgular varyans analizi, korelasyon analizi ve duncan testi uygulanmak suretiyle istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler % 95 güven düzeyi esas alınarak gerçekleştirilmiştir.



Varyans analizi, emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın özelliklerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır. Sonucun önemli ( $p < 0.05$ ) olması durumunda duncan testi kullanılmıştır. Bununla, levha tipleri arasında farklılık veya eşit kabul edilebilirlik (homojenlik) bulunup bulunmadığı, farklılık var ise bunun hangi levha tipleri arasında gerçekleştiği, farklılık yok ise bu levha tiplerinden hangilerinin aynı homojenlik grubunda toplandığı belirlenmiştir.

Korelasyon analizi, emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın özellikleri arasında pozitif veya negatif bir ilişki bulunup bulunmadığını, diğer bir ifade ile, emprenye maddesi kullanım oranı arttıkça levhanın özelliklerinde iyileşme olup olmadığını tespit etmek için uygulanmıştır. Bir ilişki olması halinde, bunun istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Fiziksel Özellikler

##### 3.1.1. Yoğunluk

Deneme levhalarının yoğunluklarına ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Denemeler 10 örnek üzerinden yürütülmüştür.

Tablo 3. Deneme levhalarının ortalama yoğunluk değerleri ( $\text{g/cm}^3$ ).

Levha tipi	X	S	V
K	0.70	0.02	2.52
KLF <sub>1</sub>	0.73	0.02	2.59
KLF <sub>2</sub>	0.74	0.02	2.51
KLF <sub>3</sub>	0.75	0.02	3.21
AR <sub>1</sub>	0.72	0.02	2.10
AR <sub>2</sub>	0.74	0.02	2.04
AR <sub>3</sub>	0.75	0.01	1.75
AS <sub>1</sub>	0.72	0.02	2.70
AS <sub>2</sub>	0.73	0.01	1.45
AS <sub>3</sub>	0.74	0.02	2.61
BA <sub>1</sub>	0.72	0.02	2.65
BA <sub>2</sub>	0.74	0.02	2.99
BA <sub>3</sub>	0.71	0.03	3.81
BR <sub>1</sub>	0.74	0.02	3.11
BR <sub>2</sub>	0.71	0.01	1.51
BR <sub>3</sub>	0.73	0.03	4.10
BB <sub>1</sub>	0.72	0.02	3.37
BB <sub>2</sub>	0.73	0.02	3.37
BB <sub>3</sub>	0.71	0.04	6.26
CBC <sub>1</sub>	0.71	0.02	2.23
CBC <sub>2</sub>	0.72	0.02	2.65
CBC <sub>3</sub>	0.73	0.02	2.73
TBB <sub>1</sub>	0.73	0.02	2.15
TBB <sub>2</sub>	0.74	0.03	4.25
TBB <sub>3</sub>	0.75	0.02	2.92
IM <sub>1</sub>	0.73	0.01	1.84
IM <sub>2</sub>	0.74	0.03	3.48
IM <sub>3</sub>	0.75	0.02	3.13

X = Aritmetik ortalama, S = Standard sapma, V = Varyasyon katsayısı

Emprenye maddelerinin, yongalevhanın yoğunluğu üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını saptamak için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 4'de verilmiştir. Buna göre, borik asit / boraks karışımı dışında, diğer maddelerin levhanın yoğunluğu üzerine, 0.05 hata payı düzeyinde, önemli derecede etki yaptığı ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın yoğunluğu üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	0.016	3	0.0055	13.939	***
	Gruplar içi	0.014	36	0.0003		
	Toplam	0.031	39			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	0.027	3	0.0091	37.705	***
	Gruplar içi	0.008	36	0.0002		
	Toplam	0.036	39			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	0.006	3	0.0022	7.538	***
	Gruplar içi	0.010	36	0.0002		
	Toplam	0.017	39			
Borik asit	Gruplar arası	0.027	3	0.0092	19.139	***
	Gruplar içi	0.017	36	0.0004		
	Toplam	0.045	39			
Boraks	Gruplar arası	0.012	3	0.0041	9.054	***
	Gruplar içi	0.016	36	0.0004		
	Toplam	0.029	39			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	0.003	3	0.0013	1.704	ÖD
	Gruplar içi	0.028	36	0.0007		
	Toplam	0.032	39			
Tanalith CBC	Gruplar arası	0.005	3	0.0018	5.648	***
	Gruplar içi	0.011	36	0.0003		
	Toplam	0.017	39			
Tanalith CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	0.018	3	0.0061	11.882	***
	Gruplar içi	0.018	36	0.0005		
	Toplam	0.036	39			
Immersol <sup>®</sup> WR 2000	Gruplar arası	0.019	3	0.0065	15.174	***
	Gruplar içi	0.015	36	0.0004		
	Toplam	0.035	39			

p = Önem düzeyi [p < 0.05 ise önemlidir (\*\*\*)]. ÖD = Önemli değildir.

Levha tipleri arasında, yoğunluk bakımında homojenlik olup olmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 5'de verilmiştir. Buna göre, borik asit / boraks grubu levhalar aynı, diğer gruplara ilişkin levha tipleri ise farklı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 5. Deneme levhalarının yoğunluklarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (g/cm <sup>3</sup> )	HG *
Kolofan	K	0.70	a
	KLF <sub>1</sub>	0.73	b
	KLF <sub>2</sub>	0.74	b
	KLF <sub>3</sub>	0.75	b
Alkid reçinesi	K	0.70	a
	AR <sub>1</sub>	0.72	c
	AR <sub>2</sub>	0.74	d
	AR <sub>3</sub>	0.75	d
Amonyum sülfat	K	0.70	a
	AS <sub>1</sub>	0.72	e
	AS <sub>2</sub>	0.73	e
	AS <sub>3</sub>	0.74	e
Borik asit	K	0.70	a
	BA <sub>3</sub>	0.71	a f
	BA <sub>1</sub>	0.72	f
	BA <sub>2</sub>	0.74	g
Boraks	K	0.70	a
	BR <sub>2</sub>	0.71	a
	BR <sub>3</sub>	0.73	h
	BR <sub>1</sub>	0.74	h
Borik asit / Boraks	K	0.70	a
	BB <sub>3</sub>	0.71	a
	BB <sub>1</sub>	0.72	a
	BB <sub>2</sub>	0.73	a
Tanalith-CBC	K	0.70	a
	CBC <sub>1</sub>	0.71	a
	CBC <sub>2</sub>	0.72	a
	CBC <sub>3</sub>	0.74	i
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	0.70	a
	TBB <sub>1</sub>	0.73	j
	TBB <sub>2</sub>	0.74	j
	TBB <sub>3</sub>	0.75	j
Immorsol-WR 2000	K	0.70	a
	IM <sub>1</sub>	0.73	l
	IM <sub>2</sub>	0.74	l m
	IM <sub>3</sub>	0.75	m

HG = Homojenlik grubu, \* Aynı harf ile gösterilen levhalar arasında istatistiksel anlamda önemli fark yoktur.

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın yoğunluğu arasında bir ilişki olup olmadığı anlamak için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün emprenye maddelerinin kullanım oranları ile levhanın yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, bu ilişki, kolofan, amonyum sülfat ve immersol-WR 2000 maddeleri ile tanalith-CBC / borik asit / boraks karışımı için 0.05 hata payı düzeyinde önemli, diğer maddeler için önemsiz bulunmuştur.

Tablo 6. Deneme levhalarının yoğunluklarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	r	p
Kolofan	0.327	***
Alkid reçinesi	0.218	ÖD
Amonyum sülfat	0.377	***
Borik asit	0.093	ÖD
Boraks	0.240	ÖD
Borik asit / Boraks	0.012	ÖD
Tanalith-CBC	0.114	ÖD
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	0.646	***
Immorsol-WR 2000	0.712	***

r = Korelasyon katsayısı (pozitiflik veya negatiflik durumu)

### 3.1.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Denemeler 10 rnek üzerinden yrtlmştir.

Tablo 7. Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarları (%).

Levha tipi	X	S	V
K	10.87	0.17	1.54
KLF <sub>1</sub>	8.34	0.24	2.33
KLF <sub>2</sub>	8.03	0.21	2.71
KLF <sub>3</sub>	8.02	0.27	3.42
AR <sub>1</sub>	9.60	0.15	1.45
AR <sub>2</sub>	9.36	0.21	2.01
AR <sub>3</sub>	9.06	0.27	4.03
AS <sub>1</sub>	9.63	0.15	2.21
AS <sub>2</sub>	9.54	0.17	2.55
AS <sub>3</sub>	9.75	0.40	4.58
BA <sub>1</sub>	10.51	0.40	4.92
BA <sub>2</sub>	10.68	0.43	4.00
BA <sub>3</sub>	10.70	0.21	1.94
BR <sub>1</sub>	10.77	0.14	1.28
BR <sub>2</sub>	10.76	0.25	3.36
BR <sub>3</sub>	10.78	0.32	2.92
BB <sub>1</sub>	9.84	0.21	2.25
BB <sub>2</sub>	9.95	0.18	1.83
BB <sub>3</sub>	10.03	0.43	4.16
CBC <sub>1</sub>	10.73	0.35	3.22
CBC <sub>2</sub>	10.83	0.21	1.95
CBC <sub>3</sub>	10.80	0.12	1.08
TBB <sub>1</sub>	9.11	0.26	2.85
TBB <sub>2</sub>	9.07	0.35	4.01
TBB <sub>3</sub>	9.15	0.32	3.52
IM <sub>1</sub>	10.73	0.24	2.26
IM <sub>2</sub>	10.50	0.20	1.95
IM <sub>3</sub>	10.20	0.30	2.95

Emprenye maddelerinin, yongalevhanın rutubet miktarı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını saptamak için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 8'de verilmiştir. Buna göre, boraks ve tanalith-CBC dışında, diğer maddelerin, levhanın rutubet miktarı üzerine etkileri 0.05 hata payı ile önemli bulunmuştur.

Tablo 8. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın rutubet miktarı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	78.210	3	26.070	514.699	***
	Gruplar içi	1.823	36	0.050		
	Toplam	80.033	39			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	121.786	3	40.595	980.689	***
	Gruplar içi	1.490	36	0.041		
	Toplam	123.277	39			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	117.916	3	39.305	657.785	***
	Gruplar içi	2.151	36	0.059		
	Toplam	120.067	39			
Borik asit	Gruplar arası	1.586	3	0.528	6.959	***
	Gruplar içi	2.736	36	0.076		
	Toplam	4.323	39			
Boraks	Gruplar arası	0.074	3	0.024	0.468	ÖD
	Gruplar içi	1.899	36	0.052		
	Toplam	1.973	39			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	12.687	3	4.226	58.760	***
	Gruplar içi	2.594	36	0.075		
	Toplam	15.175	39			
Tanalith-CBC	Gruplar arası	0.094	3	0.031	0.612	ÖD
	Gruplar içi	1.845	36	0.051		
	Toplam	1.939	39			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	25.442	3	8.480	89.204	***
	Gruplar içi	3.422	36	0.095		
	Toplam	28.867	39			
Immersol-WR 2000	Gruplar arası	2.553	3	0.851	15.527	***
	Gruplar içi	1.977	36	0.054		
	Toplam	4.527	39			

Levha tipleri arasında, rutubet miktarı bakımında homojenlik olup olmadığını belirlemek için % 95 güvenle duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 9'da verilmiştir. Buna göre, hem boraks, hem de tanalith-CBC gruplarına ilişkin levhalar aynı, diğer gruplara ilişkin levha tipleri ise farklı homojenlik gruplarını oluşturmuştur.

Tablo 9. Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (%)	HG
Kolofan	K	10.86	a
	KLF <sub>1</sub>	8.34	a
	KLF <sub>2</sub>	8.03	c
	KLF <sub>3</sub>	8.02	c
Alkid reçinesi	K	10.86	a
	AR <sub>1</sub>	9.60	d
	AR <sub>2</sub>	9.36	e
	AR <sub>3</sub>	9.06	f
Amonyum sülfat	K	10.86	a
	AS <sub>3</sub>	9.75	g
	AS <sub>1</sub>	9.63	h
	AS <sub>2</sub>	9.54	ı
Borik asit	K	10.86	a
	BA <sub>3</sub>	10.70	a
	BA <sub>2</sub>	10.68	a
	BA <sub>1</sub>	10.51	j
Boraks	K	10.86	a
	BR <sub>3</sub>	10.78	a
	BR <sub>1</sub>	10.77	a
	BR <sub>2</sub>	10.76	a
Borik asit / Boraks	K	10.86	a
	BB <sub>3</sub>	10.30	k
	BB <sub>2</sub>	9.95	l
	BB <sub>1</sub>	9.84	l
Tanalith-CBC	K	10.86	a
	CBC <sub>2</sub>	10.83	a
	CBC <sub>3</sub>	10.80	a
	CBC <sub>1</sub>	10.73	a
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	10.86	a
	TBB <sub>3</sub>	9.15	m
	TBB <sub>1</sub>	9.11	m
	TBB <sub>2</sub>	9.07	m
Immersol-WR 2000	K	10.86	a
	IM <sub>1</sub>	10.73	a
	IM <sub>2</sub>	10.50	n
	IM <sub>3</sub>	10.20	o



Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın rutubet miktarı arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını saptamak için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 10'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün maddelerin kullanım oranları ile yongalevhanın rutubet miktarı arasında negatif ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, bu ilişki, amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks maddeleri için 0.05 hata payı düzeyinde önemsiz, kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR 2000 maddeleri için ise önemli bulunmuştur.

Tablo 10. Deneme levhalarının rutubet miktarlarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	r	p
Kolofan	- 0.614	***
Alkid reçinesi	- 0.645	***
Amonyum sülfat	- 0.335	ÖD
Borik asit	- 0.319	ÖD
Boraks	- 0.125	ÖD
Borik asit / Boraks	- 0.211	ÖD
Tanalith-CBC	- 0.065	ÖD
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	- 0.047	ÖD
Immorsol-WR 2000	- 0.660	***

### 3.1.3. Su Alma Miktarı

Deneme levhalarının 2, 24 ve 48 saatlerdeki su alma miktarlarına ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 11'de verilmiştir. Denemeler 10 örnek üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Tablo 11. Deneme levhalarının 2, 24 ve 48 saatlerdeki ortalama su alma miktarları (%).

Levha tipi	Suda bekletme süresi (saat)								
	2			24			48		
	X	S	V	X	S	V	X	S	V
K	62.69	4.42	6.72	70.65	5.34	6.43	81.80	3.10	3.62
KLF <sub>1</sub>	57.42	4.74	7.03	70.49	2.65	3.53	80.32	2.17	2.54
KLF <sub>2</sub>	53.31	1.98	3.12	68.10	4.51	6.01	78.46	3.38	4.20
KLF <sub>3</sub>	52.79	4.25	6.76	65.30	5.26	6.50	75.21	5.97	7.17
AR <sub>1</sub>	57.46	5.45	9.49	69.54	6.02	8.66	79.76	5.94	7.81
AR <sub>2</sub>	55.43	3.33	6.73	69.35	9.57	7.53	79.17	3.68	5.11
AR <sub>3</sub>	53.65	3.79	6.81	65.83	4.78	9.87	75.74	6.23	8.33
AS <sub>1</sub>	63.54	5.52	9.24	70.92	3.03	4.31	81.97	4.46	5.68
AS <sub>2</sub>	63.78	4.28	7.08	71.81	3.73	5.19	82.80	3.94	4.87
AS <sub>3</sub>	65.40	3.97	7.43	72.28	3.86	5.69	83.56	4.13	5.78
BA <sub>1</sub>	64.53	2.68	4.15	70.94	4.20	5.51	81.93	4.58	5.52
BA <sub>2</sub>	65.64	3.70	6.65	72.15	3.08	4.37	82.74	4.28	5.73
BA <sub>3</sub>	67.94	3.72	6.42	75.15	5.59	7.74	84.78	4.91	6.23
BR <sub>1</sub>	64.05	2.49	3.89	71.15	2.80	3.92	81.92	3.20	4.18
BR <sub>2</sub>	66.36	3.19	5.66	72.89	4.31	5.26	83.86	3.61	3.18
BR <sub>3</sub>	68.41	3.03	5.19	73.37	2.74	4.13	84.73	3.40	4.60
BB <sub>1</sub>	64.61	3.17	4.25	73.32	2.36	2.83	82.87	2.32	2.60
BB <sub>2</sub>	65.46	1.04	5.17	76.79	1.84	2.40	84.82	1.84	2.23
BB <sub>3</sub>	65.73	2.38	3.62	79.00	2.00	2.53	86.83	1.44	1.74
CBC <sub>1</sub>	62.94	3.17	4.50	73.89	3.35	3.99	82.86	3.26	3.76
CBC <sub>2</sub>	63.10	3.01	4.78	79.02	2.59	3.27	84.81	3.52	4.34
CBC <sub>3</sub>	64.31	2.92	4.54	79.33	2.64	3.33	86.46	2.59	2.96
TBB <sub>1</sub>	68.11	4.37	6.24	70.95	5.42	6.58	82.88	5.62	5.00
TBB <sub>2</sub>	68.54	4.61	6.73	72.26	7.57	9.22	83.65	7.94	4.97
TBB <sub>3</sub>	70.12	7.22	6.10	72.60	7.00	8.69	83.90	7.71	8.57
IM <sub>1</sub>	57.33	3.64	5.40	73.16	5.17	6.19	81.93	5.08	5.78
IM <sub>2</sub>	60.71	3.11	5.14	73.80	6.54	8.95	82.18	7.33	9.02
IM <sub>3</sub>	62.02	3.45	5.46	73.93	7.62	9.54	82.85	7.75	9.05

Yongalevhanın su alma miktarı üzerine, emprenye maddesi kullanım oranı ve suda bekletme süresinin etkilerinin önemli olup olmadığını anlamak için çoklu varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 12'de verilmiştir. Buna göre, emprenye maddesi kullanım oranı ve suda bekletme süresinin, levhanın su alma miktarı üzerine etkilerinin, 0.05 hata payı ile önemli, bu faktörlerin karşılıklı etkilerinin ise önemsiz olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 12. Emprenye maddesi kullanım oranı ve suda bekletme süresinin yongalevhanın su alma miktarı üzerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	A: Suda bekletme süresinin etkisi	1237.34	2	618.67	116.15	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	399.27	3	133.09	24.99	***
	AB: İnteraksiyon	63.33	6	10.55	1.98	ÖD
	Hata	575.27	108	5.33		
	Toplam	2275.21	119			
Alkid reçinesi	A: Suda bekletme süresinin etkisi	2262.84	2	1131.42	116.60	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	1418.74	3	472.91	48.74	***
	AB: İnteraksiyon	91.11	6	15.18	1.57	ÖD
	Hata	1048.02	108	9.70		
	Toplam	4820.71	119			
Amonyum sülfat	A: Suda bekletme süresinin etkisi	2454.65	2	1227.32	198.73	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	333.44	3	111.15	18.00	***
	AB: İnteraksiyon	53.61	6	8.93	1.45	ÖD
	Hata	666.99	108	6.18		
	Toplam	3508.70	119			
Borik asit	A: Suda bekletme süresinin etkisi	2764.98	2	1382.49	244.63	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	246.83	3	82.28	14.56	***
	AB: İnteraksiyon	29.32	6	4.89	0.87	ÖD
	Hata	610.35	108	5.65		
	Toplam	3651.48	119			

Tablo 12'nin devamıdır.

Boraks	A: Suda bekletme süresinin etkisi	2182.64	2	1091.32	226.76	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	368.23	3	122.74	25.50	***
	AB: İnteraksiyon	12.81	6	2.14	0.44	ÖD
	Hata	519.77	108	4.81		
	Toplam	3083.46	119			
Borik asit / Boraks	A: Suda bekletme süresinin etkisi	2793.04	2	1396.52	270.66	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	221.53	3	73.84	17.22	***
	AB: İnteraksiyon	45.72	6	7.62	0.81	ÖD
	Hata	606.03	108	5.61		
	Toplam	3711.59	119			
Tanalith-CBC	A: Suda bekletme süresinin etkisi	2695.04	2	1347.52	118.96	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	744.18	3	248.06	21.90	***
	AB: İnteraksiyon	56.51	6	9.42	0.83	ÖD
	Hata	1223.33	108	11.33		
	Toplam	4719.07	119			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	A: Suda bekletme süresinin etkisi	1208.80	2	604.40	116.64	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	363.99	3	121.33	21.31	***
	AB: İnteraksiyon	60.30	6	10.05	0.71	ÖD
	Hata	522.19	108	4.84		
	Toplam	2155.28	119			
Immorsol-WR 2000	A: Suda bekletme süresinin etkisi	1066.77	2	533.39	52.44	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	209.28	3	69.76	8.44	***
	AB: İnteraksiyon	51.67	6	7.34	2.33	ÖD
	Hata	792.59	108			
	Toplam	2123.31	119			

Levha tipleri ve suda bekletme süreleri arasında su alma miktarı bakımında homojenlik olup olmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 13'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün levha grupları için, hem levha tipleri hem de suda bekletme süreleri farklı homojenlik gruplarını oluşturmuştur.

Tablo 13. Deneme levhalarının su alma miktarlarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Emprenye maddesi kullanım oranı			Levha grubu	Suda bekletme süresi (saat)		
Levha tipi	X (%)	HG		Süre	X (%)	HG
K	71.41	a	Kolofan	2	56.43	a
KLF <sub>1</sub>	69.08	b		24	76.55	b
KLF <sub>2</sub>	66.24	c		48	78.20	c
KLF <sub>3</sub>	64.73	d				
K	71.41	a	Alkid reçinesi	2	57.78	d
AR <sub>1</sub>	68.34	e		24	68.14	e
AR <sub>2</sub>	67.39	ef		48	79.42	f
AR <sub>3</sub>	65.32	g				
K	71.41	a	Amonyum sülfat	2	63.30	g
AS <sub>1</sub>	72.04	ğ		24	71.58	h
AS <sub>2</sub>	72.52	ğh		48	82.32	ı
AS <sub>3</sub>	73.32	h				
K	71.41	a	Borik asit	2	65.95	i
BA <sub>1</sub>	72.04	a ı		24	72.58	j
BA <sub>2</sub>	73.08	ı		48	82.05	k
BA <sub>3</sub>	75.94	i				
K	71.41	a	Boraks	2	65.95	l
BR <sub>1</sub>	72.83	a		24	72.05	m
BR <sub>2</sub>	74.82	j		48	83.35	n
BR <sub>3</sub>	75.74	j				
K	71.41	a	Borik asit / Boraks	2	64.73	o
BB <sub>1</sub>	73.25	k		24	74.75	ö
BB <sub>2</sub>	75.75	l		48	84.02	p
BB <sub>3</sub>	77.29	m				
K	71.41	a	Tanalith-CBC	2	63.59	r
CBC <sub>1</sub>	73.49	n		24	75.30	s
CBC <sub>2</sub>	75.18	o ö		48	83.58	ş
CBC <sub>3</sub>	76.90	ö				
K	71.41	a	Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	2	67.66	t
TBB <sub>1</sub>	73.86	p		24	71.02	u
TBB <sub>2</sub>	74.65	p r		48	83.23	ü
TBB <sub>3</sub>	75.57	r				
K	71.41	a	Immersol-WR 2000	2	60.67	v
IM <sub>1</sub>	71.54	a		24	72.34	y
IM <sub>2</sub>	72.47	a u		48	82.33	z
IM <sub>3</sub>	72.98	u				

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın 2, 24 ve 48 saatlerdeki su alma miktarı arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını tespit etmek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 14'de verilmiştir. Buna göre, bütün sürelerdeki su alma miktarı ile kolofan ve alkid reçinesi kullanım oranları arasında negatif, diğer maddelerin kullanım oranları arasında da pozitif bir ilişki olduğu ortaya çıkmıştır. Bu ilişkinin, 2 saatteki su alma miktarı için kolofan, alkid reçinesi, borik asit / boraks ve tanalith-CBC / borik asit / boraks maddelerinde, 24 ve 48 saatlerdeki su alma için de amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks maddelerinde 0.05 hata payı düzeyinde önemli, diğer maddelerde ise önemsiz olduğu görülmüştür. Ayrıca, 2 saatteki su alma miktarı ile immersol-WR 2000 kullanım oranları arasında da negatif ve önemsiz bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Tablo 14. Deneme levhalarının su alma miktarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	Suda bekletme süresi (saat)					
	2		24		48	
	r	p	r	p	r	p
Kolofan	- 0.46	***	- 0.06	ÖD	- 0.06	ÖD
Alkid reçinesi	- 0.49	***	- 0.14	ÖD	- 0.14	ÖD
Amonyum sülfat	0.19	ÖD	0.70	***	0.70	***
Borik asit	0.16	ÖD	0.59	***	0.59	***
Boraks	0.18	ÖD	0.66	***	0.66	***
Borik asit / Boraks	0.47	***	0.42	***	0.42	***
Tanalith-CBC	0.23	ÖD	0.40	***	0.40	***
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	0.45	***	0.48	***	0.48	***
Immorsol-WR 2000	- 0.29	ÖD	0.21	ÖD	0.21	ÖD

## 3.1.4. Kalınlık Artışı

Denem levhalarının 2, 24 ve 48 saatlerdeki kalınlık artışlarına ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 15'de verilmiştir. Denemelerde 10 adet örnek kullanılmıştır.

Tablo 15. Deneme levhalarının 2, 24 ve 48 saatteki ortalama kalınlık artışı oranları (%).

Levha tipi	Suda bekletme süresi (saat)								
	2			24			48		
	X	S	V	X	S	V	X	S	V
K	15.08	1.47	8.15	20.41	1.80	7.69	25.02	2.07	8.27
KLF <sub>1</sub>	11.71	1.15	17.64	19.97	1.32	6.29	23.96	2.40	10.20
KLF <sub>2</sub>	11.48	0.87	14.64	18.99	1.92	5.61	23.35	1.06	5.05
KLF <sub>3</sub>	10.24	1.19	18.46	17.95	1.06	5.60	22.77	1.41	6.21
AR <sub>1</sub>	11.59	1.71	14.35	19.26	2.02	10.48	21.32	2.33	10.99
AR <sub>2</sub>	11.08	1.60	13.56	18.26	2.25	12.30	20.27	2.42	12.07
AR <sub>3</sub>	10.40	2.11	20.30	16.22	3.38	20.84	19.18	3.61	19.97
AS <sub>1</sub>	15.30	1.59	12.11	21.19	1.34	6.63	25.24	2.49	10.35
AS <sub>2</sub>	15.68	0.95	11.04	21.82	1.10	5.43	25.73	1.30	5.98
AS <sub>3</sub>	15.87	1.24	10.45	23.35	2.87	12.85	26.23	1.48	6.37
BA <sub>1</sub>	15.35	1.36	9.37	21.50	1.27	6.79	26.12	1.51	7.51
BA <sub>2</sub>	15.87	1.21	8.22	22.78	1.88	4.71	27.22	1.82	8.26
BA <sub>3</sub>	16.13	1.28	9.74	23.25	1.81	9.28	28.20	1.87	4.34
BR <sub>1</sub>	15.97	1.23	17.77	23.11	1.86	9.24	28.18	1.78	8.00
BR <sub>2</sub>	16.61	1.49	16.02	24.09	1.81	2.85	28.82	1.86	7.21
BR <sub>3</sub>	17.06	1.21	13.39	24.91	1.85	7.63	29.25	1.82	11.63
BB <sub>1</sub>	16.27	0.57	12.83	21.52	1.80	8.46	26.67	0.72	2.69
BB <sub>2</sub>	17.02	0.96	15.28	22.66	1.71	7.56	27.42	1.72	7.11
BB <sub>3</sub>	17.72	1.76	10.52	24.81	0.81	3.28	29.22	1.71	7.45
CBC <sub>1</sub>	15.64	1.96	15.48	20.50	2.47	12.30	25.44	2.25	11.02
CBC <sub>2</sub>	16.56	1.72	11.74	21.46	1.77	10.59	26.61	1.21	5.39
CBC <sub>3</sub>	17.03	2.33	13.70	21.82	2.87	12.80	27.22	3.62	15.81
TBB <sub>1</sub>	17.19	1.09	15.34	23.25	1.10	14.32	27.41	1.57	5.71
TBB <sub>2</sub>	17.54	3.85	20.79	23.94	4.45	18.91	28.26	4.43	16.96
TBB <sub>3</sub>	18.08	2.62	13.06	25.13	1.47	15.39	29.29	1.54	5.20
IM <sub>1</sub>	14.90	1.52	10.02	21.32	2.02	9.95	26.21	2.33	10.72
IM <sub>2</sub>	14.16	2.05	12.91	22.01	2.86	13.60	26.86	3.52	15.52
IM <sub>3</sub>	14.05	2.28	13.37	23.48	2.07	9.18	28.23	2.29	9.58



Tablo 16'nin devamıdır.

Boraks	A: Suda bekletme süresinin etkisi	886.16	2	443.08	175.14	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	329.11	3	109.70	43.36	***
	AB: İnteraksiyon	7.56	6	1.26	0.49	ÖD
	Hata	273.23	108	2.53		
	Toplam	1496.06	119			
Borik asit / Boraks	A: Suda bekletme süresinin etkisi	805.67	2	402.84	135.61	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	161.55	3	53.85	18.13	***
	AB: İnteraksiyon	8.57	6	1.43	0.48	ÖD
	Hata	320.81	108	2.97		
	Toplam	1296.60	119			
Tanalith-CBC	A: Suda bekletme süresinin etkisi	1063.05	2	531.52	135.16	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	550.27	3	183.42	53.55	***
	AB: İnteraksiyon	0.89	6	0.15	0.04	ÖD
	Hata	369.96	108	3.43		
	Toplam	1984.17	119			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	A: Suda bekletme süresinin etkisi	1232.63	2	616.31	1.3808	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	451.01	3	150.34	33.68	***
	AB: İnteraksiyon	15.16	6	2.53	0.57	ÖD
	Hata	482.02	108	4.46		
	Toplam	21.80	119			
Immorsol-WR 2000	A: Suda bekletme süresinin etkisi	1028.23	2	514.11	148.39	***
	B: Emprenye maddesi kullanım oranının etkisi	266.15	3	82.72	25.60	***
	AB: İnteraksiyon	27.91	6	4.62	1.34	ÖD
	Hata	374.31	108	3.47		
	Toplam	1696.59	119			



Kalınlık artışları bakımında, levha tipleri ve suda bekletme süreleri arasında homojenlik bulunup bulunmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 17'de verilmiştir. Buna göre, bütün levha grupları için, hem levha tipleri hem de suda bekletme süreleri farklı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 17. Deneme levhalarının kalınlık artışlarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Emprenye maddesi kullanım oranı			Levha grubu	Suda bekletme süresi (saat)		
Levha tipi	X (%)	HG		Süre	X (%)	HG
K	20.17	a	Kolofan	2	12.67	a
KLF <sub>1</sub>	18.46	b		24	19.83	b
KLF <sub>2</sub>	18.27	b		48	23.09	c
K	20.17	a	Alkid reçinesi	2	12.08	ç
AR <sub>1</sub>	17.52	d		24	18.29	d
AR <sub>2</sub>	16.72	d		48	21.11	e
K	20.17	a	Amonyum sülfat	2	15.45	f
AS <sub>1</sub>	20.53	a		24	21.59	g
AS <sub>2</sub>	21.25	f		48	25.44	h
K	20.17	a	Borik asit	2	15.14	ı
BA <sub>1</sub>	20.23	a		24	21.77	i
BA <sub>2</sub>	21.88	g		48	26.81	j
K	20.17	a	Boraks	2	16.15	k
BR <sub>1</sub>	22.22	ı		24	23.68	l
BR <sub>2</sub>	23.05	i		48	27.62	m
K	20.17	a	Borik asit / Boraks	2	16.60	n
BB <sub>1</sub>	21.56	a		24	22.87	o
BB <sub>2</sub>	22.84	j		48	27.80	ö
K	20.17	a	Tanalith-CBC	2	16.63	p
CBC <sub>1</sub>	20.62	a		24	21.86	r
CBC <sub>2</sub>	21.89	a l		48	26.64	s
K	20.17	a	Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	2	16.27	ş
TBB <sub>1</sub>	22.46	n		24	23.62	t
TBB <sub>2</sub>	23.39	o		48	27.92	u
-K	20.17	a	Immersol-WR 2000	2	14.54	ü
IM <sub>1</sub>	20.73	a		24	21.76	v
IM <sub>2</sub>	21.77	a r		48	26.42	y
IM <sub>3</sub>	22.86	r				

Emprenye maddesi kullanım oranı ile yongalevhanın kalınlık artışı arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 18'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün süreler için, kalınlık artışı ile kolofan ve alkid reçinesi kullanım oranları arasında negatif, diğer maddelerin kullanım oranları arasında da pozitif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Bu ilişki, 2 saatteki kalınlık artışı için tanalith-CBC / borik asit / boraks karışımında 0.05 hata payı düzeyinde önemsiz, diğer maddelerde önemli; 24 ve 48 saatlerdeki kalınlık artışları için ise kolofan ve alkid reçinesinde önemsiz, diğer maddelerde önemli bulunmuştur. Ayrıca, immersol-WR 2000'in kullanım oranı ile 2 saatteki kalınlık artışı arasında negatif ve önemsiz, diğer sürelerdeki kalınlık artışları arasında ise pozitif ve önemsiz bir ilişki ortaya çıkmıştır.

Tablo 18. Deneme levhalarının kalınlık artışlarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	Suda bekletme süresi (saat)					
	2		24		48	
	r	p	r	p	r	p
Kolofan	- 0.25	***	- 0.52	ÖD	- 0.30	ÖD
Alkid reçinesi	- 0.21	***	- 0.74	ÖD	- 0.22	ÖD
Amonyum sülfat	0.76	***	0.84	***	0.51	***
Borik asit	0.45	***	0.74	***	0.58	***
Boraks	0.59	***	0.75	***	0.73	***
Borik asit / Boraks	0.42	***	0.39	***	0.48	***
Tanalith-CBC	0.40	***	0.59	***	0.71	***
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	0.72	ÖD	0.21	***	0.44	***
Immorsol-WR 2000	- 0.04	ÖD	0.09	ÖD	0.06	ÖD

### 3.2. Mekanik Özellikler

#### 3.2.1. Eğilme Direnci

Deneme levhalarının eğilme dirençlerine ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 19'de verilmektedir. Denemeler 10 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 19. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri (kgf/cm<sup>2</sup>).

Levha tipi	X	S	V
K	123.14	5.21	4.23
KLF <sub>1</sub>	132.83	11.00	8.28
KLF <sub>2</sub>	132.52	16.26	12.27
KLF <sub>3</sub>	132.61	17.61	13.28
AR <sub>1</sub>	137.22	11.03	7.55
AR <sub>2</sub>	146.07	16.57	9.57
AR <sub>3</sub>	136.76	18.61	13.61
AS <sub>1</sub>	149.46	14.36	9.61
AS <sub>2</sub>	166.15	21.23	12.78
AS <sub>3</sub>	160.92	13.46	8.36
BA <sub>1</sub>	142.51	8.91	7.16
BA <sub>2</sub>	163.48	22.17	13.56
BA <sub>3</sub>	156.13	17.96	11.50
BR <sub>1</sub>	140.34	14.74	10.50
BR <sub>2</sub>	124.92	14.53	11.63
BR <sub>3</sub>	147.11	6.00	4.08
BB <sub>1</sub>	125.62	6.29	5.01
BB <sub>2</sub>	130.37	16.33	12.53
BB <sub>3</sub>	133.88	14.99	11.19
CBC <sub>1</sub>	128.38	10.29	9.50
CBC <sub>2</sub>	129.93	17.51	13.48
CBC <sub>3</sub>	132.69	16.38	12.34
TBB <sub>1</sub>	131.58	14.21	12.73
TBB <sub>2</sub>	142.93	24.16	19.66
TBB <sub>3</sub>	159.14	12.99	8.16
IM <sub>1</sub>	125.03	8.18	7.88
IM <sub>2</sub>	132.54	20.29	16.43
IM <sub>3</sub>	129.06	20.42	16.86

Emprenye maddelerinin, yongalevhanın eğilme direnci üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 20'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, kolofan ile borik asit / boraks karışımı dışında, diğer maddelerin levhanın eğilme direnci üzerine etkileri 0.05 yanılma ile önemli bulunmuştur.

Tablo 20. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın eğilme direnci üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	679.91	3	226.63	1.25	ÖD
	Gruplar içi	6501.91	36	180.60		
	Toplam	7181.82	39			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	133.52	3	4450.72	23.12	***
	Gruplar içi	6928.80	36	192.46		
	Toplam	20280.97	39			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	11020.27	3	3673.42	16.98	***
	Gruplar içi	7786.95	36	216.30		
	Toplam	18807.22	39			
Borik asit	Gruplar arası	13224.77	3	4408.25	19.60	***
	Gruplar içi	8282.77	36	230.07		
	Toplam	21507.54	39			
Boraks	Gruplar arası	4121.93	3	1373.97	11.18	***
	Gruplar içi	4423.57	36	122.87		
	Toplam	8545.51	39			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	692.48	3	230.82	1.65	ÖD
	Gruplar içi	5022.25	36	139.50		
	Toplam	5714.74	39			
Tanalith-CBC	Gruplar arası	3545.12	3	1181.70	6.67	***
	Gruplar içi	6370.92	36	176.97		
	Toplam	9916.04	39			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	12827.55	3	4275.85	17.42	***
	Gruplar içi	8833.90	36	245.38		
	Toplam	21661.46	39			
Immorsol-WR 2000	Gruplar arası	2616.50	3	872.16	3.78	***
	Gruplar içi	8302.08	36	230.61		
	Toplam	10918.59	39			

Levha tipleri arasında, eğilme direnci bakımında homojenlik olup olmadığını belirlemek için % 95 güven ile duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 21'de verilmiştir. Buna göre, hem kolofan hem de borik asit / boraks grubu levhalar aynı, diğer gruplara ilişkin levha tipleri ise farklı homojenlik gruplarını oluşturmuştur.

Tablo 21. Deneme levhalarının eğilme dirençlerine ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (kgf/cm <sup>2</sup> )	HG
Kolofan	K	123.13	a
	KLF <sub>2</sub>	132.52	a
	KLF <sub>3</sub>	132.61	a
	KLF <sub>1</sub>	132.83	a
Alkid reçinesi	K	123.13	a
	AR <sub>3</sub>	136.76	b
	AR <sub>1</sub>	137.22	b
	AR <sub>2</sub>	146.07	c
Amonyum sülfat	K	123.13	a
	AS <sub>1</sub>	149.46	d
	AS <sub>3</sub>	160.92	d e
	AS <sub>2</sub>	166.15	e
Borik asit	K	123.13	a
	BA <sub>1</sub>	142.51	a
	BA <sub>3</sub>	156.13	f
	BA <sub>2</sub>	163.47	f
Boraks	K	123.13	a
	BR <sub>2</sub>	124.92	a
	BR <sub>1</sub>	140.33	g
	BR <sub>3</sub>	147.10	g
Borik asit / Boraks	K	123.13	a
	BB <sub>1</sub>	125.62	a
	BB <sub>2</sub>	130.37	a
	BB <sub>3</sub>	133.88	a
Tanalith-CBC	K	123.13	a
	CBC <sub>1</sub>	128.38	h
	CBC <sub>2</sub>	129.93	h
	CBC <sub>3</sub>	132.69	h
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	123.13	a
	TBB <sub>1</sub>	131.57	a
	TBB <sub>2</sub>	142.93	j
	TBB <sub>3</sub>	159.13	k
Immorsol-WR 2000	K	123.13	a
	IM <sub>1</sub>	125.02	a
	IM <sub>3</sub>	129.05	l
	IM <sub>2</sub>	132.54	l

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın eğilme direnci arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını tespit etmek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 22'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün emprenye maddelerinin kullanım oranları ile yongalevhanın eğilme direnci arasında pozitif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, bu ilişki, kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR 2000 maddeleri için 0.05 yanılma olasılığı düzeyinde önemsiz, diğer maddeler için ise önemli bulunmuştur.

Tablo 22. Deneme levhalarının eğilme dirençlerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	r	p
Kolofan	0.22	ÖD
Alkid reçinesi	0.20	ÖD
Amonyum sülfat	0.60	***
Borik asit	0.57	***
Boraks	0.51	***
Borik asit / Boraks	0.33	***
Tanalith-CBC	0.32	***
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	0.62	***
Immorsol-WR 2000	0.05	ÖD

### 3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Deneme levhalarının eğilmede elastikiyet modüllerine ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 23'de verilmiştir. Denemeler 10 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 23. Deneme levhalarının ortalama eğilmede elastikiyet modülü değerleri ( $\text{kgf/cm}^2$ ).

Levha tipi	X	S	V
K	32133.15	2492.08	7.76
KLF <sub>1</sub>	34587.44	3217.61	9.30
KLF <sub>2</sub>	34741.22	5857.43	16.86
KLF <sub>3</sub>	36063.09	5644.22	13.65
AR <sub>1</sub>	47839.08	5341.68	10.72
AR <sub>2</sub>	45303.18	3515.97	7.76
AR <sub>3</sub>	41008.72	2657.61	6.81
AS <sub>1</sub>	37839.34	4361.54	11.53
AS <sub>2</sub>	38567.23	3888.81	9.83
AS <sub>3</sub>	37704.08	5825.13	15.45
BA <sub>1</sub>	46746.42	6348.90	17.32
BA <sub>2</sub>	47934.73	4293.72	8.63
BA <sub>3</sub>	44289.97	4553.69	10.72
BR <sub>1</sub>	37350.28	3482.16	9.32
BR <sub>2</sub>	37142.77	3228.09	8.69
BR <sub>3</sub>	38821.83	3458.09	8.91
BB <sub>1</sub>	43228.89	5523.26	12.78
BB <sub>2</sub>	45207.60	3708.09	8.20
BB <sub>3</sub>	43637.66	4201.62	9.63
CBC <sub>1</sub>	43768.24	5058.10	13.54
CBC <sub>2</sub>	45685.46	5444.03	11.68
CBC <sub>3</sub>	46554.27	5481.06	10.12
TBB <sub>1</sub>	38950.55	6309.99	16.20
TBB <sub>2</sub>	37186.75	3475.39	9.35
TBB <sub>3</sub>	39665.34	3942.17	9.72
IM <sub>1</sub>	32989.55	3199.70	10.32
IM <sub>2</sub>	34582.31	4675.67	12.78
IM <sub>3</sub>	33234.55	3678.05	11.07

Emprenye maddelerinin, yongalevhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 24'de verilmiştir. Buna göre, bütün emprenye maddelerinin, levhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkileri 0.05 hata payı ile önemli çıkmıştır.

Tablo 24. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	$4.36 \times 10^8$	3	$1.45 \times 10^8$	7.45	***
	Gruplar içi	$7.02 \times 10^8$	36	$1.95 \times 10^8$		
	Toplam	$1.13 \times 10^9$	39			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	$1.77 \times 10^9$	3	$5.93 \times 10^8$	43.79	***
	Gruplar içi	$4.87 \times 10^8$	36	$1.35 \times 10^7$		
	Toplam	$2.26 \times 10^9$	39			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	$3.13 \times 10^8$	3	$1.04 \times 10^8$	5.62	***
	Gruplar içi	$6.68 \times 10^8$	36	$1.85 \times 10^7$		
	Toplam	$9.81 \times 10^8$	39			
Borik asit	Gruplar arası	$1.73 \times 10^9$	3	$5.77 \times 10^8$	27.05	***
	Gruplar içi	$7.67 \times 10^8$	36	$2.13 \times 10^7$		
	Toplam	$2.67 \times 10^9$	39			
Boraks	Gruplar arası	$2.55 \times 10^8$	3	85067381	8.36	***
	Gruplar içi	$3.66 \times 10^8$	36	10174719		
	Toplam	$6.21 \times 10^8$	39			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	$1.08 \times 10^9$	3	$3.60 \times 10^8$	21.18	***
	Gruplar içi	$6.13 \times 10^8$	36	$1.70 \times 10^7$		
	Toplam	$1.69 \times 10^9$	39			
Tanalith-CBC	Gruplar arası	$2.86 \times 10^9$	3	$9.54 \times 10^8$	41.74	***
	Gruplar içi	$8.23 \times 10^8$	36	$2.28 \times 10^7$		
	Toplam	$3.68 \times 10^9$	39			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	$4.07 \times 10^8$	3	$1.35 \times 10^8$	7.22	***
	Gruplar içi	$6.76 \times 10^8$	36	$1.87 \times 10^7$		
	Toplam	$1.08 \times 10^9$	39			
Immorsol-WR 2000	Gruplar arası	$1.74 \times 10^8$	3	58202087	4.51	***
	Gruplar içi	$4.64 \times 10^8$	36	12905093		
	Toplam	$6.39 \times 10^8$	39			



Levha tipleri arasında, eğilmede elastikiyet modülü bakımında homojenlik olup olmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 25'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün levha gruplarına ilişkin levha tipleri de farklı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 25. Deneme levhalarının elastikiyet modüllerine ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (kgf/cm <sup>2</sup> )	HG
Kolofan	K	32133.15	a
	KLF <sub>1</sub>	34587.44	a
	KLF <sub>2</sub>	34741.22	a
	KLF <sub>3</sub>	36063.09	b
Alkid reçinesi	K	32133.15	a
	AR <sub>3</sub>	41008.72	c
	AR <sub>2</sub>	45303.18	d
	AR <sub>1</sub>	47839.08	e
Amonyum sülfat	K	32133.15	a
	AS <sub>3</sub>	37704.08	f
	AS <sub>1</sub>	37839.34	f
	AS <sub>2</sub>	38567.23	f
Borik asit	K	32133.15	a
	BA <sub>1</sub>	43746.42	g
	BA <sub>3</sub>	44289.97	h
	BA <sub>2</sub>	47934.73	i
Boraks	K	32133.15	a
	BR <sub>2</sub>	37142.77	i
	BR <sub>1</sub>	37350.28	i
	BR <sub>3</sub>	38821.83	i
Borik asit / Boraks	K	32133.15	a
	BB <sub>1</sub>	43228.89	j
	BB <sub>3</sub>	43637.66	j
	BB <sub>2</sub>	45207.60	j
Tanalith-CBC	K	32133.15	a
	CBC <sub>1</sub>	43768.24	k
	CBC <sub>2</sub>	45685.46	k
	CBC <sub>3</sub>	46554.27	m
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	32133.15	a
	TBB <sub>2</sub>	37186.75	n
	TBB <sub>1</sub>	38950.55	n
	TBB <sub>3</sub>	39665.34	n
Immorsol-WR 2000	K	32133.15	a
	IM <sub>1</sub>	32989.55	a
	IM <sub>3</sub>	33234.55	a
	IM <sub>2</sub>	34582.31	o

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın eğilmede elastikiyet modülü arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 26'da verilmiştir. Buna göre, yongalevhanın eğilmede elastikiyet modülü ile bütün emprenye maddelerinin kullanım oranları arasında pozitif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, bu ilişki, alkid reçinesi ve immersol-WR 2000 maddeleri için 0.05 yanılma olasılığı düzeyinde önemsiz, diğer maddeler için ise önemli bulunmuştur.

Tablo 26. Deneme levhalarının elastikiyet modüllerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	r	p
Kolofan	0.60	***
Alkid reçinesi	0.18	ÖD
Amonyum sülfat	0.36	***
Borik asit	0.50	***
Boraks	0.55	***
Borik asit / Boraks	0.57	***
Tanalith-CBC	0.85	***
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	0.52	***
Immorsol-WR 2000	0.15	ÖD

### 3.2.3. Levha Yüzüne Dik Çekme Direnci

Deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme dirençlerine ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 27’de verilmiştir. Denemeler 10 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 27. Deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme direnci değerleri (kgf/cm<sup>2</sup>).

Levha tipi	X	S	V
K	4.13	0.36	10.72
KLF <sub>1</sub>	4.57	0.26	7.06
KLF <sub>2</sub>	4.84	0.73	15.03
KLF <sub>3</sub>	4.99	0.96	17.25
AR <sub>1</sub>	5.39	1.19	22.02
AR <sub>2</sub>	5.40	0.75	13.97
AR <sub>3</sub>	5.46	0.71	15.39
AS <sub>1</sub>	4.98	0.99	19.95
AS <sub>2</sub>	5.01	0.67	13.39
AS <sub>3</sub>	4.82	0.59	12.17
BA <sub>1</sub>	5.53	1.43	25.88
BA <sub>2</sub>	5.64	0.57	8.81
BA <sub>3</sub>	5.56	0.66	11.67
BR <sub>1</sub>	5.60	0.84	14.76
BR <sub>2</sub>	5.43	0.52	15.05
BR <sub>3</sub>	5.75	1.16	17.95
BB <sub>1</sub>	5.18	0.51	9.85
BB <sub>2</sub>	5.26	0.87	15.47
BB <sub>3</sub>	4.90	0.56	13.61
CBC <sub>1</sub>	5.27	1.14	19.88
CBC <sub>2</sub>	4.95	0.73	14.76
CBC <sub>3</sub>	4.59	0.40	8.78
TBB <sub>1</sub>	4.25	0.85	20.19
TBB <sub>2</sub>	4.20	0.58	14.49
TBB <sub>3</sub>	4.15	0.59	17.19
IM <sub>1</sub>	5.67	0.86	23.42
IM <sub>2</sub>	5.87	0.57	9.82
IM <sub>3</sub>	5.76	0.31	5.53

Emprenye maddelerinin yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direnci üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 28'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün emprenye maddelerinin, yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direnci üzerine etkileri 0.05 hata payı ile önemli bulunmuştur.

Tablo 28. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direnci üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	31.11	3	10.37	25.29	***
	Gruplar içi	14.76	36	0.41		
	Toplam	45.78	39			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	28.89	3	9.63	14.76	***
	Gruplar içi	23.48	36	0.65		
	Toplam	52.37	39			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	19.91	3	6.63	13.93	***
	Gruplar içi	17.14	36	0.47		
	Toplam	37.05	39			
Borik asit	Gruplar arası	54.53	3	18.17	24.80	***
	Gruplar içi	26.38	36	0.73		
	Toplam	80.92	39			
Boraks	Gruplar arası	76.62	3	25.54	41.74	***
	Gruplar içi	22.02	36	0.61		
	Toplam	98.64	39			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	32.86	3	10.95	30.17	***
	Gruplar içi	13.06	36	0.36		
	Toplam	45.93	39			
Tanalith-CBC	Gruplar arası	30.34	3	10.11	19.12	***
	Gruplar içi	19.04	36	0.52		
	Toplam	49.39	39			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	5.94	3	1.98	5.17	***
	Gruplar içi	13.78	36	0.38		
	Toplam	19.72	39			
Amersol-WR 2000	Gruplar arası	52.56	3	17.52	54.12	***
	Gruplar içi	11.65	36	0.03		
	Toplam	64.21	39			

Levha tipleri arasında, levha yüzüne dik çekme direnci bakımında homojenlik bulunup bulunmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 29'da verilmiştir. Buna göre, bütün gruplara ilişkin levha tipleri de farklı homojenlik gruplarını oluşturmuştur.

Tablo 29. Deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme dirençlerine ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (kgf/cm <sup>2</sup> )	HG
Kolofan	K	4.13	a
	KLF <sub>1</sub>	4.47	a
	KLF <sub>2</sub>	4.84	b
	KLF <sub>3</sub>	4.99	c
Alkid reçinesi	K	4.13	a
	AR <sub>1</sub>	5.39	d
	AR <sub>2</sub>	5.40	d
	AR <sub>3</sub>	5.46	d
Amonyum sülfat	K	4.13	a
	AS <sub>3</sub>	4.81	e
	AS <sub>1</sub>	4.97	e
	AS <sub>2</sub>	5.01	e
Borik asit	K	4.13	a
	BA <sub>1</sub>	5.53	f
	BA <sub>3</sub>	5.56	f
	BA <sub>2</sub>	5.64	g
Boraks	K	4.13	a
	BR <sub>2</sub>	5.42	h
	BR <sub>1</sub>	5.60	i
	BR <sub>3</sub>	5.74	i
Borik asit / Boraks	K	4.13	a
	BB <sub>3</sub>	4.90	j
	BB <sub>1</sub>	5.18	k
	BB <sub>2</sub>	5.26	k
Tanalith-CBC	K	4.13	a
	CBC <sub>3</sub>	4.58	l
	CBC <sub>2</sub>	4.94	l
	CBC <sub>1</sub>	5.27	m
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	4.13	a
	TBB <sub>3</sub>	4.15	a
	TBB <sub>2</sub>	4.20	n
	TBB <sub>1</sub>	4.25	n
ImmersoI-WR 2000	K	4.13	a
	IM <sub>1</sub>	5.66	o
	IM <sub>3</sub>	5.76	o
	IM <sub>2</sub>	5.86	o

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direnci arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 30'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün emprenye maddelerinin kullanım oranları ile yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direnci arasında pozitif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, bu ilişki, borik asit / boraks ve tanalith-CBC / borik asit / boraks karışımları ile tanalith-CBC maddesi için 0.05 yanılma olasılığı ile önemsiz, diğer maddeler için ise önemli bulunmuştur.

Tablo 30. Deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme dirençlerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	r	p
Kolofan	0.78	***
Alkid reçinesi	0.33	***
Amonyum sülfat	0.48	***
Borik asit	0.54	***
Boraks	0.62	***
Borik asit / Boraks	0.18	ÖD
Tanalith-CBC	0.28	ÖD
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	0.03	ÖD
Immorsol-WR 2000	0.72	***

### 3.3. Yanma Mukavemeti

#### 3.3.1. Alev Kaynaklı Yanma

Deneme levhalarının alev kaynaklı yanma sıcaklıklarına ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 31'de verilmiştir. Denemeler, her biri 24 adet örnekten oluşan üç grup örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 31. Deneme levhalarının ortalama alev kaynaklı yanma sıcaklıkları (°C).

Levha tipi	X	S	V
K	627	129.84	23.43
KLF <sub>1</sub>	493	114.22	23.19
KLF <sub>2</sub>	519	133.18	25.64
KLF <sub>3</sub>	504	114.87	22.78
AR <sub>1</sub>	558	147.64	26.48
AR <sub>2</sub>	521	146.93	28.18
AR <sub>3</sub>	555	131.02	23.59
AS <sub>1</sub>	593	149.02	23.32
AS <sub>2</sub>	586	130.92	22.35
AS <sub>3</sub>	576	159.64	27.71
BA <sub>1</sub>	555	157.46	28.37
BA <sub>2</sub>	575	157.32	25.75
BA <sub>3</sub>	566	157.33	27.78
BR <sub>1</sub>	531	142.73	26.86
BR <sub>2</sub>	538	165.58	28.43
BR <sub>3</sub>	515	129.47	25.16
BB <sub>1</sub>	550	147.11	22.64
BB <sub>2</sub>	524	148.25	23.78
BB <sub>3</sub>	518	130.72	25.25
CBC <sub>1</sub>	575	160.29	27.88
CBC <sub>2</sub>	579	147.59	25.50
CBC <sub>3</sub>	576	156.27	27.12
TBB <sub>1</sub>	505	135.09	26.77
TBB <sub>2</sub>	519	146.99	28.15
TBB <sub>3</sub>	525	150.35	24.93
IM <sub>1</sub>	518	121.71	23.51
IM <sub>2</sub>	568	150.88	26.55
IM <sub>3</sub>	572	165.20	26.33

Emprenye maddelerinin, yongalevhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 32'de verilmiştir. Buna göre, borik asit / boraks karışımı dışında diğer bütün maddelerin, levhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı üzerine etkileri 0.05 hata payı düzeyinde önemsiz bulunmuştur.

Tablo 32. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	4572.42	3	1524.13	0.10	ÖD
	Gruplar içi	669211.50	44	15209.35		
	Toplam	673783.92	47			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	20415.33	3	6805.11	0.35	ÖD
	Gruplar içi	851519.33	44	19352.71		
	Toplam	871934.67	47			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	99991.42	3	33330.47	1.63	ÖD
	Gruplar içi	898462.50	44	20419.60		
	Toplam	998453.92	47			
Borik asit	Gruplar arası	61171.40	3	2039.47	0.89	ÖD
	Gruplar içi	1002686.50	44	22788.33		
	Toplam	1063857.90	47			
Boraks	Gruplar arası	39431.17	3	13143.72	0.64	ÖD
	Gruplar içi	895517.83	44	20352.67		
	Toplam	934949.00	47			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	184788.92	3	61596.30	3.17	***
	Gruplar içi	853202.33	44	19390.96		
	Toplam	1037991.30	47			
Tamanth-CBC	Gruplar arası	39616.75	3	13205.58	0.59	ÖD
	Gruplar içi	97943.17	44	22157.79		
	Toplam	1014559.90	47			
Tamanth-CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	74791.75	3	24930.58	1.26	ÖD
	Gruplar içi	868608.17	44	19741.09		
	Toplam	943399.92	47			
Amersol-WR	Gruplar arası	105414.83	3	35138.27	1.72	ÖD
	Gruplar içi	899000.83	44	20431.83		
	Toplam	1004415.70	47			



Levha tipleri arasında, alev kaynaklı yanma sıcaklığı bakımında homojenlik bulunup bulunmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 33'de verilmiştir. Buna göre, borik asit / boraks grubu levhalar farklı, diğer bütün gruplara ilişkin levha tipleri ise aynı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 33. Deneme levhalarının alev kaynaklı yanma sıcaklıklarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (°C)	HG
Kolofan	K	626.50	a
	KLF <sub>2</sub>	519.41	a
	KLF <sub>3</sub>	504.33	a
	KLF <sub>1</sub>	492.58	a
Alkid reçinesi	K	626.50	a
	AR <sub>1</sub>	557.50	a
	AR <sub>3</sub>	555.33	a
	AR <sub>2</sub>	521.33	a
Amonyum sülfat	K	626.50	a
	AS <sub>1</sub>	593.19	a
	AS <sub>2</sub>	585.83	a
	AS <sub>3</sub>	575.91	a
Borik asit	K	626.50	a
	BA <sub>2</sub>	575.38	a
	BA <sub>3</sub>	566.41	a
	BA <sub>1</sub>	555.08	a
Boraks	K	626.50	a
	BR <sub>2</sub>	538.05	a
	BR <sub>1</sub>	531.41	a
	BR <sub>3</sub>	514.58	a
Borik asit / Boraks	K	626.50	a
	BB <sub>1</sub>	549.83	a b
	BB <sub>2</sub>	523.50	a b
	BB <sub>3</sub>	517.66	b
Tanalith-CBC	K	626.50	a
	CBC <sub>2</sub>	578.83	a
	CBC <sub>3</sub>	576.25	a
	CBC <sub>1</sub>	575.25	a
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	626.50	a
	TBB <sub>3</sub>	524.75	a
	TBB <sub>2</sub>	519.00	a
	TBB <sub>1</sub>	504.58	a
Immorsol-WR 2000	K	626.50	a
	IM <sub>3</sub>	572.33	a
	IM <sub>2</sub>	568.25	a
	IM <sub>1</sub>	517.58	a

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 34'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün maddelerin kullanım oranları ile levhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı arasında 0.05 yanılma ile negatif ve önemsiz bir ilişki bulunmuştur.

Tablo 34. Deneme levhalarının alev kaynaklı yanma sıcaklıklarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	r	p
Kolofan	- 0.04	ÖD
Alkid reçinesi	- 0.09	ÖD
Amonyum sülfat	- 0.10	ÖD
Borik asit	- 0.13	ÖD
Boraks	- 0.01	ÖD
Borik asit / Boraks	- 0.04	ÖD
Tanalith-CBC	- 0.14	ÖD
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	- 0.25	ÖD
Immorsol-WR 2000	- 0.27	ÖD

### 3.3.2. Alev Kaynaksız Alevli Yanma

Deneme levhalarının, alev kaynağı söndürüldükten sonra alevli halde kendi kendine yanma sıcaklıklarına ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 35'de verilmiştir. Denemeler, alev kaynaklı yanma deneyinde kullanılan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 35. Deneme levhalarının ortalama alev kaynaksız alevli yanma sıcaklıkları (°C).

Levha tipi	X	S	V
K	474	191.37	40.40
KLF <sub>1</sub>	297	173.79	58.61
KLF <sub>2</sub>	308	162.12	45.29
KLF <sub>3</sub>	293	158.64	66.49
AR <sub>1</sub>	301	171.88	57.98
AR <sub>2</sub>	374	120.21	20.93
AR <sub>3</sub>	315	173.56	55.08
AS <sub>1</sub>	460	200.25	43.53
AS <sub>2</sub>	447	174.93	36.77
AS <sub>3</sub>	422	150.61	35.69
BA <sub>1</sub>	389	75.87	11.02
BA <sub>2</sub>	362	145.93	23.31
BA <sub>3</sub>	339	102.87	15.07
BR <sub>1</sub>	401	92.22	13.16
BR <sub>2</sub>	405	108.87	15.45
BR <sub>3</sub>	364	181.63	27.36
BB <sub>1</sub>	410	114.00	16.06
BB <sub>2</sub>	431	124.85	17.09
BB <sub>3</sub>	419	72.19	10.04
CBC <sub>1</sub>	335	96.39	15.18
CBC <sub>2</sub>	390	78.28	9.80
CBC <sub>3</sub>	298	102.88	17.20
TBB <sub>1</sub>	339	120.31	22.32
TBB <sub>2</sub>	357	93.65	14.25
TBB <sub>3</sub>	385	201.03	41.66
IM <sub>1</sub>	396	183.51	62.03
IM <sub>2</sub>	459	199.20	43.44
IM <sub>3</sub>	428	103.14	21.39

Emprenye maddelerinin, yongalevhanın alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını belirlemek için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 36'da verilmiştir. Bura göre, amonyum sülfat dışında, diğer maddelerin, alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığı üzerine etkileri 0.05 hata payı ile önemli çıkmıştır.

Tablo 36. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Alevli gruba	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	1139018.0	3	379672.67	12.73	***
	Gruplar içi	4175332.5	140	29823.80		
	Toplam	4314550.6	143			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	1078728.5	3	359576.17	13.48	***
	Gruplar içi	2932319.5	110	26657.45		
	Toplam	4011048.0	113			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	86983.5	3	28994.49	0.89	ÖD
	Gruplar içi	6032382.2	187	32258.72		
	Toplam	6119365.7	190			
Borik asit	Gruplar arası	1329746.0	3	443248.68	23.42	***
	Gruplar içi	2460383.3	130	18926.03		
	Toplam	3790129.3	133			
Boraks	Gruplar arası	1542819.9	3	514273.31	21.18	***
	Gruplar içi	3640772.3	150	24271.82		
	Toplam	5183592.3	153			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	1970424.4	3	656808.14	34.34	***
	Gruplar içi	2849162.4	149	19121.90		
	Toplam	4819586.9	152			
Tanalith-CBC	Gruplar arası	2108360.4	3	702786.80	40.48	***
	Gruplar içi	2586319.3	149	17357.85		
	Toplam	4694679.7	152			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	849591.0	3	283196.99	10.82	***
	Gruplar içi	4605981.8	176	26170.35		
	Toplam	5455772.8	179			
Immorsol-WR 2000	Gruplar arası	514429.5	3	171476.48	6.83	***
	Gruplar içi	3260268.9	130	25078.99		
	Toplam	3774698.4	133			

Levha tipleri arasında, alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığı bakımında homojenlik olup olmadığını belirlemek için % 95 güvenle duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 37'de verilmiştir. Buna göre, amonyum sülfat grubu levha tipleri aynı, diğer gruplara ilişkin levha tipleri ise farklı homojenlik gruplarını oluşturmuştur.

Tablo 37. Deneme levhalarının alev kaynaksız alevli yanma sıcaklıklarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (°C)	HG
Kolofan	K	473.72	a
	KLF <sub>2</sub>	307.92	b
	KLF <sub>1</sub>	296.53	b c
	KLF <sub>3</sub>	292.59	c
Alkid reçinesi	K	473.72	a
	AR <sub>2</sub>	374.29	d
	AR <sub>3</sub>	315.00	ç
	AR <sub>1</sub>	300.58	ç
Amonyum sülfat	K	473.72	a
	AS <sub>1</sub>	459.98	a
	AS <sub>2</sub>	446.50	a
	AS <sub>3</sub>	421.94	a
Borik asit	K	473.72	a
	BA <sub>1</sub>	388.72	e
	BA <sub>2</sub>	362.00	e
	BA <sub>3</sub>	338.94	e
Boraks	K	473.72	a
	BR <sub>2</sub>	404.83	f
	BR <sub>1</sub>	400.80	f
	BR <sub>3</sub>	363.85	f
Borik asit / Boraks	K	473.72	a
	BB <sub>2</sub>	430.66	g
	BB <sub>3</sub>	418.82	g
	BB <sub>1</sub>	409.92	g
Tanalith-CBC	K	473.72	a
	CBC <sub>2</sub>	390.70	i
	CBC <sub>1</sub>	334.81	h
	CBC <sub>3</sub>	298.28	h
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	473.72	a
	TBB <sub>3</sub>	384.85	j
	TBB <sub>2</sub>	357.08	j
	TBB <sub>1</sub>	338.91	j
İmmersol-WR 2000	K	473.72	a
	IM <sub>2</sub>	458.54	a
	IM <sub>3</sub>	428.17	a
	IM <sub>1</sub>	395.83	k

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığı arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 38’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün maddelerin kullanım oranları ile levhanın alevli yanma sıcaklığı arasında negatif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, bu ilişki, alkid reçinesi, amonyum sülfat ve immersol-WR 2000 ile Tanalith-CBC / borik asit / boraks için 0.05 yanılma olasılığı ile önemsiz, diğer maddeler için ise önemli bulunmuştur.

Tablo 38. Deneme levhalarının alev kaynaksız alevli yanma sıcaklıklarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	r	p
Kolofan	- 0.41	***
Alkid reçinesi	- 0.03	ÖD
Amonyum sülfat	- 0.10	ÖD
Borik asit	- 0.44	***
Boraks	- 0.36	***
Borik asit / Boraks	- 0.49	***
Tanalith-CBC	- 0.28	***
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	- 0.02	ÖD
Immersol-WR 2000	- 0.08	ÖD

### 3.3.3. Kor Halinde Yanma

Deneme levhalarının, kor halinde yanma sıcaklıklarına ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 39'da verilmiştir. Denemeler, alev kaynaklı yanma deneyinde kullanılan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 39. Deneme levhalarının ortalama kor halinde yanma sıcaklıkları (°C).

Levha tipi	X	S	V
K	168	53.05	31.54
KLF <sub>1</sub>	106	17.81	23.36
KLF <sub>2</sub>	110	26.73	24.32
KLF <sub>3</sub>	103	12.44	16.95
AR <sub>1</sub>	108	17.91	23.00
AR <sub>2</sub>	126	64.14	39.42
AR <sub>3</sub>	111	20.35	25.10
AS <sub>1</sub>	140	61.80	46.14
AS <sub>2</sub>	141	55.13	39.13
AS <sub>3</sub>	135	27.64	26.26
BA <sub>1</sub>	131	63.93	48.63
BA <sub>2</sub>	120	61.18	55.79
BA <sub>3</sub>	145	88.93	57.78
BR <sub>1</sub>	146	81.16	46.08
BR <sub>2</sub>	150	79.58	44.40
BR <sub>3</sub>	136	74.05	54.64
BB <sub>1</sub>	145	95.41	57.41
BB <sub>2</sub>	151	66.72	39.26
BB <sub>3</sub>	134	78.13	58.28
CBC <sub>1</sub>	163	88.58	47.25
CBC <sub>2</sub>	165	80.40	40.72
CBC <sub>3</sub>	160	78.14	46.63
TBB <sub>1</sub>	159	33.63	21.17
TBB <sub>2</sub>	165	86.51	25.56
TBB <sub>3</sub>	156	40.92	26.16
IM <sub>1</sub>	104	21.98	26.31
IM <sub>2</sub>	112	26.53	28.82
IM <sub>3</sub>	136	38.25	28.17

Emprenye maddelerinin, yongalevhanın kor halinde yanma sıcaklığı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını tespit etmek için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 40'da verilmiştir. Buna göre, kolofan, alkid reçinesi, amonyum sülfat, borik asit ve immersol-WR 2000 maddelerinin, kor halinde yanma sıcaklığı üzerine etkileri 0.05 hata payı ile önemli, diğer maddelerin etkileri ise önemsiz bulunmuştur.

Tablo 40. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın kor halinde yanma sıcaklığı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	75820.64	3	26173.54	56.50	***
	Gruplar içi	50492.57	109	463.23		
	Toplam	129013.22	112			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	149299.34	3	49766.44	48.27	***
	Gruplar içi	123710.74	120	1030.92		
	Toplam	273010.09	123			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	37647.59	3	12549.19	5.45	***
	Gruplar içi	179607.38	78	2302.65		
	Toplam	217254.98	81			
Borik asit	Gruplar arası	46969.05	3	15656.34	3.46	***
	Gruplar içi	542599.56	120	4521.66		
	Toplam	589568.60	123			
Boraks	Gruplar arası	31593.69	3	10531.23	1.88	ÖD
	Gruplar içi	407129.53	73	5577.11		
	Toplam	438723.22	76			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	25646.68	3	8548.89	1.35	ÖD
	Gruplar içi	550309.27	87	6325.39		
	Toplam	575955.96	90			
Tanalith-CBC	Gruplar arası	9906.86	3	3302.28	0.54	ÖD
	Gruplar içi	308678.84	51	6052.52		
	Toplam	318585.71	54			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	801.77	3	267.25	0.05	ÖD
	Gruplar içi	184891.43	41	4509.54		
	Toplam	185693.20	44			
immersol-WR 2000	Gruplar arası	89221.72	3	29740.57	34.97	***
	Gruplar içi	125009.32	147	850.40		
	Toplam	214231.05	150			



Kor halinde yanma sıcaklığı bakımında levha tipleri arasında homojenlik bulunup bulunmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 41'de verilmiştir. Buna göre, kolofan, alkid reçinesi, amonyum sülfat, borik asit ve immersol-WR 2000 gruplarına ilişkin levha tipleri farklı, diğer grupların levha tipleri ise aynı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 41. Deneme levhalarının kor halinde yanma sıcaklıklarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (°C)	HG
Kolofan	K	168.22	a
	KLF <sub>2</sub>	109.90	b
	KLF <sub>1</sub>	106.26	b
	KLF <sub>3</sub>	103.37	b
Alkid reçinesi	K	168.22	a
	AR <sub>2</sub>	125.70	a
	AR <sub>3</sub>	111.08	c
	AR <sub>1</sub>	107.85	c
Amonyum sülfat	K	168.22	a
	AS <sub>2</sub>	140.88	a
	AS <sub>1</sub>	140.00	a
	AS <sub>3</sub>	135.24	d
Borik asit	K	168.22	a
	BA <sub>3</sub>	142.72	a e
	BA <sub>1</sub>	131.46	a e
	BA <sub>2</sub>	119.67	e
Boraks	K	168.22	a
	BR <sub>2</sub>	150.25	a
	BR <sub>1</sub>	146.13	a
	BR <sub>3</sub>	135.51	a
Borik asit / Boraks	K	168.22	a
	BB <sub>2</sub>	150.94	a
	BB <sub>1</sub>	114520	a
	BB <sub>3</sub>	134.07	a
Tanalith-CBC	K	168.22	a
	CBC <sub>2</sub>	165.45	a
	CBC <sub>1</sub>	163.45	a
	CBC <sub>3</sub>	160.08	a
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	168.22	a
	TBB <sub>2</sub>	164.60	a
	TBB <sub>1</sub>	158.85	a
	TBB <sub>3</sub>	156.44	a
Immorsol-WR 2000	K	168.22	a
	IM <sub>3</sub>	135.78	f
	IM <sub>2</sub>	109.09	g
	IM <sub>1</sub>	104.48	g

Kor halinde yanma sıcaklığı bakımında levha tipleri arasında homojenlik bulunup bulunmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 41'de verilmiştir. Buna göre, kolofan, alkid reçinesi, amonyum sülfat, borik asit ve immersol-WR 2000 gruplarına ilişkin levha tipleri farklı, diğer grupların levha tipleri ise aynı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 41. Deneme levhalarının kor halinde yanma sıcaklıklarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (°C)	HG
Kolofan	K	168.22	a
	KLF <sub>2</sub>	109.90	b
	KLF <sub>1</sub>	106.26	b
	KLF <sub>3</sub>	103.37	b
Alkid reçinesi	K	168.22	a
	AR <sub>2</sub>	125.70	a
	AR <sub>3</sub>	111.08	c
	AR <sub>1</sub>	107.85	c
Amonyum sülfat	K	168.22	a
	AS <sub>2</sub>	140.88	a
	AS <sub>1</sub>	140.00	a
	AS <sub>3</sub>	135.24	d
Borik asit	K	168.22	a
	BA <sub>3</sub>	142.72	a e
	BA <sub>1</sub>	131.46	a e
	BA <sub>2</sub>	119.67	e
Boraks	K	168.22	a
	BR <sub>2</sub>	150.25	a
	BR <sub>1</sub>	146.13	a
	BR <sub>3</sub>	135.51	a
Borik asit / Boraks	K	168.22	a
	BB <sub>2</sub>	150.94	a
	BB <sub>1</sub>	114520	a
	BB <sub>3</sub>	134.07	a
Tanalith-CBC	K	168.22	a
	CBC <sub>2</sub>	165.45	a
	CBC <sub>1</sub>	163.45	a
	CBC <sub>3</sub>	160.08	a
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	168.22	a
	TBB <sub>2</sub>	164.60	a
	TBB <sub>1</sub>	158.85	a
	TBB <sub>3</sub>	156.44	a
Immersol-WR 2000	K	168.22	a
	IM <sub>3</sub>	135.78	f
	IM <sub>2</sub>	109.09	g
	IM <sub>1</sub>	104.48	g

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın kor halinde yanma sıcaklığı arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 42’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün maddelerin kullanım oranları ile levhanın kor halinde yanma sıcaklığı arasında negatif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, bu ilişki, kolofan, alkid reçinesi, amonyum sülfat ve boraks için 0.05 yanılma olasılığı düzeyinde önemli, diğer maddeler için ise önemsiz bulunmuştur.

Tablo 42. Deneme levhalarının kor halinde yanma sıcaklıklarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları.

Levha grubu	r	p
Kolofan	- 0.43	***
Alkid reçinesi	- 0.28	***
Amonyum sülfat	- 0.40	***
Borik asit	- 0.03	ÖD
Boraks	- 0.23	***
Borik asit / Boraks	- 0.20	ÖD
Tanalith-CBC	- 0.04	ÖD
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	- 0.05	ÖD
Immorsol-WR 2000	- 0.15	ÖD

### 3.3.4. Yanma Sonrası Ağırlık Kaybı

Deneme levhalarının yanma sonrası ağırlık kayıplarına ilişkin ortalama, standard sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 43'de verilmiştir. Denemeler, yanma deneyleri için kullanılan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 43. Deneme levhalarının yanma sonrası ortalama ağırlık kaybı değerleri (%).

Levha tipi	X	S	V
K	83.32	0.83	0.99
KLF <sub>1</sub>	70.05	0.30	0.42
KLF <sub>2</sub>	63.78	0.64	1.00
KLF <sub>3</sub>	63.62	0.64	1.00
AR <sub>1</sub>	63.66	0.44	1.00
AR <sub>2</sub>	62.25	0.42	0.99
AR <sub>3</sub>	66.55	0.47	1.00
AS <sub>1</sub>	73.76	0.84	1.00
AS <sub>2</sub>	72.68	0.83	1.00
AS <sub>3</sub>	71.76	0.82	1.00
BA <sub>1</sub>	73.91	0.84	1.00
BA <sub>2</sub>	72.67	0.83	1.00
BA <sub>3</sub>	74.36	0.84	0.99
BR <sub>1</sub>	72.26	0.82	0.99
BR <sub>2</sub>	70.46	0.80	0.99
BR <sub>3</sub>	75.33	0.85	0.99
BB <sub>1</sub>	71.84	0.82	1.00
BB <sub>2</sub>	73.09	0.83	0.99
BB <sub>3</sub>	73.01	0.83	0.99
CBC <sub>1</sub>	71.18	0.81	0.99
CBC <sub>2</sub>	72.48	0.82	0.99
CBC <sub>3</sub>	72.93	0.83	1.00
TBB <sub>1</sub>	73.40	0.83	0.99
TBB <sub>2</sub>	72.74	0.83	1.00
TBB <sub>3</sub>	72.99	0.83	1.00
IM <sub>1</sub>	64.68	0.75	1.00
IM <sub>2</sub>	69.24	0.79	0.99
IM <sub>3</sub>	67.22	0.77	0.99

Emprenye maddelerinin, yongalevhanın yanma sonrası ağırlık kaybı üzerine etkilerinin önemli olup olmadığını tespit etmek için varyans analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 44'de verilmiştir. Buna göre, kolofan, alkid reçinesi, boraks ve immersol-WR 2000 maddelerinin, levhanın yanma sonrası ağırlık kaybı üzerine etkileri 0.05 hata payı ile önemli, diğer maddelerin etkileri ise önemsiz bulunmuştur.

Tablo 44. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın yanma sonrası ağırlık kaybı üzerine etkilerine ilişkin basit varyans analizi sonuçları.

Levha grubu	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	p
Kolofan	Gruplar arası	770.16	3	256.72	57.69	***
	Gruplar içi	3.54	8	0.44		
	Toplam	773.70	11			
Alkid reçinesi	Gruplar arası	348.39	3	116.13	36.97	***
	Gruplar içi	2.55	8	0.32		
	Toplam	350.94	11			
Amonyum sülfat	Gruplar arası	6.78	3	2.26	2.28	ÖD
	Gruplar içi	5.51	8	0.68		
	Toplam	12.29	11			
Borik asit	Gruplar arası	4.83	3	1.61	2.31	ÖD
	Gruplar içi	5.57	8	0.69		
	Toplam	10.41	11			
Boraks	Gruplar arası	37.29	3	12.43	18.25	***
	Gruplar içi	5.44	8	0.68		
	Toplam	42.74	11			
Borik asit / Boraks	Gruplar arası	3.95	3	1.31	1.92	ÖD
	Gruplar içi	5.47	8	0.68		
	Toplam	9.43	11			
Tanalith-CBC	Gruplar arası	7.79	3	2.59	3.84	ÖD
	Gruplar içi	5.41	8	0.67		
	Toplam	13.26	11			
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	Gruplar arası	0.83	3	0.27	0.40	ÖD
	Gruplar içi	5.51	8	0.68		
	Toplam	6.34	11			
Immorsol-WR 2000	Gruplar arası	119.87	3	39.95	64.75	***
	Gruplar içi	4.93	8	0.61		
	Toplam	124.81	11			

Levha tipleri arasında, yanma sonrası ağırlık kaybı bakımında homojenlik bulunup bulunmadığını belirlemek için % 95 güven düzeyinde duncan testi yapılmış ve sonuçları Tablo 45'de verilmiştir. Buna göre, kolofan, alkid reçinesi, boraks ve immersol-WR 2000 gruplarına ilişkin levha tipleri farklı, diğer grupların levha tipleri ise aynı homojenlik gruplarında toplanmıştır.

Tablo 45. Deneme levhalarının yanma sonrası ağırlık kayıplarına ilişkin duncan testi sonuçları.

Levha grubu	Levha tipi	X (%)	HG
Kolofan	K	83.32	a
	KLF <sub>1</sub>	70.05	b
	KLF <sub>2</sub>	63.78	c
	KLF <sub>3</sub>	63.62	c
Alkid reçinesi	K	83.32	a
	AR <sub>3</sub>	66.55	d
	AR <sub>1</sub>	63.66	e
	AR <sub>2</sub>	62.25	f
Amonyum sülfat	K	83.32	a
	AS <sub>1</sub>	73.76	a
	AS <sub>2</sub>	72.68	a
	AS <sub>3</sub>	71.76	a
Borik asit	K	83.32	a
	BA <sub>3</sub>	74.36	a
	BA <sub>1</sub>	73.91	a
	BA <sub>2</sub>	72.67	a
Boraks	K	83.32	a
	BR <sub>3</sub>	75.33	g
	BR <sub>1</sub>	72.26	h
	BR <sub>2</sub>	70.46	h
Borik asit / Boraks	K	83.32	a
	BB <sub>2</sub>	73.09	a
	BB <sub>3</sub>	73.01	a
	BB <sub>1</sub>	71.84	a
Tanalith-CBC	K	83.32	a
	CBC <sub>3</sub>	72.93	a
	CBC <sub>2</sub>	72.48	a
	CBC <sub>1</sub>	71.18	a
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	K	83.32	a
	TBB <sub>1</sub>	73.40	a
	TBB <sub>3</sub>	72.99	a
	TBB <sub>2</sub>	72.74	a
Immorsol-WR 2000	K	83.32	a
	IM <sub>2</sub>	69.24	i
	IM <sub>3</sub>	67.22	i
	IM <sub>1</sub>	64.68	j

Emprenye maddesi kullanım oranları ile yongalevhanın yanma sonrası ağırlık kaybı arasında bir ilişki bulunup bulunmadığını belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 46'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre, bütün maddelerin kullanım oranları ile levhanın yanma sonrası ağırlık kaybı arasında negatif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Ancak, bu ilişki, kolofan, alkid reçinesi ve amonyum sülfat için 0.05 yanılma olasılığı ile önemli, diğer maddeler için ise önemsiz bulunmuştur.

Tablo 46. Deneme levhalarının yanma sonrası ağırlık kayıplarına ilişkin korelasyon analizi sonuçları

Levha grubu	r	p
Kolofan	- 0.84	***
Alkid reçinesi	- 0.67	***
Amonyum sülfat	- 0.63	***
Borik asit	- 0.34	ÖD
Boraks	- 0.40	ÖD
Borik asit / Boraks	- 0.01	ÖD
Tanalith-CBC	- 0.01	ÖD
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	- 0.20	ÖD
Immorsol-WR 2000	- 0.51	ÖD

## 4. İRDELEME

### 4.1. Fiziksel Özellikler

#### 4.1.1. Yoğunluk

Denmelerde elde edilen yoğunluk ( $0.70 - 0.75 \text{ g/cm}^3$ ) değerleri ile öngörülen yoğunluk ( $0.70 \text{ g/cm}^3$ ) değeri arasında önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür. Bu da, serme işleminin hatasız yapıldığını ortaya koymaktadır.

Bütün levhalar için, emprenye edilmiş yongalardan üretilen levhaların yoğunlukları kontrol levhasından daha yüksek bulunmuştur (Şekil 10). Emprenye maddelerinin kullanım miktarı arttıkça yongalevhanın yoğunluğunun arttığı anlaşılmıştır. Bu artışın, kolofan, amonyum sülfat, tanalith-CBC / borik asit / boraks ve immersol-WR 2000'li levhalarda önemli, fakat alkid reçinesi, borik asit, boraks, borik asit / boraks ve tanalith-CBC'li levhalarda ise önemsiz olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 6).

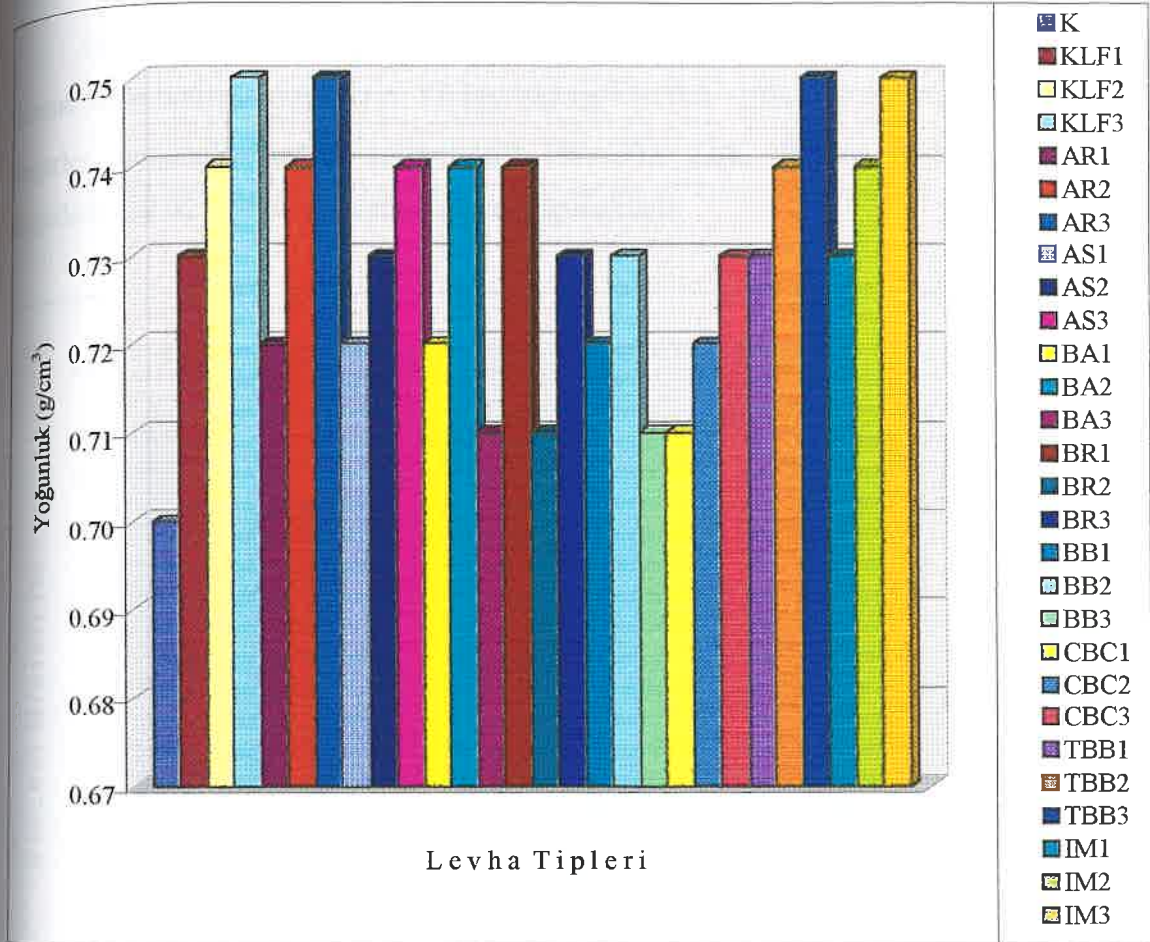
Yoğunluğun artması, emprenye maddelerinin, birim hacimde bulunan yongalardaki hücre çeper maddesi miktarını artmalarından kaynaklanabilir. Zira, yoğunluk üzerine, ağaç malzeme özelliklerinin yanı sıra, çeper kalınlığı, hücre çeper maddesi ve tipleri ile çapları ve boyutları, birim hacimdeki oranlarının da etkili olduğu belirtmektedir (13).

Deneme levhalarının yoğunlukları literatür ile karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Zira; JACOB'un araştırmasında, CCA ile emprenye edilmiş çam tel direği yongaları ile emprenyesiz yongalar % 50 oranında karıştırılıp fenol formaldehid ile tutkallanarak üretilen levhanın yoğunluğunda önemli bir farklılık olmadığı belirtilmektedir (63). KAJITA tarafından ise, levhaya yüklenen katı emprenye maddesi miktarının artmasına bağlı olarak yoğunluğun arttığı bildirilmektedir (65).

Levhaları yoğunluk değerlerinin, GRIGORIOU (1990)'da verilen yoğunluk ( $0.67 \text{ g/cm}^3$ ) değerinden yüksek olduğu görülmüştür. Bu farklılık, üretim şartlarından kaynaklanabilir. Zira, belirtilen çalışmada tek tabakalı levha üretilmiş, üretim faktörleri olarak; % 45 konsantrasyonda ve tam kuru yonga ağırlığına oranla % 8 üre formaldehid,



pres süresi 225 saniye, pres sıcaklığı 180 °C, pres basıncı 30 kp/cm<sup>2</sup> kullanılmıştır. Yaptığımız araştırmada ise üç tabakalı levha üretilmiş ve Bölüm 2.1.2 ve 2.2.5'de verilen şartlar uygulanmıştır.



Şekil 10. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın yoğunluğu üzerine etkileri.

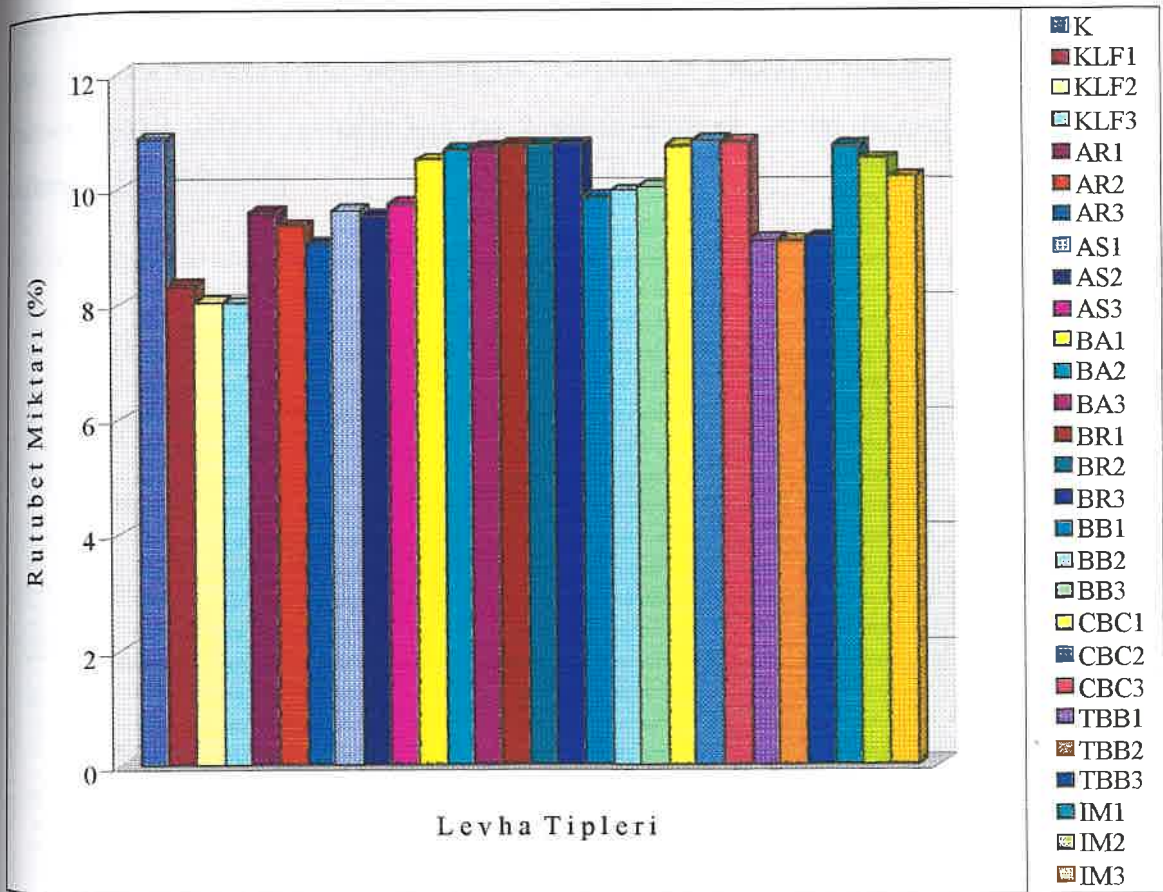
#### 4.1.2. Rutubet Miktarı

Ortalama rutubet miktarı, bütün levhalarda kontrol levhasından daha düşük elde edilmiştir (Şekil 11). Emprenye maddesi kullanım miktarı arttıkça yongalevhanın rutubet miktarının azaldığı, bu azalmanın; kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR'li levhalar için anlamlı, amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks'lı levhalar için ise önemsiz olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 10).

Rutubet miktarının, kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR'li levhalarda azalması, bu maddelerin, yongalardaki kapilar boşlukları doldurarak ve / veya yonga yüzeylerini kaplayarak koruyucu bir tabaka oluşturmalarından ileri gelebilir (79 – 84).

Amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks'lı levhalarda rutubet miktarının azalmasının nedeni; bu maddeler, yoğunluğu artırdıkları için levhanın rutubet almasının zorlaşması olabilir (8, 92).

Levhaların rutubet miktarları mevcut standartlar ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, denemelerde bulunan değerlerin, TS EN 322 ve EN 312 -1'de  $9 \pm 4$  olarak verilen sınır değerler içerisinde kaldığı anlaşılmıştır (87, 93). Zira, deneme levhalarının rutubet değerleri % 8.02 - 10.80 arasında dağılım yapmaktadır.



Şekil 11. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın rutubet miktarı üzerine etkileri.

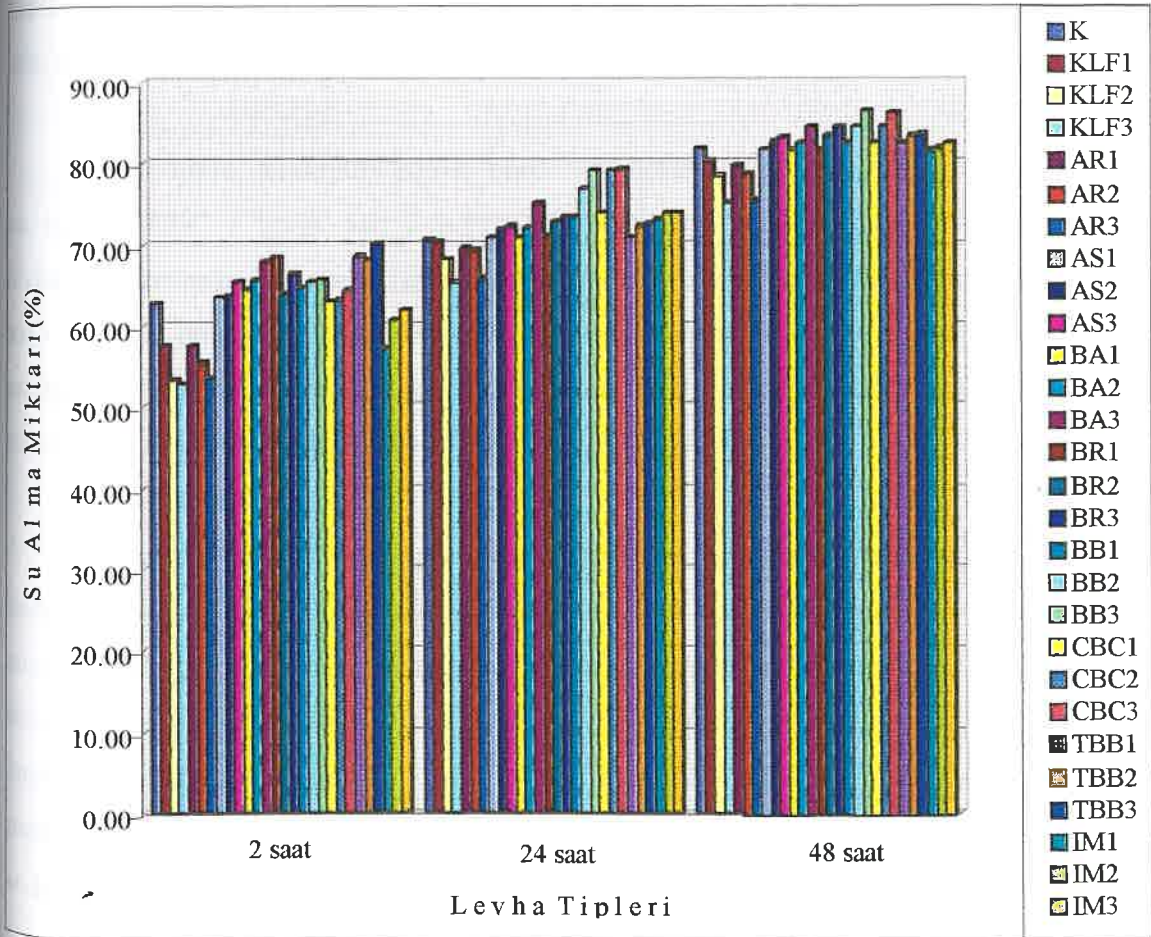
Levhaların rutubet miktarları literatür ile de karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu görülmüştür. Zira, FUJIMOTO tarafından, rutubet miktarının, maleik asit / gliserol'lu levhalarda emprenye maddesi miktarı arttıkça azaldığı ileri sürülmektedir (50). SYSKA'nın çalışmasında, rutubeti lif doygunluğu noktası civarında olan yongalar, toz halindeki suda çözünen tuzlar ve bunların bazı karışımları kullanılarak üretilen levhaların rutubet miktarının, kuru yongalar ve çözelti halindeki suda çözünen tuzlar kullanılarak üretilen



levhalardan daha düşük olduğu belirtilmektedir (60). JACOB'a göre, CCA'lı tel direği yongaları ve fenol formaldehid ile üretilen levhaların rutubetinde kontrol levhasına göre önemli değişiklik olmamaktadır (63). KAJITA ise, levhaya yüklenen katı empenye maddesi miktarı arttıkça levhanın rutubetinin azaldığını belirtmektedir (65).

#### 4.1.3. Su Alma Miktarı

Suda bekletme süresi uzadıkça, tüm levha gruplarında su alma miktarı artmıştır. Gruplar, kontrol levhası ile karşılaştırıldığında, süreye bağlı olarak, su alma miktarları, kolofan ve alkid reçineli levhalar için daha az, amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC / borik asit / boraklı levhalar için daha fazla, immersol-WR 2000'li levhalar için ise 2 saatte daha az, 24 ve 48 saatlerde daha fazla bulunmuştur (Şekil 12).



Şekil 12. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın su alma miktarı üzerine etkileri

Su alma miktarının, kolofan ve alkid reçinesi kullanım miktarı arttıkça azaldığı, bu azalmanın, 2 saat için anlamlı, diğer süreler için ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks ile üretilen levhalarda, kullanım miktarı arttıkça su alma miktarının arttığı görülmüştür. Bu artışın, 2 saat için, tanalith-CBC / borik asit / boraksli levhalarda önemli, amonyum sülfat, borik asit ve tanalith-CBC'li levhalarda önemsiz, 24 ve 48 saatler için ise amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks ve tanalith-CBC / borik asit / boraksli levhalarda önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Immersol-WR 2000 ile üretilen levhalarda ise, kullanım miktarı arttıkça su alma miktarı, 2 saatte önemsiz bir azalma, diğer sürelerde ise önemsiz bir artış olduğu anlaşılmıştır (Tablo 14).

Su alma miktarının, kolofan ve alkid reçinesi ile emprenyeli yongalardan üretilen levhalarda azalması, bu maddeler, odun materyalinde gözenekleri tıkamak ve yüzeyleri kaplamak suretiyle suya karşı koruyucu bir tabaka oluşturdukları ve yoğunluğu artırdıkları için, suyun levha içine girmesinin zorlaşmasından ileri gelebilir (30, 80 – 83, 92)

Su alımının, amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks ile emprenye edilen yongalardan elde edilen levhalarda artması, bu maddelerin suda kolayca erimelerinden kaynaklanabilir. Çünkü, suda çözünen emprenye tuzlarının yüklendiği levhalarda, bu tuzlar, su içerisinde zamanla eridiği için yongalar yumuşamakta, dolayısı ile, levhanın geçirgenliği artmakta ve suyun levha içine girmesi daha kolay olabilmektedir (8, 92, 94).

Immersol-WR 2000 ile üretilen levhalarda ise, su alımının azalması, bu maddenin bileşimindeki su itici maddelerin, kolofan ve alkid reçineli levhalarda olduğu gibi, su alımını engelleyen koruyucu bir tabaka oluşturmalarından kaynaklanabilir. Suda bekletme süresi uzadıkça su alımının artması ise, su itici maddelerin etkilerinin azalması veya kaybolmasından ileri gelebilir. Zira, 2 saat gibi kısa süreli suda bekletmede, su itici maddeler, su girişini güçleştirdiği için su alma miktarı daha az olmaktadır. Uzun süreli suda bekletmede ise, su itici maddelerin etkileri azaldığı için su girişi kolaylaşmakta ve su alma miktarı daha fazla olmaktadır.

2 ve 24 saat suda bekletme için, levhaların su alma miktarları literatür ile karşılaştırılmış ve bunların literatür sonuçlarına yakın olduğu görülmüştür. Zira, su alma miktarı değerleri, deneme levhalarında, 2 saat için % 52.79 - 70.12 ve 24 saat için % 65.30 - 79.33 arasında dağılım yaparken, KALAYCIOĞLU (1992, 1993) ve JACOB (1998)'de ise 2 saat için % 45.80 - 60.16 ve 24 saat için % 55.36 - 75.13 civarında değişmektedir.

48 saat suda bekletme süresi için ise, su alma miktarı, kolofan ve alkid reçinesi ile emprenyeli levhalarda literatür sonuçları ile uyumlu, diğer levhalarda ise daha yüksek çıkmıştır. Zira, 48 saat suda bekletmede elde edilen su alma miktarı, kolofan ve alkid reçineli levhalarda % 75.21 - 79.32 arasında, diğer levhalarda ise % 81.92 - 86.83 civarında bulunurken, bu değer, KALAYCIOĞLU'nun araştırmasında % 58.83 - 79.78 arasında değişmektedir (95, 96).

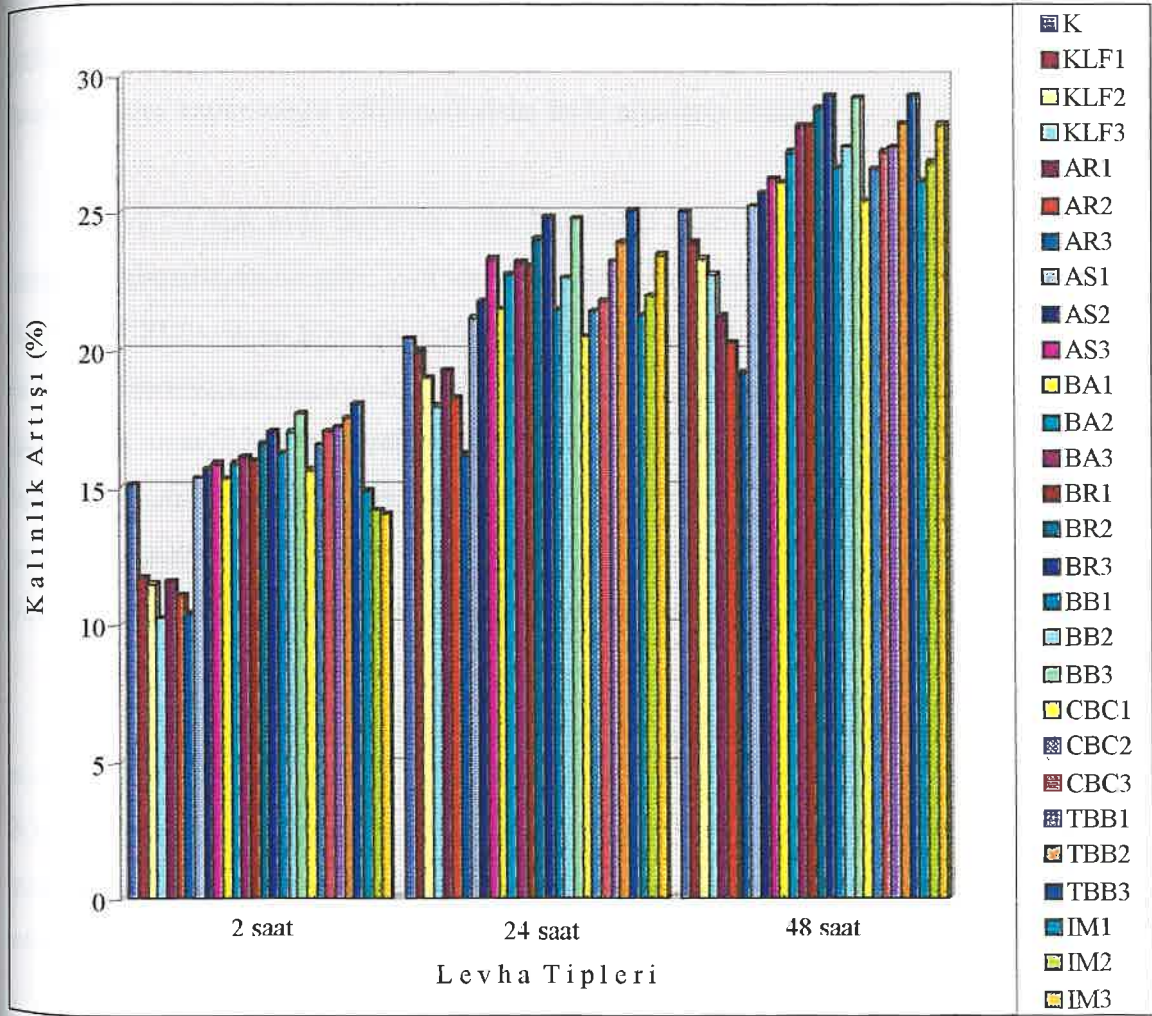
MALLARI tarafından; asetil, propilenoksit ve maleik asit / gliserol kullanılarak üretilen levhalarda, su alma miktarının, maleik asit / gliserol ile üretilen levhada en az, propilenoksit ile üretilen levhada en yüksek, asetil ile üretilen levhada ise kontrol levhasından düşük olduğu belirtilmektedir (49). FUJIMOTO tarafından ise, maleik asit / gliserol ve fenol formaldehid uygulanan levhalarda su alma miktarının önemli ölçüde azaldığını ileri sürmektedir (47, 50).

WITTMAN, fenol formaldehid ve üre formaldehid çözeltilerine eritilmiş parafin ayrı ayrı karıştırılarak üretilen levhalarda, su alma miktarının fenol formaldehid ile üretilen levhalarda üre formaldehid ile üretilenlerden daha düşük olduğunu bildirmektedir (61). JACOB, levha üretiminde CCA'lı yonga miktarının artması ile su alma miktarında kontrol levhasına oranla önemli bir farklılık olmadığını belirtmektedir (63). KAJITA ise, levhaya yüklenen reçine miktarı arttıkça su alma miktarının azaldığı ileri sürülmektedir (65).

Levhaların su alma miktarları standartlar ile karşılaştırılamamıştır. Çünkü, bu özelliğe ilişkin sınır değerler mevcut standartlarda verilmemiştir. Bunun nedeninin; "suda bırakılan yongalevhalarda kalınlığına şişme" ve "yongalevhalarda boyut değişmezliği" özelliklerinin, levhanın su alma miktarı hakkında, dolaylı olarak, bir bilgi vermelerinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (16).

#### 4.1.4. Kalınlık Artışı

Kalınlık artışı, suda bekletme süresi uzadıkça tüm levha gruplarında artmıştır. Emprenyeli levhalar kontrol levhası ile karşılaştırıldığında, süreye bağlı olarak, kalınlık artışları, kolofan ve alkid reçinesi ile emprenyeli levhalarda daha az, amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks ile emprenyeli levhalarda daha fazla, immersol-WR 2000'li levhalarda ise, 2 saat suda bekletme için daha düşük, diğer süreler için daha yüksek bulunmuştur (Şekil 13).



Şekil 13. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın kalınlık artışı üzerine etkileri.

Kalınlık artışının, kolofan ve alkid reçinesi ile emprenyeli levhalarda daha az olmasının nedeni, bu maddeler, gözenekleri tıkmak ve yüzeyleri kaplamak suretiyle suya karşı koruyucu bir tabaka oluşturdukları ve yoğunluğu artırdıkları için, su girişinin zorlaşması veya engellenmesi olabilir (30, 80 – 83, 92).



Kalınlık artışının, amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks ile emprenyeli levhalarda yüksek bulunması, bu maddelerin suda çözünen tuzlar olmaları nedeniyle zamanla yıkanarak yongaları serbest bırakmaları ve levhayı daha geçirgen bir hale getirmelerinden dolayı, suyun levha içine daha kolay girmesinden kaynaklanabilir (8, 92, 94).

Immorsol-WR 2000 ile emprenyeli levhalarda ise, kısa süreli bekletme için kalınlık artışının azalması, bu maddenin formülasyonundaki su iticilerin etkisi devam ettiğinden, suyun daha az alınmasından ileri gelebilir. Uzun süreli bekletmeler için kalınlık artışının yükselmesinin nedeni ise, su itici maddelerin su girişini engelleyici etkileri zamanla azaldığı veya kaybolduğu için suyun daha fazla alınması olabilir.

2 ve 24 saat suda bekletme için, levhaların kalınlık artışları mevcut standartlar ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, tüm levhaların kalınlık artışı değerleri, TS 1617, EN 317, TS 4616, EN 312 – 4 ve 6'ya göre yüksek olduğu belirlenmiştir (97 – 101). Bunun nedeni, üretimin laboratuvar ortamında yapılması olabilir. Zira, fabrikasyon üretiminde yongaların kurutulma sıcaklıkları ve preslenme şartları laboratuvar koşullarından yüksek olduğu için kalınlık artışının azalacağı beklenebilir. Fabrika üretim şartlarında yongaların kurutulması için 200 – 300 °C gibi yüksek sıcaklıklar uygulandığından dolayı, yongalevhalarda geriye yayılma, buna bağlı olarak da su alma ve kalınlık artışı oranları azalmaktadır (9).

48 saat suda bekletme için ise, levhaların kalınlık artışı değerleri, standartlarda bu süreye ilişkin sınır değerler verilmediğinden karşılaştırılamamıştır. Bunun standartlarda bildirilmemesi, yongalevhanın 2 ve 24 saat suda bekletmede elde edilen kalınlık artışı oranlarının, dolaylı olarak bir fikir verebilmeleri ve bunun pratikte bir fayda sağlamayacak olmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (16).

Kalınlık artışı değerleri literatür ile de karşılaştırılmıştır. Buna göre, deneme levhalarında bulunan değerlerin literatür sonuçları ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Zira, 2 ve 24 saat suda bekletme için, levhaların kalınlık artışı değerleri, JACOB (1998), GRIGORIOU (1990), KALAYCIOĞLU (1992, 1993)'de 2 saat için % 11.50 – 29.29 ve 24 saat için % 17.10 - 40.33 arasında değişen sonuçlar içerisinde kalmaktadır. 48 saat suda

bekletme için ise, levhalarda bulunan değer, GRIGORIOU (1990) ve KALAYCIOĞLU (1993)'e göre % 18.20 – 41.65 arasında değişen sonuçlara yakın bulunmaktadır.

FUJIMOTO, maleik asit / gliserol ve fenol formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda kalınlık artışının önemli oranda azaldığını belirtmektedir (47, 48, 50). KEHR, kalınlık artışının, sarıçam, kayın ve kızılğaç yongaları ve parafin emülsiyonu ile üretilen levhalarda yaklaşık aynı miktarda azaldığını bildirmektedir (52). STOJCEV ise, yongalara, eritilmiş parafin püskürtülerek ve tutkal çözeltisine karıştırılarak üretilen levhalarda, 24 saat suda bekletme için, kalınlık artışının azaltılması üzerinde püskürtme işleminin, tutkal çözeltisine karıştırma işlemi gibi etkili olduğunu ileri sürmektedir (56).

TOMEK'e göre, 230 – 300 °C sıcaklıkta 1 – 8 dakika kurutulduktan sonra üretilen formaldehit ile tutkallanarak üretilen levhaların kalınlık artışı % 45 – 50 oranında azalmaktadır (57). WITTMAN, fenol formaldehit / parafin ve üre formaldehit / parafin ile üretilen levhalarda kalınlık artışının, üre formaldehit ile üretilen levhalarda fenol formaldehit ile üretilenlerden daha fazla bulunduğunu ileri sürmektedir (61). ANBIN'e göre ise, tanen ve kavak odunu ile üretilen levhaların kalınlık artışını, suda bekletme süresi önemli derecede artırmaktadır. Örneğin; 2 saat suda bekletmedeki kalınlık artışı 24 saattenden 2.39 kat daha düşüktür (62). Bunlara benzer sonuçlar, PU ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada da verilmektedir (102).

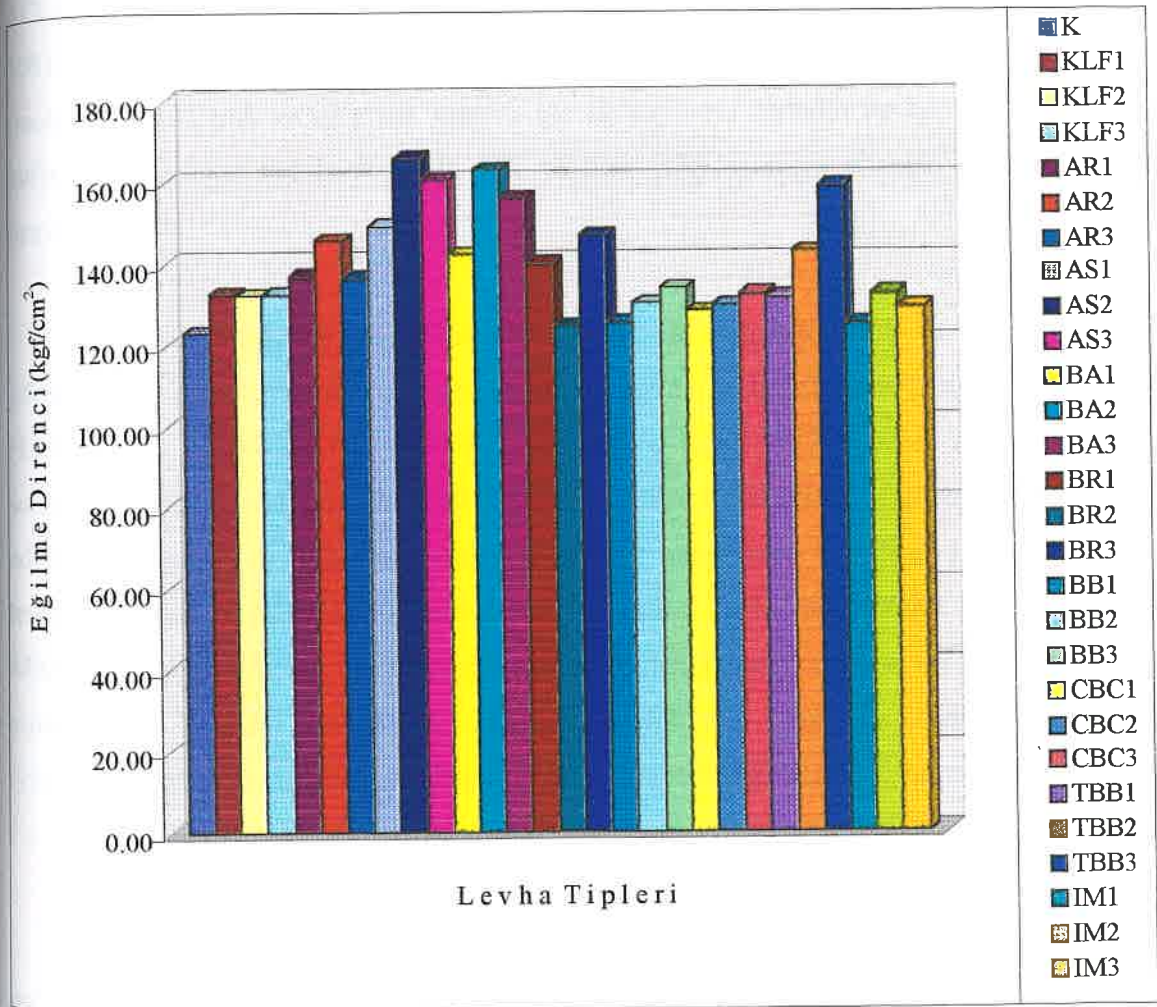
GRIGORIOU tarafından, üre formaldehid / parafin ve üre formaldehid / kolofan ile üretilen levhalarda, su iticilerin kullanım miktarı % 50 arttığında, kalınlık artışının önemli ölçüde azaldığı bildirilmektedir (30). JACOB (1998)'de, karışımdaki CCA'lı yonga miktarı arttığında, kalınlık artışının kontrole göre önemli bir farklılık göstermediği bildirilmektedir. HALL, çalışmasında, kavak yongaları, fenol formaldehid ve suda çözünen emprenye maddeleri ile üretilen levhalardan, CCA ve ACA'lı levhaların kalınlık artışının kontrol levhasından daha fazla olduğunu; tutkal çözeltisine sülfür dioksit, parafin emülsiyonu ve CCA ilave edilerek üretilen levhalar ile bakır – 8 – kinolinolat çözeltisine karıştırılan levhaların kalınlık artışının ise istatistiksel olarak eşit olduğunu ileri sürmektedir (64). KAJITA (1991)'de ise, japon sediri yongaları, fenol formaldehid ve düşük moleküllü fenolik reçine ile üretilen levhaların kalınlık artışının, levhaya yüklenen katı reçine miktarının artmasına bağlı olarak azaldığı belirtilmektedir.



## 4.2. Mekanik Özellikler

### 4.2.1. Eğilme Direnci

Genel olarak, ortalama eğilme direnci değerleri, emprenyeli levhalarda emprenyesiz levhadan daha yüksek bulunmuştur (Şekil 14). Levhaya yüklenen katı emprenye maddesi miktarı arttıkça eğilme direncindeki artışın, kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR 2000'li levhalarda önemsiz, diğer levhalarda ise önemli olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 22).



Şekil 14. Emprenye maddesi kullanım oranlarının levhanın eğilme direnci üzerine etkileri.

Eğilme direncindeki artış, emprenye maddelerinin, levhaların yoğunluklarını arttırmalarından ileri gelebilir. Zira, BOZKURT ve ERDİN'e göre, eğilme direnci ile yoğunluk arasında yakın bir ilişki içinde bulunduğu için, yoğunluğun artması ile eğilme direnci iyileşmektedir (13). HALLIGAN'ın göre ise, eğilme direnci yoğunluğun artması ile

belirgin bir şekilde artmaktadır (103). Ayrıca, eğilme direncindeki bu artışın nedeni, özellikle, suda çözünen emprenye maddeleri ortalama taslak rutubetini yükselttiği için, yongaların plastikleşmeleri veya yumuşamaları da olabilir. Çünkü, rutubetli yongalar, preste yüksek sıcaklık ve basınç etkisiyle daha kolay sıkıştığı için, eğilme direncinin artmasına neden olmaktadır (104).

Eğilme dirençleri mevcut standartlar ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, deneme levhalarının eğilme direnci değerleri TS EN 312 – 2 ve 3'den daha fazla (105, 106), TS EN 312 – 4 ve 6'ya yakın (100, 101), TS EN 312 – 5 ve 7'den ise düşük bulunmuştur (107, 108). Bu nedenle, levhalar, kuru şartlarda olmak üzere, genel amaçlı ve kapalı ortamlarda (mobilya dahil), yük ve ağır yük taşıyıcı olarak kaplama levhalar ile kaplanmak suretiyle kullanılabilir, fakat nemli şartlarda yük ve ağır yük taşımaya yönelik kullanımlar için uygun değildir.

Levhaların eğilme dirençleri literatür ile de karşılaştırılmış ve uyum sağladığı görülmüştür. Zira, levhaların eğilme direnci değerleri GÖKER (1993), KALAYCIOĞLU (1992, 1993) ve BOZKURT (1985)'de verilen ve 113 – 227 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değişen sonuçlar içerisinde kalmaktadır. FUJIMOTO (1988)'de, maleik asit / gliserol ile emprenye edilmiş yongalardan üretilen yongalevhalarında, emprenye maddesi miktarı arttıkça, levhanın direnç özelliklerinin kontrol levhasından daha iyi olduğu belirtilmektedir. MALLARI (1989)'da ise, asetil, propilenoksit ve maleik asit / gliserol ile emprenye edilen yongalardan üretilen levhaların mekanik özellikleri, asetil ile üretilen levhalarda iyileşirken, propilenoksit ile üretilen levhalarda beklenildiği kadar iyi olmadığı, maleik asit / gliserol ile üretilen levhalarda ise olumlu sonuç vermediği belirtilmektedir.

HASHIM tarafından, yanmayı önleyici emprenye maddeleri ve bor buharı ile emprenye edilen MDF, OSB ve normal yongalevhanın eğilme direncinde kontrol levhasına göre önemli farklılık olmadığı öne sürmektedir (51). AHREMOVIC tarafından, disodyum silisyum florür yongalara püskürtülerek ve bakır sülfat / disodyum silisyum florür karışımı tutkal çözeltisine ilave edilerek üretilen levhalarda, direnç özelliklerinin kontrol levhasından daha düşük olduğu, sodyum pentaklorfenolün, yongalara püskürtülmek ve tutkal çözeltisine karıştırılmak suretiyle üretilen levhalarda ise bu özelliklerin daha fazla azaldığı bildirilmektedir (54).

TOMEK'e göre, meşe odunu yongaları 230 – 300 °C'de 1 – 8 dakika kurutulduktan sonra üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhaların eğilme dirençleri % 20 – 25 arasında artmaktadır (57). SYSKA'nın çalışmasında, yanmayı önleyici emprenye maddeleri ve bunların bazı formülasyonları; a) toz halinde, lif doygunluğu rutubetinde olan yongalara, b) çözelti halinde, kuru yongalara püskürtmek suretiyle üretilen levhalarda, mekanik özelliklerin, ikinci işlemde birinciden daha iyi sonuç verdiği bildirilmektedir (60). JACOB (1998)'e göre ise, CCA ile emprenyeli çam tel direği yongaları % 0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında emprenyesiz yongalar ile karıştırıldıktan sonra, tam kuru yongaya oranla % 4 ve % 8 fenol formaldehid kullanılarak üretilen levhaların mekanik özellikleri, karışımdaki CCA'lı yonga miktarının artması ile azalmaktadır.

#### 4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

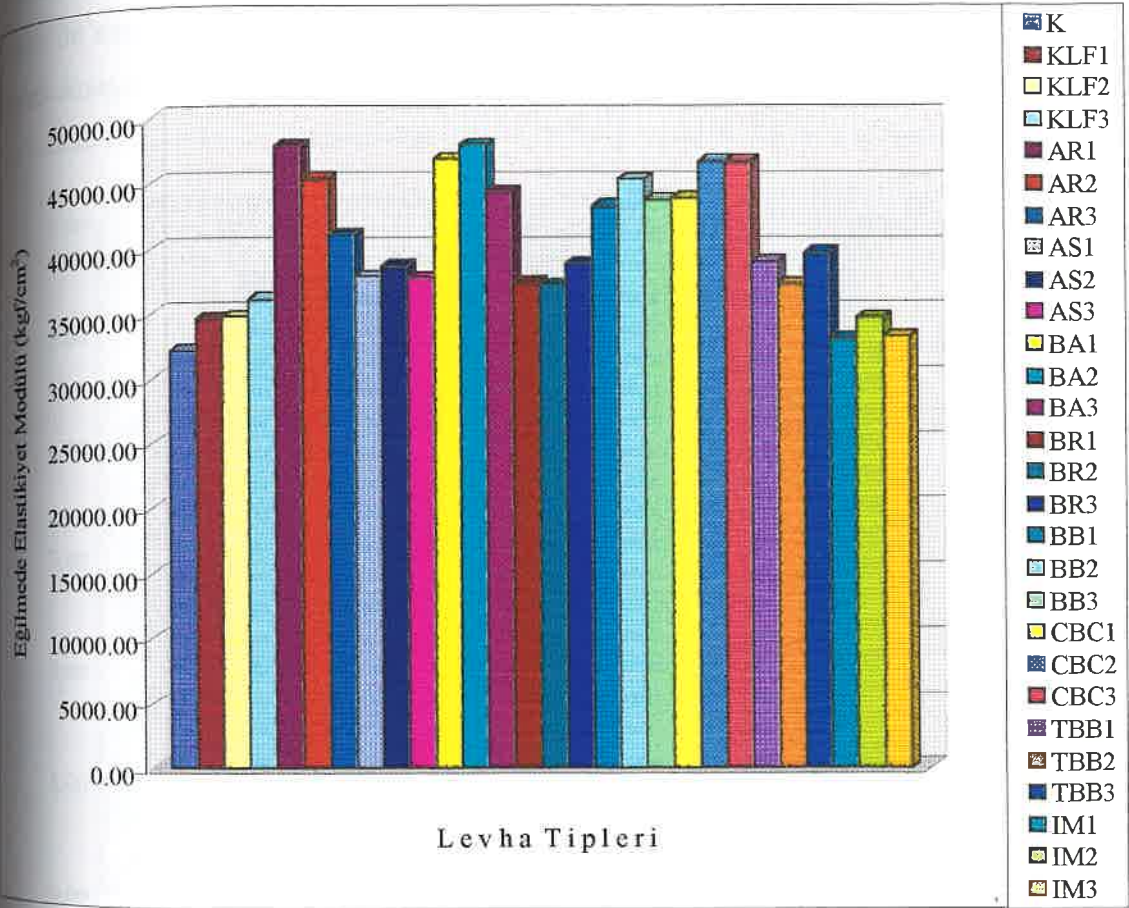
Emprenyeli yongalardan üretilen levhalar, emprenyesiz yongalardan üretilen levhalardan daha yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri göstermişlerdir (Şekil 15). Bütün emprenye maddeleri için, emprenye maddesi kullanım oranı arttıkça yongalevhanın eğilmede elastikiyet modülünün arttığı, bu artışın, alkid reçinesi ve immersol-WR 2000'li levhalarda önemsiz, diğer levhalarda ise önemli olduğu anlaşılmıştır (Tablo 26).

Eğilmede elastikiyet modülünün artması, eğilme direncinde olduğu gibi, emprenye maddelerinin, levhanın yoğunluğunu yükseltmelerinden kaynaklanabilir (13). Zira, HALLIGAN ve SCHNIEWIND tarafından, eğilmede elastikiyet modülünün, yoğunluğun artması ile birlikte belirgin bir artış gösterdiği bildirilmektedir (103).

Eğilmede elastikiyet modülleri standardlar ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, levhaların elastikiyet modülü değerleri TS EN 312 – 2 ve 3'den iyi (105, 106), TS EN 312 – 4 ve 6'ya yakın (100, 101), TS EN 312 – 5 ve 7'den ise düşük çıkmıştır (107 – 108). Bu nedenle, deneme levhaları, kuru şartlarda genel amaçlı ve kapalı ortamlarda (mobilya dahil), yük ve ağır yük taşıyıcı olarak kaplama levhalar ile kaplanarak kullanılabilir, fakat nemli şartlarda yük ve ağır yük taşımaya yönelik kullanımlar için uygun değildir.

Levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri literatür ile de karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu belirlenmiştir. Zira, levhaların elastikiyet modülleri, JACOB (1998),

KALAYCIOĞLU (19955203), HALL (1982) ve ÖKTEM (1979)'da belirtilen ve 20096 – 3430 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değişen sonuçlarla uyumlu bulunmaktadır. FUJIMOTO (1987, 1988)'de ise, odun materyali, maleik asit / gliserol ile empenye edildikten sonra fenol formaldehit ile tutkallanarak üretilen levhaların direnç özelliklerinin, özellikle elastikiyet modülünün, kontrol levhasından daha yüksek olduğu belirtilmektedir.



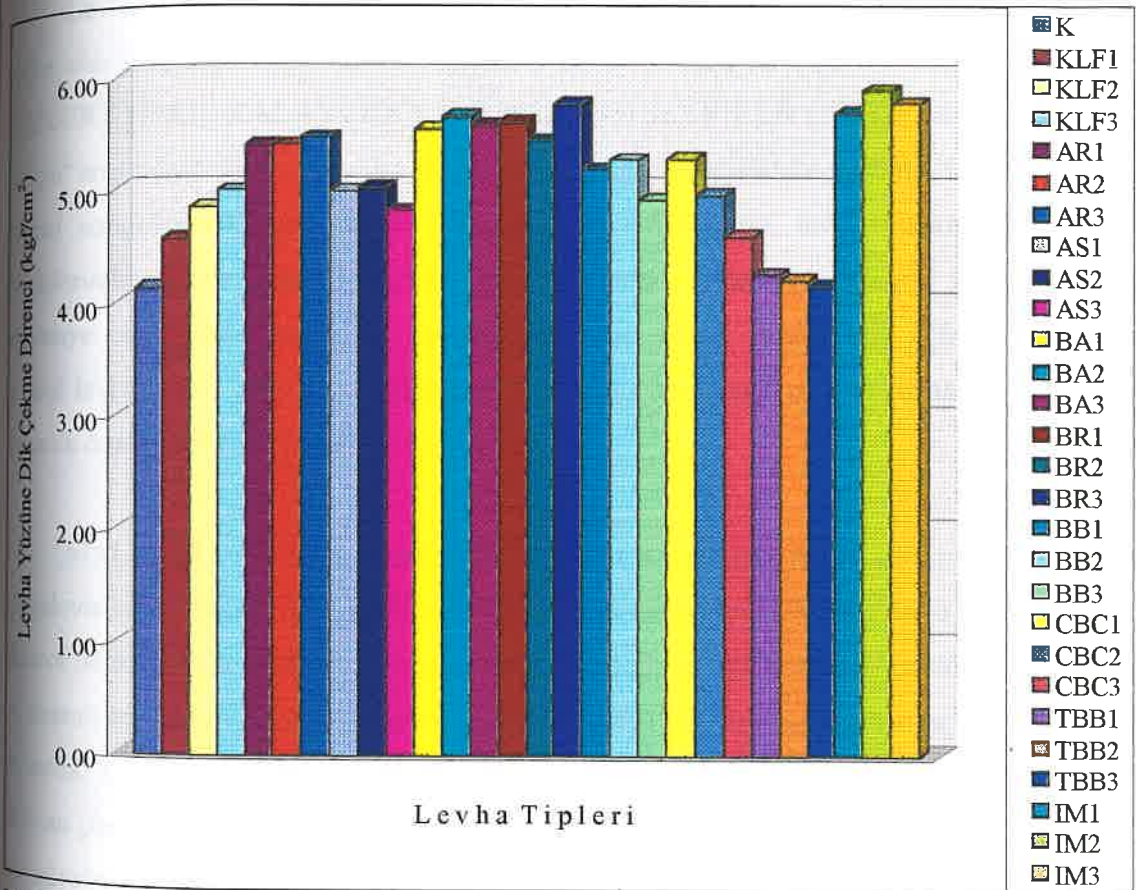
Şekil 15. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın eğilmede elastikiyet modülü üzerine etkileri.

HALL (1982)'de, kavak yongaları, fenol formaldehid, organik çözücülü, suda çözünen empenye maddeleri ve parafin ile üretilen levhaların elastikiyet modülünün, standartlara uygun olduğu belirtilmektedir. KAJITA, japon sediri yongaları, fenol formaldehid ve düşük moleküllü fenolik reçine ile levhaların elastikiyet modülünün, yüklenen empenye maddesi miktarının artmasıyla arttığı bildirilmektedir (65). JACOB ise, CCA ile empenyeli tel direği yongalarını empenyesiz yongalar ile karıştırıp, fenol formaldehid ile tutkallayarak ürettiği levhalarda, elastikiyet modülünün, karışımdaki CCA'lı yonga miktarının artmasıyla azaldığını ileri sürmektedir (63).



### 4.2.3. Levha Yüzüne Dik Çekme Direnci

Ortalama levha yüzüne dik çekme direnci, emprenyeli yongalardan üretilen levhalarda kontrol levhasından daha yüksek elde edilmiştir (Şekil 16). Bütün levhalar için, emprenye maddesi kullanım oranı arttıkça yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direncinin iyileştiği, bu iyileşmenin, borik asit / boraks ve tanalith-CBC / borik asit / boraks ile emprenye edilen yongalardan üretilen levhalarda önemsiz, diğer levhalarda ise önemli düzeyde olduğu meydana çıkmıştır (Tablo 30).



Şekil 16. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direnci üzerine etkileri.

Levha yüzüne dik çekme direncindeki bu iyileşme, sıvı emprenye çözeltileri yongaları yumuşattığı için, yongaların, daha fazla tutkal maddesi absorbe etmelerinden kaynaklanabilir. Zira, yongalar arasında yeterli yapışma sağlayan sıkıştırma gerçekleştirildikten sonra, levha yüzüne dik çekme direncindeki artışın, yongalara yüklenen tutkal miktarına bağlı olduğu öne sürülmektedir (104). HALLIGAN ve SCHNIEWIND'e göre ise, levha yüzüne dik çekme direncinde yoğunluğun artması ile

birlikte önemli bir değişiklik olmamaktadır. Bunun, yongalar arasında yapışma sağlayacak temas oluşturulduktan sonra, taslak levhayı daha fazla sıkıştırmanın, levha yüzüne dik çekme direncini artırmamasından kaynaklandığı belirtilmektedir (103).

Levha yüzüne dik çekme dirençleri standartlar ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, üretilen deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme direnci değerleri, TS 4906, TS 1617 ve EN 319'a göre daha yüksek çıktığı görülmüştür (90, 97, 109).

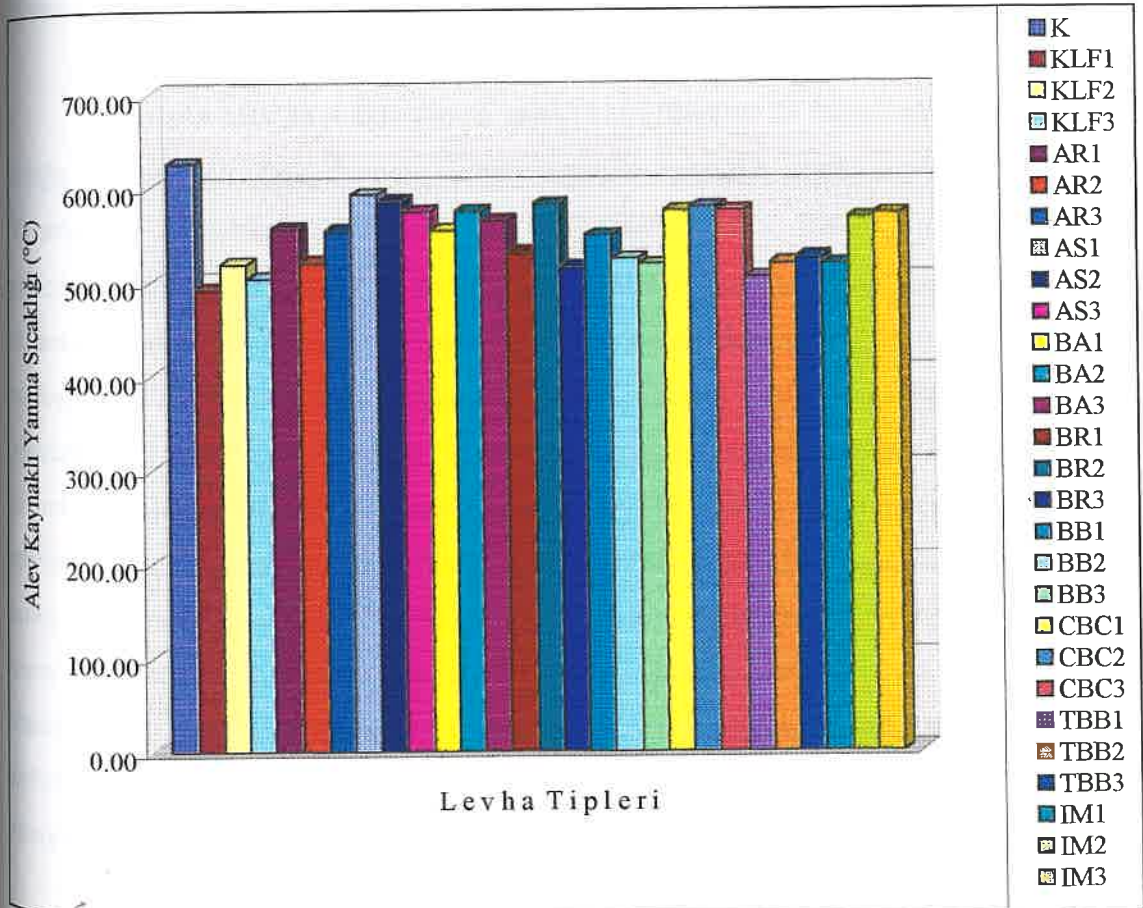
Levhaların levha yüzüne dik çekme dirençleri literatür ile de karşılaştırılmış ve uygun olduğu görülmüştür. Zira, levhaların levha yüzüne dik çekme direnci değerleri, BOZKURT (1985), KALAYCIOĞLU (1992, 1993) ve GÖKER (1993)'e göre 3.72 – 9.88 kgf/cm<sup>2</sup> arasında değişen sonuçlar içinde kalmaktadır. HASHIM'e göre ise, MDF, OSB ve normal yongalevhalar bor buharı ile emprenye edildiğinde, levha yüzüne dik çekme dirençlerinde önemli bir değişiklik olmamaktadır. Yanmayı önleyici maddeler ile emprenye edildiğinde ise, OSB ve yongalevhanın levha yüzüne dik çekme dirençleri kontrol levhasından daha iyi olmaktadır. Yüklenen borik asit miktarı arttıkça, levhaların mekanik özellikleri artmaktadır (51).

MALLARI (1989)'da, asetil, propilenoksit ve maleik asit / gliserol ile üretilen yongalevhalarında, mekanik özelliklerin, asetil ile üretilen levhalarda olumlu, maleik asit / gliserol ile üretilen levhalarda olumsuz sonuç verdiği, propilenoksit ile üretilen levhalarda ise önemli bir farklılık olmadığı belirtilmektedir. OERTEL'in araştırmasında, levha üretimi sırasında, üre - melamin formaldehit ve resorsin formaldehit çözeltilerine ilave edilen sodyum pentaklorfenatın (Na-PCP), levhanın direnç özelliklerini olumlu yönde etkilediği ileri sürülmektedir (55). KERNENGANG tarafından ise, fenol formaldehit, üre formaldehit ve üre - melamin formaldehit üretilen levhalar nemlendirildikten sonra, farklı mantar sporları ile aşılınıp, 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem koşullarında 4 ay bekletilmiştir. Sonuçta, levha yüzüne dik çekme direncinin, fenol formaldehit ile üretilen levhalarda önemsiz düzeyde, üre - melamin formaldehit ile üretilen levhalarda % 20, üre formaldehit ile üretilen levhalarda ise % 40 azaldığı bildirilmektedir (58).

### 4.3. Yanma Mukavemeti

#### 4.3.1. Alev Kaynaklı Yanma

Alev kaynaklı yanmada ortalama sıcaklık, emprenyeli yongalardan üretilen levhalarda emprenyesiz yongalardan üretilen levhalardan daha düşük bulunmuştur (Şekil 17). Bütün levhalar için, emprenye maddesi kullanım oranının artması ile alev kaynaklı yanma sıcaklığının azaldığı, fakat bu azalmanın önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 34). Bunlara göre, üretimde kullanılan emprenye maddelerinin, yongalevhanın alev kaynaklı yanma mukavemetini iyileştirdiği, levhaya yüklenen katı emprenye maddesi miktarı arttıkça levhanın yanma mukavemetinin arttığı söylenebilir. Zira, yanma sıcaklığının, emprenyeli levhalarda kontrol levhasından daha az bulunması, yanmaya karşı bir mukavemet olduğunu göstermektedir.



Şekil 17. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın alev kaynaklı yanma sıcaklığı üzerine etkileri.

Alev kaynaklı yanma mukavemetinin artması; emprenye maddeleri, yonga yüzeylerini kaplamak, üre formaldehid ve / veya amonyum klorür ile reaksiyona girmek suretiyle sertleşmeyi artırdıkları için, yanma sırasında, tutuşma ve alevlenmeyi geciktiren asitli gazlar veya eriyikler ya da kömür tabakası oluşmasından dolayı, yanmaya karşı koruyucu bir yüzey meydana gelmesinden kaynaklanabilir. Zira, GRIGORIOU tarafından, kolofan ve alkid reçinesi vb su itici maddelerdeki reçine ve yağ asitleri gibi asitli maddelerin, formaldehid ile reaksiyona girdiği, dolayısı ile, tutkalın sertleşmesini olumlu yönde etkilediği ileri sürülmektedir (23). BOZKURT ve GÖKER tarafından ise, amonyum sülfat, borik asit, boraks, tanalith-CBC gibi, suda çözünen tuzlardaki asitli maddelerin, formaldehid ile reaksiyona girerek sertleşmeyi artırdıkları ve yanma sırasında, tutuşmayı geciktiren gazlar (amonyak, sülfürik asit, vb.) veya eriyikler (borat, kromat, sodyum, vb.) oluşturdukları bildirilmektedir (5, 15). Ayrıca, yanma mukavemetindeki iyileşmenin diğer bir nedeni ise, üretimde kullanılan emprenye maddeleri levha yoğunluğu artırdıkları için yanma / tutuşma olayının daha zor olması olabilir (110).

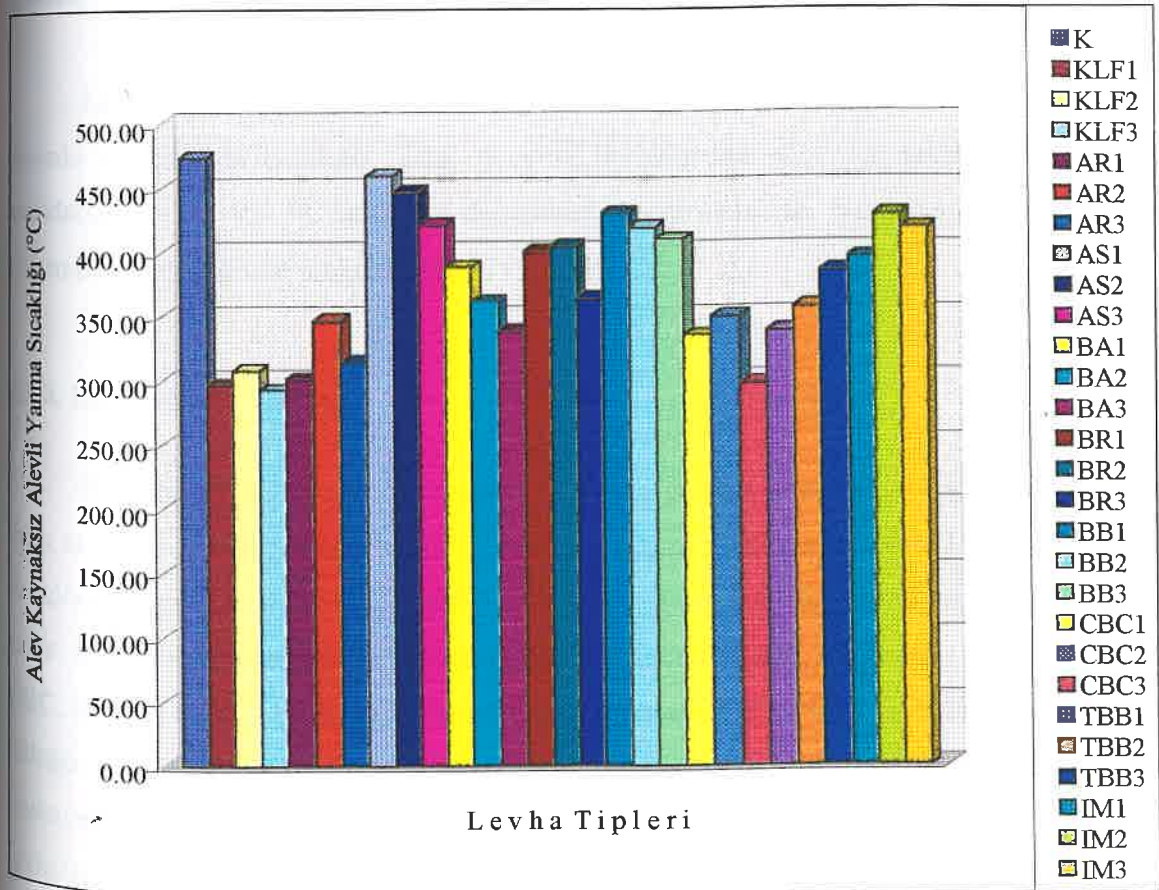
Levhaların alev kaynaklı yanma sıcaklıkları literatür ile karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu gözlenmiştir. Zira, deneme levhalarının alev kaynaklı yanma sıcaklıkları 490 - 593 °C arasında değişirken, literatürde ise, bu değer, 488 - 756 °C civarında dağılım göstermektedir (66, 111). SYSKA tarafından, göknar / kavak odunu yongaları kullanılan bir araştırmada; yanmayı önleyici emprenye maddeleri ile bunların bazı kombinezonları, rutubeti LDN civarında olan yongalara toz halinde ve kuru yongalara çözelti halinde püskürtülmek suretiyle üretilen levhalarda, yanma mukavemetinin, ikinci işlemde birinciden daha iyi olduğu ileri sürülmektedir (60). FURUNO tarafından ise, japon yalancı servisi ve huş odunu kaplama levhaları değerlendirilen bir çalışmada; sodyum silikat (su camı) çözeltisi, vakum ve difüzyon yöntemleri ile uygulanmak suretiyle üretilen odun - mineral kompozit levhaları, yanmayı önleyici alüminyum sülfat ve kalsiyum klorit çözeltileri ile aynı emprenye yöntemleri kullanılarak emprenye edilmektedir. Sonuçta, levhaların yanma mukavemetinin kontrol levhasından daha iyi olduğu, özellikle, difüzyon yönteminde daha yüksek bulunduğunu bildirilmektedir (66).

Levhaların alev kaynaklı yanma sıcaklıkları, standartlarda bu sıcaklığın hangi sınırlar içinde kaldığına ilişkin bilgi bulunamadığı için karşılaştırılamamıştır.



### 4.3.2. Alev Kaynaksız Alevli Yanma

Deneme levhalarının ortalama alev kaynaksız alevli yanma sıcaklıkları kontrol levhasından daha düşük bulunmuştur (Şekil 18). Emprenyeli levhaların alevli yanmadaki ortalama toplam yanma sürelerinin 14.50 - 23.50 dakika arasında değiştiği ve emprenyesiz levhadan daha kısa olduğu tespit edilmiştir (Ek Tablo 1). Emprenye maddesi kullanım miktarı arttıkça alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığının azaldığı, bu azalmanın, kolofan, borik asit, boraks, borik asit / boraks ve tanalith-CBC ile üretilen levhalarda anlamlı, fakat alkid reçinesi, amonyum sülfat, tanalith-CBC / borik asit / boraks ve immersol-WR 2000 ile üretilen levhalarda ise önemsiz olduğu belirlenmiştir (Tablo 38). Buna göre, emprenye maddelerinin, yongalevhanın alev kaynaksız alevli yanma mukavemetini iyileştirdiği söylenebilir. Zira, emprenyeli levhalarda alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığı ve süresinin emprenyesiz levhalardan daha az bulunması, bu levhalarda yanma mukavemetinin daha iyi olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 18. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın alev kaynaksız alevli yanma sıcaklığı üzerine etkileri.

Alev kaynaksız alevli yanma mukavemetindeki bu iyileşme, levhaya yüklenen katı emprenye maddelerinin, yanma sırasında, yanmayı engelleyen gazlar veya eriyikler açığa çıkarmalarından ya da levha yüzeyinde, yanma sırasında çıkan kimyasalların koruyucu bir tabaka veya kömürleşme meydana getirmelerinden ileri gelebilir. Bu durum, alev söndürülüp alev kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra, yanmakta olan örneklerdeki alev yoğunluğu ve yüksekliğinin zamanla azalması nedeniyle, örneklerin alevlenip tamamen yanmamalarından anlaşılmıştır.

Bir emprenye maddesinin yanmayı önleyici etkisinin kabul edilebilmesi için, gaz alevi söndürülüp alev kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra, emprenyeli malzemedeki alevin en fazla 30 dakika içerisinde sönmesi gerektiği bildirilmektedir (5). Buna göre, deneme levhalarının alev kaynaksız alevli yanmadaki ortalama toplam yanma sürelerinin, literatürde belirtilen süreden daha kısa olduğu anlaşılmaktadır. Bu da, levhalara yüklenen emprenye maddelerinin yanmayı önleyici etkilerinin bulunduğunu, dolayısı ile, levhaların alev kaynaksız alevli yanma mukavemetlerinin iyileştiğini göstermektedir.

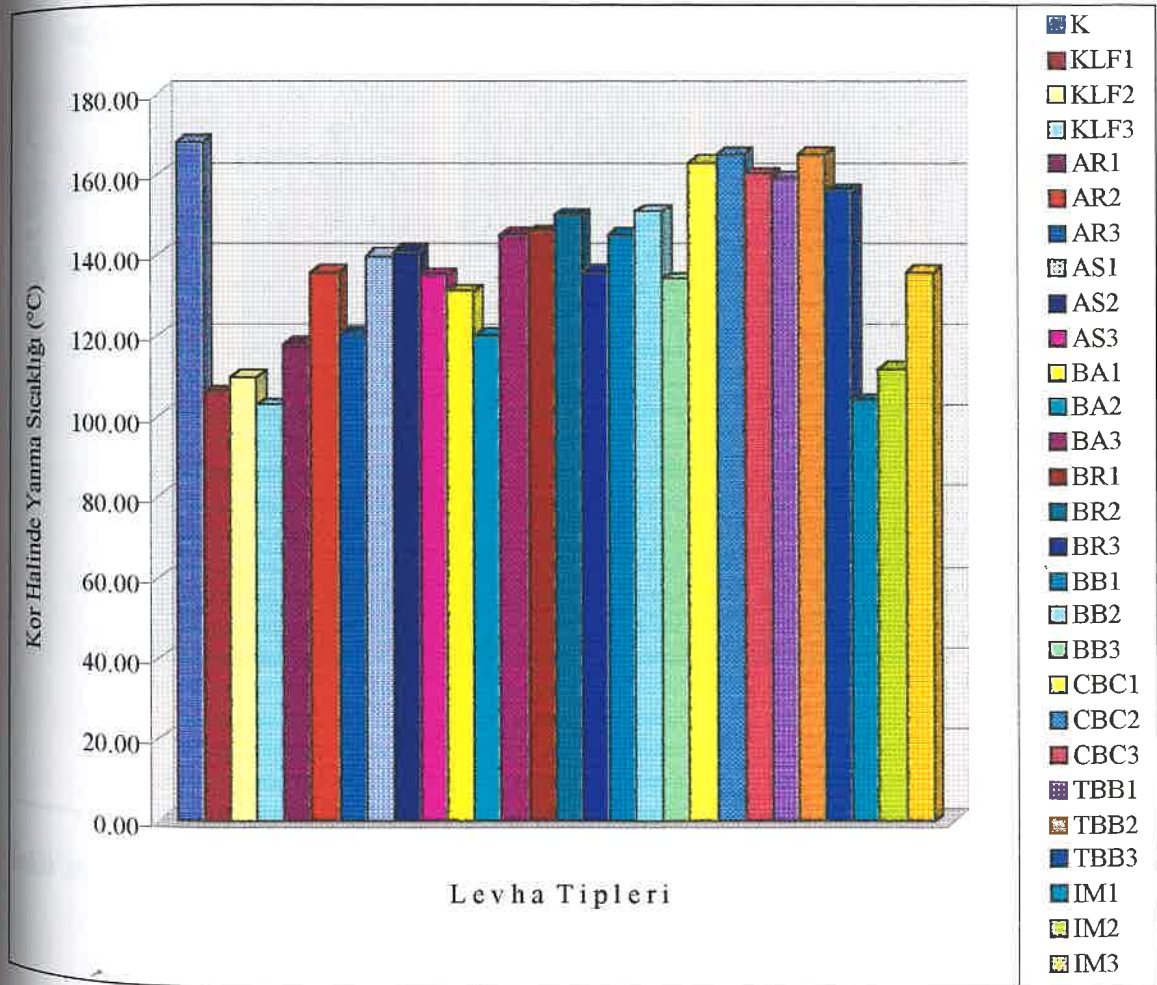
Levhaların alev kaynaksız alevli yanma sıcaklıkları literatür ile karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu gözlenmiştir. Zira, deneme levhalarının alev kaynaksız alevli yanma sıcaklıkları 293 - 460 °C arasında değişirken, literatürde ise, bu değer, 202 - 588 °C civarında dağılım göstermektedir (66, 111, 112).

#### 4.3.3. Kor Halinde Yanma

Emprenyeli levhaların ortalama kor halinde yanma sıcaklıkları kontrol levhasından daha az bulunmuştur (Şekil 19). Emprenyeli levhaların yanma sıcaklıklarının, emprenye maddesi kullanım oranı arttıkça azaldığı, bu azalmanın, kolofan, alkid reçinesi, amonyum sülfat ve boraks ile üretilen levhalarda anlamlı, fakat borik asit, borik asit / boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC / borik asit / boraks ve immersol-WR 2000'li levhalarda ise önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 42). Buna göre, emprenyeli levhaların kor halinde yanma mukavemetlerinin iyileştiği söylenebilir. Bu sonuç, kor halinde yanmada, emprenyeli levhaların yanma sıcaklıklarının kontrol levhasından daha düşük çıkmasından anlaşılmıştır. Zira, yanma sıcaklığının düşük olması, yanmanın engellendiğini, dolayısı ile, yanmaya karşı bir mukavemet gösterildiğini ortaya koymaktadır.

Levhaların kor halinde yanma mukavemetlerinin artmasının nedeni; emprenye maddeleri, yüksek sıcaklık ve basınç altında tutkal ve sertleştirici ile reaksiyona girdikleri için, hücre lümenlerinde yanmayı engelleyen inorganik madde veya maddelerin bulunması olabilir. Bu durum, yanma sırasında, yanan örneklerde çitirtılı yanma olması ve sıcaklığı zamanla azalmasından anlaşılmıştır. Zira, çitirtılı yanmanın meydana gelmesi, yanmayı önleyici maddelerin bulunduğunu gösterdiği bildirilmektedir (5, 111).

Kor halinde yanma sıcaklıkları literatür ile karşılaştırılmış ve uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Zira, deneme levhalarında 103 - 165 °C arasında bulunan kor halinde yanma sıcaklıkları, literatüre göre 50 - 375 °C arasında değişen sonuçlar içerisinde kalmaktadır (66, 111, 112).

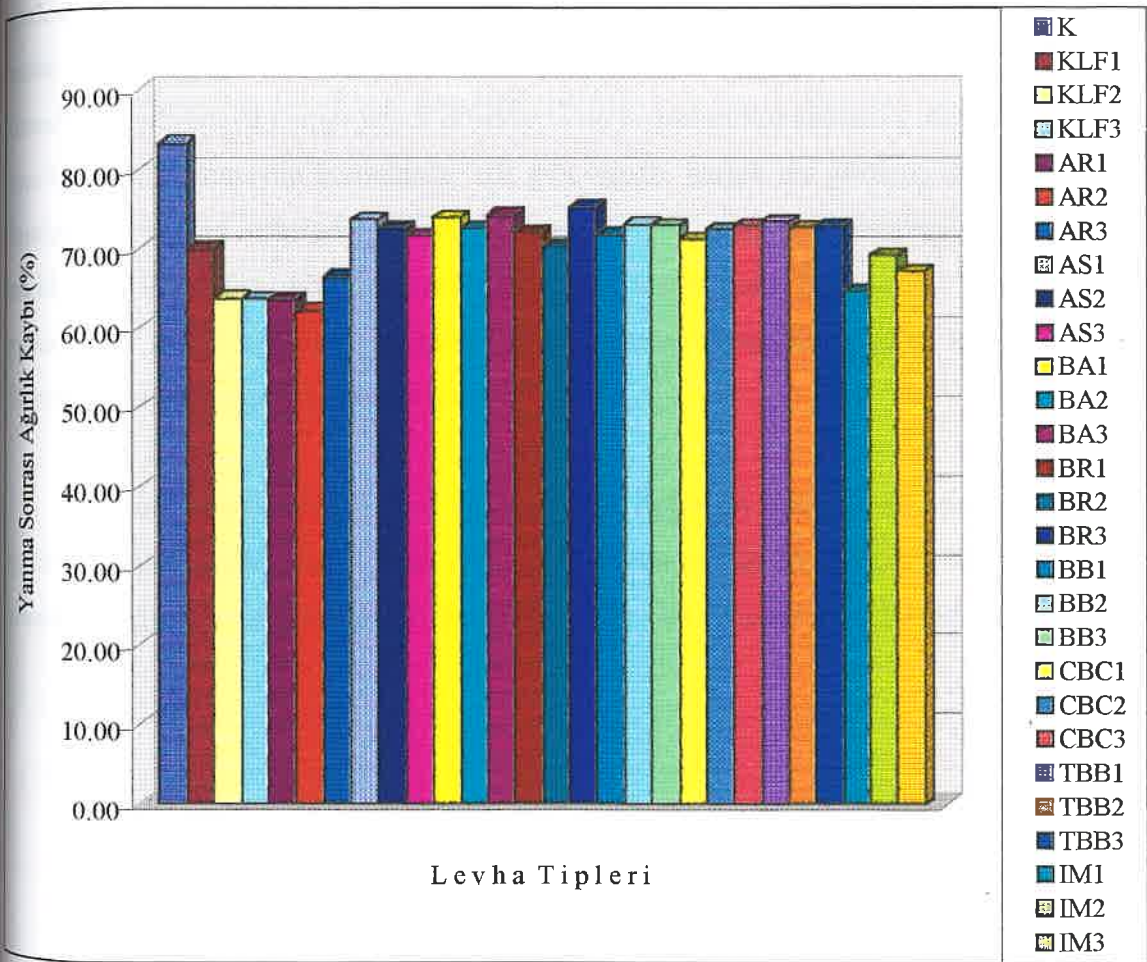


Şekil 19. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın kor halinde yanma sıcaklığı üzerine etkileri.



#### 4.3.4. Yanma Sonrası Ağırlık Kaybı

Emprenyeli levhalarda emprenyesiz levhalardan daha az ağırlık kaybı olduğu belirlenmiştir (Şekil 20). Emprenye maddesi kullanım miktarı arttıkça yongalevhanın yanma sonrası ağırlık kaybının azaldığı, bu azalışın, kolofan, alkid reçinesi ve amonyum sülfat ile üretilen levhalarda anlamlı, fakat borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC / borik asit / boraks ve immersol-WR 2000 ile üretilen levhalarda ise önemsiz olduğu görülmüştür (Tablo 46). Buna göre, yanma sonrası ağırlık kaybının, emprenyeli yongalevhalarda emprenyesiz levhalardan daha az olduğu söylenebilir.



Şekil 20. Emprenye maddesi kullanım oranlarının yongalevhanın yanma sonrası ağırlık kaybı üzerine etkileri.

Yanma sonrası ağırlık kaybının azalması, yanma esnasında ve sonunda, emprenyeli levhalardan dökülen kül, kömür vb maddelerden oluşan yığın kontrol levhasından daha az olduğunu, dolayısı ile, emprenyeli levhaların daha az yandığını ortaya koymaktadır.

Bunun nedeni, emprenye maddelerinin, yanma sırasında, yanmayı engelleyici madde veya maddeler oluşturmak suretiyle yanmaya karşı koruyucu bir etki göstermeleri olabilir. Zira, emprenyeli malzemede, son ağırlık kaybı ile emprenye maddesinin koruyucu etkisi arasında ters bir bağlantı bulunduğu, yani; ağırlık kaybının azalması koruyucu etkinin arttığını, kaybın artması ise bu etkinin azaldığını ortaya koyduğu belirtilmektedir (5).

Genel olarak, yanma esnasında çıkan duman yoğunluğunun, emprenyeli levhalarda emprenyesiz levhalardan daha az olduğu, deneyin sonunda ise fiziki görünüşün, emprenyelilerde çoğunlukla muhafaza edildiği ve kontrol levhasından daha iyi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, emprenyeli levhalar için, deney sonunda, 24 adet örnekten 8 - 10 tanesi dışında diğerleri yıkılmamış, fakat kontrol örnekleri ise tamamen yıkılmıştır. Genellikle, yıkılmayan emprenyeli örneklerin uç kısımları kömürleşmiş, diğer kısımları ise yanmamıştır. Yanmayan kısımlarda, zift gibi, siyah, parlak bir görünüş ortaya çıkmıştır. Bunlar da, yanma sırasında, emprenye maddelerinin, yanmayı engelleyen madde veya maddeler çıkardığını göstermektedir. Bu da, emprenyeli levhaların, yanmaya karşı mukavemet göstererek daha az yandığını ve yanma ile meydana gelen ağırlık kaybının daha az olduğunu ortaya koymaktadır.

Yanma sonrası elde edilen ağırlık kaybı değerleri literatür ile karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu gözlenmiştir. Zira, deneme levhalarının ağırlık kayıpları % 62.25 - 73.76 arasında dağılırken, literatürde ise, bu değer, % 25 - 94 civarında kalmaktadır (111).

## 5. SONUÇLAR

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar, araştırma için öngörülen her bir özelliğe göre, aşağıda verilmiştir. Ayrıca, bu sonuçlar, Tablo 47’de toplu olarak da gösterilmiştir.

### Fiziksel zellikler

#### Yoğunluk

- Bütün levha grupları, birbirine oldukça yakın yoğunluk değeri vermiştir. ngrlen ve elde edilen yoğunluklar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Bu durum, dozajlama ve sermenin homojen olduğu anlamına gelebilir.
- Emprenyeli levhaların yoğunlukları, emprenyesiz levhadan daha fazla bulunmuştur. En yüksek yoğunluk, kolofan, tanalith-CBC / borik asit / boraks ve immersol-WR 2000 ile emprenyeli levhalarda, en düşük ise, borik asit / boraks ve tanalith-CBC ile emprenyeli levhalarda elde edilmiştir.
- Yoğunluk zerine, kolofan, alkid reçinesi, amonyum sülfat, borik asit, boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC / borik asit / boraks ve immersol-WR 2000’in etkileri anlamlı, fakat borik asit / boraks karışımının etkisi önemsiz bulunmuştur.
- Katı emprenye maddesi miktarı arttığa, deneme levhalarının yoğunluğu, kontrol levhasına göre, % 1.43 - 7.14 arasında değişen oranlarda artmıştır. Yoğunluktaki bu artış, emprenye maddelerinin, birim hacimdeki yongaların ağırlıklarını artırmalarından kaynaklanmış olabilir (13).
- Emprenye maddelerinin yoğunluğu arttırıcı yöndeki etkinlikleri bakımdan en uygun levhaların, KLF<sub>3</sub>, AR<sub>3</sub>, TBB<sub>3</sub> ve IM<sub>3</sub> tipi levhalar olduğu söylenebilir.

## Rutubet Miktarı

- Levhaların denge rutubeti miktarları % 8.02 – 10.83 arasında değişim göstermiştir. Bu değerler, TS EN 322 ve EN 312 – 1’de verilen sınırlar içinde kaldığı gibi (87, 93), literatür sonuçlarına da uyum sağlamıştır. Ayrıca, kolofan, alkid reçinesi, amonyum sülfat ve tanalith-CBC / borik asit / boraks ile emprenyeli levhaların rutubet miktarları standarda daha uygun bulunmuştur.
- Emprenyeli levhaların denge rutubeti miktarları emprenyesiz levhalardan daha düşük çıkmıştır. Kolofan ile emprenyeli levhalar en düşük, tanalith-CBC ile emprenyeli levhalar ise, en yüksek rutubet değeri vermiştir.
- Denge rutubeti miktarı üzerine, kolofan, alkid reçinesi, amonyum sülfat, borik asit, borik asit / boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC / borik asit / boraks ve immersol-WR 2000’in etkileri önemli, fakat boraks ve tanalith-CBC’nin etkileri ise önemsiz çıkmıştır.
- Denge rutubeti miktarını azaltıcı yöndeki etkinlikleri bakımından, en uygun madde veya maddeler, kolofan ve alkid reçinesi olabilir.
- Emprenye maddesi kullanım miktarı arttıkça, deneme levhalarının denge rutubeti, kontrol levhasına göre, % 0.64 - 26.22 arasında değişen miktarlarda azalmıştır. Rutubetteki bu azalma, emprenye maddelerinin, yongalevhanın rutubetini azaltıcı yönde bir etki yaptıklarını göstermektedir.
- Kolofan, alkid reçinesi ve immersol-WR 2000’li levhalarda rutubet miktarının azalması, bu maddeler, hücre lümenlerini tıkayıp çeperlerini kapladıkları için, levhada rutubete karşı koruyucu bir tabaka oluşmasından kaynaklanmış olabilir (80 – 82).
- Amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks ile emprenyeli levhalarda Rutubet miktarının azalması ise, bu maddeler, yoğunluğu artırıp geçirgenliği azalttıkları için, levhada rutubet difüzyonun zorlaşmış olmasından ileri gelebilir (8, 92).

### Su Alma Miktarı

- Levhaların su alma miktarı, suda bekletme süresi uzadıkça artmıştır. Bekletme süresi uzadıkça artış oranı azalmış ve su girişini engelleyici etkiler azalmıştır.
- Levhaların aldığı su miktarı, 2 saat için % 52.79 – 70.12, 24 saat için % 65.30 - 79.33 ve 48 saat için % 75.21 - 86.83 arasında bulunmuştur. Bu değerler, literatür sonuçlarına yakındır. 48 saat için bulunan değerler ise, literatürden daha yüksektir. Bu fark, levha üretim şartlarından kaynaklanmış olabilir.
- Levhanın su alma miktarı üzerine, emprenye maddesi kullanım oranı ve suda bekletme süresinin etkileri önemli, bu iki faktörün karşılıklı etkileri ise önemsiz çıkmıştır.
- Su girişini azaltıcı etkileri bakımından, kolofan ile alkid reçinesinin, en uygun emprenye maddeleri olduğu söylenebilir.
- Kolofan ve alkid reçinesi miktarı arttıkça, levhanın aldığı su miktarı, 2 saat için % 8.34 – 15.79, 24 saat için % 0.23 – 7.57 ve 48 saat için % 1.81 – 8.05 arasında azalmıştır. Bunun nedeni, kolofan ve alkid reçinesi, hücre boşluklarına dolarak suya karşı koruyucu bir tabaka oluşturduklarından, levhada porozite azalıp su difüzyonu zorlaştığı için, suyun levhaya girişinin engellenmesi olabilir (30, 80, 82).
- Amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks miktarı arttıkça, levhanın su alma oranı, 2 saat için % 0.46 – 11.85, 24 saat için % 0.38 – 12.29 ve 48 saat için % 0.15 – 7.41 arasında artmıştır. Bunun nedeni, bu maddeler zamanla suda çözündükleri için, yongalar ıslanarak levha geçirgenliği arttığından dolayı, suyun levhaya daha kolay girmesi olabilir (8, 92, 94).
- Immersol-WR 2000 için ise, kullanım miktarı arttıkça, levhanın su alma oranı, 2 saat için % 1.07 – 8.55 azalırken, 24 saat için % 3.55 – 4.64 ve 48 saat için % 0.16 – 1.28 artmıştır. 2 saat için, su alma miktarındaki azalma, immersol-WR 2000'deki su itici maddelerin, suyun levhaya girişini zorlaştırmasından kaynaklanmış olabilir. Suda bekletme süresi uzadıkça su alma miktarındaki artışın nedeni ise, su iticiler, uzun süreli bir etkiye sahip olmadıkları için, zamanla etkilerinin azalıp kaybolması olabilir.



### Kalınlık Artışı

- Kalınlık artışı suda bekletme süresine bağlı olarak artmıştır. Bekletme süresi uzadıkça artış oranı yavaşlamış ve kalınlık artışını önleyici etkiler azalmıştır.
- Levhaların kalınlık artışı değerleri, 2 saat suda bekletme için % 10.24 - 17.72, 24 saat suda bekletme için % 16.22 - 25.13 ve 48 saat suda bekletme için % 19.18 - 29.29 arasında bulunmuştur. Bu değerler literatürde verilen sonuçlar ile uyumlu çıkmıştır.
- 2 ve 24 saat suda bekletme için, genel olarak, levhaların kalınlık artışı değerleri, TS 1617, EN 317, TS 4616, TS EN 312 - 4 ve 6'ya göre yüksek ise de, bu değer, kolofan ve alkid reçinesi ile emprenyeli levhalarda standarda yakın bulunmuştur (97 - 101).
- Levhaların kalınlık artışının standard değerden yüksek çıkmasının nedeni, üretimin laboratuvar ortamında yapılması olabilir. Zira, fabrikasyon üretiminde yongaların kurutulma sıcaklıkları (200 - 300 °C) ve preslenme şartları laboratuvar koşullarından yüksek olduğu için yongalevhalarda geriye yayılma, buna bağlı olarak da, su alma ve kalınlık artışı oranlarında bir azalma beklenebilir (9).
- Bütün süreler için, kalınlık artışı, kontrol levhasına göre, kolofan ve alkid reçinesi ile emprenyeli levhalarda daha düşük, amonyum sülfat, borik asit, boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC ve tanalith-CBC / borik asit / boraks ile emprenyeli levhalarda daha yüksek bulunmuştur. Immersol-WR 2000'ile emprenyeli levhaların kalınlık artışı ise 2 saat için daha az, diğer süreler için daha fazla elde edilmiştir.
- Emprenye maddesi kullanım miktarı ve suda bekletme süresinin, yongalevhanın kalınlık artışı üzerine etkileri önemli, bu iki faktörün karşılıklı etkileri ise önemsizdir.
- Kalınlık artışını azaltıcı yöndeki etkinlikleri bakımından, en uygun madde veya maddelerin kolofan ve alkid reçinesi olduğu söylenebilir.

- Kolofan ve alkid reçinesi miktarı arttıkça, levhanın kalınlık artışı, 2 saat için % 12.05 - 32.10, 24 saat için % 2.76 - 30.03 ve 48 saat için % 4.35 - 23.43 azalmıştır. Bu azalmanın nedeni, kolofan ve alkid reçinesi, yonga yüzeylerini kaplamak ve hücre boşluklarını doldurmak suretiyle suya karşı koruyucu bir tabaka oluşturduklarından, suyun levhaya girişinin engellenmesi olabilir (30, 80, 82).
- Amonyum sülfat, borik asit, boraks, tanalith-CBC, borik asit / boraks ve tanalith-CBC / borik asit / boraks miktarı arttıkça, levhanın kalınlık artışı, 2 saat için % 1.46 - 16.31, 24 saat için % 0.44 - 23.14 ve 48 saat için % 0.76 -16.93 arasında artmıştır. Bu artışın nedeni, bu maddeler zamanla suda çözündükleri için, yongalar ıslanarak levha geçirgenliği arttığından dolayı, suyun levhaya daha kolay girmesi olabilir (8, 92, 94).
- Immersol-WR 2000 miktarı arttıkça, levhanın kalınlık artışı, 2 saat için % 1.19 - 6.83 azalmış, fakat 24 saat için % 4.16 - 15.04 ve 48 saat için % 4.63 - 12.69 artmıştır. 2 saat için, kalınlık artışındaki azalmanın nedeni, bu maddedeki su iticilerin, suyun levhaya girişini engellemesi olabilir. Suda bekletme süresi uzadıkça kalınlık artışındaki yükselmenin nedeni ise, su iticiler, uzun süreli bir etkiye sahip olmadıkları için, zamanla etkilerinin azalıp kaybolması olabilir.

## Mekanik Özellikler

### Eğilme Direnci

- En yüksek eğilme direnci, amonyum sülfat ile emprenyeli levhalarda, en düşük ise immersol-WR 2000 ile emprenyeli levhalarda elde edilmiştir. Bütün levhaların eğilme direnci, kontrol levhasından daha yüksek bulunmuştur.
- Levhaların eğilme direnci değerleri, 124.92 – 166.15 kgf/cm<sup>2</sup> arasında dağılım göstermiştir. Bu değerler, TS EN 312 – 2 ve 3'den iyi (105, 106), TS EN 312 – 4 ve 6'ya yakın (100, 101), TS EN 312 – 5 ve 7'den düşük çıkmıştır (107, 108). Ayrıca, bu sonuçlar literatür ile de uyumlu bulunmuştur.

- Eğilme direnci üzerine; alkid reçinesi, amonyum sülfat, borik asit, boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC / borik asit / boraks ve immersol-WR 2000'in etkileri önemli, kolofan ve borik asit / boraks maddelerinin etkileri ise önemsiz bulunmuştur.
- Emprenye maddelerinin kullanım miktarı arttıkça yongalevhanın eğilme direnci, kontrol levhasına göre, % 2.01 – 34.93 arasında değişen oranlarda artmıştır. Bu da, emprenye maddelerinin levhanın eğilme direncini iyileştirdiğini göstermektedir.
- Eğilme direncindeki artış, emprenye maddelerinin levha yoğunluğunu arttırmalarından ileri gelebilir. Ayrıca, bu artış, özellikle, suda çözünen emprenye maddelerinin, taslak rutubetini yükseltmesi nedeniyle plastikleşen veya yumuşayan yongaların sıcak preste daha çok sıkışmasından da kaynaklanmış olabilir (13, 103, 104).

#### **Eğilmede Elastikiyet Modülü**

- En yüksek elastikiyet değeri borik asit ile emprenyeli levhalarda, en düşük ise immersol-WR 2000 ile emprenyeli levhalarda elde edilmiştir. Genel olarak, emprenyeli levhalar, kontrol levhasından daha fazla elastikiyet modülü değeri vermiştir.
- Levhaların eğilmede elastikiyet modülleri 32989.55 – 47934.73 kgf/cm<sup>2</sup> arasında bulunmuştur. Bu değerler, TS EN 312 – 2 ve 3'den yüksek (105, 106), TS EN 312 – 4 ve 6'ya yakın (100, 102), TS EN 312 – 5 ve 7'den ise düşük çıkmıştır(107, 108)). Ayrıca, bu sonuçlar literatür ile de uyumlu bulunmuştur.
- Yongalevhanın elastikiyet modülü üzerine emprenye maddeleri etkileri önemlidir. Emprenye maddesi miktarı artıkça, levhanın elastikiyet modülü % 2.67 – 49.18 arasında artmıştır. Bu artış, emprenye maddelerinin yongalevhanın eğilmede elastikiyet modülünü iyileştirdiğini ortaya koymaktadır.
- Eğilmede elastikiyet modülünün artması, emprenye maddeleri yoğunluğu arttırmaları ve yongaları yumuşatmaları nedeniyle, levha taslağının sıcak preste daha fazla sıkışmış olmasından ileri gelebilir (13, 103, 104).

### Levha Yüzüne Dik Çekme Direnci

- Deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme dirençleri  $4.15 - 5.87 \text{ kgf/cm}^2$  arasında elde edilmiştir. Bu değerler TS 4906, TS 1617 ve EN 319'a göre daha yüksek bulunmuştur (90, 97, 109). Bu sonuçlar, literatürde verilen değerlere de yakın çıkmıştır.
- Denemelerde kullanılan emprenye maddeleri, yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direncini önemli ölçüde etkilemişlerdir.
- Emprenye maddesi kullanım miktarı arttıkça, deneme levhalarının levha yüzüne dik çekme dirençleri, % 0.50 - 42.13 arasında artmıştır. Bu da, emprenye maddelerinin yongalevhanın levha yüzüne dik çekme direncini iyileştirdiğini göstermektedir.
- Levha yüzüne dik çekme direncindeki artışın nedeni, emprenye maddelerinin levha yoğunluğunu yükseltmeleri ve emprenye çözeltilerinin yumuşattığı yongaların daha fazla tutkal maddesi absorbe etmeleri olabilir (103, 104).

### Yanma Mukavemeti

- Denemelerde kullanılan emprenye maddeleri, levhaların yanmasını önleyememiş, fakat tutuşmayı geciktirip ateşin daha fazla yayılmasını engelleyebilmişlerdir.
- Levhaların yanma sıcaklıkları, alev kaynaklı yanma için  $504 - 593 \text{ }^\circ\text{C}$ , alev kaynaklı alevli yanma için  $293 - 460 \text{ }^\circ\text{C}$  ve kor halinde yanma için  $103 - 165 \text{ }^\circ\text{C}$  arasında değişmiş, yanma sonucu ağırlık kayıpları ise % 62.25 - 75.33 arasında bulunmuştur. Bu değerler, literatür sonuçları ile uyum sağlamıştır.
- Alev kaynaklı yanma sıcaklığı üzerine borik asit / boraks dışında diğer maddelerin, alev kaynaklı alevli yanma sıcaklığı üzerine amonyum sülfatın, kor halinde yanma sıcaklığı üzerine boraks, borik asit / boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC / borik asit / boraksın ve ağırlık kaybı üzerine ise amonyum sülfat, borik asit, borik asit / boraks, tanalith-CBC, tanalith-CBC / borik asit / boraksın etkileri önemsiz bulunmuştur. .

- Alev kaynaklı yanmada, boraks ile emprenyeli levhaların yanma sıcaklıkları, borik asit ile emprenyeli levhalardan daha az çıkmıştır. Borik asit / boraks ile emprenyeli levhaların yanma sıcaklıkları boraks ile emprenyeli levhalardan daha yüksek, borik asit ile emprenyeli levhalardan ise daha düşük bulunmuştur. Bu da, yanma sıcaklığı düşük madde, yanma sıcaklığı yüksek madde ile karışık kullanılırsa, yanma sıcaklığı yüksek olan maddenin yanmayı önleyici etkisinin arttığını ortaya koymaktadır.
- Levhalara yüklenen katı emprenye maddesi miktarı arttıkça, levhanın alev kaynaklı ve alev kaynaksız alevli yanma sıcaklıkları ile yanma sonrası ağırlık kayıpları azalmıştır. Bu azalma, alev kaynaklı yanma için % 5.42 - 21.37, alev kaynaksız alevli yanma için % 3.16 - 38.19, kor halinde yanma için % 2.0 - 38.69 ve ağırlık kaybı için ise % 9.59 - 25.29 arasında gerçekleşmiştir.
- Yanma sıcaklıkları ve ağırlık kayıplarındaki azalmalar, denemelerde kullanılan emprenye maddelerinin yanmayı önleyici etki yaptıklarını, dolayısı ile, yongalevhanın yanma mukavemetinin iyileştiğini göstermektedir.
- Yongalevhanın yanma mukavemetindeki bu iyileşme, emprenye maddelerinin, tutkal ve / veya sertleştirici ile reaksiyona girerek yoğunluğu artırmaları, yanma sırasında hemen tutuşup alevlenmeyi geciktiren asitli gazlar veya eriyikler çıkarmaları ya da yüzeyde kömür tabakası oluşturmalarından, dolayısı ile, yongalevhada yanmaya karşı koruyucu bir tabaka meydana getirmelerinden kaynaklanmış olabilir (5, 15, 23).

Tablo 47. Deneme levhalarından elde edilen fiziksel ve mekanik özellikler ile yama sıcaklıkları ve yama sonrası ağırlık kaybına ilişkin toplu sonuçlar.

Levha tipi	Fiziksel Özellikler						Mekanik Özellikler (kgf/cm <sup>2</sup> )			Yama Sıcaklıkları (°C)			Yama sonrası ağırlık kaybı (%)								
	Değer	SD/LD	Rutubet (%)	Su alma miktarı (%)		Kalmık artışı (%)	Eğilme direnci	Eğilmede elastiklik modülü	Levha yüzüne dik çekme direnci	Alev kaynaklı yama	Alev kaynaklı alevli yama	Kor halinde yama									
				2	24									48							
K	0.70																				
KL <sub>F1</sub>	0.73																				
KL <sub>F2</sub>	0.74																				
KL <sub>F3</sub>	0.75																				
AR <sub>1</sub>	0.72																				
AR <sub>2</sub>	0.74																				
AR <sub>3</sub>	0.75																				
AS <sub>1</sub>	0.72																				
AS <sub>2</sub>	0.73																				
AS <sub>3</sub>	0.74																				
BA <sub>1</sub>	0.72																				
BA <sub>2</sub>	0.74																				
BA <sub>3</sub>	0.71																				
BR <sub>1</sub>	0.74																				
BR <sub>2</sub>	0.71																				
BR <sub>3</sub>	0.73																				
BB <sub>1</sub>	0.72																				
BB <sub>2</sub>	0.73																				
BB <sub>3</sub>	0.71																				
CBC <sub>1</sub>	0.71																				
CBC <sub>2</sub>	0.72																				
CBC <sub>3</sub>	0.73																				
TBB <sub>1</sub>	0.73																				
TBB <sub>2</sub>	0.74																				
TBB <sub>3</sub>	0.75																				
DM <sub>1</sub>	0.73																				
DM <sub>2</sub>	0.74																				
DM <sub>3</sub>	0.75																				
TS EN 323 ve EN 323'de 0.45 - 0.75 g/cm <sup>3</sup> , Literatürde 0.55 - 0.75 g/cm <sup>3</sup>																					
TS 1617 ve EN 312-1'de % 9 + 4, Literatürde % 9.04 - % 10.57																					
Standardlarda verilmemiştir. Literatürde % 46.57 - % 60.16																					
Standardlarda verilmemiştir. Literatürde % 55.36 - % 75.13																					
Standardlarda verilmemiştir. Literatürde % 58.83 - % 79.78																					
TS EN 317, EN 317 ve TS 4616'da % 10 ± 2, Literatürde % 11.50 - % 29.29																					
TS 1617, EN 312-4 ve EN 312-6'de % 14 - 16, Literatürde % 17.10 - % 40.33																					
Standardlarda verilmemiştir. Literatürde % 18.20 - % 41.65																					
TS 1617 ve EN 312-3,-4,-6'da 130-180 kgf/cm <sup>2</sup> , Literatürde 113-227 kgf/cm <sup>2</sup>																					
EN 312-3,-4,-6'da 16000 - 30000 kgf/cm <sup>2</sup> , Literatürde 20096 - 53430 kgf/cm <sup>2</sup>																					
TS 1617'de 3.5 kgf/cm <sup>2</sup> , Literatürde 3.72 - 9.88 kgf/cm <sup>2</sup>																					
Standardlarda verilmemiştir. Literatürde 488 °C - 756 °C																					
Standardlarda verilmemiştir. Literatürde 202 °C - 588 °C																					
Standardlarda verilmemiştir. Literatürde 95 °C - 306 °C																					
Standardlarda verilmemiştir. Literatürde % 25 - % 94																					

## 6. ÖNERİLER

- Bu çalışmada, yongaların emprenyesi tutkallama makinasında gerçekleştirildiğinden, üretim teknolojisi de dahil, bütün makina ve ekipmanlarda herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Bu nedenle, endüstriyel uygulamalarda, emprenyeli odun yongalarından levha üretebilmek için ek yatırım yükünün bulunmadığı söylenebilir. Ancak, böyle bir üretimin, zaman ve maliyet bakımından ekonomikliğı araştırılmalıdır.
- Yongalevhanın teknolojik özellikleri için çok önemli olan yoğunluğun, levha içinde ve levhalar arasında ortalama değerden sapmasını azaltabilmek için tutkallama, serme ve dozajlama işlemleri hatasız yapıp sürekli kontrol edilmelidir (8, 9, 113).
- Emprenyeli yongalardan üretilen yongalevhalarda, elektrik, hava / gaz, ısı ve ses izolasyonu özellikleri araştırılmalıdır. Bu bakımdan, masif ağaç malzemeler ile karşılaştırma yapılmalıdır.
- Genellikle, yongalevhalar mobilya üretiminde değerlendirilmektedir. Bu nedenle, emprenyeli levhaların yüzey kalitesi, makinalar ile işlenme, tutkallanma, çivi veya vida tutma gibi özellikleri teste tabi tutulmalıdır.
- Emprenyeli yongalevhalarda, boyama, vernikleme gibi yüzey işlemlerinin yapılabilirliğı yanında, dekoratif yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanabilirlikleri de incelenmelidir.
- Yongalevhalarda rutubet / su alma miktarı ve kalınlık artışını azaltmak için, üretimde, kolofan ve alkid reçinesi gibi su iticilerin veya immersol-WR gibi formülasyonunda su iticilerin bulunduğu emprenye maddelerinin kullanım miktarı artırılmalıdır.
- Üretimde, suda çözünen emprenye maddelerinin kullanım miktarının artması ile yongalevhaların rutubet ve su alma miktarı ile kalınlık artışları yükselebilir. Bunu önlemek için, levhaların yüzey ve kenarları su / rutubete dirençli madde veya malzemeler ile kaplanmalıdır.
- Üretimde, kolofan ve alkid reçinesi kullanıldığında, yongalevhaların su alma miktarı ile kalınlık artışlarında, kontrol levhasına göre, belirgin bir azalma, diğer maddelerde

ise belirgin bir artış olmuştur. Bu nedenle, kolofan ve alkid reçinesi ile emprenyeli yongalevhalar rutubetli kapalı mekanlarda kullanılabilir.

- Emprenyeli levhalar, kuru şartlarda genel amaçlı ve kapalı ortamlarda, mobilya dahil, kullanılabilir, kaplama levhalar ile kaplanmak suretiyle kuru şartlarda yük ve ağır yük taşıyıcı olarak da değerlendirilebilir, fakat nemli şartlarda yük ve ağır yük taşımak için uygun değildir.
- Yanma mukavemeti düşük bir emprenye maddesi, yanma mukavemeti yüksek başka bir emprenye maddesi ile karışık veya ardışık kullanıldığı takdirde, yanma mukavemeti düşük maddenin yanmayı engelleyici etkisi artabilir.
- Yanmayı önleyici maddeler ile emprenyeli yongalevhalar rutubetli ortamlarda depolanmamalıdır. Zira, bu maddeler, su / rutubete karşı duyarlı oldukları için, levhaların teknolojik özellikleri olumsuz yönde etkilenebilir.
- Yongalevhaların yanma mukavemetini iyileştirmek için, amonyum sülfat, borik asit, boraks veya bunların farklı karışımlarının kullanım miktarları artırılmalıdır. Bu maddeler ile emprenyeli yongalevhaların, yangın riski yüksek olan yerlerde kullanılması daha uygun olabilir.
- Tanalith-CBC ve Immersol-WR 2000 ile emprenyeli levhalar, prefabrik evler, dış kapı ve pencere gibi, mantar, böcek ve termit tahribatına maruz kalabilecek kullanım yerlerinde değerlendirilebilir.
- Genel olarak, iç mekanlarda kullanılan yongalevhaların, dış mekanlarda da değerlendirilebilmesi için, dış hava şartlarına dayanıklı ve dış cephe kaplamalarına uygun emprenyeli yongalevha üretimine ağırlık verilmelidir.
- Yapılacak yeni çalışmalarda, daldırma ve batırma gibi, farklı emprenye yöntemleri uygulanarak, tutkal çözeltilisine emprenye maddesi ilave edilerek emprenye edilen yongalar veya kullanımı sona ermiş tel direği, çit kazığı ve tomruk evler gibi emprenyeli masif ağaç malzeme yongaları kullanılarak ya da levhalar tamamen emprenye edilerek emprenyeli levhalar üretilip teknolojik özellikleri test edilmelidir.



## 7. KAYNAKLAR

1. TS 344, Ahşap Koruma Genel Kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1981
2. DPT, VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Orman Ürünleri Sanayii, Yayın No: DPT: 2376 – ÖİK: 445, Ankara, 1995.
3. BERKEL, A., Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 1745 / 183, İstanbul, 1972.
4. ÇETİN, Y., Emprenyenin Önemi ve Ekonomik Analizi, Ahşap Malzemenin Korunması, Semineri, MPM Yayınları No: 338, Ankara, 1985, 20 - 29.
5. BOZKURT, Y.; GÖKER, Y.; ERDİN, N., Emprenye Tekniği, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3779 / 425, İstanbul, 1993.
6. BOZKURT, Y.; ERDİN, N., Ağaç Malzemenin Korunması ve Önemi, Ahşap Malzemenin Korunması Semineri, MPM Yayınları No: 338, Ankara, 1985, 6 - 19.
7. EN 309, Wood Particleboards – Definition and Classification, European Standard, Brussels, 1992.
8. ÖZEN, R., Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 30, Trabzon, 1980.
9. KALAYCIOĞLU, H., Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait) Odunlarının Yongalevha Üretiminde Kullanılması İmkanları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1991.
10. BS 5669, Wood Chipboards and Methods of Test for Particleboards, British Standards Institution, London, 1979.
11. TS 344, Ahşap Emprenye Maddeleri, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1969.
12. ERTEN, P., Ağaç Tel Direk ve Çit Kazıklarının Pratik Yöntemlerle Emprenye Edilme Olanakları, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi No: 36, Ankara, 1980.

13. BOZKURT, Y.; ERDİN, N., Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İ. Ü. Yayınları No: 3998 / 445, İstanbul, 1997.
14. TS 1351, Lif, Yonga ve Talaş Yapımında Kullanılan Odun, Ankara, 1974.
15. BOZKURT, Y.; GÖKER, Y., Yonga Levha Endüstrisi, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 3311/ 372, İstanbul, 1985.
16. ÖKTEM, E., Orman Gülü (*Rhododendron Ponticum* L.) Odunundan Yonga Levha Yapılması Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, O.D.C. 812, 862, 865.1, Ankara, 1979.
17. KARCALIOĞLU, T., Ormangülü Odunlarının Bazı Özellikleri İle Bu Odunların Yongalevha Yapımında Kullanılma Olanaklarının Laboravur Koşullarında Araştırılması, OEA Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 60, Ankara, 1974.
18. BAŞTÜRK, M. A., Boylu Ardıç Odunlarının Yongalevha Üretimine Uygunluğu Üzerine Araştırmalar, İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 43, 2 (1993).
19. FREEMAN, H. A., Relation Between Physical and Chemical Properties of Wood Adhesion, Forest Products Journal, 9, 12 (1959), 451 – 458.
20. TUSTIN, J. R., The Significance of the Wood Particle Board Industries to Other Manegement, University of Oxford, Common Wealth Forest Institute, No: 28, (1968), 2.
21. TURREDA, L. D., Bagasse, Wood and Wood – Bagasse Particle Boards Bonded with Urea Formaldehyde and Polyvinil Acetate / Isocyanate Adhesives, Techonology Journal, 8, 3 (1983), 66 – 78.
22. ÖRS, Y.; KALAYCIOĞLU, H., Çay Fabrikası Artıklarının Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi, Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 15, 4 (1991), 968 – 974.
23. HUŞ, S., Ağaç Malzeme Tutkalları, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları No: 2337 / 242, Kurtuluş Matbaası, İstanbul, 1977.
24. KALAYCIOĞLU, H., Amonyum Ligno Sülfat ve Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilen Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1987.

25. GÖKER, Y., Türkiye'de Kontrplak, Kontrtable ve Yonga Levha Sanayii Gelişme Olanakları, Bu Malzemelerin Teknolojik Özellikleri Hakkında Araştırmalar, İ. Ü. Yayınları No: 2489/267, İstanbul., (1978), 75.
26. BOZKURT, A. Y., Çimentolu Yongalevhalar, İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 32, 2 (1982), 30 - 34.
27. CHENG, Q. Z., A Preliminary Study on Influence of Particleboard Properties with Different Reinforcing Materials, China Wood Institute, No: 11, 3 (1997), 15 - 17.
28. KEHR, E.; SCHIILING, W., Investigation the Suitability of Various Wood Species and Assortments for Chipboard Manufacture, Holz Technology, 6, 4 (1965), 225 - 232,
29. MAKU, T.; SASAKI, H., Effect of Paraffin Emulsion on the Hygroscopic, Swelling and Mechanical Properties of Chipboard, Journal of Japanese Wood Research Society, 2, 3 (1956), 130 - 132.
30. GRIGORIOU, A.; PASSIALIS, C., Gum Rosin as Water - Repellent Additive for Particleboard, Holzforshung und Holzverwertung, 5, (1990), 93 - 94.
31. KOLLMANN, F. F. P.; et al., Principles of Wood Science and Technology, v. 2, Wood Based Materials, New York, Herdelberg, Berlin, Springer - Verlag, (1974).
32. DEPPE, H. J., Protection of Isocyanate Bound Particleboard, Holz als Ruh-und Werkstoff, 29, 27 (1987), 217 - 218.
33. AHREMOVIC, M. B.; et al., Resistance of Foreing Chipboard Treated with Boron and Other Compounds to Termite [Attack in the Philippines], Products Research Institute, No: 1964 / 63 (1963), 31 - 32.
34. KAMDEM, D. P., The Durability of Phenolic Bonded Particleboards Made of Decay Resistant, Black Lotust and Nondurable Aspen, Forest Products J., 44, 2 (1991), 65 - 68.
35. ORTIZ-CEPETES, M. K., Wood and Its Derivates in The Face of Termite Attack. Durability of Particleboards, Maderero, Santiago de Chile, No: 10 (1964), 21 - 22.
36. MEZENCEV, B. A.; et al., Some Data on Preservative Treatment of Particleboards, Nauc. Trud, Lesoteh. Akad. No: 110 (1968), 146 - 150.

37. THOMAS, N.; et al., Fungal Resistance of Particle Boards Made from Various Types of Acetylated Chips, Holzforschung, 42, 2 (1988), 23 – 126.
38. BECKER, G., Test on the Wood Chipboards with *Hylotrupes bajulus* Larvae and Termites, Material und Organismen, No: 2 (1969), 27 – 41.
39. WHITE, M. G., The Resistance of Chipboard to Attack by Wood - Boring Insects, Material und Organismen, No: 2 (1969), 43 – 48.
40. ORLANDI, E.; et al., Laboratory Tests on Resistance of Particle and Wood - Woolboard to the Most Common Wood-Destroying Fungi Under Italian Conditions, Material und Organismen, No: 2 (1969), 69 – 71.
41. HAYGREEN, J. C.; GERTJEJANSEN, R. O., Improving the Properties of Particleboard by Treating the Particles with Phenolic Impregnating Resin, Wood and Fiber Science, 3, (1971), 95 – 105.
42. KOUKAL, M., Preservative of Wood-Based Materials, Material und Organismen, No: 2 (1969), 81 – 90.
43. URBANIK, E., Investigations on the Preservation of Particleboard and Fibreboard Against Fungi and Insects, Material und Organismen, No: 2 (1969), 95 – 102.
44. DEPPE, H. J.; et al., Production and Testing of Preserved Wood Chipboards, Material und Organismen, No: 2 (1969), 123 – 136.
45. SMOLIN, V. J., The Resistance of Particleboards Coated with Polystyrene / Furfural to Attack by Biological Agencies, Research Institute, No: 19, 2 (1970), 8 – 9.
46. NUSSER, H.; et al., Resistance of Some Types of Particleboard and Fibreboard to Fungi, Holzforschung und Holzverwertung, 22, 2 (1970), 24 – 40.
47. FUJIMOTO, H.; et al., The Protection of Antiswelling Particleboard, Treatment with Maleic Acid / Glycerol Mixture, Mokuzai Gakkashi, 33, 37 (1987), 610 – 612.
48. FUJIMOTO, H.; et al., The Protection of Antiswelling Particleboard: I. Treatment with Maleic Acid and Glycerol Mixture, Mokuzai Gakkashi, 34, 11 (1988), 904 – 909.

49. MALLARI, V. C.; et al., Biodegradation of Particleboard: I. Decay Resistance of Chemically - Modified Wood and Qualities of Particleboard, Mokuzai Gakkashi, 35, 9 (1989), 832 - 838.
50. FUJIMOTO, H.; et al., Dimensional Stability of Maleic Acid-Glycerol (MG) Treated Particleboard. Effects of MG Contents and Hot-Press Temperature, Mokuzai Gakkashi, 37, 5 (1991), 456 - 461.
51. HASHIM, R.; et al., The Mechanical Properties of Boards Treated with Vapor Boron, Forest Products Journal, 44, 10 (1994), 73 - 79.
52. KEHR, E., Studies on the Suitability of Various Species and Categories of Wood Particle Board Manufacture. 3. The Effect of Hardener % on the Properties of Particle Boards Made of Beech or Pine. 4. Alder. 5. Water Repellent Treatment of Boards Made of Scots pine, Beech, Alder or Birch, Holz Technology, 3, 1/2 (1962), 22 - 28, 130 - 36; 4, 1 (1963), 41 - 46.
53. ELBERT, A. A., Imparting Water Repellent to Particle Boards by Dry Spraying of [Melted] Paraffin [Wax], Research Institute, No: 12, 10 (1963), 3 - 5.
54. AHREMOVIC, M. B., SVITKIN, M. Z., The Resistance of Particle Boards to Biological [Fungal] Attack, Research Institute, No: 12, 3 (1963), 11 - 12.
55. OERTEL, J., Preservative Treatment of Wood Particleboards during Manufacture, Holz Technology, 4, 3 (1963), 234 - 238.
56. STOJCEV, A.; et al., Use of Paraffin Wax to Reduce Hygroscopicity in Particle Boards, Holz Technology, 7, 2 (1966), 89 - 92.
57. TOMEK, A., Heat Treatment of Wood Chips, a New Process for Making Particle Board Water Repellent, Holz Technology, 7, 3 (1966), 157 - 160.
58. KERNENGANG, W.; et al., The Effect of Mould Fungi on Flaxboard and Wood Particleboard, Material und Organismen, No: 3, 4 (1968), 289 - 316.
59. ROOSEN, P., The Resistance of Particleboard to Fungal Attack, Material und Organismen, No: 2, (1969), 57 - 68.
60. ŠYSKA, A. D., Exploratory Investigation of Fire - Retardant Treatment for Particleboard, Forest Serv. Res. Nota U. S. Forest Products Laboratory, No: FPL - 0201, Madison, 1969.

61. WITTMAN, O., The Manufacture of Water Repellent Particleboard, Holz Roh-und Werkstoff, 29, 7 (1971), 259 – 264.
62. ANBIN, P.; RENSHU, L.; et al., Influence of Moisture Content and Water Soaking Time of Tannin Resin Bonded Particleboard on Thickness Swelling, China Wood Institute, No: 11, 4 (1997), 12 – 17.
63. JACOB, M.; et al., Reconstituted particleboards from CCA - Trated Red Pine Utility Poles, Forest Products Journal, 48, 3 (1998), 55 – 62.
64. HALL, J. H.; et al., Preservative Treatment Effects on Mechanical and Thickness Swelling Properties of Aspen Waferboard, Forest Products Journal, 32, 11 / 12 (1982), 19 - 26.
65. KAJITA, H.; et al., Improvement of Physical and Biolojical Properites of Particleboards by Impregnation with Phenolic Resin, Wood Science and Technology, 26, (1991), 63–70.
66. FURUNO, T., et. al. Combinations of Wood and Silicate: I. Impregnation by Water Glass and Applications of Aluminum Sulfate and Calcium Cloride as Reactants, Mokuzai Gakkaishi, 37, 5 (1991), 462 – 472.
67. KAJITA, H.; et al., Durability of Particleboards by Accelerated Ageing Tests, Wood Science and Technology, 25, (1991), 239 – 246.
68. VOULGARIDIS, E., Oleoresin and Gum Rosin from *Pinus halepensis* Mill. as Basic Constituens in Water Repellent Formulation Applied to Wood, Holz als Roh-und Werkstoff, 51, (1993), 324 – 328.
69. HENRY, J.; et al., Preservative Treatment Effects on Mechanical and Thickness Swelling Properties of Aspen Waferboard, Forest Products Journal, 32, 11/12 (1982), 19 – 26.
70. LEHMANN, N. F., Resin Efficiency in Particleboard as Influenced by Density, Atomization and Resin Content, Forest Products Journal, 22, 11 (1970), 48 – 54.
71. HUBER, H. A., Preservation of Particleboard and Hardboard with Pentachlorophenol, Forest Products Journal, 8, 12 (1958), 357 – 360.
72. EHART, R. J. A.; et al., Fracture Characteristics of PARALLAM PSL in Comparison to Solid Wood Particleboard, Wood Science and Technology, 32, (1998), 43 – 55.

73. ZHANG, M.; et al., Manufacture of Wood Composites Using Lignocellulosic Materials and Their Properties, III. Properties of Bamboo Particleboards and Dimension Stability Improvement by Using a Steam – Injection Press, Mokuzai Gakkaishi, 43, 4 (1997), 318 – 326.
74. ROFFAEL, E.; DIX, B., Influence of Heartwood and The Age of Tree on The Properties of Particleboards from Pine (*Pinus sylvestris*). Part 3: Some Chemical Properties of Particleboards Made from Sap – and Heartwood of Pine, Holz als Roh-und Werkstoff, 55, 3 (1997), 153 – 157.
75. WANG, S.; PIZZI, A., Dependence of Tannin/Hexamine Particleboard Performance on Pressing Conditions, Holz als Roh- und Werkstoff, 55, 3 (1997), 174.
76. TANG, R. C.; et al., Effect of Temperature on The Creep of Commercial Oriented Strandboard Under Cyclic Relative Humidity, Forest Products Journal, 47, 7 / 8 (1997), 100 – 106.
77. DIX, B.; ROFFAEL, E., Influence of Heartwood and The Age of Tree on the Properties of Particleboards from Pine (*Pinus sylvestris*). Part 2: Physical – Technical Properties and Formaldehyde Release of Particleboards Made from Sapwood and Heartwood of Pine, Holz als Roh- und Werkstoff, 55, 2 (1997), 103 – 109.
78. HEEBINK, B. G.; et al., Treatment to Reduce Thickness Swelling of Phenolic - Bonded Particleboard, Forest Products Journal, 19, 11 (1969), 17 – 26.
79. VAR, A. A., Doğal Reçine (Kolofan) Kullanımının Ağaç Malzemenin Su İtici Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1994.
80. YILDIZ, Ü. C., Çeşitli Ağaç Türlerinde Su Alımının ve Çalışmanın Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1988.
81. VOULGARIDIS, E., Protection of Oak Wood (*Quercus conferta* Kit.) from Liquid Water Uptake with Water Repellents, Wood and Fiber Science, 20, (1980), 107 – 114.
82. VAR, A. A.; ÖKTEM, E., Reduction by Natural Resin of Water Uptake in Various Wood Species, Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 23, 4 (1999), 413 – 418.
83. VAR, A. A.; YILDIZ, Ü. C., The Reduction of Water Uptake in Wood by The Use of Some Water Repellent Formulations, XI. World Forestry Congress, Antalya, Kasım 1997, Bildiriler Kitabı, Cilt 4, 47.



84. HEMEL Empenye Sanayi ve Ticaret A. Ş. Dokümanları (Safety Data Sheet), İstanbul, 25 / 01 / 1997.
85. TS 642, Kondisyonlama ve / veya Deney için Standard Atmosferler ve Standard Referans Atmosferi, Ankara, 1968.
86. TS EN 323, Ahşap Esaslı Levhalar – Birim Hacim Ağırlık Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
87. TS EN 322, Ahşap Esaslı Levhalar – Rutubet Miktarının Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
88. ASTM – D 1037, Evaluation the Properties of Wood Base Fiber and Particle Panel Materials, ASTM, Philadelphia, 1978.
89. TS EN 310, Ahşap Esaslı Levhalar – Eğilmede Elastikiyet Modülü ve Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
90. TS 4906, Yongalevhaları – Dış Tabakanın Yüzeğe Dik Yöndeki Çekme Mukavemetinin Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
91. ASTM E 160 – 50, Combustible Properties of Treated Wood by the Crib Test, American National Standard, 1975.
92. ÖZEN, R., Kimyasal Kağıt Hamuru Atık Sularının Yongalevha Üretiminde Yapıştırıcı Madde Olarak Değerlendirilme Olanakları, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 1981.
93. EN 312 – 1, Particleboards – Specifications– Part 1: General Requirements for All Boards Types, European Standard, Brussels, 1996.
94. AU, K. C.; GERTJEJANSEN, R. O., Influence of Water Thickness and Resin Spread on the Properties of Paper Birch Wafer Board, Forest Products Journal, 39, 4 (1989), 47 - 50.
95. KALAYCIOĞLU, H., Bitkisel Atıkların Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi, ORENKO'92 Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Bildiri Metinleri, I. Cilt, 22 – 25 Eylül 1992, Trabzon, 288 – 292.
96. KALAYCIOĞLU, H.; ÖRS, Y., Sahil Çamı (*Pinus pinaster* Ait.) Odunlarından Üretilen Yongalevhaların Teknolojik Özellikleri, Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi, 17, 4 (1993), 737 – 751.

97. TS 1617, Yongalevhaları – Binada kullanılan – Yatık Yongalı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1988.
98. EN 317, Particleboards and Fibreboards – Determination of Swelling in Thickness After Immersion in Water, European Standard, Brussels, 1993.
99. TS 4616, Yongalevhaları- Kalıp Preste Biçimlendirilmiş ve Kaplanmış Elemanlar, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1988.
100. TS EN 312 – 4, Kuru Şartlarda Yük Taşıyıcı Olarak Kullanılan Yongalevhalar, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
101. TS EN 312 – 6, Kuru Şartlarda Ağır Yük Taşıyıcı Olarak Kullanılan Yongalevhalar, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
102. PU, A.; et al., Influence of Moisture Content and Water Soaking of Tannin Resin Bonded Particleboard on Thickness Swelling, China Wood Institute, No: 11, 4 (1997), 12-17.
103. HALLIGAN, A. F.; SCHIEWIND, A. P., Prediction of Particleboard Mechanical Properties at Various Moisture Content, Wood Science Technology, 8 (1974), 68 - 78.
104. AKBULUT, T., Çeşitli Faktörlerin Yatay Preslenmiş Yongalevhaların Özellikleri Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, İ. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 1996.
105. TS EN 312 – 2, Kuru Şartlarda Kullanılan Genel Amaçlı Yongalevhalar, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
106. TS EN 312 – 3, Kuru Şartlarda Kapalı Ortamlarda Kullanılan (Mobilya Dahil) Yongalevhalar, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
107. TS EN 312 – 5, Nemli Şartlarda Yük Taşıyıcı Olarak Kullanılan Yongalevhalar, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
108. TS EN 312–7, Nemli Şartlarda Ağır Yük Taşıyıcı Olarak Kullanılan Yongalevhalar, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1999.
109. EN 319, Particleboards and Fibreboards – Determination of Tensile Strength Perpendicular to The Plane of The Board, European Standard, Brussels, 1993.

110. LYNAM, F. C., Factors Influencing the Properties of Wood Chipboard in Particleboard Manufacture and Applications, Pressmedia Books Ltd, U. K., 1969.
111. YALINKILIÇ, M. K. vd., Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilmesi İmkanları, TOAG-875, TÜBİTAK-Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Projesi, Trabzon, 1994.
112. NEMLİ, G., Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yongalevhanın Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2000.
113. SCHULTE, M.; FRÜHWALD, A., Some Investigations Concerning Density Profile, Internal Bond and Relating Failure Position of Particleboard, Holz als Roh-und Werkstoff, 54, 5 (1996), 289 – 294.

## 8. EKLER

Ek Tablo 1. Deneme levhalarının yanma deneylerine ilişkin yıkılmaya zamanı ve sıcaklığı ile toplam yanma süreleri.

Levha tipi	Alev kaynaklı yanma	Alev kaynaksız alevli yanma			Kor halinde yanma		
	TYS	YBZ	YBS	TYS	YBZ	YBS	TYS
K	180	660	213	1410	**	**	270
KLF <sub>1</sub>	180	*	*	450	570	78	1380
KLF <sub>2</sub>	180	720	269	1500	**	**	300
KLF <sub>3</sub>	180	780	126	960	**	**	1440
AR <sub>1</sub>	180	*	*	360	1020	70	1440
AR <sub>2</sub>	180	900	643	1320	**	**	510
AR <sub>3</sub>	180	*	*	330	**	**	1500
AS <sub>1</sub>	180	1050	593	1500	**	**	690
AS <sub>2</sub>	180	480	209	1320	**	**	510
AS <sub>3</sub>	180	810	369	1500	**	**	1020
BA <sub>1</sub>	180	750	731	1200	**	**	1230
BA <sub>2</sub>	180	*	*	240	630	100	1560
BA <sub>3</sub>	180	780	766	1170	**	**	660
BR <sub>1</sub>	180	360	770	930	**	**	450
BR <sub>2</sub>	180	690	765	1080	**	**	480
BR <sub>3</sub>	180	1020	910	1200	**	**	1110
BB <sub>1</sub>	180	810	777	1170	**	**	750
BB <sub>2</sub>	180	720	850	990	**	**	510
BB <sub>3</sub>	180	720	821	1020	**	**	1200
CBC <sub>1</sub>	180	540	585	990	**	**	330
CBC <sub>2</sub>	180	870	912	1020	**	**	540
CBC <sub>3</sub>	180	600	554	1170	**	**	510
TBB <sub>1</sub>	180	840	678	1410	**	**	210
TBB <sub>2</sub>	180	870	748	1110	**	**	600
TBB <sub>3</sub>	180	960	765	1470	**	**	270
IM <sub>1</sub>	180	*	*	540	330	111	1770
IM <sub>2</sub>	180	*	*	330	570	98	1920
IM <sub>3</sub>	180	750	421	1740	**	**	570

TYS = Toplam yanma süresi (sn), YBZ = Yıkılmaya başlanma zamanı (sn), YBS = Yıkılmaya başlama sıcaklığı (°C), \* = Yıkılma olmamıştır, \*\* = Yıkılma olayı alevli yanmada başlamıştır.

Ek Tablo 2. Alev kaynaklı yanma deneyine ilişkin gözlemsel bulgular

Levha grubu	Levha tipi	Gözlemler
Kontrol	K	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm olmasına rağmen, duman çıkışı görülmemiştir.
Kolofan	KLF <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm'ye ulaşmıştır. Alev biraz isli çıkmıştır. Kısmen duman görülmüştür.
	KLF <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm'ye ulaşmasına rağmen, duman çıkışı görülmemiştir. Ayrıca, çıkan alev biraz isli olmuştur.
	KLF <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm'ye ulaşmasına rağmen, duman çıkmamıştır. Alev biraz isli çıkmıştır.
Alkit reçinesi	AR <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 23 cm'ye ulaşmasına rağmen, duman çıkmamıştır. Alev biraz isli çıkmıştır.
	AR <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm'ye ulaşmıştır. Alev biraz dumanlı ve isli çıkmıştır.
	AR <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 20 cm'ye çıkmıştır. Duman çıkışı olmamasına rağmen, alev biraz isli çıkmıştır.
Amonyum sülfat	AS <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 15 – 25 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	AS <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 15 – 25 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	AS <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 15 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
Borik asit	BA <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 25 cm olmuştur. Duman çıkışı görülmemiştir.
	BA <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 20 cm olmuştur. Duman çıkışı görülmemiştir.
	BA <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 20 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
Boraks	BR <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	BR <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 20 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	BR <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
Borik asit / Boraks	BB <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 20 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	BB <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 20 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	BB <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
Tanalith - CBC	CBC <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 15 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	CBC <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 15 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	CBC <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 17 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
Tanalith - CBC / Borik asit / Boraks	TBB <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alev ve duman çıkışı görülmemiştir.
	TBB <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	TBB <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 15 – 20 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
Immersol - WR 2000	IM <sub>1</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 20 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir.
	IM <sub>2</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 20 cm'ye ulaşmıştır. Alev isli çıkmıştır.
	IM <sub>3</sub>	Bacadan çıkan alevin boyu 10 – 20 cm'ye ulaşmıştır. Duman çıkışı görülmemiştir. Bacadan çıkan alev biraz isli çıkmıştır.

Ek Tablo 3. Alev kaynağısız alevli yanma deneyine ilişkin gözlemsel bulgular

Levha grubu	Levha tipi	Gözlemler
Kontrol	K	570. sn (195°C)'de tam yanma başlamıştır. Bu noktaya kadar yoğun olmayan duman çıkışı görülmüştür. Ayrıca, çitirtılı yanma olmuş ve tam yanma başladıktan sonra bacadan çıkan alev boyu 5 – 10 cm kadar olmuştur. Yıkılma 660. sn (213°C)'de başlamıştır. Yanma olayı 1410. sn (368°C)'de sona ermiş ve toplam 23 dk 30 sn devam etmiştir.
Kolofan	KLF <sub>1</sub>	90. sn (525°C)'de duman çıkışı başlamıştır. Duman beyaz renkli ve yoğundur. Alev çıkışı olmamıştır. Yanma olayı 450. sn (132°C)'de sona ermiş ve toplam 7 dk 30 sn devam etmiştir.
	KLF <sub>2</sub>	120. sn (443°C)'de duman çıkışı başlamıştır. Duman çıkışı yoğun olup beyaz renklidir. 510. sn (159°C)'de tam yanma başlamış ve duman çıkışı azalmış, fakat bacadan alev çıkışı olmamıştır. 720. sn (269°C)'de yıkılma başlamış, 1080. sn (584°C)'de toplu yıkılma olmuş ve bacadan alev çıkışı başlamıştır. Alevin boyu 10 – 15 cm'ye ulaşmıştır. Çitirtılı yanma olmuştur. 24 numuneden 7 tanesi (%29'u) yıkılmış, 17 tanesi (%71'i) ise yıkılmamıştır. Yanma olayı 1500. sn (227°C)'de sona ermiş ve toplam 25 dk devam etmiştir.
	KLF <sub>3</sub>	150. sn (422°C)'de duman çıkışı başlamıştır. Çıkan duman beyaz renklidir ve duman çıkışı yoğunlaşmıştır. 780. sn (126°C)'de yıkılma başlamıştır. 24 numuneden 3 tanesi (%12.5'i) yıkılmış, 21 tanesi (%87.5'i) ise yıkılmamıştır. Yanma olayı 960. sn (105°C)'de sona ermiş ve toplam 16 dk devam etmiştir.
Alkit reçinesi	AR <sub>1</sub>	150. sn (298°C)'de duman çıkışı başlamıştır. Duman beyaz renkli ve biraz yoğundur. Alev çıkışı olmamıştır. Yanma olayı 360. sn (138°C)'de sona ermiş ve toplam 6 dk devam etmiştir.
	AR <sub>2</sub>	510. sn (390°C)'de tam yanma başlamıştır. Yanma çitirtılıdır. Bacadan çıkan alevin boyu 5 – 10 cm kadar olmuştur. Ayrıca, biraz duman çıkışı görülmüş, fakat çıkan duman yoğun değildir. 900. sn (643°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1320. sn (472°C)'de sona ermiş ve toplam 22 dk devam etmiştir.
	AR <sub>3</sub>	120. sn (370°C)'de duman çıkışı başlamıştır. Duman yoğun ve beyaz renklidir. Alev çıkışı olmamıştır. Yanma olayı 330. sn (149°C)'de sona ermiş ve toplam 5 dk 30 sn devam etmiştir.
Amonyum sülfat	AS <sub>1</sub>	360. sn (317°C)'de duman çıkışı başlamıştır. Duman beyaz renkli, fakat yoğun değildir. 720. sn (154°C)'de tam yanma başlamıştır. 990. sn (529°C)'de bacadan alev çıkışı başlamış ve duman çıkışı sona ermiştir. Çıkan alevin boyu 5 – 7 cm'ye ulaşmıştır. 1050. sn (593°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1500. sn (452°C)'de sona ermiş ve toplam 25 dk devam etmiştir.
	AS <sub>2</sub>	Duman çıkışı var, fakat yoğun değildir. 480. sn (209°C)'de yıkılma başlamıştır. 540. sn (154°C)'de tam yanma başlamıştır. Yanma çitirtılıdır. Alev çıkışı olmuş ve alev boyu 5 – 7 cm'ye ulaşmıştır. Yanma olayı 1320. sn (375°C)'de sona ermiş ve toplam 22 dk devam etmiştir.
	AS <sub>3</sub>	210. sn (469°C)'de duman çıkışı başlamıştır. Duman beyaz renkli, fakat yoğun değildir. 480. sn (183°C)'de tam yanma başlamıştır. Yanma çitirtılıdır. Bacadan alev çıkmamıştır. 810. sn (369°C)'de yıkılma başlamış, bu noktadan sonra tekrar yanma başlamış, ancak bacadan alev çıkışı olmamıştır. 1320. sn (590°C)'de toplu yıkılma olmuştur. 24 numuneden 9 tanesi (%37.5'i) yanarak yıkılmış, 15 tanesi (%62.5'i) ise yıkılmamıştır. Yanma olayı 1500. sn (358°C)'de sona ermiş ve toplam 25 dk devam etmiştir.
Borik asit	BA <sub>1</sub>	390. sn (569°C)'de tam yanma başlamıştır. Bacadan çıkan alevin boyu 7 – 12 cm'ye ulaşmıştır. Kısmen kıvılcım çıkışı görülmüştür. 750. sn (731°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1200. sn (495°C)'de sona ermiş ve toplam 20 dk devam etmiştir.
	BA <sub>2</sub>	Duman çıkışı görülmüştür. Çıkan duman beyaz renkli olup yoğun değildir. Yanma olayı 240. sn (407°C)'de sona ermiş ve toplam 40 dk devam etmiştir.
	BA <sub>3</sub>	390. sn (565°C)'de alt kısımdaki alev sönerken, üst kısımda devam etmiştir. 480. sn (567°C)'de tam yanma başlamış ve bacadan alev çıkmıştır. Çıkan alevin boyu 5 – 15 cm arasındadır. Yanma kıvılcımlı olmuştur. 780. sn (766°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1170. sn (513°C)'de sona ermiş ve toplam 19 dk 30 sn devam etmiştir.

Ek Tablo 3'ün devamıdır.

Boraks	BR <sub>1</sub>	360. sn (770°C)'de yıkılma başlamıştır. Bacadan alev ve duman çıkışı çıkmamıştır. Yanma olayı 930. sn (421°C)'de sona ermiş ve toplam 15 dk 30 sn devam etmiştir.
	BR <sub>2</sub>	450. sn (568°C)'de tam yanma başlamıştır. Bacadan alev çıkmış, fakat duman çıkmamıştır. Çıkan alevin boyu 5 – 20 cm arasında değişmiştir. 690. sn (765°C)'de yıkılma başlamıştır. 990. sn (840°C)'de alevin şiddeti azalmaya başlamıştır. Yanma olayı 1080. sn (550°C)'de sona ermiş ve toplam 18 dk devam etmiştir.
	BR <sub>3</sub>	420. sn (423°C)'de tam yanma başlamıştır. Bacadan alev çıkmış ve çıkan alevin boyu 7 – 15 cm arasında değişmiştir. Çıtırıtılı yanma olmuştur. 1020. sn (910°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1200. sn (607°C)'de sona ermiş ve toplam 20 dk devam etmiştir.
Borik asit / Boraks	BB <sub>1</sub>	420. sn (544°C)'de tam yanma başlamıştır. Bacadan çıkan alev süreklilik göstermiş ve alevin boyu 5 – 10 cm arasında değişmiştir. Çıtırıtılı yanma olmuş, fakat duman çıkmamıştır. 810. sn (777°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1170. sn (650°C)'de sona ermiş ve toplam 19 dk 30 sn devam etmiştir.
	BB <sub>2</sub>	420. sn (597°C)'de tam yanma başlamıştır. Bacadan alev ve kıvılcım çıkarken, duman çıkmamıştır. Alev çıkışı süreklilik göstermiş ve alevin yüksekliği 10 – 25 cm arasında değişmiştir. 720. sn (850°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 990. sn (449°C)'de sona ermiş ve toplam 16 dk 30 sn devam etmiştir.
	BB <sub>3</sub>	270. sn (619°C)'de tam yanma başlamıştır. Bacadan alev ve kıvılcım çıkmış, alevin yüksekliği ise 5 – 12 cm arasında değişmiştir. 720. sn (821°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1020. sn (640°C)'de sona ermiş ve toplam 17 dk devam etmiştir.
Tanalith-CBC	CBC <sub>1</sub>	390. sn (510°C)'de tam yanma başladıktan sonra bacadan alev çıkmış ve alevin yüksekliği 7 – 10 cm arasında değişmiştir. Duman çıkışı olmamış, fakat kıvılcım çıkışı görülmüştür. 540. sn (585°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 990. sn (482°C)'de sona ermiş ve toplam 16 dk 30 sn devam etmiştir.
	CBC <sub>2</sub>	390. sn (737°C)'de tam yanma başlamıştır. Alev ve kıvılcım çıkarken, duman çıkmamıştır. Alev süreklilik göstermiş ve yüksekliği 10 – 15 cm arasında değişmiştir. 870. sn (912°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1020. sn (509°C)'de sona ermiş ve toplam 17 dk devam etmiştir.
	CBC <sub>3</sub>	300. sn (440°C)'de tam yanma, 600. sn (554°C)'de ise yıkılma başlamıştır. Tam yanma devam ettiğinden 780. sn (616°C)'de bacadan alev çıkmış, fakat duman çıkmamıştır. Alevin yüksekliği 10 – 15 cm arasında değişmiştir. Ayrıca, çıtırıtılı yanma da olmuştur. Yanma olayı 1170. sn (595°C)'de sona ermiş ve toplam 19 dk 30 sn devam etmiştir.
Tanalith-CBC/Borik asit/Boraks	TBB <sub>1</sub>	300. sn (422°C)'de tam yanma başlamıştır. Yanma çıtırıtılı olmuştur. Alev çıkışı olmamış, fakat duman çıkışı olmuştur. Duman beyaz renkli olup, yoğun değildir. 840. sn (678°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1410. sn (300°C)'de sona ermiş ve toplam 23 dk 30 sn devam etmiştir.
	TBB <sub>2</sub>	300. sn (515°C)'de tam yanma, 690. sn (675°C)'de ise bacadan alev çıkışı başlamıştır. Alevin yüksekliği 5 – 15 cm arasında değişmiştir. Ayrıca, kısmen çıtırıtılı yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir. 870. sn (748°C)'de ise yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1110. sn (653°C)'de sona ermiş ve toplam 18 dk 30 sn devam etmiştir.
	TBB <sub>3</sub>	360. sn (260°C)'ye kadar duman çıkışı olmuş, çıkan duman ise biraz yoğun ve beyaz renklidir. 660. sn (270°C)'de tam yanma başlayınca bacadan duman çıkışı azalmış ve alev çıkışı başlamıştır. Alevin yüksekliği 10 – 15 cm arasında değişmiştir. 960. sn (765°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1470. sn (354°C)'de sona ermiş ve toplam 24 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre zarfında 24 numunenin %50'si yıkılmıştır.
Immersol-WR 2000	IM <sub>1</sub>	Bacadan duman çıkarken, alev çıkmamıştır. Çıkan duman beyaz renklidir. Yanma olayı 540. sn (140°C)'de sona ermiş ve toplam 9 dk devam etmiştir.
	IM <sub>2</sub>	150. sn (529°C)'de duman çıkışı başlamış, fakat alev çıkmamıştır. Duman beyaz renkli olup, yoğun değildir. Yanma olayı 330. sn (215°C)'de sona ermiş ve toplam 5 dk devam etmiştir.
	IM <sub>3</sub>	480. sn (341°C)'de tam yanma başlamıştır. Bununla beraber, bacadan duman çıkışı da görülmüştür. Duman beyaz renkli olup yoğun bir şekilde çıkmamıştır. 750. sn (421°C)'de yıkılma başlayınca 870. sn (412°C)'de yeniden tam yanma başlamıştır. Buna bağlı olarak da bacadan alev çıkışı görülmüş ve yüksekliği 3 – 5 cm'ye kadar ulaşmıştır. Yanma olayı 1740. sn (333°C)'de sona ermiş ve toplam 29 dk devam etmiştir.

Ek Tablo 4. Kor halinde yanma deneyine ilişkin gözlemsel bulgular

Levha grubu	Levha tipi	Gözlemler
Kontrol	K	Numuneler 270. sn (119°C)'de tamamen yıkılmış ve böylece, yanma olayı son bularak 4 dk 30 sn devam etmiştir.
Kolofan	KLF <sub>1</sub>	Numunelerde 570. sn (78°C)'de yıkılma başlamış ve duman çıkışı yoğunlaşmıştır. Dumanın rengi beyazdır. 1020. sn (65°C)'de yoğun duman çıkışı azalmaya başlamıştır. Yanma olayı 1380. sn (51°C)'de son bularak 23 dk devam etmiştir. Deney sonunda 24 numuneden 15 tanesi (%62,5'i) yıkılmamış, 9 tanesi (%37,5'i) ise yıkılmıştır. Yıkılmadan kalanlar içinde 2 tanesinin yaklaşık %70 – 75'i yanıp kömürleşmiş, diğerlerinin ise sadece uç kısımları yanıp kömürleşmiştir. Yanmayan kısımlar ziftli bir görünüm oluşturmuşlardır.
	KLF <sub>2</sub>	Çıtırtılı yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir. Numuneler 300. sn (84°C)'de tamamen yıkılmış ve böylece, yanma olayı sona ererek 5 dk devam etmiştir.
	KLF <sub>3</sub>	Duman çıkışı 750. sn (75°C)'ye kadar normal iken, bu noktadan sonra yoğunlaşmaya başlamış ve insan gözünün yanmasına neden olmuştur. Yanma olayı 1440. sn (49°C)'de son bularak 24 dk devam etmiştir. Deney sonunda 24 numuneden 8 tanesinin (%33,33'ünün) bir kısmı yanarak kömürleşmiş, diğer kısımları ise yanmamıştır.
Alkit reçinesi	AR <sub>1</sub>	720. sn (76°C)'ye kadar yoğun duman çıkışı olmuştur. Bu noktadan sonra azalmaya başlamış ve özellikle 1020. sn (70°C)'den sonra belirgin bir şekilde azalma göstermiştir. Yanma olayı 1440. sn (51°C)'de son bularak 24 dk devam etmiştir. Deney sonunda 24 numuneden 5 tanesinin (%20,83'ü) tamamen yanarak yıkılmış, diğer 19 tanesi (%79,17'si) ise yıkılmamıştır. Yıkılmayanlardan 12 tanesinin sadece uç kısımları kömürleşirken diğer kısımları yanmamış, 7 tanesinin ise %50'den fazlası yanmıştır. Yanmayan kısımlar ziftlenmiş gibi bir görünüm almıştır.
	AR <sub>2</sub>	510. sn (109°C)'de tamamen yıkılma gerçekleştiği için yanma olayı son ererek 8 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre zarfında bacadan duman çıkışmamış, ancak çıtırtılı yanma olmuştur.
	AR <sub>3</sub>	Numunelerde 690. sn (80°C)'de yıkılma başlamıştır. Yıkılma başlayınca kadar bacadan duman çıkışı yoğunlaşmıştır. Bu noktadan sonra ve özellikle de 960. sn (72°C)'den sonra yoğun duman çıkışında azalma görülmüştür. Yanma olayı 1500. sn (51°C)'de son bularak 25 dk devam etmiştir. Deney sonunda 24 numuneden 8 tanesi (%33,33'ü) yanarak yıkılmış, 16 tanesi (%66,66'si) ise yanmamıştır. Yıkılmayan numunelerden 12 tanesinin sadece uç kısımları kömürleşirken diğer kısımları yanmamış, 4 tanesinin ise %65 – 70'i yanmış ve kömürleşmiştir. Yanmayan kısımlar ziftlenmiş gibi bir görünüm almıştır.
Amonyum sülfat	AS <sub>1</sub>	Numuneler 690. sn (90°C)'de tamamen yıkılmış ve yanma olayı son bularak 11 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre zarfında duman çıkışı görülmemiştir.
	AS <sub>2</sub>	Numuneler 510. sn (94°C)'de tamamen yıkılmış ve yanma olayı son bularak 8 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre zarfında duman çıkışı görülmemiştir.
	AS <sub>3</sub>	Numuneler 1020. sn (82°C)'de tamamen yıkılmış ve yanma olayı son bularak 17 dk devam etmiştir. Bu süre zarfındaki yanma çıtırtılı olmuş, duman çıkışı görülmemiştir.
Borik asit	BA <sub>1</sub>	Numuneler 1230. sn (85°C)'de tamamen yıkılmış ve yanma olayı son bularak 20 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre zarfındaki yanma çıtırtılı olmuş, duman çıkışı görülmemiştir.
	BA <sub>2</sub>	630. sn (100°C)'de yıkılma başlamıştır. 1350. sn (76°C)'de alt kısımda yanmakta olan numuneler yıkılmış, fakat üst kısımdakiler yıkılmamışlardır. Yanma olayı 1560. sn (54°C)'de son bularak 26 dk devam etmiştir. Bu süre zarfında beyaz renkli ve yoğun duman çıkışı görülmüştür.
	BA <sub>3</sub>	Numuneler 660. sn (80°C)'de tamamen yıkılmış ve yanma olayı son bularak 11 dk devam etmiştir. Bu süre zarfında nispeten çıtırtılı yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.



Ek Tablo 4'ün devamıdır.

Boraks	BR <sub>1</sub>	Numuneler 450. sn (111°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 7 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre zarfında duman çıkışı görülmemiştir.
	BR <sub>2</sub>	Numuneler 480. sn (111°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 8 dk devam etmiştir. Bu süre zarfındaki yanma çitirtülü olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.
	BR <sub>3</sub>	Numuneler 1110. sn (80°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 18 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre zarfındaki yanma çitirtülü olmuş, duman çıkışı görülmemiştir.
Borik asit / Boraks	BB <sub>1</sub>	Numuneler 750. sn (87°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 12 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre içinde biraz çitirtülü yanma olmuş, duman çıkışı görülmemiştir.
	BB <sub>2</sub>	Numuneler 510. sn (99°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 8 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre içinde çitirtülü yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.
	BB <sub>3</sub>	Numuneler 1200. sn (70°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 20 dk devam etmiştir. Bu süre içinde çitirtülü yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.
Tanalith-CBC	CBC <sub>1</sub>	Numuneler 330. sn (112°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 5 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre içinde çitirtülü yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.
	CBC <sub>2</sub>	Numuneler 540. sn (128°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 9 dk devam etmiştir. Bu süre içinde çitirtülü yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.
	CBC <sub>3</sub>	Numuneler 510. sn (106°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 8 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre içinde çitirtülü yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.
Tanalith-CBC / Borik asit / Boraks	TBB <sub>1</sub>	Numuneler 210. sn (128°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 3 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre içinde önemli bir durum saptanmamıştır.
	TBB <sub>2</sub>	Numuneler 660. sn (99°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 11 dk devam etmiştir. Bu süre içinde çitirtülü yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.
	TBB <sub>3</sub>	Numuneler 270. sn (116°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 4 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre içinde çitirtülü yanma olmuş, fakat duman çıkışı görülmemiştir.
Immersol-WR 2000	IM <sub>1</sub>	330. sn (111°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1770. sn (60°C)'de son ermiş ve 29 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre içinde meydana gelen yanma çitirtülü olmuştur. Ayrıca, bacadan beyaz ve yoğun bir şekilde duman çıkışı olmuştur.
	IM <sub>2</sub>	570. sn (98°C)'de yıkılma başlamıştır. Yanma olayı 1920. sn (57°C)'de son ermiş ve 32 dk devam etmiştir. Bu süre içinde meydana gelen yanma çitirtülü olmuş, bacadan beyaz ve yoğun bir şekilde duman çıkışı görülmüştür. Deney sonunda 24 numunenin 14 tanesi (%50'den fazlası) yıkılmadan kalmıştır.
	IM <sub>3</sub>	Numuneler 570. sn (104°C)'de tamamen yıkıldığı için yanma olayı son ermiş ve 9 dk 30 sn devam etmiştir. Bu süre içinde meydana gelen yanma çitirtülü olmuş, bacadan beyaz ve yoğun olmayan duman çıkışı görülmüştür.

## ÖZGEÇMİŞ

İlkokul'u Karaisalı'da, Ortaokul ve Lise'yi Adana'da bitirmiştir. 1987 yılında girdiği K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü'nden aynı yıl, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstrisi Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans Öğrenimi'ni 1994 yılında tamamlamıştır.

Mezuniyet öncesi ve sonrası kamu ve özel sektörde çalışan Ahmet Ali VAR, Haziran 1995'de K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nde "Araştırma Görevlisi" olarak başladığı görevini, Ocak 1997'den itibaren S.D.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı 'nda sürdürmektedir.

Tercüme düzeyinde İngilizce ve Arapça bilen Ahmet Ali VAR'ın, çeşitli bilimsel yayın organlarında yayınlanmış, altısı Türkçe, ikisi de İngilizce olmak üzere, sekiz adet yayını bulunmaktadır.

Ayrıca, Trabzon Bölgesi Güreş Hakemi olarak da görev yapan Ahmet Ali VAR, evli ve bir çocuk babasıdır.