

T.C.
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Mobilya Üretim Atıklarının Yüksek Katma Değerli Biyokompozitlere Dönüştürülmesi

Disiplinlerarası Biyokompozit Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Doktora Tezi

Mutlu TÜRK

ORCID 0000-0002-8650-1302

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nihat Sami ÇETİN

Ağustos 2021

Yazarlık Beyanı

Ben, Mutlu TÜRK, Mobilya Üretim Atıklarının Yüksek Katma Değerli Biyokompozitlere Dönüştürülmesi Türkçe Başlığı olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans / Doktora derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

İmza: _____

Tarih: 05.08.2021

Mobilya Üretim Atıklarının Yüksek Katma Değerli Biyokompozitlere Dönüştürülmesi

ÖZ

Bu çalışmada farklı oranlarda dolgu malzemesi katılarak üretilen pelletlerden OPK levhalar üretilmiş ve yüksek katma değerli mobilya bağlantı elemanları elde edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında odun plastik kompozit (OPK) malzeme üretimi için dolgu malzemesi olarak mobilya fabrikası atıkları, matris malzeme olarak da polipropilen (PP), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kullanılmış olup, bağlayıcı eleman olarak maleik anhidrid aşılansmış polipropilen (MAPP) ve maleik anhidrid aşılansmış polietilen (MAPE) kullanılmıştır. Polimer matris malzemelerin içerisinde %10,20,30,40,50 oranlarında dolgu malzemesi olarak mobilya malzemesi atığı kullanılmış olup, bağlayıcı malzeme kullanılan gruplarda %5 oranında MAPP ve MAPE kullanılmıştır. OPK malzemeler karışım oranlarına göre çift vidalı ekstrüderde imalatı gerçekleştirilmiştir. Farklı oranlarda dolgu malzemesi katılarak üretilen pelletlerden OPK levhaları üretilmiş ve bunların mekanik özellikleri, eğilme direnci için ASTM-D 790, çekme direnci için ASTM-D 638, vida tutma direnci ve janka sertlik deneyi için ASTM-D 1037-06 standartları doğrultusunda deneyler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen OPK malzemelerden enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilmiş olan mobilya köşe bağlantı elemanlarının mukavemet özelliklerinin belirlenmesi için orta yoğunluklu lif lam levha (MDF Lam) ve yonga levha lam (YL Lam) kullanılarak ortaya konan mobilya köşe bağlantı elemanlarında diyagonal çekme ve diyagonal basınç deneyleri ile mukavemet özellikleri incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar SPSS 20 analiz programına aktarılarak ortalamaları, standart sapmaları, varyans analizleri ve duncan testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre su alma deneyinde uzun süreli beklemede 50 MAPP PP en iyi sonucu vermiştir. Eğilme direncinde en iyi sonucu 50 MAPP PP numuneleri sağlamıştır. Çekme testinde en iyi çekme direncini 30 MAPP PP numuneleri vermiştir. Janka sertlik deneyinde en iyi sonucu 20 MAPP PP vermiştir. Vida çekme deneyi sonuçlarında en iyi sonucu 50 PP numuneleri vermiştir. Diyagonal basınç ve diyagonal çekme deneylerinde en iyi sonucu 30 MAPP PP deney örnekleri sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: OPK, mobilya fabrika atıkları, PP, YYPE, MAPE, MAPP, fiziksel ve mekanik özellikler, mobilya bağlantı elemanları.

Transforming Furniture Production Wastes To High Added Value Biocomposites

Abstract

In this study, OPK sheets were produced from pellets produced by adding filling material in different proportions and it was aimed to obtain furniture fasteners with high added value. Within the scope of the study, furniture factory wastes as filling material, polypropylene (PP), high density polyethylene (YYPE) as matrix material, maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) and maleic anhydride grafted as binder material were used for the production of wood plastic composite (OPK) material. polyethylene (MAPE) was used. Furniture material waste was used as filling material at the rate of 10,20,30,40,50% in polymer matrix materials, and 5% of MAPP and MAPE were used in the groups in which binder material was used. OPK materials were manufactured in a twin screw extruder according to the mixing ratios. OPK boards were produced from pellets produced by adding filling material in different proportions and their mechanical properties were tested in accordance with ASTM-D 790 for bending resistance, ASTM-D 638 for tensile strength, and ASTM-D 1037-06 for screw holding resistance and janka hardness test. In order to determine the strength properties of furniture corner fasteners produced from the obtained OPK materials by injection molding method, diagonal tensile and diagonal pressure tests and strength properties of furniture corner fasteners using medium density fiberboard (MDF Lam) and particleboard lam (YL Lam) examined.

The obtained results were transferred to the SPSS 20 analysis program and their averages, standard deviations, analysis of variance and duncan tests were performed. According to the results obtained, 50 MAPP PP gave the best results in the long-term waiting period in the water intake test. 50 MAPP PP samples provided the best results in bending strength. In the tensile test, 30 MAPP PP samples gave the best tensile strength. In the Janka hardness test, 20 MAPP PP gave the best result. In the screw tensile test results, 50 PP samples gave the best results. 30 MAPP PP test samples provided the best results in diagonal compression and diagonal tensile tests.

Keywords: OPK, furniture factory waste, PP, HDPE, MAPE, MAPP, physical and mechanical properties, furniture fasteners.

Canım kızlarım Şevval İlkin TÜRK ve Büşra TÜRK' e,

Teşekkür

Doktora öğrenimim süresince kendisinden aldığım dersler ile beni Biyokompozit alanında çalıştığım konu ile ilgili çalışmada, tez süresince bilgi, yönlendirme ve değerlendirmeleri ile bu tezin ortaya çıkmasında büyük desteği bulunan, danışmanım saygı değer hocam Prof. Dr. Nihat Sami ÇETİN'e en içten dileklerimiz ile teşekkürü bir borç bilirim. Tez izleme komitesinde bana katkılarıyla büyük destek veren Prof. Dr. Kutlay SEVER ve Dr. Öğr. Üyesi Celal GÜNGÖR'e çok teşekkür ederim. Girmiş olduğum derslerinde farkındalık ortaya koyan değerli hocam Prof. Dr. Nilgül ÇETİN'e, Deney Örneklerimin hazırlanmasında, bulgularımın düzenlenmesinde ve yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Hilmi TOKER'e, Prof. Dr. Ali KASAL'a, Dr. Öğr. Üyesi Erkan AVCI'ya ve Arş. Gör. Tolga KUŞKUN'a, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Aydın Meslek Yüksek Okulu İnşaat Programı Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Korkmaz YILDIRIM'a, tezimin yazımı aşamasında bana yardımcı olan Öğrt. Erol TANGAL'a, Emekli Öğr. Gör. Aydın ONGAN'a, Öğrt. Bora ÖZAK'a teşekkür ederim. Doktora çalışmam süresince maddi ve manevi desteklerini benden hiç eksik etmeyen değerli ağabeylerim Öğrt. Süleyman ERYILMAZ, Öğrt. Veysel AKMEŞE'ye teşekkür ederim. Diyagonal basınç ve diyagonal çekme direnci deneylerinde kullanılacak malzemelerin tedarik edilmesinde yardımlarını esirgemeyen Emekli Öğr. Gör. Halil İbrahim TAŞKIN ve Emekli Öğr. Gör. Gürsel ÖZAK'a, teşekkürü bir borç bilirim. Biyokompozit malzemenin ekstrüde edilmesi ve enjeksiyonlanması esnasında makine parkurlarını ve yardımlarını esirgemeyen Cumaali BÜYÜKDENİZ ve Mustafa UZUN'a teşekkür ederim. Yaşamım boyunca sürekli beni destekleyen, en iyi şekilde yetiştiren, bugünlere gelmeme vesile olan canım Annem ve Babama, sevgisi ve desteği ile hep yanımda olan, eşim Hülya TÜRK'e, kızlarım Şevval İlkin TÜRK ve Büşra TÜRK'e sonsuz teşekkür ederim. Bu tez çalışması İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi BAP 2017-TRD-FBE-0035 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı.....	ii
Öz.....	iii
Abstract.....	v
Teşekkür.....	viii
Şekiller Listesi.....	xiii
Tablolar Listesi.....	xvii
1. Giriş.....	1
1.1 Odun Plastik Kompozit (OPK).....	3
1.2 OPK' nin Tarihi.....	6
1.3 OPK'lerin Kullanım Alanı.....	7
1.4 OPK'lerin Nitelikleri.....	10
1.4.1 OPK'lerin Niteliklerine Etki Eden Faktörler.....	13
1.4.2 OPK'nin Fiziksel Özelliği.....	15
1.4.3 OPK'lerin Mekanik Özelliği.....	16
1.4.4 OPK'lerdeki Karışımlar.....	17
1.4.5 OPK'nin Pazar Payı.....	19
1.5 OPK İmalatında Kullanılan Malzeme Çeşitleri.....	22
1.5.1 Organik ve İnorganik Kökenli Malzemeler.....	22
1.5.2 Odun Kökenli Dolgu Maddelerin Yapısal Özellikleri.....	25
1.5.2.1 Ahşap Materyal.....	26
1.5.2.2 OPK'lerde Kullanılan Polimer Matris Çeşitleri.....	31
Atık Plastikler.....	38
1.5.2.3 OPK Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri.....	43

1.6 OPK Üretim Yöntemleri	44
1.6.1 Ekstrüzyon Yöntemleri	45
1.6.2 Enjeksiyon Kalıp Yöntemi.....	47
1.6.3 Sürekli pres metodu ile levha üretim yöntemi	48
1.7 Plastik Enjeksiyon Kalıpları	49
1.7.1 Enjeksiyon Kalıbı.....	49
1.7.2 Kalıp Elemanları	50
1.7.3 Plastik Enjeksiyon Sistemi.....	52
1.7.4 Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarım Süreci.....	52
2. Önceki Çalışmalar	54
3. Malzeme ve Yöntem	62
3.1 Kullanılan Hammaddeler	62
3.1.1 Mobilya Fabrikası Atıkları, Atıkların Özelliği, Elenmesi, Hazırlanması, Kurutulması.....	63
3.1.2 Polimer Malzemeler	64
3.1.2.1 PE	64
3.1.2.2 PP	65
3.1.2.3 Uyum Sağlayıcı Katkı Maddeleri.....	66
3.1.3 MDF Lam ve Yonga Levha Lam	67
3.1.4 Vida.....	67
3.1.5 OPK malzemeden elde edilen mobilya köşe bağlantı elemanları.....	68
3.1.6 Enjeksiyon Makine Kalıbı	69
3.1.7 Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	70
3.1.7.1 Odun Unu Dolgu Malzemesinin Hazırlanması	71
3.1.7.2 Odun Plastik Kompozit Malzeme Üretimi.....	72
3.1.7.3 OPK Peletlerin Hazırlığı	72
3.1.7.4 Enjeksiyon Kalıplama Makinesinde Deney Örneği ve Köşe Bağlantı Elemanlarının Üretimi.....	73
3.2 Yöntem	74
3.2.1 Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi	74
3.2.1.1 Su Alma Oranının Belirlenmesi	74
3.2.1.2 Kalınlığına Artış Miktarının Belirlenmesi	74
3.2.2 Mekanik Özellikleri Belirleme.....	75
3.2.2.1 Eğilme Direncini Belirleme Esasları.....	75

3.2.2.2 Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi.....	77
3.2.2.3 Çekme Direncinin Belirlenmesi.....	77
3.2.2.4 Çekmede Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi	78
3.2.3 Vida Tutma Değerinin Hesaplanması	79
3.2.4 Sertlik Değeri (Janka Sertlik).....	80
3.2.5 Morfolojik Analizler	81
3.2.6 Mobilya Köşe Birleştirmelerde Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	84
4. Bulgular ve Tartışma	89
4.1 Fiziksel Özellikler	89
4.2.Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular.....	93
4.2.1. Diyagonal Çekme Deneyi	93
4.2.2 Diyagonal Basınç Deneyi	107
4.3. Eğilme Direnci	120
4.3.1 YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Eğilme	120
4.3.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Eğilme Direnci Sonuçları ...	121
4.3.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Eğilme Direnci Sonuçları	122
4.3.4. YYPE Kompozit Malzemelerine Ait Eğilme Direnci Sonuçları	123
4.4. Elastikiyet Modülü	124
4.4.1. YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Elastikiyet Modülü Sonuçları	124
4.4.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Elastikiyet Modülü Sonuçları	125
4.4.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Elastikiyet Modülü Sonuçları	126
4.4.4. YYPE Kompozit Malzemelerine Ait Elastikiyet Modülü Sonuçları	127
4.5. Çekme Direnci.....	128
4.5.1 YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Çekme Direnci Sonuçları	129
4.5.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Çekme Direnci Sonuçları ...	130
4.5.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Çekme Direnci Sonuçları	131
4.5.4. YYPE kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları	131
4.6. Vida Çekme Direnci	132
4.6.1. YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Vida Çekme Direnci Sonuçları	132

4.6.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Vida Çekme Direnci Sonuçları	133
4.6.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Vida Çekme Direnci Sonuçları.....	134
4.6.4. YYPE Kompozit Malzemelerine Ait Vida Çekme Direnci Sonuçları....	135
4.7. Sertlik (Janka) Direnci	136
4.7.1. YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Sertlik (Janka) Direnci Sonuçları	136
4.7.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Sertlik (Janka) Direnci Sonuçları	137
4.7.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Sertlik (Janka) Direnci Sonuçları	138
4.7.4. YYPE Kompozit Malzemelerine Ait Sertlik (Janka) Sonuçları	139
4.8. Morfolojik Özellikler	140
4.8.1. Sem Görüntüleri.....	140
4.8.2. TGA Sonuçları	149
4.9. DSC Sonuçları	152
4.10. FTIR.....	154
5. Sonuçlar ve Öneriler	160
6. Kaynaklar	163
Özgeçmiş	175

Şekiller Listesi

Şekil.1. 1 OPK üretiminde kullanılan odun unu, plastik, MAPP, MAPE ve pelletler.	4
Şekil.1. 2 OPK üretiminde kullanılan bazı polimerlerin ergime dereceleri.....	6
Şekil.1. 3 OPK malzeme örnekleri.....	8
Şekil.1. 4 OPK'lerden üretilmiş ürün örnekleri.	8
Şekil.1. 5 OPK pazar ve uygulama alanları	9
Şekil.1. 6 Orman ürünleri endüstrisinde üretilen mühendislik ürünü ağaç malzemeler için ürün yaşam döngüsü.....	19
Şekil.1. 7 Odun plastik kompozitlerin ton bazında pazar gelişimi	21
Şekil.1. 8 2010-2012 yıllarında üretilen ve 2015 yılına kadar tahmini OPK üretimi	22
Şekil.1. 9 Temel odun elemanlar.....	26
Şekil.1. 10 Odunu meydana getiren temel bileşenler.....	27
Şekil.1. 11 Odun hücresinin (Traheid) görünümü (A), hücreyi oluşturan katmanlar (B), ilkbahar (İO) ve yaz odunu (YO) lifleri (C) ile öz ve diri odunun hücre çeperi (D)	28
Şekil.1. 12 Selülozun kimyasal yapısı.....	29
Şekil.1. 13 Hemiselüloz'un kimyasal yapısı	29
Şekil.1. 14 Ligninin kimyasal yapısı.....	30
Şekil.1. 15 Polimerlerin kimyasal yapısı	31
Şekil.1. 16 Polimerlerin sınıflandırılması	33
Şekil.1. 17 Plastik moleküllerinin dizilişi	34
Şekil.1. 18 Etilen monomeri ve polietilen zinciri	36
Şekil.1. 19 Propilen monomeri (a) ve polipropilen zinciri (b)	38
Şekil.1. 20 Plastik Mamul Üretimi- Milyon Ton	40
Şekil.1. 21 Plastik mamul ithalatı.	40
Şekil.1. 22 Plastik mamul ithalatı.	40

Şekil.1. 23 Dünya plastik sektörü üretim gelişimi- Milyon Ton	41
Şekil.1. 24 MAPP'nin lignoselülozik yüzeyde hidroksil grubu ile reaksiyonu	41
Şekil.1. 25 Dünyada plastik hammadde üretimi (2019/6).....	42
Şekil.1. 26 MAPP'nin lignoselülozik yüzeyde hidroksil grubu ile reaksiyonu	43
Şekil.1. 27 Yaygın OPK üretim yöntemleri	44
Şekil.1. 28 Tek vidalı bir ekstruderin Şematik gösterimi	45
Şekil.1. 29 Termo plastik profil ekstrüzyonu.....	46
Şekil 1. 30 Enjeksiyon ile kalıplama.....	47
Şekil.1. 31 Sürekli pres kullanılarak OPK levha üretimi	48
Şekil.1. 32 Enjeksiyon makinesi ve kalıp örnekleri.....	49
Şekil.1. 33 Kalıp elemanları.....	51
Şekil.1. 34 Enjeksiyon kalıplarının kesit görünümü	51
Şekil 3. 1 Silo	63
Şekil 3. 2 Sarsak elek	63
Şekil 3. 3 Etüv fırın	64
Şekil 3. 4 L tipi köşe birleştirme test numunesi	67
Şekil 3. 5 3,5 x 18 ebatlarında sunta vidası.....	67
Şekil 3. 6 OPK'den üretilmiş köşe bağlantı elamanları	68
Şekil 3. 7 Üretiminde kullanılan enjeksiyon kalıbı.....	69
Şekil 3. 8 Tez çalışma planı	70
Şekil 3. 9 Sarsak elek	71
Şekil 3. 10 Etüv	71
Şekil 3. 11 Karıştırıcı	72
Şekil 3. 12 OPK karışımı	72
Şekil 3. 13 Ekstrüder makinesi ve kırıcı	73
Şekil 3. 14 Enjeksiyon makinası	73
Şekil 3. 15 Eğilme deneyinde kullanılan makine.....	76
Şekil 3. 16 Eğilme deneye ait numunelerin şekli.....	76
Şekil 3. 17 Çekme deneyi için kullanılan makine ve deney örneği	78
Şekil 3. 18 Vida çekme deneyinde kullanılan vida şekli	79
Şekil 3. 19 Deneyde kullanılan vida çekme aparatı	80
Şekil 3. 20 Deneyde kullanılan vida çekme makinası.....	80
Şekil 3. 21 Janka sertlik makinesi şematik gösterimi	81

Şekil 3. 22 Deneyde kullanılan janka sertlik makinesi	81
Şekil 3. 23 DSC makinası	82
Şekil 3. 24 TGA makinası.....	82
Şekil 3. 25 SEM makinası.....	83
Şekil 3. 26 FTIR Cihazı	84
Şekil 3. 27 İki delikli bağlantı elemanı montaj resmi	85
Şekil 3.28 Dört delikli bağlantı elemanı montaj şekli	86
Şekil 3.29 Dört delikli bağlantı elemanı montajı teknik resim görünüşü	86
Şekil 3.30 İki delikli bağlantı elemanı montajı teknik resim görünüşü	86
Şekil 3.31 Dört delikli bağlantı elemanı diyagonal çekme deneyi teknik görünümü	87
Şekil 3.32 Dört delikli bağlantı elemanı diyagonal basınç deneyi teknik görünümü	87
Şekil 3.33 İki delikli bağlantı elemanı diyagonal çekme deneyi teknik görünümü ...	88
Şekil 3.34 İki delikli bağlantı elemanı diyagonal basınç deneyi teknik görünümü ...	88
Şekil 4.1. PP grubu su alma oranları	89
Şekil 4.2 MAPP PP grubu su alma oranları	90
Şekil 4.3 YYPE grubu su alma oranları	91
Şekil 4.4 MAPE PE grubu su alma oranları.....	92
Şekil 4.5 Saf PP SEM görüntüsü	140
Şekil 4.6 %10 PP SEM görüntüsü	140
Şekil 4.7 %20 PP SEM görüntüsü	141
Şekil 4.8 %30 PP SEM görüntüsü	141
Şekil 4.9 %40 PP SEM görüntüsü	141
Şekil 4.10 %50 PP SEM görüntüsü	142
Şekil 4.11 Saf PP- MAPP SEM görüntüsü	142
Şekil 4.12 %10 PP-MAPP SEM görüntüsü	143
Şekil 4.13 %20 PP-MAPP SEM görüntüsü	143
Şekil 4.14 %30 PP-MAPP SEM görüntüsü	143
Şekil 4.15 %40 PP-MAPP SEM görüntüsü	144
Şekil 4.16 %50 PP-MAPP SEM görüntüsü	144
Şekil 4.17 Saf YEPE SEM görüntüsü	145
Şekil 4.18 %10 YEPE SEM görüntüsü	145
Şekil 4.19 %20 YEPE SEM görüntüsü	145

Şekil 4.20 %30 YEPE SEM görüntüsü.....	146
Şekil 4.21 %40 YEPE SEM görüntüsü.....	146
Şekil 4.22 %50 YEPE SEM görüntüsü.....	146
Şekil 4.23 Saf YYPE-MAPE SEM görüntüsü.....	147
Şekil 4.24 %10 YYPE-MAPE SEM görüntüsü.....	147
Şekil 4.25 %20 YYPE-MAPE SEM görüntüsü.....	148
Şekil 4.26 %30 YYPE-MAPE SEM görüntüsü.....	148
Şekil 4.27 %40 YYPE-MAPE SEM görüntüsü.....	148
Şekil 4.28 %50 YYPE-MAPE SEM görüntüsü.....	149
Şekil 4.29 YYPE.....	149
Şekil 4.30 YYPE-MAPE.....	150
Şekil 4.31 PP.....	151
Şekil 4.32 PP-MAPP.....	151
Şekil 4.33 YYPE.....	152
Şekil 4.34 PE-MAPE.....	153
Şekil 4.35 PP.....	153
Şekil 4.36 PP MAPP.....	154
Şekil 4.37 YYPE.....	154
Şekil 4.38 MAPE-YYPE.....	155
Şekil 4.39 PP.....	155
Şekil 4.40 MAPP-PP.....	156

Tablolar Listesi

Tablo 1. 1 2008 ve 2016 yılları arasında OPK'lerin sektör bazında kullanım alanları	9
Tablo 1. 2 OPK Ana madde dolgu maddesi Özellikleri	11
Tablo 1. 3 Dünya ve Türkiye lif kaynaklarının potansiyeli	24
Tablo 1. 4 Bazı lignoselülozik materyallerin kimyasal bileşimi.....	25
Tablo 1. 5 Bazı lignoselülozik materyallerin kimyasal bileşimi	25
Tablo 1. 6 Termoplastiklerin bazı özellikleri.....	35
Tablo 1. 7 Bazı Polietilenlerin genel özellikleri	37
Tablo 1. 8 Bazı Polipropilenlerin genel özellikleri	38
Tablo 1. 9 Plastik mamul üretimi eş dönem kıyaslaması	42
Tablo 3. 1 OPK karışım oranları	62
Tablo 3. 2 Polietilenin fiziksel, mekanik ve termal özellikleri	65
Tablo 3. 3 Polipropilenin fiziksel, mekanik ve termal özellikleri.....	66
Tablo 3. 4 Uyum sağlacıların teknik özellikleri.....	66
Tablo 3. 5 Polietilenin fiziksel, mekanik ve termal özellikleri	70
Tablo 4.1 Diyagonal çekme moment testi ortalama, standart sapma ve deney örneği adedi tablosu (Nm).....	93
Tablo 4.2 Diyagonal çekme moment testi (varyasyon tablosu).....	96
Tablo 4.3 Diyagonal çekme momenti ahşap esaslı malzemeye göre (faktör A) homojenik grubu tablosu.....	97
Tablo 4.4 Diyagonal çekme testi moment işleme göre (faktör B) homojenik grubu testi tablosu	97
Tablo 4.5 Diyagonal çekme momenti işlem türüne göre (faktör C) homojenlik grubu tablosu.....	98

Tablo 4.6 Diyagonal çekme testi momenti kimyasallara göre (faktör D) homojenlik grubu tablosu.....	98
Tablo 4.7 Diyagonal çekme momenti malzemeye göre işlem (faktör A*faktör B)...	99
Tablo 4.8 Diyagonal çekme momenti malzemeye göre işlem türünün (faktör A* faktör C) homojenlik grubu tablosu	100
Tablo 4.9 Diyagonal çekme momenti malzemeye göre kimyasallar (faktör A * faktör D) ikili etkileşimler homojenik grubu tablosu.....	101
Tablo 4.10 Diyagonal çekme momenti malzemeye göre işleme göre kimyasallar (faktör B * faktör D) homojenlik grubu tablosu.....	101
Tablo 4.11 Diyagonal çekme momenti kimyasallara göre işlem türü (fak C*fak D)	102
Tablo 4.12 Diyagonal çekme momenti malzeme türüne göre (Faktör B * Faktör C * Faktör D) Homojenlik Grubu Tablosu.....	104
Tablo 4.13 Diyagonal çekme momenti malzeme türüne göre (Faktör B * Faktör C * Faktör D) Homojenlik Grubu Tablosu.....	106
Tablo 4.14 Diyagonal Basınç Moment testi Ortalama, Standart sapma ve Adet tablosu (Nm)	108
Tablo 4.15 Diyagonal basınç moment testi varyasyon tablosu (Nm).....	111
Tablo 4.16 Diyagonal basınç momenti ahşap esaslı malzemeye göre (faktör A) homojenlik grubu tablosu	112
Tablo 4.17 Diyagonal basınç testi moment işlemine göre (faktör B) homojenlik grubu testi tablosu	112
Tablo 4.18 Diyagonal basınç momenti işlem türüne göre (faktör C) homojenlik grubu tablosu.....	113
Tablo 4.5. 9 Diyagonal basınç testi momenti kimyasallara göre (faktör D) homojenik grubu tablosu.....	113
Tablo 4.20 Diyagonal basınç momenti malzemeye göre işlem (faktör A*faktör B)	114
Tablo 4.21 Diyagonal basınç momenti malzemeye göre işlem türünün (faktör A * faktör C) homojenlik grubu tablosu	114
Tablo 4.22 Diyagonal basınç momenti malzemeye göre kimyasallar (faktör A * faktör D) ikili etkileşimler homojenik grubu tablosu.....	115
Tablo 4.23 Diyagonal basınç momenti malzeme türüne göre (faktör A* faktör B * faktör C * faktör D) homojenik grubu tablosu.....	116

Tablo 4.24 Diyagonal basınç momenti malzeme türüne göre (faktör A* faktör B * faktör C * faktör D) homojenik grubu tablosu.....	118
Tablo 4.25 YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları	120
Tablo 4.26 YYPE + MAPE kompozit malzemelerine ait eğilme direnci sonuçları	120
Tablo 4.27 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları	121
Tablo 4.28 PP + MAPP kompozit malzemelerine ait eğilme direnci sonuçları	121
Tablo 4.29 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları	122
Tablo 4.30 PP kompozit malzemelerine ait eğilme direnci sonuçları.....	122
Tablo 4.31 PE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları	123
Tablo 4.32 PE kompozit malzemelerine ait eğilme direnci sonuçları	123
Tablo 4.33 PE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları	124
Tablo 4.34 PE + MAPE kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları	124
Tablo 4.35 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları	125
Tablo 4.36 PP + MAPP kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları	125
Tablo 4.37 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları	126
Tablo 4.38 PP kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları	126
Tablo 4.39 PE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları	127
Tablo 4.40 PE kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları.....	127
Tablo 4.41 PE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları	128
Tablo 4.42 PE + MAPE kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları.....	128
Tablo 4.43 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları	129
Tablo 4.44. PP + MAPP kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları	129
Tablo 4.45 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları	130

Tablo 4.46 PP kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları	130
Tablo 4.47 YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları	131
Tablo 4.48 PE kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları	131
Tablo 4.49 PE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları	132
Tablo 4.50 PE + MAPE kompozit malzemelerine ait vida çekme direnci sonuçları	132
Tablo 4.51 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları	133
Tablo 4.52 PP + MAPP kompozit malzemelerine ait vida çekme direnci sonuçları	133
Tablo 4.53 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları	134
Tablo 4.54 PP kompozit malzemelerine ait vida çekme direnci sonuçları	134
Tablo 4.55 YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları	135
Tablo 4.56 YYPE kompozit malzemelerine ait vida çekme direnci sonuçları	135
Tablo 4.57 YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları	136
Tablo 4.58 YYPE + MAPE kompozit malzemelerine ait sertlik (Janka) direnci ...	136
Tablo 4.59 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları	137
Tablo 4.60 PP + MAPP kompozit malzemelerine ait sertlik (Janka) direnci sonuçları	137
Tablo 4.61 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları	138
Tablo 4.62 PP kompozit malzemelerine ait sertlik (Janka) direnci sonuçları.....	138
Tablo 4.63 YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları	139
Tablo 4.64 PE kompozit malzemelerine ait sertlik (Janka) sonuçları.....	139

Kısaltmalar

MFA	Mobilya Fabrikası Atığı
OPK	Odun Plastik Kompozit
pp	Poli Propilen
YYPE	Yüksek Yoğunluklu Poli Etilen
ASTM	Amerikan Standart Test Merkezi
MDF	Orta Yoğunluklu Lif Levha
YL	Yonga Levha
MAPP	Maleik Anhidrit Poli Propilen
MAPE	Maleik Anhidrit Poli Etilen
PVC	Poli Vinil Klorür
PS	Poli Stiren
UV	Ultra Viyole
PA	Poli Amid
ÖA	Özgül Ağırlık
ÇD	Çekme Değeri
EEM	Eğilmede Elastikiyet Modülü
SD	Sıcaklık Değeri
UYMAPE	Ultra Yüksek Ağırlıklı Poli Etilen
OYPE	Orta Yoğunluklu Poli Etilen
LBDYPE	Liner Bağlı Düşük Yoğunluklu Poli Etilen
PP0	Saf PP
PP1	%90 PP + %10 MFA
PP2	%80 PP + %20 MFA
PP3	%70 PP + %30 MFA
PP4	%60 PP + %40 MFA

PP5	%50 PP + %50 MFA
PE0	Saf YYPE
PE1	%90 YYPE + %10 MFA
PE2	%80 YYPE + %20 MFA
PE3	%70 YYPE + %30 MFA
PE4	%60 YYPE + %40 MFA
PE5	%50 YYPE + %50 MFA
MAPP	%95 PP + %5 MAPP
MAPP1	%85 PP + %5 MAPP + %10 MFA
MAPP2	%75 PP + %5 MAPP + %20 MFA
MAPP3	%65 PP + %5 MAPP + %30 MFA
MAPP4	%55 PP + %5 MAPP + %40 MFA
MAPP5	%45 PP + %5 MAPP + %50 MFA
MAPE0	%95 YYPE + %5 MAPE
MAPE1	%85 YYPE + %5 MAPE + %10 MFA
MAPE2	%75 YYPE + %5 MAPE + %20 MFA
MAPE3	%65 YYPE + %5 MAPE + %30 MFA
MAPE4	%55 YYPE + %5 MAPE + %40 MFA
MAPE5	%45 YYPE + %5 MAPE + %50 MFA

1. Giriş

İnsanoğlu tarih boyunca yeni Őeyler bulma eğiliminde olmuştur. Bunda hem kendi sosyal ve ekonomik gelişimini sağlamak hem de kıt olan dđnya kaynaklarını en verimli Şekliyle kullanma dđrtüsü yatmaktadır. İnsanoğlu, kaynakların çok azalmasının sonucu olarak rasyonel ve ekonomik kaynakların birbiriyle entegre olmasını sağlamaya çalışmıştır. Bütün bilim dallarında görülen bu gelişme mobilya ve orman endüstrisinde de kendini göstermeye başlamıştır.

Günümüzde ve gelecekte yaşamımız için büyük önem arz eden orman varlığımızın daha verimli kullanılabilmesi için en kk atık malzemenin bile değerlendirilmesi gerekmektedir. Geleceğimize yön vermek adına bazı yeniliklerin yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ormanlardan elde edilecek selüloz kökenli atıkların, petrol türevli plastik malzemelerle karıştırılması sonucu ortaya yepyeni özelliklere sahip bir malzeme çıkmıştır. Bu yeni malzemeye, Odun Plastik Kompozit (OPK) denmekte olup iki farklı malzeme türünün tek bir isim altında toplanmasıyla yeni bir ekonomik pazar ortaya çıkmıştır. OPK malzemeler bileşiminde bulunan lignosellozikler sayesinde plastiğe göre daha güçlü özellikler ortaya koyabilmektedirler. Bu zellik nedeniyle OPK'ler dđnya çapında büyük kullanım alanlarına sahip olmuşlardır.

Odunun hafif bir malzeme olmasının yanında, lifsel yapıda olması, aynı zamanda düşük ısı iletkenliği katsayısına sahip olması gibi avantajları vardır. Plastiğin suyu absorbe etmemesi ve biyolojik bozunmaya karşı yüksek dayanımı ve yapışma özelliği bulunmaktadır. Bu iki maddenin birlikte ortaya konmasıyla iki malzemede de olmayan fiziksel ve kimyasal zellikler OPK'de bir araya gelmektedir. OPK'ler, plastik malzemeye göre düşük maliyete sahip olması, aynı zamanda doğada daha çabuk çözünebilmeleri açısından evre dostu malzemeler olmaları, bununla birlikte aşıba göre çok daha yüksek boyutsal kararlılığa sahip olmaları ve üretim süreçleri boyunca farklı renk, doku ve özelliklerde retilibilmelerinin yanı sıra çatlamalara,

mantar ve böceklerin bozucu etkilerine karşı dayanım göstermeleri, bu malzemeyi kompozitin ana bileşenleri olan plastik ve ahşaptan daha güçlü kılmaktadır [1]. OPK'lerin üretim süreci içerisinde atık malzemelerin kullanılması, çevreye verilen zararın minimum seviyelere düşmesine katkı sağlamaktadır. Bu şekilde üretilen kompozit malzemeler özellikle dış cephe uygulamaları ile birlikte duvar ve yer kaplama, çit, bahçe mobilyası, kapı ve pencere doğraması otomotiv endüstrisi, iç mekân elemanı, müzik aleti yapımı ve spor malzemesi imalatında kullanım imkânı bulmaktadır [1].

Ahşap tozu; dolgu maddesi ya da malzeme güçlendirici olarak kompozit malzemenin içinde görev yapmaktadır. Bu sistem dahilinde OPK üretiminde genellikle %30 ile %70 aralığında ahşap tozu ve lifi kullanıldığı bilinmektedir. Genellikle kullanılan ahşap tozunun boyutu 10 – 80 mesh aralığında olmaktadır. OPK malzeme üretiminde kullanılan ahşap tozları; zımpara makinası, planya, şerit testere makinası ve atık kâğıtlardan elde edilebilmektedir. Ahşap tozunun narinlik oranı (boy/çap) 1/1 ile 4/1 aralığında oluşmaktadır [2].

OPK'lerin ortaya çıkışındaki ilk etken, plastik atıklarının geri dönüşümü için yapılan çalışmalar gösterilebilir. Malzemenin dünya çapında kabul görmesi ve atık plastik materyalin yetersiz kalması neticesinde saf plastik malzemelerde kullanıma dahil edilmiştir. İlk endüstriyel üretimi 1980'li yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde başlamış olan OPK'ler 2000'li yıllarda Avrupa Birliği'ne bağlı ülkelerde de kendini göstermeye başlamıştır [1].

OPK'lere olan yoğun ilgi ve talep artışı, malzeme maliyetini düşürmek amacıyla odun unu kullanımına alternatif hammaddelerin ortaya konmasını zorunlu hale getirmiştir. Ülkemizde 2012 yılı itibariyle OPK kullanım miktarının 20.000 tona ulaşmış olduğu görülmektedir. Bu kullanım miktarının 15.000 tonunu ithal ürünler oluştururken, ülkemizde üretim yapan 9 farklı firmanın üretim tesislerinde de 5.000 tonluk kısmı üretilmektedir [3].

OPK'ler kullanım amaçlarına göre oldukça fazla çeşide ayrılmalarına rağmen değişik kullanım amaçlarına göre, bazı performansları, tam olarak ortaya konulamamıştır. Bunun yanı sıra ultraviyole ışınlarla ve mantarlara karşı dayanıklılık ve mukavemet

gibi bazı özelliklerin yanı sıra kullanılan hammaddelerin türü ve karışım oranları da malzemenin dayanıklılığına etki etmektedir [1].

OPK'lerin üretilmesi esnasında, kullanılan teknolojilerden başka hammadde özellikleri ile malzemenin kullanılacağı alanların iyi bir şekilde etüt edilmesi sonucu ortaya çıkacak sonuçların analizlerinin, hem bilimsel çalışmalara hem de üretim sektörüne çok büyük katkılar sağlaması beklenmektedir. Söz konusu bu durum ülkemiz ekonomisi için oldukça büyük bir önem arz etmektedir [1].

Bu çalışmanın amacı: Türkiye pazarında adını yeni yeni duyurmaya başlamış olan OPK'nin mobilya fabrikalarında ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi ile mobilya sektöründe çok fazla miktarda kullanım yeri bulan mobilya aksesuar ve bağlantı elemanlarının enjeksiyon kalıplama yöntemiyle üretilebilirliğinin ortaya konmasını hedeflemektedir.

1.1 Odun Plastik Kompozit (OPK)

En az iki aynı özellikte ya da farklı özelliklerdeki materyellerin en iyi özelliklerini bir araya getirmek amacıyla ortaya konulan malzemenin, makro düzeyde birleşmesinden oluşan yepyeni malzemeye "kompozit malzeme" denir. Bir başka deyişle birbirlerinin güçsüz yönlerini düzelterip onlara üstün özellikler kazandırarak bir araya getirilmiş farklı materyal ve gruplardan oluşan malzemeler diye ifade edebiliriz [4]. Genelde, polimer matrisli malzemelerde termosetler ve termoplastikler şeklinde iki temel tip vardır. Termoset polimerler sertleşme ve katılaşma esnasında kimyasal işlemde geçerler. Bu kimyasal işlemin sonunda termoset polimerler, moleküler olarak birbirine kilitlenir ve sertleşir. Tekrar yumuşayabilmeleri için bozulmaya uğramak zorundadırlar. Bunun aksine termoplastikler, kendi özelliklerini korur, kolay bir şekilde eriyip soğuyabilir ve yeniden şekillendirilebilirler [5].

OPK'ler, Amerikan Standartlarına göre "Odun Lifli Polimer Kompozit" ya da "Çevreci Kompozit" şeklinde değişik isimlerle de bilinen uygulama alanlarına sahiptir [6].

OPK terimi odun unu veya lifinin termoset ve termoplastik malzemelerle kompozit oluşturan malzeme olarak ifade edilmektedir [2]. OPK malzeme olarak ifade edilen odun kelimesi, odun parçacığı şeklinde değil, lignoselüloz kökenli bütün tarımsal atıklar

ve ağaçtan elde edilen malzemenin tamamını kapsamaktadır. Bu malzemeler lif ya da odun unu şekliyle üretimde kullanılmaktadır [7]. OPK'ler odun ve polimerin özelliklerini bir araya getirirlerken termoplastik malzemelerle aynı üretim sistemlerine haizdirler [8].

OPK'lerin üretiminde kullanılan odunsu yapıların, inorganik malzemelere oranla daha düşük ağırlık ve daha az aşınma gibi özelliklere sahip olmaları bu maddeleri avantajlı hale sokmaktadır. Lignoselülozik maddelerin yoğunluğu inorganik dolgu maddelerinin yoğunluğunun nerdeyse yarısı kadar bir yoğunluğa sahip olmaları, otomotiv ve ambalaj endüstrisi tarafından tercihi arttırmaktadır [9]. OPK üretiminde kullanılan odun unu, plastik, MAPP, MAPE ve pelletler Şekil 1.1 de gösterilmiştir.



Şekil.1. 1 OPK üretiminde kullanılan odun unu, plastik, MAPP, MAPE ve pelletler
[Foto M. TÜRK].

OPK'lerin özellikleri, kullanılan odun unu ve lifin yapısal özelliklerine, kullanılan plastiğin molekül ağırlığına, katkı ve uyum sağlayıcı materyallerin özelliklerine bağlılık gösterir [10].

OPK'lerin üretimi esnasında dolgu gereci olarak kullanılan odun unu ve odun lifi kompozitin sertlik ve dayanıklılık derecesine etki eder [11]. OPK'lerin üretiminde dolgu maddesi olarak katılan odunun narinlik oranı, büyük önem arz eder. Odun liflerinden üretilen kompozit malzemelerden elde edilen malzemelerin direnç özelliklerine katkı sağladığı önceki çalışmalarda ifade edilmekle birlikte, lifli

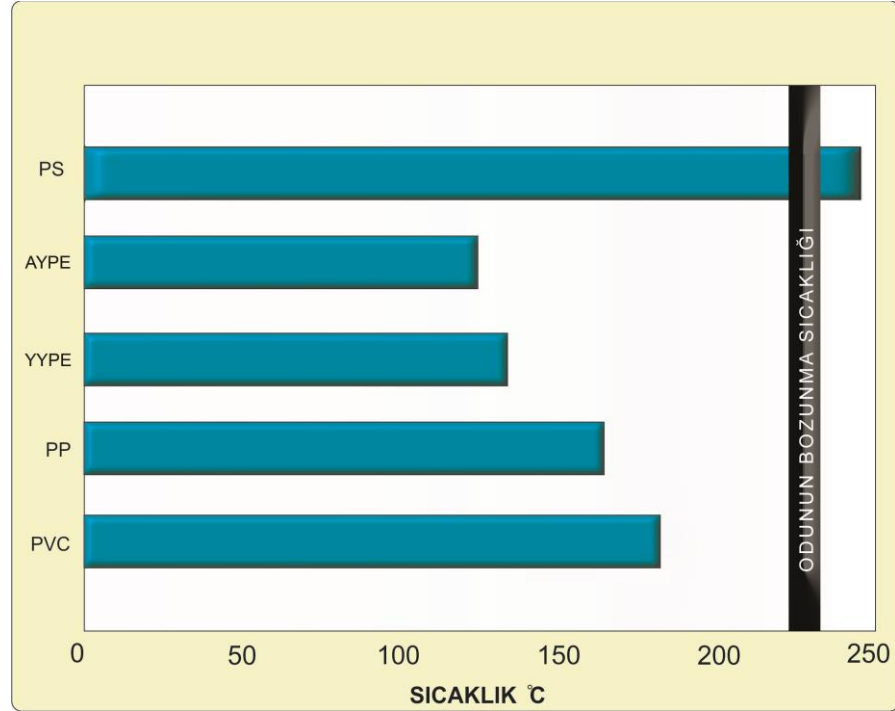
malzemenin OPK üretimi esnasında ekstrüder makinesinde hızlı ilerlememesinden kaynaklı olumsuzluklar oluşturduğu bilinmektedir. Bu yüzden lifli malzemeler OPK üretiminde çok nadir yer bulmaktadır [8]. OPK iki ana malzeme bileşeninden oluşur ve her bir bileşen nihai ürünün kullanılma yerine göre şekil alır [12]. OPK'ler, ahşap malzemeler ile karşılaştırıldıklarında daha düşük bakım maliyetleri ortaya koymakta, bunun yanında ahşabın işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıkların da tekrar kullanılabilmesinden dolayı yenilenebilir bir malzemedir. Üretimi esnasında atık malzemelerin kullanılmasından ötürü yeşil kompozit olarak adlandırılmaktadır [13]. OPK üretimi çok basit ve sorunsuz bir üretim değildir. OPK'lerin üretimi sırasında üretim değerlerinin iyi ayarlanması ve her türlü detayın iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Eğer bu yapılmazsa malzemenin üretimi esnasında lignoselüloz malzeme ve polimer malzeme arasında yüzey uyumsuzlukları ve bağlama problemleri baş gösterebilir. Bu da ekstruder içerisinde sürtünme, basınç ve aşırı sıcaklık yükselmesi gibi durumlar ortaya çıkarabilir [10].

OPK üretiminde lignoselülozik yapıya sahip malzemelerin 200°C'de bozulmaya başlamalarından dolayı kullanılacak polimer malzemelerin de bu sıcaklığa uygun değerler veren materyaller olması gerekmektedir. Düşük sıcaklık seviyelerinde ergime yapan polimerlere polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinilklorür (PVC) ve poli sitren (PS) örnek gösterilebilir [14]. OPK üretiminde, odun unu ve liflerinin yanı sıra tarımsal atıklardan jüt, kenaf, kenevir gibi doğal liflerde üretimde geniş yer bulmaktadır [15]. Lignoselüloz kökenli materyallerin maliyetlerinin oldukça düşük olması yoğunluğunun az olması, üretim esnasında makinelerde fazla deformasyon meydana getirmemesi, aynı zamanda doğada çok kolay bir şekilde bozulması bu materyallerin termoplastik kompozit malzeme üretiminde kullanılabilir hale getirmiştir [4]. Üretim esnasında kullanılan lignoselülozik malzemelerin boyutlarının OPK'lerin mekanik özellikleri üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır [15].

Plastik malzemelerin lignoselülozik materyaller ile birleştirilmesi esnasında, çok farklı türde katkı maddesi kullanımı gerekmektedir. Üretilecek kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinde iyileştirmeler yapabilmek için üretim esnasında uyum sağlayıcılar kullanılabilir. OPK'lerin uygulaması esnasında uyum sağlayıcı malzeme kullanmak gerekmez; fakat ultraviyole (UV) ışınlarına karşı direnç, sıcaklık ya da mantarlar için direnç sağlayıcı özellikler ile diğer kimyasal özellikleri artırmak için bu uyum sağlayıcı materyaller kullanılabilir. Günümüzde

yaygın olarak kullanılan uyum sağlayıcılar, PP için (MAPP), PE için (MAPE) dir [16].

OPK üretiminde kullanılan bazı polimerlerin ergime dereceleri Şekil 1.2 de gösterilmiştir [17].



Şekil.1. 2 OPK üretiminde kullanılan bazı polimerlerin ergime dereceleri [2].

OPK üretimi esnasında odun ununun polimer malzemeler ile karıştırılması ile özgül ağırlığı, mantar direnci, boyutsal stabilitesi ve rutubet dirençlerinde oldukça fazla iyileşme görülmektedir [12].

OPK üretiminde kullanılan diğer yağlayıcı maddeler (talk, termoset, stabilizatör ve plastifiyanlar) sayesinde yüzey düzgünlüğü verilirken, ekstruder içerisinde kolayca ilerleyebilmesini de sağlanmaktadır. Bu da malzemenin birbirine daha iyi kaynaşmasını sağlamaktadır.

1.2 OPK'nin Tarihi

Termoplastik polimer malzemelerle lignoselülozik esaslı malzemelerin birbirleri ile birleştirilmesi fikri yeni bir olgu değildir. Bu konuda 1960 ve 1970'li yıllarda

yayımlanmış makale, bildiri ve patent çalışmaları bulunmaktadır. Son 30 yılda artan polimer malzeme kullanımı ve buna bağlı olarak maliyetlerin artması insanoğlunu çevresel ve ekonomik katkılar sağlayacak yeni materyallere yöneltmiştir. Burada ilk akla gelen şey malzemenin yenilenebilir özelliğinin bulunması fikridir [16]. Malzemelerin geri kazanılabilmesi fikri ile süt bidonları, alış-veriş poşetleri gibi tüketim sonrası atığa dönüşen polimer bazlı malzemelerle kereste ve mobilya fabrikalarındaki atıkların bir araya getirilmesi sonucu OPK meydana gelmiştir [18].

İlk ticari kompozit malzeme olarak bilinen bakalit, fenol formaldehit ve odun unundan üretilmiştir [12].

İlk OPK üretimi 1907'de Leo Beakeland tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu üründe odun unu ve fenol formaldehit karıştırılmış olup üretilen bu kompozit 1916 yılında Rolls Royce marka otomobillerde vites topuzu olarak kendini göstermiştir. Bunu 1920'li yıllarda polipropilen ve odun ununun otomobil iç panellerinde kullanılması izlemiştir. Fakat bu tarihten sonra OPK üretimi çok uzun bir süre üretim sahnesinden kaybolmuş olup 1983 yılında ABD'de aynı amaçlarla yeniden kullanıma başlanmıştır [10].

OPK'lerin büyüyen önemini ve potansiyelini uluslararası boyutlarda ifade edebilmek için 1991 yılında Bilim ve Teknoloji Konferansı düzenlenmiştir [19]. 1996 yılından sonra Amerika kaynaklı pek çok şirket lignoselülozik yapıdaki malzemeleri kullanarak OPK pelletleri üretmeye başlamışlardır. Teknolojik gelişmeler ve ürünün sektördeki bilinirliği artınca pek çok işletme bu ürünü üretmeye başlamıştır [12]. Günümüzde bu ürünler Avrupa, Asya ve Amerika'da pek çok şirket tarafından piyasaya sunulmuştur [20]. Son 30 yıldır OPK pazarı dünyada sürekli bir büyüme evresi göstermektedir. OPK'ler özellikle dış mekanlarda yer döşemesi, parmaklık, çit gibi ürünlerin üretiminde tercih edilmektedir. OPK malzemelere artan talep bu ürünün popülaritesini hem sanayi sektöründe hem de akademik sektörde hissettirmektedir.

1.3 OPK'lerin Kullanım Alanı

OPK'ler üretildikleri malzemelere oranla daha iyi özelliklere sahip olmalarından dolayı dünya çapında oldukça fazla ilgi görmektedirler. OPK'ler kullanım yerlerini,

üretimi esnasında kullanılan malzemelerin oranları, birbirleriyle uyumu, tasarımı ve kullanılacak çevre şartlarına göre değişkenlik göstermektedir. Bazı OPK malzeme örnekleri Şekil 1.3 de gösterilmiştir.



Şekil.1. 3 OPK malzeme örnekleri [22]

OPK'ler 1990' lı yıllardan bu yana pek çok alanda uygulama imkanları bulmuştur. Binalarda, zemin kaplamalarında, saksı yapımında, merdiven küpeştelinde, balkonlarda, spor aleti üretiminde dış cephede, kapı ve pencere üretimlerinde ahşap kerestelerin yerine pek çok uygulama alanı bulmuştur. Bunun yanında otomotiv sektöründe otomobil iç döşemesi ile parke ve mobilyalarda da kullanılmaya başlanmıştır [8]. OPK'lerin sektörlere göre uygulama alanları Şekil 1.4' de gösterilmiştir. OPK ürünleri zemin kaplamasından bina dış cephe kaplamasına, verandadan piknik masasına, otomobil iç malzemesinden profile kadar çok geniş bir ürün yelpazesinde kendisine yer bulmaktadır [12]. OPK bunların yanında park bahçe mobilyası, kamelya gibi üretim alanlarına da sahip olmaktadır [21-22]. OPK sundurma, çatı pedavrası gibi yerlerde de kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra yürüyüş yolları, dış mekan mobilyaları, marinalar, havuzlar, çit, kapı, balkon, köprü ve barınaklarda sıkça kullanılmaktadırlar [12].



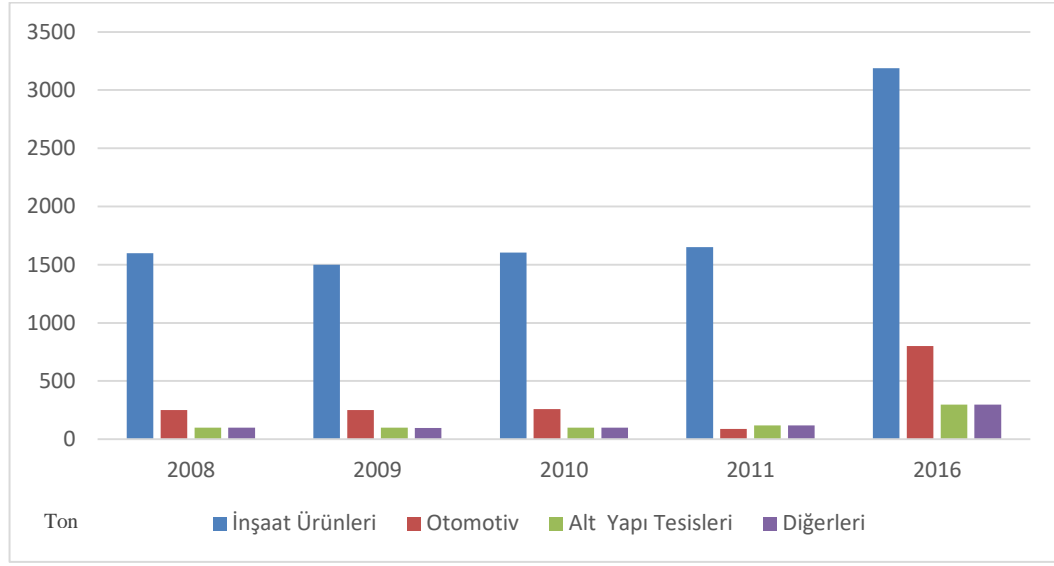
Şekil.1. 4 OPK'lerden üretilmiş ürün örnekleri [22].

Odun Plastik Kompozitlerin Pazar ve Uygulama Alanları						
Sektör	İç Mimari Uygulamaları	İnşaat Uygulamaları	Endüstriyel Uygulamalar	Bahçe ve Dış Mekân Uygulamaları	Otomotiv Uygulamaları	Diğer Uygulamalar
Pazar uygulamaları	Korkuluk	Dış cephe kaplaması	Korkuluk	Zemin kaplaması	Kapı kaplamaları	Siyah piyano tuşları
	Perde ve panjurlar	Kapı kasaları	Endüstriyel ambalaj	Çit uygulamaları	Kablo kanalı	küvet
	Kanal bağlantıları	Sundurma	Deniz kazıkları ve bölmeleri	Bahçe mobilyaları	İç panel	
	Zemin döşemesi	Mavna panoları	Palet ve kasa	Kulübe ve baraka	Raflar	
	Dekoratif profiller	Döşeme	Rıhtım/iskele döşemeleri	Park bankları	Jant kapakları	
	İç paneller	Tavan Ürünleri	Korkuluklar	Çocuk oyun parkı	Kamyon zeminleri	
	Mutfak dolapları	Çatı kaplaması	Tren traversleri	Park zemin döşemeleri		
	Laminat parke	Merdiven	Çöp kovaları			
	Raflar	Pencere çerçeveleri	Tabela			
	Süpürgelikler					
	Ses yalıtım kaplamaları					
	Çalışma tezgahları					

Şekil.1. 5 OPK pazar ve uygulama alanları [2].

2008 ve 2016 yılları arasında OPK'lerin sektör bazında kullanım alanları Tablo 1-1' de verilmiştir.

Tablo 1-1 2008 ve 2016 yılları arasında OPK'lerin sektör bazında kullanım alanları [2].



1.4 OPK'lerin Nitelikleri

OPK'ler, matris malzeme ve dolgu malzemesi olarak kullanılan plastik malzeme ve odun ununa göre daha nitelikli özellikler göstermesi bakımından dünya pazarında çok yaygın bir kullanım alanı bulmaya başlamışlardır. OPK'nin içinde bulunan ahşap materyal; plastik materyale oranla daha düşük maliyete sahip olması, aynı zamanda doğada çok daha iyi çözünmesi sayesinde doğa dostu ürünler olarak gösterilmektedirler. Ahşap materyale kıyasla çok iyi boyutsal stabilite veren plastik malzeme istenilen bütün boyut ve nitelikte üretilmesi aynı zamanda değişik renk seçeneklerine sahip olması ve üst yüzey işlemlerine uygunluğu ile kompozit içinde matris malzeme olarak gösterilmektedirler. OPK'ler, ağaç malzemenin maruz kaldığı mantarlanma, böceklenme ve çatlaklara karşıda oldukça mukavemetli olmaları ve geri dönüşüme uygun olmaları yüzünden tercih edilir hale gelmişlerdir. Aynı zamanda bu ürünler atık malzemelerden üretilebildikleri için çok tercih edilen ürünler sınıfında üst sıralara yükselmişlerdir [1].

OPK'lerin özellikleri kendisini meydana getiren materyallere, bu materyallerin aralarındaki etkileşim miktarına, ürünün tasarımına, kullanılacakları alana göre değişimler göstermektedirler. OPK'lerin niteliklerinin tespiti için bilimsel araştırma yapan kişiler ve kuruluşlar çok değişik deney yöntemlerini kullanıma sunmuşlardır.

Önceden ASTM gibi bazı test merkezleri; OPK içerisinde plastik oranının %50 ve üzerinde olması durumunda plastik standartlarını ele alırken %50'den az plastik olması durumunda ahşap materyal özelliklerini belirten standartları baz almaktaydı [12]. Günümüzde ise bu standart kuruluşları odun plastik kompozit malzeme ile ilgili standartları ortaya koymuşlardır [1].

Doğal liflerden OPK üretimde genelde bitkilerden elde edilen lifler kullanılmaktadır. Bitkilerden elde edilen lifler sentetik liflere göre özgül ağırlığının düşük olması, fiyatının ucuz olması, ürünün elde edilmesi sırasında enerji maliyetlerinin az olması ve yenilenebilir ve aynı zamanda biyobozunur olmasının yanı sıra aşındırıcı etkilere sahip olmaması gibi artı özelliklere sahiptir [23]. Tablo1.2'de OPK ana madde ve dolgu maddesi olan plastik ve ahşaba kıyasla önemli özellikleri ifade edilmiştir [24].

Tablo 1. 2 OPK' lerde kullanılan ana madde, dolgu maddesi özellikleri [24].

ÖZELLİKLER	OPK	AHŞAP	PLASTİK
<i>Gün ışığı ve yaşlanmaya karşı dayanıklılık</i>	★ ★ ★	★	★ ★
<i>Doğal ahşap görünümü</i>	★ ★ ★	★ ★ ★ ★	★
<i>Neme dayanıklılık</i>	★ ★ ★	★	★ ★ ★
<i>Su emmeye karşı dayanıklılık</i>	★ ★ ★	★	★ ★ ★ ★
<i>Biyolojik zararlılara karşı dayanıklılık</i>	★ ★ ★ ★	★	★ ★ ★ ★
<i>Kolay işlenebilirlik</i>	★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★	★
<i>Bakım kolaylığı</i>	★ ★ ★	★	★ ★
<i>Çivilenme kabiliyeti</i>	★ ★	★ ★ ★	★
<i>Düşük genleşme oranı</i>	★ ★ ★	★ ★ ★	★
★ kötü ★★ orta ★★★★★ iyi ★★★★★★ çok iyi			

OPK'lerin Avantajları [1].

- a) Odun ununun plastik materyal içinde karıştırılmasıyla maliyet oranları büyük oranda azalmaktadır.
- b) Petrolden elde edilen malzemelerin kullanım miktarı azaldığı için karbon salınım miktarları azalmaktadır.
- c) Daha kolay işlenmesi sayesinde ahşaba benzemektedir.
- d) Değişik şekilde ürün elde edilebilmektedir.
- e) Nihai ürün eldesi kısa sürelidir.
- f) Çeşitli boyalar ile üst yüzey işlemlerine olanak sağlarken, malzeme yüzeyine desenlemede yapılabilmektedir.
- g) Ahşap malzemeye oranla rutubete karşı oldukça dirençlidir.
- h) Mineral haldeki dolgu maddeleri ile karışması durumunda iyi malzeme elde edilmektedir.
- i) Atık plastik malzemeler ve odun ununun kullanılması ile doğa dostu ürünler ortaya çıkmakta ve geri dönüşümü daha yüksek olmaktadır.
- j) Mantarların ve böceklerin arız olmasına karşı üstün dirence sahiptirler.

OPK'lerin dezavantajları [1].

- a) Ahşap malzemelerden elde edilen odun tozlarının heterojen bir yapı ortaya koyması ve üretim esnasındaki sıcaklık derecesinin fazla olmasından kaynaklı malzemede renk değişimlerinin meydana gelmesi engellenemeyebilir.
- b) OPK'de üretimi gerçekleştirmeye uygun nitelikli eleman ihtiyacının olması.
- c) Matris malzeme ve ana malzemenin birbirleri ile uyumsuzluğu.
- d) Odun esaslı malzemelerin depolarda bekletilmesi sırasında maruz kalabilecekleri mantar ve böcek kaynaklı bozulmalar.

e) Tarımsal atıkların muhteviyatında bulunan silikanın makineleri aşındırıcı etkileri.

1.4.1 OPK'lerin Niteliklerine Etki Eden Faktörler

Yapılan araştırmalar sonucunda plastik maliyetini düşürmek veya termoplastik tipi malzemelerin mekanik özelliklerinde iyileştirmeler sağlaması amacıyla ucuz dolgu malzemesi olarak odun ununun kullanılabilceği vurgulanmaktadır. Bu araştırmalar sonucunda ekonomik değeri düşük olan atık ahşap tozlarının yüksek katma değer malzemelere dönüştürülmesinde termoplastik ve termoset reçine ile birleştirilmesi sonucu OPK üretilebileceğini ortaya konmuştur. OPK'lerin üretiminde çoğunlukla %10 ile %70 arasındaki oranlarda odun unu veya odun lifi kullanıldığı görülmektedir. Bu da OPK üretimi esnasında kullanılan polimer matrisi oranının azalmasına ve toplam maliyetin düşmesine sebep olmaktadır [1].

Odun esaslı lifler genelde polipropilen (PP), polietilen (PE), polistren (PS), Polivinilklorür (PVC), poliamid (PA) gibi termoplastik materyaller ile karıştırılarak elde edilen. Çoğunlukla termoplastik malzemeler ve selüloz kökenli dolgu maddeleri birleştiğinde özelliklerini en iyi hale getirmek için dağılım sağlayıcı ajanlar (dispersing agents) veya iki farklı maddenin birleşmesine yardımcı olan bağlayıcı ajanlar (coupling agent) kullanılması OPK'lerde iyi sonuçlar verebilmektedir. Kullanılan kimyasal malzemeler üretim maliyetlerinde artışa neden olsa da liflerin yüzeyine yapışması sonucu odun unu ve plastik malzemeyi birbirine daha iyi bağlayarak kompozit malzemenin özelliklerinde iyileşmeler meydana getirmektedir [1].

Selülozik lif malzemeler genelde termoplastik malzemelere oranla daha yüksek elastikiyet modülü ortaya koymaktadırlar. Bu da elde edilen OPK'nin daha yüksek bir rijitliğe ulaşmasını sağlamaktadır. OPK'nin elastikiyet modülündeki bu artış, odun miktarı ve plastik malzemedeki adezyon kuvvetinin etkileşimi gibi değişkenlere bağlıdır [25].

OPK dış mekan malzemesi olarak çok iyi özellikler göstermektedir. Odun kökenli malzemeler dış mekan malzemesi olarak kullanılacaksa bazı işlemlere tabi tutulmalıdır. Bu işlemler neticesinde malzemedeki insan sağlığına zarar verebilecek

sonuçlar ortaya çıkarabilir. OPK'ler insan sağlığına tehdit oluşturucu madde içermezler. Bu iyi özellik sayesinde OPK ahşap ve ahşap esaslı malzemelerin bulunduğu pazarlar ile dış mekanlarda da kullanım alanı bulmuşlardır. Bununla birlikte OPK'ler mantar ve böcek arızaları ile güneşin ve nemin bozucu etkilerine karşı direnç gösterebilmektedirler. Odun unu, polimer matris içerisinde dolgu maddesi olarak yer almakta olup pek çok önemli etkiye destek sağlamaktadırlar. Bu etkileri şöyle ifade edebiliriz;

- Kompozit malzeme fiyatında iyileşme
- Mekanik özelliklerde artış
- Termal genleşme oranlarının azalması
- Kolay ulaşılabilir olması [25].

Ortaya çıkan kompozit malzemenin ticari olarak başarı göstermesi; geri dönüşüm ve atık materyallerden faydalanma, rutubet oranlarında iyileştirme ve etkin bir ürün performansı ile üretim akışındaki tasarımsal göstergeler olarak değerlendirilebilir. Bu ifade edilenlerin yanında kaliteyi iyileştirici yönde etkilenmesi istenen katkı maddeleri de kullanılabilir. Bu maddeler; bağlayıcılar, homojenleştiriciler, pigmentler, mantar önleyici maddeler, yağlayıcılar, ışık stabilizatörleri ve köpük katkıları olarak değişik oranlarda kullanılan malzemelerdir [1].

OPK'lerin üretimi esnasında odun kökenli hammaddeler ile birlikte endüstriyel atıklar ahşap tozu, ahşap kesici makinelerin talaşları, kağıt hamuru ile odun atıkları kullanılabilir. Odun unu ahşap işleme makinelerinin atıklarının ğtlerek çok ince ve un şeklinde elde edilmesidir. Odun lifi ise geri dönüşüm kaynaklarından ve işlenmiş ağaç malzemenin elde edilmektedir. Geri dönüşüme konu olan kaynaklar kullanılmış kereste atıkları, eskimiş gazete kağıtları ve palet atıklarından meydana gelmektedir. Bunların dışında endüstride yer bulamayan ağaçlar ve kullanım dışı kalmış ağaç malzemelerden elde edilmektedir. OPK'lerin su emmesi ve yoğunluğu kompozit malzemenin kullanım yerini etkileyen önemli bir özelliğidir. Su emme oranı bazı özelliklerinde düşmelere neden olmaktadır. Kompozit malzeme su emme miktarını tamamen ortadan kaldırmak çok mümkün olmamaktadır. %50 kenaf - %50 PP OPK'nin su alma miktarı 24 saatte %1,05 olarak bulunmuştur. Bulunan bu

değer sentetik liflerle elde edilmiş kompozit malzemelere göre yüksek bir değer olarak ifade edilmektedir [26].

OPK'lerde kullanılan parçacık tipi genel olarak liflerdir. Lif boyunun kalınlığı ile yaptığı orana narinlik oranı denmektedir [1].

Narinlik Oranı = Lif boyu/Lif kalınlığı

Tanecik boyutu kompozit malzemelerde yüzey pürüzsüzlüğünü etkileyen en önemli unsurların başında gelmektedir [1].

1.4.2 OPK'nin Fiziksel Özelliği

OPK'lerde performansı etkileyen unsurlar arasında polimer matris ve dolgu maddesi arasındaki etkileşim, işleme, ürünün tasarımı ve çevre koşullarına uyum gibi maddeler sayılabilir. Odun plastik kompozit malzemeler gelişen teknoloji ile birlikte devamlı bir iyileşme göstermektedir [1].

OPK'lerin yoğunluğu ahşap malzemeye göre oldukça fazladır. Rutubetli ortamlarda mantarlara karşı direnci selüloz kökenli ürünlere göre oldukça fazladır. Mantarlara karşı direnç göstermesi için bazı üretici firmalar çinko boratı kullanmakla birlikte dolgu maddesi kullanmayan matris malzeme daha az su emme özelliğine sahiptir. Ayrıca plastik materyal ısı altında genişleme gösterirken dolgu maddesi ilavesi ile bu genişleme miktarında azalma meydana gelir [12].

Lignoselülozik esaslı dolgu maddelerinin düşük yoğunluk ihtiva etmesi kompozit malzemelerin özelliklerini arttırması ile otomotiv ve diğer taşıma sistemlerinde avantajlar ortaya koymaktadır. Aynı tipteki inorganik lif malzemelerinin kullanımına göre lignoselülozik lifler daha fazla oranda kullanılabilir. Tarımsal ürünlerden elde edilen dolgu maddeleri de odun kökenli dolgu maddelere katkı sağlamakta olup gelecekte plastik matris dolgu elemanı olarak fazlaca bir kullanım alanına sahip olacaktır [12].

Plastik materyal, lignoselülozik dolgu maddeleri ile %10-50 oranında karıştırılması durumunda bile 24 saatlik su alma deneylerinde %1,5 oranını geçmemektedir. Bu oran ağaç malzemenin rutubet alma oranından çok daha azdır. Odunsu malzemeler %200 ve daha fazla miktarda bir suyu bünyesinde bulundurabilirler. Depolama

koşullarına göre pamuk lifleri %17-25, selüloz lifleri %2-12, ve pirinç kavuzu %8,5-9,5 arasında rutubeti bünyelerinde tutarlar [25].

OPK yüzey kalitesi su absorbe etmeyi büyük miktarda etkiler, yüzey kalitesi yüksek olan materyal su geçirmezlik özelliğini daha iyi bir şekilde gösterir [27].

1.4.3 OPK'lerin Mekanik Özelliği

OPK'lerde mekanik özellikler dört ana faktör ile belirlenir. Bu faktörler karışımın uyumu, karışımındaki basınç oranları, karışım materyallerinin oranları ve mekanik özelliklerdir. OPK'lerin sertlik ve sağlamlık değerleri polimer matrislerin ve odunlarının kendi içindeki mekanik özelliklerindeki değerlere bağlıdır. Polimer matris elemanlarının mekanik değerleri odun unu ve liflerine göre daha büyük performans özellikleri göstermektedir [28].

OPK'lerde mekanik özellikleri şu faktörler etkilemektedir [29].

1) Kompoziti oluşturan maddelerin mekanik özellikleri

- a. Lifler
- b. Polimer matrisler

2) Kompozit malzemenin yapısı

- a. Lif miktarları (% hacim)
- b. Liflerdeki yönlenme şekli
- c. Lifin geometrik yapısı narinlik (aspest ratio)
- d. Homojen görünümü

3) Lif ve matris malzeme adezyon özelliği

- a. Mekanik faktörler
- b. Özel ana yüzey görünümü

1) Yüzeydeki pürüzlük oranı

a) Kimyasal bağlar

1) Esas bağ yapıları; kovalent, iyonik

2) İkincil bağ yapıları ; van der Waals, asit bazlı etkileşimler

Son ürünlerdeki mekanik özellikler matris madde ve dolgu malzemesi özellikleri ile iki malzeme arasındaki arakesit yüzeylerindeki sağlamlığa bağlıdır. Elastikiyet modülündeki artış; lif yapılarının birbiriyle etkisi, liflerin yönü, liflerin miktarı ve liflere uygulanacak adezyon kuvveti gibi pek çok faktörle ilintili olmaktadır. Lignoselülozik yapıdaki hammaddelerin lif şeklinde kompozit malzemeye eklenmesi mekanik özelliklerden çentiksiz şok direnci ve uzamaya fazlasıyla etki yapmaktadır [12].

Lignoselüloz yapıdaki dolgu maddeleri malzeme ağırlığı ve aşındırma katsayısı gözönüne alındığında inorganik kökenli dolgu maddelerinde daha avantajlı sonuçlar vermektedir. Odun unundan elde edilen dolgu maddeleri, inorganik kökenli dolgu maddelerinin özgül ağırlıklarına göre bir hayli düşük değerler vermektedir. Cam lifleri $2,5 \text{ gr/cm}^3$, Kalsiyum karbonat ise $2,9 \text{ gr/cm}^3$ özgül ağırlığa sahiptirler. Dayanım oranlarının ağırlık oranlarına yaptığı oransal görüntü sayesinde otomotiv ve ambalaj sektöründe çokça tercih edilir hale gelmesine olanak sağlamaktadır. Lignoselüloz yapıdaki dolgu maddeleri inorganik maddelere göre makine parçalarını da çok az aşındırmaktadır [9].

1.4.4 OPK'lerdeki Karışımlar

OPK'ler diğer kompozit malzeme çeşitleri olan cam lifi ve diğer mineral malzemelerden elde edilmiş kompozit malzemelere göre önemli avantajlar sunmakta olup bunların en önemlilerini şöyle sıralayabiliriz. Düşük Karbon salınımı ortaya koyması, doğada daha çabuk bir şekilde bozunabilir olması, daha az enerji sarfiyatına sahip olması ve atık miktarının az olmasından bahsedebiliriz [30].

OPK'ler içerisinde karışmış olan matris malzeme ve dolgu malzemeleri ile daha kolay işlenebilme özelliğine sahiptirler. Bununla birlikte orijinal saf plastik malzemeye kıyasla daha sert bir özellik gösterirler. Odun malzemesine kıyasla daha iyi bir boyutsal stabiliteye sahiptirler. Mineral dolgu malzemesi ile elde edilmiş

kompozit malzemeye kıyasla daha düşük yoğunluğa sahip olmaları OPK'leri daha avantajlı hale getirmektedirler. Bu teknik avantajların yanı sıra düşük fiyatlı plastik matris malzemelerle kullanıldığında fiyat avantajı da sunabilmektedirler. Atık OPK'ler tekrar üretime dahil edilme ve kullanım yerlerine göre istenilen şekil ve boyutlarda üretebilme avantajlarına sahiptirler [31].

OPK'ler daha pek çok üstün özelliklere sahiptirler. Düşük maliyet oranlarına sahip olmaları, plastik matris elemanlarının yüksek yoğunluklarını lignoselülozik yapıdaki materyallerle karıştırıldığında yoğunluğun düşmesi ile kompozit malzemeye yüksek mukavemet oranı ve üretimde esneklik sağlaması değerlerini kazandırmaktadır. Bunun yanı sıra farklı mekanik özellikler elde etmek için farklı katman ve malzeme kombinasyonları kullanılabilir, yüksek sertlik değerleri elde edilebilir. Kimyasal maddelere korozyona ve dış ortam koşullarına karşı dayanıklılık gösterebilir. Farklı parçaların tek olarak üretilebilmesinden dolayı parça miktarlarında bir azalma meydana gelerek üretim süreleri ve maliyetlerini azaltabilir [32].

Lignoselüloz kökenli liflerin maliyet oranlarının düşük olması, yüksek direnç özelliklerine sahip olması, çok fazla miktarlarda bulunması ve doğa şartlarında kolayca bozunabilmesi gibi özelliklerinden dolayı termoplastik malzemelerle kompozit malzeme üretiminde bu materyaller oldukça cazip hale gelmiştir [33].

OPK'ler rutubet karşısında direnç gösterebilmektedirler. Boyutsal stabilite, doğa dostu, işleme kolaylığı, ürün boyutlarının isteğe göre şekillendirilmesi, bakım maliyetlerini az olması, mantar ve böcek arızlarına karşı dayanıklı olması OPK'leri daha da tercih edilir hale getirmiştir [34].

Üretim esnasında geri dönüşüm malzemelerin kullanılabilmesi çürüme, böcek arızlarına, çatlamalara ve yıkıcılara karşı direnç göstermesi, bakım maliyetlerinin çok düşük olması OPK'nin diğer avantajlı yönleridir [35].

OPK'ler pek çok avantaja sahip olmalarının yanısıra bazı dezavantajlara da sahiptirler. Termoplastik matris malzemenin pahalı olması kompozit malzemenin üretiminde en büyük dezavantajı oluşturmaktadır. OPK'nin gevrek bir malzeme olması çok çabuk kırılmasına sebep olmaktadır. Plastik matrislere göre daha düşük darbe direncine sahip olmaları onarım maliyetlerini artırmaktadır [32].

Diğer yandan OPK'ler masif malzeme ile kıyaslandığında maliyetlerde ve mekanik özellikler de düşüklük ortaya çıkmaktadır [18].

Odunun polar, termoplastik matrislerinin non-polar yapılarını birbirine bağlamada katkı maddelerine ihtiyaç duyulması başka bir dezavantajı oluşturmaktadır [36].

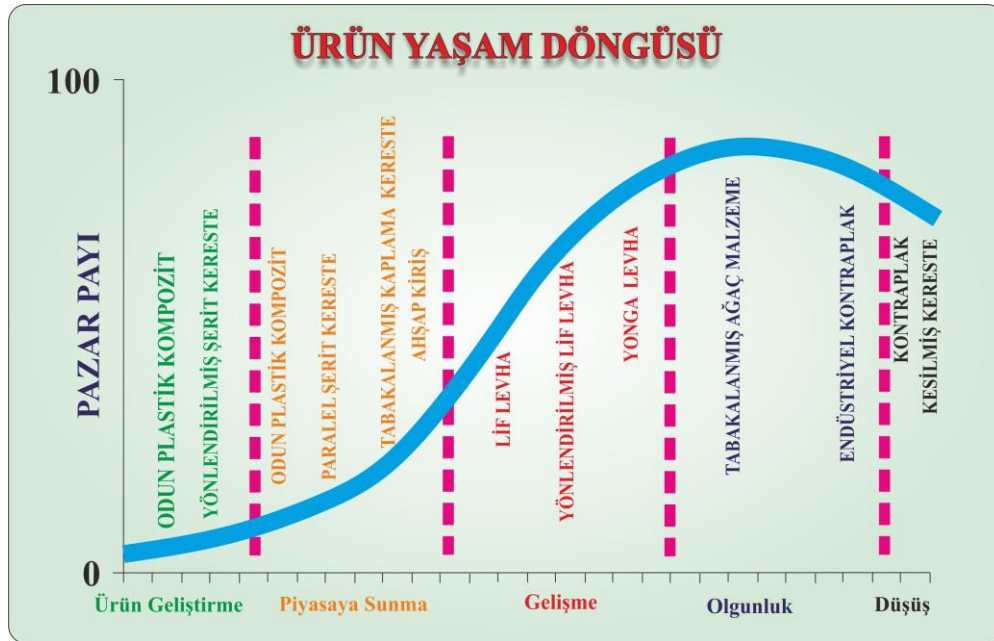
1.4.5 OPK'nin Pazar Payı

1990'lardan bu yana farklı uygulama yöntemleri ile OPK'ler her zaman büyüme endeksli bir pazar payına sahip olmuştur [8].

Yapılan araştırmalar sonucunda OPK çoğunlukla kereste ürünleri ile aynı kategoride irdelenmiş olup, kullanım yerlerine göre de en çok vinil, beton, alüminyum gibi malzeme grupları ile rekabet içerisinde olduğu vurgulanmıştır [37].

OPK'lerin üretiminde son 10 yıl içinde oldukça büyük bir artış kaydedilmiştir. Bu gelişme ile OPK'lerin inşaat sektöründe önemli bir pay edineceği düşünülmektedir [38].

Orman ürünleri sektöründeki malzemelerin ürün yaşam döngüsü sistemleri Şekil 1.6' da gösterilmiştir [39].



Şekil.1. 6 Orman ürünleri endüstrisinde üretilen mühendislik ürünü ağaç malzemeler için ürün yaşam döngüsü [39].

Şekil 1. 6'ya göre OPK'ler diğer ürünlere göre gelişmekte olan piyasaya sürülmüş en yeni üründür. OPK'ler plastik bir matris malzeme içerisinde varolan odun unu ile odun lifinden meydana gelen orman ürünleri malzemelerine alternatif bir malzeme olarak piyasada kendini göstererek önem kazanmış olan bir malzeme türüdür. Masif malzemelere göre pek çok avantajlara sahip olmaları bu ürünün inşaat sektöründe de büyük bir pay elde etmesine imkan sağlamıştır [40].

OPK'lerin zemin döşemede kendine yer bulması bu sektörde de kendini oldukça hissettirmiştir. 2009 yılında zemin döşemede %25'lik bir pazar payına sahip olmuştur [2].

OPK'lerden elde edilmiş zemin döşeme malzemelerinin yanısıra, çatı malzemeleri, çit ve parmaklık gibi dış cephe malzemelerinin üretiminde de kendini göstermeye başlamış aynı zamanda yeni malzemelerin elde edilmesinde öncülük yapmıştır [41].

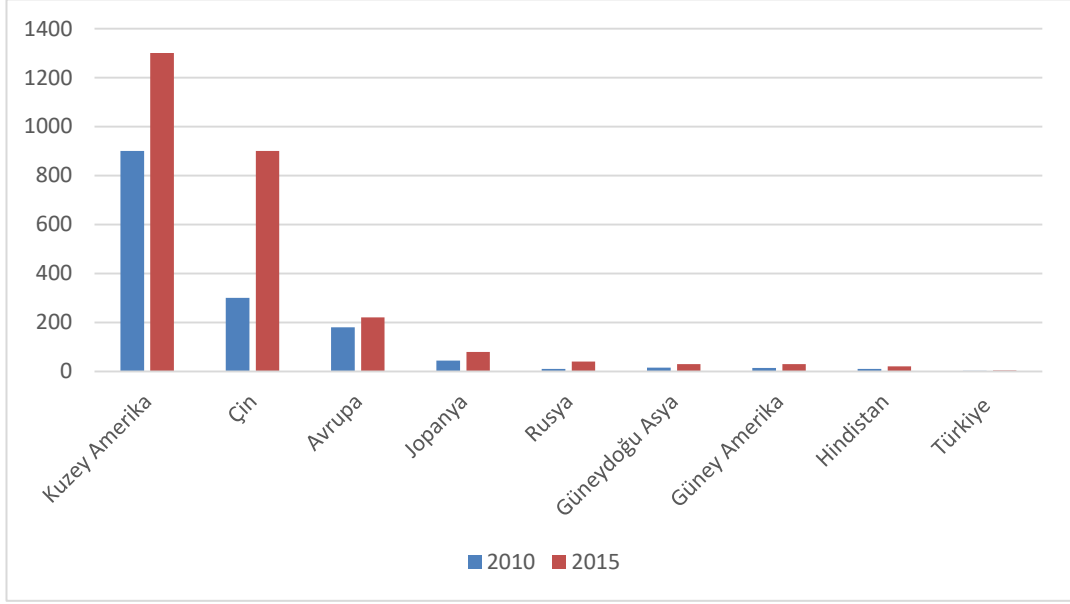
Bu kompozit malzemenin insan sağlığına elverişsiz malzemelerle emprenye edilmiş ağaç malzemelerin yerini alması başta ABD olmak üzere pek çok ülkede büyük bir tercihe sahip olmuştur [16].

Avrupa Kıtasında da tercih edilmeye başlanan OPK en çok ABD ve Çin'de büyük bir pazar payı bulmaktadır [8].

ABD'de 1997 yılında %2 düzeylerinde pazar payına sahip olan OPK 2005 yılında %18 oranlarına çıkarak pazar payını 9 kat artırmıştır. Bu büyüme ekonomik olarak da kendini göstermiş olup 2005 yılında 702 milyon dolara ve 2011 yılında da 5,4 milyar dolara ulaşmıştır [12].

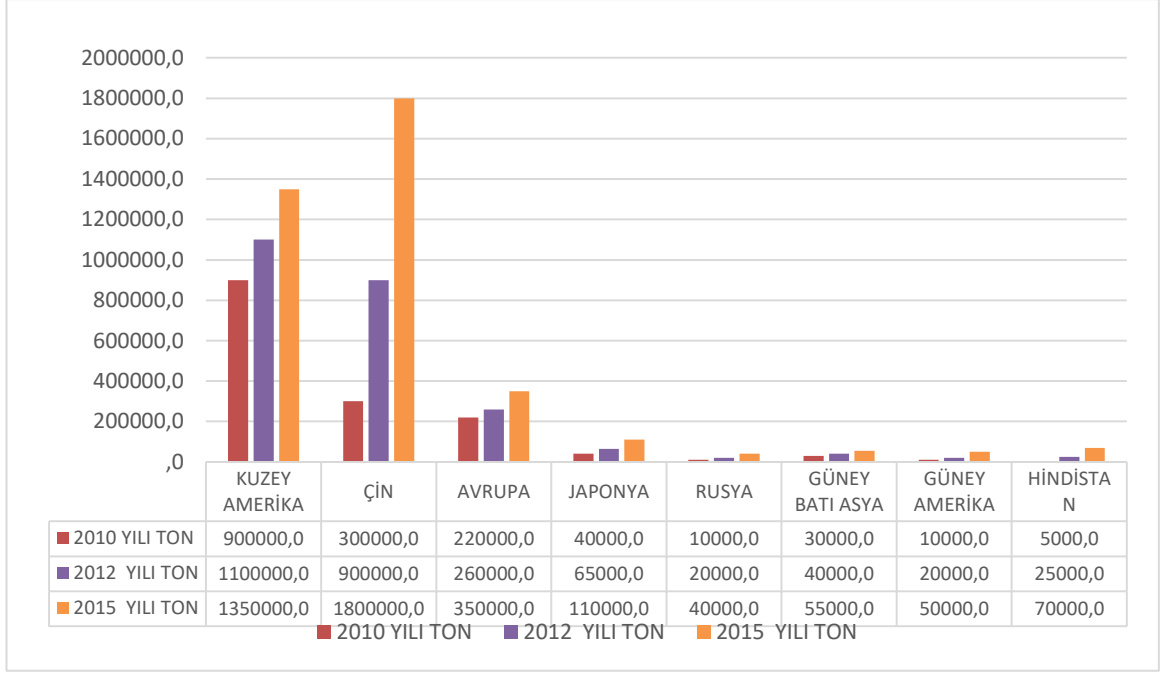
Yapılan inceleme ve araştırmalar sonucunda dünya çapında OPK üretiminde büyük bir artışın olduğu görülmektedir. 2012 yılında 2,43 milyon ton olan odun plastik kompozit malzeme üretimi 2015 yılında 3,83 milyon tona ulaşarak yaklaşık %50 lik bir artış meydana gelmiştir. Avrupa'da 2012 üretimi 260.000 ton düzeyinde iken 2015'te bu rakam 350.000 tona ulaşmıştır [42].

2011 yılında üretim lideri olan ABD, 2012 yılında liderliği Çin'e bırakmıştır. OPK'lerin Avrupa'daki üretim miktarı 2020 yılı itibariyle 400.000 tona ulaşacağı tahmin edilmektedir [42].



Şekil.1. 7 Odun plastik kompozitlerin ton bazında pazar gelişimi [43].

OPK üretiminde 2000 - 2009 yılları arasında Amerika'da %22, Avrupa'da %51 oranında bir pazar büyümesi ortaya çıkmıştır. Çin OPK üretimine sonradan dahil olmasına rağmen pazar da büyük aktörler sıralamasında üst sıralarda olmuştur [44]. Dünya çapında OPK üretimi 2011 yılı kaynaklarına göre 1,5 milyon tonu aşmaktadır. OPK üreticilerinin %62'si Çin'de, %10'u Avrupa'da, %9 ABD'de, %5'i Rusya'da, %7'si Güneybatı Asya da faaliyet göstermektedir [45]. Dünya çapında yayımlanan verilere göre (Şekil.1. 8) kompozit malzemeye ilgi oldukça artış göstermiş bu da rakamlarda yaklaşık %150'lik bir artışa sebep olmuştur [46].



Şekil.1. 8 2010-2012 yıllarında üretilen ve 2015 yılına kadar tahmini OPK üretimi [42].

Türkiye'de OPK üretimi konusunda yatırımlara 2000'li yılların başında başlanmış ve günümüzde 10 adet yerli 10 adet ve ithal marka olmak üzere 20 farklı OPK markası faaliyet göstermekte olup bu sayı her geçen gün artmaktadır [7].

1.5 OPK İmalatında Kullanılan Malzeme Çeşitleri

1.5.1 Organik ve İnorganik Kökenli Malzemeler

Malzeme bilimindeki önemli gelişmeler sonucunda ortaya çıkan üretim şekilleri nano partikül boyutundaki materyallerin dahi üretimde kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Bu teknolojik gelişme direnç özellikleri yüksek, hafif, aynı zamanda dış hava koşullarına karşı yüksek direnç sergileyen materyallerin üretimde kullanılmasını arttırmıştır. İnsanoğlu bol ve ucuz hammadde kaynaklarını en etkili şekilde kullanmak için odun kökenli atıklardan faydalanmaya başlamıştır. Polimer malzemelerin içerisinde özelliklerini iyileştirmek için dolgu maddeleri kullanılır. Bu dolgu maddeleri çoğunlukla inorganik malzemelerden oluşur fakat az da olsa organik kökenli malzemelerden de faydalanılmaktadır. İnert dolgu malzemeleri polimer

matris grupları içinde hacmi artırmaya yardımcı olduğu gibi matris malzemelerin maliyetlerinde de azalma meydana getirir. Polimer matrisler içerisinde kullanılan aktif dolgu maddeleri spesifik şekilde fiziksel ve mekanik özelliklerinde iyileşmeler gösterir [47].

Dolgu maddelerindeki yapısal etkiler bu maddelerin tanecik boyutuna, dağılımına ve şekline bağlıdır. Mineral malzemelerden elde edilen dolgu maddeleri küre, blok, lifli, yonga ve küp şekillerinde olabilirler. Lifsi özellikteki dolgu maddesi malzemenin gerilme direncinde artışa neden olabilir [48].

Dolgu maddeleri polimer matrisler katı halde ilave edilen malzemelerdir. Bu malzemeler polimer grupları içerisinde çözünmezler, partikül boyutunda olurlar, işlem sırasında polimer matrislerle etkileşime girmezler. Kompozit malzemelerin üretiminde dolgu maddeleri başlangıçta maliyeti düşürmek için kullanılmış olsa da sonraları kompozit malzemeleri takviye edici olarak geliştirilmişlerdir [49].

Dolgu maddeleri yapısına ve miktarına göre elastikiyet modülünde artma sağlarken plastik malzemelerde genleşme katsayısında düşme sağlayıp kalıp içerisinde büzüşmeyi aşağı çekmektedir. Kompozit malzemeye katılma oranlarına göre fiyatta azalma, elektrik ve ısı iletkenliği katsayısında, aşınma ve darbe direncinde artma meydana getirebilir. Plastik malzemenin görünümünde matlık ve parlaklık meydana getirir. Camsı ve yüksek kristalin polimer matrislerde dolgu maddeleri mekanik özelliklerde önemli düzeyde etkiye sahip olmamasına rağmen, plastiğin reolojik özelliklerinde önemli iyileşmeler meydana getirmektedir [50].

Mineral yapıdaki dolgu malzemeleri inorganik ve organik olarak iki ana grupta ifade edilir. Genelde plastik matris grupları içerisine inorganik dolgu malzemeleri katılmakla birlikte organik malzemeler de kullanılmaktadır. İnorganik dolgu malzemelerine kalsit, mika, kaolit, talk ve vollastonit örnek verilebilir [51].

İnorganik yada organik yapıdaki dolgu malzemeleri plastik matris grupları içerisine katıldıklarında mekanik dayanım, ısı dayanımı gibi fiziksel özelliklerde değişimler meydana getirir [52].

İnorganik dolgu materyalleri günümüzde OPK üretiminde kullanılmaktadır. Kalsiyum, alüminyum silikat, kil, kalsiyum karbonat, talk, cam dolgu gibi inorganik

dolgu malzemeleri maliyetli olmaları ve makine parçalarında tahribatlar oluşturmaları yüzünden tercih edilmemeye başlanmış ve yerlerini organik kökenli dolgu maddelerine bırakmışlardır [53].

Odun kökenli malzemeler selüloz, hemiselüloz ve lignin içeren malzemelerdir. Bu malzemeler biyokütlenin temelini oluştururlar [54].

Odun kökenli malzemeleri yapraklı ve iğne yapraklı ağaçlar, tarımsal atıklar, kentsel atıklar, kağıt ve otsu bitki atıkları oluşturmaktadır. Ülkemiz yüzölçümünün % 44,3'ü tarım ve ormanlık alanlar, % 27,6'sı ormanlar, % 10,6'sı ekili tarım alanları, % 7,5'i nadasa bırakılmış alanlardan oluşmaktadır. Tarımsal alan olarak ifade edilen % 38 lik alanın % 78 inde tahıl üretimi gerçekleşmektedir. Buda çok miktarda atık oluşturmaktadır [55]. Doğal liflerden elde edilen dolgu malzemelerinin plastik matrisli kompozit malzemeler içerisinde kullanımı son zamanlarda önemli bir artış göstermiştir. Termoplastik kompozit malzeme endüstrisinde geri dönüştürülebilmeleri, ucuz olmaları, bol bulunmaları, temel izolasyona ve mekanik özelliklerindeki güçlü yönleri ile doğal lifler, aramid ve cam liflerine göre daha çok tercih edilmektedirler [56].

Dünyada ve Türkiye'de odun dışı lignoselüloz kökenli maddelerin yaklaşık potansiyeli Tablo 1.3 de gösterilmiştir.

Tablo 1. 3 Dünya ve Türkiye lif kaynaklarının potansiyeli [57].

No	Dünya Lif Kaynakları	Dünya Yıllık Bitki Sapı (ton)	Türkiye Lif Kaynakları	Türkiye Yıllık Bitki Sapı (ton)
1	Tahıl sapsarı	1 145 000 000	Buğday sapsarı	18 000 000
2	Diğer sapsarı	970 000 000	Arpa sapsarı	8 000 000
3	Şeker kamışı	75 000 000	Pamuk sapsarı	3 000 000
4	Göl kamışı	30 000 000	Mısır sapsarı	2 500 000
5	Bambu	30 000 000	Ayçiçeği sapsarı	2 500 000
6	Pamuk lifi	15 000 000	Kendir-kenevir	2 000 000
7	Jüt, Kenaf, Kendir	10 900 000	Tütün sapsarı	300 000
8	Papirus	5 000 000	Çavdar sapsarı	240 000
9	Pamuk linteri	1 000 000	Pirinç sapsarı	200 000
10	Esparto otu	500 000	Göl kamışı	200 000
11	Sisal- abaca yaprakları	480 000	Pamuk linteri	100 000
12	Sabai otu	200 000	Pamuk lifi	580 000
13	Ahşap kereste	1 750 000 000	Asma çubuğu	600 000
14	Toplam	4 033 080 000		38 220 000

1.5.2 Odun Kökenli Dolgu Maddelerin Yapısal Özellikleri

Odun kökenli malzemeler gıda olarak tüketilmeye uygun olmayan bitki çeşitlerinden meydana gelir. Bu materyalin genel yapısı içinde polisakkarit olarak bilinen selüloz, hemiselüloz ile bitkiye sağlamlık veren ve bunun yanında fenolik bir polimer olan lignin bulunmaktadır [58].

Odun kökenli materyaller %25-50 selüloz, %20-35 hemiselüloz, %10-25 ligninden meydana gelmektedir. Bunun yanında bileşiminde ekstraktif maddeleri ve kül bulunmaktadır [59].

Bu malzemelerin bir başka bileşeni ekstraktif maddelerdir. Reçine, tanen, nişasta, şeker, vaks, protein, pektinorganik, zamk, boya maddeleri, terpenler gibi ekstraktif maddeler alkol, benzen, su ve eter gibi maddeler içinde çözünebilen maddelerdir [60].

Tablo 1. 4'de bazı odun kökenli malzemelerin kimyasal oranları verilmiştir.

Tablo 1. 4 Bazı lignoselülozik materyallerin kimyasal bileşimi [60,61].

No	Lignoselülozik materyal	Selüloz (%)	Hemiselüloz (%)	Lignin (%)
1	Buğday sapı	28.8	39.1	18.6
2	Çay atığı	30.2	19.9	40.0
3	Fındık kabuğu	25.9	29.9	42.5
4	Kayın ağacı	45.8	31.8	21.9
5	Ladin ağacı	50.8	21.2	27.5
6	Mısır koçanı	52.0	32.0	15.0
7	Soya sapı	33.0	53.0	14.0
8	Tütün sapı	42.4	28.2	27.0
9	Şeker kamışı	40	30	20

1.5.2.1 Ahşap Materyal

Odun, Kompozit bir malzeme olarak tanımlanır. Bileşiminde polimer matrisler, selüloz, hemiselüloz ve lignin bulunmaktadır [62]. Ahşap malzemenin sertliği bileşimindeki selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi doğal polimerlerin yapıları ile ilişkilidir [63].

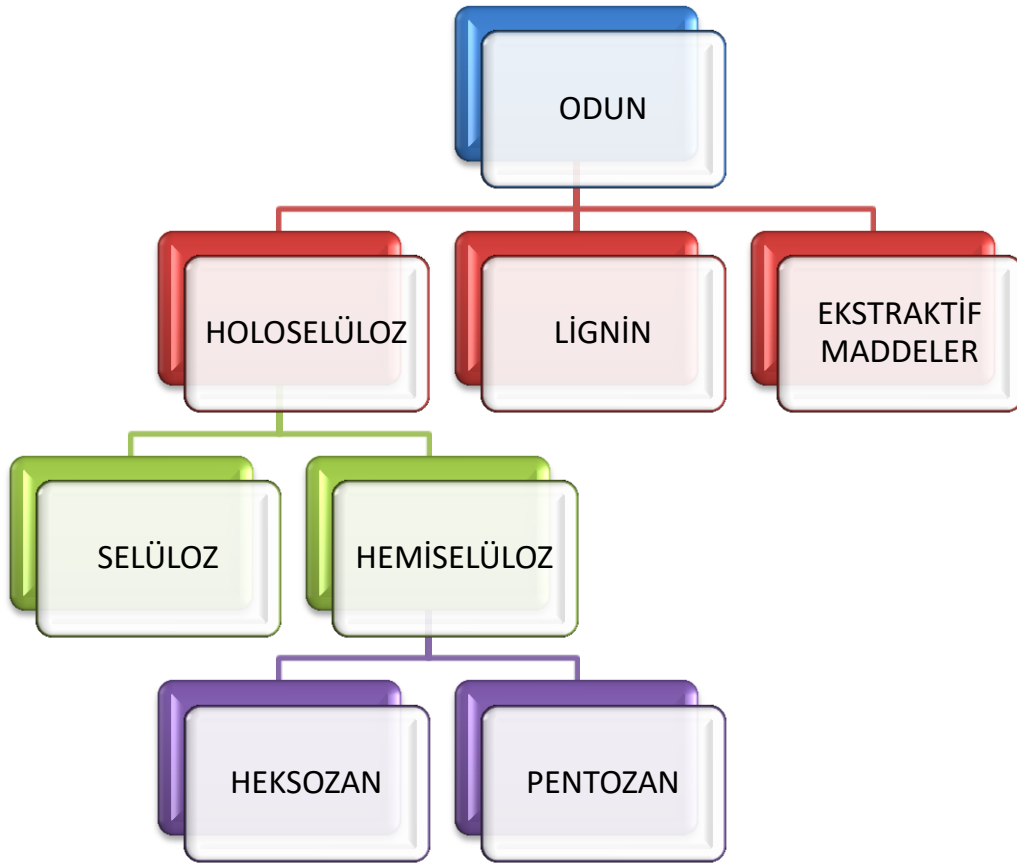
Yarı kristal malzemeler selüloz ve hemiselülozdur. Hemiselülozun 130°C, ligninin 150°C de bir camsı geçiş sıcaklığına sahip olduğu bilinmektedir [2]. Selüloz yapılar 260°C'nin alt ve üstündeki sıcaklık seviyelerinde bozunmaktadır [64]. Lignin hücre çeperinde yapıştırıcı olarak görev yapmaktadır. Ligninin polimerik yapısı sinapil, p-kumaril ve koniferil olarak adlandırılan 3 alkolden oluşur. Polimerik yapıyı oluşturan bileşenler fonksiyonel gruplar ve bağlantı şekilleri geniş ölçüde açıklanmış olmasına rağmen ligninin kimyasal formülü tam olarak ortaya konamamaktadır [65].

Şekil 1. 9'da büyük parçadan küçük parçaya kadar temel odun elemanları verilmiştir.



Şekil.1. 9 Temel odun elemanlar [66].

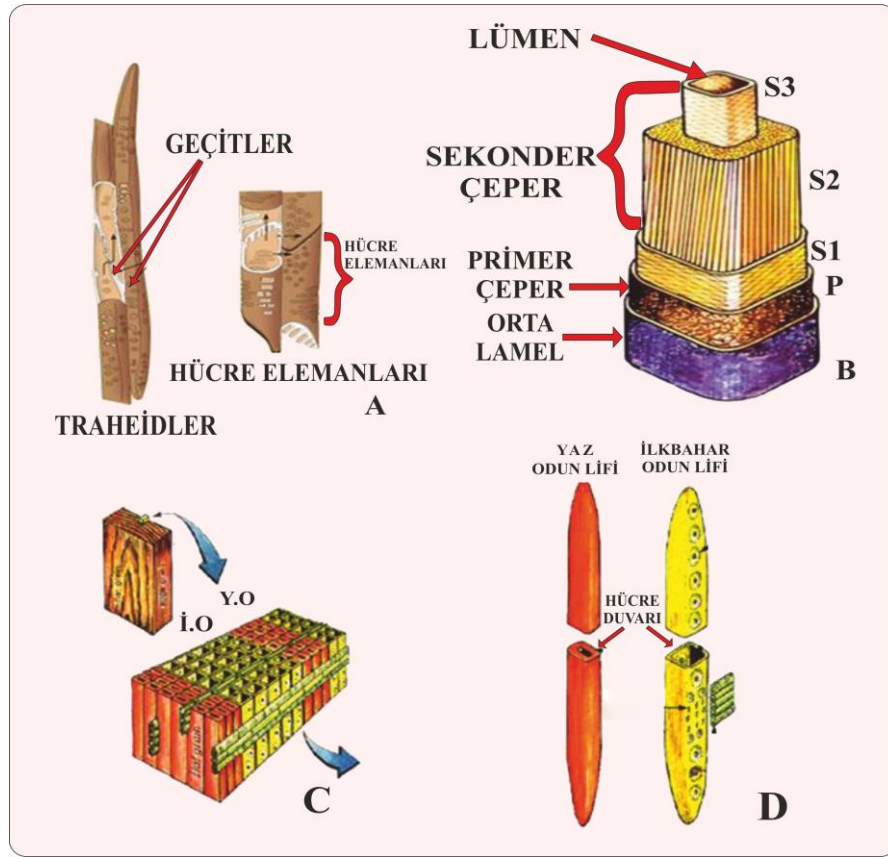
Odunun kimyasal bileşim modeli Şekil 1. 10'da gösterilmiştir.



Şekil.1. 10 Odunu meydana getiren temel bileşenler [67].

Odun bütün canlılar gibi hücrelerden meydana gelmektedir, bu hücrelerin kimyasal özellikleri ve yoğunlukları büyük önem arz etmektedir. Hücreler primer çeper, sekonder çeper, orta lamel ve lümen boşluğu olmak üzere dört farklı sistemden oluşmaktadır. Her hücre bir diğerine bağlantı yapar. Orta lamel hücrel bölünme neticesinde meydana gelir. Lifleri bir arada tutarak direnç ve dayanıklılık sağlar. Primer çeper hücrenin orta lamele yakın olan bölgesindeki kısımdır. Bu bölüm hemiselüloz ve lignin ihtiva eder. Sekonder çeper dış, orta ve iç cephe olmak üzere üç kısma ayrılır [2].

Şekil 1. 11'de odunun hücre görünümü verilmektedir.

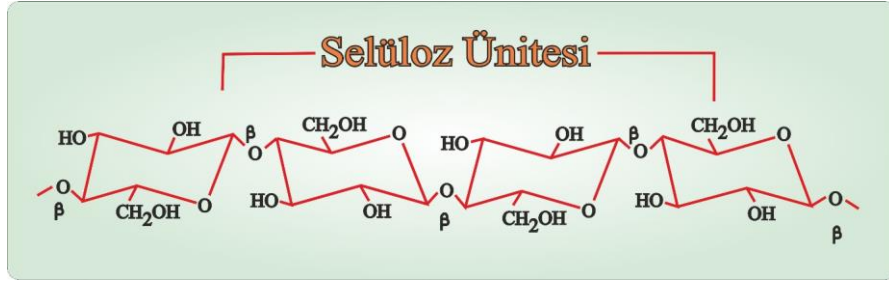


Şekil.1. 11 Odun hücresinin (Traheid) görünümü (A), hücreyi oluşturan katmanlar (B), ilkbahar (İO) ve yaz odunu (YO) lifleri (C) ile öz ve diri odunun hücre çeperi (D) [2].

Selüloz

Selüloz bir biyopolimer olarak dünyada oldukça fazla miktarda bulunmaktadır [68]. Selüloz bütün bitki türlerinin temel yapı taşı olarak bilinir. Selüloz bitkide sağlamlık, destek ve dik durma eylemlerinde yardımcı olan bir maddedir. Selüloz tabiatta saf olarak bulunmaktadır [69]. Bitkilerin çeşidi ve yetiştiği yer selüloz molekül ağırlığında oldukça etkilidir. Doğal selüloz kristal yapılar ile birlikte amorf yapılardan oluşmuştur. Amorf selüloz suyu çok hızlı bir şekilde absorbe etme yeteneğine sahiptir. Bu özellikle bitkiye sağlamlık kırılmaya karşı mukavemet ve esneklik artışı sağlar. Selüloz maddesi nem çekici bir özelliğe sahip olmasına rağmen suda çözünmez ama zayıf asit, su ve pek çok çözücüde şişme eğilimi gösterir [70].

Selülozun kimyasal yapısı Şekil 1. 12 de gösterilmiştir.

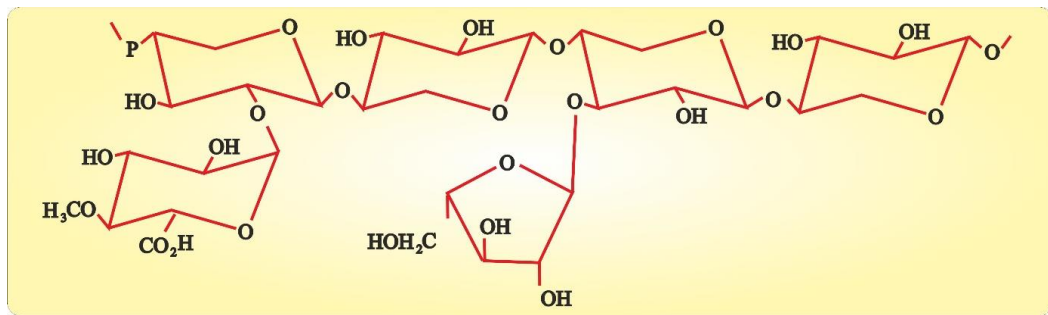


Şekil.1. 12 Selülozun kimyasal yapısı [71].

Hemiselüloz

Hemiselüloz odunsu bitkilerin selülozdan sonra en önemli bileşenidir. Kristal bir yapıdan oluşmaz. Hemiselüloz temel polisakaritlerdendir. Hücre çeperinde %20-35 gibi önemli miktarlarını oluşturmaktadır. Hemiselüloz 130°C arasında bozunur [72]. Hemiselülozun yapısı buldukları bitki türlerine göre değişiklik göstermektedir [73]. Hemiselüloz polimer grubu düzensiz dallanma ve amorf bir şekle sahiptir. Hemiselüloz yapılar, mannanlar, ksilanlar, glikomannanlar ve glikoksilanlardan oluşmaktadır [74].

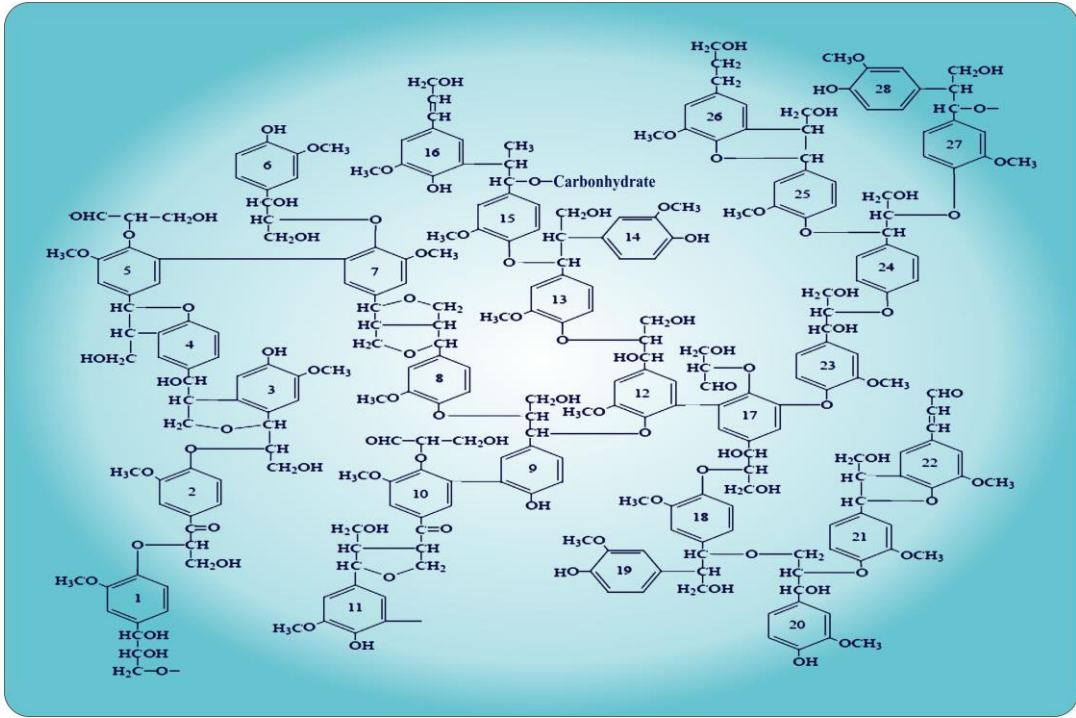
Şekil 1.13'te Hemiselülozun kimyasal yapısı verilmiştir [71].



Şekil.1. 13 Hemiselüloz'un kimyasal yapısı [71].

Lignin

Aromatik yapılı, suyu sevmeyen (hidrofobik) ve karmaşık bir kimyasal yapıya sahip olan lignin hücre duvarının ayrılmaz bir parçasını meydana getirir [75]. Bitki guruplarında kök ve gövdenin odunsu yapısını meydana getiren madde olarak tanımlanabilir. Odunun özü olarak bilinen su geçirmez bir yapıdır. Ölü hücrelerin selüloz çeperinde birikerek bitkileri çevrenin olumsuz şartlarından korur [76]. Lignin ahşap malzemeye basınç direnci özelliği kazandırmasının yanında hücre zarı ile ağacın kuvvetlendirilmesine de yardımcı olur. Ağaç türlerine göre farklılık göstermekle beraber odunun yaklaşık %25'ini oluşturur [77]. Ligninin kimyasal yapısı Şekil 1. 14 de gösterilmiştir.



Şekil.1. 14 Ligninin kimyasal yapısı [71].

Ekstraktif Maddeler

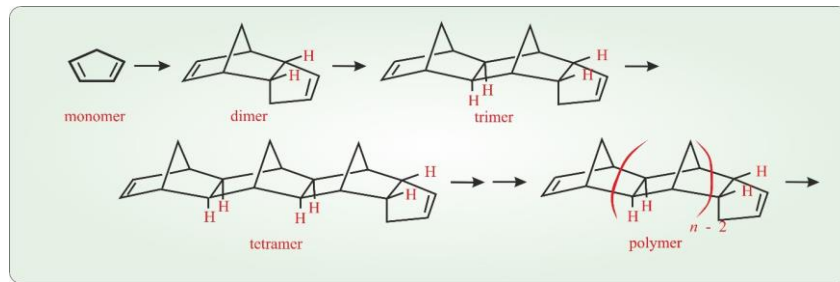
Hem hücre çeperi hem de lümeninde bulunan organik çözücülerle çözünen maddelere ekstraktif maddeler denir. Patojen saldırıları önlemek ya da yavaşlatmak adına biyosentez edildikleri düşünülmektedir. Ahşap malzemede fizyolojik işlemlerde asıl eleman olmadıkları için ikinci eleman olarak düşünülür [2]. Ekstraktif maddeler

içerisinde parafin, yağ, alkaloid, basit şeker, protein, nişasta, glikozid, mum ihtiva eder. Terpenler, terpogoreller, stilbenler, lignonlar, glikositler, şekerler, siyanitler, quinonlar, yağ alkolleri en bilinen ekstraktif madde çeşitleridir [78]. Ekstraktif madde miktarları odun içinde az miktarda bulunmasına rağmen odunun kullanımında büyük etkiler yapabilmektedir [79]. Ekstraktif maddeler genellikle odunda az miktarda bulunmaktadırlar [80].

1.5.2.2 OPK’lerde Kullanılan Polimer Matris Çeşitleri

Polimer malzemeler, tekrar tekrar yinelenen ve monomer olarak ifade edilen küçük mol kütlelerinden oluşan polimerleşme tepkimesine maruz kalarak üretilen uzun zincirli molekül gruplarıdır. Büyük moleküller olarak tanımlanan polimer molekülündeki yapısal birimler monomer olarak tanımlanır ve birbirlerine kovalent bağlarla bağlanıp büyük molekül yapılarını oluşturur [81]. Tek bir polimer malzemeden meydana gelen polimerlere “homopolimer”, iki monomer grubundan oluşan polimerlere “kopolimer” ismi verilmektedir [82].

Kullanım çeşitlerine göre polimerler, plastikler, fiberler, kaplamalar ve yapıştırıcılar şeklinde dört grupta ifade edilmektedir. Fiziksel durumlarına göre amorf, kristalin ve yarı kristalin şeklinde üç gruba ayrılırlar. Amorf yapılarda moleküller gelişigüzel şekilde dağılmışlardır. Amorf plastikler çekme kuvveti uygulandığında molekül zincirleri çekme yönünde bir yönelme gösterir. Bu yönelme özelliği ile çekme mukavemetleri oldukça yüksektir [83]. Şekil 1. 15’te polimerlerin kimyasal yapısı verilmiştir.

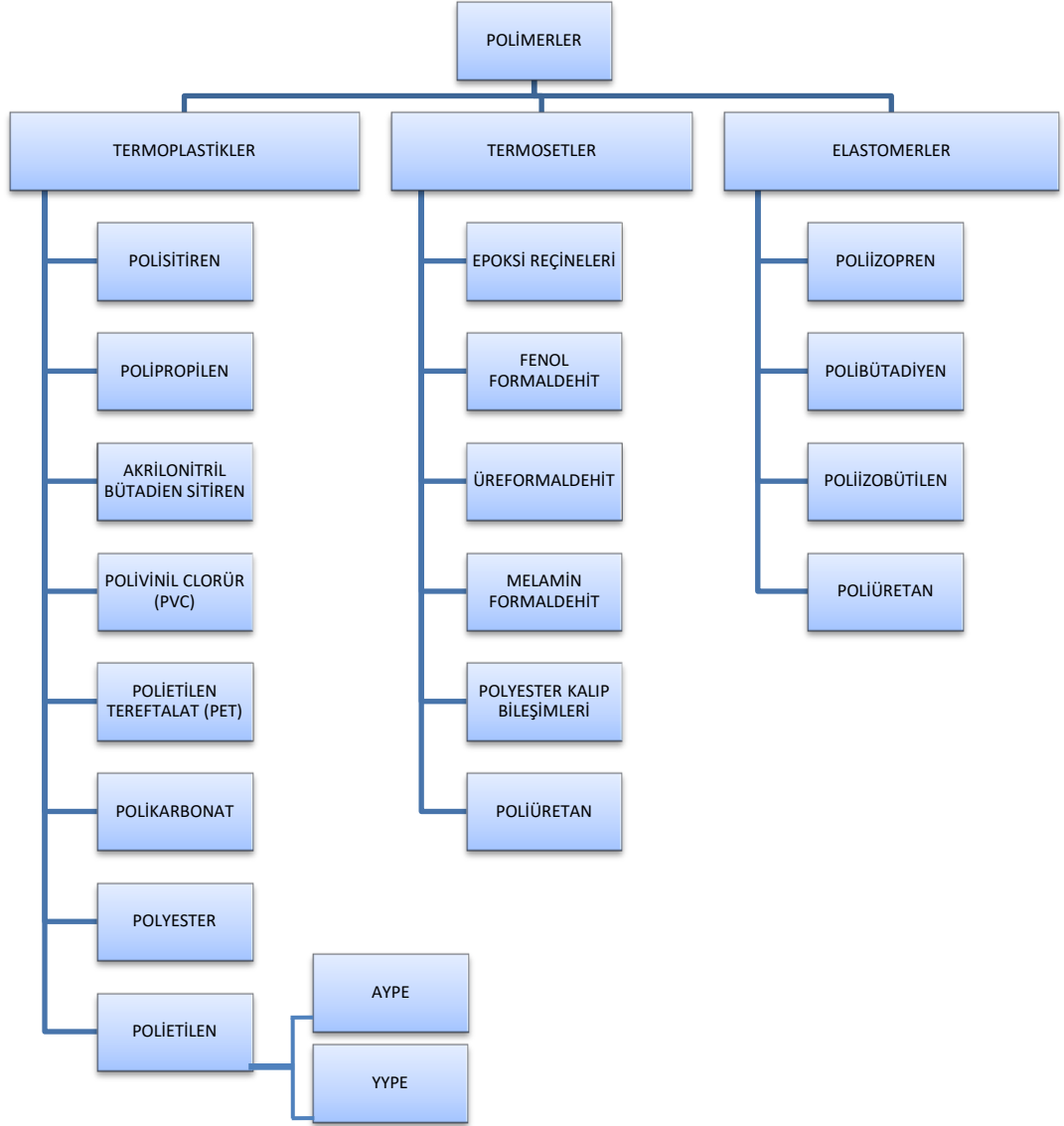


Şekil.1. 15 Polimerlerin kimyasal yapısı [84].

Plastikler genel olarak üç şekilde ifade edilmektedirler. Bunlar termoplastikler, termosetler ve elastomerlerdir [85].

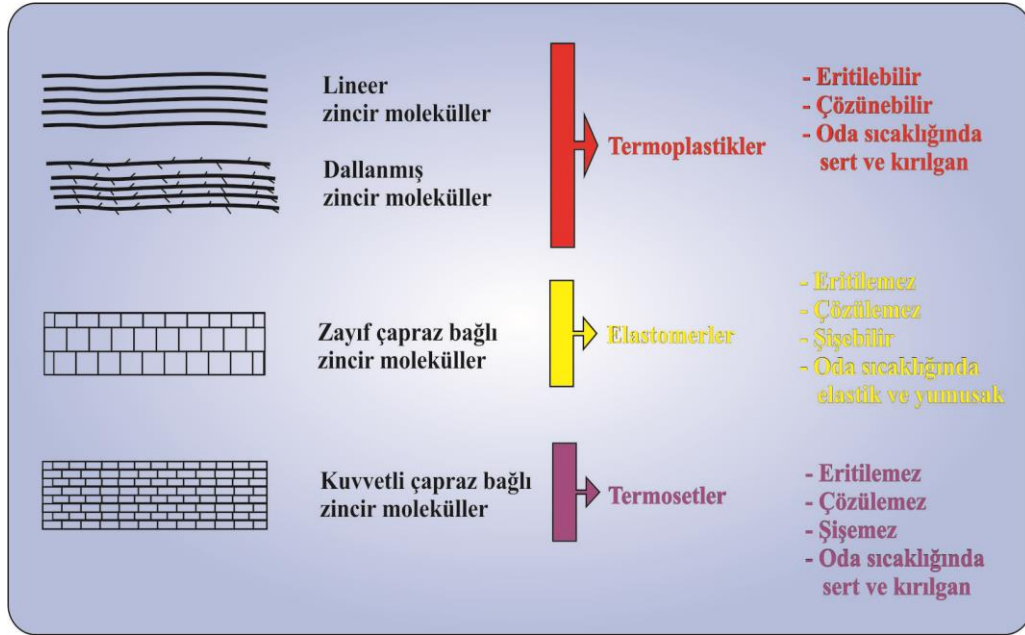
Bir monomer polimerizasyon yoluyla diğer monomerler ile bağ yaparak makro molekül yapılar meydana getirir. Bu yapının en basit hali polietilendir. Amorf yapıda küçük kristal bölgelere kristalit adı verilmektedir. Kristaller rastgele yönelir. Soğuma yavaş bir şekilde olursa kristalleşme artar kristalleşme derecesi ile mekanik özelliklerde iyileşme meydana gelir [86].

Termoplastikler çapraz bağa sahip değilken termoset ve elastomerler çapraz bağlı plastik gruplarıdır. Plastik malzeme dallanmış veya lineer büyük molekül gruplarından meydana gelir [87]. Polimerlerin sınıflandırılması Şekil 1. 16 gösterilmektedir.



Şekil.1. 16 Polimerlerin sınıflandırılması [85].

Plastik moleküllerinin dizilişi Şekil 1. 17’de gösterilmektedir.



Şekil.1. 17 Plastik moleküllerinin dizilişi [87].

Termoplastik malzemeler

Termoplastik malzemelerin makromolekül yapılarında kimyasal bir bağ yoktur. Bu özellik sayesinde bu malzemeler tekrar tekrar işlenebilirler. Bu malzeme grubu kimyasal malzemeler de çözünebilmektedir. Termoplastik malzemeler molekül dizilişlerine göre ikiye ayrılır. Rastgele dizilişi olanlara amorf, düzenli dizilişe sahip olanlar ise yarı kristal adı verilir. Plastik malzemelerde makromoleküller birbirine grift bir yapı oluştururlar bu da malzemenin %100 oranında kristalize olmasına engel olur. Kristalleşmiş bölgeler arasında amorf yapılara da rastlanır. Kristalleşmiş bölgeler malzemenin kristalik derecesini belirler [88]. Termoplastiklerin bazı özellikleri Tablo 1. 6 'da verilmiştir.

Tablo 1. 6 Termoplastiklerin bazı özellikleri [89].

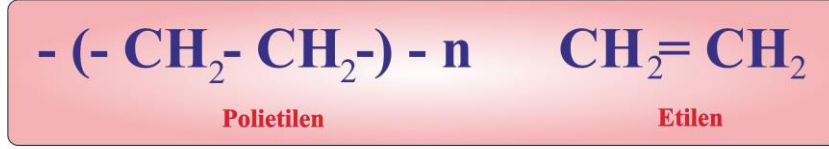
No	Malzeme	Ö.A (gr/cm ³)	Ç.D (Mpa)	E.E.M (Mpa)
1	AYPE	0,92–0,93	7–17	105–280
2	YYPE	0,95–0,96	20–37	420–1260
3	PP	0,90–0,91	50–70	1120–1500
4	PS	1,08–1,10	35–68	2660–3150
5	ABS	1,05–1,07	42–50	----
6	PMMA	1,11–1,20	50–90	2450–3150
7	Politetrafloret ilen	2,1–2,3	17–28	420–560
8	Naylon 6,6	1,06–1,15	60–100	2000–3500
9	Selülozikler	1,2–1,3	20–50	----
<p>Ö.A = Özgül Ağırlık Ç.D = Çekme Değeri E.E.M = Eğilmede Elastikiyet Modülü</p>				

Termoplastikler ısıya tabi tutulduğunda eriyip şekil alabilen malzeme grubudur. Enjeksiyon kalıplama ve ekstrüzyon çekme ile istenilen şekil verilebilir. Elastomer malzemelerden farklı olarak belirli bir noktaya kadar elastikiyetlerini korurken bunun sonrasında deforme olup kırılabilirler [90].

Polietilen (PE)

Etilen monomeri polimerizasyondan sonra uzun bir zincir yapısına sahip olan makromoleküllü polimer yapıya dönüşür buna “polietilen” adı verilir [91].

Polietilen yüksek ve alçak basınçlı iki yöntemle üretilir. Yüksek basınç yöntemi ile alçak yoğunluklu polietilen matrisi üretilirken, düşük basınç ile yüksek yoğunluklu polietilen üretilir. Yüksek yoğunluklu polietilen kromoksit, vanadyum, organometalik ve molibden oksit yardımıyla 1-80 atm basınç ve 70°C ile 300°C sıcaklıkta etilenin polimerizasyonu sonucu elde edilir [92]. Etilen monomeri ve polietilen zinciri Şekil 1. 18’de gösterilmektedir.



Şekil.1. 18 Etilen monomeri ve polietilen zinciri [91].

PE en çok üretim yapılan polimer malzemedir [82]. PE 80°C ile 130°C arasında balmumu şeklinde bir görünüm sergiler. PE kütle halindeyken yarı saydam ve opak bir renge sahip iken film halinde saydam bir görünüm verirler [93]. PE çok düşük yoğunluğa sahip bir malzemedir. Elastikiyeti yüksek olan bu malzeme düşük sıcaklıklarda da darbe dayanımına karşı mukavemeti iyidir. Bununla birlikte düşük fiyat, su almasının az olması, işleme kolaylığı sağlaması yönüyle pek çok yerde kullanım alanı vardır [94]. Kimyasallara karşı dirençlidir aynı zamanda elektrik iletkenliğine karşı yüksek oranda yalıtkan bir malzemedir [93].

PE yoğunluğu 0,91-0,97 g/cm³ arasındadır. Polietilen ticari sistemde şu isimlerle anılmaktadır, Ultra Yüksek Moleküler Ağırlıklı Polietilen (UYMAPE), Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE), yüksek yoğunluklu çapraz bağlı polietilen çapraz bağlı polietilen, Orta Yoğunluklu Polietilen (OYPE), düşük yoğunluklu polietilen, Lineer Bağlı Düşük Yoğunluklu Polietilen (LBDYPE), çok düşük yoğunluklu polietilen olmak üzere 8 grupta işlem görmektedir [95]. Moleküler ağırlık dallanma tipi ve kristal yapı polietilenin mekanik özelliklerinde etki yapmaktadır [96]. Bazı PE'lerin genel özellikleri Tablo 1. 7'de verilmiştir.

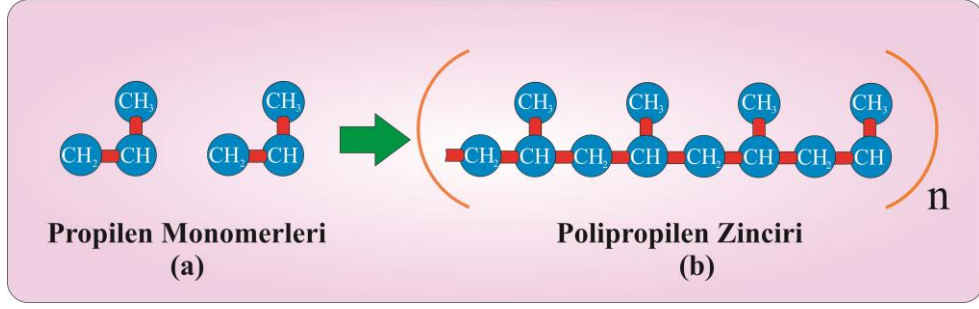
Tablo 1. 7 Bazı Polietilenlerin genel özellikleri [95-15].

No	Özellik	AYPE	YYPE	LBDYPE	UYMAPE	MDPE
1	Yoğunluk (g/cm ³)	0.92	0.95	≈ 0.935	0.93–.94	0.925–.935
2	Su absorpsiyonu (24 h)	<0.01	00	<0.01	<0.01	<0.01
3	Erimе derecesi	105–118	126–135	126	130–135	120–125
4	Sertlik Shore D	45–51	58–63	38–60	62	45–60
5	Camsı geçiş sıcaklığı Tg (°C)	–110	–110	--	–110	–110
6	Erimе Akış İndeks (g/10 dak)	0.3–26	0.2–30	--	--	--
7	Elastikiyet modülü (GPa.)	0,2–0,4	0.6–1,4	0,3–0,7	0.7–0,8	0,4–0,8
AYPE	Alçak Yoğunluklu Polietilen					
YYPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen					
LBDYPE	Linear Bağlı Düşük Yoğunluklu Polietilen					
UYMAPE	Ultra Yüksek Moleküler Ağırlıklı Polietilen					
OYPE	Orta Yoğunluklu Polietilen					

Alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) 0,910-0,925g/cm³ yoğunluğa sahiptir [97]. AYPE, zayıf UV dayanma, yarı saydam, yüksek darbe dayanımı ve çok esnek yapıya sahip bir malzemedir. Neredeyse hiç kırılmaz bir malzeme olduğu için esnektir. Yüksek sıcaklığa maruz kalmadığı sürece tepkimeye girmez [98]. Orta yoğunluklu polietilen (OYPE) 0,930-0,948g/cm³ arasında yoğunluğa sahiptir. AYPE'ye göre fiziksel dayanımı iki kat daha fazladır. İşlenmesi zor olan bir malzemedir [99]. Yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) 0,946-0,959g/cm³ arasında yoğunluğa sahiptir [91]. YYPE'nin darbe direnci ve çekme direncine karşı dayanımları yüksek olup bu durum mekanik özelliklerinin iyi olmasına imkan tanımaktadır [99].

Polipropilen (PP)

PP beyaz renkli yarı şeffaf oda sıcaklığında sert bir şekilde bulunan bir plastik çeşididir. 175°C'de ergime sıcaklığına ulaşır. Isı ve ışığa karşı direnci zayıftır. Su emmesi ve geçirgenliği azdır. 150'den fazla çeşidi vardır. Bu çeşitlilik kullanım alanlarını da artırmıştır [100]. PP molekülünün asimetrik bir yapıya sahip olması polimerizasyon esnasında üç değişik polipropilen zincirini meydana getirir. Propilen monomeri ve polipropilen zinciri Şekil 1. 19'da gösterilmektedir.



Şekil.1. 19 Propilen monomeri (a) ve polipropilen zinciri (b) [101].

Metil gruplarının (CH_3) zincir üzerindeki konumları ataktik, izotaktik ve sindiyotaktik şeklinde üç değişik şekildedir [102]. Polipropilen sıcak çözücülerle yumuşar, soğuk organik maddelerde çözünmez. Bakterileri ve mantar yapılarına karşı dayanıklıdır. Orta sertlikte parlak bir yapıya sahiptir [91]. Yoğunluğu $0,90-0,91\text{gr/cm}^3$ tür. Erime sıcaklığı $165-171^\circ\text{C}$ 'dir.

Asit ve bazlara dayanıklı, zehirsiz ve gıda tüzüğüne uygundur. PP genel özellikleri Tablo 1.8'de gösterilmektedir.

Tablo 1. 8 Bazı Polipropilenlerin genel özellikleri [95-15].

No	Özellik	Değer
1	Yoğunluk (g/cm^3)	0.90-0.91
2	Su absorpsiyonu (24 h sonra)	0.01- 0,03
3	Erime derecesi $^\circ\text{C}$	175
4	Sertlik Rockwell R	80-102
5	Eğilme direnci (psi)	4,500-6,000
6	Erime Akış İndeksi ($\text{g}/10$ dak)	0.3-26

Polipropilenin mekanik özellikleri yoğunluğuna ve erime derecesine göre değişiklik gösterir [94].

Atık Plastikler

Atık plastik malzemeler, iki yolla elde edilmektedir. Bunlar endüstriyel ürünler ve tüketici kaynaklı ürünlerdir. Birincisi endüstriyel atık malzemeler, fabrikalardaki atıklar olup, bunların kontrolü, toplanması ve tekrar üretime sunulması şeklinde

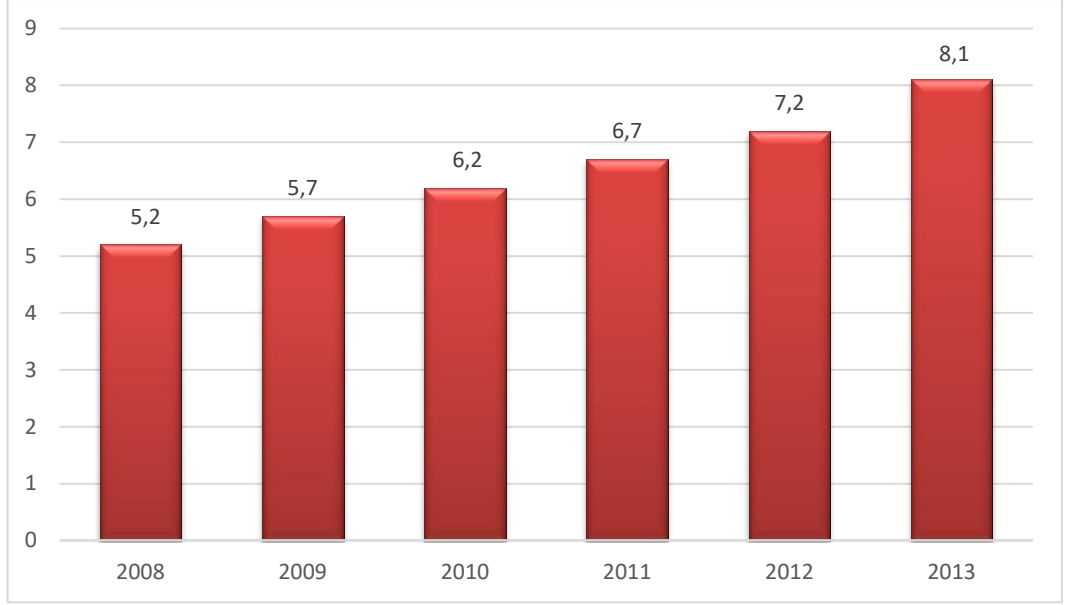
söylenbilir. İkincisi ise tüketicinin kullandığı ürünleri tekrar geri dönüşüme sokmaktır, bu oldukça zahmetli ve risklidir. Çünkü bu malzemeler evlerde kullanılan süt ve su şişeleri gibi malzemelerle sınırlı değildir. Ayrıca temizlik malzemelerinde kapları geri dönüşümde kullanılabilir. Bir diğer kaynak kullanılmış polipropilen araç aküleridir. Bu da bu plastik çeşidinin yüksek oranda kurşun ve kadmiyum ile teması yüzünden oldukça zararlı bir madde ortaya çıkarmaktadır [103].

Plastik mobilyalar genellikle karışım uygulanmış, çok değişik plastik malzemelerden imal edilmiştir. Çürümelere karşı direnç gösteren plastik materyal bahçe mobilyası, çit, kısa direk, rıhtım gibi yerlerde kullanım alanı bulmaktadır [103].

Kullanılan bu plastik materyaller, ekonomik ömürlerini tamamlayarak atık malzeme sınıfında doğaya büyük zararlar vermektedir. Plastik malzemenin doğada çok uzun bir zaman bozunmadan kalması, birçok çevre sorununu beraberinde getirmektedir. Ülkemizde plastik endüstrisinin üretim kapasiteleri incelenerek farklı çalışma alanlarına yönelme sağlanmalıdır [1].

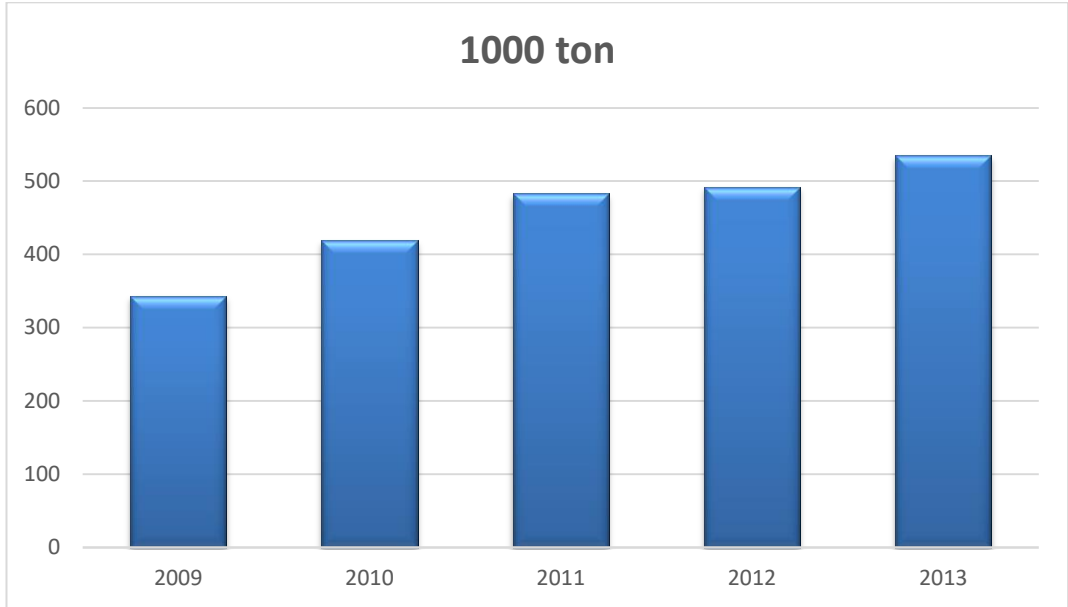
Türkiye'de ve dünyada plastik ürünlerinin üretilmesi

Diğer sanayi sektörlerine göre daha yüksek bir performans ortaya koyan Türk plastik sektörü, 2003 yılında %21, 2004 yılında ise %32,5 artışla 3 milyon ton plastik işleme hacmine ulaşmıştır. Türkiye 2010 yılında Avrupa ve Avrasya'nın üçüncü plastik işleme yapan ülkesi olmuştur [104]. Türk plastik sanayi, imalat sanayi istihdam sektöründeki pay açısından, 23 sektör arasında 8. sırada yer almaktadır. Türk plastik sektörü, Avrupa'da 8,1 milyon ton üretimi ile Almanya'dan sonra ikinci sırada yer almakta, dünyada ise %2,8'lik pay ile 7. sırayı elde etmiştir. TOBB kayıtlarına göre, 14000 firmanın plastik sektöründe faaliyet gösterdiği rapor edilmektedir [105]. 2008-2013 yılları arası plastik mamul üretimi miktarları Şekil 1. 20'de gösterilmektedir.



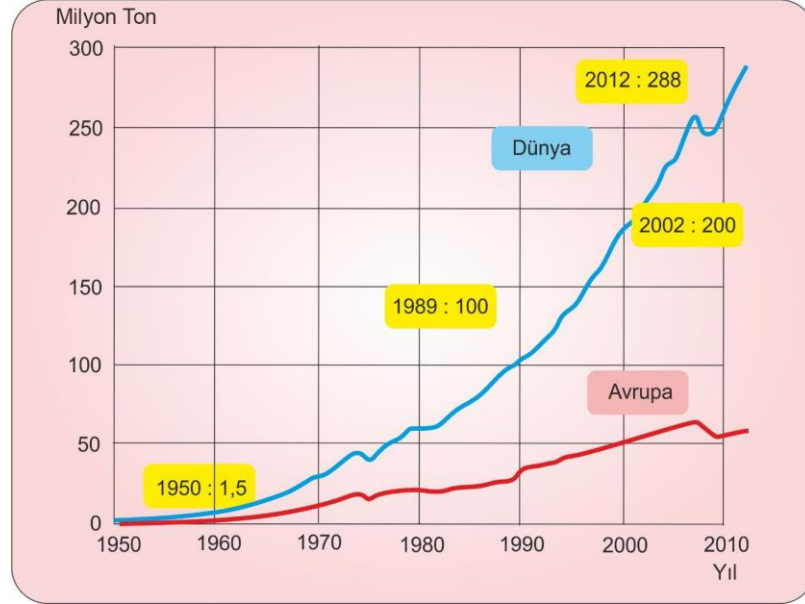
Şekil.1. 20 Plastik Mamul Üretimi- Milyon Ton [105].

Türkiye 2012 yılında 492 bin ton plastik mamul ithalatı gerçekleştirirken 2013 yılında bu oran %9 artarak 535 bin tona çıkmıştır. 2009-2013 yılları arası plastik mamül ithalatı verileri Şekil 1.21’de gösterilmektedir [105].



Şekil.1. 21 Plastik mamul ithalatı [105].

Düşük üretim ve geri dönüşüm maliyeti, yüksek kaynak verimi, tasarım ve uygulamadaki zenginlikleri ile dünya plastik üretimi 50 yılda çok hızlı bir gelişim süreci göstermiştir. 1950 yılında 1,5 milyon ton olarak üretilen plastik yaklaşık 60 yıllık bir zaman diliminde 288 milyon tona ulaşmıştır [105]. 1950-2010 yılları arası dünya plastik sektörü üretim gelişimi Şekil 1. 22'de gösterilmiştir.



Şekil.1. 22 Dünya plastik sektörü üretim gelişimi- Milyon Ton [105].

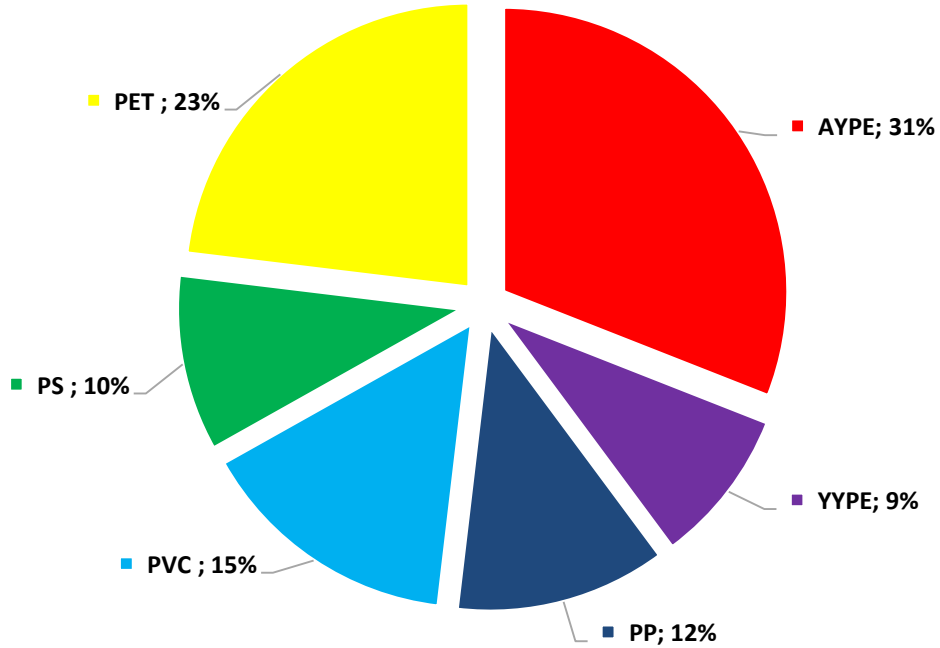
2009 yılında Türkiye iç pazarında plastik mamul 5,1 milyon ton tüketilirken, 2012'de 6,3 milyon tona, 2013'te ise % 14'lük bir artış oranı ile 7.2 milyon tona ulaşmıştır [105].

Plastik mamul üretimi, 2018'in ilk yarısında 5 milyon 52 bin ton olurken 19 milyar 375 milyon dolarlık değere tekabül etmekteydi. 2019 yılının ilk yarısında ise bu değerler 4 milyon 477 bin tona gerilerken, bunun ekonomik değeri de 15 milyar 953 milyon dolara inmiştir. Bu da üretimde %11, değer bazında %18' lik bir gerilemeyi ifade etmektedir. Plastik mamul üretimi eş dönem kıyaslaması Tablo 1. 9'da gösterilmektedir.

Tablo 1. 9 Plastik mamul üretimi eş dönem kıyaslaması [106].

	2018/6	2018	2019/6	2019 /T	% Artış 2019/201 8 (6 Ay)	%Artış Tahmini 2019 /2018
1000 Ton	5.05	9.14	4.47	8.95	-11	-2
Milyon \$	19.37	34.28	15.95	31.90	-18	-7

Plastik hammadde sektörü 2019 yılının ilk yarısında 507 bin ton olarak tahmin edilmekte olup bunların ürün bazında %31'ini AYPE, %15'ini PVC, %9'unu YYPE, %12'sini PP, %23'ünü PET, %10'unu PS oluşturmuştur. Plastik hammadde üretimi Şekil 1. 23'te gösterilmektedir.



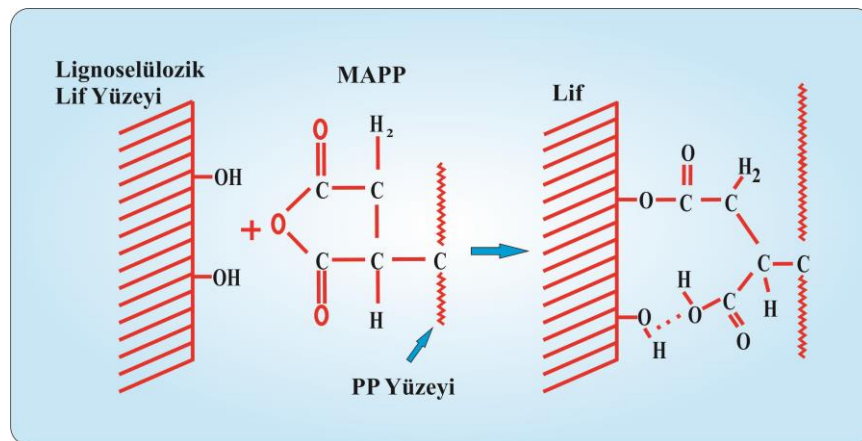
Şekil.1. 23 Dünyada plastik hammadde üretimi (2019/6) [106].

1.5.2.3 OPK Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeleri

Odun plastik kompozit malzeme üretiminde kullanılan katkı maddeleri, kompozit malzemenin özelliklerinde geliştirme yapmak için çok az miktarlarda ilave edilen malzeme grubudur. Yüksek performans istenildiğinde malzemede akıcılık, dispersiyon ve mekanik özelliklerde iyileştirmeler sağlamak için uyum sağlayıcı materyaller kullanılmalıdır. Katkı maddeleri ekstrüzyon işleminden önce odun ve plastik karışımına eklenebilir. Katkı maddesi böylece odun ve plastik arasında iyi bir yapışma sağlanabilir. Bununla birlikte kompozit malzemede renklendirme, ışık stabilizörü, yanmayı geciktirirler antibakteriyel ve antioksidan, köpük oluşturan kimyasal maddelerde kullanılabilir [16].

Günümüzde OPK üretiminde en çok kullanılan uyum sağlayıcı madde, aşılınmış (MAPP) ve aşılınmış (MAPE) olarak karşımıza çıkmaktadır [107]. MAPP'nin içindeki maleik anhidrid, polar etkileşimi sağlamakla kalmayıp lignoselülozik yapıdaki malzemelerin hidroksil yapılarında kovalent bağ yapma görevini üstlenirler [25].

MAPP, son ürünün mekanik direnci üzerinde iyileşmeye sebebiyet verdiği bilinmektedir. MAPP'nin lignoselülozik yüzeyde hidroksil grubu ile reaksiyonu Şekil 1. 24 da gösterilmektedir.

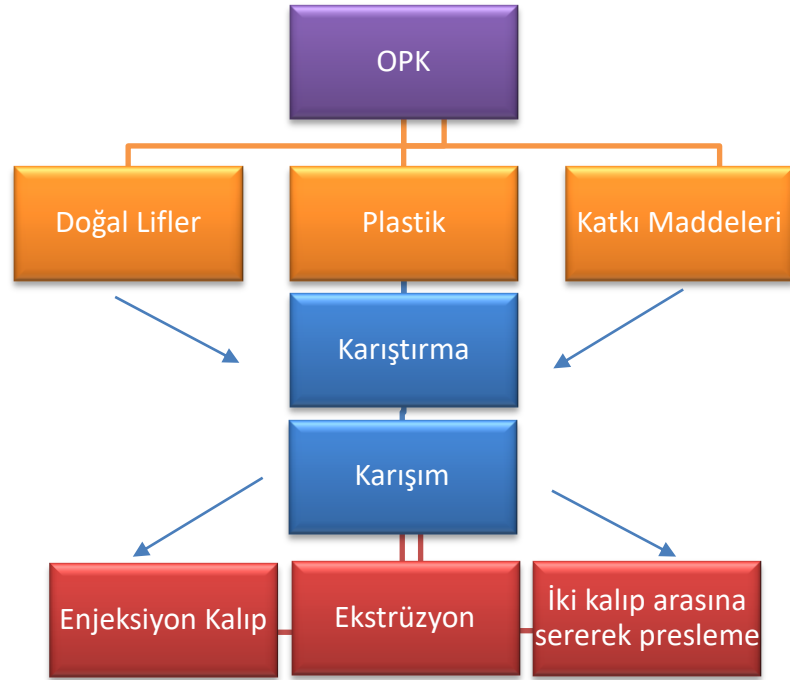


Şekil.1. 24 MAPP'nin lignoselülozik yüzeyde hidroksil grubu ile reaksiyonu [16].

MAPP ve MAPE' de son kısımda ki anhidrit ahşap malzeme yüzeyinde hidroksil (OH) ile bir reaksiyon yapar, bu da ester bağına biçimlendirir. PE ve PP, MAPP ve MAPE üzerine bağlanır ve eriyen madde içindeki termoplastik materyal ile karışır. Bu olay sonucu hidrofilik lignoselülozik malzeme ve hidrofobik plastik malzeme arasında kimyasal bir bağ meydana gelir [16].

1.6 OPK Üretim Yöntemleri

OPK üretimi iki şekilde yapılabilir. Termoplastik kompozit malzemeler iki adımda imalatları gerçekleştirilebilir. Önce hammaddeler karışma tabii tutulur ve karışmış malzemeler şekillendirilir daha sonra karışım, ergitilmiş polimer malzemeye dolgu malzemelerinin ilavesi sürekli veya kesikli mikserler yardımıyla yapılır. Elde edilen kompozit karışım hemen kullanılabileceği gibi granül halinde daha sonra kullanılmak üzere saklanabilir [30]. Yaygın OPK üretim yöntemleri Şekil 1. 25'te gösterilmektedir.



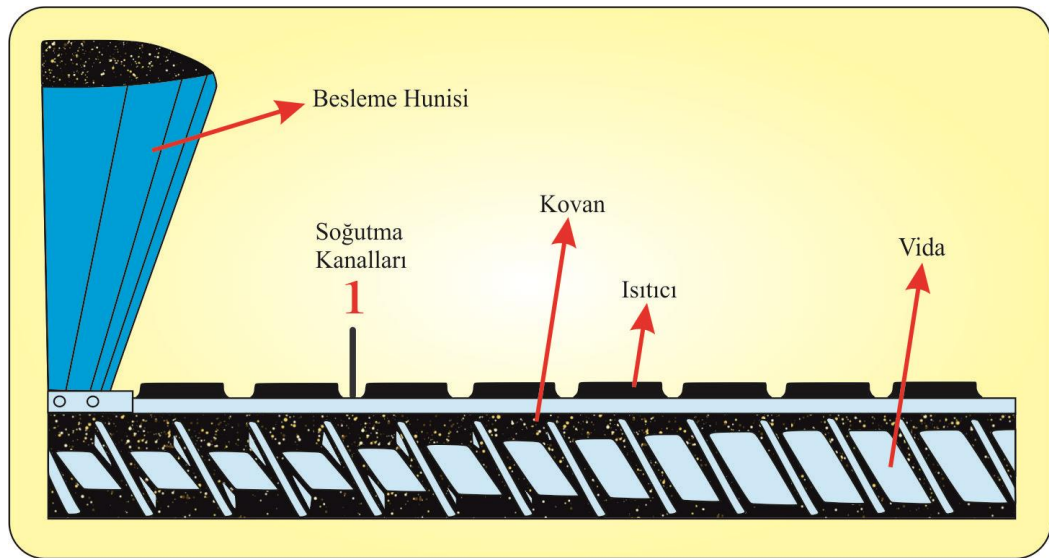
Şekil.1. 25 Yaygın OPK üretim yöntemleri [1].

1.6.1 Ekstrüzyon Yöntemleri

Ekstrüzyon yönteminde plastik ürünler, sabit şekilde kesintisiz olarak sürekli bir üretim sağlanır. Bu yöntem ile son ürün sabit şekil ile üretilirken ekstrüzyon yönteminde ürün kalınlık ve genişlikleri aynı olup, boyları istenilen büyüklükte elde edilebilir. Ekstrüzyon yöntemi plastik matrisli kompozit malzeme üretiminde en çok tercih edilen bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ekstrüzyon kullanılarak yassı veya yuvarlak film, levha, boru, çubuk, profil, laminant, oluk ve delikli levha türleri üretilir. Bu üretim yönteminde genellikle termoplastik matrisler kullanılmaktadır. Bu yöntemde plastik matris ve dolgu maddeleri homojen bir karışım yapılarak dar ve şekilli bir kalıp yapılmak suretiyle basınç altındaki muamelesi olarak tanımlanabilir [108].

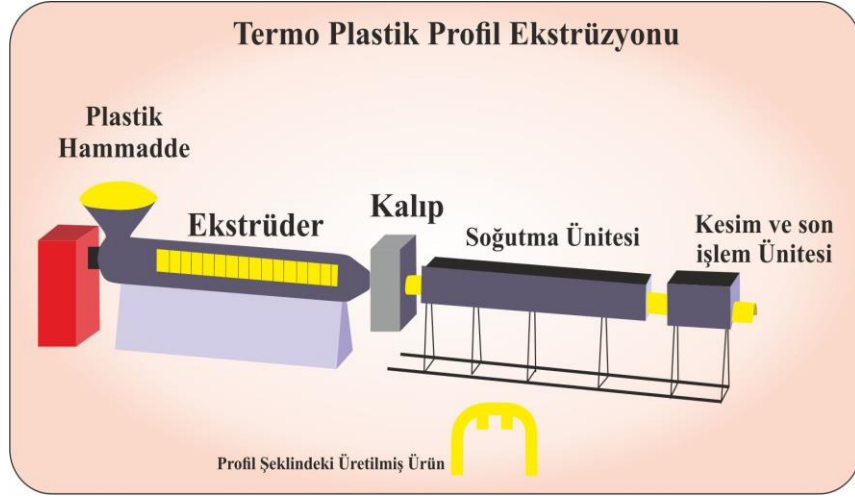
OPK'de ekstrüzyonla kalıplama oldukça yaygın bir yöntem olarak karşımıza çıkarken işletme sahipleri bu malzemeyi işlemek için farklı kalıp ve yöntemleri sistem içerisinde kullanmaktadırlar. Bazı işletmeler, sistemi tek bir şekilde tamamlamak için önce karışımı yapıp, ardından ekstrüderden geçiren sistemler geliştirmişlerdir [1].

Plastik ekstrüzyon sisteminde hammadde plastik granüllerdir. Bunun yanında takviye malzemeli granüller de kullanılmaktadır [109]. Tek vidalı bir ekstruder Şekil 1. 26'de verilmiştir.



Şekil.1. 26 Tek vidalı bir ekstruderin Şematik gösterimi [108].

Termoplastik profil ekstrüzyonu Şekil 1. 27’da gösterilmektedir.



Şekil.1. 27 Termo plastik profil ekstrüzyonu [100].

Ekstrüzyon yönteminde en önemli sistem ekstrüder makinesidir.

Ekstrüder aşağıdaki elemanlardan meydana gelir;

- a) Besleme Hunisi
- b) Kovan
- c) Vida Mekanizması
- d) Isıtıcılar
- e) Tahrik Sistemi

Ekstrüzyon işleminde iki tür besleme sistemi vardır;

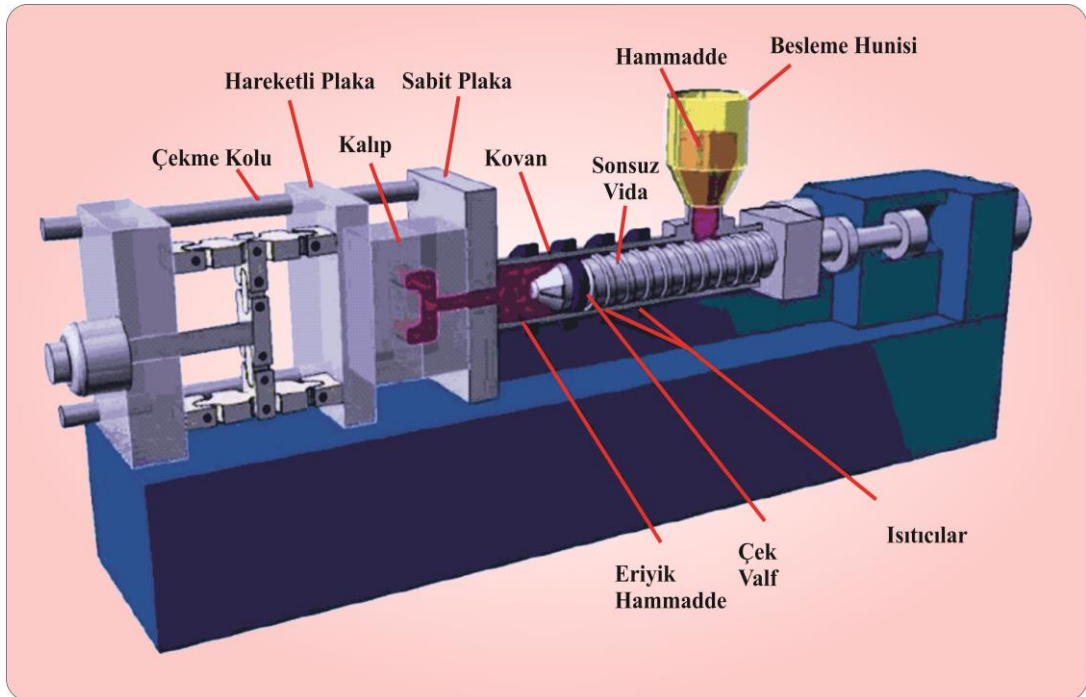
- 1) Doğrudan besleme sistemi
- 2) Dolaylı besleme sistemi

Doğrudan besleme sisteminde plastik matris ve dolgu gereci ayrı besleme noktasında sisteme dahil edilir ve son mamul elde edilirken, dolaylı besleme sisteminde önceden

hazırlanmış granül malzemeler sisteme tek bir besleme sisteminden dahil edilerek işlem sonlandırılır [109].

1.6.2 Enjeksiyon Kalıp Yöntemi

Plastik malzeme sisteminde seri imalat için en iyi yöntem enjeksiyon kalıplamadır. Bu yöntem genel olarak termoplastik malzemelere uygulanmaktadır. PE, PP, PS başta olmak üzere birçok polimer matris bu yöntemle işlenebilmektedir. Enjeksiyon ile kalıplama işlemi Şekil 1.28’de gösterilmektedir.

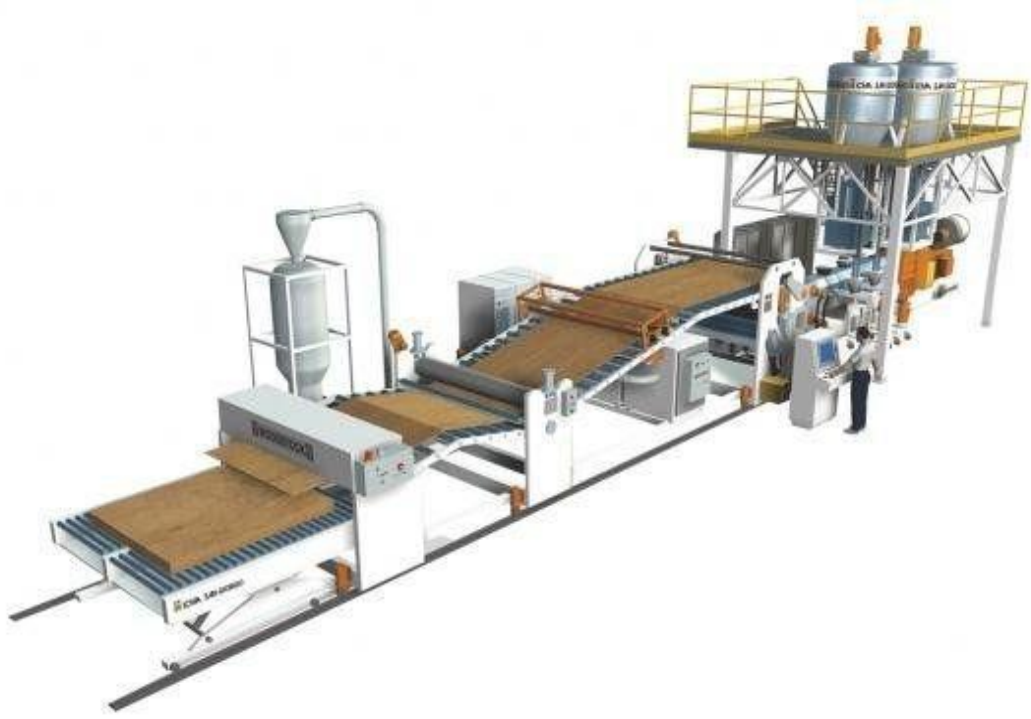
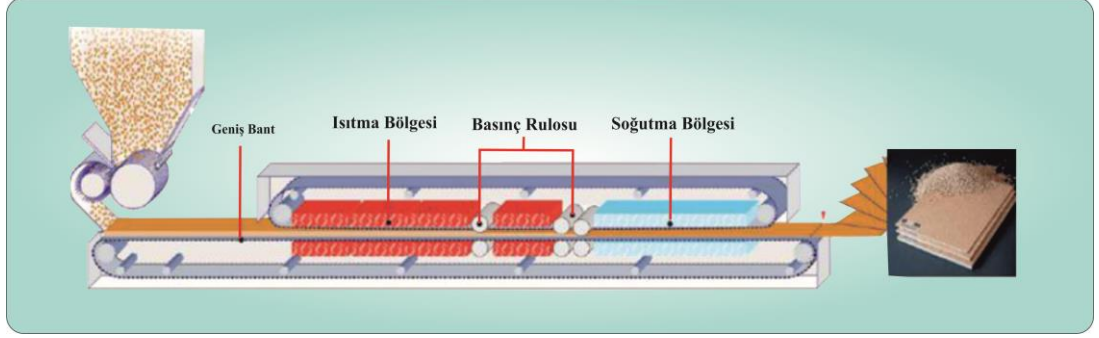


Şekil 1. 28 Enjeksiyon ile kalıplama [108].

Plastik malzemeler, temel olarak kalıp malzemesinin içerisinde plastik granüllerin eritilerek doldurulması yolu ile üretilir. OPK peletler, beslenme hunisi içerisinde kovan miline doğru iletilir. Kovan milinde ısıtılarak eritilen malzeme, 50 ile 260 Mpa basınç altında kovanın içerisinde kalıba doldurulur. Kalıbın içerisinde 15-20 saniye gibi bir bekleme süresi sonunda kalıp açılır ve kalıp içindeki itici pimler yardımıyla malzeme kalıptan çıkarılmış olur. Bu süreç malzeme üretimi bitene kadar bu şekilde devam ettirilir [108].

1.6.3 Sürekli pres metodu ile levha üretim yöntemi

Pek çok sektörde kullanılan yöntem OPK üretiminde de tercih edilmektedir [109].. Sürekli pres kullanılarak OPK levha üretimi Şekil 1. 29’da gösterilmektedir.



Şekil.1. 29 Sürekli pres kullanılarak OPK levha üretimi [110-1].

Üretim bandı, yonga levha ve lif levha üretim tekniği ile benzer bir yaklaşımda olmasına rağmen son kısımda soğutma bölgesinin var olması, buna farklı bir olgu kazandırmaktadır. OPK malzeme peletleri homojen şekilde silindirlerin altına serilir. Daha sonra ön presleme işlemi başlar bu sırada plastiğin türüne ve kalınlığına göre ısı ayarlanır. Bu işlem sonrasında esas presleme devreye girer en son bölgede ise

soğutucu bölüm sayesinde işlem tamamlanır. Soğutma bölgesinden malzemenin hızlı ya da yavaş çıkması malzeme kalınlığına bağlıdır. Malzeme son olarak boyutlandırma işlemine tabi tutulur [1].

1.7 Plastik Enjeksiyon Kalıpları

Plastik materyallerin kolaylıkla şekillendirilebilir olması bu malzeme grubunun en önemli özelliklerindedir. Bu biçimlendirme işleminin gerçekleşmesi için enjeksiyon kalıbına ihtiyaç duyulmaktadır. Eriyik haline gelen plastik malzeme, ancak kalıp malzemesi içinde şekil alabilir. Kalıp malzemesinin içine giren plastik malzeme son şeklini alır ve ürün meydana gelir.

1.7.1 Enjeksiyon Kalıbı

Erimesi gerçekleşmiş plastik malzemeyi kalıbın içine enjekte etmeye yarayan makineye, enjeksiyon makinesi denir. Termoplastik malzemelerin kalıp içine enjekte edilmesinde, kovandaki malzemenin rezistansları yardımıyla eritilir ve kalıp içine zerk edilir. Kalıp içerisinde plastik malzemeler soğuması soğuma kanalları ile gerçekleşir. Bu soğuma işleminde genellikle su kullanılır. Nadir de olsa sıvı yağlar da kullanılmaktadır. Enjeksiyon makinesi ve kalıp örnekleri Şekil 1. 30'da gösterilmiştir.



Şekil.1. 30 Enjeksiyon makinesi ve kalıp örnekleri [111].

Bir kalıbın temel görevleri şunlardır [111].

- Eriyik malzemenin kalıbın bütün boşluklarına homojen bir şekilde dağılmasını sağlamak,
- Erimiş malzemeye son halini vermek,
- Erimiş malzemenin düzgün ve hızlı bir biçimde soğumasını sağlamak,
- Hamur haline gelen ürünün dışarı çıkarılmasına yardımcı olmak.

Bir kalıbın ikincil görevleri şunlardır:

- Üzerinde meydana gelen kuvvetlere karşı gelmek,
- Enjeksiyon hareketlerini doğru biçimde transfer etmek,
- Hareketli parçalara yataklık görevini yerine getirmek.

Kalıp malzemesi bir takım özelliklere göre sınıflandırılabilir:

- İşlenen malzemeye göre
- Kalıp tasarımına göre
- İtici sistemlere göre
- Yolluk sistemine göre
- Kalıp boşluk sayısına göre
- Kalıp büyüklüğüne göre olmak üzere altı şekilde sınıflandırılabilir

1.7.2 Kalıp Elemanları

Kalıp malzemesi üzerinde bulunan bütün elemanlara, kalıp elemanı denir. Bunlar erkek ve dişi kalıp, itici pimleri, yerleştirme bileziği, yolluk burcu, üst plaka, alt plaka, destek plakaları ve itici plakalar olarak isimlendirilebilir. Kalıp elemanları Şekil 1. 31'de gösterilmektedir.

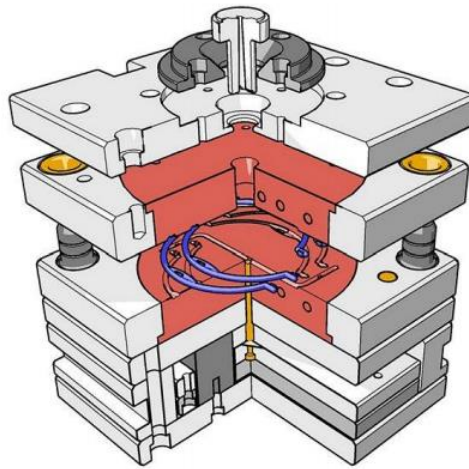


Şekil.1. 31 Kalıp elemanları [111].

Kalıp boşluğu aşağıdaki özellikleri karşılayabilmelidir:

- Eriyen plastik malzeme homojen olarak kalıp boşluğuna dağıtılmalıdır,
- İstenen parça ölçü boyutlarını karşılamalıdır,
- Eriyen plastik malzemenin yüksek basınç gücüne karşı koyabilmelidir,
- Parçanın yüzey kalitesinde bozukluk oluşturmamalıdır. [111].

Enjeksiyon kalıplarının kesit görünümü Şekil 1.32’de verilmiştir.



Şekil.1. 32 Enjeksiyon kalıplarının kesit görünümü [111].

1.7.3 Plastik Enjeksiyon Sistemi

Plastik enjeksiyon sistemini başlıca yedi ana grupta inceleyebiliriz:

- Plastikleştirme
- Kapama
- Enjeksiyon
- Ütüleme
- Tutma
- Soğutma
- Kalıptan çıkarma

Bu işlem sırasına göre plastik enjeksiyon sistemi tamamlanır [112].

1.7.4 Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarım Süreci

Plastik enjeksiyon kalıp tasarım sürecinde önce yapılacak ürünün belirlenmesi, bu ürüne ait teknik resmin çizilmesi, kullanılacak enjeksiyon makinesinin kapasitesinin bilinmesi, ürünün ne kadar üretileceği ile ilgili bilgilerin verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kalıp tasarımında önce bazı sorulara cevap bulunmalıdır.

Bunlar sırasıyla şu şekilde ifade edilir;

- Üretimi planlanan plastik ürünler kaç tane üretilmesi planlanıyor?
- Üretilcek ürün nerede ve hangi amaçla hizmet edecek?
- Ürün tek başına bir yerde mi yoksa başka parçalarla beraber mi kullanılacak?
- İşe uygun plastik hammaddenin kalıplanabilme özellikleri nedir?
- Ürün üzerinde bilgi ifade eden şekil, yazı olacak mı?
- Ürünün yüzey kalitesi ne olacak?

- Kalıp hangi tür enjeksiyon makinesinde kullanılacak?
- Basımı işlemi yapılacak materyal kalıptan elle mi yoksa otomatik sistemler ile mi alınacak?
- Hangi yolluk sistemi uygulanacak?

Kalıbın tasarımını yapacak kişi bu sorulara verilen cevaplar ışığında kalıbın tasarımına başlayabilir [112].

2. Önceki Çalışmalar

Orman endüstrisi, plastik sektörü ve mobilya köşe bağlantı elemanları ile ilgili günümüze kadar pek çok araştıma yapılmış olup gerek dünya genelinde, gerekse ülkemizde yapılan bu çalışmalara ait fiziksel, mekanik, morfolojik ve teknolojik gelişmelerin sonuçları aşağıda verilmiştir [2].

1997 yılında Johnson ve arkadaşları tarafından yapılan “Plastik Kompozitlerde Güçlendirici Dolgu Maddesi Olarak Buğday Sapının Kullanılması” çalışmasında, buğday sapını PP matris malzeme içerisinde dolgu malzemesi olarak kullanmışlar ve bu çalışma sonunda saf PP'ye göre mekanik özelliklerde çekme direncinde %3'ten %16'ya, eğilme direncinde ise %13'ten %48'e yaklaşık dört katlık bir artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca elastikiyet modülü kıyaslamalarında %30'luk buğday saplı kompozit malzemenin kontrol grubuna kıyasla iki kat daha fazla değer verdiğini belirtmişlerdir [113].

2001 yılında yapılan bir çalışmada, Lohazo ve arkadaşları “PP / Odun Unu Kompozitleri ve Özellikleri” adlı çalışma ile odun unu, PP ve MAPP üçlüsünün erime akış indeksleri ile mekanik, morfolojik ve termal özelliklerine bakmışlar, yapılan deneylerin sonuçlarına göre mekanik özelliklerde artış görülürken erime, akış indekslerinde herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Morfolojik özellikler de ise sodyum hidroksit içerisinde polipropilenin çok iyi dağıldığı ve yapışma oranının çok daha iyi olduğu belirtilmiştir [114].

Mengeloğlu ve arkadaşlarının 2002 yılında “Plastik Endüstrisinde Buğday Sapı Kullanılabilirliği” isimli çalışmalarında %50 polipropilen ve %50 buğday sapı dolgu malzemesi ile üretilen deney numunelerinde elde edilen mekanik test sonuçlarının diğer malzemelere göre daha iyi mekanik sonuçlar verdiği görülmüştür [32].

2003 yılında Stark ve Rowlands'ın birlikte yaptıkları “Odun Lifi Özelliklerinin Odun Polipropilen Kompozitlerin Mekanik Özellikleri Üzerinde Etkisi” isimli çalışmada farklı tanecik büyüklüğüne sahip odun unlarının %40 oranında PP matris içerisindeki karışımları ve ayrıca bağlayıcı ajan olarak MAPP kullanımını ile deney numuneleri elde edilmiş, odun ununun tanecik boyutu küçüldükçe, çekme ve eğilme direncinde artmalar görülmüş. Bağlayıcı ajan kullanılan malzemede, çekme ve eğilmede, pek fazla bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir. Odun ununun narinliğinin artması uyum sağlayıcı ajan ile kompozit malzemede mekanik özelliklere etki yaptığı ifade edilmiştir [115].

2003 yılında yapılan çalışmada Ibach ve arkadaşları, farklı odun türü ve plastik guruplarına mantar arız etmişler ve deney sonuçlarına göre, odun unu oranı yükseldikçe ağırlıklarındaki kayıp artmış aynı zamanda kalınlığa şişme oranında artmış ve mantar gelişiminde de artış olduğu sonucuna varmışlardır [116].

2004 yılında Sain ve arkadaşları'nın yapmış olduğu “Doğal Lif Dolgulu Polipropilen Kompozitlerin Magnezyum Hidroksit İle Yanmasının Geciktirilmesi” isimli çalışmada odun plastik kompozit malzeme içerisinde; magnezyum hidroksit ve bazik asit-çinko borat kombinasyonu kullanılmış olup, yapılan deneyler sonucunda magnezyum hidroksitin OPK'lerin yanma hızını %50 oranında yavaşlattığını gözlemlemişlerdir [117].

2005 yılında Bledzki ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, sert ve yumuşak ağaç malzemedden meydana gelen OPK'lerin özellikleri ile ilgili araştırmalar yapmışlardır. PP ve uyumsuzluk giderici olarak MAPP kullanmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda MAPP kullanımını çekme ve eğilme dirençlerinde oldukça iyileştirme yaparken, çekme ve eğilmede elastikiyet modülünde herhangi bir değişiklik meydana getirmediğini gözlemlemişlerdir [118].

2006 yılında Weschler ve Hızıroğlunun “Odun Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri” isimli beraber ele aldıkları çalışmada PP, çay ağacı, odun unu ve uyum geliştiren maddeler ile yaptıkları deney örneklerinin test sonucunda bağlayıcı madde kullanılan örneklerin kullanılmayanlara göre daha fazla mukavemet sağladığını tespit etmişlerdir [119].

2008 yılında Yuan ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, odun unu PP matris ve PE matris karışımı OPK malzeme, çift vida ekstruder makinesi ile üretilmiş, yapılan deney sonuçlarına göre darbe direncinde % 60'tan fazla, elastikiyet modülünde de 4,4 kat artış sağladığını bildirmişlerdir [120].

2008 yılında Mengeloğlu ve Karakuş tarafından ortaya konan “Geri Dönüşüm Yüksek Yoğunluklu Polietilen ve Atık Lignoselülozik Malzemelerden Yapılmış Polimer Kompozitler” isimli çalışma ile atık polimer matris olarak YYPE su boruları ile, dolgu malzemesi olarak buğday sapı ve marangozhane atıkları ile OPK elde edilmiş, plastik ve lignoselülozik malzemeler arası uyum sağlayıcı olarak da MAPE kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda MAPE eklenmiş malzemelerde daha düşük izod darbe direnci meydana getirirken, çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülünde daha yüksek veriler ortaya koymuştur [4].

2008 yılında yapılan bir çalışmada Chaharmahali ve arkadaşları “Lif Levha ve Yonga Levha Atıkları İle Üretilmiş OPK Panellerin Mekanik Özellikleri” yonga levha ve levha atıkları, polimer matris içinde %60, %70, %80 oranında dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Yapılan deney sonuçlarında en iyi eğilme direnci sonuçlarını %70 odun lifi kompozit malzemede elde etmişler. En iyi mekanik test sonuçlarının ise vida tutma direncinde olduğunu bildirmişlerdir [121].

2008 yılında Karakuş tarafından yayınlanan çalışmada polimer matris olarak atık YYPE su boruları ile PP su boruları kullanılmış, dolgu maddesi olarak da tarımsal atıklardan pamuk karpeli, okaliptüs talaşları, buğday sapsarı tercih edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarına göre, eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri Amerikan standartlarında (ASTM-D 6662) istenen değerlerin üzerinde bulunmuştur. Aynı çalışmada, morfolojik özelliklere de bakılmış uyum artırıcı maddenin polimer, dolgu maddesi ve odun unu arasında adezyon kuvvetini artırdığı tespit etmişlerdir [122].

2009 yılında Demircan tarafından yayınlanan “Fındık Kabuğu Dolgulu Polietilen Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi” çalışmada ağırlıkça % 5, 10, 15, 20, 25 oranlarındaki fındık kabuğu dolgu malzemesi PP matrise ilave edilmiştir. Deney numuneleri, mekanik testlere tabi tutulmuş ve fındık kabuğu katkı oranı arttığında sertlik, yoğunluk, elastikiyet modülü, erime akış indeksi ve ısı altında

deformasyon artarken izod darbe, akma uzaması, kopma uzaması, akma mukavemeti değerlerinde düşme olduğu tespit edilmiştir [123].

2010 yılında Gwon ve arkadaşlarının, “Hibrit Dolgu Maddelerinin Kimyasal Muamele Görmesinin Odun Plastik Kompozitlerin Fiziksel ve Termal Özelliklerine Etkisi” isimli yaptığı çalışmanın sonuçlarına göre; kompozitlerin çekme, su alma, kimyasal ve termal özelliklerine bakılmış, sonuç olarak bağlayıcı ajanın çekme direncine katkı sağladığı, bunun yanında talk takviyeli odun liflerinin su almada artışa sebep olduğu bildirilmiştir [124].

2011 yılında Çavdar'ın yapmış olduğu doktora çalışmasında “Farklı Lignoselülozik ve Termoplastik Maddelerle Üretilen OPK Özelliklerinin İncelenmesi” lignoselülozik dolgu maddesi olarak MDF zımpara tozu ile çay fabrikası atıkları kullanılırken, matris malzeme olarak, YYPE ve PP kullanılmıştır. Ekstrüzyon yöntemi ile peletler elde edilmiş olup, bunlar levha haline getirilip deney numuneleri hazırlanmıştır. Daha sonra fiziksel, morfolojik, yanma, mekanik, biyolojik, ısı işlem deneylerine tabi tutulmuştur. Dolgu maddesi olarak kullanılan MDF tozu ve çay fabrikası atıkları PP ve YYPE için uygun dolgu maddesi olduğu sonucuna varılmıştır. Yangın geciktirici maddenin %3 oranında kullanılması kompozit malzemenin yanmasının gecikmesinde etkili olmuştur [125].

2011 yılında Kord'un “Odun Unu Oranının OPK'lerin Su Alma Davranışına Etkisi” isimli çalışmasında odun unu miktarının plastik kompozit malzemelerdeki rutubet durumları incelenmiş ve yapılan deneylerde odun unu miktarı arttıkça OPK malzemenin kalınlığında artma meydana geldiği bildirilmiştir [126].

2012 yılında Avcı tarafından yayınlanan “Ahşap Plastik Kompozitlerin Kullanım Performansları Üzerine Araştırmalar” adlı doktora tezinde, dolgu malzemesi olarak karakavak, karaçam, doğu kayını kullanılmış, polimer maddesi olarak da YYPE ile PP kullanımı sağlanmıştır. Aynı zamanda bağlayıcı eleman olarak da MAPE ve MAPP kullanılmıştır. Üretilen malzemenin çeşitli fiziksel, mekanik ve morfolojik özelliklerine bakılarak şu sonuçlara ulaşılmıştır. Çam karışımı OPK, diğer ağaç türlerine göre mantar ve hızlandırılmış yaşlandırmada iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Odun unudaki artış sertlik, yanma, eğilmede elastikiyet modülünde iyileşmeler sağlarken, diğer özelliklerde düşme meydana gelmiştir. Yoğunluk

değerinin odun unu miktarı ile doğru orantılı bir şekilde artış gösterdiği görülmüş, %3 oranında ilave edilen bağlayıcı maddenin tüm deney örnekleri üstünde olumlu neticeler verdiği bildirilmiştir [1].

2013 yılında Rahman ve Arkadaşları'nın yapmış olduğu “Testere Talaşı ve Geri Dönüşüm Polietilentereftalat (PET) Karışımı İle Düz Preste Üretilen Odun Plastik Kompozitlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri” adlı çalışmada geri dönüşümden elde edilen (PET) ile testere talaşı karıştırılmıştır. Üretilen deney örnekleri, mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiş elde edilen sonuçlara göre testere talaşının %40 ile %70 arasındaki miktarlarda katılması, OPK yoğunluğunun %18,3 oranında azalmasına neden olmuştur, %40 oranında ilave edilen testere talaşı deney numunelerinde eğilme direncinde olumlu yönde bir artma meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlar dahilinde PET atıkları ve testere talaşı ile OPK üretilebilirliği sonucuna varılmıştır [127].

2014 yılında Özmen ve arkadaşlarının “MDF Atıklarının Odun Plastik Kompozit Malzeme Üretiminde Değerlendirilmesi” isimli çalışmada mobilya fabrikalarının ve orman endüstrisindeki işletmelerin fire olarak ortaya çıkardığı MDF atıklarının odun ununa ikame bir malzeme olarak kullanılması amaçlanmış, PP malzemenin içerisinde %10 ile %50 arasındaki oranlarda dolgu malzemesi olarak MDF atıkları kullanılmıştır. MDF unu dolgu maddesinin katılım oranındaki artma ile çekme ve darbe direnci değerlerinde belirgin bir azalma olduğu ifade edilmiştir. Eğilme direnci ve elastikiyet modülü sonuçlarının istenen değerlerden çok yukarıda olması elde edilen malzemenin plastik keresteye alternatif olabileceği belirtilmiştir [3].

2014 yılında Acar tarafından yayımlanan yüksek lisans tezinde matris malzeme olarak PP ve YYPE kullanılmış. Dolgu malzemesi olarak da pirinç sapları ve MDF atıklarından faydalanılmıştır. Bağlayıcı ajan olarak %2 oranında MAPE kullanılmıştır. OPK içerisinde, termoplastik malzeme değeri fazlalaştıkça, çekme ve şok direnci değerlerinde artma meydana geldiği tespit edilmiştir. TGA sonuçlarında ise malzemenin kısmen de olsa olumlu özellikler verdiği gözlemlenmiştir [128].

2014 yılında Çetin ve arkadaşları tarafından “Ağaç Kabuğunun Odun Plastik Kompozitlerin Mekanik Özellikleri Üzerinde Etkisi” yapılan çalışmada malzeme olarak YYPE kullanılırken dolgu malzemesi olarak kızılçam ağacının kabuklarından

faydalanmışlardır. Deney sonuçlarına göre ağaç kabuğu unu miktarı arttıkça darbe ve çekme deneylerinin sonuçlarında azalma meydana geldiği görülmüştür. Deney sonuçlarına göre eğilme ve elastikiyet modülü değerlerinin ASTM-D 6662 -13'e göre istenilen değerlerin üzerinde olduğu bilgisi paylaşılmıştır [3].

2015 yılında Mengeloğlu ve arkadaşları tarafından yapılan “Dolgu Malzemesi Olarak Mobilya Fabrikası Atıkları Kullanılan Termoplastik Kompozitlerin Seçilmiş Özellikleri” adlı çalışmada matris malzeme olarak YYPE kullanılmış, bağlayıcı ajan olarak MAPE'ye yer verilmiştir. Aynı zamanda PP ve MAPP'de bir diğer matris malzeme olarak kullanılmıştır. Mobilya fabrikası atıkları, toz emme sisteminden alınmış olup içinde yonga levha, MDF, kereste, kenar bandı ve kaplama atıklarının bulunduğu ifade edilmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre; dolgu malzeme miktarının oransal olarak artması eğilme ve çekme modülünde artmaya, uzamaya ve darbe direncinde ise azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir [46].

2015 yılında Baş tarafından yayımlanan “Plastik Katkı Maddelerinin İzostatik Polipropilen Ahşap Kompozitlerin Yapı ve Özelliklerine Etkisi” isimli yüksek lisans tez çalışmasında matris malzeme olarak PP, dolgu malzemesi olarak meşe palamudu ve sarıçam odunu unları karıştırılarak kullanılmıştır. Bağlayıcı madde olarak MAPP ilavesi yapılmıştır. Deney numunelerinden elde edilen sonuçlara göre odun unu miktarı arttıkça Melt Flow Index (MFI) değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. TGA değerlerinde bütün ürün gruplarının 450 °C'de bittiği bilgisi paylaşılmıştır. DSC ölçüm sonuçlarına göre PP/OU oranlarında erime değerleri herhangi bir değişiklik göstermemiştir. Mekanik testler sonucunda odun unu miktarının artması sonucu darbe direncinde azalmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir [129].

2016 yılında Altuntaş ve arkadaşları tarafından yapılan “Farklı Bor Bileşik Kullanılarak MDF-AYPE Odun Plastik Kompozitlerin Yangına Dayanıklılığının Araştırılması” isimli çalışmada dolgu maddesi olarak endüstriyel atık malzeme kullanılırken, matris malzeme olarak AYPE malzeme kullanılmıştır. Uyumsuzluk giderici olarak MAPE kullanımı sağlanmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre özellikle çinko-borat ilavesi yapılmış kompozit malzemelerin yangına karşı iyi bir direnç verdiği ortaya konmuştur [130].

2016 yılında Atar ve arkadaşları tarafından yapılan “Patlıcan Sapı Atıklarının Polipropilen Bazlı Kompozitlerin Kalıplama Yöntemi İle Üretiminde Dolgu Maddesi Olarak Değerlendirilmesi” isimli çalışmada matris malzeme olarak PP dolgu malzemesi olarak patlıcan sapı unu kullanılmış, uyum sağlayıcı olarak MAPP kullanılmıştır. Üretilen deney numuneleri ile çekme, çekmede elastikiyet modülü, darbe direnci, eğilme direnci, eğilmedeki elastikiyet modülü, kopmada uzama sonuçlarına bakılmış olup deney sonuçlarına göre patlıcan sapı kullanım oranının darbe direncini herhangi bir katkısının olmadığı; eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü kopmada uzama ve yoğunluk üzerinde önemli bir etki sağladığı gözlemlenmiştir. Sonuçların standart değerleri karşıladığı bildirilmiştir [131].

2017 yılında Çavuş ve Mengeloğlu tarafından yapılan çalışmada, dolgu maddesi olarak kızılçam odunu ve zeytin prinası kullanılmış, matris malzeme olarak PP kullanılmıştır. Bağlayıcı ajan olarak MAPP kullanılmıştır. Üretilen deney örnekleri ile OPK'nın fiziksel ve mekanik özelliklerine bakılmış ASTM-D 6662' de belirtilen değerleri karşılayan sonuçları elde edildiği bildirilmiştir [132].

2017 yılında Altuntaş ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, matris malzeme olarak % 40-70 oranlarında sarıçam odun unu kullanılmıştır. Bağlayıcı madde olarak %3 oranında MAPE kullanılmıştır. Yapılan testlerde elde edilen sonuçlara göre bağlayıcı madde olan örnekler bütün mekanik testlerde değerleri arttırmıştır. Bunun yanında MAPE eklenmiş deney örnekleri çok daha iyi sonuçlar vermiştir. En iyi sonucu % 70 odun unu -MAPE ilaveli deney grubu vermiştir. Bu sonuçla yüksek lif dolgu maddesi ile düşük maliyet miktarlı hafif ve estetik aynı zamanda mekanik özellikleri iyi OPK'lerin üretebileceği sonucuna varılmıştır [133].

2018 yılında Özdemir ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, matris malzeme olarak polipropilen kullanılırken, dolgu maddesi olarak sarıçam odun unu kullanılmıştır. Bağlayıcı madde olarak MAPP kullanılmıştır. Yangın geciktirici madde olarak sepiolit minerali kullanılmıştır. Yapılan deney sonuçları ile sepiolit mineralinin eklenme oranının artması ile termal ve ısı iletkenlik oranlarında artma meydana gelirken, kristalizasyon derecesinde azalma olduğu bildirilmiştir [134].

2018 yılında Narlıoğlu ve arkadaşları tarafından yayınlanan “Mobilya Endüstrisi Atıklarının Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi” isimli çalışmada polimer matris olarak PVC, dolgu maddesi olarak MDF atıkları ve masif kereste atıkları kullanılmıştır. Yapılan mekanik testler sonucunda çekme dayanımında en yüksek değer % 10 odun unu katkılı PVC verirken, eğilme deneyinde ise % 10 MDF tozu katkılı OPK vermiştir [135].

2019 yılında Kartal ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, dolgu maddesi olarak kestane ve gürgen odun unları kullanılarak vinilester matris malzeme ile üretimi sağlanmıştır. Yapılan deney sonuçlarında vinilester matrisin içerisindeki dolgu malzemesi oranı arttıça, mekanik özelliklerde kısmen de olsa iyileşmeler meydana gelmiştir. Kestane ve gürgen odun unudan elde edilen dolgu malzemesinin arasında çok büyük bir fark olmamasına karşın, kestane odun unlu dolgu malzemesine sahip kompozit malzemeler daha iyi sonuçlar vermiştir [136].

2019 yılında Ongan tarafından yayınlanan “Odun Plastik Kompozitlerden retilen Birleştirme Elemanlarının Mekanik zelliklerinin İncelenmesi” isimli yüksek lisans tezinde matris malzeme olarak yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilen (PP) kullanılmış, dolgu malzemesi olarak mobilya üretimi faaliyeti gösteren işletmelerden alınan atık MDF, MDF lam, sunta, suntalam gibi tozlar kullanılmıştır. Bağlayıcı ajan olarak MAPP ve MAPE kullanılmıştır. Üretilen malzemeler diyagonal çekme ve diyagonal basma deneylerine tabi tutulmuş, elde edilen sonuçlara göre, MAPP ve MAPE ile güçlendirilmiş odun plastik kompozit malzemelerden elde edilen kavelaların ticari plastik ve saf PE ve PP’ye göre daha iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir [137].

3. Malzeme ve Yöntem

3.1 Kullanılan Hammaddeler

Yapılan bu çalışmada kullanılan hammaddeler şu şekilde sıralanabilir:

- Mobilya fabrikası atıkları (Yonga levha, MDF Lam, PVC kenar bandı, ahşap kaplama),
- Polipropilen matris (PP),
- Yüksek yoğunluklu polietilen matris (YYPE),
- Maleik anhidrit ile graflanmış polietilen (MAPE),
- Maleik anhidrit ile graflanmış polipropilen,(MAPP)

OPK karışım oranları Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3. 1 OPK karışım oranları

Değişken	Değişken Türü	Değişken Oranları
Odun Unu	Mobilya Fabrikası atığı	% 10, 20, 30, 40, 50
Plastik	Polipropilen (PP)	% 90, 80, 70, 60, 50
	Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)	
Katkı malzemeleri + Plastik	MAPP ve MAPE	% 5
	PP+YYPE	%85, 75, 65, 55, 45

3.1.1 Mobilya Fabrikası Atıkları, Atıkların Özelliği, Elenmesi, Hazırlanması, Kurutulması

Çalışmada Aydın İlinde faaliyet gösteren mobilya fabrikasının silosundan alınan atık tozlar dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Mobilya fabrikası atıklarının alındığı silo Şekil 3. 1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Atık silosu [Foto M. TÜRK].

Atıklar Şekil 3. 2'de görülen sarsak elek ile eleme işlemine tabi tutulmuş ve 80 mesh tanecik boyutlarındaki kısım malzeme üretiminde kullanılmak üzere ayrılmıştır.



Şekil 3.2 Sarsak elek [Foto M. TÜRK].

Sarsak elekte tanecik boyutuna göre ayrılan mobilya fabrikası atık unu Şekil 3. 3'te görülen etüvde $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ kadar kurutulmuştur.



Şekil 3. 3 Etüv [Foto M. TÜRK].

3.1.2 Polimer Malzemeler

Çalışmada matris malzeme olarak, plastik sektöründe ve odun plastik kompozit malzeme üretim aşamalarında çokça tercih edilen polietilen ve polipropilen plastik malzemeler seçilmiştir ve üretiminde de %50, 60, 70, 80, 90 oranında bu plastik malzemelere yer verilmiştir.

3.1.2.1 Polietilen (PE)

Plastik sektöründe çoğunlukla PE diye adlandırılır. Adını monomer halindeki etilenden alır. Çok değişik malzeme grupların da kullanım alanı bulmaktadır. İki CH_2 'den oluşan C_2H_4 etilen molekülünden meydana gelmiştir. Polietilen kimyasal özellikleri ve yoğunluğu dikkate alındığında çeşitli tiplerde sınıflandırılabilir. Odun unu ve PE matris ile ortaya çıkacak olan odun plastik kompozit malzemedeki polietilen matrisin bazı fiziksel, mekanik ve termal özellikleri Tablo 3.2'te açıklanmıştır [1].

Tablo 3. 2 Polietilenin Fiziksel, Mekanik ve Termal Özellikleri [1].

YYPE	DEĞER	BİRİM	STANDART
Yoğunluk	0.919	g/cm ³	ISO 1183
MFI (190°C, 2,16 Kg'de)	22	g/10 min	ISO 1183
Sertlik	45	Shore D	ISO 868
İzod Çentiksiz Darbe (23°C'de)	42	kJ/m ²	ISO 180/A
Çekme Modülü	175	MPa	ISO 527-2
Akma Direnci	8	MPa	ISO 527-2
Kopma Direnci	7	MPa	ISO 527-2
Kopma Uzaması	400	%	ISO 527-2
Eğilme Sıcaklığı (0,45 MPa HDT/B)	39	°C	ISO 75-2
Vicat Yumuşama Sıcaklığı (10 N VST/A)	152	°C	ISO 306
Erime Noktası	105	°C	DIN 53765

3.1.2.2 Polipropilen (PP)

Kimyasal çözücülere çok iyi direnç gösteren polipropilen, çok geniş kullanım alanına sahip olmakla birlikte, monomer polimer hale getirilmesi sonucu oluşur. Ticari olarak satılan polipropilen matris malzemenin kristal yapısı, alçak yoğunluklu polietilen ve yüksek yoğunluklu polietilen matris malzemeler arasında bir yere sahiptir. Elastikiyet modülü orta derecededir. AYPE'den sert YYPE'den daha az gevrek bir malzeme oluşu polipropilen malzemenin ABS gibi mühendislik plastik malzemelerinin yerine ikame edilebileceği öngörmektedir. Düşük maliyeti ve yorulma direncinin yüksek olması aynı zamanda elektrik yalıtımının ve sürtünme katsayılarının oldukça iyi olması, bu malzemenin tercih edilebilirliğini artırmaktadır. 160°C'de erimeye başlar ve kimyasallara karşı yüksek direnç özellikleri gösterir. Fakat güneşin UV ışınlarına karşı dayanımı azdır. Polipropilenin Fiziksel, Mekanik ve Termal Özellikleri tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.3 Polipropilenin fiziksel, mekanik ve termal özellikleri [1].

PP	DEĞER	BİRİM	STANDART
Yoğunluk	0,905	g/cm ³	ISO 1183
MFI (190°C, 2,16 Kg'de)	47	g/10 min	ISO 1183
Sertlik	72	Shore D	ISO 868
İzod Çentiksiz Darbe (23°C de)	2	kJ/m ²	ISO 180/A
Çekme Modülü	2000	MPa	ISO 527-2
Akma Direnci	41	MPa	ISO 527-2
Kopma Direnci	22	MPa	ISO 527-2
Kopma Uzaması	500	%	ISO 527-2
Eğilme Sıcaklığı (0,45 MPa HDT/B)	108	°C	ISO 75-2
Vicat Yumuşama Sıcaklığı (10 N VST/A)	152	°C	ISO 306

3.1.2.3 Uyum Sağlayıcı Katkı Maddeleri

Maleik anhidrit polimer matrisi, odun unu dolgu malzemesini ara yüzeylerinde bağlamaya yardımcı olması için kullanılmıştır. Bu çalışmada bondyram 4108 Maleik anhidrit emdirilmiş polietilen ve bondyram 1001 Maleik anhidrit emdirilmiş polipropilen malzemeler kullanılmış olup bu malzemeleri ait özellikler aşağıda Tablo 3. 4'de verilmiştir.

Tablo 3. 4 Uyum sağlacıların teknik özellikleri

	ÖZELLİKLER	DEĞER
Maleik anhidrit graftlanmış polietilen (MAPE)	Bondyram 4108	
	Erime Noktası	110-130°C
	Termal Bozunma	270°C
	Renk	Beyaz
	Koku	Hafif
	Özgül Ağırlığı 20°C'de	0,85-0,95 g/cm ³
Maleik anhidrit graftlanmış polipropilen (MAPP)	Bondyram 1001	
	Erime Noktası	150-170°C
	Termal Bozunma	270°C
	Renk	Beyaz
	Koku	Hafif
	Özgül Ağırlığı 20°C'de	0,85-1 g/cm ³

3.1.3 MDF Lam ve Yonga Levha Lam

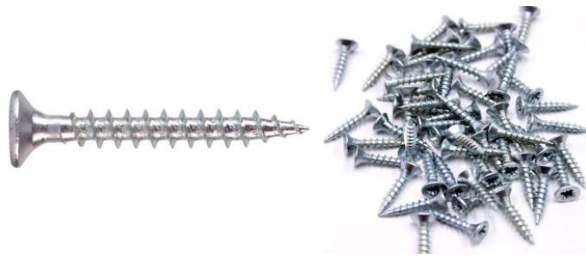
Diyagonal basma ve çekme deneyleri için 270 x 150 x 18 mm ve 270 x 132 x 18 mm ölçülerinde hazırlanmış MDF Lam ve yonga levha lam parçalar, L tipi Mobilya köşe birleştirmelerinde test numunesi olarak hazırlanmıştır. L tipi köşe birleştirme test numuneleri şekil 3. 4'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 4 L tipi köşe birleştirme test numunesi [Foto M. TÜRK].

3.1.4 Vida

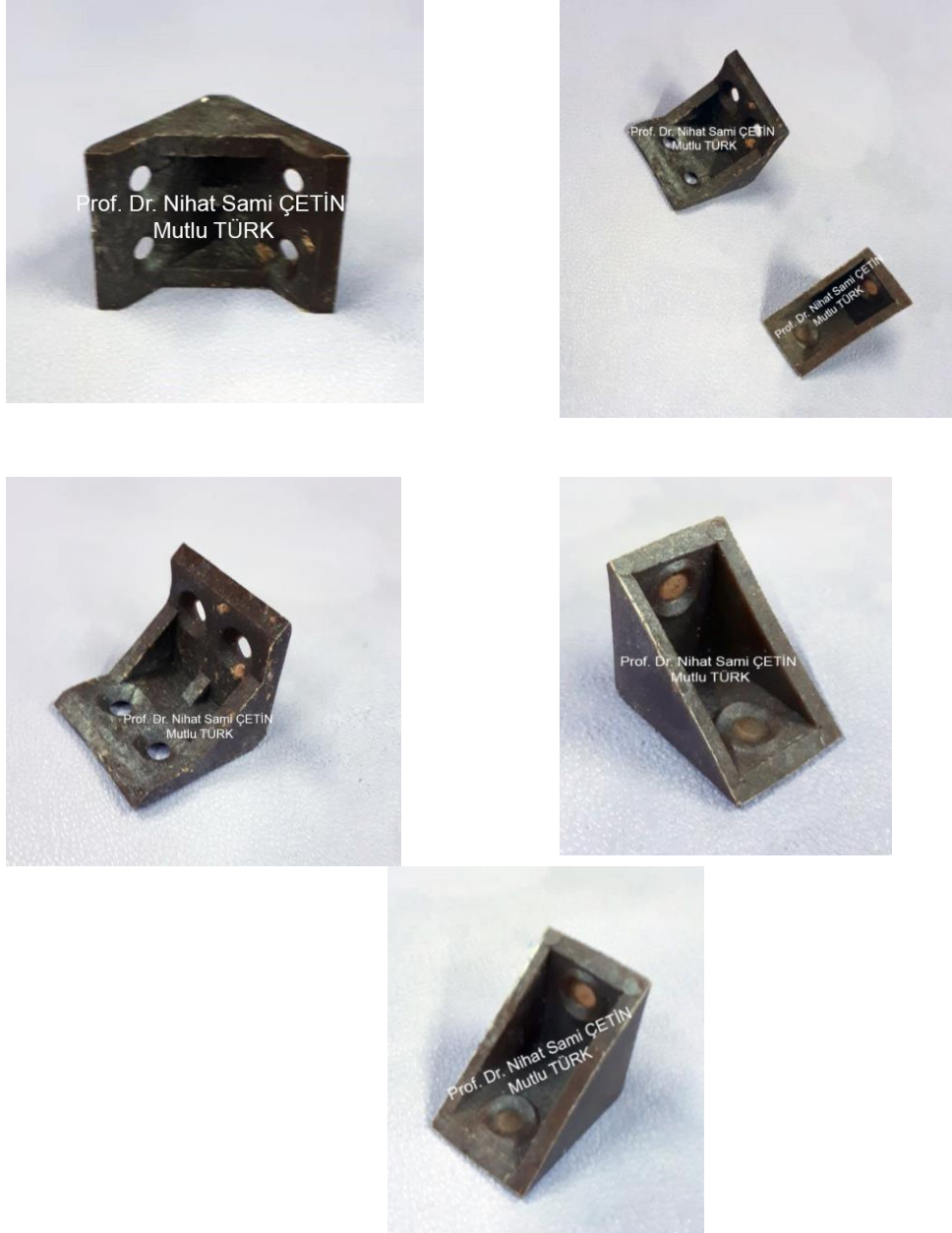
Yapılan çalışmada, üretilen köşe bağlantı elemanlarını suntalam ve MDF lamlara bağlayabilmek için hırdavat malzemesi satan işletmelerden alınan 3,5x18 ebatlarında sunta vidası kullanılmıştır. Kullanılan bu vidalar nikel malzemedен üretilmiş olup, sivri uçlu oldukları için kolay monte edilebilme özelliğine sahiptir. Köşe birleştirme elemanlarının monte edilmesinde kullanılan vida örneği Şekil 3. 5'te gösterilmiştir.



Şekil 3. 5 3,5x18 ebatlarında sunta vidası [Foto M. TÜRK].

3.1.5 OPK Malzemeden Elde Edilen Mobilya Köşe Bağlantı Elemanları

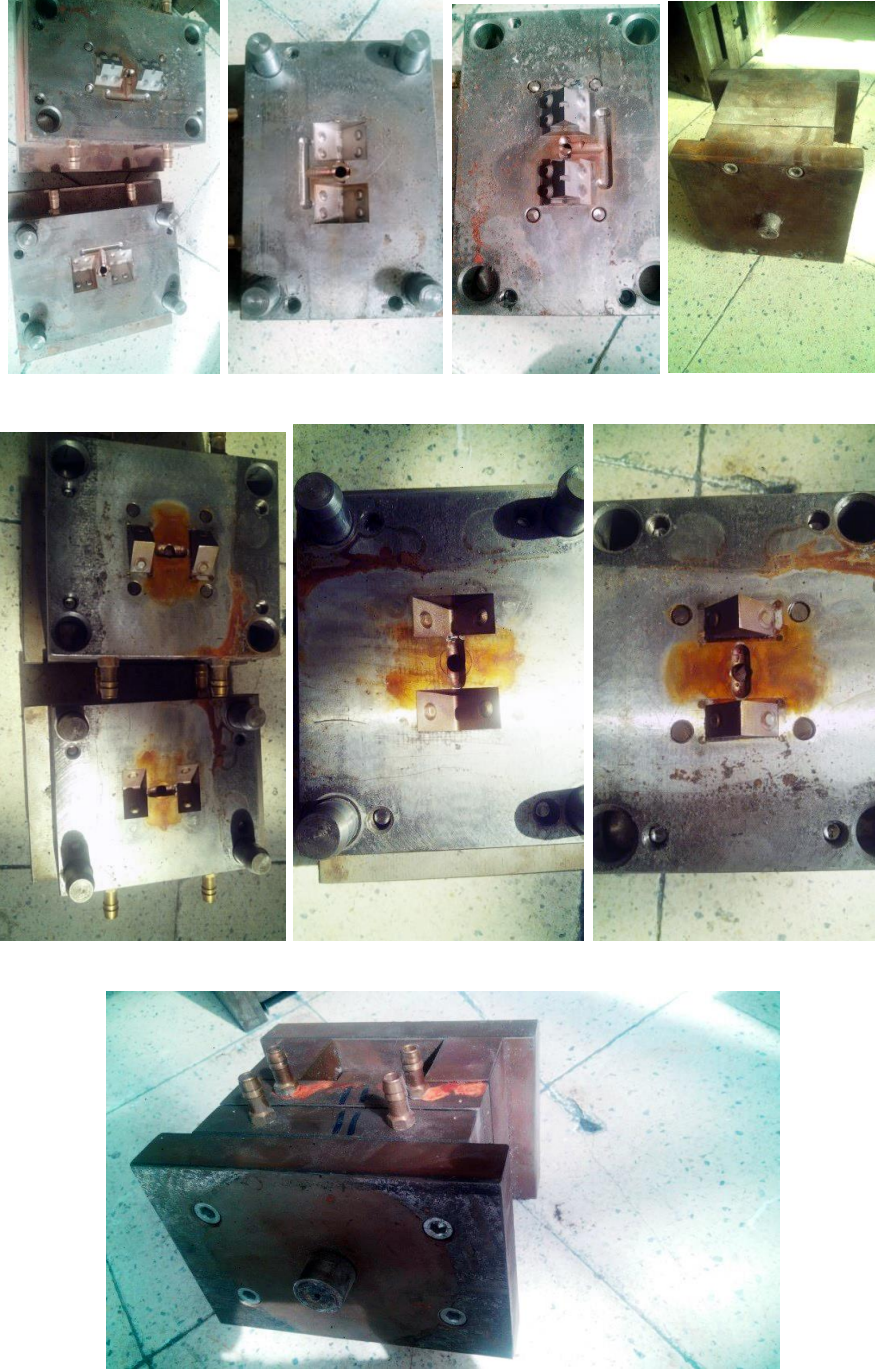
Değişik karışım oranları ile imal ettiğimiz OPK malzeme köşe bağlantı elemanlarında, hem YYPE hem de PP matris malzemesi kullanılmış olup görselleri Şekil 3. 6'da verilmiştir.



Şekil 3. 6 OPK'den üretilmiş köşe bağlantı elemanları [Foto M. TÜRK].

3.1.6 Enjeksiyon Makine Kalıbı

ISO 9001 standartlarına sahip, makine kalıp imalatı yapan bir firmadan CAD-CAM programı kullanılarak enjeksiyon kalıpları imal edilmiştir. Yüksek standartlara sahip çelik malzeme kullanılarak kalıp üretimi gerçekleştirilmiştir. Köşe birleştirme elemanının üretiminde kullanılan enjeksiyon kalıbı Şekil 3. 7’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 7 Üretimde kullanılan enjeksiyon kalıbı [Foto M. TÜRK].

3.1.7 Deney Numunelerinin Hazırlanması

Yapılan çalışmada, odun plastik kompozit malzemeler ekstruder makinesinde karışımları yapılmış, kırıcıda pellet haline getirilmiş, enjeksiyon makinesinde deney numuneleri hazırlanmış olup, yine enjeksiyon makinesinde mobilya köşe bağlantı elemanları hazırlanıp, mekanik testleri ve morfolojik özelliklerine bakılmıştır. Tez çalışma planı Şekil 3. 8’de verilmiştir.



Şekil 3. 8 Tez çalışma planı

OPK karışım oranları Tablo 3. 5’de verilmiştir

Tablo 3. 5 OPK karışım oranları

Değişken	Değişken Türü	Değişken Oranları
Plastik	PP	% 90, 80, 70, 60, 50
	YYPE	
Odun Unu	Mobilya Fabrikası atığı	% 10, 20, 30, 40, 50
Katkı malzemeleri + Plastik malzemeler	MAPP ve MAPE	% 5
	PP YYPE	%85, 75, 65, 55, 45

3.1.7.1 Odun Unu Dolgu Malzemesinin Hazırlanması

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Mobilya Dekorasyon programı atölyesinde sarsak elekte elenmiş ve 80 mesh elekte kalanlar dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Sarsak elek Şekil 3. 9’da gösterilmiştir.



Şekil 3. 9 Sarsak elek [Foto M. TÜRK].

Elenen odun unu $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ de etüv’de yirmidört saat kurutulmuş ve kurutulan atıklar naylon poşetlere konup ağızları nem almayacak şekilde kapatılmıştır. Etüv Şekil 3.10’da gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Etüv [Foto M. TÜRK].

3.1.7.2 Odun Plastik Kompozit Malzeme Üretimi

Odun plastik kompozit malzeme üretiminde kullanılan mobilya fabrikası atık tozu ve matris malzeme olan YYPE ve PP karıştırıcı makinesinde iyice karıştırılmıştır. Karıştırıcı Şekil 3. 11’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Karıştırıcı [Foto M. TÜRK].

3.1.7.3 OPK Peletlerin Hazırlığı

Çift vidalı ekstrüder makinesi kullanılarak homojen bir şekilde, OPK üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekstrüder 8 kademeli sıcaklık bölümünden oluşmaktadır. 175°C’den başlayıp 200°C’ye kadar ayarları yapılmıştır. Besleme haznesi 10 m/dk ya ayarlanmıştır. Sıcak halde çıkan OPK karışımları soğutmaya alınmıştır. Soğuyan OPK malzeme kırıcı yardımıyla pelet haline getirilmiştir. OPK karışımı Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Ekstrüder makinesi ve kırıcı Şekil 3.13’te gösterilmiştir.



Şekil 3. 12 OPK karışımı [Foto M. TÜRK].



Şekil 3. 13 Ekstrüder makinesi ve kırıcı [Foto M. TÜRK].

3.1.7.4 Enjeksiyon Kalıplama Makinesinde Deney Örneği ve Köşe Bağlantı Elemanlarının Üretimi

Kalıplama işlemleri için Aydın ilinde faaliyet gösteren bir enjeksiyon kalıplama “Esila Plastik” plastik enjeksiyon firmasındaki, Yonca marka enjeksiyon kalıplama makinesi kullanılmış olup enjeksiyon makinası Şekil 3.14’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 14 Enjeksiyon makinası [Foto M. TÜRK].

3.2 Yöntem

3.2.1 Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Odun plastik kompozit malzemelerde fiziksel özellikleri belirlemek için yoğunluk, viskozite, boyutsal stabilite, su alma ve hacmin belirlenmesi ile ilgili deneylere gerek duyulmaktadır. Bu deneyler yardımı ile OPK'lerin özellikleri belirlenirken aynı zamanda tanımlamada gerçekleştirilir.

3.2.1.1 Su Alma Oranının Belirlenmesi

Su alma oranının belirlenmesi için $4 \times 20 \times 20$ mm (kalınlık \times genişlik \times boy) ebatlarında kare prizma şeklinde her deney grubundan 5 adet olmak üzere 120 adet deney örneği belirlenmiştir. Deney örneklerinin ağırlıklarının ölçülmesinde 0,001 gram hassasiyete sahip terazi kullanılmıştır. Günlük, haftalık, aylık ve dört aylık ölçümler yapılmıştır. Su içinde bekletilen örneklerin ağırlıkları aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 (\%)$$

Bu formülde;

$$G_t = \text{Su alma miktarı } (\%)$$

$$t_1 = \text{Deney örneğinin ilk ağırlık miktarı (gr)}$$

$$t_2 = \text{Deney örneğinin son ağırlık miktarı (gr)}$$

3.2.1.2 Kalınlığına Artış Miktarının Belirlenmesi

OPK'lerin kalınlıklarının artışındaki hesaplamalar, su alma deneylerinde kullanılan deney örnekleri ile yapılmıştır. Örnekler 0,001 mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülmüştür. Kalınlıklarının artış miktarları hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100 (\%)$$

Bu formülde;

G_t = Su alma miktarı (%)

t_1 = Deney örneğinin ilk ağırlığı (gr)

t_2 = Deney örneğinin son ağırlığı (gr)

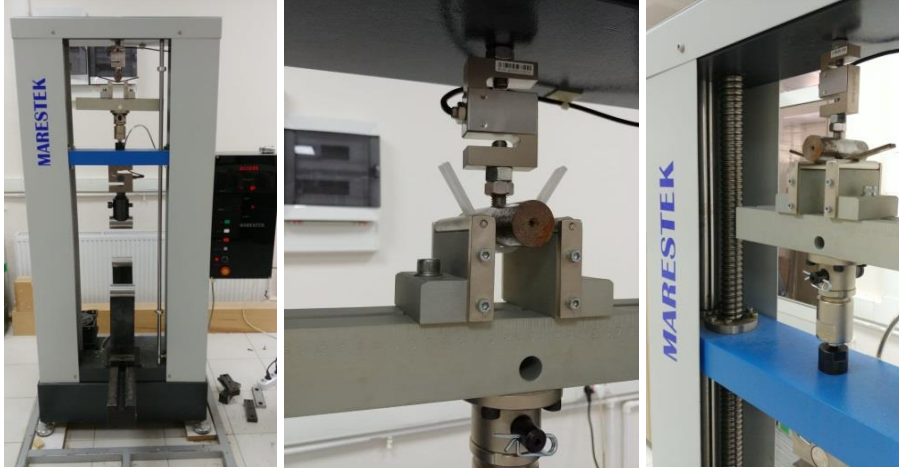
3.2.2 Mekanik Özellikleri Belirleme

Mekanik özellikler şekilsel ve boyutsal değişimleri (deformasyon) göstermektedir. Çeşitli kuvvetlerin malzemeye yüklenmesinden kaynaklı karşı koyma ve durumlarındaki değişimlere bakılabilmektedir. Ağaç malzeme üstüne uygulanan yükleme çeşitleri basınç, çekme, makaslama, burkulma gibi deneylerle olabilir [138]. Bu çalışma ile eğilme direnci, çekme direnci, vida çekme direnci ve sertlik dirençlerini bakılmış olup yapılan deneyler ASTM standartlarına uygun olarak yapılmıştır.

3.2.2.1 Eğilme Direncini Belirleme Esasları

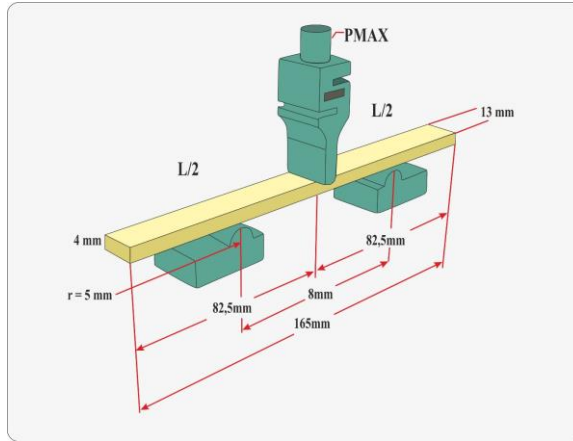
OPK malzemelerde eğilme direnci, ASTM-D 790'da (2004) belirlenen esaslara göre yapılmaktadır. Eğilme direnci testlerinde kullanılan numune boyutları $4 \times 13 \times 165$ mm (kalınlık \times genişlik \times boy) ebatlarında enjeksiyon makinesinde kalıplama yöntemi ile elde edilmiştir [139]. Deneyler Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Laboratuvarı'nda bulunan Marastek marka çok amaçlı (üniversal) test makinesinde yapılmıştır.

Deney örneklerinin yerleştirildiği mesnetler arası uzaklık 80 mm olup 3-nokta eğme deneyi ve test hızı 6 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Eğilme deneyinde kullanılan makinenin görüntüsü Şekil 3.15'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 15 Eğilme direnci deneyinde kullanılan makine [Foto M. TÜRK].

Deneye ait numunelerine ait görsel Şekil 3.16’da verilmiştir.



Şekil 3.16 Eğilme direnci deneyine ait numunelerin şekli [Çizim M. TÜRK].

Eğilme direncinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır;

$$GE = \frac{3.P_{max}.L}{2.b.h} (N/mm^2)$$

Bu Formülde;

P_{max} = Parçanın kırılma anındaki maksimum yükü (N)

L = Silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık (mm)

b = deney parçasının eni (mm)

h = deney parçasının kalınlığı (mm)

3.2.2.2 Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi

Malzemenin üzerine uygulanan eğme kuvvetinin düşük gerilmelerde meydana gelen değişim miktarındaki değişikliğin, yükün tamamen malzeme üzerinden kaldırılması ile şeklin geri dönmesi özelliğinin belirlenmesi için elastikiyet modülü hesaplanmaktadır. Elastikiyet modülünün belirlenmesinde ASTM-D 790 standartlarından faydalanılmaktadır [139]. Elastikiyet modülünün hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır.

$$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \Delta f} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Bu formülde

ΔF = Elastikiyet deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet

L = Dayanak notaları arasındaki açıklık (mm)

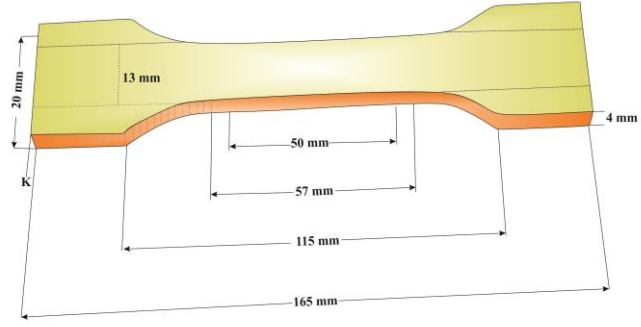
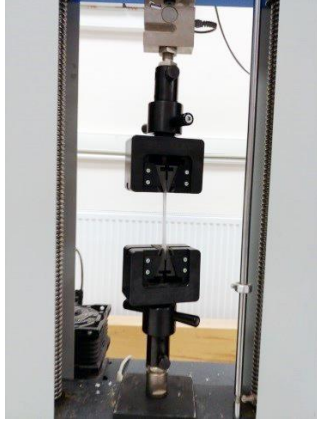
Δf = Net eğilme alanındaki sehim yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm)

b = Deney parçasının en kesit genişliği (mm)

h = Deney parçasının en kesit kalınlığı (mm)

3.2.2.3 Çekme Direncinin Belirlenmesi

Çekme direnci belirlemede ASTM-D 638 standardı göz önüne alınmaktadır [140]. Deneyler Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi laboratuvarındaki Marestek marka universal test cihazı ile yapılmıştır. Deney örnekleri her iki ucundan çekme deneyi çeneleri arasına tutturulmuş ve zıt yönde kuvvetler uygulanarak 5 mm/dak hızla çekme işlemi yapılmıştır. Çekme deneyi için kullanılan makine ve deney örneği ölçüleri Şekil 3. 17’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 17 Çekme deneyi için kullanılan makine ve deney örneği [Foto ve Çizim M. TÜRK].

Çekme deneyi sonuçlarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$G_z \parallel \frac{p_{max}}{a.b} (N/mm^2)$$

Bu formülde;

G_z = Çekme direnci

P_{max} = En büyük yük

a ve b = Deney numunesinin enine kesit boyutları (mm)

3.2.2.4 Çekmede Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi

ASTM-D 638 standardına göre OPK'lerin çekmede elastikiyet modülünün belirlenmesi yapılmaktadır [140]. Elastikiyet modülü hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$E = \frac{\delta_{\epsilon} d}{\epsilon} N/mm^2$$

Bu denklemde;

E = Çekme elastikiyet modülü (N/mm^2)

$\delta\epsilon$ = Çekme direnci (N/mm^2)

ϵ = Çekme deneyi kopma sırasında oluşan birim uzama

3.2.3 Vida Tutma Değerinin Hesaplanması

ASTM-D 1037-06 standardında belirlenen hesaplama şekline göre, OPK'lerin vida tutma gücü hesaplanmaktadır [141]. Numunelerin yüzey merkezinden bir vida yardımı ile çekme işlemi yapılarak, vida çekme mukavemeti ölçülmektedir. ISO 1478 Standardında belirtilen vida adım uzunluğu 1,4 mm olan çelik vida deneyde kullanılmıştır. Vida tutma gücü aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

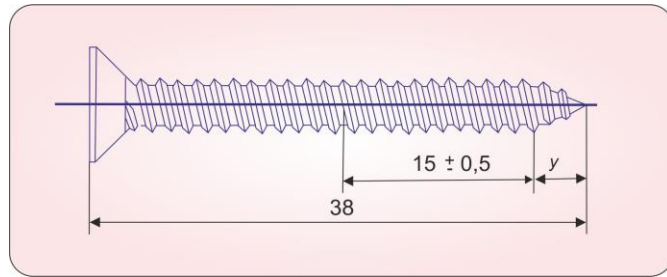
$$f = \frac{F_{max}}{t} N mm^2$$

bu formülde;

f = vida tutma gücü

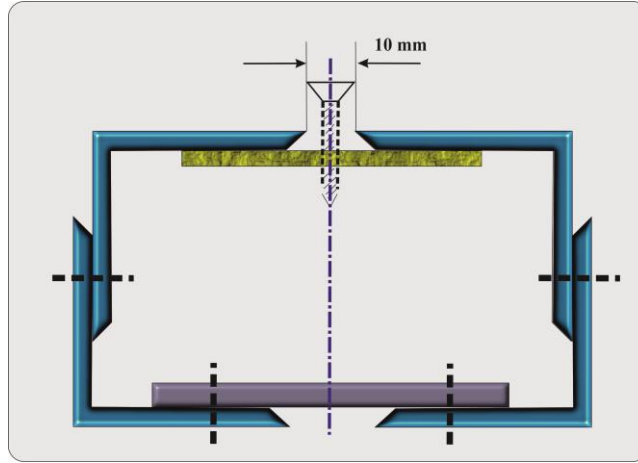
F_{max} = vida çekme anındaki maksimum kuvvet (N)

t = Örnek kalınlığı (mm)



Şekil 3. 18 Vida çekme deneyinde kullanılan vida şekli [Çizim M. TÜRK].

Deneyde kullanılan vida çekme aparatı Şekil 3. 19’da gösterilmiştir.



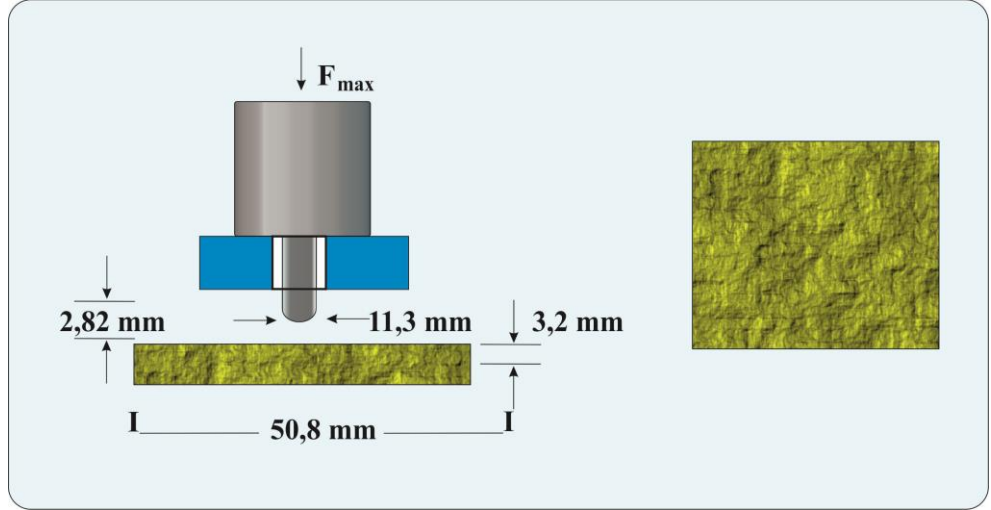
Şekil 3. 19 Deneyde kullanılan vida çekme aparatı [Çizim M. TÜRK].



Şekil 3. 20 Deneyde kullanılan vida çekme aparatı ve Üniversal test makinesi [Foto M. TÜRK].

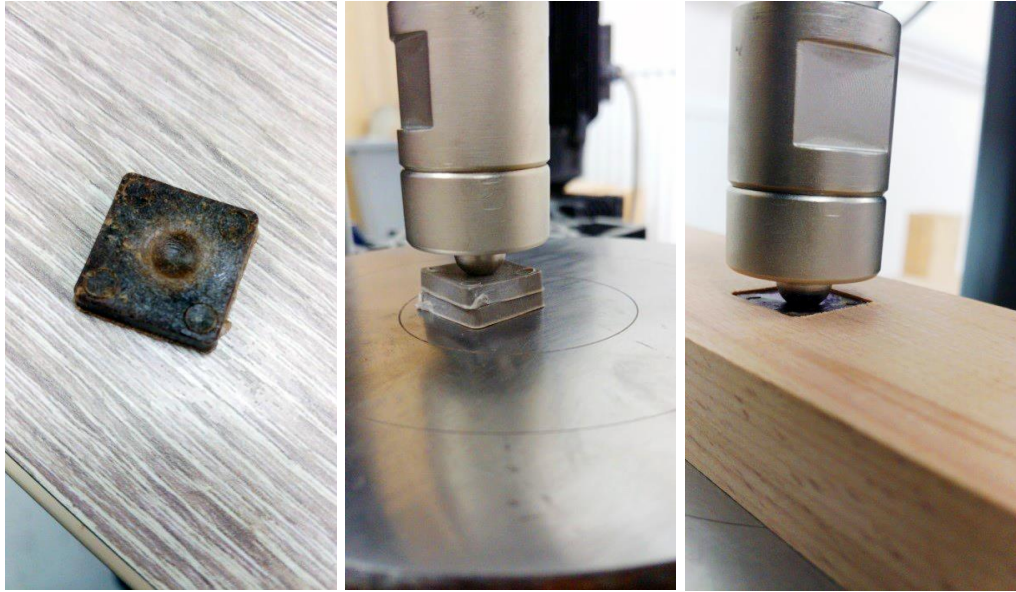
3.2.4 Sertlik Değeri (Janka Sertlik)

Bir malzemenin içerisinde daha sert bir malzemenin girmeye çalışmasına karşı gösterdiği dirence sertlik denir. ASTM-D 1037-06’da belirtilen esaslara göre deneyler gerçekleştirilmektedir [141]. Janka sertlik testinin şematik gösterimi Şekil 3. 21’de verilmiştir.



Şekil 3. 21 Janka sertlik testinin şematik gösterimi [Çizim M. TÜRK].

Deneyde kullanılan janka sertlik makinesi Şekil 3. 22’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 22 Deneyde kullanılan janka sertlik makinesi [Foto M. TÜRK].

3.2.5 Morfolojik Analizler

OPK’lerin mekanik özelliklerine bakılmasının yanında morfolojik özelliklerini de bakılmaktadır. Bu analizler diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC), termogravimetric analiz (TGA), taramalı elektron mikroskobu (SEM), fourier dönüşümlü infrared spektraskopidir (FTIR).

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)

Malzemenin ısı analizinde yaygın olarak kullanılmakta olan termoanalitik bir yöntemdir. Bu analiz ile malzemenin ısı karşısında fiziksel olarak değişimi görülebilmektedir. DSC cihazı Şekil 3. 23’de gösterilmektedir.



Şekil 3. 23 DSC cihazı [Foto M. TÜRK].

Termogravimetrik Analiz (TGA)

Deney örneğinin zamana ve sıcaklığa göre ağırlığındaki değişim miktarının ölçülmesi için kullanılan analiz yöntemidir. Bu analiz yönteminde deney örnekleri azot atmosferindeki ortamda sabit hız ile ısıtılır ve deney numunelerindeki örnekler sıcaklık ve zamana bağlı kayıtları gerçekleştirilir. Numune ağırlıklarının nasıl değiştiğine bu analiz yöntemi ile bakılır. TGA cihazı Şekil 3. 24’te gösterilmektedir.



Şekil 3. 24 TGA cihazı [Foto M. TÜRK].

Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Çok küçük miktarda bir alana yüksek enerji verilip o bölgenin taranmasına yarayan bir analiz yöntemidir. Yüzeiden yayılan yeni ışınların yapılan ölçüm ile yüzeydeki mikro yapıdaki değişikliklerde görüntüsüne bakılır. Deneyde kullanılan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) cihazı Şekil 3. 25'te gösterilmektedir.



Şekil 3. 25 SEM cihazı [Foto M. TÜRK].

Kompozit yapıların morfolojik incelenmesi ve görüntülenmesi Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Araştırma Laboratuvarları Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan Taramalı Elektron Mikroskobu (FE-SEM-Field Emmission Scanning Electron Microscope, JEOL JSM 7600F, Japan) ile gerçekleştirilmiştir.

Bu amaçla 1cm x 1cm boyutunda kesilen kompozit parçaları Altın kaplanarak (Emiteck K550X, UK) SEM ile 15 kV enerji uygulanarak görüntüleme yapılmıştır.

Fourier Dönüşümlü İnfrared Spekraskopidir (FTIR)

Bu çalışmada 0,5-1 mm tanecik boyutundaki öğütülmüş OPK malzeme örnekleri 103±2 °C'de etüvde tam kuru hale gelene kadar kurtulmuştur. Daha sonra sodyum pentaoksitte bekletildikten sonra ölçümler yapılmıştır. Deneyde kullanılan FTIR cihazı Şekil 3. 26'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 26 FTIR Cihazı [Foto M. TÜRK].

3.2.6 Mobilya Köşe Birleştirmelerde Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

Mobilyalarda, sağlamlığı belirleyen bazı faktörler içerisinde malzeme, konstrüksiyon ve kullanılan gereçler önemli rol oynar. Bu gereçler ve faktörler uyum içerisinde birleştiğinde mobilyanın sağlamlığından bahsedilmektedir. Mobilya malzemelerinin köşe birleşim yerlerinde, çeşitli faktörlerden dolayı, mekanik zorlamalar oluşmaktadır. Bu zorlamalar, mobilyalarda zamanla deformasyonlar meydana getirmektedir. Bu deformasyon miktarlarının tespit edilmesi için diyagonal basınç ve diyagonal çekme deneyleri yapılmaktadır.

Diyagonal basınç direncinin belirlenmesinde aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır.

$$mb = f_{maxb} \times \sqrt{(150)^2 - (0,5lb)^2 - a} \text{ N/mm}^2$$

Bu formülde ;

mb = Basınç yükü altında taşınan moment (N/mm)

f_{maxb} = Göçme anındaki maksimum kuvvet (N)

lb = Moment kolu 18 mm levhalar için 93,34 mm

a = 19 mm levhalar için 12,73 mm

Diyagonal çekme direncinin belirlenmesinde aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır.

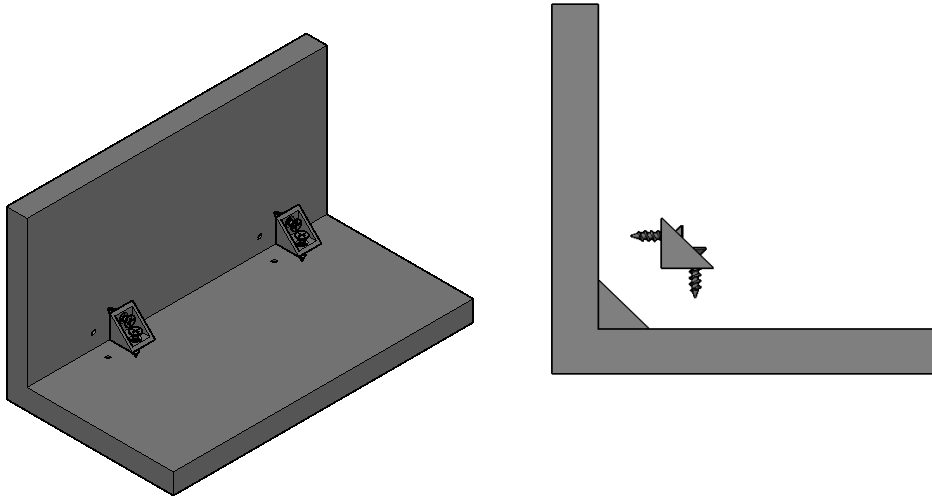
$$M_{\zeta} = 0,5 F_{max\zeta k} \times 0,5 L_{\zeta} \text{ (Nm)}$$

Bu formülde;

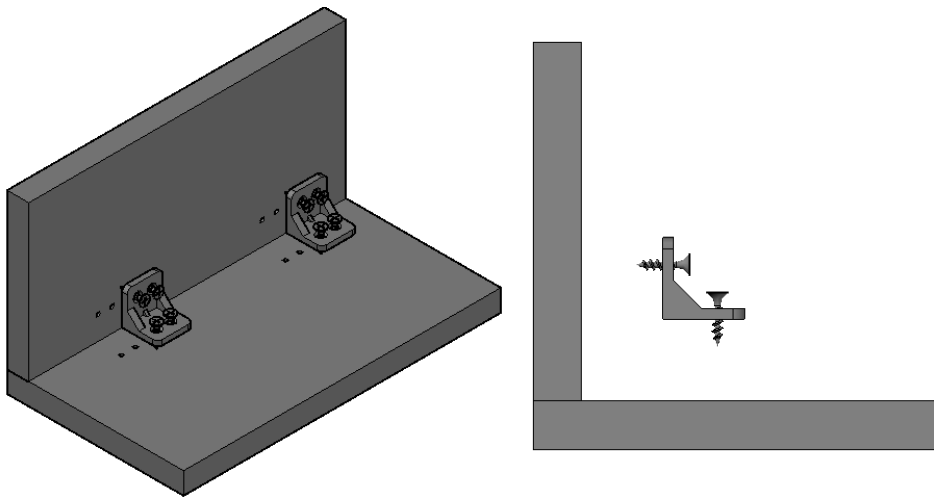
M_{ζ} = Çekme yükü altında taşınan moment (Nm)

$F_{max\zeta k}$ = Göçme anındaki maksimum kuvvet (N)

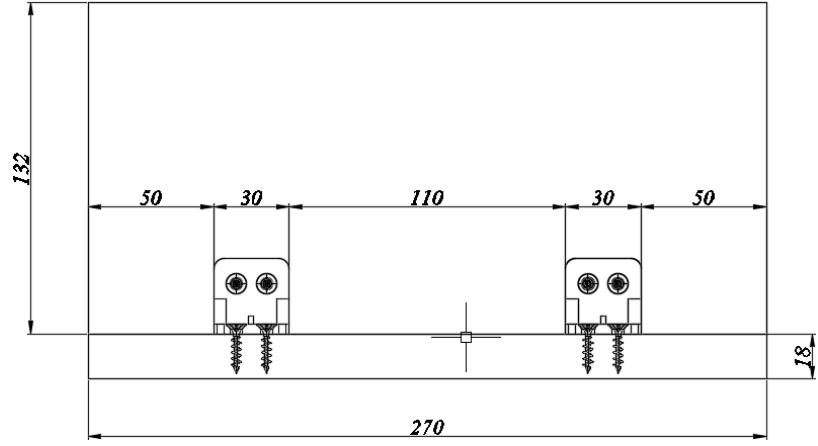
L_{ζ} = Moment kolu



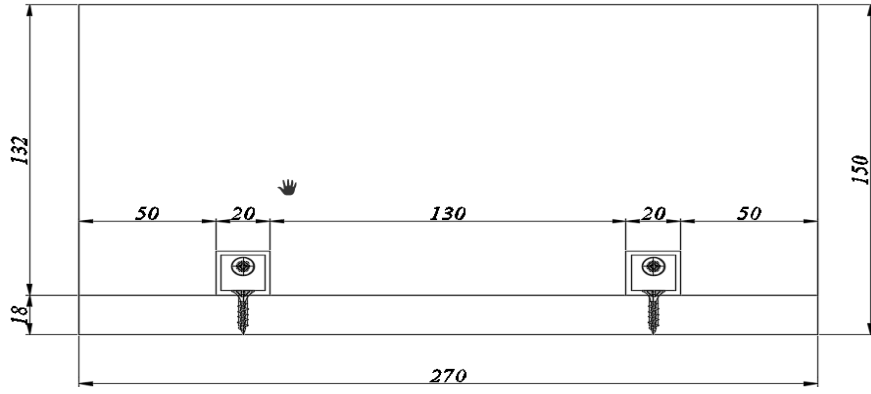
Şekil 3. 27 İki delikli bağlantı elemanı montaj resmi [Çizim M. TÜRK].



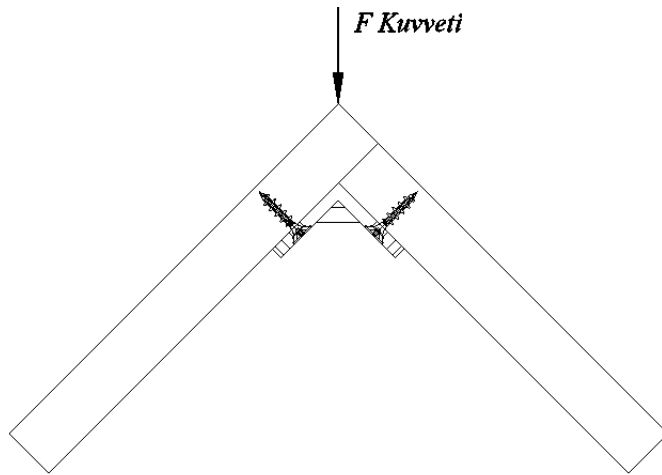
Şekil 3.28 Dört delikli bağlantı elemanı montaj şekli [Çizim M. TÜRK].



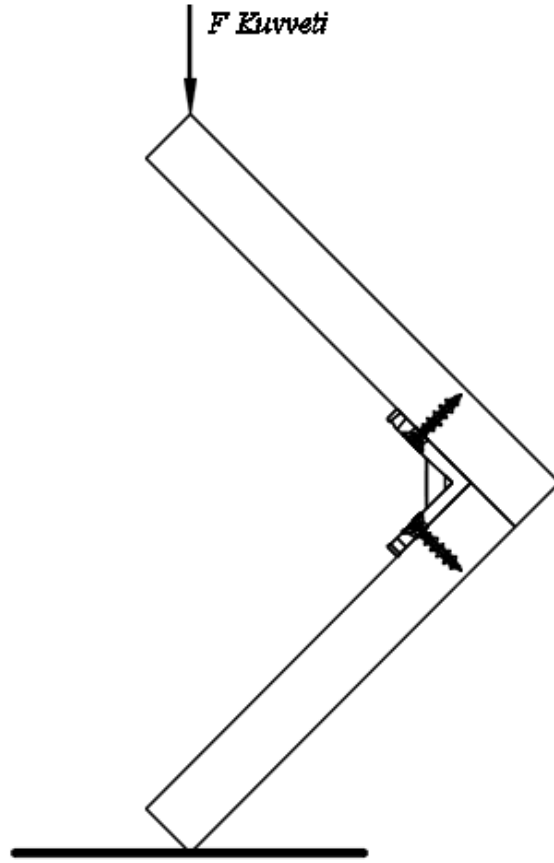
Şekil 3.29 Dört delikli bağlantı elemanı montajı teknik resim görünüşü [Çizim M. TÜRK].



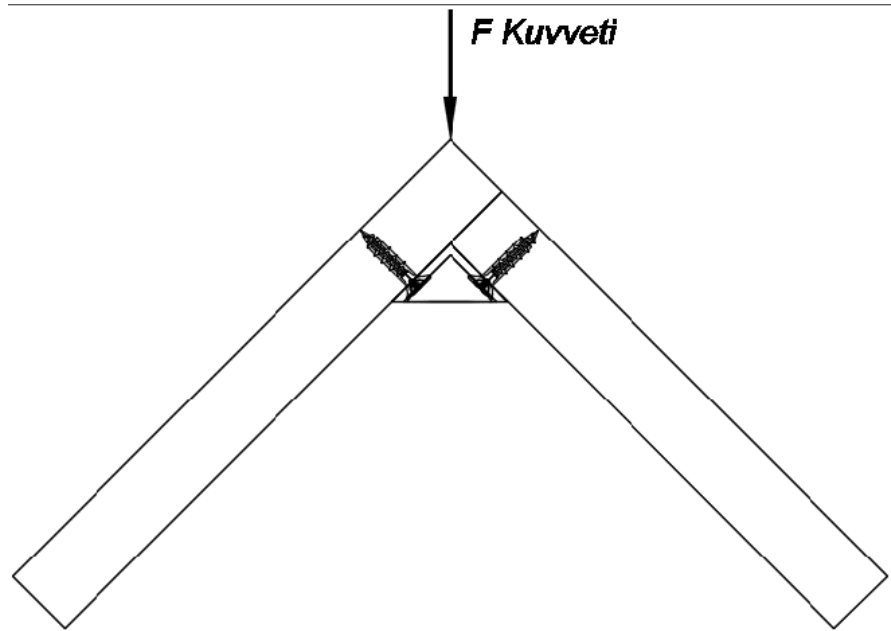
Şekil 3.30 İki delikli bağlantı elemanı montajı teknik resim görünüşü [Çizim M. TÜRK].



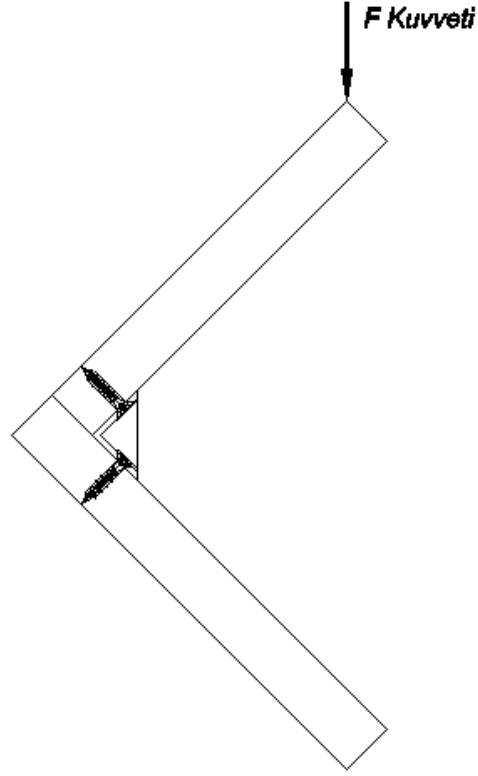
Şekil 3.31 Dört delikli bağlantı elemanı diyagonal çekme deneyi teknik görünümü [Çizim M. TÜRK].



Şekil 3.32 Dört delikli bağlantı elemanı diyagonal basınç deneyi teknik görünümü
[Çizim M. TÜRK].



Şekil 3.33 İki delikli bağlantı elemanı diyagonal çekme deneyi teknik görünümü
[Çizim M. TÜRK].

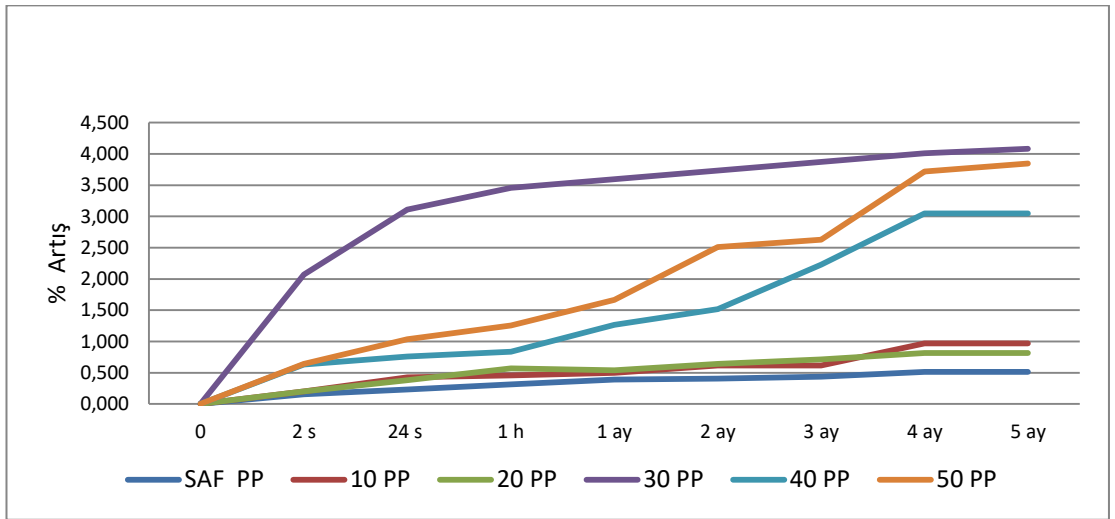


Şekil 3.34 iki delikli bağlantı elemanı diyagonal basınç deneyi teknik görünümü
[Çizim M. TÜRK].

4. Bulgular ve Tartışma

4.1 Fiziksel Özellikler

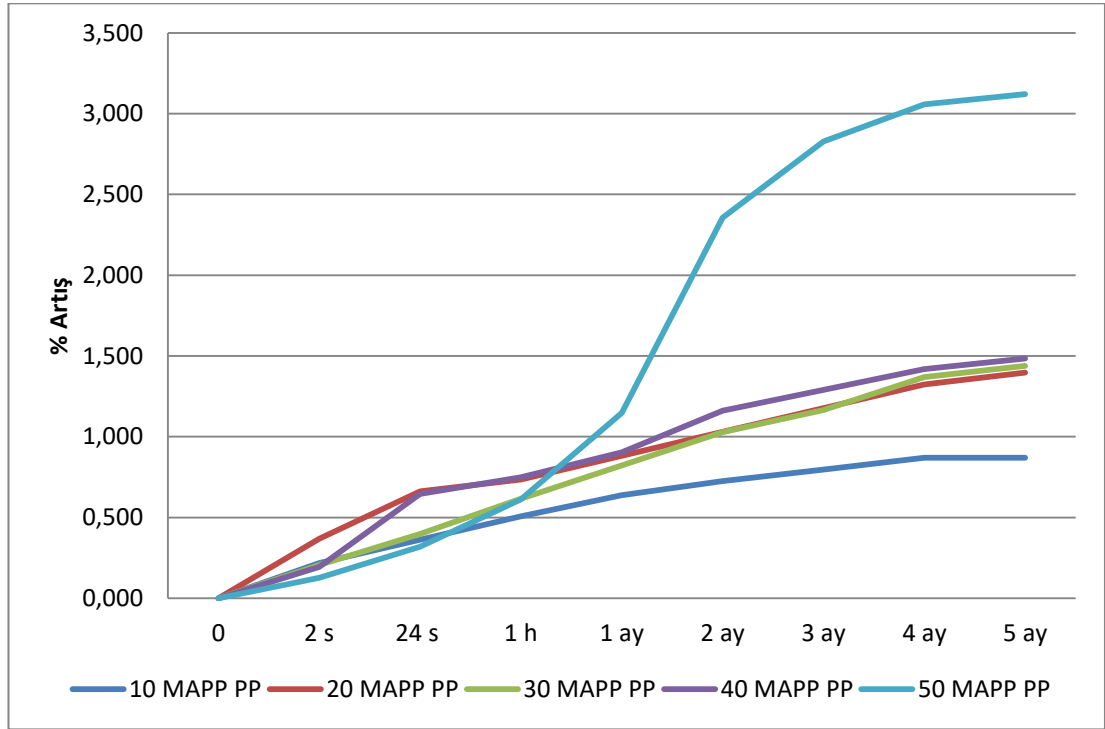
PP grubu su alma oranları Şekil 4.1’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 PP grubu su alma oranları

PP malzeme grubu su alma oranlarında 2 saatte en düşük su almayı %0,156 ile PP0 verirken, en yüksek su alma değerini %2,069 ile PP3 vermiştir. 24 saatte en düşük değeri %0,234 ile PP0 verirken, en yüksek değeri %3,111 ile PP3 vermiştir. 1 haftada en düşük değeri % 0,313 ile PP0 verirken, en yüksek değeri %3,458 ile PP3 vermiştir. 1 ayda en düşük değeri %0,391 ile PP0 verirken, en yüksek değeri %3,597 ile PP3 vermiştir. 5 ayda en düşük değeri %0,516 ile PP0 verirken, en yüksek değeri %4,083 ile PP3 vermiştir.

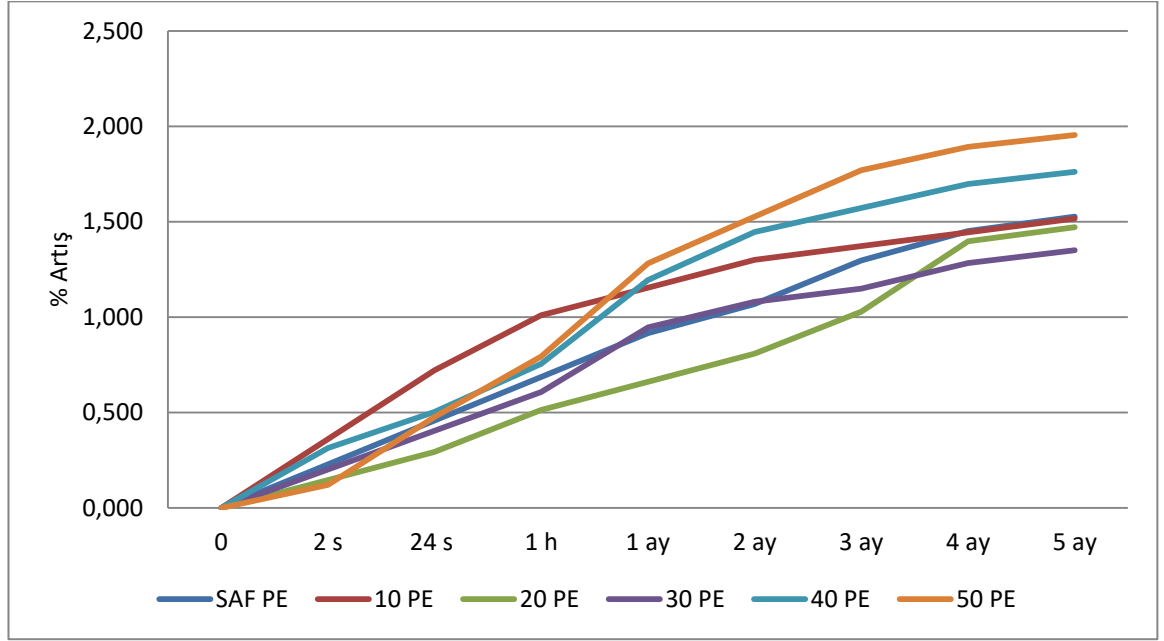
MAPP-PP grubu su alma oranları Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 MAPP-PP grubu su alma oranları

MAPP-PP malzeme grubu su alma oranlarında 2 saatte en düşük değeri %0,127 ile MAPP5 verirken, en yüksek değeri %0,368 ile MAPP2 vermiştir. 24 saatte en düşük değeri %0,318 ile MAPP5 verirken, en yüksek değeri %0,662 ile MAPP2 vermiştir. 1 haftada en düşük değeri 0,507 ile MAPP1 verirken, en yüksek değeri %0,748 ile MAPP4 vermiştir. 1 ayda en düşük değeri %0.638 ile MAPP1 verirken, en yüksek değeri %1,146 ile MAPP5 vermiştir. 5 ayda en düşük değeri %0.870 ile MAPP1 verirken, en yüksek değeri %3,121 ile MAPP5 vermiştir.

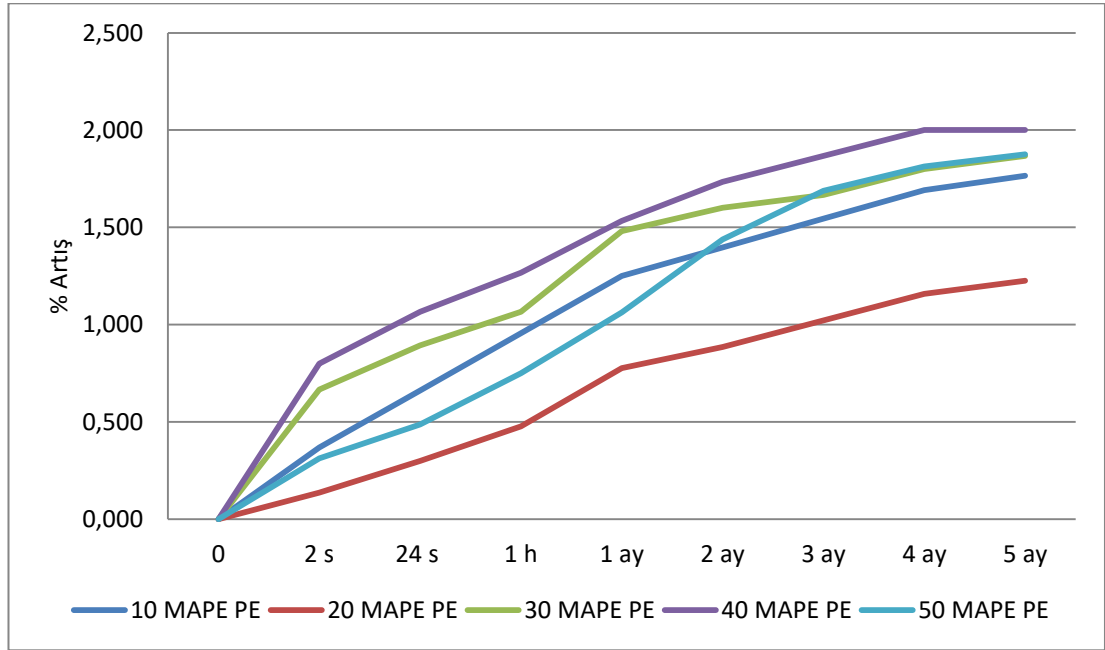
YYPE grubu su alma oranları Şekil 4.3' te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 YYPE grubu su alma oranları

YYPE malzeme grubu su alma oranlarında 2 saatte en düşük su almayı %0,122 ile PE5 verirken, en yüksek su alma değerini %0,361 ile PE1 vermiştir. 24 saatte en düşük değeri %0,294 ile PE2 verirken, en yüksek değeri %0,722 ile PE3 vermiştir. 1 haftada en düşük değeri % 0,515 ile PE2 verirken, en yüksek değeri %0,794 ile PE5 vermiştir. 1 ayda en düşük değeri %0,916 ile PE0 verirken, en yüksek değeri %1,282 ile PE5 vermiştir. 5 ayda en düşük değeri %1,351 ile PE3 verirken, en yüksek değeri %1,954 ile PE5 vermiştir.

MAPE-YYPE grubu su alma oranları Şekil 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 MAPE-YYPE grubu su alma oranları

MAPE-YYPE malzeme grubu su alma oranlarında 2 saatte en düşük değeri %0,136 ile MAPE2 verirken, en yüksek değeri %0,800 ile MAPE4 vermiştir. 24 saatte en düşük değeri %0,300 ile MAPE2 verirken, en yüksek değeri %1,067 ile MAPE4 vermiştir. 1 haftada en düşük değeri 0,477 ile MAPE2 verirken, en yüksek değeri %1,267 ile MAPE4 vermiştir. 1 ayda en düşük değeri %0,777 ile MAPE2 verirken, en yüksek değeri %1,533 ile MAPE4 vermiştir. 5 ayda en düşük değeri %1,226 ile MAPE2 verirken, en yüksek değeri %2 ile MAPE4 vermiştir.

4.2.Mekanik Özelliklere İlişkin Bulgular

4.2.1. Diyagonal Çekme Deneyi

Tablo 4.1 Diyagonal çekme moment testi ortalama, standart sapma ve deney örneği adedi tablosu

Malzeme	İşlem	İşlem Türü	Kimyasallar	Ortalama (Nm)	Std. Sp. (Nm)	Adet
Mdf Lam	İkidelik	Kontrol	YYPE	4,24	0,81	5
Mdf Lam	İkidelik	Kontrol	MAPE	4,24	0,81	5
Mdf Lam	İkidelik	Kontrol	PP	6,63	0,29	5
Mdf Lam	İkidelik	Kontrol	MAPP	6,63	0,29	5
Mdf Lam	İkidelik	10luk	YYPE	3,39	0,49	5
Mdf Lam	İkidelik	10luk	MAPE	4,89	1,38	5
Mdf Lam	İkidelik	10luk	PP	3,57	0,87	5
Mdf Lam	ikidelik	10luk	MAPP	5,49	1,14	5
Mdf Lam	İkidelik	20lik	YYPE	2,93	0,42	5
Mdf Lam	İkidelik	20lik	MAPE	4,91	0,66	5
Mdf Lam	İkidelik	20lik	PP	4,97	0,81	5
Mdf Lam	İkidelik	20lik	MAPP	7,25	1,62	5
Mdf Lam	İkidelik	30luk	YYPE	3,65	0,62	5
Mdf Lam	İkidelik	30luk	MAPE	3,72	0,71	5
Mdf Lam	İkidelik	30luk	PP	6,01	0,39	5
Mdf Lam	İkidelik	30luk	MAPP	4,78	0,52	5
Mdf Lam	İkidelik	40lik	YYPE	1,84	0,28	5
Mdf Lam	İkidelik	40lik	MAPE	2,87	0,32	5
Mdf Lam	İkidelik	40lik	PP	3,04	0,30	5
Mdf Lam	İkidelik	40lik	MAPP	3,56	0,47	5
Mdf Lam	İkidelik	50lik	YYPE	1,80	0,47	5
Mdf Lam	İkidelik	50lik	MAPE	2,73	0,33	5
Mdf Lam	İkidelik	50lik	PP	3,83	0,86	5
Mdf Lam	İkidelik	50lik	MAPP	3,20	0,70	5
Mdf Lam	İkidelik	Ticari	YYPE	2,17	0,19	5
Mdf Lam	İkidelik	Ticari	MAPE	2,17	0,19	5
Mdf Lam	İkidelik	Ticari	PP	2,17	0,19	5
Mdf Lam	İkidelik	Ticari	MAPP	2,17	0,19	5
Mdf Lam	Dörtelik	Kontrol	YYPE	10,30	0,71	5
Mdf Lam	Dörtelik	Kontrol	MAPE	10,30	0,71	5
Mdf Lam	Dörtelik	Kontrol	PP	14,07	0,72	5
Mdf Lam	Dörtelik	Kontrol	MAPP	14,07	0,72	5
Mdf Lam	Dörtelik	10luk	YYPE	8,49	1,49	5
Mdf Lam	Dörtelik	10luk	MAPE	6,60	0,30	5
Mdf Lam	Dörtelik	10luk	PP	7,78	2,23	5

Mdf Lam	Dörtelik	10luk	MAPP	8,27	2,00	5
Mdf Lam	Dörtelik	20lik	YYPE	7,61	1,46	5
Mdf Lam	Dörtelik	20lik	MAPE	6,67	0,41	5
Mdf Lam	Dörtelik	20lik	PP	11,26	0,72	5
Mdf Lam	Dörtelik	20lik	MAPP	12,87	1,26	5
Mdf Lam	Dörtelik	30luk	YYPE	9,11	1,31	5
Mdf Lam	Dörtelik	30luk	MAPE	5,94	0,34	5
Mdf Lam	Dörtelik	30luk	PP	9,81	1,46	5
Mdf Lam	Dörtelik	30luk	MAPP	9,18	1,13	5
Mdf Lam	Dörtelik	40lik	YYPE	3,57	2,04	5
Mdf Lam	Dörtelik	40lik	MAPE	6,08	0,63	5
Mdf Lam	Dörtelik	40lik	PP	6,50	0,75	5
Mdf Lam	Dörtelik	40lik	MAPP	7,30	0,57	5
Mdf Lam	Dörtelik	50lik	YYPE	2,95	1,52	5
Mdf Lam	Dörtelik	50lik	MAPE	4,06	2,24	5
Mdf Lam	Dörtelik	50lik	PP	6,30	3,41	5
Mdf Lam	Dörtelik	50lik	MAPP	7,62	1,11	5
Mdf Lam	Dörtelik	Ticari	YYPE	4,63	0,66	5
Mdf Lam	Dörtelik	Tcari	MAPE	4,63	0,66	5
Mdf Lam	Dörtelik	Ticari	PP	4,63	0,66	5
Mdf Lam	Dörtelik	Ticari	MAPP	4,63	0,66	5
YL Lam	İkidelik	Kontrol	YYPE	5,10	0,24	5
YL Lam	İkidelik	Kontrol	MAPE	5,10	0,24	5
YL Lam	İkidelik	Kontrol	PP	6,31	0,07	5
YL Lam	İkidelik	Kontrol	MAPP	6,31	0,07	5
YL Lam	İkidelik	10luk	YYPE	4,06	0,17	5
YL Lam	İkidelik	10luk	MAPE	5,37	0,17	5
YL Lam	İkidelik	10luk	PP	4,67	0,54	5
YL Lam	İkidelik	10luk	MAPP	5,70	0,54	5
YL Lam	İkidelik	20lik	YYPE	2,68	0,44	5
YL Lam	İkidelik	20lik	MAPE	5,11	0,38	5
YL Lam	İkidelik	20lik	PP	5,17	0,53	5
YL Lam	İkidelik	20lik	MAPP	5,86	0,46	5
YL Lam	İkidelik	30luk	YYPE	3,80	0,59	5
YL Lam	İkidelik	30luk	MAPE	3,12	0,13	5
YL Lam	İkidelik	30luk	PP	5,52	0,47	5
YL Lam	İkidelik	30luk	MAPP	4,89	0,61	5
YL Lam	İkidelik	40lik	YYPE	2,15	0,35	5
YL Lam	İkidelik	40lik	MAPE	3,71	0,81	5
YL Lam	İkidelik	40lik	PP	3,76	0,35	5
YL Lam	İkidelik	40lik	MAPP	3,76	0,67	5
YL Lam	İkidelik	50lik	YYPE	1,22	0,64	5
YL Lam	İkidelik	50lik	MAPE	2,61	0,38	5
YL Lam	İkidelik	50lik	PP	4,09	0,86	5
YL Lam	İkidelik	50lik	MAPP	3,20	0,11	5

YL Lam	İkidelik	Ticari	YYPE	2,01	0,59	5
YL Lam	İkidelik	Ticari	MAPE	2,01	0,59	5
YL Lam	İkidelik	Ticari	PP	2,01	0,59	5
YL Lam	İkidelik	Ticari	MAPP	2,01	0,59	5
YL Lam	Dörtelik	Kontrol	YYPE	10,47	0,61	5
YL Lam	Dörtelik	Kontrol	MAPE	10,47	0,61	5
YL Lam	Dörtelik	Kontrol	PP	10,69	2,29	5
YL Lam	Dörtelik	Kontrol	MAPP	10,69	2,29	5
YL Lam	Dörtelik	10luk	YYPE	10,19	0,63	5
YL Lam	Dörtelik	10luk	MAPE	7,07	0,32	5
YL Lam	Dörtelik	10luk	PP	9,79	1,48	5
YL Lam	Dörtelik	10luk	MAPP	10,09	0,59	5
YL Lam	Dörtelik	20lik	YYPE	9,02	0,54	5
YL Lam	Dörtelik	20lik	MAPE	8,09	0,36	5
YL Lam	Dörtelik	20lik	PP	11,92	0,65	5
YL Lam	Dörtelik	20lik	MAPP	11,11	1,06	5
YL Lam	Dörtelik	30luk	YYPE	9,12	0,58	5
YL Lam	Dörtelik	30luk	MAPE	5,27	2,01	5
YL Lam	Dörtelik	30luk	PP	9,73	2,12	5
YL Lam	Dörtelik	30luk	MAPP	10,33	1,64	5
YL Lam	Dörtelik	40lik	YYPE	6,01	0,72	5
YL Lam	Dörtelik	40lik	MAPE	6,22	0,48	5
YL Lam	Dörtelik	40lik	PP	7,07	0,59	5
YL Lam	Dörtelik	40lik	MAPP	7,73	0,52	5
YL Lam	Dörtelik	50lik	YYPE	4,01	0,45	5
YL Lam	Dörtelik	50lik	MAPE	5,59	0,65	5
YL Lam	Dörtelik	50lik	PP	8,17	1,14	5
YL Lam	Dörtelik	50lik	MAPP	7,17	0,62	5
YL Lam	Dörtelik	Ticari	YYPE	4,90	0,88	5
YL Lam	Dörtelik	Ticari	MAPE	4,90	0,88	5
YL Lam	Dörtelik	Ticari	PP	4,90	0,88	5
YL Lam	Dörtelik	Ticari	MAPP	4,90	0,88	5

Tablo 4.1' e göre diyagonal çekme moment testine ait ortalama, standart sapma ve deney örneği adedi tablosunda bunlara ortama değerler ve standart sapma sonuçları verilmiş olup birim bazında açıklamalar ileriki tablolarda verilmiştir.

Tablo 4.2 Diyagonal çekme moment testi (varyasyon tablosu)

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Hesap	Önem düzeyi $\alpha \leq 0.05$
Faktör A = Malzeme türü (MDF Lam ve YL Lam)	7,45	1	7,45	7,98	0,005
Faktör B = Bağlantı elemanı (İki Delikli ve Dört Delikli)	2174,60	1	2174,60	2329,82	0,000
Faktör C = Karışım oranları (Kontrol, %10, %20, %30, %40 ve %50)	1577,09	6	262,85	281,61	0,000
Faktör D = Kimyasallar (PP, YYPE, PP-MAPP, YYPE-MAPE)	359,99	3	120,00	128,56	0,000
AB Malzeme × Bağlantı elemanı	2,84	1	2,84	3,04	0,082
AC Malzeme × Karışım oranları	37,95	6	6,33	6,78	0,000
AD Malzeme × Kimyasallar	12,16	3	4,05	4,34	0,005
BC Bağlantı elemanı × Karışım oranları	155,53	6	25,92	27,77	0,000
BD Bağlantı elemanı × Kimyasallar	60,06	3	20,02	21,45	0,000
CD Karışım oranları × Kimyasallar	217,85	18	12,10	12,97	0,000
ABC Malzeme × Bağlantı elemanı × Karışım oranları	29,65	6	4,94	5,29	0,000
ABD Malzeme × Bağlantı elemanları × Kimyasallar	4,50	3	1,50	1,61	0,187
ACD Malzeme × Karışım oranları × Kimyasallar	49,53	18	2,75	2,95	0,000
BCD Bağlantı elemanları × Karışım oranları × Kimyasallar	80,61	18	4,48	4,80	0,000
ABCD Malzeme × Bağlantı elemanları × Karışım oranları × Kimyasallar	18,09	18	1,01	1,08	0,373
Hata	418,15	448	0,93		
Toplam	24708,16	560			

Tablo 4.2'ye göre Faktör A (Malzeme), Faktör B (Bağlantı elemanları), Faktör C (Karışım oranları), Faktör D (Kimyasallar), AC Malzeme × Karışım oranları, AD Malzeme × Kimyasallar, BC Bağlantı elemanları × Karışım oranları, BD Bağlantı elemanları × Kimyasallar, CD Karışım oranları × Kimyasallar, ABC Malzeme × Bağlantı elemanları × Karışım oranları, ACD Malzeme × Karışım oranları × Kimyasallar, BCD Bağlantı elemanları × Karışım oranları × Kimyasallar etkileşimleri $p \leq 0.05$ 'den küçük olduğu için anlamlı bulunurken, AB Malzeme × Bağlantı oranları, ABD Malzeme × Bağlantı elemanları × Kimyasallar ve ABCD

Malzeme × Bağlantı elemanları × Karışım oranları × Kimyasallar etkileşimleri ise anlamsız olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.3 Diyagonal çekme momenti ahşap esaslı malzemeye göre (Faktör A) homojenik grubu tablosu

Malzeme türü	Ortalama (N/mm ²)	Homojenlik grubu
YL Lam	6,01*	A
MDF Lam	5,78	B

*En yüksek diyagonal çekme değeri
En küçük önemli değer (LSR) : 0,23

Tablo 4.3'e göre diyagonal çekme momenti ahşap esaslı malzemelerde en yüksek ortalama değer 6.01 N/mm² ile YL Lam malzemesinde bulunurken, en düşük değer ise 5.78 N/mm² ile MDF Lam malzemesinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.4 Diyagonal çekme testi moment işleme göre (Faktör B) homojenik grubu testi tablosu

İşlem	Ortalama (N/mm ²)	Homojenlik grubu
Dörtelikli bağlantı elemanı	7,87*	A
İkidelikli bağlantı elemanı	3,93	B

*En yüksek diyagonal çekme işleme göre
En küçük önemli değer (LSR) : 3,94

Tablo 4.4'e göre Diyagonal çekme testi moment işleme göre (Faktör B) en yüksek ortalama değer 7.87 N/mm² ile dörtelikli bağlantı elemanlarda bulunurken, en düşük değer ise 3.93 N/mm² ile ikidelikli bağlantı elemanlarında tespit edilmiştir.

Tablo 4.5 Diyagonal çekme momenti işlem türüne göre (Faktör C) homojenlik grubu tablosu

	İşlem Türü	Ortalama	Homojenlik grubu
İşlem Türü	Saf	8,47*	A
	% 20	7,34	B
	% 10	6,58	C
	% 30	6,49	C
	% 40	4,69	D
	% 50	4,28	E
	Ticari	3,42	F

*En yüksek Diyagonal çekme işlem türü

En küçük önemli değer (LSR) : 0,09

Gruplar arası en düşük aralık değeri 6,58-6,49

Tablo 4.5 göre diyagonal çekme momenti işlem türüne göre (Faktör C) en yüksek değeri 8,47 N/mm² ile kontrol saf deney numunelerinde bulunurken, en düşük değer 3,42 N/mm² ile ticari plastik numunelerinde bulunmuştur.

Tablo 4.6 Diyagonal çekme testi momenti kimyasallara göre (faktör D) homojenlik grubu tablosu

Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik grubu
PP-MAPP	6,81*	A
PP	6,58	B
YYPE-MAPE	5,15	C
YYPE	5,04	C

*En yüksek Diyagonal çekme kimyasallara göre

En küçük önemli değer (LSR) : 0,11

Gruplar arası en düşük aralık değeri 5,15-5,04

Tablo 4.6'ya göre diyagonal çekme testi momenti kimyasallara göre(Faktör D), en yüksek değeri 6,81 N/mm² ile PP-MAPP grubunda bulunurken, en düşük değer 5,04 N/mm² YYPE grubunda bulunmuştur.

Tablo 4.7 Diyagonal çekme momenti malzemeye göre işlem (Faktör A× Faktör B)

Malzeme	İşlem	Ortalama	Homojenlik grubu
MDF Lam	İkidelik	6,67*	A
	Dört delik	6,46	AB
YL Lam	İkidelik	6,40	AB
	Dört delik	6,20	B

*En yüksek diyagonal çekme malzemeye göre

En küçük önemli değer (LSR) : 0,20

Gruplar arası en düşük aralık değeri: 6,40-6,20

Tablo 4.7'ye göre, diyagonal çekme momenti malzemeye göre işlem (Faktör A× Faktör B), en yüksek değeri 6,67 N/mm² ile MDF Lam malzemenin iki delikli bağlantı elemanlarında bulunurken, en düşük değer 6,20 N/mm² YL Lam malzemede dört delikli bağlantı elemanlarında bulunmuştur.

Tablo 4.8 Diyagonal çekme momenti malzemeye göre işlem türünün (Faktör A× Faktör C) homojenlik grubu tablosu

Malzeme	Karışım Oranları	Ortalama	Homojenlik Grubu
MDF Lam	Saf	8,80*	A
	% 20	7,30	B
	% 30	6,52	C
	% 10	6,06	C
	% 40	4,34	D
	% 50	4,06	D
	Ticari	3,39	E
YL Lam	Saf	8,14*	A
	% 20	7,37	B
	% 10	7,11	B
	% 30	6,47	C
	% 40	5,05	D
	% 50	4,50	E
	Ticari	3,45	F

*En yüksek diyagonal çekme işlem türüne göre

En küçük önemli değer (LSR) : 0,28 (MDF Lam)

Gruplar arası en düşük aralık değeri: 4,34-4,06 (MDF Lam)

En küçük önemli değer (LSR) : 0,26

Gruplar arası en düşük aralık değeri: 7,37-7,11 (YL Lam)

Tablo 4.8'e göre, diyagonal çekme momenti malzemeye göre işlem türünün (Faktör A×Faktör C) işleminde MDF Lam malzemedede en yüksek değer 8.80 ile kontrol örneklerinde elde edilirken, en düşük değer 3.39 ile ticari ürünlerde bulunmuştur. YL Lam malzemedede en yüksek değer 8.14 ile kontrol örneklerinde bulunurken, en düşük değer 3.45 ile ticari ürünlerde tespit edilmiştir.

Tablo 4.9 Diyagonal çekme momenti malzemeye göre kimyasallar (Faktör A × Faktör D) ikili etkileşimler homojenik grubu tablosu

Malzeme	Karışım Oranları	Ortalama (N/mm ²)	Homojenlik grubu
MDF Lam	MAPP	6,92	A
	PP	6,46	B
	MAPE	4,98	C
	YYPE	4,76	C
YL Lam	PP	6,69	A
	MAPP	6,69	A
	YYPE	5,33	B
	MAPE	5,33	B

Tablo 4.9' a göre, diyagonal çekme momenti malzemeye göre kimyasallar (Faktör A × Faktör D) MDF Lam örneklerinde en yüksek değer 6.92 ile MAPP örneklerinde görülürken, en düşük değer 4,76 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. YL Lam malzeme en yüksek değer 6,69 ile PP ve MAPP örneklerinde görülürken, en düşük değer 5,33 ile YYPE ve MAPE örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.10 Diyagonal çekme momenti malzemeye göre işleme göre kimyasallar (Faktör B × Faktör D) homojenlik grubu tablosu

İşlem	Karışım Oranları	Ortalama	Homojenlik grubu
İkidelikli Bağlantı Elemanı	MAPP	4,89	A
	PP	4,08	AB
	MAPE	5,36	AB
	YYPE	3,79	B
Dört delikli Bağlantı Elemanı	MAPP	7,16	A
	PP	7,07	AB
	MAPE	5,59	B
	YYPE	4,90	C

Tablo 4.10' a göre, diyagonal çekme momenti malzemeye göre işleme göre kimyasallar (Faktör B × Faktör D) İkidelikli Bağlantı Elemanlarında en yüksek değer 4.89 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 3,79 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delikli Bağlantı Elemanlarında en yüksek değer 7,16 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 4,90 ile YYPE örneklerinde bulunmuştur.

Tablo 4.11 Diyagonal çekme momenti kimyasallara göre işlem türü (Faktör C × Faktör D)

Kimyasallar	Karışım Oranları	Ortalama	Homojenlik Grubu
YYPE	Saf	7,52	A
	% 10	6,53	B
	% 30	6,41	B
	% 20	5,56	C
	Ticari	3,42	D
	% 40	3,39	D
	% 50	2,49	E
MAPE	Saf	7,52	A
	% 20	6,19	B
	% 10	5,98	B
	% 40	4,72	C
	% 30	4,51	C
	% 50	3,74	D
	Ticari	3,42	D
PP	Saf	9,42	A
	% 20	8,32	B
	% 30	7,76	B
	% 10	6,45	C
	% 50	5,59	D
	% 40	5,09	D
	Ticari	3,42	E
MAPP	Saf	9,42	A
	% 20	9,27	A
	% 10	7,38	B
	% 30	7,29	B
	% 40	5,58	C
	% 50	5,29	C
	Ticari	3,42	D

Tablo 4.11'e göre, Diyagonal çekme momenti kimyasallara göre işlem türü (Faktör C × Faktör D) YYPE kimyasallarında en yüksek değer 7,52 ile kontrol örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 2,49 ile %50 karışimli örneklerde tespit edilmiştir.

MAPE kimyasallarında en yüksek değer 7,52 ile kontrol örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 3,42 ile Ticari ürünlerde tespit edilmiştir. PP kimyasallarında en yüksek değer 9,42 ile kontrol örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 3,42 ile Ticari ürünlerde tespit edilmiştir. MAPP kimyasallarında en yüksek değer 9,42 ile Kontrol örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 3,42 ile ticari ürünlerde tespit edilmiştir.

Tablo 4.12 Diyagonal çekme momenti malzeme türüne göre (Faktör B × Faktör C × Faktör D) Homojenlik Grubu Tablosu

MDF Lam					MDF Lam				
İşlem	İşlem Türü	Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik grubu	İşlem	İşlem türü	Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik grubu
İkidelik	Kontrol	MAPP	6,62	A	Dört delik	Kontrol	MAPP	14,06	A
		PP	6,60	A			PP	13,00	A
		MAPE	4,23	B			MAPE	10,29	B
		YYPE	4,18	B			YYPE	10,00	B
	% 10	MAPP	5,48	A		% 10	YYPE	8,49	A
		MAPE	4,89	AB			MAPP	8,26	A
		PP	3,57	BC			PP	7,78	A
		YYPE	3,58	C			MAPE	6,59	A
	%20	MAPP	7,25	A		%20	MAPP	12,87	A
		PP	4,96	B			PP	11,25	B
		MAPE	4,90	B			YYPE	7,60	C
		YYPE	2,93	C			MAPE	6,67	C
	%30	PP	6,01	A		%30	PP	9,80	A
		MAPP	4,77	B			MAPP	9,17	A
		MAPE	3,72	C			YYPE	9,10	A
		YYPE	3,64	C			MAPE	5,95	B
	%40	MAPP	3,55	A		%40	MAPP	7,29	A
		PP	3,04	B			PP	6,49	A
		MAPE	2,87	B			MAPE	6,07	A
		YYPE	1,83	C			YYPE	3,56	B
	%50	PP	3,82	A		%50	MAPP	7,61	A
		MAPP	3,20	AB			PP	6,30	AB
		MAPE	2,72	B			MAPE	4,06	BC
		YYPE	1,80	C			YYPE	2,94	C
	Ticari		2,16	A		Ticari		4,62	A

Tablo 4.12' ye göre MDF Lam örneklerinin kontrol işlem türünde en yüksek değer 6.62 ile MAPP ile işlem gören örneklerde elde edilirken en düşük ortalama değer 4.18 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. İkidelik ve %10 karışım oranında en yüksek değer 5,48 ile MAPP örneklerinde elde edilirken en düşük değer 3,58 ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. İkidelik ve %20 karışım oranında en yüksek değer 7,25 ile MAPP örneklerinde elde edilirken, en düşük değer 2,93 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. İkidelik ve %30 karışım oranında en yüksek değer 6,01 ile PP örneklerinde elde edilirken en düşük değer 3,64 ile YYPE örneklerinde elde edilmiştir. İkidelik ve %40 karışım oranında en yüksek değer 3,55 ile MAPP örneklerinde belirlenirken en düşük değer 1,83 ile YYPE örneklerinde bulunmuştur. İkidelik ve %50 işlem türünde en yüksek değer 3,82 ile PP örneklerinde tespit edilirken en düşük değer 1,80 ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. Dörtelikli ve kontrol karışım oranında en yüksek değer 14,06 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 10,00 ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. Dörtelik ve %10 karışım oranında en yüksek değer 8,49 ile YYPE örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 6,59 ile MAPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dörtelik ve %20 karışım oranında en yüksek değer 12,87 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 6,67 ile MAPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dörtelik ve %30 karışım oranında en yüksek değer 9,80 ile PP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 5,95 ile MAPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dörtelik ve %40 karışım oranında en yüksek değer 7,29 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 3,56 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dörtelik ve %50 karışım oranında en yüksek değer 7,61 ile MAPP örneklerinde elde edilirken, en düşük değer 2,94 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.13 Diyagonal çekme momenti malzeme türüne göre (Faktör B × Faktör C × Faktör D) Homojenlik grubu tablosu

YL Lam					YL Lam				
Bağlantı elemanı	Karışım oranları	Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik grubu	Bağlantı elemanı	Karışım oranları	Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik grubu
İkidelik	Kontrol	MAPP	6,30	A	Dört delik	Kontrol	MAPP	10,68	A
		PP	6,30	A			PP	10,47	A
		MAPE	5,09	B			MAPE	10,47	A
		YYPE	5,09	B			YYPE	10,19	A
	% 10	MAPP	5,70	A		% 10	YYPE	10,19	A
		MAPE	5,36	A			MAPP	10,19	A
		PP	4,66	B			PP	9,79	A
		YYPE	4,06	C			MAPE	7,07	B
	%20	MAPP	5,86	A		%20	PP	11,92	A
		PP	5,17	B			MAPP	11,10	A
		MAPE	5,11	B			YYPE	9,02	B
		YYPE	2,67	C			MAPE	8,09	B
	%30	PP	5,51	A		%30	MAPP	10,33	A
		MAPP	4,89	A			PP	9,73	A
		YYPE	3,79	B			YYPE	9,12	A
		MAPE	3,11	C			MAPE	5,27	B
	%40	MAPP	3,76	A		%40	MAPP	7,72	A
		PP	3,76	A			PP	7,07	A
		MAPE	3,71	A			MAPE	6,21	B
		YYPE	2,14	B			YYPE	6,01	B
	%50	PP	4,08	A		%50	PP	8,16	A
		MAPP	3,20	B			MAPP	7,16	A
		MAPE	2,62	B			MAPE	5,59	B
		YYPE	1,27	C			YYPE	4,00	C
	Ticari		2,00	A		Ticari		4,90	A

Tablo 4.13'e göre YL Lam örneklerinin ikidelikli ve kontrol karışım oranında en yüksek değer 6,30 ile MAPP ile işlem gören örneklerde elde edilirken, en düşük ortalama değer 5,09 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. İkidelik ve %10 karışım oranında en yüksek değer 5,70 ile MAPP örneklerinde elde edilirken, en düşük değer 4,06 ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. İkidelik ve %20 karışım oranında en yüksek değer 5,86 ile MAPP örneklerinde elde edilirken, en düşük değer 2,67 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. İkidelik ve %30 karışım oranında en yüksek değer 5,51 ile PP örneklerinde elde edilirken, en düşük değer 3,11 ile MAPE örneklerinde elde edilmiştir. İkidelik ve %40 karışım oranında en yüksek değer 3,76 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 2,14 ile YYPE örneklerinde bulunmuştur. İkidelik ve %50 karışım oranında en yüksek değer 4,08 ile PP örneklerinde tespit edilirken, en düşük değer 1,27 ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. Dört delikli ve kontrol karışım oranında en yüksek değer 10,68 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 10,19 ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. Dört delikli ve %10 karışım oranında en yüksek değer 10,19 ile YYPE örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 7,07 ile MAPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delikli ve %20 karışım oranında en yüksek değer 11,92 ile PP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 8,09 ile MAPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delikli ve %30 karışım oranında en yüksek değer 10,33 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 5,27 ile MAPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delikli ve %40 karışım oranında en yüksek değer 7,72 ile MAPP örneklerinde belirlenirken, en düşük değer 6,01 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delikli ve %50 karışım oranında en yüksek değer 8,16 ile PP örneklerinde elde edilirken, en düşük değer 4,00 ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir.

4.2.2 Diyagonal Basınç Deneyi

Tablo 4.14 Diyagonal Basınç Moment testi Ortalama, Standart sapma ve Adet tablosu (Nm)

Liflere Paralel Basınç Direnci						
Malzeme	İşlem	Karışım oranları	Kimyasallar	Ortalama	Standart Sapma	Adet
MDF Lam	İkidelik	kontrol	YYPE	0,19	0,07	5
MDF Lam	İkidelik	kontrol	MAPE	0,19	0,07	5
MDF Lam	İkidelik	kontrol	PP	0,28	0,13	5
MDF Lam	İkidelik	kontrol	MAPP	0,13	0,05	5
MDF Lam	İkidelik	10luk	YYPE	0,17	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	10luk	MAPE	0,22	0,11	5
MDF Lam	İkidelik	10luk	PP	0,34	0,14	5
MDF Lam	İkidelik	10luk	MAPP	0,24	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	20lik	YYPE	0,21	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	20lik	MAPE	0,30	0,04	5
MDF Lam	İkidelik	20lik	PP	0,45	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	20lik	MAPP	0,30	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	30luk	YYPE	0,22	0,05	5
MDF Lam	İkidelik	30luk	MAPE	0,35	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	30luk	PP	0,43	0,13	5
MDF Lam	İkidelik	30luk	MAPP	0,22	0,11	5
MDF Lam	İkidelik	40lik	YYPE	0,26	0,04	5
MDF Lam	İkidelik	40lik	MAPE	0,41	0,05	5
MDF Lam	İkidelik	40lik	PP	0,35	0,10	5
MDF Lam	İkidelik	40lik	MAPP	0,34	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	50lik	YYPE	0,22	0,05	5
MDF Lam	İkidelik	50lik	MAPE	0,34	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	50lik	PP	0,49	0,15	5
MDF Lam	İkidelik	50lik	MAPP	0,22	0,08	5
MDF Lam	İkidelik	ticari	YYPE	0,19	0,07	5
MDF Lam	İkidelik	ticari	MAPE	0,19	0,07	5
MDF Lam	İkidelik	ticari	PP	0,19	0,07	5
MDF Lam	İkidelik	ticari	MAPP	0,09	0,00	5
MDF Lam	Dörtelik	Kontrol	YYPE	0,13	0,05	5
MDF Lam	Dörtelik	Kontrol	MAPE	0,39	0,10	5
MDF Lam	Dörtelik	Kontrol	PP	0,39	0,10	5
MDF Lam	Dörtelik	Kontrol	MAPP	0,17	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	10luk	YYPE	0,35	0,12	5
MDF Lam	Dörtelik	10luk	MAPE	0,62	0,16	5
MDF Lam	Dörtelik	10luk	PP	0,91	0,30	5
MDF Lam	Dörtelik	10luk	MAPP	0,17	0,08	5

MDF Lam	Dörtelik	20lik	YYPE	0,35	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	20lik	MAPE	0,73	0,04	5
MDF Lam	Dörtelik	20lik	PP	0,67	0,17	5
MDF Lam	Dörtelik	20lik	MAPP	0,24	0,05	5
MDF Lam	Dörtelik	30luk	YYPE	0,52	0,11	5
MDF Lam	Dörtelik	30luk	MAPE	0,73	0,04	5
MDF Lam	Dörtelik	30luk	PP	0,73	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	30luk	MAPP	0,22	0,05	5
MDF Lam	Dörtelik	40lik	YYPE	0,32	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	40lik	MAPE	0,49	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	40lik	PP	0,73	0,04	5
MDF Lam	Dörtelik	40lik	MAPP	0,32	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	50lik	YYPE	0,39	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	50lik	MAPE	0,58	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	50lik	PP	0,69	0,05	5
MDF Lam	Dörtelik	50lik	MAPP	0,24	0,08	5
MDF Lam	Dörtelik	Ticari	YYPE	0,09	0,00	5
MDF Lam	Dörtelik	Ticari	MAPE	0,09	0,00	5
MDF Lam	Dörtelik	Ticari	PP	0,09	0,00	5
MDF Lam	Dörtelik	Ticari	MAPP	0,15	0,05	5
YL Lam	İkidelik	Kontrol	YYPE	0,17	0,08	5
YL Lam	İkidelik	Kontrol	MAPE	0,24	0,11	5
YL Lam	İkidelik	Kontrol	PP	0,24	0,11	5
YL Lam	İkidelik	Kontrol	MAPP	0,24	0,11	5
YL Lam	İkidelik	10luk	YYPE	0,19	0,07	5
YL Lam	İkidelik	10luk	MAPE	0,43	0,11	5
YL Lam	İkidelik	10luk	PP	0,52	0,16	5
YL Lam	İkidelik	10luk	MAPP	0,52	0,16	5
YL Lam	İkidelik	20lik	YYPE	0,22	0,05	5
YL Lam	İkidelik	20lik	MAPE	0,41	0,19	5
YL Lam	İkidelik	20lik	PP	0,49	0,12	5
YL Lam	İkidelik	20lik	MAPP	0,49	0,12	5
YL Lam	İkidelik	30luk	YYPE	0,39	0,04	5
YL Lam	İkidelik	30luk	MAPE	0,43	0,18	5
YL Lam	İkidelik	30luk	PP	0,75	0,07	5
YL Lam	İkidelik	30luk	MAPP	0,75	0,07	5
YL Lam	İkidelik	40lık	YYPE	0,30	0,10	5
YL Lam	İkidelik	40lık	MAPE	0,47	0,13	5
YL Lam	İkidelik	40lık	PP	0,78	0,05	5
YL Lam	İkidelik	40lık	MAPP	0,78	0,05	5
YL Lam	İkidelik	50lik	YYPE	0,52	0,11	5
YL Lam	İkidelik	50lik	MAPE	0,58	0,04	5
YL Lam	İkidelik	50lik	PP	0,62	0,11	5
YL Lam	İkidelik	50lik	MAPP	0,62	0,11	5
YL Lam	İkidelik	Ticari	YYPE	0,15	0,05	5

YL Lam	İkidelik	Ticari	MAPE	0,15	0,05	5
YL Lam	İkidelik	Ticari	PP	0,15	0,05	5
YL Lam	İkidelik	Ticari	MAPP	0,15	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	Kontrol	YYPE	0,15	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	Kontrol	MAPE	0,15	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	Kontrol	PP	0,21	0,10	5
YL Lam	Dörtelik	Kontrol	MAPP	0,21	0,10	5
YL Lam	Dörtelik	10luk	YYPE	0,26	0,04	5
YL Lam	Dörtelik	10luk	MAPE	0,24	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	10luk	PP	0,37	0,09	5
YL Lam	Dörtelik	10luk	MAPP	0,82	0,04	5
YL Lam	Dörtelik	20lik	YYPE	0,32	0,08	5
YL Lam	Dörtelik	20lik	MAPE	0,35	0,04	5
YL Lam	Dörtelik	20lik	PP	0,56	0,11	5
YL Lam	Dörtelik	20lik	MAPP	0,75	0,00	5
YL Lam	Dörtelik	30luk	YYPE	0,34	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	30luk	MAPE	0,60	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	30luk	PP	0,54	0,10	5
YL Lam	Dörtelik	30luk	MAPP	0,75	0,07	5
YL Lam	Dörtelik	40lık	YYPE	0,32	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	40lık	MAPE	0,37	0,07	5
YL Lam	Dörtelik	40lık	PP	0,49	0,08	5
YL Lam	Dörtelik	40lık	MAPP	0,71	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	50lik	YYPE	0,22	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	50lik	MAPE	0,45	0,08	5
YL Lam	Dörtelik	50lik	PP	0,54	0,08	5
YL Lam	Dörtelik	50lik	MAPP	0,69	0,05	5
YL Lam	Dörtelik	Ticari	YYPE	0,19	0,00	5
YL Lam	Dörtelik	Ticari	MAPE	0,19	0,00	5
YL Lam	Dörtelik	Ticari	PP	0,19	0,00	5
YL Lam	Dörtelik	Ticari	MAPP	0,19	0,00	5

Tablo 4.14' e göre Diyagonal basınç moment testinde ortalama, standart sapma değerleri gösterilmiş olup birim bazında açıklamalar ileriki tablolarda verilecektir.

Tablo 4.15 Diyagonal basınç moment testi varyasyon tablosu (Nm)

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F hesap	Önem Düzeyi $\alpha \leq 0.05$
Faktör A = Malzeme türü (MDF Lam ve YL Lam)	0,66	1	0,66	83,37	0,000
Faktör B = Bağlantı elemanı (İki Delikli ve Dört Delikli)	0,52	1	0,52	65,08	0,000
Faktör C = Karışım oranları (Kontrol, % 10, %20, %30, %40 ve %50)	8,72	6	1,45	183,63	0,000
Faktör D = Kimyasallar (PP, YYPE, PP-MAPP, YYPE-MAPE)	3,06	3	1,02	128,89	0,000
A × B	0,94	1	0,94	118,89	0,000
A × C	0,50	6	0,08	10,60	0,000
A × D	3,18	3	1,06	133,86	0,000
B × C	0,53	6	0,09	11,13	0,000
B × D	0,07	3	0,02	3,05	0,029
C × D	0,96	18	0,05	6,73	0,000
A × B × C	0,54	6	0,09	11,38	0,000
A × B × D	0,94	3	0,31	39,62	0,000
A × C × D	1,03	18	0,06	7,25	0,000
B × C × D	0,33	18	0,02	2,28	0,002
A × B × C × D	1,19	18	0,07	8,38	0,000
Hata	3,55	448	0,01		
Toplam	105,21	560			

Tablo 4.15'e göre Faktör A (Malzeme), Faktör B (Bağlantı elemanı), Faktör C (Karışım oranları), Faktör D (Kimyasallar), AB Malzeme × Bağlantı elemanı, AC Malzeme × Karışım oranları, AD Malzeme × Kimyasallar, BC Bağlantı elemanı × Karışım oranları, BD Bağlantı elemanı × Kimyasallar, CD Karışım oranları × Kimyasallar, ABC Malzeme × Bağlantı elemanı × Karışım oranları, ACD Malzeme × Karışım oranları × Kimyasallar, BCD Bağlantı elemanı × Karışım oranları × kimyasallar AB Malzeme × Bağlantı elemanı, ABD Malzeme × Bağlantı elemanı × Kimyasallar ve ABCD Malzeme × Bağlantı elemanı × Karışım oranları × Kimyasallar etkileşimleri $p \leq 0.05$ ' den küçük olduğu için anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.16 Diyagonal basınç momenti ahşap esaslı malzemeye göre (Faktör A)
Homojenlik grubu tablosu

Malzeme türü	Ortalama	Homojenlik grubu
YL Lam	0,37*	A
MDF Lam	0,34	B

Tablo 4.16'ya göre diyagonal basınç momenti ahşap esaslı malzemelerde en yüksek ortalama değer 0,37 Nm ile YL Lam malzemesinde bulunurken, en düşük değer ise 0,34 Nm ile MDF Lam malzemesinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.17 Diyagonal basınç testi moment işlemine göre (Faktör B) homojenlik
grubu testi tablosu

İşlem	Ortalama	Homojenlik grubu
İkidelikli bağlantı elemanı	0,41	A
Dört delikli bağlantı elemanı	0,40	B

Tablo 4.17'ye göre diyagonal basınç momenti işleme göre en yüksek ortalama değer 0,41 Nm ile 2 Delikli bağlantı elemanında bulunurken, en düşük değer ise 0,40 Nm ile 4 Delikli bağlantı elemanında tespit edilmiştir.

Tablo 4.18 Diyagonal basınç momenti işlem türüne göre (Faktör C) homojenlik grubu tablosu

	İşlem Türü	Ortalama	Homojenlik grubu
İşlem Türü	% 30	0,49*	A
	% 40	0,46	B
	% 50	0,46	B
	% 20	0,42	C
	% 10	0,39	D
	Kontrol	0,21	E
	Ticari	0,15	F

Tablo 4.18'e göre diyagonal basınç momenti işlem türüne göre en yüksek ortalama değer 0,49 Nm ile % 30' luk karışım gruplarında bulunurken, en düşük değer ise 0,15 Nm ile ticari plastik grubunda tespit edilmiştir.

Tablo 4.19 Diyagonal basınç testi momenti kimyasallara göre (faktör D) homojenlik grubu tablosu

Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik grubu
PP	0,47	A
PP-MAPP	0,38	B
YYPE-MAPE	0,38	B
YYPE	0,26	C

Tablo 4.19'a göre diyagonal basınç momenti kimyasallara göre en yüksek ortalama değer 0,47 Nm ile PP' de bulunurken, en düşük değer ise 0,26 Nm ile YYPE' de tespit edilmiştir.

Tablo 4.20 Diyagonal basınç momenti malzemeye göre işlem (faktör A*faktör B)

Malzeme	İşlem	Ortalama	Homojenlik grubu
MDF Lam	İkidelik	0,35	A
	Dört delik	0,33	B
YL Lam	İkidelik	0,38	A
	Dört delik	0,36	B

Tablo 4.20'ye göre, diyagonal basınç momenti malzemeye göre işlem (Faktör A × Faktör B), en yüksek değer MDF Lam malzemedeki 0,35 N/m ile iki delikli bağlantı elemanlarında bulunurken, en düşük değer 0,33 N/m ile dört delikli bağlantı elemanında bulunmuş olup, YL Lam malzemedeki en yüksek değeri 0,38 N/m ile iki delikli bağlantı elemanı sağlarken, en düşük değeri 0,36 N/m ile dört delikli bağlantı elemanı ortaya koymuştur.

Tablo 4.21 Diyagonal basınç momenti malzemeye göre işlem türünün (faktör A * faktör C) homojenlik grubu tablosu

Malzeme	Karışım oranları	Ortalama	Homojenlik grubu
MDF Lam	% 30	0,42	A
	% 20	0,40	AB
	% 40	0,40	AB
	% 50	0,39	AB
	% 10	0,37	B
	Kontrol	0,23	C
	Ticari	0,13	D
YL Lam	% 30	0,56	A
	% 50	0,52	A
	% 40	0,52	A
	% 20	0,44	B
	% 10	0,42	B
	Kontrol	0,20	C
	Ticari	0,16	C

Tablo 4.21'e göre, diyagonal basınç momenti malzemeye göre işlem türünün (Faktör A × Faktör C) işleminde MDF Lam malzemede en yüksek değer 0,42 Nm ile %30'luk karışımlar verirken, en düşük değeri 0,13 Nm ile ticari plastik grubu numuneleri vermiştir. YL Lam malzemede ise en yüksek değer 0,56 ile %30'luk karışım grubuna sahip örnekler sağlarken, en düşük değeri 0,16 Nm ile Ticari plastik numuneleri ortaya koymuştur.

Tablo 4.22 Diyagonal basınç momenti malzemeye göre kimyasallar (Faktör A × Faktör D) ikili etkileşimler homojenik grubu tablosu

Malzeme	Karışım oranları	Ortalama	Homojenlik grubu
MDF Lam	PP	0,48	A
	MAPE	0,40	B
	YYPE	0,25	C
	MAPP	0,21	D
YL Lam	MAPP	0,54	A
	PP	0,46	B
	MAPE	0,36	C
	YYPE	0,26	D

Tablo 4.22'ye göre, Diyagonal basınç momenti malzemeye göre kimyasallar (Faktör A × Faktör D), MDF Lam malzemede en yüksek değeri 0,48 Nm ile PP grubu sağlarken, en düşük değeri, 0,21 Nm ile MAPP grubu deney örnekleri ortaya koymuştur. YL Lam malzemede ise en yüksek değeri 0,54 ile MAPP grubu örnekleri ortaya koyarken, en düşük değeri 0,26 Nm ile YYPE grubu örnekleri göstermiştir.

Tablo 4.23 Diyagonal basınç momenti malzeme türüne göre (Faktör A × Faktör B × Faktör C × Faktör D) Homojenik grubu tablosu

MDF Lam					MDF Lam				
Malzeme	Bağlantı elemanı ve Karışım oranları	Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik grubu	Malzeme	Bağlantı elemanı ve Karışım oranları	Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik grubu
MDF Lam	İki delik+kontrol	PP	0,28	A	MDF Lam	Dört delik ve Kontrol	PP	0,39	A
		MAPE	0,18	A			MAPE	0,39	A
		YYPE	0,18	B			MAPP	0,16	B
		MAPP	0,13	B			YYPE	0,13	B
	İkidelik ve % 10	PP	0,33	A		Dört delik ve % 10	PP	0,91	A
		MAPP	0,24	AB			MAPE	0,61	B
		MAPE	0,22	AB			YYPE	0,35	C
		YYPE	0,16	B			MAPP	0,16	C
	İkidelik ve % 20	PP	0,44	A		Dört delik ve % 20	MAPE	0,72	A
		MAPP	0,29	B			PP	0,67	A
		MAPE	0,29	B			YYPE	0,35	B
		YYPE	0,20	B			MAPP	0,24	B
	İkidelik ve % 30	PP	0,42	A		Dört delik ve % 30	PP	0,72	A
		MAPP	0,35	AB			MAPE	0,72	A
		MAPE	0,22	B			YYPE	0,52	B
		YYPE	0,22	B			MAPP	0,22	C
	İkidelik ve % 40	MAPE	0,41	A		Dört delik ve % 40	PP	0,72	A
		PP	0,35	AB			MAPE	0,48	B
		MAPP	0,33	AB			MAPP	0,31	C
		YYPE	0,26	B			YYPE	0,31	C
	İkidelik ve % 50	PP	0,48	A		Dört delik ve % 50	PP	0,69	A
		MAPE	0,33	B			MAPE	0,57	A
		MAPP	0,22	B			YYPE	0,39	A
		YYPE	0,22	B			MAPP	0,24	A
	Ticari		0,18	A				0,14	A

Tablo 4.23'e göre MDF Lam örneklerinin ikidelikli ve kontrol karışım oranı en yüksek değer 0.28 Nm ile PP ile işlem gören örneklerde elde edilirken en düşük ortalama değer 0.13 Nm ile MAPP örneklerinde tespit edilmiştir. İkidelik ve %10 Karışım oranı en yüksek değer 0.33 ile PP örneklerinde elde edilirken en düşük değer 0.16 Nm ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. İkidelik ve %20 karışım oranı en yüksek değer 0.44 ile PP örneklerinde elde edilirken, en düşük değer 0.20 Nm ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. İkidelik ve %30 karışım oranı en yüksek değer 0.42 ile PP örneklerinde elde edilirken en düşük değer 0.22 Nm ile YYPE örneklerinde elde edilmiştir. İkidelik ve %40 karışım oranı en yüksek değer 0.41 ile MAPE örneklerinde belirlenirken en düşük değer 0.26 Nm ile YYPE örneklerinde bulunmuştur. İkidelik ve %50 karışım oranı en yüksek değer 0.48 ile PP örneklerinde tespit edilirken en düşük değer 0.22 Nm ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. Dört delikli ve kontrol karışım oranı en yüksek değer 0.39 Nm ile PP ve MAPE örneklerinde belirlenirken en düşük değer 0.13 Nm ile YYPE örneklerinde belirlenmiştir. Dört delik ve %10 karışım oranı en yüksek değer 0.91 Nm ile PP örneklerinde belirlenirken en düşük değer 0.16 Nm ile MAPP örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delik ve %20 karışım oranı en yüksek değer 0.72 Nm ile MAPE örneklerinde belirlenirken en düşük değer 0.24 Nm ile MAPP örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delik ve %30 karışım oranı en yüksek değer 0.72 Nm ile PP ve PE-MAPE örneklerinde belirlenirken en düşük değer 0,22 Nm ile MAPP örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delik ve %40 karışım oranı en yüksek değer 0.72 Nm ile PP örneklerinde belirlenirken en düşük değer 0,31 Nm ile YYPE örneklerinde tespit edilmiştir. Dört delik ve %50 karışım oranı en yüksek değer 0,69 Nm ile PP örneklerinde elde edilirken en düşük değer 0,24 Nm ile MAPP örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.24 Diyagonal basınç momenti malzeme türüne göre (Faktör A × Faktör B × Faktör C × Faktör D) Homojenik grubu tablosu

YL Lam					YL Lam				
Malzeme	Bağlantı elemanı ve karışım oranları	Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik Grubu	Malzeme	Bağlantı elemanı ve karışım oranları	Kimyasallar	Ortalama	Homojenlik Grubu
YL Lam	İki Delik ve Kontrol	MAPP	0,24	A	YL Lam	Dört delik ve Kontrol	MAPP	0,20	A
		PP	0,24	A			PP	0,20	A
		MAPE	0,24	A			MAPE	0,14	A
		YYPE	0,16	B			YYPE	0,13	A
	İki delik ve % 10	MAPP	0,52	A		Dört delik ve %10	MAPP	0,82	A
		PP	0,52	A			PP	0,37	B
		MAPE	0,42	B			YYPE	0,26	C
		YYPE	0,18	C			MAPE	0,24	C
	İki delik ve %20	PP	0,48	A		Dört delik ve %20	MAPP	0,74	A
		MAPP	0,48	A			PP	0,56	B
		MAPE	0,41	B			MAPE	0,35	C
		YYPE	0,22	C			YYPE	0,31	C
	İki delik ve %30	MAPP	0,74	A		Dört delik ve %30	MAPP	0,74	A
		PP	0,73	A			MAPE	0,59	B
		MAPE	0,42	B			PP	0,54	B
		YYPE	0,39	B			YYPE	0,33	C
	İki delik ve %40	MAPP	0,78	A		Dört delik ve %40	MAPP	0,70	A
		PP	0,76	A			PP	0,48	B
		MAPE	0,46	B			MAPE	0,37	C
		YYPE	0,29	C			YYPE	0,31	C
	İki delik ve %50	MAPP	0,61	A		Dört delik ve %50	MAPP	0,69	A
		PP	0,60	A			PP	0,54	A
		MAPE	0,57	A			MAPE	0,44	A
		YYPE	0,52	A			YYPE	0,22	A
	Ticari		0,14	A		Ticari		0,13	A

4.3. Eğilme Direnci

4.3.1 YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Eğilme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.25'e göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.25 YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	2453,283	5	490,657	115,434	0,000*
Hata	102,013	24	4,251		
Toplam	65527,463	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.26'da YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde en yüksek eğilme direnci değeri YYPE + MAPE %30 oranına sahip deney örneklerinde bulunurken en düşük eğilme direnci değeri YYPE + MAPE %0 oranına sahip deney örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.26 YYPE + MAPE kompozit malzemelerine ait eğilme direnci sonuçları

YYPE + MAPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE + MAPE %0	5	28,23	-	0,25	E**	28,04	28,50
YYPE + MAPE %10	5	41,00	↑45,24	1,05	D	39,99	42,75
YYPE + MAPE %20	5	47,35	↑67,73	3,18	C	44,59	52,86
YYPE + MAPE %30	5	55,35	↑96,07	2,61	A*	53,32	59,76
YYPE + MAPE %40	5	50,93	↑80,41	2,12	B	48,73	53,32
YYPE + MAPE %50	5	52,04	↑84,34	1,70	B	49,65	53,78

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.3.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Eğilme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.27'ye göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.27 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	3035,576	5	607,115	25,672	0,000*
Hata	567,574	24	23,649		
Toplam	109807,080	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.28'de ve bu sonuçlara ait PP + MAPP kompozit malzemelerinde en yüksek eğilme direnci değeri PP + MAPP %50 oranına sahip deney örneklerinde belirlenirken en düşük eğilme direnci değeri PP + MAPP %10 oranına sahip deney örneklerinde elde edilmiştir.

Tablo 4.28 PP + MAPP kompozit malzemelerine ait eğilme direnci sonuçları

PP + MAPP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP + MAPP %0	5	53,05	-	1,44	B	50,57	54,24
PP + MAPP %10	5	41,10	↓22,53	1,48	C**	39,99	43,67
PP + MAPP %20	5	66,56	↑25,47	2,63	A	62,52	69,87
PP + MAPP %30	5	67,67	↑27,56	3,04	A	62,98	71,25
PP + MAPP %40	5	58,66	↑10,57	10,45	B	48,73	73,09
PP + MAPP %50	5	69,96	↑31,88	3,52	A*	65,28	74,93

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.3.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Eğilme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.29'a göre karışım oranının anlamlı olarak belirlendiği görülmektedir.

Tablo 4.29 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	2127,050	5	425,410	94,064	0,000*
Hata	108,542	24	4,523		
Toplam	84285,401	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.30'da ve bu sonuçlara ait PP kompozit malzemelerinde en yüksek eğilme direnci değeri PP %20 oranına sahip deney örneklerinde bulunurken en düşük eğilme direnci değeri PP %10 oranına sahip deney örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.30 PP kompozit malzemelerine ait eğilme direnci sonuçları

PP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP %0	5	52,86	-	0,56	BC	52,40	53,78
PP %10	5	36,78	↓30,42	1,34	D**	34,94	38,15
PP %20	5	65,55	↑24,01	0,62	A*	64,82	66,20
PP %30	5	54,70	↑ 3,48	2,50	B	51,95	57,92
PP %40	5	53,05	↑ 0,36	3,29	BC	49,65	57,92
PP %50	5	50,84	↓ 3,82	2,75	C	46,89	54,24

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.3.4. YYPE Kompozit Malzemelerine Ait Eğilme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.31'e göre karışım oranının anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.31 YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	3368,907	5	673,781	424,249	0,000*
Hata	38,116	24	1,588		
Toplam	50949,638	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan eğilme direnci sonuçları, yüzde değişim, standart sapma değerleri, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.32'de ve bu sonuçlara ait YYPE kompozit malzemelerinde en yüksek eğilme direnci değeri YYPE %20 oranına sahip deney örneklerinde elde edilirken en düşük eğilme direnci değeri YYPE %0 oranına sahip deney örneklerinde belirlenmiştir.

Tablo 4.32 PE kompozit malzemelerine ait eğilme direnci sonuçları

YYPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE %0	5	31,17	-	0,88	D**	29,88	32,18
YYPE %10	5	35,76	↑14,73	0,76	C	34,48	36,32
YYPE %20	5	62,33	↑99,97	0,84	A*	61,60	63,44
YYPE %30	5	41,19	↑32,15	0,90	B	39,99	42,29
YYPE %40	5	36,50	↑17,10	0,90	C	35,86	37,69
YYPE %50	5	31,90	↑2,34	2,42	D	29,42	34,94

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.4. Elastikiyet Modülü

4.4.1. YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Elastikiyet Modülü Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.33'e göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.33 YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	16792465,737	5	3358493,147	237,699	0,000*
Hata	339100,405	24	14129,184		
Toplam	127746599,661	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülü sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.34'te YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde en yüksek elastikiyet modülü değeri YYPE + MAPE %50 oranına sahip deney örneklerinde elde edilirken en düşük elastikiyet modülü değeri YYPE + MAPE %0 oranına sahip deney örneklerinde belirlenmiştir.

Tablo 4.34 YYPE + MAPE kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları

YYPE + MAPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE + MAPE %0	5	731,64	-	7,28	E**	725,20	741,35
YYPE + MAPE %10	5	1270,22	↑ 73,61	36,10	D	1233,20	1328,73
YYPE + MAPE %20	5	1797,71	↑145,71	173,60	C	1684,91	2105,21
YYPE + MAPE %30	5	2458,33	↑236,00	98,33	B	2349,77	2580,19
YYPE + MAPE %40	5	2310,37	↑215,78	141,02	B	2068,60	2423,81
YYPE + MAPE %50	5	2952,93	↑303,60	154,04	A*	2864,21	3227,01

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,

*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.4.2. PP + MAPP kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.35'e göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.35 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$p \leq 0.05$
Karışım Oranı	14619232,737	5	2923846,547	111,858	0,000*
Hata	627333,762	24	26138,907		
Toplam	119923873,105	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülü sonuçları, yüzde değişim, standart sapma değerleri, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.36'da PP + MAPP kompozit malzemelerinde en yüksek elastikiyet modülü değeri PP + MAPP %50 oranına sahip deney örneklerinde tespit edilirken en düşük elastikiyet modülü değeri PP + MAPP %0 oranına sahip deney örneklerinde bulunmuştur.

Tablo 4.36 PP + MAPP kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları

PP + MAPP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP + MAPP %0	5	1033,14	-	42,11	D**	968,28	1065,91
PP + MAPP %10	5	1042,06	↑ 0,86	54,39	D	1005,41	1135,94
PP + MAPP %20	5	1513,31	↑ 46,48	63,74	C	1399,65	1546,12
PP + MAPP %30	5	2336,03	↑ 126,11	121,61	B	2200,64	2485,52
PP + MAPP %40	5	2603,24	↑ 151,97	249,18	A	2202,67	2810,17
PP + MAPP %50	5	2679,93	↑ 159,40	266,75	A*	2259,32	2932,01

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.4.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Elastikiyet Modülü Sonuçları

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.37'ye göre karışım oranının anlamlı olarak belirlendiği görülmektedir.

Tablo 4.37 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	23875016,165	5	4775003,233	285,393	0,000*
Hata	401552,228	24	16731,343		
Toplam	188863922,858	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülü sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.38'de PP kompozit malzemelerinde en yüksek elastikiyet modülü değeri PP %40 oranına sahip deney örneklerinde belirlenirken düşük elastikiyet modülü değeri PP %0 oranına sahip deney örneklerinde elde edilmiştir.

Tablo 4.38 PP kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları

PP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP %0	5	1291,25	-	48,44	E**	1221,87	1344,00
PP %10	5	1361,82	↑ 5,47	72,09	E	1304,81	1466,82
PP %20	5	1961,28	↑ 51,89	78,75	D	1907,41	2098,15
PP %30	5	2619,60	↑102,87	166,48	C	2355,33	2772,80
PP %40	5	3732,03	↑189,02	201,99	A*	3488,83	4009,90
PP %50	5	3087,65	↑139,12	134,64	B	2921,89	3237,80

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.4.4. YYPE Kompozit Malzemelerine Ait Elastikiyet Modülü Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.39'a göre karışım oranının anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.39 YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	13431665,421	5	2686333,084	74,722	0,000*
Hata	862827,570	24	35951,149		
Toplam	120395184,273	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan elastikiyet modülü sonuçları, yüzde değişim, standart sapma değerleri, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.40'ta YYPE kompozit malzemelerinde en yüksek elastikiyet modülü değeri YYPE %40 oranına sahip deney örneklerinde bulunurken düşük elastikiyet modülü değeri YYPE Kontrol deney örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.40 YYPE kompozit malzemelerine ait elastikiyet modülü sonuçları

YYPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE %0	5	800,48	-	39,67	D**	730,75	827,44
YYPE %10	5	1338,55	↑67,22	82,49	C	1247,47	1453,61
YYPE %20	5	1849,03	↑130,99	97,81	B	1743,35	1980,57
YYPE %30	5	1975,02	↑146,73	150,50	B	1822,82	2163,70
YYPE %40	5	2668,24	↑233,33	322,00	A*	2305,01	2992,08
YYPE %50	5	2652,33	↑231,34	267,26	A	2243,90	2948,85

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.5. Çekme Direnci

4.5.1 YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Çekme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.41'e göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.41 YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	87,422	5	17,484	20,090	0,000*
Hata	20,888	24	0,870		
Toplam	15592,626	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.42'de YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde en yüksek çekme direnci değeri YYPE + MAPE %30 oranına sahip deney örneklerinde bulunurken en düşük çekme direnci değeri YYPE + MAPE %0 oranına sahip deney örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.42 YYPE + MAPE kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları

YYPE + MAPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE + MAPE %0	5	19,74	-	0,23	D**	19,41	20,02
YYPE + MAPE %10	5	21,94	↑11,14	0,42	C	21,25	22,27
YYPE + MAPE %20	5	22,19	↑12,41	0,96	C	20,64	23,09
YYPE + MAPE %30	5	25,17	↑27,51	0,59	A*	24,31	25,95
YYPE + MAPE %40	5	23,66	↑19,86	1,76	B	21,25	25,74
YYPE + MAPE %50	5	23,62	↑19,66	0,79	B	22,88	24,93

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.5.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Çekme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.43'e göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.43 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	382,771	5	76,554	23,013	0,000*
Hata	79,836	24	3,326		
Toplam	25842,818	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.44'te PP + MAPP kompozit malzemelerinde en yüksek çekme direnci değeri PP + MAPP %20 oranına sahip deney örneklerinde bulunurken en düşük çekme direnci değeri PP + MAPP %10 oranına sahip deney örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.44. PP + MAPP kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları

PP + MAPP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP + MAPP %0	5	31,75	-	0,42	A	31,05	32,08
PP + MAPP %10	5	22,31	↓29,73	0,09	C**	22,27	22,47
PP + MAPP %20	5	31,91	↑ 0,50	1,37	A*	29,62	32,89
PP + MAPP %30	5	31,22	↓ 1,67	0,51	A	30,85	32,08
PP + MAPP %40	5	26,36	↓16,98	4,17	B	23,50	33,71
PP + MAPP %50	5	30,97	↓ 2,46	0,45	A	30,44	31,67

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.5.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Çekme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.45'e göre karışım oranının anlamlı olarak belirlendiği görülmektedir.

Tablo 4.45 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	792,888	5	158,578	346,959	0,000*
Hata	10,969	24	0,457		
Toplam	19188,307	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direnci sonuçları, yüzde değişim, standart sapma değerleri, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.46' da PP kompozit malzemelerinde elde edilen en yüksek çekme direnci değeri PP %20 oranına sahip deney örneklerinde elde edilirken en düşük çekme direnci değeri PP %10 oranına sahip deney örneklerinde bulunmuştur.

Tablo 4.46 PP kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları

PP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP %0	5	30,81	-	0,57	B	30,24	31,46
PP %10	5	18,71	↓39,27	0,18	F**	18,59	19,00
PP %20	5	32,20	↑4,51	0,51	A*	31,87	33,10
PP %30	5	24,76	↓19,64	0,27	C	24,52	25,13
PP %40	5	19,98	↓35,15	0,81	E	19,21	21,04
PP %50	5	22,07	↓28,37	1,18	D	20,84	23,70

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.5.4. YYPE kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.47'ye göre karışım oranının anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.47 YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$p \leq 0.05$
Karışım Oranı	722,004	5	144,401	77,810	0,000*
Hata	44,539	24	1,856		
Toplam	14102,932	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan çekme direnci sonuçları, yüzde değişim, standart sapma değerleri, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.48'de YYPE kompozit malzemelerinde elde edilen en yüksek çekme direnci değeri YYPE %20 oranına sahip deney örneklerinde belirlenirken en düşük çekme direnci değeri YYPE %40 oranına sahip deney örneklerinde elde edilmiştir.

Tablo 4.48 YYPE kompozit malzemelerine ait çekme direnci sonuçları

YYPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE %0	5	20,72	-	0,51	B	19,82	21,04
YYPE %10	5	18,59	↓10,28	0,48	C	17,78	19,00
YYPE %20	5	31,26	↑50,87	1,44	A*	28,81	32,28
YYPE %30	5	17,82	↓14,00	0,37	CD	17,37	18,18
YYPE %40	5	16,26	↓21,53	0,42	D**	15,94	16,96
YYPE %50	5	21,86	↑ 5,50	2,87	B	17,37	24,93

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.6. Vida Çekme Direnci

4.6.1. YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Vida Çekme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.49'a göre karışım oranının anlamsız olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.49 YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	270,898	5	54,180	0,739	0,602**
Hata	1759,913	24	73,330		
Toplam	350073,488	30			

**: Anlamsız

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direnci sonuçları, yüzde değişim, standart sapma değerleri, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.50'de YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde elde edilen en yüksek vida çekme direnci değeri YYPE + MAPE %30 oranına sahip deney örneklerinde elde edilirken en düşük vida çekme direnci değeri YYPE + MAPE %50 oranına sahip deney örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.50 YYPE + MAPE kompozit malzemelerine ait vida çekme direnci sonuçları

YYPE + MAPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE + MAPE %0	5	109,34	-	8,24	A	95,62	117,68
YYPE + MAPE %10	5	105,91	↓3,14	10,17	A	93,16	117,68
YYPE + MAPE %20	5	107,38	↓1,79	2,05	A	105,42	110,33
YYPE + MAPE %30	5	112,78	↑3,15	13,87	A*	90,71	127,49
YYPE + MAPE %40	5	107,87	↓1,34	6,71	A	98,07	115,23
YYPE + MAPE %50	5	102,97	↓5,83	5,20	A**	95,62	107,87

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.6.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Vida Çekme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.51'e göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.51 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	18153,397	5	3630,679	14,835	0,000*
Hata	5873,613	24	244,734		
Toplam	700144,372	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direnci sonuçları, yüzde değişim, standart sapma değerleri, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.52'de PP + MAPP kompozit malzemelerinde elde edilen en yüksek vida çekme direnci değeri PP + MAPP %20 oranına sahip deney örneklerinde bulunurken en düşük vida çekme direnci değeri PP + MAPP %10 oranına sahip deney örneklerinde elde edilmiştir.

Tablo 4.52 PP + MAPP kompozit malzemelerine ait vida çekme direnci sonuçları

PP + MAPP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP + MAPP %0	5	157,40	-	19,41	B	144,65	191,23
PP + MAPP %10	5	111,31	↓29,28	14,77	C**	95,62	132,39
PP + MAPP %20	5	188,78	↑19,94	5,48	A*	181,42	196,13
PP + MAPP %30	5	158,38	↑ 0,62	19,04	B	137,29	186,33
PP + MAPP %40	5	128,47	↓18,38	18,80	C	110,33	159,36
PP + MAPP %50	5	156,42	↓ 0,62	11,29	B	144,65	174,07

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.6.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Vida Çekme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.53'e göre karışım oranının anlamlı olarak belirlendiği görülmektedir.

Tablo 4.53 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$p \leq 0.05$
Karışım Oranı	13624,544	5	2724,909	10,555	0,000*
Hata	6195,784	24	258,158		
Toplam	658200,837	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.54'te PP kompozit malzemelerinde elde edilen en yüksek vida çekme direnci değeri PP %0 ve PP %20 oranına sahip deney örneklerinde elde edilirken en düşük vida çekme direnci değeri PP %10 oranına sahip deney örneklerinde bulunmuştur.

Tablo 4.54 PP kompozit malzemelerine ait vida çekme direnci sonuçları

PP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP %0	5	171,13	-	13,25	A*	149,55	183,88
PP %10	5	113,27	↓33,81	9,71	D**	100,52	125,04
PP %20	5	171,13	0,00	28,03	A*	129,94	208,39
PP %30	5	141,22	↓17,48	9,90	BC	132,39	156,91
PP %40	5	127,49	↓25,50	13,98	CD	112,78	147,10
PP %50	5	151,02	↓11,75	14,15	AB	134,84	171,62

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.6.4. YYPE Kompozit Malzemelerine Ait Vida Çekme Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.55'e göre karışım oranının anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.55 YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$p \leq 0.05$
Karışım Oranı	7088,852	5	1417,770	6,854	0,000*
Hata	4964,816	24	206,867		
Toplam	352219,361	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan vida çekme direnci sonuçları, yüzde değişim, standart sapma değerleri, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.56'da YYPE kompozit malzemelerinde elde edilen en yüksek vida çekme direnci değeri YYPE %20 oranına sahip deney örneklerinde belirlenirken en düşük vida çekme direnci değeri YYPE %50 oranına sahip deney örneklerinde elde edilmiştir.

Tablo 4.56 YYPE kompozit malzemelerine ait vida çekme direnci sonuçları

YYPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE %0	5	120,62	-	12,18	A	100,52	132,39
YYPE %10	5	96,11	↓20,32	4,72	B	90,71	102,97
YYPE %20	5	134,35	↑11,38	29,59	A*	110,33	176,52
YYPE %30	5	96,11	↓20,32	4,03	B	90,71	100,52
YYPE %40	5	96,11	↓20,32	5,85	B	88,26	102,97
YYPE %50	5	95,61	↓20,73	12,01	B**	80,91	110,33

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.7. Sertlik (Janka) Direnci

4.7.1. YYPE + MAPE Kompozit Malzemelerine Ait Sertlik (Janka) Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.57'ye göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.57 YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	280,140	5	56,028	4,930	0,003*
Hata	272,751	24	11,365		
Toplam	37209,151	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.58'de YYPE + MAPE kompozit malzemelerinde en yüksek janka sertlik değeri YYPE + MAPE %10 oranına sahip deney örneklerinde elde edilirken en düşük janka sertlik değeri YYPE + MAPE %50 oranına sahip deney örneklerinde tespit edilmiştir.

Tablo 4.58 YYPE + MAPE kompozit malzemelerine ait sertlik (Janka) direnci sonuçları

YYPE + MAPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE + MAPE %0	5	30,83	-	3,85	B	24,58	35,17
YYPE + MAPE %10	5	38,18	↑23,84	3,34	A*	32,82	41,45
YYPE + MAPE %20	5	36,43	↑18,16	5,82	A	32,17	46,42
YYPE + MAPE %30	5	37,61	↑21,99	0,93	A	36,35	38,83
YYPE + MAPE %40	5	36,01	↑16,80	2,48	A	32,95	38,70
YYPE + MAPE %50	5	30,68	↓ 0,49	1,15	B**	29,68	32,43

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.7.2. PP + MAPP Kompozit Malzemelerine Ait Sertlik (Janka) Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.59'a göre karışım oranının anlamlı olarak elde edildiği görülmektedir.

Tablo 4.59 PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	$p \leq 0.05$
Karışım Oranı	920,810	5	184,162	12,377	0,000*
Hata	357,105	24	14,879		
Toplam	58770,950	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP + MAPP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.60'ta PP + MAPP kompozit malzemelerinde elde edilen en yüksek janka sertlik değeri PP + MAPP %20 oranına sahip deney örneklerinde belirlenirken en düşük janka sertlik değeri PP + MAPP %10 oranına sahip deney örneklerinde elde edilmiştir.

Tablo 4.60 PP + MAPP kompozit malzemelerine ait sertlik (Janka) direnci sonuçları

PP + MAPP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP + MAPP %0	5	45,50	-	2,81	BC	42,23	49,82
PP + MAPP %10	5	33,92	↓25,45	2,44	D**	31,12	36,48
PP + MAPP %20	5	51,70	↑13,63	3,32	A*	47,73	56,09
PP + MAPP %30	5	47,60	↑4,62	5,62	AB	41,45	53,87
PP + MAPP %40	5	41,74	↓8,26	4,06	C	37,14	47,46
PP + MAPP %50	5	42,21	↓7,23	4,03	C	37,00	46,94

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.7.3. PP Kompozit Malzemelerine Ait Sertlik (Janka) Direnci Sonuçları

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.61'e göre karışım oranının anlamlı olarak belirlendiği görülmektedir.

Tablo 4.61 PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	322,030	5	64,406	5,210	0,002*
Hata	296,705	24	12,363		
Toplam	47274,441	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen PP kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direnci sonuçları, standart sapma değerleri, yüzde değişim, homojenlik grupları ile minimum ve maksimum değerleri Tablo 4.62'de PP kompozit malzemelerinde elde edilen en yüksek janka sertlik değeri PP %20 oranına sahip deney örneklerinde elde edilirken en düşük janka sertlik değeri PP %10 oranına sahip deney örneklerinde belirlenmiştir.

Tablo 4.62 PP kompozit malzemelerine ait sertlik (Janka) direnci sonuçları

PP Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
PP %0	5	40,80	-	6,62	A	32,69	50,86
PP %10	5	32,90	↓19,36	1,56	B**	30,60	34,39
PP %20	5	43,78	↑7,30	1,66	A*	41,97	46,16
PP %30	5	40,12	↓1,67	2,80	A	35,96	42,76
PP %40	5	40,01	↓1,94	3,78	A	34,00	44,46
PP %50	5	39,02	↓4,36	1,75	A	36,22	40,53

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.7.4. YYPE Kompozit Malzemelerine Ait Sertlik (Janka) Sonuçları

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları Tablo 4.63'e göre karışım oranının anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.63 YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direncine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Kare	F Değeri	p≤0.05
Karışım Oranı	968,879	5	193,776	94,206	0,000*
Hata	49,366	24	2,057		
Toplam	35602,160	30			

*: Anlamlı

Çalışmada üretilen YYPE kompozit malzemelerinde belirlenmiş olan sertlik (Janka) direnci sonuçları, standart sapma değerleri, homojenlik grupları, minimum ile maksimum değerleri ve yüzde değişim sonuçları Tablo 4.64'te YYPE kompozit malzemelerinde en yüksek janka sertlik değeri YYPE %20 oranına sahip deney örneklerinde tespit edilirken en düşük janka sertlik değeri YYPE %50 oranına sahip deney örneklerinde bulunmuştur.

Tablo 4.64 YYPE kompozit malzemelerine ait sertlik (Janka) sonuçları

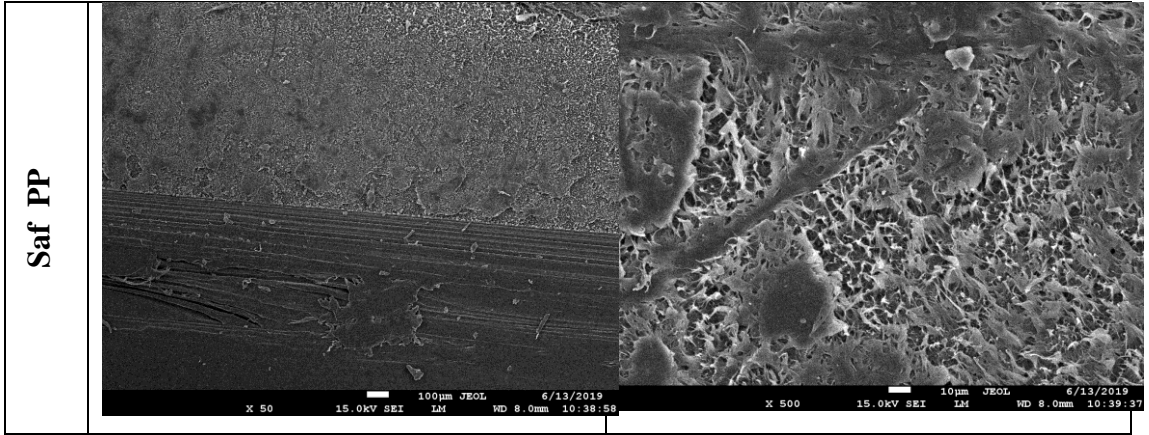
YYPE Karışım Oranı	N	X (N/mm ²)	Değişim (%)	SS	HG	Minimum	Maksimum
YYPE %0	5	29,58	-	0,90	C	28,11	30,47
YYPE %10	5	34,47	↑16,53	2,06	B	31,90	37,53
YYPE %20	5	45,58	↑54,09	1,20	A*	44,20	47,46
YYPE %30	5	33,63	↑13,69	0,90	B	32,30	34,78
YYPE %40	5	32,61	↑10,24	1,76	B	30,21	34,39
YYPE %50	5	27,85	↓5,85	1,39	C**	26,02	29,55

N: Ölçüm Sayısı, X: Ortalama, SS: Standart Sapma, HG: Homojenlik Grubu,
*: En yüksek değeri ifade etmektedir, **: En düşük değeri ifade etmektedir.

4.8. Morfolojik Özellikler

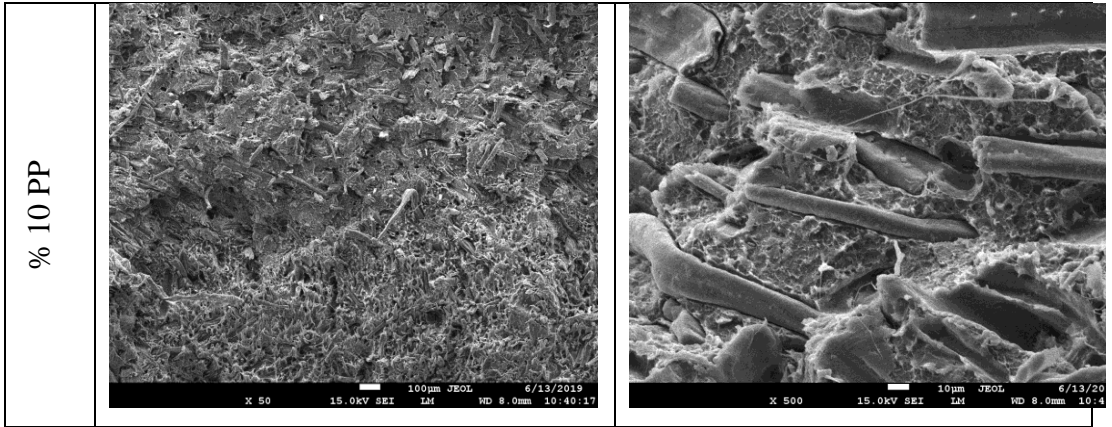
4.8.1. Sem Görüntüleri

Şekil 4.5 'de sem görüntülerinde görüldüğü gibi pp malzeme içinde dolgu malzemesi olarak kullanılan mobilya fabrikası atıklarından oluşan dolgu malzemesi oldukça homojen bir dağılım göstermiş olup matris malzeme ile uyumlu bir sonuç göstermiştir.



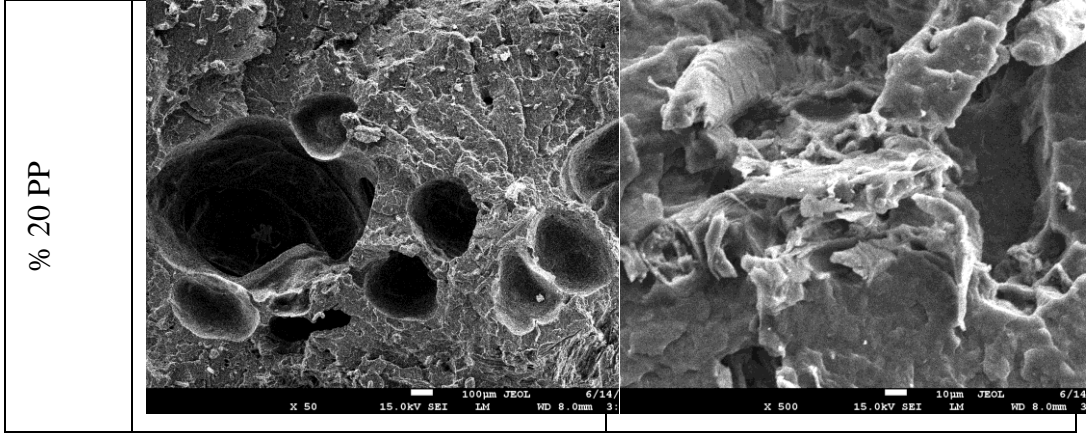
Şekil 4.5 Saf PP SEM görüntüsü

Şekil 4.6'da %10 PP numunelerinde mobilya fabrikası atıkları polimer matris içinde homojen bir karışım sağlamıştır.



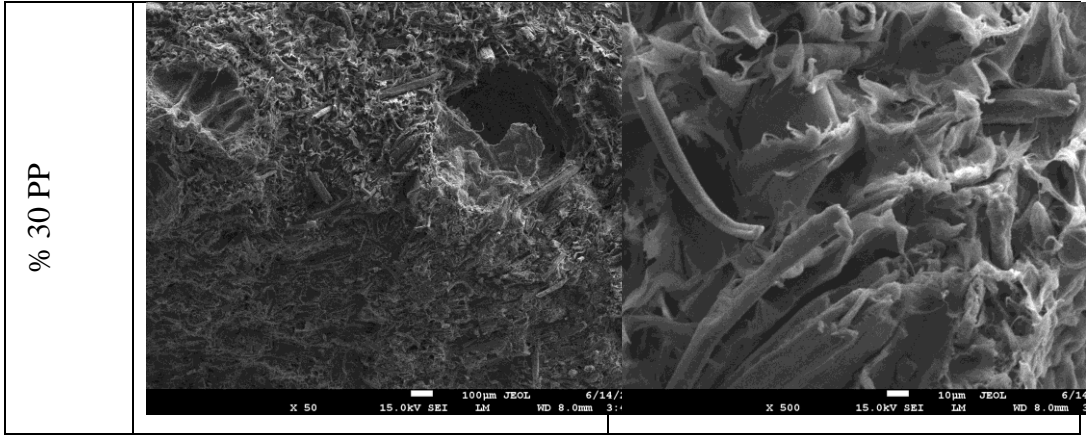
Şekil 4.6 %10 PP SEM görüntüsü

Şekil 4.7’de %20 PP numunelerinde polimer matris içerisinde lignoselülozik malzeme iyi bir bağ yapısı oluşturmuştur.



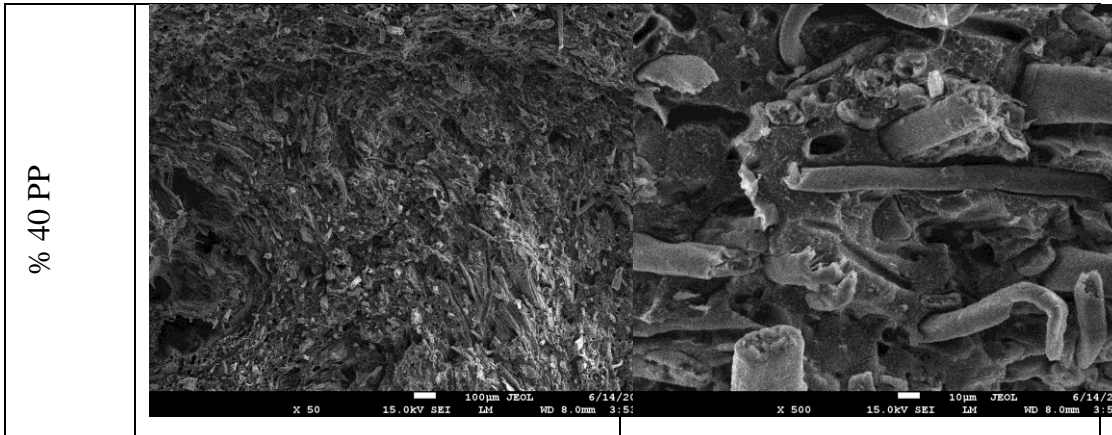
Şekil 4.7 %20 PP SEM görüntüsü

Şekil 4.8’de %30 PP numunelerinde orantısız bir dağılım gösteren odun unu polimer matrisle kuvvetli bir oluşumu göstermiştir.



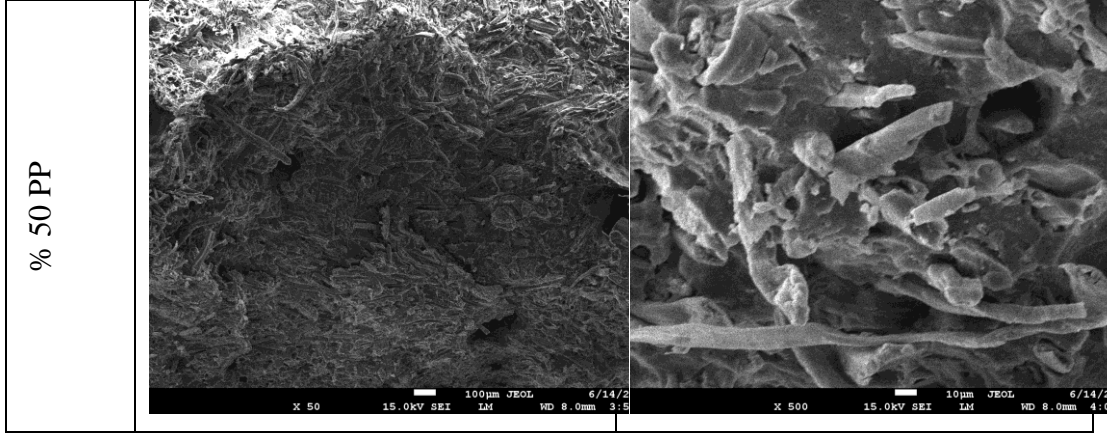
Şekil 4.8 %30 PP SEM görüntüsü

Şekil 4.9’da %40 PP numunelerinde odun unu polimer kompozisyonu homojen bir karışım ortaya koymaktadır.



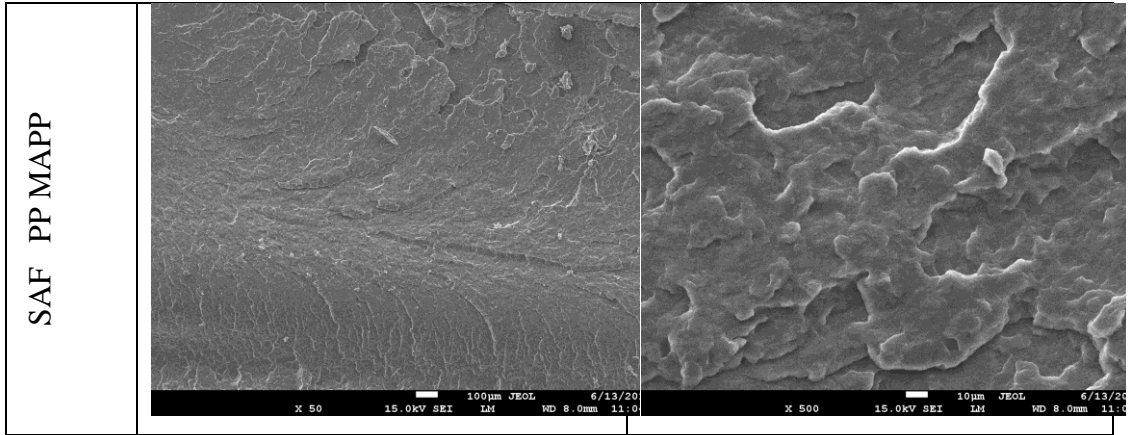
Şekil 4.9 %40 PP SEM görüntüsü

Şekil 4.10'da %50 PP numunelerinde ofun ununun fazla olmasına mukabil kompozit malzemenin daha odunsu bir görünüme büründüğü ortaya çıkmaktadır.



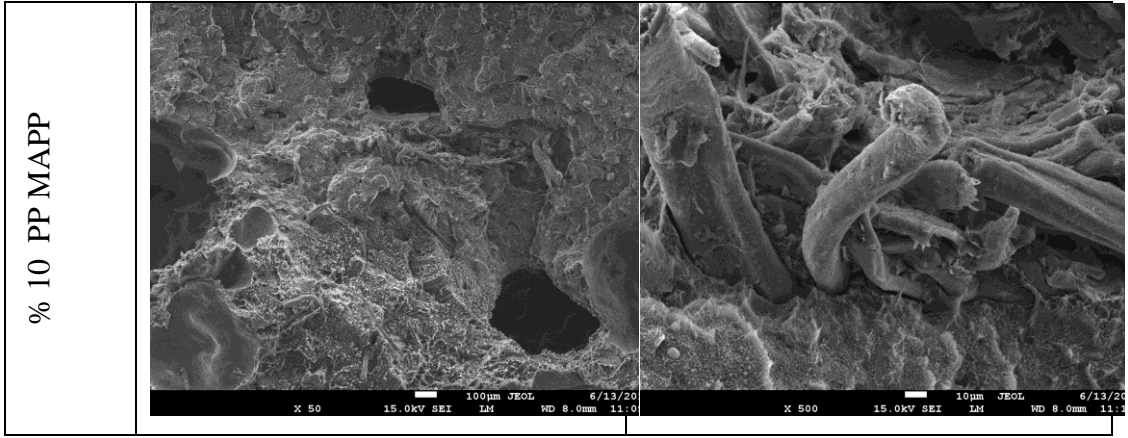
Şekil 4.10 %50 PP SEM görüntüsü

Şekil 4.11'de maleik anhidrit ile mumamele edilmiş PP'nin bağlayıcı ajan olarak görevini oldukça iyi yaptığı gözlemlenmiş olup, dolgu maddesi ile matris malzemeyi bir birine oldukça düzgün bir yapıyla bağladığı bunun da mekanik davranışlara büyük katkısının olduğu ortaya çıkmaktadır. Elde edilen mobilya bağlantı elemanları ile yapılan diyagonal çekme ve diyagonal basma deneylerinde de bu düzgün yapısal görüntünün pozitif etkileri kendini göstermektedir.



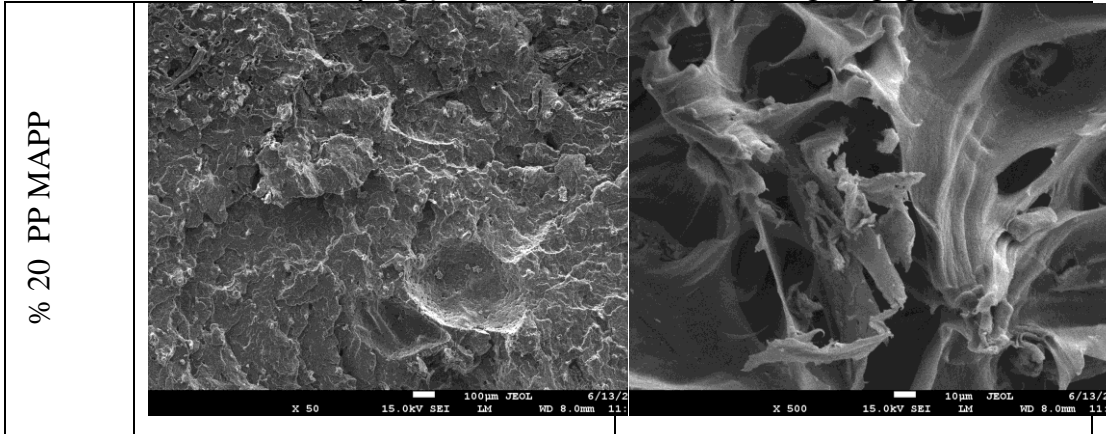
Şekil 4.11 Saf PP- MAPP SEM görüntüsü

Şekil 4.12’de %10 PP-MAPP deney örneklerinde bağlayıcı eleman olarak MAPP’ın kullanılması matris malzeme ve dolgu malzemesi arasında güçlü bir adezyon oluşturmuştur.



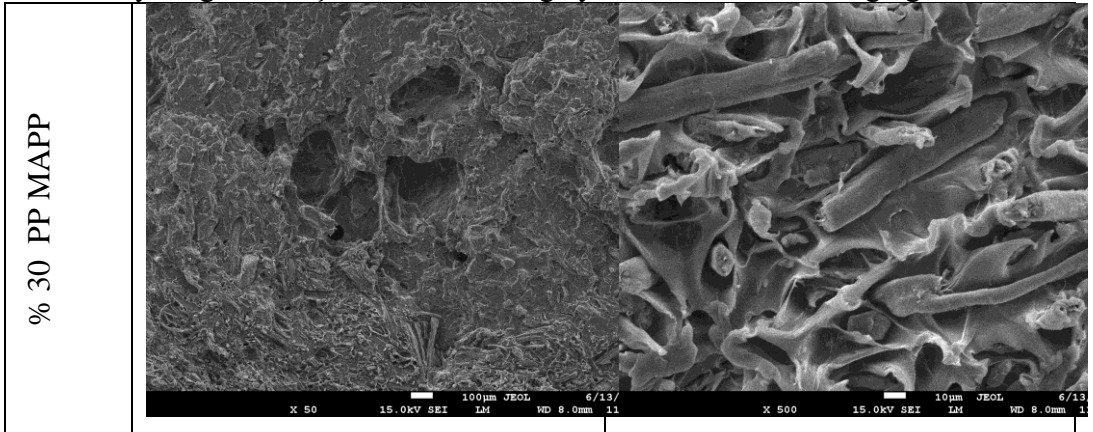
Şekil 4.12 %10 PP-MAPP SEM görüntüsü

Şekil 4.13’te %20 PP-MAPP numunelerinde MAPP bağlayıcı elemanının dolgu elemanını matris malzemeye güçlü bir adezyon kuvvetiyle bağladığı görülmektedir.



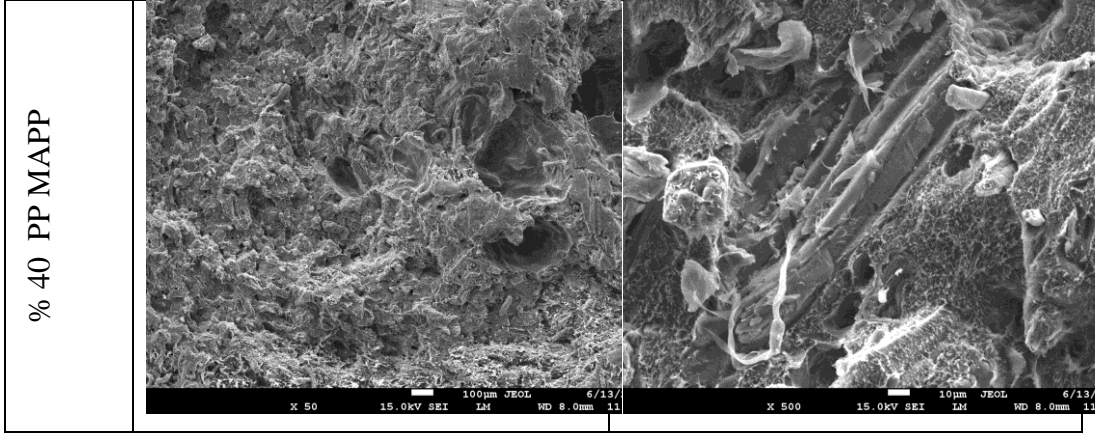
Şekil 4.13 %20 PP-MAPP SEM görüntüsü

Şekil 4.14’te %30 PP-MAPP deney örneklerinde dolgu malzemesinin matris malzemeye sağlam bir şekilde MAPP bağlayıcı elemanı ile tuttuğu görülmektedir.



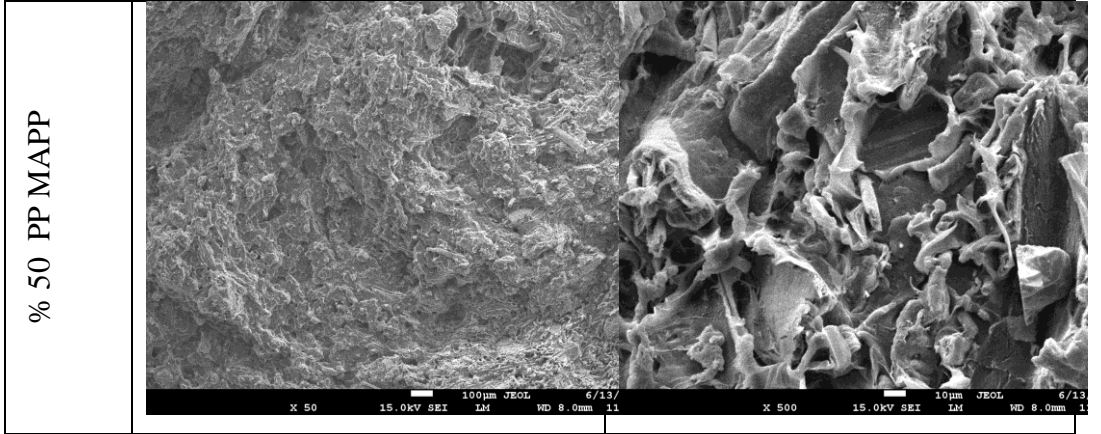
Şekil 4.14 %30 PP-MAPP SEM görüntüsü

Şekil 4.15'te %40 PP-MAPP numunelerinde odunsu yapının artmasına karşı MAPP bağlayıcı elemanının güçlü bir adezyon yapı oluşturduğu görülmektedir.



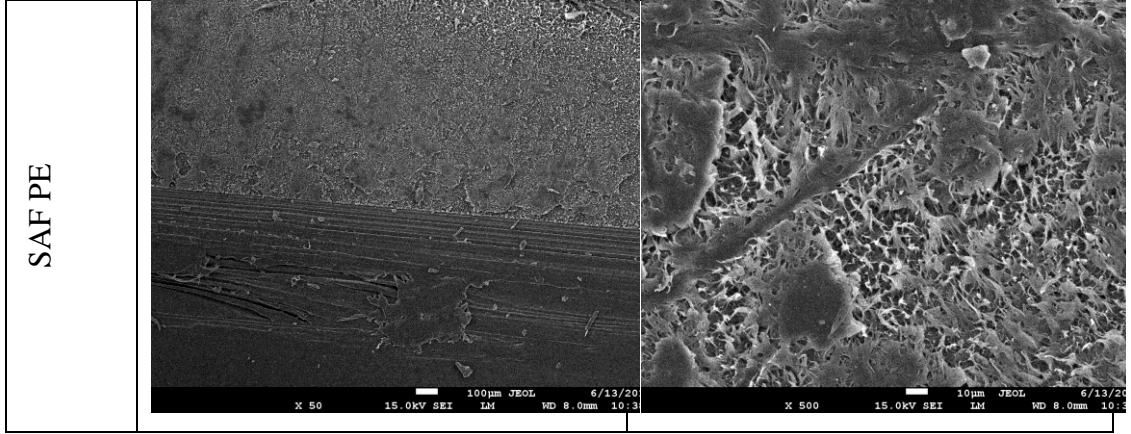
Şekil 4.15 %40 PP-MAPP SEM görüntüsü

Şekil 4.16'da %50 PP-MAPP deney örneklerinde polimer malzeme ile dolgu malzemesinin grift bir yapı oluşturmasında MAPP malzemenin büyük bir etkisi bulunmaktadır.



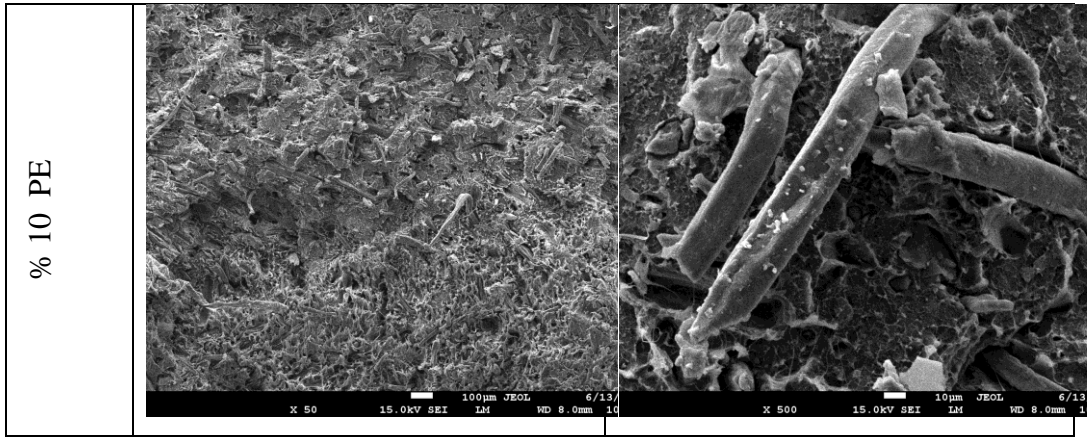
Şekil 4.16 %50 PP-MAPP SEM görüntüsü

Şekil 4.17'deki sem görüntülerinde de görüldüğü üzere YYPE malzeme içerisinde kullanılan mobilya fabrikası atıklarından elde edilen dolgu malzemeleri tam anlamıyla bir bağ kuramadığı bunun da mekanik testlere olumsuz yansıdığı sonucuna varılmıştır görüntülere bakıldığında matris malzeme ile dolgu malzeme arasında boşluklar görülmektedir.



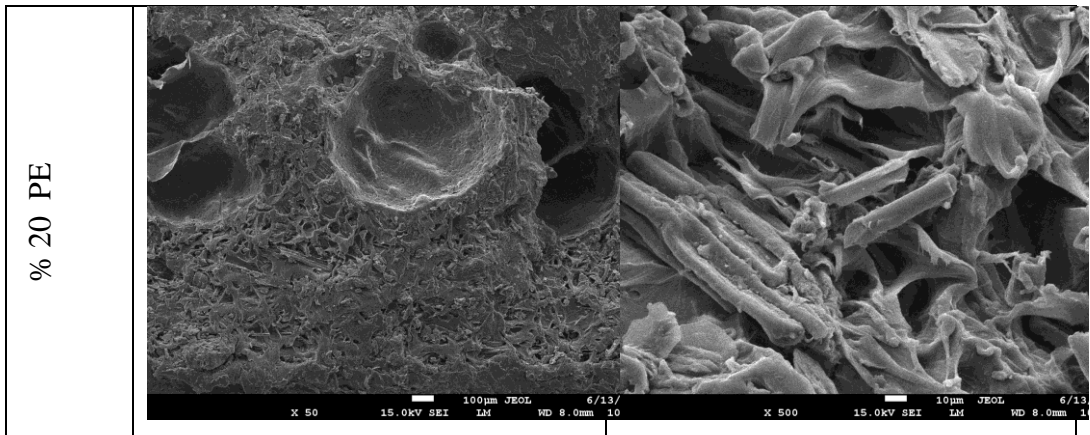
Şekil 4.17 Saf YYPE SEM görüntüsü

Şekil 4.18’de %10 YYPE örneklerinde polimer malzeme ve dolgu malzemesi arasında tam bir kurulumadığı tespit edilmiştir.



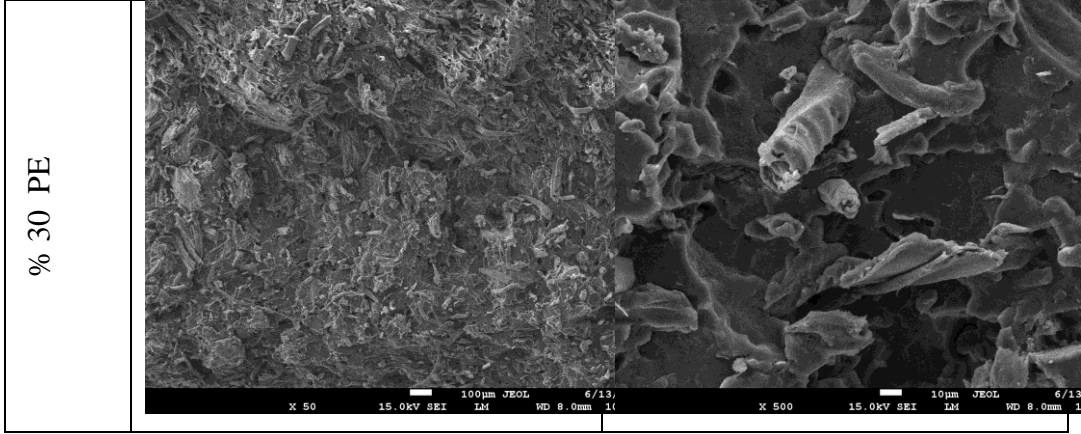
Şekil 4.18 %10 YYPE SEM görüntüsü

Şekil 4.19’da %20 YYPE deney numunelerinde belirgin boşlukların oluştuğu gözle çarpmaktadır.



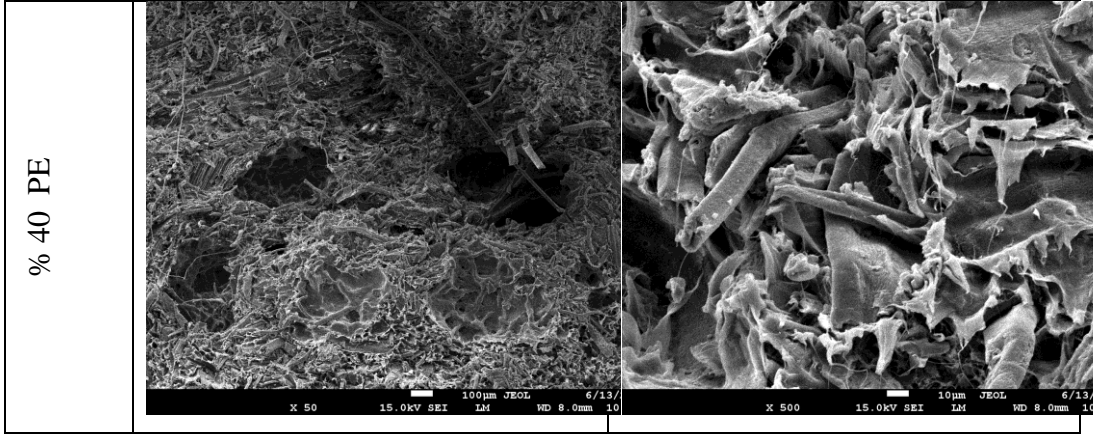
Şekil 4.19 %20 YYPE SEM görüntüsü

Şekil 4.20’de %30 YYPE numunelerinde odun unu matis malzeme içerisinde homojen bir dağılıma sahip değildir.



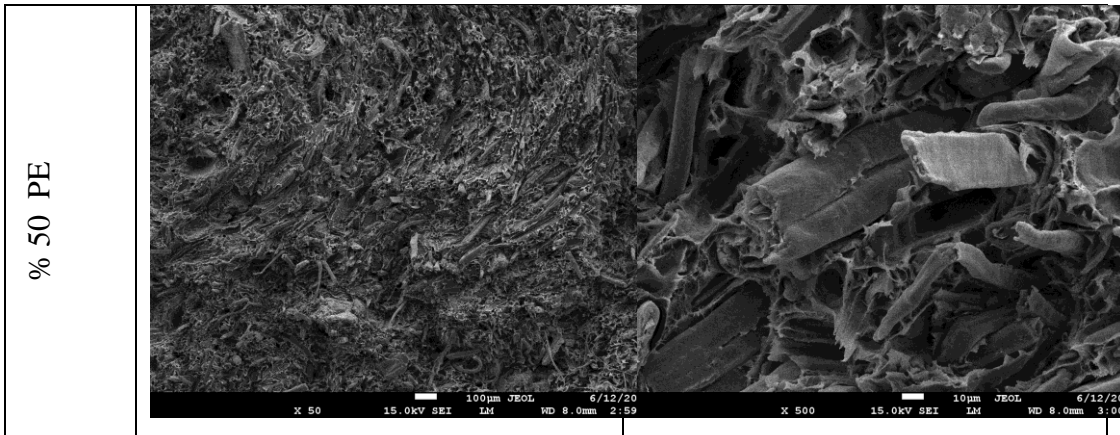
Şekil 4.20 %30 YYPE SEM görüntüsü

Şekil 4.21’de %40 YYPE deney numunelerinde dolgu malzemesi matris malzeme içerisinde orantısız bir dağılım ortaya koymamıştır.



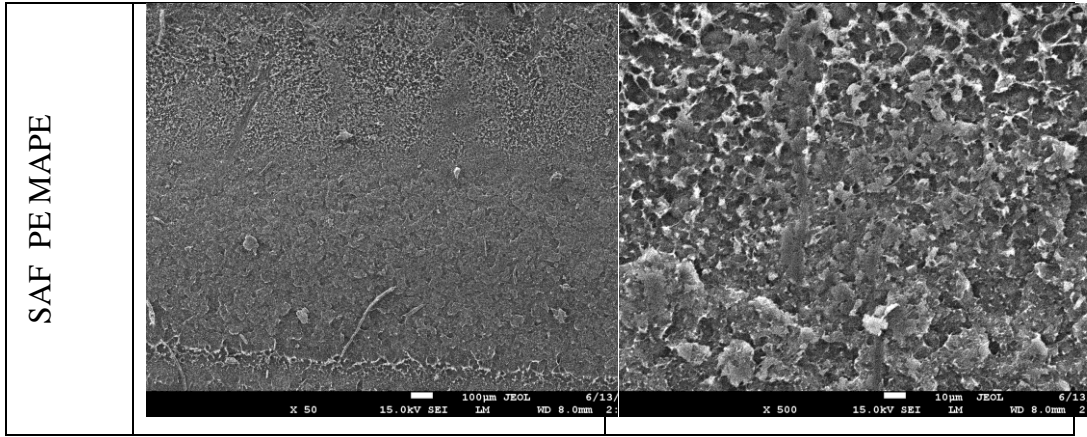
Şekil 4.21 %40 YYPE SEM görüntüsü

Şekil 4.22’de %50 YYPE örneklerinde dolgu malzemesi polimer malzeme içerisinde homojen karışım sergilememiştir.



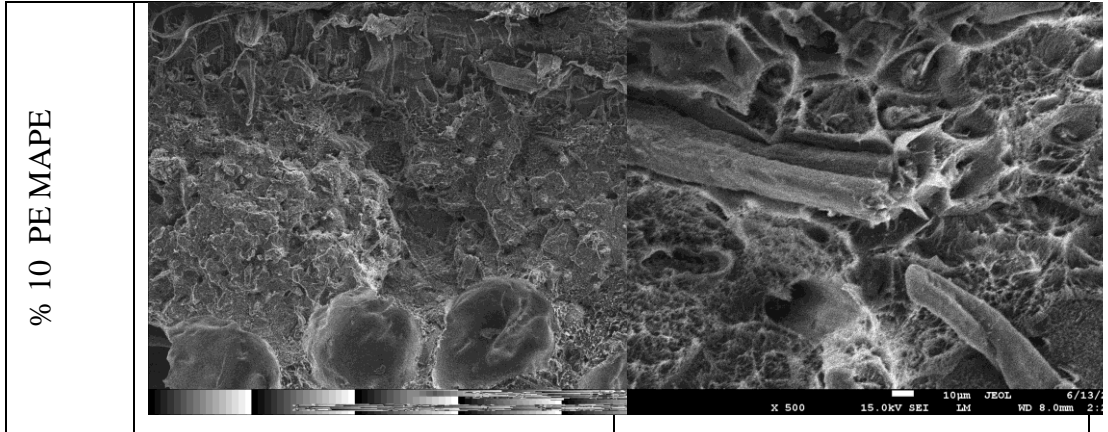
Şekil 4.22 %50 YYPE SEM görüntüsü

Şekil 4.23'teki sem görüntülerine bakıldığında MAPE' nin bu karışımda da görevini iyi bir şekilde yerine getirdiği görülmekte olup matris malzeme ile dolgu malzemesi arasındaki uyumu oldukça iyi bir şekilde yapmıştır. Bu da iki malzemenin birbirine iyi bir şekilde bağlanmasına yardım ettiğini göstermektedir. Mekanik testlerde de MAPE' li kompozit karışımlar sadece YYPE ile yapılan kompozit karışımlara oranla daha iyi sonuçlar ortaya koymaktadır.



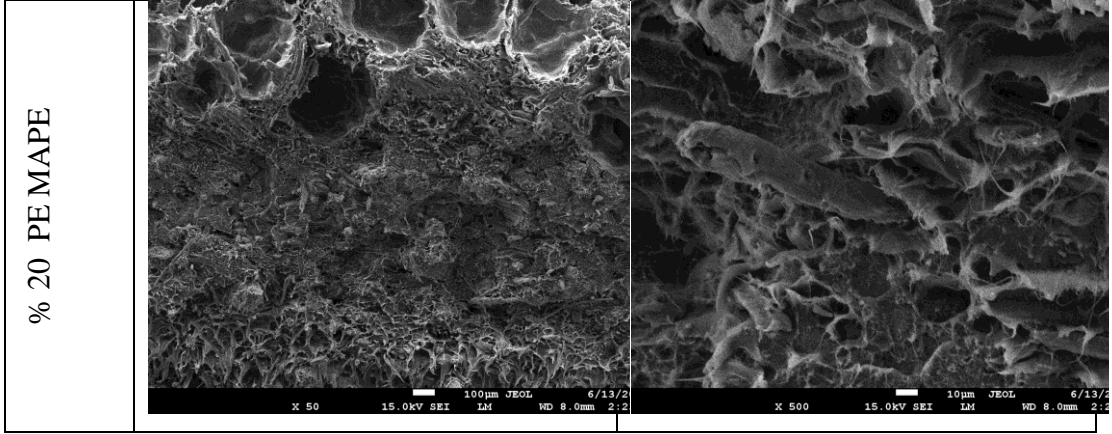
Şekil 4.23 Saf YYPE-MAPE SEM görüntüsü

Şekil 4.24'te %10 YYPE-MAPE deney numunelerinde MAPE bağlayıcı elemanı matris malzeme ve dolgu malzemesi arasında iyi bir adezyon oluşturmuştur.



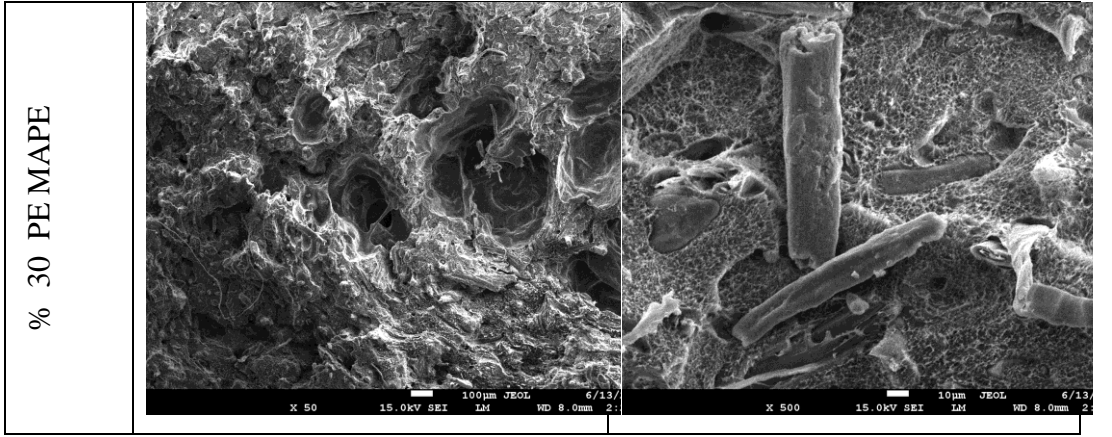
Şekil 4.24 %10 YYPE-MAPE SEM görüntüsü

Şekil 4.25'te %20 YYPE-MAPE deney örneklerinde dolgu malzemesi MAPE sayesinde polimer matrise daha iyi tutunma göstermiştir.



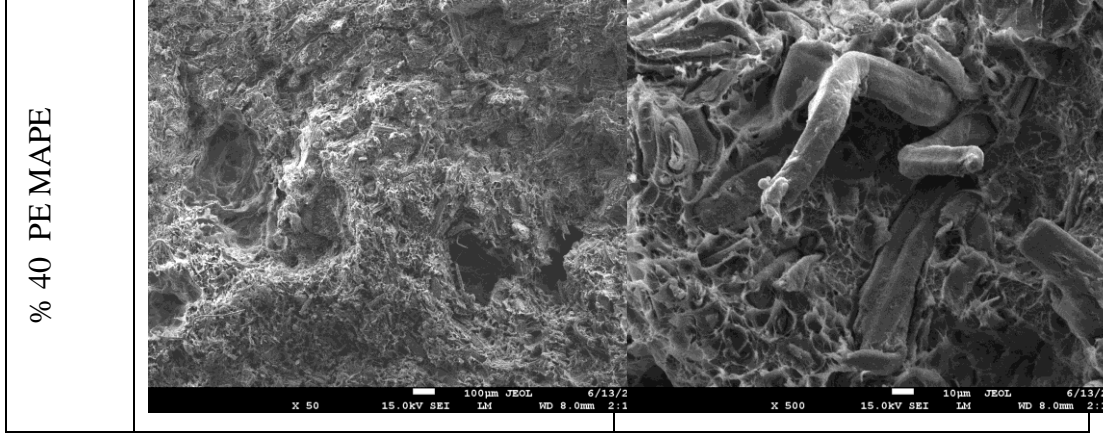
Şekil 4.25 %20 YYPE-MAPE SEM görüntüsü

Şekil 4.26'da %30 YYPE-MAPE numunelerinde odun unu dolgu malzemesi MAPE'nin bağlayıcı etkisiyle matris malzemeye iyi bir tutunma sergilemiştir.



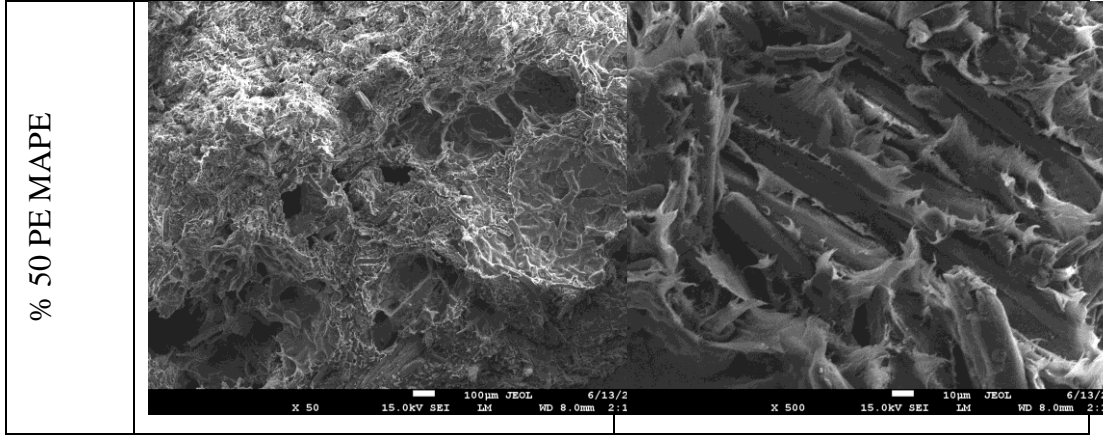
Şekil 4.26 %30 YYPE-MAPE SEM görüntüsü

Şekil 4.27’de %40 YYPE-MAPE deney örneklerinde MAPE’nin bağlayıcı kuvveti sadece YYPE örneklerinden elde edilen numunelere göre dolgu malzemesinin matris malzeme içerisinde daha iyi bir bağ yaptırmaya yardımcı olduğu söylenebilir.



Şekil 4.27 %40 YYPE-MAPE SEM görüntüsü

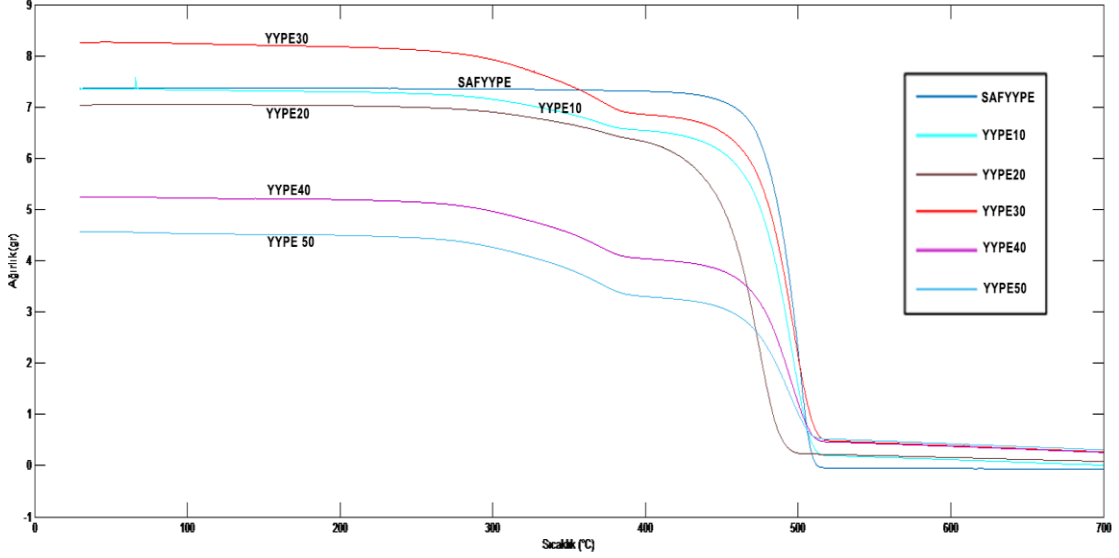
Şekil 4.28’de %50 YYPE-MAPE deney numunelerinde MAPE bağlayıcı elemanı matris malzeme ve dolgu mazemesi arasında iyi bir adezyon kuvveti oluşturmuştur.



Şekil 4.28 %50 YYPE-MAPE SEM görüntüsü

4.8.2. TGA Sonuçları

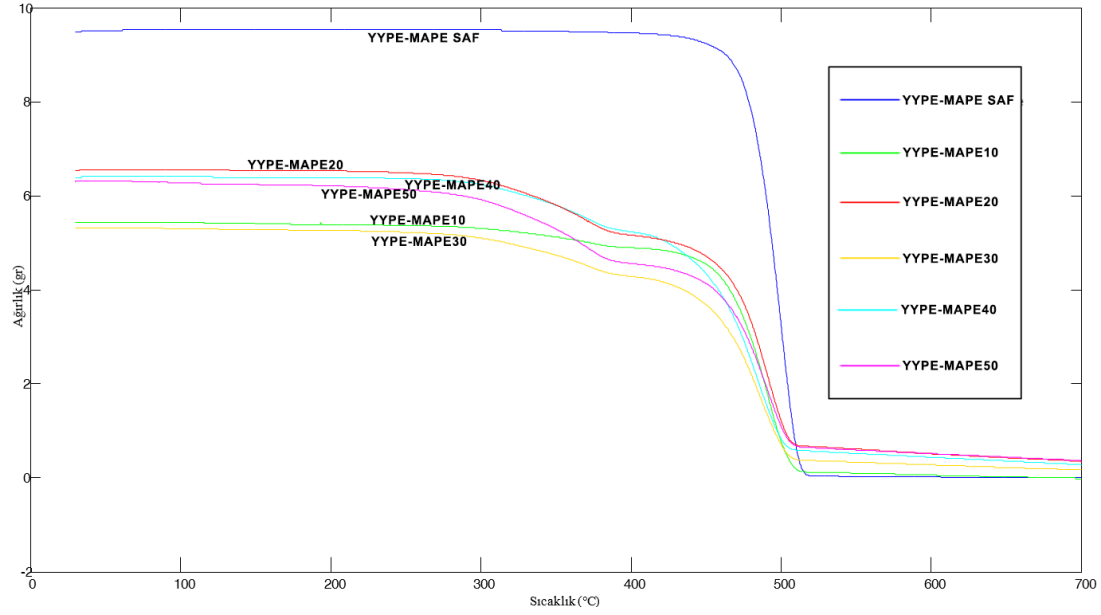
Şekil 4.29’da TGA ölçümlerindeki sıcaklık değişimlerine bağlı ağırlık kayıplarını 3 ana kısımda inceleyebiliriz.



Şekil 4.29 YYPE

Birinci kısımda 180-210°C dereceye kadar olan sıcaklıklarda ağırlık kaybının malzeme içinde bulunan rutubete bağlı olduğu düşünülmektedir. İkinci kısımda ise TGA grafiğine bakıldığında OPK karışımında yer alan malzemelerin ağırlık kaybının 230°C’ de başladığı ve 395°C’de bittiği görülmektedir. Bu ağırlık kaybının büyük çoğunluğunun odun ununa bağlı bozunmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde bu sıcaklıklarda odun ununun bozunmaya uğradığı bilinmektedir. Üçüncü kısımda ise saf YYPE 415°C’de bozunmaya başlayıp 510°C’de bittiği gözlemlenmiş olup diğer karışımlarda meydana gelen ağırlık kaybında OPK malzeme içerisinde bulunan YYPE malzemenin bozunmasıyla gerçekleştiği düşünülmektedir. Karbonlaşma seviyesi 510°C’de olduğu görülmüştür. YYPE 20’de Üçüncü kısımda ağırlık kaybının 500°C’de bittiği ve daha az bir sıcaklıkta gerçekleştiği görülmektedir. Saf plastikte %99.5 kül miktarı ile en az kül oluşumu bulunurken, en yüksek kül oluşumunu %90.3 ile YYPE 50 karışımında bulunmuştur.

Şekil 4.30’da TGA ölçümlerindeki sıcaklık değişimlerine bağlı ağırlık kayıplarını üç ana kısımda inceleyebiliriz.

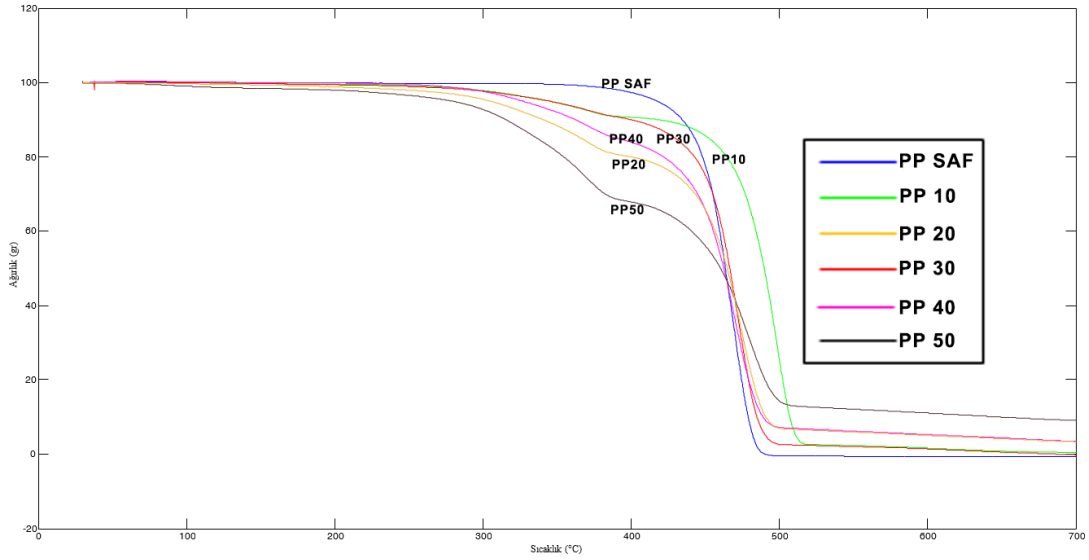


Şekil 4.30 YYPE-MAPE

Birinci kısımda 180-210°C dereceye kadar olan sıcaklıklarda ağırlık kaybının malzeme içinde bulunan rutubete bağlı olduğu düşünülmektedir. İkinci kısımda ise TGA grafiğine bakıldığında OPK karışımında yer alan malzemelerin ağırlık kaybının 230°C’ de başladığı ve 395°C’de bittiği görülmektedir. Bu ağırlık kaybının büyük çoğunluğunun odun ununa bağlı bozunmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde bu sıcaklıklarda odun ununun bozunmaya uğradığı bilinmektedir. Üçüncü kısımda ise saf MAPE PE 425°C’de bozunmaya başlayıp 515°C’de bittiği gözlemlenmiş olup diğer karışımlarda meydana gelen ağırlık kaybında OPK malzeme içerisinde buluna MAPE PE malzemenin bozunmasıyla gerçekleştiği düşünülmektedir. Karbonlaşma seviyesi 515°C’de olduğu görülmüştür. PE 30’de üçüncü kısımda ağırlık kaybının 500°C’de bittiği ve daha az bir sıcaklıkta gerçekleştiği görülmektedir. Saf plastikte %0,01 kül miktarı ile en az kül oluşumu gerçekleşmiştir. En düşük kül miktarı oranı %12,5 arasında olduğu görülmüştür. Grafikten anlaşıldığı üzere %90,3 den %87,5 a düşmüş olup kalan kül miktarı oranı en yüksek %3 oranında görülmektedir. Kül miktarındaki bu fark mapenin dolgu malzemesi ile matris malzeme arasında daha iyi bağ yapmaya yardımcı olması ve

dolgu maddesinin tam olarak bozunma göstermediği yönünde bir görüş ortaya koymaktadır.

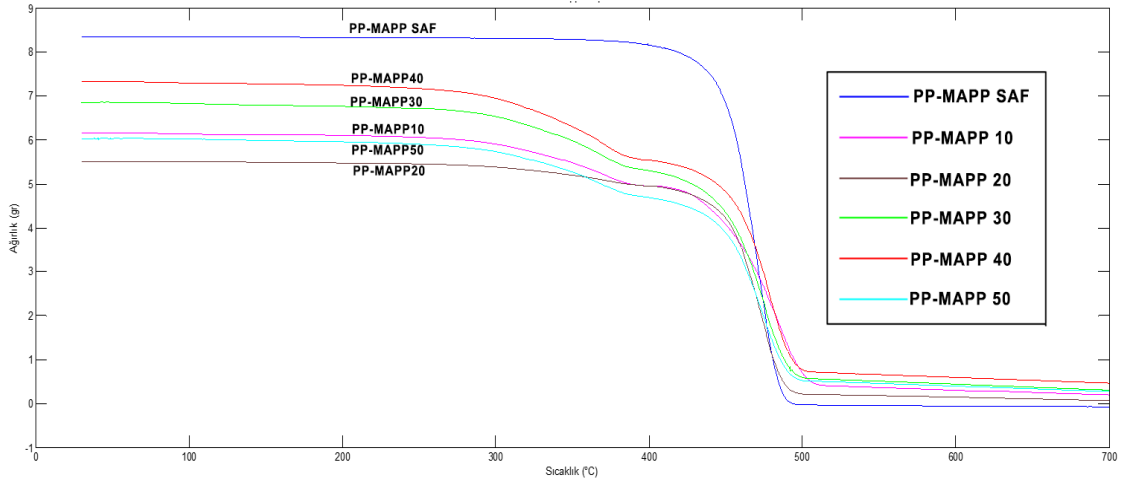
Şekil 4.31'deki TGA grafiği incelendiğinde;



Şekil 4.31 PP

Saf PP de bozunma 355°C de başlayıp 495°C de bitmiştir. Kompozit malzemelerde iki kademe halinde ağırlık kaybı görülmüş birinci kademe 220°C de başlayıp 395°C bitmiştir. İkinci kademede ise 395°C de başlayan değişim 505°C sona ermiştir. Bu kompozit grupları arasında pp20 grubunda 522°C de karbollaşma oluşmuştur. İkinci kademede en yüksek ağırlık kaybı %31,2 oranıyla PP 50 grubunda meydana gelmiştir.

Şekil 4.32'deki TGA grafiği incelendiğinde;

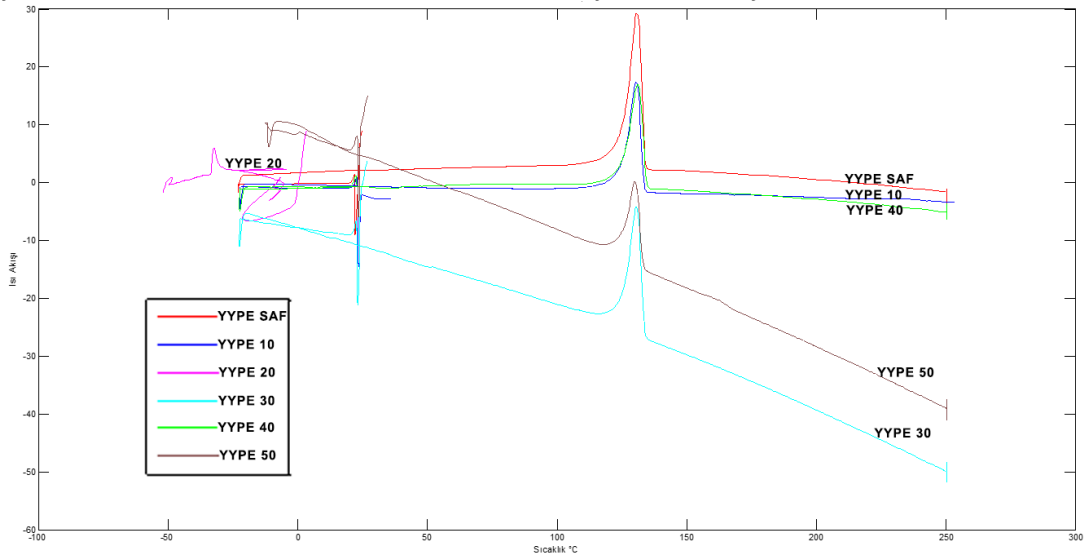


Şekil 4.32 PP-MAPP

PP-MAPP 40 grubunda %21'lik bir ağırlık kaybı görülürken PP-MAPP 50 grubunda %31'lik değer gözlemlenmiştir. PP-MAPP grubunda bağlayıcı eleman olarak kullanılan MAPP'ın bozunma sıcaklığına önemli bir etki vermediği gözlemlenmiştir.

4.9. DSC Sonuçları

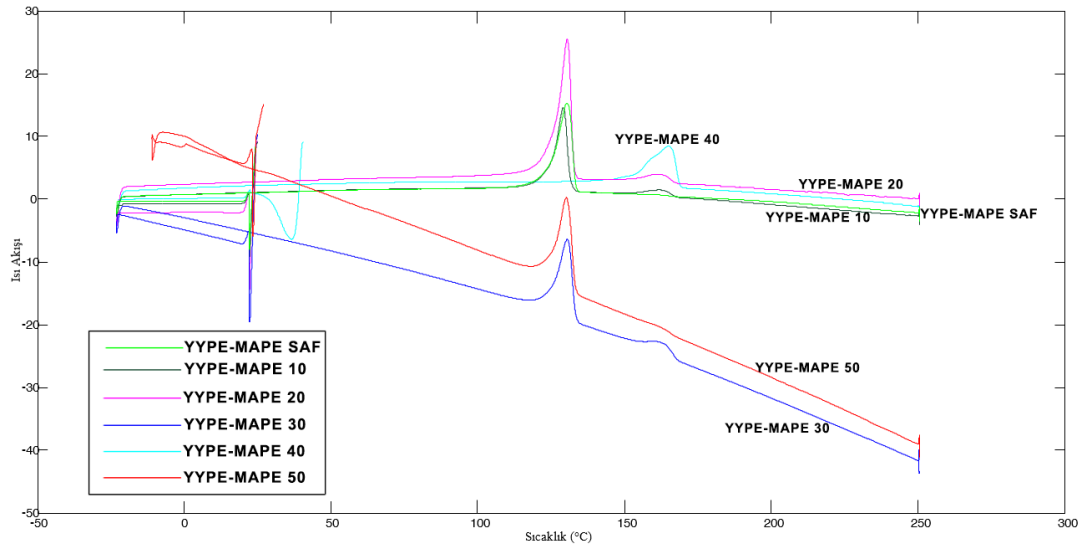
Şekil 4.33'te OPK levhaların DSC analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.33 YYPE

Yapılan DSC analizlerinde polimer olarak Kontrol YYPE, %10 YYPE, %20 YYPE, %30 YYPE, %40 YYPE ve %50 YYPE OPK'lerin erime sıcaklığının 130°C civarında olduğu belirlenmiştir. Literatürde saf PP'nin erime sıcaklığının yaklaşık 163°C, bu değer için saf YYPE için 129°C civarında olduğu bildirilmiştir ve bununla birlikte kullanılan dolgu maddesinin bu sıcaklık değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir [142].

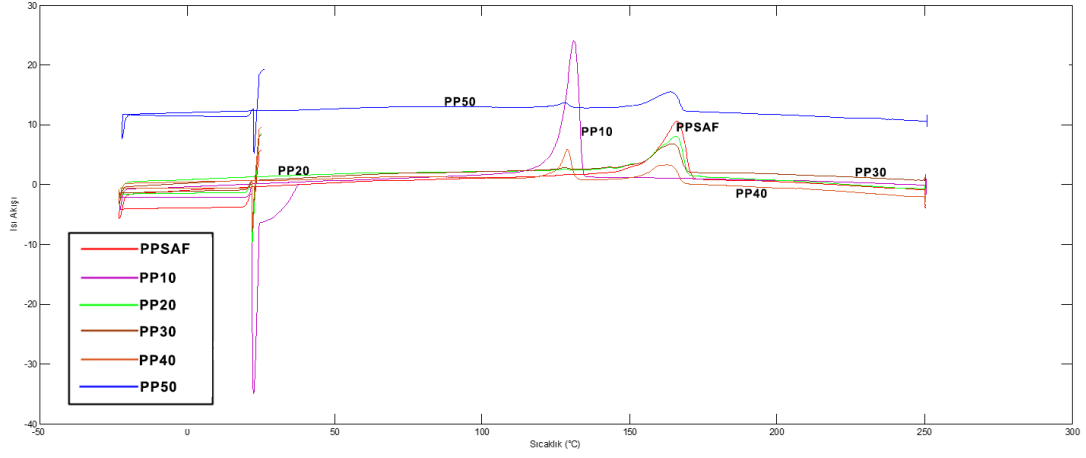
Şekil 4.34'de OPK levhaların DSC analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.34 YYPE-MAPE

Yapılan DSC analizlerinde polimer olarak Kontrol YYPE-MAPE, %10 YYPE-MAPE, %20 YYPE-MAPE, %30 YYPE-MAPE ve %50 YYPE-MAPE OPK'lerin erime sıcaklığının 140°C civarında olduğu belirlenmiştir. %40 YYPE-MAPE OPK'lerin erime sıcaklığı ise 160°C civarında olduğu tespit edilmiştir. OPK'lerde MAPE kullanımının malzemeyi ısıya karşı dirençli bir hale getireceği düşünülmektedir.

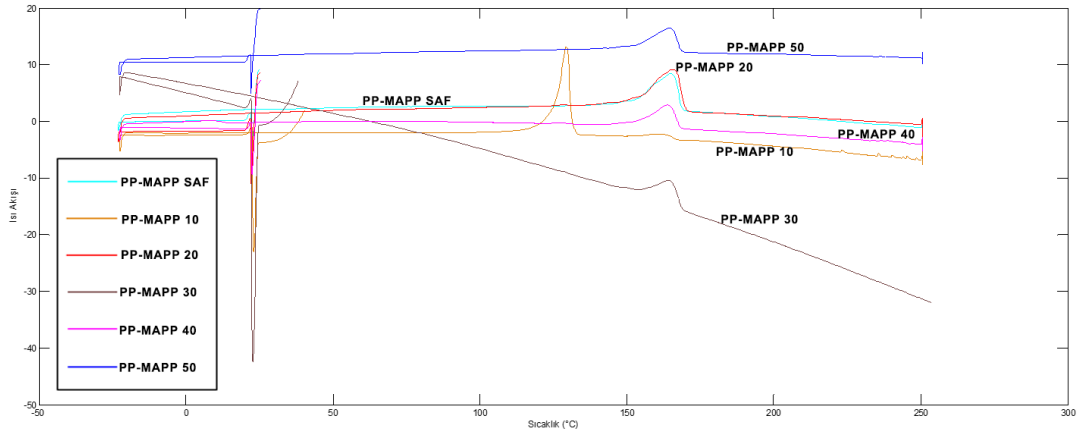
Şekil 4.35'te yapılan DSC analizlerinde;



Şekil 4.35 PP

Polimer olarak Kontrol PP örneklerinin erime sıcaklığı 170°C, %10 PP örneklerin 130°C, %20 PP örneklerin 160°C, %30 PP örneklerin 160°C, %40 PP örneklerin 130°C ve %50 PP OPK'lerin erime sıcaklığının ise 160°C civarında olduğu belirlenmiştir. Literatür ile paralel değerler veren PP grubu OPK'lerin dolgu maddelerinin bu değerlere bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4.36'da yapılan DSC analizlerinde



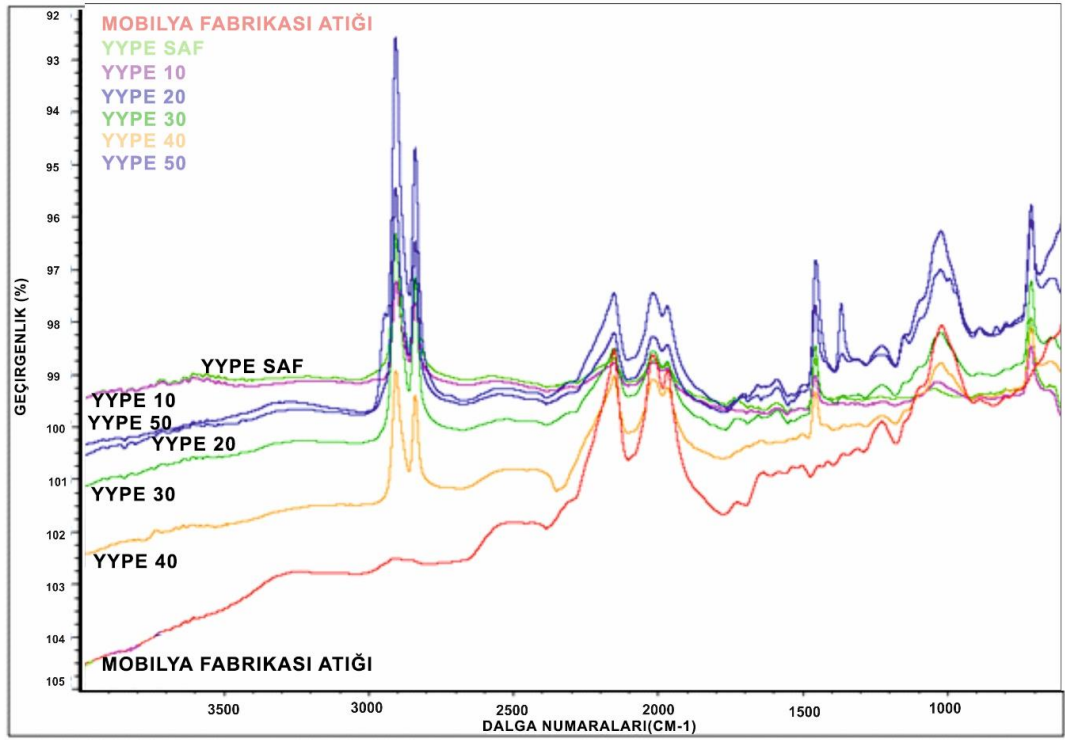
Şekil 4.36 PP-MAPP

Polimer olarak kontrol PP-MAPP örneklerinin erime sıcaklığı 170°C, %10 PP-MAPP örneklerin 130°C, %20 PP-MAPP örneklerin 170°C, %30 PP-MAPP örneklerin 170°C, %40 PP-MAPP örneklerin 130°C ve %50 PP-MAPP OPK'lerin erime

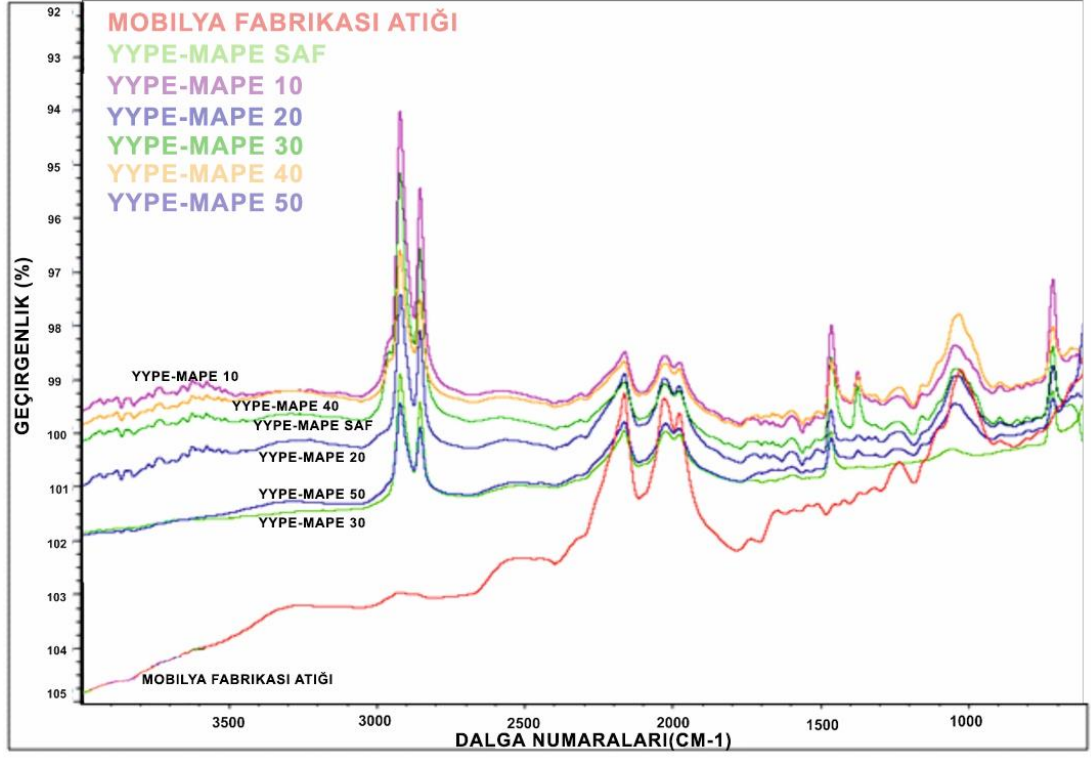
sıcaklığının ise 170°C civarında olduğu belirlenmiştir. MAPP ile takviye edilmiş PP grubu OPK'ler PP grubuna kıyasla ısıya karşı daha fazla direnç gösterdiği belirlenmiştir.

4.10.FTIR

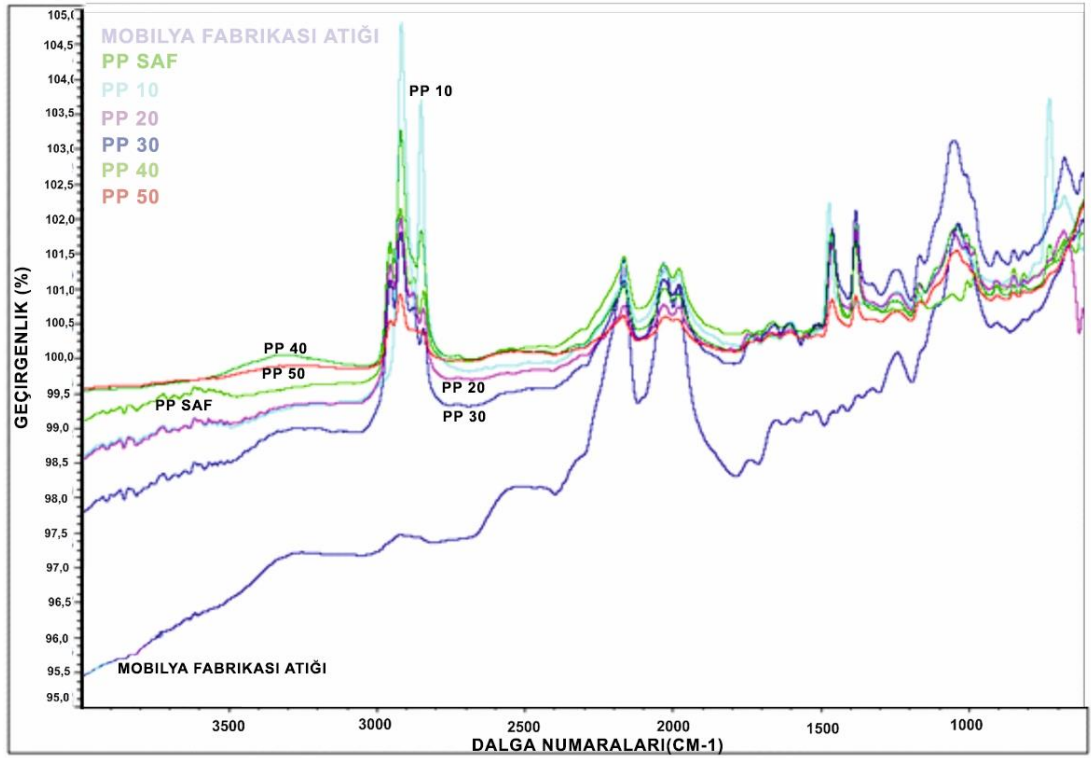
Şekil 4.37, 4.38, 4.39, 4.40'ta verilen FTIR grfiklerine göre;



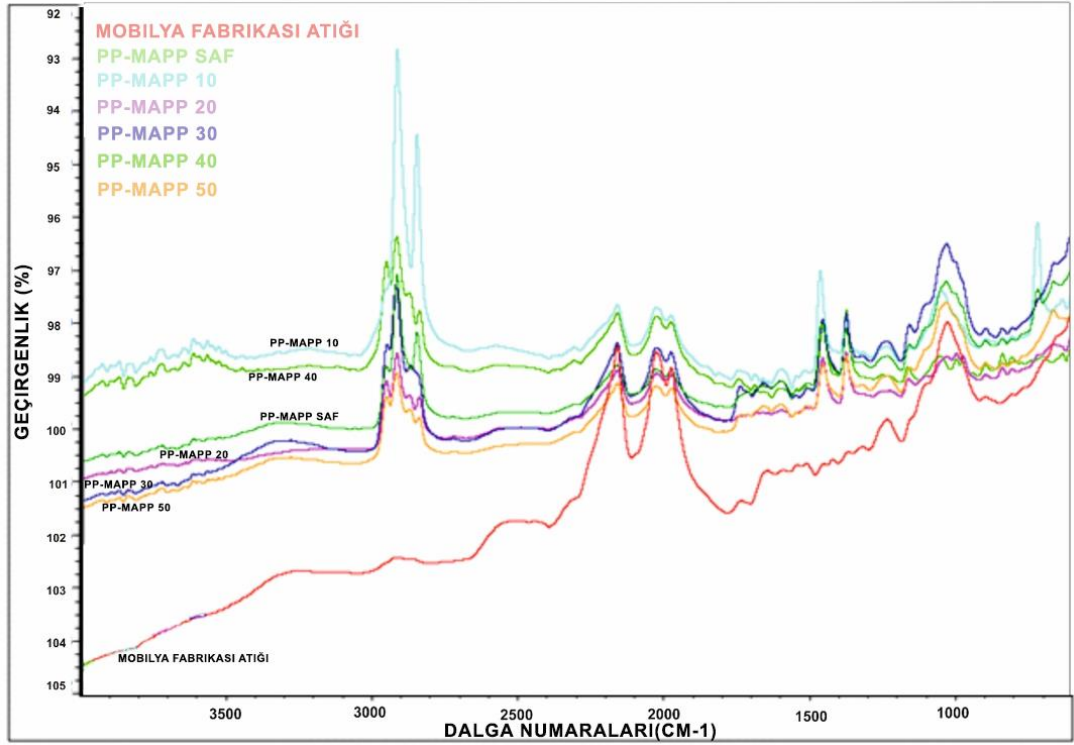
Şekil 4.37 YYPE



Şekil 4.38 YYPE-MAPE



Şekil 4.39 PP



Şekil 4.40 PP-MAPP

Ligninin yapısındaki aromatik ve alifatik OH'nin bozunmasından sonra sırasıyla 1760 cm^{-1} ve 1740 cm^{-1} 'de iki C=O gerilme titreşimi gözlenir. Ayrıca 2850 ve 2940 cm^{-1} 'deki titreşimlerin metil grubu ve metilin C-O ve C-H gerilmelerinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

3400 ve 3200 cm^{-1} 'de meydana gelen geniş zirve, esas olarak selülozdan kaynaklanan hidroksil gruplarında OH ile gerilmeyle ilişkilidir .

2912 cm^{-1} 'deki pik – CH₂– gruplarındaki CH oluşumundan kaynaklanabilir.

1023 cm^{-1} 'deki pik, selülozdaki C=O gerilmesi ve ligninin primer alkollerindeki C-O deformasyonu ile ilişkili olabilir.

2912 cm^{-1} 'deki tepe noktası plastic polimerlerde çok güçlü bir tepe noktası olarak karşımıza çıkıyor. Mdf atıkları kullanılanlarda mevcut değil. Burada büyük oranda YYPE /PP içindeki CH₂ gruplarının varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

1500 cm⁻¹'deki pik Mdf atıklarındaki spektrumlarında mevcut değil, ancak YYPE ve PP spektrumlarında baskın olarak mevcut olabilir. Nedeni C=C aromatic grupların varlığından kaynaklı olabilir.

5. Sonuçlar ve neriler

Bu tez çalışmasında elde edilen verilere göre fiziksel test sonuçlarına göre MAPP eklenmiş PP malzeme su almada en iyi sonuçları vermiş olup PP'nin su almaya karşı daha iyi bir malzeme olması gösterilebilir.

Mekanik test sonuçlarından grldği üzere, diyagonal çekme test sonuçlarında en iyi sonuçları MAPP eklenmiş PP malzeme yanga levha lam malzemede drtelikli bağlantı elemanı ile sağlamıştır. Bu veriler işığında MAPP eklenmiş PP malzemenin daha iyi mekanik özelliklere sahip olduğu düşünülmektedir. Ayrıca drtelikli olarak üretilen bağlantı elemanında dört vida kullanılması ve yonga levha lam malzemenin vida tutma direncinin fazla olması diyagonal çekme testi sonuçlarında bu gruba artı bir değer kattığı düşünülmektedir.

Diyagonal basınç momenti test sonuçlarına baktığımızda yine MAPP ilave edilmiş PP malzeme grubu iyi sonuçlar vermiş bulunmaktadır. Bu test grubunda ikidelikli olarak üretilen mobilya bağlantı elemanı sunta malzemede iyi sonuçlar vermiş bulunmaktadır. Bu test grubunda köşe birleştirmeye uygulanan kuvvet panel malzemenin köşe kısımlarından içeriye yönelik olması ve bağlantı elemanının köşelerinde takviye yanakların olması buradaki deformasyonu azaltmıştır.

Eğilme direnci testlerinde elde edilen sonuçlara göre en iyi sonucu MAPP ilave edilmiş PP malzeme vermiş olup MAPP bağlayıcı ajanın matris malzeme ile dolgu malzemesi arasında mükemmel bir uyum sağlayıcı olduğu görülmektedir.

Elastikiyet modülü test verilerine bakıldığında PP malzemenin elde edilen test numuneleri en iyi veriler vermiş bulunmakta olup PP malzemenin oldukça elastik bir malzeme olduğu görülmektedir.

Çekme direnci test verilerine göre göre MAPP bağlayıcı eleman kullanılarak hazırlanan PP grubu örneklerinde bulunmuş olup yine MAPP bağlayıcı ajanın matris malzeme ile dolgu malzemesi olan odun unu ile güzel bir uyum sağlayıcı olduğu gözlemlenmiştir.

Sertlik (Janka) direnci testi verilerinden elde edilen sonuçlara göre MAPP ile muamele edilmiş PP malzeme grubunun en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.

Vida çekme direnci test verilerinde en iyi değerleri PP-MAPP grubu sağlamış bulunmaktadır. Bu veriler ile diyagonal çekme ve diyagonal basınç testlerindeki sonuçlar birbiriyle örtüşmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar neticesinde, OPK'den elde edilen mobilya birleştirme elemanlarının suya karşıda mukavemete sahip olduğu gözlemlenmiştir. Diyagonal çekme ve basınç testlerinden elde edilen sonuçlara göre birleştirme elemanı olarak imal edilen köşe bağlantı elemanlarında ikidelikli ve dört delikli konnektörlerden, dört delikli bağlantı elemanı dinamik yüklere en daha fazla direnç göstermiştir. Bu malzeme gruplarından PP-MAPP en yüksek değerleri vermiş olup şu anda mobilya sanayinde bağlantı elemanı olarak kullanılan ticari plastikten daha yüksek mukavemet gösterdiği için mobilya endüstrisinde bağlantı elemanı olarak kullanımı tavsiye edilebilir.

Eğilme direnci deneyinden elde edilen verilere göre PP-MAPP'den elde edilen OPK malzemeler eğilmeye karşı yüksek mukavemet sağlamışlardır. Bu sonuçlar ışığında kullanılan malzeme içerisindeki dolgu malzemesi oranı oldukça yüksek olduğunda dolayı çevresel atık yönetimine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Çekme direnci deneyleri sonuçlarına PP-MAPP den oluşan kompozitlerden elde edilen malzeme grubu en iyi mukavemeti vermiştir. Çekmeye karşı mukavemetin yanında kompozit içinde kullanılan dolgu malzemesi mobilya fabrikası atıkların bertarafında da kayda değer sonuçlar ortaya koyduğu tespit edilmiştir. OPK' den elde edilen ürünlerin endüstriyel ürün olarak kullanılması önerilmektedir.

Janka sertlik deneyi sonuçlarında en yüksek değeri veren PP-MAPP grubu kompozit malzeme grubunda elde edilen malzemelerin mekanik etkilere maruz kalacak yerlerde kullanımı tavsiye edilmektedir.

Vida çekme deneyi sonuçlarına göre PP örneklerinden elde edilen kompozit malzeme grubu en iyi sonuçlarına OPK içinde odun miktarı arttıkça ağaç malzeme görünümüne geçen kompozit malzeme vida çekmeye iyi bir mukavemet gösterdiği için OPK malzemedен üretilen mobilya bağlantı elemanlarının endüstride kullanımı önerilmektedir.

Sonuç olarak üretilen endüstriyel ürünler sektörde kullanılan muadillerine göre mukavemet olarak yüksek değerleri ortaya koymasından dolayı mobilya fabrikası atıklarından elde edilen OPK'lerin uygun imalat ortamları oluşturulduğunda mobilya endüstrisinde yüksek katma değerli ürünler olarak kullanıma sunulabileceği düşünülmektedir.

6. Kaynaklar

- [1] Avcı E, Ahşap Plastik Kompozitlerin Kullanım Performansları Üzerine Araştırmalar (doktora tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi; 2012.
- [2] Çavuş V, Farklı Erime Akış İndeksine Sahip Polipropilen Esaslı Ahşap Polimer Kompozitlerin Özelliklerinin Belirlenmesi (doktora tezi). Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmama Üniversitesi; 2016.
- [3] Özmen N, Çetin NS, Narlıoğlu N, Çavuş V, Altuntaş E. MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2014; 15: 65-71.
- [4] Mengeloğlu F, Karakuş K. Polymer-Composites from Recycled High Density Polyethylene and Waste Lignocellulosic Materials: Fresenius Environmental Bulletin. 2008;17 (2): 211–217
- [5] Vos D, Engineering Properties of Wood-Plastic Composite Panels (Master thesis) Wisconsin; University of Wisconsin; 1998.
- [6] Clemons C, Wood-plastic Composites in United States. The Interfacing of Two Industries. Forest Products Journal. 2002; 52 (6) 10–18.
- [7] Kaymakçı A. Çeşitli Güçlendirici Dolgularla Üretilen Ahşap Plastik Nanokompozitlerin Karakterizasyonu (doktora tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi; 2015.
- [8] Hietala M. Extrusion Processing of Wood-Based Biocomposites: Luleå University of Technology; 2013.
- [9] English WB, Falk HR. Factors that Affect the Application of Woodfiber-Plastic Composites: Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber and Polimer for Composites: Madison USA; 1995.
- [10] Mengeloğlu F. Odun/Termoplastik Kompozitler. Polimerik Kompozitler Sempozyumu TBMOB Kimya Mühendisleri Odası İzmir. Bildiriler Kitabı; 2006.

- [11] Jeong G. Fracture Behavior of Wood Plastic Composites (WPC): Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College; 2005.
- [12] Chen L. Extrudable Melamine Resin For wood plastic composite Master of Science in Civil Engineering: Washington State University Department of Civil and Environmental Engineering; 2009.
- [13] Clemons CM, Ibach RE. Effects of processing method and moisture history on laboratory fungal resistance of wood HDPE composites: 2004; 54 (4): 507
- [14] Matuana LM, Heiden PA. Wood Composites: Encyclopedia of Polymer Science and Technology; 2004; 12: 546.
- [15] Klyosov A, Wood Plastic Composite: New Jersey: Wiley Interscience Publication; 2007.
- [16] Rowell RM, Advances and Challenges of Wood Polymer Composites, Proceedings of the 8th Pacific Rim Bio-Based Composites Symposium, 20–23 November, 2006, Kuala Lumpur, Malaysia. 2006.465.
- [17] Wolcott M P, Englund K A, Technology Review of Wood-Plastic Composites. Pullman, WA: Washington State University; 2010.
- [18] Wang Y, Morphological Characterization of Wood Plastic Composite (WPC) with Advanced Imaging Tools: Developing Methodologies for Reliable Phase and Internal Damage (Master Thesis). Oregon: Oregon State University; 2008.
- [19] Smith PM, U.S. wood fiber-plastic composite decking market. In: Proc. Sixth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. 2001. Forest Prod. Soc., Madison, WI. 13–17.
- [20] Crookston K. Reliability of Wood Plastic Composites and Improving Lower Percentile Estimation via Induced Percentile Censoring. Masters Thesis. The University of Tennessee 2009. 70.
- [21] Mengelöglü F, Karakus K. Some properties of eucalyptus wood flour filled recycled high density polyethylene polymer-composites, Turkish Journal Of Agriculture And Forestry, 2008 32; 537-546.
- [22] Büyükdeniz Kompozit Limited Şirketi Kahramanmaraş/Türkiye
- [23] Ray D, Rout J. Thermoset Biocomposites, In: Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites Mohanty Boca Raton. 2005 291-345.

- [24] KomwoodLtd.şti.(internet)İzmir;
<http://www.komwood.com.tr/default.asp?mid=226&L=TR> (erişim tarihi: 18.04.2019)
- [25] Rowell RM, Young RA, ve Rowell JK. Paper and Composites from Agro – Based Resources, CRC Press, Inc., 2000 Corporate Blvd., N.W., Boca Raton, Florida, USA, ISBN 1-56670-235-6; 1997.
- [26] <http://www.polymer.hacettepe.edu.tr/webim/msen/polymertechnology/lesson/WoodPlasticComposites.ppt> Erişim tarihi : 18.04.2019
- [27] Soury E, Behravesht AH, Jafarian JN, Haghtalab A, An experimental investigation on surface quality and water absorption of extruded wood– plastic composite, Journal of Thermoplastic Composite Materials published; 2011,
- [28] Groom HL, ve diğ. The Mechanical Properties of Individual Lignocellulosic Fibers, Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recycled Wood Fiber and Polymer for Composites, May 1-3, 1995, Madison USA, 33-40
- [29] Kohler R, Kessler RW. Designing natural fiber for advanced materials, The Fifty International Conference on Wood fiber-Plastic Composites, 1999. Madison, Wisconsin;
- [30] Youngquist JA. The Marriage of Wood and Nonwood Materials, Forest Production Journal 1995, 45(10):25-30.
- [31] Bledzki AK, ve Sperber VE. Recent Developments in wood-plastic: United States, Japan, and Europe, The Fifth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, May 26-27. 1999; The Madison Concourse Hotel Madison, Wisconsin, 187-192.
- [32] Mengeloğlu F, Alma MH. Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 2002, 5(2): 37-48.
- [33] Karakuş K, Başboğa, Hİ, Mengeloğlu F. Termoplastik Esaslı Polimer Kompozitlerin Üretiminde Orman Budama Atıklarının Değerlendirilmesi II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Akdeniz ormanlarının geleceği: Sürdürülebilir toplum ve çevre 22-24 Ekim 2014 Isparta 801-807.
- [34] Rude E, Evaluation of Coupling Mechanisms in Wood Plastic Composites Master of Science in Material and Engineering Department of Mechanical and Materials Engineering. 2007. Washington. Washington State University 84.

- [35] Perhac D, 2007. An Applied Statistical Reliability Analysis of the Modulus of Elasticity and the Modulus of Rupture for Wood-Plastic Composites. Masters Thesis. The University of Tennessee. 93.
- [36] Yam KL, Gogoi CC, Lai Sekle SE. Composites from compounding wood fibers with recycled high density polyethylene, *Polymer Engineering and Sci.* 1990. 30(11), 693-699.
- [37] Winandy JE, Stark NM, Clemons CM, Considerations In Recyclin Wood Plastic Composites. 5 th Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium April 27–28, 2004. in Kassel / Germany. 61.
- [38] Villechevolle V, 2008. Polymer Blends For Multi- Extruded Wood-Thermoplastic Composites. (master thesis). Washington; Washington State University, 113.
- [39] Ece/Fao. Forest Products Annual Market Review, 1999–2000. Engineered Wood Products –Production, Trade, 2000. Consumption and Outlook. 131.
- [40] Perhac D. 2007. An Applied Statistical Reliability Analysis of the Modulus of Elasticity and the Modulus of Rupture for Wood-Plastic Composites. (masters thesis) Tennessee; The University of Tennessee. 93s.
- [41] Stark N, Mueller S. Improving The Color Stabily Of Wood Plastic Composites Through Fiber Pre treatment. *Wood and Fiber Science*, 2008. 40 (2): 271–278.
- [42] Carus M, Eder A, Dammer L, Korte H, Scholz L, Essel R, & Breitmayer E, 2014. WPC/NFC market study: 1-7.
- [43] Eder A, ve Carus M, Global Trends in Wood-Plastic Composites (WPC). 2013. *Bioplastics Magazine* 8.
- [44] Eder, A, Wood-Plastic Composite Markets in Europe, The Fourth China International Summit of WPC, 2010. Nanging 142s.
- [45] Dammer, L, Carus, M, Raschka, A. ve Scholz L. Market developments of and opportunities for biobased products and chemicals. Final report. Nova-Institute for Ecology and Innovation, 2013. Germany: 42.
- [46] Mengeloğlu F, Basboğa IH, Aslan T. Selected Propeties Of Furniture Plant Waste Filled Thermoplastic Composites. 2015. *Pro Ligno*. 11 (4): 199–206.
- [47] Hohenberger W. Fillers and Reinforcements, Fifth edition, *Plastics Additives Handbook*, 2003. 948.

- [48] Leong YW, Abu Bakar MB, Mohd Ishak ZA, Ariffin A, Pukanszky B. Comprasion of the mechanical properties and interfacial interactions between talc, kaolin and calcium carbonate filled polypropylene composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 2004. 91, 3315–3326.
- [49] Keskinöz S, Polietilen Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Dolgu Maddelerinin Etkisi. (yüksek lisans tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi; 69. 2010.
- [50] Gachter R, Müller H, *Plastics Additives Handbook*, Fourth edition, Hanser/Gardner 1993. Publications, 561.
- [51] Marisa CGR, Antonio HMFTS, Fernanda MBC, Ana Lucia NS. Study of composites based on polypropylene and calcium carbonate by experimental design” *Polymer Testing*, 2005. 24 1053.
- [52] Mudu M. Organik-İnorganik Hibrit Takviyeli Polipropilen Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. yüksek lisans tezi. İstanbul; Marmara Üniversitesi. 40. 2010.
- [53] Kaymakçı A, Ayrılmış N, Akbulut T. Dış Cephe Kaplamalarına Ekolojik bir Yaklaşım: Ahşap Polimer Kompozitler 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3– 4 Nisan 2014 Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş 2014. İstanbul. 199–209.
- [54] Yang H, Yan R, Chen H, Lee DH, and Zheng C, Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. 2007. *Fuel*, 86, 1781–1788.
- [55] Korucu T, Mengeloğlu F. Potentials of Agricultural Residues as Raw Materials and Their Alternative Usage Possibilities in Turkey. *National Agricultural Mechanisation Congress, Kahramanmaraş*, 2007. 297–307.
- [56] Ayrılmış N, Ashori A, Lignocellulosic fibers and Nanocellulose as reinforcing filler in thermoplastic composites *Eurasian Journal of Forest Science*, 2014. 2(2) 1-6.
- [57] Mengeloğlu F, Alma MH, Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2002. 5(2): 37-48.
- [58] Sluter JB, Ruíz RO, Scarlata CJ, Sluter AD, and Templeton, DW. Compositional Analysis Of Lignocellulosic Feedstocks. 1. Review And Description Of Methods”, *J. Agric. Food. Chem.*, 2010. 58: 9043–9053.
- [59] Saha BC, Hemicellulose bioconversion. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 2003. 30, .279- 291.

- [60] Gürten İİ. 2008. Çay Atığından Adsorbent Üretimi Ve Üretilen Adsorbentin Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi. (yüksek lisans tezi). Ankara; Ankara Üniversitesi.76.
- [61] Parisi F, Advances in lignocellulosic hydrolysis and in the utilisation of the hydrolysates, *Advances Biochemical Engineering*, 1989. 38, 53–87.
- [62] Wolcott MP, Kamke FA, Dillard DA. Fundamental aspects of wood deformation pertaining to manufacture of wood-base composites. *Wood and Fiber Science*, 1994. 26(4) 496–511.
- [63] Salmen L. Temperature and water induced softening behaviour of wood fiber based materials. (master thesis). The Royal Institute of Technology. 83. 1982.
- [64] Tüzün C. Organik Kimya. Palme Yayınları, Ankara. 70. 1999.
- [65] Meryemoğlu B. Buğday samanının farklı katalizörler kullanılarak sulu faz reformlama yöntemi ile gazlaştırılması. (yüksek lisans tezi). Adana Çukurova üniversitesi. 87. 2009.
- [66] Yadama V. Characterization and Modeling of Oriented Strand Composites. Washington State University Department of Civil and Environmental Engineering (doktora tezi) December. 213. 2002.
- [67] Bozkurt Y. Göker Y, “Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 388: 348. 1987.
- [68] Eriksson KE, Blanchette RA, ve Ander P. Biodegradation of lignin. In *Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components*, Springer-Verlag KG, Berlin. 225–333. 1990.
- [69] Johansson E, Krantz-Rultcker C, Zhang BX. Chlorination and biodegradation of lignin. *Soil Biology & Biochemistry*, 1999. 1029–1032.
- [70] Shelton DR, ve Lee WJ, Cereal Carbohydrates. In: Kulp, K. ve Ponte, J.G., editor. *Handbook of Cereal Science and Technology*. 2000. 417.
- [71] Valenzuela MB, Jones CW, Agrawal PK, *Energy Fuels* 20. 2006. 1744–1752s.
- [72] Kurtuluş M. Lignoselülozik Materyallerden Termokatalitik İşleme Suda Çözündürülen Polisakkaritlerin Moleküler Yapılarının İncelenmesi. (yüksek lisans tezi. Adana; Çukurova Üniversitesi. 66. 2010.
- [73] Ramos LP. The chemistry involved in the steam treatment of lignocellulosic materials. *Quim. Nova*, 2003. 26(6). 863–871.

- [74] Mutlu SF. Ayçiçeği Bitkisinin Sap ve Tohum Kabuklarının Enzimatik Yöntemlerle Şekere Dönüşümü, (doktora tezi). Ankara; Ankara Üniversitesi, 90. 1990.
- [75] Palonen H. Role of lignin in the enzymatic hydrolysis of lignocellulose. VTT Biotechnology Technical Research Centre of Finland, Espoo 2004. 1-17.
- [76] Martinez AT, Camerero S, Gutierrez A. Studies on wheat lignin degradation by *Pleurotus* species using analytical pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 2001. 59: 401–411.
- [77] Bozkurt AY, Erdin N, Odun Anatomisi (İğne Yapraklı Odunlarda Tanıma Özellikleri). İ. Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:6/3907 İ. Ü. Basımevi. İstanbul.1–80. 1995.
- [78] Hafızoğlu H, Yalınkılıç MK, Yıldız ÜC, Baysal E, Demirci Z, Peker H. Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları, Tubitak Projesi, 1994. TOAG-875 No'lu Proje, 377).
- [79] Fengel D, Wegener G. *Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions*, 3-11-008481-3, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1984. 154.
- [80] Casey JP. *Cellulose and Paper Chemistry and Chemistry Technology*, Interscience Publishers, INC, New York, 1960. 47-65.
- [81] Patrickios CS. *Polymer Networks: Recent developments*. *Macromolecular Symposia*, 2010. 291–292: 1–11.
- [82] Saçak M. *Polimer Teknolojisi*, Gazi Kitapevi, ISBN: 9758895826, 9789758895823. 50. 2002.
- [83] Akkurt S. *Plastik Malzeme Bilgisi*, Birsen Yayınevi, İstanbul. 88. 1991.
- [84] Sorenson WR, Campbell TW. *Preparative Methods of Polymer Chemistry*, Wiley-Interscience, New York, 1-70. 1961.
- [85] Daniel FC, Craig C, Rodney EJ, Roger MR. *Wood Thermoplastic Composites*, *Handbook of wood chemistry and wood composites*, 2005.CRC Press, 378s.
- [86] Şahin, HT. Kağıt ve kompozit ürünleri için hammadde kaynakları' *Orman Mühendisliği*, 2000. 43; 4–5–6, 21–25.
- [87] Akyüz ÖF. *Plastikler ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş* Pagev Yayınları, İstanbul. 104. 1999.

- [88] Yaşar H. Plastikler Dünyası 2. Baskı, Mimarlar Mühendisler Odası Yayınları, Ankara, 97. 2001.
- [89] Onaran K. Malzeme Bilimi, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 384. 1999.
- [90] Margolis JM. Engineering Plastics Handbook Copyright © 2006 by The McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 412. 2006.
- [91] Ezdeşir A, Erbay E, Taşkıran İ, Yağcı MA, Cöbek M, Bilgiç T. Pagev. Polimerler I. İstanbul, 185. 1999.
- [92] Demiryürek O. Sentetik lif üretiminde kullanılan ekstrüderler ve ekstrüder-pompa sisteminin tasarım esasları. (yüksek lisans tezi). Adana Çukurova Üniversitesi. 84. 2004.
- [93] Brydson J. Plastics Materials (Seventh edition b.). Butterworth Heinemann. 46–47. 1999.
- [94] Şeker C. Termoplastiklerin Şekillendirilmesinde Kullanılan Enjeksiyon Kalıplarının incelenmesi. yüksek lisans tezi. Marmara Üniversitesi. 72. 1999.
- [95] Khan MI. Influence of Some Heterogeneous Catalysts on Pyrolytic Conversion of Model PolyPropylene and High-density Polyethylene into Fuel Like Products (master tezi). Institue Of Chemical Sciences University Of Peshawar. Peshawar; Pakistan; 120. 2014.
- [96] Baker AM, Modern plastics handbook / Modern Plastics, Chapter 1. Thermoplastics Charles A. Harper (editor in chief). The McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America. 2000. 6 1.41–1.49.
- [97] Bodur MS, Geri Dönüşüm İşleminin Tekstil Atığı Takviyeli Polimer Matrisli Karma Malzemelerin Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, (yüksek lisans tezi). İstanbul; İstanbul Teknik Üniversitesi, 86. 2010.
- [98] Psomiadou E, Arvanitoyannis I, Biliaderis CG, Ogawa H, Kawaski N. Biodegradable films made from low density polyethylene (LDPE), wheat starch and soluble starch for food packaging applications. Part 2. Carbohydrate Polymers, 1997. 33, 4, 227–242.
- [99] Aboulkas A, El Harfi K, El Bouadili A. Thermal degradation behaviors of polyethylene and polypropylene. Part I: Pyrolysis kinetics and mechanisms. Energy Conversion Management, 2010. 51 (7) 1363–1369.
- [100] Ekşi O, Erdoğan S. Plastik Esaslı Malzemelerin Isıl Şekil Verme Özelliklerinin İncelenmesi. Edirne, 2007. 46.

- [101] Maier C, ve Calafut T. Polypropylene- Definitive User's Guide and Databook, Plastics Design Library, Norwich, New York. 1998. 85.
- [102] Monasse B, Haudin JM. Molecular Structure of Polypropylene Homoand Copolymers”, Karger-Kocsis, J. Polypropylene Structure, Blends and Composites; Vol.1 Structure and Morphology”, Chapman and Hall, Cambridge, Great Britain, 1995. 1-30.
- [103] Killough MJ, The Plastics Side of the Equation, Woodfiber - Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber And Polimer for Composites, May 1-3, Madison USA, 1995, 7-15.
- [104] tspmakina.com.tr/kataloglar/Turkiyede_Plastik.pdf (ulaşım tarihi 31.08.2019)
- [105] <http://www.aso.org.tr/wp-content/uploads/2017/09/11.pdf> (ulaşım tarihi 31.08.2019)
- [106] <https://www.google.com/search?q=Pagev+sektor+raporu+2019+ocak+%E2%80%93+haziran&oq=Pagev+sektor+raporu+2019+ocak+%E2%80%93+haziran&aqs=chrome..69i57.1184j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8> (ulaşım tarihi 31.08.2019)
- [107] Sanadi AR, ve diğ. Effect of Matrix Modification on Lignocellulosic Composite Properties, Woodfiber-Plastic Composites Virgin and Recyled Wood Fiber and Polimer for Composites, May 1-3 Madison USA, 1995, 166-172.
- [108] Demirci A. Plastik Ekstruderlerinde Isıtma-Soğutma Proseslerinin incelenmesi, (yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, 2010.
- [109] Schwartz M. Composite Materials Handbook, Second Edition, Mcgrawhill International Editions, USA, Chapter 1(1.1-1.35), Chapter 2(2.53), Chapter 4(4.56), Chapter 5(5.46) 1992.
- [110] Wuttke K. Preparation of raw materials in the WPC industry with the Palltruder® Installation Pallmann
- [111] http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Makine%20Enjeksiyon%20Kal%C4%B1p%C3%A7%C4%B1%C4%B1%C4%9F%C4%B1%201.pdf (ulaşım tarihi 31.08.2019)
- [112] Topçu E. Bilgisayar Destekli Plastik Enjeksiyon Kalıp Tasarımı (yüksek lisans tezi) Tekirdağ; Namık Kemal Üniversitesi. 2010.
- [113] Johnson DD, Jacobson R, Maclean WD. Wheat Straw as a Reinforcing Filler in Plastic Composites. Proceeding of the 4th International Conference on Woodfiber-Plastic Composites, 1997. Madison, 200.

- [114] Ichazo MN, Albano C, González J, Perera R, Candal RW. Polypropylene/wood flour composites: treatments and properties *Composite Structures* 2001.54 (2–3): 207–214.
- [115] Stark NM, Rowlands RE. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood Fiber Science*. 2003. 35(2): 167–174.
- [116] Ibach RE, Clemons CM, and Stark NM. Combined Ultraviolet and Water Exposure as a Preconditioning Method in Laboratory Fungal Durability Testing. *Seventh International Conference on Wood Fiber Composites*, 2003. 61–67.
- [117] Sain M, Park SH, Suhara F, Law S. Flame retardant and mechanical properties of natural fibre–PP composites containing magnesium hydroxide *Polymer Degradation and Stability*. 2004. Volume 83, Issue 2, February, 363–367.
- [118] Bledzki AK, Letman M, Viksne A, Rence L. A Comparison of Compounding Processes and Wood Type for Wood Fibre – PP Composites, *Composites* 2005. Part A, Vol: 36. 789-797.
- [119] Weshsler A, Hiziroglu S. Some of the properties of wood–plastic composites, *Building and Environment*, 2006. 42, 2637-2644.
- [120] Yuan Q, Wu D, Gotama J, Betamen S. Wood Fiber Reinforced Polyethylene and Polypropylene Composites with High Modulus and Impact Strength: *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 2008. 21 (3): 195-208.
- [121] Chaharmahali M, Tajvidi M, Najafi S K. Mechanical properties of wood plastic composite panels made from waste fiberboard and particleboard *Polymer Composites*, 2008. Volume 29, Issue 6, 606–610.
- [122] Karakuş K. Üniversitemizdeki Polietilen ve Polipropilen atıkların Polimer Kompozit Üretiminde Değerlendirilmesi. (yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. 68. 2008.
- [123] Demircan SF. Fındık Kabuğu Dolgulu Polietilen Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. (yüksek lisans tezi). İstanbul; Marmara Üniversitesi. 86. 2009.
- [124] Gwon GJ, Lee SY, Chun SJ, Doh GH, Kim JH, Effects of chemical treatments of hybrid fillers on the physical and thermal properties of wood

- plastic composites Composites Part A: Applied Science and Manufacturing; 2010. 41 (10): 1491–1497.
- [125] Çavdar Dönmez A. Farklı Lignoselülozik Ve Termoplastik Maddelerle Üretilen Odun-Plastik Kompozitlerin Özelliklerinin İncelenmesi (doktora tezi). Trabzon; Karadeniz Teknik Üniversitesi. 2011.
- [126] Kord B. Effect of wood flour content on the hardness and water uptake of thermoplastic polymer composites, World Applied Sciences Journal, 2011. 12 (9), 1632-1634.
- [127] Rahman SK, Islam MN, Rahman MM, Hannan MO, Khalil AH, Flat-pressed wood plastic composites from sawdust and recycled polyethylene terephthalate (PET): physical and mechanical properties. Springer Plus. 2013. 2.629.
- [128] Acar H. MDF Tozu ve Pirinç Sapı Atıklarının Termoplastik Kompozitlerin Üretiminde Değerlendirilmesi (yüksek lisans tezi). Kahramanmaraş; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, 74. 2014.
- [129] Baş A. Plastik Katkı Maddelerinin İzostatik Polipropilen Ahşap Kompozitleri Yapı ve Özelliklerine Etkisi (yüksek lisans tezi). Yalova; Yalova Üniversitesi. 73. 2015.
- [130] Altuntaş E, Salan T, Alma MH. KSU Mühendislik bilim dergisi 19 (3), 2016. 19 - 23 internet adresi- <http://jes.ksu.edu.tr/tr/download/article-file/264160>
- [131] Atar İ, Başkaya İH, Karakuş K, Mengeloğlu F. European Journal of Technic Vol. 6 number 2, 2016 internet adresi dergipark.org.tr/tr/download/article-file/401573 138- 144.
- [132] Çavuş V, Mengeloğlu F. Pamukkale Üniversitesi Müh Bilim Dergisi 23 8 2017, 2017. 994-999.
- [133] Altuntaş E, Yılmaz E, Salan T. Turkish Journal of Forestry 18.3.2017 Research Article 2017. 258 -263 internet adresi dergipark.org.tr/tr/download/article-file/373504
- [134] Özdemir F, Çot A, Alma MH. Turkish Journal of Forestry 19.2.2018 Research Article 2018. 205 -209. internet adresi dergipark.org.tr/tr/download/article-file/511041
- [135] Narlıoğlu N, Salan T, Çetin NS, Alma MH. Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırma Dergisi araştırma makalesi 12.2.2018. 2018. 75- 85 internet adresi dergipark.org.tr/tr/download/article-file/607101

- [136] Kartal İ, Maycı G, Demirel H. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı -16 Ağustos 2019 araştırma makalesi 723 -728 internet adresi dergipark.org.tr/tr/download/article-file/769548
- [137] Ongan A. Odun Plastik Kompozitlerden Üretilen Birleştirici Elemanların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, (yüksek lisans tezi). İzmir; İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, 2019.
- [138] Bozkurt Y, Göker Y. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 388: 348. 1987.
- [139] ASTM D 790, Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, West Conshohocken, Philadelphia, PA. 1–9. 2004.
- [140] ASTM D 638, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, ASTM International, West Conshohocken, PA. 1–24. 2004.
- [141] ASTM D1037 Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials *Annual Book of ASTM Standards*, West Conshohocken, PA, USA. 2004.
- [142] Mengeloğlu F. ve Karakuş K. Thermal Degradation, Mechanical Properties and Morphology of Wheat Straw Flour Filled Recycled Thermoplastic. 2008. *Sensors* ISSN 1424- 8220. 8, 497-516.

Özgeçmiş

Adı, soyadı : Mutlu TÜRK

Eğitim:

2007 Yüksek Lisans Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mobilya Dekorasyon Öğretmenliği Anabilim Dalı

1995 Lisans G.Ü.T.E.F. Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi

Yayımlar:

1. Türk, M (2007). Plastik ve ahşap esaslı kompozit bisküvilerle hazırlanan mobilya köşe birleştirmelerin bazı direnç özelliklerinin araştırılması. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Karabük
2. Türk, M., Özçifçi, A., Ongan, A., Altay, Ç., Baysal, E., Türkoğlu, T., Toker, H.(2017) Plastik ve Ahşap Esaslı Kompozit Bisküvilerin Mobilya Köşe Birleştirmelerindeki Direnç Özelliklerinin *Belirlenmesi IV. IMCOFE International Multidisciplinary Congress Of Eurasia, 2017/ ROME.540-551.*
3. Cavus, V., Ayata, U., Turk, M., Petric, M., and Žigon, J. , Effect of heat treatment (Silvapro Wood) on some surface properties of lati, keranji, tualang, victorian ash and castelo boxwood woods International Congress on Entrepreneurship, Technology, Innovation and Design 2018, 26-28 September, Luleburgaz/Kırklareli, Turkey,43
4. Cavus, V., Ayata, U., Türk, M., and Dilik, T. , Determination of glossiness and color values in Silvapro wood method heat treated manio, mindi, toona, cuta and wacapou wood species, International Congress on Entrepreneurship, Technology, Innovation and Design 2018, 26-28 September, Luleburgaz/Kırklareli, Turkey,44

5. Türk, M. , ve Ayata, Ü. Doussié, sapelli ve teak odunlarında yüzey pürüzlülüğü parametrelerinin tespiti, 2021 Ziraat, Orman Ve Su Ürünlerinde Araştırma Ve Değerlendirmeler Cilt 2 Sayfa 47-63 Gece Kitaplığı Yayınevi, Ankara,
6. Türk, M. , Eyong, jequtiba ve koto ağaç türlerinde renk, parlaklık ve shore - D sertlik değerleri üzerine ısıtıl işlemin etkisi, 2021 Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, Cilt 4 Sayı 1