

**T.C.  
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AHŞAP LEVHA YÜZEYLERİNE UYGULANAN MELAMİN  
KAĞITLARDA TAGUCHİ DENEY TASARIMI İLE ÜRÜN  
GELİŞTİRME**

**Meltem CENGİZ**

**Danışman  
Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ**

**ISPARTA - 2021**



© 2021 [Meltem CENGİZ]

## ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

08/01/2021

**Meltem CENGİZ**

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	3
2.1. Ahşap Esaslı Levha .....	8
2.2. Lif Levha .....	10
2.2.1. Orta yoğunlukta lif levha .....	12
2.2.2. Yüksek yoğunlukta lif levha .....	12
2.3. Laminat Malzeme .....	14
2.4. Kâğıt Emprenyesinde Kullanılan Tutkallar.....	17
2.4.1. Üre formaldehit tutkalı .....	17
2.4.2. Melamin formaldehit tutkalı .....	18
2.5. Emprenyeli Kâğıt.....	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Yöntem .....	22
3.2.1. Yüzey kalite özellik değerlerinin değerlendirilmesi .....	22
3.2.1.1. Yüzey renk özelliği .....	22
3.2.1.2. Yüzey parlaklık özelliği.....	23
3.2.1.3. Duyusal analiz/leke ölçümü.....	24
3.2.2. Deney tasarımı .....	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	33
4.1. Değerlendirilecek Faktör ve Etkileşimlerin Seçilmesi.....	33
4.2. Faktör Düzeylerinin Belirlenmesi.....	33
4.3. Uygun Ortogonal Düzenin Seçilmesi.....	34
4.4. Faktör ve Etkileşimlerin Kolonlara Yerleştirilmesi .....	35
4.5. Testlerin Yapılması .....	37
4.6. Sonuçların Analiz Edilmesi.....	39
4.7. Doğrulama Deneylerinin Yapılması .....	47
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	51
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	61

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### AHŞAP LEVHA YÜZEYLERİNE UYGULANAN MELAMİN KAĞITLARDA TAGUCHİ DENEY TASARIMI İLE ÜRÜN GELİŞTİRME

Meltem CENGİZ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ

Ahşap esaslı kompozit levhalarda özellikle HDF parkelerde yüzey kaplama malzemesi olarak kullanılan emprenyeli kâğıtların üretim sürecine ait girdi parametreleri değiştirilerek kalite özelliklerinin iyileştirilmesi Taguchi Deney Tasarımı yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Değerlendirilecek faktör ve etkileşimlerin belirlenmesinde sektörde önemli kapasite değerine sahip büyük ölçekli bir üretim tesisinin üretim süreci gözlenmiş, ürün kalite karakteristiğine etki eden ve en önemli olduğu düşünülen,  $Al_2O_3$  partikül boyutu, yüzey modifikatör ajanı ve melamin tozu hammaddesinden oluşan üç faktör değerlendirmeye alınmıştır.  $L_{18}$  ortogonal dizin kullanılarak, deneyler üçer kez tekrarlı olarak uygulanmıştır. Kalite karakteristiği olarak renk ve parlaklık ölçümleri ile örnekteki leke sayısını dikkate alan duyu analizi yöntemi kullanılmıştır. Deney faktörlerinin kalite karakteristikleri üzerinde anlamlı etkisinin olup olmadığı ANOVA analizi ile ayrı ayrı test edilmiştir. Değerlendirilen faktörlerin sonuç üzerinde etkisinin ancak %57'lik kısmı modelde ifade edilebilmiştir ( $R^2_{adj}=0,5785$ ). Model üzerinde değerlendirmeye alınamayan diğer faktörlerin etkisi de göz ardı edilmeyecek kadar yüksek çıkmıştır. İstatistiksel analizler sonrasında elde edilen en iyi değer melamin tozu hammaddesinde  $A_2$ 'nin, partikül boyutunda 30-60  $\mu m$ 'nin ve yüzey modifikatör ajanında ise N-((3-trimetoksisilil) propil) etilendiamin'in olduğu tahmin edilmiştir. Yapılan doğrulama deney sonucu, analiz sonucu ile tutarlı olduğunu göstermiştir. İstatistiksel verilerin analizi SEM görüntüleriyle desteklenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** HDF, MDF, Laminat, Kaplanmış levha, Deney tasarımı

2020, 61 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **DEVELOPMENT OF MELAMINE PAPER OVERLAID USING TAGUCHI EXPERIMENT DESIGN**

**Meltem CENGİZ**

**Isparta University of Applied Sciences  
The Institute of Graduate Education  
Department of Forest Products Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ**

Impregnated papers used as a coating material in wood-based composite, especially in HDF parquets, were improved by using the Taguchi Experimental Design method by changing the input parameters of the production process. In determining the factors and interactions to be evaluated, the production process of a large-scale production facility with an important capacity value in the sector was observed, and three factors that affect the product quality characteristics and thought to be the most important, consisting of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particle size, surface modifier agent and melamine powder raw material were evaluated. The experiments were carried out in repeat three times using the L<sub>18</sub> orthogonal array. Color and brightness measurements and sensory analysis method, which takes into account the number of stains in the sample, were also used as quality characteristics. Whether the experimental factors have a significant effect on the quality characteristics was tested separately by ANOVA analysis. Only 57% of the effect of the evaluated factors on the result could be expressed in the model ( $R^2_{adj} = 0.5785$ ). The effect of other factors that could not be taken into consideration on the model was also too high to ignore. After the statistical analysis, it was estimated that the best value obtained was A<sub>2</sub> in the melamine powder raw material, 30-60 µm in the particle size and N-((3-trimethoxysilyl) propyl) ethylenediamine in the surface modifier agent. The validation experiment result showed that it was consistent with the analysis result. Analysis of statistical data was supported by SEM images.

**Key Words:** HDF, MDF, Laminate, Coated board, Experiment design

**2020, 61 pages**

## TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Abdullah SÜTÇÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamda karşılaştığım problemleri aşmamda desteğini esirgemeyen SDÜ Endüstri Mühendisliği Bölümünden Prof. Dr. Gültekin ÖZDEMİR'e ve ISUBÜ Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünden Prof. Dr. Halil Turgut ŞAHİN'e teşekkürlerimi sunarım.

Antalya AGT Ağaç San. ve Tic. A.Ş.'de uygulama faaliyetlerini gerçekleştirmemi sağlayan AGT Yönetim Kurulu Üyesi Engin ÇELİKTUĞ'a ve çalışmalarımı yaptığım süre içerisinde değerli bilgilerini benimle paylaşan AR-GE Uzmanı Tülin GÜRKAN POLAT, AR-GE Yöneticisi Ahmet GENÇER'e ve AGT AR-GE ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, tez aşamamda da desteğini esirgemeyen aileme ve bu süreç boyunca beni her anlamda motive eden nişanlım Orman Mühendisi Taylan ÖNAL'a sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

**Meltem CENGİZ**  
ISPARTA, 2021

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Ahşap kompozit malzemeler .....	9
Şekil 2.2. Kuru yöntemle lif levha üretimi.....	13
Şekil 2.3. 2019 yılında en fazla MDF/HDF üretimi gerçekleştiren ilk 10 ülke .	13
Şekil 2.4. Laminat parke katmanları.....	15
Şekil 2.5. Emprenyeli kâğıt üretim hattı ve iş akışı.....	16
Şekil 2.6. Üre formaldehit tutkalı .....	18
Şekil 2.7. Melamin formaldehit tutkalı .....	19
Şekil 3.1. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> yapısı .....	21
Şekil 3.2. CIE L*a*b* renk sistemi .....	22
Şekil 3.3. Farklı açılarda parlaklık.....	24
Şekil 3.4. Deney tasarımı türleri.....	26
Şekil 3.5. Bir sistem veya sürecin genel görünümü.....	27
Şekil 3.6. Taguchi'nin kayıp fonksiyonu .....	28
Şekil 3.7. Üretim/kalite çemberi.....	29
Şekil 4.1. Balık kılıcı diyagramı: ürün kalite karakteristiğine etki eden bazı faktörler.....	33
Şekil 4.2. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> hazırlık aşaması.....	36
Şekil 4.3. Laminat parke üretim aşaması .....	37
Şekil 4.4. Renk ölçümü .....	38
Şekil 4.5. Yüzey parlaklığı ölçümü .....	38
Şekil 4.6. Duyusal analiz ile beyaz lekelenmelerin belirlenmesi .....	38
Şekil 4.7. Değişkenlere dair dağılım grafiği .....	40
Şekil 4.8. Minitab veri ekranı.....	41
Şekil 4.9. Leke için etkileşim grafiği .....	42
Şekil 4.10. Ortalamaların sonuç grafiği .....	45
Şekil 4.11. S/N oranının sonuç grafiği.....	46
Şekil 4.12. Standart sapma için sonuç grafiği .....	46
Şekil 4.13. Taramalı elektron mikroskobuna numunelerin yerleştirilmesi .....	48
Şekil 4.14. SEM görüntü analizleri.....	49

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Özgül ağırlıklarına göre lif levhalar .....	11
Çizelge 2.2. Türkiye’deki lif levha üreticileri .....	11
Çizelge 2.3. Türkiye’de son 10 yılda gerçekleştirilen üretim ve ihracat miktarları.....	14
Çizelge 2.4. Emprenye edilebilir ham kâğıtların içerikleri .....	20
Çizelge 3.1. Overlay kâğıdı özellikleri .....	21
Çizelge 4.1. Deney faktör ve düzeyler .....	34
Çizelge 4.2. Toplam serbestlik derecesi.....	34
Çizelge 4.3. Taguchi deney tasarımı.....	35
Çizelge 4.4. Ölçüm formu .....	39
Çizelge 4.5. Değişkenlere dair tanımlayıcı istatistikler .....	40
Çizelge 4.6. Leke için ANOVA tablosu .....	42
Çizelge 4.7. Renk için ANOVA tablosu .....	43
Çizelge 4.8. Parlaklık için ANOVA tablosu .....	43
Çizelge 4.9. Minitab program çıktısı .....	44
Çizelge 4.10. Minitab sonuçlarına göre özet veri analizi.....	47
Çizelge 4.11. Doğrulama deneyi sonuçları .....	47

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AGT	AGT Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.
ANOVA	Varyans analizi
CIE	Uluslararası renk komisyonu
D.T.	Deney tasarımı
g	Gram
HDF	Yüksek yoğunluklu lif levha
kg/m <sup>3</sup>	Kilogram/metreküp
m <sup>3</sup>	Metreküp
MDF	Orta yoğunlukta lif levha
MDF-LAM	Kaplanmış orta yoğunlukta lif levha
MF	Melamin formaldehit
mm	Milimetre
N/m <sup>2</sup>	Pascal
OSB	Yönlendirilmiş yonga levha
S/N	Sinyal/gürültü
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
T.M.	Taguchi metodu
TS-EN	Türk standartları enstitüsü
ÜF	Üre formaldehit
$\alpha$	Alfa
$\mu\text{m}$	Mikrometre
°C	Santigrat derece
$\Delta$	Fark

## 1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle birlikte işletmeler arasında oluşan rekabet ortamı da giderek seçici faktörlerin etkinliğini artırmaktadır. Bu durumda doğru yaklaşım ve etkin kararlar alabilen işletmeler, rakiplerine karşı üstünlük sağlayabilmektedir. İşletmelerde yerinde ve doğru kararların alınması ile birlikte bilgilerin etkili ve zamanında değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Karar mekanizmasını oluşturmaya yardımcı faktörler birbirine bağımlı veya birbirinden bağımsız değerlendirmeye tabii tutulabilir niteliktedir. Bu sebeple, ürünün kalitesini iyileştirmek amacıyla ürün kalitesini etkileyen faktörlerin uygun seviyelerini belirlemek işletmeler için en önemli problemlerin başında gelmektedir. İşletmeler, uygun faktör seviyelerini belirlerken karar verici birçok veriyi gözlemleyerek aynı şekilde birçok faktör düzeyini de dikkate almak durumundadır. Bu faktörlerin birden fazla kalite karakterini etkilemesiyle de durum karmaşık bir hal alabilmektedir (İç ve Yıldırım, 2012).

Yüksek kaliteli, düşük maliyetli ürün ve süreçler işletmeler için bugünün küresel ekonomisinde ayakta kalabilmenin anahtarı haline gelmiştir. Kalite bilincindeki her işletme, maliyet ve performans doğrultusunda hareket etme amacıyla ürün tasarımında her zaman piyasanın en iyisi olmaya odaklanmış durumdadır. Bu sebeple, işletmeler ürün kalitesini iyileştirmek için birçok yöntem ve de teknik kullanmaktadır. Kaliteyi belirleyen faktörleri ayrı ayrı değerlendirerek, istenilen karakterde ürün elde etmek mümkün olduğu gibi, daha az maliyetle daha fazla performans odaklı çalışmalara olanak sağlayan çoklu yanıtların bir arada analiz edilmesini amaçlayarak, ürün kalitesi üzerindeki etkileri belirlemeye yardımcı olan yaklaşımlar geliştirilmiştir. Taguchi Deneysel Tasarımı da bu yaklaşımlardan biridir (Baynal, 2003).

Taguchi Deneysel Tasarımı, ürün ve süreçteki değişkenliği oluşturan, kontrol edilemeyen faktörleri en aza indirmeye çalışan ve klasik deney tasarımına göre daha az sayıda deney yaparak kontrol edilebilen faktör düzeylerinin en uygun kombinasyonunu seçerek, ürün ve süreçte oluşabilecek değişkenliği en aza indirmeye çalışan deney tasarımı yöntemidir (Taguchi vd., 2005). Yöntem, ürün kalitesinin iyileştirilmesi ile beraber kalite geliştirilmesinde de olabildiğince az deneme ile daha etkin sonuç alma

imkanını sunmaktadır. Taguchi yöntemi, kalitenin tasarım ve de süreç aşamasında uygulanmasını ileri sürmektedir (Canıyılmaz ve Kutay, 2003).

Günümüzde teknolojinin de ilerlemesiyle ahşap esaslı levhaların kullanımı her geçen gün daha da artmaktadır. Özellikle parke ve mobilya sanayiinde kullanılan ahşap esaslı levhaların yüzey kalitesini iyileştirmek amacıyla, işletmeler tarafından çeşitli desen ve yüksek dayanım özelliklerine sahip kaplama malzemeleri geliştirilmektedir (Muğla, 2010).

Ahşap levhaların yüzeyinde uygulanan melamin kâğıt teknolojisi günümüzde sektör için katma değeri en yüksek alanlardan bir tanesidir. Çalışma sonunda elde edilecek ürünün inovatif değeri yalnızca ulusal değil küresel pazarda da firmalar için önemli rekabet avantajı sağlayacaktır. Çalışma kapsamında daha az deney yaparak inovatif ürünlerin üretilebilmesi hedeflenmektedir. Bu doğrultuda süreçte doğru ve etkin kararlar alabilmeye imkân sunan bir yöntem olarak Taguchi methodu uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı; özellikle koyu renkli tasarıma sahip HDF Parke ürünlerin yüzeyinde ortaya çıkan heterojen renk değişimleri ile kenar birleşim bölgelerinde işleme sonrası ortaya çıkan ve beyazlama olarak ifade edilen kalite kayıplarının engellenmesi için overlay kâğıt üretim sürecinde ve melamin emprenyesi esnasında üretim sürecindeki etkin parametrelerde değişiklik yaparak ürün kalitesini iyileştirmektir. Yüzey laminat malzemesi olarak kullanılan malzemelerden emprenyeli kâğıtların üretim sürecine ait süreç girdi parametreleri değiştirilerek kalite özellikleri daha iyi melamin kâğıt üretimi Taguchi Deney Tasarımı kullanılarak gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu kapsamda; yonga levha ve MDF gibi ahşap esaslı levhalarda özellikle, HDF parkelerde yüzey laminat malzemesi olarak kullanılan malzemelerden emprenyeli kâğıtların üretim sürecine ait süreç girdi parametreleri değiştirilerek kalite özellikleri daha iyi melamin kâğıt üretimi araştırılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Taguchi Deneş Tasarımı ile yapılmış çalışmalar 1940'lı yıllardan beri devam etmektedir. Yapılan araştırmalar sırasında dünyada olduğu gibi ülkemizde de son yıllarda Taguchi Metodu ile ilgili akademik çalışmaların sayısında artış yaşandığı gözlemlenmiştir. Konuyla ilgili incelenen çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir.

elik (1993), Taguchi Metoduna dayalı geliştirdiği sistematik ve matematiksel model yaklaşımlarının fosforik asit üretim sürecine uygulanmasını karşılaştırmıştır.

Aydın (1994), gömlek üretiminde kullanılan uzun borular şeklinde üretimi gerçekleştirilen tüplerin yeterli düzgünlüğe sahip olmamasından kaynaklı problemin iyileştirmesinde Taguchi Metodunu ele almıştır. Yapılan deney sonucu iki farklı sağlama sonucu ile karşı karşıya kalınmış ve sonucu etkileyen bir gürültü faktörünün olduğunu tespit etmiştir.

Reddy vd. (1998), çamaşır makinesi karıştırıcılarının üretimi için enjeksiyon kalıplama işleminde Taguchi Metodunu kullanarak ürün boyutlarının varyasyonunu azaltmış, ret oranını %20'den %0'a indirmiştir.

Yang ve Chen (2001), frezeleme işleminde optimum yüzey pürüzlülüğü performansını belirlemek için Taguchi Metodundan yararlanmıştır.

Canıylmaz ve Kutay (2003), şalter gövdelerinin kullanımları esnasında karşılaşabilecekleri mekanik etkilere karşı dirençlerini artıracak optimum süreç şartları için Taguchi Metodunu uygulamıştır. Sonuçların analiz edilmesinde Grafikselsel Yöntem ve Varyans Analizi Yönteminden yararlanmıştır. Grafikselsel yöntemle ulaşılan problemi, çok amaçlı karar verme metodu ile modelleyerek zmştir.

Wu ve Chyu (2004), kayıp fonksiyonu ile ilişkili çoklu kalite özelliklerinin optimizasyonunu sağlayarak başarı elde etmiştir.

şanyılmaz (2006), bıçaklı sigorta düzeneğinde karşılaşılan problemlerin çözümünde Taguchi Metodunu kullanmıştır. Tam Faktöriyel Deneş Tasarımı ile sonuçların

doğrulamasını yaparak, Taguchi Metodu ile daha az sayıda deney ile aynı sonuca ulaşılmasının mümkün olduğunu göstermiştir.

İç ve Yıldırım (2012), çalışmasında Taguchi Yöntemi ile Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri'nden bazılarını birlikte kullanmıştır. Farklı yöntemler sayesinde ulaşılan sonuçların birbirleri ile karşılaştırılması yapılarak, en iyi faktör kombinasyonları belirlenmiştir.

Olgun ve Özdemir (2013), eğitim sektöründe göz ardı edilemeyecek faktörlerden biri olan hizmet kalitesini değerlendirmek için Önem-Memnuniyet modeli üzerinden anket uygulamış, iyileştirilmesi sağlanacak faktörlerde Taguchi'nin İstatistiksel Deney Tasarım Modelinden yararlanmıştır.

Gever vd. (2014), üretim sisteminde  $2^k$  Çarpımsal Deney ve Taguchi Yaklaşımı uygulamalarını kullanarak maliyet analizi yapmıştır. Elde ettiği sonuçlar doğrultusunda iki yöntemin de birbiriyle tutarlı olduğunu görmüştür.

Salam vd. (2018), Taguchi Deney Tasarımı ile epoksitlenmiş soya fasülyesi yağı bazlı biyoepoksi/kil nanokompozitlerinin mekanik özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Hwang ve Shahsavari (2018), çalışmasında portland çimentosu ile kıyaslanacak, çoklu bileşenler ile uçucu kül içeren kompozit ürün tasarımı için Taguchi yöntemi kullanmıştır.

Şahin (2019), HVOF kaplama işleminde altlık malzeme olarak çelik ve alüminyum alaşımlarını; kaplama malzemesi olarak da WC/Co ve WC/CoCr olmak üzere seçtiği malzemelerin sertlik, porozite gibi özelliklerine etkisini inceleyerek Taguchi yöntemi ile işlem parametrelerini optimize etmeye çalışmıştır.

Bayraktar ve Turgut (2020), karbon fiber takviyeli karbon kompozit malzemenin delinmesinde delik giriş ve çıkışındaki delaminasyon oluşumunu Taguchi yöntemi ile ele almıştır. Regresyon Analizi kullanarak matematiksel modeller geliştirmiştir. Elde

ettiği veriler doğrultusunda, matematiksel modeller ve deney sonuçlarının birbiri ile tutarlı olduğunu gözlemlemiştir.

Orman Endüstri sektöründe de Taguchi Deney Tasarımı yöntemi kullanılarak birçok akademik çalışma yapılmıştır.

Gaitonde vd. (2008), Melamin Kaplı MDF'nin delinmesinde kesme hızı ve ilerleme hızı gibi delaminasyon faktörünün aynı anda minimize edilmesi için Taguchi yöntemini incelemiştir.

Güler (2013), kızılçam kerestesine ait planyalama işleminde yüzey kalitesini etkileyen işleme faktörlerinin optimum düzeyini araştırmış ve Taguchi Deney Tasarımı yöntemini kullanmış, işleme faktörü olarak bıçak sayısı, kesme derinliği, kesme açısı, besleme hızı ve işleme yönünü alarak deneylerini gerçekteşirmiştir.

Li vd. (2013), termo-mekanik yoğunlaştırma ve ısıl işlemin değiştirilmiş ahşabın geri kazanımı üzerindeki interaktif etkisini, birleşik modifikasyon sürecinin optimize edilmesi için araştırmıştır. *Cunninghamia lanceolata* ile termo-mekanik yoğunlaştırma sıcaklığı, yoğunlaştırma süresi ve ısıl işlem sıcaklığı gibi işlem parametrelerini seçerek Taguchi deney tasarımı kullanmıştır.

Sütçü (2013), Taguchi deney tasarımı ile işleme parametrelerinin çeşitli masif paneller üzerindeki etkisini değerlendirmiştir.

Kumar vd. (2014), ahşap tozu ile güçlendirilmiş epoksi kompozitleri altı farklı dolgu maddesini yüzde içeriğiyle işlemiştir. Deneysel verileri Taguchi yöntemi kullanarak analiz etmiştir.

Prkash vd. (2015), Gri İlişkisel Analiz (GRA) ve Taguchi yöntemini bir arada kullanılarak MDF için delme parametrelerinin çoklu performans özelliklerini optimize etmiştir. Çalışmada ilerleme hızı, iş mili hızı, delme çapları gibi delme parametreleri dikkate alınarak, Gri dereceli matris analiz edilmiş, her kontrol edilebilir işlem faktörü için bireysel hedefler üzerindeki etki derecesi bulunmuştur.

Sofuoğlu (2015), Avrupa karaçamından (*Larix decidua* Mill) yapılmış masif panellerin yüzey kalitesi üzerinde işleme parametrelerinin etkisini Taguchi Deney Tasarım yöntemi ile incelemiştir.

Tiryaki vd. (2015), ahşap işlemede proses parametreleri açısından daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde etmek için besleme hızı, kesme derinliği, bıçak sayısı, yıllık halka ve aşındırıcı tane sayısı gibi parametreler belirleyerek, Taguchi tasarım yöntemini uygulamıştır.

Hamzaçebi (2016), tutkal oranı, pres basıncı ve pres süresi gibi üretim faktörlerinin Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)'nın termal iletkenliği üzerindeki etkilerini belirlemek için Taguchi yöntemini uygulamıştır.

Bilge vd. (2017), Taguchi L<sub>18</sub> ortogonal dizin kullanarak kompakt laminat kompozit plakların delinmesini gerçekleştirmiştir. Proses parametrelerinin çoklu performans optimizasyonunu Gri İlişkisel Analizi kullanarak gerçekleştirilmiş ve Regresyon Analizi ile tahminsel denklemler geliştirmiştir.

Koç vd. (2017), iş mili hızı, ilerleme hızı ve ahşap malzeme gibi parametrelerin yüzey kalitesi üzerindeki etkisini Taguchi yöntemi ile araştırmıştır. Benzer şekilde, Sofuoğlu (2017), sarıçamdan (*Pinus sylvestris* L.) yapılmış masif panellerin yüzey kalitesi üzerinde işleme parametrelerinin etkisini Taguchi Deney Tasarım yöntemi ile incelemiştir.

Hazır vd. (2018), Doğu Karadeniz göknarında minimum bir yüzey pürüzlülüğü değeri elde etmek amacıyla 2<sup>5</sup> deney tasarımını uygulamıştır. Ahşap örnekler, farklı iş mili hızı, besleme hızı, kesme derinliği, takım çapı ve kesme yönleri kullanılarak hazırlanmıştır. Ahşap yüzey pürüzlülüğünün etkili değişkenlerini belirlemek, CNC işlemede bu faktörlerden hangisinin değişkenliği etkilediğini analiz etmek ve optimum kesim değerlerini belirlemeyi hedeflemişlerdir.

Motorcu ve Bilge (2018), laminat kompozitlerde belirlediği kontrol faktörlerinin yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal bütünlüğü üzerindeki en önemli etkileri ile yüzdelik

paylarını ve optimum değerlerini Taguchi Metodu ve Gri İlişkisel Analiz yöntemini kullanarak belirlemiştir.

Evran (2019), kompozit plakaların burulma açısı analizi üzerinde lif açılarının ve etkilerinin incelenmesi üzerine çalışmıştır. Sayısal burulma açısı analizlerini Taguchi L<sub>8</sub> ortogonal diziye bağlı gerçekleştirmiştir.

Hazır ve Koç (2019), Lübnan sediri (*Cedrus libani*) işleme koşullarında yüzey pürüzlülüğünü optimize etmek için iki matematiksel yöntem geliştirmiştir. Yanıt Yüzey Metodu (RSM) ile geliştirdikleri matematiksel modeller, Taguchi Deneysel Tasarımı'na dayalı Benzetiilmiş Tavlama Algoritması (SA)'nın birleşik yaklaşımı ile optimize edilmiştir. Önerilen modeller minimum yüzey pürüzlülüğü değerlerini elde ederek, gözlemlenen değerlerden daha iyi sonuçlar sağlamıştır.

İşleyen (2019), Taguchi ve Yanıt Yüzey Metodu (RSM) kullanarak, devir hızı, besleme oranı ve kesme derinliği gibi parametrelerle CNC freze makinasında işlenmiş MDF yüzeyleri üzerine işleme parametrelerini etkisini incelemiştir. Taguchi ve RSM yöntemlerini kullanarak geliştirdiği matematiksel modellerle işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini optimize etmiştir.

Leite vd. (2019), zımpara kâğıdı parametrelerinin (kum boyutu ve aşındırıcı tipi), ahşap parametrelerinin (türler ve lif yönü) ve katkı yüzdesinin yüzey pürüzlülüğünün davranışı ve malzemenin çıkarılma hızı üzerindeki etkilerini Taguchi Yöntemi uygulayarak analiz etmiştir.

Melo vd. (2019), Robust Tasarım optimizasyon teknikleri ile Pinus taeda levhalarını kullanarak, kesim enerji tüketiminin ortalaması ve varyansı arasındaki denge noktasını bularak, nem değişkeninin etkisi altında olmayan en uygun işlem parametrelerini göstermiştir.

Çalışma içeriği ile ilgili olarak kullanılan teknoloji, laminat dekor kâğıdı üretim teknolojisi ile büyük benzerlik göstermektedir. Literatürde bu konuda sınırlı sayıda çalışma tespit edilmiştir. İncelenen çalışmaların özetlerine aşağıda yer verilmiştir.

Karayılmazlar ve Aşkın (2001), laminat ürünlerin endüstrideki kullanımı, üretim teknolojisi, Türkiye ve Dünya'daki üretim konularında bilgi vermek amacıyla çalışma yapmıştır.

Nemli vd. (2004a); Nemli vd. (2004b), laminat türleri ve üretim teknolojileri ile laminat birleşimi ve dizayn seçeneklerini iki ayrı derleme çalışması olarak çalışmalar yapmışlardır.

Aksu (2009), farklı tutkallar ile emprenye edilmiş dekor kağıtlarının özelliklerini karşılaştırarak ortaya koymuş ve laminasyon işlemi sonrasında yüzeyde fiziksel, mekanik testlerin yanı sıra yüzey kalite testlerinin ortaya çıkardığı sonuçları karşılaştırmıştır.

Muğla (2010), emprenye edilmiş farklı malzemeler ile kaplanmış MDF levhalarda kaplama türünün yüzey özellikleri üzerine etkilerini belirleyerek karşılaştırmıştır.

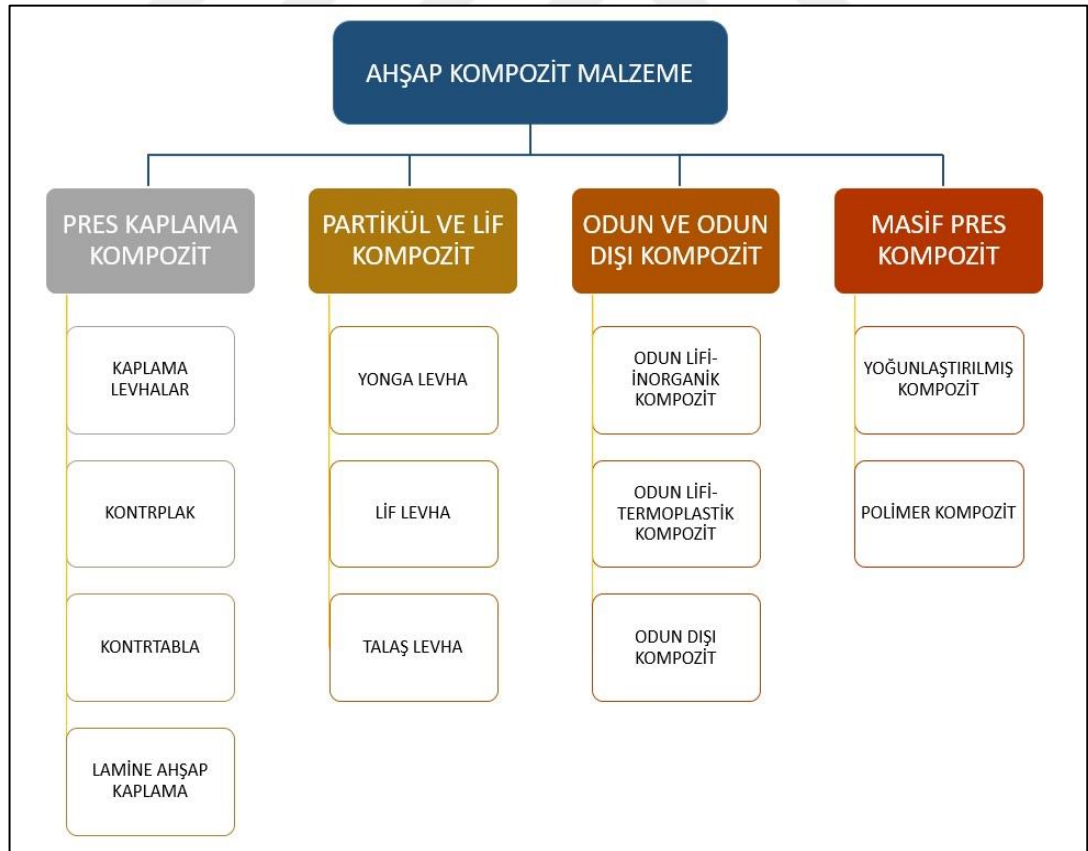
Çetin ve Kaygın (2016), yaygın olarak kullanılan MDF ve HDF levhalarla üretilen bazı ürünlerin PVC folyolarla üç boyutlu kaplanmasını ele almıştır.

Kutluata (2018), yüzey kaplaması olarak kullanılan emprenyeli kâğıdın, emprenye işlemi sırasında ya da daha sonraki aşamalarda ortaya çıkan atıklarının tekrar levha içerisinde değerlendirilmesinin, levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini araştırmıştır.

## **2.1. Ahşap Esaslı Levha**

Ülkemizde ahşaba dayalı levha sanayisinin gelişimi 1950'li yıllara dayanmaktadır. Ülkemizde ve dünyada nüfusun kültürel yapısı, uluslararası ekonomi, insanların ihtiyaçları ve görsel zevkleriyle beraber değişen alışkanlıklarından kaynaklı ahşap esaslı levha ürünlerine talep her geçen gün artış göstermektedir. En önemli etken ise, ülkemizin ilk günden bugüne kadar küresel pazarda sürekli gelişim gösterip, mobilya sektöründe dünyanın ikinci üreticisi konumunda bulunmasından kaynaklı artan taleplerdir (Yörür ve Birinci, 2018).

Ahşap esaslı levhalar; ana hammadde niteliğindeki odunun veya diğer lignoselülozik malzemelerin tedarik edilip, mekanizasyonla yonga ve lif haline getirilmesi beraberinde tutkallanarak istenilen ebatlarda kalıplanması ve preslenmesi sonucunda oluşan levhalardır. Diğer bir ifadeyle, bir kısmı ya da tamamı odundan oluşan kompozit levhalar olarak da nitelendirilebilir (İstek vd., 2017). Kompozit kavramı, istenilen özellikteki malzemeyi elde etmek amacıyla birden fazla materyalin bir araya getirilmesi ile elde edilen yeni malzemeyi tanımlamaktadır (Karaca, 2018). Ahşap kompozitleri ise odunsu materyalin, kendine eş özellikte veya başka bir materyal ile yapıştırıcılar yardımıyla birleştirilmesinden elde edilen malzemeler olarak tanımlanmaktadır (Çetin ve Kaygın, 2016). Masif malzemeye muadil üretilen kompozit malzemeler hem ekonomik hem de çeşitli üstün özelliklere sahip olmasından dolayı mobilya endüstrisinde, inşaat sektöründe, iç ve dış mekanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Efe ve Kasal, 2007). Ahşap kompozit malzemeleri kullanılan hammadde ve üretim yöntemlerine göre sınıflandırılması Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Şahin, 2018).



Şekil 2.1. Ahşap kompozit malzemeler (Şahin, 2018)

## 2.2. Lif Levha

Lif levha; otsu veya odunsu lignoselülozik kaynaklardan elde edilen liflerin, doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak oluşturulan levha taslağının preslenmesi sonucu kalınlığı en az 1.5 mm ve daha fazla olan ürünler olarak tanımlanmaktadır. Lif levhaların üretiminde nem direnci, sağlamlık, yanma ve çürümeye karşı dayanıklılığı arttırmak amacıyla yapıştırıcı maddeye ek olarak gerekli diğer bazı maddeler katılabilir (Muğla, 2010).

Dünyada orta-yüksek yoğunlukta lif levha (MDF/HDF) üretimi sürekli artış göstermektedir. Yonga levhaya ikame ürün olan lif levha, hızla gelişerek sektörde yonga levhanın önüne geçmiştir. Bunun başlıca nedenleri, gerekli hammaddenin yonga levha kadar sınırlı alanda ve türde olmayışı, yonga levhaya kıyasla masif ağaç malzeme gibi daha kolay işlenebilmesi, fiziksel özellik ve mekanik mukavemet değerlerinin üstünlüğü, üretilen ürünlerin pazardaki yerinin daha geniş olması şeklinde sıralanabilir (Akgül vd., 2013).

Lif levhalar;

- Hammadde ve lif üretim yöntemlerine göre (iğne yapraklı, geniş yapraklı)
- Lif keçesi oluşturma yöntemlerine göre (kuru yöntem, yaş yöntem)
- Özgül ağırlıklarına göre (düşük yoğunlukta, orta yoğunlukta, yüksek yoğunlukta lif levhalar)
- Kullanım yerlerine göre (iç ve dış ortam) sınıflandırılabilir (Şahin, 2011).

Lif levhaların özgül ağırlıkları ise TS EN 316'ya göre sınıflandırılmış haliyle Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Özgül ağırlıklarına göre lif levhalar (TS EN 316)

Lif Levha Türleri		Özgül Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )
Düşük Yoğunluktaki / Yumuşak Lif Levhalar (LDF)		400 kg/m <sup>3</sup> 'den az
Orta Yoğunluklu / Orta Sert Lif Levhalar (MDF)	Düşük Yoğunluklu Orta Sert Lif Levhalar	400 kg/m <sup>3</sup> -560 kg/m <sup>3</sup>
	Yüksek Yoğunluklu Orta Sert Lif Levhalar	560 kg/m <sup>3</sup> -900 kg/m <sup>3</sup>
Yüksek Yoğunluktaki / Sert Lif Levhalar (HDF)		900 kg/m <sup>3</sup> 'den fazla

Türkiye lif levha üreticileri m<sup>3</sup>/gün başına düşen kapasiteleri ile birlikte Çizelge 2.2'de gösterilmiştir (ORSİAD, 2019).

Çizelge 2.2. Türkiye'deki lif levha üreticileri (ORSİAD, 2019)

	Kapasite (m <sup>3</sup> /gün)
Yıldız Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ş.	5.100
Kastamonu Ağaç San. ve Tic. A.Ş.	3.875
Çamsan Entegre (Bodurlar) Ağaç San. Ve Tic. A.Ş.	2.000
Starwood Orman Ürünleri A.Ş.	1.925
Yıldız Sunta MDF A.Ş.	1.800
AGT Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.	1.335
Teverpan Ağaç Sanayii A.Ş.	1.335
Divapan Entegre Ağaç Panel San. Tic. A.Ş.	1.070
Çamsan Poyraz A.Ş.	820
Veziroğlu Vezirköprü Orman Ürünleri ve Gıda Tic A.Ş.	600
SFC (Kronospan) Entegre Orman Ürünleri San. ve Tic. A.Ş.	475
Beypan A.Ş.	300
SBS A.Ş.	300
Balkanlar MDF A.Ş.	200
Selolit A.Ş.	60
<b>TOPLAM</b>	<b>21.185</b>

### **2.2.1. Orta yoğunlukta lif levha**

Orta yoğunlukta lif levha (MDF Medium Density Fiberboard); yoğunlukları 500-900 kg/m<sup>3</sup> arasında değişen, lignoselülozik hammaddelerden üretilen ve orta yoğunlukta lif levha ürünü olan kompozit ürünlerin en önemli olanıdır. Liflerin, levha boyunca homojen dağılım göstermesi ve birbiri ile kuvvetli bağ yapmalarından dolayı MDF levhalarının mukavemet özellikleri her yönde eşit ve oldukça yüksektir. Diğer levha ürünlerine göre üretim maliyeti yüksektir (Şahin, 2011).

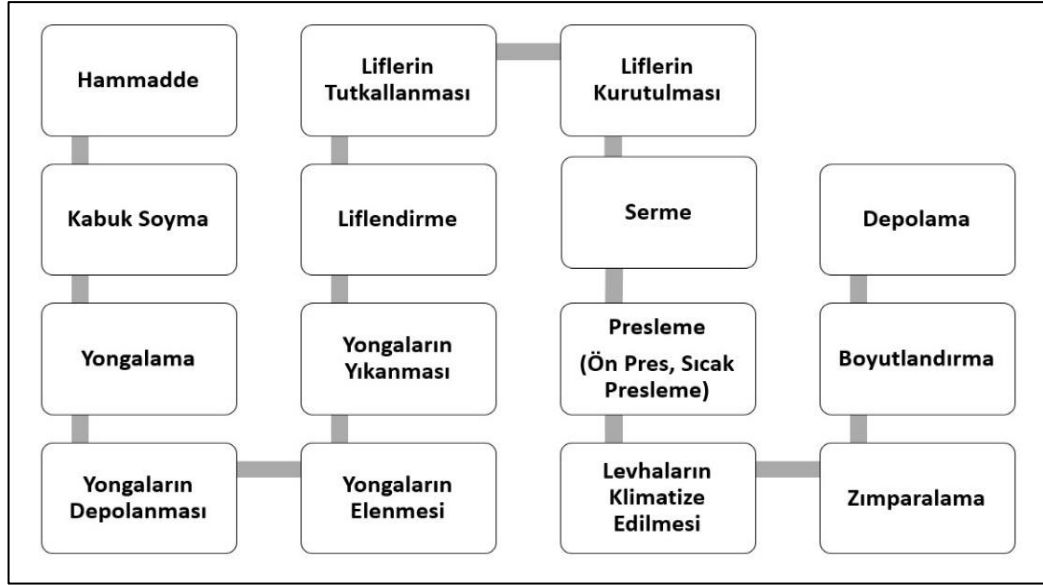
MDF; yüzeyi düzgün, kaplama, baskı ve boya yapılabilen ve de ağaç işleme makineleri aracılığıyla masif odun gibi kolay işlenebilen bir malzemedir. MDF, mobilya endüstrisinde belli başlı alanlarda yoğun olarak kullanılmasının yanı sıra, bugün sektörde ahşabın kullanıldığı diğer birçok alanda da masif malzemeye ikame olarak kullanılmaktadır.

MDF yapı, inşaat ve makine sektöründe taban, tavan, iç, dış cephe, ofis donanımları vb. gibi hayatımızın birçok alanında farklı amaçlar için farklı şekillerde kullanılmaktadır (Güller, 2001).

### **2.2.2. Yüksek yoğunlukta lif levha**

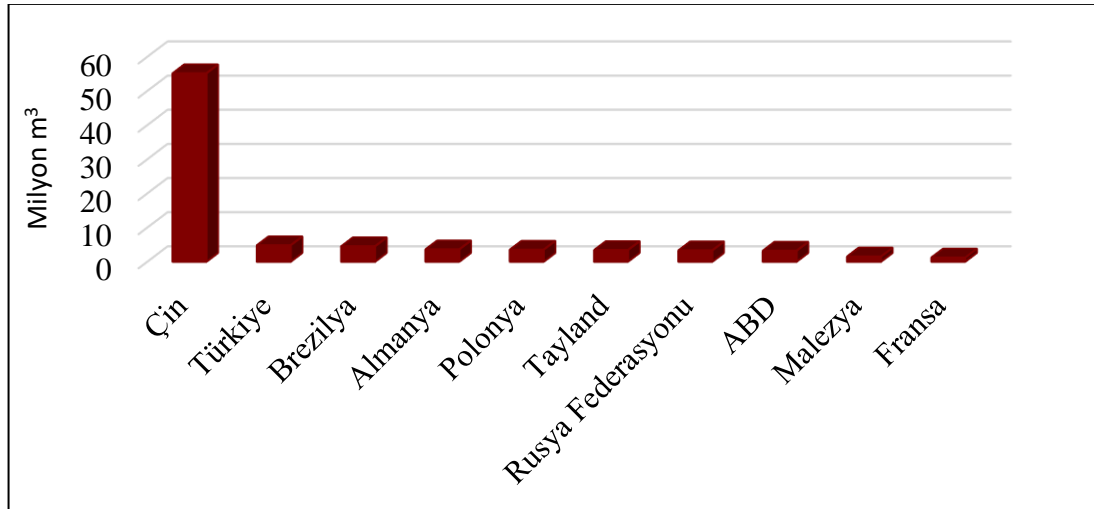
Yüksek yoğunlukta lif levha (HDF High Density Fiberboard); yoğunlukları 900 kg/m<sup>3</sup>'den fazla olan yaş ve kuru yöntemle üretimi gerçekleştirilen sert lif levhalardır (Şahin, 2011). Günümüzde sert lif levhalar daha çok kuru yöntem ile üretilmektedir. HDF üretiminde kullanılan kuru yöntemde, taslak oluşumunda sulu ortam kullanılmaz ve lifler kuru ortama serilir, sıcaklık ile sertleşen tutkal yardımıyla liflerin yapışması sağlanır. Kullanılan bu yöntem ile üretimi gerçekleştirilen levhaların her iki yüzeyi de düzgün olur ve HDF'lerin en önemli özelliğidir. Yüksek direnç özelliklerinden dolayı yapısal uygulamalarda, mobilyacılıkta ve otomotiv sektöründe tercih edilmektedir (Güller, 2001; Külçe, 2016).

Şekil 2.2'de kuru yöntemle lif levha üretiminin iş akış şeması verilmiştir (Güller, 2001).



Şekil 2.2. Kuru yöntemle lif levha üretimi (Güller, 2001)

Ülkemiz, 2000’li yıllardan başlayarak orta-yüksek yoğunlukta lif levha (MDF/HDF) üretim miktarlarında hızlı bir artış gösterip, dünyanın sayılı üreticileri arasında üst sıralarda yer almayı başarmıştır (İstek vd., 2017). Faostat’ın 2020 yılı verilerine göre, Dünya’da en fazla MDF/HDF üretimi 55,15 milyon m<sup>3</sup> ile Çin’de gerçekleşmiştir. Şekil 2.3’de Türkiye 4,8 milyon m<sup>3</sup> üretim ile ikinci sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2020).



Şekil 2.3. 2019 yılında en fazla MDF/HDF üretimi gerçekleştiren ilk 10 ülke (FAOSTAT, 2020)

Son yıllarda MDF/HDF üretimi önemli oranda artış göstermektedir ve bunun bir sonucu olarak, ahşap kompozit endüstrisinde geniş pazar payına ulaşmıştır (Özdemir vd., 2018). Çizelge 2.3’de görüldüğü gibi Türkiye için son 10 yılın performansı

değerlendirildiğinde üretim açısından yıllık ortalama %'nin büyüme ile 2016 yılında en yüksek 5,1 milyon m<sup>3</sup> üretim gerçekleştirirken, 2017 yılında en yüksek 7,7 milyon m<sup>3</sup> ihracatını gerçekleştirmiştir (FAOSTAT, 2020).

Çizelge 2.3. Türkiye’de son 10 yılda gerçekleştirilen üretim ve ihracat miktarları (FAOSTAT, 2020)

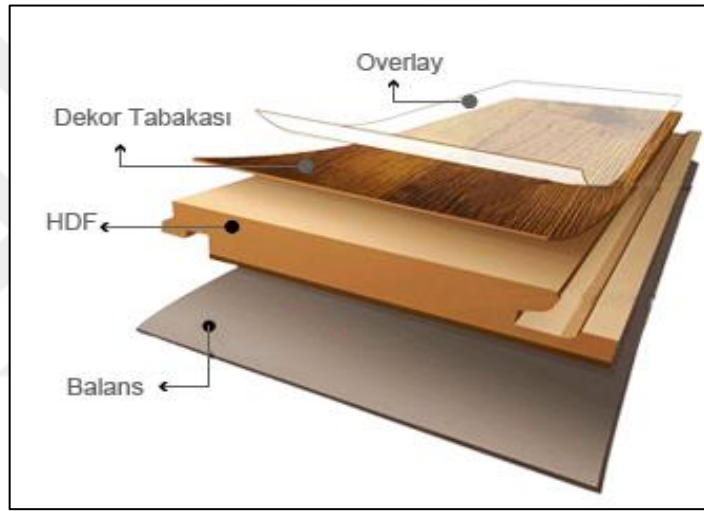
Yıllar	Üretim (m <sup>3</sup> )	İthalat (m <sup>3</sup> )	İhracat (m <sup>3</sup> )	İthalat Değeri (1000 \$)	İhracat Değeri (1000 \$)
2009	2916000	172000	456000	60439	194754
2010	3265000	232000	538000	91814	220148
2011	3570000	311000	556000	127851	237829
2012	3900000	420000	465000	142873	236783
2013	4285000	332000	359622	116214	223288
2014	4885000	253788	457640	91809	261082
2015	4777000	220000	534000	64367	236862
2016	5069000	178000	530000	50467	233844
2017	4747000	115000	770000	41530	292571
2018	4910000	15000	181000	8359	76061
2019	4800000	11000	232600	5342	94814

### 2.3. Laminat Malzeme

Almanya tarafından dünyaya 1990’lı yılların başında yayılmaya başlayan laminat parke, Türkiye’de sektörel olarak 1994 yılı itibariyle tanınmıştır. Meşe ve kayın gibi üretimi nispeten diğer türlere göre ekonomik ve fiziksel açıdan zor olan, 1999-2000 yıllarından itibaren de devletin orman emvali üretim politikalarında yapmış olduğu vasıflı odun-endüstriyel odun ayırımına yönelik kalıcı kararlarla da tedariki ekonomik açıdan zorlaşan bu türdeki ağaçlardan yapılan klasik parkeler, laminat parkenin üretiminde kullanılan atıl orman emvallerinin mobilya sanayisine kazandırılmasının ardından piyasaki yerini korumakta güçlük çekti. Bu sebeple, mekanizasyona ve endüstriyel üretime daha elverişli laminat parke üretimine geçiş olması dünyada olduğu gibi Türkiye pazarında da laminat parke tüketimini yaygınlaştırdı ve satışı hızlandırdı (AİMSAD, 2017).

Ahşap esaslı levhalar (yonga levha, lif levha, kontrplak vb.) tek bir ürün şeklinde mobilya ve dekorasyon endüstrisinde bir anlam ifade etmemektedir. Ahşap esaslı levhaların üretiminin hızlı bir şekilde artmış olmasının yanı sıra levhaların kullanıldığı

alanları artırmak ve yüzeyinde kalite iyileştirmesini sağlamak amacıyla levha yüzeyleri farklı malzemeler ile kaplanmaya başlanmıştır (Aksu, 2009; Budakçı ve Akkuş, 2011). Yüzey kaplama malzemesi olarak melamin emdirilmiş dekor kağıtları, reçineli filmler, ağaç kaplama levhalar ve laminatlar kullanılmaktadır (İstek vd., 2017). Laminat malzeme; fenolik reçine ile iç (orta) tabakaları doyurulmuş özel nitelikli kâğıt malzemeler ve üst tabakası ya da tabakaları da aminoplastik reçine ile işlem görmüş dekoratif baskılı kâğıt tabaka veya tabakalardan oluşan, yüzeyleri düzgün, kenarları birbirine paralel, baş ve yan kısımlarına lamba ve zıvana açılmış döşeme kaplama malzemeleridir (Nemli vd., 2004a; Döngel vd., 2015). Şekil 2.4’de laminat parkenin katmanlarına yer verilmiştir (Anonim, 2019).



Şekil 2.4. Laminat parke katmanları (Anonim, 2019)

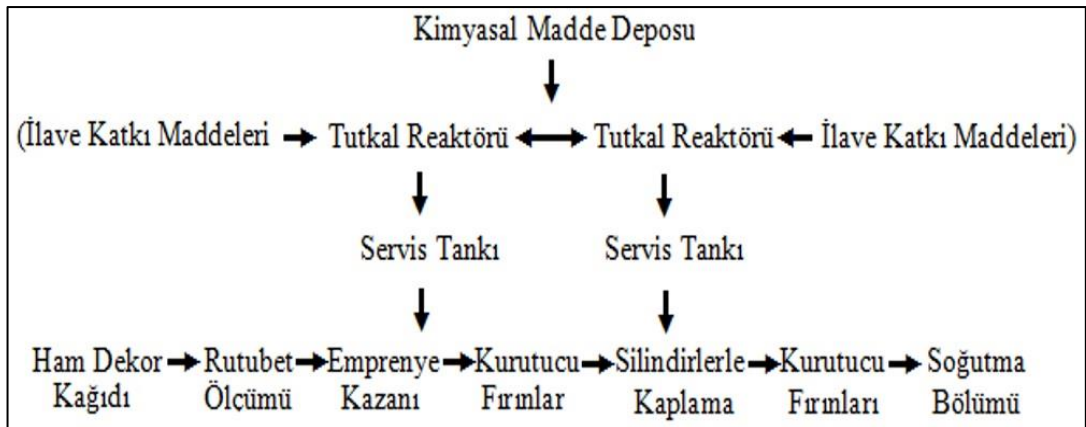
Ağaç malzemenin fiyatının artmasıyla ikame ürün olarak, ondan daha ucuz, daha dayanıklı, yüzeyinin herhangi bir işlem uygulanmaması ve desen çeşitliliğinin olmasından dolayı laminatlar kullanılmaya başlamış ve piyasada da yer edinmiştir. Zaman içerisinde laminatta meydana gelen yenilenme ve gelişmeler, desen ve yüzey şekillerindeki çeşitlilikle mobilya ve dekorasyonda yüzey kaplaması olarak kullanımını artırmıştır (Karayılmazlar ve Aşkın, 2001).

Levha endüstrisinde kullanılan laminat malzemeler;

1. Yüksek Basınç Laminatları (HPL),
2. Rulo-Boin Laminatları (CPL)

olmak üzere iki çeşittir (Nemli vd., 2004b).

Farklı tutkallar ile emprenye edilmiş kâğıtların özellikleri de tutkalın yapı ve özelliklerine bağlıdır. Ayrıca, kullanılan kâğıt türlerinin de emprenye işleminde ve kaplama sonrası yüzeyin kalitesi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Laminasyon sonrasında kaliteyi etkileyen faktörlerden biri de kâğıdın ağırlığıdır. Dekor kâğıtlarının ağırlığı, sıvı geçirgenliği, nem ve mukavemet gibi özellikleriyle beraber emprenye işleminde kullanılan tutkalın; sıcaklığı, viskozitesi, sertleşme süresi, yoğunluk gibi özellikleri de önemlidir. Emprenye işlemi sırasında uygulanan metotlar emprenye işlemlerini etkileyen faktörlerdir. Kaplama işleminde ise pres basıncı, sıcaklığı, süresi ve çalışma şekli gibi faktörler laminasyon kalitesine etki eden faktörlerdir. Tüm bu değerlere üretim aşamasında dikkat edilmesi zorunludur (Aksu, 2009). Levha yüzeyine yapıştırılacak kâğıdın, emprenye işleminin başarılı olabilmesi için kullanılacak kimyasal maddelerin; viskozitesi, sıcaklığı, kullanım oranının çok dikkatli ve iyi bir şekilde ayarlanması gerekir. Yaygın olarak; melamin ve üre reçineleri, ıslatma kimyasallar ve sıcak preslemede kâğıdın pres plakalarına yapışmasını engellemek için kullanılan çeşitli kimyasallar, sertleştirici ve köpük önleyici kullanılmaktadır (Uz, 2019). Şekil 2.5’de emprenyeli kâğıdın üretim iş akışı verilmiştir.



Şekil 2.5. Emprenyeli kâğıt üretim hattı ve iş akışı

Nemli vd. (2004a), laminat malzemeler, renk, doku, desen çeşitliliğinin çokluğu, ekonomik ve estetik avantajlarının yanı sıra renk değiştirme gibi problemleri olmaması, yüzey aşınma, çatlama, lekelenme, çizilmeye, darbeye, suya veya rutubete, yanmaya, güneş ışınlarına, ısıya, asitlere ve bazlara karşı dayanma gücü yüksek ürünlerdir.

Laminat malzemeler;

- Evlerde; muftak tezgâhları, kapı, korniş, süpürgelik, pencere denizlikleri, taban ve tavan kaplamalarında, banyo ve mutfak dolabı kasaları,
- Okullarda; okul sırası, masa ve kürsüde,
- Ofislerde; ofis mobilyalarında,
- Yolcu taşıma araçlarında (gemi, otobüs, tren),
- Dış cephe kaplamaları vb. gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

## 2.4. Kâğıt Emprenyesinde Kullanılan Tutkallar

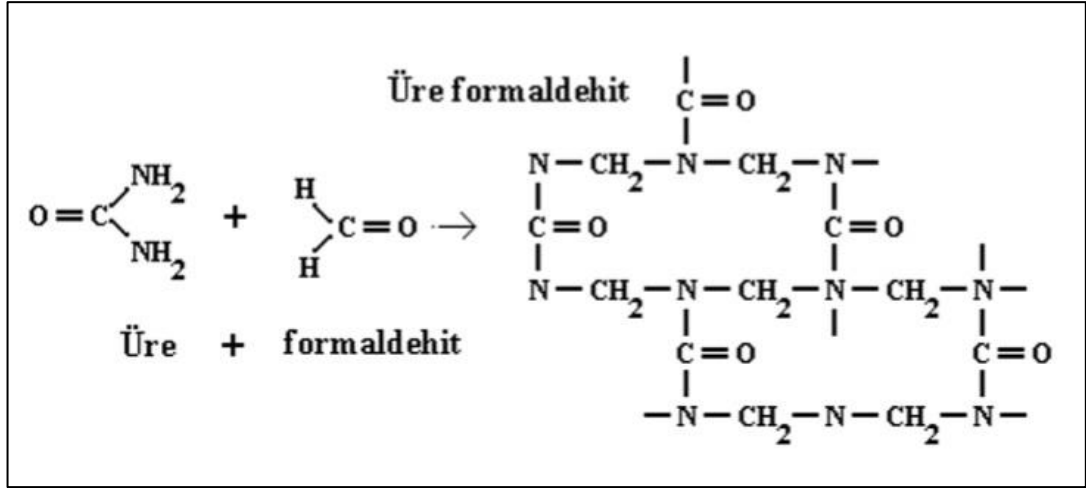
### 2.4.1. Üre formaldehit tutkalı

Üre formaldehit tutkalı (ÜF), diamin ya da triamin'in formaldehit ile reaksiyonu sonucu oluşan üründür. Nötral ortamda üre ile formaldehitin ekleme reaksiyonu veya asidik ortamda kondenzasyon reaksiyonu ile üretilmektedir. Ekleme reaksiyonunda sertleştirici olarak güçlü asitler kullanılmaktadır (Şahin, 2018).

Üre formaldehit reçineleri, piyasada sıvı ya da toz halde bulunmaktadır. Toz halde olan taşıma kolaylığı ve depolama süresinin daha uzun olmasından dolayı daha kullanışlıdır. Kullanım sırasında suda çözeltilmektedir. Sertleştirici madde de sıvı veya toz şeklinde olmaktadır. Bazen sertleştirici maddelerle karıştırılmış olarak hazırlanan reçine şeklinde de piyasaya sunulmaktadır. Sıvı haldeki reçineler depolarda 3-6 ay dayanırken, toz halde olanı 1 yıl bozulmadan muhafaza edilebilmektedir (Huş, 1962).

Üre formaldehit tutkalının özelliklerini etkileyen faktörler arasında sıcaklık, reaksiyon süresi, pH değeri, katalizör konsantrasyonu ve üre formaldehitin molar oranı bulunmaktadır (Filiz vd., 2011). Üre formaldehit tutkalında, üre/formaldehit mol oranı genellikle 1'den yüksek ve 1,2-1,5 arasında olmaktadır (Şahin, 2018).

Şekil 2.6'da verildiği gibi üre ile formaldehit arasındaki reaksiyon iki aşamada gerçekleşmektedir (Aksu, 2009).



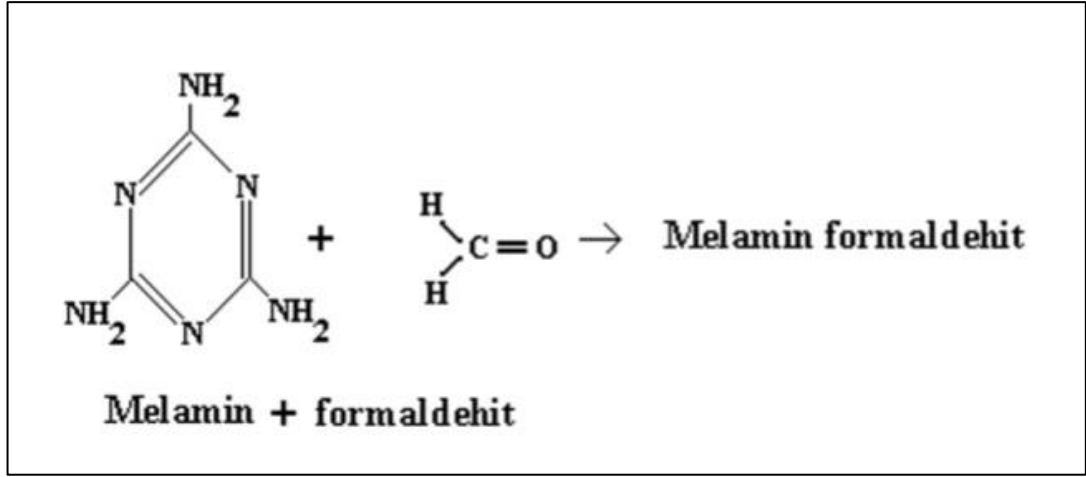
Şekil 2.6. Üre formaldehit tutkalı (Aksu, 2009)

Aksu (2009), üre formaldehit tutkalı;

- Renksiz,
- Kokusuz,
- Suda çözünür,
- Güçlü adezyon özelliğine ve çok termal özelliklerine sahip,
- Rutubete ve suya karşı dayanıksız,
- Diğer tutkallara oranla, düşük sıcaklıklarda sertleşmekte ve
- Formaldehit emisyonu yüksektir.

#### 2.4.2. Melamin formaldehit tutkalı

Şekil 2.7’de gösterilen melamin formaldehit tutkalı (MF), kısaca melamin tutkalı olarak da bilinmekle beraber, melamin reçinesinin formaldehit ile reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Aksu, 2009). Depolama şartlarında uzun süre muhafaza edilebilmesi için piyasadan toz halde temin edilir. Kullanım sırasında su ile karıştırılarak çözelti haline getirilebilmektedir (Şahin, 2018). Melamin formaldehit tutkalı üretim aşamasında, reaksiyon ortamının pH değeri 5-6 olarak ayarlanmaktadır. 1 mol melamin ile 6 mol formaldehit karıştırılarak reaksiyon başlar, aşamalı olarak devam eder (Gerengi, 2012).



Şekil 2.7. Melamin formaldehit tutkalı (Aksu, 2009)

Melamin formaldehit reçinelerinin üretim aşaması, üre formaldehit reçinelerinin üretim aşamasına benzemektedir. Fakat melamin reçineleri üre ve fenol reçinelerine göre daha pahalı olmasına karşın rutubete dayanıklılığı üre reçinelerinden daha fazla, fenol reçinelerinden ise daha azdır. Melamin 90-140 °C'ler arasında herhangi bir sertleştiriciye gereksinim duymadan sertleşebilmektedir (Filiz vd., 2011).

Melamin formaldehit, dekoratif laminatlarda, tutkallarda, kaplama ve diğer ürünlerde kullanılan sert ve katı formda polimerik bir maddedir (Gerengi vd., 2012). Emprenye işleminde kullanılan melamin formaldehit tutkalı, yüzey kaplama tutkalı olarak da kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklık ve basınçla sertleşerek levha yüzeylerinde aşınma direnci, çizilme direnci gibi yüzey özelliklerinin performansını olumlu yönde etkilemektedir. Ayrıca melamin formaldehit tutkalı, neme karşı dayanıklı, yüksek aşınma ve ısı direncine sahip, renk stabilizesi ve elektrik izolasyonu olan, kimyasal maddelere karşı dayanıklı ve formaldehit emisyonu düşük olan tutkaldır (Aksu, 2009).

## 2.5. Emprenyeli Kâğıt

Kutluata (2018), emprenye edilebilir ham kâğıtlar, levha yüzey kaplamalarında istenilen niteliklere göre, farklı özellikler ve gramajlarda üretilmektedir.

- **Dekor kâğıdı:** Ana malzemesini oluşturan baz kâğıt üretimi,  $\alpha$  selüloz hamuru olarak adlandırılan ve kimyasal bir selüloz olmayıp odun selülozunun 20 °C de

%17,5'luk sodyum hidroksit çözeltisi ile muamelesinde çözünmeden kalan kısmını oluşturmaktadır.

- **Balans kâğıdı:** Levha yüzeyinin görünmeyen kısmında levhanın dekor basılan yüzeye dönmesini engellemek amacıyla kullanılır ve direnç özellikleri önemlidir.
- **Overlay kâğıdı:** Levha yüzeylerinde meydana gelebilecek çizilme, aşınma ve darbe dayanımı gibi faktörlerin etkisini artırmak için kullanılan kâğıt türüdür. %100  $\alpha$  selüloz ile üretilir ve kül değeri sıfır çıkar. Emprenye işlemi sırasında yüzeyine alüminyum oksit muamelesi yapılarak kullanılır ve yüksek direnç özellikleri sağlanır.

Çizelge 2.4'de tam kuru ağırlık üzerinden verilen oranlar, kâğıt türüne ve istenen direnç özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir (Kutluata, 2018).

Çizelge 2.4. Emprenye edilebilir ham kâğıtların içerikleri (Kutluata, 2018)

<b>Emprenye Edilmiş Dekor Kâğıdı İçeriği (%)</b>	
Ham dekor kâğıdı	38.4
Melamin + Üre reçinesi	60.4
Sertleştirici, Anti blok, Islatıcı, Ayırıcı vb.	1.2
<b>Emprenye Edilmiş Balans Kâğıdı İçeriği (%)</b>	
Ham balans kâğıdı	40
Melamin	57.5
Sertleştirici, Anti blok, Islatıcı, Ayırıcı vb.	2.5
<b>Emprenye Edilmiş Overlay Kâğıdı İçeriği (%)</b>	
Ham overlay kâğıdı	20.9
Melamin	66.6
Sertleştirici, Anti blok, Islatıcı, Ayırıcı vb.	1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.5

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

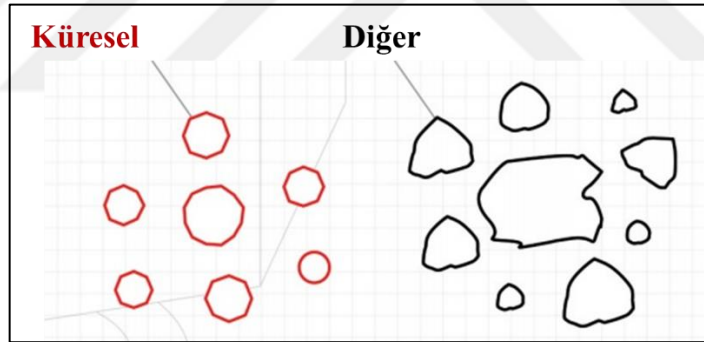
#### 3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan ham overlay kâğıt ve partikül boyutlarına göre alüminyum oksitler ( $Al_2O_3$ ) AGT Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. fabrikasından temin edilmiştir. Overlay kâğıdına ait özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Overlay kâğıdı özellikleri

Gramaj	$g/m^2$	$25 \pm 2.0$
Islak Gerilme Direnci	N/15 mm	$>5.5$
Porozite	$l/m^2s$	$>100$
Kılcallık Etkisi	mm/10 min	$<70$
pH Değeri		$6.2 \pm 0.5$

Yapı olarak daha küresel yapıdaki  $Al_2O_3$ ’ler yüzey kalitesine olumlu yönde katkı sağlamaktadır. Şekil 3.1’de çalışmada kullanılan  $Al_2O_3$ ’in yapısı verilmiştir.



Şekil 3.1.  $Al_2O_3$  yapısı

AR-GE departmanında üretimi gerçekleştirilen laminat levhalar gerekli koruma tedbirleri alınarak Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarına getirilerek yüzey renk ve yüzey parlaklık ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

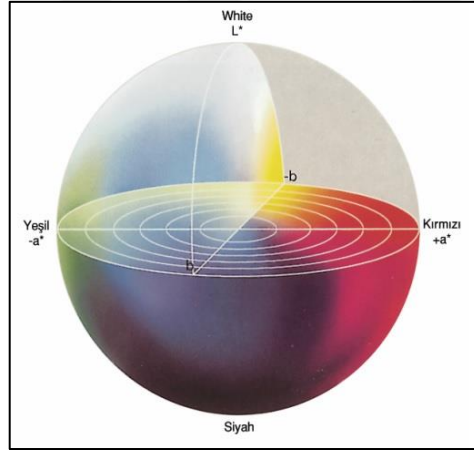
## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Yüzey kalite özellik değerlerinin değerlendirilmesi

#### 3.2.1.1. Yüzey renk özelliği

Renk dünyanın meydana gelişinden itibaren tüm varlıklarla birlikte insanoğlunun da hayatının her noktasında etkileyici bir faktör olmakla beraber yapılan tercihlerde de en belirleyici etkenlerden bir tanesi çoğu zaman renk olmaktadır. İnsan gözü normal şartlarda 400-700 nm arasındaki beyaz ışık dediğimiz asıl adıyla görülebilir spektrumu görür. Kişiden kişiye değişiklik gösteren renk algısı somut bir sonuca varıncaya kadar göreceli kalabilmektedir (Şahinbaşkan, 2007).

Bu değişken durumu açıklığa kavuşturmak için renk ölçüm sistemleri oluşturulmuştur. Bu sistemlerden CIE L\*a\*b renk sistemi günümüzde en çok kullanılanlardan bir tanesidir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. CIE L\*a\*b\* renk sistemi

L\*a\*b\* renk sisteminin yapısı, bir rengin aynı zamanda hem yeşil hem kırmızı veya hem mavi hem sarı olamayacağı kuramından yola çıkmaktadır. Sonuç olarak kırmızı/yeşil ve sarı/mavi tanımlamalarını tarif etmek amacıyla bazı basit değerler kullanılabilir (Köse ve Şahinbaşkan, 2008). Renkte meydana gelecek değişimler için;

**L\*:** Açıklık (lightness) koordinatı, açık ile koyu renk arasındaki farkı ( $L^*=100$ , açık veya beyaz;  $L^*=0$ , koyu veya siyah),

**a\***: kırmızı/yeşil koordinatı, yeşil (-a\*) ile kırmızı (+a\*) renk arasındaki farkı,

**b\***: sarı/mavi koordinatı mavi (-b\*) ile sarı (+b\*) renk arasındaki farkı,

**ΔE** : Tüm değerlerin kombinasyonu olarak toplam renk farkını tanımlamaktadır (Şahin, 2002).

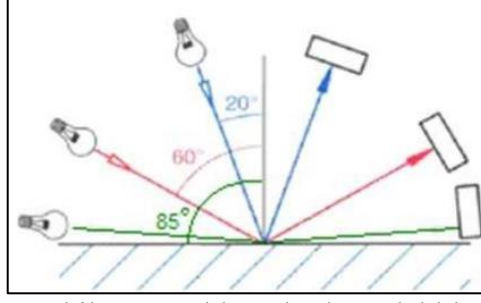
Çalışmada yapılan ΔE hesaplamalarının tümü bilgisayar tarafından sürekli kontrol altında tutulabilir halde, taşınabilir X-Rite SP 968 spektrofotometre cihazı ile yapılmıştır.

### 3.2.1.2. Yüzey parlaklık özelliği

Yüzey parlaklığı, bir cismin yüzeyine gelen ışık miktarının yüzeyden yansıyan ışığın miktarına oranı olarak adlandırılmaktadır. Işığın yansıma derecesi, yüzeyin fiziksel ve kimyasal özellikleriyle doğrudan alakalıdır. Parlaklık, Glossmetre denilen cihazlarla ölçülür ve birimi de gloss'dur.

Ölçümün açısı yüzeyin yapısıyla doğrudan ilgilidir. Yüzeydeki pürüz ve düzensizlikler, ışığın doğru yansımaya engel olarak yüzeyin parlaklığını azaltır. Bununla beraber yine malzemenin özelliğine bağlı olacak şekilde, yüzeye gelen ışınların cisim tarafından kısmen kırılması ile cismin yansıtma derecesi kısmen azalır. Tam yansımada ise yönü, geldiği açıyla tamamen değişen ışın demeti, yüzeye ulaştığında elde edilecek maksimum parlaklık sağlanmış olur (Anonim, 2021a).

Yapılan araştırmalar, yüzeye 20°, 60° ve 80° açılarla uygulanan ölçümlerin optimum sonuç sağladığını göstermiştir (Şekil 3.2). Bu açılarda yapılan ölçümler bizlere aynı zamanda parlak, yarı parlak ve mat gibi parlaklık seviyelerini belirleyici faktör olmuştur. Glossmetre cihazının hassasiyeti de kullanılan açı değerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Düşük açılar ile yüksek parlaklık oranları (>70GU) elde edilebiliyorken, düşük parlaklık oranları (<10 GU) için de daha yüksek açılara ihtiyaç duyulmaktadır (Anonim, 2021b).



Şekil 3.2. Farklı açılarda parlaklık

Çalışmada yüzey parlaklık ölçümlerinin tamamı Pacific Scientific Glossgard II 60° glossmeter cihazı ile 60°'lik açıda yapılmıştır.

### 3.2.1.3. Duyusal analiz/leke ölçümü

Laminat parke yüzeylerinde oluşan beyaz lekelenmelerin değerlendirilebilmesi için duyu analizi yöntemi ile görsel kontrol yapılmıştır. Bu amaçla; 10x30 cm boyutlarında şablon hazırlanmış, şablon içerisine 30 adet 4 cm<sup>2</sup>'lik kare çizilmiş, bunlardan 10 adeti rassal olarak belirlenmiştir. Böylece her bir örnekteki lekenme adetleri belirlenmiştir.

### 3.2.2. Deney tasarımı

Günümüzde hızlı gelişen teknolojiler ile paralel tüketici bilinci de sürekli artmaktadır. Böyle ortamlarda işletmeler ürünlerini müşteri beklentilerine uygun özelliklerde sunabilmek amacıyla sürekli rekabet içinde olmak zorundadır. İşletmeler bu rekabet koşullarına ayak uydurabilmenin sürekli büyüme, gelişme ve iyileştirmeye mümkün olabileceğinin farkındadır. Dünya üzerinde üretim problemlerini gidermek, iyileştirmek ve rakiplerin önüne geçebilmek için geliştirilmiş bazı yöntemler bulunmaktadır (Şanyılmaz, 2006; Ekincioglu, 2016).

Deney Tasarımı, bir veya birden fazla bağımsız değişkenin etkisi altında olan faktörlerin, bağımlı değişken üzerinde verdiği sonuçları analiz eden bir tekniktir (Özdemir, 2018). Deney Tasarımı, 1920'lerde istatistik biliminin babası sayılan İngiliz istatistikçi Sir Ronald Fisher tarafından, tarım alanında araştırmalar yaparken bulunmuş ve deney verilerinin analizi için bugün klasik sayılan "varyans analizi" (ANOVA) yöntemini de geliştirmiştir. Yöntem, kısa bir süre içerisinde Amerika'da

tarım sektörünün üretimin geliştirilmesi için yoğun olarak uygulanmış ve Amerika'nın bu alanda dünya lider konuma gelmesine büyük katkı sağlamıştır. Tarım alanında, çeşitli gübre ve dozları ile iklim koşullarının ve sulama düzeylerinin çeşitli ürünlere olan etkilerini belirlemek üzere uygulanmıştır. Yöntemin imalat sektöründeki uygulamaları 1970'lere kadar sınırlı kalmış olsa da kimya ve ilaç sektörlerinde uygulanmaya devam edilmiştir (Şirvancı, 1997).

W. Edwards Deming'in Japonya'da kalite üzerine verdiği konferansların ardından yöntem, Japon araştırmacılar tarafından uygulanmaya başlanmış ve kaliteli ürün geliştirmek, maliyeti olabildiğince düşürmek için geliştirilmiştir. Sir Ronald Fisher'ın buluşlarından sonra 1980'li yıllarda Prof. Genichi Taguchi, Deney Tasarımına kuramsal yenilikler getirmemiş fakat üretimdeki uygulamalarda yenilik yapmış ve uygulamalardaki başarısı sayesinde imalat sektöründe de kabul görmesini sağlamıştır (Topçu, 2018).

Günümüzde deney tasarımı (DT),

- Süreç çıktılarını geliştirmek,
- Değişkenliği minimize ederek hedef değere yaklaştırmak,
- Ürün geliştirme süresini kısaltmak,
- Toplam maliyeti azaltmak

gibi mevcut süreçlerin geliştirilmesinde kullanılırken;

- Temel tasarım şekillerinin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi,
- Alternatif malzemelerin değerlendirilmesi,
- Farklı şartlarda çalışacak ürünler için tasarım parametrelerinin belirlenmesi,
- Ürün performansına etki edecek tasarım parametrelerinin belirlenmesi

şeklinde yeni süreçlerin yapılandırmasında kullanılmaktadır (Şanyılmaz, 2006; Yılmaz, 2010).

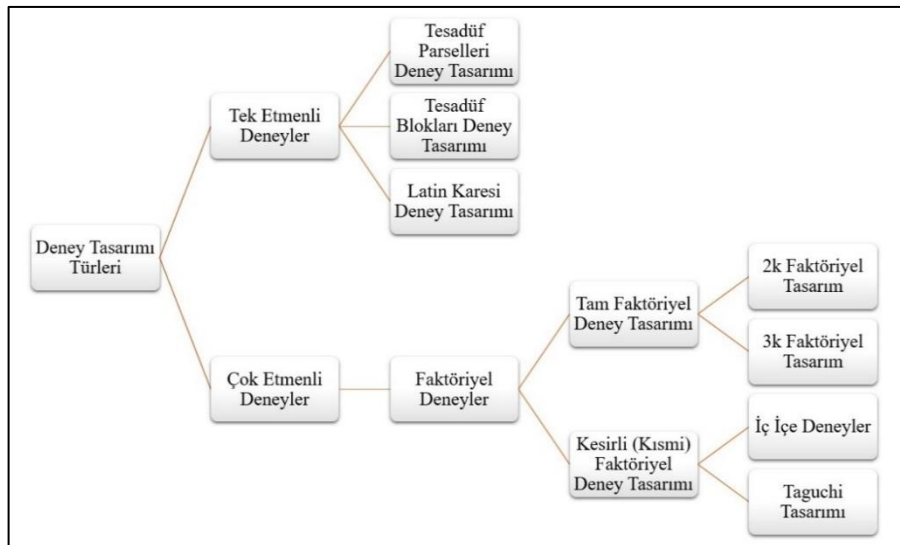
D.T.'nin dayandığı temel prensipler, İngiliz bilimadamı Fisher tarafından geliştirilmiştir. Bu prensipler “Tekrarlama”, “Rastgeleleştirme”, “Bloklaama” şeklindedir (Ekincioglu, 2016).

Taylan (2009), Deney Tasarımı adımlarını;

1. Problem belirlenmesi,
2. Amacın belirlenmesi,
3. Performans karakteristiğinin seçilmesi,
4. Performans karakteristiğini etkileyen faktörlerin seçilmesi,
5. Faktörlerin düzeylerinin seçilmesi,
6. Deney tasarımının seçilmesi,
7. Verilerin toplanması,
8. Verilerin analiz edilmesi,
9. Sonuçların yorumlanması,
10. Doğrulama deneylerinin yapılması

olmak üzere 10 adımda belirlemiştir.

Temel başlıklar altında sınıflandırılan deney tasarımı türleri Şekil 3.4’de verilmiştir (Okumuş, 2015).

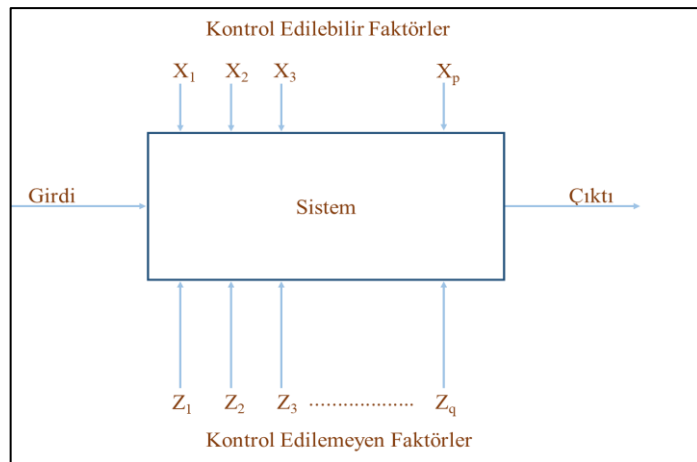


Şekil 3.4. Deney tasarımı türleri (Okumuş, 2015)

## Taguchi deney tasarımı

1 Ocak 1924'te Japonya'da doğan Genichi Taguchi, 1940'lı yıllardan itibaren deney tasarımında kendi ismini taşıyan Taguchi yöntemini geliştirmiş mühendistir. Dr. Taguchi, Japonya'da endüstriyel ürün ve süreç geliştirmesinde önemli çalışmalar yapmıştır. Fisher'in geliştirmiş olduğu deney tasarımı yöntemine kattığı yeniliklerle, İkinci Dünya Savaşı sonrasında Japonya'da en önemli projelerden birisi olan Japon telefon sisteminin geliştirilmesi projesiyle büyük başarı sağlayarak dünyaya adını duyurmuştur. Projenin amacı, ABD'deki AT&T Bell telefon şirketinin laboratuvarlarında kullanılmakta olan iletişim sisteminin aynısını Japonya'ya kurmaktır. Ancak Nippon Telefon ve Telgraf Araştırma Merkezi'nin büyüklüğü AT&T'nin %2'si kadardı. Projenin yaklaşık 20 yıl süreceği tahmin ediliyordu. Dr. Taguchi, bu süreyi kısaltmak amacıyla robust tasarım ve kesirli faktöriyel tasarım yöntemlerinin kullanılmasını önererek, projenin 4 yılda bitmesini sağlamıştır. Robust tasarımı geliştiren ve birçok ürünün geliştirilmesinde kullanan Taguchi 1962'de kalite alanında en önemli ödüllerden biri kabul edilen Deming ödülüne layık görülmüştür (Şanyılmaz, 2006; Taylan, 2009; Okumuş, 2015; Kandemir, 2018; Özdemir, 2018).

Taguchi metodu, Şekil 3.5'de gösterildiği gibi ürün ve süreçte değişkenliği oluşturan ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı, kontrol edilebilir faktörlerin düzeylerinin en uygun kombinasyonunu seçerek, ürün ve süreçte oluşabilecek değişkenliği en aza indirmeye çalışan bir deneysel tasarım yöntemidir (Olgun ve Özdemir, 2013).



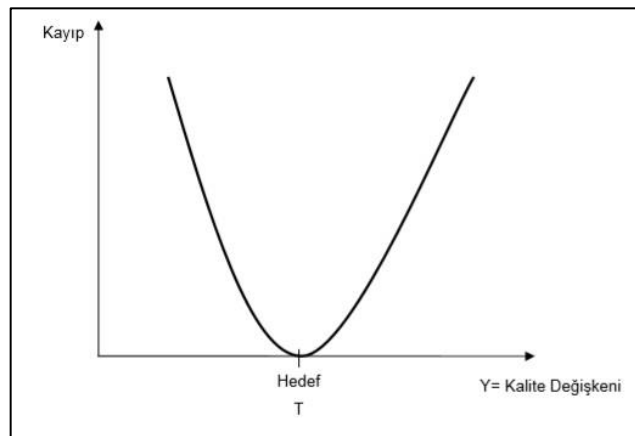
Şekil 3.5. Bir sistem veya sürece ait genel görünüm

Taguchi yöntemi ve tam faktörlü deney yöntemleri ürettikleri sonuçlar ile aynı olmasına rağmen, Taguchi yönteminde çok daha az deney yaparak, daha az çaba harcayarak aynı sonuçlara ulaşmamızı sağlar (Yılmaz ve Keskin, 2019). Temeli deney tasarımına dayanan bu yöntem, robust tasarım ve ortogonal diziler gibi kavramları kesirli faktöriyel tasarımı yöntemine ekleyerek hedef değer etrafındaki değişkenliğin azaltılmasını sağlar (Taylan, 2009). Birçok farklı sektörde şirketler tarafından kalite ve düşük maliyet için değişkenlik azaltmasında yaygın olarak uygulanmaktadır (Wu ve Chyu, 2004).

### Taguchi'nin kayıp fonksiyonu

Geleneksel kalite kontrolde, parçalar hedef değerden sapmalarına bakılmaksızın spesifikasyon sınırları içinde olup olmadıklarına göre değerlendirmektedir. Parçanın değeri sınırın altındaysa, parça yeniden işlemeye ya da hurdaya sevk edilir. Sınırın içinde olduğu durumlarda kabul edilir. Firma açısından kayıp ya sıfırdır ya da tamdır. Dr. Taguchi, bu geleneksel görüşün gerçeği aksettirmediğini düşünerek karesel kayıp fonksiyonunu geliştirmiştir (Şirvancı, 1997).

Şekil 3.6'de gösterildiği gibi yatay eksen hedeften sapma miktarını gösterirken, dikey eksen parasal kaybı temsil etmektedir. Kayıp, ürünün fabrikadan çıktığı andan itibaren oluşan tüm kaybı toplamıdır. İadeler, garanti talepleri, müşterinin tamir masrafları gibi maliyetleri de bu kayba dahildir. Hedef değerden sapma arttıkça, sapmanın karesi oranında kayıp artmaktadır (Şirvancı, 1997).



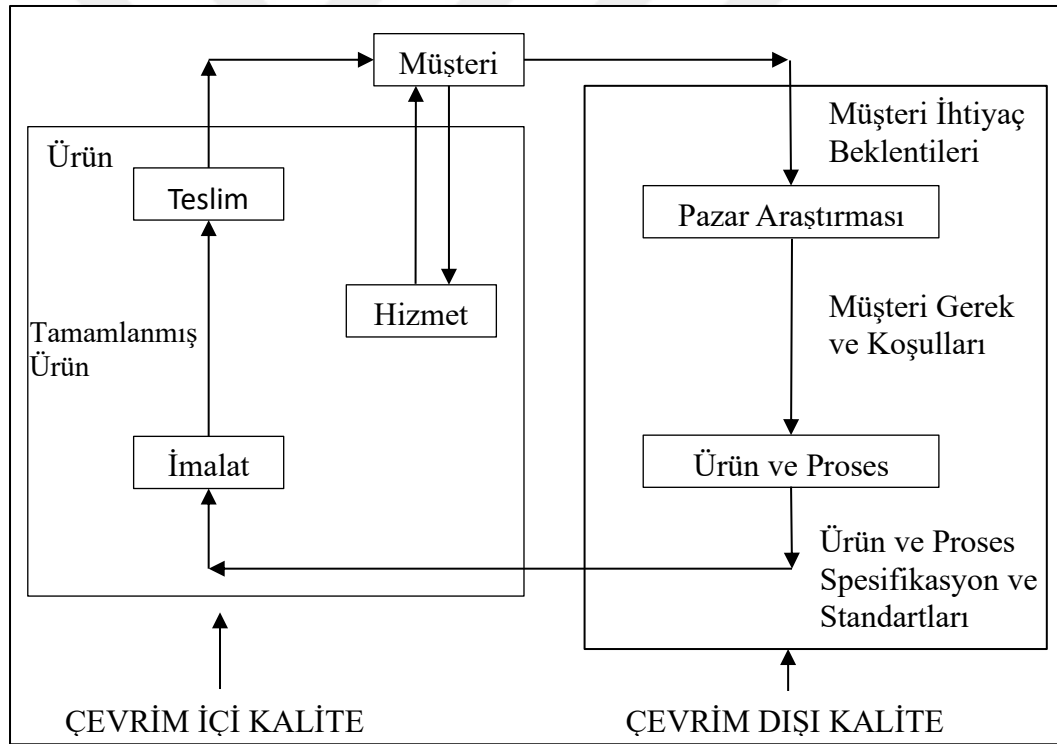
Şekil 3.6. Taguchi'nin kayıp fonksiyonu (Şirvancı, 1997)

$$\text{Kayıp} = k(Y - T)^2 \quad (3.1)$$

Yukarıdaki denklemde; T: Hedef değer, Y: Değişkenin ölçülen değeri, k: Sapmayı para birimine çeviren katsayıyı'dır (Şirvancı, 1997).

### Taguchi'nin üretim / kalite sistemi

Ürün kalitesinin üretimden önce, yani tasarım aşamasındayken başladığını öne süren Taguchi, tasarım sürecinde ürünlerdeki sapmaların azaltılmasını hedefleyen, kaliteyi sağlamak amaçlı çevrim içi kalite kontrol ve çevrim dışı kalite kontrol olmak üzere iki bölüme ayırmıştır (Aksu, 2010). Şekil 3.7'de ürün/kalite sistemini görsel olarak açıklamaktadır (Şirvancı, 1997).



Şekil 3.7. Üretim/ kalite çemberi (Şirvancı, 1997)

- **Çevrim içi kalite kontrol:** Ürünün imalatı esnasında ve imalattan sonraki kalite faaliyetlerini kapsar. İstatistiksel proses kontrolü ve birtakım muayeneler, çevrim içi kalite kontrol faaliyetleri arasındadır.
- **Çevrim dışı kalite kontrol:** Piyasa araştırması ile ürün ve üretim sürecinin geliştirilmesi esnasında gerçekleştirilen kalite faaliyetlerini kapsamaktadır. Bu

faaliyetler ürüne direkt yapılan müdahaleler yerine, ürünün üretiminden önce gerçekleştirilen tasarım çalışmalarıdır. Taguchi, çevrim dışı kalite kontrolde kaliteyi sağlama aşaması olarak hem ürün hem de süreç tasarımı için üç kalite aşaması tanımlamıştır. Bunlar;

1. Sistem tasarımı,
2. Parametre tasarımı,
3. Tolerans tasarımı (Şirvancı, 1997).

Taguchi yönteminde en önemlisi parametre tasarımıdır. Parametre tasarımı, kontrol edilebilen faktörlere göre uygun ortogonal dizinin seçimini, bu diziye göre deneylerin çalıştırılmasını, verilerin analiz edilmesini, optimal şartların belirlenerek bütün parametrelerin optimal seviyeleri için onaylanan deneylerin yürütülmesini sağlamaktadır (Gever vd., 2014).

**Sistem tasarımı:** Adımın temel amacı, piyasa arzı ve işletmenin olanaklarını kullanarak üretim sürecindeki gereklilikler ve esneklikler doğrultusunda minimum maliyetle gerçekleştirilecek olan ürün üretimini tasarlamaktır. İyileştirme yapılacak sürece oldukça hakim olunmalı ve ihtiyaçlar net bir şekilde ortaya konulmalıdır.

**Parametre tasarımı:** Üründe ve süreçte değişkenlik meydana getiren kontrol edilemeyen faktörlere karşı, kontrol edilebilen faktörlerin en uygun seviyelerini seçerek ürün ve süreçteki değişkenliği en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

**Tolerans tasarımı:** Parametre tasarımı sürecinde tanımlanan kontrol edilebilen faktörlere ait tolerans aralıklarını daralma yöntemiyle üründe meydana gelecek değişkenliği en aza indirmeyi amaçlar. Ancak toleransları azaltmak maliyeti artırıcı etkiye sahip olmaktadır (Taylan, 2009).

### **Robust tasarım**

Şanyılmaz (2006), robust tasarım, performans karakteristiğinin kontrol edilemeyen faktörlerdeki değişkenlerden etkilenmemesini sağlar ve kontrol edilemeyen faktörlerin etkisi, kontrol edilebilen faktörün ayarlanması ile azaltılmaktadır.

**Kontrol edilebilen faktörler:** Ürün veya süreci doğrudan etkileyen ve üretici tarafından belirlenen parça boyutları, malzeme cinsi veya bir devrenin çıkış voltajının seçimi gibi faktörler kontrol edilebilen faktörlerdir (Taguchi vd., 2005).

**Kontrol edilemeyen (gürültü) faktörler:** Üretim ortamında bulunan sıcaklık, nem, rüzgâr, gürültü, toz, titreşim, ürünün aşınması, özelliğini kaybetmesi, hammadde ve bileşenlerinin toleranslarındaki değişimler vb. gibi kontrolleri çok zor, mümkün olmayan ya da kontrol edilebilir durumdayken maliyeti çok yüksek olan faktörlerdir (Taguchi vd., 2005).

Gürültü faktörleri üç kategoriye ayrılmaktadır;

- Dış gürültüler: Ortam sıcaklığı, nem, basınç veya insanlar gibi çevresel faktörlerdir.
- İç gürültüler: Bozulma, aşınma, rengin solması, büzülme ve kuruma gibi fonksiyon ve zamanla ilişkili faktörlerdir.
- Birimler arası gürültü: Kısmen parça değişimlerinde kendini gösterir. Ürünler aynı anda üç gürültünün tümüne de duyarlı olabilir (Ross, 1996).

Taguchi Deney Tasarımı'nda kalite karakteristiklerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesinde ölçülmek istenen sinyalin (S), gürültü (N) faktörüne oranı kullanılmaktadır. Sinyal değeri sistemin verdiği ve ölçülmek istenen gerçek değeri, gürültü faktörü ise ölçülen değer içerisindeki istenmeyen faktörlerin payını ifade etmektedir (Kandemir, 2018).

S/N oranı, karakteristik tipine bağlı olarak;

En küçük en iyi

$$S/N = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^r y_i^2\right) \quad (3.2)$$

En büyük en iyi

$$S/N = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right) \quad (3.3)$$

Hedef değer en iyi

$$S/N = 10\log\left(\frac{\bar{y}^2}{S^2}\right) \quad (3.4)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^n y_i \quad (3.5)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (3.6)$$

Yukarıdaki denklemlerde;  $y_i$ : Performans yanıtının  $i$ . gözlem değeri,  $n$ : Denemedeki test sayısı,  $\bar{y}$ : Gözlem değerlerinin ortalaması,  $S^2$ : Gözlem değerlerinin varyansı'dır (İç ve Yıldırım, 2012).

### **Taguchi deney tasarım aşamaları**

Taguchi Deney Tasarımı tekniğine uygun yapılacak çalışmada izlenecek adımlar aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

1. Değerlendirilecek faktör ve etkileşimlerin seçilmesi,
2. Faktör düzeylerinin belirlenmesi,
3. Uygun ortogonal düzenin seçilmesi,
4. Faktör ve etkileşimlerin kolonlara yerleştirilmesi,
5. Testlerin yapılması,
6. Sonuçların analiz edilmesi,
7. Doğrulama deneylerinin yapılması (Taylan, 2009).



Çizelge 4.1’de belirlenen faktör ve düzeyler gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Deney faktör ve düzeyler

Faktör No	Faktör	Düzyerler		
		1	2	3
1. Faktör	Melamin Tozu Hammaddesi	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	-
2. Faktör	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Partikül Boyutu	30-60 µm	60-80 µm	80-125 µm
3. Faktör	Yüzey Modifikatör Ajanı	3-aminopropiltrimetoksisilan	3-glisidiloksi propiltrimetoksisilan	N-((3-trimetoksisilil) propil) etilendiamin

### 4.3. Uygun Ortogonal Düzenin Seçilmesi

Probleme uygun ortogonal dizinler serbestlik derecelerine göre belirlenmektedir. Her faktörün serbestlik derecesi faktör seviye sayısının bir eksiğidir. Bu durumda toplam serbestlik derecesi Çizelge 4.2’ de olduğu gibi bulunmaktadır.

Çizelge 4.2. Toplam serbestlik derecesi

Faktör	Düzyerler			
Melamin Tozu Hammaddesi	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	-	2-1=1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Partikül Boyutu	30-60 µm	60-80 µm	80-125 µm	3-1=2
Yüzey Modifikatör Ajanı	3-aminopropiltrimetoksisilan	3-glisidiloksi propiltrimetoksisilan	N-((3-trimetoksisilil) propil) etilendiamin	3-1=2
Toplam Serbestlik Derecesi				2+2+1=5

Serbestlik derecelerine bakıldığında  $2^1 \cdot 3^2 = 18$  olmaktadır. Bu nedenle L<sub>18</sub> ortogonal dizin seçilmiştir. Seçilen dizilim 18 deneyin yapılacağını ifade etmektedir. Varyasyonu azaltmak amacıyla deneyler tekrarlı olarak uygulanmıştır. Her faktör için 3 gözlem alınarak, deneyde üretilmesi gereken toplam örnek sayısının  $18 \cdot 3 = 54$  olması gerektiğine karar verilmiştir.

#### 4.4. Faktör ve Etkileşimlerin Kolonlara Yerleştirilmesi

Faktörler kolonlara yerleştirilerek, Çizelge 4.3’de gösterilen Taguchi Deney Tasarım yapısı ortaya konulmuştur.

Çizelge 4.3. Taguchi deney tasarımı

Deney No	Melamin Tozu Hammadesi	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Partikül Boyutu (µm)	Yüzey Modifikatör Ajanı
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	1	3
4	1	2	1
5	1	2	2
6	1	2	3
7	1	3	1
8	1	3	2
9	1	3	3
10	2	1	1
11	2	1	2
12	2	1	3
13	2	2	1
14	2	2	2
15	2	2	3
16	2	3	1
17	2	3	2
18	2	3	3

#### Deneysel Çalışma

Deneyler fabrika ortamında, AR-GE departmanında gerçekleştirilmiştir. Overlay kâğıdı üzerine homojen şekilde serpiştirilecek olan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, partikül boyutlarına göre (30-60 µm, 60-80 µm, 80-125 µm) herbiri 9 g gelecek şekilde hazırlanmış, daha sonra %3’ü katı madde silan grubu ile çözelti haline getirilmiştir.

Ahşap esaslı levhaların üretiminde kullanılan tutkal türü, miktarı gibi etkenler levhaların kullanım yerlerindeki performansını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle levha ürünlerinin fiziksel ve de mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılan çalışmalar, genellikle üretimde kullanılan bağlayıcıların modifikasyonu veya bağlayıcı

içerisine ilave edilen farklı ajanların üzerine olduğu görülmektedir. Bu amaçla kullanılan maddelerden biri de silan ( $\text{SiH}_4$ ) bileşikleridir.

Silan, kendine özgü bazı özellikleriyle birlikte sentetik tutkalların yapışma özelliklerini de artırmakta, kullanıldıkları ürünlerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinin yanı sıra su itici özellikte olmasından dolayı da fiziksel özelliklerini iyileştirmektedir (Özlüsoylu vd., 2018).

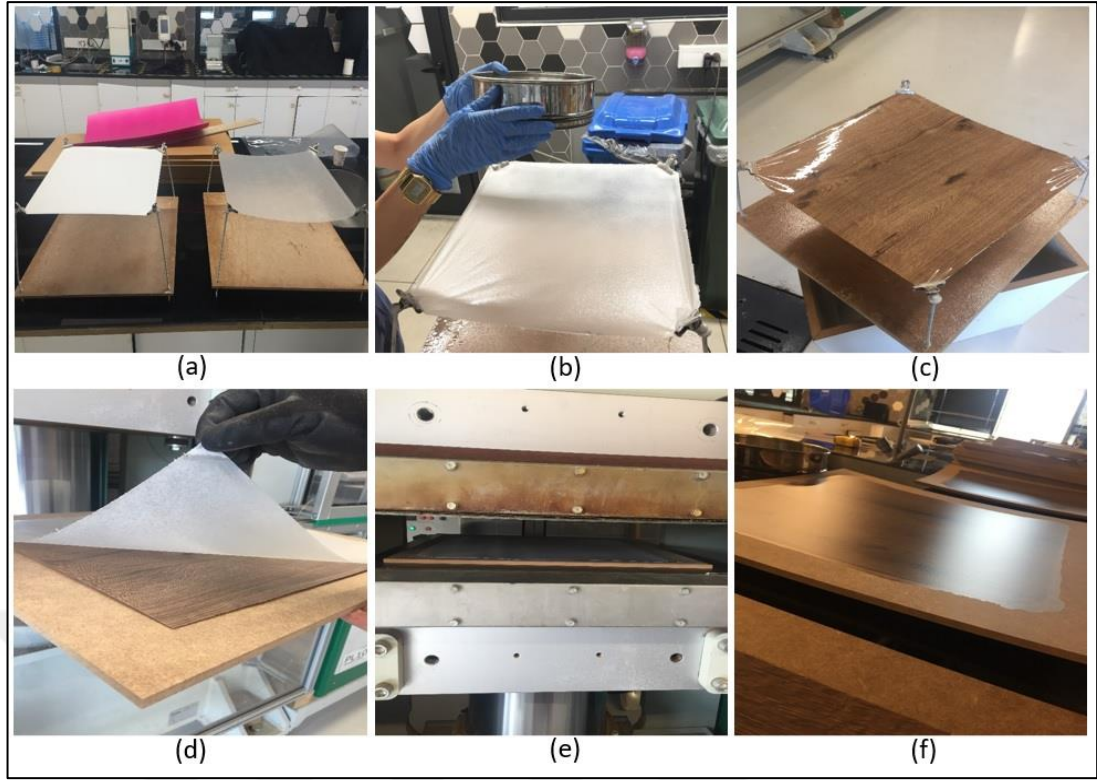
Hazırlanan karışım etüvde  $70\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 1 saat kurutuldu.  $40\times 40$  cm overlay kâğıdı üzerine serpiştirilecek  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aşınma sınıfı AC4'e göre 3,68 g şeklinde hazırlanmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Modifiye edilen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'in hazırlık aşaması

$40\times 40$  cm overlay kâğıdı ve Selge isimli dekor kâğıdı, deney sırasına göre kullanılan  $\text{A}_1$  ve  $\text{A}_2$  iki farklı melamin formaldehit tutkalı ile 60 g gelecek şekilde tutkalanmıştır. Tutkallanan overlay kâğıdı üzerine  $30\text{-}60\text{ }\mu\text{m}$  için  $40\text{-}63\text{-}75\text{ }\mu\text{m}$  elek,  $60\text{-}80\text{ }\mu\text{m}$  için  $63\text{-}75\text{ }\mu\text{m}$  elek,  $80\text{-}125\text{ }\mu\text{m}$  için  $75\text{-}90\text{-}106\text{-}125\text{ }\mu\text{m}$  elek ile  $\text{Al}_2\text{O}_3$  homojen şekilde serpiştirilmiştir.

Dekor kâğıdı üzerine,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  serilen kısım altta kalacak şekilde overlay kâğıdı yerleştirilerek  $220\text{ N/m}^2$  basınç ve  $185\text{ }^\circ\text{C}$  pres sıcaklığında 35 saniyede levhalar preslenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Laminat parke üretim aşaması (a: overlay kâğıdı tutkallanması, b:  $Al_2O_3$  serpiştirilmesi, c: dekor kâğıdı tutkallanması, d: overlay kâğıdının dekor kâğıdı üzerine yerleştirilmesi, e: levha presleme işlemi, f: laminat parke)

Deney tasarımına uygun 18\*3 adet örnek levha hazırlanmıştır. Örneklerin hazırlanmasında, deney sonuçlarını etkileyebilecek kontrol edilemeyen faktörlerin olası etkilerinin tüm örnekler homojen dağılımını sağlayacak şekilde rassallığa önem verilmiştir. MsExcel üzerinde s\_sayı\_üret () fonksiyonu ile düzgün dağılıma uygun üretilen rassal sayılar ile kodlanan örnekler bu sıralamaya dikkat edilerek üretilmiştir.

#### 4.5. Testlerin Yapılması

Çizelge 4.3’de belirtilen deneyler farklı laminat parke örnekleri ile 3 kez tekrarlanmıştır. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’de her örnek üzerinde belirlenen farklı noktalardan 10’ar kez renk ve parlaklık ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen değerlerin ortalamaları alınarak ilgili istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.4. Renk ölçümü



Şekil 4.5. Yüzey parlaklığı ölçümü

Şekil 4.6'da laminat parke yüzeylerinde oluşan beyaz lekelenmeler belirlenmiştir.



Şekil 4.6. Duyusal analiz ile beyaz lekelenmelerin belirlenmesi

Çizelge 4.4'de değerlendirme sonuçlarının kayıt edildiği form verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ölçüm formu

Faktör ve Düzeyleri				Leke*			Renk**			Parlaklık***		
Deney	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Deney1	Deney2	Deney3	Deney1	Deney2	Deney3	Deney1	Deney2	Deney3
1	A <sub>1</sub>	30-60µm	Ammo									
2	A <sub>1</sub>	30-60µm	Glymo									
3	A <sub>1</sub>	30-60µm	Mammo									
4	A <sub>1</sub>	60-80µm	Ammo									
5	A <sub>1</sub>	60-80µm	Glymo									
6	A <sub>1</sub>	60-80µm	Mammo									
7	A <sub>1</sub>	80-125µm	Ammo									
8	A <sub>1</sub>	80-125µm	Glymo									
9	A <sub>1</sub>	80-125µm	Mammo									
10	A <sub>2</sub>	30-60µm	Ammo									
11	A <sub>2</sub>	30-60µm	Glymo									
12	A <sub>2</sub>	30-60µm	Mammo									
13	A <sub>2</sub>	60-80µm	Ammo									
14	A <sub>2</sub>	60-80µm	Glymo									
15	A <sub>2</sub>	60-80µm	Mammo									
16	A <sub>2</sub>	80-125µm	Ammo									
17	A <sub>2</sub>	80-125µm	Glymo									
18	A <sub>2</sub>	80-125µm	Mammo									

\*: 1-10 aralığında değerlendirilen duyu analizi sonuçları

\*\* : Spektrofotometre ile CIE L\*a\*b\* renk değerleri ölçüm sonuçları

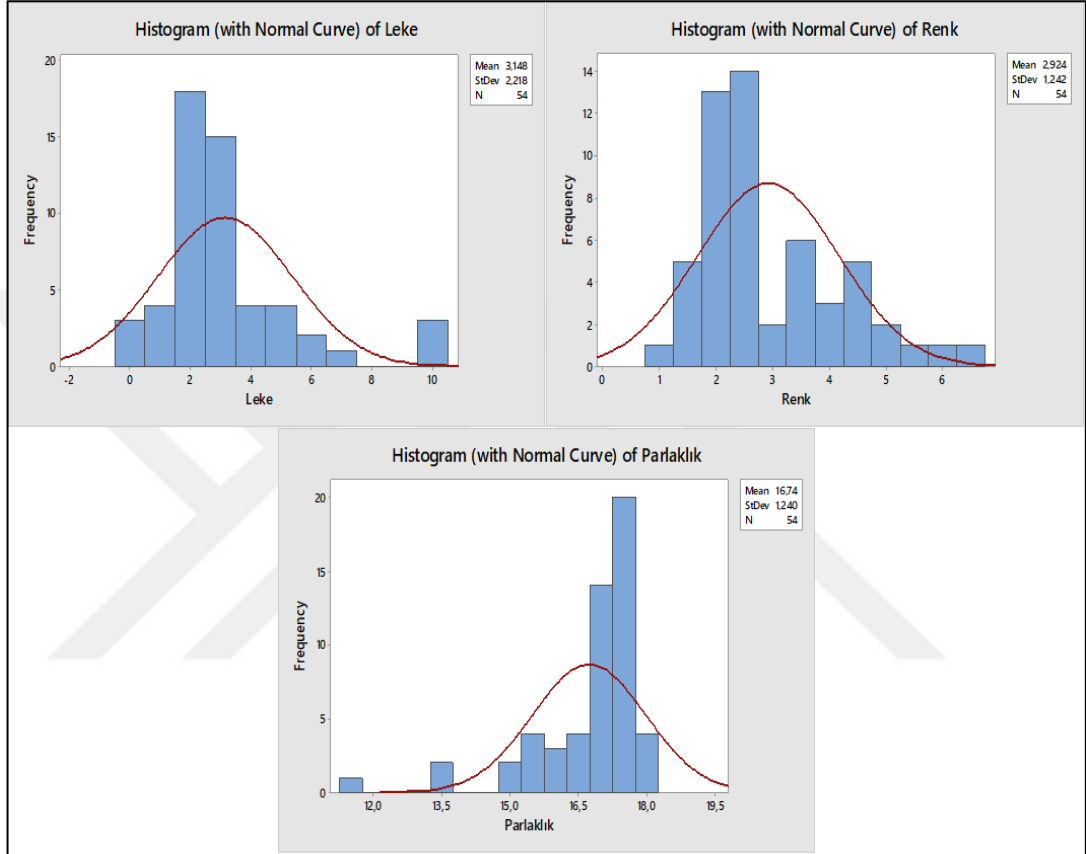
\*\*\*: Glossmeter ile ölçülen yüzey parlaklık değerleri

#### 4.6. Sonuçların Analiz Edilmesi

Renk ve parlaklık ölçümlerine dair sonuçlar ile lekeye ait duyu analizi değerlendirme verileri genel istatistikler olarak Çizelge 4.5’de, verilerin dağılımı ise Şekil 4.7’de özetlenmiştir. Ürün üzerindeki geliştirme faaliyetlerinin halen devam ediyor olması ve firma istekleri doğrultusunda ham veriler çalışma içerisinde paylaşılmamıştır.

Çizelge 4.5. Değişkenlere dair tanımlayıcı istatistikler

Descriptive Statistics: Leke; Renk; Parlaklık									
Variable	N	Mean	StDev	Variance	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Leke	54	3,148	2,218	4,921	0,000	2,000	3,000	4,000	10,000
Renk	54	2,924	1,242	1,544	0,968	2,089	2,421	3,703	6,589
Parlaklık	54	16,740	1,240	1,538	11,450	16,420	17,130	17,475	18,000



Şekil 4.7. Değişkenlere dair dağılım grafikleri

Deneylemlerden elde edilen veriler, Minitab 17 programına girilmiş ve Taguchi analiz bölümünden çözümlenmiştir (Şekil 4.8).

	C1-T	C2-T	C3-T	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
	Faktör1	Faktör2	Faktör3	Leke	Renk	Parlaklık	SNRA1	STDE1	MEAN1	PSNRA1	PMEAN1	PSTDE1	PLSTD1
1	A1	30-60µm	Ammo	5	1,876	13,25	-12,9373	1,15470	4,33333	-2,01827	0,156177	0,526454	-0,409178
2	A1	30-60µm	Glymo	3	3,547	16,81	-8,6530	0,57735	2,66667				
3	A1	30-60µm	Mammo	2	3,348	18,00	-3,0103	0,57735	1,33333				
4	A1	60-80µm	Ammo	10	3,894	11,45	-17,6343	2,51661	7,33333				
5	A1	60-80µm	Glymo	3	3,802	16,98	-10,5436	0,57735	3,33333				
6	A1	60-80µm	Mammo	2	6,197	17,45	-6,0206	0,00000	2,00000				
7	A1	80-125µm	Ammo	3	2,743	16,04	-12,1307	2,08167	3,66667				
8	A1	80-125µm	Glymo	10	2,100	13,56	-18,5733	3,46410	8,00000				
9	A1	80-125µm	Mammo	3	2,608	16,12	-11,5635	1,15470	3,66667				
10	A2	30-60µm	Ammo	2	1,611	17,88	-4,7712	0,57735	1,66667				
11	A2	30-60µm	Glymo	1	2,186	17,34	-4,7712	0,57735	1,66667				
12	A2	30-60µm	Mammo	0	3,160	17,35	-4,7712	1,73205	1,00000				
13	A2	60-80µm	Ammo	2	1,825	17,28	-6,0206	0,00000	2,00000				
14	A2	60-80µm	Glymo	3	1,477	16,92	-8,6530	0,57735	2,66667				
15	A2	60-80µm	Mammo	0	1,733	17,52	-6,3682	1,52753	1,66667				
16	A2	80-125µm	Ammo	4	2,368	17,11	-10,7918	1,15470	3,33333				
17	A2	80-125µm	Glymo	6	2,401	17,04	-12,5527	1,73205	4,00000				
18	A2	80-125µm	Mammo	2	3,561	17,13	-7,5333	0,57735	2,33333				

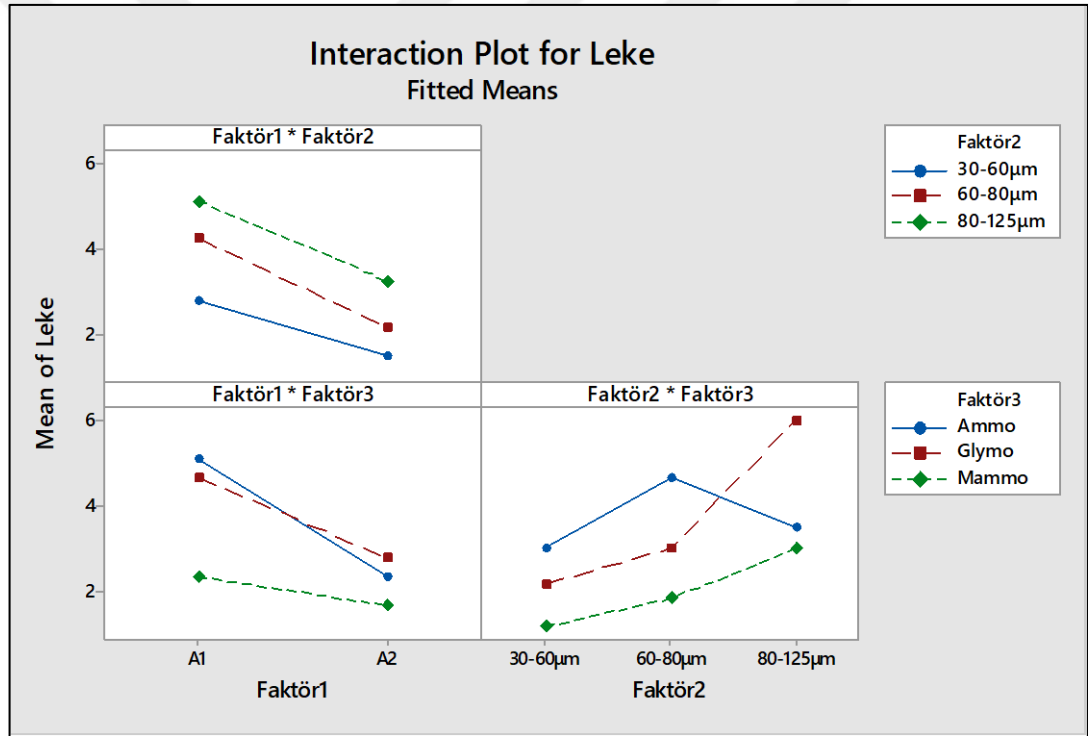
Şekil 4.8. Minitab veri ekranı

Analiz sonuçlarının değerlendirmeye alınan üç kalite karakteristiği (leke, renk, parlaklık) üzerindeki etkisi ayrı ayrı incelenmiş, deney faktörlerinin kalite karakteristikleri üzerinde anlamlı etkisinin olup olmadığı ANOVA analizi ile test edilmiştir.

Çizelge 4.6’da leke kalite karakteristiği için doğrusal model yöntemiyle analiz edilen veriler tablo halinde özetlenmiştir. ANOVA tablosunda, Faktör1 ile Faktör3 etkileşimi dışında tüm faktörlerin ve etkileşimlerin sonuçlar üzerinde %95 güven düzeyinde anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür ( $P < 0,05$ ). Faktör1\*Faktör3 (melamin tozu hammaddesi\*üzey modifikatör ajanı) etkileşiminin sonuçlar üzerinde anlamlı etkisi tespit edilememiştir (Şekil 4.9).

Çizelge 4.6. Leke için ANOVA tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Varyans	F Değeri	P Değeri
Faktör1	1	10.667	10.667	5.14	0.029
Faktör2	2	22.889	11.444	5.52	0.008
Faktör3	2	13.556	6.778	3.27	0.050
Faktör1*Faktör2	2	18.778	9.389	4.53	0.018
Faktör1*Faktör3	2	4.333	2.167	1.04	0.362
Faktör2*Faktör3	4	57.259	14.315	6.90	0.000
Faktör1*Faktör2*Faktör3	4	28.444	7.111	3.43	0.018
Hata	36	74.667	2.074		
TOPLAM	53	260.815			
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>adj</sub></b>			
	71.37%	57.85%			



Şekil 4.9. Leke için etkileşim grafiği

Leke kalite karakteristiği için yapılan ayrıntılı analiz aynı şekilde renk içinde yapılmış ancak faktörlerin ve etkileşimlerinin anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür ( $P > 0,05$ ) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Renk için ANOVA tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Varyans	F Değeri	P Değeri
Faktör1	1	0.0413	0.04133	0.05	0.825
Faktör2	2	4.7107	2.35533	2.82	0.073
Faktör3	2	3.3318	1.66590	2.00	0.150
Faktör1*Faktör2	2	5.4046	2.70231	3.24	0.051
Faktör1*Faktör3	2	0.1846	0.09230	0.11	0.896
Faktör2*Faktör3	4	3.7055	0.92639	1.11	0.366
Faktör1*Faktör2*Faktör3	4	1.2694	0.31735	0.38	0.821
Hata	36	30.0172	0.83381		
TOPLAM	53	81.8075			
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>adj</sub></b>			
	63.31%	45.98%			

Parlaklık kalite karakteristiği için yapılan analizde faktörlerin ve etkileşimlerinin %95 güven düzeyinde anlamlı etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.8). Ancak bu yüksek etkileşimin nedeni; lekeli alanlardaki parlaklığın düşük, lekесiz alanlardaki parlaklığın ise yüksek olması şeklinde olduğu değerlendirilmiş, çıkan anlamlı ilişkinin yanıltıcı olduğu düşünülerek Taguchi analizinde yer verilmemiştir.

Çizelge 4.8. Parlaklık için ANOVA tablosu

	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Varyans	F Değeri	P Değeri
Faktör1	1	9.728	9.7283	17.37	0.000
Faktör2	2	9.935	4.9674	8.87	0.001
Faktör3	2	12.369	6.1844	11.04	0.000
Faktör1*Faktör2	2	8.372	4.1858	7.47	0.002
Faktör1*Faktör3	2	7.737	3.8686	6.91	0.003
Faktör2*Faktör3	4	17.845	4.4613	7.96	0.000
Faktör1*Faktör2*Faktör3	4	12.789	3.1972	5.71	0.001
Hata	36	20.168	0.5602		
TOPLAM	53	81.492			
	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>adj</sub></b>			
	75.25%	63.57%			

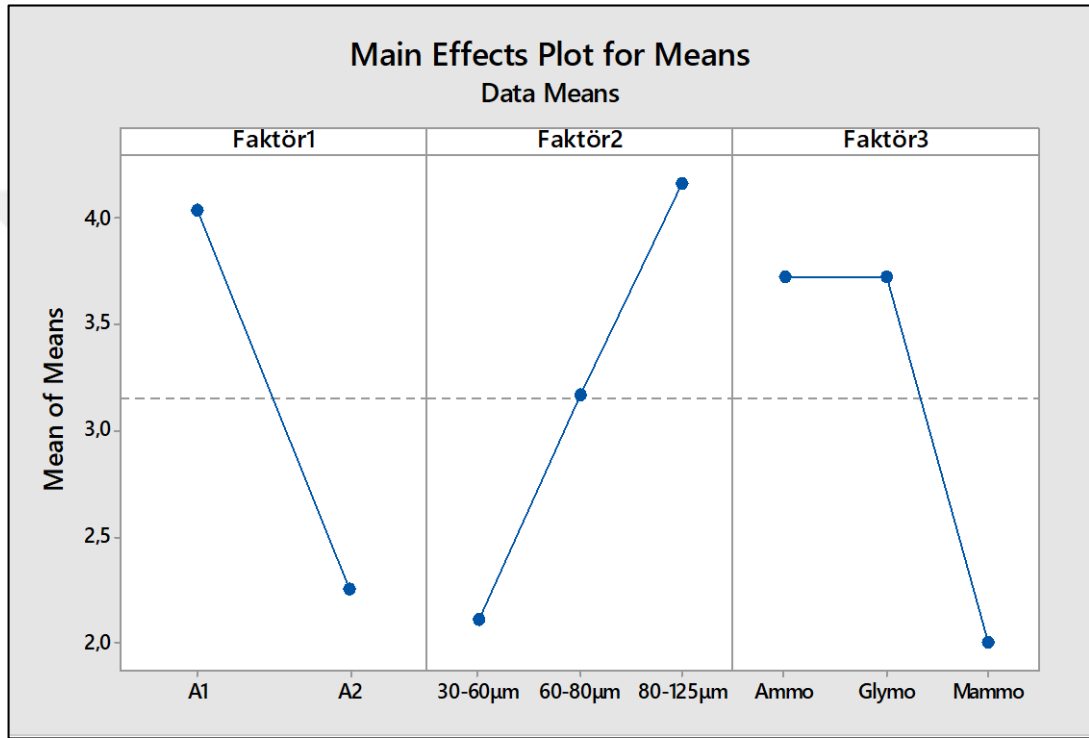
Değerlendirilen ANOVA sonuçlarına göre, renk ve parlaklık kalite karakteristikleri için anlamlı ilişkinin olmadığı, leke kalite karakteristiği için ise anlamlı ilişkinin bulunduğu görülmüş ve buna bağlı olarak Taguchi analizinin sadece “leke” için yapılmasına karar verilmiştir.

Minitab programından alınan Taguchi deney analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

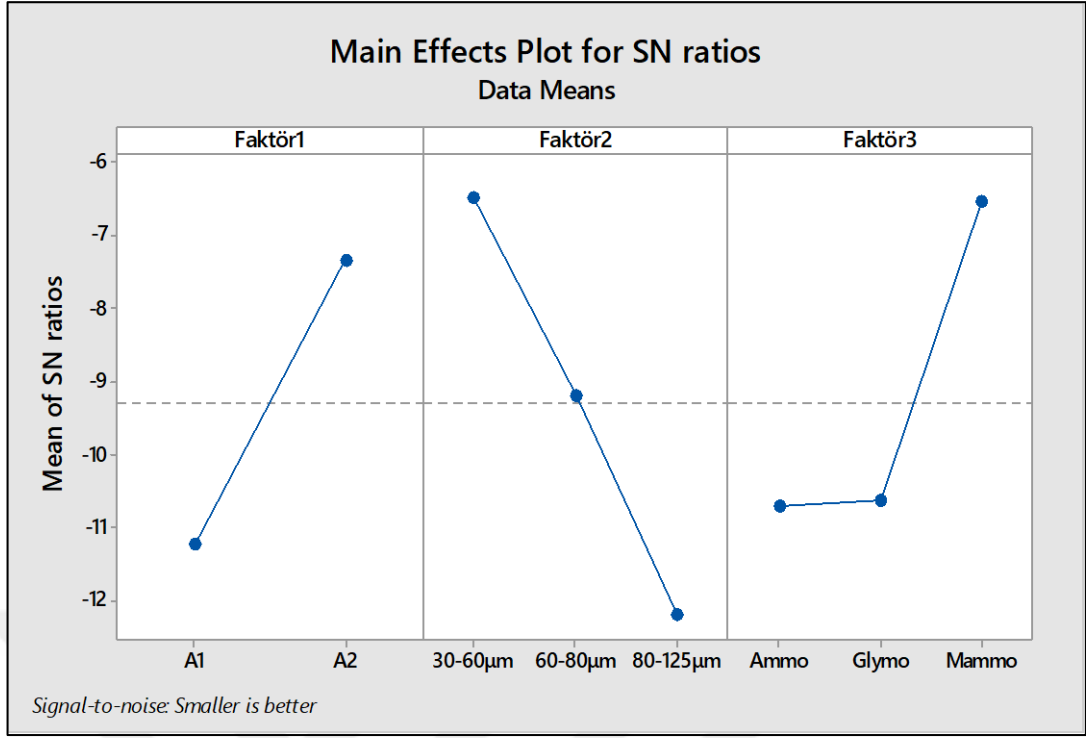
Çizelge 4.9. Minitab program çıktısı

<b>Taguchi Design</b>			
Taguchi Orthogonal Array Design			
L18(2 <sup>1</sup> 3 <sup>2</sup> )			
Factors: 3			
Runs: 18			
Columns of L18(2 <sup>1</sup> 3 <sup>7</sup> ) Array			
1 2 3			
<b>Taguchi Analysis: Leke versus Faktör1; Faktör2; Faktör3</b>			
Response Table for Signal to Noise Ratios			
Smaller is better			
Level	Faktör1	Faktör2	Faktör3
1	-11,230	-6,486	-10,714
2	-7,359	-9,207	-10,624
3		-12,191	-6,545
Delta	3,870	5,705	4,170
Rank	3	1	2
Response Table for Means			
Level	Faktör1	Faktör2	Faktör3
1	4,037	2,111	3,722
2	2,259	3,167	3,722
3		4,167	2,000
Delta	1,778	2,056	1,722
Rank	2	1	3
Response Table for Standard Deviations			
Level	Faktör1	Faktör2	Faktör3
1	1,3449	0,8660	1,2475
2	0,9395	0,8665	1,2509
3		1,6941	0,9282
Delta	0,4053	0,8281	0,3228
Rank	2	1	3
<b>Taguchi Analysis: Leke versus Faktör1; Faktör2; Faktör3</b>			
<b>Predicted values</b>			
S/N Ratio	Mean	StDev	Ln(StDev)
-2,01827	0,156177	0,526454	-0,409178
Factor levels for predictions			
Faktör1	Faktör2	Faktör3	
2	1	3	

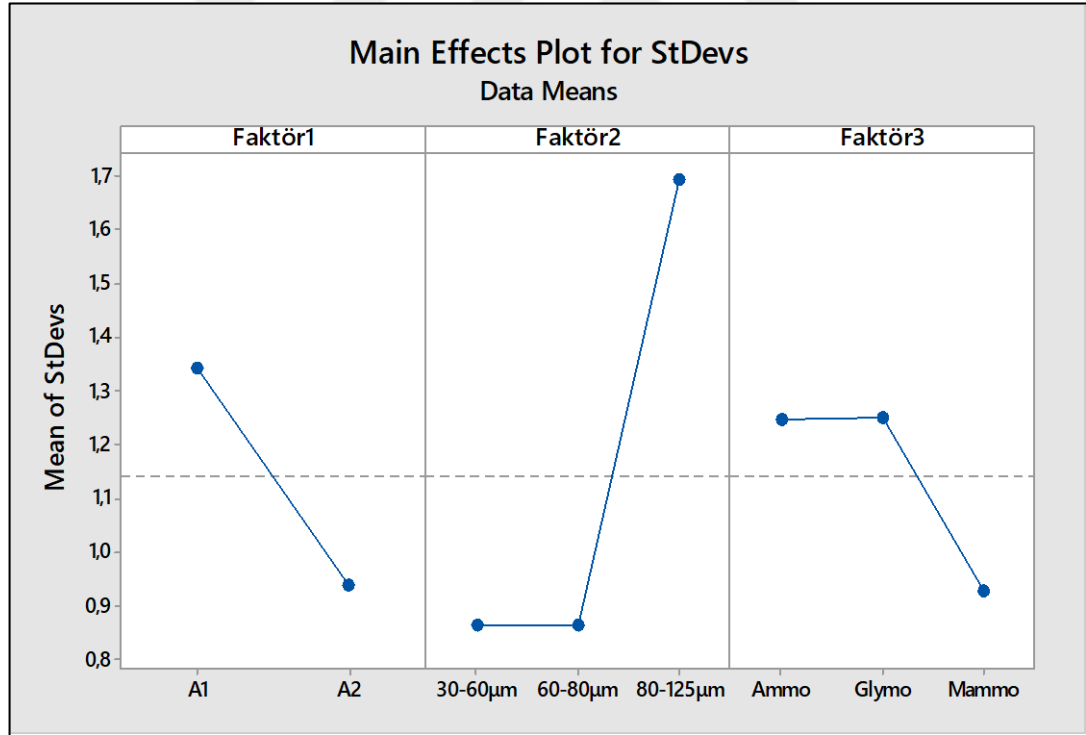
Şekil 4.10'da ortalamalar ve Şekil 4.12'de standart sapmalar için sonuçlara bakıldığında, faktörlerin optimal seviyesi en düşük seviyesidir. Şekil 4.11'de S/N oranının sonuçlarına baktığımızda ise bu durum tam tersidir. Çünkü kalite karakteristiği kategorisine (en büyük en iyi, en küçük en iyi, hedef değer en iyi) bakılmaksızın daha yüksek S/N oranı daha iyi kalite özelliklerine karşılık gelmektedir. Bu sebeple süreç parametrelerinin optimal seviyesini en yüksek S/N oranına sahip seviye belirlemektedir (Pınarbaşı, 2020).



Şekil 4.10. Ortalamaların sonuç grafiği



Şekil 4.11. S/N oranının sonuç grafiği



Şekil 4.12. Standart sapma için sonuç grafiği

Çizelge 4.10'a göre en uygun kombinasyonun melamin tozu hammaddesinin A<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikül boyutunun 30-60 µm ve yüzey modifikatör ajanının N-(3-trimetoksisilil) propil) etilendiamin'in sağladığı görülmektedir.

Çizelge 4.10. Minitab sonuçlarına göre özet veri analizi

Faktörler	Ortalamalar İçin Sonuç (En Küçük En İyi)		S/N İçin Sonuç (En Küçük En İyi)		Std İçin Sonuç (En Küçük En İyi)	
	Etki Derecesi	Uygun Seviye	Etki Derecesi	Uygun Seviye	Etki Derecesi	Uygun Seviye
Melamin Tozu Hammaddesi	2	2	3	2	2	2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Partikül Boyutu	1	1	1	1	1	1
Yüzey Modifikatör Ajanı	3	3	2	3	3	3

#### 4.7. Doğrulama Deneylerinin Yapılması

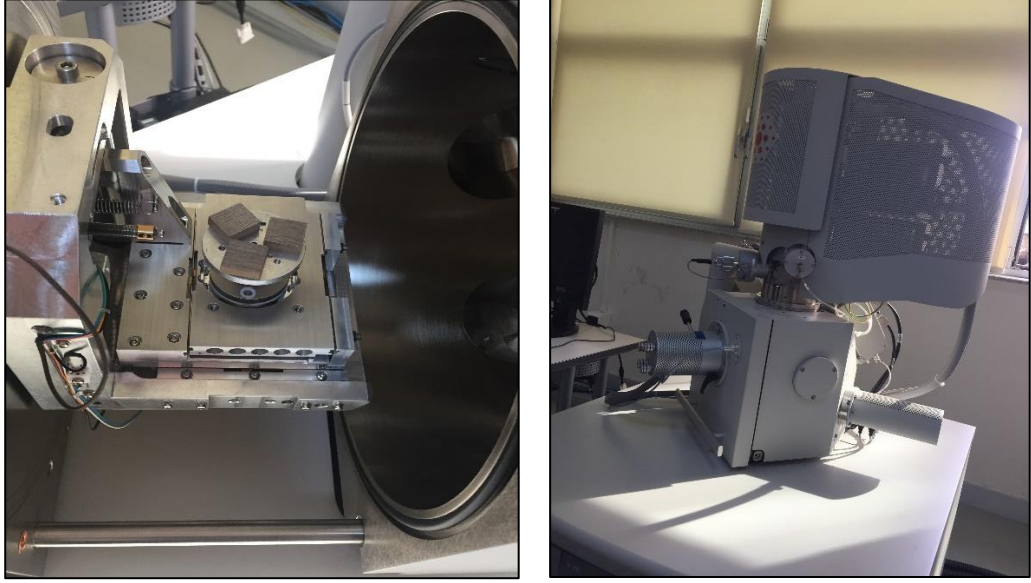
Minitab program verilerine göre en uygun kombinasyon belirlenmiştir. Belirlenen kombinasyon için doğrulama deneyleri yapılmıştır. Diğer deneylerde olduğu gibi, doğrulama deneyleri de 3 örnek ile yapılmıştır ve her örnek leke şablonuna göre, değerlendirilmiş, işaretli karelerde görülen lekeler sayılarak lekenme adetleri bulunmuştur. Çizelge 4.11'e göre, analiz sonucundaki ortalama ile doğrulama deneylerinin ortalamaları birbiri ile uyumlu görülmektedir.

Çizelge 4.11. Doğrulama deneyi sonuçları

Deney1	Deney2	Deney3	Ortalama	Minitab Tahmini Ortalama
1	0	1	0.666666	0.156177

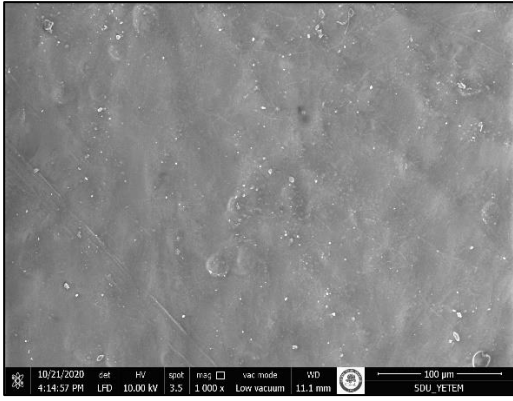
#### Malzeme karakterizasyonu

En uygun kombinasyonun verdiği sonuca göre, Şekil 4.13'de olduğu gibi laminat parkeler 2x2 cm boyutunda kesilerek, taramalı elektron mikroskobu (SEM-FEI Quanta FEG 250) ile analiz edilerek görüntüleri alınmıştır.

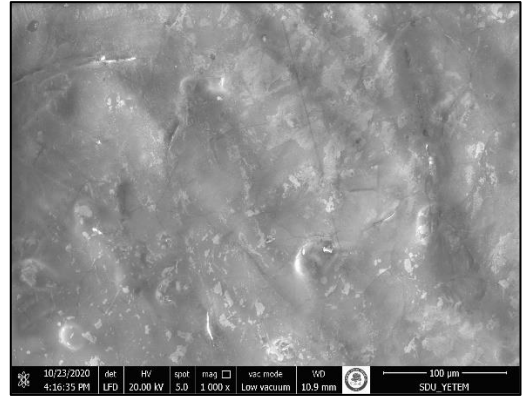


Şekil 4.13. Taramalı elektron mikroskobuna numunelerin yerleştirilmesi

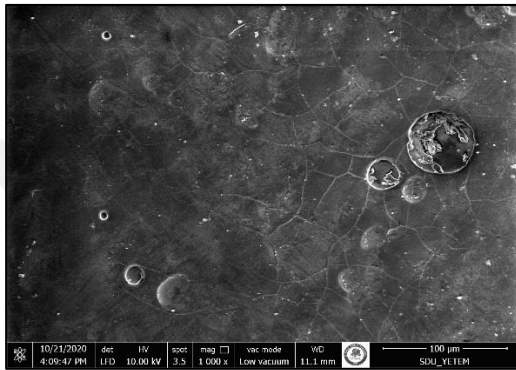
Taguchi analizi ile elde edilen en iyi kombinasyonun  $A_2/ 30-60 \mu\text{m}/ N-((3\text{-trimetoksisilil}) \text{propil}) \text{etilendiamin}$  ve en kötü kombinasyonun ise  $A_1/ 80-125/ 3\text{-aminopropiltrimetoksisilan}$  olduğu bulunmuştur. Şekil 4.14’de kombinasyonlara göre görüntülerin aynı büyüklüklerde karşılaştırılması yapılmıştır. Duyusal analiz ile beyaz lekelenmelerin yok denecek kadar az olduğu tespit edilen  $A_2/ 30-60 \mu\text{m}/ N-((3\text{-trimetoksisilil}) \text{propil}) \text{etilendiamin}$ ’in mikroskobik görüntülerine bakıldığında homojen şekilde dağıldığı görülmektedir. Beyaz lekelenmelerin yoğun olduğu  $A_1/ 80-125/ 3\text{-aminopropiltrimetoksisilan}$ ’ın mikroskobik görüntülerinde ise homojen dağılmanın dışına çıkıp kümelenmelerin olduğu görülmektedir. Elde edilen görüntülere bakıldığında, görüntülerdeki kümelenmeler ile laminat yüzeylerde meydana gelen beyaz lekelenmelerin birbiriyle örtüştüğü yorumlaması yapılabilmektedir.



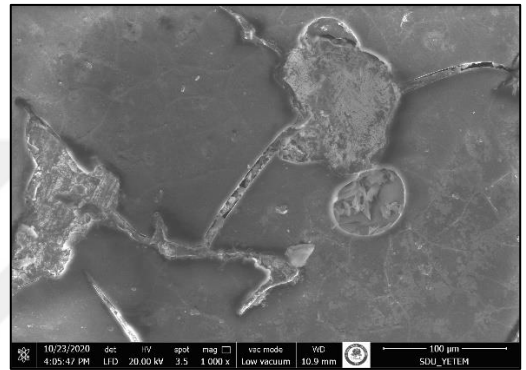
(a)



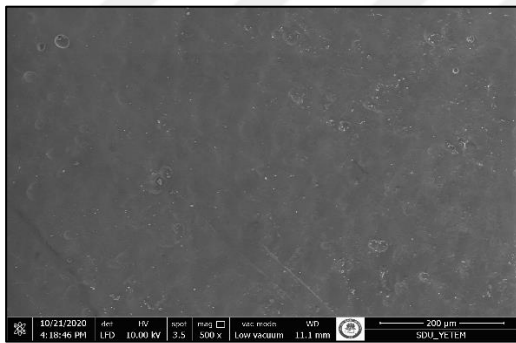
(b)



(c)



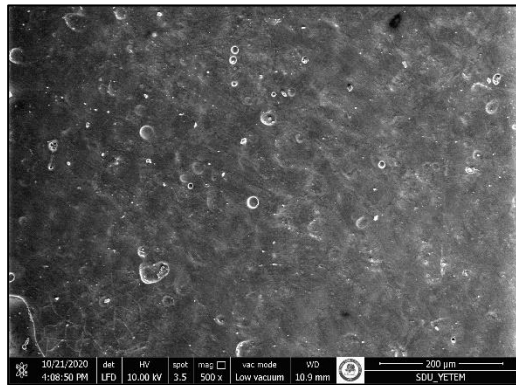
(d)



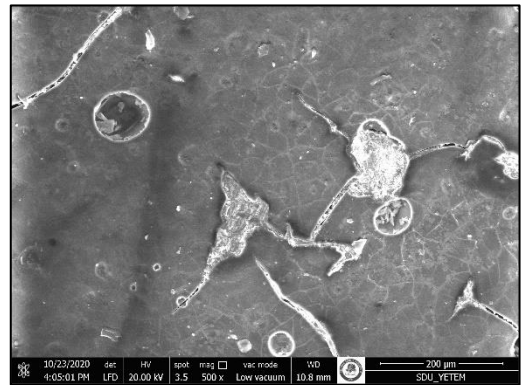
(e)



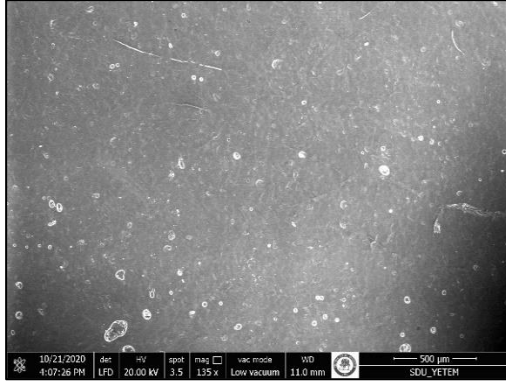
(f)



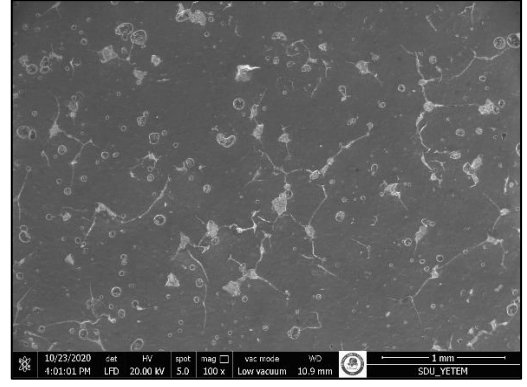
(g)



(h)



(i)



(j)

Şekil 4.14. SEM görüntü analizleri (en iyi kombinasyon; a:100µm, c:100µm, e:200µm, g:200µm, i:500µm ve en kötü kombinasyon; b:100µm, d:100µm, f:200µm, h:200µm, j:1 mm)



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ahşap levhaların yüzeyinde uygulanan melamin kağıt teknolojisi günümüzde sektör için katma değeri en yüksek alanlardan bir tanesidir. Çalışmada elde edilen ürünün inovatif değeri yalnızca ulusal değil küresel pazarda da firmalar için önemli rekabet avantajı sağlayacağı umut edilmektedir. Çalışma kapsamında inovatif ürünlerin üretilebilmesi hedeflenerek, bu doğrultuda süreçte doğru ve etkin kararlar alabilmeye imkân sunan bir yöntem olarak Taguchi metodu uygulanmıştır.

Çalışmada, özellikle koyu renkli tasarıma sahip HDF Parke ürünlerin yüzeyinde ortaya çıkan heterojen renk değişimleri ile kenar birleşim bölgelerinde işleme sonrası ortaya çıkan ve beyazlama olarak ifade edilen kalite kayıplarının engellenmesi amacıyla overlay kâğıt üretim sürecinde ve melamin emprenyesi esnasında üretim sürecindeki etkin parametrelerde değişiklik yaparak ürün kalitesini iyileştirme sağlanmıştır. Böylece, HDF parke üretim sürecinde katma değeri yüksek olan overlay kağıt üretim süreci ulusal imkanlarla iyileştirmeye gidilmiştir. Bilindiği gibi sektörel birçok işletme, ilgili kâğıtları ithalat yöntemi ile temin etmekte veya kendi imkanlarıyla yukarıda ifade edilen problemlere adaptif çözümler geliştirerek müşteri taleplerini karşılamaktadır.

Bu problemin ortadan kaldırılması, koyu renkli tasarımların da ürün gamında önemli düzeyde çeşitlilik yapmayı mümkün hale getirecektir. Aynı zamanda yapılan çalışma ile deney aşamalarında destek veren işletmenin Ar-Ge alt yapısına destek olunmuştur. Çalışmanın sonucunda, standart koyu renk parkelerde daha fazla hissedildiği için önemli bir kalite kaybı olarak görülen ve bu ürünlerin diğer açık renkli ürünlere kıyasla daha düşük müşteri talebi çekmesine sebep olan problemin sebebi analiz edilmiştir. Balık kılçığı diyagramı ile problemin temel faktörleri belirlenmiş, süreç içerisinde değişikliğe sebep olan kontrol edilemeyen faktörlere karşı kontrol edilebilen faktörler belirlenmiştir. Çalışmada en önemli 3 faktör tespit edilerek ve bunlara ait seviyeleri bulunmuştur. L<sub>18</sub> ortogonal dizin kullanılmış ve dizindeki kombinasyonlara göre rassal şekilde deneyler 3 kez tekrarlanmıştır.

Analiz sonuçlarının değerlendirmeye alınan üç kalite karakteristiği (leke, renk, parlaklık) üzerindeki etkisi ayrı ayrı incelenmiş, deney faktörlerinin kalite

karakteristikleri üzerinde anlamlı etkisinin olup olmadığı ANOVA analizi ile ayrı ayrı test edilmiştir. Analiz sonucunda hesap tablosu ile gösterilen kalite karakteristikleri faktörlerin ve etkileşimlerinin anlamlı etkilerinin olup olmadığı yorumlaması yapılmıştır. Renk kalite karakteristiği için anlamlı ilişki bulunamazken, parlaklık kalite karakteristiği anlamlı etkiyi sağlamış fakat örnekler üzerinde lekelenmelerin olduğu bölgelerde parlaklığın düşük lekelenmelerin olmadığı bölgelerde ise parlaklığın yüksek olduğu saptanmıştır. Yanıltıcı etkisinin olduğu yorumlaması yapılarak Taguchi analizinde yalnızca leke kalite karakteristiğine yer verilmiştir. Bu çalışmada leke değişkeni duyuşsal analiz ile belirlenmiştir. Ancak görüntü işleme teknikleri kullanılarak daha nicel veriler elde edilebilir. Bununla beraber çalışmada yüzey temas açısının ölçülmesi önemli kalite karakteristiği olarak değerlendirilebilir. İleriki çalışmalar için bahsedilen her iki yöntemin uygulanması tavsiye edilebilir. Bu çalışmada ekonomik ve zamansal sınırlılıklar nedeniyle kullanılamamıştır.

Değerlendirilen faktörlerin sonuç üzerinde(lekelenme) etkisinin ancak %57'lik kısmı modelde ifade edilebilmiştir ( $R^2_{adj}=0,5785$ ). Model üzerinde değerlendirmeye alınmamış olan başka faktörlerin etkisi de göz ardı edilemeyecek kadar yüksek çıkmıştır. Ancak çalışma şartları ve kısıtları nedeniyle mevcut değerlendirme faktörleri ile çalışma tamamlanmıştır. İleriki çalışmalarda sistemi etkileyebilecek olan overlay kağıdının kalite özellikleri ve diğer özellikler gibi bu çalışmada değerlendirilemeyen faktörler göz önüne alınarak ve Taguchi deney tasarımı kullanılarak daha yüksek etkinlik düzeyinde modelleme gerçekleştirilebilir.

İstatistiksel analizler sonucu elde edilen en iyi değerin melamin tozu hammaddesinde A<sub>2</sub>'nin, partikül boyutunda 30-60 µm'nin ve yüzey modifikatör ajanında ise N-((3-trimetoksisilil) propil) etilendiamin'in olduğu tahmin edilmiştir. Yapılan doğrulama deney sonucu, analiz sonucu ortalaması olan 0,156177 ile tutarlı olduğunu göstermiştir.

Ayrıca, Taguchi analizi ile tahmin edilen en iyi kombinasyon ve en kötü kombinasyona ait örnekler Taramalı Elektron Mikroskobu(SEM) ile görüntü analizleri alınarak karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma kapsamında ekonomik sınırlılıktan dolayı ileri ölçüm teknikleri (FTIR, EDX, XRD gibi) ile çalışmalar yapılamamıştır.

Araştırmacılara, bu yöntemleri de kullanarak daha etkin sonuçların alınabileceği önerilebilir.



## KAYNAKLAR

- AİMSAD, (2017). Ağaç İşleme Makine ve Yan Sanayisi İş Adamları Derneği, <https://www.aimsaddergisi.com/dunyanin-5-buyuk-ureticisi-turkiyelevha-sektoru-yeni-yatirimlarla-buyume-ataginda/> (Son erişim tarihi: 11.05.2020)
- Akgül, M., Çamlıbel, O. & Gedik, T. (2013). Türkiye ve dünyadaki MDF endüstrisine genel bir bakış. *Ormanlık Dergisi*, 9(2), 117-125.
- Aksu, B. (2010). *Shainin ve Taguchi Yöntemleri ve Bir Uygulama Üzerinde Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Aksu, S. (2009). *Dekor Kâğıdı ve Reçine Tipinin Yongalevhaların Fiziksel – Mekanik ve Yüzey Kalitesine Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Anonim (2019). <http://mobyadergisi.com.tr/haber/2018-yili-avrupa-laminat-parke-ureticileri-uzerine-bir-arastirma-> (Son erişim tarihi: 08.10.2020)
- Anonim (2021a). <http://www.megep.meb.gov.tr/> (Son erişim tarihi: 09.01.2021)
- Anonim (2021b). <https://www.korozyondoktoru.org/parlaklik-gloss-nedir-nasil-olculur-parlaklik-seviyeleri-nelerdir/> (Son erişim tarihi: 09.01.2021)
- Aydın, M. E. (1994). *Taguchi Metodu ve Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Baynal, K. (2003). *Çok Yanıtlı Problemlerin Taguchi Yöntemi ile Eniyilemesi ve Bir Uygulama*. (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- Bayraktar, Ş. & Turgut, Y. (2020). Determination of delamination in drilling of carbon fiber reinforced carbon matrix composites/Al 6013-T651 stacks. *Measurement*, 154, 1-11.
- Bilge, T., Motorcu, A. R. & Ivanov, A. (2017). Kompakt laminatın delinmesinde boyutsal tamlık için delme parametrelerinin Gri İlişkisel Analiz ile optimizasyonu. *SDU International Journal of Technological Sciences*, 9(2), 1-22.
- Budağcı, M. & Akkuş, M. (2011). Bazı ahşap esaslı levhalarda kaplama yapışma direncinin yapay sinir ağları ile modellenmesi. *Politeknik Dergisi*, 14(1), 63-71.
- Canıyılmaz, E. & Kutay, F. (2003). Taguchi metodunda varyans analizine alternatif bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3), 51-63.
- Çelik, C. (1993). *Kalite Geliştirmede Tasarım Eniyileme Problemine Taguchi Yöntemlerinin Uygulanmasında Sistematik Bir Yaklaşım*. (Doktora Tezi,

- Çetin, F. & Kaygın, B. (2016). Odunsu lif levha kompozitlerinin ısı kaplama tekniği ile üç boyutlu kaplanması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1), 93-102.
- Döngel, N., Küreli, İ. & Söğütü, C. (2015). *Ahşap ve Ahşap Esaslı Döşeme Kaplama Malzemelerinin Aşınma ve Çizilme Direnci ile Sigara Ateşine Dayanıklılığının Belirlenmesi (Türkiye)*. 3. Ulusal Mobilya Kongresi. Nisan 10-12, Konya.
- Efe, H. & Kasal, A. (2007). Çeşitli masif ve kompozit ağaç malzemelerin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 10(3), 303-311.
- Ekinciöglü, C. (2016). *Ergonomik Risk Değerlendirme ve Gri Esaslı Taguchi Yöntemleri ile Bir SMED Yaklaşımı ve Önerisi*. (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Evran, S. (2019). Twisting angle analysis of laminated composite plates using numerical and statistical methods. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(2), 466-471.
- FAOSTAT, (2020). *Forestry production and trade*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO> (Son erişim tarihi: 09.10.2020)
- Filiz, M., Usta, P. & Şahin, H. T. (2011). Melamin, üre formaldehit tutkalı, kızılçam ve çay atıkları ile elde edilen yonga levhanın bazı teknik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2), 88-93.
- Gaitonde, V. N., Karnik, S. R. & Davim, J. P. (2008). Taguchi multiple-performance characteristics optimization in drilling of medium density fiberboard (MDF) to minimize delamination using utility concept. *Journal of Materials Processing Technology*, 196, 73-78.
- Gerengi, H., Akçay, Ç., Güler, C. & Şahin, H. İ. (2012). Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çelik (AISI 316L) korozyonuna etkisi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 13, 155-161.
- Gever, B., Güneş, B. N., Gülel, D., Ataseven, E. B., Saatçioğlu, Ö. & Bebek, Z. S. (2014). Bir üretim işletmesinin verileri kullanılarak çarpımsal deney tasarımı ile Taguchi yaklaşımının karşılaştırılması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 26(1), 2-26.
- Güler, G. (2013). *Planyalanmış Kızılçam (Pinus brutia Ten.) Ürünlerinde Taguchi Deney Tasarımı ile Optimum İşleme Şartlarının Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Güller, B. (2001). Odun kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2), 135-160.

- Hamzaçebi, C. (2016). Optimization of process parameters in oriented strand board manufacturing by Taguchi method. *BioResources*, 11(3), 5987-5993.
- Hazır, E., Erdinler, E. S. & Koç, K. H. (2018). Optimization of CNC cutting parameters using design of experiment (DOE) and desirability function. *Journal of Forestry Research*, 29(5), 1423-1434.
- Hazır, E. & Koç, K. H. (2019). Optimization of wood machining parameters in CNC routers: Taguchi orthogonal array based simulated angling algorithm. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 21(4), 493-510.
- Huş, S. (1962). Ağaç malzeme tutkalları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2), 1-11.
- Hwang, S. H. & Shahsavari, R. (2018). High calcium cementless fly ash binder with low environmental footprint: optimum Taguchi design. *Journal of the American Ceramic Society*, 102(4), 2203-2217.
- İç, Y. T. & Yıldırım, S. (2012). Çok kriterli karar verme yöntemleriyle birlikte taguchi yöntemini kullanarak bir ürünün tasarımının geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(2), 477-458.
- İstek, A., Özlüsoylu, İ. & Kızılkaya, A. (2017). Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1), 132-138.
- İşleyen Karagöz, Ü. (2019). Taguchi ve RSM yöntemleri kullanılarak MDF'nin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen işleme parametrelerinin belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 397-405.
- Kandemir, Y. (2018). *Kompozit Malzemelerin Enerji Sönümleme Performansına Numune ve Tetikleyici Geometrik Değişkenlerin Etkisinin Taguchi Metodu ile İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karaca, H. (2018). *Kompozit Malzemelerin Darbe Davranışına Asidik Ortamın Etkisi ve Taguchi Methoduyla Analizi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Karayılmazlar, S. & Aşkın, A. (2001). Laminat üretimi, teknolojisi ve önemi. *ZKU Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 3(3), 106-117
- Koç, K. H., Erdinler, E. S., Hazır, E. & Öztürk, E. (2017). Effect of CNC application parameters on wooden surface quality. *Measurement*, 107, 12-18.
- Köse, E. & Şahinbaşkan, T. (2008). Renk yönteminde kullanılan standart ICC profillerinin Türkiye'de oluşturulmuş bazı profiller ile karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 4(11), 365-371.

- Kumar, R., Kumar, K. & Bhowmik, S. (2014). Optimization of mechanical properties of epoxy based wood dust reinforced green composite using Taguchi method. *Procedia Materials Science*, 5, 688-696.
- Kutluata, N. Ö. (2018). *Melamin ve Üre Reçinesi ile Emprenye Edilmiş Atık Kağıtların HDF Üretimine İlavesi ile Boyutsal Kararlılık ve Mekanik Özelliklerin İyileştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Külçe, T. (2016). *Çeşitli Plastik Atıkların HDF Üretim Sürecinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Leite, S. S., Jesus, G. M. K., Alves, M. C. S., Valarelli, I. D., Bueno, M. A. P., Magorbo, F. C. R. D., Mozies, F. A. & Salvadeo, V. M. (2019). Analysis of the parameters affecting the surface sanding of *Pinus elliottii* and *Corymbia citriodora* wood species. *BioResources*, 14(2), 2773-2783.
- Li, T., Cai, J. & Zhou, D. (2013). Optimization of the combined modification process of thermo-mechanical densification and heat treatment on Chinese Fir wood. *BioResources*, 8(4), 5279-5288.
- Melo, D., Guedes, T. O., Silva, J. R. M. & Paiva, A. V. (2019). Robust optimization of energy consumption during mechanical processing of wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77(6), 1211-1220.
- Muğla, K. (2010). *Farklı Yüzey Kaplama Malzemelerinin MDF Levhaların Yüzey Özellikleri Üzerine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Motorcu, A. R. & Bilge, T. (2018). Laminat kompozitin cep frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal tamlığın değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 79-100.
- Nemli, G., Aydın, A. & Öztürk, İ. (2004a). Laminat malzemelerde dizayn seçenekleri. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 96-101.
- Nemli, G., Öztürk, İ. & Aydın, A. (2004b). Laminat malzemeler. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(2), 55-60.
- Okumuş, F. (2015). *Taşıyıcı Üretim Tesisinde Hata Türü ve Etkileri Analizi ile Taguchi Deney Tasarımının Birlikte Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Olgun, O. & Özdemir, G. (2013). Önem-memnuniyet analizi ve Taguchi metodu ile eğitimde iyileştirme önceliklerinin belirlenmesi: bir uygulama örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 81- 87.

- ORSİAD, (2019). Orman Sanayi İş Adamları Dergisi Gazetesi Levha Sektör Analizi, <https://www.orsiad.com.tr/levha-sektor-analiz.html>, (Son erişim tarihi: 11.05.2020)
- Özdemir, F., Özyurt, H., Dalgıç, E., Ramazanoğlu, D. & Tutuş, A. (2018). Muskovit minerali eklenerek üretilen yüksek yoğunluklu lif levhaların (HDF) yüzey kalitesinin araştırılması. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(2), 166-171.
- Özdemir, İ. (2018). *Kesirli Faktöriyel Tasarım ve Taguchi Yönteminin Kompozit Malzeme Üretimi Üzerine Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Özliusoylu, İ., İstek, A. & Can, A. (2018). Silan ve parafin ilavesinin lif levhaların bazı yüzey özellikleri üzerine etkisi Türkiye ahşap esaslı levha sektör analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(3), 509-518.
- Pınarbaşı, A. (2020). Taguchi metodu nedir. <https://www.muhendisbeyinler.net/taguchi-metodu-nedir/> (Son erişim tarihi: 07.10.2020)
- Prkash, S., LillyMercyb, J., Saluguc, M. K. & Vineethd, K. S. M. (2015). Optimization of drilling characteristics using Grey Relational Analysis (GRA) in medium density fiber board (MDF). *Materials Today: Proceedings*, 2, 1541 – 1551.
- Reddy, P. B. S., Nishina, K. & Babu, A. S. (1998). Taguchi's methodology for multi-response optimization: a case study in the Indian plastics industry. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 15(6), 646-667.
- Ross, P. J. (1996). *Taguchi Techniques For Quality Engineering*. McGraw – Hill International Book Company.
- Salam, H., Dong, Y., Davies, I. J. & Pramanik, A. (2018). Optimization of material formulation and processing parameters in relation to mechanical properties of bioepoxy/clay nanocomposites using Taguchi design of experiments. *Journal of Applied Polymer Science*, 135(5), 1-18.
- Sofuoğlu, S. D. (2015). Determination of optimal machining parameters of massive wooden edge-glued panels made of European larch (*Larix decidua* Mill.) using taguchi method. *BioResources*, 10(4), 7772-7781.
- Sofuoğlu, S. D. (2017). Determination of optimal machining parameters of massive wooden edge glued panels which is made of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) using taguchi design method. *European Journal of Wood and Wood Products*, 75, 33-42.
- Sütçü, A. (2013). Investigation of parameters affecting surface roughness in CNC routing operation on wooden EGP. *BioResources*, 8(1), 795-805.

- Şahin, H. T. (2002). Odun ve selülozda meydana gelen renk değişimleri üzerine araştırmalar. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 57-70.
- Şahinbaşkan, T. (2007). *Renk Evren Modellerinin Matbaacılık Sektöründeki Kullanım Alanları (Türkiye)*. II. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu. Ekim 25-26, Ankara, 431-438.
- Şahin, H. T. (2011). *Lignoselülozik Kompozitler*. (Ders Notu, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi)
- Şahin, H. T. (2018). *Mühendislik Ürünü Ahşap Malzemeler*. (Ders Notu, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi)
- Şahin, Ş. (2019). *Taguchi Yöntemi Kullanılarak WC/CO, WC/COCR HVOF Kaplamanın Optimizasyonu ve Aşınma Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Şanyılmaz, M. (2006). *Deney Tasarımı ve Kalite Geliştirme Faaliyetlerinde Taguchi Yöntemi ile Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Şirvancı, M. (1997). *Kalite İçin Deney Tasarımı "Taguchi Yaklaşımı"*. Literatür Yayınları.
- Taguchi, G., Chowdury, S. & Wu, Y. (2005). *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. ASI Consulting Group, LLC, Livonia, Michigan.
- Taylan, D. (2009). *Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tiryaki, S., Hamzaçebi, C. & Malkoçoğlu, A. (2015). Evaluation of process parameters for lower surface roughness in wood machining by using taguchi design methodology. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73, 537-545.
- Topçu, R. M. (2018). *Uygulamalı Bir Laboratuvar Çalışması Üzerinden Yates ve Taguchi Deney Tasarımlarının Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- TS EN 316, (2011). Odundan Mamul Lif Levhalar- Tarifler, Sınıflandırma ve Semboller. TSE, II. Baskı, Ankara.
- Uz, A. (2019). *Kompozit Panel Yüzey Kaplama Tesisi ve Özellikleri (Kâğıt Emprenyesi ve Laminatlı Kâğıt Üretimi)*. (Seminer, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü)
- Wu, F. & Chyu, C. (2004). Optimization of robust design for multiple quality characteristics. *International Journal Production Research*, 42(2), 337-354.

- Yang, J. L. & Chen, J. C. (2001). A systematic approach for identifying optimum surface roughness performance in end-milling operations. *Journal of Industrial Technology*, 17(2), 1-8.
- Yılmaz, M. & Keskin, M. E. (2019). Optimal okuma şartlarının taguchi yöntemiyle belirlenmesi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 7(1), 25-32.
- Yılmaz, O. (2010). *Standart Seramik Yapıştırıcılarının Önemli Kalite Göstergelerinin Analizinde Taguchi Yöntemi*. (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Yörür, H. & Birinci, H. (2018). Türkiye’de odun esaslı levha endüstrisinin durumu ve sektöre yönelik mesleki eğitim olanaklarının araştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(1), 110-115.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Meltem CENGİZ  
Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir, 1994  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : mcengiz255@gmail.com

Taranmış  
Fotoğraf  
(3.5cm x 3cm)

### Eğitim Durumu

Lise : Eskişehir Gazi Anadolu Meslek ve Meslek Lisesi, 2012  
Lisans : SDÜ, Orman Fakültesi, 2018

### Mesleki Deneyim

ORMA Orman Mahsülleri Entegre San. ve Tic. A.Ş.- Yarı Zamanlı Üretim Müh., 2018  
ISUBÜ, Yenişarbademli MYO-Ücretli Öğretim Görevlisi, 2019  
Isparta/ Yenişarbademli Halk Eğitimi Merkezi- Eğitici, 2019

### Yayınlar

Sütçü, A. & Cengiz, M. (2019). *The Evaluation of Last Five Years Studies by Turkish Academicians in Forest Industry Machinery and Business Administration Department (Turkey)*. 2nd International Turkish World Engineering and Science Congress. November 7-10, Antalya, 798-804.