

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



ÇEŞİTLİ NANO MALZEME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ODUN
ESASLI LEVHALARIN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ

KADİR DOĞAN

DOKTORA TEZİ

DOÇ. DR. ALPEREN KAYMAKCI

OCAK - 2024
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Kadir DOĞAN tarafından hazırlanan “**ÇEŞİTLİ NANO MALZEME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ODUN ESASLI LEVHALARIN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **18.01.2024** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı** **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Alperen KAYMAKCI Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Nadir AYRILMIŞ İstanbul Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Kadir KARAKUŞ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Önder TOK Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Emre BİRİNCİ Kastamonu Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü	Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ	
----------------	-----------------------	-------

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Kadir DOĞAN

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ÇEŞİTLİ NANO MALZEME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ ODUN ESASLI LEVHALARIN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

KADİR DOĞAN

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN:DOÇ. DR. ALPEREN KAYMAKCI

Bu tez çalışmasında; toz formunda 18-50 nm tane boyutlarında olan, Magnezyum oksit (MgO), Çinko oksit (ZnO) ve Silisyum dioksit (SiO₂) nano katkı malzemeleri %1, %3 ve %5 olarak üç farklı oranda, Üre formaldehit (UF) ve Melamin üre formaldehit (MUF) tutkalları içerisine katılmıştır. Nano katkı maddelerinin, yapı malzemesi olarak kullanılan yönlendirilmiş yongalevha (OSB)'nin fiziksel özelliklerinden olan; 24 saat suda kalınlık şişmesi, formaldehit ve rutubet içeriği, boyutsal değişim, yanma direnci, esmer çürüklük mantarına karşı dayanım, ısı geçirgenliği, termogravimetrik analiz (TGA) ısı özellikleri incelenmiştir. Aynı zamanda nano katkı malzemesinin levha içerisinde şerit yongalar üzerinde dağılım özellikleri SEM mikroskobu ile araştırılmıştır. Mekanik direnç değerlerinden; çekme, eğilme, eğilmede elastikiyet modülü ve çekme-makaslama değerleri incelenmiştir.

Çalışmada, OSB üretimi için Karaçam (*Pinus nigra* A.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* T.) odunu yongaları (flake) karışık olarak, Kronospan orman ürünlerinden temin edilmiştir. Levhaların üretiminde kullanılan tutkallar; %60'lık üre formaldehit (UF) tutkalı, %60'lık, melamin içeriği %5 olan melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı Kronospan Orman Ürünleri firması tutkal fabrikasından temin edilmiştir. Her bir tutkal çeşidi için tutkal; katı tutkal miktarı kuru yonganın %11 olarak verilmiştir. Formaldehit emisyon değerini azaltmak için kullanılan %50 konsantrasyonlu catcher kimyasalı Kronospan orman ürünleri tutkal fabrikasından temin edilmiştir. Catcher katı miktarı, katı tutkal miktarına oranı %5 olacak şekilde tutkal içerisine ilave edilmiştir. Sertleştirici olarak %20 sulu çözelti amonyum klorür Kronospan orman ürünlerinden temin edilmiş ve tutkal içerisine, katı sertleştirici miktarı, katı tutkal miktarı oranı %2 olacak şekilde katılmıştır. Su itici özelliğinde olan %50 konsantrasyonda parafin emülsiyonu Mercan parafin firmasından sağlanmıştır. Parafin emülsiyonu, sıvı olarak tutkal içerisine tüketim oranı katı parafin miktarı kuru yongaya oranla %1 olacak şekilde karıştırılmıştır. Üretilen nano katkısız ve nano katkılı numuneler üzerine ilgili standartlarda belirtilen ebatlara uygun olarak deney numuneleri hazırlanmış ve deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler SAS 9,4 istatistik programı yardımıyla analiz edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Çalışma sonucunda; UF ve MUF tutkalına katılan nano katkı maddelerinin herbiri için numune yoğunluk ortalama değerleri hedeflenen yoğunluk ve tolerans değerleri arasındadır. UF tutkalı ve MUF tutkalı içerisine katılan MgO nano katkı malzemesi oranı arttıkça eğilme, elastikiyet ve çekme mukavemet değerinde düşüş, fiziksel özelliklerden 24 saat suda şişme ve formaldehit değerinde artış tespit edilmiştir. Mekanik değerlerdeki düşüş, kalınlık şişme ve

formaldehit değerlerindeki artışın UF tutkalında MUF tutkalına göre belirgin olarak daha fazla olduğu görülmüştür. MUF tutkalı ile üretilen nano katkısız kontrol numunelerinde ve nano katkılı numunelerde formaldehit emisyon değeri düşüş göstermiştir. Formaldehit değerindeki düşüşün melamin içeriğinin etkisinden olduğu düşünülmektedir. Mukavemet deneyleri sonuçlarına göre; ZnO ve SiO₂ nano katkı maddelerinin mukavemetlere olumlu etki ettiği görülmektedir. Fiziksel özelliklerden yanma deneyleri incelendiğinde ZnO nano katkı maddesinin yanma süresi üzerine olumlu etki ettiği, yapı mazemesi olarak numunenin ısı yalıtım özelliği bakımından önemli olan ısı geçirgenlik deneyi sonucuna göre SiO₂ katkı oranı arttıkça ısı iletkenlik değerinin azaldığı görülmektedir.

Numunelerin boyutsal genişleme deneylerinde boy ve ende genişleme, daralma ve kalınlık artışları incelenmiştir. Deney sonuçları, numunenin üst ve alt yüzey şerit yongalarının üretim yönüne doğru ve üretime dik olarak kesiliş yönüne doğru olarak yorumlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre; %30 nem 20°C sıcaklıktan %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına geçişlerde üretim yönüne dik yönde boyutsal değişimlerde boy, en ve kalınlık artışlarında önemli bir fark görülmemiştir. %65 nem 20°C sıcaklıktan %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına geçişlerde üretim yönüne doğru değişimlerde önemli bir fark yok iken üretim dik yönde boyutsal değişimlerde numune eninde meydana gelen değişimin daha az olduğu ve numune eninde en az genişleme UF tutkalı SiO₂ %3 katkı oranında ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerde olduğu görülmektedir.

Numunelerin boyutsal daralma deneylerinde boy ve ende daralma ve kalınlıklarda azalış incelenmiştir. Deney sonuçları numunenin üst ve alt yüzey şerit yongalarının üretim yönüne doğru ve üretime dik olarak kesiliş yönüne göre yorumlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre; %85 nem 20°C sıcaklıktan %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına gelindiğinde şerit yonga serilme yönleri üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde daralma oranının daha az olduğu ve bunun UF tutkalı SiO₂ %1, MUF tutkalı nano katkısız numuneler ve MgO %5 katkı oranı numunelerde olduğu görülmektedir. %65 nem 20°C sıcaklıktan %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına gelindiğinde ise üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin boy, en ve kalınlıkta azalma oranlarında önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir.

Isı geçirgenlik özelliğinin belirlendiği deney sonuçlarına göre; en düşük ısı iletkenliği değerinin MUF tutkalı SiO₂ nano katkısı %5 oranında olduğu görülmektedir. Isı geçirgenlik süresinin az olduğu grupların ise UF tutkalı nano katkısız numunelerinde, MUF tutkalı SiO₂ nano katkılı %1, %3 oranında ve MUF tutkalı MgO nano katkısı %5 oranında olduğu görülmektedir. Termal ısı özelliklerin belirlendiği TGA testi analiz sonuçlarına göre; her iki tutukal grubu arasında nano katkısız numunelerde ve nano katkılı numunler arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Yangın tepki deneylerinde nano katkı maddelerinin OSB'nin yanma özelliklerine olumsuz bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Yangın tepki deneylerinde alev yüksekliğinin her grup ve nano katkı maddeleri için standartın belirlediği sınır değeri geçmediği gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELE:Nano katkı maddeleri, UF, MUF tutkalı, fiziksel ve mekanik direnç deneyi, boyutsal değişim.

Ocak 2024, 214 Sayfa

ABSTRACT

PH.D THESIS

DETERMINATION OF CHARACTERISTIC PROPERTIES OF WOOD-BASED BOARDS REINFORCED WITH VARIOUS NANO MATERIAL

KADİR DOĞAN

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOREST INDUSTRIAL ENGINEERING
SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. ALPEREN KAYMAKCI**

In this thesis study, Magnezium oxide (MgO), Zinc oxide (ZnO) and Silisium dioxide (SiO₂) nano additive materials in powder form with grain size of 18-50 nm were added to urea formaldehyde (UF) and melamine urea formaldehyde (MUF) resins in three different ratios as 1%, 3% and 5%. Physical properties of oriented strand board (OSB) used as a building; thickness swelling in water 24h, formaldehyde and moisture content, dimensional change, fire resistance, resistance to brown rot fungus, heat permeability, thermogravimetric analysis (TGA) thermal properties were examined. At the same time, the distribution properties of the nano additive material on the strand particle in the board were investigated using an SEM microscope. From mechanical resistance values; tensile strength, bending strength, modulus of elasticity in bending and tensile-shear strength were examined.

In the study, mixed Black pine (*Pinus nigra* A.) and Red pine (*Pinus brutia* T.) wood strand particle were obtained from Kronospan wood products for OSB production.

Resins were used in the production of board; 60% urea formaldehyde (UF) resin and 60% melamine urea formaldehyde (MUF) resin with 5% melamine content were supplied from the Kronospan Wood Products company resin factory. Resin for each type of resin was added as solid 11% of the dry strand particle. The 50% concentration catcher chemical used to reduce formaldehyde emission value was supplied from Kronospan Wood Products resin factory. Catcher solid amount was added into the resin at a ratio of 5% to the solid glue amount. Ammonium chloride in 20% aqueous solution as a hardener was obtained from Kronospan Wood Products and was added into the resin in a way that the ratio of solid hardener amount to solid glue amount was 2%. Paraffin emulsion at 50% concentration, which has water-repellent properties, was provided by Mercan paraffin firm. Paraffin emulsion was mixed into the liquid glue in such a way that the consumption rate of solid paraffin was 1% compared to dry chip. Test samples were prepared and tested in accordance with the dimensions specified in the relevant standards on the produced nano-free and nano-added samples. The data obtained as a result of the study were analyzed with the help of SAS 9,4 statistical program and the results were interpreted.

In the results of study; the sample density average values for each of the nano additives added to UF and MUF resin are between the intended density value and tolerance values. As the ratio of MgO nano additive material added to UF resin and MUF resin increased, a decrease in bending, elasticity and tensile strength values, and an increase in 24-hour water swelling and formaldehyde values were detected. It was observed that the decrease in mechanical values,

thickness swelling and increase in formaldehyde values were significantly higher in UF resin than in MUF resin. The formaldehyde emission value decreased in control samples without nano additives and in samples with nano additives produced with MUF resin. It is thought that the decrease in formaldehyde value is due to the effect of melamine content. According to the results of strength tests; It is seen that ZnO and SiO₂ nano additives have a positive effect on strength. When the combustion experiments from physical properties are examined, it is seen that the ZnO nano additive has a positive effect on the burning time feature and as a result of the heat permeability test, which is important for the thermal insulation feature of the sample as a building material, as the SiO contribution rate increases, the thermal conductivity value decreases, meaning it can increase the insulation performance of the material.

In dimensional expansion experiments, elongation, expansion and thickness increases in length, width and thickness were examined. The test results were interpreted as towards the production direction of the upper and lower surface flakes of the sample and towards the cutting direction perpendicular to the production. According to the analysis results; No significant difference was observed in the dimensional changes perpendicular to the production direction in the increases in length, width and thickness in the transition from 30% humidity and 20°C to 65% humidity and 20°C temperature conditions. While there is no significant difference in the changes towards the production direction in the transition from 65% humidity, 20°C temperature to 85% humidity, 20°C temperature conditions, in the dimensional changes in the perpendicular direction of production, the change in the sample width is less and the least expansion in the sample width is observed. UF resin SiO₂ 3% contribution ratio and in samples without nano additives of MUF glue.

In dimensional contraction experiments, shrinkage in length and width measurements and decrease in thickness were examined. The test results were again interpreted as towards the production direction of the upper and lower surface flakes of the sample and towards the cutting direction perpendicular to the production. According to the analysis results; When it comes to 85% humidity, 20°C temperature and 65% humidity, 20°C temperature conditions, it is seen that the shrinkage rate in the width of the samples whose flake laying directions are cut perpendicular to the production direction is less. seen in the samples. When it comes to 65% humidity and 20°C temperature conditions and 30% humidity and 20°C temperature conditions, it is seen that there is no significant difference in the reduction rates in length, width and thickness of the samples cut perpendicular to the production direction and production.

According to the test results in which the heat permeability property was determined; It is seen that the lowest thermal conductivity value is 5% with the SiO₂ nano contribution of MUF resin. It is seen that the groups with the lowest heat permeability time are in the samples without UF resin nano additives, MUF glue with SiO₂ nano additives at a rate of 1% and 3%, and MUF resin MgO nano additive at a rate of 5%. According to the TGA test analysis results where thermal heat properties are determined; There was no significant difference between the two adhesive groups in samples without nano additives and samples with nano additives.

In the fire reaction tests, it was observed that nano additives did not have a negative effect on the combustion properties of OSB. It was observed in fire reaction test that the flame height did not exceed the limit value determined by the standard for each group and nano additives.

KEYWORDS: Nano additives, UF, MUF resin, physical and mechanical strength experiment, dimensional change.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması esnasında her türlü desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Alperen KAYMAKCI'ya teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Bu tez çalışması esnasında ömrü vefa etmeyip rahmetli olan ve üzerimdeki emekleri çok olan ilk danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Hakan AKYILDIZ ve Sayın Prof. Dr. Hasan VURDU hocama teşekkürlerimi ve minnetimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca, verdiği desteklerden dolayı Doç. Dr. Kadir KARAKUŞ, Doç. Dr. Önder TOR ve Doç. Dr. Osman Emre ÖZKAN hocalarıma,

Tez için numune üretim çalışmalarında her türlü desteği sağlayan Sayın Bilal KARAKAYA'ya (Kronospan Orman Ürünleri Fabrikası Genel Müdür Yrd.),

Üretim çalışmalarda ve deney aşamalarında yardımcı olan Murat MANAY ve Doğan CAN'a (Kronospan Orman Ürünleri Laboratuvar Çalışanları) teşekkür ederim.

Doktora öğrenciliğimden, tez çalışmaları ve tez yazımı aşamalarına kadar her türlü desteklerini benden esirgemeyen canım eşim ve çocuklarım Melike, Meleknaz ve İpek'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Bu tez çalışması Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından KÜ-BAP/2021-61'nolu proje ile desteklenmiştir.

KADİR DOĞAN

Kastamonu, 2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ	xv
GRAFİKLER DİZİNİ	xix
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xxii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Özgün Değeri.....	2
1.2 Çalışmanın Amacı.....	4
1.3 Çalışmanın Kapsamı	5
2. OSB GENEL TANINIMI	8
2.1 OSB'nin Sınıflandırılması	8
2.2 OSB Üretim Aşamaları	11
2.3 OSB Uygulama Alanları	13
3. NANO KAVRAMI	17
3.1 Nano Malzeme ve Nano Teknoloji	18
3.1.1 Nano Teknolojinin Tarihçesi	18
3.1.2 Nano Malzeme Üretim Yöntemleri	19
3.1.3 Nano Malzemelerin Sınıflandırılması.....	20
3.1.4 Ahşap'ta Nano Teknoloji ve Nano Katkı Maddeleri Uygulamaları	22
3.1.5 Odun Esaslı Levha Endüstrisinde Nano Katkı Maddelerinin Kullanılması.....	24
3.1.6 Çalışmada Kullanılan Ağaç Türleri	26
3.1.6.1 Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.)	26
3.1.6.1.1 Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.) doğal yayılışı	26
3.1.6.1.2 Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.) botanik özellikleri.....	27
3.1.6.1.3 Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.) anatomik özellikleri.....	27
3.1.6.1.4 Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.) kimyasal özellikleri	28
3.1.6.1.5 Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.) odunun kullanım yerleri	28
3.1.6.1.6 Kızılçam (<i>Pinus brutia</i> Ten.) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri	28
3.1.6.2 Karaçam (<i>Pinus nigra</i> A.).....	29
3.1.6.2.1 Karaçam (<i>Pinus nigra</i> A.) doğal yayılışı	29
3.1.6.2.2 Karaçam botanik özellikleri.....	29
3.1.6.2.3 Karaçam anatomik özellikleri.....	30
3.1.6.2.4 Karaçam kimyasal özellikleri	31
3.1.6.2.5 Karaçam odunun kullanım yerleri	31
3.1.6.2.6 Karaçam fiziksel ve mekanik özellikler.....	31
3.1.6.3 Kimyasallar	32

3.1.6.3.1	Tutkallar.....	32
3.1.6.3.2	Üre formaldehit (UF) tutkalı genel özellikleri.....	32
3.1.6.3.3	Melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı genel özellikleri.....	35
3.1.6.3.4	Sertleştirici	37
3.1.6.3.5	Formaldehit emisyon düşürücü kimyasal	39
3.1.6.3.6	Formaldehit emisyon düşürücü kimyasal üre su çözeltisi	39
3.1.6.3.7	Parafin ve parafin emülsiyonu	39
3.1.6.4	Nano katkı maddeleri	41
3.1.6.4.1	Nano katkı maddesi magnezyum oksit (MgO).....	41
3.1.6.4.2	Nano katkı maddesi çinko oksit (ZnO).....	43
3.1.6.4.3	Nano katkı maddesi silisyum dioksit (SiO ₂).....	44
4.	MATERYAL VE METOT	47
4.1	Materyal	47
4.1.1	OSB Üretiminde Kullanılan Şerit Yongaları	47
4.1.2	Kimyasallar	49
4.1.2.1	Tutkallar	49
4.1.2.1.1	Üre formaldehit (UF) tutkalı genel özellikleri	49
4.1.2.1.2	Melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı genel özellikleri.....	50
4.1.2.2	Sertleştirici	50
4.1.2.3	Formaldehit emisyon düşürücü kimyasal	50
4.1.2.4	Formaldehit emisyon düşürücü kimyasal olarak üre su çözeltisi.....	51
4.1.2.5	Parafin ve parafin emülsiyonu	51
4.1.2.6	Nano katkı maddeleri	52
4.1.2.6.1	Nano katkı maddesi magnezyum oksit (MgO).....	52
4.1.2.6.2	Nano katkı maddesi çinko oksit (ZnO).....	53
4.1.2.6.3	Nano katkı maddesi silisyum dioksit (SiO ₂).....	54
4.2	Metot	55
4.2.1	Deney Numunelerinin Hazırlanması	55
4.2.2	Odunlardan Şerit Yonga Elde Edilmesi.....	56
4.2.3	Şerit Yongaların Hazırlanması.....	57
4.2.4	Tutkal ve Kimyasal Hazırlanması.....	58
4.2.5	Blender Tutkallama.....	59
4.2.6	Serme Kalıbı Hazırlama.....	60
4.2.7	Presleme	61
4.3	Deneyler.....	64
4.3.1	Birim Hacim Ağırlığının Tayini (Levha Yoğunluk Değeri).....	67
4.3.2	Rutubet İçeriğinin Tayini.....	68
4.3.3	Kalınlık Şişme Tayini	68
4.3.4	Formaldehit İçeriğinin Tayini	69
4.3.5	Yanma Özelliklerini Belirleme Deneyleri	71
4.3.5.1	UL 94 Standartına göre yanma özelliklerini belirleme deneyi	71
4.3.5.2	ISO 11925-2 Standartına göre yangına tepki deneyi	73
4.3.6	Mantar Çürüklük Deneyi	74
4.3.7	Isı Geçirgenliği Deneyi	77
4.3.8	Termogravimetrik Analiz (TGA).....	79
4.3.9	Kül Tayini Testi	81
4.3.10	Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülü Deneyi	82
4.3.11	Elastikiyet Modülü.....	83
4.3.12	Levha Yüzeyine Dik Çekme Deneyi	84

4.3.13	Çekme-Makaslama Direnci Deneyi.....	85
4.3.14	Verilerin Analizi	87
5.	BULGULAR VE TARTIŞMA	88
5.1	Üretilen OSB Levha Numunelerinin Fiziksel Özellikleri.....	88
5.1.1	Birim Hacim Ağırlık Değerinin Belirlenmesi	88
5.1.2	Kalınlık Şişme Değerinin Değerlendirilmesi.....	91
5.1.3	OSB Numunelerin Formaldehit İçeriğinin Belirlenmesi	95
5.1.4	Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi	98
5.1.4.1	UL94 Standartına göre yanma süresinin belirlenmesi	98
5.1.4.2	UL94 Standartına göre yanma deneyi sonrasında numune ağırlık kaybının tespiti.....	99
5.1.4.3	ISO 11925-2 Standartına göre yangına tepki deneyi	102
5.1.5	OSB Numunelerin Isı Geçirgenliği Özelliği Belirleme Deneyi	109
5.1.5.1	Isı iletkenlik değeri.....	109
5.1.5.2	Isı geçirgenlik için geçen süre.....	111
5.1.6	OSB Numunelerinin Termogravimetrik Analiz (TGA) Özelliklerinin Belirlenmesi	113
5.1.7	OSB numunelerinin Kül Tayini Testi.....	128
5.1.8	OSB Numunelerinin Farklı Nem ve Sıcaklık Koşullarında Boyutsal Genişleme Yüzde Oranlarının Belirlenmesi.....	130
5.1.8.1	%30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru boylarında meydana gelen değişimin belirlenmesi	130
5.1.8.2	%30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru enlerinde meydana gelen değişimin belirlenmesi	132
5.1.8.3	%30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru kalınlıklarında meydana gelen değişimin belirlenmesi	134
5.1.8.4	%30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin boyunda meydana gelen değişimin belirlenmesi	136
5.1.8.5	%30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin eninde meydana gelen değişimin belirlenmesi	138
5.1.8.6	%30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında meydana gelen artışların belirlenmesi.....	140
5.1.8.7	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin boyunda meydana gelen artışların belirlenmesi	142

5.1.8.8	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin eninde meydana gelen artışların belirlenmesi	144
5.1.8.9	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin kalınlıklarında meydana gelen artışların belirlenmesi.....	146
5.1.8.10	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin boylarındaki artış oranlarının belirlenmesi	148
5.1.8.11	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin enlerinde artış oranlarının belirlenmesi	150
5.1.8.12	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında artış oranlarının belirlenmesi.....	152
5.1.9	OSB Numunelerinin Farklı Nem ve Sıcaklık Koşullarında Boyutsal Daralma Yüzde Oranlarının Belirlenmesi	154
5.1.9.1	%85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin boylarındaki daralma oranlarının belirlenmesi	154
5.1.9.2	%85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin enlerindeki daralma oranlarının belirlenmesi	156
5.1.9.3	%85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin kalınlıklarında azalma oranlarının belirlenmesi	158
5.1.9.4	%85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime dik olarak kesilen numunenin boylarında daralma oranlarının belirlenmesi	160
5.1.9.5	%85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime dik olarak kesilen numunenin enlerinde daralma oranlarının belirlenmesi	162
5.1.9.6	%85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında azalma oranlarının belirlenmesi	164
5.1.9.7	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen,	

	üretime yönüne doğru kesilen numunenin boylarında daralma oranlarının belirlenmesi	166
5.1.9.8	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne doğru kesilen numunenin enlerindeki daralma oranlarının belirlenmesi	168
5.1.9.9	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne doğru kesilen numunenin kalınlıklarında azalış oranlarının belirlenmesi	170
5.1.9.10	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne dik olarak kesilen numunenin boylarında daralma oranlarının belirlenmesi.....	172
5.1.9.11	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne dik olarak kesilen numunenin enlerinde daralma oranlarının belirlenmesi.....	174
5.1.9.12	%65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında azalış oranlarının belirlenmesi	176
5.1.10	Mantar Çürüklük Deneyi	178
5.1.11	SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Görüntüleme.....	180
5.1.12	Üretilen OSB Levha Numunelerinin Mekanik Özellikleri	185
5.1.12.1	Eğilme mukavemeti deneyi sonuçları	185
5.1.12.2	Eğilmede elastikiyet değeri deneyi sonuçları.....	188
5.1.12.3	Çekme direnci değeri deneyi sonuçları	191
5.1.12.4	Çekme-makaslama direnci deneyi	197
6. SONUÇ VE ÖNERİLER		202
KAYNAKLAR		205
ÖZGEÇMİŞ		213

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Tipik bir OSB katmanlarını ve şerit yongaların yönlendirilmesi (a), (b)	12
Şekil 2.2 OSB Üretim aşamalarının şematik gösterimi	13
Şekil 2.3 OSB Sürekli Üretim (Sürekli pres) aşamalarının şematik gösterimi	13
Şekil 3.1 Nano malzemeler ile bazı bio molekül ve objelerin boyutlarının karşılaştırılması	17
Şekil 3.2 Nano malzeme üretim yöntemleri	20
Şekil 3.3 Nanokristalin malzemelerin yapısal elementlerinin boyutlarına göre tipleri	21
Şekil 3.4 Boyutlarına göre nano malzemeler	22
Şekil 3.5 Kızılçam odun numunesinin mikroskobik özellikleri (a) radyal, (b) teğet, (c) enine kesit	28
Şekil 3.6 Karaçam'ın enine kesiti (a), radyal kesit (b) ve teğet kesit (c)	30
Şekil 3.7 Üre formülü	33
Şekil 3.8 Formaldehit formülü	34
Şekil 3.9 Metanol formülü	34
Şekil 3.10 Üre formaldehit tutkalının sentez adımları	35
Şekil 3.11 Melamin üre formaldehit tutkalı reaksiyonu 1.aşaması	36
Şekil 3.12 Melamin üre formaldehit tutkalı reaksiyon 2.aşaması	36
Şekil 3.13 Melamin üre formaldehit tutkalı reaksiyon 3.aşaması	37
Şekil 3.14 Magnezyum Oksit (MgO) kübik şekli	43
Şekil 3.15 Çinko Oksit (ZnO) kristal yapılarının gösterimi (a) würtzit yapısı, (b) kübik çinko sülfid, (c) ZnO kristal yapısı	44
Şekil 3.16 Silisyum dioksit (SiO ₂) kristal yapısı	46
Şekil 4.1 Deney kesim şeması deney numune ebat ve sayıları (a) ve (b)	64
Şekil 4.2 Fiziksel ve mekanik direnç deneylerinin şematik görünümü	66
Şekil 4.3 UL-94 Yanma özelliklerini belirleme deneyi düzeneği	73
Şekil 4.4 Çekme-makaslama deney numunesi şablonu	86

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 OSB tiplerinin tamamı için genel gerekler	9
Tablo 2.2 OSB1; Kuru şartlarda kullanılan, yük taşıyıcı olmayan, genel amaçlı ve kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dâhil) levhaların, mekanik direnç değerleri ve kalınlığına şişme için gerekler.....	10
Tablo 2.3 OSB2; Kuru şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhaların mekanik direnç değerleri ve kalınlığına şişme için gerekler.....	10
Tablo 2.4 OSB3; Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar için mekanik direnç değerleri ve kalınlık şişme için genel gerekler.....	11
Tablo 2.5 OSB4; Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhaların mekanik direnç ve kalınlık şişme değerleri için genel gerekler	11
Tablo 3.1 Kızılçam odununun fiziksel özellikleri.....	29
Tablo 3.2 Kızılçam odunu mekanik özellikleri.....	29
Tablo 3.3 Karaçam odununun fiziksel özellikleri	31
Tablo 3.4 Karaçam odunu mekanik özellikleri	31
Tablo 4.1 Çalışmada kullanılan şerit yongalar, kimyasallar ve nano kâğıt maddelerinin tedarik edildikleri yerler	47
Tablo 4.2 Şerit yonga ağırlık-yüzde oranı en-boy-kalınlık ölçümleri elek analizi değerleri.....	48
Tablo 4.3 Çalışmada kullanılan üre formaldehit (UF) tutkalının özellikleri	49
Tablo 4.4 Çalışmada kullanılan melamin üre formaldehit (MUF) tutkalının teknik değerleri.....	50
Tablo 4.5 Amonyum Klorür (ACI) genel özellikleri	50
Tablo 4.6 Formaldehit tutucu kimyasal özellikleri	50
Tablo 4.7 Formaldehit emisyon düşürücü üre kimyasal temel bilgileri	51
Tablo 4.8 Parafin emülsiyonu genel özellikleri	51
Tablo 4.9 Magnezyum oksit (MgO) genel özellikleri.....	52
Tablo 4.10 Magnezyum oksit (MgO), tutkal, kimyasal karışımları kimyasal değerleri.....	52
Tablo 4.11 Çinko oksit (ZnO) genel özellikleri	53
Tablo 4.12 Çinko oksit (ZnO), tutkal, kimyasal karışımları kimyasal değerleri	53
Tablo 4.13 Silisyum dioksit (SiO ₂) genel özellikleri	54
Tablo 4.14 Silisyum dioksit (SiO ₂), tutkal, kimyasal karışımları kimyasal değerleri.....	54
Tablo 4.15 Levha üretim şartları	55
Tablo 4.16 Üretim dizaynı	56
Tablo 5.1 Numunelerin birim hacim ağırlık değerleri (levha yoğunluk kg/m ³)	88
Tablo 5.2 Levha Yoğunluk Değerlerinin Analizi için ANOVA Tablosu	89
Tablo 5.3 OSB numuneleri kalınlık şişme değerleri.....	91
Tablo 5.4 Kalınlık Şişme Değerlerinin Analizi için ANOVA Tablosu	92
Tablo 5.5 OSB numunelerinin formaldehit içeriğinin belirlenmesi.....	96
Tablo 5.6 OSB numunelerinin yanma deneyinde yanma süresinin belirlenmesi	98
Tablo 5.7 OSB numunelerin yanma deneyi sonrasında ağırlık kaybının (%) olarak belirlenmesi	100

Tablo 5.8 Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin yüzeylerinin aleve maruz bırakılması sonucu alev yüksekliğinin ulaştığı mesafe.....	103
Tablo 5.9 Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin yüzeylerinin aleve maruz bırakılması sonucu baca merkezinde sıcaklık değişimi ve fiziksel değişim	105
Tablo 5.10 Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin kenarlarının aleve maruz bırakılması sonucu alev yüksekliğinin ulaştığı mesafe.....	106
Tablo 5.11 Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin kenarlarının aleve maruz bırakılması sonucu baca merkezinde sıcaklık değişimi ve fiziksel değişim	109
Tablo 5.12 Isı İletkenlik Değerleri	110
Tablo 5.13 Isı geçirgenlik için geçen toplam zaman.....	112
Tablo 5.14 UF tutkalı TGA-DTG Analiz sonuçları	119
Tablo 5.15 MUF tutkalı TGA-DTG Analiz sonuçları	125
Tablo 5.16 Numune kül miktarı ve kül oranı değerleri.....	129
Tablo 5.17 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru boylarında meydana gelen değişim sonuçları	131
Tablo 5.18 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru enlerinde meydana gelen değişim sonuçları	133
Tablo 5.19 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru kalınlıklarında meydana gelen değişim oranı sonuçları	135
Tablo 5.20 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik boylarında meydana gelen artış oranı değişim sonuçları	137
Tablo 5.21 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik enlerinde meydana gelen artış oranı değişim sonuçları	139
Tablo 5.22 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik kalınlıklarında meydana gelen artış oranı değişim sonuçları	141
Tablo 5.23 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru boylarda meydana gelen artış oranı değişim sonuçları	143
Tablo 5.24 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru enlerde meydana gelen artış oranı değişim sonuçları	145

Tablo 5.25 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune kalınlıklarında meydana gelen artış oranları	147
Tablo 5.26 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik olarak numune boylarında meydana gelen artış oranları	149
Tablo 5.27 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik olarak numune enlerinde meydana gelen artış oranları	151
Tablo 5.28 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik olarak numune kalınlıklarında meydana gelen artış oranları	153
Tablo 5.29 iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune boylarında meydana gelen daralma oranları	155
Tablo 5.30 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune enlerinde meydana gelen daralma oranları.....	157
Tablo 5.31 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune kalınlıklarında meydana gelen azalma oranları.....	159
Tablo 5.32 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretime dik olarak numune boylarında meydana gelen daralma oranları.....	161
Tablo 5.33 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretime dik olarak numune enlerinde meydana gelen daralma oranları.....	163
Tablo 5.34 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretime dik olarak numune kalınlıklardaki azalış oranları	165
Tablo 5.35 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune boylarındaki daralma oranları	167
Tablo 5.36 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune enlerinde daralma oranları	169
Tablo 5.37 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB	

numunelerinin üretim yönüne doğru numune kalınlıklarında azalış oranları	171
Tablo 5.38 %65 nem 20°c sıcaklık şartlarından %30 nem 20°c sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik numune boylarında daralma oranları	173
Tablo 5.39 %65 nem 20°c sıcaklık şartlarından %30 nem 20°c sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik numune enlerinde daralma oranları	175
Tablo 5.40 %65 nem 20°c sıcaklık şartlarından %30 nem 20°c sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik numune kalınlıklarında azalma oranları	177
Tablo 5.41 Mantar çürüklük deneyi sonrası numunelerde ağırlık kaybı oranı	179
Tablo 5.42 Eğilme direnci deneyi sonuçları	185
Tablo 5.43 Eğilme Direnci Üçlü Etkileşim Tablosu	186
Tablo 5.44 Eğilmede elastikiyet değeri sonuçları	188
Tablo 5.45 Eğilmede Elastikiyet Modülü Üçlü Etkileşim Tablosu	189
Tablo 5.46 Çekme Mukavemet Değerleri	192
Tablo 5.47 Çekme Direnci Üçlü Etkileşim Tablosu	193
Tablo 5.48 Çekme- Makaslama Direnci Değerleri	197
Tablo 5.49 Çekme-Makaslama Direnci Üçlü Etkileşim Tablosu	198

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 2.1 OSB uygulama alanları.....	14
Grafik 5.1 Levha yoğunluğuna nano katkı tipinin etkisi.....	90
Grafik 5.2 Levha yoğunluğuna tutkal tipinin etkisi	90
Grafik 5.3 Kalınlık şişme oranına nano katkı tipinin etkisi	93
Grafik 5.4 Kalınlık şişme değerine nano katkı oranının etkisi.....	93
Grafik 5.5 Kalınlık şişme değerine tutkal tipinin etkisi	94
Grafik 5.6 OSB numunelerinin formaldehit içeriği değişimi.....	96
Grafik 5.7 OSB numunelerinin yanma süresi değişimleri	99
Grafik 5.8 Yanma deneyi sonrası numune ağırlık kaybı (%) oran olarak değişimi	101
Grafik 5.9 Numune yüzeyleri aleve maruz bırakılması sonucu alev yüksekliği.....	104
Grafik 5.10 Numune kenarları aleve maruz bırakılması sonucu alev yüksekliği	107
Grafik 5.11 OSB numunesi Isı iletkenliği Değerleri Değişimi	110
Grafik 5.12 Isı geçirgenliği için geçen süre	113
Grafik 5.13 UF Tutkalı nano katkısız kontrol numunesi TGA analizi	114
Grafik 5.14 UF Tutkalı MgO %1 nano katkılı numune TGA analizi	114
Grafik 5.15 UF Tutkalı MgO %3 nano katkılı numune TGA analizi	115
Grafik 5.16 UF Tutkalı MgO %5 nano katkılı numune TGA analizi	115
Grafik 5.17 UF Tutkalı ZnO %1 nano katkılı numune TGA analizi	116
Grafik 5.18 UF Tutkalı ZnO %3 nano katkılı numune TGA analizi	116
Grafik 5.19 UF Tutkalı ZnO %5 nano katkılı numune TGA analizi	117
Grafik 5.20 UF Tutkalı SiO ₂ %1 nano katkılı numune TGA analizi	117
Grafik 5.21 UF Tutkalı SiO ₂ %3 nano katkılı numune TGA analizi	118
Grafik 5.22 UF Tutkalı SiO ₂ %5 nano katkılı numune TGA analizi	118
Grafik 5.23 UF tutkalı nano katkısız ve nano katkılı numunelerinTGA deneyi sonrası kalan madde miktarları karşılaştırması	121
Grafik 5.24 MUF Tutkalı nano katkısız numuneler TGA analizi.....	122
Grafik 5.25 MUF Tutkalı MgO %1 nano katkılı numune TGA analizi.....	122
Grafik 5.26 MUF Tutkalı MgO %3 nano katkılı numune TGA analizi.....	122
Grafik 5.27 MUF Tutkalı MgO %5 nano katkılı numune TGA analizi.....	123
Grafik 5.28 MUF Tutkalı ZnO %1 nano katkılı numune TGA analizi.....	123
Grafik 5.29 MUF Tutkalı ZnO %3 nano katkılı TGA numune analizi.....	123
Grafik 5.30 MUF Tutkalı SiO ₂ %1 nano katkılı numune TGA analizi.....	124
Grafik 5.31 MUF Tutkalı SiO ₂ %3 nano katkılı numune TGA analizi.....	124
Grafik 5.32 MUF Tutkalı SiO ₂ %5 nano katkılı numune TGA analizi.....	124
Grafik 5.33 MUF tutkalı nano katkısız ve nano katkılı numunelerinTGA deneyi sonrası kalan madde miktarları karşılaştırması	127
Grafik 5.34 UF tutkalı ve MUF tutkalı gruplar arası nano katkısız ve nano katkılı numunelerinTGA deneyi sonrası kalan madde miktarları karşılaştırması	128
Grafik 5.35 Numune kül tayini testinden sonra kalan kül oranı	129
Grafik 5.36 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru boylarında meydana gelen uzama oranları.....	132

Grafik 5.37 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru enlerinde meydana gelen uzama oranları.....	134
Grafik 5.38 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kalınlıklarında meydana gelen artış oranları.....	136
Grafik 5.39 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarındaki artış oranları.....	138
Grafik 5.40 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enindeki artış oranları.....	140
Grafik 5.41 %30-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlık artış oranları.....	142
Grafik 5.42 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boy uzama oranları.....	144
Grafik 5.43 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin en uzama oranları.....	146
Grafik 5.44 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlık artışı oranları.....	148
Grafik 5.45 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boy artış oranları.....	150
Grafik 5.46 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin en artış oranları değişimi.....	152
Grafik 5.47 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlık artış oranları değişimi.....	154
Grafik 5.48 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarındaki daralma oranları değişimi.....	156
Grafik 5.49 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerinde daralma oranlarının değişimi.....	158
Grafik 5.50 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklarında azalma oranlarının değişimi.....	160
Grafik 5.51 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarında daralma oranlarının değişimi.....	162
Grafik 5.52 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde daralma oranlarının değişimi.....	164
Grafik 5.53 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarındaki azalış oranlarının değişimi.....	166
Grafik 5.54 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarında daralma oranlarının değişimi.....	168
Grafik 5.55 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerinde daralma oranlarının değişimi.....	170
Grafik 5.56 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklarında azalış oranları değişimi.....	172
Grafik 5.57 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarında daralma oranları değişimi.....	174
Grafik 5.58 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde daralma oranları değişimi.....	176
Grafik 5.59 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarında azalış oranları değişimi.....	178
Grafik 5.60 Çürüklük sonrası gruplar ve numuneler arasındaki ağırlık değişim oranları.....	179
Grafik 5.61 Eğilme direncine nano katkı tipinin etkisi.....	187

Grafik 5.62 Eğilmede elastikiyet değerine nano katkı tipinin etkisi.....	190
Grafik 5.63 Eğilmede elastikiyet değerine nano katkı oranının etkisi	190
Grafik 5.64 Eğilmede elastikiyet değerine tutkal tipinin etkisi.....	191
Grafik 5.65 Çekme direnci değerine nano katkı tipinin etkisi	194
Grafik 5.66 Çekme direnci değerine nano katkı oranının etkisi	194
Grafik 5.67 Çekme direncine tutkal tipinin etkisi.....	195
Grafik 5.68 Çekme-makaslama direnci değerine nano katkı tipinin etkisi.....	199
Grafik 5.69 Çekme -Makaslama direnci değerine nano katkı tipinin etkisi	199
Grafik 5.70 Çekme-makaslama direnci değerine tutkal tipinin etkisi.....	200



FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1 OSB Dış cephe kaplaması	15
Fotoğraf 2.2 OSB I-Kiriş uygulaması	15
Fotoğraf 2.3 OSB Çatı uygulaması	15
Fotoğraf 2.4 OSB Ev uygulaması	15
Fotoğraf 2.5 OSB Oda uygulaması	15
Fotoğraf 2.6 OSB İç mekan uygulaması	15
Fotoğraf 2.7 OSB Mutfak uygulaması	16
Fotoğraf 2.8 OSB İnşaat alanı uygulamaları	16
Fotoğraf 2.9 OSB Kutu ambalaj uygulaması	16
Fotoğraf 2.10 OSB Kutu ambalaj uygulaması	16
Fotoğraf 2.11 OSB Dekorasyon uygulaması	16
Fotoğraf 2.12 OSB Dekorasyon uygulaması	16
Fotoğraf 3.1 Üre görüntüsü ve üre ambalajı	33
Fotoğraf 3.2 Amonyum klorür granül formu	38
Fotoğraf 3.3 Parafin mumu	40
Fotoğraf 3.4 Parafin emilsüyonu	41
Fotoğraf 4.1 Alfa test marka sallama elek (a), Tepsi elekler (b)	48
Fotoğraf 4.2 Elek analizinden elde edilen şerit yongaların görüntüsü	49
Fotoğraf 4.3 Nano toz Magnezyum oksit (MgO) (a) ve tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve nano karışımla ph kağıdı ölçümü (b), jelleşme testi (c)	52
Fotoğraf 4.4 Nano toz Çinko oksit (ZnO) (a) ve tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve nano karışımları ph kağıdı ölçüm (b), jelleşme testi(c)	53
Fotoğraf 4.5 Nano toz Silisyum dioksit (SiO ₂) (a) ve tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve nano karışımları ph kağıdı ölçüm (b), jelleşme testi (c)	54
Fotoğraf 4.6 Odun istifi (a), odunların kabuk soyucuya taşınması (b, c), odunların kabuk soyucuda kabuklarının soyulması (d, e, f), odunların yongalayıcıya transferi (g), yongalayıcıda odunların yongalanması (h, i)	57
Fotoğraf 4.7 Yüzey tabakası ve orta tabaka için yongaların tartılması (a), (b), hazırlanan yongaların blender içerisine dökülmesi (c)	58
Fotoğraf 4.8 Nano katkı ekleme (a) mixer ile karıştırma (b) tutkal ve kimyasal hazırlanması (c) Manyetik karıştırma (d) ultrasonik banyoda karıştırma (e)	59
Fotoğraf 4.9 Yongaların blendera konulması (a), tutkal kimyasal karışımının tutkal haznesine konulması (b), blenderlama işlemi (c), blenderlamadan sonra yongaların boşaltılması	60
Fotoğraf 4.10 Serme kalıpları (a), (b), Şerit yongaların serme kalıbına serilmesi (c), (d)	60
Fotoğraf 4.11 Pres sacı (a), presleme çitası (b), şerit yonga pastası (c)	61
Fotoğraf 4.12 Flake pastasının prese sürülmesi (a), presleme (b), OSB levhasının oluşması (c)	62
Fotoğraf 4.13 İklimlendirme kabini dış görünüş (a) ve numuneler iç görünüş (b)	63
Fotoğraf 4.14 Birim hacim ağırlığı tayini için numune ebatlarının ölçümü	67

Fotoğraf 4.15 Kurutma fırını (Etüv) (a), Desikatör (b).....	68
Fotoğraf 4.16 Kalınlık şişme deneyi Nüve BS 30 şişme havuzu.....	69
Fotoğraf 4.17 Perforatör düzeneği (a), spektrofotometre formaldehit ölçümü (b)	70
Fotoğraf 4.18 UL-94 Yanma deneyi numunelerinin ebatlanması (a), (b).....	72
Fotoğraf 4.19 OSB numunelerinin yanma deneyi için hazırlanması (a) ve etüvde tam kuru hale getirilmesi (b)	72
Fotoğraf 4.20 UL-94 Yanma deneyi uygulaması.....	73
Fotoğraf 4.21 ISO 11925-2 Yanma deneyi düzeneği numune yüzey ve kenar yanma uygulaması.....	74
Fotoğraf 4.22 Besiyeri için malt extract agar sulu karışımının hazırlanması (a), (b) ve otaklav içerisinde şişelerin sterilizasyonu (c)	75
Fotoğraf 4.23 Biyo güvenlik kabini (a) ve malt agarın petri kaplarına dökülüşü (b), (c).....	75
Fotoğraf 4.24 Mantar misellerinin petri kaplarında besiyerine yerleştirilmesi (a), iklimlendirme kabini (b), petri kaplarının iklimlendirme kabinine yerleştirilmesi (c).....	76
Fotoğraf 4.25 OSB numunelerin petri kaplara konulması (a), petri kaplarının iklimlendirme odasına yerleştirilmesi (b) ve (c)	77
Fotoğraf 4.26 Thermtest HFM-100 Marka ısı geçirgenlik deneyi cihazı	79
Fotoğraf 4.27 Hitachi marka, STA7300 model TGA+DTA cihazı	79
Fotoğraf 4.28 Willey değirmeninde numunelerin öğütülmesi	80
Fotoğraf 4.29 Willey değirmeninde öğütülen numunelerin titreşimli elekte elenmesi.....	80
Fotoğraf 4.30 Kül testi fırın, krozeler, hassas terazi ve desikatör soğutma	82
Fotoğraf 4.31 IMAL IB 600 Deney makinası eğilme direnci deneyi yapılması.....	83
Fotoğraf 4.32 Yüzeye dik çekme deneyi için numunelerin takoza yapıştırılması (a), numunelere çekme deneyi uygulanması (b)	84
Fotoğraf 4.33 Kayın masif panelin zımparadan geçirilmesi	85
Fotoğraf 4.34 Tutkal kimyasal nano karışımının masif panellere sürülmesi	85
Fotoğraf 4.35 Tutkallı numunelerin Bürkle pres makinasında preslenmesi	86
Fotoğraf 4.36 Çekme-makaslama direnci deneyi numunenin yerleştirilmesi ve deney yapılması.....	87
Fotoğraf 5.1 Kalınlık şişme deneyinden sonra numuneler.....	95
Fotoğraf 5.2 Yangına tepki deneyi yüzeyin aleve maruz bırakılması.....	104
Fotoğraf 5.3 Yangına tepki deneyi kenarın aleve maruz bırakılması	108
Fotoğraf 5.4 UF nano katkısız numune.....	181
Fotoğraf 5.5 UF MgO %5 nano katkılı numune	181
Fotoğraf 5.6 UF ZnO %5 nano katkılı numune	182
Fotoğraf 5.7 UF SiO ₂ %5 nano katkılı numune	182
Fotoğraf 5.8 MUF nano katkısız numune	183
Fotoğraf 5.9 MUF MgO %5 nano katkılı numune.....	183
Fotoğraf 5.10 MUF ZnO %5 nano katkılı numune.....	184
Fotoğraf 5.11 MUF SiO ₂ %5 nano katkılı numune.....	184
Fotoğraf 5.12 Eğilme direnci deneyi numuneleri kırılma şekilleri	187
Fotoğraf 5.13 Çekme direnci deneyi numuneleri ayrılma şekilleri.....	195
Fotoğraf 5.14 Deney numuneleri	196
Fotoğraf 5.15 Çekme-Makaslama direnci deney numuneleri kopma şekilleri	201

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
±	: Artı eksi
µm	: Mikro metre
C	: Karbon
MgO	: Magnezyum Oksit
nm	: Nano metre
°C	: Santigrat derece
SiO ₂	: Silisyumdioksit
TiO ₂	: Titanyumdioksit
ZnO	: Çinko Oksit
σ	: Makaslama gerilme

Kısaltmalar

ACL	: Amonyum klorür
CNF	: Selüloz nano lif
CNT	: Karbon nano tüp
cP	: Centipoise
F/Ü	: Formaldehit/Üre
g/cm ³	: Gram/santimetreküp
g/mol	: Gram/mol
Kg/lt	: Kilogram/litre
Kg/m ³	: Kilogram/metreküp
mg	: miligram
mm/dk	: milimetre/dakika
MUF	: Melamin üre formaldehit
N/mm ²	: Newton/milimetrekare
OSB	: Oriented strand of board (Yönlendirilmiş yonga levha)
SEM	: Scanning electron microscope (Taramalı elektron mikroskobu)
TGA	: Termal gravimetrik analiz
TS EN	: Türk standartları Avrupa normu
UF	: Üre formaldehit
UV	: Ultraviyole

1. GİRİŞ

İnsanlar dünyadaki ilk zamanlarından günümüze kadar ki doğada var olma mücadelesinde barınma, korunma, el aletleri ve diğer tüm ihtiyaçları için ağaç malzemeden faydalanmıştır. İnsanın ağacı işlemesi ve bu işleme yöntemlerini geliştirmesi ile ağaçtan yapılan malzemeler yaşam alanlarında daha yoğun bir şekilde kullanılmış ve ağaç malzemeye olan talep ve ilgi gün geçtikte artmıştır (As vd., 2001). Dünya nüfusunun artışı ağaç malzemeye olan talebi artırmış ve ağaç tüketiminin hızlanması ile orman varlıklarının azalması, insanları bu kaynakların daha efektif kullanılması için çözüm arayışına itmiştir. Bunun için ağacın her bir bölümünün etkin bir şekilde kullanılması gerektiğinden, yongalı, lifli, tabakalı ağaç malzeme üretim yöntemleri geliştirilmiştir (Nemli vd., 2006). Bu yönde geçtiğimiz yüzyıl başlarında kontrplak ile başlayan ahşap kompozit levha üretimini bu yüzyılın ortalarında yonga levha ve lif levha gibi diğer kompozit levhaların üretilmesi takip etmiştir (Ciritçioğlu ve Çiftçi, 2019). Direk olarak ağaç malzemeyi kullanmak yerine ağacın yerine kullanılabilecek odun yongası ve farklı malzemelerinin bir araya getirilip endüstriyel bir ürün olan odun kompozit malzemeleri kullanılma yöntemine gidilmiştir (Köse, 2009). Kompozit malzemeler kendini meydana getiren ürünlerden daha yararlı nitelikleri taşıyabilen genelde kendilerini meydana getiren ürünlerin yararlı özelliklerini gösterebilen birden fazla malzemenin çeşitli birleşimlerle bir araya gelmesi ile teşekkül eden materyallerdir (Kaymakcı, 2019). Ahşap esaslı malzemelerden üretilmiş kompozit malzemeler, çok çeşitli alanlarda bir mühendislik malzemesi olarak kullanılmaktadır (Ciritçioğlu ve Çiftçi, 2019).

Bu kompozit malzemelerden biri yönlendirilmiş yonga levha (OSB) dir (Korkmaz vd., 2017). Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB), şerit olarak odun yongalarından oluşan panel olarak üretilmiş bir ahşap üründür. Şerit yongalar yönlendirme yapılarak, basınç ve ısı altında genellikle formaldehit esaslı, ısıyla sertleşen bir yapıştırıcıyla bağlanır. Şerit yongaların yönü üst ve alt yüzeyde levha yüzeyine paraleldir. OSB aslında kare levhalardan üretilen waferboard isimli orijinal üründen geliştirilmiş ikinci nesil bir levhadır (Yapıcı vd., 2009). OSB üretimde genelde küçük çaplı, yuvarlak odun hammaddeleri kullanılmaktadır. OSB Kullanım yerine göre OSB1'den OSB4'e kadar

dört farklı sınıfa ayrılır. OSB levhaları yapılar başta olmak üzere, çatı malzemesi olarak, ambalaj ve sandık yapımında, inşaat alanı belirlemede, duvar ve ev ara bölmelerinde, yer döşemelerinde, deniz aracı dekorasyonlarında, yapı iç kaplamalarında, araç kasası, vb. pek çok yerde, ayrıca fuar standı uygulamalarında, iç mimaride dekorasyon amaçlı olmak üzere inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (İstek vd., 2016).

Ürün performansının artırılması, kullanılan malzemelerin azaltılması, kompozit bir malzemenin elde edilmesi için neredeyse tüm bilimsel çalışmalarda ve teknolojiye kullanılan ve bilim insanları tarafından geleceğin gelişmişlik göstergesi olarak tanımlanacak olan nano teknoloji çalışmalarının OSB üretiminde de kullanılması tercih edilebilir. Günümüzde orman ürünleri sanayiinde üretim makinalarında, yapıştırıcı, boya ve kimyasal ürünlerde nano teknoloji kullanılmaktadır (Bardak vd, 2016). Nano teknoloji çalışmalarının önümüzdeki yıllarda hayatımızda önemli bir yeri olacak. Bu gelişmelere ayak uydurabilen ülkeler arasındaki fark kendini gösterecektir. Yakın gelecekte mili güvenliğimiz açısından teknoloji ve özellikle nano teknoloji uygulamalarında geri kalmamak ve bu konularda ön sıralarda yer alma çok önemli ve ülkemizin öncelikli konularından biri olacaktır. Nano malzemelerin belirgin özellikleri 1-100 nm boyutlarındaki malzemelerdir. Nano malzemeler metal, seramik, organik moleküler topluluk, polimerik ya da kompozit malzemeler olabilir (Tübitak, 2004).

1.1 Çalışmanın Özgün Değeri

OSB uygulama alanları incelendiğinde büyük oranda yapı malzemesi olarak, inşaatlarda kullanıldığı görülmektedir. Bunun en büyük nedeni OSB malzemesinin maliyetinin yapı malzemesi olarak kullanılan ahşap esaslı levhalar ve diğer malzemelerden nispeten daha düşük olması daha çok bulunur olması ve düşük ağırlıklarda mukavet direnç değerlerinin yüksek olmasıdır. OSB'nin birincil faydası yapısal ürün olarak kullanılan kontrplak ile karşılaştırıldığında mekanik mukavemetlerinin denk ve esas olarak maliyetinin daha düşük olmasıdır (Brochmann vd., 2004).

OSB kontrplağa alternatif olarak geliştirilen ucuz bir malzemedir. Kontrplak üretimi için standartın belirlediği sınırlar içerisinde hata içerebilen belirli çap ve boylardaki, çürüksüz, çatlaksız, budaksız vs, yüksek kalitedeki odun hammaddesinden üretilen çok fazla miktarda, tomruk niteliğinde oduna ihtiyaç vardır. Bu durum orman varlığının azalmasına neden olmuştur. 1950’li yıllardan itibaren yüksek maliyetli bir ürün olan kontrplak yerine daha ucuz ve daha çok kusur ve hatalı kabul edilebilir oranda odun hammaddesinin kullanıldığı OSB levhaları, kontrplağa alternatif bir ürün olmuştur. Böylelikle hem budaklı, kusur içeren ve farklı çaplarda, odun hammaddesi kullanılarak orman varlığı korunmuş hem de daha ucuz maliyetli bir ürün olan OSB çok farklı ve fazla kullanım alanına sunulmuştur (Akbulut vd., 2002).

Üre formaldehit (UF) ve Melamin üre formaldehit (MUF) tutkalına nano dolgu maddesi katıldığında farklı üretim şartlarında tutkalların ürünün farklı özelliklerinin performans özelliklerini iyileştirdiği yapılan çalışmada görülmüştür (Doosthoseini vd., 2010).

UF ve MUF tutkalı ile üretilen kompozit malzemelerin formaldehit emisyon içeriğinin insan sağlığını tehdit edebilecek oranlarda olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmada, nano katkı malzeme ile düzenlenmiş olan UF ve MUF tutkalları ile üretilen yonga levha ve kontrplak kompozit ürünlerin içerdiği formaldehit emisyonunun azaldığı böylelikle nano katkı malzemeleri ile takviye edilmiş tutkallar ile çevreye ve insan sağlığına zarı olmayan kompozit malzeme üretmenin mümkün olduğu görülmüştür (Candan ve Akbulut, 2013).

Orman ürünleri endüstrisinde levha içerisinde kullanılan odun esaslı ve kimyevi malzemeleri azaltıp ürün maliyetini düşürerek aynı zamanda edilen malzemenin özelliklerini artırmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Son dönemlerde nano katkı malzemeleri üzerine yapılan çalışmalara, farklı tutkallar içerisine çeşitli nano maddeler katılarak ürün performansını artırıcı tutkal-nano malzeme karışım uygulamaları, yüzey kaplama uygulamaları, nano selüloz çalışmaları gösterilebilir. Ahşap esaslı ürünlerin verimliliğini artırmada nano teknoloji uygulamaları önemli bir araç olarak kullanılabilir. Farklı alanlardaki sektörler yenilikçi ürünleri üretmek ve piyasa arz etmek için çalışmalarını hızlandırmaktadır. Nano teknoloji yenilikçi ürün

yaklaşımında ön sıralarda yer alması ve ülkelerin ekonomilerini büyütmek için en önemli araçlardan biri olacağı düşünülmektedir (Bardak vd.,2016).

Tutkal esaslı kimyasallar ile yapılan çalışmalarda, bu ürünlere nano katkı malzemeleri ilave edildiğinde, elde edilen malzemelerin mukavemet, ısı geçirgenlik ve yüksek elektriksel performans gösterdiği saptanmıştır. Nano katkılı tutkallar, nano malzemelerinin çeşitlendirilmesi ve piyasaya uygun hale getirilmesi tutkal uygulamalarına nano ölçekte yeni olanaklar sunmuştur. Nano takviyesi ile tutkalla performansının geliştirilmesi konusu günümüzde yapılan araştırma ve çalışmaların başında gelmektedir. Tutkal içerisinde çeşitli nano katkı malzemeleri kullanılmaktadır. Bunların önde gelenleri şunlardır: Magnezyum oksit, titanyum dioksit, silis, alüminyum oksit vb. nano özellikte katkı malzemeleridir (Licari ve Swanson, 2011).

Odun esaslı levha ürünlerinde levha mukavemet ve fiziksel özelliklerinden ısı direnci, yangın performansı, çürümeye karşı direnç özelliklerinin iyileştirilmesi ile Orman ürünleri sanayinin ilerlemesine etkide bulunabileceği gibi ekonomiye sağlayacağı katkıda göz ardı edilmemelidir. Nano katkı malzeme kullanımının başta levha ve kompozit ürünler sektörü başta olmak üzere tüm orman ürünleri endüstrisine katılımı bir gerekliliktir. Bu şekilde katma değeri daha yüksek ürünlerin üretimi sağlanabilecektir. Böylelikle kullanım alanı sayısı ve çeşidi artan ahşap kompozit ürünlerine olan talebin artışına ve çok daha yüksek gelir getirmesine imkân sağlaması düşünülmektedir.

1.2 Çalışmanın Amacı

- a) Nano teknoloji çeşitli formlarda farklı sektörde yenilikçi ve rekabetçi ürünlerin elde edilmesinde kullanılabilmektedir. Gelecekte nano teknolojinin avantajlarından yararlanmak için hemen hemen her üründe nano özellikteki ürünlerin tercih edilme olasılığı yüksek olmasından dolayı OSB üretiminde de nano materyal kullanım potansiyelinin incelenmesi amaçlanmıştır.
- b) Çeşitli nano materyaller ile modifiye edilen üre formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkallarının performanslarının incelenmesi

- c) Nano malzeme oranı ve çeşidinin OSB'nin fiziksel, mekanik ve morfolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi
- d) OSB'nin yapı malzemesi olarak kullanımında performansını ön plana çıkaracak yangın, rutubet ve çeşitli mantar ve böcek arızına karşı dayanımının artırılması
- e) Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı'nın Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması Projesi kapsamında "Ormancılık ve Tabiat Turizmi" sahasında ihtisaslaşan Kastamonu Üniversitesi ile sektör kuruluşları arasında Üniversite-Sanayi işbirliği faaliyetlerini hızlandırmak ve bu yönüyle yöreye ve bölgeye katkı sunmak amaçlanmaktadır.

1.3 Çalışmanın Kapsamı

Bu tez çalışmasında kullanılan OSB numuneleri Kronospan orman ürünleri Ar-Ge laboratuvarında, yerli imkanlar ile imal edilen karıştırıcı blender, serme kalıbı ve elektrikle ısıtılan, yüksek ısı ve yüksek basınç sağlayabilen Bürkle LA400 marka pres kullanılarak üretilmiştir. OSB numunelerinin üretimi için şerit yonga olarak; Karaçam (*Pinus nigra* A.) ve Kızılçam (*Pinus brutia* T.) odunu yongaları karışık olarak kullanılmıştır. Odun yongaları ebatları yaklaşık 20 x 85 mm, kalınlıkları 0,7-1,0 mm olacak şekilde Kronospan Orman Ürünleri Kastamonu fabrikasında Palman marka flaker yongalama makinesinde elde edilmiştir.

Tutkal olarak, %60'lık üre formaldehit (UF) tutkalı, %60 konsantrasyonda, melamin içeriği %5 olan melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı kullanılmıştır. Her bir tutkal tipi kullanımı için tutkal; katı tutkal miktarı kuru yonganın %11'i olacak şekilde flake ile blender içerisinde enjektör vasıtasıyla verilerek karıştırılması sağlanmıştır. Levhanın rutubete ve suya karşı direncini artırmak için su itici kimyasal madde olarak %50 konsantrasyonda parafin emülsiyonu kullanılmış olup, parafin emülsiyonu katı miktarı kuru yongaya oranla %1 olacak şekilde tutkal içerisine katılmıştır. Sertleştirici olarak %20 konsantrasyonda amonyum klorür kullanılmıştır. Katı amonyum klorür miktarı katı tutkala oranla %1 olacak şekilde tutkal içerisine katılmıştır. Formaldehit emisyonunun azaltılması için kullanılan %50 konsantrasyondaki formaldehit tutucu katı miktarının tutkal katı miktarına oranı %5 ve %40 konsantrasyonda üre katı

miktarının tutkal katı miktarına oranı %5 olacak şekilde tutkala karıştırılmıştır. Levhaların üretiminde kullanılacak tutkal ve kimyasallar Kronospan Orman Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş tutkal fabrikasından temin edilmiştir.

Çalışma kapsamında, 18-50 µm boyut aralığında, toz formunda Magnezyum Oksit (MgO), Çinko oksit (ZnO) ve Silisyum dioksit (SiO₂) nano katkı malzemeleri tutkala sırasıyla %1, %3 ve %5 oranlarında karıştırılıp önce mikser, daha sonra mıknatıslı karıştırıcı ve ultrasonik banyoda karıştırılarak tutkal ve kimyasal içerisinde homojen olarak karıştırılması sağlanmıştır. Nano katkı malzemeleri yurt içinde üretim yapan Nanografi NanoTeknoloji A.Ş. (Ankara) şirketinden satın alma yoluyla tedarik edilmiştir.

Üretim için öncelikle hammaddelerin temin edilmesinden sonra deneme desenine uygun olarak bir preslemede üretilecek bir numune için ihtiyaç olan şerit yonga (flake), tutkal, parafin emülsiyonu, formaldehit tutucu kimyasalı, amonyum klorür sertleştirici ve nano katkı maddeleri miktarı hesaplanmıştır. Deneme üretiminde elde edilen OSB numunelerin alt ve üst tabakasında numune toplam ağırlığının %55'i kadar uzun ve geniş şerit yongalar, orta tabakada ise toplam ağırlığın %45'i kadar küçük boyutta yongalar kullanılmıştır. Şerit yongalar, boyut ve numune içerisinde dağılımlarının homojen olması için elenerek tasnif edilmiştir. Yongaların elenmesi için Kronospan orman ürünleri laboratuvarında bulunan Alfa test marka sallantılı elekten yararlanılmıştır. Yüzey tabakası için 30 mm-25 mm-10 mm elek üzerinde kalan şerit yongalar, orta tabaka için 5 mm ve 2,5 mm elek üzerinde kalan yongalar kullanılmıştır. Numune üretiminde kullanılan tutkal ve tüm kimyasal miktarları yonga oranlarına göre hesaplanmış ve deneme desenindeki oranlara uygun olarak verilmiştir.

Her bir tutkal, kimyasal ve nano katkı madde karışımı için en uygun şartlarda ve standart olarak çalışılabilecek, aynı zamanda güncel OSB üretim tesis şartlarına yakın değerlerde çalışmak için denemeler yapılmış, levha yoğunluk değeri, pres sıcaklığı ve presleme süresi belirlenmiştir. Her bir çalışma grubu için oluşturulan deneme desenine uygun presleme şartları aynı olacak şekilde on beş'er adet numune üretilmiştir.

Üretilen numuneler iklimlendirme odasında $20\pm2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve $\%65\pm5$ nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiş ve standartlara uygun olarak deneyleri yapılmıştır.

Deneyler; fiziksel ve mekanik direnç deneyleri olarak iki grupta incelenmiştir. Fiziksel deneyler; TS EN 323 (Birim Hacim Ağırlığının Tayini), TS EN 322 (Rutubet İçeriğinin Belirlenmesi), TS EN 317 (Su İçerisine Daldırma İşleminde Sonra Kalınlık Şişme Değerinin Belirlenmesi), TS EN ISO 12460-5 (Formaldehit İçeriğinin Belirlenmesi), ANSI UL94-2014 (Yanabilirlik testi), ISO 11925-2 Yangına Tepki Deneyleri, TS EN12664:2009-02 (ısı iletkenliğini ve ısı direnci deneyi), EN 113 (Mantar Çürüklük Direnci Deneyi). Numunelerin morfolojik özellikleri SEM Taramalı Elektron Mikroskobu ile incelenmiş ve termal ısı özellik olarak termogravimetrik (TGA) analizi yapılmıştır. TS 4432 Kül Testi sonrası kalan inorganik madde miktarı tespit edilmiştir. Mekanik Direnç Deneyleri; TS EN 310 (Eğilme Direnci ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi Deneyi), TS EN 319 (Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci) deneyi ve TS EN 205 Çekme Makaslama Direnci Deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve gruplar birbiriyle karşılaştırılmak suretiyle incelenmiştir.

2. OSB GENEL TANINIMI

Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB), yapısal amaçlı olarak üretilen, odun esaslı bir levhadır. Kuzey Amerika’da 1980’lerin başlarından itibaren yumuşak ağaçtan üretilen kontrplakların yerine tercih edilmiştir (Gündüz vd., 2011).

OSB’nin Avrupa standardı (EN 300)’andaki tanımına göre; bir tutkal ile odunun şerit şeklindeki yongaların birleşmesi ile birden fazla katmandan oluşan levhalardır. Yüzey tabakasındaki yongalar levhanın boyuna ve genişliğine paralel olarak sıralanmışlardır. İçteki tabakadaki yongalar genellikle dış tabakaların liflerine dik açı yapacak şekilde rastgele yönlendirilirler (Anonim, 2008a). Yönlendirilmiş yonga levhalar (OSB); farklı tipte tutkallar ile genel olarak genişlikleri 15-25 mm, uzunlukları 75-150 mm ve kalınlıkları 0,3-0,7 mm olan şerit şeklindeki yongalar ile karıştırılıp, serme hattında yönlendirici başlıklarda yönlendirilerek, sıcaklık ve basınç altında oluşturulan çok katmanlı olarak elde edilen levhalardır. OSB orta derece özgül ağırlıklı yonga levha grubuna girmektedir. Odun esaslı levha endüstrisinde levha üretiminde genellikle üre formaldehit (UF) tutkalı kullanılmaktadır. OSB üretiminde, UF tutkalı yanı sıra melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı, melamin üre fenol formaldehit (MUPF), metilen diizosiyanat (MDI) tutkalı ve fenol formaldehit (PF) tutkalından faydalanılmaktadır (Thoemen., 2010).

2.1 OSB’nin Sınıflandırılması

OSB Levhaları levha tipi olarak EN 300 Avrupa standardında dört sınıfa ayrılmaktadır (Anonim, 2008b). Standartta tanımlanan sınıflandırmaya göre;

OSB1: Kuru şartlarda kullanılan, yük taşıyıcı olmayan levhalar, genel amaçlı levhalar ve kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dâhil) levhalar.

OSB2: Kuru şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar.

OSB3: Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar.

OSB4: Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhalardır.

OSB levhalarının, TS EN 300 “Yönlendirilmiş Lif Levhalar (OSB)- Tarifler, Sınıflandırma ve Özellikler” standartında belirtilen sınıflara göre sınıfların tamamı için genel gerekler Tablo 2.1’de verilmiştir (Anonim, 2008b)

Tablo 2.1 OSB tiplerinin tamamı için genel gerekler (Anonim, 2008b)

No	Özellik	Deney metodu	Gerekler
1 ^{a b}	Anma boyut toleransları: - Levhalar içinde ve levhalar arasındaki kalınlık (zımparalanmış) - Levhalar içinde ve levhalar arasındaki kalınlık (zımparalanmamış) - Uzunluk ve genişlik	EN 324-1	$\pm 0,3$ mm $\pm 0,8$ mm $\pm 3,0$ mm
2 ^{a b}	Kenar doğruluğu toleransı	EN 324-2	1,5 mm/m
3 ^{a b}	Gönyeden sapma toleransı	EN 324-2	2,0 mm/m
4 ^a	Rutubet muhtevası	EN 322	% 2’den % 12’ye kadar
5 ^b	Bir levhanın ortalama yoğunluk toleransı	EN 323	% 15
6 ^e	EN 13986’ya göre formaldehid salınımı		
	- Sınıf E 1 Perforatör değeri ^f Denge durumu emisyon değeri ^c	120 EN 717-1	Muhteviyat ≤ 8 mg / 100 g fırın kurusu levha ^d Salınım $\leq 0,124$ mg /m ³ hava
	- Sınıf E 2 Perforatör değeri ^f Denge durumu emisyon değeri ^c	120 EN 717-1	Muhteviyat > 8 mg / 100 g fırın kurusu levha ^d ≤ 30 mg / 100 g fırın kurusu levha Salınım $> 0,124$ mg/m ³ hava

a) Yönlendirilmiş lif levhaların bazı kullanımları için, diğer toleranslar gerekli olabilir (ayrı performans standartları örneğin, EN 12871’de görülen).

b) Bu değerler, %65 nispi nem ve 20°C sıcaklığa karşılık gelen malzemedeki rutubet muhtevası ile karakterize edilmiştir.

c) Deneyimler göstermiştir ki E 1’deki sınır değerlere uygunluğu sağlamak için yarım yılı aşkın bir süre zarfında fabrikada imalat kontrolünden bulunmuş EN 120 değerlerinin yuvarlanmış ortalamasının, 100 g OSB levha kütlesi için 6,5 mg formaldehid’i aşmamalıdır.

d) Başlangıç tip deneyi, formaldehid sınıfı E 1 için (yalnızca tespit edilmiş mamuller), EN 120 ya da pr EN 717-1 deneye tâbi tutma esasına göre verilerden ya da fabrika imalat kontrolünden veya dış muayeneden gerçekleştirilebilir.

e) Formaldehid sınıfları ve gereklere dair daha fazla ayrıntı, EN 13986’da görülmektedir.

f) Perforatör değerler, rutubet muhtevası H %6,5 olan levhalara uygulanır. Levhaların farklı rutubet muhtevasına sahip olması durumunda ($\%3 \leq H \leq \%10$ aralığında) perforatör değeri, aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilecek F faktörü ile çarpılmalıdır.

$F = - 0,133 H + 1,86$

OSB1; Kuru şartlarda kullanılan, yük taşıyıcı olmayan, genel amaçlı ve kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dâhil) levhaların kalınlık sınıflandırmasına göre mekanik direnç değerleri ve kalınlıklık şişme değerleri aşağıda Tablo 2.2’de verilmiştir. (Anonim, 2008b)

Tablo 2.2 OSB1; Kuru şartlarda kullanılan, yük taşıyıcı olmayan, genel amaçlı ve kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dâhil) levhaların, mekanik direnç değerleri ve kalınlığına şişme için gerekler (Anonim, 2008b)

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/1 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler		
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)		
			6<t≤10	10<t≤18	18<t≤25
Eğilme mukavemeti Boyuna	EN 310	N/mm ²	20	18	16
Eğilme mukavemeti Enine	EN 310	N/mm ²	10	9	8
Elastikiyet modülü Boyuna	EN 310	N/mm ²	2500	2500	2500
Elastikiyet modülü Enine	EN 310	N/mm ²	1200	1200	1200
Yüzeye dik çekme	EN 319	N/mm ²	0,30	0,28	0,26
Kalınlıkça şişme	EN 317	%	25	25	25

OSB2; Kuru şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhaların, mekanik direnç değerleri ve kalınlık şişme değerleri için genel gerekler aşağıda Tablo 2.3'te verilmiştir (Anonim, 2008b).

Tablo 2.3 OSB2; Kuru şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan levhaların mekanik direnç değerleri ve kalınlığına şişme için gerekler (Anonim, 2008b)

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/2 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler				
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)				
			6<t≤10	10<t≤18	18<t≤25	25<t≤32	32<t≤40
Eğilme mukavemeti Boyuna	B	N/mm ²	22	20	18	16	14
Eğilme mukavemeti Enine	EN 310	N/mm ²	11	10	9	8	7
Elastikiyet modülü Boyuna	EN 310	N/mm ²	3500	3500	3500	3500	3500
Elastikiyet modülü Enine	EN 310	N/mm ²	1400	1400	1400	1400	1400
Yüzeye dik çekme	EN 319	N/mm ²	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26
Kalınlıkça şişme	EN 317	%	20	20	20	20	20

Levhaların döşeme, duvar ve çatı yapımı gibi özel yerlerde kullanılacağı müşteri tarafından açıklanmışsa, bu durumda performans standardı EN 12871 dikkate alınacaktır. Bu durum ilâve gereklere uygunluğu zorunlu kılar.

OSB3; Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhaların mekanik direnç değerleri ve kalınlık şişme değerleri için genel gerekler aşağıda Tablo 2.4'te verilmiştir (Anonim, 2008b).

Tablo 2.4 OSB3; Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar için mekanik direnç değerleri ve kalınlık şişme için genel gerekler (Anonim, 2008b)

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/3 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler				
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)				
			6<t≤10	10<t≤18	18<t≤25	25<t≤32	32<t≤40
Eğilme mukavemeti Boyuna	EN 310	N/mm ²	22	20	18	16	14
Eğilme Mukavemeti Enine	EN 310	N/mm ²	11	10	9	8	7
Elastikiyet modülü Boyuna	EN 310	N/mm ²	3500	3500	3500	3500	3500
Elastikiyet modülü Enine	EN 310	N/mm ²	1400	1400	1400	1400	1400
Yüzeye dik çekme	EN 319	N/mm ²	0,34	0,32	0,30	0,29	0,26
Kalınlıkça şişme	EN 317	%	15	15	15	15	15

OSB4; Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhaların mekanik direnç ve kalınlık şişme değerleri için genel gerekler aşağıda Tablo 2.5'te verilmiştir (Anonim, 2008b).

Tablo 2.5 OSB4: Nemli şartlarda kullanılan ve aşırı yük taşıyabilen levhaların mekanik direnç ve kalınlık şişme değerleri için genel gerekler (Anonim, 2008b)

Levha tipi (teknik sınıf) OSB/4 Özellik	Deney metodu	Birimi	Gerekler				
			Levha kalınlık (t) aralığı (mm, anma)				
			6 <t≤ 10	10 <t≤ 18	18<t≤ 25	25<t≤32	32 <t≤ 40
Eğilme mukavemeti Boyuna	EN 310	N/mm ²	30	28	26	24	22
Eğilme mukavemeti Enine	EN 310	N/mm ²	16	15	14	13	12
Elastikiyet modülü Boyuna	EN 310	N/mm ²	4800	4800	4800	4800	4800
Elastikiyet modülü Enine	EN 310	N/mm ²	1900	1900	1900	1900	1900
Yüzeye dik çekme	EN 319	N/mm ²	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Kalınlıkça şişme	EN 317	%	12	12	12	12	12

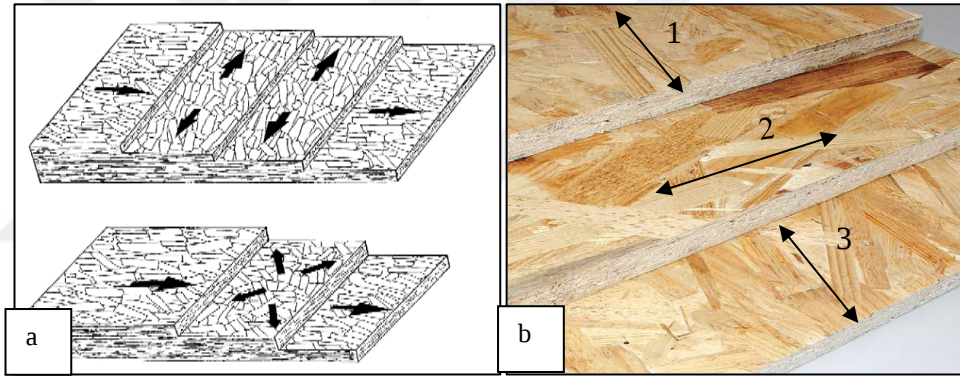
Levhaların döşeme, duvar ve çatı yapımı gibi özel yerlerde kullanılacağı müşteri tarafından açıklanmışsa, bu durumda performans standardı EN 12871 dikkate alınacaktır. Bu durum ilâve gereklere uygunluğu zorunlu kılar.

2.2 OSB Üretim Aşamaları

OSB üretimi iş akış şeması aşağıda Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'deki gibidir. Odunun nakledilmesinden sonra önce kabukları soyulur, daha sonra yongalama makinesinde

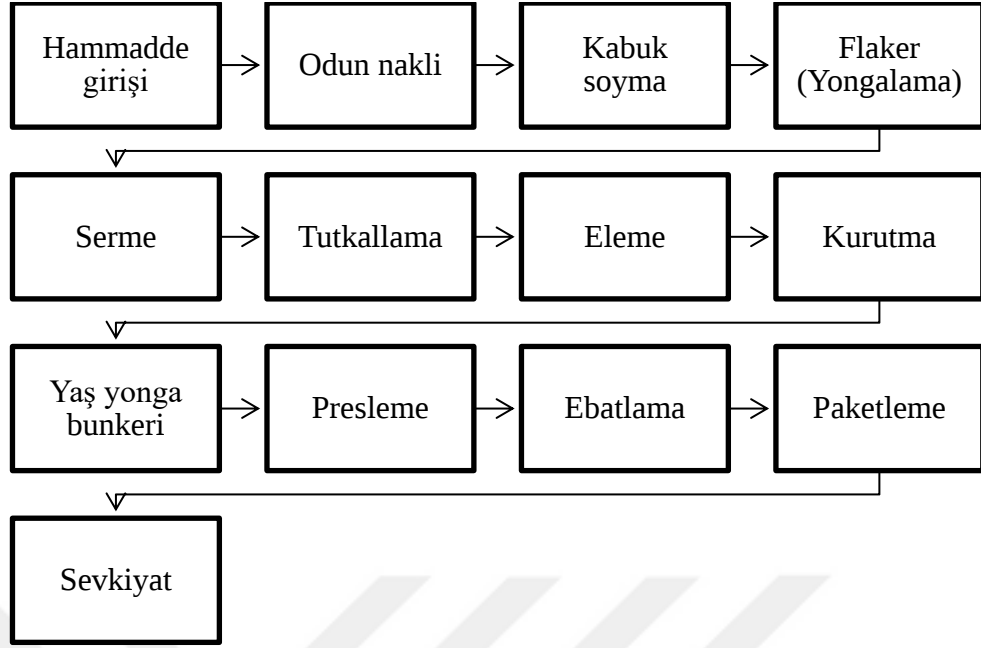
şerit şeklinde yongalar elde edilir. Şerit yongalar yaş bunkerlerde depolandıktan sonra kurutmada üretim şartlarına göre kurutulur. Kurutmada çıkan yongaların rutubetleri üretim şartlarına göre değişmekle beraber genellikle %3-%5 aralığındadır. Kurutulan şerit yongalar eleklerden geçirilerek boyutlarına göre sınıflandırılırlar. Daha sonra tutkallama blenderlerinde şerit yongalar tutkal ve çeşitli kimyasallar ile karıştırılır. Tutkal ve kimyasallarla karıştırılmış olan şerit yongalar serme hattında öncelikle alt yüzey tabakası üretim yönüne doğru daha sonra orta tabaka üretim yönüne dik ve en son üst tabaka üretim yönüne doğru olacak şekilde yönlendirilirler. Böylelikle, OSB levhasının katmanları oluşturulur.

Aşağıda Şekil 2.1’de şerit yongaların yönlendirilmesi ve OSB’nin katmanlarının oluşum şekli görülmektedir.



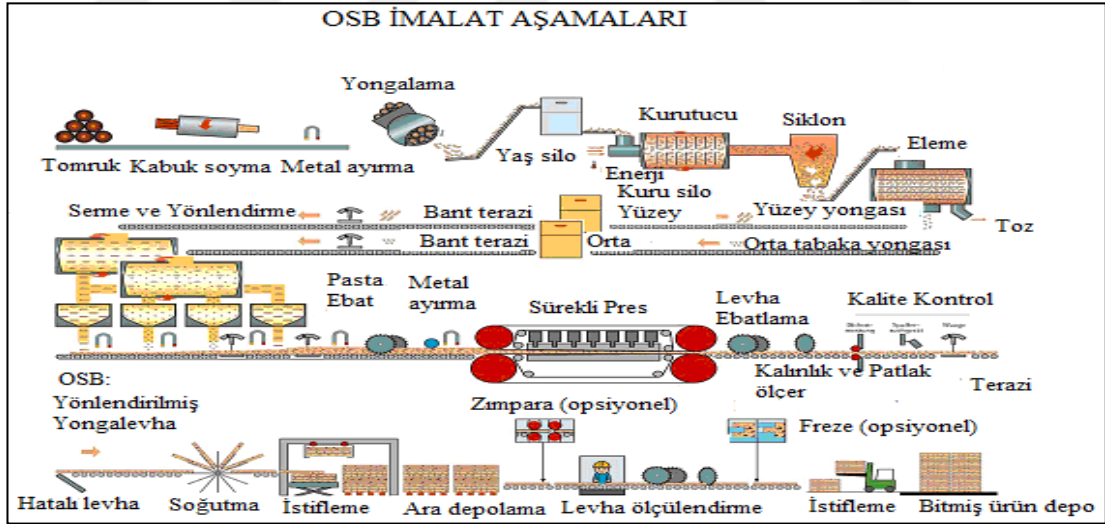
Şekil 2.1 Tipik bir OSB katmanlarını ve şerit yongaların yönlendirilmesi (a), (b) (Hızıroğlu, 2017)

Oluşturulan yonga pastası pres tipine ve üretim şartlarına göre belirli sıcaklıklarda preslenir. Presleme ile levha şekline gelen OSB, testere ebatlama ünitesinde levhanın en ve boy tarafında olan fazla yongalar alınarak istenilen ebatlara getirilirler. En son aşamada levhalar belirli sayılarda paketlenir ve müşteriye sevk edilmesi için sevkiyat bölümüne gönderilir. Üretim aşamaları Şekil 2.2’de şematik olarak gösterilmiştir (Güler, 2001).



Şekil 2.2 OSB Üretim aşamalarının şematik gösterimi (Güler, 2001)

Üretiminin sürekli pres sistemine göre yapılması durumunda üretim aşamaları Şekil 2.3'te şematik olarak gösterilmiştir (Doğan, 2015).



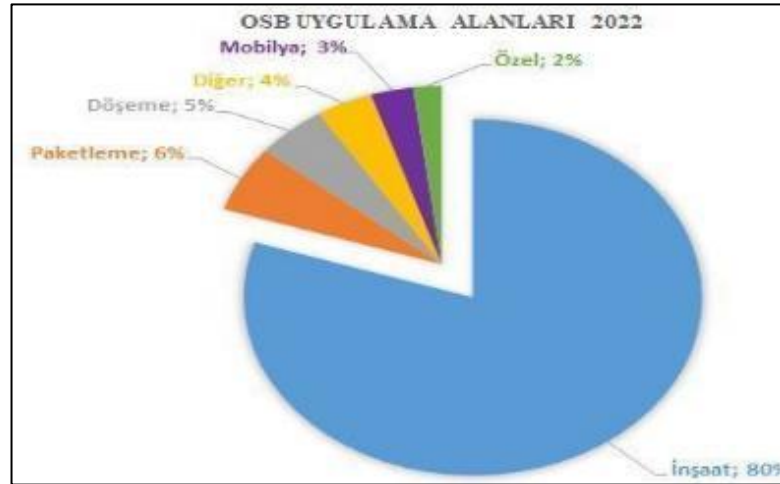
Şekil 2.3 OSB Sürekli Üretim (Sürekli pres) aşamalarının şematik gösterimi

2.3 OSB Uygulama Alanları

OSB üretimi, Amerika'da 1980 ile 1997 yılları arasında çok fazla bir oranda artmış, özellikle inşaat sektöründeki uygulamalarda kullanılmıştır (Brochmann vd., 2004). Avrupa'daki OSB üretimi ve talebi birkaç yıldır sürekli olarak artmaktadır. Avrupa

Panel Federasyonu (EPF) 2016-2017 yıllarındaki raporuna göre, 2016 yılında Avrupa’da OSB üretimi %6,9 artarak 5,4 milyon m³’e yükselmiştir. OSB üretimi 2013’ten günümüze kadar her yıl kararlı bir şekilde artmaktadır fakat en büyük hacimdeki büyüme 2016 yılında kayda geçmiştir (URL-1, 2023).

OSB, farklı nem koşullarında gösterdiği performans nedeniyle çok fazla miktarda inşaat sektöründe, dış ortamlarda, mobilya sektöründe ve ambalaj sektöründe de fazla oranda kullanılmaktadır. OSB, inşaat sektöründe çatı kaplamalarında, tavan ve taban döşemelerinde, beton kalıbı, bölme, prefabrik yapı elemanı olarak, mobilya sektöründe koltuk ve kanepelerinde, ambalaj sektöründe ise ağır malzeme ambalajlarında dış ambalaj olarak kullanılmaktadır. OSB yurt dışında uzun bir süreden beri kullanılan bir üründür. Türkiye’de de son yıllarda inşaatlarda giderek yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Hodul, 2010). OSB’nin son kullanım uygulama yerleri olarak 2022 yılına ait kullanım oranları aşağıda Grafik 2.1’de verilmiştir (URL-2, 2023). Grafiğe göre; OSB’nin en çok inşaat sektöründe kullanıldığı görülmektedir. Bunun haricinde ambalajlamada, döşemede ve mobilya uygulamalarında da OSB’nin tercih edilebildiği görülmektedir.



Grafik 2.1 OSB uygulama alanları (URL-2, 2023)

OSB, yaygın olarak hem ticari hem de konut inşaatları uygulamalarda duvar kaplaması, zemin döşemesi, çatı kaplaması ve I-kirişlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda ev inşaatlarında dış cephe kaplaması ve I-kirişlerde OSB uygulaması görülmektedir (Hızıroğlu, 2017).

Aşağıda, Fotoğraf 2.1’den Fotoğraf 2.12’ye kadar OSB’lerin uygulama alanlarından bazılarının fotoğrafları görülmektedir.



Fotoğraf 2.1 OSB Dış cephe kaplaması
(Hızıroğlu, 2017)



Fotoğraf 2.2 OSB I-Kiriş uygulaması
(Hızıroğlu, 2017)



Fotoğraf 2.3 OSB Çatı uygulaması (URL-3,
2023)



Fotoğraf 2.4 OSB Ev uygulaması (URL-4,
2023)



Fotoğraf 2.5 OSB Oda uygulaması (URL-5,
2023)



Fotoğraf 2.6 OSB İç mekan uygulaması
(URL-6, 2023)



Fotoğraf 2.7 OSB Mutfak uygulaması
(URL-7, 2023)



Fotoğraf 2.8 OSB İnşaat alanı uygulamaları
(URL-8, 2023)



Fotoğraf 2.9 OSB Kutu ambalaj
uygulaması



Fotoğraf 2.10 OSB Kutu ambalaj
uygulaması (URL-9, 2023)



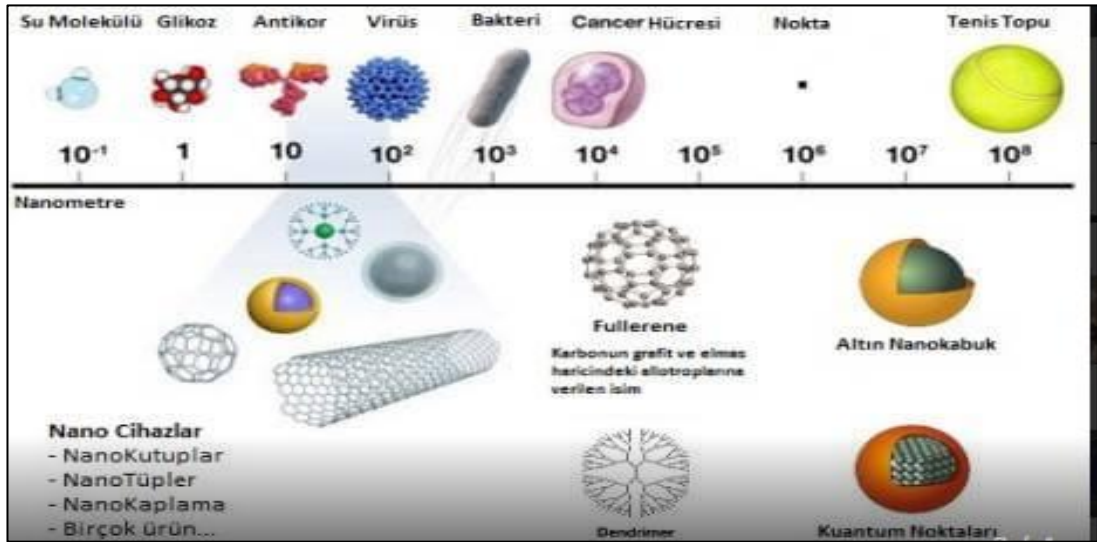
Fotoğraf 2.11 OSB Dekorasyon
uygulaması



Fotoğraf 2.12 OSB Dekorasyon uygulaması
(URL-10, 2023)

3. NANO KAVRAMI

Nano kelime anlamı olarak; materyallerin yapısını meydana getiren ve temel özelliklerini etkileyen ve bir milimetrenin milyonda biri ölçeğindeki uzunluk ölçüsünü tanımlamaktadır. Nano boyuttaki malzemelerin özellikleri, yüzey-hacim oranında meydana gelen değişimlere bağlı olarak büyük ölçekte gösterdikleri özelliklerinden farklı olabilmektedir. Malzeme boyutu 100 nm'nin altına düştüğünde, malzemenin temel özellikleri çarpıcı biçimde değişmektedir (Schodek vd., 2009). Bir nano yapının büyüklüğü yaklaşık olarak 1-100 nanometre arasında olup nano teknoloji genel olarak yüz nanometreden daha küçük boyutta malzeme ve aygıtların geliştirilmesi ile ilgili bir bilim alanıdır. Atomların büyüklüğünün yaklaşık olarak 0,1 nanometre, biyolojik bir hücre çapının yaklaşık olarak 1000 nanometre, bir DNA molekülünün 2,5 nanometre, bir saç teli yaklaşık olarak 100.000 nanometre kalınlığındadır. Böylelikle nano teknoloji, atom ve moleküllerin bir araya getirilmesi ile nanometre ölçeklerde çeşitli yapıların oluşturulmasını sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanabilmektedir. Nano teknoloji sayesinde maddeler atom ya da molekül boyutunda kontrol edebilmektedirler (Perker, 2010).



Şekil 3.1 Nano malzemeler ile bazı bio molekül ve objelerin boyutlarının karşılaştırılması (URL-11, 2023)

3.1 Nano Malzeme ve Nano Teknoloji

Nano malzeme; en az bir boyutu nano ölçeekte olan malzemelerdir. Bu malzemelerin hazırlanması, modellenmesi ve imal edilmesini içeren mühendislik ve temel bilimleri bir araya getiren teknolojiler de nano teknoloji olarak tanımlanmaktadır. Malzeme küçültülüp, nano ölçeğe inildiğinde, normalde var olan özelliklerinden farklı olarak bazı yeni özellikler ortaya çıkmaya başlar. Nano teknoloji bir anlamda nano-ölçek etkisinin teknolojiye uygulanıp, insanlığın faydasına yeni ürünlerin ortaya çıkarılmasıdır (Ata, 2017).

3.1.1 Nano Teknolojinin Tarihçesi

Nano malzemeler ilk olarak 1959'da Kaliforniya Teknoloji Üniversitesi'nde Richard Feynman tarafından ortaya atılmıştır. Bu nedenle Feynman nano teknolojinin babası olarak isimlendirilmiştir. Norio Taniguchi 1974'te ilk olarak 'nano teknoloji' tanımını yapmıştır. Taniguchi nano teknolojiyi materyalleri tek atom olarak ayırma, birleştirme veya deforme etme olarak tanımlamıştır. 1981'de Eric Drexler yazdığı 'Molecular Engineering: An approach to the development of general capabilities for molecular manipulation' isimli makale ile moleküler nano teknolojinin öncüsü olmuştur. Bu çalışmalar 1981'de Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer tarafından bulunan Taramalı Elektron Mikroskobu'nun (TEM) keşfi ile hız kazanmıştır. Bundan beş yıl sonra Atomik Kuvvet Mikroskobunun (AFM) bulunmasıyla tek atom görüntüleri alınmıştır (URL-12, 2023).

Nano teknoloji; kimya, biyoloji, fizik, malzeme bilimi ve mühendislik gibi alanlardaki nano ölçekli bilimi, mühendisliği ve teknolojiyi kapsar. Nano teknoloji araştırma ve geliştirmesi, yaklaşık 1-100 nanometre arasındaki maddenin görüntülenmesini, ölçülmesini, modellenmesini ve işlenmesini içerir ve bu boyutlardaki maddenin nano ölçeekte anlaşılmasını ve kontrol edilmesini sağlamaktadır. Madde, nano ölçeekte olağandışı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler sergileyebilir, yığın malzemelerin, tek atomların ve moleküllerin özelliklerinden önemli şekillerde farklılık gösterebilir. Bazı nano yapıları malzemeler, aynı malzemenin diğer formlarına veya boyutlarına kıyasla daha güçlüdür veya farklı manyetik özelliklere sahiptir. Diğerleri ısıyı veya

elektriği iletmede daha iyidir. Boyutları veya yapıları değıştikçe kimyasal olarak daha reaktif hale gelebilir, ışığı daha iyi yansıtabilir veya renk değıştirebilirler. Modern nano bilim ve nano teknoloji nispeten yeni olmasına rağmen nano ölçekli malzemeler yüzyıllardır kullanılmaktadır. Altın ve gümüş nano partiküller, yüzlerce yıl önce ortaçağ kiliselerinin vitray pencerelerinde sanatçıların nano teknolojiyi bilmeden kullandıkları bir uygulamaya örnek olarak verilebilir (URL-13, 2023).

Nano teknolojinin amacı; nanometre ölçekli yapıların elde edilmesi, nanometre boyutundaki yapıların özelliklerinin belirlenmesi, nano ölçekli cihazların geliştirilmesi, farklı ve üstün nitelikli malzeme ve sistemlerin geliştirilmesi, dayanıklı, hafif ve ucuz yapıların elde edilmesi ve daha fazla enerji veriminin sağlanmasıdır. Nano teknoloji kullanılarak insan vücudundaki hastalıklı bölgenin bulunup iyileştirilmesi, daha esnek ama dayanıklı betonarme yapılarla deprem tahribatlarının azaltılması, ıslanmayan ve kirlenmeyen kumaşlar, yeni roket ve uçak tasarımları, silecek kullanılmayan araba camları ve yağa gerek duyulmadan çalışan motorlar gibi birçok uygulama yapılabilmektedir. Yüzeylerde hidrofobik özellikler nano teknoloji kullanılarak elde edilebilmektedir. Süper hidrofobik yüzeyler dış mekânlarda kullanılan camlar, araba camları, gözlük camları, boyalar, paslanmayı önleyen kaplamalar, güneş pillerinde kullanılan cam kaplamalar, silahlar, ev eşyaları, yapı kimyasalları, kumaşlar gibi birçok uygulamalarda kullanılmaktadır (Dandıl, 2013).

3.1.2 Nano Malzeme Üretim Yöntemleri

Nano malzeme elde edilmesi yukardan-aşağıya ve aşağıdan-yukarıya olarak iki şekilde yapılabilmektedir. Yukardan aşağıya diye adlandırılan yöntemde bütün halindeki malzeme ile işleme başlanır ve malzeme küçük parçalara ayrılır. Bu temel yöntemde özel işleme ve kimyasal aşındırma teknikleriyle litografi, kusursuz yüzey şekillendirmeye, mikroskobik elementlerin yapısal boyutları nanometre ölçeğine indirilir. Aşağıdan-yukarıya üretim yaklaşımında ise malzeme, atomların ve molekülerin kimyasal reaksiyonlarla boyutça büyümesi sonucu sentezlenerek elde edilir. Atomik ve moleküler elemanlar daha büyük sistemler, kümeler, organik örgüler, çok moleküllü yapılar ve sentezlenmiş makro-moleküller oluşturacak şekilde kontrollü olarak bir arada toplanması sağlanır (Ateş ve Bahçeci, 2015).

NANO MALZEME ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Aşağıdan yukarıya

- Asal gaz oğunlaştırma
- Alev sentezi
- Kimyasal buhar yoğunlaştırma
- Moleküler hüzme
- Atom tabaka çökmesi
- Yanma
- Yaş kimyasal sentezi
- Elektro patlama
- Lazer ablosyanı
- Sol Jel
- Ultrasonik sprey prolizi

Yukarıdan aşağıya

- Mekanik aşındırma
- Elektro patlama
- Dağlama
- Isıl (Termik) yöntem
- Dönen soğuk yüzeyde katılaştırma
- Gaz atomizeri
- Yüksek enerji
- Litografi, Aşırı ultraviyole (EUV)
- Yumuşak litografi (desenleme)

Şekil 3.2 Nano malzeme üretim yöntemleri (Ateş ve Bahçeci, 2015)

3.1.3 Nano Malzemelerin Sınıflandırılması

Nano malzemeler boyutlarına göre dört gruba ayrılırlar. Nano malzeme sınıfları ve özellikleri (URL-14, 2023).

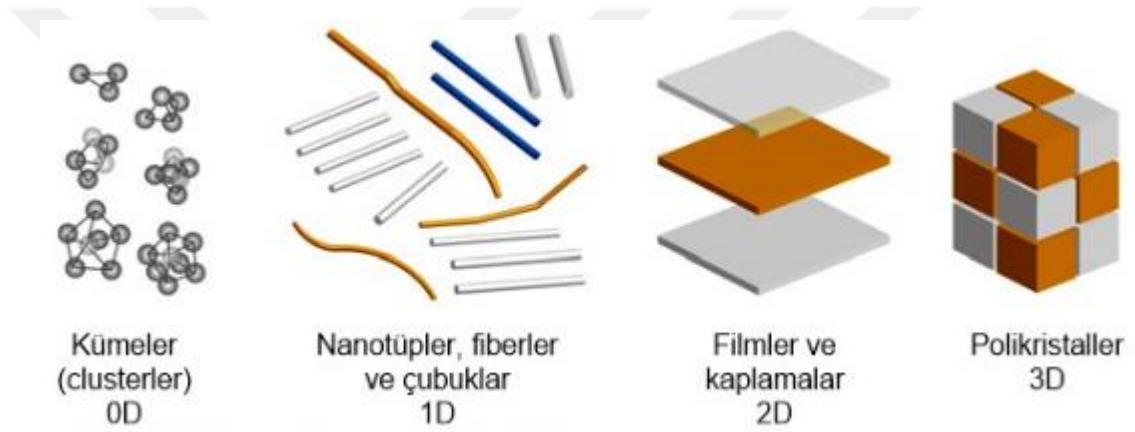
1- Sıfır Boyutlu Nano malzemeler (0D): 0D nano malzemeler nano toz veya nano dispersiyon şeklinde, birbirinden izole halde bulunan malzemelerdir. Günümüzde bu malzemeler çok farklı şekillerde bulunmaktadır ve çeşitli araştırma grupları tarafından sentezlenmektedir. 0D malzemelerden bazıları; homojen parçacık yüzeyleri halinde bulunan kuantum noktalar (quantum dots), nano küreler (nano spheres), fullerenler, çekirdek (core shell) nano parçacıkları ve içi boş nano kürelerdir (hollow nano spheres).

2- Tek Boyutlu Nano malzemeler (1D): 1D nano malzemelere örnekler; nano çubuklar ve nano tüplerdir. Nano tüpler Iijima tarafından bulunmuştur ve günümüzde giderek önem kazanmaktadır. 1D nano malzemeler nano elektronik, nano sistem, nano aygıtlarda ve nano kompozitlerde, alternatif enerji kaynaklarında ve ulusal güvenlik alanlarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

3- İki Boyutlu Nano malzemeler (2D): 2D malzemeler nano metrik boyuttaki film ve kaplamalardır. Günümüzde 2D malzemeler giderek önem kazanmakta ve kullanım alanları artmaktadır. 2D malzemelerin keşfi grafen ile başlamıştır ve sonrasında boron nitrür ve molibden disülfid gibi birçok malzeme bulunmuştur.

4- Üç Boyutlu Nano malzemeler (3D): 3D malzemeler toz yapılı, lifli, çok katmanlı ve polikristal malzemelerdir. Örnekleri; elmas ve grafittir.

Şekil 3.3’de farklı boyutlara sahip nano kristalin malzemelerin yapısal elementlerinin boyutlarına göre tipleri görülmektedir.



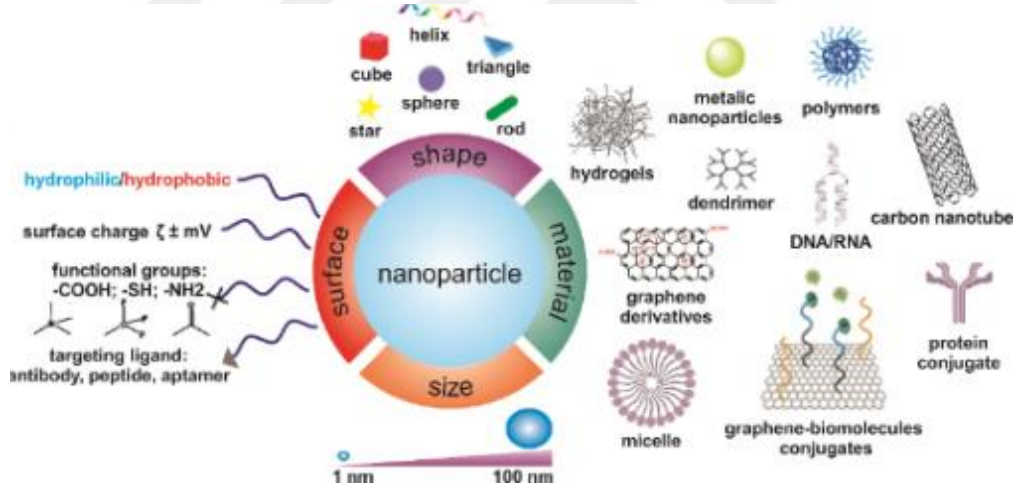
Şekil 3.3 Nanokristalin malzemelerin yapısal elementlerinin boyutlarına göre tipleri

0D (sıfır-boyutlu) clusterler, 1D (bir-boyutlu) nano tüpler, fiberler ve çubuklar, 2D (iki-boyutlu) filmler ve kaplamalar, 3D (üç-boyutlu) polikristaller (URL-15, 2023)

Nano malzemelerin en çok kullanılan çeşitleri grafen ve karbon nano tüplerdir (CNT). Grafen ilk keşfedilen 2D nano malzemedir. Grafen karbon atomlarının bal peteği yapısında dizildiği çok katmanlı grafit katmanlarının ayrılmış halidir. Grafitin on altıncı yüzyıldan beri bilinen bir malzeme olmasına rağmen grafen 2004’te Andre Geim’in araştırmaları sonucu bulunmuştur. Grafenin bu kadar çok tercih edilmesinin nedenleri kendine özgü eşsiz özellikleridir. Grafen oldukça hafif, çelikten yüz kat daha sağlam bir malzemedir, elektriksel iletkenliği çok yüksektir, tek katmanlı olduğunda %97 oranında saydamdır ve %20 oranında esnektir. Grafenin bu kadar sağlam olmasının nedeni karbon karbon çift bağlarından oluşan moleküler yapısıdır ve bu bağ doğadaki en sağlam bağlardan biridir. Bu sayede kurşungeçirmez malzemelerde

grafen kullanımına sıkça rastlanmaktadır. Grafen oksit ve farklı atomlar katkılanmış grafen de sıkça savunma sanayisinde ve geri dönüştürülebilir enerji kaynaklarında kullanılmaktadır.

Karbon nano tüpler (CNT) grafenin katlanmış ve bir tüp halini almış halidir. Tek duvarlı ve çok duvarlı karbon nano tüpler olarak ayrılmaktadır. CNT'lerin kendilerine özgü kristal yapıları sayesinde birçok farklı özellikleri ve kullanım alanları vardır. CNT'ler çok ince çaplarına karşın oldukça uzun olabilirler. CNT'ler hafif ve esnek, elektriksel iletkenliği yüksek ve mekanik dayanıklılığı oldukça fazla olan malzemelerdir. Duvar yapısındaki karbonların dizilimine göre dayanıklılığında ve iletkenliğinde farklılıklar gözlemlenmektedir. CNT'ler hem sağlık sektöründe hem de alternatif enerji kaynaklarında sıkça kullanılmaktadır. İmplant malzemelerinde, biyo sensörlerde, enerji kaynaklarında katalizör olarak ve yapay kas yapımında sağlam ve esnek yapıları CNT'leri en uygun adaylardan biri yapmaktadır.



Şekil 3.4 Boyutlarına göre nano malzemeler (ULR-16, 2023)

3.1.4 Ahşap'ta Nano Teknoloji ve Nano Katkı Maddeleri Uygulamaları

Doğada bulunan ağaçlar uygarlığın başlangıcından beri kullanılan bir malzeme olmasına karşın, karbon nano tüpler yeni bir keşfedilen bir malzemedir. Aslında ağacın temel yapısı anatomik ve mikroskopik olarak incelendiğinde ligno selülozik dokunun nano tüplerden veya "nano fibrillerden" oluştuğu görülmektedir. Bazı geliştiriciler, lignoselülozik yüzeylere nano ölçekte işlevsellik kazandırmanın, kendi kendini sterilize eden yüzeyler, kendi kendini onaran elektronik ligno selülozik cihazların yeni

fırsatlar yaratabileceğini öne sürdü. Ahşap, doğal yapısı ve yaşam sürecindeki mükemmelliğinden dolayı disiplinler arası araştırma ve modelleme tekniklerine öncülük etmektedir. İlk olarak BASF, silika ve alümina nano parçacıkları ile hidrofobik polimerlerin bir araya getirilmesinin bir sonucu olarak lotus yaprağının hareketlerine dayanarak yüksek düzeyde su itici bir kaplama geliştirmiştir. İkincisi, kemiklerin mekanik çalışmaları, örneğin kurutma işleminde ahşabın modellenmesine uyarlanmıştır (Sauray, 2012).

Nano teknoloji, endüstriyel alanda elektronik elemanların, mikro sensörlerin, lazerlerin, mikro makinaların uygun şekilde bir araya getirilerek üretime kazandırılmalarını sağlamıştır. Odun esaslı levha endüstrisinden ağaç işleme ve mobilya üretim makinalarına, kimyasallardan yapıştırıcılara, mobilya tekstilinden duvar boyalarına kadar hemen her ürün nano teknoloji kullanılarak üretilmektedir. Bugün, dünyada eğilimleri belirleyen ve en son teknolojilerin sergilendiği uluslararası mobilya ve yan sanayi fuarları, nano teknoloji sayesinde geliştirilmiş birçok ürünün sunulmakta ve bunlara her gün bir yenisi eklenmektedir.

Ahşap esaslı ürün sektöründe nano teknoloji uygulamaları sayesinde birçok yenilikçi ve farklı ürün piyasaya sürülmüştür. Bunlardan bazıları; laser teknolojisi ile geliştirilmiş kenar bantları, yeni nesil yapıştırıcılar, mükemmel polimer yüzeyler, light weigh teknoloji ürünleri, led teknolojileri, hassas sensörler, dayanıklı paneller, yapay dolgu malzemeleri, ultra keskin uçlar, kendini temizleyebilen döşemelik kumaşlar, ahşabın ömrünü uzatan koruyucu boyalar sayılabilir. Nano teknoloji bu uygulamalar ile dış cephelerin kendi kendini temizleyebilmesini, mutfak, banyo ve tuvalet temizliğinin daha iyi yapılabilmesini, ahşap yapıların nemden, sudan veya kirden etkilenmemesini ve bozulmadan korunabilmelerini sağlamaktadır (URL-17, 2023).

Yapı malzemesi olarak kullanılan nano malzemeler arasında, kendi kendini temizleyen ve kolay temizlenen, havayı temizleyen ve kalitesini artıran, malzemeler vardır. Bunların yanı sıra buhar oluşumunu engelleyen, ısı yalıtımı sağlayan, ultraviyole ışınlarla ve güneşe karşı korunum sağlayan, yangın korunumu sağlayan, anti bakteriyel, duvar yazısı, parmak izi tutmayan, çizilmeyen ve aşınmayan yüzeyler, nano tüpler ve nano kompozitler nano malzemelerde söylenebilir.

3.1.5 Odun Esaslı Levha Endüstrisinde Nano Katkı Maddelerinin Kullanılması

Nano teknoloji öncelikli olarak tıp alanı, savunma sanayiinde, elektronik malzemelerde, tekstil, otomotiv, inşaat vb. alanlarda faydalanılmaya devam edilmekle beraber orman ürünleri sanayinde kullanılması oldukça yenidir. Nano kompozitlerde dolgu maddelerinin en az bir boyutu nano ölçektedir. Karbon, nano tüpler, SiO₂, MgO, bor nitrürler ve TiO₂ gibi çok çeşitli nano malzemeler dolgu maddesi olarak polimer nano kompozit üretiminde kullanılmaktadır. Kompozit üretiminde nano katkı malzemelerinin kullanılması, malzemenin termal, mekanik, fiziksel, optik özellikleri önemli oranda iyileştirmektedir (Aşıkuzun ve Kaymakcı, 2018).

Odun esaslı levha endüstrisinde nano katkı dolgu ve nano partikül malzemeler kullanılarak yapılan bazı çalışmalar aşağıda bahsedilmiştir.

Odun esaslı levha endüstrisinde yapıştırıcı olarak geniş alanda kullanılan Üre formaldehit (UF) tutkalları ısı ile sertleşen polimerler arasında polikondensasyon reaksiyonları yoluyla oluşturulan ve performans özelliklerine, yapışmadaki etkinliğine, kalitesine ve diğer yapıştırıcılara göre uzuz olmasından dolayı en çok kullanılan yapıştırıcı tipidir. UF tutkalları mobilya ve inşaat endüstri yanı sıra, yonga levha, MDF, kontrplak gibi odun kompozit levha imalatında kullanımları geniş ölçüde artmıştır. UF tutkalı ile üretilmiş odun esaslı levhaların en büyük dezavantajı salınım yaptıkları formaldehit emisyonudur. Son yıllarda çevre bilincini ve insan sağlığına verilen önemin artması ile bütün sektörlerde çevre dostu, daha sağlıklı ürünler üretilmesi amaçlanmıştır. Bundan dolayı levha mekanik ve fiziksel performanslarının artırılması ve formaldehit emisyonlarının düşürülmesi amacıyla çeşitli nano partiküller tutkal içerisine ilave edilme çalışmaları yapılmıştır (Dorieh vd., 2022).

UF tutkalının kimyasal modifikasyonu yanı sıra çeşitli farklı liflerle güçlendirilmiş UF tutkalı elde edilmesi için bir takım deneysel çalışmalar da olmuştur. Yonga levha üretiminde yonga ile tutkal bağ yapmadan önce tutkal 40-60 µm veya nano boyutta ince damlacıklar halinde atomize edilmektedir. Yapılan çalışmanın sonucu olarak,

selüloz nano liflerinin (CNF) tutkal içerisinde takviye edici olarak uygulanması levha performansı olarak umut verici olduğu görülmüştür (Veigel vd., 2012).

Yapıştırıcı formülasyonlarında kullanılan başlıca nano dolgu malzemeleri şunlardır: Silis, alüminyum oksit, magnezyum oksit, titanyum dioksit, zirkonyum oksit, gümüş, bakır ve nikeldir. Bir çalışmada silisyum dioksit (SiO_2) nano partiküllerin nişasta bazlı ahşap tutkalı üzerine etkisi araştırılmıştır (Bardak, 2016).

Doktora tezi için yapılan bir araştırma kapsamında üre formaldehit tutkalı ve melamin üre formaldehit tutkalının nano özellikteki silisyum dioksit, alüminyum oksit ve çinko oksit ile güçlendirilmesiyle, üst ve alt yüzey levhaları kontrplak ve yonga levha olan sandviç levhalar ve laminat parkeler üretilmiştir (Candan, 2012).

Yapılan bir çalışmada silan ile karıştırılmış şerit yongalarla üretilen yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine silan kullanım oranının etkileri araştırılmıştır (İstek vd., 2016).

Ahşap malzemede yüzey kaplaması içerisinde %1 oranında nano partikül olarak Seryum oksit (CeO_2) kullanılarak UV ışınlarına karşı koruma özelliklerinin belirlenmesi için yapılan bir çalışma ile nano partiküllerin ahşap malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini de iyileştirdiği ifade edilmiştir (Ulusoy ve Peker, 2019).

Paılownia ağacı ile üretilmiş bir yönlendirilmiş yonga levha (OSB) üzerine yapılan bir araştırmada nano SiO_2 kullanılmıştır (Salari vd., 2013).

Nano silika, nano alüminyum ve nano çinko oksit partikülleri farklı oranlarda üre formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkalları içerisine katılarak yonga levha ve kontrplak levhaları üretilip levhaların mekanik ve fiziksel performans değerleri araştırılmıştır (Candan ve Akbulut, 2013).

Son dönemlerde katmanlı silika kil içeren nano kompozit malzeme çalışmalarında yoğunlaşmıştır. Nano kil dolgusu UF tutkalının kürleşme performansını ve ağacın mekanik özelliklerini iyileştirebileceği çalışmalarda görülmüştür. Nano kil dolguları UF tutkalının vizkozitesini düşürüp, odun dokusuna nüfuz etmesini kolaylaştırıp

yapışma kalitesini artırıp UF tutkalını modifiye ederek etkinliğini iyileştirmektedir (İsmi ve Lokesh, 2017).

Odun esaslı levhalardan olan orta yoğunluklu lif levha (MDF) de UF tutkalına nano dolgu maddesi olarak alüminyum oksit nano partikülleri katılarak levhanın termal ve visko elastik özellikleri, dinamik mekanik özellikleri diferansiyel taramalı kalorimetre kullanarak araştırılmıştır (Kumar vd., 2013).

Ahşap uygarlığın başlangıcından günümüze kadar bilinen ve kullanılan bir malzemedir. Buna karşın karbon nano tüpler yeni keşfedilen bir malzemedir. Ligno selülozik odunsu doku nano fibrillerden oluşur ve bu yapı nano tüplerden iki kattan daha kuvvetlidir. Bazı araştırmacılar, ligno selülozik yüzeylere nano ölçekte işlevsellik kazandırmanın, kendi kendini sterilize eden yüzeyler, dahili kendi kendini onarma ve elektronik lignoselülozik cihazlar gibi yenilikçi ürünler için yeni fırsatlar ortaya çıkaracağını öne sürmüşlerdir (Sauray, 2012).

Çalışmanın bu bölümünde kullanılan materyaller; üretilen levhada bulunan odun hammaddesi, kimyasal hammaddeler ve nano katkı maddeleri olarak incelenmiştir.

3.1.6 Çalışmada Kullanılan Ağaç Türleri

Bu çalışmada, OSB üretimi için odun hammaddesi olarak Muğla ve Antalya orman işletmelerinden elde edilen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunları ve Kastamonu orman işletmelerinden tedarik edilen Karaçam (*Pinus nigra* A.) odunları kullanılmıştır. Kullanılan odunların çapları 20-35 cm arasında, boyları ise 1 m ile 2 m arasındadır.

3.1.6.1 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.)

3.1.6.1.1 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) doğal yayılışı

Pinus cinsinin Türkiye'deki en önemli türlerinden olan kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Doğu Akdeniz bölgesine ait bir tür olup dünya üzerinde en geniş yayılışını Türkiye'de Akdeniz sahillerini baştanbaşa kapsayarak yapmaktadır (Sarıbaş ve Ekici, 2004).

Dünya genelinde yayılışını Doğu Akdeniz’de yoğun olarak Yunanistan, Türkiye, Kıbrıs, Filistin, Lübnan, Ürdün ve Suriye’de bulunmaktadır. Karadeniz’de, adacıklar halinde Türkiye, Kafkasya ve Kırım’da yayılış yapmaktadır. En batıda, İtalya’nın güneyinde Kalabriya yarımadasında; en doğuda, Irak’ın kuzeyinde Zawita-Atrush bölgesinde; en kuzeyde Kırım’da ve en güneyde ise, Lübnan ve Filistin’de doğal olarak yayılış göstermektedir (Taş, 2017).

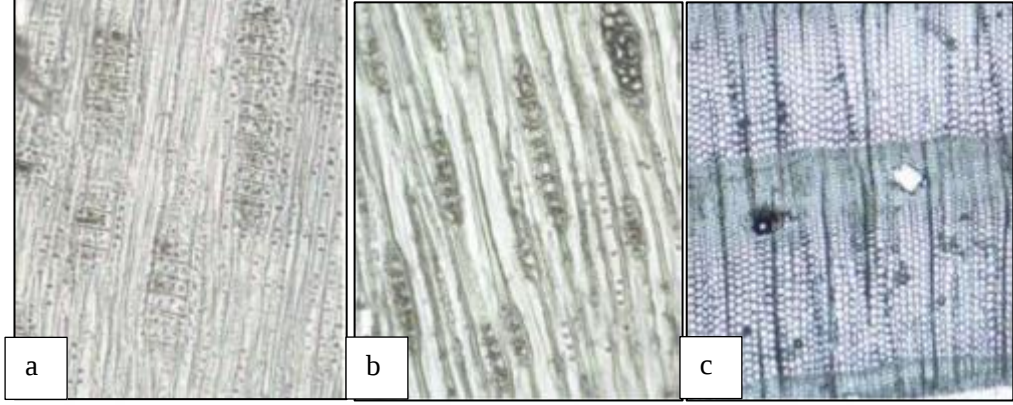
3.1.6.1.2 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) botanik özellikleri

Diri odun geniş ve kırmızımsı beyaz renkte olup, enine kesitte gövde yarıçapının takriben üçte ikisine kadar ulaşmaktadır. Özodun daha koyu renkte olup, sınırı bariz, morumsu bir ayırt edici bir özelliğe sahip kırmızımsı kahve renklidir. Yıllık halka sınırları belirgindir ve özellikle gövdenin alt kısımlarında açık bir şekilde kaba dalgalıdır (Özer, 2002). Pinaceae familyasına dâhil olan Kızılçam (*P. brutia* Ten; Syn: *P. pityusa* Stev.) 20-25 m boy ve 60 cm’ye kadar çap yapabilen, genel görünümü ile Halep çamına benzeyen, kalın dallı ve genellikle düzgün olmayan gövdeye sahip önemli bir oran ağacıdır (URL-18, 2023).

3.1.6.1.3 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) anatomik özellikleri

Odunun çeper kalınlığı; 8,99–9,77 µm, lümen genişliği; 28,14–30,34 µm, lif uzunluğu; 4,27–4,70 mm, lif genişliği; 47,85–48,17 µm, ’dır (Erten ve Önal, 2001; Göksel, 1981; Özer, 2002). Kızılçam radyal kesitte, traheidler arasında kenarlı geçitler bulunmaktadır. Bunlar ilkbahar odunu içerisinde büyük, yaz odununda ise küçüktür enine kesitinde, yaz odunu tabakası yıllık halka içerisinde çok az bir yer kaplamakta olup, reçine kanalları yıllık halkalar içerisinde dağınık vaziyette noktalar halinde görülmektedir. Teğet kesitte öz ışınları tek sıralı olmakla birlikte yatık reçine kanalı ihtiva eden özışınları birkaç sıralıdır. Traheidlerin teğetsel çeperlerinde kenarlı geçitlere rastlanmamaktadır (Berkel, 1957; Özer, 2002). Kızılçam gövde ve dal odunlarında yıllık halka sınırları belirgindir. Gövde odununda yıllık halkalar geniş, dal odununda dardır. Gövde odununda ilkbahar odunundan yaz odununa geçiş ani, dal odununda daha yavaştır (Pulat, 2018). Aşağıda Şekil 3.5’te Kızılçam odununun radyal

(a), teğet (b) kesiti ve enine kesiti (c) mikroskobik görüntüsü görülmektedir (Mabrouka vd., 2018).



Şekil 3.5 Kızılçam odun numunesinin mikroskobik özellikleri (a) radyal, (b) teğet, (c) enine kesit

3.1.6.1.4 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) kimyasal özellikleri

Kızılçam odunu %65 holoselüloz, %27,5 lignin, %10 pentozan ve %0,5 kül ihtiva etmektedir. Eterde %4,59–5,46, alkol–benzende %5,04–9,27, sıcak suda %2,10–3,65 ve %1’lik NaOH’ de %8,40–17,04 oranında çözünmektedir (Erten ve Önal, 2001; Göksel, 1981; Özer, 2002).

3.1.6.1.5 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odunun kullanım yerleri

Kızılçam odunu fiziksel ve mekanik özelliklerine göre tel direği, maden direği, yapılarda bir detayın tamamlanması, yat, tekne, ambalaj sandığı, alet ve sandık yapımı, kağıt ve selüloz sanayiinde kullanılabilir (Bozkurt vd., 1993; Özer, 2002).

3.1.6.1.6 Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Kızılçam odununun fiziksel özelliklerine ait veriler Tablo 3.1’de gösterilmiştir (Özer,2002)

Tablo 3.1 Kızılçam odununun fiziksel özellikleri (Özer, 2002)

Fiziksel özellikler	Datça (Muğla)	Dursun Bey (Balıkesir)	Yatağan (Muğla)
Hava kuru özgül ağırlık (g/cm ³)	0,560	0,570	0,536
Tam kuru özgül ağırlık (g/cm ³)	0,500	0,530	0,499
Hacim ağırlık değeri (g/cm ³)	0,440	0,480	0,437
Radyal daralma (%)	3,9	4,9	6,8
Teğet daralma (%)	7,1	6,8	6,8
Hacimsel daralma (%)	11,0	12,8	10,2

Kızılçam odununun bazı mekanik özelliklerine ait veriler Tablo 3.2’de gösterilmiştir (Özer, 2002).

Tablo 3.2 Kızılçam odunu mekanik özellikleri (Özer, 2002)

Mekanik özellikler	Datça (Muğla)	Dursun Bey (Balıkesir)	Alanya	Yatağan
Basınç direnci dik (N/mm ²)	44,92	44,7	52,24	39,82
Eğilme direnci (N/mm ²)	60,13	82,2	-	-
Elastikiyet modülü (N/mm ²)	8732	-	-	-
Dinamik eğilme direnci (N/mm ²)	0,56	0,26	0,47	-
Parelel çekme direnci (N/mm ²)	-	-	-	46,7
Dik çekme direnci (N/mm ²)	3,23	1,96	-	-

3.1.6.2 Karaçam (*Pinus nigra* A.)

3.1.6.2.1 Karaçam (*Pinus nigra* A.) doğal yayılışı

Karaçam, Türkiye genelinde 4,2 milyon ha yayılış alanı ile ülke ormanlarının %19’unu kaplamakta ve ağaç türlerinin alansal dağılımı bakımından üçüncü sırada yer almaktadır. Bununla birlikte yaklaşık 297 milyon m³ servet ve 8,3 milyon m³ yıllık artım değerlerine göre ise ülkede ilk sıradaki ağaç türüdür. Yaklaşık 1,3 milyon ha orman varlığına sahip Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü’nün ise %34’ü (0,4 milyon ha) karaçam ormanları ile kaplıdır. Türkiye’de bulunan Karaçam meşcereleri yetişme ortamı koşulları, iklimik ve topografik özellikler bakımından geniş çeşitlilik göstermektedir (Sakıcı vd., 2018).

3.1.6.2.2 Karaçam botanik özellikleri

Anadolu karaçamı; 30–35 m boylarında bir orman ağacı taksonudur. Yaşlı gövdeleri derin çatlaklı olup kalın kabukları vardır. Sarıçama nazaran daha kalın dallıdır.

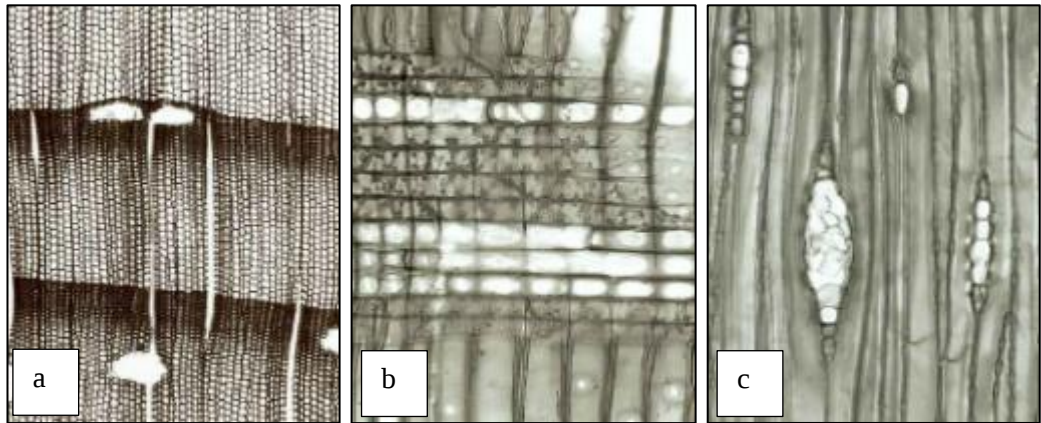
Reçineli tomurcuklar silindiriktir, uçları birdenbire sivrilir. 8–15 cm uzunluğundaki iğne yapraklar koyu yeşil ve serttir. Sürgün uçlarında bulunanlar tomurcuğa yönelmiş olduklarından adeta çanak gibi bir boşluk meydana getirir ve bu özelliği ile sarıçamdan kolayca ayrılır (Özer, 2002).

3.1.6.2.3 Karaçam anatomik özellikleri

Karaçam diri odun sarımsı veya kırmızımsı beyaz renktedir. Koyu renkli öz odunu vardır. Diri odun yaşlı ağaçlarda dar, genç ağaçlarda oldukça geniştir. Radyal kesitte öz ışınları görülmeyecek kadar belirsizdir. Teğet kesitte kahverengi şeritleri barındırmaktadır (Özer, 2002).

Enine kesit özellikleri; büyüme halkası sınırları her zaman belirgindir. Erken odundan geç oduna geçiş genellikle ani olur. İnce duvarlı epitel hücrelerine sahip büyük reçine kanalları. Ova bölgelerinden alınan örneklerde odun yoğunluğunda önemli dalgalanmalar ve bazen de yanlış büyüme halkaları gözlemlenmektedir. Radyal kesit özellikleri; Traheid çukurları hemen hemen tek sıralıdır. Işınlar heteroselüler. Dişli duvarlara sahip ışın traheidleri. Bir (nadiren iki) büyük fenestriform çukura sahip parankim hücrelerinden traheidlere kadar çapraz alanlar görülür. Teğet kesit özellikleri; ışınların ortalama yüksekliği 8 ila 15 hücredir. İnce duvarlı epitel hücrelerine sahip ışınlardaki reçine kanalları görülmektedir (URL-20, 2023).

Şekil 3.6’da Karaçam’ın enine kesiti (a), radyal kesit (b) ve teğet kesit (c) görülmektedir.



Şekil 3.6 Karaçam’ın enine kesiti (a), radyal kesit (b) ve teğet kesit (c) (URL-20, 2023)

3.1.6.2.4 Karaçam kimyasal özellikleri

Karaçam odunu %50,4 α -selüloz, %71,1 holoselüloz, %26,7 lignin ve %0,2 kül ihtiva etmektedir. Sıcak suda %4,1; soğuk suda %2,1 ve %1'lik NaOH' de %12,7 oranında çözünmektedir (Kılıç vd., 2010).

3.1.6.2.5 Karaçam odunun kullanım yerleri

Karaçam yapıların iç ve dış bölümlerinde, gemi ve vagonların iç bölümlerinde, köprü ayaklarında, maden direklerinde ve ambalaj sanayinde geniş bir kullanıma sahip olmaktadır (Bal ve Ayata, 2020). Karaçam, eskiçağlardan beri Anadolu kültüründe ahşap ev yapımında kullanılan en önemli ağaç türlerindendir. Kereste endüstrisi başta olmak üzere, lif ve kâğıt sanayisinde, kompozit levha endüstrisinde, doğrama sanayi ve ahşap ev yapımında sıklıkla kullanılmaktadır (İstek vd., 2010).

3.1.6.2.6 Karaçam fiziksel ve mekanik özellikler

Karaçam odunun fiziksel özellikleri ait ortalama değerler Tablo 3.3'de, mekanik özellikler Tablo 3.4'de gösterilmiştir (Özer, 2002).

Tablo 3.3 Karaçam odununun fiziksel özellikleri (Özer, 2002).

Fiziksel özellikler	Dursun Bey Karaçamı (Balıkesir)	Elekdağ Karaçamı (Kastamonu)
Hava kurusu özgül ağırlık (g/cm ³)	0,560	0,556
Tam kuru özgül ağırlık (g/cm ³)	0,520	0,517
Hacim ağırlık değeri (g/cm ³)	0,456	0,450
Radyal daralma (%)	5,58	5,02
Teğet daralma (%)	8,19	7,19
Hacimsel daralma (%)	13,9	12,5

Tablo 3.4 Karaçam odunu mekanik özellikleri (Özer, 2002)

Mekanik özellikler	Dursun Bey Karaçamı (Balıkesir)	Elekdağ Karaçamı (Kastamonu)
Basınç direnci paralel (N/mm ²)	47,9	44,5
Eğilme direnci (N/mm ²)	109,5	94,2
Dinamik Eğilme D. (kN/cm)	0,56	0,42
Dinamik Çekme D. (N/mm ²)	2,34	2,1
Radyal Yarıлма direnci (N/mm ²)	0,82	0,53
Teğet Makaslama direnci (N/mm ²)	6,19	5,74
J.Sertlik liflere paralel (N/mm ²)	38,3	37,8
J.Sertlik liflere dik (N/mm ²)	32,8	32

3.1.6.3 Kimyasallar

3.1.6.3.1 Tutkallar

Termoset tutkallar çapraz bağ yapıya sahip olup ısı yoluyla katılaştıran polimerlerdir. Bunlar genellikle sentetik tutkallar olarak bilinirler. Termosetler, katalizör veya ısı etkisiyle katılaşırlar ve bozulmadan tekrar sıvılaştırılmaları ya da yumuşatılmaları imkânsızdır. Orman endüstrisinde kullanılan termoset tutkallar genellikle UF tutkallar, fenol formaldehit tutkallar, melamin formaldehit tutkallar, resorsin formaldehit tutkallar, melamin-üre formaldehit tutkallar ve izosiyanat tutkallarıdır (Çavuş, 2008; Koruyucu ve Mengeloğlu, 2007).

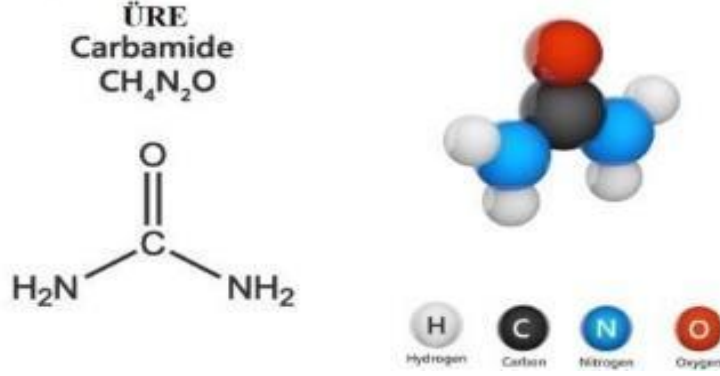
Üretiminde kullanılan tutkallar; %60 katı madde içeren üre formaldehit (UF) tutkalı ve %60 katı madde ve %5 melamin içeriğine sahip melamin üre formaldehit (MUF) tutkalıdır. Tutkallar Kronospan Orman Ürünleri firması tutkal fabrikasında üretilmiştir. Yapılan üretimde her bir grup için eşit şartlarda olması amacıyla her bir tutkal çeşidi için tutkal; katı tutkal miktarı kuru yonganın %11'i olacak şekilde blender tutkal karıştırma mixerinde enjektör vasıtasıyla püskürtülerek yonga- tutkal karışımı sağlanmıştır.

3.1.6.3.2 Üre formaldehit (UF) tutkalı genel özellikleri

Üre-formaldehit (UF) reçinesi, kısa presleme süresi sağlaması, maliyetinin düşük olması, mükemmel yapışma, yüksek reaktivite ve suda çözünürlük sağlaması nedeniyle yonga levha, orta yoğunluklu lif levha ve kontrplak gibi iç mekan ahşap kompozit levhaların birincil bağlayıcısı olmuştur (Atar vd., 2013). Endüstride kullanım kolaylığı avantajı, diğer tutkallara göre ucuzluğu nedeniyle üretimde çokça tercih edilen bir tutkal çeşididir. Yonga levha sanayinde %90 oranında üre formaldehit tutkalı kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkalı üre ile formaldehit'in kademeli olarak kondensasyonu sonucu olarak elde olunmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

Üre; renksiz, kokusuz suda kolaylıkla çözülebilen kristal halinde bir madde olup, Amonyak ve Karbon dioksitin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ara madde olarak Amonyum karbominat meydana gelmekte buna amonyak ilave edildiğinde su

ve üre maddeleri oluşmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990). Carbamide olarak da bilinen ürenin formülü ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) aşağıda görsel olarak gösterilmiştir (URL-21, 2023).



Şekil 3.7 Üre formülü (URL-19, 2023)

Üre üretiminin %90'ından fazlası tarım kullanımına gitmektedir. Geri kalan, yıllık olarak üretilen yaklaşık 20 milyon ton ise hayvan yemi (sığır yemi, diğer yemlerin yanı sıra üre proteine dönüşebilir) yapımına gider. Kalanı da, üre-formaldehit reçinesi yapımına, cilt bakımı için yumuşatıcı yapımına ve barbitürik asit üretiminde kullanılır. Üre'nin sudaki güçlü negatif çözelti ısısı, poşet üretiminde anında-soğuk film oluşturmalarının temelidir (URL-20, 2023). Üre üretimi Türkiye'de sadece İgşaş firması tarafından dört farklı ildeki üretim tesislerinde yapılmaktadır. Üre formaldehit tutkalı üreticileri üreyi İgşaş haricinde, farklı ülkelerden tedarik etmektedirler.

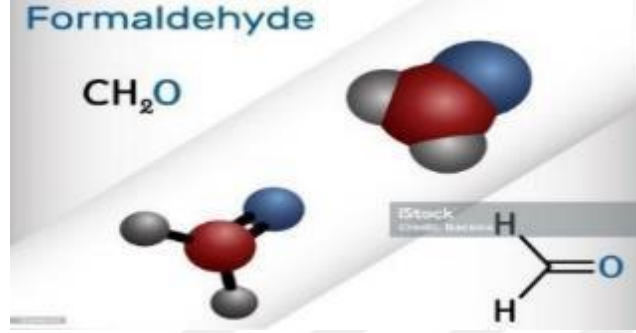
Üre, aşağıda Fotoğraf 3.1 (a) ve (b) de gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.1 Üre görüntüsü ve üre ambalajı (URL-21, 2023)

Formaldehit; Aldehit ailesinin önemli bir üyesi olan formaldehit FA (CH_2O) sıvı olarak metanolün oksidasyonundan elde edilir. FA kuvvetli elektrofili özelliği

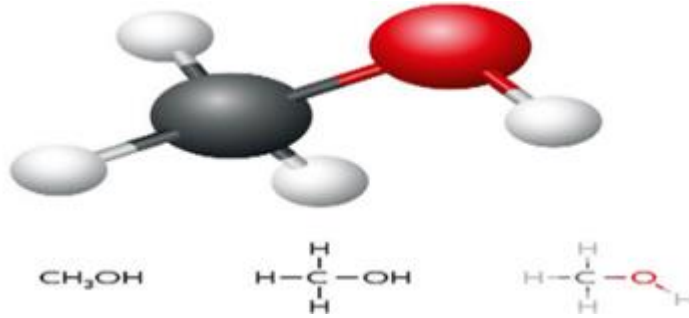
nedeniyle oldukça reaktif bir özelliğe sahip, oda sıcaklığında hızla gaz haline geçebilen, yanabilen, suda çok iyi çözünen, renksiz, keskin kokulu, irrite edici, düşük molekül ağırlıklı zehirli bir gazdır (Shaham vd., 1996; Smith 1992; Ünsaldı ve Çiftçi, 2010).



Şekil 3.8 Formaldehit formülü (URL-22, 2023)

Metanol, sentez yoluyla ana hammaddesi kömür, oksijen ve hidrojenen kazanılmaktadır (Biçer 2014; Özsoylu, 2016).

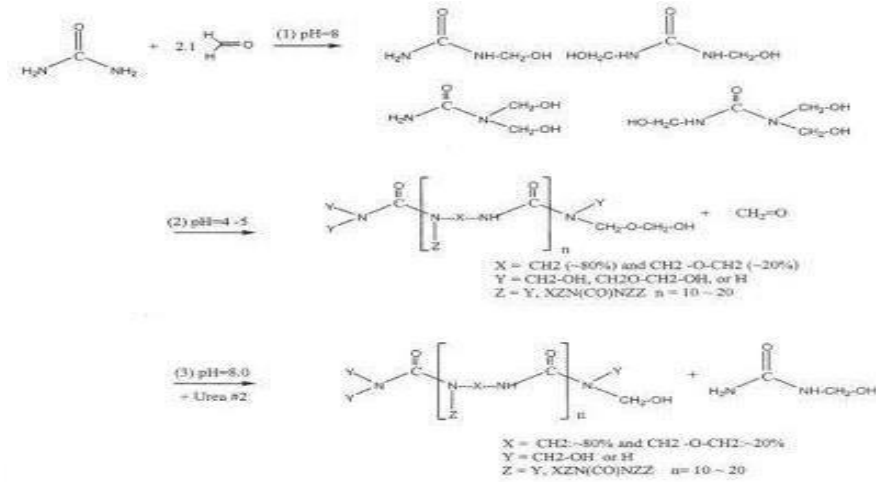
Metanol formülü aşağıda Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Metanol formülü (URL-23, 2023)

Üre formaldehit tutkalı; üç kademeli bir reaksiyon sonunda oluşur (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012). Hem kuru hem de sıvı hallerde elde edilebilmektedir. Her iki bileşen dimetil ve monometilol ürenin teşekkülü altında, hafif alkali ortamda reaksiyona girer, oluşan monometilol ve dimetilol üre bünyelerinden su kaybederek metilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondense olurlar. Bu ön kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilen bileşikler olup reaksiyona 3 boyutlu ağlar oluşturacak şekilde devam ederler. İstenilen kondenzasyon derecesine ulaşmasından sonra reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulması ve nötralleşme ile kesilir (Biçer 2014; Özsoylu, 2016).

Şekil 3.10'da üre formaldehit tutkalının reaksiyon adımları görülmektedir.



Şekil 3.10 Üre formaldehit tutkalının sentez adımları (No ve Kim, 2004)

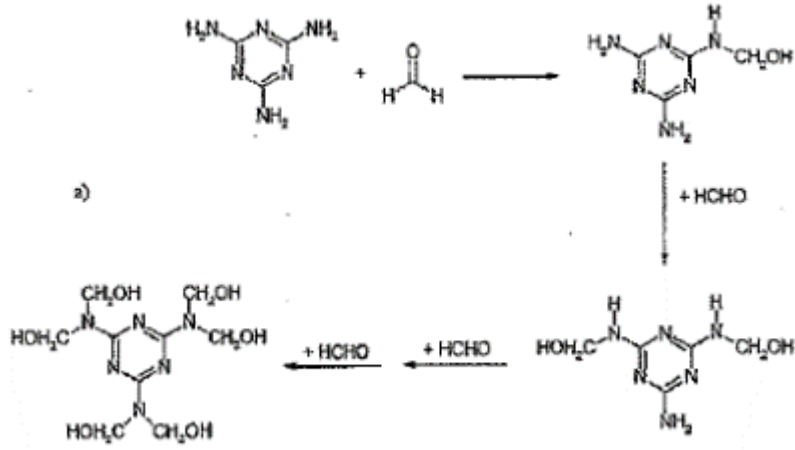
3.1.6.3.3 Melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı genel özellikleri

Termoset polimerlerden olup, toz veya çözelti halindeki üre ile melamin formaldehitin belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Piyasada genellikle toz halinde satılır. Su ve dış hava şartlarına ve rutubetli iç mekan şartlarına karşı dirençli bir tutkaldır. genellikle laminat kaplamaların üretiminde kullanılır (Çavuş, 2008; Pizzi, 1994).

Melamin üre formaldehit tutkalı; genellikle üre formaldehit tutkalının kullanıldığı ahşap esaslı ürünlerde şikayet edilen suya dayanımı ve fiziksel dayanımı artırmak ve formaldehit emisyon sorununu azaltmak veya mukavemet değerlerini artırmak amacıyla kullanılmaktadır (No ve Kim, 2004).

Melamin üre formaldehit tutkalı üretimi üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama; metlizasyon aşamasıdır. Melamin altı mol formaldehit ile reaksiyona girer (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

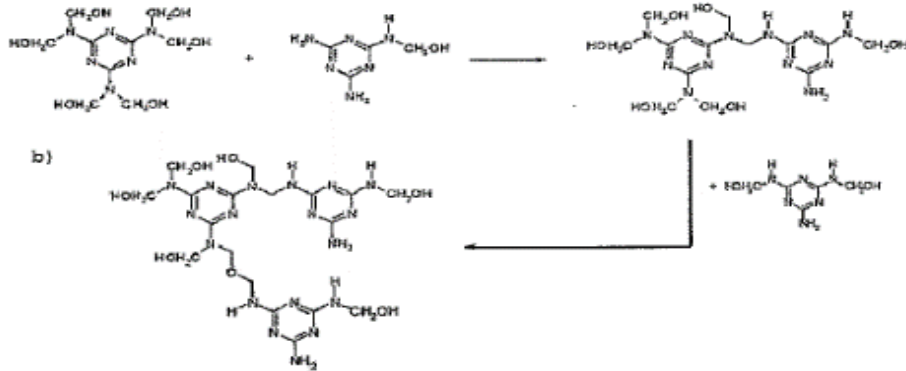
1. Birinci monomerler, Mono-dihexametilol melamin oluşur (a)



Şekil 3.11 Melamin üre formaldehit tutkalı reaksiyonu 1. aşaması (Kalaycıoğlu ve Özen 2012)

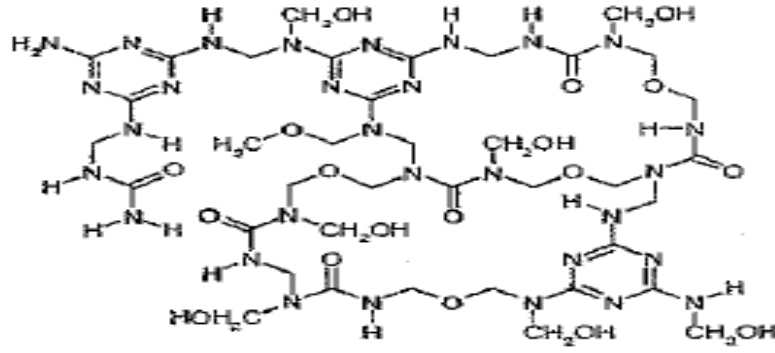
Üretimin ikinci aşamasından kondensasyon oluşur.

2. Metillendirilmiş melamin metilen veya metil eter köprüleriyle reaksiyona girer (b), MUF tutkalı üretilir.



Şekil 3.12 Melamin üre formaldehit tutkalı reaksiyon 2. aşaması (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012)

3. Melamin üre formaldehit ile reaksiyona girerek büyük moleküllü köprüler oluşturur.



Şekil 3.13 Melamin üre formaldehit tutkalı reaksiyon 3.aşaması (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012)

3.1.6.3.4 Sertleştirici

Odun esaslı levha üretiminde tutkal hazırlanmasından presleme zamanına kadar sertleşme olmamalıdır. Fakat presleme sırasında da tutkal kısa sürede sertleşmelidir. Bunun için levha üretiminde en çok konuşulan üre formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkalında sertleştirici olarak amonyum klorür (NH_4Cl) ve amonyum sülfat (NH_4SO_4) kullanılmaktadır. Bu çalışmada amonyum klorür (NH_4Cl) sertleştiricisi kullanılmıştır. Amonyum klorür, amonyum sülfata göre daha çok tercih edilmektedir. Bunun nedeni; Amonyum klorür kullanıldığında meydana gelen tuz asidi (HCl) uçucu olmasından dolayı levha taslağının her tarafında homojen şekilde yayılmaktadır. Amonyum sülfat kullanılması halinde ortaya çıkan sülfürik asit uçucu olmadığı için levhaya homojen olarak yayılmaz ve sertleşmede düzensizlikler gerçekleşir. Amonyum klorür (NH_4Cl) genel olarak nişadır olarak bilinmektedir, suda kolaylıkla çözünebilen beyaz kristal bir tuzdur. 340°C 'de erimeden buharlaşarak eşit oranlarda amonyak ve hidrojen klorür içermektedir. Amonyak ve hidrojen klorür birleştirilerek amonyum klorür oluşturulabilir. Atar vd. (2013) yonga levhanın kalite özellikleri üzerine sertleştirici tipinin etkisi konulu yaptıkları çalışmada, en yüksek ph değerini amonyum klorürlü yongalarda, en düşük ph değerini ise amonyum sülfatlı yongalarda bulmuşlardır. Yongalarda asitlik özelliği arttığında tutkalın kürleşmesine etki etmektedir. Yapılan çalışmada amonyum klorür kullanılması ile asitlik değeri artmış, buna bağlı olarak eğilme değerinde artış tespit edilmiştir. Sertleştirici tipinin levhanın MOR eğilme ve MOE elastikiyet modülü değerine etki ettiği görülmüştür. Üre formaldehitin kullanımında, mutlaka bir katalizör maddeye ihtiyaç vardır. Yongalevha üretiminde üre formaldehit tutkalı için en uygun sertleştirici amonyum klorürdür. Şayet üretimde amonyum sülfat kullanılırsa, meydana gelen asit (H_2SO_4)

uçucu olmadığından levha taslağına eşit olarak dağılmaz ve yeknesak bir sertleşme meydana gelmez (Bardak, 2010; Gündüz ve Masraf, 2005).

Amonyum klorür hidrojen klorid (gaz) veya hidroklorik asit (sulu çözelti) ya da birlikte amonyak (NH₃) birleştirilerek tersinir olarak hazırlanabilir.



Amonyum klorür; kuvvetli bir baz ile amonyak gazını serbest bırakmak için reaksiyona girebilir.



Amonyum klorür; sodyum karbonat üretiminde uygulanan Solvay yönteminde (amonyak-soda yöntemi) ortaya çıkan bir yan üründür (Altıntaş, 2017).

Amonyum klorürün granül olarak görünümü aşağıda Fotoğraf 3.2’de görülmektedir.



Fotoğraf 3.2 Amonyum klorür granül formu (URL-24, 2023)

Amonyum klorür kimya, eczacılık, tekstil, ziraat, gıda vb., pek çok sektörde kullanılmaktadır. Odun esaslı levha sanayiinde MDF, Yonga levha, OSB vb. levha üretimlerinde üre formaldehit tutkalını sertleştirmede kullanılmaktadır (URL-26, 2023). Amonyum klorür suda kolay çözüldüğü için levha üretiminde üre formaldehit tutkalını sertleştirmek için suda çeşitli konsantrasyonlara getirmek üzere sulu çözeltisi

hazırlanmaktadır. Bu çalışmada amonyum klorür %20 konsantrasyon olacak şekilde suda çözülerek, tutkala karıştırılarak kullanılmıştır.

3.1.6.3.5 Formaldehit emisyon düşürücü kimyasal

Odun esaslı levha sanayiinde levha içerisindeki formaldehit emisyon miktarını düşürmek için özel bir formülasyona sahip kimyasallar kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan formaldehit düşürücü Kronospan orman ürünleri tutkal fabrikasında yapılan özel bir formüle sahip kimyasal olup, katı madde içeriği %50'lik olacak şekilde su içerisinde çözelti sağlanmıştır. Formaldehit tutucu kimyasal katı madde miktarı, tutkal katı madde miktarına oranı %5 olacak şekilde tutkal içerisine sıvı çözelti olarak homojen şekilde karıştırılması sağlanmıştır.

3.1.6.3.6 Formaldehit emisyon düşürücü kimyasal üre su çözeltisi

Çalışmada kullanılan üre-su çözeltisi Kronospan orman ürünleri tutkal fabrikasında %40 konsantrasyonda hazırlanmıştır.

3.1.6.3.7 Parafin ve parafin emülsiyonu

Levhanın belirli bir dereceye kadar su alıp şişmesini önlemek amacıyla su itici maddeler kullanılmaktadır. Bu maddeler levhanın tamamen su almasını önlemez, ancak su alım hızını yavaşlatır. Su itici maddeler arasında silikon ve metal sabunları sayılsa da, en önemli su itici madde parafin mumudur. Çünkü parafinin su itici özelliği yüksek, ergime noktası düşük ve diğer su itici maddelere göre daha ucuzdur (Ayrılmış, 2000). Proponik anhidrit ve alkil keten dimer üzerinde çalışma yapılan diğer su itici maddelere örnek olarak gösterilebilir (Gözalın, 2016).

Mumlar, nispeten düşük moleköl ağırlığında, basit yapıda, kristalleri iğne şeklinde ve yassı olan maddelerdir. Ticari parafin mumları C_nH_{2n+2} formülünde düz zincirli hidrokarbonlar olup, erime dereceleri 50–100°C arasında değişmektedir. Parafin ve mumlar polar olmadıklarından kimyasal yönden aktif değildir. Hidrofobik etkileri, liflerin kılcal boşluklarına girerek su moleküllerinin bu boşluklara girmelerini engelleme şeklindedir (Eroğlu ve Usta, 2000; Özsoylu, 2016). Genel olarak ham

petrolün rafine edilmesi ile yan ürün olarak çıkan parafin; özel tekniklerle saflaştırılıp yağ oranı, donma noktası, rengi ve kokusu iyileştirildikten sonra kullanıma hazır hale getirilir. Genellikle 45°C ile 72°C donma noktasına ve %1 ile %35 yağ oranı arasında çeşitli özellik ve kristal yapıdaki parafinler, imalat sektöründe kullanılmaktadır. Parafin başta mum sektörü olmak üzere orman, kâğıt, inşaat, tarım, kaplama, fizik tedavi, tıp ve kozmetik sektörlerinde yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Parafinin kimyası gereği su itici ve reaksiyon vermeyen (inert) nitelikte olmasından dolayı, suyun istenmediği ya da olumsuz etkiler oluşturduğu uygulamalarda su itici ajan olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca yapısı gereği ısı iletkenliği düşük olan parafin bir yalıtkan malzemesi gibi davranış gösterdiği için; kozmetik, fizik tedavi, kaplama ve tıp alanlarında da çokça kullanılmaktadır (URL-25, 2023).

Parafin mumu aşağıda Fotoğraf 3.3'te gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.3 Parafin mumu (URL-26, 2023)

Parafin odun esaslı levha sanayinde genellikle sıvı parafin emülsiyonu veya wax katı parafin eritilerek kullanılma yöntemiyle odun yongalarına ve odun liflerine veya tutkal içerisine karıştırılarak kullanılmaktadır. Parafin emülsiyonları, parafinin özel emülgatör ve uygulama yeri kullanıma uygun çeşitli katkıları ile karıştırılarak su ile homojen olarak karıştırılması ile elde edilen karışımlardır. Emülsiyonlar; anyonik, nonyonik ve katyonik karakterde bulunabilmektedir. Parafin emülsiyonları; kullanım kolaylığı, oda sıcaklığında sıvı fazda bulunması nedeniyle kaydırıcı özelliğindedir. Parafinden kaynaklı su itici özelliği taşıması, sektörel olarak anyonik, nonyonik veya katyonik ortamlarda rahatlıkla kullanılabilmesi ve yanmaz özellikte olması nedeniyle başta orman endüstrisi olmak üzere beton, alçı, cam/taş yünü ve kâğıt sektöründe aktif olarak ve yüksek performans ile kullanılmaktadır. Aktif madde bileşeni olarak %20'den %60'a kadar çeşitli sektörlerde uygun karakterde emülsiyonlar ileri teknoloji

ile üretilmektedir (URL-27, 2023). Parafin emülsiyonları orman endüstri levha sanayiinde %50-%60 katı madde oranı ile kullanılmaktadır.



Fotoğraf 3.4 Parafin emülsiyonu (URL-28, 2023)

3.1.6.4 Nano katkı maddeleri

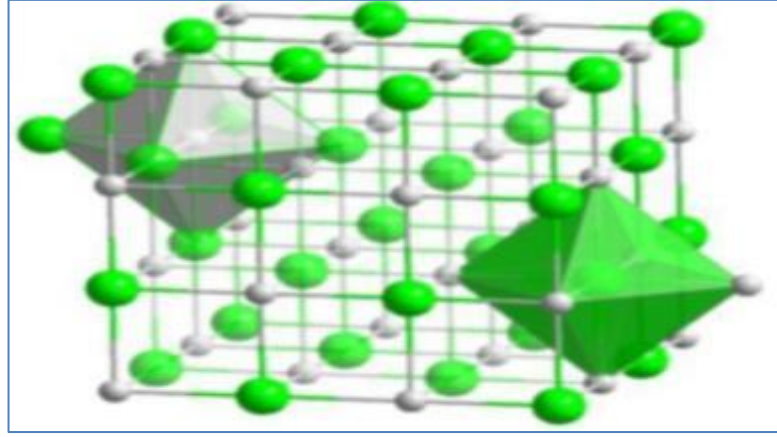
3.1.6.4.1 Nano katkı maddesi magnezyum oksit (MgO)

Magnezyum oksit (MgO); ultra ince, nano ölçekli parçacıklara ve yüksek spesifik yüzey alanına sahiptir. Toksik kimyasal maddeler için yıkıcı adsorbanlardır. Nano ölçekli MgO, karakteristik yapıları nedeniyle benzersiz optik elektronik, manyetik, termal, mekanik ve kimyasal özellikler taşır. Magnezyum oksit (MgO) veya magnezya, periklaz olarak doğal olarak oluşan ve bir magnezyum kaynağı olan beyaz higroskopik katı bir mineraldir. Magnezyum oksit nano partikülleri elektronik, kataliz, seramik, petrokimya ürünleri, kaplamalar ve daha birçok alanda kullanılabilmektedir. Magnezyum oksit nano partiküllerinin potansiyel uygulamaları, silikon çelik levha, yüksek dereceli seramik malzeme, elektronik sanayi malzemesi, yapıştırıcı ve kimyasal hammadde katkı maddesi üretiminde kullanılan yüksek sıcaklıkta dehidrasyon ajanı olarak örneklenebilir. Ayrıca yakıt katkısı, temizleyici, antistatik madde ve korozyon önleyici olarak da kullanılabilirler. Ayrıca, refrakter elyaf ve refrakter malzeme, manyezit-krom tuğla, refrakter kaplama dolgusu, refrakter ve yalıtkan aleti, elektrik, kablo, optik malzeme, çelik eritme fırını ve diğer yüksek sıcaklık fırınları için malzeme, ısıtma alanlarında da uygulanabilir. Magnezyum oksit nano partikülleri yangın geciktirici olarak kullanılır ve plastıklara ve elyaflara eklenir. Magnezyum oksit nano parçacığı iyi bir yalıtkan malzemedir. Yalıtım boruları, izabe

tesisleri, potalar, elektrot çubukları ve levhaların yapımında kullanılır. Magnezyum oksit nano parçacığı yakıt katkı maddesi, anti statik madde, temizleyici ve korozyon önleyici olarak kullanılır. Endüstride başka geniş uygulamalara da sahiptir. (URL-29, 2023).

Magnezyum (Mg)'un oksitli bileşiği olan magnezyum oksit (MgO); sahip olduğu yüksek ergime sıcaklığı (2800°C), yüksek mekanik özellikleri, toksik olmama ve alkali metallere karşı yüksek direnci nedeni ile boya, çimento, kağıt, plastik, kauçuk, ilaç, gübre ve hayvan yemlerinde katkı ve/veya dolgu maddesi olarak, gastrit, mide ülseri ve artan bağırsak fermantasyonunun tedavisinde asit nötrleştirici olarak ve vücuttaki Mg eksikliğini gidermek için Mg kaynağı olarak kullanılır (Pazarlıoğlu ve Algan, 2021). Magnezyum Oksit (MgO) filmler, optik, opto elektronik, biyosensör, gaz algılama, kataliz, dönüştürücüler ve kapasitörler dâhil olmak üzere çeşitli bilim ve teknoloji alanlarındaki muazzam potansiyel uygulamaları nedeniyle geniş ilgi görmüştür. Metal oksitleri ilgi çekici ve ilginç yapıları, özellikleri ve değişik olgu kısımları ile son zamanlarda teknoloji ve bilim alanlarında ve uygulamalarında ilgi çeken malzemeler arasındadırlar. Birçok metal oksit akıllı camlar, gaz sensörleri, elektrokromik ve benzeri birçok alanda kullanılmaktadır. MgO, opikal saydamlıkları ve yüksek manyetik alanları nedeniyle en iyi yarı iletkenlerden biridir. Son araştırmada ince bir film olarak magnezyum oksit (MgO) yüksek iyonik karakterli, basit stokiyometri ve kristal yapıya sahip benzersiz bir katı olması, yüzey yapısal kusurları nedeniyle geniş çapta incelenmiştir. Ancak MgO ince filmlerin kullanımı, elektronik, adsorpsiyon, kataliz, seramik, petrokimyasal ürünler, güneş hücreleri, yansıtıcı ve yansıtma önleyici kaplamalar, kimyasal atık ve savaş ajanlarının tespiti ve iyileştirilmesi ve diğer birçok alanda uygulamalar olarak çeşitli uygulamaları geliştirebilir (Kim vd., 1996; Türkeri, 2023).

Şekil 3.14'te Magnezyum Oksit (MgO)'in kübik şekli verilmiştir.



Şekil 3.14 Magnezyum Oksit (MgO) kübik şekli (Türkeri,2023)

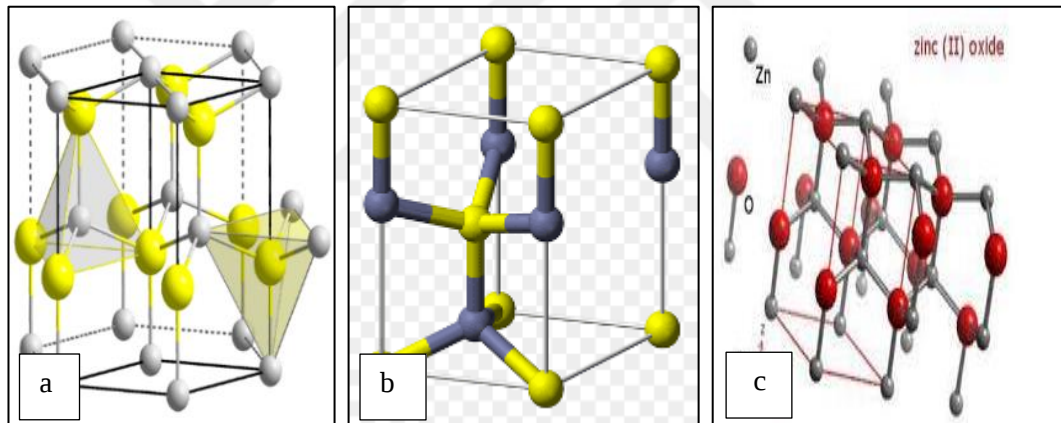
3.1.6.4.2 Nano katkı maddesi çinko oksit (ZnO)

Çinko oksit (ZnO) orman ürünleri ve ilgili sektörlerde uzun zamandan beri kağıt kaplamada, lateks boyada küf önleyici, deniz boyalarında, çürüme önleyici, ahşap kaplamalarda UV stabilizasyonu vb. sayısız uygulamalarda kullanılmıştır. Çinko oksit doğal olarak çinko minerali olarak oluşur ve ticari olarak mikron veya mikron altı boyutta öğütülmüş tozlar veya pirolize edilmiş nano küre dispersiyonları halinde temin edilebilir (Clausen vd., 2011). Çinko oksit çok amaçlı inorganik bir malzemedir. Çinko oksit partikülleri son yıllarda yüksek geçirgenlik, piezo elektrik özellik, yarı iletkenlikte geniş bant aralığı, oda sıcaklığında ferro manyetizma, kimyasal duyarlılık özelliklerine ve özel yüzey, hacim ve kuantum boyut etkisine sahip olmasına bağlı olarak çok dikkate alınmaya başlanmıştır (Arıç, 2010; Sharma vd., 2020).

ZnO gerçekten sıra dışı bir doğrudan bant aralıklı yarı iletkenidir. 3,4 eV, 60 meV'lik çok büyük bir eksiton bağlama enerjisine sahip, birçok alanda temel olarak yetenekli yarı iletken olarak görülüyor. ZnO giderek artan sayıda endüstriyel üretimde katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. ZnO'ların simetri merkezinin eksikliğinden dolayı wurtzite yapısı büyük elektromekanik bağlantıyla birleşip, piezoelektrik ve piroelektrik özellikler üzerindeki etkiler piezoelektrik sensörlerde ve mekanik aktüatörlerde uygulanır (Sharma vd., 2020).

Nano ölçekte toz formlarının en çok kullanıldığı ve gelecekte de kullanılması düşünülen kullanım alanlarından birisinin kozmetik sektörü olduğu görülmektedir. Kozmetik sektöründe öne çıkan nano partiküllerden biri çinko oksit (ZnO) yapısıdır.

ZnO 'in eşsiz band aralık değeri sayesinde UV ışınını absorblama özellikleri bulunmaktadır. ZnO dermatolojik açıdan insan vücudu ile uyumlu olması, hatta koruyucu/iyileştirici, kaşınma giderici ve kızamık giderici özelliklerinin yanında birde UV ışını absorblama özelliği nedeniyle kozmetik sektöründe özellikle güneş kremi süspansiyonlarında kullanılmaktadır. Ayrıca nano boyuta indirildiklerinde şeffaf oldukları ve estetik bir görünüm sağladıkları için de yaygın olarak tercih edilmektedirler. Çinko oksit, 2A grubu metalik çinkonun (Zn) bir oksididir. Piezoelektrik, yarı iletken ve optik özellikleri (morötesi absorplama, düşük kırınım indisi gibi) bir arada gösterebilen nadir malzemelerden biridir. ZnO'nun kristal yapısı Şekil 3.15'de gösterildiği gibi (a) hekzagonal wurzite, (b) çinkosülfür (zincblende) ve (c) kayatuzu yapısında olabilir (Özöğüt, 2013). Çevre şartlarından termodinamik olarak sabit fazda wurzite yapıdadır. Çinko sülfür (ZnS) yapısı veya GaAs gibi kübik yapılar üzerinde büyütüldüğünde kararlı olur.



Şekil 3.15 Çinko Oksit (ZnO) kristal yapılarının gösterimi (a) wurzite yapısı, (b) kübik çinko sülfür, (c) ZnO kristal yapısı

3.1.6.4.3 Nano katkı maddesi silisyum dioksit (SiO₂)

Silisyum veya silikon dünyada en fazla bulunan ikinci elementtir. Daha önceleri çok bilinmeyen silikon günümüzde hemen hemen her alanda kullanılmaktadır. Silikon elementinin diğer adı silisyumdur ve yer kabuğunun kütlesinin %28'ini oluşturur. Yeryüzünde silikondan daha fazla olan tek element oksijendir. Kum ve bazı kayalar büyük oranda, silikonun oksijenle birleşme ürünü olan silisyum dioksitten oluşur. Seramik yapılan kilin içinde silikatlı maddeler vardır, yani kil ve seramikler de silikon içerir. Kum ve kayalar, ilk insanlar için olduğu gibi günümüz insanlarınca da pek

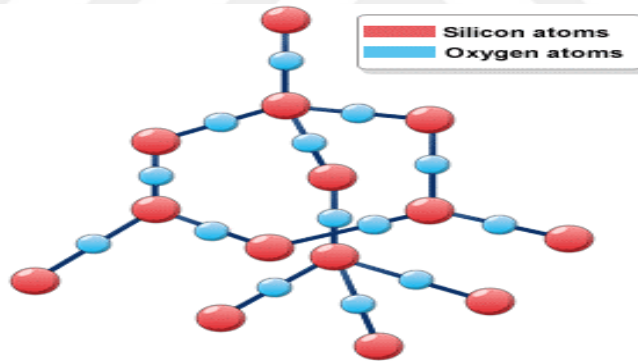
önemsenmez. Silikon yonga veya güneş enerji paneli yapmak için kullanılan saf silikon elementi çok değerlidir. Silisyumun tarihte üretimde kullanılması, deniz kumunu, soda ile birlikte karıştırıp eriten Suriyelilerin ilk camı üretmesine kadar gitmektedir. İlk cam boncuklar, M.Ö. 3500’lerde yapıldığı bilinse de Suriye’de saf camdan yapılan ilk kaplar M.Ö. 1500’de üretilmiştir. Silikon elementi kırılğan bir maddedir, bir metal değildir. Elektriği metaller kadar iletmez ama Yalıtkan olmasalar da elektriği metaller kadar iletmezler. Yarı iletkenler arasında yer alır ve elektronikte en fazla kullanılan yarı iletkenidir. Silikon; doğada kuvartz, akik, ametist, çakmak taşı ve opal gibi minerallerde oldukça saf silikon dioksit halinde bulunur. Silikat mineralleri arasında; piroksen, amfibol ve feldspar sayılabilir. Bu mineraller; kil, granit ve kum taşında bulunur. Silikon elementini ilk kez 1808’de İngiliz kimyacı H. Davy izole etmeye çalışmış ve “silisyum” adını önermiştir. Türkçe’de silikon elementine silisyum, plastiğine silikon denmektedir. Sanayide kullanılan türü silikon elementinin çoğu, demir ve alüminyum dökümü sırasında dayanıklılık artırıcı katkı maddesi olarak kullanılır. Silikon alaşımlı malzemenin %55’i otomotiv sektörü için üretilir. Yoğunluk artırıcı dolgu maddesi olarak kullanılan dumanlı silisteki parçacıkların boyutu 5-50 nanometredir. Matbaa mürekkebi, boya, diş macunu, kozmetik ürünler, yapıştırıcı ve reçinelere katkı maddesi olarak eklenir.

Silikon elementinin kullanıldığı en değerli ürünler elektronik endüstrisinde üretilir. Sanayi türü silikon (%95-99 saflıkta) elektronikte kullanılacak kalitede olmadığı için elektronik sektörü için özel silikon üretilir. Güneş enerji panelleri, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Bu paneller için %99,9 saflıkta silikon gerekir. Silikon yonga, elektronik ve bilgisayar teknolojisinde devrim yarattı. Silikon sayesinde bir transistörün boyutu 22 nanometre (saçın 5000’de biri) kadar küçüldü ve cep telefonunda bile 100 milyon transistör kullanılabilirdi. Karbon atomları yerine silikon kullanabilen canlı hücreler vardır. Bazı küçük organizmaların gelişebilmek için silikona ihtiyacı vardır. Ayrıca pirinç gibi bazı bitkiler de silikona ihtiyaç duymaktadır (URL-30, 2023).

Silikon dioksit (SiO_2) yaygın olarak silika olarak adlandırılan Silikon ve Oksijen bileşiği ve elementler kovalent bağ ile bağlanır. Kumun bileşenlerinden biridir ve Kuvars’ta doğal olarak bulunur. Genellikle beyaz veya renksizdir ve çözünmez su veya

etanol içinde. Minerallerle birleşerek silikatı oluşturur aile. Silikon dioksit (SiO_2) gibi çeşitli endüstriyel uygulamalara sahiptir. Gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak işlevi; bir bağlayıcı önleyici, köpük önleyici madde, viskozite kontrolörü, kurutucu, içecek arıtıcı, ilaç ve vitaminlerin yardımcı maddesi olarak kullanılmaktadır. Suda çözünmez olduğu için, silikanın biyolojik kullanılabilirliği çok azdır ve silikon kaynağı olarak kabul edilir. Daha çözünür diğer formlarda bulunan silikon kemik ve kıkırdak oluşumuna ve korunmasına katkıda bulunur. Silikon dioksit nano parçacığı plastik, kauçuk, seramik, porselen, cam, yapıştırıcılar, elyaflar ve diğer birçok üründe katkı maddesi olarak kullanılır. Beton ve inşaat kompozitlerine güçlendirici dolgu maddesi olarak eklenir. İlaç dağıtımı gibi biyomedikal alanda da uygulamaları vardır. Silikon dioksit aynı zamanda çevre koruma ürünlerinde de kullanılmaktadır (URL-31, 2023).

Şekil 3.16'da silisyum dioksitin kristal yapısı görülmektedir.



Şekil 3.16 Silisyum dioksit (SiO_2) kristal yapısı (URL-32, 2023)

4. MATERYAL VE METOT

4.1 Materyal

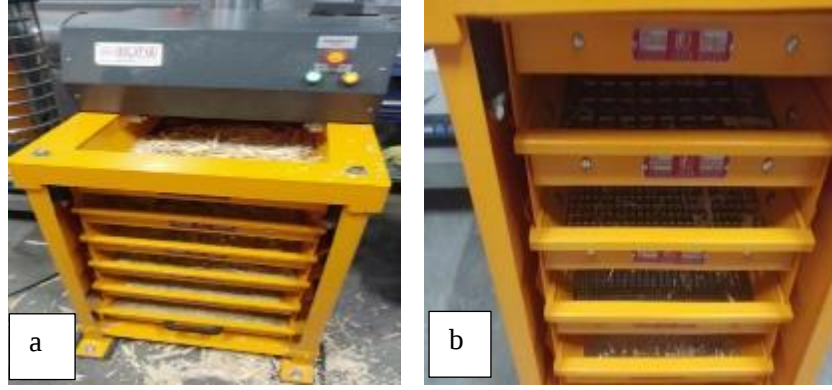
OSB üretimi için kullanılan şerit yonga, tutkallar, kimyasallar ve nano katkı maddeleri ve tedarik edildiği yerler aşağıda Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Çalışmada kullanılan şerit yongalar, kimyasallar ve nano katkı maddelerinin tedarik edildikleri yerler

Malzemeler	Tedarikçi	Alınan Birim
Şerit şeklinde odun yongaları	Kronospan Orman Ürünleri	Palmann marka ring odun yongalama makinası
Tutkallar	Kronospan Orman ürünleri	Tutkal fabrikası
Sertleştirici	İgsaş İstanbul Gübre Sanayii A.Ş	Tutkal fabrikası
Parafin emülsiyonu	İşıksan Tic.A.Ş	Tutkal fabrikası
Catcher formaldehit tutucu	Kronospan Orman Ürünleri	Tutkal fabrikası
Üre formaldehit tutucu	İgsaş İstanbul Gübre Sanayii A.Ş	Tutkal fabrikası
Nano toz katkı maddeleri	Nanografi Nano Teknoloji A.Ş	Nanografi

4.1.1 OSB Üretiminde Kullanılan Şerit Yongaları

Odun şerit yongaları ebatları yaklaşık ortalama genişlikleri 20 mm, boyları 85 mm, kalınlıkları 0,7-1,0 mm dir. Şerit yongalar, Kronospan Orman Ürünleri Kastamonu fabrikasında Palmann marka yongalama makinesinde elde edilmiştir. Yongalama her bir numune için homojen olması için elenerek tasnif edilmiştir. Şerit yongaların elenmesi için Alfa test marka sallamalı tepsi elekli bir cihaz kullanılmıştır. Yüzey tabakası için 30 mm-25 mm-10 mm gözenekli elek üzerinde kalan flakeler, orta tabaka yongaları için 5 mm ve 2,5 mm gözenekli elek üzerinde kalan yongalar kullanılmıştır. Alfa test marka, tepsi elek sallama cihazı aşağıda Fotoğraf 4.1a ve Fotoğraf 4.1’de gösterilmiştir.



Fotoğraf 4.1 Alfa test marka sallama elek (a), Tepsi elekler (b)

Bir preslemede elde edilecek numunenin üst ve alt yüzeyleri için daha çok, büyük ebatlı şerit yongalardan oluşan kısmı ağırlık olarak toplam yonga ağırlığının %55'i olacak şekilde, orta tabaka içinse daha çok, küçük ebatlı şerit yonga ve yongalardan oluşan kısmı, ağırlık olarak toplam ağırlığın %45 olacak şekilde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Yukarıdaki fotoğraflarda görülen sallama hareketi ile çalışan eleme cihazı üst bölmesine yonga karışımı konularak eleme yapılmıştır. Elek ölçülerine göre elde edilen yongalar aşağıda Fotoğraf 4.2'de görülebilir. Her bir elek ölçüsü için elekte kalan yonga ağırlığı ölçülmüş ve toplam miktara oranlanarak, yüzde oranı hesaplanmıştır. Ayrıca ebat ölçümleri uygun olduğu için 30mm-25mm-15mm elekte kalan şerit yongaların en, boy ve kalınlık ebat ölçümleri dijital kumpas ile yapılmıştır. Şerit yonga ebat ölçüm değerleri, ağırlık miktarları ve yüzde oranları aşağıdaki Tablo 4.2'te gösterilmiştir.

Tablo 4.2 Şerit yonga ağırlık-yüzde oranı en-boy-kalınlık ölçümleri elek analizi değerleri (Doğan, 2023)

Elek Ölçüleri mm	Ölçülen ağırlık gr	Oran %	Flake En mm	Flake Boy mm	Flake Kalınlık mm
Yüzey Tabakası					
> 30 mm	675	55,87	30,45	84,56	1,29
> 25 mm	214	17,69	18,04	81,84	0,81
> 10 mm	319	26,42	9,61	83,55	0,98
Toplam	1208				
Orta Tabaka					
> 5,0 mm	749	74,49	-	-	-
> 2,5 mm	257	25,50	-	-	-
Toplam	1006	-	-	-	-
Ağırlık Ortalama ya göre ebatlar			22,73	84,07	1,12



Fotoğraf 4.2 Elek analizinden elde edilen şerit yongaların görüntüsü (Doğan, 2023)

4.1.2 Kimyasallar

Çalışmada kullanılan üre formaldehit (UF) tutkalı, melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı, amonyum klorür (ACL), parafin emülsiyonu, levhadaki formaldehit emisyonunu azaltmak için catcher kimyasalı, üretilen levhaların fiziksel ve mekanik performansını artırmak amacıyla kullanılan nano katkı malzemeleri; magnezyum oksit (MgO), çinko oksit (ZnO) ve silisyum dioksit (SiO₂) kimyasalların özellikleri aşağıda tablo şeklinde sırayla gösterilmiştir.

4.1.2.1 Tutkallar

4.1.2.1.1 Üre formaldehit (UF) tutkalı genel özellikleri

Üretimde kullanılan UF tutkalının teknik değerleri aşağıda Tablo 4.3’da verilmiştir.

Tablo 4.3 Çalışmada kullanılan üre formaldehit (UF) tutkalının özellikleri

Katı madde Miktarı %	%60
Yoğunluk değeri kg/lt	1,260 kg/lt
PH	7,5-8,0
Vizkozite	250-300 cps
Akma zamanı Fordcup	40 sn
Mol oranı Formaldehit/Üre (F/Ü)	1,25

4.1.2.1.2 Melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı genel özellikleri

Üretimde kullanılan diğer bir tutkal tipi olan ve melamin içeriği %5 olan MUF tutkalı teknik değerleri aşağıda Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4 Çalışmada kullanılan melamin üre formaldehit (MUF) tutkalının teknik değerleri

Katı madde Miktarı %	%60
Melamin içeriği %	%5
Yoğunluk değeri kg/lt	1,260 kg/lt
PH	7,5-8,0
Vizkozite	250-300 cps
Akma zamanı Fordcup	40 sn
Mol oranı Formaldehit/Üre (F/Ü)	1,15

4.1.2.2 Sertleştirici

Aşağıda Tablo 4.5’de Amonyum Klorür (ACI) NH_4Cl genel özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 4.5 Amonyum Klorür (ACI) genel özellikleri

Formül	NH_4Cl
Moleküler Kütle g/mol	53,491 g/mol
Yoğunluk değeri g/cm³	1,53 g/cm ³
Erime noktası °c	348 °c

4.1.2.3 Formaldehit emisyon düşürücü kimyasal

Formaldehit tutucu kimyasalına ait özellikler aşağıda Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6 Formaldehit tutucu kimyasalı özellikleri

Kimyasal ismi	Formaldehit Tutucu
Katı madde içeriği %	%50
Yoğunluk değeri g/cm³	1,160 g/cm ³

4.1.2.4 Formaldehit emisyon düşürücü kimyasal olarak üre su çözeltisi

Üre kimyasalına ait temel bilgiler aşağıda Tablo 4.7’de gösterilmiştir.

Tablo 4.7 Formaldehit emisyon düşürücü üre kimyasalı temel bilgileri

Formül	CH ₄ N ₂ O
Moleküler Kütle g/mol	60.06 g/mol
Görünüşü	Beyaz kristal ya da toz
Kaynama Noktası °C	133–135 °C
Yoğunluk g/cm³	1,32 g/cm ³
Yoğunluk (%40 sulu-çözelti) g/cm³	1,13 g/cm ³

4.1.2.5 Parafin ve parafin emülsiyonu

Bu çalışmada; %50 konsantrasyonlu sıvı parafin emülsiyonu kullanılmıştır. Parafin emülsiyonun özelliği; Parafin wax, emülgatör ve su karışımından, baskın olarak C20 ile C50 arasındaki düz zincirli karbon zincirlerinden oluşmaktadır. Emülgatör ve su ile karıştırılmıştır haldedir.

Çalışmada; sıvı parafin emülsiyonu tutkal içerisine homojen bir şekilde karıştırılarak blender içerisinde flake üzerine enjektörler vasıtasıyla püskürtülmüştür.

Parafin emülsiyonun özellikleri aşağıda Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8 Parafin emülsiyonu genel özellikleri

Formül	C _n H _{2n+2}
Görünüm	Sıvı, Beyaz
Katı madde içeriği: %	%50
Ph	8,3
Akış süresi: sn	13
Yoğunluk: kg/m³	0,946
Vizkozite: cP	21

4.1.2.6 Nano katkı maddeleri

4.1.2.6.1 Nano katkı maddesi magnezyum oksit (MgO)

Magnezyum Oksit (MgO) genel özellikleri Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9 Magnezyum oksit (MgO) genel özellikleri

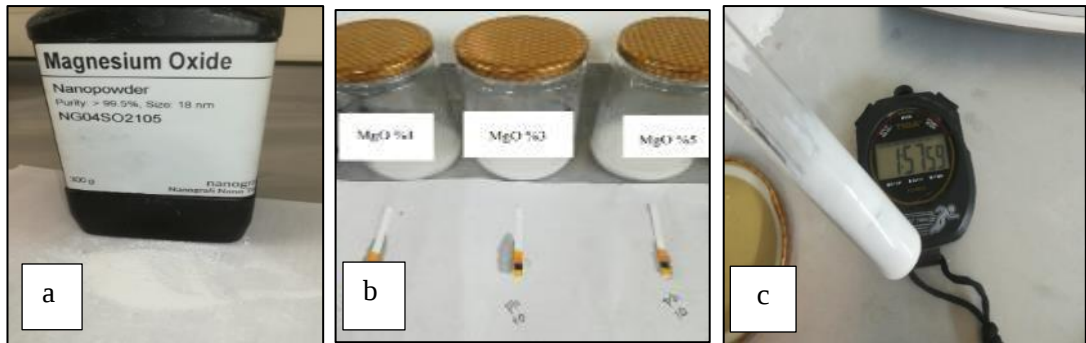
Formül	MgO
Görünüm	Toz, Beyaz
Saflık: %	99,5+
Ortalama partikül ebatı: nm	18
Spesifik yüzey alanı: (m²/g)	>65
Şekil	Çok yüzlü
Birim hacim ağırlık: g/cm³	0,312
Gerçek yoğunluk: g/cm³	3,6

Çalışmada, toz formunda 18nm partikül ölçüsüne sahip magnezyum oksit (Mgo) kullanılmıştır. MgO birim hacim ağırlık değeri: 0,312 g/cm³’tür. Tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve %1, %3, %5 nano katkı karışımı kimyasallarına ait değerler Tablo 4.10’da görülmektedir.

Tablo 4.10 Magnezyum oksit (MgO), tutkal, kimyasal karışımları kimyasal değerleri

Test	MgO %1	MgO %3	MgO %5
Ph	9,5	10	10
Jel	118 sn	0	0
Jel formu	kremsi	Jel yok	Jel yok

Nano toz formunda MgO Fotoğraf 4.3 (a), nano toz kimyasal karışım Ph (b) ve jelleşme (c) fotoğrafları aşağıda görülmektedir.



Fotoğraf 4.3 Nano toz Magnezyum oksit (MgO) (a) ve tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve nano karışımla ph kağıdı ölçümü (b), jelleşme testi (c)

4.1.2.6.2 Nano katkı maddesi çinko oksit (ZnO)

Çinko Oksit (ZnO) genel özellikleri Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11 Çinko oksit (ZnO) genel özellikleri

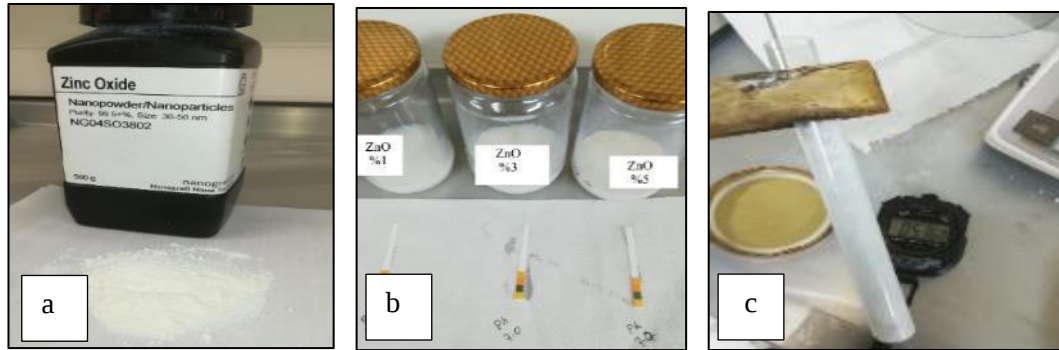
Formül	ZnO
Görünüm	Toz, Süt Beyaz, Küreye yakın
Saflık: %	99,5+
Ortalama partikül ebatı: nm	30-50
Spesifik yüzey alanı: (m²/g)	>65
Şekil	hekzagonal wurzite, zincblende ve kaya tuzu yapısında
Birim hacim ağırlık: g/cm³	0,409
Gerçek yoğunluk: g/cm³	5,5

Çalışmada, toz formunda 30-50 nm partikül ölçüsüne sahip, %99,5 saflıkta Çinko oksit (ZnO) kullanılmıştır. ZnO birim hacim ağırlık değeri: 0,409 g/cm³’tür. Tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve %1, %3, %5 nano katkı karışımı kimyasallarına ait değerler Tablo 4.12’de görülmektedir.

Tablo 4.12 Çinko oksit (ZnO), tutkal, kimyasal karışımları kimyasal değerleri

Test	ZnO %1	ZnO %3	ZnO %5
Ph	7,0	7,0	7,0
Jel	50-54 sn	50-54 sn	50-54 sn
Jel formu	kremsi	kremsi	kremsi

Nano toz formunda ZnO Fotoğraf 4.4 (a), nano toz kimyasal karışım Ph (b) ve jelleşme (c) fotoğrafları aşağıda görülmektedir.



Fotoğraf 4.4 Nano toz Çinko oksit (ZnO) (a) ve tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve nano karışımları ph kâğıtı ölçüm (b), jelleşme testi(c)

4.1.2.6.3 Nano katkı maddesi silisyum dioksit (SiO₂)

Silisyum dioksit (SiO₂) genel özellikleri Tablo 4.13’da verilmiştir (Dandıl,2013).

Tablo 4.13 Silisyum dioksit (SiO₂) genel özellikleri (Dandıl, 2013)

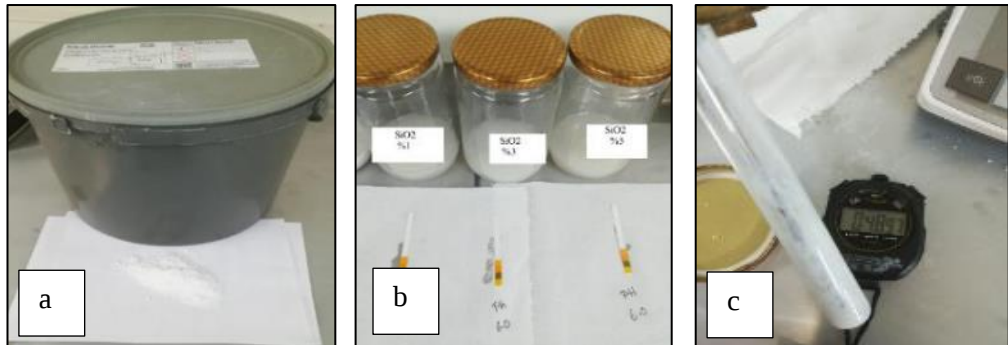
Formül	SiO ₂
Görünüm	Toz, Katı, Beyaz veya renksiz
Saflık: %	98,5+
Ortalama partikül ebatı: nm	30-50
Spesifik yüzey alanı: (m²/g)	13,1
Şekil	Kristal yapısı Kuvars, kristobalit veya tridimit
Yoğunluk-25°C’de (g/mL)	2,2-2,6
Yığın yoğunluğu (g/mL)	0,011

Çalışmada, toz formunda 15-35 nm partikül ölçüsüne sahip, %99,5 saflıkta Silisyum dioksit (SiO₂) kullanılmıştır. SiO₂ birim hacim ağırlık değeri: 0,074 g/cm³’tür. Tutkal ve kimyasal karışımı kremi formda, 48-52 sn aralığında jelleşme görülmüştür. Tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve %1, %3, %5 nano katkı karışımı kimyasallarına ait değerler Tablo 4.14’de görülmektedir.

Tablo 4.14 Silisyum dioksit (SiO₂), tutkal, kimyasal karışımları kimyasal değerleri

Test	SiO₂ %1	SiO₂ %3	SiO₂ %5
Ph	6,0	6,0	6,0
Jel	48-52 sn	48-52 sn	48-52 sn
Jel formu	kremi	kremi	kremi

Nano toz formunda SiO₂ Fotoğraf 4.5 (a), nano toz kimyasal karışım Ph (b) ve jelleşme (c) fotoğrafları aşağıda görülmektedir.



Fotoğraf 4.5 Nano toz Silisyum dioksit (SiO₂) (a) ve tutkal, sertleştirici, üre, catcher ve nano karışımları ph kağıdı ölçüm (b), jelleşme testi (c)

4.2 Metot

4.2.1 Deney Numunelerinin Hazırlanması

Çalışmada ihtiyaç olan numuneler Kronospan orman ürünleri Ar-Ge laboratuvarında üretilmiştir. öncelikli olarak üretim şartlarını belirlemek için deneme üretimleri yapılmıştır. Deneme üretimi sonuçlarına göre pres sıcaklıkları ve presleme süresi belirlenmiş, üretilen tüm numunelerde aynı şartlar uygulanmıştır. Planlanan deneylere ve gerekli olacak deney numunesi sayısına göre deneme deseni oluşturulmuştur.

Levha üretim şartları Tablo 4.15’de verilmiştir.

Tablo 4.15 Levha üretim şartları

Levha Yoğunluğu	kg/m ³	630 ± 30
Pres sıcaklığı	C°	200
Presleme süresi	sn	240
Katı tutkal / Kuru yonga	%	11
Katı Parafin / Kuru yonga	%	1
Formaldehit tutucu katı kimyasal / katı tutkal	%	5
Üre katı üre / katı tutkal	%	5
Nano katı madde / sıvı tutkal- kimyasal karışımı MgO – ZnO – SiO₂	%	1
Nano katı madde / sıvı tutkal- kimyasal karışımı MgO – ZnO – SiO₂	%	3
Nano katı madde / sıvı tutkal- kimyasal karışımı MgO – ZnO – SiO₂	%	5

Belirlenen levha üretim şartları ve üretim dizaynına göre numune üretimleri yapılmıştır.

Üretim dizaynı Tablo 4.16’da gösterilmiştir.

Tablo 4.16 Üretim dizaynı

Tutkal Türü	Levha kodu	Nano katkı	Nano katkı oranı
UF kontrol numunesi	1	-	0
MUF kontrol numunesi	2	-	0
UF	1	MgO	1
UF	1	MgO	3
UF	1	MgO	5
MUF	2	MgO	1
MUF	2	MgO	3
MUF	2	MgO	5
UF	1	ZnO	1
UF	1	ZnO	3
UF	1	ZnO	5
MUF	2	ZnO	1
MUF	2	ZnO	3
MUF	2	ZnO	5
UF	1	SiO ₂	1
UF	1	SiO ₂	3
UF	1	SiO ₂	5
MUF	2	SiO ₂	1
MUF	2	SiO ₂	3
MUF	2	SiO ₂	5

4.2.2 Odunlardan Şerit Yonga Elde Edilmesi

Şerit yongalar, Kronospan orman ürünleri fabrikasında palman marka ring yongalayıcıda üretilmiştir. Kullanılan odunların çapları 20-35 cm arasında, boyları ise 1 m ile 2m arasındadır. Kabuk soyucuda odunların kabukları soyulmuştur. Elde edilen şerit yongaların ebatları yaklaşık ortalama genişlikleri 10-30 mm, boyları 80-85 mm, kalınlıkları 0,8-1,2 mm dir.

Kullanılan odunlar, kabuk soyucu ve palman ring yongalayıcıda odunlardan şerit yonga elde edilmesi ile ilgili Fotoğraf 4.6 (a)'dan (ı)'ya kadar gösterilmiştir.



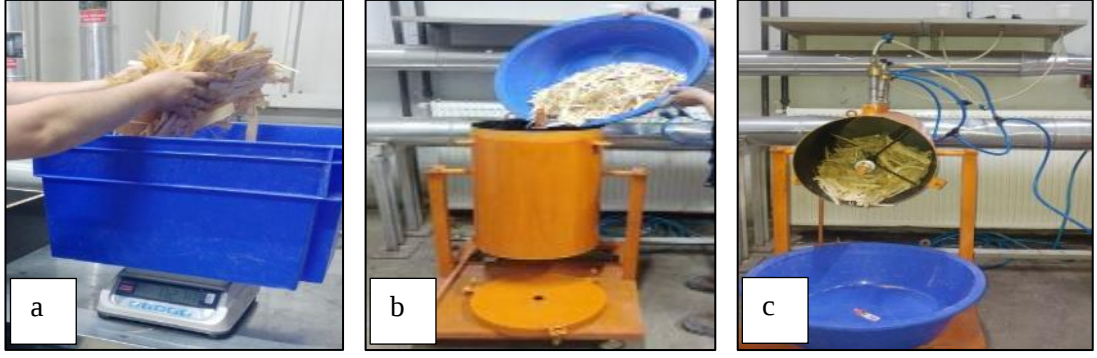
Fotoğraf 4.6 Odun istifi (a), odunların kabuk soyucuya taşınması (b, c), odunların kabuk soyucuda kabuklarının soyulması (d, e, f), odunların yongalayıcıya transferi (g), yongalayıcıda odunların yongalanması (h, i)

4.2.3 Şerit Yongaların Hazırlanması

Eleme makinasında yüzey ve orta tabaka için ayrı olarak elenmiş şerit yongalar, bir blenderlama yani iki preslemeye yetecek şekilde yüzey tabaka ve orta tabaka için ayrı olarak hassas terazide tartılarak hazırlanmıştır.

Blenderlama için gerekli olan şerit yongalar yüzey tabakası ve orta tabaka için ayrı ayrı olarak bir presleme için gerekli miktarlar hassas terazide tartılarak hazırlanmıştır.

Fotoğraf 4.7’de şerit yongaların yüzey tabakası ve orta tabaka için ayrı ayrı tartılıp hazırlanması görülmektedir.

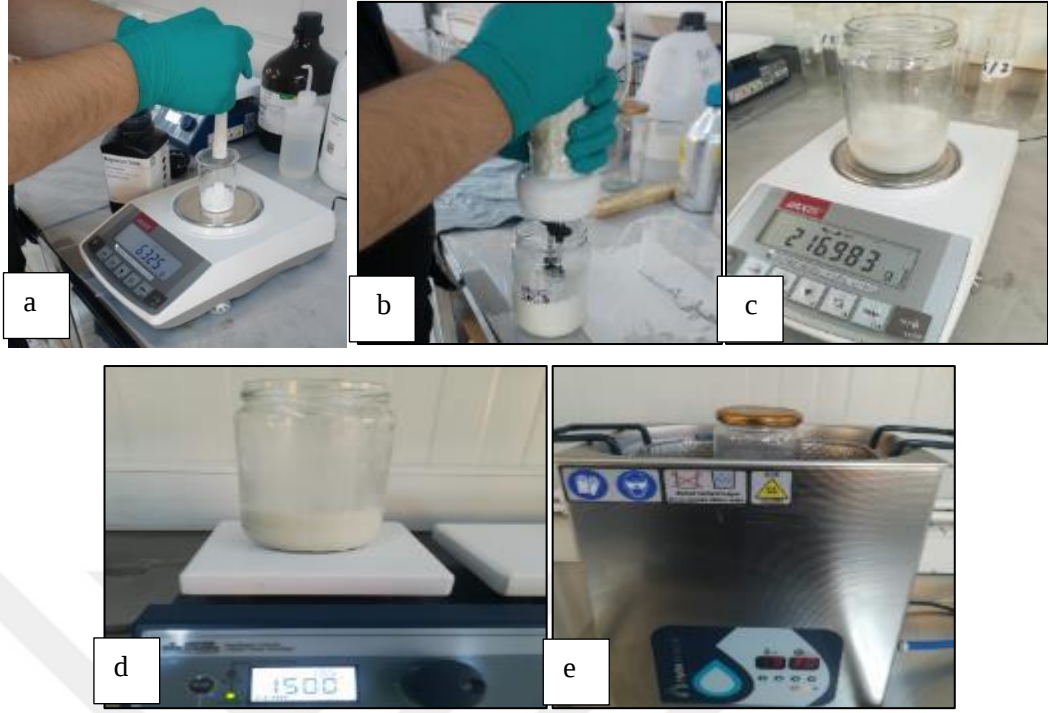


Fotoğraf 4.7 Yüzey tabakası ve orta tabaka için yongaların tartılması (a), (b), hazırlanan yongaların blender içerisine dökülmesi (c)

4.2.4 Tutkal ve Kimyasal Hazırlanması

Tedarik edilen tutkal ve kimyasal karışımı Kronospan orman ürünleri laboratuvarında belirlenen üretim dizaynına göre hazırlanmıştır. Bir blender ve bir presleme için gerekli olan tutkal, kimyasallar ve nano katkı madde miktarları excelde bir tablo oluşturularak belirlenmiştir. Karışım için öncelikle tutkal içerisine, sırasıyla catcher ve üre formaldehit tutucu, parafin emülsiyonu ve nano katkı maddeleri, 0,01 hassasiyetteki terazi ile tartılıp konulmuştur. Karışımının homojen olması için mixer ile on dakika, daha sonra manyetik karıştırıcı ile 30 dakika karışım yapıldıktan sonra ultrasonic banyoda bir saat karışım yapılmıştır. Yapılan karışımlarda faz oluşumu ve tortulaşma görülmemiştir.

Tutkal, kimyasal ve nano katkı maddeleri karışım hazırlanması Fotoğraf 4.8 (a), (b), (c), (d) ve (e) görülmektedir.

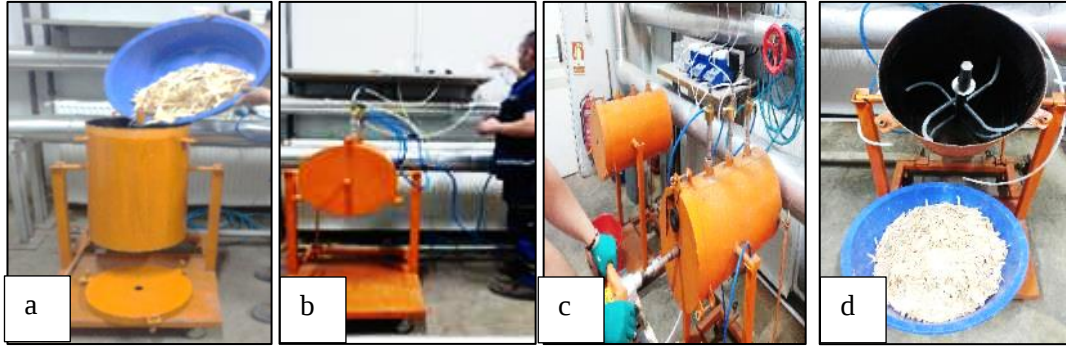


Fotoğraf 4.8 Nano katkı ekleme (a) mixer ile karıştırma (b) tutkal ve kimyasal hazırlanması (c) Manyetik karıştırma (d) ultrasonik banyoda karıştırma (e)

4.2.5 Blender Tutkallama

Numune üretiminde kullanılacak tutkallama blenderı, yüzey ve orta tabaka ayrı olacak şekilde iki adet olarak yerli imkânlarla yapılmıştır. Bir blender iki adet presleme yapacak şekilde tasarlanmıştır. Hava emiş ve üfleme ile çalışan İmal marka tutkal enjektörleri ile iki buçuk dakikalık karışım süresince tutkallama ve karışım yaparak, flake ve kimyasalların homojen şekilde karışması sağlanmıştır. Bütün çalışma grupları için yapılan blenderlama işlemi 2,5 dakika olacak şekilde aynı sürede yapılmıştır.

Fotoğraf 4.9’de üst ve orta tabaka için ayrı olarak hazırlanan yongaların blendera konulması ve blenderlama işlemi görülmektedir.



Fotoğraf 4.9 Yongaların blendera konulması (a), tutkal kimyasal karışımının tutkal haznesine konulması (b), blenderlama işlemi (c), blenderlamadan sonra yongaların boşaltılması

4.2.6 Serme Kalıbı Hazırlama

Preslenecek olan flake pastası için, ebatları 44 x 48 cm olan pres alt sacının üzerine ebatları 41 x 41 cm olan, 11 mm kalınlığında pres kalınlık çitası, bu çitanın üzerine 41 x 41 cm ebatında MDF-Lam dan yapılmış olan serme kalıbı konulmuştur. Üst ve orta tabaka ayrı olarak tutkal-kimyasal karışımı ile tutkallanan şerit yongalar bir pres için hesaplanan miktarlarda yüzey tabakaları ve orta tabaka için presleme ebatına uygun olacak şekilde yapılan serme kalıbı içerisine, yüzey tabakasında kullanılan şerit yongalar üretim yönüne doğru, orta tabakada kullanılacak yongalar üretim yönüne dik olacak şekilde serilmiştir.

Fotoğraf 4.10'da serme kalıbı için kullanılan MDF-Lam kalıpları, şerit yongaların serme kalıbına serilmesi görülmektedir.



Fotoğraf 4.10 Serme kalıpları (a), (b), Şerit yongaların serme kalıbına serilmesi (c), (d)

4.2.7 Presleme

Serme kalıbından çıkarıp preslemeye hazır hale getirilen yonga pastası presde basılma işlemi yapılmıştır. Presleme şartları Tablo 17’de üretim deseninde tablo halinde gösterildiği gibi, presleme süresi: 240 sn, presleme sıcaklığı: 200°C Presleme basıncı: 300 bar’dır.

Çalışmada kullanılan presin ve Presleme sacının ve kalınlık çitasının özellikleri;

Pres Marka: Bürkle LA40 400/400,

Pres bürüt ebat: 42 x 46 cm

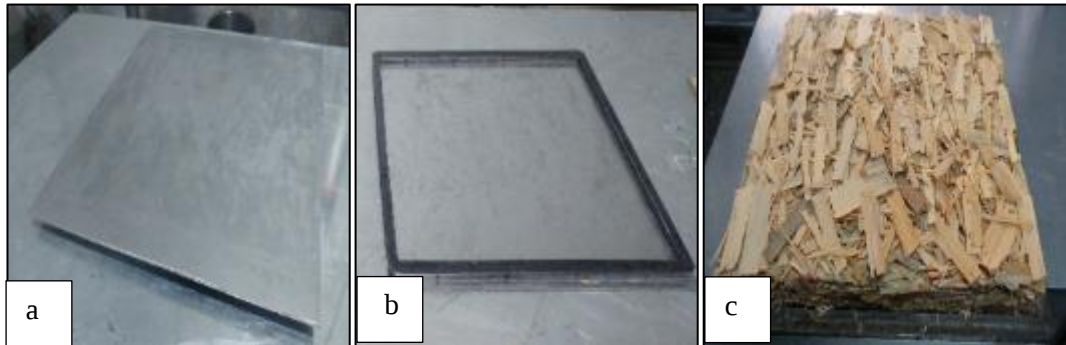
Spesific basınç: max 25 kg/cm²,

Isıtma kapasitesi: 250°C elektrikli ısıtıcı,

Pres sacı: paslanmaz çelik, 44 x 48 cm ebatında üst ve alt toplam iki adet.

Kalınlık çitası ebatı: bürüt 41 x 41 cm, çita genişlik: 20 mm kalınlık:11 mm C1050 çelikten yapılmıştır. Buhar atımını kolaylaştırmak için çita demirinin ortasında hem enine hem de boyuna yönde sıralanmış 4 mm çapında delikler vardır.

Preslemede kullanılan pres sacı (a), presleme çitası (b), yonga pastası (c) Fotoğraf 4.11’de gösterilmiştir.



Fotoğraf 4.11 Pres sacı (a), presleme çitası (b), şerit yonga pastası (c)

Fotoğraf 4.12’de preslemeye işleme için, şerit yonga pastasının prese sürülmesi (a), presleme (b) ve OSB levhasının oluşması (c) gösterilmiştir.

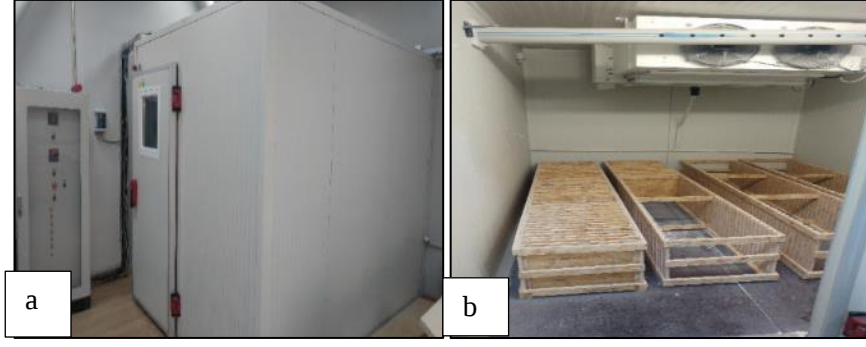


Fotoğraf 4.12 Flake pastasının prese sürülmesi (a), presleme (b), OSB levhasının oluşması (c)

Her grup için 6 adet presleme yapılmıştır. Her bir presleme için 41 x 41 cm ebatında levha elde edilmiştir. Preslemeden sonra levhanın dört bir tarafındaki fazlalıklar testere ile alınarak 40 x 40 cm ebatında OSB levha numunesi elde edilmiştir. 40 x 40 cm ebatındaki numuneler hassas terazide tartılıp numune ağırlıkları, kalınlık kumpası ile numunenin dört bir tarafı ölçülerek kalınlıkları kaydedilmiştir. Basılan bütün gruplara ait numunelerin ağırlık, kalınlık ve ebatları bilgisayara kaydedilip numunelerin yoğunlukları belirlenmiştir. Bu altı adet levhadan beş adedi mekanik mukavemet deneylerinden eğilme direnci ve elastikiyet modülü ve çekme direnci için, fiziksel deneylerden 24 saat kalınlık şişme, formaldehit değeri ve rutubet değeri deneyleri için bir adet numune yanma deneyi, ısı geçirgenliği deneyi, ısı deneyleri ve mantar çürümesine direnç deneyi için kullanılmıştır.

Numuneler, deneyleri yapılmak üzere %65±%5 sabit bağıl nem, 20°C±2°C sabit sıcaklık değerlerinde değişmez ağırlığa gelinceye kadar iklimlendirme kabiniinde bekletilmiştir.

Fotoğraf 4.13 (a) ve (b) de iklimlendirme kabini ve numunelerin sabit nem ve sıcaklık ortamında bekletilmesi görülmektedir.



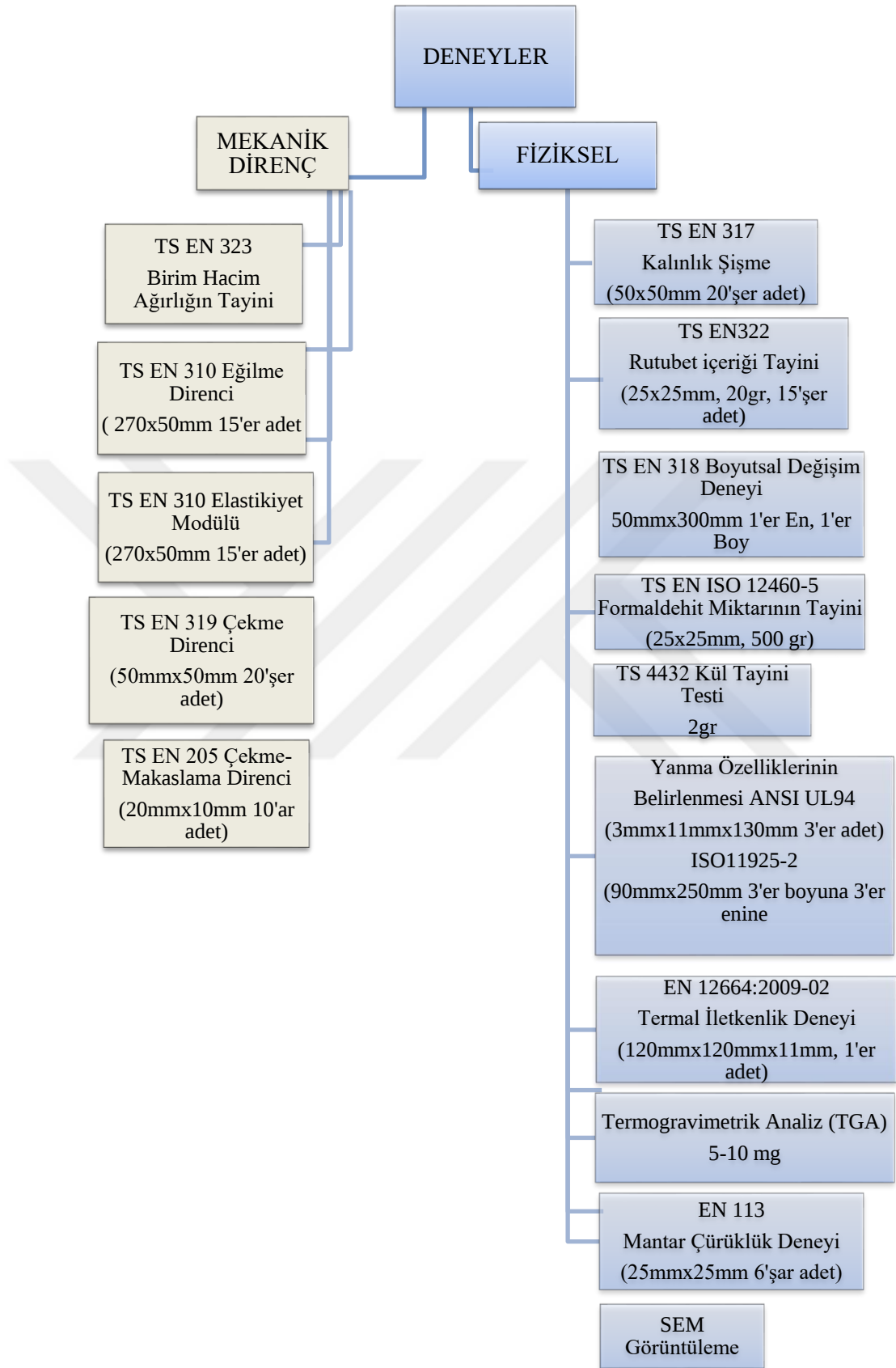
Fotoğraf 4.13 İklimlendirme kabini dış görünüş (a) ve numuneler iç görünüş (b)

Numuneler iklimlendirme kabininde değişmez ağırlığa ulaştıktan sonra yapılacak olan fiziksel deneyler ve mekanik direnç testlerine uygun ebatlarda numune kesimi için oluşturulan deney kesim şemasına göre deney numuneleri kesilmiştir. Numunelerin hazırlanma aşamasında, kenarların zayıf olmaması amacıyla kenarlardan 20 mm kesilerek numune ebatı 38 x 38 cm olarak yapılmıştır.

Deney kesim şeması, deney numunesi adedi ve ebatları Şekil 4.1'(a) ve (b)'de gösterilmiştir. Şemaya göre; fiziksel deneyler için rutubet içeriği deneyi için 50 x 50 mm, min 20gr üç adet, kalınlık şişme deneyi için 50x50 mm dört adet, formaldehit deneyi için 25 x 25 mm 110gr iki adet, boyutsal değişim deneyi için 50 x 300 mm iki adet, ANSI UL94 yanma testi için 3 x 11 x 130 mm üç adet, esmer çürüklük deneyi için altı adet, ısı geçirgenliği deneyi için 120 x 120 mm bir adet, TGA yanma testi için yirmi'şer gram numune kullanılmıştır. Mekanik direnç deneyleri için eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyi için 270 x 50mm üç adet, çekme deneyi için 50 x 50mm dört adet numune alınmıştır.

- ANSI UL 94 Cihaz ve Aletlerdeki Parçalar İçin Plastik Malzemelerin Yana bilirlik Testi (Anonim, 2014e)
- ISO 11925-2 Yangına tepki deneyleri - Doğrudan aleve maruz kalan ürünlerin tutuşabilirliği - Bölüm2: Tek alev kaynağı deneyi (Anonim, 2020f)
- EN 113 Ahşap ve Ahşap Esalı Mamüllerin Dayanıklılığı Mantar çürüklük direnci. Ahşabı tahrip eden basidiomisilere karşı deney yöntemi (Anonim, 2020g)
- ASTM C518 ve TS EN 12664 Isı İletkenliği – Isıl Direnci Deneyi (Anonim, 2001h).
- Termogravimetrik Analiz (TGA)
- Kül Tayini Testi TS 4432 (Anonim, 1985ı)
- SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Görüntüleme
- TS EN 310 Eğilme Direnci ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini (Anonim 199i)
- TS EN 319 Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci Tayini (Anonim, 1999j)
- TS EN 205 Çekme-Makaslama Direnci Tayini (Anonim, 2003k)

Deneyler, fiziksel ve mekanik direnç deneyleri olarak ayrılarak aşağıda Şekil 4.2’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Fiziksel ve mekanik direnç deneylerinin şematik görünümü

4.3.1 Birim Hacim Ağırlığının Tayini (Levha Yoğunluk Değeri)

Ağırlık ve ebat ölçümleri için, Kronospan orman ürünleri laboratuvarında bulunan IMAL 600 marka deney makinası kullanılmıştır. Birim hacim ağırlık değeri, TS EN 323 (Anonim, 1999a) standardına göre hesaplanmış, numune ağırlıkları ve ebatları otomatik olarak bilgisayardaki deney programına kaydedilmiştir. Otomatik olarak ölçülen numune ağırlığını (gr), numunenin eni, boyu ve kalınlığı (mm) olarak bilgisayara kaydedilip, bilgisayar tarafından ağırlık (kg)'a çevrilip en, boy, kalınlık çarpımına (m³) olarak oranlanmasıyla numune yoğunluk değeri (kg/m³) olarak hesaplanmıştır. Birim hacim ağırlık tayini deneyine ait görsel Fotoğraf 4.14'de görülmektedir.

Birim hacim ağırlığı değerine aşağıdaki formülle ulaşılmıştır;

$$\rho = \frac{m}{b_1 \times b_2 \times t} \times 10^6 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (4.4)$$

Formülde;

ρ = Deney parçasının yoğunluğu (kg/m³)

m= Numune ağırlığı (kg)

b1= Numune parçasının eni: (mm)

b2= Numune parçasının boyu: (mm)

t= Numune parçasının kalınlığı: (mm)



Fotoğraf 4.14 Birim hacim ağırlığı tayini için numune ebatlarının ölçümü

4.3.2 Rutubet İçeriğinin Tayini

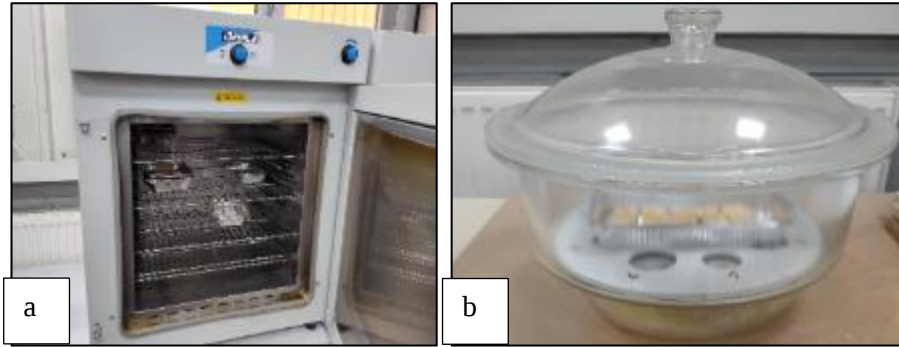
Levhaların rutubet içeriği ölçümleri TS EN 322 (Anonim, 1999b) standardına göre yapılmıştır. Rutubet içeriği tayini için kurutma fırını (Etüv) ve numunelerin soğutulması için desikatör kullanılmıştır. Deney numunesi rutubetli ağırlığı minimum 20gr olacak şekilde alınmıştır. Numuneler, kurutma fırını cihazında $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşincaya kadar kurutulmuştur. Numuneler kurutma fırınından çıkartılarak desikatörde soğutulduktan sonra 0,01gr hassasiyetle tartılmıştır. Levha rutubet içeriği için kullanılan etüv (a) ve desikatör (b) aşağıda Fotoğraf 4.15’de gösterilmiştir. Numunenin rutubet miktarı (r), yüzde olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$r = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad (4.5)$$

Formülde;

m_1 = Deney parçasının numunenin alınması sırasındaki kütlesi (gr)

m_0 = Deney parçasının kurutmadan sonraki kütlesi (gr)



Fotoğraf 4.15 Kurutma fırını (Etüv) (a), Desikatör (b)

4.3.3 Kalınlık Şişme Tayini

Kalınlık şişme deneyi, TS EN 317 (Anonim, 1999c) standardına göre yapılmıştır. Deney için kullanılacak deney makinesi su sirkülasyonlu, soğutmalı Nüve marka BS 30 su banyosu cihazıdır. Deney numune ebatları 50 x 50 mm dir. Numunelerin ilk kalınlıkları ölçüldükten sonra 20°C sabit sıcaklıktaki suya dik olarak konulmuş ve

numuneler yirmi dört saat suda bekletilmiştir. Sudan çıkarılan numunelerin üzerindeki fazla su bir peçete veya bezle alınarak numunenin son kalınlığı ölçülmüştür. Şişme havuzu aşağıda Fotoğraf 4.16’da görülmektedir. Yirmidört saat’lik kalınlığa şişme değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır;

$$\text{Şişme} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 \text{ (\%)} \quad (4.6)$$

Formülde;

t_1 = deney parçasının suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm)

t_2 = deney parçasının suya daldırıldıktan sonraki kalınlığı (mm)



Fotoğraf 4.16 Kalınlık şişme deneyi Nüve BS 30 şişme havuzu

4.3.4 Formaldehit İçeriğinin Tayini

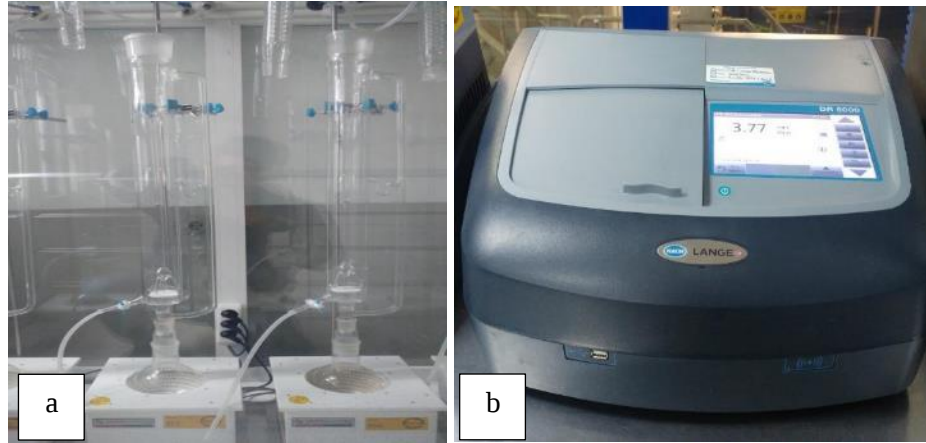
Formaldehit içeriğinin tayini TS EN ISO 12460-5 (Anonim, 1999d) standartlarına göre, ekstraksiyon (perforatör) metodu ile yapılmıştır. Standart’a göre her bir numuneden 500gr olacak şekilde 2,5 x 2,5 cm boyutlarında numune alınmıştır. Alınan bu numunelerin 110 gram deney numunesi standardın belirlediği süre ve sıcaklıklarda tolüen kimyasalı içerisinde kaynatılarak numune içerisindeki formaldehitin Fotoğraf 4.21 (a)’da görülen perforatör aleti ile ayrışması sağlanmıştır. Aynı zamanda bu numunelerden TS EN 322 (Anonim, 1999e) standardına göre rutubet içeriği tayini yapılmıştır. Formaldehit içeriğinin tayini için yapılan deney aşamaları genel olarak şu şekildedir; yaklaşık 110gr numune alınır, 600 ml tolüen içerisinde 2 saat kaynatma

yapıldıktan sonra 2000 ml jojeye numune alınır, seyreltme yapıldıktan sonra, 60°C suda 10 dk bekletilir. Karanlık odada bir saat bekletme yapıldıktan sonra ve hesaplama yapılır.

Perforatör cihazı ile ayrıştırılan formaldehit standardın belirlediği oranlarda kimyasal ile karıştırılıp belirli bir süre bekletildikten sonra Fotoğraf 4.17 (b)'de görülen spektrofotometrik cihazla formaldehitin mg/l cinsinden değeri bulunmuştur. Perforatör değerleri, rutubet miktarı (r) %6,5 olan levhalara uygulanmaktadır. Levhaların farklı rutubet içeriğine sahip olması durumunda ($3 \leq r \leq 10$ aralığında) perforatör değeri, hesaplanıp F faktörü ile çarpılmıştır.

$$F = - 0,133 r + 1,86 \quad (4.7)$$

Rutubet tayini metodu ile elde edilen rutubet değeri (r) F formülünde yerine yerleştirilerek F faktörü bulunmuştur. Elde edilen değer 100gr numune içerisinde serbest halde bulunan formaldehit miktarını mg cinsinden vermektedir. Bu değer ile levhanın E sınıfı belirlenir. Standardın belirttiği üzere formaldehit içeriği <8 mg/100gr E1 sınıfı, formaldehit içeriği >8 mg/100 g E2 sınıfı olarak adlandırılmaktadır.



Fotoğraf 4.17 Perforatör düzeneği (a), spektrofotometre formaldehit ölçümü (b)

4.3.5 Yanma Özelliklerini Belirleme Deneyleri

4.3.5.1 UL 94 Standartına göre yanma özelliklerini belirleme deneyi

Deney, ANSI UL-94, (2014e) standardı malzemelerin yanabilirlik testinde belirtilen deney düzeneğine uygun olarak Şekil 4.3’de görülen deney düzeneği ile Kronospan Orman Ürünleri Ar-Ge laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deney için numuneleri 11 x 3 x 130 mm (kalınlık x en x boy) olacak şekilde ebatlanmıştır. Numuneler, Kronospan Orman Ürünleri laboratuvarı yatar daire ebatlama testeresinde ve Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi laboratuvarında Einhell marka kıl testerede ebatlanmıştır Fotoğraf 4.18 (a), (b). Hazırlanan numuneler Fotoğraf 4.19 (a), fırında (etüv) 102°C sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilerek tam kuru hale getirilmiştir Fotoğraf 4.19 (b). UL 94 standartına göre yanma düzeneği ve yanma deneyi uygulaması Fotoğraf 4.20’de görülmektedir. Yanma deney sonuçları fiziksel olarak yanma durumu, yanma süresi ve numunede meydana gelen ağırlık kaybına göre yorumlanmış ve aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır.

Yanma süresi belirlenmesi; aşağıda Şekil 4.3’deki düzenekteki şekilde ve mesafelerde yerleştirilen numuneler yanma için bunzen beki ısı kaynağına yaklaştırıldıktan sonra kronometreye basılıp zaman başlatılır, numune 10 sn alevde tutulduktan sonra numune saniyede 15 mm hızla çekilip alevin kaç saniye devam ettiği not edilir. Şayet alev 10 sn içerisinde sönerse tekrar aleve tutulup 10 sn sonra çekilir. Yeniden alevin devam etme süresi not edilir. Alev tamamen sönünce zaman kaydedilir. Bu süre yanma süresi olarak kaydedilir.

Ağırlık kaybının hesaplanması; numuneler yanma deneyinden önce ilk ağırlıkları not edilir. Yanma alev sönene kadar devam eder. Numune yandıktan sonra kalan parçaların etrafa dağılmasını önlemek için numunenin altına kurutma fırınında bekletilmiş ve darası ölçülmüş alüminyum tabak konmuştur. Alev söndükten sonra kalan numunenin ağırlığı tekrar ölçülüp kaydedilir. Numenin ağırlık kaybı aşağıdaki formülle yüzde (%) olarak hesaplanır.

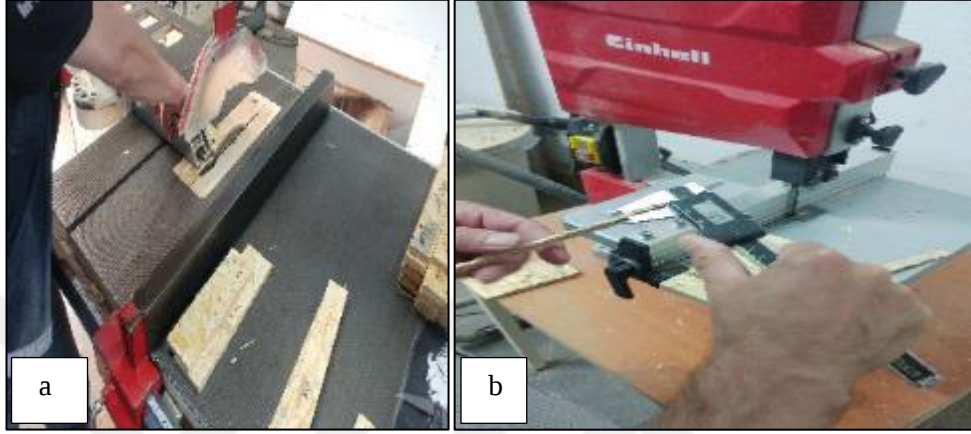
$$A_k = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 (\%) \quad (4.8)$$

Formülde;

A_k = Ağırlık kaybı

m_1 = numunenin ilk ağırlığı (gr)

m_0 = numunenin yanmasından sonra kalan ağırlığı (gr)

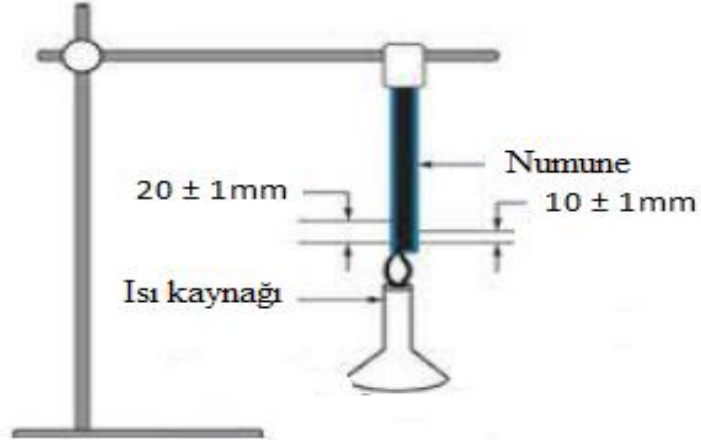


Fotoğraf 4.18 UL-94 Yanma deneyi numunelerinin ebatlanması (a), (b)

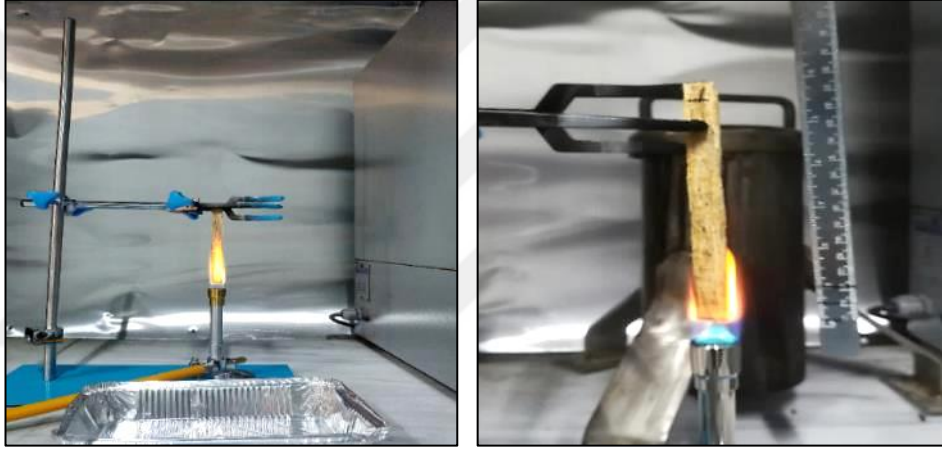


Fotoğraf 4.19 OSB numunelerinin yanma deneyi için hazırlanması (a) ve etüvde tam kuru hale getirilmesi (b)

UL-94 Dikey Yanma Deneyi Düzeneyi



Şekil 4.3 UL-94 Yanma özelliklerini belirleme deneyi düzeneği



Fotoğraf 4.20 UL-94 Yanma deneyi uygulaması

4.3.5.2 ISO 11925-2 Standartına göre yangına tepki deneyi

Deney, ISO 11925-2 (Anonim, 2020f) standardı doğrudan aleve maruz kalan ürünlerin tutuşabilirliği bölüm 2, tek alev kaynağı deneyine uygun olarak Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi laboratuvarında yapılmıştır. 90 x 250 mm (en x boy) ebatındaki numuneler standartta belirtilen özelliklerdeki yakma kabini içerisinde dikey konumda olacak şekilde bir ucu ve her iki tarafı taşıyıcı çerçeve ile kapatılarak, açıkta kalan uç çerçevenin ucundan 30 mm uzakta olacak şekilde dikey konumda numune aparatına tutturulmuştur. Deneyde bekin vanası ile alev yüksekliği ($20 \pm 0,1$) mm olacak şekilde master ile ayarlanmıştır. Yanma kabinin bacasında hava akışı ve sıcaklık deney süresince anemometre ile ölçülmüş ve bacadaki hava akışının $0,7 \pm 0,1$ m/s olması sağlanmıştır. Numunelerin üst ve alt yüzeyinde bulunan şerit yongalar

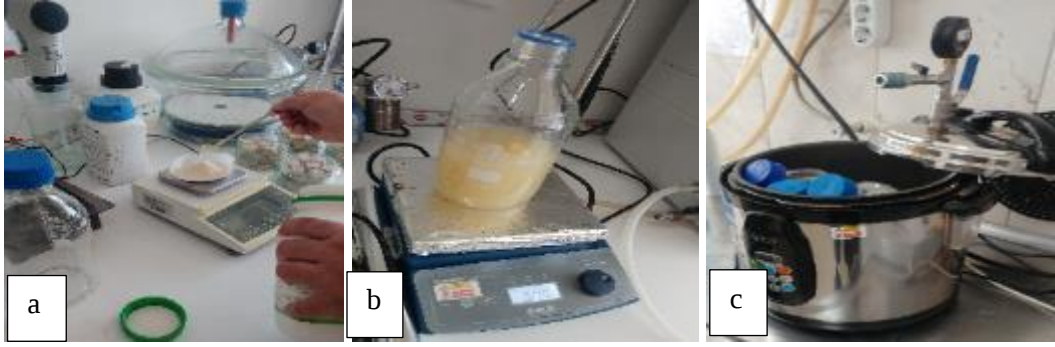
Üretim yönüne ve üretim yönüne dik olacak Şekilde (boyuna, enine) kesilmiştir. Tek alev kaynağı ile yanma deneyi her iki yöne olacak Şekilde üç'er numune üzerinde alev numunenin alt orta kenarından 45° eğimle 40 mm mesafede 60 saniye boyunca numunenin yüzeyinden ve numunelerin kenarları köŐe noktalarından 30 sn boyunca uygulanmıştır. Yakma kabini düzeneği, numune yüzey yanma ve kenar yanma uygulamaları Fotoğraf 4.21'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 4.21 ISO 11925-2 Yanma deneyi düzeneği numune yüzey ve kenar yanma uygulaması

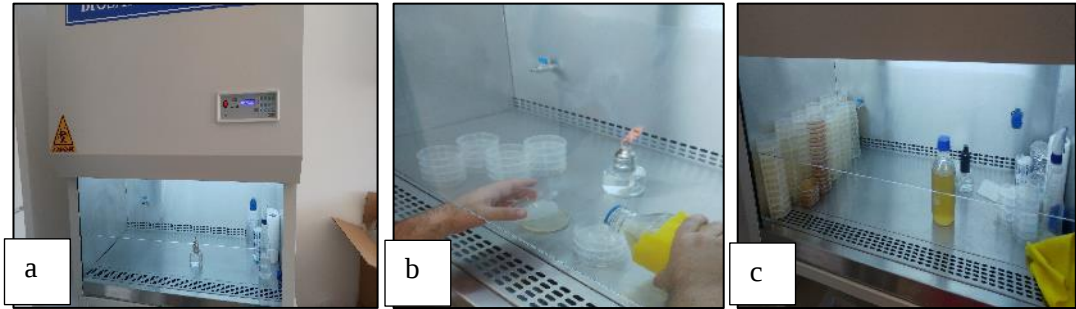
4.3.6 Mantar rklk Deneyi

Mantar rklk direncini test etmek amacıyla, kahverengi rklk mantarı (*Coniophora puteana*) kullanılmıştır. Numuneler, EN 113 (2020g) Ahşap koruyucular-Agar ortamında odunu tahrip eden basidiomisetlere karşı zehirlilik değerlerinin tayini standardına uygun olarak, her bir grup için altı tekrarlı olacak Şekilde 11 x 25 x 25 mm (kalınlık x en x boy) ebatlarında numuneler hazırlanarak uygulanmıştır. Numuneler deney öncesinde 102 ±2°C sıcaklıkta etüv de değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek tam kuru duruma getirilmiştir. *Coniophora puteana* mantarı misellerinin yetiŐtirilmesi amacıyla steril petri kapları içerisine konulmak üzere, Biolife marka malt extract agar'dan 900 ml destile su içerisine 32,04 gr konulup, %3,5 oranında besiyeri hazırlanmıştır. Malt extract agar sulu çözeltisi magnetik karıŐtırıcıda tamamen çözünüp homojen karışım elde edilene kadar karıştırılmıştır. Daha sonra karıŐımın hazırlandığı ölçekli cam ŐiŐelere 30dk süre ile 115°C ve 0,5 bar buhar basıncılı otoklav içerisinde sterilizasyon yapılmıştır. Besiyeri hazırlanması aşağıda Fotoğraf 4.22'de görülmektedir.



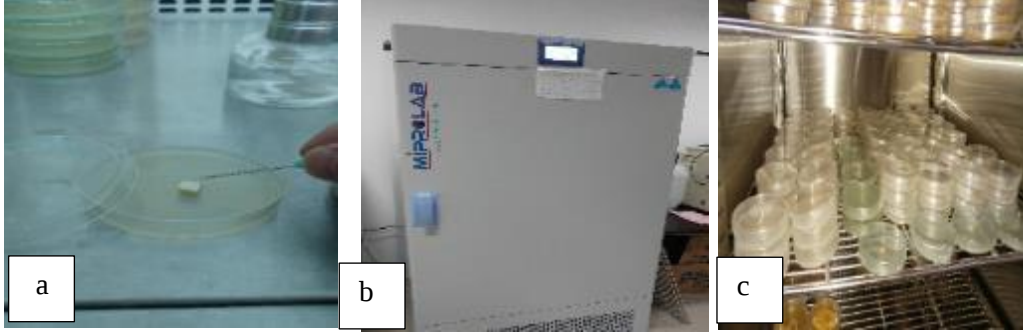
Fotoğraf 4.22 Besiyeri için malt extract agar sulu karışımının hazırlanması (a), (b) ve otaklav içerisinde şişelerin sterilizasyonu (c)

Malt extract agar, hepa filitreli, 800-1600 m³/h hava debisi, 0,25-0,45 m/sn hava hızının olduğu biyo güvenlik kabini içerisinde sterilize plastik ve otaklav içinde sterilize edilmiş cam petri kaplarına sıcak olarak, kabın hemen hemen yarısını kaplayacak şekilde dökülmüştür. Bu işlem öncesinde ve işlem sırasında biyolojik aktivitenin olmaması için hijyenik ve sterilizasyona çok dikkat edilmiştir. Biyo güvenlik kabini ve kullanılan yardımcı araçlar metanol ve etanol ile temizlenmiştir. Petri kapları biyo güvenlik kabini içerisinde kontaminasyon olup olmadığının anlaşılması için bir gün süre ile dinlendirilmiştir. Biyo güvenlik kabini ve malt ağarın petri kaplarına dökülüşü Fotoğraf 4.23’de görülmektedir.



Fotoğraf 4.23 Biyo güvenlik kabini (a) ve malt agarın petri kaplarına dökülüşü (b), (c)

Esmer çürüklük mantar miselleri bisturi ile kare şeklinde yaklaşık 1-2 cm kesilip iğne ucu ile alınıp petri kaplarının ortasına besiyerine yerleştirilmiştir. Daha sonra petri kapları hava almaması için parafilm ile etrafı sarılmıştır. Bu şekilde her bir grup için altışar numune hazırlanıp, mantarı misellerinin besiyerinde yayılması amacıyla stabil %70 bağıl nem ve 26°C sıcaklık şartlarında miprolab marka iklimlendirme kabinine yerleştirilmişler ve bir hafta süre ile bekletilmişlerdir. Fotoğraf 4.24’de mantar misellerinin petri kaplarına ve iklimlendirme kabinine yerleştirilmesi görülmektedir.



Fotoğraf 4.24 Mantar misellerinin petri kaplarında besiyerine yerleştirilmesi (a), iklimlendirme kabini (b), petri kaplarının iklimlendirme kabinine yerleştirilmesi (c)

Kronospan orman ürünleri laboratuvarı iklimlendirme odasında $65 \pm 5\%$ nem, $20 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta stabil şartlarda değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş olan OSB numuneleri her bir grup için altı adet olacak şekilde 25 mm x 25 mm ebatlarında kesilmiş ve numuneler $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki etüv de değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları ölçülmüş ve çürüme öncesi ağırlık (ÇÖA) olarak bilgisayarda excel tablosuna kaydedilmiştir. Numuneler daha sonra cam kavanozlar içerisine konulmuş ve Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi fitopatoloji laboratuvarında otoklav içerisinde 30 dk süre ile 115°C ve 0,5 bar buhar basıncı şartlarında sterilize edilmiştir. Sterilizasyon işleminin ardından, biyo güvenlik kabini içerisinde steril şartlarda, her bir gruptan bir adet kontrol ve bir adet nano katkı maddesi uygulanmış OSB numunesi, mantar miseli sarmış petri kabı içerisine yerleştirilmiştir. Mantar gelişimi sonrası numunelerin karıştırılmaması amacıyla petri kaplarının altına ve yanlarına ok ile işaret yapıp grup numaraları yazılmıştır. Bu işlem her bir grup için altı adet olacak şekilde yapılmıştır. Ayrıca mantar gelişimi ve deney sürecini takip etmek ve ağırlık kaybı hesap etmek için nano katkı maddesi olmayan numunelerden UF nano %0 10 adet, MUF nano %0, 10 adet numune petri kabına yerleştirilmiştir. Böylelikle, toplamda 128 adet 2,5 mm x 2,5 mm OSB numunesi, merkezinde mantar miseli bulunan petri kabına konulmuştur. Petri kapları daha sonra kapakta açıklık kalmaması için yine parafilm ile sarılmıştır. Kapakları parafilm ile sarılan petri kapları, mantarı misellerinin besi yerinde yayılması ve numunelerin hangi oranlarda ağırlık kaybına uğrattıklarını tespit etmek amacıyla, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi odun mekaniği laboratuvarında bulunan iklimlendirme kabinine, %70 bağıl nem ve 26°C sıcaklık şartlarında yerleştirilmişler ve 16 hafta süre ile iklimlendirme kabininde bekletilmişlerdir. Bu süre sonunda petri kaplarından çıkarılan OSB numunelerinin üzerleri yumuşak bir kıl fırça ile temizlenip $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki

etüv de değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları ölçülmüş ve çürüme sonrası ağırlık (ÇsA) olarak bilgisayarda excele kaydedilerek aşağıdaki formülle çürüme sonrası ağırlık kaybı (ÇsA) oranı olarak hesaplanmıştır.

$$\text{ÇsAk} = \frac{\text{ÇöA} - \text{ÇsA}}{\text{ÇöA}} \times 100 (\%) \quad (4.9)$$

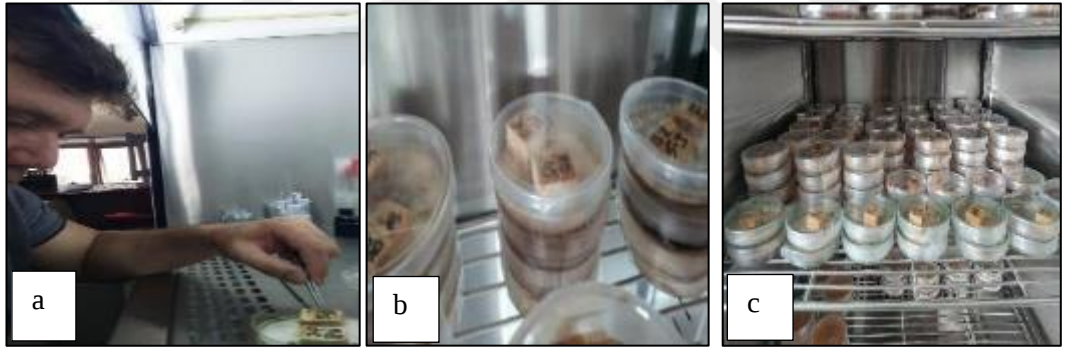
Formülde;

ÇsAk= Çürüme sonrası ağırlık kaybı (%)

ÇöA= Çürüme öncesi ağırlık (gr)

ÇsA= Çürüme sonrası ağırlık (gr)

OSB numunelerinin, merkezinde mantar miseli bulunan petri kabına konulması ve mantar misellerinin gelişimi için konulduğu iklimlendirme kabini görselleri Fotoğraf 4.25 (a), (b) ve (c)'de görülmektedir.



Fotoğraf 4.25 OSB numunelerin petri kaplara konulması (a), petri kaplarının iklimlendirme odasına yerleştirilmesi (b) ve (c)

4.3.7 Isı Geçirgenliği Deneyi

OSB levha numunelerinin ısı geçirgenlik özellikleri ASTM C518 ve TS EN 12664 (Anonim, 2002h)' deki esaslara göre 120 x 120 x 11 mm (genişlik x uzunluk x kalınlık) boyutlarındaki numuneler üzerinde tek tekrar yapılarak tespit edilmiştir. Deney başlangıcında numunenin kalınlığı deney cihazına girilmiş ve cihazın termal iletkenlik değerini hesaplaması sağlanmıştır. Termal iletkenlik (C) ve termal direnç (R) değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır. Isı geçirgenlik deneyi (termal iletkenlik deneyi) Fotoğraf 4.26'da görülmektedir. Deneyler Erciyes

Üniversitesi Teknoloji Araştırma Uygulama Merkezinde (ERTAUM), Thermtest HFM-100 Marka, cihaz ile markası) yapılmıştır.

HFM, kalınlığı 40 mm'e kadar ve üzeri malzemelerin ısı parametrelerini ölçmek üzere tasarlanmış ve yüzey sıcaklık kontrolü için elektrikli bir soğutma ve ısıtma sistemine sahiptir. Sıcaklık kontrolü ölçüm odası, ölçüm sırasında ortalama numune sıcaklığının muhafaza edilmesini sağlar. Cihazın numune kalınlığını otomatik ölçme sistemine sahiptir, bilgisayar ve özel programla kontrol edilir ve ölçüm kayıtları ve analizi oluşturabilir.

Cihaz özellikleri;

cihazın ölçtüğü malzemeler: köpük, katı malzeme ve her türlü tekstil malzemeleridir.

Tipik ısı iletkenlik aralığı: 0,005-0,5 (W/(mK))

Termal İletkenlik Doğruluğu: %2

Termal iletkenlik tekrarlama bilirliliği: $\pm\%1$ 'den daha düşük

Ortalama sıcaklık aralığı: -15 ile 65 °c arasında

Plaka sıcaklık aralığı: -20 ile 70 °c

$$C = \frac{SxE}{\Delta t} \quad (4.10)$$

$$R = \frac{1}{C} \quad (4.11)$$

Formülde;

C = Termal iletkenlik (W/(mK)),

S = Isı akış sensörü kalibrasyon faktörü,

E = Isı akış sensörü çıkış voltu (V),

Δt = Numunenin 2 dış yüzeyi arasındaki sıcaklık ölçümü farkı (°C),

R = Malzemenin termal direnci (mK/W)'dir.



Fotoğraf 4.26 Thermtest HFM-100 Marka ısı geçirgenlik deneyi cihazı

4.3.8 Termogravimetrik Analiz (TGA)

TGA testi Kastamonu Üniversitesi merkezi araştırma laboratuvarında Hitachi marka STA7300 model cihazda yapılmıştır. Fotoğraf 4.27'de Hitachi marka, STA7300 model TGA+DTA cihazı görülmektedir. Termogravimetrik analizde kontrol edilen bir atmosferdeki bir numunenin kütlesi, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak (zamanla doğrusal olarak) karşı kaydedilir. Kütlenin veya kütle yüzdesinin, zamana, sıcaklığa ve atmosferdeki değişime karşı grafiği, termogram veya termal bozunma eğrisi olarak adlandırılır. Termogravimetrik yöntemler, sıcaklık değişiminin numune kütlesinde değişim oluşturması nedeni ile büyük ölçüde bozunma ve yükseltgenme (oksidasyon) reaksiyonları ile buharlaşma, süblimleşme ve desorpsiyon gibi işlemlerde kullanılır.



Fotoğraf 4.27 Hitachi marka, STA7300 model TGA+DTA cihazı

TGA analizinde verimli sonuçlar elde edilemesi için üzerinde çalışılan numunelerin küçük boyutlu ve homojen tane büyüklüğünde olması önemlidir. TGA deneyi, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi laboratuvarında bulunan willey değirmeninde numuneler öğütülüp toz haline getirilerek uygulanmıştır. Öncelikle numuneler değirmende öğütülebilmesine uygun ebatlara getirilmesi için Einhell marka kıl testerede 11 x 3 x 130 mm (kalınlık x en x boy) olacak şekilde ebatlanmıştır. Fotoğraf 4.28’de görüleceği üzere numuneler daha sonra değirmeninde öğütülmüştür.



Fotoğraf 4.28 Willey değirmeninde numunelerin öğütülmesi

Değirmende öğütülen numuneler daha sonra aşağıda Fotoğraf 4.29 (a) ve (b) de görülen Retsch AS 200 basic marka titreşimli çalkalayıcı eleme cihazında elenmiştir. Eleme cihazından kullanılan elekler üstten sırasıyla; 40 mesh 425 mikron, ortada 60 mesh 250 mikron ve altta 100 mesh 150 mikron eleklerde elenmiş ve 60 mesh 250 mikron ve üzerindeki eleklerde kalan numuneler TGA deneyinde kullanılmıştır.



Fotoğraf 4.29 Willey değirmeninde öğütülen numunelerin titreşimli elekte elenmesi

TGA analizinde örneklerin miktarı 5-10 mg olarak alınmıştır. Azot gazı 20 mL/min akış hızında, sıcaklık oda sıcaklığından 900°C'ye kadar 10°C/dk ısıtma oranında artırılarak kullanılmıştır. Sonuçların analizinde termal bozunma sıcaklıkları, bozunma miktarı, bozunma oranı ve kalan madde miktarı göz önünde bulundurulmuştur. TGA eğrisinde sıcaklığın artırılması ile numunenin ağırlığında meydana gelen değişim ayrıca diferansiyal termogravimetrik analizde (DTGA) yapılmıştır. Numunelerde sıcaklık etkisiyle meydana gelen ağırlık kaybının yüzdesinin zaman göre birinci türevi alınarak elde edilen değer bozunma sıcaklığının daha kolay tespitine olanak tanımakta ve eğrinin altında kalan alan gerçekleşen toplam ağırlık kaybını ifade etmektedir.

4.3.9 Kül Tayini Testi

TGA Analizinde kalan numune ağırlığını doğrulamak amacıyla TS 4432 (Anonim, 1985) kül tayi standartına uygun olarak kül tayini testi yapılmıştır. Test, Kronospan Orman Ürünleri Ar-Ge laboratuvarında yapılmıştır. Kül tayini testi için Protherm PLT 100 marka kül fırını, Nüve FN 120 marka etüv kurutma fırını, 0,0001 g hassasiyette terazi, porselen krezeller ve desikatör kullanılmıştır Fotoğraf 4.30. Test öncesinde numuneler değirmende öğütülmüştür. Değirmende öğütülen numuneler daha sonra Eleme cihazında üstten sırasıyla; 40 mesh 425 mikron, ortada 60 mesh 250 mikron ve altta 100 mesh 150 mikron eleklerde elenmiştir. 150 mikrondan geçen tozlar ayrılarak üstteki eleklerde kalan 2 gr ağırlığında hava kurusu numune kül fırınında 590°C ± 10°C'de yaklaşık 4 saat süre ile krezede kalan numunede karbon, organik madde kalmayarak tamamen beyaz, gri renli kül kalana kadar bekletilmiştir. Çalışmada elde edilen OSB numunelerinin kül miktarı, tam kuru ağırlığın yüzdesi olarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$K = \frac{K_0}{M_0} \times 100 (\%) \quad (4.12)$$

Burada;

K = Kül yüzdesi (%)

K₀ = Elde edilen külün tam kuru ağırlığı (g)

M₀ = Numunenin tam kuru ağırlığı (g)

Sonuçlar %0,01 g hassasiyetle gösterilmiştir.



Fotoğraf 4.30 Kül testi fırın, krozeler, hassas terazi ve desikatör soğutma

4.3.10 Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülü Deneyi

Eğilme direnci ve eğilme de elastikiyet modülü deneyi, TS EN 310 (Anonim, 1999i) standardına göre aşağıda Fotoğraf 4.31’de görülen IMAL IB 600 deney makinasında yapılmıştır. Deney için kullanılacak numune ebatları numune eni 50 mm, boyu: levha kalınlığı x 20 + 50 mm yani 270 mm olarak alınmıştır. Numune üzerine uygulanacak sabit bir kuvvet ile numunenin kırıldığı en yüksek kuvvet değerinde eğilme kuvveti ve elastikiyet modülü bilgisayar tarafından aşağıdaki formüller ile otomatik olarak hesaplanmaktadır.

Eğilme Direnci:

$$Ed = \frac{3 F_{max} l_1}{2bt^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4.13)$$

Formülde;

Ed= Eğilme direnci (N/mm²)

Fmax= En büyük kuvvet (Newton)

l1= Dayanak (destek)lerin eksenleri arasındaki uzaklık (mm)

b= Deney parçasının genişliği (mm)

t= Deney parçasının kalınlığı (mm)



Fotoğraf 4.31 IMAL IB 600 Deney makinası eğilme direnci deneyi yapılması

4.3.11 Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü bilgisayar tarafından aşağıdaki formüller ile otomatik olarak hesaplanmaktadır.

$$Em = \frac{l^3 (F_2 - F_1)}{4bt^3(a_2 - a_1)} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4.14)$$

Formülde;

Em = Elastikiyet modülü

l = Dayanak (destek) lerin eksenleri arasındaki uzaklık (mesafe) (mm)

b = Deney parçasının genişliği: (mm)

t = Deney parçasının kalınlığı: (mm)

$(F_2 - F_1)$ = yüksek-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı: (Newton)

F_1 = Yaklaşık olarak, en büyük kuvvetin %10' u, F_2 maksimum yükün %40' ı olmalıdır.

$a_2 - a_1$ = $(F_2 - F_1)$ kuvvet artışı nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır (Anonim, 1999a).

4.3.12 Levha Yüzeyine Dik Çekme Deneyi

Deney, TS EN 319 (Anonim, 1999j) standardına uygun olarak, IMAL IB 600 Deney makinesinde yapılmıştır. Yüzeye dik çekme direnci deneyi için hazırlanan 50 x 50 mm ebatında numuneler deney makinesinin iki kavrama çenesi arasına tutturabilmek için metal bloklara tutkal ile yapıştırılmıştır. Makine sabit bir çekme yükü uygulayarak deneye tabi tutulan numuneyi maksimum kuvvete ulaşıldığında ortadan ayırmaktadır. Çekme deneyi aşağıda Fotoğraf 4.32’de görülmektedir. Numunenin ayrıldığı maksimum kuvvet makine tarafından otomatik olarak ölçülüp yüzeye dik çekme mukavemeti aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

Yüzeye dik çekme formülü;

$$\sigma_d = \frac{F_{max}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4.15)$$

Formülde;

σ_d = Yüzeye dik çekme mukavemeti

F_{max} = Yük (kuvvet) (Newton)

a= Deney numunesinin eni (mm)

b= Deney numunesinin boyu (mm)



Fotoğraf 4.32 Yüzeye dik çekme deneyi için numunelerin takoza yapıştırılması (a), numunelere çekme deneyi uygulanması (b)

4.3.13 Çekme-Makaslama Direnci Deneyi

Çekme makaslama direnci deneyi TS EN 205 (Anonim, 2003k) standartına uygun olarak, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği mekanik laboratuvarında çekme deney makinesinde yapılmıştır. Numuneler standartta belirtilen yoğunlukta masif panel levhadan kesim planına uygun olarak, numune ebatları 10 x 20 x 150 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) ve numune kalınlığı 5 mm olacak şekilde kesilmiştir. Masif panel iklimlendirme odasında %50 nem 23°C sıcaklık şartlarında bir hafta süre ile kondisyonlanmıştır. Numunelerin kalınlığı 5 mm olacak şekilde 100 kum zımpara bantı ile zımpara makinasından geçirilmiştir Fotoğraf 4.33.



Fotoğraf 4.33 Kayın masif panelin zımparadan geçirilmesi

Kesilen numunelerden bir katının yüzeyine her bir grup için ayrı ayrı hazırlanmış olan tutkal, kimyasallar ve nano katkı maddesi karışımından 200 g/m² olacak şekilde sürülmüştür Fotoğraf 4.34.



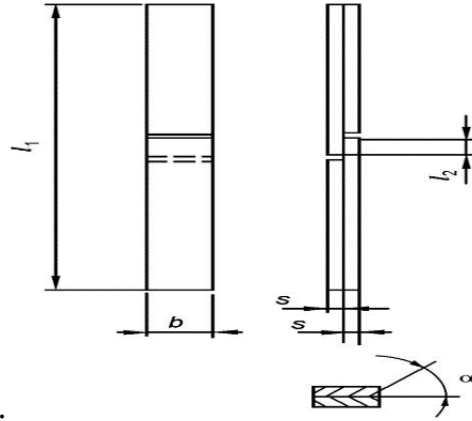
Fotoğraf 4.34 Tutkal kimyasal nano karışımının masif panellere sürülmesi

Tutkal miktarı, tutkal yapışma kalitesine göre presleme şartları, çekme deneyi ve numune ayrılma şekline göre belirlenmiştir. İki kat olarak hazırlanan tutkallı numuneler, 45cm x 45cm laboratuvar presinde 140°C sıcaklık, 1,2MPa presleme basıncı, 15dk presleme süresi şartlarında preslenmiştir Fotoğraf 4.35.



Fotoğraf 4.35 Tutkallı numunelerin Bürkle pres makinasında preslenmesi

Preslenen numuneler Şekil 4.4’de görülen şablona uygun olarak kesilmiş ve kanalları açılmıştır.



Şekil 4.4 Çekme-makaslama deney numunesi şablonu (Anonim, 2003k)

Shimadzu marka deney makinasında çekme kayma deneyi hızı 2 mm/dk olacak şekilde ayarlandıktan sonra numunelere çekme kuvveti uygulanarak deney gerçekleştirilmiştir.

Kopma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) tespit edilerek yapışma direnci (σ_y) Eşitlik 4.16’ya göre hesaplanmıştır.

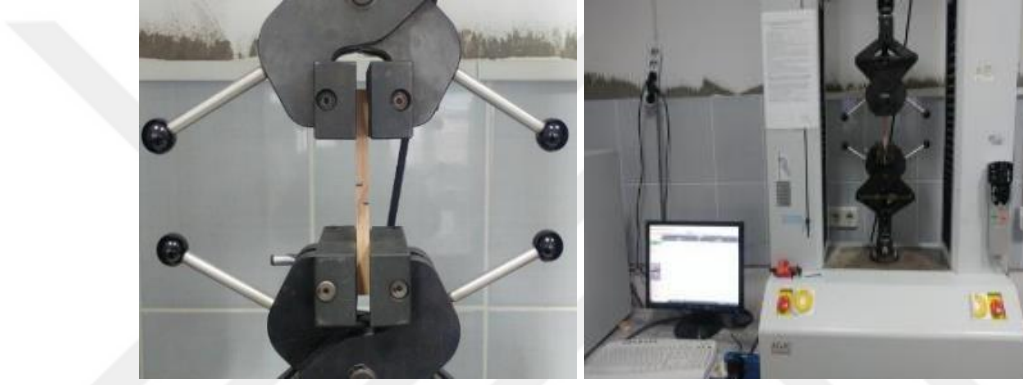
$$\sigma_y = \frac{F_{max}}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (4.16)$$

Formülde;

F_{max}: Tespit edilen maksimum kuvvet değeri (N),

A: Yapışma yüzey alanı (mm²)’dır.

Çekme-makaslama direnci deneyi Fotoğraf 4.36’de numunenin yerleştirilmesi (a), deney makinası (b) görülmektedir.



Fotoğraf 4.36 Çekme-makaslama direnci deneyi numunenin yerleştirilmesi ve deney yapılması

4.3.14 Verilerin Analizi

Tez kapsamında üretilen deneme gruplarına uygulanan deneylerden elde edilen veriler SAS 9.4 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Numunelerin üretiminde kullanılan UF ve MUF tutkallarının mekanik ve fiziksel performans özelliklerini artırmak amacıyla tutkala katılan nano katkı maddelerinin yaptığı etkileri analiz etmek için öncelikle her bir grup için ayrı olarak numunelerin grup içinde dağılımının anlamlı olup olmadığı analiz etmek için F testi uygulanmış daha sonra gruplar arasında karşılaştırmalar ve her bir nano katkı maddesinin mekanik direnç ve fiziksel özelliklere etkisini analiz etmek için üç yönlü Anova analizi uygulanmıştır. Üçlü etkileşim < 0,05 alfa değerinden düşük çıktığında LSD (En az Önemli Farklılık) değerine göre her bir faktör için ayrı etkileşim tablosu düzenlenerek analiz yapılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1 Üretilen OSB Levha Numunelerinin Fiziksel Özellikleri

5.1.1 Birim Hacim Ağırlık Değerinin Belirlenmesi

Pres çıkışında 41 cm x 41 cm ebatlarından elde edilen OSB Levhası, kenarları testere ile kesilerek 40 cm x 40 cm ebatlarına getirildikten sonra ölçülen birim hacim ağırlık değerleri aşağıda Tablo 5.1’de gösterilmiştir. Üretilen OSB levha numunelerinin ortalama yoğunluğu 630 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Yoğunluk tolerans değeri $\pm$ %4 olarak belirlenmiştir. Belirlenen tolerans değerlerine göre; beklenen en düşük yoğunluk değeri 604kg/m³, en yüksek yoğunluk değeri 655kg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.1 Numunelerin birim hacim ağırlık değerleri (levha yoğunluk kg/m³)

Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oranı %	40cmx40cm Levha yoğunluğu kg/m ³	Standart sapma	COV değerleri
UF	Kontrol	0%	637	5,070	1
		1%	619	3,209	1
	MgO	3%	617	6,229	1
		5%	617	6,229	1
		1%	636	3,493	1
UF	ZnO	3%	627	2,881	0
		5%	630	1,483	0
		1%	650	4,550	1
	SiO2	3%	652	8,167	1
		5%	652	5,099	1
MUF	Kontrol	0%	645	11,546	2
		1%	637	2,966	0
	MgO	3%	641	2,168	0
		5%	624	2,200	0
		1%	644	6,301	1
MUF	ZnO	3%	654	3,271	1
		5%	646	12,054	2
		1%	636	9,607	2
	SiO2	3%	655	3,362	1
		5%	651	5,788	1

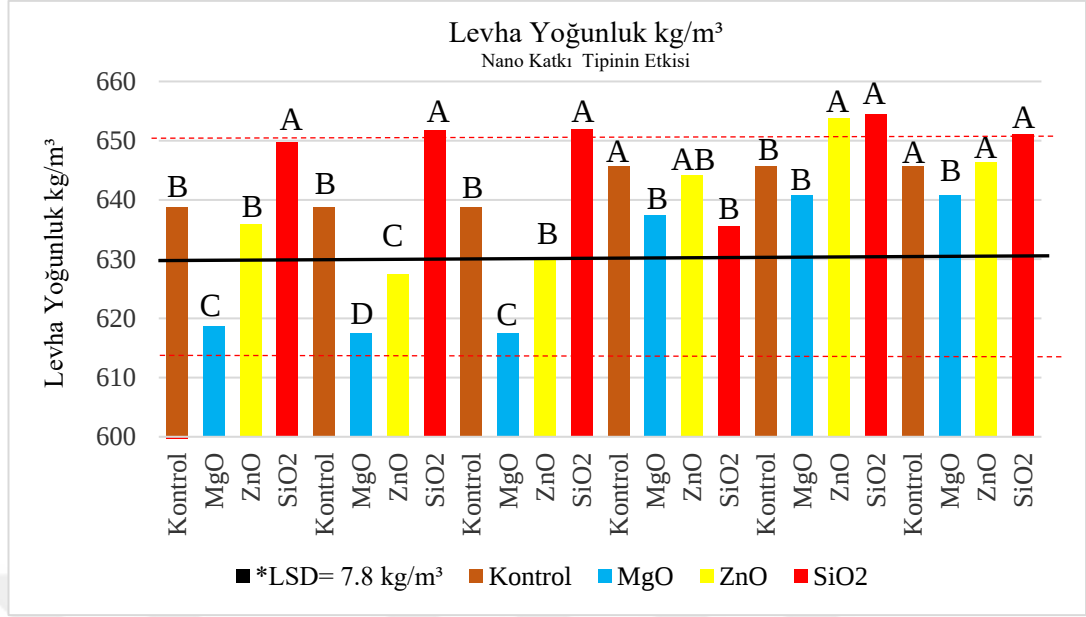
Tabloda levha yoğunluk değerleri, ortalama değerler ve standart sapma değerleri verilmiştir. Elde edilen değerlerden, üretilen her bir gruba ait numune yoğunluklarının belirlenen alt ve üst tolerans değerleri arasında olduğu görülmüştür. Bu değerlere göre; ortalama levha yoğunluğu 639 kg/m³, standart sapma 12,64 olarak görülmektedir. Tablo incelendiğinde min. yoğunluk 617 kg/m³ UF tutkalında MgO nano katkı %3 ve %5 oranında bulunur iken, max. yoğunluklar ZnO %3 katkı oranında 654kg/m³, MUF tutkalı SiO₂ %3 katkı oranında 655kg/m³ olduğu görülmektedir. Levha yoğunluklarındaki değişimler özellikle mekanik mukavemet değerlerine ve kalınlık şişme değeri gibi bazı fiziksel özelliklere etki ettiğinden yoğunluk dağılımının homojen ve tolerans değerleri arasında olması önemlidir.

Levha yoğunluk değerine nano katkı maddelerinin, katkı oranlarının ve tutkal tipinin etkisini tespit amacıyla üç yönlü ANOVA analizi yapılmış, analiz değerleri Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2 Levha Yoğunluk Değerlerinin Analizi için ANOVA Tablosu

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tip I SS	Kareler Ortalaması	F Değeri	P* Önem değeri
Tutkal (T)	1	3268,046	3268,046	85,14	<0,0001
Katkı Tipi (KT)	3	6435,536	2145,178	55,89	<0,0001
T*KT	3	2644,576	881,525	22,97	<0,0001
Katkı Oranı (O)	2	248,523	124,261	3,24	0,0447
T*O	2	662,287	331,143	8,63	0,0004
KT*O	4	409,722	102,430	2,67	0,0385
T*KT*O	3	167,433	55,811	1,45	0,2338*

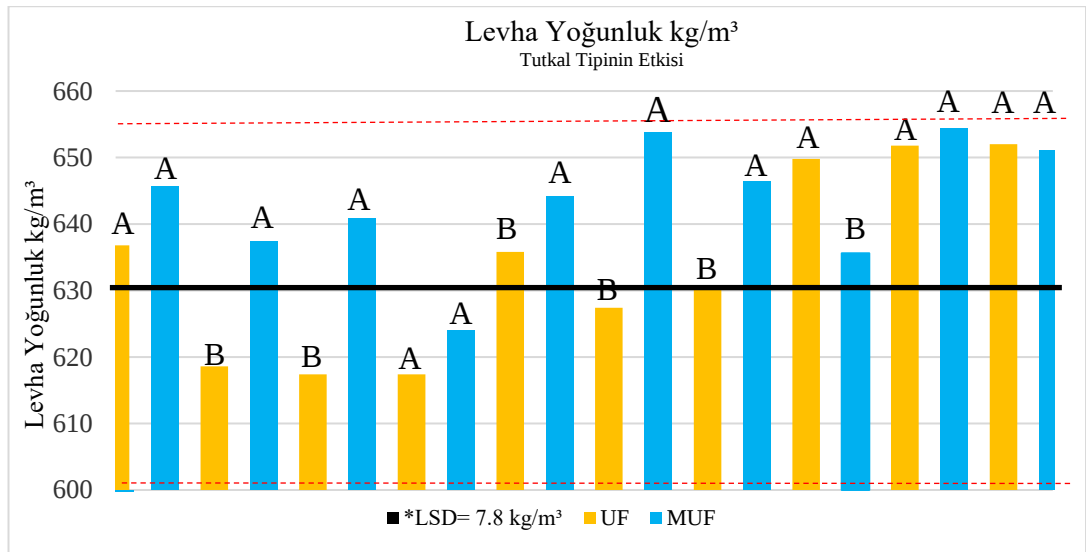
Anova sonucuna göre; P önemlilik değeri %95 güven aralığında ($P= 0,2338 > 0,05$ alfa değeri) olduğundan üçlü etkileşimin anlamlı olmadığı görülmektedir. Fakat tutkal (T) ve katkı tipi (KT) F değeri yüksek çıktığı için bu faktörlerin tek tek en küçük önemli fark (LSD) değerine göre gruplandırma tablosu yapılmıştır. LSD değerine göre aynı grupta olanlar aynı harflerle ve farklı grupta olan farklı harflerle ile gösterilmiştir (Grafik 5.1 ve Grafik 5.2).



Grafik 5.1 Levha yoğunluğuna nano katkı tipinin etkisi

İstatistiksel analize göre; aynı grupta olan değerler aynı harfler ile gösterilmiştir. Nano katkı tipinin yoğunluğa etkisi farklılık gösteren değerler farklı grupta yer almış ve farklı harflerle gösterilmiştir. MgO nano katkı maddesinin UF tutkalı ile üretilen levhaların yoğunluk değerini düşürdüğü, her iki tutkalda da SiO₂ nano katkı maddesinin levhanın yoğunluk değerini artırdığı görülmektedir.

Tutkal tipinin levhanın yoğunluk değerine etkisi Grafik 5.2’de gösterilmiştir.



Grafik 5.2 Levha yoğunluğuna tutkal tipinin etkisi

İstatistiksel analize göre; tutkal tipinin levha yoğunluğuna etkisi incelendiğinde UF tutkalı ile üretilen numunelerin yoğunluğunun MUF tutkalı ile üretilen numunenin yoğunluk değerlerine biraz daha azaldığı görülmektedir. Levha yoğunluğunun etkileri konulu literatürler incelendiğinde,

Gündüz ve Masraf (2005) üretim şartlarının üç tabakalı yonga levhanın bazı mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi konulu çalışmalarında, levhaların mukavemet ve fiziksel özelliklerine levhaların yoğunluklarının etkili olduğunu, pres sıcaklığı, pres basıncı ve dış tabakada kullanılan yonga oranının levhaların yoğunlukları üzerine etkisi olduğunu bildirmişlerdir. Doğan (2015) farklı tutkal ve farklı yoğunlukların OSB levhalarının mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisi konulu çalışmasında, OSB levhaların yoğunlukları arttıkça mekanik mukavemet değerlerinde artış görüldüğünü bildirmiştir.

5.1.2 Kalınlık Şişme Değerinin Değerlendirilmesi

OSB numunelerinin 24 saat suda bekletildikten sonra ölçülen kalınlık şişme değerleri aşağıda Tablo 5.3’de gösterilmiştir.

Tablo 5.3 OSB numuneleri kalınlık şişme değerleri

Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Katkı Oran %	Kalınlık Şişme %	Standart Sapma	COV değerleri
UF	0	0%	25,27	3,508	14
		1%	66,33	6,903	10
		3%	141,82	9,933	7
		5%	135,74	11,675	9
	MgO	1%	24,61	3,749	15
		3%	25,54	3,968	16
		5%	28,36	4,549	16
		1%	25,39	3,962	16
	ZnO	3%	25,75	4,119	16
		5%	26,76	6,078	24
		1%	25,39	3,962	16
	SiO2	3%	25,75	4,119	16
		5%	26,76	6,078	24
MUF	0	0%	24,94	3,65	15
		1%	74,90	10,6	13
		3%	80,63	8,127	11
		5%	122,01	10,989	9
	MgO	1%	26,66	2,335	9
		3%	18,55	4,467	23
		5%	28,86	6,521	23
		1%	23,10	4,228	18
	ZnO	3%	26,28	5,392	21
		5%	26,38	3,833	15
		1%	23,10	4,228	18
	SiO2	3%	26,28	5,392	21
		5%	26,38	3,833	15
		1%	23,10	4,228	18

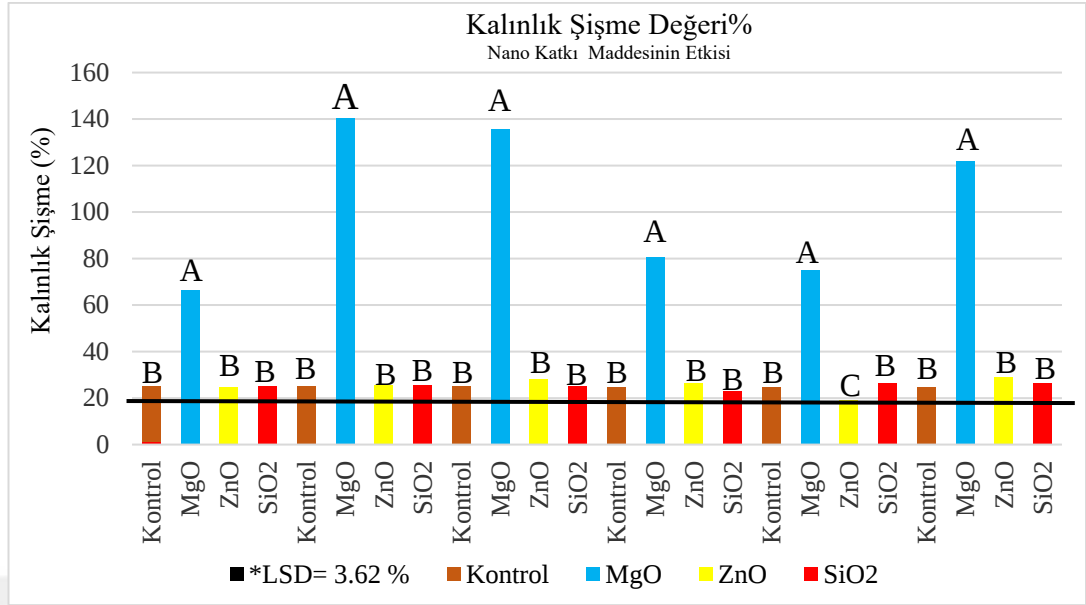
Tabloda kalınlık şişme değerleri değişimleri görülmektedir. Kalınlık şişme standart değeri 20 N/mm²'dir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık şişme değerleri bir birine yakın ve standart değerin üzerindedir. Tablo incelendiğinde, sadece MUF tutkalı, ZnO nano katkı maddesi %3 nano katkı oranında 24 saat kalınlık şişme ortalama değeri standart şişme değerinin altındadır. Kalınlık şişmede en yüksek artışların MgO nano katkı maddesinde olduğu görülmektedir.

Levha kalınlık şişme değerine nano katkı maddelerinin, katkı oranlarının ve tutkal tipinin etkisini tespit amacıyla üç yönlü ANOVA analizi yapılmış, analiz değerleri Tablo 5.4'de verilmiştir.

Tablo 5.4 Kalınlık Şişme Değerlerinin Analizi için ANOVA Tablosu

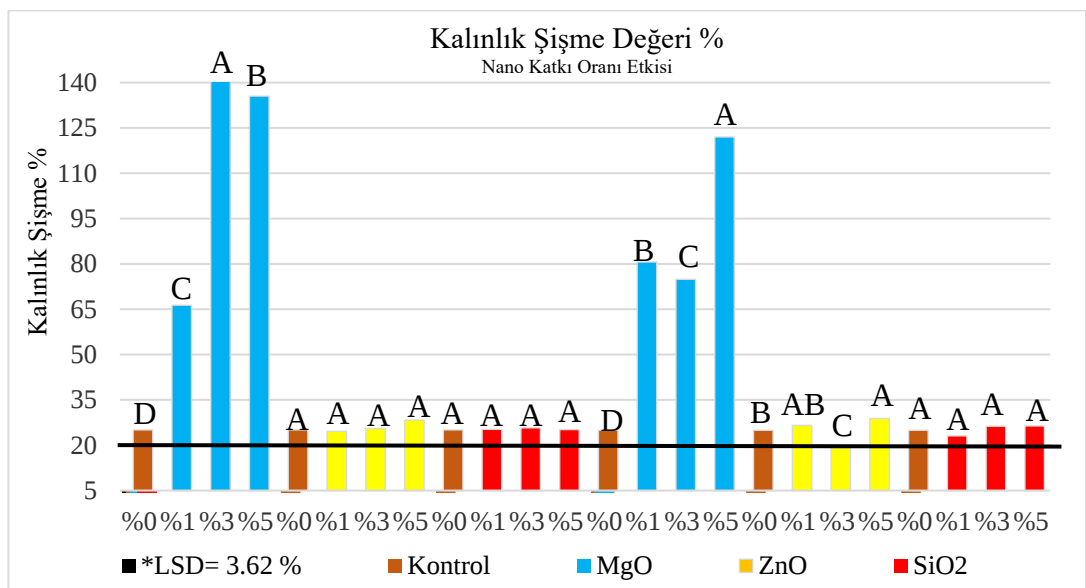
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tip I SS	Kareler Ortalaması	F Değeri	P* Önem Değeri
Tutkal (T)	1	4560,530	4560,530	100,72	<0,0001
Katkı Tipi (KT)	3	745991,897	248663,965	5491,73	<0,0001
T*KT	3	13255,737	4418,579	97,58	<0,0001
Katkı Oranı (O)	2	38716,300	19358,150	427,52	<0,0001
T*O	2	17185,116	8592,558	189,77	<0,0001
KT*O	4	58562,875	14640,718	323,34	<0,0001
T*KT*O	4	30339,548	7584,887	167,51	<0,0001*

Anova sonucuna göre; P önemlilik değeri %95 güven aralığında ($P = 0,001 < 0,05$ alfa değeri) olduğundan üçlü etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Üçlü etkileşim anlamlı olduğu için numunelerin suda 24 saat bekletildikten sonra kalınlıklarında meydana gelen artış yüzde oranın etkisini göstermek amacıyla nano katkı tipinin (KT), nano katkı oranının (O) ve tutkal (T) tipi faktörlerinin tek tek en küçük önemli fark (LSD) değerine göre gruplandırma tablosu yapılmıştır. LSD değerine göre aynı grupta olanlar aynı harflerle ve farklı grupta olan farklı harflerle ile gösterilmiştir (Grafik 5.3, Grafik 5.4 ve Grafik 5.5).



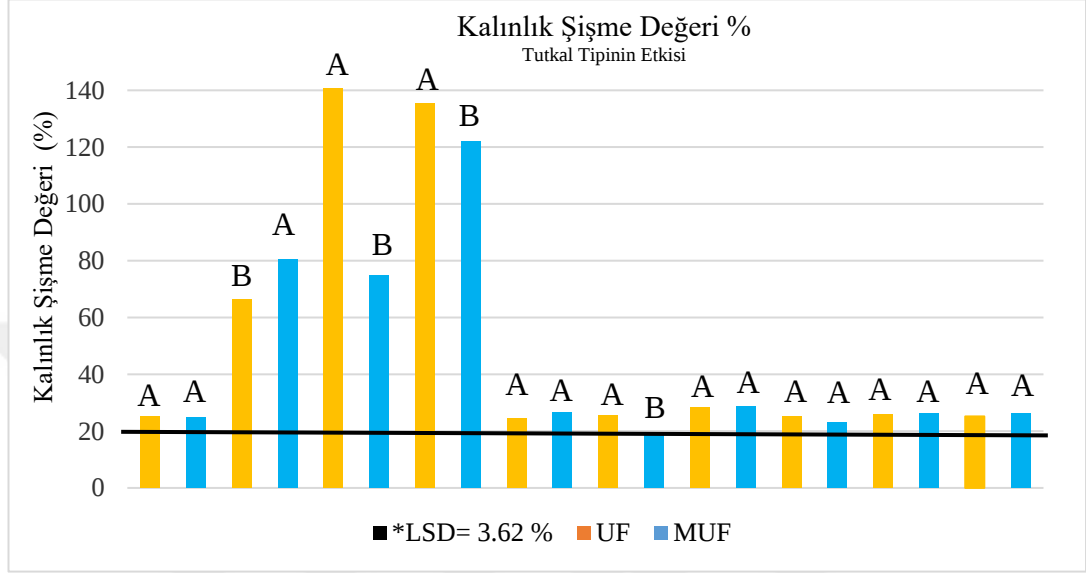
Grafik 5.3 Kalınlık şişme oranına nano katkı tipinin etkisi

İstatistiksel analize göre; aynı grupta olan değerler aynı harfler ile gösterilmiştir. Nano katkı tipinin kalınlıkta şişme değerine etkisi farklılık gösterenler farklı grupta yer almış ve farklı harflerle gösterilmiştir. MgO nano katkı maddesinin UF tutkalı ve MUF tutkalı ile üretilen levhaların kalınlık şişme değerlerini yükselttiği, fakat MUF tutkalı ile üretilen numunelerin kalınlık şişme değerlerinin UF tutkalı ile üretilen numunelere göre daha az yükseldiği görülmektedir. Diğer gruplar arasında fark olmadığı görülmektedir.



Grafik 5.4 Kalınlık şişme değerine nano katkı oranının etkisi

İstatistiksel analize göre nano katkı oranının kalınlıkta şişme değerine etkisi farklılık gösterenler farklı grupta yer almış ve farklı harflerle gösterilmiştir. Gruplar arasında önemli bir farklılık görünmezken, UF tutkalı MgO nano katkı maddesi ile üretilen numunelerin katkı oranı arttıkça kalınlık şişme değerinin arttığı görülmektedir.



Grafik 5.5 Kalınlık şişme değerine tutkal tipinin etkisi

Sonuçlara göre; MgO nano katkı maddesinin numunelerde suda 24 saat bekletildikten sonra kalınlık artışına neden olduğu görülmektedir. SiO₂ ve ZnO nano katkı maddesinde UF tutkalı ve MUF tutkalı gruplarında kalınlık şişme değerleri kontrol numuneleri kalınlık şişme değerlerine yakın gelmiştir. Literatür incelendiğinde, Silisyum Dioksit (SiO₂) nanopartikülleri ile ilgili yapılan bir araştırmada; SiO₂ nanopartikülleri içermeyen kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, su dayanımında artış olduğu ortaya konulmuştur (Bardak vd., 2016; Wang vd., 2011). Silika-Kil nano parçacıklarının epoksi esaslı yapıştırıcıların mikroyapısal ve mekanik özelliklerine üzerine yaptığı etkinin araştırılması için yapılan çalışmada bulunan sonuçlarda SiO₂ nano partiküllerin su alma özelliklerini azaltmada etkili olduğu görülmüştür (Dizeci ve Kandemir, 2023). Melamin üre formaldehit (MUF) tutkalı ve Üre formaldehit (UF) tutkalı ile üretilmiş kompozit levhaların bazı teknolojik özelliklerinin belirlenmesi konulu yapılan yüksek lisans tezinde MUF ile üretilen levhalarda kalınlık şişme değerlerinde daha iyi fiziksel sonuç elde edildiği araştırma sonucu olarak bildirilmiştir (Altıntaş, 2017). SiO₂ esaslı çözelti uygulanmış odunlarda SiO₂ odunun su çekmesine etkisinin incelendiği bir araştırmada, muamele edilmemiş kontrol numunelerine

kıyasla ahşabın su emme oranını %20 oranında azalmış olduğu bildirilmiştir (Dizman vd, 2020). Silan ilavesinin yönlendirilmiş yonga levhaların (OSB) bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, Silan ilavesinin fiziksel özelliklerinden su alma ve kalınlığına şişme özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür (İstek vd., 2016)

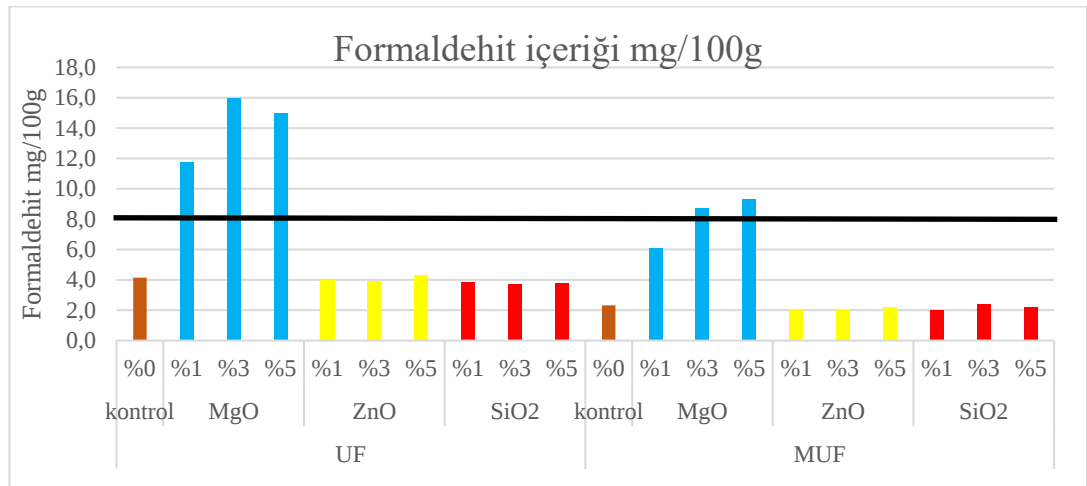


5.1.3 OSB Numunelerin Formaldehit İçeriğinin Belirlenmesi

Tablo 5.5 OSB numunelerinin formaldehit içeriğinin belirlenmesi

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	Formaldehit mg/100g
UF	0	0	4,1
UF	MgO	1	11,8
UF	MgO	3	16,0
UF	MgO	5	15,0
UF	ZnO	1	3,9
UF	ZnO	3	3,9
UF	ZnO	5	4,3
UF	SiO ₂	1	3,9
UF	SiO ₂	3	3,7
UF	SiO ₂	5	3,8
MUF	0	0	2,3
MUF	MgO	1	6,1
MUF	MgO	3	8,7
MUF	MgO	5	9,3
MUF	ZnO	1	2,1
MUF	ZnO	3	2,1
MUF	ZnO	5	2,2
MUF	SiO ₂	1	2,0
MUF	SiO ₂	3	2,4
MUF	SiO ₂	5	2,2
Ortalama			5,49
Standart sapma			4,35
TS EN 300 E1 Sınıfı Sınır Değeri			8,0

Tabloda, UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin formaldehit içeriği değerleri incelendiğinde MUF tutkalı ile üretilen numunelerin formaldehit değerlerinin UF tutkalı ile üretilen numunelerin formaldehit değerlerinin yaklaşık yarısına kadar düştüğü görülmektedir. Bu sonuçlardan; melamin içeriğinin formaldehit değerini azaltmada faydası olduğu görülmektedir. Aşağıda Grafik 5.6’da formaldehit değeri değişimleri görülmektedir.



Grafik 5.6 OSB numunelerinin formaldehit içeriği değişimi

Grafikte, formaldehit içeriği değişimleri incelendiğinde; UF tutkalı ve MUF tutkalı MgO nano katkı içeriğinde formaldehit içeriğini standartta belirtilen E1 sınıfı sınır değeri olan 8mg/100g değerin üzerine çıkardığı görülmektedir. Fakat, MUF tutkalı MgO nano içerikli numunelerin formaldehit değerleri UF tutkalı MgO nano içerikli numunelere göre daha az arttığı görülmektedir. UF tutkalına ZnO nano katkı maddesi %1 ve %3 katkı oranında ilave edildiğinde elde edilen formaldehit değerinin UF kontrol grubu formalaldehit değerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Nano katkı oranı %5 olarak artırıldığında formaldehit değerinde artış olmuştur. SiO₂ nano katkı maddesinde %1, %3 ve %5 oranında formaldehit değeri kontrol grubundan daha düşük çıkmıştır. MUF tutkal grubunda ise ZnO ve SiO₂ nano katkı maddeleri %1, %3 ve %5 katkı oranlarında elde edilen formaldehit değeri kontrol grubu formaldehit sonucundan çok farklılık göstermemiştir.

Candan ve Akbulut (2013) farklı nano katkı maddeleri ile güçlendirilmiş UF ve MUF tutkalı ile üretilmiş olan kontrplak ve yonga levhada bir araştırma yapmışlardır. Yapılan alışmada, SiO₂ nano katkı maddesi %1 ve %3 oranında ilave edilmiş tutkal ile üretilen levhaların formaldehit değerinin düştüğünü fakat oran %5'e çıkarıldığında formaldehit değerinin arttığını tespit etmişlerdir. Bu durumun, nano SiO₂ katkı maddesinin üre formaldehitin aktif grupları ile reaksiyona geçip tutkalın serbest formaldehitini absorbe ettiğinden dolayı olabileceğini ayrıca formaldehit emisyonu en düşük değerin ZnO nano katkı maddesi %3 katkı oranında olduğunu bildirilmişlerdir. Candan ve Akbulut'un yaptığı araştırmanın çalışmada elde edilen formaldehit değeri sonuçlarını desteklediği görülmüştür. Salari vd., (2013), düşük kalitede olmasından dolayı OSB retiminde tercih edilmeyen Paulownia ağacının yongalarından üretilen OSB levhalarının SiO₂ nano katkısı kullanarak, performans özelliklerinin artırmasını amaçladıkları çalışmada nano SiO₂ katkısı ile OSB levhalarının performans özelliklerinde artış olduğu, levhaların formaldehit emisyon içeriklerinin azaldığı, bu çalışmayı desteklediği görülmektedir.

5.1.4 Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi

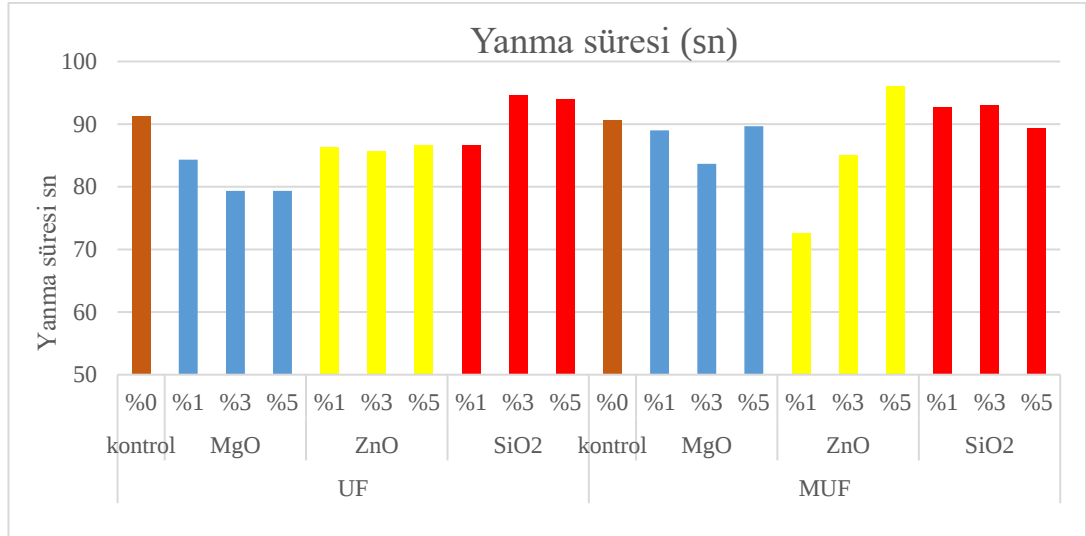
5.1.4.1 UL94 Standartına göre yanma süresinin belirlenmesi

OSB numunelerinin yanma özelliklerinin belirlenmesi için standarta uygun olarak hazırlanan düzenekte yapılan yanma deneyinde, yanma süresi (sn) belirlenmiştir. Elde edilen deney değerleri aşağıda Tablo 5.6 ve Grafik 5.7’de gösterilmiştir.

Tablo 5.6 OSB numunelerinin yanma deneyinde yanma süresinin belirlenmesi

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	Yanma süresi ortalama (sn)
UF	kontrol	0	91,3
UF	MgO	1	84,3
UF	MgO	3	79,3
UF	MgO	5	79,3
UF	ZnO	1	86,3
UF	ZnO	3	85,7
UF	ZnO	5	86,7
UF	SiO ₂	1	86,7
UF	SiO ₂	3	94,7
UF	SiO ₂	5	94,0
MUF	kontrol	0	90,7
MUF	MgO	1	89,0
MUF	MgO	3	83,7
MUF	MgO	5	89,7
MUF	ZnO	1	72,7
MUF	ZnO	3	85,0
MUF	ZnO	5	96,0
MUF	SiO ₂	1	92,7
MUF	SiO ₂	3	93,0
MUF	SiO ₂	5	89,3
Ortalama			87,50
Standart sapma			5,84

Tabloda, tüm gruplara ait yanma süreleri, ortalama değerleri ve standart sapma değeri görülmektedir. Yanma süresi ortalama değeri 87,5 sn ve standart sapma 5,84 olarak görülmektedir. UF ve MUF tutkalı, nano katkısız numune yanma süresi sonuçlarının birbirine yakın ve ortalama değer üzerinde çıktığı görülmektedir. Aşağıda Grafik 5.7’de yanma süresi değerlerinin değişimleri görülmektedir.



Grafik 5.7 OSB numunelerinin yanma süresi değişimleri

Grafik incelendiğinde, UF tutkalı MgO nano katkı %3 ve %5 nano katkı oranı ve SiO₂ ve ZnO nano katkı %1 katkı oranında, MUF tutkalı ZnO %1, %3, %5 katkı oranında ve MgO %3 katkı oranında yanma süresi ortalama değerin altındadır.

Sonuçlara ve deney sırasındaki gözlemlere göre; ZnO nano katkı maddesinin yanma süresine özellikle MUF tutkalı kullanımında olumlu yönde etki ettiği görülmektedir. Göker ve Ayrılmış (2003) yangın anında odun esaslı levhaların performans özelliklerini araştırdıkları bir çalışmada odun ve odun esaslı levhaların yanma özelliklerinin biçim ve ölçülere göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Yüzeyin hacime oranının yanıcı malzemelerin tutuşmaması için bir ölçü olduğunu, oran büyüdükçe odunun tutuşmasının daha kolay artış gösterdiğini ve alevin çabuk yayıldığını açıklamışlardır.

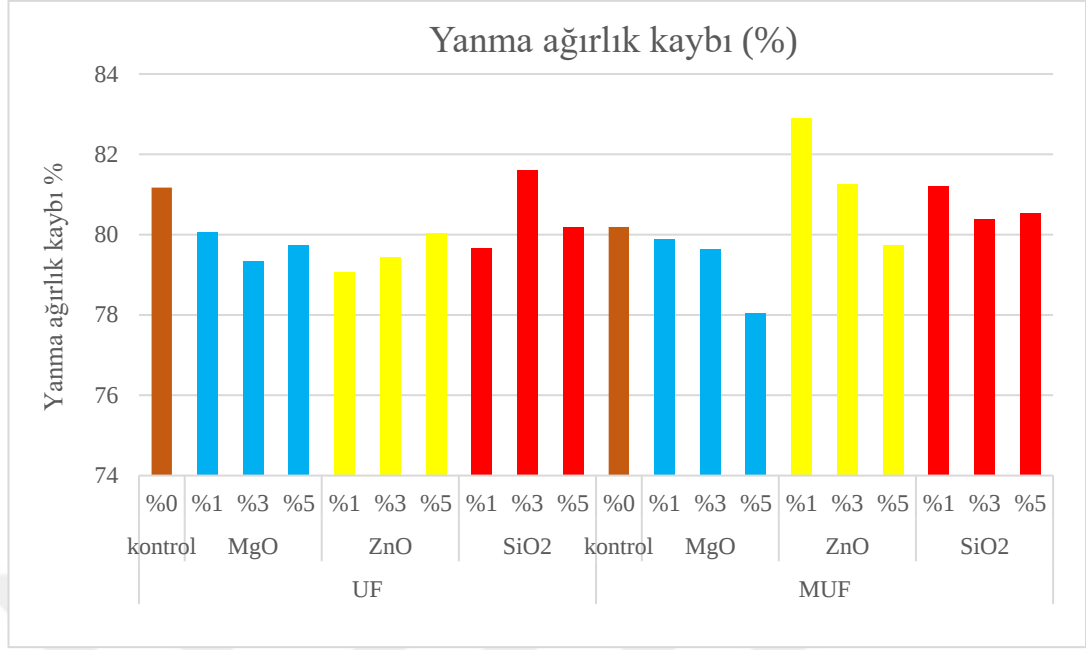
5.1.4.2 UL94 Standartına göre yanma deneyi sonrasında numune ağırlık kaybının tespiti

OSB numunelerinin yanma özelliklerinin belirlenmesi için standarta uygun olarak hazırlanan düzenekte yapılan yanma deneyi sonrasında numune ağırlığında meydana gelen ağırlık kaybı (%) olarak belirlenmiştir. Elde edilen deney değerleri aşağıda Tablo 5.7 ve Grafik 5.8’de gösterilmiştir.

Tablo 5.7 OSB numunelerin yanma deneyi sonrasında ağırlık kaybının (%) olarak belirlenmesi

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	Ağırlık kaybı ortalama%
UF	0	0	81,2
UF	MgO	1	80,1
UF	MgO	3	79,3
UF	MgO	5	79,7
UF	ZnO	1	79,1
UF	ZnO	3	79,5
UF	ZnO	5	80,0
UF	SiO ₂	1	79,7
UF	SiO ₂	3	81,6
UF	SiO ₂	5	80,2
MUF	0	0	80,2
MUF	MgO	1	79,9
MUF	MgO	3	79,6
MUF	MgO	5	78,0
MUF	ZnO	1	82,9
MUF	ZnO	3	81,2
MUF	ZnO	5	79,7
MUF	SiO ₂	1	81,2
MUF	SiO ₂	3	80,4
MUF	SiO ₂	5	80,5
Ortalama			80,20
Standart sapma			1,05

Tabloda, tüm gruplara ait yanma sonrası numune ağırlık kaybı yüzdesi ortalama değerleri ve standart sapma değeri görülmektedir. Yanma sonrası ağırlık kaybı yüzdesi ortalama değeri %80,20 ve standart sapma 1,05 olarak görülmektedir. UF ve MUF tutkalı, nano katkısız numune yanma süresi sonuçlarının birbirine yakın ve ortalama değerlerin üzerinde çıktığı görülmektedir. Aşağıda Grafik 5.8’te yanma süresi değerlerinin değişimleri görülmektedir.



Grafik 5.8 Yanma deneyi sonrası numune ağırlık kaybı (%) oran olarak değişimi

Grafikte, yanma sonrası numunelerin ağırlık kayıpları (%) olarak değişimleri ve tüm grupların ağırlık kaybı oranı ortalaması incelendiğinde UF tutkalında SiO₂ %3 ve %5 oranında ağırlık kaybının ortalamanın üzerine çıktığı görülmektedir. MUF tutkalında ise SiO₂ %1, %3 ve %5 oranlarında, ZnO %1 ve %3 oranlarında numune ağırlık kaybının ortalamanın üzerine çıktığı görülmektedir.

(Candan, 2012) nano katkı maddeleri ile ahşap esaslı bazı levhalarda modifiye edilmiş tutkallar ile üretilmiş olan bazı ahşap esaslı levhaların fiziksel ve mekanik direnç performas değerleri üzerine yaptığı tez çalışmasında bazı ahşap esaslı levhaların yanmaya karşı direnç özellikleri üzerine araştırma yapmıştır. Nano katkı maddeleri ile takviye edilmiş yonga levha ve kontrplaktan yapılmış sandeviç panallere uygulanan yanma test sonucuna göre SiO₂ %1 ve %3 katkı oranında, ZnO nano katkı maddesi %1 ve %3 katkı oranında numunelerin ağırlık kayıplarının kontrol gruplarının ağırlık kayıplarına göre daha uzun sürede olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda nano katkı maddelerinin rahatlıkla ahşap esaslı ürünlerde yanmaya karşı direnç sağlama amacıyla kullanılabileceği rapor edilmiştir.

5.1.4.3 ISO 11925-2 Standartına göre yangına tepki deneyi

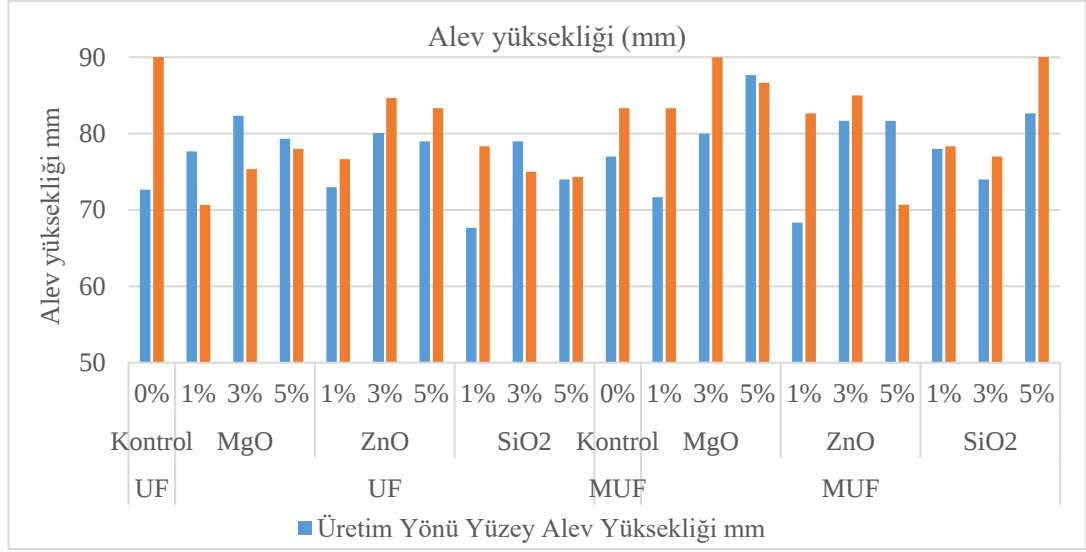
OSB numunelerinin yanma özellikleri ISO 11925-2 standartına uygun olarak yapılmış olan yanma kabini içinde uygulanmıştır. Yapılan yanma deneyinde, üretim yönüne doğru ve üretim yönüne dik olarak kesilen her bir numunenin yüzeyleri 60 sn süresince, numunelerin kenarları 30 sn süresince alev maruz bırakılmış ve alevin uygulama noktasından itibaren alev yüksekliği metre ile ölçülüp kaydedilmiştir. Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin yüzeylerinin alev maruz bırakılması sonucu alev yüksekliğinin ulaştığı mesafe mm olarak Aşağıda Tablo 5.8 ve Grafik 5.9’da gösterilmiştir. Ayrıca deney başlangıcında ve deney sonunda bacanın merkezinde bulunan anemometre cihazı hava hızı ve sıcaklık ölçüm probu ile sıcaklık değeri ile not edilmiştir. Numunelerde alev çekildikten sonra tutuşma olup olmadığı, numune üzerindeki fiziksel davranışlar kaydedilmiştir ve elde edilen sonuçlar Tablo 5.9’de gösterilmiştir. Numunelerin kenarlarının alev maruz bırakılması sonucu alev yüksekliğinin ulaştığı mesafe mm olarak Tablo 5.10 ve Grafik 5.10’da verilmiştir. Numunelerin kenarlarının alev maruz kalmasından sonra alev çekildikten sonra tutuşma olup olmadığı, alevin sönme süresi ve numune üzerindeki fiziksel davranışlar Tablo 5.11’de gösterilmiştir.

Tablo 5.8 Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin yüzeylerinin aleve maruz bırakılması sonucu alev yüksekliğinin ulaştığı mesafe

			Üretim Yönü	Üretime Dik	
Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oranı %	Yüzey Alev Yüksekliği mm	Yüzey Alev Yüksekliği mm	
UF	Kontrol	0%	73	91	
		1%	78	71	
		3%	82	75	
	MgO	5%	79	78	
		ZnO	1%	73	77
			3%	80	85
	5%		79	83	
	SiO ₂	1%	68	78	
		3%	79	75	
		5%	74	74	
MUF	Kontrol	0%	77	83	
		1%	72	83	
		3%	80	90	
	MgO	5%	88	87	
		ZnO	1%	68	83
			3%	82	85
	5%		82	71	
	SiO ₂	1%	78	78	
		3%	74	77	
		5%	83	95	
Ortalama			77	81	
Standart Sınır Değer			150 mm	150 mm	

Tabloda herbir grup için hem üretim yönüne hem de üretime dik olarak kesilen numunelerin yüzeyleri aleve 60 sn maruz bırakılması sonunda yüzeyde alev yüksekliği mm olarak görülmektedir. Tüm grupların ortalama değerleri ve standart sınır değeri tabloda gösterilmiştir. Standarta göre; alev mesafesinin 150 mm ulaşp ulaşmadığına bakılmaktadır. Üretim yönüne doğru kesilen numunelerde yüzeyde alev yüksekliği ortalama değeri 77 mm, enine doğru kesilmiş numunelerin yüzeyde alev yüksekliği ortalama değeri 81 mm olarak bulunmuştur. Her iki kesim yönünde numune yüzeylerinin aleve maruz bırakılma sonucunda hiçbir gruptaki numunenin alev yüksekliğinin 150 mm ye ulaşmadığı görülmektedir.

Numune yüzeyindeki alev yüksekliği değişimleri aşağıda Grafik 5.9’da görülmektedir.



Grafik 5.9 Numune yüzeyleri aleve maruz bırakılması sonucu alev yüksekliği

Grafik incelendiğinde, en düşük alev yüksekliğini üretim yönünde kesilen UF tutkalı SiO₂ nano katkı maddesi %1 katkı oranı ve MUF tutkalı ZnO nano katkılı %1 katkı oranında olduğu görülmektedir. En yüksek alev yüksekliği üretim yönüne dik kesilen numunelerde MUF tutkalı SiO₂ nano katkı maddesi %5 katkı oranında görülmektedir.

Yangına tepki deneyinde numunelerin yüzeyinin aleve maruz kalması sonucu numune yüzeyinde alev yüksekliğinin belirlenmesi ile ilgili numune fotoğrafları aşağıda Fotoğraf 5.2’de gösterilmiştir.



Fotoğraf 5.2 Yangına tepki deneyi yüzeyin aleve maruz bırakılması

Deney başlangıcında ve alev maruz kalma süresince ve deney sonunda numuneler üzerindeki değişimler kaydedilmiş, yakma kabini bacası merkezindeki sıcaklık değerleri deney başlangıcı ve yanma sonunda not edilmiş ve değerler aşağıda Tablo 5.9'de gösterilmiştir.

Tablo 5.9 Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin yüzeylerinin alev maruz bırakılması sonucu baca merkezinde sıcaklık değişimi ve fiziksel değişim

Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oranı %	Üretim Yönü			Üretime Dik		
			Baca Sıcaklığı Deney başlangıcı C°	Baca Sıcaklığı Deney sonu C°	Tutuşma Evet /hayır	Baca Sıcaklığı Deney başlangıcı C°	Baca Sıcaklığı Deney sonu C°	Tutuşma Evet /hayır
UF	Kontrol	0%	23,1	23,1	hayır	23,4	23,3	hayır
		1%	23,2	23,5	hayır	23,2	23,1	hayır
		3%	23,6	23,4	hayır	23,8	23,7	hayır
	MgO	5%	23,9	23,8	hayır	23,9	23,8	hayır
		1%	23,6	23,5	hayır	23,8	23,6	hayır
		3%	23,3	23,4	hayır	22,2	22,3	hayır
	ZnO	5%	22,8	22,5	hayır	23,3	23,1	hayır
		1%	22,2	22,0	hayır	22,0	22,1	hayır
		3%	22,6	22,8	hayır	22,3	22,2	hayır
	SiO ₂	5%	22,3	22,1	hayır	22,7	22,5	hayır
MUF	Kontrol	0%	23,0	23,1	hayır	23,1	23,0	hayır
		1%	21,3	21,2	hayır	20,9	20,9	hayır
		3%	21,4	21,2	hayır	22,5	21,6	hayır
	MgO	5%	22,2	22,7	hayır	22,8	22,6	hayır
		1%	21,9	22,7	hayır	22,4	21,9	hayır
		3%	22,7	22,5	hayır	22,7	22,6	hayır
	ZnO	5%	22,8	22,7	hayır	22,7	22,6	hayır
		1%	22,8	22,7	hayır	22,7	22,6	hayır
		3%	22,4	22,4	hayır	22,8	22,8	hayır
	SiO ₂	5%	22,9	22,8	hayır	22,9	23,0	hayır

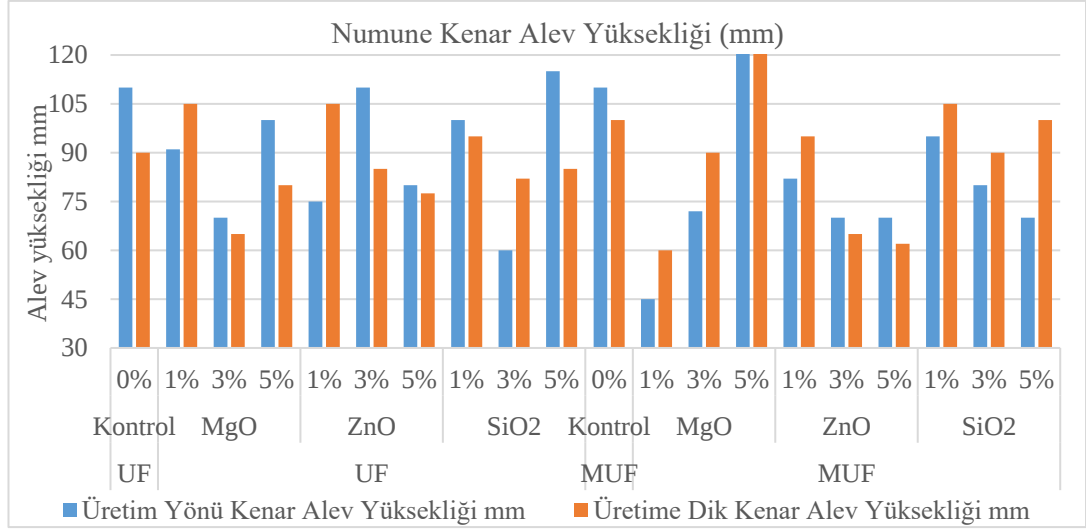
Tablodaki değerlere göre numunelerin yüzeylerine alev uygulaması deneyi başlangıcında ve sonunda baca merkezindeki sıcaklık değişiminde önemli bir fark olmadığı ve numunelerde tutuşma olmadığı görülmektedir. Yanma sonrasında numunelerde damlacık oluşumu ve parça kaybı görülmemiştir.

Tablo 5.10 Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin kenarlarının aleve maruz bırakılması sonucu alev yüksekliğinin ulaştığı mesafe

			Üretim Yönü	Üretime Dik
Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oranı %	Kenar Alev Yüksekliği mm	Kenar Alev Yüksekliği mm
UF	Kontrol	0%	110	90
UF	MgO	1%	91	105
		3%	70	65
		5%	100	80
		1%	75	105
	ZnO	3%	110	85
		5%	80	78
		1%	100	95
	SiO ₂	3%	60	82
		5%	115	85
		MUF	Kontrol	0%
MUF	MgO	1%	45	60
		3%	72	90
		5%	135	130
		1%	82	95
	ZnO	3%	70	65
		5%	70	62
		1%	95	105
	SiO ₂	3%	80	90
		5%	70	100
	Ortalama			87,5
Sınır Değer			150 mm	150 mm

Tabloda; herbir grup için hem üretim yönüne hem de üretime dik olarak kesilen numunelerin kenarları aleve 30 sn maruz bırakılması sonunda alev yüksekliği mm olarak görülmektedir. Tüm grupların ortalama değerleri ve standart sınır değeri tabloda gösterilmiştir. Standarta göre; alev mesafesinin 150 mm ulaşp ulaşmadığına bakılmaktadır. Üretim yönüne doğru kesilen numunelerde kenarda alev yüksekliği ortalama değeri 87,5 mm enine doğru kesilmiş numunelerin kenarda alev yüksekliği ortalama değeri 88,2 mm olarak ölçülmüştür. Her iki kesim yönünde numune yüzeylerinin aleve maruz bırakılma sonucunda hiçbir gruptaki numunenin alev yüksekliğinin 150 mm ye ulaşmadığı görülmektedir.

Numune yüzeyindeki alev yüksekliği değişimleri aşağıda Grafik 5.10'da görülmektedir.



Grafik 5.10 Numune kenarları aleve maruz bırakılması sonucu alev yüksekliği

Grafik incelendiğinde; numune üretim boyuna ve üretime dik olarak kesilme yönüne göre kenarları aleve maruz bırakıldığında ölçülen alev yüksekliği genel olarak yüzeyleri aleve maruz bırakılan numunelere göre daha uzun olduğu yani yanmanın daha fazla olduğu görülmektedir. En düşük alev yüksekliği MUF tutkalı MgO nano katkı maddesi %1 katkı oranında olduğu, en fazla alev yüksekliğinin MUF tutkalı MgO nano katkı maddesi %5 katkı oranında olduğu görülmektedir. UF tutkalı kontrol grubu ile MUF tutkalı kontrol grubu numune kenar alev yüksekliği arasında önemli bir fark görülmezken, UF tutkalı grubunda numune kenarları aleve maruz bırakıldığında oluşan alev yüksekliğinin MUF tutkalı grubu numunelerinin alev yüksekliğinden daha fazla olduğu görülmektedir. MUF tutkalı ZnO nano katkı maddesi %3 ve %5 katkı oranında numune kenarındaki alev yüksekliğinde azalma olduğu görülmektedir. Bu durum ZnO nano katkı maddesinin etkisinden kaynaklanabilir.

Yangına tepki deneyinde numunelerin kenarlarının aleve maruz kalması sonucu numune kenarında alev yüksekliğinin belirlenmesi ile ilgili numune fotoğrafları aşağıda Fotoğraf 5.3’de gösterilmiştir.



Fotoğraf 5.3 Yangına tepki deneyi kenarın aleve maruz bırakılması

Deney başlangıcında ve aleve maruz kalma süresince ve deney sonunda numuneler üzerindeki değişimler kaydedilmiş, yakma kabini bacası merkezindeki sıcaklık değerleri deney başlangıcı ve yanma sonunda not edilmiş ve değerler aşağıda Tablo 5.11’de gösterilmiştir.

Tablo 5.11 Üretim yönüne ve üretime dik olarak kesilen numunelerin kenarlarının alev maruz bırakılması sonucu baca merkezinde sıcaklık değişimi ve fiziksel değişim

Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oranı %	Üretim Yönü			Üretime Dik		
			Baca Sıcaklığı Deney başlangıcı C°	Baca Sıcaklığı Deney sonu C°	Tutuşma Evet /hayır	Baca Sıcaklığı Deney başlangıcı C°	Baca Sıcaklığı Deney sonu C°	Tutuşma Evet /hayır
UF	Kontrol	0%	22,0	23,6	hayır	22,3	22,9	hayır
		1%	22,9	22,8	hayır	21,9	22,4	hayır
	MgO	3%	21,8	22,0	hayır	21,9	22,0	hayır
		5%	22,9	22,8	hayır	20,8	21,0	hayır
		1%	22,9	22,3	hayır	20,7	21,0	hayır
	ZnO	3%	20,6	21,5	hayır	21,9	22,0	hayır
		5%	21,1	21,1	hayır	22,2	22,3	evet
		1%	22,0	23,5	hayır	21,6	21,8	hayır
	SiO ₂	3%	21,4	21,4	hayır	23,3	23,4	evet
		5%	21,1	21,3	hayır	23,0	23,5	hayır
MUF	Kontrol	0%	20,7	20,9	hayır	20,9	21,0	hayır
		1%	21,0	21,0	hayır	20,9	21,0	hayır
	MgO	3%	20,7	21,1	hayır	21,0	20,9	hayır
		5%	21,1	21,7	hayır	22,5	22,9	hayır
		1%	21,5	21,5	hayır	22,6	23,0	hayır
	ZnO	3%	22,1	22,1	hayır	21,6	22,0	hayır
		5%	22,1	22,2	hayır	21,5	21,4	hayır
		1%	21,2	21,4	hayır	21,5	21,8	hayır
	SiO ₂	3%	21,7	21,7	hayır	22,8	23,0	hayır
		5%	22,5	22,7	hayır	21,7	22,2	hayır

Tablodaki değerlere göre numunelerin yüzeylerine alev uygulaması deneyi başlangıcında ve sonunda baca merkezindeki sıcaklık değişiminde önemli bir fark olmadığı ve numunelerde tutuşma olmadığı görülmektedir. Yanma sonrasında numunelerde damlacık oluşumu ve parça kaybı görülmemiştir.

5.1.5 OSB Numunelerin Isı Geçirgenliği Özelliği Belirleme Deneyi

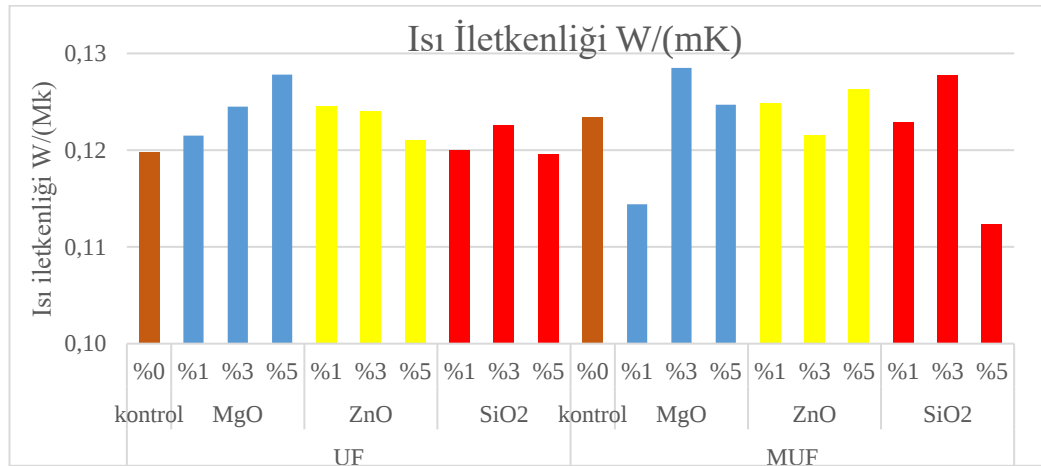
5.1.5.1 Isı iletkenlik değeri

Üretilen OSB numunelerinin 23°C sıcaklıkta ve %50 bağıl nemde ısı iletkenlik değerleri Tablo 5.12’de ve karşılaştırma grafiğinde ısı iletkenlik değeri değişimleri Grafik 5.11’de görülmektedir.

Tablo 5.12 Isı İletkenlik Değerleri

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	Isı iletkenliği λ (W/(mK))
UF	0	0	0,1148
UF	MgO	1	0,1165
UF	MgO	3	0,1195
UF	MgO	5	0,1228
UF	ZnO	1	0,1196
UF	ZnO	3	0,1190
UF	ZnO	5	0,1160
UF	SiO2	1	0,1150
UF	SiO2	3	0,1176
UF	SiO2	5	0,1146
MUF	0	0	0,1184
MUF	MgO	1	0,1094
MUF	MgO	3	0,1235
MUF	MgO	5	0,1197
MUF	ZnO	1	0,1199
MUF	ZnO	3	0,1166
MUF	ZnO	5	0,1213
MUF	SiO2	1	0,1179
MUF	SiO2	3	0,1228
MUF	SiO2	5	0,1074
Ortalama			0,1176
Standart sapma			0,00

Tabloda numunenin ısı iletkenlik değerleri incelendiğinde tüm grupların ortalama ısı iletkenlik değeri 0,1176 (W/(Mk)), standart sapmanın 0,0 olduğu görülmektedir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numune ısı iletkenlik değeri incelendiğinde UF tutkalı nano katkısız numunelerin ısı iletkenlik değerinin MUF tutkalından ve ortalama değerden daha düşük olduğu görülmektedir. Grafik 5.11’de ısı iletkenliği değerleri karşılaştırılmış, değerler arasındaki değişim incelenmiştir.



Grafik 5.11 OSB numunesi Isı iletkenliği Değerleri Değişimi

Grafikte, numunelerin ısı iletkenliği değeri değişimi incelendiğinde en düşük ısı iletkenliği değerinin MUF tutkalı SiO₂ nano katkısı %5 oranında olduğu görülmektedir.

Bardak vd., (2016) orman endüstrisinde nano teknoloji başlıklı çalışmalarında, polimer malzemelere nanopartikül ilave edildiğinde yüksek ısı iletkenliği performans elde etmede etkin olduğu görüldüğü bildirilmiştir.

(Samaržija-Jovanović vd., 2011) tarafından nano SiO₂ içeren bazı tutkallar ile yapılmış olan bir çalışmada, IR spektroskopi ile desteklendirilmiş, termal gravimetrik analizlerle ısı özellikleri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarında, nano SiO₂ içeren üre formaldehit tutkalının, modifiye edilmeyen kontrol grubu üre formaldehit tutkalı ile kıyaslandığında, iyi bir termal özelliğe sahip olduğu görülmüştür.

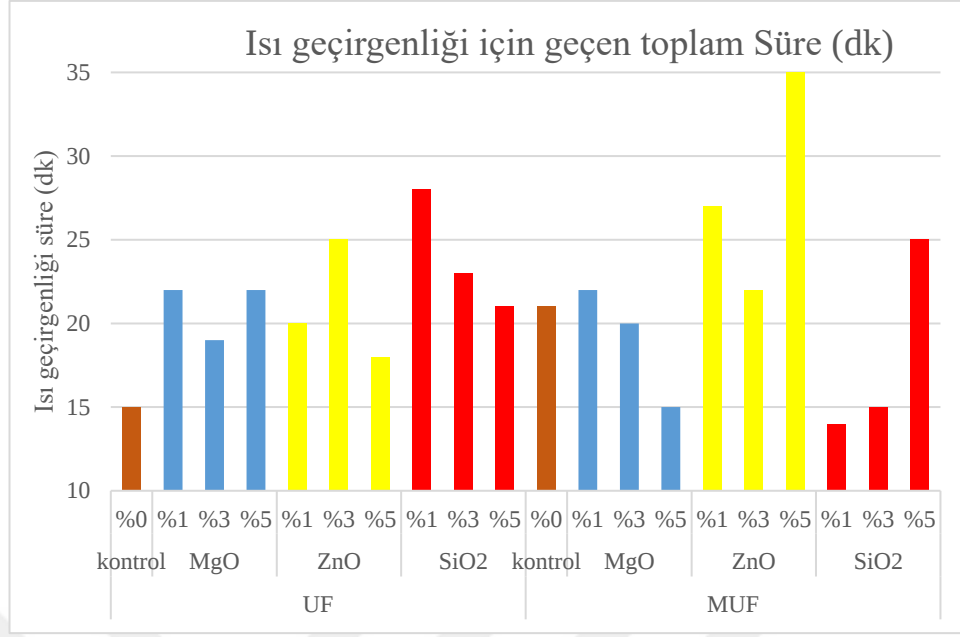
5.1.5.2 Isı geçirgenlik için geçen süre

Üretilen OSB numunelerinin 23°C sıcaklıkta ve %50 bağıl nemde ısı geçirgenlik deneyi için toplam geçen zaman dakika olarak Tablo 5.13’de ve karşılaştırma grafiğinde ısı geçirgenlik için toplam geçen süre değişimleri Grafik 5.12’de görülmektedir.

Tablo 5.13 Isı geçirgenlik için geçen toplam zaman

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	Isı geçirgenliği (süre dk)
UF	0	0	15
UF	MgO	1	22
UF	MgO	3	19
UF	MgO	5	22
UF	ZnO	1	20
UF	ZnO	3	25
UF	ZnO	5	18
UF	SiO ₂	1	28
UF	SiO ₂	3	23
UF	SiO ₂	5	21
MUF	0	0	21
MUF	MgO	1	22
MUF	MgO	3	20
MUF	MgO	5	15
MUF	ZnO	1	27
MUF	ZnO	3	22
MUF	ZnO	5	35
MUF	SiO ₂	1	14
MUF	SiO ₂	3	15
MUF	SiO ₂	5	25
Ortalama			21
Standart sapma			5,07

Tabloda, numunenin ısı geçirgenliği için geçen süre incelendiğinde tüm grupların ortalama zaman 21dk, standart sapmanın 5,07 olduğu görülmektedir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numune ısı geçirgenlik için geçen toplam zaman incelendiğinde UF tutkalı nano katkısız numunelerin ısı geçirgenlik için geçen sürenin MUF tutkalından ve ortalama değerden daha düşük olduğu görülmektedir. Grafik 5.12’de ısı için geçen toplam süre karşılaştırılmış, değerler arasındaki değişim incelenmiştir.

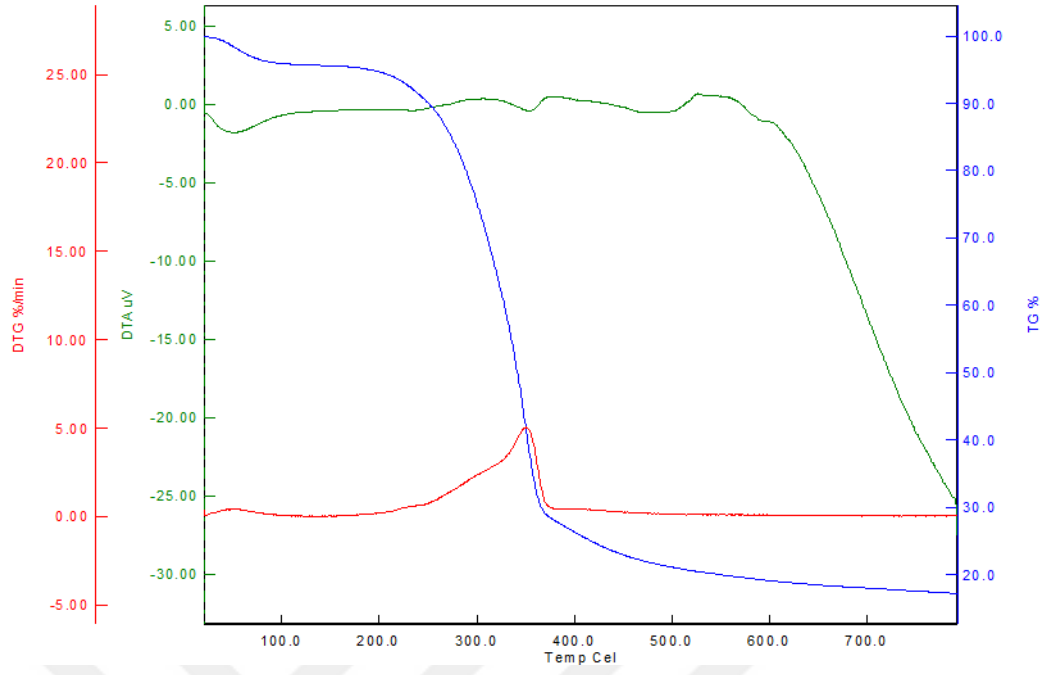


Grafik 5.12 Isı geçirgenliği için geçen süre

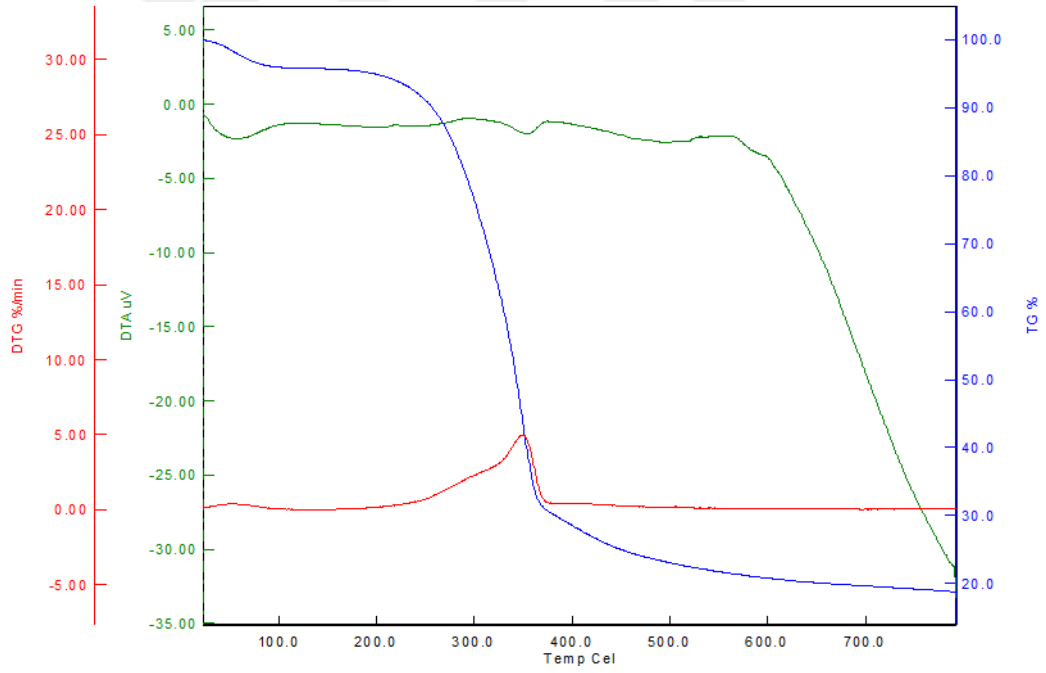
Grafikte ısı geçirgenliği için geçen toplam süre arasındaki değişim incelendiğinde, ısı geçirgenlik süresinin en az olduğu grupların UF tutkalı nano katkısız numunelerinde, MUF tutkalı SiO₂ nano katkılı %1, %3 oranında ve MUF tutkalı MgO nano katkısı %5 oranında olduğu görülmektedir.

5.1.6 OSB Numunelerinin Termogravimetrik Analiz (TGA) Özelliklerin Belirlenmesi

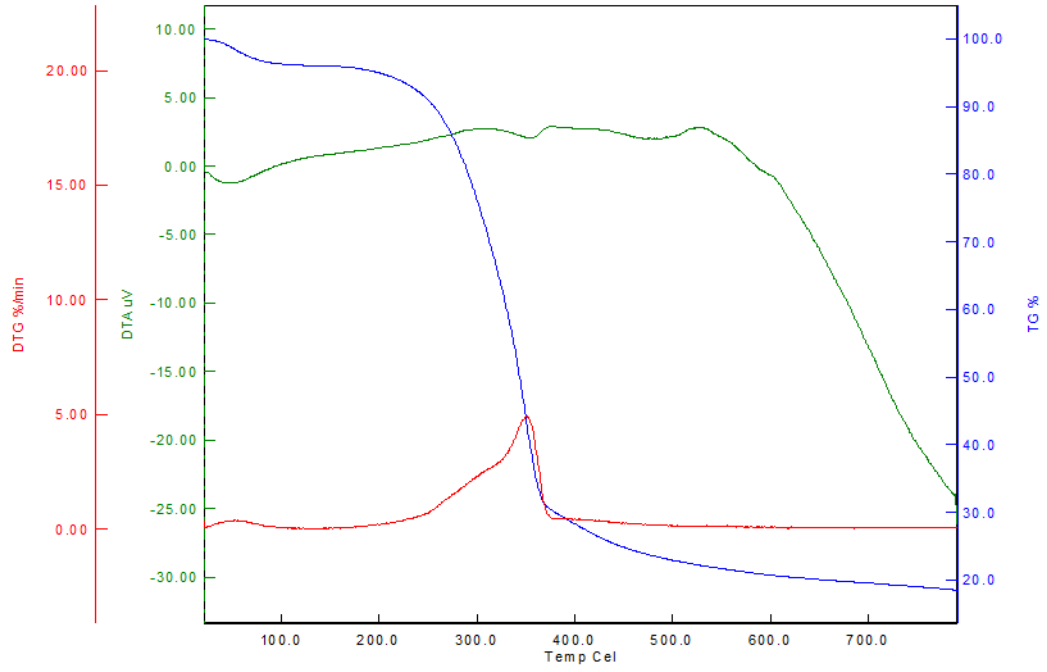
UF tutkalı ve MUF tutkalı grupları nano katkısız kontrol numuneleri, MgO, ZnO ve SiO₂ nano katkılı ve %1, %3, %5 katkı oranlı numuneler üzerinde termal bozunmalar Termogravimetrik Analiz (TGA) ile tespit edilmiş ve analiz sonuçları ve grafikleri karşılaştırmalı olarak aşağıda verilmiştir. UF tutkalı nano katkısız ve nano katkı numunelerinin TGA-DTG grafiği aşağıda Grafik 5.13'den Grafik 5.23'e kadar gösterilmiştir.



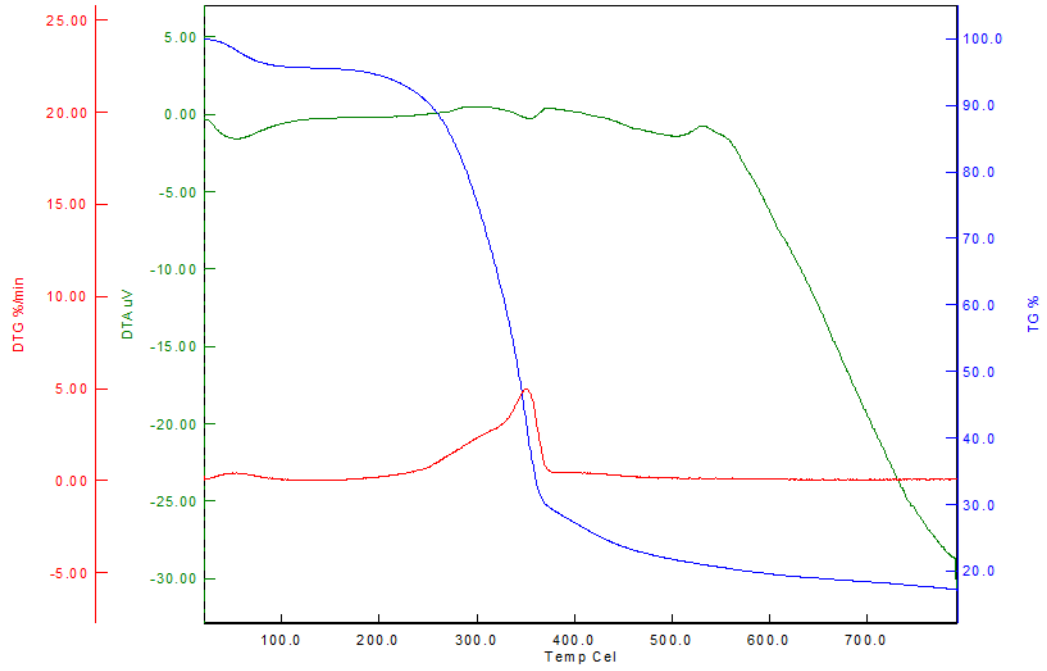
Grafik 5.13 UF Tutkalı nano katkısız kontrol numunesi TGA analizi



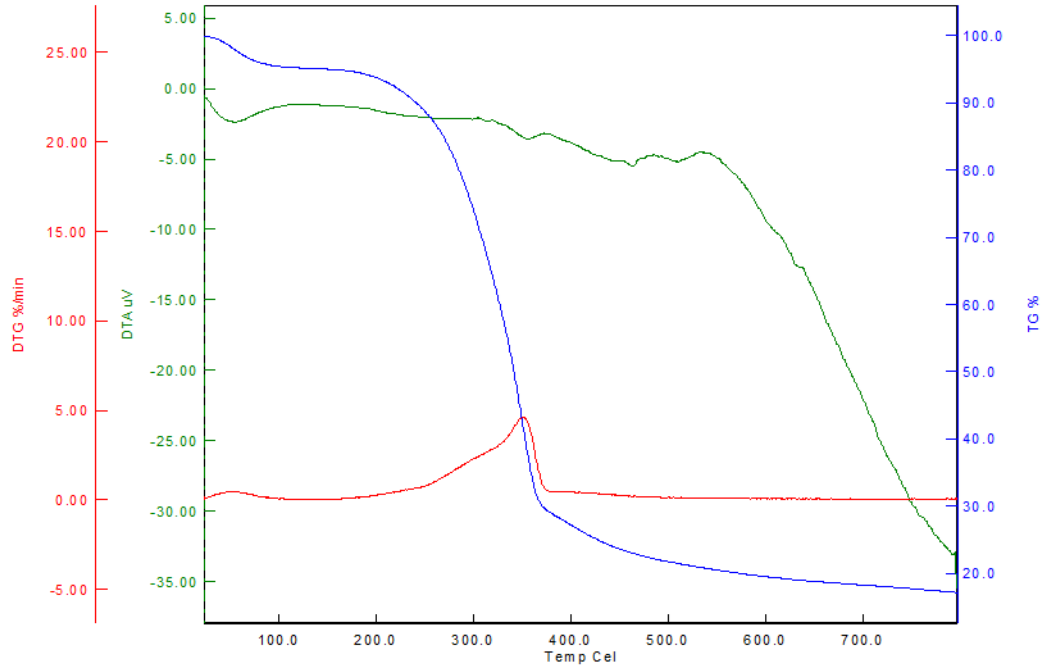
Grafik 5.14 UF Tutkalı MgO %1 nano katkılı numune TGA analizi



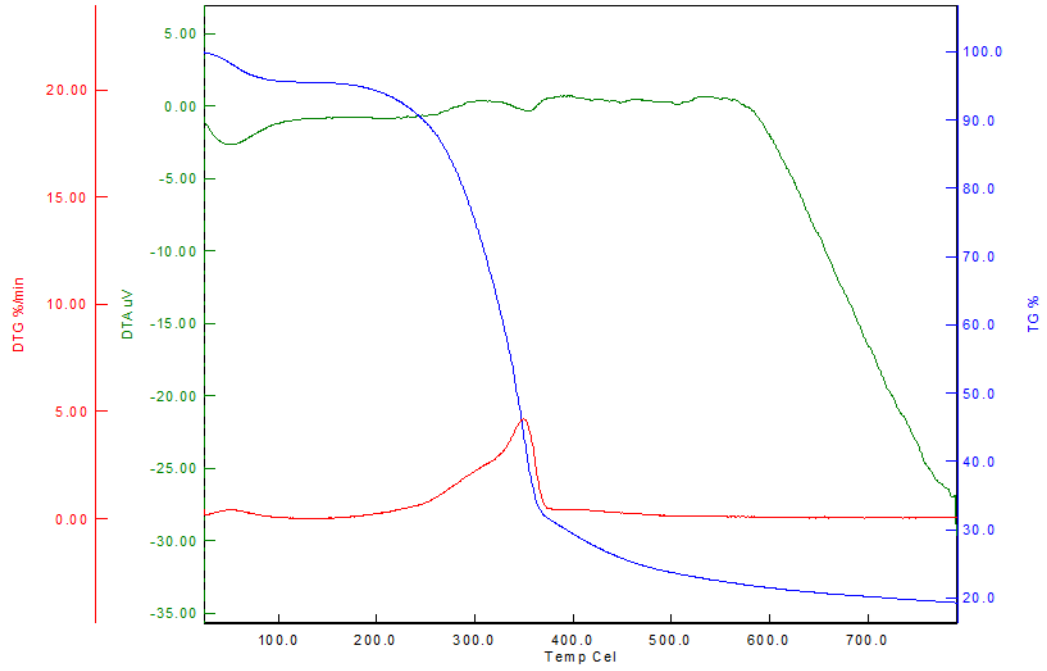
Grafik 5.15 UF Tutkalı MgO %3 nano katkılı numune TGA analizi



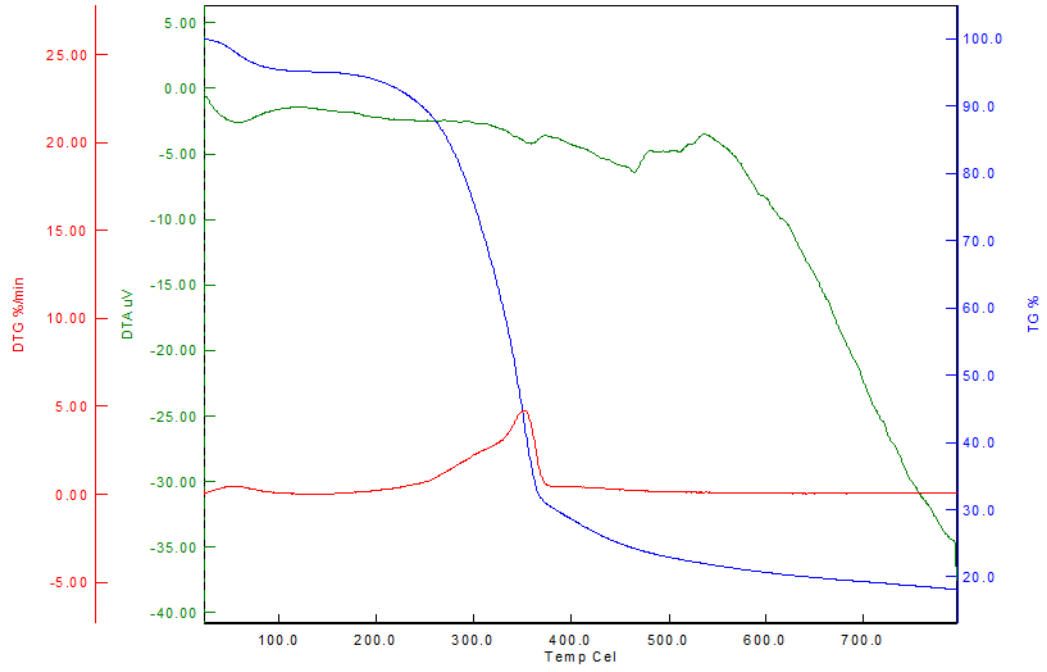
Grafik 5.16 UF Tutkalı MgO %5 nano katkılı numune TGA analizi



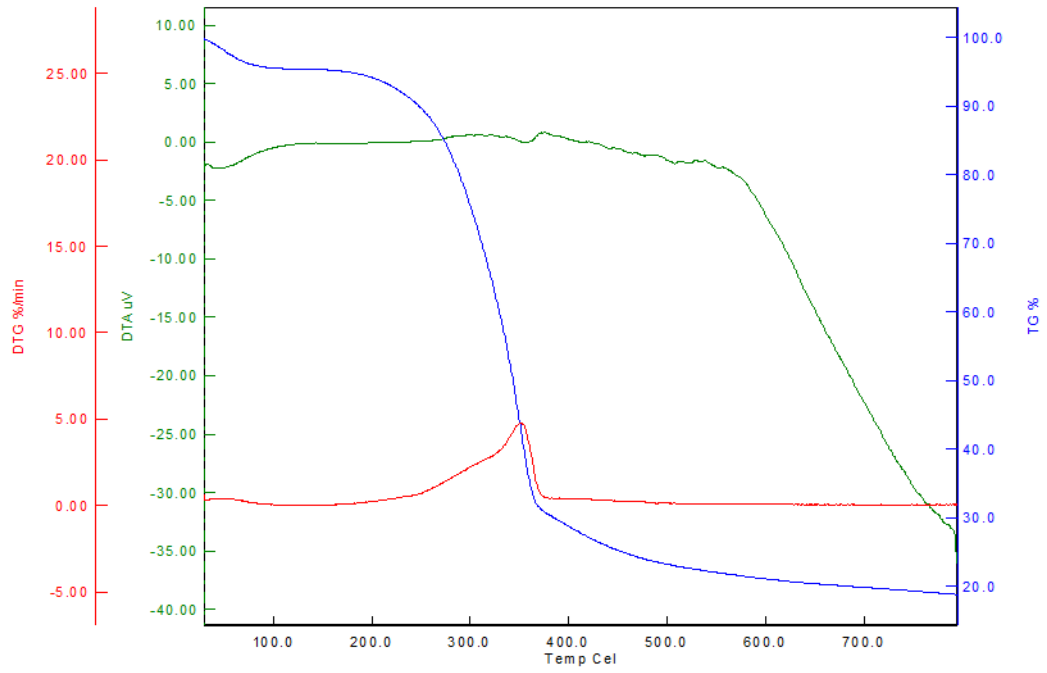
Grafik 5.17 UF Tutkalı ZnO %1 nano katkılı numune TGA analizi



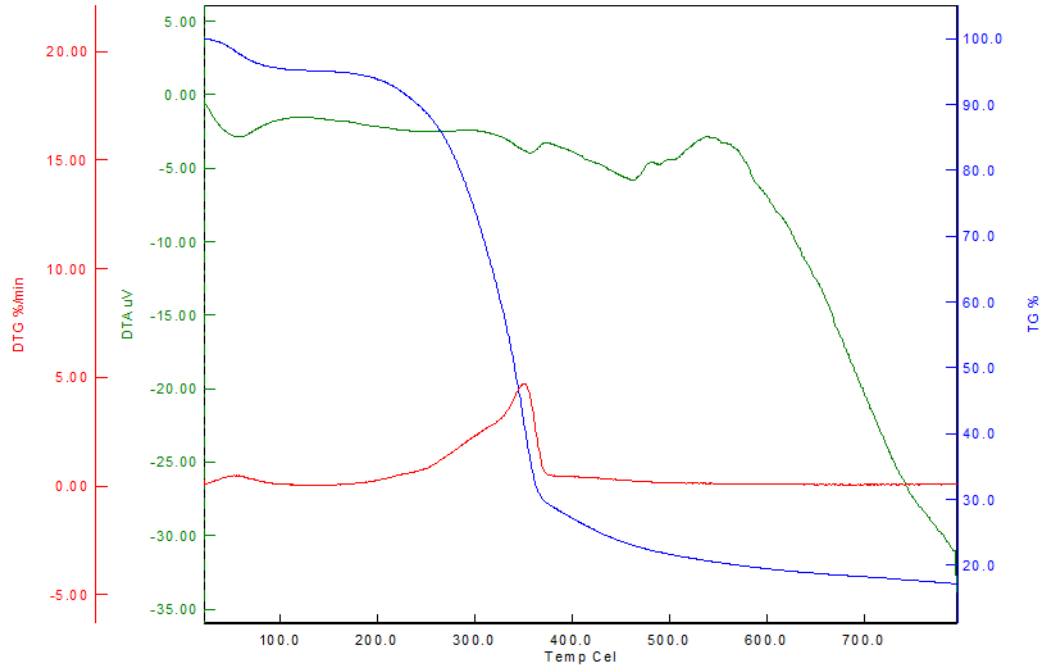
Grafik 5.18 UF Tutkalı ZnO %3 nano katkılı numune TGA analizi



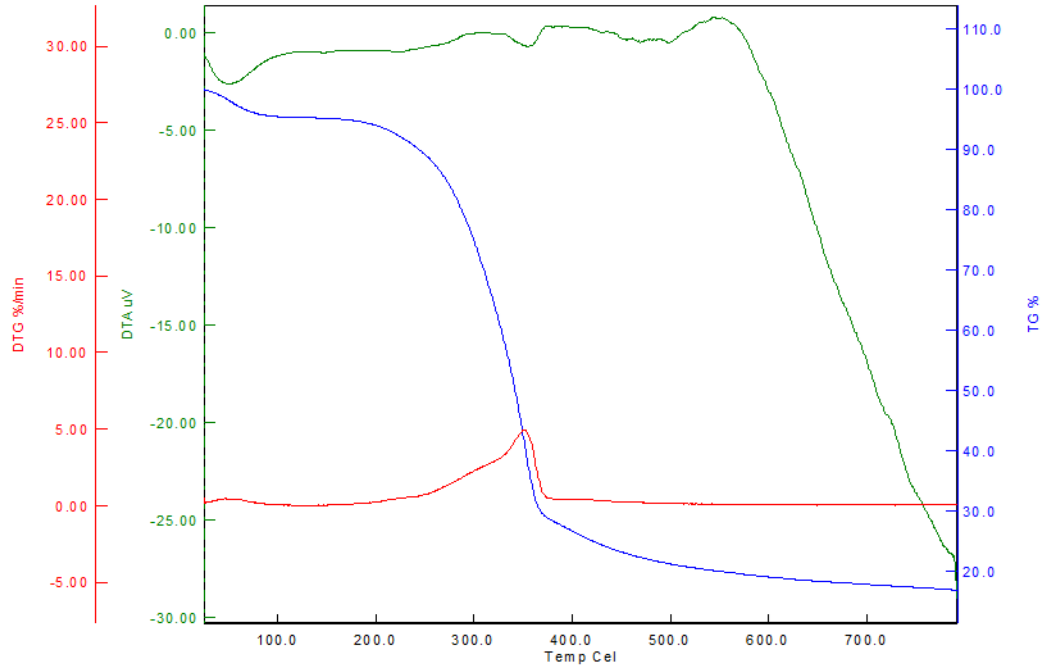
Grafik 5.19 UF Tutkalı ZnO %5 nano katkılı numune TGA analizi



Grafik 5.20 UF Tutkalı SiO₂ %1 nano katkılı numune TGA analizi



Grafik 5.21 UF Tutkalı SiO₂ %3 nano katkılı numune TGA analizi



Grafik 5.22 UF Tutkalı SiO₂ %5 nano katkılı numune TGA analizi

UF tutkal grubu nano katkısız ve nano katkılı numunelere ait TGA analiz sonuçları aşağıda Tablo 5.14’de gösterilmiştir.

Tablo 5.14 UF tutkalı TGA-DTG Analiz sonuçları

	Numune miktarı gr	1. Bozunma sıcaklığı °C	2. Bozunma sıcaklığı °C	TG Ağırlık kaybı %	TG Kalan miktar %	DTG sıcaklık °C
UF Nano %0	5,949	230	375	66	18	270
UF MgO %1	7,468	200	365	65	19	360
UF MgO %3	5,641	210	375	65	18	370
UF MgO %5	5,358	210	375	65	18	370
UF ZnO %1	8,197	210	375	63	18	370
UF ZnO %3	6,280	210	375	63	18	370
UF ZnO %5	5,052	210	375	65	17	370
UF SiO ₂ %1	5,138	210	375	66	18	360
UF SiO ₂ %3	6,150	210	375	63	18	360
UF SiO ₂ %5	4,473	210	375	70	18	360
Ortalama	5,971	211	374	65	18	356
Standart sapma	1.043,7	14,1	0,0	2,8	0,0	63,6

Tabloda görülen sonuçlarına göre; UF tutkalı grubunu ifade eden nano katkısız numuneler için yani kontrol örneklerinde analiz miktarı 5,949 mg dır. Nano katkısız numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 230°C, 2. bozunma sıcaklığı 380°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %66 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

UF tutkalı MgO %1 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 7,468 mg dır. MgO %1 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 200°C, 2. bozunma sıcaklığı 365°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %19 olarak görülmektedir.

UF tutkalı MgO %3 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 5,641 mg dır. MgO %3 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

UF tutkalı MgO %5 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 5,358 mg dır. MgO %5 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C,

birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

UF tutkalı ZnO %1 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 8,197 mg dır. ZnO %1 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %63 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

UF tutkalı ZnO %3 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 6,280 mg dır. ZnO %3 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %66 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

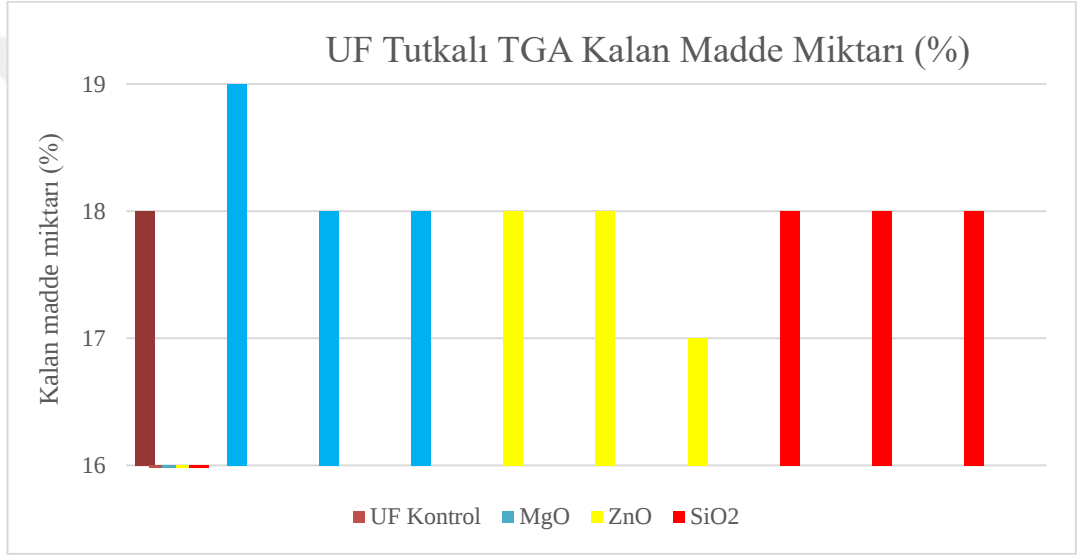
UF tutkalı ZnO %5 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 5,052 mg dır. ZnO %5 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %17 olarak görülmektedir.

UF tutkalı SiO₂ %1 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 5,138 mg dır. SiO₂ %1 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %66 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

UF tutkalı SiO₂ %3 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 6,150 mg dır. SiO₂ %3 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %63 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

UF tutkalı SiO₂ %5 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 4,473 mg dır. SiO₂ %5 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %70 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

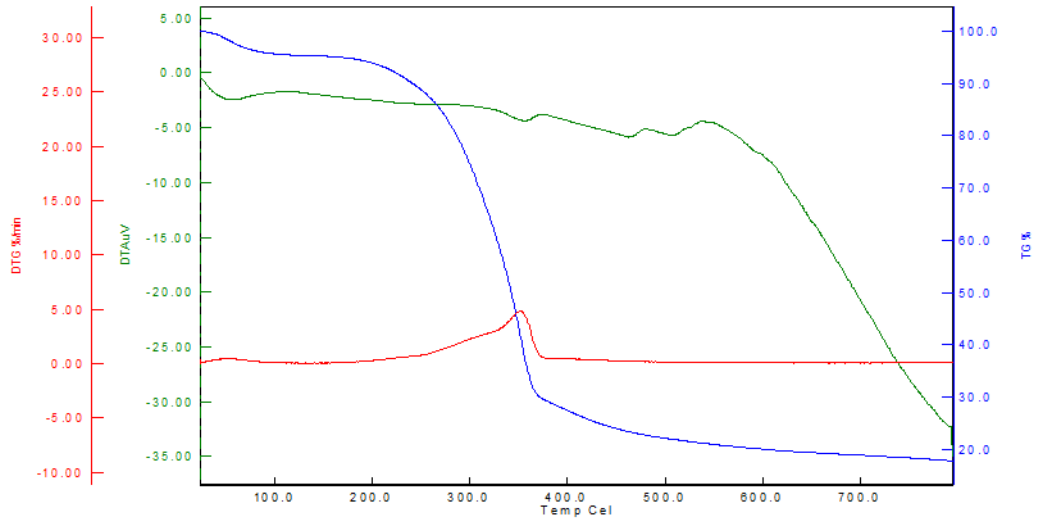
UF grubuna ait nano katkısız ve nano katkılı numunelerin TGA deneyi sonrasında kalan madde miktarları arasında karşılaştırma grafiği aşağıda Grafik 5.23’de verilmiştir.



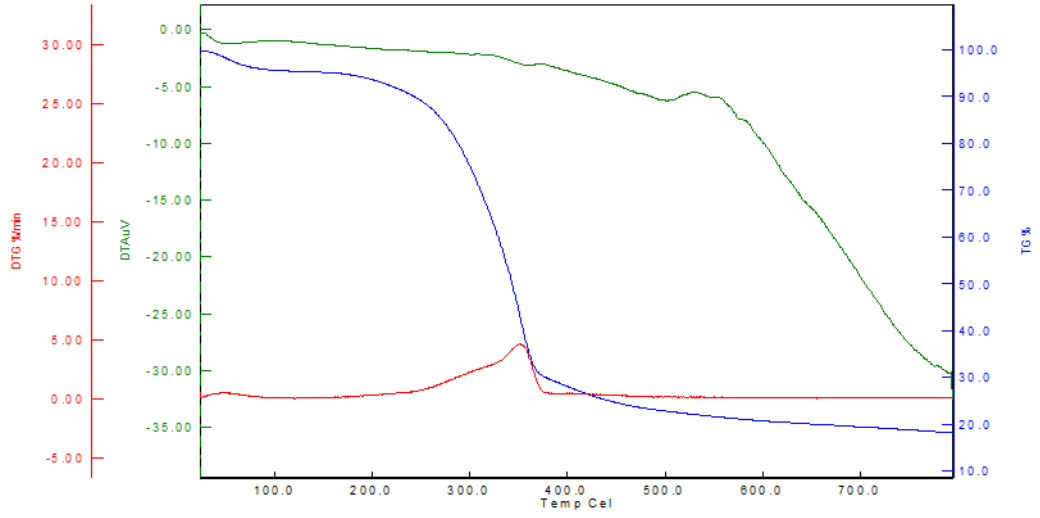
Grafik 5.23 UF tutkalı nano katkısız ve nano katkılı numunelerin TGA deneyi sonrası kalan madde miktarları karşılaştırması

UF tutkalı nano katkısız numunelerin TGA deneyi sonrasında kalan madde miktarları oranları ile nano katkı gruplarına ait numuneler incelendiğinde kalan madde miktarları oranı %17-19 arasındadır ve numuneler arasında önemli bir fark görülmemiştir.

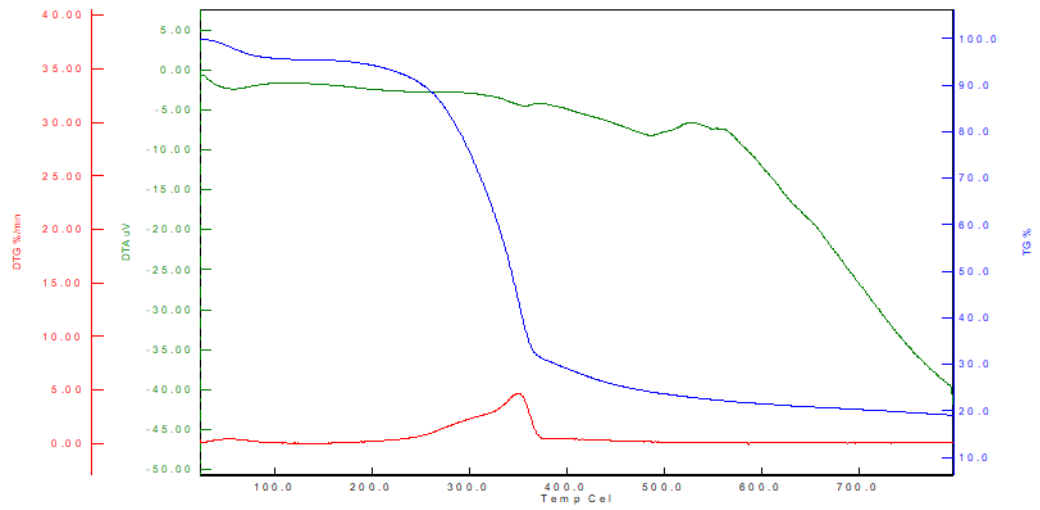
MUF tutkalı nano katkısız ve nano katkı numunelerinin TGA-DTG grafiği ise Grafik 5.24’den Grafik 5.32’e kadar gösterilmiştir.



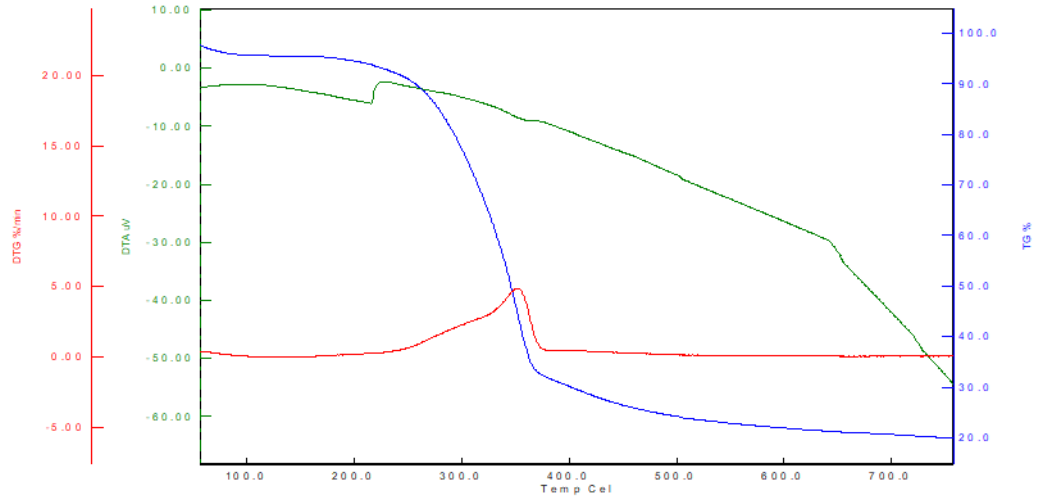
Grafik 5.24 MUF Tutkalı nano katkısız numuneler TGA analizi



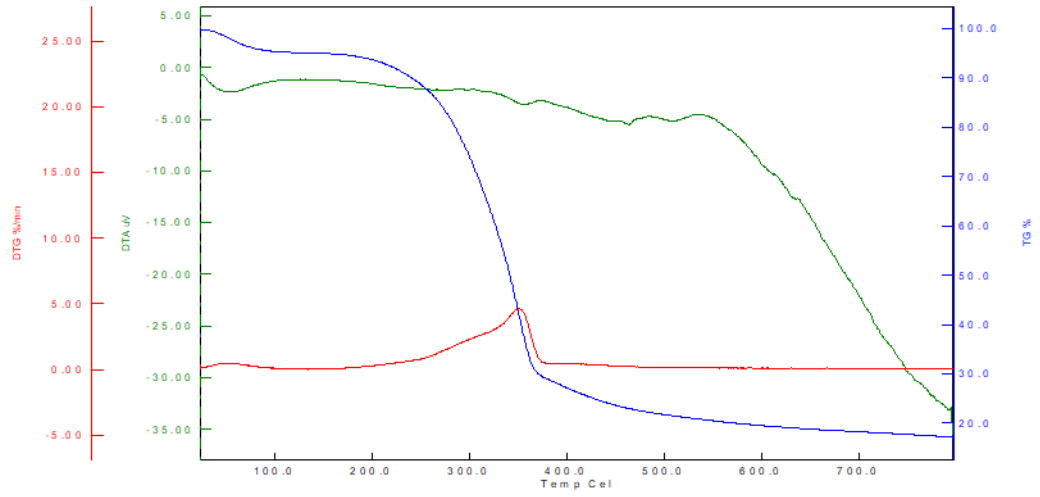
Grafik 5.25 MUF Tutkalı MgO %1 nano katkılı numune TGA analizi



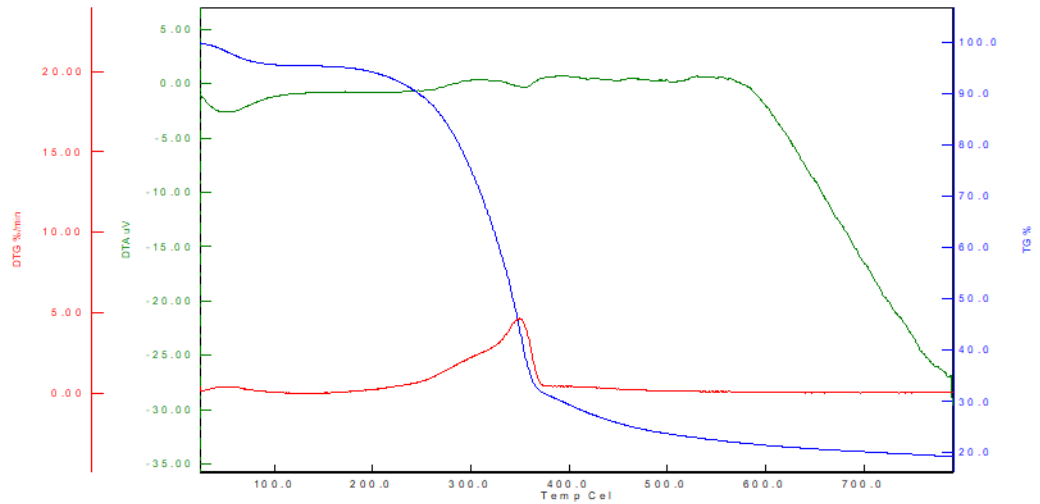
Grafik 5.26 MUF Tutkalı MgO %3 nano katkılı numune TGA analizi



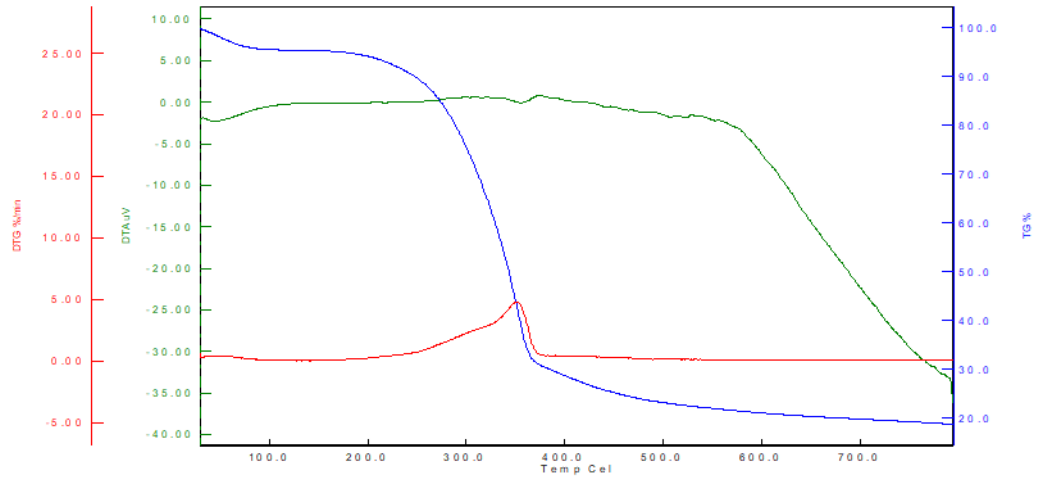
Grafik 5.27 MUF Tutkalı MgO %5 nano katkıli numune TGA analizi



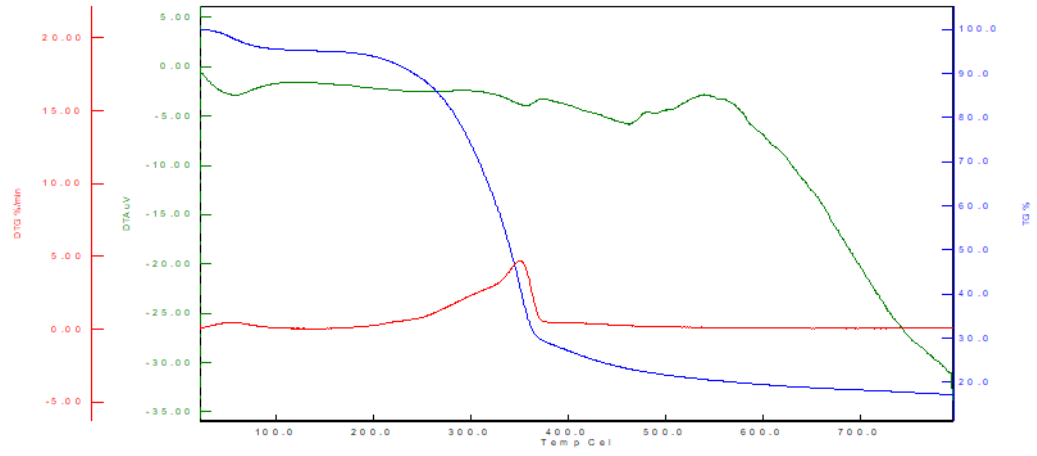
Grafik 5.28 MUF Tutkalı ZnO %1 nano katkıli numune TGA analizi



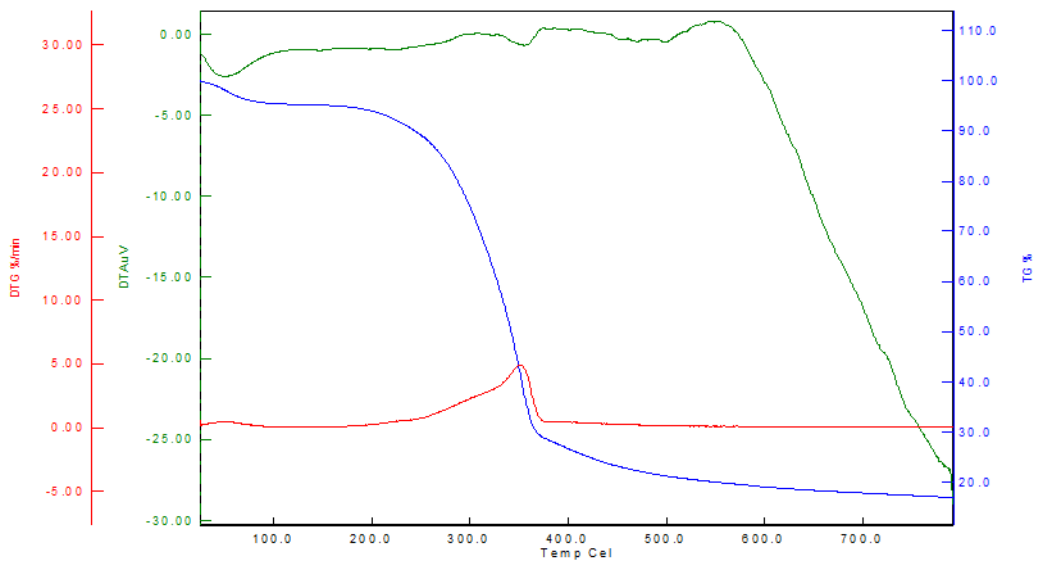
Grafik 5.29 MUF Tutkalı ZnO %3 nano katkıli TGA numune analizi



Grafik 5.30 MUF Tutkalı SiO₂ %1 nano katkılı numune TGA analizi



Grafik 5.31 MUF Tutkalı SiO₂ %3 nano katkılı numune TGA analizi



Grafik 5.32 MUF Tutkalı SiO₂ %5 nano katkılı numune TGA analizi

MUF tutkal grubu nano katkısız ve nano katkılı numunelere ait TGA analiz sonuçları aşağıda Tablo 5.15’de gösterilmiştir.

Tablo 5.15 MUF tutkalı TGA-DTG Analiz sonuçları

	Numune miktarı gr	1. Bozunma sıcaklığı °C	2. Bozunma sıcaklığı °C	TG Ağırlık kaybı %	TG Kalan miktar %	DTG sıcaklık °c
MUF Nano %0	5,833	200	375	65	18	360
MUF MgO %1	2,900	200	375	62	18	350
MUF MgO %3	6,217	210	375	61	19	360
MUF MgO %5	7,378	210	375	62	20	370
MUF ZnO %1	6,160	210	375	63	18	360
MUF ZnO %3	7,614	205	375	64	19	360
MUF ZnO %5	6,939	205	375	65	18	360
MUF SiO ₂ %1	6,515	200	375	65	19	360
MUF SiO ₂ %3	7,691	205	375	65	18	360
MUF SiO ₂ %5	6,658	200	375	65	18	360
Ortalama	6,391	205	375	64	19	360
Standart sapma	1309	4,2	0,0	1,5	0,7	4,5

Tabloda görülen TGA-DTG sonuçlarına göre; MUF tutkalı grubunu ifade eden nano katkısız numuneler için yani kontrol örneklerinde analiz miktarı 5,833 mg dır. Nano katkısız numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 200°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

MUF tutkalı MgO %1 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 2,900 mg dır. MgO %1 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 200°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %62 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

MUF tutkalı MgO %3 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 6,217 mg dır. MgO %3 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %61 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700 °C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %19 olarak görülmektedir.

MUF tutkalı MgO %5 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 7,378 mg dır. MgO %5 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375 °C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %62 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700 °C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %20 olarak görülmektedir.

MUF tutkalı ZnO %1 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 6,160 mg dır. ZnO %1 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 210°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %63 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

MUF tutkalı ZnO %3 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 7,614 mg dır. ZnO %3 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 205°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %64 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %19 olarak görülmektedir.

MUF tutkalı ZnO %5 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 6,939 mg dır. ZnO %5 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 205°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

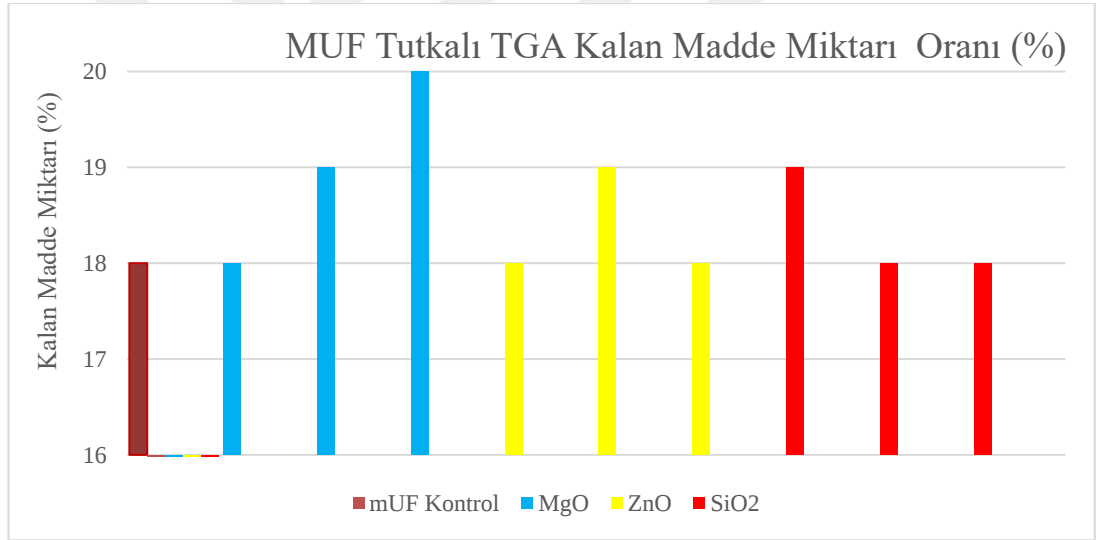
MUF tutkalı SiO₂ %1 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 6,515 mg dır. SiO₂ %1 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 200°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %19 olarak görülmektedir.

MUF tutkalı SiO₂ %3 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 7,691 mg dır. SiO₂ %3 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 205°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu

ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

MUF tutkalı SiO₂ %5 katkı oranlı numuneler için analiz miktarı 6,658 mg dır. SiO₂ %5 nano katkılı numunelerde 1. bozunma sıcaklığı 200°C, 2. bozunma sıcaklığı 375°C, birinci ve ikinci bozunma arasındaki ağırlık kaybı %65 ve termal analiz sonucu ağırlık kaybı bitiş sıcaklığı 700°C sıcaklıktan sonra kalan kül miktarı ise %18 olarak görülmektedir.

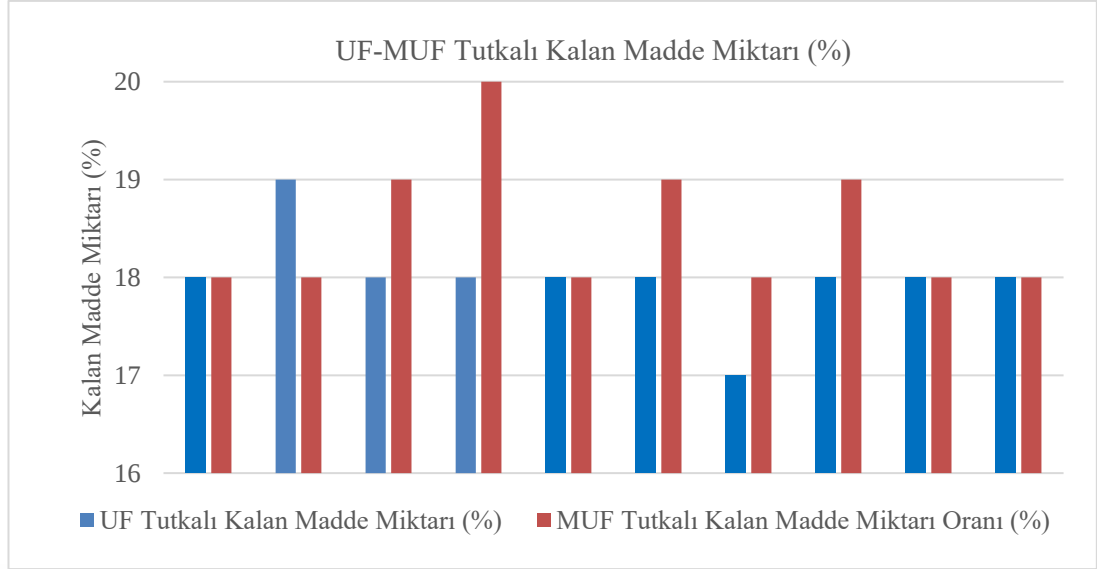
MUF grubuna ait nano katkısız ve nano katkılı numunelerin TGA deneyi sonrasında kalan madde miktarları arasında karşılaştırma grafiği aşağıda Grafik 5.33'de verilmiştir.



Grafik 5.33 MUF tutkalı nano katkısız ve nano katkılı numunelerin TGA deneyi sonrası kalan madde miktarları karşılaştırması

MUF tutkalı nano katkısız numunelerin TGA deneyi sonrasında kalan madde miktarları oranları ile nano katkı gruplarına ait numuneler incelendiğinde kalan madde miktarı oranları %18-%20 arasındadır ve numuneler arasında önemli bir fark görülmemiştir.

UF tutkalı ve MUF tutkalı katkısız ve nano katkılı numunelerin TGA deneyi sonrası kalan madde miktarı oranları için gruplar arası yapılan karşılaştırma grafiği aşağıda Grafik 5.34'de gösterilmiştir.



Grafik 5.34 UF tutkalı ve MUF tutkalı gruplar arası nano katkısız ve nano katkılı numunelerin TGA deneyi sonrası kalan madde miktarları karşılaştırması

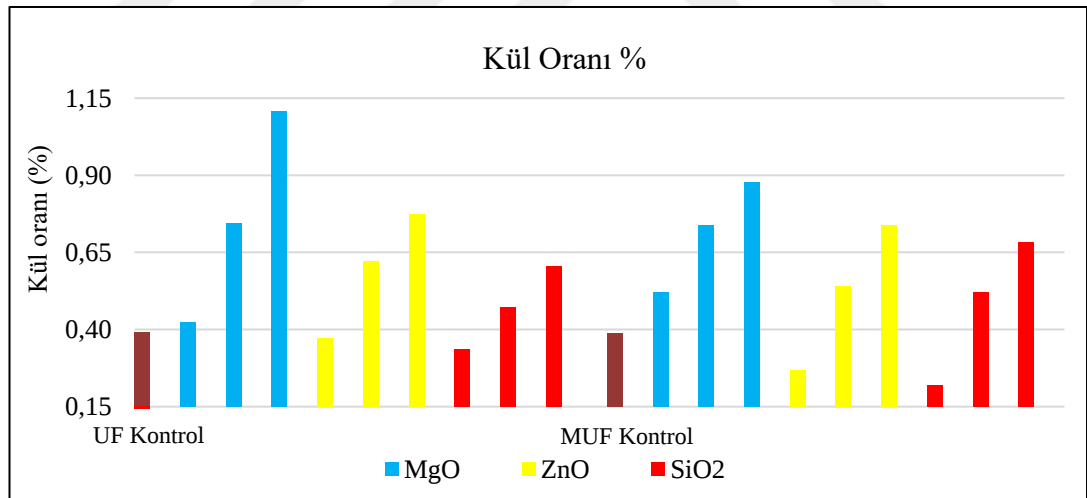
UF tutkalı ve MUF tutkalı nano katkılı olmayan numuneler gruplar arasında karşılaştırıldığında TGA deneyi sonrasında kalan madde miktarı oranı her ikisinde de %18 olarak görülmektedir. Nano katkılı gruplar arasında da karşılaştırma yapıldığında da TGA deneyi sonrasında kalan madde miktarı oranlarında önemli bir fark görülmemiştir.

5.1.7 OSB numunelerinin Kül Tayini Testi

UF tutkalı ve MUF tutkalı grupları nano katkısız kontrol numuneleri, MgO, ZnO ve SiO₂ nano katkılı ve %1, %3, %5 katkı oranlı numuneler üzerinde kül tayini testi yapılmış ve numunelerin 590 °C kül fırında 4 saat süre bekletilmesinden sonra kalan inorganik malzeme miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan kül miktarı (g) ve oranı (%) olarak aşağıda Tablo 5.16'da gösterilmiştir. Kalan kül miktarı (g) ve (%) oranlardaki değişim Grafik 5.35'de gösterilmiştir.

Tablo 5.16 Numune kül miktarı ve kül oranı değerleri

			Kül miktarı gr	Kül miktarı Standart Sapma	Kül oranı %	Kül oranı Standart Sapma
UF	Kontrol	0%	0,008	0,003	0,391	0,129
		1%	0,008	0,003	0,422	0,128
		3%	0,015	0,001	0,745	0,025
	MgO	5%	0,022	0,001	1,107	0,056
		1%	0,007	0,001	0,371	0,059
		3%	0,012	0,003	0,622	0,161
	ZnO	5%	0,015	0,002	0,774	0,076
		1%	0,007	0,003	0,337	0,128
		3%	0,009	0,002	0,472	0,078
	SiO ₂	5%	0,012	0,000	0,606	0,000
MUF	Kontrol	0%	0,008	0,001	0,390	0,061
		1%	0,010	0,002	0,522	0,104
		3%	0,015	0,005	0,739	0,240
	MgO	5%	0,017	0,004	0,877	0,181
		1%	0,005	0,002	0,269	0,077
		3%	0,011	0,002	0,540	0,118
	ZnO	5%	0,015	0,003	0,739	0,146
		1%	0,004	0,001	0,219	0,057
		3%	0,010	0,002	0,521	0,076
	SiO ₂	5%	0,014	0,001	0,685	0,064



Grafik 5.35 Numune kül tayini testinden sonra kalan kül oranı

Kül testinden elde edilen kül miktarı ağırlık değerleri değişim grafiğine göre, UF tutkalı ve MUF tutkalı nano katkısız kontrol numuneleri kül miktarları karşılaştırıldığında, kül miktarına tutkaldaki melamin içeriğinin bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır. UF tutkalı ve MUF tutkalı nano katkısız kontrol numuneleri kül miktarı ile nano katkılı numune kül miktarları karşılaştırıldığında nano katkı maddesi arttıkça kül miktarında artış görülmektedir. Numuneler arasında en fazla kül

miktarının 1,11 g olarak MgO nano katkı maddesi %5 katkı oranında olduğu grafikten anlaşılmaktadır. MgO nano katkı maddesindeki katkı oranının artışıyla beraber kül miktarı artış, diğer katkı oranının kül miktarı artışından daha yüksek olduğu görülmektedir.

5.1.8 OSB Numunelerinin Farklı Nem ve Sıcaklık Koşullarında Boyutsal Genişleme Yüzde Oranlarının Belirlenmesi

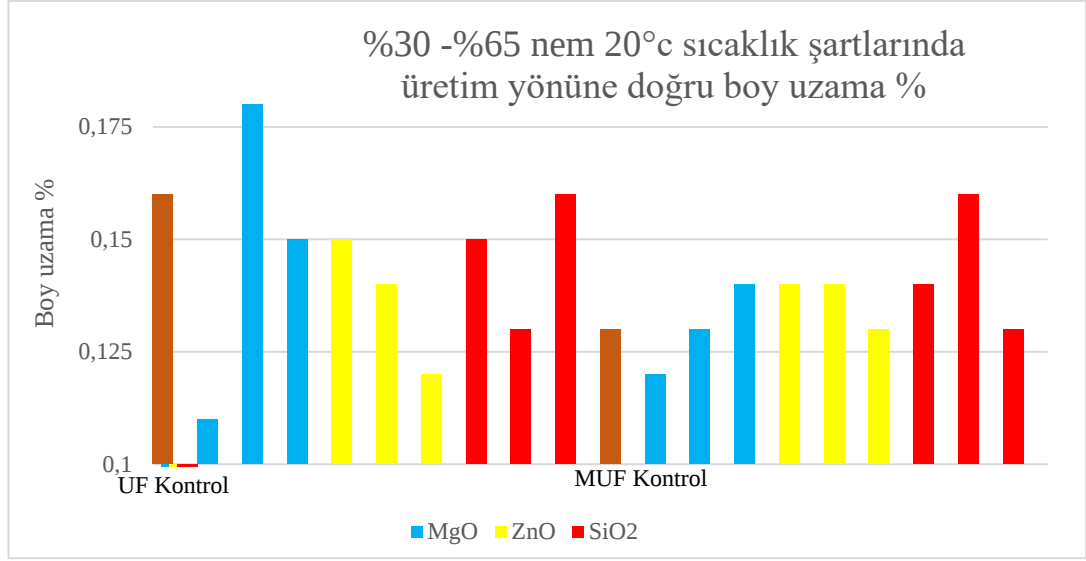
5.1.8.1 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru boylarında meydana gelen değişimin belirlenmesi

OSB numuneleri iklimlendirme odasında %30 nem 20°C sıcaklık şartlarında değişmez ağırlığa kadar bekletildikten sonra boyları, enleri ve kalınlıkları ölçülmüştür. Daha sonra iklimlendirme oda şartları %65 nem ve 20°C sıcaklık şartlarına getirilerek numuneler değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmişlerdir. Numunelerin boyu, en ve kalınlıkları ölçülmüştür. Numunelerin boylarında meydana gelen artış aşağıda Tablo 5.17’de ve boyuna uzamalarda değişimler karşılaştırma grafiği Grafik 5.36’da incelenmiştir.

Tablo 5.17 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru boylarında meydana gelen değişim sonuçları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%30 -%65 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne doğru boy uzama %
UF	0	0	0,16
UF	MgO	1	0,11
UF	MgO	3	0,18
UF	MgO	5	0,15
UF	ZnO	1	0,15
UF	ZnO	3	0,14
UF	ZnO	5	0,12
UF	SiO ₂	1	0,15
UF	SiO ₂	3	0,13
UF	SiO ₂	5	0,16
MUF	0	0	0,13
MUF	MgO	1	0,12
MUF	MgO	3	0,13
MUF	MgO	5	0,14
MUF	ZnO	1	0,14
MUF	ZnO	3	0,14
MUF	ZnO	5	0,13
MUF	SiO ₂	1	0,14
MUF	SiO ₂	3	0,16
MUF	SiO ₂	5	0,13
Ortalama			0,14
Standart sapma			0,02

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru boy uzama yüzde oranı ortalaması %0,14 standart sapmanın 0,02 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin boy uzama oranı %0,16 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boy uzama oranı %0,13 olduğu görülmektedir. MUF tutkalı nano katkısız numunelerdeki boy uzamasının hem UF tutkalı nano katkısız numunelerden daha az hem de ortalama boy uzama oranından daha az olduğu görülmektedir. Diğer gruplara ait boy uzama oranları değişimleri aşağıda karşılaştırma grafiği Grafik 5.36’da görülmektedir.



Grafik 5.36 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru boylarında meydana gelen uzama oranları

Karşılaştırma grafiğinde kontrol grupları ve nano katkı maddeleri grafikteki gibi belirtilmiş ve renklendirilmiştir. Bundan sonraki boyutsal değişim grafiklerinde simgeler aynı şekilde belirtilmiş ve renklendirilmiştir. Grafik incelendiğinde; iklimlendirme odası %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına çıkarıldığında, üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarında meydana gelen uzama oranının en az olan grubun UF tutkalı MgO nano katkı maddesi %1 katkı oranında olduğu görülmektedir. En fazla artışın ise UF tutkalı MgO nano katkı maddesi %3 oranında olduğu görülmektedir. MgO %3 nano katkı maddesinin MUF tutkalı ile üretilen numunelerde boyda uzama oranının azaldığı görülmektedir. Buradan melamin içeriğinin üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boy uzama oranını azaltmada etkili olduğu anlaşılmaktadır.

5.1.8.2 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru enlerinde meydana gelen değişimin belirlenmesi

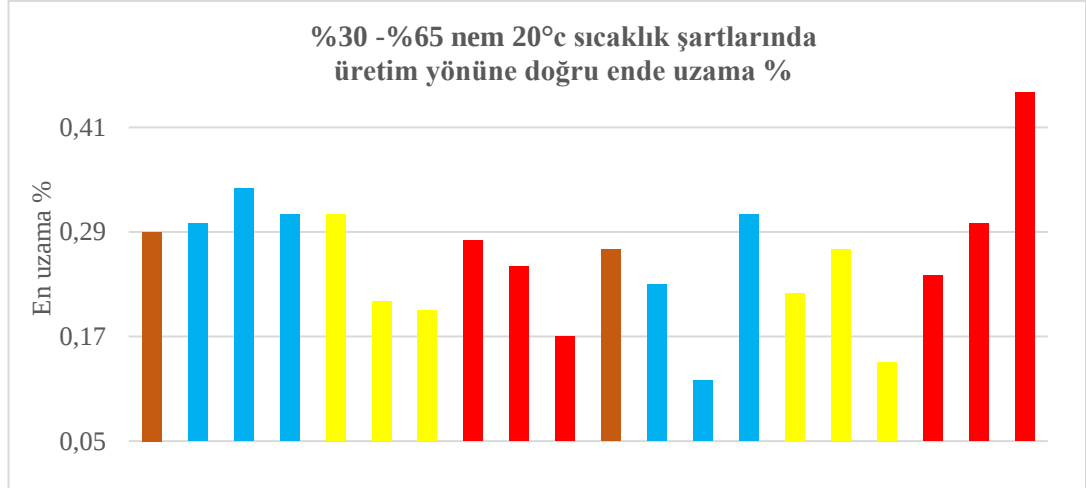
İklimlendirme odası %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne doğru kesilmiş olan OSB numunelerinin enlerinde meydana gelen uzama oranı aşağıda Tablo 5.18’de ve enine uzama oranındaki değişimler karşılaştırma grafiği Grafik 5.37’de incelenmiştir.

Tablo 5.18 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru enlerinde meydana gelen değişim sonuçları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%30 - %65 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne doğru en uzama %
UF	0	0	0,29
UF	MgO	1	0,30
UF	MgO	3	0,34
UF	MgO	5	0,31
UF	ZnO	1	0,31
UF	ZnO	3	0,21
UF	ZnO	5	0,20
UF	SiO ₂	1	0,28
UF	SiO ₂	3	0,25
UF	SiO ₂	5	0,17
MUF	0	0	0,27
MUF	MgO	1	0,23
MUF	MgO	3	0,12
MUF	MgO	5	0,31
MUF	ZnO	1	0,22
MUF	ZnO	3	0,27
MUF	ZnO	5	0,14
MUF	SiO ₂	1	0,24
MUF	SiO ₂	3	0,30
MUF	SiO ₂	5	0,50
Ortalama			0,27
Standart sapma			0,11

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru numune eninde meydana gelen uzama yüzde oranı ortalaması %0,27 standart sapmanın 0,11 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin boy uzama oranı %0,29 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boy uzama oranı %0,27 olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre; UF tutkalı ve MUF tutkalı nano katkısız boyları üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerinde meydana gelen uzama oralarının neredeyse bir biri ile aynı ve boyuna uzama oranından çok daha fazla olduğu görülmektedir.

Enine uzamada görülen değişim oranları aşağıda Grafik 5.37’de incelenmiştir.



Grafik 5.37 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru enlerinde meydana gelen uzama oranları

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde iklimlendirme odası %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına çıkarıldığında, üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerinde meydana gelen uzama oranının en az olan grubun MUF tutkalı MgO nano katkı maddesi %3 katkı oranında olduğu görülmektedir. En fazla artışın ise MUF tutkalı SiO₂ nano katkı maddesi %5 oranında olduğu görülmektedir. UF tutkalında numune eninin en az uzama oranına sahip grubun SiO₂ nano katkı, %5 katkı oranında olduğu görülmektedir.

5.1.8.3 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru kalınlıklarında meydana gelen değişimin belirlenmesi

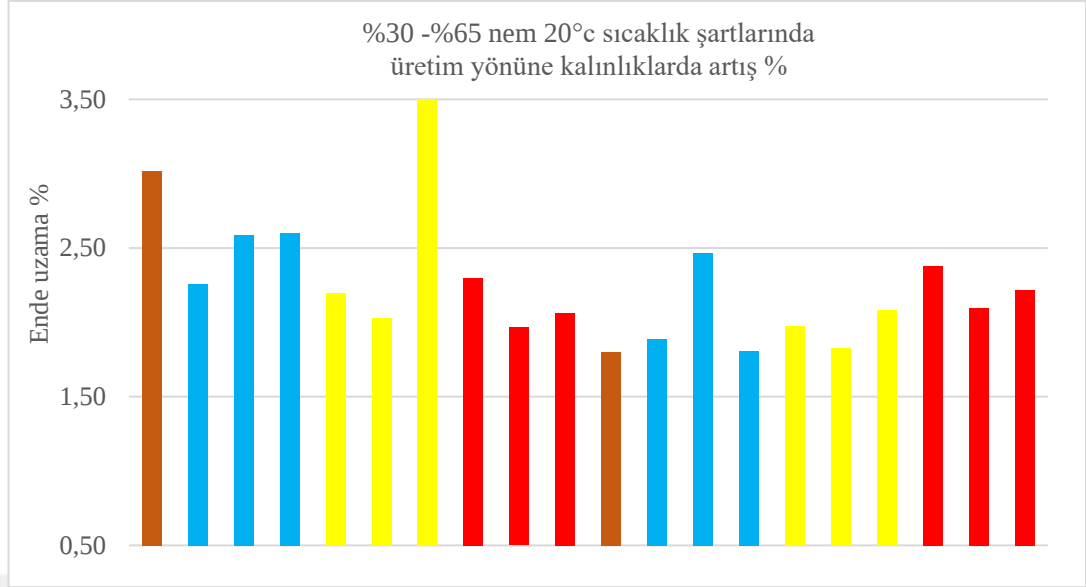
İklimlendirme odası %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne doğru kesilmiş olan OSB numunelerinin kalınlıklarında meydana gelen uzama oranı aşağıda Tablo 5.19'da ve enine uzama oranındaki değişimler karşılaştırma grafiği Grafik 5.38'de incelenmiştir.

Tablo 5.19 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru kalınlıklarında meydana gelen değişim oranı sonuçları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%30 -%65 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne doğru kalınlıklarda meydana gelen değişim oranı %
UF	0	0	3,02
UF	MgO	1	2,26
UF	MgO	3	2,59
UF	MgO	5	2,60
UF	ZnO	1	2,20
UF	ZnO	3	2,03
UF	ZnO	5	4,37
UF	SiO ₂	1	2,30
UF	SiO ₂	3	1,97
UF	SiO ₂	5	2,07
MUF	0	0	1,80
MUF	MgO	1	1,89
MUF	MgO	3	2,47
MUF	MgO	5	1,81
MUF	ZnO	1	1,98
MUF	ZnO	3	1,83
MUF	ZnO	5	2,09
MUF	SiO ₂	1	2,38
MUF	SiO ₂	3	2,10
MUF	SiO ₂	5	2,22
Ortalama			2,30
Standart sapma			0,58

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru numunenin kalınlığında meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %2,3 standart sapmanın ise 0,58 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %3,02 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %1,80 olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre; MUF tutkalı nano katkısız üretim yönüne doru kesilen numunelerde kalınlık artışının %60 oranında azaldığı görülmektedir. Melamin içeriğinin nemli ortamda numunenin kalınlık artışını azalmasında olumlu etkisi olduğu anlaşılmaktadır.

Kalınlık artış oranındaki değişimin görüldüğü karşılaştırma grafiği aşağıda Grafik 5.38'de görülmektedir.



Grafik 5.38 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kalınlıklarında meydana gelen artış oranları

Üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklarında meydana gelen artış oranı grafiğinde MUF tutkalı kontrol numuneleri kalınlıklarındaki artış oranı UF tutkalı kontrol grubu numuneleri kalınlık artış oranından daha az geldiği görülmektedir. Bu duruma melamin içeriğinin etken olduğu düşünülmektedir. Kalınlık artışı oranının en az olan grubun MUF tutkalı kontrol grubunda MgO nano katkı %5 nano katkı oranında, MUF tutkalı ZnO nano katkı maddesi %3 katkı oranında olduğu görülmektedir. En fazla kalınlık artışın ise UF tutkalı ZnO nano katkı maddesi %5 katkı oranında olduğu görülmektedir.

5.1.8.4 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin boyunda meydana gelen değişimin belirlenmesi

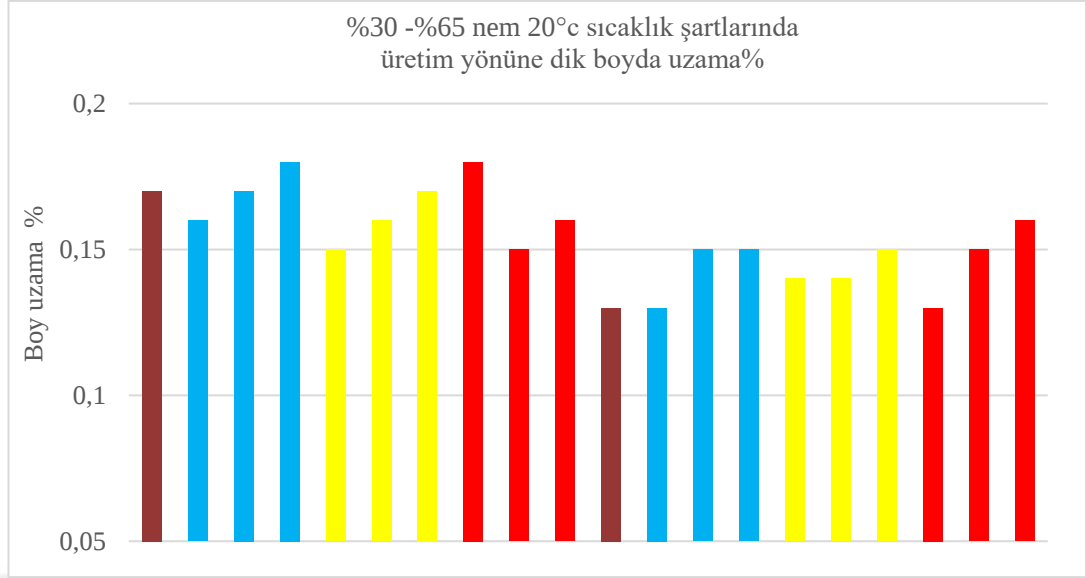
İklimlendirme odası %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin boylarında meydana gelen uzama oranı aşağıda Tablo 5.20’de ve boyuna uzama oranındaki değişimler karşılaştırma grafiği Grafik 5.39’da incelenmiştir.

Tablo 5.20 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik boylarında meydana gelen artış oranı değişim sonuçları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%30 -%65 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne dik boydaki uzama %
UF	0	0	0,17
UF	MgO	1	0,16
UF	MgO	3	0,17
UF	MgO	5	0,18
UF	ZnO	1	0,15
UF	ZnO	3	0,16
UF	ZnO	5	0,17
UF	SiO ₂	1	0,18
UF	SiO ₂	3	0,15
UF	SiO ₂	5	0,16
MUF	0	0	0,13
MUF	MgO	1	0,13
MUF	MgO	3	0,15
MUF	MgO	5	0,15
MUF	ZnO	1	0,14
MUF	ZnO	3	0,14
MUF	ZnO	5	0,15
MUF	SiO ₂	1	0,13
MUF	SiO ₂	3	0,15
MUF	SiO ₂	5	0,16
Ortalama			0,15
Standart sapma			0,02

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin boyunda meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %0,15 standart sapmanın ise 0,02 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %0,17 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %0,13 olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre; UF tutkalı nano katkısız üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerde boyuna artışının tüm grupların ortalama artış oranından daha fazla olduğu, MUF tutkalı nano katkısız numunelerdeki boyuna artış oranının ise ortalamadan daha düşük olduğu görülmüştür.

Üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boyuna artış oranlardaki değişim grafiği aşağıda Grafik 5.39’da görülmektedir.



Grafik 5.39 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarındaki artış oranları

Üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarında meydana gelen artış oranı, en az olan grupların MUF tutkalı nano katkısız numuneler MgO %1 ve SiO₂ %1 nano katkı oranındaki numuneler olduğu grafikte görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerdeki uzama ile MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boy uzaması kontrol edildiğinde UF tutkalı numunelerin üretim yönüne dik boy uzama yüzdesindeki artışın daha fazla olduğu görülmektedir.

5.1.8.5 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin eninde meydana gelen değişimin belirlenmesi

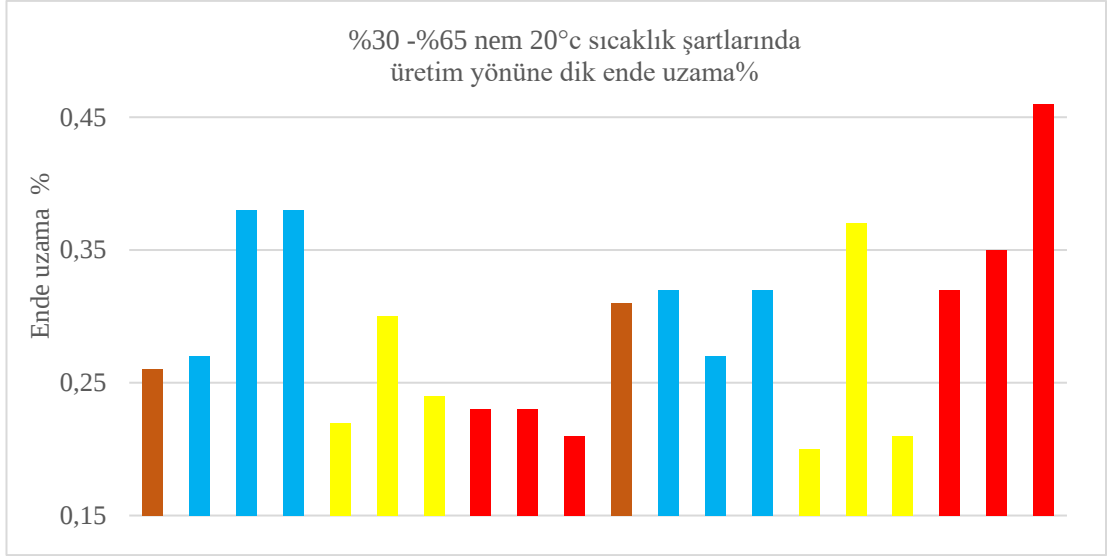
İklimlendirme odası %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin enlerinde meydana gelen uzama oranı aşağıda Tablo 5.21’de ve enine uzama oranındaki değişimler karşılaştırma grafiği Grafik 5.40’da incelenmiştir.

Tablo 5.21 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik enlerinde meydana gelen artış oranı değişim sonuçları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%30 -%65 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne dik endeki uzama %
UF	0	0	0,26
UF	MgO	1	0,27
UF	MgO	3	0,38
UF	MgO	5	0,38
UF	ZnO	1	0,22
UF	ZnO	3	0,30
UF	ZnO	5	0,24
UF	SiO ₂	1	0,23
UF	SiO ₂	3	0,23
UF	SiO ₂	5	0,21
MUF	0	0	0,31
MUF	MgO	1	0,32
MUF	MgO	3	0,27
MUF	MgO	5	0,32
MUF	ZnO	1	0,20
MUF	ZnO	3	0,37
MUF	ZnO	5	0,21
MUF	SiO ₂	1	0,32
MUF	SiO ₂	3	0,35
MUF	SiO ₂	5	0,46
Ortalama			0,29
Standart sapma			0,07

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin eninde meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %0,29 standart sapmanın ise 0,07 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %0,26 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %0,31 olarak tüm grupların ortalama değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

Üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enine artış oranlardaki değişim grafiği aşağıda Grafik 5.40’da görülmektedir.



Grafik 5.40 %30 nem-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enindeki artış oranları

Üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde meydana gelen artış oranı, en az olan grupların UF tutkalı SiO₂ nano katkı maddesi %5 nano katkı oranında, MUF tutkalı ZnO nano katkı maddesi %1 ve %5 katkı oranlı numuneler olduğu görülmektedir.

5.1.8.6 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında meydana gelen artışların belirlenmesi

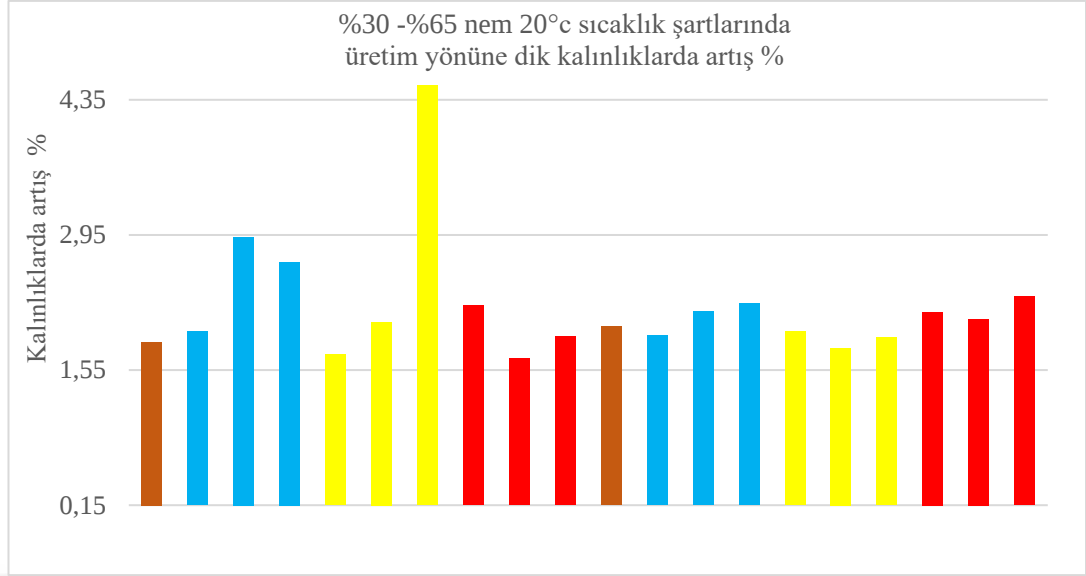
İklimlendirme odası %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin kalınlıklarında meydana gelen artış oranı aşağıda Tablo 5.22’de ve kalınlıktaki artış oranındaki değişimler için karşılaştırma grafiği Grafik 5.41’da incelenmiştir.

Tablo 5.22 %30 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik kalınlıklarında meydana gelen artış oranı değişim sonuçları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%30 -%65 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne dik kalınlıklardaki artış %
UF	0	0	1,84
UF	MgO	1	1,95
UF	MgO	3	2,93
UF	MgO	5	2,67
UF	ZnO	1	1,71
UF	ZnO	3	2,05
UF	ZnO	5	4,51
UF	SiO ₂	1	2,22
UF	SiO ₂	3	1,67
UF	SiO ₂	5	1,90
MUF	0	0	2,00
MUF	MgO	1	1,91
MUF	MgO	3	2,16
MUF	MgO	5	2,24
MUF	ZnO	1	1,95
MUF	ZnO	3	1,78
MUF	ZnO	5	1,89
MUF	SiO ₂	1	2,15
MUF	SiO ₂	3	2,08
MUF	SiO ₂	5	2,31
Ortalama			2,19
Standart sapma			0,62

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %2,19 standart sapmanın ise 0,62 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %1,84 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %2,0 olarak tüm grupların ortalama değerlerinin altında olduğu görülmektedir.

Üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlık artış oranlardaki değişim grafiği aşağıda Grafik 5.41’da görülmektedir.



Grafik 5.41 %30-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlık artış oranları

Üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarında meydana gelen artış oranı, en az olan gruplar UF tutkalı SiO₂ nano katkı maddesi %1 ve %3 nano katkı oranında, en fazla artışın ise UF tutkalı ZnO nano katkı maddesi %5 ve MgO nano katkı maddesi %3 katkı oranlı numunelerde olduğu görülmektedir.

5.1.8.7 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin boyunda meydana gelen artışların belirlenmesi

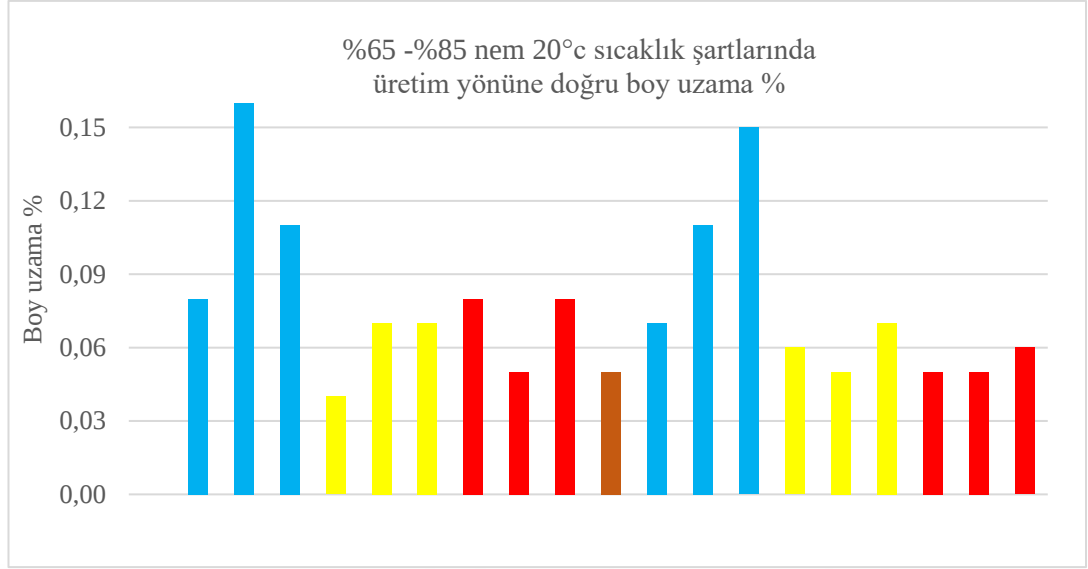
İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne doğru olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin boylarında meydana gelen artış oranı aşağıda Tablo 5.23’de ve boydaki artış oranındaki değişimler için karşılaştırma grafiği Grafik 5.42’de incelenmiştir.

Tablo 5.23 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru boylarda meydana gelen artış oranı değişim sonuçları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65 -%85 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne numune boy uzama %
UF	0	0	0,08
UF	MgO	1	0,08
UF	MgO	3	0,16
UF	MgO	5	0,11
UF	ZnO	1	0,04
UF	ZnO	3	0,07
UF	ZnO	5	0,07
UF	SiO ₂	1	0,08
UF	SiO ₂	3	0,05
UF	SiO ₂	5	0,08
MUF	0	0	0,05
MUF	MgO	1	0,07
MUF	MgO	3	0,11
MUF	MgO	5	0,15
MUF	ZnO	1	0,06
MUF	ZnO	3	0,05
MUF	ZnO	5	0,07
MUF	SiO ₂	1	0,05
MUF	SiO ₂	3	0,05
MUF	SiO ₂	5	0,06
Ortalama			0,07
Standart sapma			0,03

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunenin boylarında meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %0,07 standart sapmanın ise 0,03 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %0,08 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %0,05 olarak tüm grupların ortalama değerlerinin altında olduğu görülmektedir.

Üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarındaki artış oranlardaki değişim grafiği aşağıda Grafik 5.42’de görülmektedir.



Grafik 5.42 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boy uzama oranları

Üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarında meydana gelen artış oranı, %30 nemden %65 nem şartlarına getirilen numunelerin boylarındaki artış oranından daha az olduğu görülmektedir. Boyları en az uzama gösteren gruplar UF tutkalı SiO₂ %3 ve ZnO %1 nano katkı oranlarında ve MUF tutkalı SiO₂ %1, %3 ve ZnO %3 nano katkı oranlarında olduğu görülmektedir. En fazla artışın ise UF tutkalı MgO %1, %5 ve MUF tutkalı MgO %3 ve %5 oranlarındaki numunelerde olduğu görülmektedir. Sonuçlara göre; SiO₂ ve ZnO katkı maddelerinin numune boy uzama oranlarını azalmasında, MgO nano katkı maddesinin ise numune boy uzama oranının artışına etki ettiği görülmektedir.

5.1.8.8 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin eninde meydana gelen artışların belirlenmesi

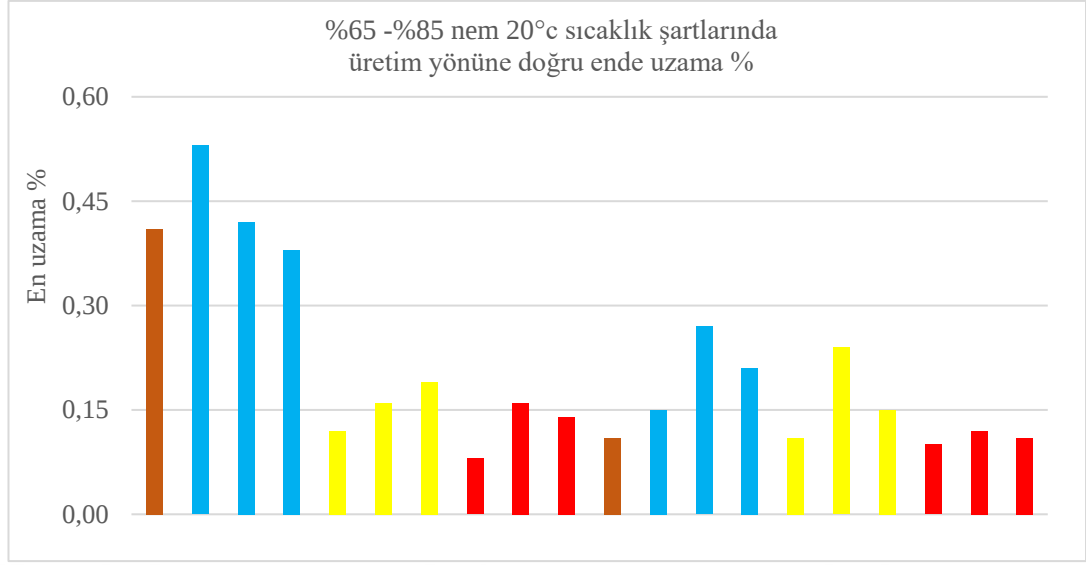
İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne doğru olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin enlerinde meydana gelen artış oranı aşağıda Tablo 5.24’de ve endeki artış oranındaki değişimler için karşılaştırma grafiği Grafik 5.43’de incelenmiştir.

Tablo 5.24 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru enlerde meydana gelen artış oranı değişim sonuçları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65 -%85 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne numune en uzama %
UF	0	0	0,41
UF	MgO	1	0,53
UF	MgO	3	0,42
UF	MgO	5	0,38
UF	ZnO	1	0,12
UF	ZnO	3	0,16
UF	ZnO	5	0,19
UF	SiO ₂	1	0,08
UF	SiO ₂	3	0,16
UF	SiO ₂	5	0,14
MUF	0	0	0,11
MUF	MgO	1	0,15
MUF	MgO	3	0,27
MUF	MgO	5	0,21
MUF	ZnO	1	0,11
MUF	ZnO	3	0,24
MUF	ZnO	5	0,15
MUF	SiO ₂	1	0,10
MUF	SiO ₂	3	0,12
MUF	SiO ₂	5	0,11
Ortalama			0,21
Standart sapma			0,13

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunenin enlerinde meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %0,21 standart sapmanın ise 0,13 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %0,41 ve tüm grupların ortalama oranının üzerinde olduğu, MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %0,11 olarak tüm grupların ortalama değerlerinin altında olduğu görülmektedir. Tablodaki değerlere göre; melamin içeriğinin numunenin üretim yönüne doğru en artışı oranını azaltmada etkili olduğu görülmektedir.

Üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerindeki artış oranlardaki değişim grafiği aşağıda Grafik 5.43’de görülmektedir.



Grafik 5.43 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin en uzama oranları

Karşılaştırma grafiğinde değişim oranları incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerinde meydana gelen artış oranı en az UF ve MUF tutkalı SiO₂ %1 katkı oranında olduğu, MUF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerindeki artış oranının ortalamadan daha düşük olduğu görülmektedir. Üretim yönüne doğru numune eninde meydana gelen en fazla artış oranı UF tutkalı nano katkısız numunelerde ve MgO %1 nano katkı oranında olduğu görülmektedir.

5.1.8.9 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin kalınlıklarında meydana gelen artışların belirlenmesi

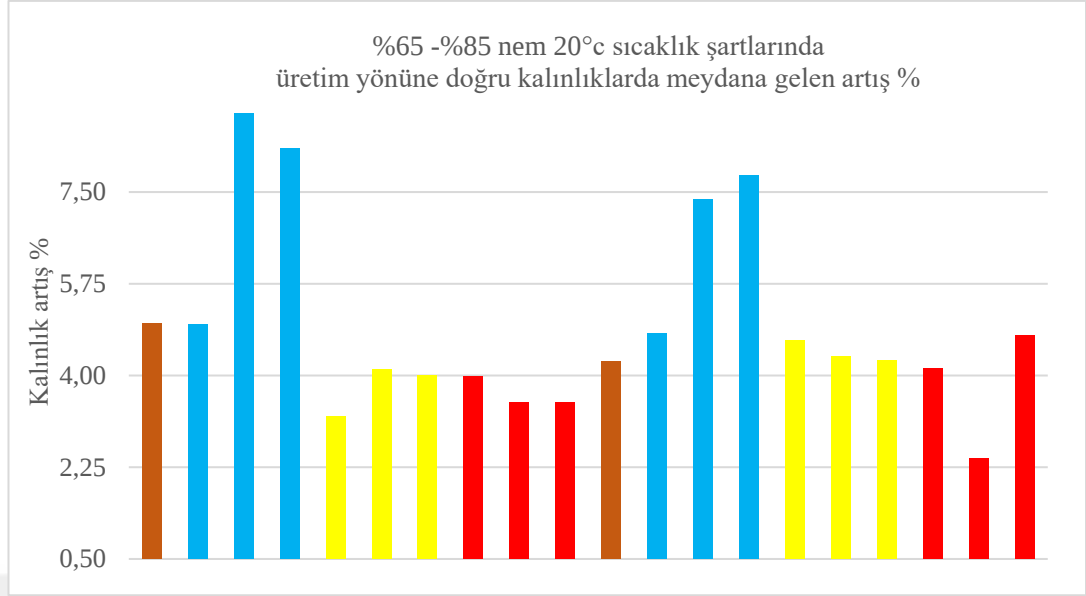
İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne doğru olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin kalınlıklarında meydana gelen artış oranı aşağıda Tablo 5.25’de ve kalınlıklardaki artış oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.44’de incelenmiştir.

Tablo 5.25 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune kalınlıklarında meydana gelen artış oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65 -%85 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretim yönüne numune kalınlık artış oranı %
UF	0	0	4,99
UF	MgO	1	4,98
UF	MgO	3	9,46
UF	MgO	5	8,34
UF	ZnO	1	3,22
UF	ZnO	3	4,11
UF	ZnO	5	4,01
UF	SiO2	1	3,98
UF	SiO2	3	3,49
UF	SiO2	5	3,48
MUF	0	0	4,27
MUF	MgO	1	4,80
MUF	MgO	3	7,36
MUF	MgO	5	7,81
MUF	ZnO	1	4,66
MUF	ZnO	3	4,37
MUF	ZnO	5	4,28
MUF	SiO2	1	4,14
MUF	SiO2	3	2,41
MUF	SiO2	5	4,77
Ortalama			4,94
Standart sapma			1,84

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunenin kalınlıklarında meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %4,94 standart sapmanın ise 1,84 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %4,99 ve tüm grupların ortalama oranının üzerinde olduğu, MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %4,27 olarak tüm grupların ortalama değerlerinin altında olduğu görülmektedir. Tablodaki değerlere göre; melamin içeriğinin numunenin üretim yönüne doğru kalınlık artışı oranını azaltmada etkili olduğu görülmektedir.

Üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklarındaki artış oranı değişim grafiği Grafik 5.44’de görülmektedir.



Grafik 5.44 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlık artışı oranları

Karşılaştırma grafiğinde değişim oranları incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklarında meydana gelen artış oranı en az MUF tutkalı SiO₂ %3 katkı oranında olduğu, MUF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerindeki artış oranının ortalamadan daha düşük olduğu görülmektedir. Üretim yönüne doğru numune kalınlıklarında meydana gelen en fazla artış oranı UF tutkalı MgO %3, %5 ve MUF tutkalı MgO %3 ve %5 katkı oranlarında olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre; MgO nano katkı maddesinin hem UF tutkalında hem de MUF tutkalında numune üretim yönüne doğru kesildiğinde kalınlıktaki artış oranına olumsuz etki yaptığı görülmektedir.

5.1.8.10 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin boylarındaki artış oranlarının belirlenmesi

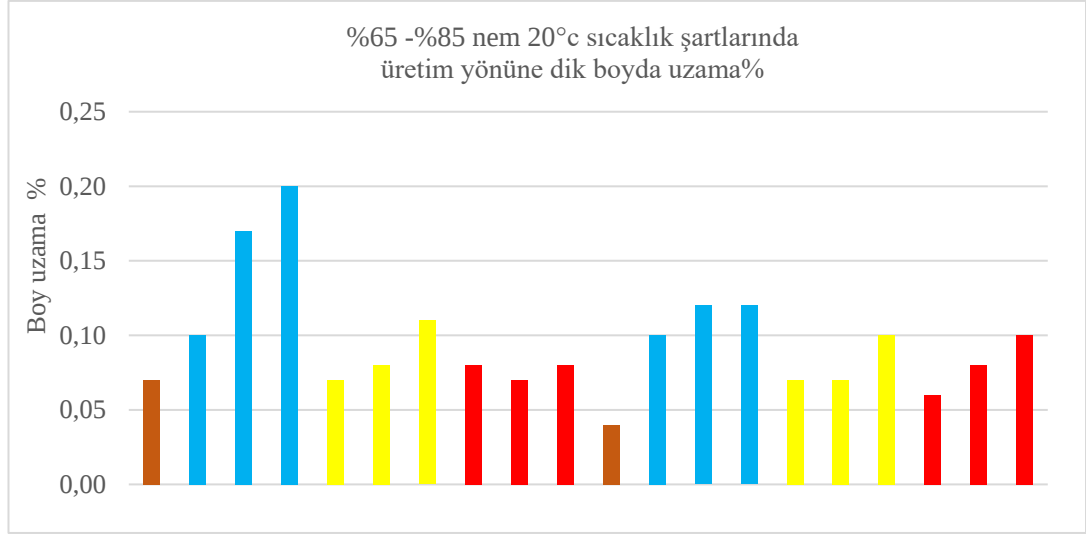
İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, boyları üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin boylarında meydana gelen artış oranı aşağıda Tablo 5.26'da ve boydaki artış oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.45'de incelenmiştir.

Tablo 5.26 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik olarak numune boylarında meydana gelen artış oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65 -%85 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretime dik numunenin boy uzama oranı %
UF	0	0	0,07
UF	MgO	1	0,10
UF	MgO	3	0,17
UF	MgO	5	0,20
UF	ZnO	1	0,07
UF	ZnO	3	0,08
UF	ZnO	5	0,11
UF	SiO ₂	1	0,08
UF	SiO ₂	3	0,07
UF	SiO ₂	5	0,08
MUF	0	0	0,04
MUF	MgO	1	0,10
MUF	MgO	3	0,12
MUF	MgO	5	0,12
MUF	ZnO	1	0,07
MUF	ZnO	3	0,07
MUF	ZnO	5	0,10
MUF	SiO ₂	1	0,06
MUF	SiO ₂	3	0,08
MUF	SiO ₂	5	0,10
Ortalama			0,09
Standart sapma			0,04

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin boylarında meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %0,09 standart sapmanın ise 0,04 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin boy artış oranı %0,07 olarak tüm grupların ortalama oranının altındadır. MUF tutkalı nano katkısız numunelerinde boy artış oranı %0,04 olarak tüm grupların ortalama değerlerinin altında ve değer olarak UF tutkalı nano katkısız numunelerinden hemen hemen yarı yarıya kadar daha az boy artışı oranı olduğu görülmektedir. Tablodaki değerlere göre; tüm grupların üretim yönüne dik olarak boylarındaki artış oranının çok az olduğu görülmektedir.

Üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarındaki artış oranı değişim grafiği Grafik 5.45’de görülmektedir.



Grafik 5.45 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boy artış oranları

Karşılaştırma grafiğinde değişim oranları incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarında meydana gelen artış oranı en az MUF tutkalı nano katkısız numunelerde %0,04 olarak gerçekleşmiştir. Numune boylarında en fazla artış oranı UF tutkalı MgO %3 ve %5 katkı oranlarında, sırasıyla %0,17 ve %0,20 olarak gerçekleşmiştir. Grafik incelendiğinde üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boy artışı en fazla UF ve MUF tutkalı, MgO nano katkı maddesinde gerçekleşmiş ve MgO nano katkı oranı arttıkça boyda artış oranı fazlalaşmıştır. MgO nano katkı maddesinin numunenin boyuna uzama artış oranına olumsuz etki ettiği söylenebilir.

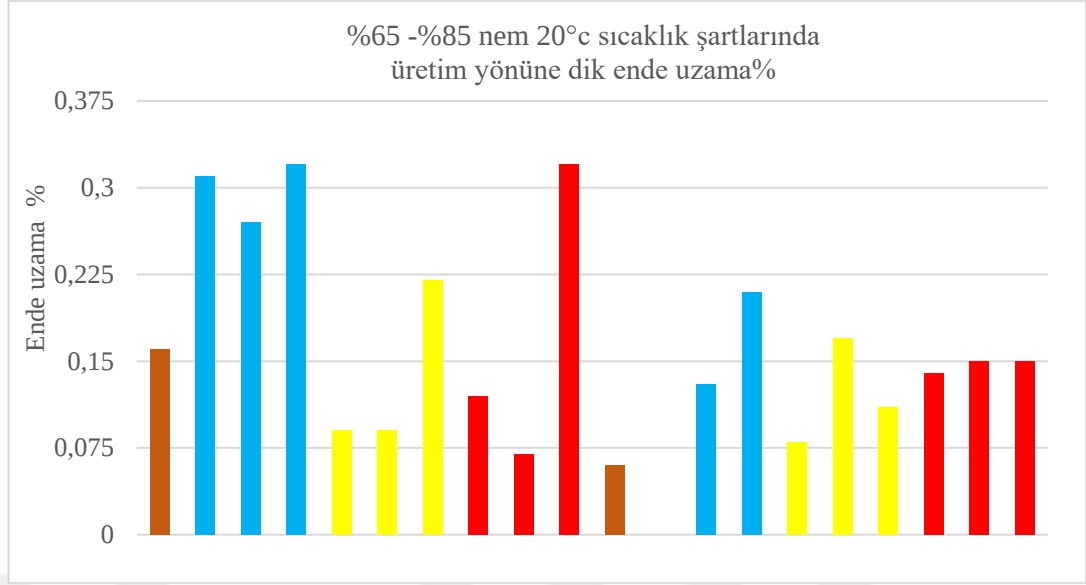
5.1.8.11 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin enlerinde artış oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin enlerinde meydana gelen artış oranı aşağıda Tablo 5.27’de ve endeki artış oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.46’da incelenmiştir.

Tablo 5.27 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik olarak numune enlerinde meydana gelen artış oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65 -%85 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretime dik numunenin en uzama oranı %
UF	0	0	0,16
UF	MgO	1	0,31
UF	MgO	3	0,27
UF	MgO	5	0,32
UF	ZnO	1	0,09
UF	ZnO	3	0,09
UF	ZnO	5	0,22
UF	SiO ₂	1	0,12
UF	SiO ₂	3	0,07
UF	SiO ₂	5	0,32
MUF	0	0	0,06
MUF	MgO	1	0,00
MUF	MgO	3	0,13
MUF	MgO	5	0,21
MUF	ZnO	1	0,08
MUF	ZnO	3	0,17
MUF	ZnO	5	0,11
MUF	SiO ₂	1	0,14
MUF	SiO ₂	3	0,15
MUF	SiO ₂	5	0,15
Ortalama			0,16
Standart sapma			0,09

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin enlerinde meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %0,16 standart sapmanın ise 0,09 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin en artış oranı %0,16 olarak tüm grupların ortalama değerinin üzerinde oranı olduğu görülmektedir. MUF tutkalı nano katkısız numunelerinde boy artış oranı %0,06 olarak tüm grupların ortalama değerlerinin altında ve değer olarak UF tutkalı nano katkısız numuneleri en artış oranının %40'ı kadar daha az en artışı oranı olduğu görülmektedir. Numunelerin enlerindeki artış oranı değişim grafiği Grafik 5.46'da görülmektedir.



Grafik 5.46 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin en artış oranları değişimi

Karşılaştırma grafiğinde değişim oranları incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde meydana gelen artış oranı en az MUF tutkalı nano katkısız numunelerde ve MUF tutkalı MgO %1 katkı oranında görülmektedir. En fazla en artış oranı ise UF tutkalı MgO %1, %3, %5 nano katkı oranları, SiO₂ %5 ve ZnO %5 nano katkı oranlarında gerçekleşmiştir. Bu sonuçlara göre; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerindeki uzama artışı oranına UF tutkalı ve MgO nano katkı maddesi numunelerin enlerindeki artış oranına olumsuz etki göstermiştir.

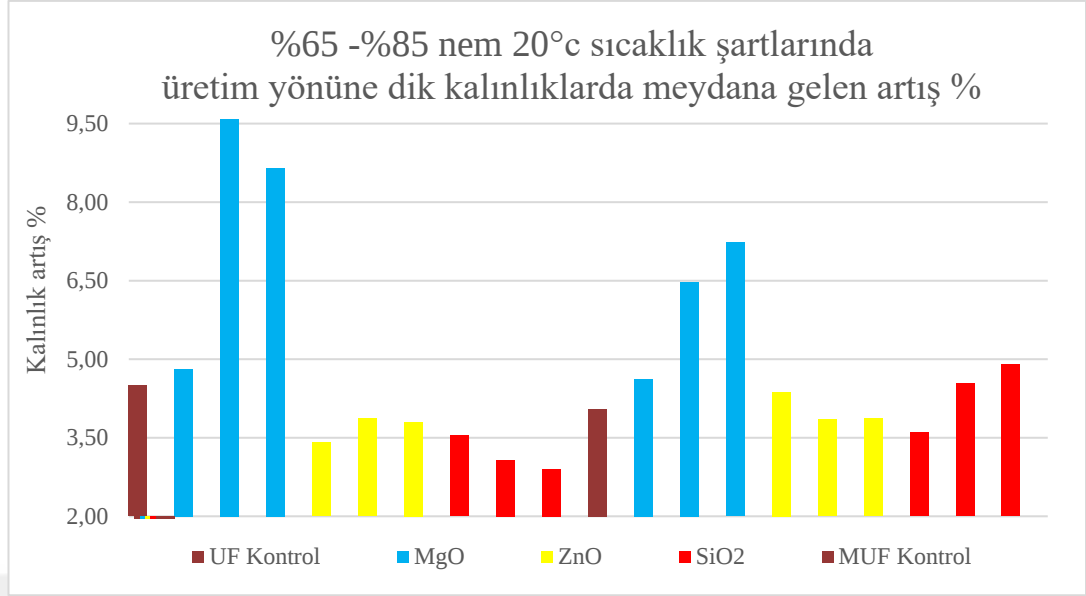
5.1.8.12 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında artış oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin kalınlıklarında meydana gelen artış oranı aşağıda Tablo 5.28’de ve kalınlık artış oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.47’de incelenmiştir.

Tablo 5.28 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %85 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik olarak numune kalınlıklarında meydana gelen artış oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65 -%85 nem 20°C sıcaklık şartlarında üretime dik numunenin kalınlık artış oranı %
UF	0	0	4,50
UF	MgO	1	4,81
UF	MgO	3	9,59
UF	MgO	5	8,65
UF	ZnO	1	3,41
UF	ZnO	3	3,87
UF	ZnO	5	3,80
UF	SiO ₂	1	3,54
UF	SiO ₂	3	3,08
UF	SiO ₂	5	2,90
MUF	0	0	4,05
MUF	MgO	1	4,62
MUF	MgO	3	6,48
MUF	MgO	5	7,23
MUF	ZnO	1	4,37
MUF	ZnO	3	3,85
MUF	ZnO	5	3,87
MUF	SiO ₂	1	3,60
MUF	SiO ₂	3	4,54
MUF	SiO ₂	5	4,90
Ortalama			4,78
Standart sapma			1,81

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında meydana gelen artış yüzde oranı ortalaması %4,73 standart sapmanın ise 1,81 olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık artış oranı %4,5 olarak tüm grupların ortalama değerinin altında olduğu görülmektedir. MUF tutkalı nano katkısız numunelerinde kalınlık artış oranı %4,05 olarak tüm grupların ortalama değerlerinin altında ve değer olarak UF tutkalı nano katkısız numuneleri kalınlık artış oranında düşük fakat birbirine yakın olduğu görülmektedir. Numunelerin kalınlıklarındaki artış oranı değişim grafiği Grafik 5.47’de görülmektedir.



Grafik 5.47 %65-%85 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlık artış oranları değişimi

Karşılaştırma grafiğinde değişim oranları incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarında meydana gelen artış oranı en az olduğu grup, UF tutkalı SiO₂ %3 ve %5'te olduğu görülmektedir. UF ve MUF tutkalı SiO₂ ve ZnO nano katkı maddelerinde UF nano katkısız ve MgO nano katkılı numunelerden daha az bir kalınlık artışı olduğu görülmektedir. En fazla kalınlık artışı UF ve MUF tutkalı MgO nano katkılı numunelerde olduğu görülmektedir.

5.1.9 OSB Numunelerinin Farklı Nem ve Sıcaklık Koşullarında Boyutsal Daralma Yüzde Oranlarının Belirlenmesi

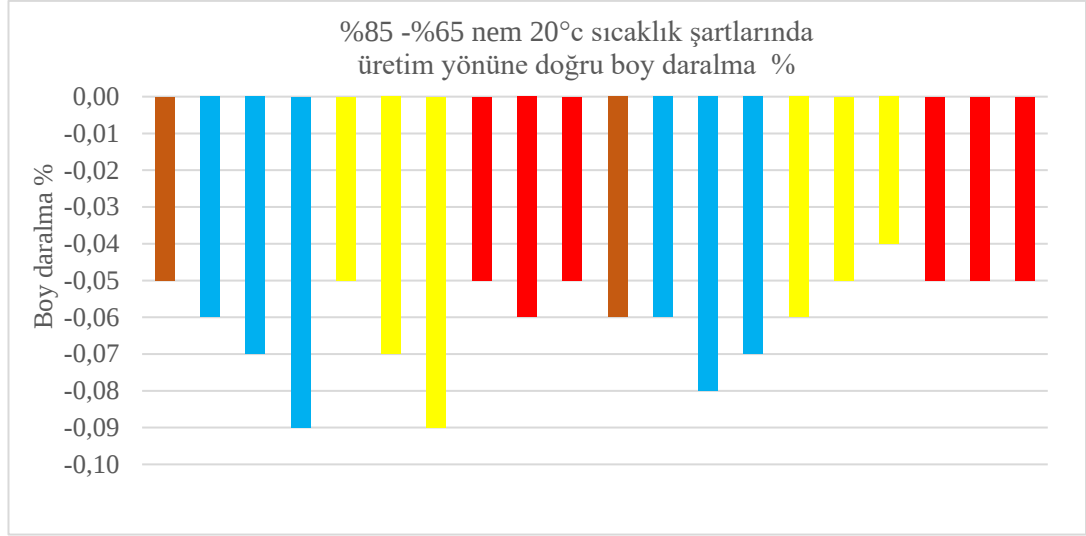
5.1.9.1 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin boylarındaki daralma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne doğru kesilmiş olan OSB numunelerinin boylarında meydana gelen daralma oranı aşağıda Tablo 5.29'da ve daralma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.48'de incelenmiştir.

Tablo 5.29 iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune boylarında meydana gelen daralma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%85 - %65 Üretim yönü Boyuna Daralma oranı %
UF	0	0	-0,05
UF	MgO	1	-0,06
UF	MgO	3	-0,07
UF	MgO	5	-0,09
UF	ZnO	1	-0,05
UF	ZnO	3	-0,07
UF	ZnO	5	-0,09
UF	SiO ₂	1	-0,05
UF	SiO ₂	3	-0,06
UF	SiO ₂	5	-0,05
MUF	0	0	-0,06
MUF	MgO	1	-0,06
MUF	MgO	3	-0,08
MUF	MgO	5	-0,07
MUF	ZnO	1	-0,06
MUF	ZnO	3	-0,05
MUF	ZnO	5	-0,04
MUF	SiO ₂	1	-0,05
MUF	SiO ₂	3	-0,05
MUF	SiO ₂	5	-0,05
Ortalama			-0,06
Standart sapma			0,01

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarındaki daralma oranı tüm gruplar için - % 0,06 ve standart sapma değeri 0,01 dir. UF ve MUF nano katkısız numunelerin boylarında daralma oranı aynı ve ortalamada gerçekleşmiştir. Gruplar arasında boylarda daralma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.48’de incelenmiştir.



Grafik 5.48 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarındaki daralma oranları değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; boyda en az daralma oranı olan numunenin MUF tutkalı ZnO nano katkı maddesi %3, %5 katkı oranlarında ve UF tutkalı SiO₂ %1 ve MUF tutkalı SiO₂ %3 katkı oranında olduğu görülmektedir. En fazla daralma ise UF tutkalı MgO %5 katkı oranı ve ZnO %5 katkı oranında olduğu görülmektedir.

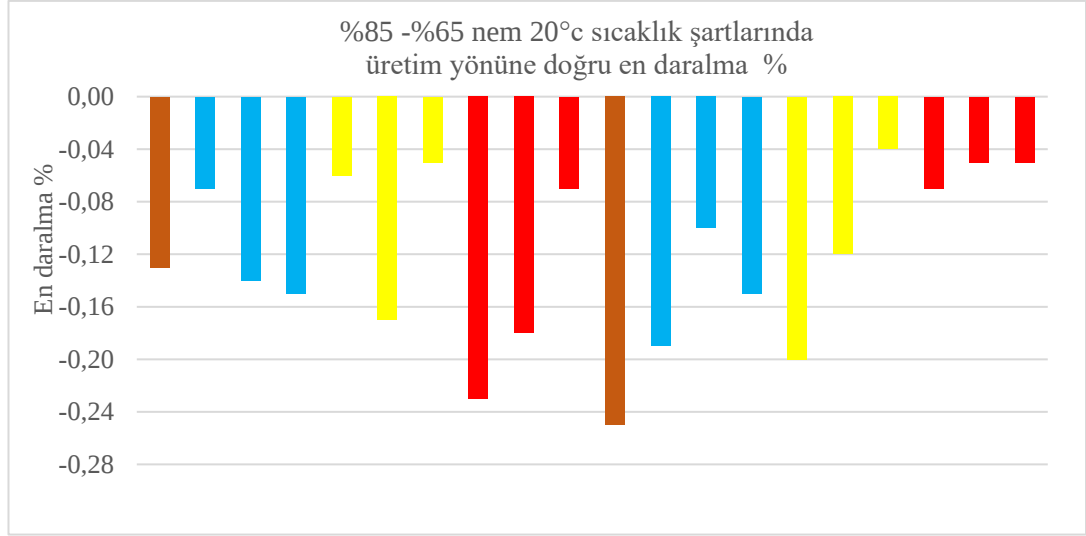
5.1.9.2 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin enlerindeki daralma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne doğru kesilmiş olan OSB numunelerinin enlerinde meydana gelen daralma oranı aşağıda Tablo 5.30'da ve daralma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.49'da incelenmiştir.

Tablo 5.30 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune enlerinde meydana gelen daralma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%85 - %65 Üretim yönü En Daralma oranı %
UF	0	0	-0,13
UF	MgO	1	-0,07
UF	MgO	3	-0,14
UF	MgO	5	-0,15
UF	ZnO	1	-0,06
UF	ZnO	3	-0,17
UF	ZnO	5	-0,05
UF	SiO ₂	1	-0,23
UF	SiO ₂	3	-0,18
UF	SiO ₂	5	-0,07
MUF	0	0	-0,25
MUF	MgO	1	-0,19
MUF	MgO	3	-0,10
MUF	MgO	5	-0,15
MUF	ZnO	1	-0,20
MUF	ZnO	3	-0,12
MUF	ZnO	5	-0,04
MUF	SiO ₂	1	-0,07
MUF	SiO ₂	3	-0,05
MUF	SiO ₂	5	-0,05
Ortalama			-0,12
Standart sapma			0,07

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerindeki daralma oranı tüm gruplar için - % 0,12 ve standart sapma değeri 0,07 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin enine daralma oranı - %0,13 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin enine daralma oranı -%0,25 ile numune enleri UF tutkalı nano katkısız numuneleri en daralmasına göre iki kat fazla olmuştur. Gruplar arasında boylarda daralma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.48’de incelenmiştir.



Grafik 5.49 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerinde daralma oranlarının değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; enlerde en az daralma oranı olan numunenin MUF tutkalı ZnO %5 katkı oranında olduğu, en fazla daralmanın ise UF tutkalı SiO₂ %1 katkı oranında olduğu görülmektedir. Grafikteki dağılıma göre MUF tutkalı SiO₂ nano katkı maddesinin üretim yönüne doğru numunenin enine daralmasına olumlu etki yaptığı görülmektedir.

Tomak vd., (2020) SiO₂ esaslı iki farklı yöntemle işlem görmüş odunlarda daralma etkisinin incelendiği araştırmada sol-jel 1 ile işlem görmüş odunda %26, sol-jel 2 ile muamele edilmiş odunlarda %35 oranında boyutsal daralmada azalma görülmüştür.

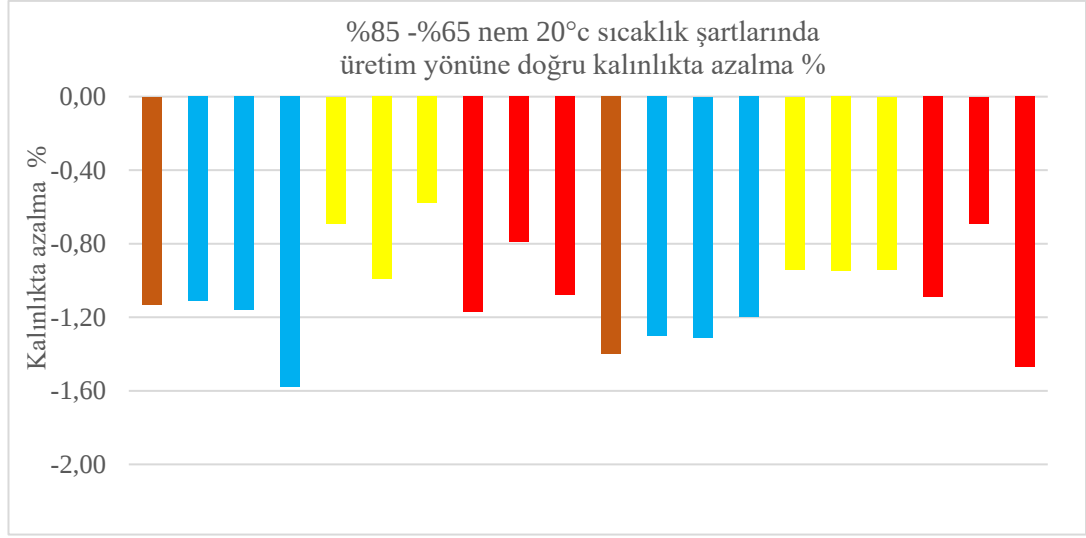
5.1.9.3 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretim yönüne doğru kesilen numunenin kalınlıklarında azalma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne doğru kesilmiş olan OSB numunelerinin kalınlıklarında meydana gelen azalma oranı aşağıda Tablo 5.31’de ve daralma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.50’de incelenmiştir.

Tablo 5.31 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune kalınlıklarında meydana gelen azalma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%85 - %65 Üretim yönü Kalınlıkta azalma oranı %
UF	0	0	-1,13
UF	MgO	1	-1,11
UF	MgO	3	-1,16
UF	MgO	5	-1,58
UF	ZnO	1	-0,69
UF	ZnO	3	-0,99
UF	ZnO	5	-0,58
UF	SiO ₂	1	-1,17
UF	SiO ₂	3	-0,79
UF	SiO ₂	5	-1,08
MUF	0	0	-1,40
MUF	MgO	1	-1,30
MUF	MgO	3	-1,31
MUF	MgO	5	-1,20
MUF	ZnO	1	-0,94
MUF	ZnO	3	-0,95
MUF	ZnO	5	-0,94
MUF	SiO ₂	1	-1,09
MUF	SiO ₂	3	-0,69
MUF	SiO ₂	5	-1,47
Ortalama			-1,08
Standart sapma			0,27

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklardaki azalma oranı tüm gruplar için ortalama - % 1,08 ve standart sapma değeri 0,27 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık azalma oranı - %1,13 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık azalma oranı -%1,40 dır. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlıklarında azalma oranları birbirine yakın ve tüm grupların ortalamasının üzerindedir. Gruplar arasında kalınlık azalma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.50’de incelenmiştir.



Grafik 5.50 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklarında azalma oranlarının değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; kalınlıklarda en az azalma oranının numunenin MUF tutkalı ZnO %5 katkı oranında olduğu, en fazla artış oranının ise UF tutkalı MgO %5 ve MUF tutkalı SiO₂ %5 katkı oranında olduğu görülmektedir. Grafikteki dağılıma göre; ZnO nano katkı maddesinin üretim yönüne doğru numunenin kalınlık azlama oranına olumlu etki yaptığı, MgO nano katkı maddesinin ise olumsuz etki yaptığı görülmektedir.

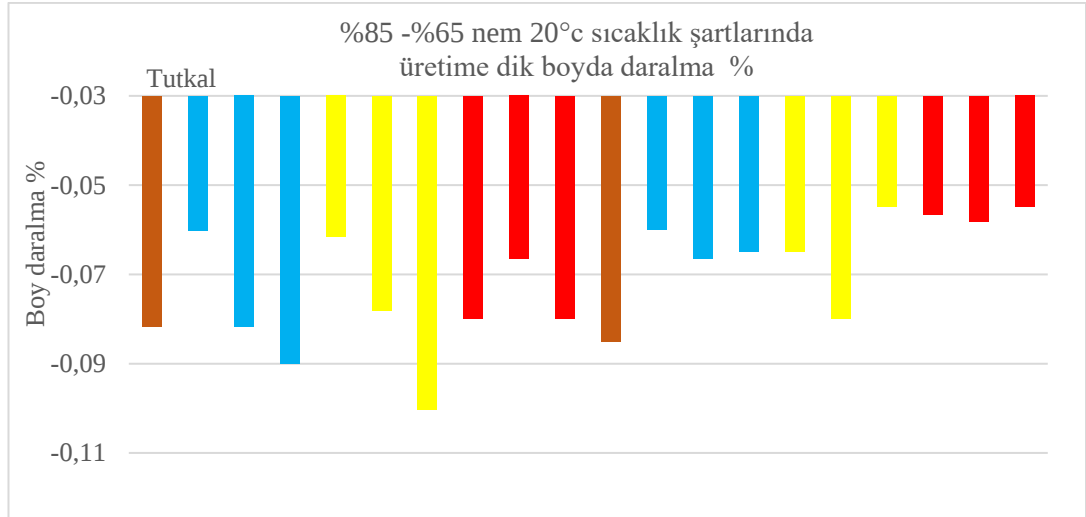
5.1.9.4 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime dik olarak kesilen numunenin boylarında daralma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin boylarında meydana gelen daralma oranı aşağıda Tablo 5.32’de ve daralma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.51’de incelenmiştir.

Tablo 5.32 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretime dik olarak numune boylarında meydana gelen daralma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%85 - %65 Üretime dik olarak kesilen Numunenin boyuna daralma oranı %
UF	0	0	-0,08
UF	MgO	1	-0,06
UF	MgO	3	-0,08
UF	MgO	5	-0,09
UF	ZnO	1	-0,06
UF	ZnO	3	-0,08
UF	ZnO	5	-0,10
UF	SiO ₂	1	-0,08
UF	SiO ₂	3	-0,07
UF	SiO ₂	5	-0,08
MUF	0	0	-0,08
MUF	MgO	1	-0,06
MUF	MgO	3	-0,07
MUF	MgO	5	-0,06
MUF	ZnO	1	-0,06
MUF	ZnO	3	-0,08
MUF	ZnO	5	-0,05
MUF	SiO ₂	1	-0,06
MUF	SiO ₂	3	-0,06
MUF	SiO ₂	5	-0,05
Ortalama			-0,07
Standart sapma			0,01

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarında daralma oranı tüm gruplar için ortalama - % 0,07 ve standart sapma değeri 0,01 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin boy daralma oranı - %0,08 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boy daralma oranı -%0,08 ile UF tutkalı ile aynı gelmiştir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boylarında daralma oranı tüm grupların ortalama daralma oranından fazla gelmiştir. Gruplar arasında boylarda daralma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.51’de incelenmiştir.



Grafik 5.51 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarında daralma oranlarının değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; numune boylarında daralma oranı en az MUF tutkalı ZnO ve SiO₂ %5 katkı oranında olduğu görülmektedir. Boylarda en fazla daralma oranının ise UF tutkalı ZnO %5 katkı oranında olduğu görülmektedir.

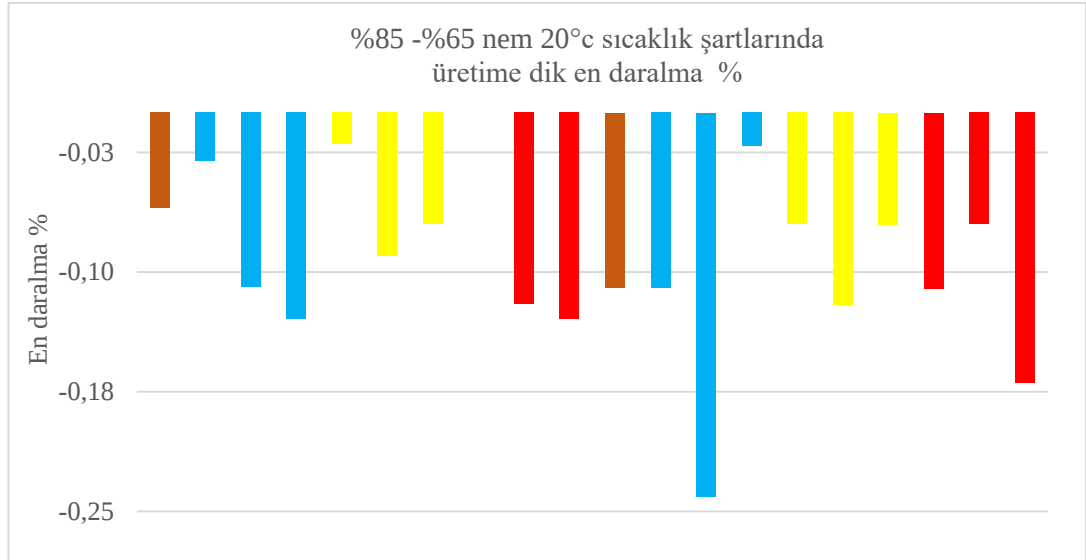
5.1.9.5 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime dik olarak kesilen numunenin enlerinde daralma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin enlerinde meydana gelen daralma oranı aşağıda Tablo 5.33’de ve daralma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.52’de incelenmiştir.

Tablo 5.33 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretime dik olarak numune enlerinde meydana gelen daralma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%85 - %65 Üretime dik kesilen numunenin enine daralma oranı %
UF	0	0	-0,06
UF	MgO	1	-0,03
UF	MgO	3	-0,11
UF	MgO	5	-0,13
UF	ZnO	1	-0,02
UF	ZnO	3	-0,09
UF	ZnO	5	-0,07
UF	SiO ₂	1	0,00
UF	SiO ₂	3	-0,12
UF	SiO ₂	5	-0,13
MUF	0	0	-0,11
MUF	MgO	1	-0,11
MUF	MgO	3	-0,24
MUF	MgO	5	-0,02
MUF	ZnO	1	-0,07
MUF	ZnO	3	-0,12
MUF	ZnO	5	-0,07
MUF	SiO ₂	1	-0,11
MUF	SiO ₂	3	-0,07
MUF	SiO ₂	5	-0,17
Ortalama			-0,09
Standart sapma			0,06

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde meydana gelen daralma oranı tüm gruplar için ortalama - % 0,09 ve standart sapma değeri 0,06 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin en daralma oranı - %0,06 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin en daralma oranı -%0,11 dir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerinde daralma oranı tüm grupların ortalama daralma oranından daha az gelmiştir. Fakat, MUF tutkalı nano katkısız numunelerin ende daralma oranı UF tutkalı numunelerine göre yaklaşık iki kat daha fazla olmuştur. Gruplar arasında boylarda daralma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.52’de incelenmiştir.



Grafik 5.52 %85-%65 nem 20°c sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde daralma oranlarının değişimi

Karşılaştırma grafiğinde kontrol grupları karşılaştırıldığında UF tutkalı nano kontrol gruplarında ender daralma oranı MUF tutkalı kontrol gruplarında daralmadan daha az olduğu görülmektedir. En çok olduğu gruplar UF tutkalı MgO ve SiO₂ nano katkılı %3 ve %5 nano katkı oranında ve MUF tutkalı MgO nano katkılı %3 katkı oranında ve SiO₂ nano katkılı %5 katkı oranında görülmektedir.

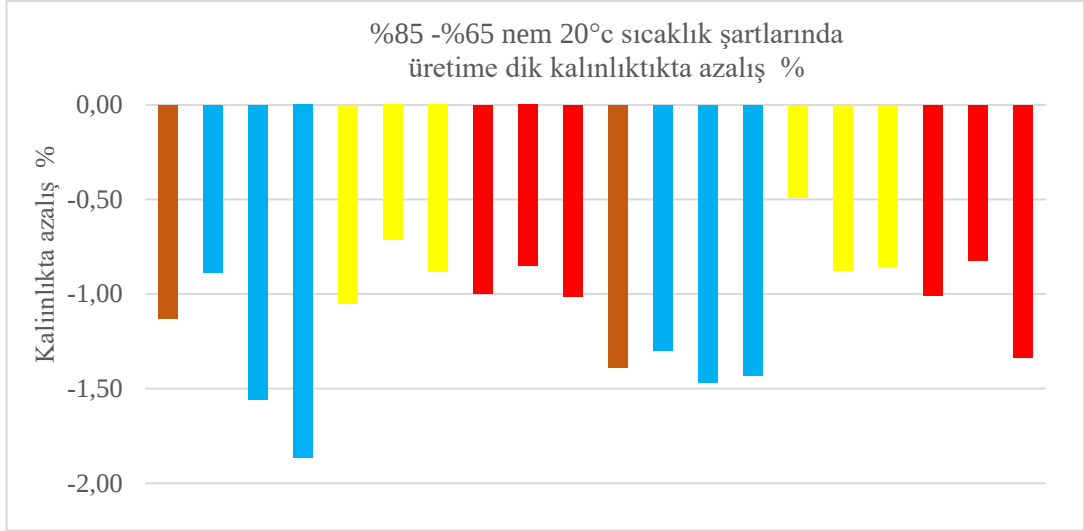
5.1.9.6 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında azalma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin kalınlıklarında meydana gelen azalış oranı aşağıda Tablo 5.34’de ve azalış oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.53’de incelenmiştir.

Tablo 5.34 %85 nem 20°C sıcaklık şartlarından %65 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretime dik olarak numune kalınlıklardaki azalış oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%85 - %65 Üretime dik numune kalınlıklarında azalış oranı %
UF	0	0	-1,13
UF	MgO	1	-0,89
UF	MgO	3	-1,56
UF	MgO	5	-1,87
UF	ZnO	1	-1,05
UF	ZnO	3	-0,71
UF	ZnO	5	-0,88
UF	SiO ₂	1	-1,00
UF	SiO ₂	3	-0,85
UF	SiO ₂	5	-1,01
MUF	0	0	-1,39
MUF	MgO	1	-1,30
MUF	MgO	3	-1,47
MUF	MgO	5	-1,43
MUF	ZnO	1	-0,49
MUF	ZnO	3	-0,87
MUF	ZnO	5	-0,85
MUF	SiO ₂	1	-1,01
MUF	SiO ₂	3	-0,82
MUF	SiO ₂	5	-1,33
Ortalama			-1,10
Standart sapma			0,33

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarında meydana gelen azalış oranı tüm gruplar için ortalama - % 1,10 ve standart sapma değeri 0,33 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık azalış - %1,13 MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlık azalış oranı -%1,39 dir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlıklarındaki azalma oranı tüm grupların ortalama daralma oranından daha fazla ve birbirine yakın gelmiştir. Gruplar arasında kalınlık azalış oranı değişimi aşağıda Grafik 5.53’de incelenmiştir.



Grafik 5.53 %85-%65 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarındaki azalış oranlarının değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilmiş numunelerin kalınlıklarında azalış oranı en az olan grup MUF tutkalı ZnO %1 katkı oranında, azalış oranı en fazla olan grubun UF tutkalı MgO %3 ve %5 olduğu görülmektedir.

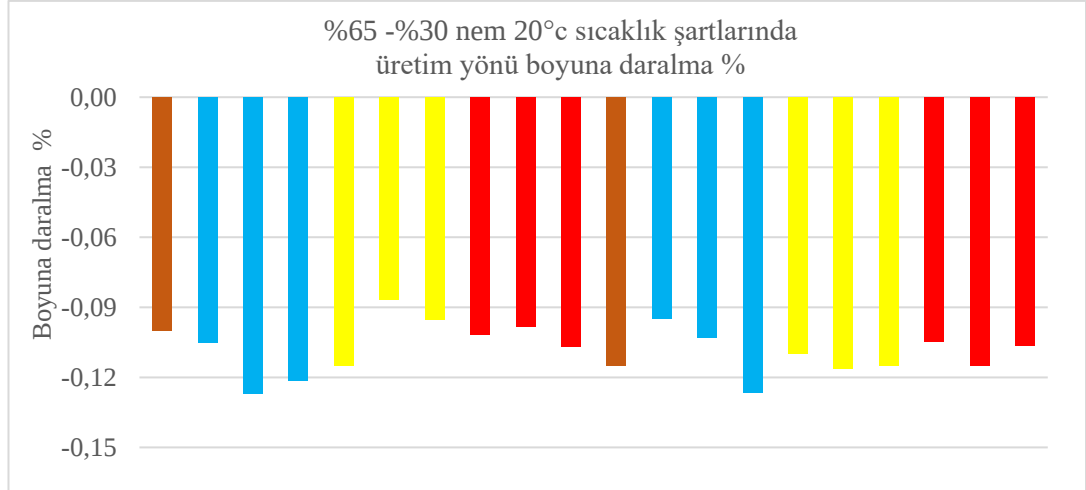
5.1.9.7 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne doğru kesilen numunenin boylarında daralma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne doğru kesilmiş olan OSB numunelerinin boylarında meydana gelen daralma oranı aşağıda Tablo 5.35’de ve daralma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.54’de incelenmiştir.

Tablo 5.35 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune boylarındaki daralma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65-%30 Üretim yönü Boyuna Daralma oranı %
UF	0	0	-0,10
UF	MgO	1	-0,11
UF	MgO	3	-0,13
UF	MgO	5	-0,12
UF	ZnO	1	-0,12
UF	ZnO	3	-0,09
UF	ZnO	5	-0,10
UF	SiO ₂	1	-0,10
UF	SiO ₂	3	-0,10
UF	SiO ₂	5	-0,11
MUF	0	0	-0,12
MUF	MgO	1	-0,10
MUF	MgO	3	-0,10
MUF	MgO	5	-0,13
MUF	ZnO	1	-0,11
MUF	ZnO	3	-0,12
MUF	ZnO	5	-0,11
MUF	SiO ₂	1	-0,10
MUF	SiO ₂	3	-0,11
MUF	SiO ₂	5	-0,11
Ortalama			-0,11
Standart sapma			0,01

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarında meydana gelen daralma oranı tüm gruplar için ortalama - % 0,11 ve standart sapma değeri 0,01 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin boylarında ortalama daralma oranı - %0,10 ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boylarında daralma oranı ortalama -%0,12 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin boylarındaki daralma oranı tüm grupların ortalama daralma oranına yakın iken fakat MUF tutkalı nano katkısız numuneler ortalamadan daha fazla gelmiştir. Gruplar arasında numune boylarında daralma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.54’de incelenmiştir.



Grafik 5.54 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin boylarında daralma oranlarının değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilmiş olan numunelerin boylarında daralma oranı en az olan grup UF tutkalı ZnO %3 katkı oranlarında, daralma oranı en fazla olan grup ise UF ve MUF tutkalı MgO %5 katkı oranında olduğu görülmektedir. Grafikte boy daralma oranları değişimine göre, tüm grupların boy daralma oranlarının bir birine ve ortalamaya yakın olduğu görülmektedir. Buradan nano katkı maddelerinin boydaki daralma üzerine olumlu ya da olumsuz bir etki yapıp yapmadığı tam olarak anlaşılamamaktadır.

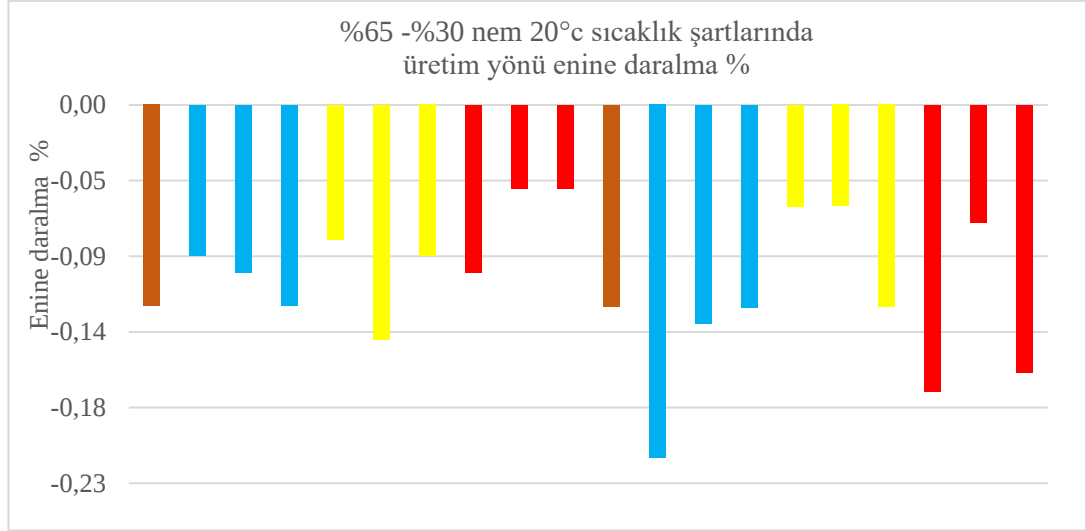
5.1.9.8 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne doğru kesilen numunenin enlerindeki daralma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne doğru kesilmiş olan OSB numunelerinin enlerinde meydana gelen daralma oranı aşağıda Tablo 5.36'da ve daralma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.55'de incelenmiştir.

Tablo 5.36 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune enlerinde daralma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65-%30 Üretime yönü Enine Daralma oranı %
UF	0	0	-0,12
UF	MgO	1	-0,09
UF	MgO	3	-0,10
UF	MgO	5	-0,12
UF	ZnO	1	-0,08
UF	ZnO	3	-0,14
UF	ZnO	5	-0,09
UF	SiO ₂	1	-0,10
UF	SiO ₂	3	-0,05
UF	SiO ₂	5	-0,05
MUF	0	0	-0,12
MUF	MgO	1	-0,21
MUF	MgO	3	-0,13
MUF	MgO	5	-0,12
MUF	ZnO	1	-0,06
MUF	ZnO	3	-0,06
MUF	ZnO	5	-0,12
MUF	SiO ₂	1	-0,17
MUF	SiO ₂	3	-0,07
MUF	SiO ₂	5	-0,16
Ortalama			-0,11
Standart sapma			0,04

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerinde meydana gelen daralma oranı tüm gruplar için ortalama - % 0,11 ve standart sapma değeri 0,04 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerinde ortalama daralma oranı - %0,12 ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerinde daralma oranı ortalama -%0,12 dir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerinde daralma oranı tüm grupların ortalama daralma oranına yakın gelmiştir. Gruplar arasında numune enlerinde daralma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.55’de incelenmiştir.



Grafik 5.55 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin enlerinde daralma oranlarının değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilmiş olan numunelerin enlerinde daralma oranı en az olan grup UF tutkalı SiO₂ %3 ve %5 katkı oranlarında, daralma oranı en fazla olan grup ise MUF tutkalı MgO %1 ve MUF tutkalı SiO₂ %1, %5 katkı oranlarında olduğu görülmektedir.

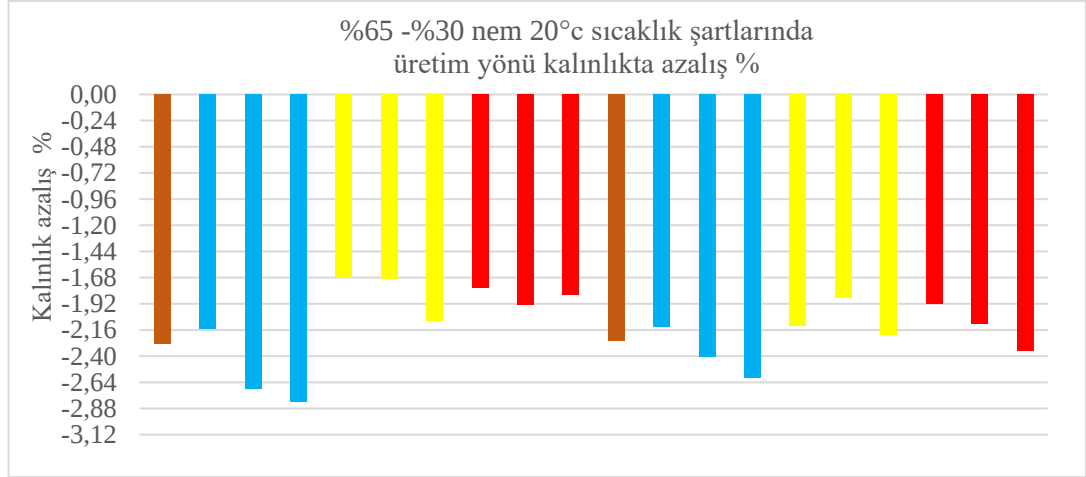
5.1.9.9 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne doğru kesilen numunenin kalınlıklarında azalış oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne doğru kesilmiş olan OSB numunelerinin kalınlıklarında meydana gelen azalma oranı aşağıda Tablo 5.37’de ve azalma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.56’da incelenmiştir.

Tablo 5.37 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne doğru numune kalınlıklarında azalış oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65-%30 Üretime yönüne Kalınlık Azalış oranı %
UF	0	0	-2,29
UF	MgO	1	-2,15
UF	MgO	3	-2,70
UF	MgO	5	-2,82
UF	ZnO	1	-1,68
UF	ZnO	3	-1,69
UF	ZnO	5	-2,08
UF	SiO ₂	1	-1,77
UF	SiO ₂	3	-1,93
UF	SiO ₂	5	-1,83
MUF	0	0	-2,27
MUF	MgO	1	-2,13
MUF	MgO	3	-2,40
MUF	MgO	5	-2,60
MUF	ZnO	1	-2,12
MUF	ZnO	3	-1,86
MUF	ZnO	5	-2,20
MUF	SiO ₂	1	-1,92
MUF	SiO ₂	3	-2,11
MUF	SiO ₂	5	-2,35
Ortalama			-2,15
Standart sapma			0,32

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklarında meydana gelen azalma oranı tüm gruplar için ortalama - % 2,15 ve standart sapma değeri 0,32 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlıklarında ortalama azalış oranı - %2,29 ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boylarında daralma oranı ortalama -%2,27 dir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlıklarındaki azalma oranı aynı ve tüm grupların ortalama azalış oranına yakın gelmiştir. Gruplar arasında numune kalınlıklarında azalış oranı değişimi aşağıda Grafik 5.56’da incelenmiştir.



Grafik 5.56 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne doğru kesilen numunelerin kalınlıklarında azalış oranları değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; üretim yönüne doğru kesilmiş olan numunelerin kalınlıklarında azalış oranı en az olan grup UF tutkalı ZnO %1 ve %3 katkı oranlarında, daralma oranı en fazla olan grup ise UF tutkalı MgO %3, %5 ve MUF tutkalı MgO %5 katkı oranlarında olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre; üretim yönüne kesilen numunelerin kalınlık azalışı oranına MgO nano katkı maddesinin olumsuz etkisi görülmektedir.

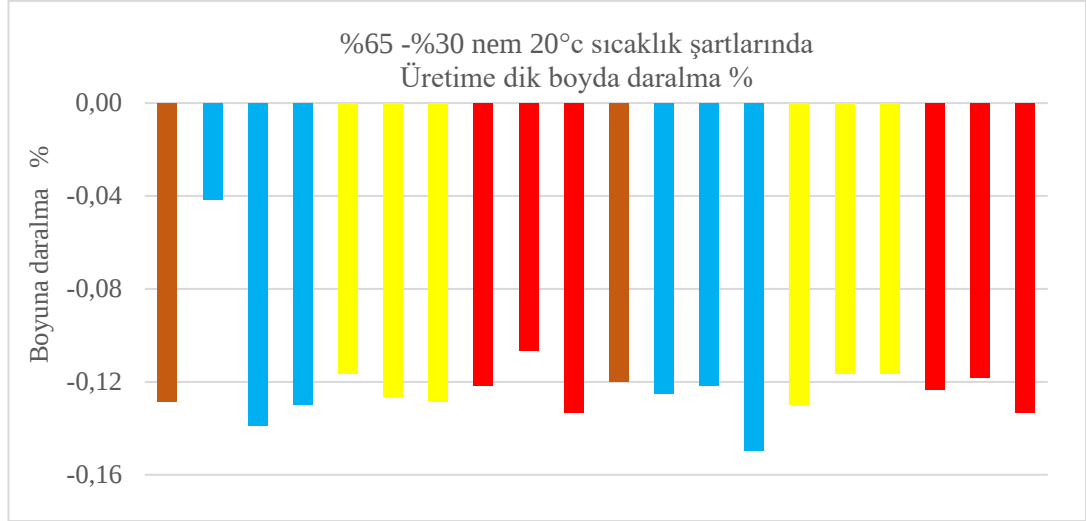
5.1.9.10 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne dik olarak kesilen numunenin boylarında daralma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin boylarında meydana gelen daralma oranı aşağıda Tablo 5.38’de ve azalma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.57’de incelenmiştir.

Tablo 5.38 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik numune boylarında daralma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65-%30 Üretime yönüne Dik Boyda daralma oranı %
UF	0	0	-0,13
UF	MgO	1	-0,04
UF	MgO	3	-0,14
UF	MgO	5	-0,13
UF	ZnO	1	-0,12
UF	ZnO	3	-0,13
UF	ZnO	5	-0,13
UF	SiO ₂	1	-0,12
UF	SiO ₂	3	-0,11
UF	SiO ₂	5	-0,13
MUF	0	0	-0,12
MUF	MgO	1	-0,13
MUF	MgO	3	-0,12
MUF	MgO	5	-0,15
MUF	ZnO	1	-0,13
MUF	ZnO	3	-0,12
MUF	ZnO	5	-0,12
MUF	SiO ₂	1	-0,12
MUF	SiO ₂	3	-0,12
MUF	SiO ₂	5	-0,13
Ortalama			-0,12
Standart sapma			0,02

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarında meydana gelen daralma oranı tüm gruplar için ortalama - % 0,12 ve standart sapma değeri 0,02 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin boylarında ortalama daralma oranı - %0,13 ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boylarında daralma oranı ortalama -%0,12 dir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin boylarında daralma oranı hemen hemen aynı ve tüm grupların ortalama azalış oranında gelmiştir. Gruplar arasında numune boylarında daralma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.5’de incelenmiştir.



Grafik 5.57 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarında daralma oranları değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan numunelerin boylarında daralma oranı en az olan grup UF tutkalı MgO %1 katkı oranlarında, daralma oranı en fazla olan grup ise UF tutkalı MgO %3 ve MUF tutkalı MgO %5 katkı oranlarında olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin boylarda daralma oranı MgO nano katkı maddesinin oranı arttıkça olumsuz etkisi olduğu görülmektedir. Genel olarak UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerde ve diğer gruplarda üretim yönüne dik boylarda daralma oranında önemli bir fark olmamıştır.

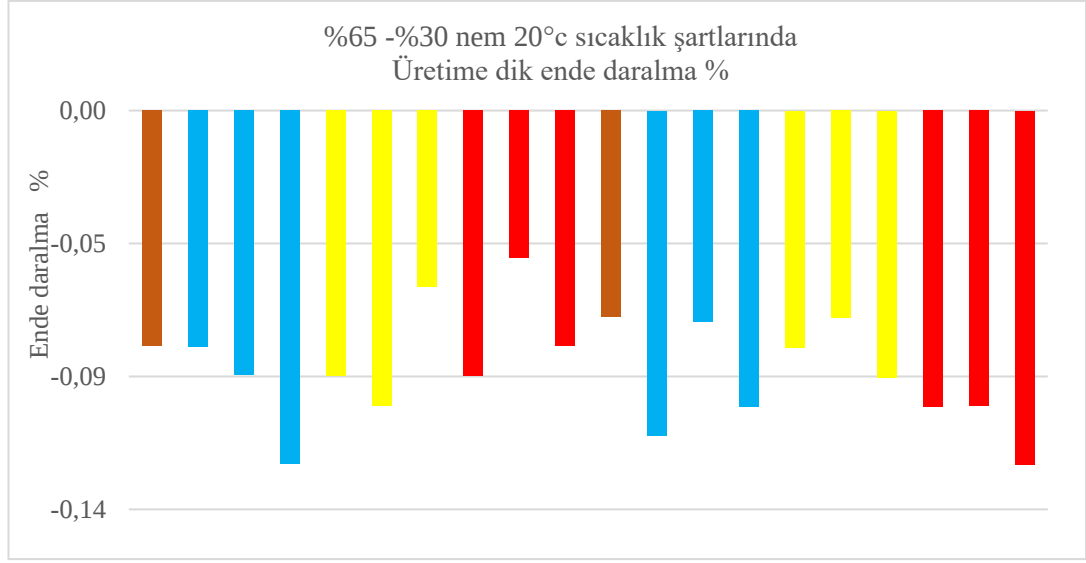
5.1.9.11 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne dik olarak kesilen numunenin enlerinde daralma oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin enlerinde meydana gelen daralma oranı aşağıda Tablo 5.39'da ve azalma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.58'de incelenmiştir.

Tablo 5.39 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik numune enlerinde daralma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65-%30 Üretime yönüne Dik Ende daralma oranı %
UF	0	0	-0,08
UF	MgO	1	-0,08
UF	MgO	3	-0,09
UF	MgO	5	-0,12
UF	ZnO	1	-0,09
UF	ZnO	3	-0,10
UF	ZnO	5	-0,06
UF	SiO ₂	1	-0,09
UF	SiO ₂	3	-0,05
UF	SiO ₂	5	-0,08
MUF	0	0	-0,07
MUF	MgO	1	-0,11
MUF	MgO	3	-0,07
MUF	MgO	5	-0,10
MUF	ZnO	1	-0,08
MUF	ZnO	3	-0,07
MUF	ZnO	5	-0,09
MUF	SiO ₂	1	-0,10
MUF	SiO ₂	3	-0,10
MUF	SiO ₂	5	-0,12
Ortalama			-0,09
Standart sapma			0,02

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde meydana gelen daralma oranı tüm gruplar için ortalama - % 0,09 ve standart sapma değeri 0,02 dir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerinde ortalama daralma oranı - %0,08 ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerinde daralma oranı ortalama -%0,07 dir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin enlerinde meydana gelen daralma oranı hemen hemen aynı ve tüm grupların ortalama azalış oranından düşük gelmiştir. Gruplar arasında numune enlerindeki daralma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.58’de incelenmiştir.



Grafik 5.58 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin enlerinde daralma oranları değişimi

Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; UF ve MUF kontrol gruplarında üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan numunelerin enlerinde daralma oranında fark olmadığı görülmektedir. En az daralma olan grup UF tutkalı SiO₂ %3 katkı oranlarında, daralma oranı en fazla olan grup ise UF MgO %5 ve MUF tutkalı SiO₂ %3 katkı oranlarında olduğu görülmektedir.

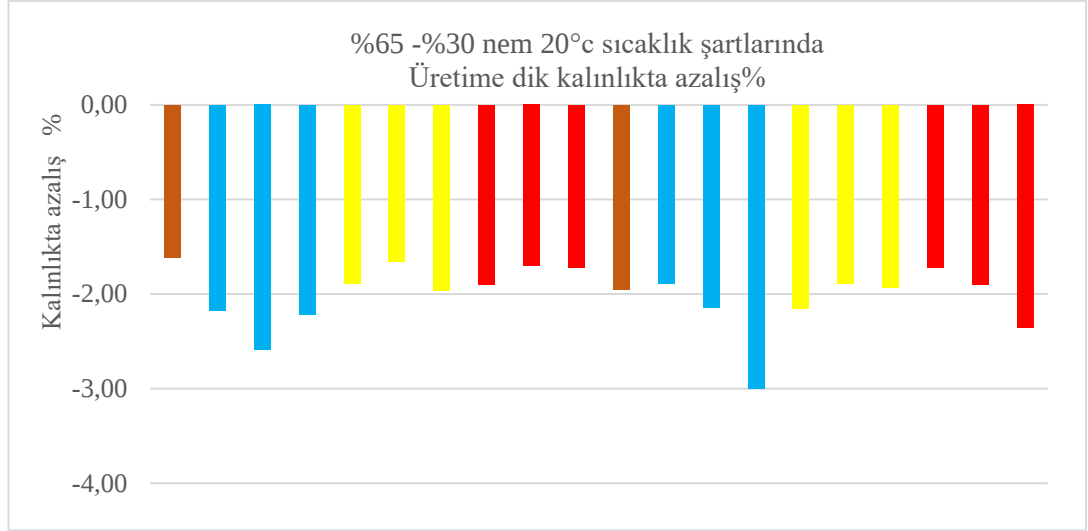
5.1.9.12 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen, üretime yönüne dik olarak kesilen numunenin kalınlıklarında azalış oranlarının belirlenmesi

İklimlendirme odası %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirildikten sonra, üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan OSB numunelerinin kalınlıklarında meydana gelen azalma oranı aşağıda Tablo 5.40'da ve azalma oranındaki değişimleri karşılaştırma grafiği Grafik 5.59'de incelenmiştir.

Tablo 5.40 %65 nem 20°C sıcaklık şartlarından %30 nem 20°C sıcaklık şartlarına getirilen iklimlendirme odası içerisinde bekletilen OSB numunelerinin üretim yönüne dik numune kalınlıklarında azalma oranları

Tutkal	Katkı	Katkı Oran %	%65-%30 Üretime yönüne Dik Kalınlıklarda azalış oranı %
UF	0	0	-1,61
UF	MgO	1	-2,17
UF	MgO	3	-2,59
UF	MgO	5	-2,22
UF	ZnO	1	-1,89
UF	ZnO	3	-1,65
UF	ZnO	5	-1,96
UF	SiO ₂	1	-1,90
UF	SiO ₂	3	-1,70
UF	SiO ₂	5	-1,72
MUF	0	0	-1,96
MUF	MgO	1	-1,89
MUF	MgO	3	-2,14
MUF	MgO	5	-3,00
MUF	ZnO	1	-2,15
MUF	ZnO	3	-1,89
MUF	ZnO	5	-1,93
MUF	SiO ₂	1	-1,72
MUF	SiO ₂	3	-1,90
MUF	SiO ₂	5	-2,36
Ortalama			-2,02
Standart sapma			0,34

Tablo incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarında meydana gelen azalma oranı tüm gruplar için ortalama - % 2,02 ve standart sapma değeri 0,34'dür. UF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlıklarında ortalama azalma oranı - %1,61 ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlıklarında azalma oranı ortalama -%1,96'dır. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin kalınlıklarında meydana gelen azalma birbirine yakın olup, tüm grupların ortalama kalınlık azalış oranından düşük gelmiştir. Gruplar arasında numune kalınlıklarında azalma oranı değişimi aşağıda Grafik 5.59'da incelenmiştir.



Grafik 5.59 %65-%30 nem 20°C sıcaklıkta üretim yönüne dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarında azalış oranları değişimi

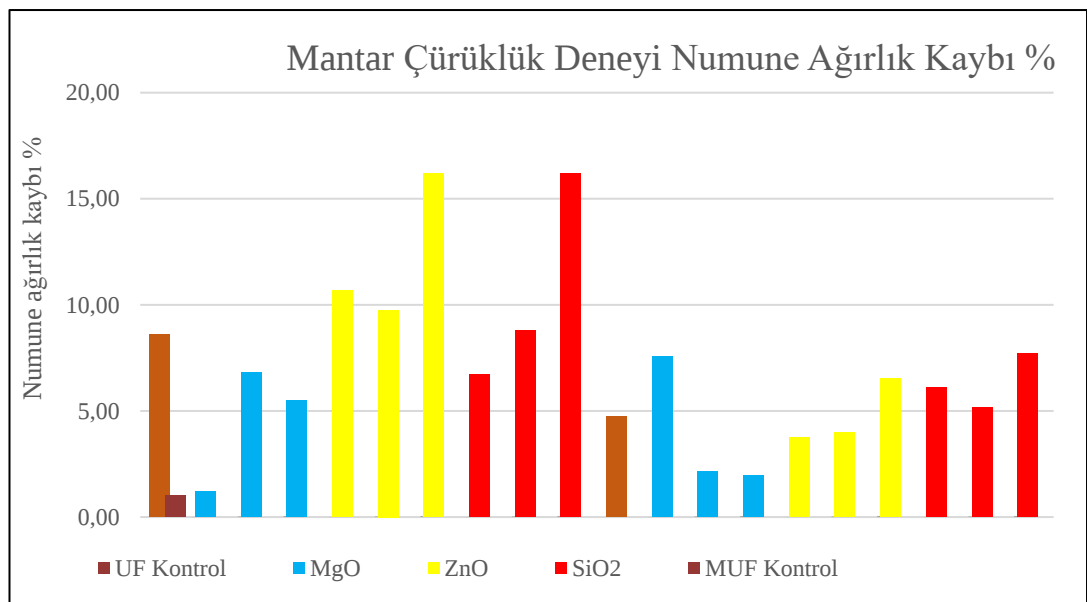
Karşılaştırma grafiği incelendiğinde; üretim yönüne dik olarak kesilmiş olan numunelerin kalınlıklarında meydana gelen azalış oranı en az olan grup UF tutkalı SiO₂ nano katkılı %3 katkı oranlı numunelerde görülmektedir. En fazla kalınlık azalış oranının UF tutkalı MgO nano katkılı %5 katkı oranında ve MUF tutkalı MgO nano katkılı %1 katkı oranı ve SiO₂ nano katkılı %5 oranında olduğu görülmektedir. Diğer gruplarda kalınlıkta azalış oranı birbirine yakındır. Bu sonuçlara göre; üretime dik olarak kesilen numunelerin kalınlıklarda azalış oranına MgO katkı maddesinin olumsuz etkisi görülmektedir.

5.1.10 Mantar Çürüklük Deneyi

Nano katkılı ve nano katkısız kontrol numunelerinin iklimlendirme odasında 16 hafta bekletildikten sonra numunelerin ağırlık kaybı değerleri aşağıda Tablo 5.41’de gruplar ve numuneler arasında ağırlık kaybı değişim oranları Grafik 5.60’da verilmiştir.

Tablo 5.41 Mantar çürüklük deneyi sonrası numunelerde ağırlık kaybı oranı

Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oranı %	Kontrol Grubu Ağırlık Kaybı %	Kontrol Standart Sapma	Nano Grup Ağırlık Kaybı %	Nano Standart Sapma
UF	Kontrol	0%	8,61	6,345		
		1%	1,20	1,373	0,26	0,298
	MgO	3%	6,80	9,451	0,30	0,379
		5%	5,51	4,305	0,30	0,907
		1%	10,67	5,925	4,90	1,900
	ZnO	3%	9,76	5,434	3,34	1,491
		5%	16,21	1,881	3,12	2,721
	SiO2	1%	6,70	6,295	5,03	4,520
		3%	8,81	3,895	10,63	3,898
		5%	16,21	4,811	3,12	4,691
MUF	Kontrol	0%	4,75	4,065		
		1%	7,58	6,224	1,38	0,924
	MgO	3%	2,13	1,387	0,91	0,619
		5%	1,96	1,656	0,74	0,610
	ZnO	1%	3,77	1,970	1,50	1,062
		3%	3,97	2,661	1,48	0,560
		5%	6,52	6,187	1,49	0,555
	SiO2	1%	6,09	2,367	3,79	1,831
		3%	5,17	3,891	6,71	6,565
		5%	7,72	6,093	4,00	3,117



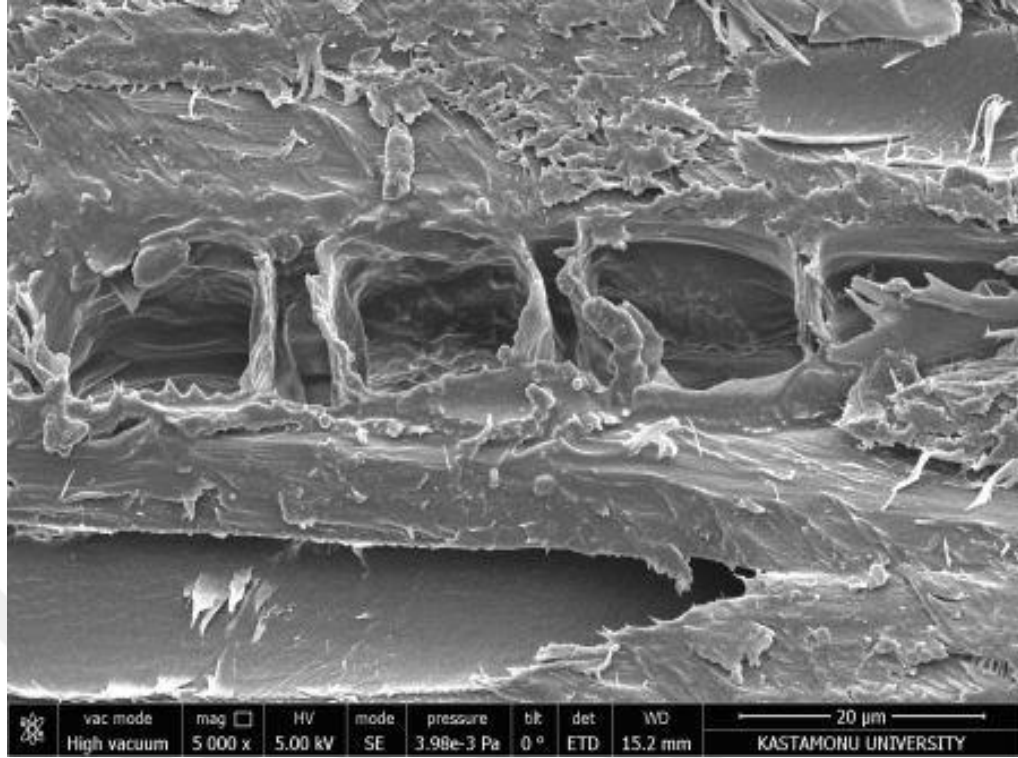
Grafik 5.60 Çürüklük sonrası gruplar ve numuneler arasındaki ağırlık değişim oranları

Tutkal grupları, nano katkı maddeleri ve katkı oranlarına göre mantar çürüklük deneyi sonucunda elde edilen numune ağırlık kaybı değerlerine ait grafikde, UF tutkalı kontrol numuneleri ile MUF tutkalı kontrol numuneleri incelenmiştir. Elde edilen değerlere göre; UF tutkal kontrol grubu numuneleri ağırlık kaybının MUF tutkalı kontrol grubu numuneleri ağırlık kaybından oran olarak daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum MUF tutkalı içerisinde %5 oranında bulunan melamin kimyasalı içeriğinden kaynaklanabilir. Çürüklük sonrası ağırlık kayıp oranları tutkal grupları arasında kendi içerisinde incelendiğinde; UF tutkalı kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında kontrol numunesine göre daha az ağırlık kaybı oranı olan nano katkılı numunelerin MgO katkı maddesi %1 oranında, en fazla ağırlık kaybının ise SiO₂ ve ZnO nano katkı maddeleri %5 katkı oranında olduğu görülmektedir. MUF tutkalı kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında kontrol numunesine göre daha az ağırlık kaybının MgO %3 ve %5 katkı oranında, en fazla ağırlık kaybının ise SiO₂ nano katkı maddesi %5 oranında olduğu görülmektedir. Değerlere göre SiO₂ ve ZnO nano katkısında ağırlık kaybı artarsa da MUF tutkalında ağırlık kaybı oranının yaklaşık yarı yarıya düştüğü görülmektedir. Bu sonuçlara göre, MUF tutkalındaki melamin içeriğinin esmer çürüklük mantarına karşı etkili olduğu anlaşılmaktadır.

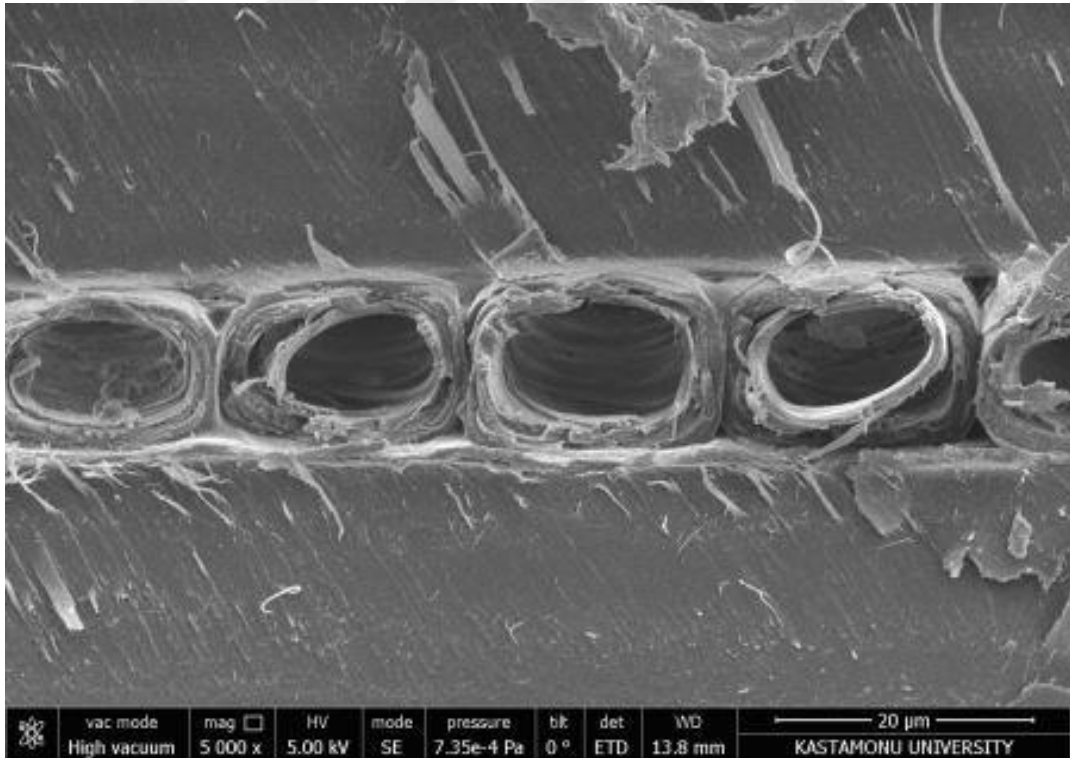
Tomak vd., (2020) SiO₂ esaslı çözelti uygulanmış odunlar EN 113 standartına göre esmer çürüklük mantarı *Coniophora puteanaya* mantar direncine maruz bırakıldığında her iki farklı uygulamada %25 oranında ağırlık kazancı sağlanmasına etkili olduğu görülmüştür.

5.1.11 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Görüntüleme

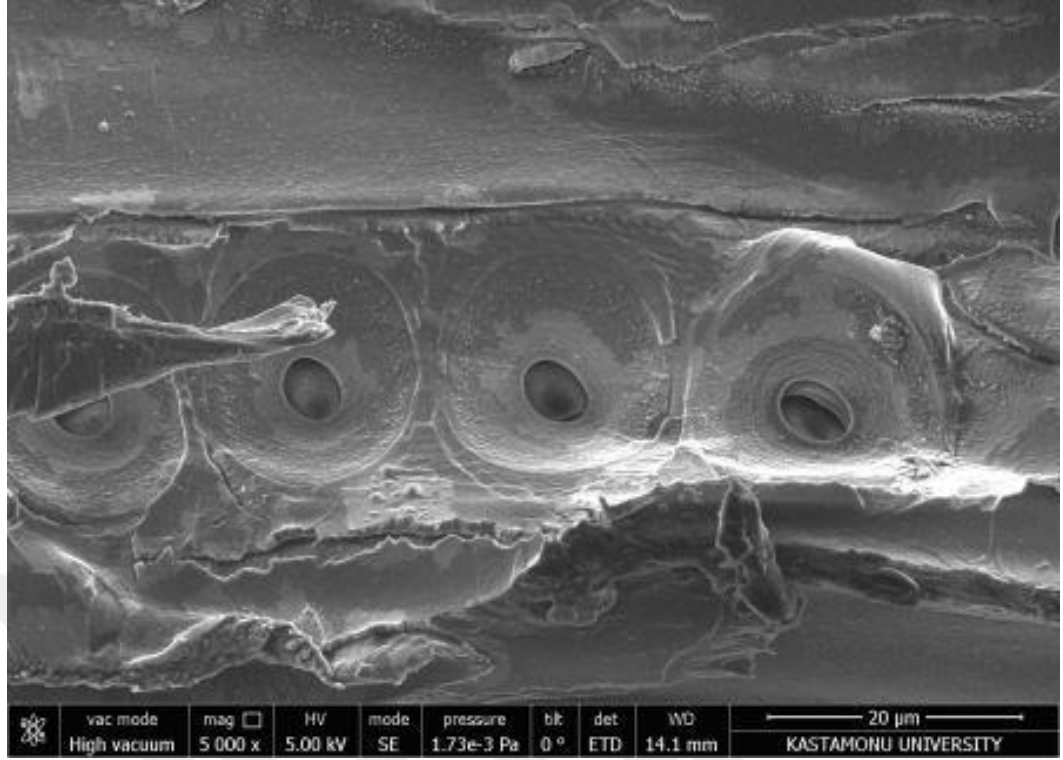
Nano katkısız UF ve MUF tutkalı OSB numuneleri ve MgO, ZnO ve SiO₂ nano katkı maddeleri %5 katkı oranlı OSB numuneleri Kastamonu Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)'nda görüntülenmiştir. Yüzey analiz görüntüleri aşağıda Fotoğraf 5.3'den Fotoğraf 5.10'a kadar görülebilir.



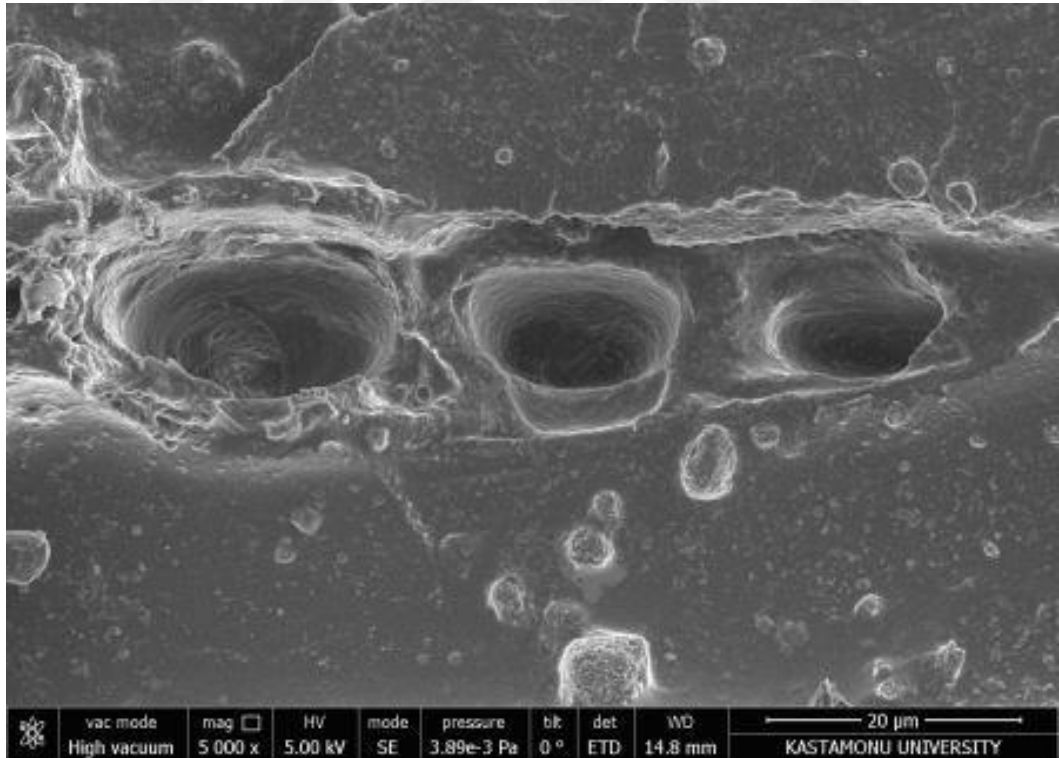
Fotoğraf 5.4 UF nano katkısız numune



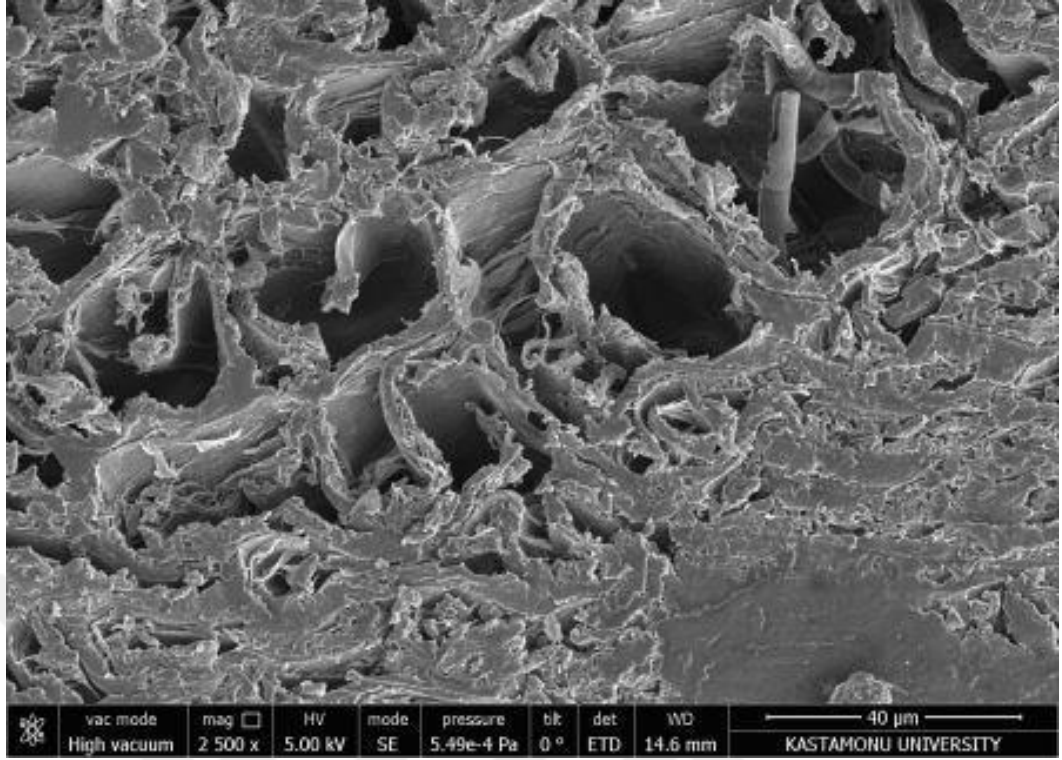
Fotoğraf 5.5 UF MgO %5 nano katkılı numune



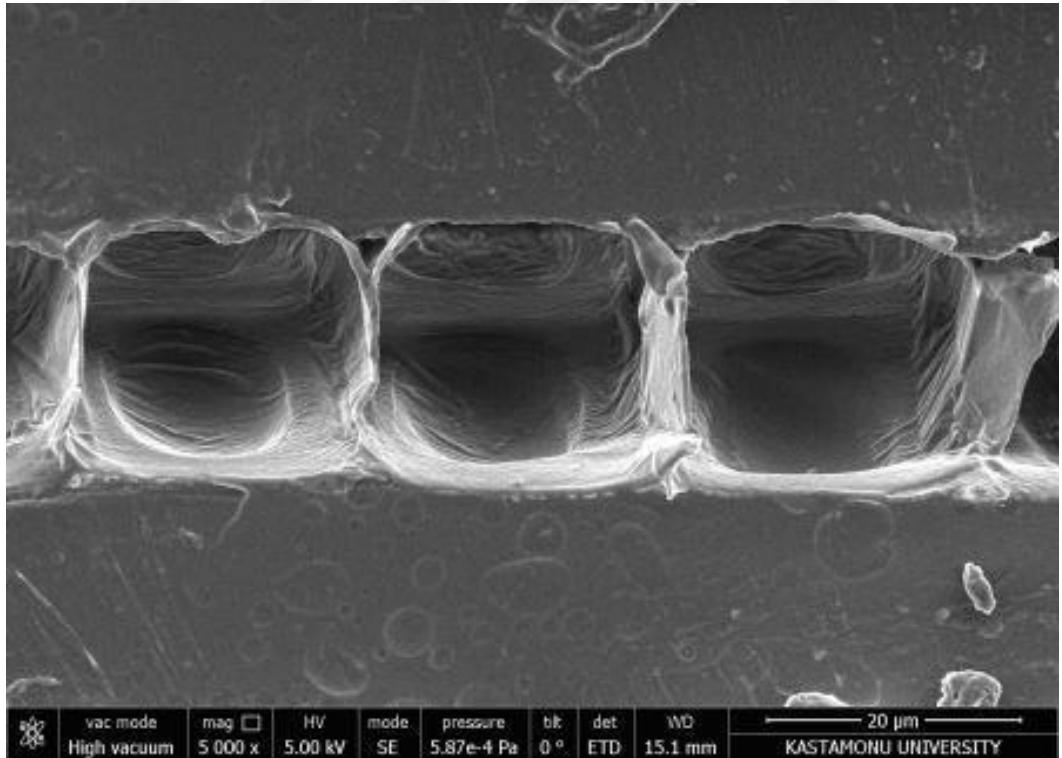
Fotoğraf 5.6 UF ZnO %5 nano katkılı numune



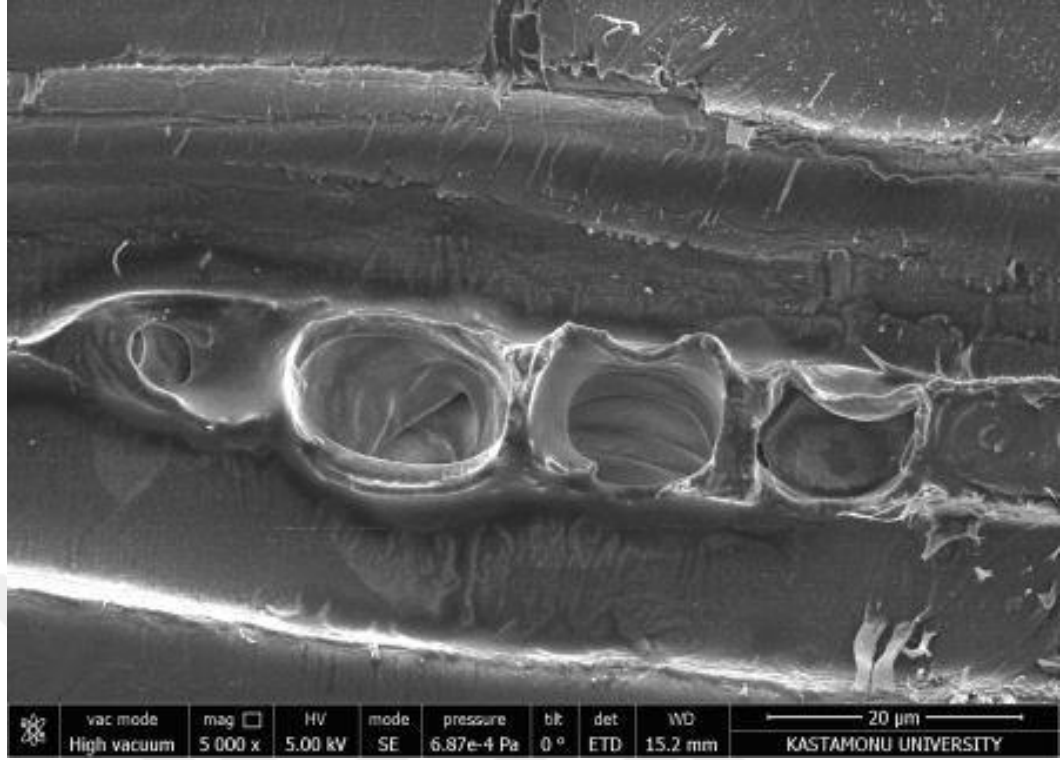
Fotoğraf 5.7 UF SiO₂ %5 nano katkılı numune



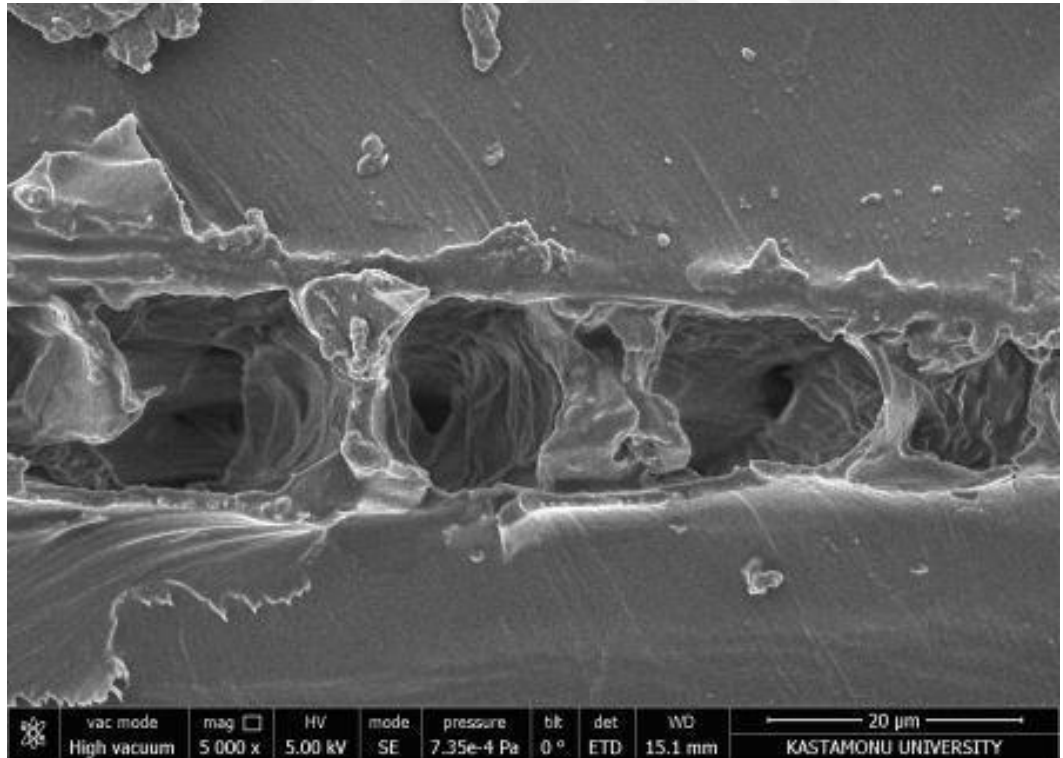
Fotoğraf 5.8 MUF nano katkısız numune



Fotoğraf 5.9 MUF MgO %5 nano katkılı numune



Fotoğraf 5.10 MUF ZnO %5 nano katkılı numune



Fotoğraf 5.11 MUF SiO₂ %5 nano katkılı numune

5.1.12 Üretilen OSB Levha Numunelerinin Mekanik Özellikleri

5.1.12.1 Eğilme mukavemeti deneyi sonuçları

Eğilme mukavemeti deneyi numuneleri, OSB üretimi için kullanılan flakelerin üretim yönüne doğru, yani boyuna doğru olacak şekilde standartta verilen ebatlara uygun olarak ebatlanarak deneyleri yapılmıştır. Numunelere ait eğilme direnci deneyinden elde edilen veriler Tablo 5.42’de ve Grafik 5.61’de gösterilmiştir.

Tablo 5.42 Eğilme direnci deneyi sonuçları

Tutkal	Katkı Maddesi	Katkı Oran %	Eğilme N/mm ²	Standart Sapma	COV N/mm ²
UF	Kontrol	0	23,59	1,841	8
		1	16,82	3,327	20
		3	14,35	3,257	23
		5	14,61	2,247	16
	MgO	1	24,95	4,341	17
		3	22,13	4,524	20
		5	21,87	2,755	13
		1	23,69	4,813	20
	ZnO	3	22,37	3,951	18
		5	24,32	3,038	12
	SiO ₂	1	22,45	1,773	8
		3	16,75	2,018	12
MUF	Kontrol	1	16,75	2,018	12
		3	16,97	2,933	17
		5	13,46	2,115	16
	MgO	1	21,05	2,311	11
		3	23,86	1,918	8
		5	22,96	5,281	23
	ZnO	1	20,30	3,723	18
		3	26,47	4,568	17
		5	24,74	4,211	17
	SiO ₂	1	20,30	3,723	18
		3	26,47	4,568	17
		5	24,74	4,211	17

OSB standard eğilme direnci değeri 20 N/mm²’dir. Tablo’daki değerler incelendiğinde; UF ve MUF Tutkalı kontrol numunelerinin ortalama eğilme mukavemeti değerlerinin standartta belirtilen değeri sağladığı görülmektedir. Nano katkısız UF ve MUF tutkallarını kendi aralarında karşılaştırdığımızda eğilme değeri sonuçlarının yakın olduğu görülmektedir. UF tutkalı MgO nano katkılı gruplarda eğilme değeri ortalama değerinin altındadır. UF tutkalı ZnO ve SiO₂ nano katkı gruplarında eğilme değeri ortalama değerin üzerindedir. MUF tutkalı MgO nano

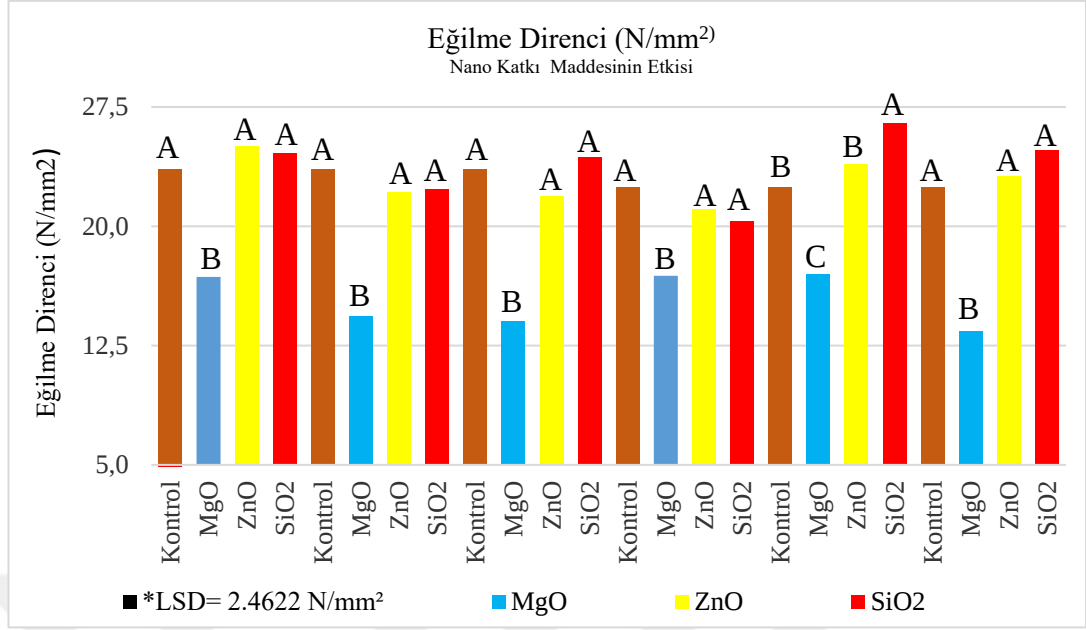
katkılı gruplarda da eğilme değeri ortalama değerinin altında olduğu görülmektedir. MUF tutkalı ZnO ve SiO₂ nano katkı gruplarında ise eğilme değeri ortalama değerinin üzerindedir. En düşük eğilme değeri 13,5 N/mm² MUF tutkalında MgO nano katkı maddesi %5 oranında, en yüksek değer 26,5 N/mm² MUF tutkalında SiO₂ nano katkı maddesi %3 oranında görülmüştür. Bu sonuçlara göre; UF ve MUF tutkalında MgO nano katkısının eğilme mukavemeti değerleri üzerinde olumsuz etki ettiği, SiO₂ ve ZnO nano katkı maddesi ilavesinde eğilme direncine olumlu etki ettiği görülmektedir.

Levha eğilme direnci değerine nano katkı maddelerinin, katkı oranlarının ve tutkal tipinin etkisini tespit amacıyla üç yönlü ANOVA analizi yapılmış, analiz değerleri Tablo 5.43’de verilmiştir.

Tablo 5.43 Eğilme Direnci Üçlü Etkileşim Tablosu

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tip I SS	Kareler Ortalaması	F Değeri	P* Önem Değeri
Tutkal (T)	1	0,0318	0,0318	0,00	0,9585
Katkı Tipi (KT)	3	3948,1930	1316,0643	112,16	<0,0001
T*KT	3	23,1874	7,7291	0,66	0,5781
Katkı Oranı (O)	2	28,2307	14,1153	1,20	0,3019
T*O	2	347,2493	173,6246	14,80	<0,0001
KT*O	4	210,3753	52,5938	4,48	0,0016
T*KT*O	4	111,8136	27,9534	2,38	0,0518*

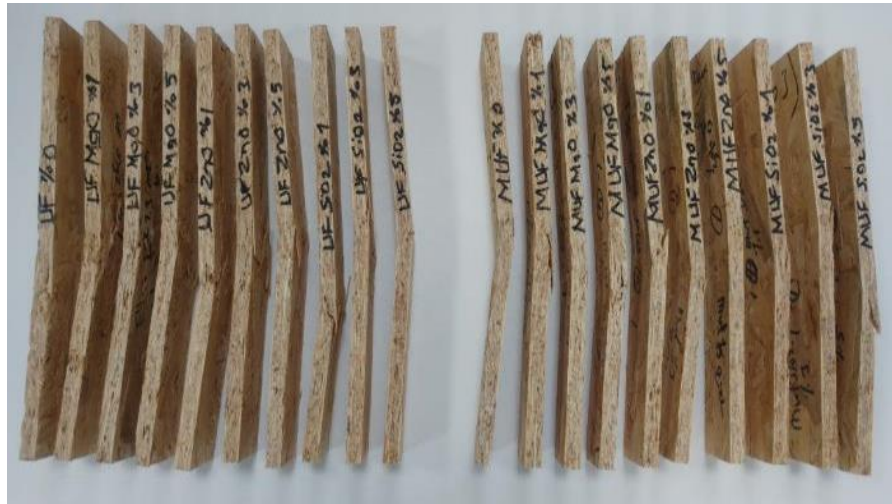
Anova sonucuna göre; P önemlilik değeri %95 güven aralığında ($P = 0,0518 > 0,05$ alfa değeri) olduğundan üçlü etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Üçlü etkileşim anlamlı olmamasına rağmen katkı tipi (KT) F değeri (112,16) olarak yüksek bir değer olduğu için numunelerin eğilme direnci değerine nano katkı tipinin (KT) etkisini görmek için en küçük önemli fark (LSD) değerine göre gruplandırma tablosu yapılmıştır. LSD değerine göre aynı grupta olanlar aynı harflerle ve farklı grupta olan farklı harflerle ile işaretlenip Grafik 5.61’de gösterilmiştir.



Grafik 5.61 Eğilme direncine nano katkı tipinin etkisi

İstatistiksel analize göre; aynı grupta olan değerler aynı harfler ile gösterilmiştir. Nano katkı maddesinin eğilme direnci değerine etkisine farklılık gösterenler farklı grupta yer almış ve farklı harflerle gösterilmiştir. MgO nano katkı maddesinin UF tutkalı ve MUF tutkalı ile üretilen levhaların eğilme direnci değerlerini düşürdüğü, diğer gruplar arasında fark olmadığı görülmektedir.

UF ve MUF tutkalı nano katkısız ve nano katkılı numuneleri eğilme direnci deneyi numuneleri kırılma şekilleri aşağıda Fotoğraf 5.12’de gösterilmiştir.



Fotoğraf 5.12 Eğilme direnci deneyi numuneleri kırılma şekilleri

5.1.12.2 Eğilmede elastikiyet değeri deneyi sonuçları

Elastikiyet, katı bir maddede düşük gerilmelerde meydana gelen deformasyonların yük kaldırıldıktan sonra tekrar tamamen elde edilmesiyle tanımlanmaktadır. Elastik özellikler katı maddelerde belirli bir sınırın altında geçerlidir. Bu sınırın üzerinde plastik deformasyon veya kırılma meydana gelir (Candan, 2012).

Eğilmede elastikiyet değeri; eğilme değeri deneyi sonrasında standartta belirtilen formüle göre bilgisayar tarafından otomatik olarak hesaplanmaktadır. Numunelere ait elastikiyet değerleri Tablo 5.44’de gösterilmiştir. Eğilmede elastikiyet değeri standart değeri 3500 N/mm²’dir.

Tablo 5.44 Eğilmede elastikiyet değeri sonuçları

Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oranı %	Elastikiyet Değerleri N/mm ²	Standart Sapma	COV değerleri
UF	Kontrol	0%	3706	379,022	10
		1%	2880	486,257	17
	MgO	3%	2959	580,13	20
		5%	2764	351,615	13
		1%	3422	419,154	12
UF	ZnO	3%	3420	453,801	13
		5%	3490	430,721	12
		1%	3625	595,458	16
	SiO ₂	3%	3357	569,298	17
		5%	3490	441,39	13
MUF	Kontrol	0%	3292	731,424	22
		1%	3337	408,403	13
	MgO	3%	3255	747,497	15
		5%	3177	283,821	9
		1%	3443	686,265	20
MUF	ZnO	3%	3380	370,074	11
		5%	3625	765,219	21
		1%	3063	734,031	24
	SiO ₂	3%	3814	510,127	13
		5%	3543	471,469	13

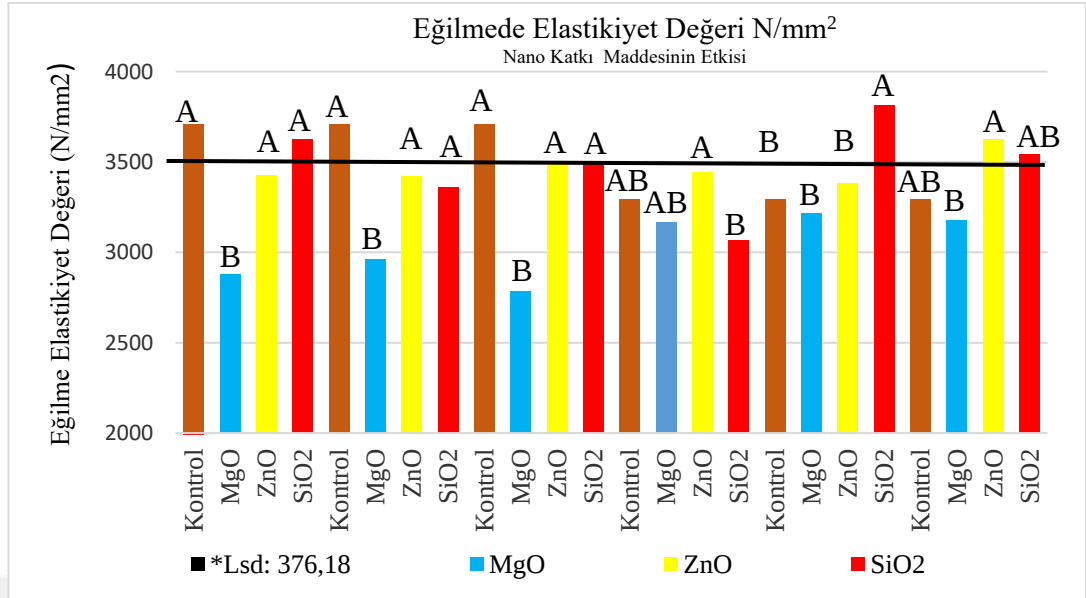
Tablodaki değerler incelendiğinde UF tutkalı nano katkısız numunelerin elastikiyet ortalama değeri standartta belirtilen ortalama değerden fazla iken, MUF tutkalı kontrol numunelerinin ortalama elastikiyet değerinin standartta belirtilen ortalama elastikiyet değerinden düşük olduğu görülmektedir. UF tutkalı nano katkısız numunelerin elastikiyet değeri, MUF tutkalı nano katkısız numunelerin elastikiyet değeri birbirine yakın olmasına rağmen yaklaşık 200 N/mm² daha fazla olduğu görülmektedir. UF ve MUF tutkalı MgO nano katkılı grupların elastikiyet değerinin standart ortalama değerinden düşük olduğu görülmektedir. En düşük elastikiyet değeri 2764 N/mm² UF tutkalında MgO nano katkı maddesi %5 oranında, en yüksek değer 3814 N/mm² MUF tutkalında SiO₂ nano katkı maddesi %3 oranında görülmüştür.

Levha eğilmede elastikiyet değerine nano katkı maddelerinin, katkı oranlarının ve tutkal tipinin etkisini tespit amacıyla üç yönlü ANOVA analizi yapılmış, analiz değerleri Tablo 5.45’de verilmiştir.

Tablo 5.45 Eğilmede Elastikiyet Modülü Üçlü Etkileşim Tablosu

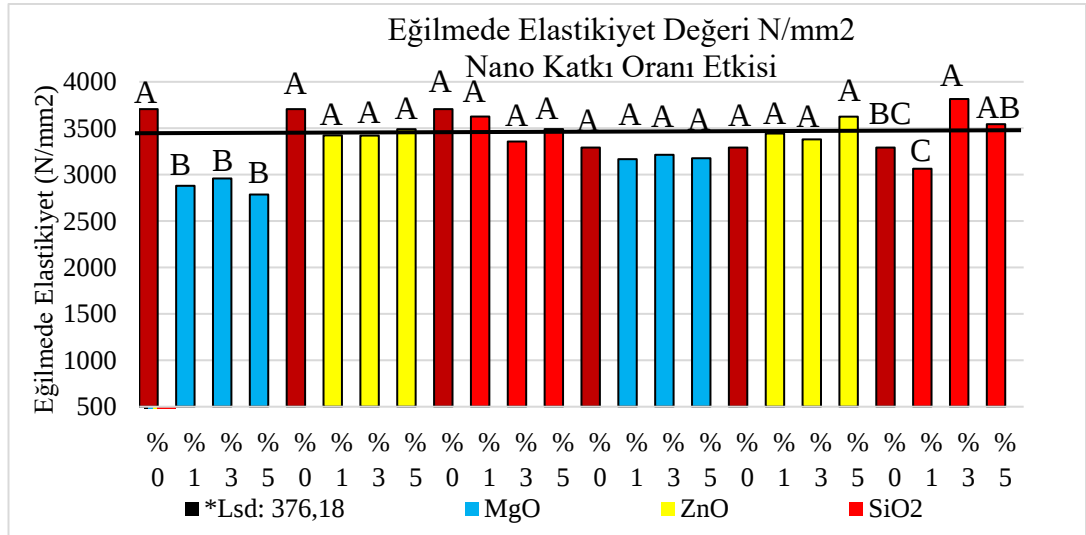
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tip I SS	Kareler Ortalaması	F Değeri	P* Önem Değeri
Tutkal (T)	1	242846,99	242846,99	0,88	0,3480
Katkı Tpi (KT)	3	12621281,24	4207093,75	15,31	<0,0001
T*KT	3	3256149,26	1085383,09	3,95	0,0088
Katkı Oranı (O)	2	463189,80	231594,90	0,84	0,4316
T*O	2	1284878,17	642439,08	2,34	0,0984
KT*O	4	1052770,70	263192,68	0,96	0,4311
T*KT*O	4	2857197,73	714299,43	2,60	0,0365*

Anova sonucuna göre; P önemlilik değeri %95 güven aralığında ($P = 0,0365 < 0,05$ alfa değeri) olduğundan üçlü etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Üçlü etkileşim anlamlı olduğu için numunelerin eğilmede elastikiyet değerine etkisini göstermek amacıyla nano katkı tipinin (KT), nano katkı oranının (O) ve tutkal (T) tipi faktörlerinin ayrı ayrı en küçük önemli fark (LSD) değerine göre gruplandırma tablosu yapılmıştır. LSD değerine göre aynı grupta olanlar aynı harflerle ve farklı grupta olan farklı harflerle ile gösterilmiştir (Grafik 5.62, Grafik 5.63 ve Grafik 5.64).



Grafik 5.62 Eğilmede elastikiyet değerine nano katkı tipinin etkisi

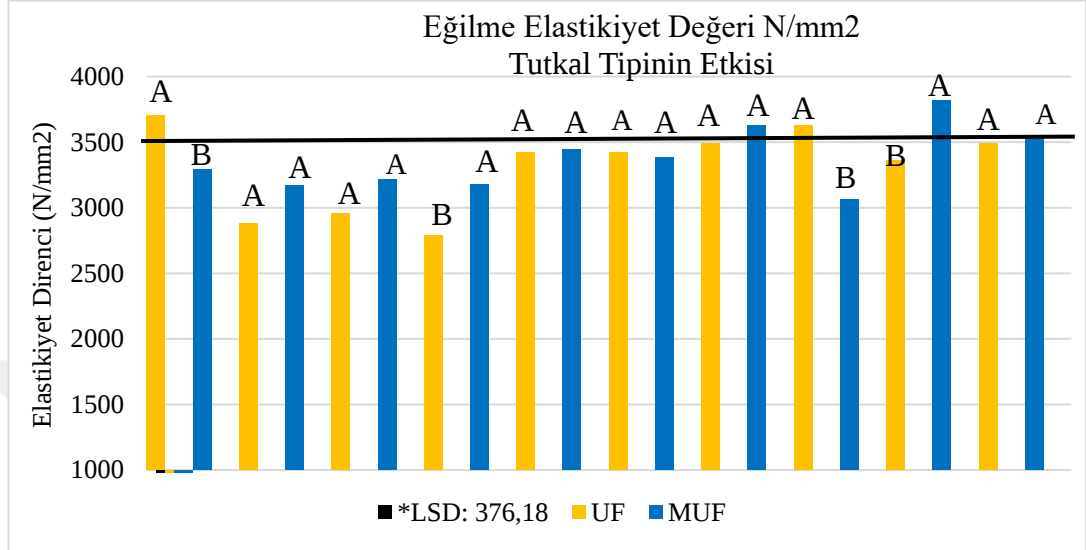
İstatistiksel analize göre; aynı grupta olan değerler aynı harfler ile gösterilmiştir. Nano katkı maddesinin eğilme direnci değerine etkisine farklılık gösterenler farklı grupta yer almış ve farklı harflerle gösterilmiştir. MgO nano katkı maddesinin UF tutkalı ve MUF tutkalı ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet değerlerini düşürdüğü, diğer gruplar arasında fark olmadığı görülmektedir.



Grafik 5.63 Eğilmede elastikiyet değerine nano katkı oranının etkisi

İstatistiksel analiz sonucunda oluşturulan grafiğe göre; MgO nano katkı maddesinin %1, %3 ve %5 bütün katkı oranlarında eğilmede elastikiyet değeri standart limit değerinin altında geldiği görülmektedir. Diğer gruplardan UF tutkalı SiO2 nano katkı %3

katkı oranında ve MUF tutkalı SiO₂ nano katkı %1 katkı oranında standart sınır değerin altında kalmış ve diğer katkı oranlarda ise gruplar arasında fark olmadığı görülmektedir.



Grafik 5.64 Eğilmede elastikiyet değerine tutkal tipinin etkisi

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre; kontrol numunelerinde MUF tutkalı ile üretilen numunelerin eğilmede elastikiyet değerinin UF tutkalına göre düşük ve standart sınır değerin altında geldiği görülmektedir. MgO nano katkılı UF tutkalında elastikiyet değerlerinin MUF tutkalı ile üretilen numunelerin elastikiyet değerinden daha düşük geldiği görülmektedir. Diğer gruplarda anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir.

5.1.12.3 Çekme direnci değeri deneyi sonuçları

Çekme mukavemet deneyi sonuçları aşağıda Tablo 5.46’da gösterilmiştir. TS EN 300 Standartına göre çekme mukavemet sınır değeri 0,32 N/mm² olarak belirtilmiştir.

Tablo 5.46 Çekme Mukavemet Değerleri

Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oran %	Çekme N/mm ²	Standart sapma	COV değerleri
UF	Kontrol	0%	0,50	0,049	10
		1%	0,39	0,063	16
		3%	0,15	0,029	19
		5%	0,18	0,048	26
	MgO	1%	0,68	0,116	17
		3%	0,53	0,143	27
		5%	0,52	0,079	15
	ZnO	1%	0,44	0,132	30
		3%	0,42	0,070	17
		5%	0,52	0,101	19
	SiO ₂	1%	0,44	0,132	30
		3%	0,42	0,070	17
		5%	0,52	0,101	19
MUF	Kontrol	0%	0,54	0,053	10
		1%	0,45	0,076	17
		3%	0,35	0,048	14
		5%	0,17	0,038	24
	MgO	1%	0,42	0,039	9
		3%	0,56	0,091	16
		5%	0,50	0,185	37
	ZnO	1%	0,45	0,066	15
		3%	0,56	0,110	20
		5%	0,54	0,105	19
	SiO ₂	1%	0,45	0,066	15
		3%	0,56	0,110	20
		5%	0,54	0,105	19

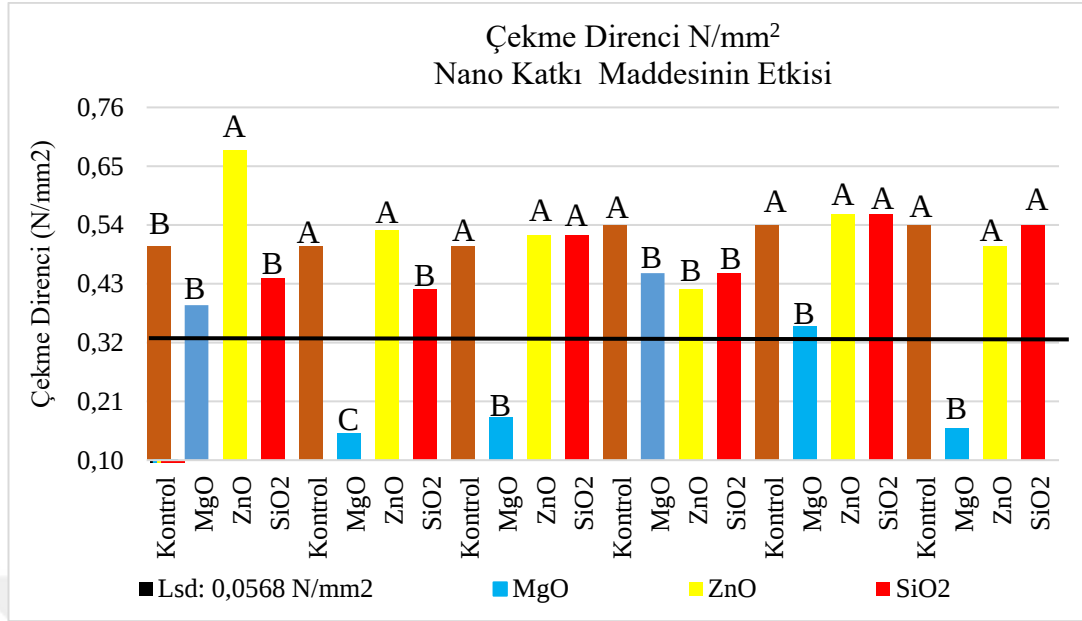
Tabloda verilen değerlere göre; UF ve MUF tutkalı nano katkısız numunelerin çekme ortalama değerleri standartta belirtilen sınır değerinin üzerinde ve birbirlerine yakın değerlerde gelmiştir. UF tutkalı MgO nano katkılı, nano katkı oranı %3 olan numunelerin çekme değeri 0,15 N/mm² ve MUF tutkalı MgO nano katkılı, nano katkı oranı %5 olan numunelerin çekme değeri 0,17N/mm² olarak standart değerinin altında gelmiştir. UF tutkalı ZnO nano katkılı, nano katkı oranı %1 olan numunelerin Çekme değeri max. 0,68 N/mm² gelmiştir. UF tutkalı nano katkı maddeleri ve oranları kendi içinde, MUF tutkalı nano katkı maddeleri ve oranları kendi içinde değerlendirilmiştir. Değişimler aşağıda Grafik 5.60'de görülmektedir. UF tutkalı grubunda MgO nano katkı maddesi %3 ve %5 katkı oranı numune çekme değerleri standart ortalama değerinin altında gelmiştir. ZnO ve SiO₂ nano katkıların tüm katkı oranlarında ortalama çekme değeri standart değerinin üzerinde gelmiştir. MUF tutkalı grubunda sadece MgO nano katkı maddesi %5 katkı oranı numuneleri ortalama çekme değeri standart değerinin altında gelmiştir. ZnO ve SiO₂ nano katkıların tüm katkı oranlarında ve MgO %1 ve %3 katkı oranlarında ortalama çekme değeri standart değerinin üzerinde gelmiştir.

Levha eğilmede elastikiyet değerine nano katkı maddelerinin, katkı oranlarının ve tutkal tipinin etkisini tespit amacıyla üç yönlü ANOVA analizi yapılmış, analiz değerleri Tablo 5.47’de verilmiştir.

Tablo 5.47 Çekme Direnci Üçlü Etkileşim Tablosu

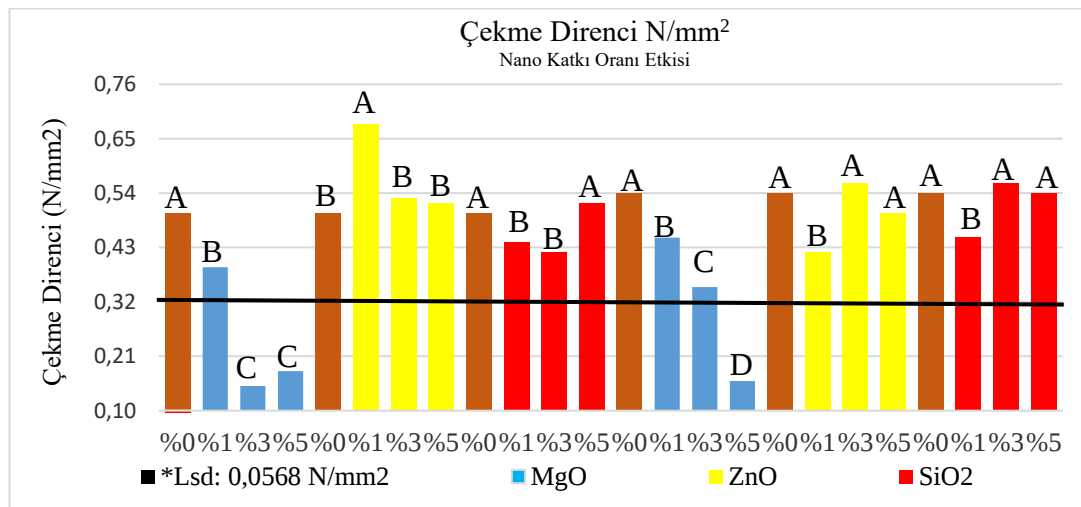
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tip I SS	Kareler Ortalaması	F Değeri	P* Önem Değeri
Tutkal (T)	1	0,0453	0,0453	5,45	0,0201
Katkı Tipi (KT)	3	4,5945	1,5315	183,95	<0,0001
T*KT	3	0,4932	0,1644	19,75	<0,0001
Katkı Oranı (O)	2	0,2939	0,1469	17,65	<0,0001
T*O	2	0,5489	0,2744	32,97	<0,0001
KT*O	4	1,1715	0,2928	35,18	<0,0001
T*KT*O	4	0,2665	0,0666	8,00	<0,0001*

Anova sonucuna göre; P önemlilik değeri %95 güven aralığında ($P = 0.001 < 0,05$ alfa değeri) olduğundan üçlü etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Üçlü etkileşim anlamlı olduğu için numunelerin çekme direnci değerine etkisini göstermek amacıyla nano katkı tipinin (KT), nano katkı oranının (O) ve tutkal (T) tipi faktörlerinin ayrı ayrı en küçük önemli fark (LSD) değerine göre gruplandırma tablosu yapılmıştır. LSD değerine göre aynı grupta olanlar aynı harflerle ve farklı grupta olan farklı harflerle ile gösterilmiştir (Grafik 5.65, Grafik 5.66 ve Grafik 5.67).



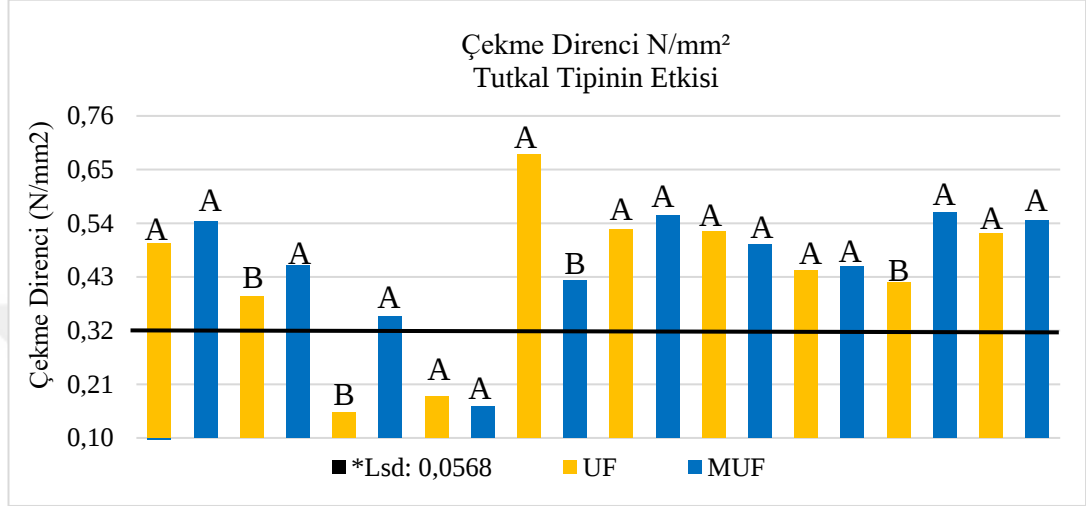
Grafik 5.65 Çekme direnci değerine nano katkı tipinin etkisi

İstatistiksel analize göre; aynı grupta olan değerler aynı harfler ile gösterilmiştir. Nano katkı tipinin çekme direnci değerine etkisine farklılık gösterenler farklı grupta yer almış ve farklı harflerle gösterilmiştir. UF nano katkı tipinde MgO %3 ve %5 katkı oranında, MUF tutkalı MgO nano katkı tipi %5 katkı oranında çekme direnci değerlerinin düştüğü görülmektedir. En yüksek çekme direnci değeri UF tutkalı ZnOnano katkı tipi %1 katkı oranında olduğu görülmektedir. ZnO ve SiO₂ nano katkı tipinde çekme direnci değerin olumlu olarak farklılaştığı görülmektedir.



Grafik 5.66 Çekme direnci değerine nano katkı oranının etkisi

İstatistiksel analize göre; MgO nano katkı tipi %3 ve %5 nano katkı oranında çekme direnç değerinin diğer gruplara ve standart sınır değere göre düşük geldiği görülmektedir. SiO₂ nano katkı tipi %1 katkı oranında çekme direncinin arttığı görülmektedir.



Grafik 5.67 Çekme direncine tutkal tipinin etkisi

İstatistiksel analiz grafiğinde gruplandırmada, UF tutkalı ve MUF tutkalında MgO katkı tipi % ve %5 katkı oranında çekme direnci sınır değerinin altında kaldığı ve diğer numunelere göre düşük kaldığı görülmektedir. UF tutkalı ZnO katkı tipi %1 katkı oranında en yüksek çekme direnci olduğu görülmektedir.

Çekme direnci numuneleri ayrılma şekilleri aşağıda Fotoğraf 5.13’de gösterilmiştir.



Fotoğraf 5.13 Çekme direnci deneyi numuneleri ayrılma şekilleri

Sonuçlara göre; MgO katkı maddesi numunelerin çekme değerinin düşmesine neden olduğu, ZnO ve SiO₂ nano katkı maddelerinin ise numunelerin çekme mukavemet değerlerini iyileştirmede olumlu etki yaptığı görülmektedir. ZnO ve SiO₂ nano katkı maddelerinin levha mukavemet değerlerine olumlu etkisini literatürde yapılan çalışmaların da desteklendiği görülmektedir. Candan, (2012) nano partiküllerin üzerinde yaptığı araştırmada SiO₂ ve ZnO nanan partiküller ile güçlendirilmiş UF tutkalı ile üretilen laminat parkelerin mukavemet değerlerinde artış olduğu bildirmiştir. Orman endüstrisinde nano teknoloji isimli çalışmada, polimer malzemelere nanopartikül ilave edildiğinde mekanik mukavemet performansına olumlu etki ettiği görülmüştür. SiO₂ nano partiküllerin nişasta bazlı ahşap tutkalına ilave edilmesi ile nano partiküllerin etkisi üzerine yapılan bir çalışmada, nano katkısız kontrol numuneleri ile nano katkılı numunelerin çekme mukavemet değerleri karşılaştırıldığında, SiO₂ nano katkılı numunelerin çekme değerinde artış görülmüştür (Bardak vd., 2016). Kaştan ve Oral (2016) yaptıkları çalışmada polimer matrisli kompozitlerin çekme mukavemetine nano katkıların etkisini araştırmışlardır. Araştırmanın sonucuna göre; nano katkı maddelerinin çekme mukavemet değerini artırdığını, çekme direncinin artmasına nano katkı maddesinin ilave oranı, nano katkıların boyutlarının etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Tüm gruplara ait birim hacim ağırlığı, eğilme ve elastikiyet modülü, çekme deneyi, kalınlık şişme deneyi, perforatör formaldehit deneyleri yapılmış olan numuneler aşağıda Fotoğraf 5.14’de gösterilmiştir.



Fotoğraf 5.14 Deney numuneleri

5.1.12.4 Çekme-makaslama direnci deneyi

Çekme makaslama direnci ortalama ve standart sapma değerleri aşağıda Tablo 5.48’de verilmiştir. Çekme makaslama direnci deneyi EN 205 standartına uygun olarak yapılmıştır. Deney, ahşabın veya ahşap esaslı ürünlerinde kullanılan tutkalın yapışma kalitesini ve kullanılabilirliğini değerlendirmek ve dayanıklılık sınıflarını belirlemek için yapılmaktadır. Termosetling tutkallar için dayanıklılık sınıfı EN 12765 standartına göre C1 – C4 arasında sınıflandırılmaktadır. C1 sınıfı; ahşabın neminin %15’i geçmediği iç mekânlarda kullanılan ürünleri temsil etmektedir. Çalışmada kullanılan tutukal, kimyasal ve nano katkı maddesi karışımı C1 sınıfına girmektedir.

Tablo 5.48Çekme- Makaslama Direnci Değerleri

Tutkal	Nano Katkı Maddesi	Nano Katkı Oran %	Çekme N/mm ²	Standart sapma	COV değerleri
UF	Kontrol	0%	8,059	2,780	35
		1%	4,250	1,358	32
		3%	1,999	0,494	25
		5%	3,016	0,452	15
UF	MgO	1%	4,017	1,248	31
		3%	5,343	0,731	14
		5%	3,452	0,847	25
		1%	7,058	2,151	30
	ZnO	3%	6,377	1,538	24
		5%	6,034	2,158	36
	SiO ₂	1%	6,143	1,313	21
		3%	3,646	1,445	40
MUF	Kontrol	3%	3,306	1,511	46
		5%	3,129	1,105	35
	MgO	1%	2,922	1,083	37
		3%	2,495	0,700	28
		5%	5,465	3,315	61
	ZnO	1%	8,147	2,080	26
		3%	3,683	1,131	31
		5%	4,970	1,760	35
	SiO ₂				

Tablo’daki değerlere göre; nano katkısız tutkal grupları karşılaştırıldığında UF kontrol numunelerinin çekme-kayma direnci değerlerinin MUF tutkalı numunelerin değerlerinden daha fazla olduğu görülmektedir. En düşük çekme değeri UF tutkalı MgO nano katkı maddesi %5 katkı oranında görünmektedir. En yüksek çekme değeri

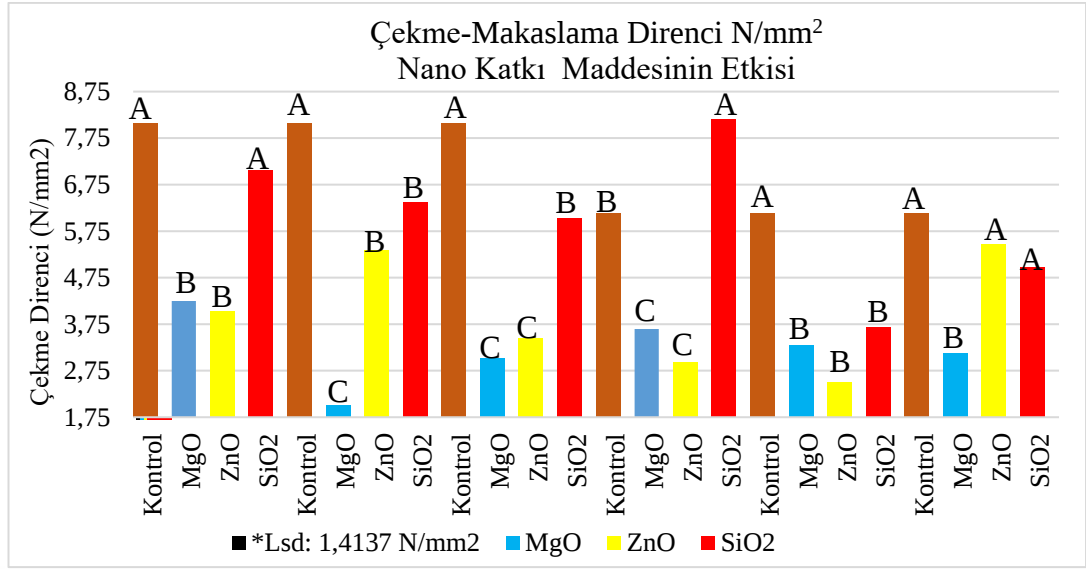
MUF tutkalı SiO₂ nano katkı maddesi %1 katkı oranında olan numunelerde görülmektedir.

Levha çekme makaslama direnci değerine nano katkı maddelerinin, katkı oranlarının ve tutkal tipinin etkisini istatistiksel olarak tespit amacıyla üç yönlü ANOVA analizi yapılmış, analiz değerleri Tablo 5.49’de verilmiştir.

Tablo 5.49 Çekme-Makaslama Direnci Üçlü Etkileşim Tablosu

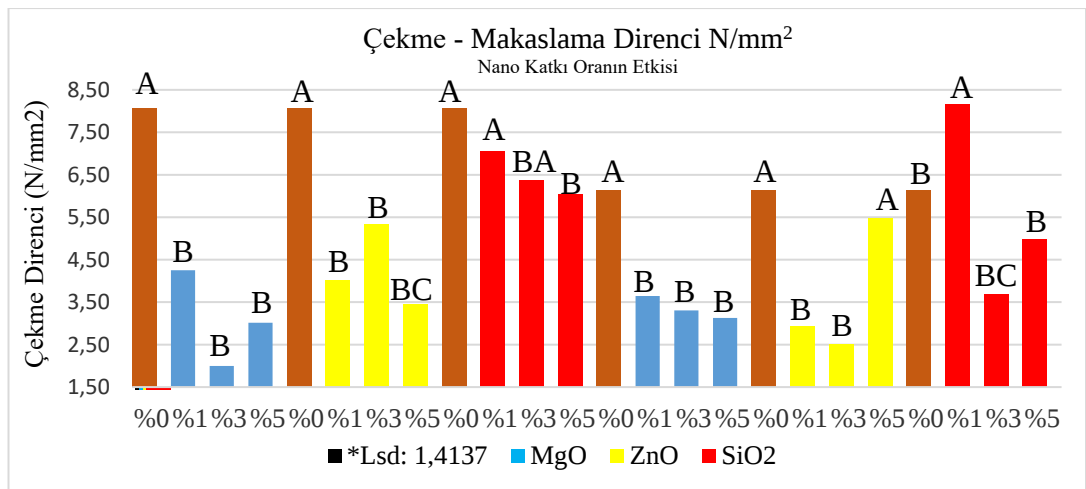
Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Tip I SS	Kareler Ortalaması	F Değeri	P* Önem Değeri
Tutkal (T)	1	21,4379	21,4379	8,21	0,0046
Katkı Tipi (KT)	3	409,3278	136,4426	52,27	<0,0001
T*KT	3	22,5432	7,5144	2,88	0,0373
Katkı Oranı (O)	2	41,2582	20,6291	7,90	0,0005
T*O	2	21,2603	10,6301	4,07	0,0186
KT*O	4	58,2428	14,5607	5,58	0,0003
T*KT*O	4	81,9905	20,4976	7,85	<0,0001*

Anova sonucuna göre; P önemlilik değeri %95 güven aralığında ($P = 0,001 < 0,05$ alfa değeri) olduğundan üçlü etkileşimin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Üçlü etkileşim anlamlı olduğu için numunelerin çekme-kayma direnci değerine etkisini göstermek amacıyla nano katkı tipinin (KT), nano katkı oranının (O) ve tutkal (T) tipi faktörlerinin ayrı ayrı en küçük önemli fark (LSD) değerine göre gruplandırma tablosu yapılmıştır. LSD değerine göre aynı grupta olanlar aynı harflerle ve farklı grupta olan farklı harflerle ile gösterilmiştir (Grafik 5.68, Grafik 5.69 ve Grafik 5.70).



Grafik 5.68 Çekme-makaslama direnci değerine nano katkı tipinin etkisi

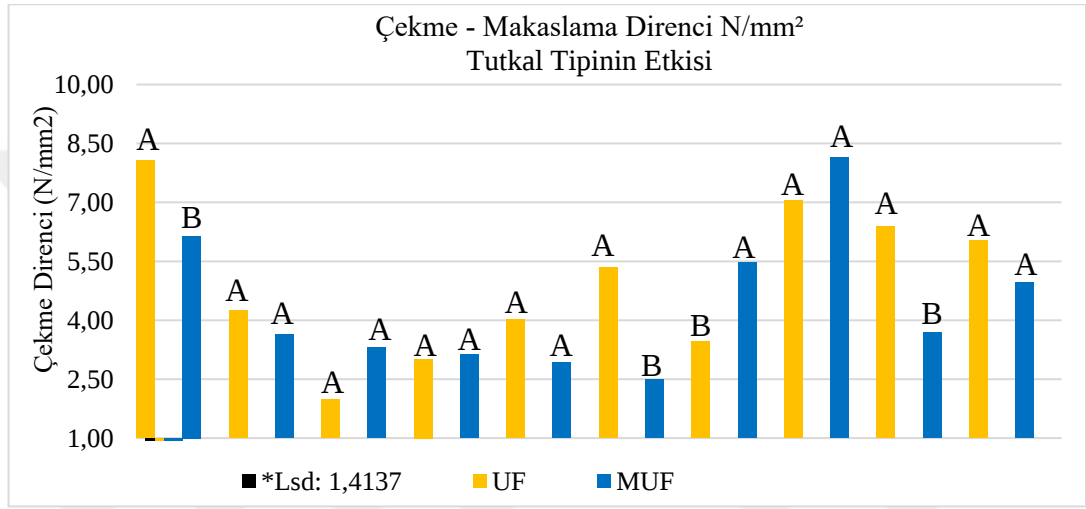
İstatistiksel analize göre; aynı grupta olan değerler aynı harfler ile gösterilmiştir. Nano katkı tipinin çekme kayma direnci değerine etkisine farklılık gösterenler farklı grupta yer almış ve farklı harflerle gösterilmiştir. UF ve MUF tutkalı nano katkısız numune değerlerinin diğer gruplardan olumlu olarak farklılaştığı görülmektedir. En yüksek çekme değeri UF nano katkısız numunelerde ve MUF tutkalı SiO₂ nano katkı tipi %1 katkı oranında olduğu görülmektedir. MgO ve ZnO nano katkı maddelerinde çekme kayma direnci değerlerinin diğer gruplara göre olumsuz olarak farklılaştığı görülmektedir. En düşük çekme değeri MgO nano katkı tipi %3 katkı oranında olduğu görülmektedir. Çekme-Makaslama direncine nano katkı oranının etkisi Grafik 5.68’de görülmektedir.



Grafik 5.69 Çekme -Makaslama direnci değerine nano katkı tipinin etkisi

Çekme-makaslama direncine nano katkı oranının etkisi istatistiksel analize göre; en düşük değer UF tutkalı MgO nano katkı grubu %3 katkı oranında ve MUF tutkalı ZnO nano katkı grubu %3 katkı oranında görülmektedir. En yüksek çekme değerleri UF tutkalı nano katkısız grupta ve MUF tutkalı SiO₂ nano katkı maddesi %1 katkı oranında olduğu görülmektedir.

Çekme-Makaslama direncine tutkal tipinin etkisi Grafik 5.69’da görülmektedir.



Grafik 5.70 Çekme-makaslama direnci değerine tutkal tipinin etkisi

Çekme-makaslama direncine tutkal tipinin etkisi istatistiksel analize göre; kontrol numunelerinde UF tutkalı ile üretilen numunelerin çekme değerinin MUF tutkalı numunelerinin çekme değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni UF tutkalının boyutsal yapısından dolayı ahşabın hücre boşluklarına daha fazla emilmesinden kaynaklanabilir.

Çekme-Makaslama direnci numunelerinin kopma şekilleri herbir grubun parçası yan yana konularak aşağıda Fotoğraf 5.14’de gösterilmiştir.



Fotoğraf 5.15 Çekme-Makaslama direnci deney numuneleri kopma şekilleri

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada; toz formunda nano katkı maddeleri üre formaldehit esaslı iki farklı tutkala ilave edilmiştir. Böylelikle tutkal, diğer kimyasallar ve lif arasındaki bağların modifiye edilerek levhaların fiziksel ve mekanik direnç performans özelliklerini iyileştirmek amaçlanmıştır. Çalışmada Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* A.) odunu şerit yongaları kullanılmıştır.

Çalışma sonucunda; Magnezyum oksit (MgO) nano katkı maddelerinin levhaların çekme ve eğilme mukavemet değerlerinde, elastikiyet modülünde azalışa ve fiziksel özelliklerden 24 saat kalınlık şişme değerlerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. MUF tutkalı grubunda MgO nano katkılı numunelerin kalınlıklık şişme değerlerinde artış görülmüş fakat artış oranının UF tutkalı MgO katkılı numunelere oranla daha az olduğu görülmüştür. Bu çalışmada; MgO nano katkı maddesinin tutkala ilave edilip kullandığında elde edilen sonuçlara göre OSB uygulama alanlarında olumsuzluklara neden olabileceği görülmektedir. Genellikle yapılarda ve inşaatların çatılarında kullanılan OSB levhalarında kalınlık şişme değerleri, malzemenin fiziksel özelliklerinin korunması ve malzemenin bütünlüğü bakımında önemli bir kriter olarak görülmektedir.

Çalışmada; OSB numunelerinin çekme direnç değerlerine Silisyum dioksit (SiO₂) ve Çinko Oksit (ZnO) nano katkı maddelerinin diğer gruplara oranla olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalarda bu sonucu destekler niteliktedir. OSB levhaların çekme direnci değerinin yüksek olması uygulama alanlarında levhadan istenilen performans değerlerine olumlu katkı sağlayacaktır.

OSB levhaları binalarda yapı malzemesi olarak kullanılmalarının yanı sıra bina içlerinde mobilya ve dekorasyon amaçlı kullanıldığı için levhaların içerdiği formaldehit değeri önem taşımaktadır. Formaldehit içerikli tutkallar ile üretilen odun esaslı levhaların formaldehit miktarlarının düşürülmesi formaldehitin çevreye ve insan sağlığına yaptığı olumsuz etkinin azaltılması için önem arz etmektedir. Bu çalışmanın sonucuna göre; formaldehit emisyonun olumsuz etkisinin istenmediği uygulamalarda

nano katkı maddeleri ile takviye edilmiş MUF tutkalı ile üretilen OSB levhalarını kullanımı önerilebilir.

Yapı malzemesi olarak ve binalarda kullanılan OSB levhalarının yanma özellikleri ve yanmadan sonraki fiziksel durumları bina ve insan güvenliği açısından önemlidir. Çevre ve Şehircilik bakanlığı yapı malzemeleri yönetmeliğinde bina ve insan güvenliği için yapı malzemelerinin temel karakteristikleri ve performans değerleri ilgili gerekli kurallar bildirilmiştir. Yönetmeliğe göre yapısal amaçlı kullanılan malzemelerin yanma sınıfı, özellikleri ve formaldehit değerlerinin beyan edilmesi zorunludur. Bundan dolayı OSB levhalarının formaldehit içeriği ve yanma özellikleri önem arz etmektedir. Yanma özelliklerinin belirlenmesi için yapılan yanma deneylerinde numune ağırlık kaybı ve yanma süresi sonuçlarına göre; nano katkı maddelerinin yanma süresini uzatmadığı ve daha fazla numune ağırlık kaybına neden olmadığı görülmüştür.

MUF tutkalı ZnO nano katkı maddesiyle üretilen numunelerin yanma süreleri ve yanma sonrasındaki ağırlık kayıpları diğer gruplara göre daha iyi bulunmuştur. OSB numune yüzeylerine ve kenarlarına yapılan tek alev kaynağı deneylerinde, her iki grup için de hem yüzey hem de kenar uygulamalarında alev yüksekliğinin sınır değerlerin altında kaldığı, nano katkı maddeleri ile takviye edilmiş tutkallar ile üretilen OSB numunelerinin aleve maruz kaldığında olumsuz bir durum olmadığı görülmüştür. Çalışma sonucuna göre; ZnO nano katkılı MUF tutkalı ile üretilmiş olan levhaların yapı malzemesi olarak kullanımı üreticilere ve uygulayıcılara tavsiye edilebilir.

Yapı malzemesi olarak kullanılan OSB levhaların hem bina içi hemde bina dışında kullanılamında boyutsal değişim özellikleri malzemenin tercih edilmesi ve kullanımı açısından ve malzemenin fiziksel performans özelliklerinin geliştirilmesi bakımından önemlidir. Yapılan bu çalışmada, nano katkılı tutukal ile üretilen OSB numunelerinin nemli şartlarda boyutsal değişim özelliklerinin olumsuz olarak etkilenmediği görülmüştür. Özellikle, melamin tutkalı ile üretilen levhaların malzemenin boyutsal değişim özelliklerine olumlu etki yaptığı görülmüştür.

Isı geçirgenlik özellikleri malzemin yalıtım özellikleri bakımından önemlidir. OSB levhaları odun esaslı levhalar olduğundan ısı yalıtım değerleri düşük gelmektedir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre; OSB levhaların üretiminde MUF tutkalı ile beraber SiO₂ ve MgO nano katkı maddeleri kullanıldığında ısı iletkenlik değerlerinin olumlu yönde etkilendiği görülmektedir. Yapılarda ısı yalıtım değerleri iyi olan malzeme kullanılmak istendiğinde yapı malzemesi olarak OSB levhaları ve nano katkılı tutkallar ile üretilmiş OSB levhalarının kullanılmasının enerji tasarrufu açısından faydası olacaktır.

Termal ısı özelliklerin belirlendiği TGA testi analiz sonuçlarına göre; her iki tutkal grubu arasında nano katkısız numunelerde ve nano katkılı numunler arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Çalışmada kullanılan 18-50 nm boyutlarındaki nano katkı maddeleri Nanografi A.Ş firması aracılığıyla yurtdışından temin edildiğinden kg birim fiyatları Euro bazında alınmıştır. Küresel ölçekli ekonomik sıkıntılardan ve Türkiye’de döviz kurunun fazla artışından ve nano malzeme maliyetleri fazla oluşundan dolayı çalışma laboratuvar ortamında yapılmıştır. Nano katkı maddelerinin 1m³ levha maliyetine bütün giderler dâhil Euro bazında yaptığı ilave yük, oran olarak; nano katkı oranı %1 kullanıldığında MgO’de %38,5; ZnO’de %47,9; SiO₂ ‘de %33’ dür. Nano katkı %3 oranında kullanıldığında MgO’de %65,3; ZnO’de %73,4; SiO₂ ‘de %59,6 Euro olarak ilave maliyet olmaktadır. Nano katkı %5 oranında kullanıldığında ise ilave maliyet MgO’de %75,8; ZnO’de %82,1; SiO₂’de %71,1 olmaktadır. Maliyet artış oranlarından görüleceği üzere en uygun levha maliyet artışı SiO₂ nano katkı maddesinde olmaktadır. Yapılan çalışmada üretilen levhaların fiziksel ve mekanik direnç performanslarına olumlu katkıda bulunan nano katkı maddelerinin ZnO ve SiO₂ olduğu görülmüştür. Gelecekte nano katkı maddelerinin levha sanayiinde kullanımının artması ve birim maliyetlerin daha uygun seviyelere gelmesiyle, üretimde nano katkı oranları daha fazla artırılıp kullanılarak nano katkı maddelerinin levha performans değerlerine etkisi daha fazla ve daha net görülebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, T., Göker, Y., & Ayrılmış, N. (2002). OSB Levhalarının Kontrplak Yerine Kullanılması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*. Seri A, 52 (1), 65-79.
- Altıntaş, B. (2017). Melamin Üre Formaldehit (MÜF) ve Üre formaldehit (ÜF) Tutkalı ile Üretilmiş Kompozit Levhaların Bazı Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Düzce Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı*. Düzce.
- Anonim (1999a). TS EN 323 Ahşap Esaslı Levhalar - Birim Hacim Ağırlığı Tayini.
- Anonim (1999b). TS EN 310 Ahşap Esaslı Levhalar – Eğilme Dayanımı ve Eğilme Elastikiyet Modülünün Tayini.
- Anonim (1999c). TS EN 319 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar – Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini.
- Anonim (1999d). TS EN 317 Yonga Levhalar ve Lif Levhalar – Su içerisine Daldırma İşleminden Sonra Kalınlığına Şişme Tayini.
- Anonim (1999e). TS EN 322 Ahşap Esaslı Levhalar - Rutubet Miktarının Tayini.
- Anonim (1999f). TS EN ISO 12460-5 Ahşap Esaslı Levhalar - Formaldehit Miktarının Tayini Ekstraksiyon Metodu ile Ayırma.
- Anonim (2008a). TS EN 300 Yönlendirilmiş Yonga Levha Sınıflandırma ve Tarifler.
- Arıf, E. (2010). Nanoyapıda Çinko Oksit Partiküllerinin Üretimi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Üretim Metalürjisi ve Teknolojileri Mühendisliği Programı*.
- As, N., Hüseyin, K., Dilek, D., Atık, C., Aksu, B., & Erdinler, S. (2001). Türkiye’de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Anatomik Fiziksel Mekanik ve Kimyasal Özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 51,1
- Aşıkuzun, E., & Kaymakçı, A. (2018). Investigation of mechanical behavior of wood polymer nanocomposites (WPNs) samples using static vickers microhardness tester. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2018, 18 (1), 62-74
- Ata, A. (2017), Gebze Teknik Üniversitesi Ar-Ge Strateji Belgesi, Nano Teknoloji Araştırmaları. *Proje 1000 - Üniversite Araştırma Potansiyeli*, Gebze.
- Atar, İ., Nemli, G., Ayrılmış, N., Baharoğlu, M., Sarı, B., & Bardak., S. (2013). Effects of hardener type, urea usage and conditioning period on the quality properties of particleboard. *Materials and Design*, 56 (2014), 91-96

- Ateş, H., & Bahçeci, E. (2015). Nano Malzemeler için Üretim Yöntemleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım ve Teknoloji*. 3(2),483-499
- Ayrılmış, N. (2000). MDF'nin Teknolojik Özelliklerine Ağaç Türünün Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknoloji Programı*. İstanbul.
- Bal, B.C., & Ayata, Ü. (2020). Karaçam ve karakavak odunlarının bazı mekanik özellikleri üzerine karşılaştırmalı bir çalışma. *Türkiye Ormancılık Dergisi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi*, 21(4), 461-467
- Bardak, S. (2010). Bazı Faktörlerin Yongalevhanın Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkileri. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt: V Sayfa: 1887-1898
- Bardak, T., Bardak, S., & Kayahan, K. (2016). Orman Endüstrisinde Nano Teknoloji. *Uluslararası Kültürel ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (UKSAD)*. 2(2), 244-253
- Bochmann, J., Edwardson, Chris., & Shmulsky, R. (2004). Influence of resin type and flake thickness on properties of OSB. *Forest products journal*. 54 (3), 51
- Candan, Z. (2012). Ahşap Sandviç Panel ve Laminat parke Üretiminde Nano partikül Kullanımı ve Teknolojik Özellikler Üzerine Etkisi. Doktora Tezi. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı*. İstanbul.
- Candan, Z., & Akbulut, T. (2013). Developing Environmentally Friendly Wood Composite Panels by Nanotechnology. *Nano wood composite, BioResources*, 8 (3), 3590-3598
- Clausen, C, A., Kartal, S.N., Arango, R.A., & Green, F. (2011). The role of particle size of particulate nano-zinc oxide wood preservatives on termite mortality and leach resistance. *Springer open journal, Nanoscale Research Letters*. 6 (1), 427 doi: 10.1186/1556-276x-6-427
- Çavuş, V. (2008). "I-214 (Populus X Euramericana) Melez Kavak Klonundan Fenol Formaldehit ve Üre Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestelerinin (PŞK) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. *Kahramanmaraş Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı*. Kahramanmaraş.
- Ciritçioglu, H., & Çiftçi, S. (2019). Tabakalı Ahşap Kompozit Üretiminde Cam Fiber (GFRP) Karbon Fiber (CFRP) Kullanımı. *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi (Bahar) 2019 Bildiriler Kitabı*. Cilt II. Fen Bilimleri
- Dandıl, S. (2013). Silika Nano Partikül Esaslı Süper hidrofobik ve Transparan Kompozit Filmlerin Sentezi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Dizeci, Ş., & Kandemir, A. C. (2023). Effects of Silica/Clay Nanoparticles on Microstructural and Mechanical Properties of Epoxy Based Adhesives. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 51 (2), 153-161.

- Doğan, K. (2015). Yoğunluk Farklılığının ve Değişik Melamin İçerikli Üreformataldehyt Tutkalının Yönlendirilmiş Yongalevhanın (OSB) Bazı Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.
- Doosthoseini, K., & Hosseinabadi, H. (2010). Using Na+MMT nanoclay as a secondary filler in plywood manufacturing. *J Indian Acad Wood Sci.* 7(1–2):58–64
- Dorieh, A., Pouresmaeel Selakjani, P., Hassan Shahavi, M., Pizzi A., Sogand Ghafari, M., Mohammad Farajollah, P., & Roozbeh, A. (2022). Recent developments in the performance of micro nanoparticle-modified urea-formaldehyde resins used as wood based composite binders. *Elsevier International Journal of Adhesion and Adhesives*. 114, 2022.
- Güler, B. (2001). Odun Kompozitleri. *S.D.Ü Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 135-160
- Gündüz, G., & Masraf, Y. (2005). Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yongalevha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7(8), 58-71.
- Gündüz, G., Yapıcı, F., Özçifçi, A., & Kalaycıoğlu, H. (2011). The Effect of Adhesive Ratio and Pressure Time Some Properties of Oriented Strand Board. *Bioresources*. 6(2), 2118-2124.
- Gür, M. (2010). Nano mimarlık bağlamında nano malzemeler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15(2): 81-90.
- Gür, M., Şener, N., Muğlu, H., Çavuş, M. S., Özkan, O. E., Kandemirli, F., & Şener, İ. (2017). New 1, 3, 4-thiadiazole compounds including pyrazine moiety: Synthesis, structural properties and antimicrobial features. *Journal of Molecular Structure*, 1139, 111-118.
- Göker, Y., & Ayrılmış, N. (2002). Yangında odun ve odun esaslı ürünlerin performans karakteristikleri ve termal degradasyonu. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 52(2/1-2), 1-22.
- Gözalan, M. (2016). Yonga levhalarda Parafin Kullanım Miktarının Optimizasyonu Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Bartın.
- Hızıroğlu, S. (2017). Oriented Strand Board as a Building Material. *Oklahoma State University Food Technology Fact Sheet*. FAPC 145.
- Ismita, N., & Lokesh, C. (2017). Effects of different nanoclay loadings on the physical and mechanical properties of Melia composita particle board. *Bois Et Forest Des Tropiques, Nanoargiles Pour Le Bois Agglomer/ Le Point*, 334 (4).
- İstek, A., Gülsoy, K.S., & Eroğlu, H. (2010). Karaçam Öz odunu ve Diri Odunu Lifler Özelliklerinin Karşılaştırılması. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 20-22 Mayıs 2010 Cilt: V Sayfa: 1916-1924

- İstek, A., Tunç, H., & Özsoylu, İ. (2016). Silan İlavesinin Yönlendirilmiş Yonga Levhaların (OSB) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 1-8
- Kaştan, A., & Okan, O. (2016). Polimer Matrisli Kompozitlerin Çekme Mukavemetine Nano Katkıların Etkisi. *Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 4 (1), 35-41.
- Kalaycıoğlu, H., & Özen, R. (2012). Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları, 3. Basım. Trabzon.
- Kaymakçı, A. (2019). Magnezyum oksit nanopartikül ile güçlendirilen HDPE/ahşap unu nano kompozitlerin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 2 (2), 103-109
- Kılıç, A., Sarıusta, S.E., & Hafizoğlu, H. (2010). Sarıçam, Karaçam ve Kızılçam Basınç Odunun Kimyasal Yapısı. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt 12, Sayı 18, 33-39
- Korkmaz, M., Yapıcı, F., Kılınç, İ., & Taşdemir, N.Z. (2017). Üretim Faktörlerinin Yönlendirilmiş Yonga levhaların Isı İletkenlik Katsayısı Değeri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*. 6 (3), 932-939
- Köse, M. (2009). Yönlendirilmiş Yonga levhalar (OSB)'lerde Yonga Yönü ve Geometrisinin Levha Direncine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı.
- Kumar, A., Gupta, A., Korada, V.S., & Gazali, B.S. (2013). Influence Aluminum Oxide Nano Particles Physical and Mechanical Properties of Wood Composites. *BioResources*, 8 (4), 6231-6241
- Licari, J.J., Swanson, D.W. (2011). Adhesives Technology for Electronic Applications: Materials Processing, Reliability. *Material and processes for electronic application, second edition*. ISBN: 978-1-4377-7889-2, Elsevier, USA.
- Mabrouka, M, A., Ateş, S., & Durmaz, E. (2018). Comparison of some anatomical, chemical and fibrous characteristics of Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) sampled from different regions. *Kastamonu Univeristy., Journal of Forestry Faculty*. 18 (1), 75-82
- Nemli, G., Demirel, S., & Zekoviç, E. (2006). Yonga rutubeti, Parafin Kullanımı ve Ağaç Cinsinin Yongalevhanın Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkileri. *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*. 7(2), 81-93 (2006)
- Özen, R., ve Kalaycıoğlu, H. (2012). Yonga Levha Endüstrisi Ders Notları. Trabzon, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Özer, İ. (2002). Donmuş Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Karaçam (*Pinus nigra* Arn L.) Gençlik ve Olgun Odununda Bazı Mekanik Özelliklerin Değişimi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı*. İstanbul

- Özöğüt, U.C. (2013). Tasarlanmış Şekle Sahip Çinko Oksit (ZnO) Partiküllerinin Üretimi ve in-vitro Toksisitesinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Malzeme Bilimi Mühendisliği Anabilim Dalı*.
- Özsoylu, İ. (2016). Üre Formaldehit Tutkalının Sodyum Karboksimetilselüloz ile Modifikasyonun Yonga Levhaların Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın*.
- Pulat, E. (2018). Türkiye’de Bazı Odunsu Türlerde Dal ve Gövde Odunlarının Karşılaştırmalı Odun Anatomisi. Yüksek Lisans Tezi. *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın*.
- Pazarlıoğlu, S.S, & Algan, O. (2021). Sintirleme Sıcaklıkları ve Magnezyum Oksit İlavesinin Hidroksiapatitin Özelliklerine Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 24 (1)
- Perker, Z. S. (2010). Nano Teknoloji ve Yapı Malzemesi Alanına Etkileri. *E-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 1A0114, 5(4), 639-648
- Pizzi, A. (1994). Advanced wood adhesives technology. *CRC Press, Prs. Marcel Dekker, NewYork*, 235, s.10-120
- Sakıcı, O.E., Sağlam, F., & Seki, M. (2018). Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü Karaçam Meşcereleri İçin Tek ve Çift Girişli Ağaç Hacim Denklemleri. *Türkiye Ormancılık Dergisi*. 19 (1), 20-29
- Salari, A., Tabarsa, T., Khazaeian, A., & Saraeian, A. (2013). Improving some of applied properties of oriented strand board (OSB) made from underutilized low quality paulownia (*Paulownia fortunei*) wood employing nano-SiO₂. *Industrial Crops and Products*. 42 (2013) 1–9
- Sarıbaş, M., & Ekici, B. (2004). Kızılcıamın (*Pinus brutia* Ten.) Batı Karadeniz Bölgesin’deki Doğal Yayılışına Katkı. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 6 (6), 127-135
- Sauray, (2012). Application of Nano Technology in Building Materials. *Application of Nano Technology in building materials”. International journal of Engineering research and applications*. 2 (5), 1077-1082
- Sharma, K.D., Shukla, S., Sharma K.K., & Kumar, V. (2020). A review on ZnO: Fundamental properties and applications. *Elsevier, Materials Today: Proceedings*.
- Samaržija-Jovanović, S., Jovanović, V., Konstantinović, S., Marković, G., & Marinović-Cincović, M. (2011). Thermal behavior of modified urea–formaldehyde resins. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 104 (3), 1159-1166.

- Taş, M. (2017). Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odun ve Kraft Kağıt Hamurundaki Polyozların Tespiti. Yüksek Lisans Tezi. *Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Bartın.
- Thoemen, H., Irle, M., & Sernek, M. (2010). Wood Based Panel An Introduction for Specialists. *Published by Brunel University Press*, 55 – 56
- Tomak, E., Parmak, E., & Arpacı, Ş. (2020). Water Absorption, Anti-Shrink Efficiency and Decay Resistance of Treated Wood By Silica Based Solutions. *International Forest Products Congress, Orenko. KTÜ, Trabzon* 110-115
- Tübitak (2004). Nano bilim ve Nano Teknoloji Stratejileri. Vizyon 2023 Projesi Nano Teknoloji Strateji Grubu. Ankara, 2004. <https://nanokar.com/dosya/vizyon.pdf>. Erişim tarihi; 12.09.2023
- Türkeri, M. (2023). Metal Katkılı Magnezyum Oksit İnce Filmlerin Üretimi ve Devre Elemanlarında Uygulaması. Yüksek Lisan Tezi. *Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı*. Batman.
- Ulusoy, H., & Peker, H. (2019). Ahşapta nano teknolojik vernik/tutkal kullanımı ve etkileri. *3rd International symposium on innovative approaches in scientific studies. Section: Engineering and natural sciences*. 4 (1), 591-594
- URL-1 01.10.2023 tarihinde <https://www.wbpionline.com> adresinden alınmıştır.
- URL-2 17.10.2023 tarihinde <https://europanel.org/the-wood-based-panel-industry/types-of-wood-based-panels-economic-impact/oriented-strand-board/> adresinden alınmıştır.
- URL-3 17.10.2023 tarihinde <https://buildgp.com/wood/roof-sheating> adresinden alınmıştır.
- URL-4 17.10.2023 tarihinde https://www.researchgate.net/figure/OSB-used-in-house-construction-Source-IHB-2018_fig11_327816092 adresinden alınmıştır.
- URL-5 17.10.2023 tarihinde <https://oxleytrade.com.au/product/oriented-strand-board-osb-osb-3> adresinden alınmıştır.
- URL-6 17.10.2023 tarihinde <https://www.ekoyapidergisi.org/ic-mekanlarda-osb-panelleri-mutevazi-bir-malzemedenden-tasarim-ozelligine> adresinden alınmıştır.
- URL-7 17.10.2023 tarihinde <https://www.strandplyosb.com/oriented-strand-board-furniture> adresinden alınmıştır.
- URL-8 17.10.2023 tarihinde <https://www.globalpiyasa.com/en/product-detail/trapezoidal-sheet-and-osb-applications-cmp> adresinden alınmıştır.
- URL-9 17.10.2023 tarihinde <https://www.indiamart.com/proddetail/osb-board-packaging-box-7249543530.html> adresinden alınmıştır.

- URL-10 17.10.2023 tarihinde <https://www.ekoyapidergisi.org/ic-mekanlarda-osb-panelleri-mutevazi-bir-malzemedan-tasarim-ozelligine> adresinden alınmıştır.
- URL-11 02.10.2023 tarihinde <https://www.muhendisbeyinler.net> adresinden alınmıştır.
- URL-12 16.10.2023 tarihinde <https://nanoteknoloji.org/nanomalzemeler> adresinden alınmıştır.
- URL-13 14.10.2023 tarihinde <https://www.nano.gov/about-nanotechnology> adresinden alınmıştır.
- URL-14 18.10.2023 tarihinde <http://bilsenbesergil.blogspot.com/p/nanoyapl-malzeme-nanostructured-material.html> adresinden alınmıştır.
- URL-16 16.10.2023 tarihinde <https://nanoteknoloji.org/nanomalzemeler> adresinden alınmıştır.
- URL-17 02.10.2023 tarihinde <http://www.mobilyadergisi.com.tr> adresinden alınmıştır.
- URL-18 24.10.2023 tarihinde <https://www.ogm.gov.tr/tr/yararli-bilgiler/haftanin-agaci/kizilcam> adresinden alınmıştır.
- URL-20 08.11.2023 tarihinde <https://www.wsl.ch/land/products/dendro/species.php?code=PINI#> adresinden alınmıştır.
- URL-21 25.10.2023 tarihinde <https://www.istockphoto.com/tr/foto/üre-ayrıca-karbamid-olarak-bilinen-kimyasal-formülü-ch4n2o-ile-organik-bir-gm1296121547-389631926> adresinden alınmıştır.
- URL-22 25.10.2023 tarihinde https://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/f0a45e2d7bb21df_ek.pdf?tipi=2&turu=H&sube=4 adresinden alınmıştır.
- URL-23 25.10.2023 tarihinde <https://www.igsas.com.tr/igsas-ure> adresinden alınmıştır.
- URL-24 25.10.2023 tarihinde <https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/formaldehit-metanol-metilen-oksit-metil%C3%BCldehit-oxomethane-molek%C3%BCl%C3%BC-aldehitlerin-en-gm1308486309-398456550> adresinden alınmıştır.
- URL-25 25.10.2023 tarihinde <https://www.istockphoto.com/tr/vekt%C3%B6r/metanol-ch3oh-molek%C3%BCl-modeli-ve-metil-alkol%C3%BCn-kimyasal-form%C3%BCl%C3%BC-gm1215396114-353985910> adresinden alınmıştır.
- URL-26 01.11.2023 tarihinde <https://www.nanokar.com.tr/blog/amonyum-klorur-nedir-kullanım-alanları> adresinden alınmıştır.
- URL-27 01.11.2023 tarihinde <https://www.mercankimya.com.tr/?sayfa=urunler&id=72> adresinden alınmıştır.

- URL-28 01.11.2023 tarihinde <https://kimyasepetim.com/kalip-mum-parafin> adresinden alınmıştır.
- URL-29 01.11.2023 tarihinde <https://www.mercankimya.com.tr/?sayfa=urunler&id=72> adresinden alınmıştır.
- URL-30 04.11.2023 tarihinde <https://nanografi.com/nanoparticles/magnesium-oxide-mgo-nanopowder-nanoparticles-purity-99-5-size-18-nm/> adresinden alınmıştır.
- URL-31 05.11.2023 tarihinde <https://www.uralakbulut.com.tr/wpcontent/uploads/2014/05/S%C4%B0L%C4%B0KON-G%C3%9CNL%C3%9CK-HAYATIN-HER-ALANINDA-YER-ALIYOR-26-N%C4%B0SAN-2014> adresinden alınmıştır.
- URL-32 05.11.2023 tarihinde <https://nanografi.com/nanoparticles/silicon-dioxide-sio2-nanopowder-nanoparticles-amorphous-purity-98-5-size-55-75-nm/> adresinden alınmıştır.
- Ünsaldı, E., & Çiftçi. M. K., (2010). Formaldehit, Kullanım Alanları, Risk Grubu, Zararlı Etkileri ve Koruyucu Önlemler. *YYU Vetriner Fakültesi Dergisi*. 21 (1), 71-75
- Veigel, S., Rathke, J., Weigl, M., & Gindl, W. (2012). Particle Board and Oriented Strand Board Prepared With Nanocellulose-Reinforced Adhesive. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanomaterials*, ID 158503, 8 doi:10.1155/2012/158503
- Wang, Z., Gu, Z., Hong, Y., Cheng, L., & Li, Z. (2011). Bonding strength and water resistance of starch-based wood adhesive improved by silica nanoparticles. *Carbohydrate Polymers*, 86 (1), 72-76.
- Yapıcı, F., Gündüz, G., Özçifçi, A., & Likos, E. (2009). Prediction of Screw and Nail Withdrawal Strength on OSB (Oriented Strand Board) Panels With Fuzzy Classifier. *Technology*, 12(3), 167-173