**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**Dilan Canan ÇELİKEL**

# FARKLI YÖNTEMLERLE ÜRETİLMİŞ DOKUSUZ YÜZEYLERİN AKUSTİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2017**

***Bu tez çalışmasını çok değerli canım babam Av. Alp Metin ÇELİKEL' in anısına ithaf ediyorum.***

# ÖZ

## DOKTORA TEZİ

**FARKLI YÖNTEMLERLE ÜRETİLMİŞ DOKUSUZ YÜZEYLERİN AKUSTİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI**

**Dilan Canan ÇELİKEL**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Danışman** : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
Yıl: 2017, Sayfa: 269
**Jüri** : Prof. Dr. Nihat ÇELİK
: Prof. Dr. Melih BAYRAMOĞLU
: Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ
: Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

Bu tez çalışması ile ses yalıtımında kullanılmak üzere, özellikle otomotiv sektörü için, ticari tekstil ürünlerine alternatif olarak birim ağırlığının düşük olması, performans ve üretim aşamalarının kısa olması avantajlarıyla ideal ses absorbe edici özellikte, SMS tipi katmanlı dokusuz yüzey malzemenin niteliklerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla; polyester ve polipropilen hammaddeden üretilmiş, homokomponent ve bikomponent yapıdaki yuvarlak ve trilobal lif kesitlerinde, düz veya noktalı kalenderleme uygulanmış, 7 farklı kumaş gramajına sahip toplamda 49 adet katmanlı dokusuz yüzey numunesi elde edilmiştir. Bu numunelerin, ses yalıtım performansını değerlendirmek üzere hava geçirgenliği, ses absorbsiyonu ve gözenek boyutu ölçümlerinin yanında patlama mukavemeti, kopma mukavemeti gibi mekanik performans özellikleri de incelenmiştir. Design Expert 9 paket programı kullanılarak istatistiksel analizler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda bikomponent yapılı liflerin filament serme yöntemine göre üretilen dokusuz yüzeylerde ses absorbsiyonunu iyileştirdiği, bu durumun yüzeylerin hava geçirgenliği ve gözenek yapısı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Yüksek frekanslar için artan gramajlarda azalan gözenek boyutu ve hava akımına karşı direncin artmasıyla birlikte akustik özelliklerin geliştiği saptanmıştır. Bu durumu lif kesit şekli ve lif yapısının bikomponent veya homokomponent oluşunun etkilediği belirlenmiştir

**Anahtar Kelimeler:** Dokusuz Yüzeyler, Sonsuz Elyaf Serme Yöntemi, Bikomponent Lifler, Ses Absorbsiyonu, Geçirgenlik Özelliği

**ABSTRACT**

**PhD THESIS**

**INVESTIGATION OF THE FACTORS EFFECTING ACOUSTIC PROPERTIES OF NONWOVEN FABRICS PRODUCED WITH DIFFERENT METHODS**

**Dilan Canan ÇELİKEL**

**ÇUKUROVA UNIVERSITY**
**INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**
**DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING**

**Supervisor** : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
Yıl: 2017, Page: 269
**Jury** : Prof. Dr. Nihat ÇELİK
: Prof. Dr. Melih BAYRAMOĞLU
: Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ
: Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY

In this thesis work, it is aimed to investigate the properties of SMS type multilayer nonwovens for sound insulation as an alternative product to commercially used materials with the production and short production line advantages. For this purpose; flat and point calendered, in round and trilobal fiber cross-sectional shapes of homocomponent and bicomponent structures produced from polyester and polypropylene fibers, totally 49 multilayer nonwoven samples with 7 different fabric weights were obtained. In order to evaluate the sound insulation performance of these samples, mechanical performance characteristics such as air permeability, sound absorption coefficient and pore size measurements as well as bursting strength resistance and breaking strength were determined with standart test procedures. All test results obtained from the tests were analyzed statistically by using Design Expert 9 package program. As the result, the sound absorption properties were improved by bicomponent fibers in spunmelt nonwovens, and it had a high correlation with air permeabilty and pore sizes. For high frequency ranges, sound absorbing performance of nonwovens became better with the increase of fabric weight per unit area, decrease of air flow resistance and pore sizes. It was effected by the fiber cross-sectional shape and the fiber type of homocomponent or bicomponent type.



**Key Words:** Nonwovens, Spunbond, Meltblown, Bicomponent Fibers, Sound Absorption, Permeability

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Günümüzde tekstil maddeleri, gerek lif çeşitliliği, gerekse oluşturulabilen yapıların çeşitliliği sebebiyle klasik tekstil kullanım alanları dışında; tıp, inşaat, taşımacılık, tarım ve endüstri gibi alanlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeni lif materyalleri, tekstil yüzeyleri ve yeni üretim teknolojilerinin geliştirilmesi ile teknik tekstiller, tekstil sektörünün son yıllarda en hızlı büyüyen alanı haline gelmiştir. Teknik tekstillerin her geçen gün artan kullanım alanları ve yenilikçi ürünlerin bulunmasıyla tekstil sektörünün sınırları yeniden çizilmektedir.

Teknik tekstillerin tanımı, The Textile Institute tarafından yayınlanan Textile Terms and Definitions adlı yayında "Teknik tekstiller, estetik veya dekoratif özelliklerinden ziyade esasen sahip oldukları teknik ve performans özellikleri için imal edilen tekstil malzemeleri ve ürünleri" şeklinde belirtilmektedir.

Teknik tekstillerin üretimi için, tüm tekstil üretim prosesleri uygun olduğu gibi teknik tekstillerin görünüş, tasarım gibi özelliklerinden daha çok; mekaniksel, kimyasal, akustik özellikleri önem taşıdığı için, bu özel tekstil ürünleri için ayrıca özel üretim prosesleri de mevcuttur. Ancak üretim aşamalarının kısalığı ve kolaylığı, üretim maliyetlerinin düşük olması, fonksiyonel ve teknik performansları ve esnekliği gibi avantajlarıyla dokusuz yüzeyler teknik tekstiller içinde ön plana çıkan tekstil ürünleri olarak göze çarpmaktadır.

Dokusuz yüzeylerin otomotiv, inşaat ve çeşitli endüstriyel kullanım alanları incelendiğinde gözenekli ve lifli yapıları nedeniyle ses yalıtım özelliğinin önem taşıdığı göze çarpmaktadır. Otomobillerde motor bölgesi ve araç içi ses izolasyonlarında, inşaatlarda (eğitim kurumları, kongre merkezleri, hastaneler, oteller, sinema salonları vb.) tesisat ve yapı içi ses izolasyonlarında, beyaz eşyalar ve çeşitli endüstriyel makinelerin gürültü ve vibrasyon izolasyonlarında dokusuz yüzeylerin tek başlarına veya kompozit yapıda kullanım olanaklarının mevcut olduğu görülmektedir.

Son yıllarda kompozit ya da çok bileşenli elyaf (bikomponent lifler), iplik (kompozit/hibrit iplikler) ve yüzeyler (kaplama, lamine, katmanlı dokusuz yüzeyler, vb) son kullanımda sağladıkları avantajları nedeniyle ön plana çıkmaktadırlar. Yüzey formunda teknik tekstil uygulama alanlarında (Agrotech, Buildtech, Clothtech, Geotech, Hometech, Indutech, Medtech, Mobiltech, Oekotech, Packtech, Protech, Sporttech) katmanlı ya da çok bileşenli nonwoven yapılar özellikleri bakımından büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu tür yapılar içerisinde önemli ticari başarı sağlamış olan SMS (Spunbond+Meltblown+Spunbond) yüzeyler/yapılar son kullanım çeşitliliği açısından önemli potansiyel oluşturmuştur. Sağladıkları üstünlükleri nedeniyle tek kademede üretilebilmeleri adına teknolojik üretim makineleri (SMS makineleri) de geliştirilmiştir. Günümüzde gerek kontinü gerekse diskontinü üretim teknolojileri ile üretilebilen SMS katmanlı nonwoven yüzeylerin her geçen gün yeni kullanım alanları ortaya çıkmaktadır.

‘’Farklı Yöntemlerle Üretilmiş Dokusuz Yüzeylerin Akustik Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin Araştırılması’’ konulu doktora tez çalışmasında katmanlı SMS yapıların akustik amaçlı kullanılıp kullanılmayacağı, ticari olarak yaygınlaşmış tekstil ürünlerine alternatif olarak performans ve üretim aşamalarının kısalığı avantajıyla ideal bir ses yutucu dokusuz yüzey malzemenin niteliklerini araştırmak ve belirlemek amaçlanmıştır. Yapılan literatür ve piyasa araştırmaları sonucunda ses yalıtımında çeşitli malzeme ve çeşitli katman kombinasyonlarının kullanıldığı, kullanılan tekstil yapılı ürünlerin pek çoğunun mekaniksel yöntemlere göre üretilmiş dokusuz yüzey yapılar olduğu ve bu alanda mevcut çalışmalar bulunduğu görülmüştür. Dokusuz yüzeylerin lifli ve gözenekli yapılarının yanı sıra hammadde özellikleri, kalınlık, birim ağırlık, geçirgenlik özellikleri vb. ses absorbsiyonunu etkileyen diğer faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya genelinde bu alanda yapılan çalışmalarla mevcut akustik malzeme ve materyallere alternatif olarak daha iyi performans gösterecek malzeme veya materyallerin geliştirilmesi ve çeşitlilik oluşturulması yoluna gidilmektedir. Bu açıdan

değerlendirildiğinde mevcut doktora tez çalışması bu alandaki çalışmalara katkı sağlama potansiyeline sahip görünmektedir.

Bu yaklaşımla gözenekliliğin, temel olarak lif inceliği ve kumaş ağırlığı ile ilişkili olduğu değerlendirildiğinde, daha ince lifli yapılarla daha küçük gözeneklilik sağlanacağı ve ses absorbsiyonu performansını artıracağı açıktır. Bu nedenle yapılan tez çalışmasında mikro yapılı liflerin kullanımına olanak sağlayan dokusuz yüzey üretim yöntemleri olarak spunbond (filament serme) ve meltblown (eriyikten dökülme) üretim yöntemleri belirlenmiştir. Çeşitli frekans düzeylerinde ses dalgasınının kalınlıkla olan ilişkisinin ses absorbsiyonuna olan etkisini kontrol edebilmek üzere spunbond ve meltblown katmanlardan oluşan üç katmanlı dokusuz yüzeyler çalışmanın materyalini oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında öncelikle dokusuz yüzey üretim teknolojileri ile ilgili bilgi verilmiş, ses yalıtımının temel prensipleri açıklanarak konunun daha anlaşılabilir olması için ses ile ilgili temel kavramlar incelenmiştir. Ardından literatürde yer alan önceki çalışmalara yer verilmiş, incelenen çalışmalar arasından tez çalışması için önemli bulunan çalışmalar özetlenmiştir. Sonraki bölümlerde dokusuz yüzey numunelerin özellikleri açıklanarak, fiziksel, mekanik ve geçirgenlik özelliklerini incelemek üzere kullanılan test metodlarına yer verilmiştir. Uygulanan tüm testlerin sonuçları istatistiksel olarak incelenmiş ve katmanlı dokusuz yüzey yapıların ses absorbsiyon özellikleri diğer performans özellikleri ile ilişkilendirilerek açıklanmıştır.

Tez çalışması kapsamında belirlenen dokusuz yüzey numunelerin üretimi Gaziantep ilinde faaliyet gösteren Mogul Nonwoven Tekstil İşletmelerinde tamamlanmış ve üretilen toplam 49 adet numunenin fiziksel, mekanik ve geçirgenlik özelliklerini tespit etmek üzere gramaj tayini, kalınlık tayini, gözenek boyutu ölçümü, kopma kuvveti, patlama mukavemeti, hava geçirgenliği ve ses absorbsiyonu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin hava geçirgenliği, kopma kuvveti ve patlama mukavemeti ölçümleri Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Test Laboratuvarında test edilmiştir. Gözenek boyutu ölçümü Mogul Nonwoven Tekstil işletmesi kalite kontrol laboratuvarında

gerçekleştirilip, ses absorbsiyonu ölçümleri İstanbul ilinde faaliyet gösteren İTKİB İTA Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Ölçümlerden elde edilen tüm veriler grafiksel olarak değerlendirilip, Design-Expert 9 paket programı kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında anlamlılık seviyesi %5 alınmış ve bağımsız değişkenler olarak hammadde tipi, lif kesit şekli ve durumu, kalenderleme tipinin bağımlı değişken olan performans özellikleri ile olan istatistiksel ilişkisi incelenmiştir.

**TEŞEKKÜR**

Doktora çalışmamın her aşamasında bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, tez çalışmamda her türlü desteğini esirgemeyerek beni yönlendiren, zorlukları aşmamı sağlayan, akademik ve bilimsel yaklaşımıyla örnek aldığım, danışmanlığından onur duyduğum çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Osman BABAARSLAN' a ayırdığı değerli zamanı, hoşgörüsü, sağladığı büyük katkı ve emek için en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyeleri hocalarım Sayın Prof. Dr. Nihat ÇELİK' e ve Prof. Dr. Melih BAYRAMOĞLU' na tez çalışmamın tüm sürecinde yapıcı ve yönlendirici görüşleri ve bilimsel katkılarından dolayı teşekkür ederim. Doktora tezi jüri üyelerinden Sayın Prof. Dr. Yasemin KORKMAZ ve Sayın Prof. Dr. Hüseyin Gazi TÜRKSOY' a olumlu katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmam kapsamında dokusuz yüzey kumaşları sağlayan ve laboratuvar desteği veren Mogul Nonwoven Tic.A.Ş' den Tekstil Mühendisi Sayın Serkan GÖĞÜŞ' e, Sinan Ergün ASLAN' a ve Battal DEMİR' e teşekkür ederim.

Çalışmam kapsamında Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nün laboratuvar imkânlarından yararlanmamı sağlayan Bölüm Başkanı Prof. Dr. Mehmet TOPALBEKİROĞLU' na, laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Halil İbrahim ÇELİK ve Arş. Gör. Dr. Esin SARIOĞLU' na teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında gösterdikleri desteklerinden dolayı Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden Arş. Gör. Dr. Abdurrahman TELLİ ve Arş. Gör. Yusuf DAŞAN' a çok teşekkür ederim.

Ayrıca hayatımın her döneminde sonsuz sevgileri ve destekleriyle yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Doktora çalışmam esnasında maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: MMF2013D13) teşekkürlerimi sunarım.

**İÇİNDEKİLER** **SAYFA**

ÖZ ..... I
ABSTRACT ..... II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET ..... III
TEŞEKKÜR ..... VII
İÇİNDEKİLER ..... VIII
ÇİZELGELER DİZİN ..... X
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... XVI
1. GİRİŞ ..... 1
1.1. Dokusuz Yüzey Üretim Yöntemleri ..... 3
1.1.1. Doku Oluşturma Yöntemleri ..... 4
1.1.2. Doku Bağlama Yöntemleri ..... 11
1.1.3. Bitim İşlemleri ..... 15
1.1.4. Bikomponent Dokusuz Yüzeyler ..... 15
1.1.5. Dünyada ve Türkiye'de Dokusuz Yüzey Üretimi ve Dış Ticareti ..... 19
1.2. Ses Absorbsiyonu ..... 31
1.2.1. Sesin Tanımı ve Temel Özellikleri ..... 31
1.2.2. Ses Absorbsiyonu ve Ölçüm Yöntemleri ..... 36
1.2.3. Ses Absorbsiyonunda Kullanılan Materyaller ..... 43
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 47
3. MATERYAL VE METOD ..... 53
3.1. Materyal ..... 53
3.2. Metod ..... 60
3.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Tayini ..... 61
3.2.1.1. Kumaş Gramajı Tayini ..... 61
3.2.1.2. Kumaş Kalınlık Tayini ..... 61
3.2.1.3. Kumaş Yoğunluk Tayini ..... 61
3.2.1.4. Gözenek Boyutu Tayini ..... 62
3.2.2. Kumaşların Mekanik Özelliklerinin Tayini ..... 63
3.2.2.1. Kopma Mukavemeti ve Uzaması Tayini ..... 63
3.2.2.2. Patlama Mukavemeti Tayini ..... 64

3.2.3. Kumaşların Geçirgenlik Özelliklerinin Tayini ..... 65
3.2.3.1. Hava Geçirgenliği Tayini ..... 65
3.2.3.2. Ses Absorbsiyonu Tayini ..... 66
3.3. İstatistiksel Analiz ..... 67
3.3.1. Optimizasyon ..... 70
3.3.2. Korelasyon ..... 71
4. BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 73
4.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi ..... 73
4.1.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Ölçüm Sonuçları ..... 73
4.2. Kumaşların Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi ..... 95
4.2.1. Kopma Kuvveti Ölçüm Sonuçları ..... 95
4.2.2. Patlama Mukavemeti ..... 132
4.3. Kumaşların Geçirgenlik Özelliklerinin Değerlendirilmesi ..... 153
4.3.1. Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları ..... 153
4.3.2. Ses Absorbsiyonu Ölçüm Sonuçları ..... 175
4.4. Optimizasyon ve Korelasyon ..... 194
4.4.1. Optimizasyon ..... 194
4.4.2. Korelasyon ..... 204
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ..... 211
5.1. Çalışmanın Sonuçları ..... 211
5.2. Sonraki Çalışmalar için Öneriler ..... 216
KAYNAKLAR ..... 217
ÖZGEÇMİŞ ..... 227
EKLER ..... 228

**ÇİZELGELER DİZİNİ** **SAYFA**


Çizelge 1.1. Dokusuz yüzey kumaşların özellikleri ..... 3
Çizelge 1.2. Dokusuz yüzey üretim teknolojisi ..... 3
Çizelge 1.3. Dünya dokusuz yüzey ticareti ..... 23
Çizelge 1.4. Dünya dokusuz yüzey ihracatının başlıca ülkelere göre dağılımı .... 24
Çizelge 1.5. Dünya dokusuz yüzey ihracatının ürün bazında yıllara göre Dağılımı ..... 25
Çizelge 1 6. Dünya dokusuz yüzey ithalatının ülkelere göre dağılımı ..... 26
Çizelge 1.7. Dünya dokusuz yüzey ithalatının ürün bazında yıllara göre Dağılımı ..... 27
Çizelge 1.8. Türkiye dokusuz yüzey ticareti ..... 28
Çizelge 1.9. Türkiye dokusuz yüzey ihracatının ürün bazında yıllara göre Dağılımı ..... 29
Çizelge 1.10. Türkiye dokusuz yüzey ithalatının ürün bazında yıllara göre Dağılımı ..... 30
Çizelge 3.1. Kullanılan polimerlerin bazı özellikleri ..... 55
Çizelge 3.2. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri 56
Çizelge 3.3. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey Numuneleri ..... 58
Çizelge 3.4. if kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri ..... 60
Çizelge 3.5. Deneysel tasarım ..... 68
Çizelge 3.6. Pearson Korelasyon katsayısına göre değişkenlerin ilişki düzeyi ... 72
Çizelge 4.1. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model seçimi ..... 76
Çizelge 4.2. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA ..... 78
Çizelge 4.3. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA sonucunda

istatistiksel model performans değerleri ..... 79
Çizelge 4.4. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model seçimi ..... 84
Çizelge 4.5. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA ..... 86
Çizelge 4.6. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 87
Çizelge 4.7. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model seçimi ..... 90
Çizelge 4.8. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA ..... 92
Çizelge 4.9. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 94
Çizelge 4.10. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için istatistiksel model seçimi ..... 98
Çizelge 4.11. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA ..... 100
Çizelge 4.12. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 101
Çizelge 4.13. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma mukavemeti (CD) için istatistiksel model seçimi ..... 103
Çizelge 4.14. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA ..... 105

Çizelge 4.15. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 106
Çizelge 4.16. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma mukavemeti (MD) için istatistiksel model seçimi ..... 111
Çizelge 4.17. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA ..... 113
Çizelge 4.18. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 114
Çizelge 4.19. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma mukavemeti (CD)için istatistiksel model seçimi ..... 116
Çizelge 4.20. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA ..... 118
Çizelge 4.21. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri. ..... 119
Çizelge 4.22. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için istatistiksel model seçimi ..... 122
Çizelge 4.23. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA ..... 125
Çizelge 4.24. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 126
Çizelge 4.25. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için istatistiksel model seçimi ..... 128
Çizelge 4.26. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA ..... 130

Çizelge 4.27. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 131
Çizelge 4.28. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için istatistiksel model seçimi ..... 134
Çizelge 4.29. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA ..... 136
Çizelge 4.30. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 137
Çizelge 4.31. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için istatistiksel model seçimi ..... 141
Çizelge 4.32. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA ..... 143
Çizelge 4.33. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 145
Çizelge 4.34. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için istatistiksel model seçimi ..... 148
Çizelge 4.35. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA ..... 150
Çizelge 4.36. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 152
Çizelge 4.37. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistiksel model seçimi. 155
Çizelge 4.38. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA ..... 157

Çizelge 4.39. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 158
Çizelge 4.40. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistiksel model seçimi .. 163
Çizelge 4.41. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA..... 165
Çizelge 4.42. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 167
Çizelge 4.43. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistiksel model seçimi..... 170
Çizelge 4.44. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA..... 172
Çizelge 4.45. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 174
Çizelge 4.46. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için istatistiksel model seçimi..... 181
Çizelge 4.47. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA ..... 184
Çizelge 4.48. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey ses absorbsiyonu için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 186
Çizelge 4.49. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için istatistiksel model seçimi ..... 189
Çizelge 4.50. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA..... 191
Çizelge 4.51. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde

ses absorbsiyonu için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri ..... 194
Çizelge 4.52. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses ve yanıt değişkenlerine ait girdiler..... 195
Çizelge 4.53. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için numerik optimizasyon sonuçları ..... 196
Çizelge 4.54. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses ve yanıt değişkenlerine ait girdiler..... 198
Çizelge 4.55. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için numerik optimizasyon sonuçları..... 199
Çizelge 4.56. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses ve yanıt değişkenlerine ait girdiler..... 201
Çizelge 4.57. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için nümerik optimizasyon sonuçları ..... 202
Çizelge 4.58. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları ..... 204
Çizelge 4.59. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları..... 206
Çizelge 4.60. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları..... 208

**ŞEKİLLER DİZİNİ** **SAYFA**

Şekil 1.1. Dokusuz yüzeylerin kullanım alanlarına örnekler ..... 1
Şekil 1.2. Kuru işlem esasında taraklama yöntemi ile doku oluşturmanın temelprensibi ..... 5
Şekil 1.3. Kuru işlem esasında havalı serme yöntemi ile doku oluşturmanın temelprensibi ..... 6
Şekil 1.4. Islak işlem esasında doku oluşturmanın temel prensibi ..... 7
Şekil 1.5. Sonsuz elyaf serme (spunlaid) yöntemine göre doku oluşturmanın temel prensibi ..... 8
Şekil 1.6. Sonsuz elyaf serme yönteminde kullanılan düzeler ..... 9
Şekil 1.7. Eriyikten püskürtme yöntemine göre doku oluşturmanın temel prensibi ..... 10
Şekil 1.8. Eriyikten püskürtme yönteminde kullanılan düzeler ..... 10
Şekil 1.9. Kimyasal yöntemle doku bağlamanın temel prensibi ..... 11
Şekil 1.10. Mekanik yöntemle doku bağlamanın temel prensibi ..... 12
Şekil 1.11. Isıl yöntemle doku bağlamanın temel prensibi ..... 13
Şekil 1.12. Sıcak silindir ile doku bağlama ..... 14
Şekil 1.13. Kalender silindir tipleri ..... 14
Şekil 1.14. Bikomponent liflerde kesit şekilleri ..... 16
Şekil 1.15. Bikomponent dokusuz yüzey üretimi ..... 18
Şekil 1.16. Dünyada dokusuz yüzey üretiminin yıllara göre dağılımı ..... 20
Şekil 1.17. 2014 yılı için Avrupa ülkelerinde dokusuz yüzey üretimi ..... 21
Şekil 1.18. Üretim yöntemine göre Avrupa ülkelerinde dokusuz yüzey üretim miktarları ..... 22
Şekil 1.19. Dünyada dokusuz yüzey tüketiminin bölgelere göre dağılımı ..... 23
Şekil 1.20. Sesin dalga boyu ve genliği ..... 32
Şekil 1.21. Ses basıncı ve ses basınç düzeyi arasındaki ilişki ..... 34
Şekil 1.22. Desibel- Frekans ilişkisi / Düzeltme faktörleri ..... 35
Şekil 1.23. Ses absorbsiyonunun şematik gösterimi ..... 37

Şekil 1.24. Empedans tüpü ölçüm yönteminde kullanılan farklı çaplardaki tüpler 38
Şekil 1.25. Empedans tüpü 'transfer fonksiyon' metodu ses absorbsiyon katsayısı... ölçüm düzeneği ..... 39
Şekil 1.26. Çınlanım odası ..... 40
Şekil 1. 27. Anekoik oda ..... 41
Şekil 1.28. Alfa kabin test sistemi ..... 41
Şekil 1.29. Yapı yalıtımı uygulamaları ..... 44
Şekil 1.30. Otomobillerde gürültü kaynakları ve ses absorbsiyon materyallerinin 45
Şekil 3.1. Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzey numunelerin şematik yapısı..... 55
Şekil 3.2. Dokusuz yüzey numunelerin lif kesit şekilleri..... 57
Şekil 3.3. Precisa Yoğunluk ölçüm terazisi ..... 62
Şekil 3.4. PMI Gözenek boyutu ölçüm cihazı ..... 63
Şekil 3.5. James H. Heal Kopma kuvveti test cihazı ..... 64
Şekil 3.6. James H. Heal Patlama mukavemeti test cihazı..... 65
Şekil 3.7. SDL Atlas Hava geçirgenliği test cihazı..... 66
Şekil 3.8. Empedans tüp ölçüm düzeneği ..... 67
Şekil 3.9. x ve y değişkenleri için farklı korelasyon durumları ..... 71
Şekil 4.1. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapı ..... 75
Şekil 4.2. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için 2FI model uygunluk grafikleri..... 77
Şekil 4.3. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği..... 80
Şekil 4.4. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Noktalı kalenderli numuneler için)..... 81
Şekil 4.5. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Düz kalenderli numuneler için) ..... 81

Şekil 4.6. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Trilobal kesitli numuneler için) ..... 82
Şekil 4.7. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Yuvarlak kesitli numuneler için) ..... 83
Şekil 4.8. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için 2FI model uygunluk grafikleri..... 85
Şekil 4.9. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği ..... 88
Şekil 4.10. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Yuvarlak kesitli numuneler için) ..... 89
Şekil 4.11. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Trilobal kesitli numuneler için) ..... 89
Şekil 4.12. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için cubic model uygunluk grafikleri ..... 91
Şekil 4.13. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği ..... 95
Şekil 4.14. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin numunelerinin kopma kuvveti değerleri ..... 96
Şekil 4.15. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin kopma kuvveti (MD) için Linear model uygunluk grafikleri ..... 99
Şekil 4.16. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin kopma kuvveti (MD) için faktör etkileşim grafiği ..... 102
Şekil 4.17. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin kopma kuvveti (CD) için Linear model uygunluk grafikleri ..... 104
Şekil 4.18. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin kopma kuvveti (CD) için faktör etkileşim grafiği..... 107
Şekil 4.19. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Noktalı kalenderli numuneler için)..... 108

Şekil 4.20. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Düz kalenderli numuneler için) ..... 108
Şekil 4.21. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Trilobal kesitli numuneler için) ..... 110
Şekil 4.22. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için). ..... 110
Şekil 4.23. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için Cubic model uygunluk grafikleri..... 112
Şekil 4.24. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için faktör etkileşim grafiği115
Şekil 4.25. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için 2FI model uygunluk grafikleri..... 117
Şekil 4.26. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için faktör etkileşim grafiği ... 120
Şekil 4.27. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için) ..... 121
Şekil 4.28. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Trilobal kesitli numuneler için) ..... 121
Şekil 4.29. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için Quadratic model uygunluk grafikleri ..... 124
Şekil 4.30. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için faktör etkileşim grafiği..... 127
Şekil 4.31. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için 2FI model uygunluk grafikleri ..... 129
Şekil 4.32. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için faktör etkileşim grafiği..... 132
Şekil 4.33. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin patlama mukavemeti değerleri ..... 133

Şekil 4.34. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin patlama mukavemeti için Quadratic model uygunluk grafikleri..... 135
Şekil 4.35. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Noktalı kalenderli numuneler için) ..... 18
Şekil 4.36. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Düz kalenderli numuneler için) ..... 138
Şekil 4.37. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuzyüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Trilobal kesitli numuneler için) ..... 139
Şekil 4.38. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuzyüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için) ..... 140
Şekil 4.39. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için Quadratic model uygunluk grafikleri..... 142
Şekil 4.40. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde faktör etkileşimleri ..... 145
Şekil 4.41. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için) ..... 146
Şekil 4.42. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Trilobal kesitli numuneler için) ..... 147
Şekil 4.43. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama patlama mukavemeti için 2FI model uygunluk grafikleri..... 149
Şekil 4.44. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için faktör etkileşim grafiği ..... 152
Şekil 4.45. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin hava geçirgenlik değerleri..... 154
Şekil 4.46. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin hava geçirgenliği için Quadratic model uygunluk grafikleri ..... 156
Şekil 4.47. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin hava geçirgenliği için faktör etkileşim grafiği ..... 159
Şekil 4.48. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey

numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Noktalı kalenderli numuneler için) ..... 160
Şekil 4.49. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Düz kalenderli numuneler için) ..... 160
Şekil 4.50. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Trilobal kesitli numuneler için) ..... 161
Şekil 4.51. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için) ..... 162
Şekil 4.52. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için Fifth model uygunluk grafikleri..... 164
Şekil 4.53. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için faktör etkileşim grafiği 167
Şekil 4.54. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için)..... 168
Şekil 4.55. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Trilobal kesitli numuneler için)..... 169
Şekil 4.56. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava hava geçirgenliği için Quadratic model uygunluk grafikleri ..... 171
Şekil 4.57. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için faktör etkileşim grafiği..... 174
Şekil 4.58. Hammadde tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları..... 176
Şekil 4.59. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Noktalı kalenderli numuneler için) ..... 178
Şekil 4.60. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Düz kalenderli numuneler için) ..... 179
Şekil 4.61. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Yuvarlak kesitli numuneler için)..... 180
Şekil 4.62. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin

ses absorbsiyon katsayıları (Trilobal kesitli numuneler için)..... 180
Şekil 4.63. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için Cubic model uygunluk grafikleri..... 182
Şekil 4.64. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Yuvarlak kesitli numuneler için) ..... 188
Şekil 4.65. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Trilobal kesitli numuneler için) ..... 188
Şekil 4.66. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için Cubic model uygunluk grafikleri..... 190
Şekil 4.67. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde optimizasyon işleminin her bir performans değeri için hedefe ulaşma seviyesi..... 196
Şekil 4.68. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için eğim grafikleri..... 197
Şekil 4.69. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde optimizasyon işleminin her bir performans değeri için hedefe ulaşma seviyesi..... 200
Şekil 4.70. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için eğim grafikleri..... 200
Şekil 4.71. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde optimizasyon işleminin her bir performans değeri için hedefe ulaşma seviyesi ..... 203
Şekil 4.72. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için eğim grafikleri..... 203

# 1. GİRİŞ

Dokusuz yüzeyler; kesikli veya kesiksiz, doğal veya yapay elyafın dokuma ve örme dışında mekanik, ısıl veya kimyasal yöntemler ile birleştirilmesi sonucunda oluşturulan lif tabakalarıdır (Inda ve Edana, 2017). Dokusuz yüzey üretiminde her türlü lif ve polimer hammadde olarak kullanılabilmektedir. Kullanım alanına bağlı olarak beklenen fiziksel ve mekanik özelliklere sahip tek kullanımlık ürünlerin yanında uzun ömürlü dokusuz yüzey kumaşlar da üretmek mümkündür.

Dokuma ve örme sistemlerine kıyasla üretim basamaklarının kısa olması sistemin en önemli avantajıdır. İstenilen hacim, incelik ve alan yoğunluğunda üretilebilen dokusuz yüzeyler estetik amacın güdülmediği teknik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Dokusuz yüzeylerin üretim ve kullanımının artması teknik tekstillere olan ilginin artışına paralel olarak gelişim göstermektedir. Hammadde seçimine ve üretim yöntemine bağlı olarak sıvı çekici, sıvı itici, ses absorbe edici, esnek, sağlam, yumuşak, yanmayı geciktirici, filtre edici, antibakteriyel, ısı tutucu vb. gibi fonksiyonel özelliklerde üretilebilmektedirler (Ulcay, 2014; Uzun, 2012).



Şekil 1.1. Dokusuz yüzeylerin kullanım alanlarına örnekler (Anonymous)

Genel olarak dokusuz yüzeylerin kullanım alanları şu şekildedir:

1. Endüstriyel Uygulamalar: Hava/gaz/toz filtreleri, pil ayırıcı, elektrik izolasyonu, ısı ve ses yalıtımı, vb.
2. Ev tekstilleri: Halılar, paspas, halı arkası, masa örtüsü, peçeteler, döşeme destek malzemeleri, duvar kaplamaları, toz bezleri, mobilya dolguları, vb.
3. Giysilik Uygulamalar: Ayakkabı astar ve tabanlık, iç giysilik, tela, suni deri, giysi pedleri, dolgu malzemeleri, bebek önlükleri, koruyucu giysiler, vb.
4. Hijyen/Kişisel Bakım: Çocuk ve yetişkin bezleri, hijyenik pedler, temizleme mendilleri, kozmetik mendiller, vb.
5. Jeotekstil, ve Uygulamaları: Drenaj ve erozyon kontrolü, asfalt kaplama, toprak stabilizörleri, vb.
6. Medikal Uygulamalar: Cerrrahi örtüler, bandajlar, cerrahi maske ve önlükler, steril ambalaj, tıbbi önlük ve eldiven, vb.
7. Otomotiv ve Taşımacılık Uygulamaları: Araç paspasları, kapı panel kaplama, bagaj zemin kaplamaları, halılar/halı takviye, filtreler (hava temizleme, kabin hava, karbüratör, yağ), yalıtım malzemeleri, vb.
8. Paketleme/Ambalaj Uygulamaları: Kahve ve çay poşetleri, taşıma çantaları, CD zarfları, ayıraç yaprak, vb.
9. Tarım Uygulamaları: Tarım örtüleri, çim koruyucular, ürün koruyucular,
10. Yapı Uygulamaları: Çatı ve tuğla altı mantolama, bileşenleri, ısı ve ses izolasyonu, dış yüzey kaplama, tavan yalıtımı, vb.

Geniş bir kullanım alanına sahip dokusuz yüzeyler yapısal ve fonksiyonel durumlarına bağlı olarak Çizelge 1.1’ de beliritilen çeşitli özelliklerden bir veya bir kaçını sahiptirler.

Çizelge 1.1. Dokusuz yüzey kumaşların özellikleri (www.edana.org)

| | | | |
|---|---|---|---|
| • *Gramaj* | • *Emicilik* | • *Sterilizasyon* | • Toz tutmazlık |
| • *Kalınlık* | • *Geçirgenlik* | • *Alev dayanımı* | • Yüzey pürüzlülüğü |
| • *Mukavemet* | • *Gözeneklilik* | • *Ütülenebilirlik* | • Kuru temizlemeye uygunluk |
| • *Uzama* | • *Esneklik* | • *Filtreleme özelliği* | |
| • *Yoğunluk* | • *Su iticilik* | • *Antibakteriyel özellik* | • Hava şartlarına dayanım |
| • *Tutum* | • *Renk Haslığı* | • *İletkenlik/yalıtkanlık* | |

## 1.1. Dokusuz Yüzey Üretim Yöntemleri

Dokusuz yüzey üretim teknolojisi; doku oluşturma, doku sabitleme ve son işlemler olmak üzere üç aşamada gerçekleşmekte olup Çizelge 1.2' de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. Dokusuz yüzey üretim teknolojisi (Akalın, 2010)

| ***1. Doku Oluşturma*** | ***2. Doku Sabitleme*** | ***3. Son İşlemler*** |
|---|---|---|
| *1.Kuru İşlem*<br>*a)Taraklama (Carded)*<br>*b)Havalı Serme (Airlaid)*<br>*2.Islak İşlem (Wetlaid)*<br>*3.Kesiksiz Lif İşlemi*<br>*a)Sonsuz Elyaf Serme (Spunlaid)*<br>*b)Eriyikten Püskürtme (Meltblown)*<br>*4.Ani Doku Oluşturma (Flashspun)* | *1. Kimyasal Yöntemler*<br>*a) Emdirme Yöntemi*<br>*b) Püskürtme Yöntemi*<br>*c) Kimyasalın Dokuya Sürülmesi*<br>*d) Kimyasalın Dokuya Aktarılması*<br>*2. Mekanik Yöntemler*<br>*a) İğneleme Yöntemi*<br>*b) Su Jeti ile Bağlama*<br>*c)Dikişle Bağlama*<br>*3. Isıl Yöntemler*<br>*a) Sıcak Silindirli Isıl Bağlama*<br>*b) Sıcak Hava ile Isıl Bağlama*<br>*c) Ses Dalgaları ile Isıl Bağlama* | *1. Terbiye*<br>*2. Dönüştürme* |

### 1.1.1. Doku Oluşturma Yöntemleri

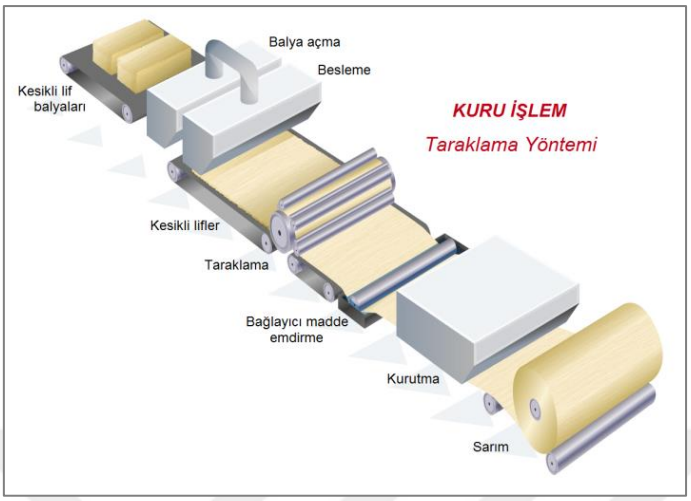
Doku oluşturma aşamasında, kullanılan hammadde ile elyaf tabakası oluşturulmaktadır. Kullanılacak hammadde, son üründen beklenen özelliklere (doku kalitesi, ekonomiklik, çok yönlülük) bağlı olarak, kesikli veya kesiksiz halde lif, granül veya çözelti halinde polimer madde olabilmekte ve hammaddenin yapısal niteliği uygulanacak doku oluşturma tekniğini belirlemektedir. Örneğin; çok kısa (2- 10 mm) kesikli liflerden sulu işlem tekniği kullanılarak doku oluşturmak mümkünken, polimer maddeden doku oluşturmak için sonsuz elyaf serme (Spunlaid) veya eriyikten püskürtme (Meltblown) yöntemleri kullanılmaktadır. Bütün doku oluşturma yöntemlerinde elyaf haline getirilen veya elyaf halinde bulunan hammadde, bir taşıyıcı veya şekillendirici bant üzerine biriktirilerek yerleştirilmekte ve doku oluşumu sağlanmaktadır.

Dokusuz yüzey üretiminde başlıca dört doku oluşturma yöntemi mevcuttur. Bu yöntemler kuru işlem, ıslak işlem, kesiksiz (filament) lif işlemi ve ani olarak doku oluşturma (flashspun) yöntemi şeklindedir. Bu çalışma kapsamında kullanılan numunelerde doku oluşturma, sonsuz elyaf serme ve eriyikten püskürtme yöntemlerine göre yapılmıştır.

#### 1. Kuru İşlem

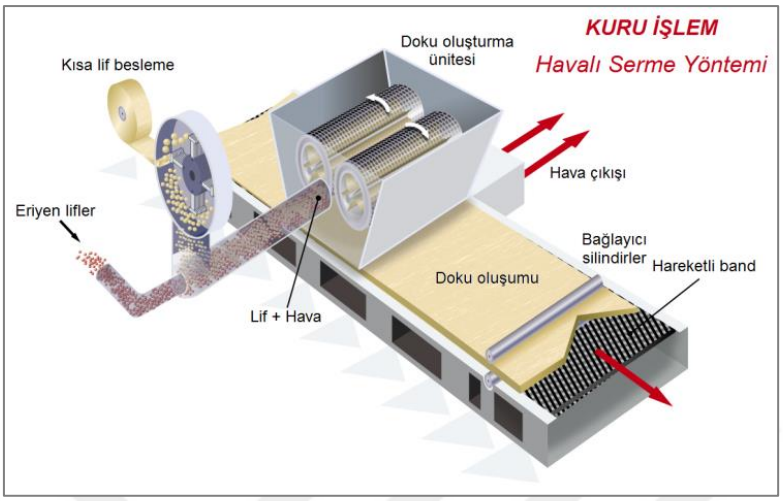
Kuru işlemde doku oluşumu taraklama ve havalı serme olmak üzere başlıca iki yöntem ile gerçekleştirilmektedir.

Kuru işlem esasında taraklama yöntemi ile doku oluşturmanın temel prensibi Şekil 1.2' de gösterilmektedir. Taraklama yöntemi mekanik bir üretim yöntemi olup iplik üretimine benzer şekilde lifler açma ve harmanlama işleminden sonra tarak makinelerinde işlenerek tülbent formuna dönüştürülmektedir. Sentetik ve doğal elyafın işlenmesine olanak sağlayan bu yöntemde elde edilen tülbent, serme ve katlama bandına sevk edilerek istenilen kalınlığa göre üst üste serilerek doku oluşumu sağlanmaktadır.




Şekil 1.2. Kuru işlem esasında taraklama yöntemi ile doku oluşturmanın temelprensibi (www.edana.org)

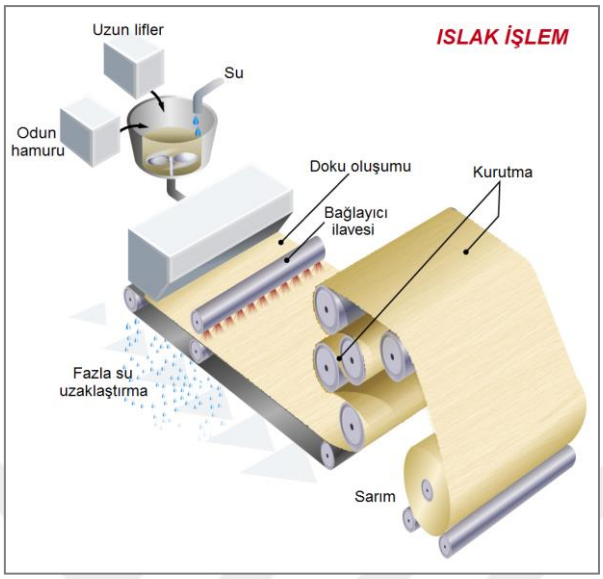
Bir diğer kuru yöntem olan havalı serme yöntemi, hava akımı ile tülbent oluşumu esasına dayanır. Bu yöntemde lifler kontrollü bir hava akımı ile taşınarak delikli bir bant veya silindir üzerinde toplanmakta ve sonuçta tek tabaka halinde tülbent doku oluşturulmaktadır. Delikli bant veya silindir altından vakum ile oluşturulan hava akımı ile emiş sağlanarak liflerin silindir veya bant üzerinde birbirine tutunması ve doku oluşturması sağlanır. Bu tutunma sırasında homojen bir karışım elde etmek mümkündür. Şekil 1.3' de kuru işlem esasında havalı serme yöntemi ile doku oluşturmanın temel prensibi gösterilmektedir. Taraklama yönteminin aksine havalı serme yöntemi daha kısa liflerin kullanılabilmesine olanak sağlar. Kuru serme yöntemleri ile elde edilen yapılar yüksek mukavemet ve dayanıma sahiptirler. Bu durum liflerin $360^{o}$ açılarla dağılması neticesinde her yönde eşit dayanım oluşturmasının sonucudur.




Şekil 1.3. Kuru işlem esasında havalı serme yöntemi ile doku oluşturmanın temelprensibi (www.edana.org)

**2. Islak İşlem (Yaş Serme)**

Bu yöntem kâğıt üretim sistemine benzemektedir. Bu teknikte çok uzun olmayan liflerin sulu karışımları (süspansiyon) hazırlanarak tülbent oluşturulur. Lif özelliklerine göre değişen oranlarda (% 0,1 – 0,5) sulu karışım hazırlanarak delikli bant ya da silindir üzerine dökülür. Delikli yüzey karışımdaki suyun giderilmesini sağlar. Suyun deliklerden giderilmesinden sonra oluşan yapının sabitlenmesi için yapıya binder (bağlayıcı) püskürtülür. Bu işlemden sonra tülbent tamamen kurutulmak ve sabitlenmek üzere fırınlanır. Şekil 1.4' de ıslak işlem esasında doku oluşturmanın temel prensibi gösterilmektedir.




Şekil 1.4. Islak işlem esasında doku oluşturmanın temel prensibi (www.edana.org)

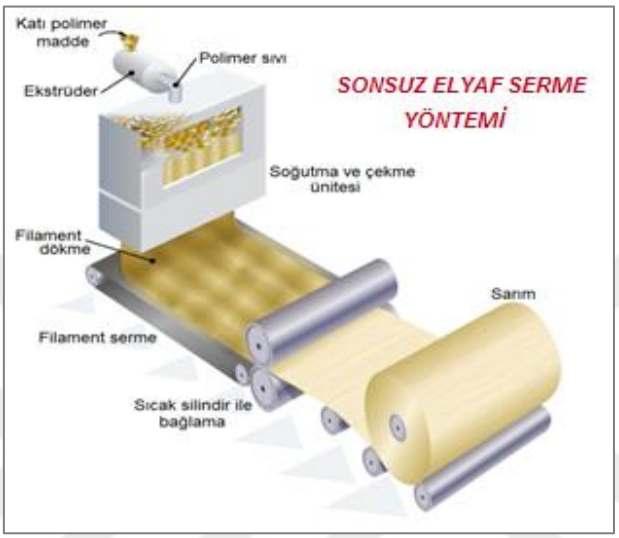
### 3. Kesiksiz Lif İşlemi

Diğer yöntemlerde elyaf, başlangıç materyali iken filament esaslı kesiksiz lif işleminde doğrudan polimer madde powder, cips ya da granül halde beslenmektedir Lif üretim ve hazırlık aşamasının ayrı bir işlem basamağı olarak ortadan kaldırılması neticesinde diğer yöntemlerden daha hızlı ve daha mukavemetli kumaş elde etmek mümkündür Kesiksiz lif işlemi ile doku oluşturma için sonsuz elyaf serme (Spunlaid) ve eriyikten püskürtme (meltblown) olmak üzere iki yöntem mevcuttur.

#### a) Sonsuz Elyaf Serme (Spunlaid) Yöntemi

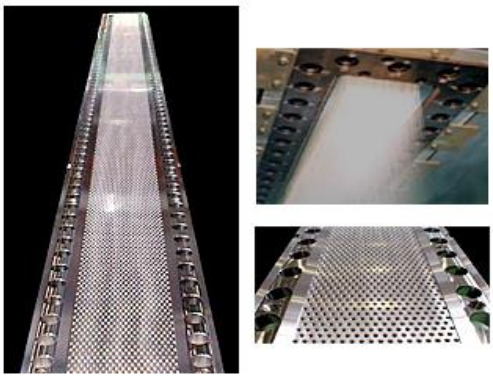
Sonsuz elyaf serme yöntemi, polimerden yüzey oluşturmak için mümkün olan en kısa tekstil üretim hattını oluşturmaktadır. Bu yöntem granül haldeki termoplastik polimer maddenin ekstruderde eritildikten sonra düzelerden püskürtülmesi esasına dayanmaktadır (Şekil 1.5); başka bir deyişle katı polimer madde yumuşak eğirme yöntemine göre polimer çözeltisine dönüştürülmektedir.

Düzelerden püskürtülen filamentler, içerisinde hava akımı bulunan bir kanaldan sevk edilerek soğutulup katılaştırılmakta ve delikli bir konveyör band üzerine dökülüp biriktirilerek doku oluşumu sağlanmaktadır.




Şekil 1.5. Sonsuz elyaf serme (spunlaid) yöntemine göre doku oluşturmanın temel prensibi (www.edana.org)

Sonsuz elyaf serme yönteminde en önemli kısım kalıp düzeneğidir. Bu düzenek iki kısımdan oluşmaktadır; polimer besleme sistemi ve düze kısmı. Polimer besleme sisteminde, tüm düze genişliğince sabit akış miktarının daha iyi sağlanması nedeniyle yaygın olarak T tipi kullanılmaktadır. Sabit basınç altında, üzerinde farklı kesit şekillerinde binlerce adet delik bulunan düzeden (Şekil 1.6) püskürtülen polimer çözeltisi hava kanalında katılaşarak filament oluşumu sağlanmaktadır.



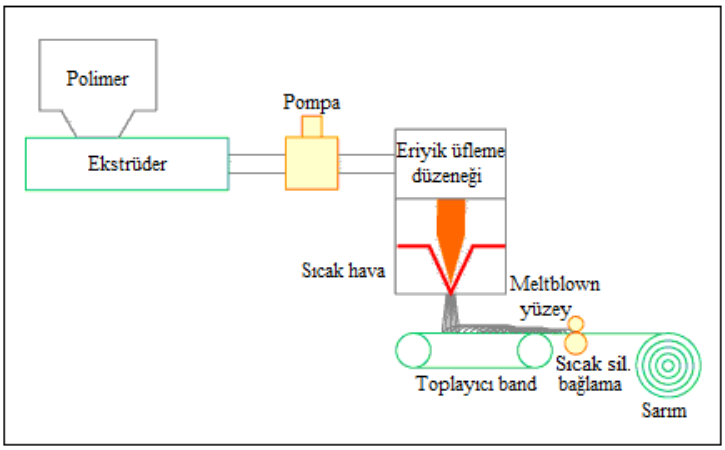
Şekil 1.6. Sonsuz elyaf serme yönteminde kullanılan düzeler (www.kasen.co.jp)

Kanal içerisindeki hava filamentlerin büyük ölçüde katılaşmasını sağlasa da bir miktar bakiye sıcaklık termoplastik polimerden oluşan filament dokuda zayıf bir bağlama etkisi oluşturmaktadır, ancak bu durum doku bağlama etkisi olarak kabul edilmemekte ve doku oluşumundan sonra çoğunlukla ısıl işlem ile bağlama uygulanmaktadır. Ayrıca hava akımı etkisi, akımın etken olduğu kanalın uzunluğu ile de ilişkili olarak, filamentlerde gerilim ve bunun sonucunda çekim oluşturmaktadır. Dokuyu oluşturan filamentlerin düze başlığına göre olan incelikleri, uygulanan çekim neticesinde nihai inceliğe ulaşmaktadır. Filament incelikleri 10-80 µm arasındadır. Elde edilen doku anizotropik yapıdadır; kalınlık 0.2- 1.5 mm arasında değişirken 10- 200 gr/m$^2$ doku ağırlıkları elde edilebilmektedir (Russel, 2007; Babaarslan, 2010; Das, 2012).

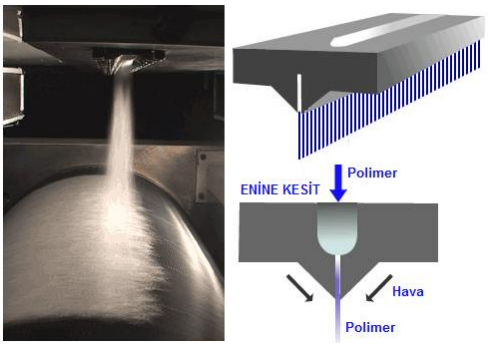
**b) Eriyikten Püskürtme (Meltblown) Yöntemi**

Düşük viskoziteye sahip termoplastik polimer maddelerin hammadde olarak kullanıldığı, eriyikten püskürtme yönteminde polimerlerin eritilmesi, sevki ve filtrelenmesi sonsuz elyaf serme yöntemi ile aynı şekilde yapılmaktadır. Şekil 1.7' de gösterilen bu sistemde filamentlerin oluşturulduğu özel bir bölme bulunmakta, lifler burada çekilmekte, yüksek hızda sıcak hava akımı ile dağıtılmakta (Şekil 1.8)

ve bu havanın etkisi ile katılaşarak kesikli olarak, gelişigüzel halde biriktirici bir konveyör band veya tambur yüzeyi üzerinde toplanmakta ve daha çok bandın ilerleme doğrultusunda kısmi bir yönlenme ile doku oluşturulmaktadır. Doku oluşumu sonrasında doku sabitleme olarak çoğunlukla ısıl bağlama uygulanarak yüzey elde edilmektedir. Dokuların ağırlıkları 10- 350 gr/m$^2$ arasında değişirken, doku yapısındaki liflerin incelikleri 0,5-30 µm arasında olup homojenlikleri oldukça azdır. Eriyikten üfleme teknolojisi ile üretilmiş dokusuz yüzeylerin mukavemetinin ve diğer mekanik özelliklerinin düşük olması bazı uygulamalar için dezavantaj oluşturmaktadır (Dahiya, 2004; Babaarslan, 2010, Süvari, 2012).




Şekil 1.7. Eriyikten püskürtme yöntemine göre doku oluşturmanın temel prensibi (www.kasen.co.jp)



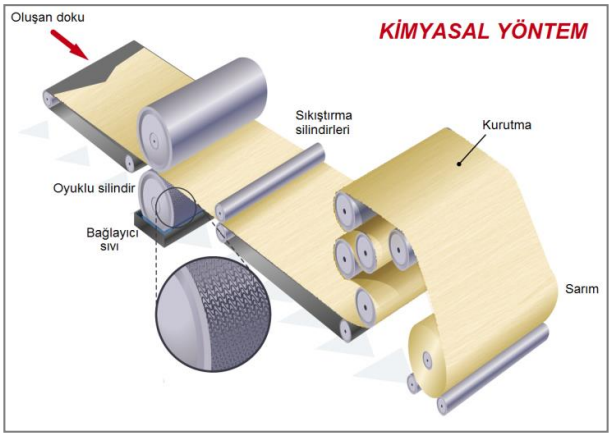

Şekil 1.8. Eriyikten püskürtme yönteminde kullanılan düzeler (www.extrusiongroup.com; www.nippon-nz.com)

### 1.1.2. Doku Bağlama Yöntemleri

Doku sabitleme yöntemleri dokuyu oluşturan liflerin uzunluk, incelik, kıvrım, lif yüzeyi, enine kesiti gibi özelliklerine bağlı olarak, kimyasal, mekanik ve ısıl olmak üzere üç temel esasa dayanmaktadır. Dokuda elde edilen bağlama derecesi uygulanan yönteme göre değişiklik gösterdiği gibi, uygulanacak olan sabitleme yönteminde belirleyici olan son üründen beklenen mukavemet, yoğunluk, gözeneklilik, hacimlilik, yumuşaklık gibi özelliklerdir. Doku sabitleme işlemi bağımsız olarak uygulanabildiği gibi genellikle doku oluşumu sonrasında kontinü olarak devam etmektedir. Elde edilecek üründen beklenen niteliğe göre birden fazla bağlama işlemi de uygulamak mümkündür.

**1. Kimyasal Yöntemler**

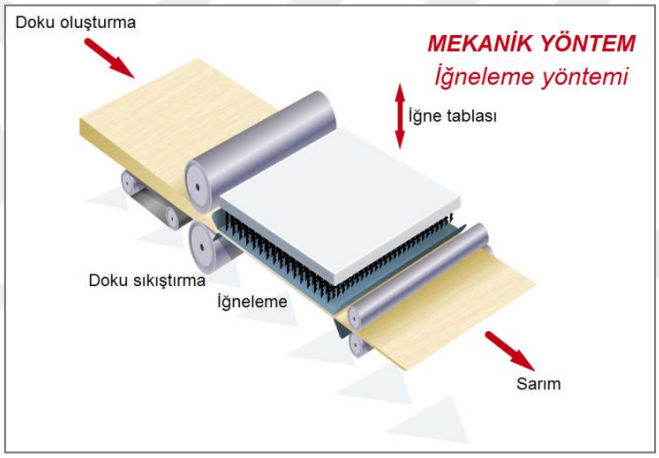
Uygun kimyasalın tülbent üzerine püskürtülmesi, emdirilmesi, yüzeyine sürülmesi veya baskı ile aktarılması gibi prensiplere dayanan bağlama yöntemleridir. Kimyasal, su yardımı ile yüzeye aplike edilir ve daha sonra kurutma işlemi ile su uzaklaştırılır (Şekil 1.9). En yaygın kullanılan kimyasallar; akrilat polimer ve kopolimerleri stiren-bütadien kopolimerleri, vinilasetat etilen kopolimerleridir.




Şekil 1.9. Kimyasal yöntemle doku bağlamanın temel prensibi (www.edana.org)

**2. Mekanik Yöntemler**

Mekanik yöntemler iğneleme, su jeti ile bağlama ve dikişle bağlama esasına dayanmaktadır. İğneleme yöntemi; taraklama, havalı serme veya filament esaslı yöntemlerle oluşan tülbentlerin sabitlenmesinde kullanılır. İğneleme yöntemi, iğnelerin tülbentlere dikey olarak farklı yüksekliklerde nüfuz etmeleri esasına dayanır. Sonsuz bant tarafından iğne/yatak bölümüne gelen tülbentler rastgele iğnelenerek bağlanmaktdır (Şekil 1.10). İğne kalınlığı, uzunluğu, penetrasyon yüksekliği, besleme hızı vb parametreler son ürünün özelliklerini belirlemekte önemli etkenlerdir (desen, incelik, kalınlık yumuşaklık vb.).



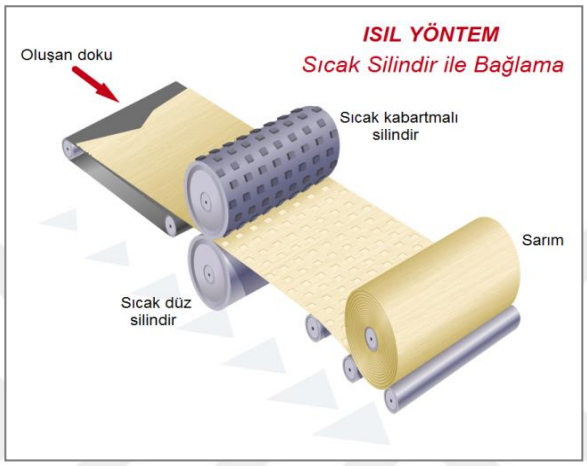

Şekil 1.10. Mekanik yöntemle doku bağlamanın temel prensibi (www.edana.org)

Su jeti ile bağlama yüksek basınçlı su ile dokunun sabitlenmesidir. Yumuşak ve dayanıklı yüzeyler elde edilebilir. Elde edilen tülbentlerin bağlanarak sabitlenmesi için bir diğer mekanik bağlama yöntemi dikişle birleştirmedir. Daha çok, uzun kullanım süresi istenilen kumaşların üretiminde kullanılır.

**3. Isıl Yöntemler**

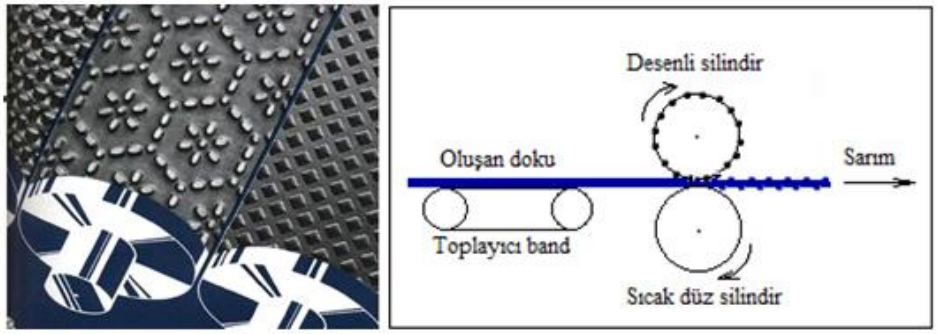
Isıl işlem ile doku bağlama yöntemleri, ısının uygulama şekline göre üç tiptir; sıcak silindirlerle ısıl bağlama, sıcak hava ile ısıl bağlama ve ses dalgaları ile

ısıl bağlama. Bu çalışmada kullanılan numunelere uygulanan sıcak silindirler ile ısıl bağlama (kalenderleme) işlemi ısıtılmış iki kalender silindirinin arasından geçirilen doku ısı ve noktasal (bölgesel) basınç altında bağlanmaktadır.; bu yöntemin temel prensibi Şekil 1.11' de gösterilmektedir.



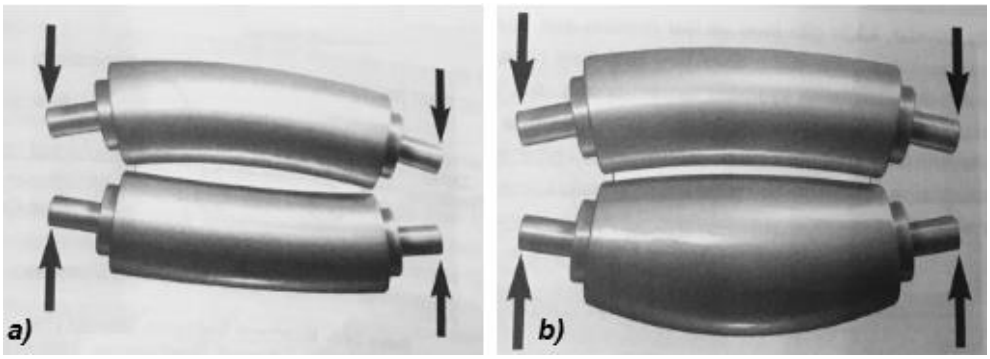

Şekil 1.11. Isıl yöntemle doku bağlamanın temel prensibi (www.edana.org)

Bu yöntemde bölgesel bağlama yerlerinde sıcak silindirin dizaynına göre değişik desenler oluşturmak mümkündür (Şekil 1.12). Desen tipine göre bölgesel, noktasal veya kabartma tipli olmak üzere üç tip mevcuttur. Isı, basınç, geçiş hızı, silindir deseni ve soğutucu silindirlerin yeri bağlama etkisi için önemli faktörlerdir. Ayrıca bu yöntemle desen türüne göre oldukça sağlam dokular elde edilmektdir. Kalender silindirleri ile ısıl bağlama filament serme ve eriyikten püskürtme yöntemlerinde doku oluşturma aşamasının hemen ardına eklenerek bağlama gerçekleştirilirken, dokunun kalınlığı da nihai halini almakta ve doku içerisindeki hava tahliye edilmektedir (Akalın, 2010; Babaarslan, 2010).




Şekil 1.12. Sıcak silindir ile doku bağlama (www.engr.utk.edu/ThermalBonding)

Kalender silindirleri ile ısıl bağlamada üç işlem parametresi önem taşımaktadır; silindir sıcaklığı, silindirlerin hızı ve silindirlerin uyguladığı basınç. Kalender silindirlerinin hızı, üretim hattı ile aynıdır ve 1000 m/dk'ya kadar ulaşmaktadır. Silindir sıcaklığı çalışılan polimer ve kimyasal maddelerin sıcaklık dayanımına, üretim hattının kapasitesine ve kalender silindirlerinin konumuna bağlı olarak ayarlanmaktadır. Polimerin erime sıcaklığının bir miktar üzerinde olamalı, silindirler arasındaki sıcaklık farkı ise 1-1,5$^{o}$C'yi aşmamalıdır. Elde edilecek dokudan beklenen özelliğe gore kalender silindirlerinin basınç seviyesi ayarlanabilmektedir. İki tip Silindir kavrama şekli vardır; kavrama tip ve aralık tip (Şekil 1.13)




Şekil 1.13. Kalender silindir tipleri; a) Aralık tipi, b) Kavrama Tipi (Akalın,2010)

Kavrama tipi, eski kalender silindirlerinde olup kenar kısımlarda yüksek basınç, orta kısımda ise düşük basınç etkisi uygulamaktadır. Aralık tipte ise alttaki silindirin orta kısmının çapı kenarlardan daha büyüktür. Bu sayede Silindir arasında eşit mesafe ayarlanmakta ve eşit basınç uygulanmaktadır. Yeni tip kalender silindirleri aralık tipidir (Akalın, 2010; Babaarslan, 2010).

### 1.1.3. Bitim İşlemleri

Dokusuz yüzeyler üretiminde doku oluşturulup bağlandıktan sonra isteğe bağlı olarak terbiye ve dönüştürme işlemleri uygulanabilmektedir.

1. *Terbiye*: Genellikle dokunun bağlanmasından sonra sık uygulanan bir işlem olup, elde edilen ürünün kullanılacağı alanlara göre ürüne artı özellikler kazandırmak veya özelliklerini belirlemek için yapılan işlemlerdir. Ürünün tuşesinin ve yüzey görüntüsünün değiştirilmesi, hacmini değiştirme (artırma veya azaltma), desen verme vb. uygulamaları içermektedir.
2. *Dönüştürme:* Dokusuz yüzey ürünün satışa hazır hale getirilmesi aşamasıdır. Elde edilen dokusuz yüzey ürünlerin isteğe bağlı olarak kesilip katlanması, dikilmesi, ambalajlanması, sterilize edilmesi, bir losyonla işleme tabi tutulması gibi aşamaları kapsamaktadır (Duran, 2004; Babaarslan, 2010).

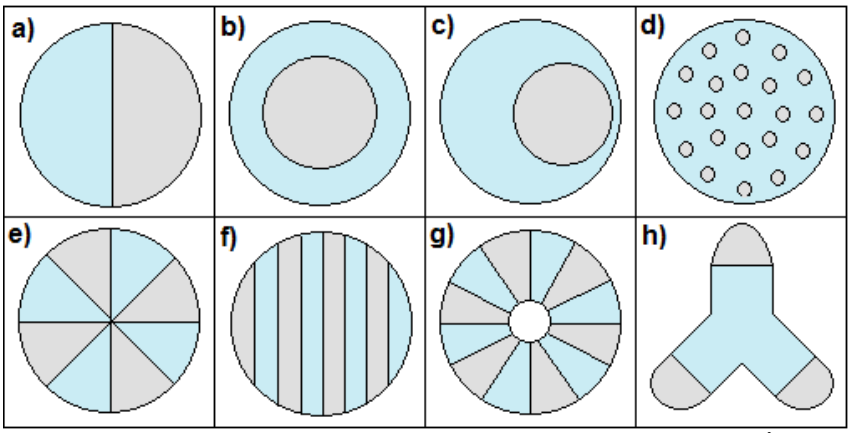
### 1.1.4. Bikomponent Dokusuz Yüzeyler

Bikomponent lifler, lif boyunca iki bileşen barındıracak şekilde iki farklı polimerin veya aynı polimerin farklı türevlerinin tek bir lif kesitinde yerleştiği yapılardır. Literatürde "kompozit" ve "hetero" lifler olarak da bilinirler. Bikomponent liflerin üretimi, tasarlanan enine kesit yerleşimine sahip tek bir püskürtme düzeneğinden iki farklı bileşenin birlikte ekstrüzyonunu içermektedir.

Son kullanım uygulamasına bağlı olarak farklı enine kesit tasarımlarıyla özel elyaf üretmenin mümkün olduğu bikomponent lifler, büyük bir ticari ilgi görmektedir.

Bikomponent lifler için ilk patent 1937 yılında Almanya' da I.G. Farben tarafından yün tipi kıvrım oluşturmak üzere yan yana viskoz elyaflar için alınmıştır. İlk ticari patent ise 1960'lı yıllarda Dupont firması tarafından çorap uygulamaları için kullanılmak üzere kendinden bükümlü yan yana kesit şeklinde iki farklı nylon polimerinden tasarlanmıştır. Daha sonra ICI firması tarafından Nylon 6/Nylon 6.6 polimerlerinden iç içe kesit şeklinde bikomponent lifler üretilmiştir. Bikomponent liflerin üretimi çoğunlukla Japonya, Çin, Güney Kore, Tayvan ve ABD'de gerçekleştirilmektedir. Dünyanın en büyük üreticilerinden biri, yılda 37.000 tonluk kapasite ile Japon firması Chisso'dur. Avrupa'da, ES FiberVisions ve Trevira iki önemli bikomponent lif üreticisidir.

Bikomponent lifler, her bileşenin lif kesiti içinde dağılımına göre sınıflandırılmaktadır. Buna göre kesit konfigürasyonları yan yana, iç içe, deniz-ada, dilimli, pasta dilimi ve trilobal kesit şekilleri mevcuttur (Şekil 1.14).




Şekil 1.14. Bikomponent liflerde kesit şekilleri; a) Yan yana kesit, b) İç içe kesit, c) Ekstantrik iç içe kesit, d) Deniz – ada tipi, e) Pasta dilimi kesiti, f) Dilimli kesit, g) İçi oyuk pasta dilimi kesit, f) Trilobal kesit

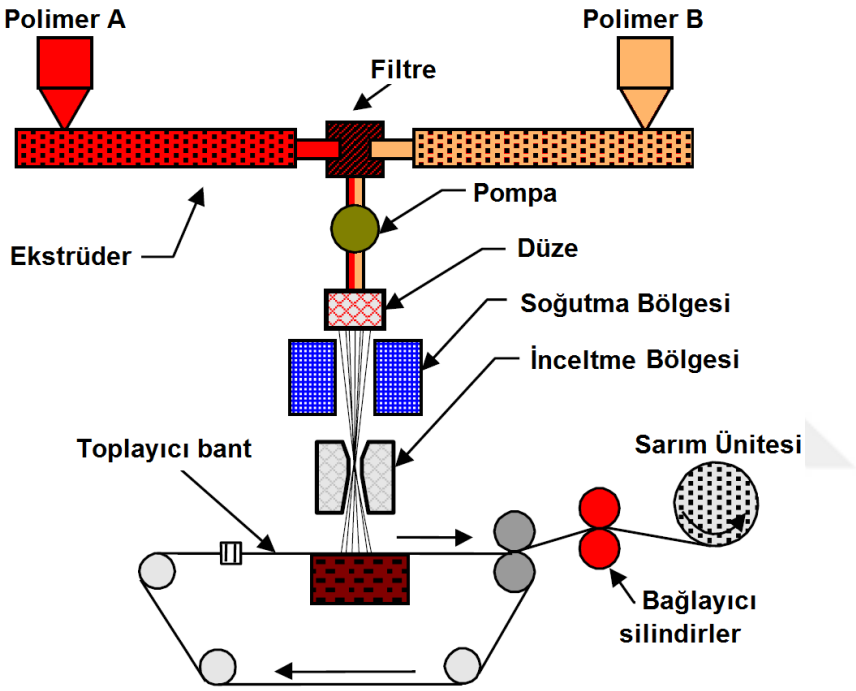
İç içe lifler en çok kullanılan ve en çok bilinen bağlayıcı liflerdendir. İki bileşenli lifin veya düşük sıcaklıkta eriyen iç/dış bağlayıcı elyafın dış kısmında düşük sıcaklıkta eriyen bir polimer bulunmaktadır. Eksantrik yapıdaki iç içe lifler kendi kendine kıvrımlı hale gelebilen lifler şeklinde bilinir. Bu sayede life bir hacim kazandırılır. Yan yana iki bileşenli liflerde, iki farklı polimer lifin enine kesiti içerisinde yan yana eşit miktarda yer alır. Eksantrik tip bikomponent liflerden daha kıvrımlı bir lif elde etmek için bu yapıdaki lifler tercih edilmektedir. Dilimli iki bileşenli lifler ayrıştırılabilir lifler olarak bilinir. Ayrılabilir liflerde iki farklı polimer bileşen aynı pasta diliminde olduğu gibi bir lifin enine kesiti içerisinde bulunmaktadır. Deniz-ada türündeki iki bileşenli lifler deniz ve ada bileşenlerinden meydana gelir. Lifin deniz kısmı çözündürüldüğünde, çok ince mikro liflerden oluşan yapılar üretilebilmektedir.

Günümüzde ticari olarak üretilen bikomponent liflerin çoğu iç içe ve trilobal kesit yapılarına sahip olup başlıca uygulama alanları dokusuz yüzeylerdir. Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzey numunelerde iç içe ve trilobal tipte bikomponent liflerin kullanıldığı numunelerin mevcut olması nedeniyle bu yapılar hakkında detaylı açıklamalara yer verilmiştir.

İç içe kesit şekline sahip bikomponent liflerde, bileşenlerden biri çekirdek görevi görürken diğer bileşen çekirdeği çevrelemektedir. Çekirdek bileşeninin lif kesitinde merkezlenmesi durumuna göre iç içe bikomponent lifler konsantrik veya eksantrik olabilmektedir. Bileşenlerin ihtiyaç duyulduğu ölçüde özelliklerinden yararlanmak mümkündür. Örneğin, yüzeyde çevresel koşullara dirençli bir bileşen kullanırken çekirdek için yüksek mukavemetli bileşen seçildiğinde lifin mukavemeti kontrol edilirken yüzey için elde edilebilecek parlaklık, boyanabilirlik vb. avantajlar sağlanabilmektedir. Ayrıca çekirdekte düşük maliyetli polimer seçilerek maliyet avantajı da sağlanabilir. Eksantrik yapıdaki bikomponent liflerin kendi kendine kıvrımlandırma özelliğinden faydalanılmaktadır. Bu liflerin iç kısmı, diğer bir ifadeyle çekirdek kısmı merkezin dışındadır. Bu life ısı

uygulandığında her iki polimerinde farklı büzülme davranışından dolayı kıvrımlı hale gelir. Bu sayede life bir hacim kazandırılmaktadır (Daşdemir, 2011).

Bikomponent dokusuz yüzeyleri üretmek için uygulanan en yaygın yöntemlerden biri spunbond dokusuz yüzey üretme işlemidir (Şekil 1.15). Spunbond yöntemi, bir polimerin, sürekli liflere doğrudan dönüştürülerek ve oluşan filamentlerin rasgele dökülerek dokusuz yüzeye dönüştürülmesini içerir.




Şekil 1.15. Bikomponent dokusuz yüzey üretimi (Federova, 2006; Düzenlenerek kullanılmıştır)

Bu yöntemle bikomponent dokusuz yüzey üretiminde filament ekstrüzyonu, çekme, yüzeye dökülme ve bağlama işlemleri gerçekleştirilir. Her aşama, bir elyaf yoğunluğu, lif çapı, yüzey dağılımı, gözeneklilik gibi dokusuz yüzey kumaşın yapısal parametrelerini etkiler. Örneğin, bikomponent dokusuz filtrede gözenek boyutunu en aza indirgemek için, termal bağlanma sıcaklığı, hava hızı ve bekleme süresi optimize edilmiştir (Federova, 2006; Daşdemir; 2011).

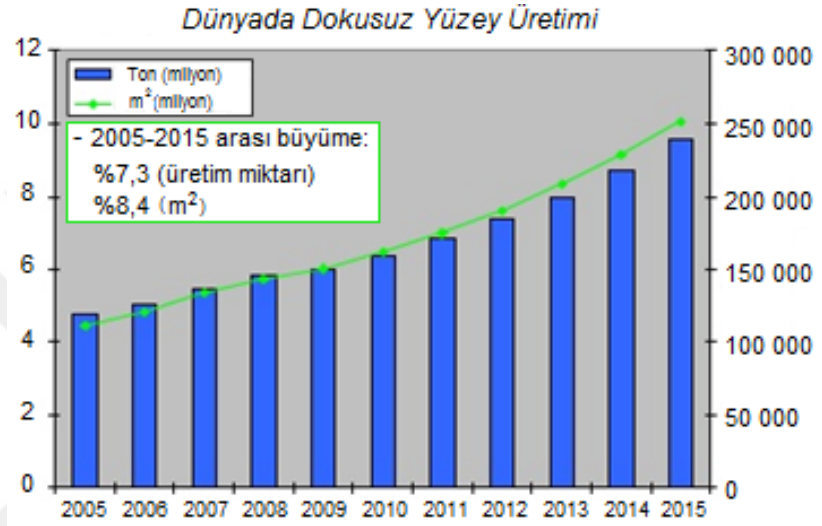
İçiçe veya trilobal yapıda bikomponent liflerde, çekirdekten veya uç kısımlardan daha düşük erime noktasına sahip olan yüzey bileşeni dokusuz yüzey yapıda bağlayıcı lif olarak kullanılması mümkündür. Bu tez çalışması kapsamında üretilen spundbond yüzeylerde kullanılan bikomponent lifler içiçe ve trilobal kesit şekillerine sahiptir. Dolayısıyla yapıyı ısıl olarak bağlamada uygulanan sıcaklık dış yüzeyi eritecek kadardır ve yüzey polimeri eridiğinde bitişik liflere bulaşarak temas eder. Soğutulduktan sonra ise temas noktalarında katılaşarak bağlanma oluşturur. Bu durum dokusuz yüzeyleri termal bağlamada daha düşük sıcaklıkların kullanımına müsaade etmektedir.

Termal bağlama için önemli işlem parametreleri sıcaklık ve zamandır. Sıcaklık ve zaman, eriyen yüzey ve uç polimerinin bitişik liflere akması için yeterli viskozitesi ve zaman sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Düzgün bir bağlama gerçekleşebilmesi için bileşenler arasında erime sıcaklığı farkının en az 40°C civarında olması önerilmektedir. Dokusuz yüzey uygulamalar için tipik olarak polipropilen/polietilen (PP/PE), Polyester/Polietilen (PET/PE) ve Polyester/Copolyester (PET/CoPET) bileşenli bikomponent lifler kullanılmaktadır. Ayrıca pahalı polimer veya katkı maddeleri kullanılarak hazırlanan homokomponent lif maliyeti bikomponent lif kullanmak suretiyle düşürülebilir. Örneğin, geri dönüştürülmüş veya daha ucuz bir polimer çekirdek veya merkez bileşeninde kullanılırken, yüzey veya uç polimeri için parlaklık, yapışkanlık, emici olma gibi yüzey karakteristikleri veren pahalı bir polimer veya katkı maddesi kullanılabilir. Böylece, elyafa eklenmesi gereken pahalı polimer veya katkı maddesinin miktarı azaltılarak maliyet azalması sağlanabilmektedir.

### 1.1.5. Dünyada ve Türkiye'de Dokusuz Yüzey Üretimi ve Dış Ticareti

Dünya nüfusunun artması ile talebin artması, tüketicilerin ürünlerden beklentilerinin değişmesi ve tekstil mamulleri için kullanım alanlarının genişlemesi gibi sebeplerle tüm dünyada tekstil ve konfeksiyon üretimi ve ticareti hem miktar olarak hem de değer olarak artışlar kaydetmektedir. Şekil 1.16' de dünya dokusuz

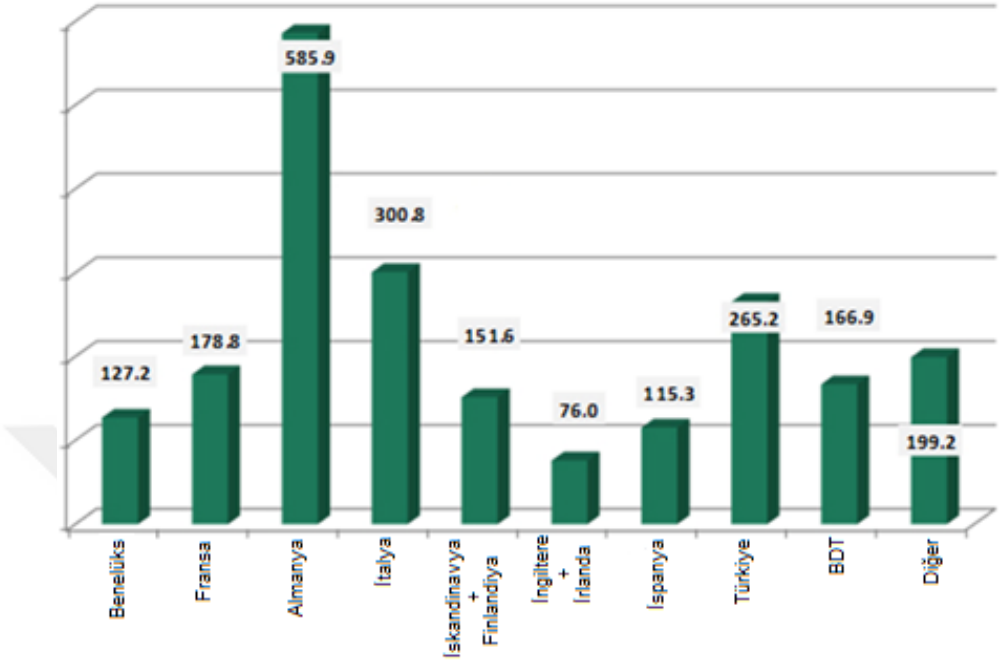
yüzey üretiminin yıllar itibariyle dağılımı görülmektedir. Dokusuz yüzey üretimi 2005 yılında yaklaşık 4,2 milyon ton iken, yıllar bazında toplam %7,3 oranında artış göstererek 2015 yılında yaklaşık 9 milyon ton değerine ulaşmıştır. Bu değer yüzey alanı bazında üretimde yaklaşık 250 milyon $m^2$ kumaşa karşılık gelmektedir.




Şekil 1.16. Dünyada dokusuz yüzey üretiminin yıllara göre dağılımı (Smithers Pira, 2015)

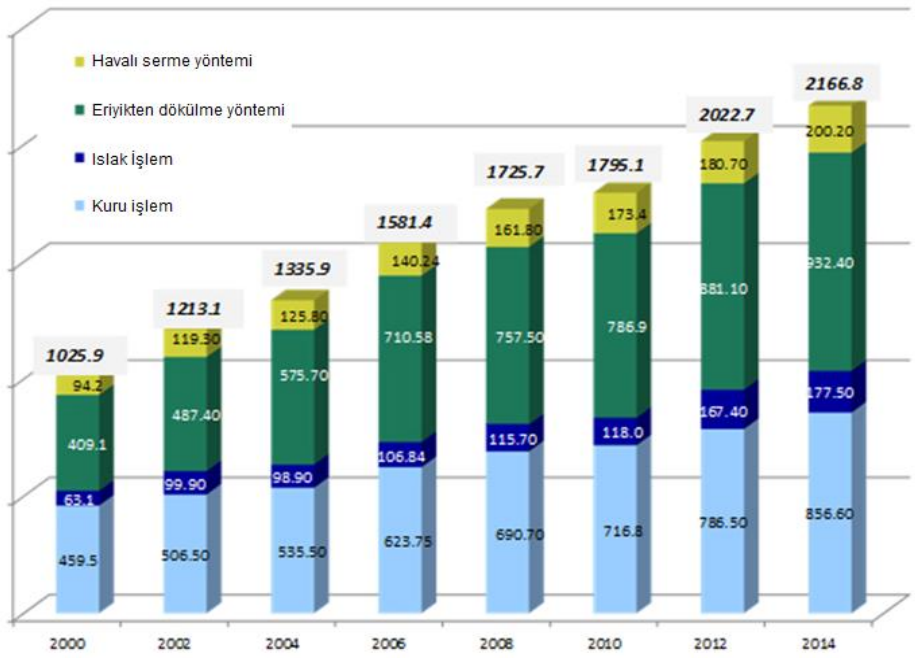
Yapılan üretim tahminlerine göre 2020 yılına kadar dokusuz yüzeylerin üretiminin %5,7 oranında artış göstermesi beklenmektedir. Ayrıca dünya dokusuz yüzey sektör hacminin 37,4 milyon dolardan 50,8 milyon dolara yükseleceği tahmin edilmektedir (Smithers Pira, 2015).

Ülkemizi de içermesi bakımından 2014 yılı için Avrupa ülkelerinde üretim miktarları incelendiğinde en büyük payı Almanya (5,859 milyon ton) alırken, bunu sırasıyla İtalya (3,008 milyon ton) ve Türkiye'nin (2,652 milyon ton) izlediği görülmektedir (Şekil 1.17).



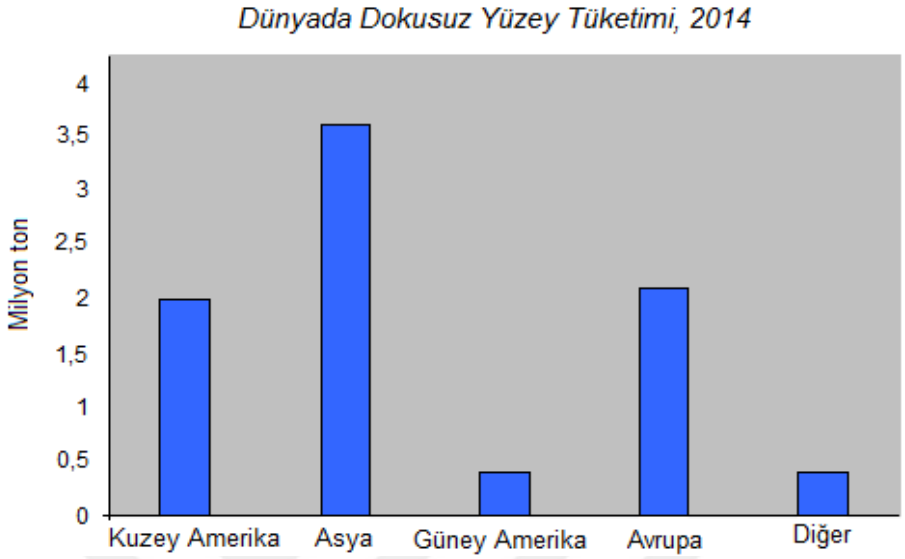

Şekil 1.17. 2014 yılı için Avrupa ülkelerinde dokusuz yüzey üretimi (www.edana.org)

Şekil 1.18' de ise Avrupa ülkelerinde 2000 yılından 2014 yılına kadar gerçekleştirilen dokusuz yüzey üretim miktarlarının üretim yöntemlerine göre dağılımı görülmektedir. 2014 yılı incelendiğinde en çok kullanılan doku serme/oluşturma yönteminin 9,324 milyon tonluk payı ile sonsuz elyaf serme olduğu bunu sırayla tarakla serme (8,566 milyon ton) ile havalı sermenin (2,002 milyon ton) izlediği anlaşılmaktadır.




Şekil 1.18. Üretim yöntemine göre Avrupa ülkelerinde dokusuz yüzey üretim miktarları (www.edana.org)

Şekil 1.19' de dünya dokusuz yüzey tüketiminin 2014 yılı itibariyle bölgelere göre dağılımı görülmektedir. En fazla dokusuz yüzey kumaş tüketimi Asya ülkelerinde olup bunu sırasıyla Türkiye'nin de içerisinde değerlendirildiği Avrupa, Kuzey Amerika ve Güney Amerika ülkeleri izlemektedir. Dünyada dokusuz yüzey toplam tüketim miktarının yaklaşık 8 milyon ton civarında olduğu görülmektedir.




Şekil 1.19. Dünyada dokusuz yüzey tüketiminin bölgelere göre dağılımı (www.fibre2fashion.com/industry-article/7709/global-nonwovens)

a) Dünyada Dokusuz Yüzeylerin İhracat/ İthalat Durumu

Dünya dokusuz yüzey ticareti de artan üretimle beraber her yıl artarak gelişim göstermiştir. Çizelge 1.3' de dünya dokusuz yüzey ihracat ve ithalat değerlerinin yıllara göre değişimi bin dolar olarak verilmektedir. 2011 yılından 2015 yılına kadar ithalat ve ihracat değerleri incelendiğinde hem ihracat hem de ithalatın 2015 yılına kadar artış gösterdiği görülmektedir. Ancak 2015 yılında hem ihracat hem ithalat değerlerinde azalma ortaya çıksa da aradaki fark büyük ölçüde aynı kalmaktadır. 2015 yılında ihracat 14, 136 milyar dolara yükselmiştir.

Çizelge 1.3. Dünya dokusuz yüzey ticareti (bin dolar) (www.intracen.org, 2016)

| ***Yıllar*** | ***İhracat*** | ***İthalat*** |
|---|---|---|
| ***2011*** | *13 640 208* | *12 557 480* |
| ***2012*** | *13 456 324* | *12 338 633* |
| ***2013*** | *14 359 573* | *13 260 585* |
| ***2014*** | *15 155 848* | *14 075 464* |
| ***2015*** | *14 136 059* | *13 471 264* |

Çizelge 1.4 incelendiğinde 2015 yılında dünya ihracatındaki %15,24'lük payı ile en çok dokusuz yüzey ihraç eden ülke Çin olmakta; Çin'i sırayla Almanya, ABD, İtalya, Japonya, Fransa izlemektedir. Türkiye ise dünyadaki toplam ihracattan %2,674'lük pay almaktadır.

Çizelge 1.4. Dünya dokusuz yüzey ihracatının başlıca ülkelere göre dağılımı (bin dolar) (www.intracen.org, 2016)

| ***Ülkeler*** | ***2011*** | ***2012*** | ***2013*** | ***2014*** | ***2015*** |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Dünya*** | ***13 640 208*** | ***13 456 324*** | ***14 359 573*** | ***15 155 848*** | ***14 136 059*** |
| *Çin* | *1 479 561* | *1 624 245* | *1 968 903* | *2 310 129* | *2 486 955* |
| *Almanya* | *2 169 615* | *2 046 812* | *2 181 079* | *2 251 200* | *1 891 312* |
| *Amerika (USA)* | *1 735 156* | *1 814 868* | *1 933 982* | *1 970 112* | *1 805 620* |
| *İtalya* | *1 185 612* | *1 064 967* | *1 115 242* | *1 172 938* | *1 074 840* |
| *Japonya* | *688 622* | *681 145* | *646 491* | *662 259* | *603 624* |
| *Fransa* | *592 370* | *546 333* | *596 449* | *608 520* | *494 484* |
| *Belçika* | *485 824* | *409 633* | *472 290* | *428 005* | *408 573* |
| *Kore* | *473 544* | *462 334* | *472 710* | *467 609* | *401 182* |
| *Tayvan* | *323 026* | *324 928* | *338 239* | *368 511* | *378 066* |
| *Türkiye* | *226 674* | *272 355* | *308 122* | *353 804* | *365 189* |

Çizelge 1.5' de dünyada ülkelerin gerçekleştirdiği dokusuz yüzey ihracatının ürün bazında dağılımı görülmektedir. Buna göre 2015 yılı için en çok ihracatı yapılan ürün 25- 70 g/m² gramaj değerine sahip, yapay filamentlerden elde edilmiş dokusuz yüzey kumaşlar olarak, 2,855 milyar dolar ihracat değeri ile en büyük payı almaktadır. Bu ihracatın kumaş miktarı olarak karşılığı ise 3,268 milyon ton olarak belirtilmektedir. 2011 yılından itibaren ihracat değerleri incelendiğinde bu ürün grubunun diğer ürünlere göre üstünlük gösterdiği açıktır. Bu ürünü gramajı 25 g/m² ve daha az, gramajı 70- 150 g/m² yapay filamentlerden elde edilmiş dokusuz yüzey kumaşlar izlemektedir.

Çizelge 1.5. Dünya dokusuz yüzey ihracatının ürün bazında yıllara göre dağılımı (bin dolar) (www.intracen.org, 2016)

| Ürün Tipi | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|
| Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25- 70 g/m² | 2 594 277 | 2 623 106 | 2 868 126 | 3 083 970 | 2 855 581 |
| Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25 g/m² ve daha az | 2 214 406 | 2 082 193 | 2 115 364 | 2 304 661 | 2 177 204 |
| Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 70- 150 g/m² | 1 973 933 | 1 986 507 | 2 138 836 | 2 169 055 | 2 167 858 |
| Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25- 70 g/m² | 1 850 477 | 1 833 626 | 2 078 423 | 2 211 429 | 2 105 253 |
| Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 150 g/m² ve daha fazla | 2 107 672 | 1 972 428 | 2 022 954 | 2 050 357 | 1 939 905 |
| Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 150 g/m² ve daha fazla | 1 560 413 | 1 553 877 | 1 596 328 | 1 723 969 | 1 582 448 |
| Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 70- 150 g/m² | 1 086 510 | 1 129 726 | 1 277 749 | 1 305 519 | 1 033 648 |
| Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25 g/m² ve daha az | 252 522 | 274 861 | 261 810 | 306 840 | 274 157 |

Çizelge 1.6' da dünyada dokusuz yüzey ithalatının yıllara göre ülkeler için değişimi belirtilmektedir. 2015 yılında dünyada toplam ithalat 13,471 milyar dolara yükselmiştir. Aynı yıl dünya ithalatındaki %10,1' lik payı ile ABD en çok dokusuz yüzey ithal eden ülke olmakta, ABD'yi sırayla Almanya, Çin, Japonya ve Meksika

izlemektedir. Türkiye'nin ise dünyadaki toplam ithalatdaki payı %1,92'dir (www.intracen.org, 2016).

Çizelge 1 6. Dünya dokusuz yüzey ithalatının ülkelere göre dağılımı (bin dolar) (www.intracen.org, 2016)

| ***Ülkeler*** | ***2011*** | ***2012*** | ***2013*** | ***2014*** | ***2015*** |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Dünya*** | ***12 557 480*** | ***12 338 633*** | ***13 260 585*** | ***14 075 464*** | ***13 471 264*** |
| *Amerika (USA)* | *965 315* | *1 020 350* | *1 111 636* | *1 216 717* | *1 338 860* |
| *Almanya* | *1 078 751* | *1 014 967* | *1 037 887* | *1 100 661* | *986 704* |
| *Çin* | *875 040* | *839 244* | *849 414* | *948 008* | *860 166* |
| *Japonya* | *541 144* | *571 101* | *576 185* | *654 288* | *678 463* |
| *Meksika* | *462 241* | *420 588* | *518 273* | *572 262* | *592 752* |
| *İngiltere* | *567 607* | *518 404* | *529 432* | *565 128* | *546 088* |
| *Vietnam* | *193 641* | *238 436* | *281 851* | *351 370* | *446 059* |
| *Fransa* | *486 323* | *455 074* | *454 218* | *466 641* | *401 200* |
| *Polonya* | *483 127* | *428 127* | *477 524* | *473 373* | *399 406* |
| *İtalya* | *418 483* | *380 649* | *414 768* | *440 307* | *392 530* |
| *Kanada* | *377 908* | *386 649* | *394 598* | *409 218* | *387 255* |
| *Kore* | *248 696* | *250 981* | *281 693* | *329 744* | *361 004* |
| *Belçika* | *419 274* | *340 852* | *430 206* | *402 070* | *351 675* |
| *Çek Cumhuriyeti* | *347 488* | *347 096* | *367 543* | *367 466* | *325 129* |
| *Hollanda* | *336 785* | *317 404* | *337 116* | *375 769* | *289 799* |
| *Endonezya* | *215 683* | *237 168* | *256 410* | *279 019* | *274 053* |
| *Türkiye* | *313 550* | *236 415* | *268 295* | *269 992* | *258 721* |

Dünyada ülkelerin gerçekleştirdiği dokusuz yüzey ithalatının yıllara göre dağılımı incelendiğinde (Çizelge 1.7) 2015 yılı için dünya dokusuz yüzey kumaş ithalatında en büyük payı 2,996 milyar dolar ithalat değeri ile 25- 70 g/m² gramaj değerine sahip, yapay filamentlerden elde edilmiş dokusuz yüzey kumaşlar olduğu görülmektedir.

Çizelge 1.7. Dünya dokusuz yüzey ithalatının ürün bazında yıllara göre dağılımı (bin dolar) (www.intracen.org, 2016)

| Ürün Tipi | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25- 70 g/m²* | *2 696 219* | *2 652 953* | *2 886 392* | *2 986 193* | *2 996 058* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25 g/m² ve daha az* | *2 240 728* | *2 085 028* | *2 274 683* | *2 418 984* | *2 291 733* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 70-150 g/m²* | *1 934 038* | *1 947 866* | *2 114 069* | *2 252 233* | *2 102 110* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25- 70 g/m²* | *1 853 594* | *1 768 390* | *1 865 081* | *1 971 056* | *1 859 406* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 150 g/m² ve daha fazla* | *1 471 464* | *1 447 995* | *1 606 191* | *1 772 029* | *1 748 832* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 150 g/m² ve daha fazla* | *1 321 737* | *1 313 204* | *1 310 292* | *1 410 174* | *1 364 395* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 70- 150 g/m²* | *750 649* | *838 175* | *934 919* | *941 920* | *824 833* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25 g/m² ve dahaaz* | *289 028* | *285 001* | *268 948* | *322 880* | *283 889* |

2011 yılından itibaren ithalat değerleri incelendiğinde bu ürün grubunun diğer ürünlere göre üstünlük gösterdiği açıktır. Bu ürünü gramajı 25 g/m² ve daha az, gramajı 70- 150 g/m² yapay filamentlerden elde edilmiş dokusuz yüzey kumaşlar izlemektedir.

a) **Türkiye'de Dokusuz Yüzeylerin İhracat/ İthalat Durumu**

Çizelge 1.8' de ülkemizin dokusuz yüzey ihracat ve ithalat durumunun 2011- 2015 yılları arasındaki değişimi değer ve miktar olarak verilmektedir. Hem ihracat hem ithalat değerleri yıllara göre artış göstermiş olup, çizelgede belirtilen yıllardan 2011 yılı dışındaki diğer tüm yıllarda ihracat miktarı ithalat miktarından fazla olmuştur. 2015 yılı Türkiye dokusuz yüzeyler ihracatı 365,189 milyon dolar olarak tespit edilmiş olup, bu değer dünya dokusuz yüzey ihracatının %2,674'ünü oluşturmaktadır. 2015 yılı için ihracatın en fazla yapıldığı ülke Amerika (%8,43) olmaktadır. Bu ülkeyi sırayla İtalya, İsrail, Almanya, İran ve Romanya izlemektedir.

Çizelge 1.8. Türkiye dokusuz yüzey ticareti (www.intracen.org, 2016)

| ***Yıllar*** | ***İhracat*** | | ***İthalat*** | |
|---|---|---|---|---|
| | ***Bin dolar*** | ***ton*** | ***Bin dolar*** | ***ton*** |
| ***2011*** | *226 674* | *65 073* | *313 550* | *71 067* |
| ***2012*** | *272 355* | *82 722* | *236 415* | *52 525* |
| ***2013*** | *308 122* | *92 458* | *268 295* | *58 287* |
| ***2014*** | *353 804* | *110 583* | *269 992* | *59 035* |
| ***2015*** | *365 189* | *130 532* | *258 721* | *66 495* |

2015 yılında ülkemiz dünya dokusuz yüzey ithalatındaki %1,92'lik payı ile 258,721 milyon dolarlık ithalat gerçekleştirmiştir. Türkiye'nin dokusuz yüzeyler açısından en çok oranda ithalat yaptığı ülke toplam ithalattaki %17,3' lük payı ile

İtalya olarak belirtilmekte, İtalya'dan sonra önde gelen ülkeler Almanya, Mısır, İsrail, Suudi Arabistan, Çek Cumhuriyeti, Çin, Fransa ve İspanya olmaktadır

Ülkemizin dokusuz yüzey kumaşların ticaretinde rol oynayan ürün grupları ve bu ürünlerin ticaretteki payları Çizelge 1.9 ve Çizelge 1.10' da verilmektedir.

Çizelge 1.9. Türkiye dokusuz yüzey ihracatınıın ürün bazında yıllara göre dağılımı (bin dolar) (www.intracen.org, 2016)

| ***Ürün Tipi*** | ***2011*** | ***2012*** | ***2013*** | ***2014*** | ***2015*** |
|---|---|---|---|---|---|
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25- 70 g/m²* | *88 840* | *128 691* | *148 343* | *186 261* | *193 280* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25 g/m² ve daha az* | *65 920* | *73 222* | *67 971* | *69 909* | *59 676* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 70- 150 g/m²* | *49 921* | *48 262* | *56 614* | *53 018* | *55 059* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25- 70 g/m²* | *12 085* | *11 450* | *21 331* | *30 898* | *48 359* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 150 g/m² ve daha fazla* | *6 420* | *6 977* | *9 307* | *9 769* | *4 753* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 150 g/m² ve daha fazla* | *1 520* | *2 140* | *2 615* | *1 785* | *2 136* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 70- 150 g/m²* | *1 480* | *1 411* | *1 542* | *1 814* | *1 725* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25 g/m² ve daha az* | *489* | *201* | *399* | *349* | *202* |

Çizelge 1.10. Türkiye dokusuz yüzey ithalatının ürün bazında yıllara göre dağılımı (bin dolar) (www.intracen.org, 2016)

| Ürün Tipi | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25- 70 g/m²* | *57 990* | *49 817* | *65 528* | *68 329* | *68 928* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25 g/m² ve daha az* | *62 010* | *47 649* | *56 708* | *57 032* | *56 815* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 70- 150 g/m²* | *98 291* | *61 692* | *60 405* | *59 223* | *48 408* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25- 70 g/m²* | *53 026* | *37 620* | *43 586* | *41 988* | *45 758* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. yapay liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 150 g/m² ve daha fazla* | *27 105* | *26 917* | *27 755* | *26 945* | *21 415* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 150 g/m² ve daha fazla* | *9 771* | *7 412* | *7 506* | *8 371* | *9 803* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 70- 150 g/m²* | *5 207* | *5 157* | *6 614* | *7 848* | *7 365* |
| *Dokusuz yüzey kumaşlar. diğer liflerden. kaplanmış veya kaplanmamış. gramajı 25 g/m² ve daha az* | *151* | *152* | *193* | *256* | *230* |

Ülkemizin dokusuz yüzey ihracatı 2015 yılı için kumaş miktarı bazında 130,532 bin ton olarak gerçekleşmiştir. İhracatta en büyük payı sentetik ve suni liften 25g/m$^2$'den daha az gramaja sahip dokusuz yüzeyler (%52,92) almıştır.

Türkiye'nin dokusuz yüzey ithalat miktarı ise; 66,495 bin ton kumaş olarak belirlenmiştir. En çok ithal edilen ürün grubunun ithalattaki %26,64'lük payı ile sentetik liflerden üretilen ve 25-75g/$m^2$ gramaja sahip dokusuz yüzey kumaşlar olduğu görülmektedir.

## 1.2. Ses Absorbsiyonu

### 1.2.1. Sesin Tanımı ve Temel Özellikleri

Ses, dalgalar halinde yayılan bir enerji türü olup, yayıldığı ortamdaki (hava, su, cam vb.) basınç değişimi sonucunda moleküllerin sıkışıp gevşemesi ve yer değiştirmesi sonucu kulağımızda hissettiğimiz işitsel algıdır. Ses molekülleri, kaynaktan aldığı enerjilerle titreşerek dalgalar halinde yayılmaktadır, bir başka deyişle ses dalgasının oluşabilmesi için gerekli titreşimin oluşturulması "ses kaynağı" tarafından gerçekleştirilmektedir. Kaynaktan çıkan enerji ile harekete geçen moleküllerin denge konumları bozulur ve sıkışıp seyrekleşmeye başlar. Bulundukları ortama bağlı olarak bu hareket, enerjilerinin büyüklüğü ile doğru orantıda sürmektedir. Zamana bağlı olarak gerçekleşen bu harekete dalga hareketi, kaynağın ürettiği titreşim ile oluşan döngüsel ve kulak ile algılanabilir dalgalara da "ses dalgası" denir (Demirkale, 2007; Vidinlimen, 2010).

Sesin fiziksel özellikleri ve temel kavramları şunlardır:

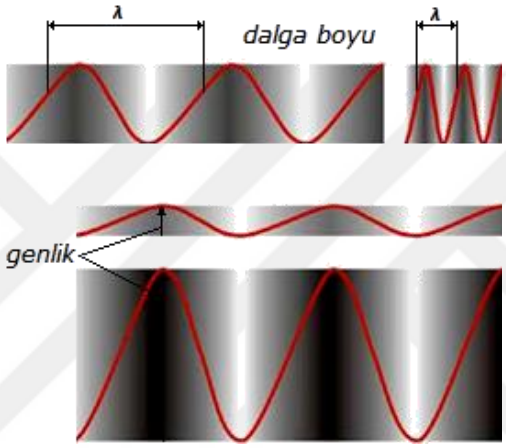
**a) Dalga Boyu**

Ardışık iki dalga iki tepe veya iki çukur noktası arasındaki uzaklıktır. Dalga boyu, ses hızı ve frekans arasında $\lambda = c/f$ şeklinde bir bağlantı vardır. Burada $\lambda$ dalga boyu (m), c ses hızı (m/s) ve f frekans (Hz) olarak tanımlanmıştır. Sesin 21$^oC$ ortam sıcaklığı için çeşitli ortamlarda yayılma hızları için şu şekildedir;

- *Hava: 344 m/sn*
- *Su: 1524 m/sn*
- *Çelik: 5180 m/sn* (https://www.nasa.gov/speed_of_sound_9-12.pdf, 2017)

**b) Genlik**

Genlik, ses dalgalarının dikey büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Ses dalgalarını oluşturan sıkışma ve genleşmeler arasındaki fark, dalgaların genliğini belirler. Frekansı değişmeyen bir titreşimde genliğin artması ile aynı süre içinde elementler daha fazla yol kat edeceklerinden elementlerin genlik atılım hızının (titreşim hızı) artması, ses titreşimini meydana getiren kinetik enerjinin artması, bu da ses şiddetinin artması demektir (Şekil 1.20).




Şekil 1.20. Sesin dalga boyu ve genliği (Karakuş, 2017)

**c) Frekans**

Ses dalgalarının 1 saniyede ortaya çıkardığı titreşim sayısıdır ve birimi Hertz (Hz) (1/sn) olarak tanımlanır. İnsan kulağı 20–20.000 Hz frekans skalasındaki sesleri işitebilir. Yüksek frekanslı yani tiz seslerin, dalga boyları küçük iken düşük frekanslarda durum tam tersidir. Çeşitli seslerin frekans içerikleri şu şekildedir :

- *Normal Konuşma:* 200 –10000 Hz (anlaşılabilir konuşma 1000 – 2500 Hz)
- *Telefonlar:* 500 –3000 Hz frekans aralığındaki seslerin iletimi
- *Müzik:* Alt sınır 30 – 200 Hz; üst sınır 10 kHz üzeri

Gürültü kontrolü açısından açısından incelenecek frekans aralığında alt limit olarak 50 – 100 Hz civarı ; üst limit olarak ise 6 ya da 12 kHz olarak değerlendirilmektedir (Heutschi, 2013; Demirkale, 2007).

**d) Ses basıncı**

Atmosferdeki hava basıncına karışan, ses kaynağının meydana getirdiği hava basıncının zaman içindeki değişimi ve yoğunluğudur. Ses basıncı Paskal (*Pa* (*$N/m^2$*)) ile ölçülmektedir. İnsan kulağının işitme alt sınırı, $2x10^{-5}$ Pa; üst sınırı ise yaklaşık olarak 20 Pa'dır. Havadaki ses basınç seviyesi için alınan $P_o$ referans basıncı $20x10^{-6}$ Pa değerindedir ve buna göre *dB* cinsinden ses basıncı $L_P$;

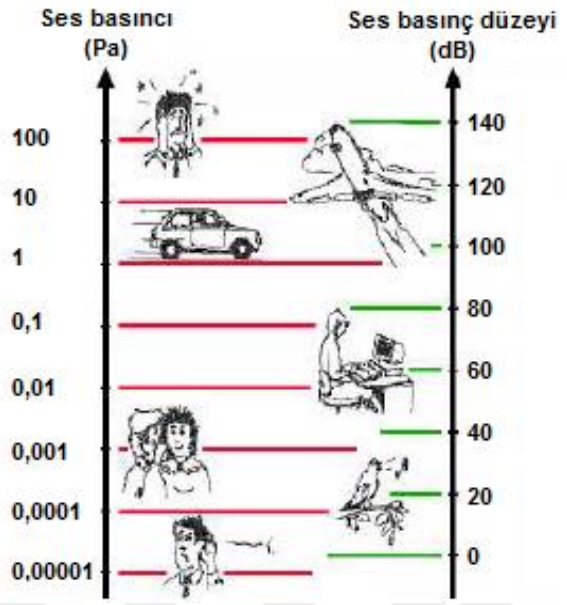
$$Lp = 10\ log \frac{P}{Po} \tag{1.1}$$

**e) Ses basınç düzeyi (Ses gücü, Akustik güç)**

Bir ses kaynağının yaydığı ses enerjisinin gücüdür ve watt ile ifade edilir. Referans güç düzeyi $W_o = 10^{-12}$ *watt*'dır ve buna göre *dB* cinsinden ses gücü $L_W$ ;

$$Lw = 10\ log \frac{W}{Wo} \tag{1.2}$$

Sayısal olarak, akustik güç veya enerji gibi iki benzer miktarın oranlarının 10 tabanına göre logaritmasının 10 katına desibel denir. Ses basıncı ve ses basınç düzeyi arasındaki ilişki Şekil 1.21' de görülmektedir (Heutschi, 2013; Demirkale, 2007).




Şekil 1.21. Ses basıncı ve ses basınç düzeyi arasındaki ilişki (Aydoğdu, 2010)

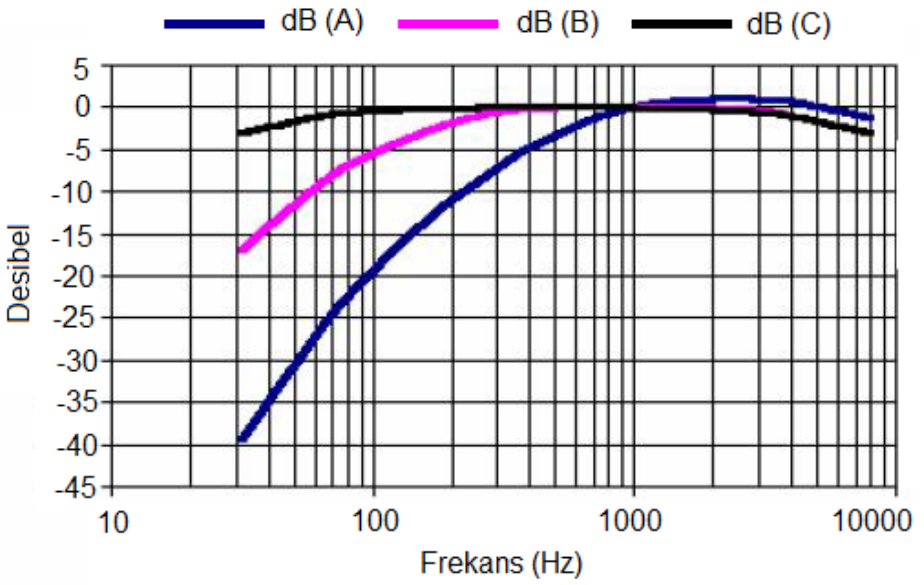
**f) Ses Düzeyi (Gürültü Düzeyi)**

Ses basınç düzeyinin belli bir eğriye göre ağırlıklı olarak frekanslara karşılık gelen halidir. Kulağın duyarlılığı ile orantılı olarak düşük, orta ve yüksek ses seviyeleri için üç ayrı tip ağırlık eğrisi geliştirilmiştir; A, B ve C ağırlık eğrilerinden *dB(A), dB(B) ve dB(C)* değerleri belirlenmektedir İnsan kulağının frekansa bağlı olarak sese olan duyarlılığını en iyi A ağırlık eğrisi temsil etmekte ve gürültü düzeyi ölçmekte yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeşitli frekans düzeyleri için düzeltme faktörlerine göre gürültü düzeyi dB cinsinden hesaplanmaktadır (Şekil 1.22).

- *dB(A)* : En çok kullanılan yöntemdir. 1 kHz frekans da 40dB' lik eşses eğrisinin tersine karşılık gelir. 1 khz frekansta belirlenmiş olduğu için çok yüksek ve çok düşük frekanslardaki seslere duyarlı değildir ve bu frekanslardaki sesler için kullanılmaz. Ancak insan kulağının duyarlı

olduğu ses frekansları düşünüldüğünde en uygun ölçüm yönteminin A tipidir ve esas alınması gereken değer dB(A) için verilen değerdir.

- *dB(B)* : dB(A) ve dB(C) arasında kalır ve kullanımı çok yaygın değildir.
- *dB(C)* : Bu ölçünün oluşturduğu eğri dB(A) eğrisine göre daha doğrusaldır ve bu yüzden çok yüksek ses frekanslarında kullanılır (Ryu, 2002; Everest ve ark., 2009).




| Desibel | Frekans | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **31,5** | **63** | **125** | **250** | **500** | **1000** | **2000** | **4000** | **8000** |
| **dB (A)** | -39,4 | -26,2 | -16,1 | -16,1 | -8,6 | 0 | 1,2 | 1 | -1,1 |
| **dB (B)** | -17 | -9 | -4 | -1 | 0 | 0 | 0 | -1 | -3 |
| **dB (C)** | -3 | -0,8 | -0,2 | 0 | 0 | 0 | -0,2 | -0,8 | -3 |

Şekil 1.22. Desibel- Frekans ilişkisi / Düzeltme faktörleri (Özgüven, 1986)

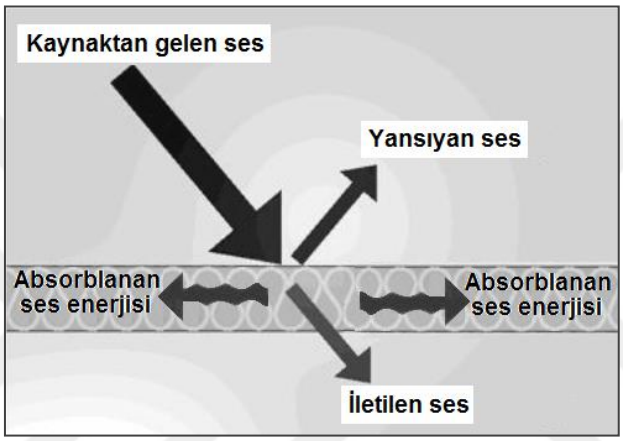
### 1.2.2. Ses Absorbsiyonu ve Ölçüm Yöntemleri

Ses, kulak tarafından algılanan, hava, su ya da benzeri bir ortamdaki basınç değişimi sonucunda dalgalar halinde yayılan bir enerji türüdür. Gürültü, farklı frekans bileşenlerinde, zamana göre değişken olan, istenmeyen ve rahatsız edici sestir. Temel olarak gürültünün insan üzerinde oluşturacağı zararlı etkileri en aza indirmek, gürültüyle mücadele etmek için alınacak önlemler iki tiptir; akustik düzenleme ve ses yalıtımı şeklindedir.

***''Akustik düzenleme''*, k**apalı ortamdaki yansıma süresinin düzenlenmesidir. Boş bir odada el çırpıldığında duyulan patlak ve yankılı sesin sebeplerinden birincisi duvardan yansıyan ses dalgasının $180^{o}$ ters dönmesidir. Yani, orijinal dalganın tepe noktası, dip noktası olarak yansır ve gelen dalgayla üst üste binip orijinal dalganın bazı bölümlerini söndürürken bazı bölümlerini yükseltir. Bu etki sonucunda bazı frekanslar sönümlenirken, bazıları da güçlenir. Diğer sebep ise oluşan sesin bütün duvarlarda yankılanırak kulağımıza değişik zaman aralıklarıyla yansımış (yani çeşitli gecikmelerle gelen) orijinal ses gelir. Ortamda oluşan seslerin yansıma durum ve sürelerinin kontrol edilmesi esasına dayanarak gürültü kontrolü gerçekleştirilmektedir.

***''Ses yalıtımı'', h***erhangi bir ortamda iletilen seslerin miktarlarını azaltmak için ses geçiş kaybının arttırılması, yayılmasının ve transferinin önlenmesi yoluyla sağlanmaktadır. Ses kaynağı üzerinde yalıtım işlemleri yapılarak veya akustik enerjinin bir noktadan diğer noktaya ilerlerken izlediği yörünge üzerine ses yutucu malzemeler yerleştirilerek sağlanabilmektedir. Bir ortamda yayılan ses, karşısına herhangi bir engel çıktığı zaman bu maddeye çarpmakta, çarpan ses enerjisinin bir kısmı maddeyi geçmekte, bir kısmı madde tarafından yutulmakta ve bir kısmı da bilinen yansıma kurallarına göre yansımaktadır ki bu durum sesin bir kısmının etrafa geri yayılmasına ve gürültü kirliliğine sebep olmaktadır. Ses dalgalarının yayıldığı ortamdan başka bir ortama geçişinin engellenmesi yoluyla sağlanan ses yalıtımında ***ses absorbsiyonu*** önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmakta ve ses enerjisinin azaltılması yani sesin yayıldığı ortamda çeşitli materyaller tarafından

yutularak sönümlenmesi anlamını taşımaktadır. Ses, gözenekli malzemelere girdiğinde gözenek içerisindeki hava moleküllerinin maruz kaldığı basınç sonucunda, ses dalgasının oluşturduğu frekansla birlikte gözenekli malzemelerin düzensiz kanallarında dalgalanmakta ve sonuçta sürtünme ve hız kaybı oluşmaktadır. Bunun sonucunda ses enerjisi kaybı yani sesin absorblanması ortaya çıkmaktadır (Şekil 1.23).




Şekil 1.23. Ses absorbsiyonunun şematik gösterimi (Midha ve ark., 2012; Düzenlenerek kullanılmıştır)

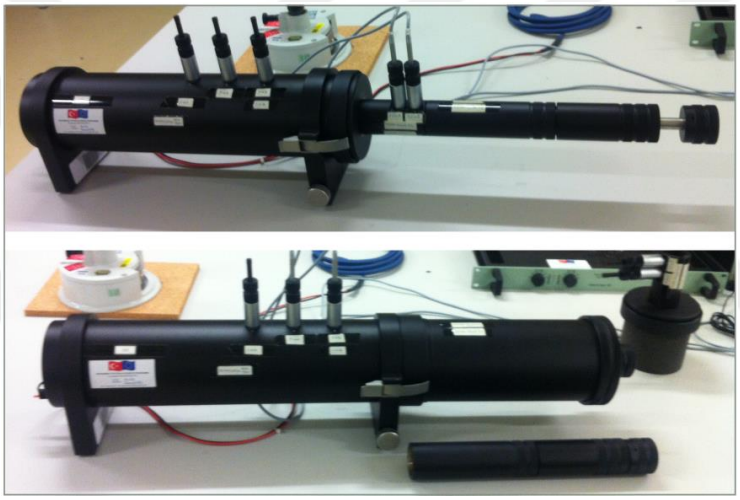
Ses ölçüm yöntemleri ses absorbsiyonunun belirlenmesi esasına dayanmakta olup empedans tüpü ölçüm yöntemi, akustik odalar ve alpha kabin sistemi olmak üzere 3 tiptir.

**a) Empedans Tüpü Ölçüm Yöntemi**

Kullanılacak olan numune boyutlarının küçük olması, test sürelerinin kısa olması ve kolay uygulanabilir olması bakımından ses absorbsiyon katsayısı ve ses iletim kaybının belirlenmesinde önem kazanmış bir yöntemdir. Test numunesinin yüzeyinde oluşturulan akustik empedansın "etkiyen ve yansıyan ses dalgalarının ölçülmesi" esasına göre; tüpte oluşturulan durağan dalga ile iki mikrofon arasında ölçülen maksimum ve minimum basınç değişimlerinden elde edilen transfer

fonksiyonu katsayısına bağlı olarak numunenin ses absorbsiyon katsayısı belirlenmektedir

Bu yöntemde yüksek frekanslar (500-6400 Hz için küçük tüp (R: 30 mm), düşük frekanslar (50-1600 Hz) için büyük tüp (R: 60 ~ 100 mm) kullanılmaktadır (Şekil 1.24). Yapılan ölçümler sonrasında elde edilen ses absorbsiyon katsayıları düşük frekans ve yüksek frekans ölçümleri için birleştirilerek süreksiz bir eğri elde edilmekte, frekansa bağlı değişim ile ses absorbsiyon katsayısının değişimi bu eğri üzerinde görülmektedir (Turo ve ark, 2012; Heutschi, 2013).

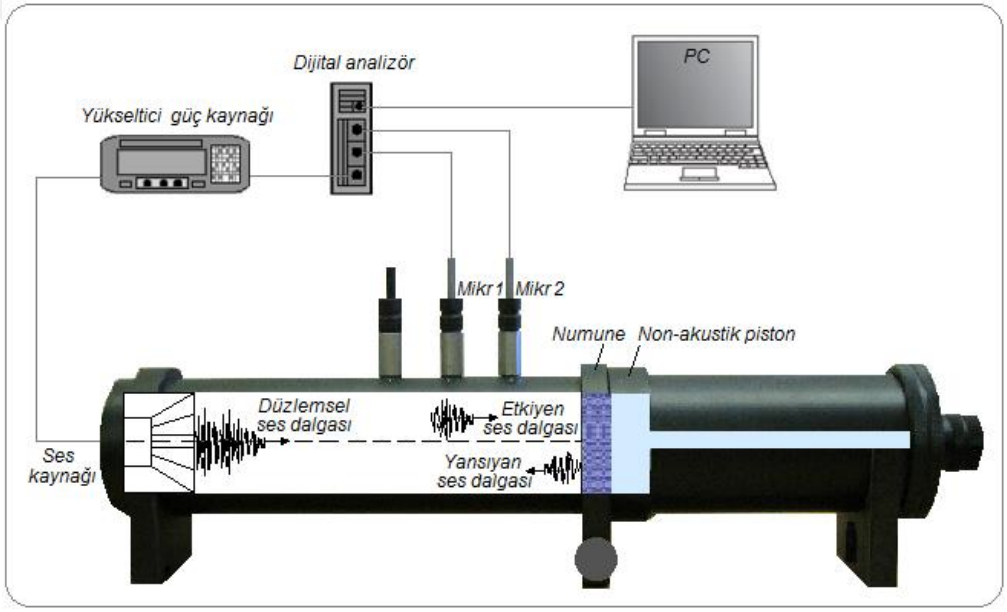


Şekil 1.24. Empedans tüpü ölçüm yönteminde kullanılan farklı çaplardaki tüpler

Şekil 1.24' de görüldüğü gibi empedans tüpü "Transfer Function" (Transfer Fonksiyon) metodu olarak adlandırılan yöntemin ölçüm prensibi şu şekildedir:

1. Sesin karakteristiğini belirleyen sinyal, analizör vasıtası ile üretilir. Daha sonra yükselticiden gecen sinyal, hoparlör aracılığı ile tüpün içerisinde düzlemsel ilerleyen ses dalgasına dönüşür.

2. Transfer fonksiyonun sadece basınçların bir oranı olduğu hatırlanırsa;,iki mikrofon arasındaki transfer fonksiyonu, iki mikrofondan ayrı ayrı ölçülen basınç değerlerinin birbirine oranıdır.
3. Bu orandan elde edilen transfer fonksiyonu değeri yansıma çarpanı ile ilişkilendirilerek, elde edilen yansıma çarpanından o frekansa ait ses absorbsiyon katsayısı değeri bulunur.
4. Eğer hazır bir test kiti kullanılıyorsa bütün bu hesaplar yazılım tarafından yapılmaktadır.



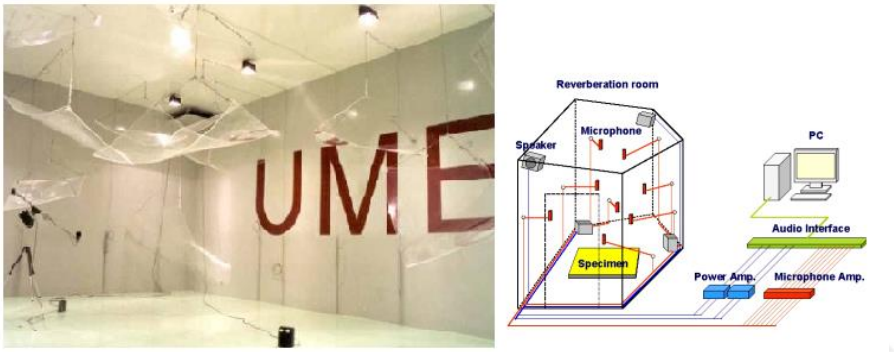

Şekil 1.25. Empedans tüpü 'transfer fonksiyon' metodu ses absorbsiyon katsayısı ölçüm düzeneği (Ryu, 2002; Düzenlenerek kullanılmıştır)

**b) Akustik Odalar**

Akustik odalar, çınlanım odaları ve anekoik oda olmak üzere iki türdür:

*''Çınlanım odaları''*, yansışımlı, reverberant yankılanma odası gibi isimlerle de belirtilebildiği gibi, tüm yüzeyleri ile kaynaktan gelen akustik dalgaları yansıtma özelliğine sahiptir. Ses kaynağında oluşan dalga, odada oluşturulan dağınık alan sonucunda çok sayıda yüzeye çarparak birçok yansıyan dalga

oluşturmaktadır. Böylece, odanın yansıtma özellikleri de dikkate alınarak kaynağın ne kadarlık bir ses gücüne sahip olduğu ölçülebilmektedir. Numuneli ve numunesiz yapılan ölçümlerde çınlanım sürelerinde oluşan farktan yola çıkılarak ses absorbsiyon katsayısı hesaplanmaktadır. Çınlanım odalarında ölçüm yapılacak test numunelerinin oldukça büyük ölçülerde olması gerekip ASTM C423 standartına göre en az 6,69 $m^2$ ve ISO 10140 standardına göre ise10 $m^2$ ve üzerindedir. Ayrıca uzun test süreleri, odanın kalibrasyonunun zahmetli olması ve ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması bu yöntemin dezavantajlarıdır (Şekil 1.26).




Şekil 1.26. Çınlanım odası (Tübitak -UME, 2016)

*''Anekoik Odalar ve Yarı-Anekoik Odalar''*, içerisindeki tüm yüzeyler, gelen sesin tamamına yakın kısmını yutma özelliğine sahip malzemelerden oluşturulmuş akustik odalardır (Şekil 1.27). Oda içerisinde duvarlarda oluşturulan köşeli yapılar sesin yansımasını engellemektedir. Böylece ses kaynağının ses gücü değeri hesaplanmaktadır. Eğer zemin yansıtıcı bir özelliğe sahip olarak yapılırsa bu odalara "yarı anekoik (yarı-yankısız)" oda tipi denmektedir. Tüm akustik odalar için dış ortam gürültüsünü içeri iletimini engelleyecek duvar yalıtımı uygulanmaktadır.



Şekil 1. 27. Anekoik oda (Tübitak -UME, 2016)

**c) Alfa Kabin Test Sistemi**

Alfa Kabinler adlarını alfa ses absorbsiyon katsayısından almakta ve genel yapıları itibari ile küçük birer çınlanım odalarına benzemektedirler (Şekil 1.28). Kabin tasarımı ses dağılımının homojenliğini sağlayacak şekilde yapılmakta ve ses absorbsiyon katsayısının hesaplanmasında yankılanma süresi temel alınmaktadır. Numuneli ve numunesiz yapılan ölçümlerde çınlanım sürelerinde oluşan farktan yola çıkılarak ses absorbsiyon katsayısı hesaplanmaktadır. Kabinde testlere başlamadan önce öncelikli olarak hoparlörler çalışır durumda iken, kabin içinde oluşan gürültü seviyeleri ile dış ortamdan gelen (step motor gürültüsu, elektriksel gürültü) arka plan gürültü sevilerini karşılaştırılmalıdır ki bu seviyeler arasındaki farkın en az 45 dB olması gerekir.




Şekil 1.28. Alfa kabin test sistemi (http://www.rieter.com)

Ölçümün pratikliği ve numune boyutları açısından empedans tüp yöntemine alternatif görünen bir yöntem olsa da maliyeti daha yüksektir ve uluslararası bir standardı bulunmamaktadır. Alfa Kabin Tasarımları genellikle birbirine benzer olup alfa kabin üretiminde Rieter öncü rolü üstlendiği icin; diğer firmaların kabinlerinin tasarımı da Rieter'in kabinine benzemektedir. Ölçülebilir alt frekansı, odanın iç hacmi belirlemektedir; 400-10000 Hz frekans aralığında ölçümler için hemen hemen tüm kabinlerin iç hacmi 6,44 $m^3$ olmaktadır.

**Ses Absorbsiyon Katsayısı**

Ses absorbe edici materyallerin performansları ses absorbsiyon katsayısı (α) ile değerlendirilmekte ve materyal tarafından materyal içerisine hapsedilen yani yansıtılmayan akustik enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır; 0 -1 arasında bir değerdir. Ses absorbsiyon katsayısının 0 değeri olması %100 yansıma, 1 değeri olması %100 absorbsiyon oluşması anlamını taşımaktadır.

Havada yayılan ses enerjisi bir yüzeye çarptığında; yansıma, başka bir enerjiye dönüşerek soğurulma ve ses geçişi sonucu yayılma ortaya çıkmaktadır. Ses absorbsiyon katsayısı soğurulan ve geçen enerjinin toplamını, yani yansımayan enerji oranını vermektedir. Ses dalgasının materyale çarpma açısı ve ses frekansına bağlı olarak değişim göstermektedir (Ryu, 2002; Heutschi, 2013).

Standartlara göre yapılan ölçüm sonucunda, bir tarafın uç kısmına numunenin empedans tüpte oluşturulan durağan dalganın (standing wave) iki mikrofon arasında ölçülen maksimum ve minimum basınç değişimleri elde edilerek, transfer fonksiyonu katsayısına bağlı olarak numunenin ses absorbsiyon katsayısı aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmaktadır:

$$n = Pmax/Pmin \tag{1.3}$$

$$\alpha = \frac{4n}{n^2+2n+1} \tag{1.4}$$

Empedans tüp yöntemi kullanılırken; minimum değerdeki faz açısı göz önüne alınarak yansıma katsayısı $r$ ise direkt olarak maksimum ve minimum ses basınçlarının oranından aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$r = \frac{n-1}{n+1} \tag{1.5}$$

$$\alpha = 1 - |r^2| \tag{1.6}$$

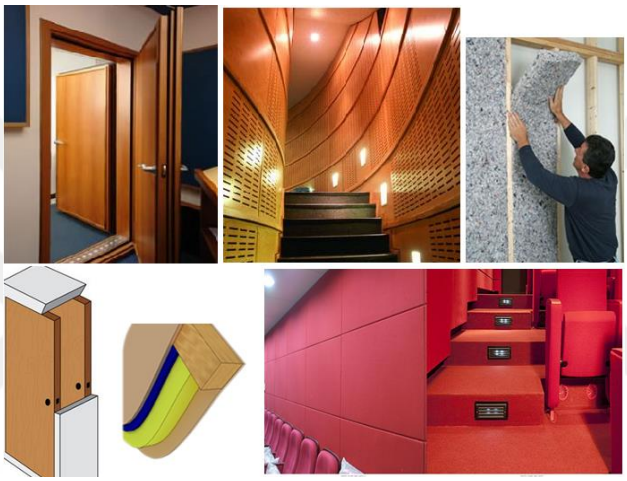
### 1.2.3. Ses Absorbsiyonunda Kullanılan Materyaller

Cam yünü, mineral yünü gibi liflerin birbirine bağlandığı, hacimli, lifli, gözenekli yapılar bilinen ses absorbe edici tekstil materyallerdir. Bu malzemelerin ses absorbsiyonu çoğunlukla sahip oldukları gözenekleri üzerine dayanır. Sesin absorbsiyonu bu malzemelerin birbirine bağlı gözenekleri vasıtasıyla, ortam parçacıklarının liflerle etkileşime girmesi sonucu genellikle akustik enerjinin ısı enerjisi olarak harcanması sonucu gerçekleşir. Ses gözenekli yapıya girdiği zaman, kendi ses frekansına göre, hava parçacıklarını gözenekli yapının boşluklarında salınım yaptırır. Bu parçacıkların bir bölümü liflerle temas halinde olduğundan sürtünme kayıpları olur ve bu durum enerji kaybına yol açar. Salınım yapan ve belirli bir hızı olan parçacıkların liflere bir momentum iletimi sonucu, titreşim yapması olası lifler birbirleriyle de sürtünecek ve burada da bir enerji kaybı olasılığı ortaya çıkacaktır (Süvari, 2012; Demirkale, 2007).

Ses absorbsiyonunda kullanılan materyalleri kullanım alanlarına göre iki ana grupta toplamak mümkündür:

*1.Yapı Yalıtımında Kullanılan Materyaller:* Yapı yalıtımı; çeşitli durumlarda oluşan seslerin komşu mekana geçişinin engellenmesi, dış ortam veya komşu mekanlardan ses transferinin önlenmesi, darbeyle oluşan katı cisimlerde yayılan sesin yalıtılmasını kapsayan uygulamaları içermektedir. Bu uygulamalar her türlü bina yalıtımında yapılabileceği gibi konutlar, işyerleri, özellikle okul, hastane, konferans salonu, sinema salonu, kütüphane, otel gibi gürültüye duyarlı yapılar için

ses geçişinin kontrolü gereklilik halini almaktadır. Bu amaçla yapılarda taban, asma tavan, duvar ve kapı gibi çeşitli kısımların yalıtımı uygulamalarında çeşitli liflerden oluşturulan keçeler, polietilen ve poliüretan köpükler, profilli ahşap plakalar vb. kullanılmaktadır. Son zamanlarda akustik kumaş kaplı paneller ile ses yalıtımı sağlanırken dekoratif amaçlı olarak kullanım alanı bulmaktadır (Şekil 1.29) (Demirkale, 2007; Arenas, 2010).

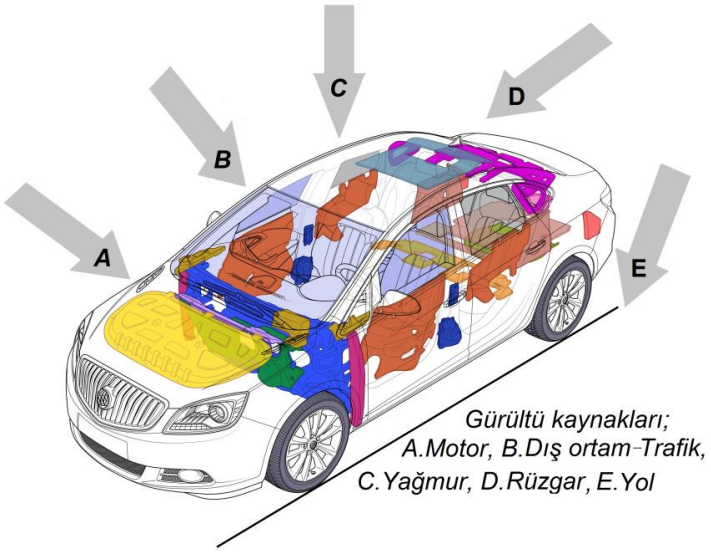


Şekil 1.29. Yapı yalıtımı uygulamaları (Anonymous)

*2.<u>Endüstriyel (Teknik) Yalıtımda Kullanılan Materyaller</u>:* Teknik yalıtım; çeşitli endüstriyel makinelerin, beyaz eşyaların ve taşımacılık sektöründeki araçların (otomobil, tren, uçak vb.) gürültü ve vibrasyon izolasyonlarını kapsayan uygulamaları içermektedir.

Otomotiv sektöründe motor, yol ve yapısal kaynaklı gürültülerin en alt seviyeye düşürülmesi konfor ve kaliteyi belirleyici başlıca unsurlar arasında yer almaktadır. Hareket halindeki bir taşıtın gürültüsü; güç birimi, soğutucu fan, aktarma organları,yol gürültüsü, frenler, dış ortam sesleri vb. seslerin toplamından oluşmaktadır (Şekil 1.30). Bu kaynakların kendi aralarındaki önem dereceleri araç tipine ve çalışma koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Küçük taşıtlar için küçük vites kademelerinde gidilen küçük hızlarda motor en belirleyici gürültü kaynağı

iken büyük vites kademelerinde gidilen yüksek hızlarda ise lastik gürültüsü artarak motor ve aktarma organlarının etkisinin üzerine çıkmakta ve en belirgin gürültü kaynağı haline gelebilmektedir (Vidinlimen, 2010; Thilagavathi ve ark., 2011).




Şekil 1.30. Otomobillerde gürültü kaynakları ve ses absorbsiyon materyallerinin uygulama bölgeleri (http://www.impalamediadrive.com/en/buick/vehicles/verano/2012, 2017, Düzenlenerek kullanılmıştır)

Otomotiv endüstrisi, gürültü problemini ortadan kaldırmak için tekstillerden yaygın biçimde faydalanmaktadır. Bunun için bariyer etkisi oluşturacak yoğunluğu yüksek malzemeler kullanılabildiği gibi, daha düşük yoğunluklu gözenekli, lifli malzemelerinde kullanımı yaygındır. Otomobillerde temel olarak zemin kısmına, tekerlek yuvalarının içlerine, bagaj ve kapı panellerine, motor bölmesi ile kabin arasındaki bölgelere yalıtım uygulaması yapılmaktadır. Şekik 1.29' da bir otomobilde ses absorbsiyonu sağlanacak kısımlar görülmektedir. Bir otomobilin yapısında 45' den fazla kısımda dokusuz yüzey yapılar kullanılmakta olup 38-40 $m^2$ yüzey alanı oluşturmaktadır (Kelly, 2016).

Otomobillerde kullanılacak ses absorbe edici materyaller için gerekli hacim miktarının kısıtlı olması hafif ve ince malzemelerin geliştirilmesini öne

çıkarırken, bunun yanında kullanılan malzemenin hafif oluşu otomobilin yol almak için harcadığı enerjiyide düşürmesi bakımından da önem taşımaktdır. Bu koşullar dokusuz yüzey yapılar ile sağlanabilir, ancak yüzeyin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için kullanım bölgesine uygun olması gerekmektedir. Örneğin araba tavanlarında yüksek frekanstaki sesin absorbsiyonu için ince, kapı panellerinde ise alçak frekanslı sesleri absorbe etmek için daha kalın malzemelerin kullanılması gerekir (Jayamaran, 2005; Süvari, 2012).

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasına başlanmadan önce çalışmaya yol göstermesi açısından; katmanlı dokusuz yüzeyler, bikomponent lif, ses absorbsiyonu, gözeneklilik, kalite kontrol ve dokusuz yüzey yapıların kumaş performans özelliklerini konu alan önceki çalışmalara ulaşılmaya çalışılmıştır. Literatürden ulaşılan çalışmalardan araştırma konusu için önemli bulunan ve konuya katkı sağlayıp yol göstereceği düşünülen çalışmaların özeti aşağıda verilmiştir.

Coates ve Kierzkowski (2002), ‘‘Acoustic textiles – lighter, thinner and more sound absorbent’’ adlı çalışmalarında hafif tekstil materyallerinin ses yalıtımında etkin şekilde kullanılabileceğinin ve kalın hacimli materyallerin yerini alabileceklerini belirtmişlerdir. Tasarladıkları üründe hafiflik ve ses absorbsiyonu açısından avantaj sağladıklarını bildirmişlerdir.

Lee ve Joo (2003), ‘‘Sound absorption properties of recycled polyester fibrous assembly absorbers’’ adlı çalışmalarında geri dönüştürülmüş polyesterden elde edilmiş, ısıl fiksaj uygulanmış dokusuz yüzeylerde düşük erime sıcaklığına sahip bağlayıcı polyester liflerin akustik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak bağlayıcı liflerin artışıyla ses absobsiyon performansının azaldığını ve bu durumun 2000-3500 Hz frekans aralıklarındaki azalma için kalınlık değişiminin de etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Lee ve Joo (2004), ‘‘Sound absorption properties of thermally bonded nonwovens based on composing fibers and production parameters’’ adlı çalışmalarında geri dönüşüm liflerinden elde edilmiş ve ısıl fiksaj uygulanmış dokusuz yüzey kumaşların 2500 Hz frekans değerine kadar ses absorbsiyon yeteneklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak ses absorbsiyonunun kalınlık ve malzemenin yüzey durumuna bağlı olduğunu, ayrıca dokusuz yüzey kumaşa bir panel eklendiğinde ses absorsiyonunun iyileştiğini belirtmişlerdir.

Zhou ve Huang (2005), ‘‘Sound absorption characteristics of polymer microparticles’’ adlı çalışmalarında farklı boyut ve tiplerde çeşitli polimer

mikropartikülleri içeren 20-30 mm kalınlık değerlerinde poliüretan köpüklerde ses absorbsiyon özeliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak düşük frekans değerlerinde poliüretan köpüğe polimer mikropartikül ilavesinin ses absorbsiyon özelliğini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Teli ve ark. (2007) ‘‘Efficiency of nonwoven materials as sound insulator’’ adlı çalışmalarında Farklı yöntemlerle üretilmiş dokusuz yüzey kumaşların ses absorbsiyon özelliklerini hava geçirgenliği, kalınlık ve kumaş ağırlığı ile ilişkilendirerek incelemişlerdir. Sonuç olarak frekans arttıkça daha ağır kumaşlar için daha yüksek ses absorbsiyon katsayıları elde etmişlerdir. Hava geçirgenliğinin artması durumunda ise ses absorbsiyonunun kötüleştiğini bildirmişlerdir.

Taşcan ve Vaughn (2008), ‘‘Effects of fiber denier, fıber cross-sectional shape and fabric density on acoustical behaviour of vertically lapped nonwoven fabrics’’ adlı çalışmalarında, yuvarlak, trilobal ve 4DG lif kesit şekillerine sahip liflerden iğneleme yöntemine göre dikey serme ile üretilmiş dokusuz yüzey kumaşlarda ses absorbsiyon özelliklerini tasarladıkları ses ölçüm cihazında 20000 hz frekans değerine kadar incelemişlerdir. Sonuç olarak kullanılan lif kesit şekline göre, lif kesit alanı arttıkça ses absorbsiyon özelliğinin iyileştiğini bildirmişlerdir.

Seddeq (2009), ‘‘Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials’’ adlı çalışmasında çeşitli hammaddeler için çeşitli kalınlık ve gramajlarda iğnelenmiş dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak lif inceliği, hava geçirgenliği, kalınlık, gözeneklilik, sıkıştırma ve ses yutucu malzemenin konumu ses absorbsiyonun etkileyen faktörler olarak bildirmiştir.

Mahmood ve ark. (2011), ‘‘Using nonwoven hollow fibers to improve cars interior acoustic properties’’ adlı çalışmalarında 300-600 gr/$m^2$ gramaj aralığında içi boş ve yuvarlak lif kesit şekline sahip polyester lifleri, %15 düşük erime sıcaklığına sahip polyester ile çeşitli oranlarda karıştırarak, iğneleme yöntemine göre ısıl bağlanmış dokusuz yüzeyler elde ederek, bu kumaşların ses absorbsiyon

özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak dokusuz yüzeylerde kullanılan içi oyuk liflerin oranı arttıkça ses absorbsiyon özelliğinin iyileştiğini bildirmişlerdir.

Thilagavathi ve ark. (2011), ‘‘Development of natural fiber nonwovens for application as car interiors for noise control’’ adlı çalışmalarında bambu, muz ve jüt liflerini 50/50 oranında polipropilen lifleri ile karıştırarak iğneleme yöntemine göre elde ettikleri dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon özelliğini incelemişlerdir. Sonuç olarak empedans tüp ile yapılan ölçümlerde tüm frekans aralıklarında bambu karışımlarında daha iyi ses absorplama değerlerinin ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Büyükakıncı ve ark (2011), ‘‘Thermal conductivity and acoustic properties of natural fiber mixed polyurethane composites’’ adlı çalışmalarında poliüretan esaslı bir matrise pamuk, bambu ve yün lifleri karıştırarak elde ettikleri yüzeylerin ses absorbsiyon özelliğini incelemişlerdir. Sonuç olarak doğal lif ilavesinin poliüretan köpüğün ses yalıtım özelliklerini iyileştirdiğini, ancak yüksek frekans değerlerinde doğal elyaf katkısı arttıkça ses absorbsiyon katsayısının düştüğünü bildirmişlerdir.

Yılmaz ve ark (2011), ‘‘Effects of material and treatment parameters on noise-control performance of compressed three-layered multifiber needle-punched nonwovens’’ adlı çalışmalarında PLA, PP, cam ve kenevir liflerinden elde ettikleri üç katmanlı iğneleme yöntemine göre üretilmiş dokusuz yüzeylere kalıplama işlemi uygulayarak ses absorbsiyon özelliklerini istatistiksel bir modelleme yaparak incelemişlerdir. Sonuç olarak kalıplama süresinin ses absorbsiyonuna belirgin bir etkisi bulunmadığını ancak kalıplanmış dokusuz yüzey yapılarda hava geçirgenliği azalırken, ses absorbsiyonunun iyileştiğini bildirmişlerdir.

Taşcan ve Gaffney (2012), ‘‘Effect of glass-beads on sound insulation properties of nonwoven fabrics’’ adlı çalışmalarında polyester liflerinden iğneleme yöntemine göre oluşturulan 3 katmanlı dokusuz yüzey yapıların ara katmanlarına çeşitli boyutlarda ve oranlarda cam mikrotozları ekleyerek ısıl bağlama yapmışlar ve elde edilen dokuların ses absorbsiyon özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak

cam mikrotoz boyutlarının ses absorbsiyonunda ciddi bir değişim oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Michalak ve ark. (2013), ‘‘Sound absorbing composites from nonwoven and cellulose submicrofibres’’ adlı çalışmalarında kompozit matris elemanı olarak PP ve PLA liflerini kullanarak, iğneleme yöntemine göre elde edilen dokusuz yüzey yapılara çeşitli karışım oranlarında atık keten lifi kırpıntıları ekleyerek katmanlı bir yapı elde etmişlerdir. Bu katmanlı yapıyı hidrolik presten geçirerek ses absorbsiyon özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak atık keten lifi kırpıntılarının oranı arttıkça ses absorbsiyon özellikliğinin iyileştiğini bildirmişlerdir.

Haoa ve ark. (2013), ‘‘Kenaf/polypropylene nonwoven composites: the influence of manufacturing conditions on mechanical, thermal, and acoustical performance’’ adlı çalışmalarında 50/50 oranında Kenaf/ PP karışımlı iğneleme yöntemine göre dokusuz yüzeyler üreterek presleme işlemi uygulamışlardır. Presleme süresi ve sıcaklık değişimlerine göre çeşitli kalınlıklarda mekanik, termal ve akustik davranışları incelemişlerdir. Sonuç olarak 6 mm referans numunesi ile kıyaslandığında 5 ve 7 mm diğer iki kalınlık değerinde düşük presleme sıcaklığı ve daha kısa süre preslenmiş numunelerin ses absorblama özelliğinin daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Süvari ve ark. (2013), ‘‘Acoustical absorptive properties of spunbonded nonwovens made from islands-in-the-sea bicomponent filaments’’ adlı çalışmalarında 1, 7, 19, 37 ve 108 adet adaya sahip deniz-ada tipi bikomponent liflerden üretilmiş spunbond dokusuz yüzey kumaşların ses absorbalama özelliklerini araştırmışlardır. Sonuç olarak 108 ada sayısına sahip bikomponent liflerden oluşan dokusuz yüzey yapı daha yüksek ses absorblama performansına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çeşitli hacimli dokusuz yüzey yapılarla katmanlanan spunbond dokusuz yüzeylerin ses absorblama özelikleri kıyaslandığında 108 adalı yüzeylerle daha etkin ses absorblama sağlandığı belirtilmiştir.

Liu ve ark. (2014), ‘‘The acoustic characteristics of dual-layered porous nonwovens: a theoretical and experimental analysis’’ adlı çalışmalarında çift katmanlı dokusuz yüzey yapıların akustik özelliklerini deneysel ve teorik olarak araştırmışlardır. Deneysel analizde polipropilen hammaddeden üretilmiş 4 tip meltblown dokusuz yüzey, cam lifinden üretilmiş su jeti ile bağlanmış 5 tip dokusuz yüzey yapı ile çeşitlenerek elde edilen 20 adet çift katmanlı dokusuz yüzey yapının ses absorbsiyon katsayıları düşük frekans aralığında belirlenmiştir. Teorik analizde ise kalınlık, alt ve üst katman gözenekliliğinin ses absorbsiyonu üzerine etkisi nümerik simülasyon yöntemi araştırılmıştır. Kalınlık, gözenek ve frekans değişimi etkisinde deneysel ve teorik analizden elde edilen verilerin birbirine oldukça yakın olduğunu bildirmişlerdir.

Küçük ve ark. (2015), ‘‘Sound absorption properties of bilayered nonwoven composites’’ adlı çalışmalarında çeşitli iki katmanlı kompozit yapıların düşük frekanslar için ses absorbsiyon özelliklerini araştırmışlardır. Sonuç olarak makrofibril polyesterden oluşan, arka yüzeyi %70 yün ve %30 polyester bikomponent lif kaplanmış kompozit yapının en yüksek ses absorblama performansına sahip olduğunu bildirmişlerdir.

# 3. MATERYAL VE METOD

## 3.1. Materyal

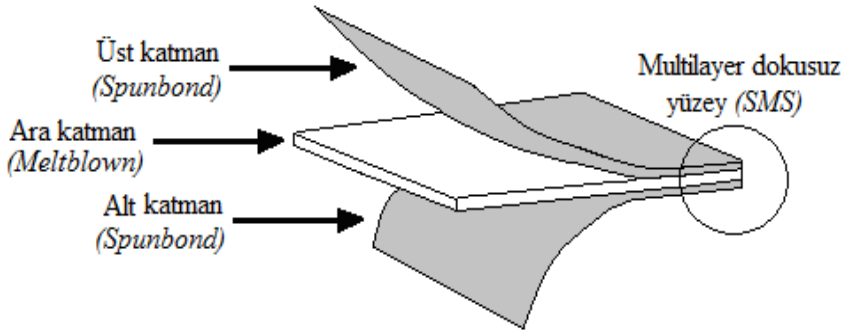
Bu çalışma kapsamında, farklı uygulama alanlarında ses geçirgenlik kontrolü sağlayabilecek sonsuz elyaf serme yöntemine göre üretilmiş katmanlı (multilayer) dokusuz yüzeylerin ses absorblama ve performans özelliklerinin hammadde, gramaj, lif kesit şekli, lif kesit durumu ve kalenderleme tipine bağlı olarak araştırılması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda, sonsuz elyaf serme yöntemine göre üretilen dokusuz yüzeyler bağlamasız üç katmandan oluşmaktadır. Alt ve üst katmanı sonsuz elyaf serme (spunbond (SB)) yöntemine göre üretilmiş dokusuz yüzeyler oluştururken, ara katmanda eriyikten dökülme (meltblown (MB)) yöntemine göre üretilmiş dokusuz yüzey bulunmaktadır. Numunelerin üretim yöntemleri hakkında genel bilgiler 'Giriş' kısmında verilmiştir.

Dokusuz yüzeylerde lif inceliği ses yalıtımı açısından önemli faktörlerdendir. Yüzeyi oluşturan lifler inceldikçe daha etkin ses absorbsiyonu sağlanmaktadır (Taşcan ve ark., 2008). Meltblown yüzeylerde doku yapısındaki liflerin incelikleri 0,5-30 μm arasında değişim göstermekle birlikte, 1 μm altında inceliklerde lifleri üretmek ve mikrolifli yüzey oluşturmak mümkündür. Oluşan dokunun en belirgin özellikleri gelişigüzel lif yerleşimi nedeniyle yüksek örtme gücü, yumuşaklık ve gözenekliliktir. Ancak buna karşın mekanik özelliklerinin yeterli düzeyde olmayışı bu yüzeylerin kullanımını sınırlayan bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle meltblown yüzeylerin kullanımında mekanik özelliklerini iyileştirmek üzere destek veya taşıyıcı yüzeylere ihtiyaç duyulmaktadır (Dahiya ve ark., 2004, Süvari, 2012). Spunbond ve meltblown yapıların birleşimiyle elde edilen SMS tipi üç katmanlı kompozit yapılarda orta katmanda bulunan meltblown yapı, alt ve üst katmanlarda spunbond yapı ile desteklenerek mekanik özellikleri iyileştirilmektedir (Das ve Pourdeyhimi, 2014).

Mikrolifli yapıları nedeniyle meltblown yüzeylerin ses geçişini kontrol ederek ses yalıtımında kullanılabileceği, ancak bu yapıların zayıf oluşu ve destek katmanlara ihtiyaç duyulması nedeniyle spunbond yapılarla katmanlanması yaklaşımıyla SMS tipi dokusuz yüzeyler çalışmanın materyalini oluşturmuştur.

Dokusuz yüzey yapıda bulunan lifli kıvrımlar akustik dalga hareketine karşı sürtünme yüzeyi oluşturarak direnç gösterirler. Dolayısıyla ses, yüzey içerisinde kıvrımlı bölgelerden ilerlemeye çalışacak ve büyüklüğü azalacaktır. Dokusuz yüzey yapıların hava geçirgenliği, bu yüzeylerin ses absorbsiyonu için belirleyici önemli bir özelliğidir. Yüksek hava geçirgenliğine sahip kumaş, aynı zamanda yüksek ses geçirgenliğine dolayısıyla düşük ses yalıtımına sahip olacaktır. Hava geçirgenliğine karşı direnç, gözenek yolunun arttırılmasıyla yükseltilebilir (Na ve ark., 2007; Taşcan ve ark., 2008; Süvari, 2012). Bu durumda gözeneklilik, hava geçirgenliği ile ilişkili olarak yüzeylerin akustik özelliklerini belirlemede etken bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca dokusuz yüzeylerde ses absorbsiyonunu etkileyen faktörler incelendiğinde gözeneklilik ve sıkıştırma işleminin, gözenek yoğunluğunu azalttığı ve sıkıştırma işleminin kalınlığı azaltarak yapıya yoğunluk kazandırması nedeniyle ses absorbsiyonunu olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir (Castagnede, 2000; Seddeq, 2009). Bu nedenle dokusuz yüzey yapılarda bağlama işleminin yapıyı yoğunlaştırarak gözenekliliği azaltacağı düşünülmektedir. Bu yaklaşımla tez kapsamında üretilen dokusuz yüzey katmanları birbirine bağlama işlemi uygulanmamıştır. Şekil 3.1’ de tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzey numunelerin şematik yapısı görülmektedir.




Şekil 3.1. Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzey numunelerin şematik yapısı

Bu kapsamda çalışma şu aşamalardan oluşmaktadır;

Hammadde ve gramaj değişiminin ses absorblama özelliği üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla geri dönüştürülebilir çevreci anlayışla, tekrarlanabilirliğe, sanayide uygulanabilir ve yaygın etkiye sahip olması gerekliliği dikkate alınarak hammadde olarak polyester (PET) ve polipropilen (PP) lifleri belirlenmiştir. Termoplastik özellikteki bu hammaddeler, yüksek dayanım, düşük yoğunluk, boyutsal kararlılık, düşük nem çekme vb. özellikleriyle üstünlük göstermektedir. Kullanılan bu polimerlerin bazı özellikleri Çizelge 3.1' de görülmektedir.

Çizelge 3.1.Kullanılan polimerlerin bazı özellikleri

| ***Polimer*** | ***Yoğunluk (gr/m$^3$)*** | ***Eriyik Akış İndeksi (MFI) (gr/10dk)*** | | ***Erime Sıcaklığı ($^o$C)*** | ***Çalışma Sıcaklığı ($^o$C)*** |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ***SB*** | ***MB*** | | |
| *PP* | *0,90* | *25-35* | *1000-1200* | *160-175* | *230-240* |
| *PET* | *1,36-1,40* | *65-85* | *250-350* | *235-250* | *280-290* |

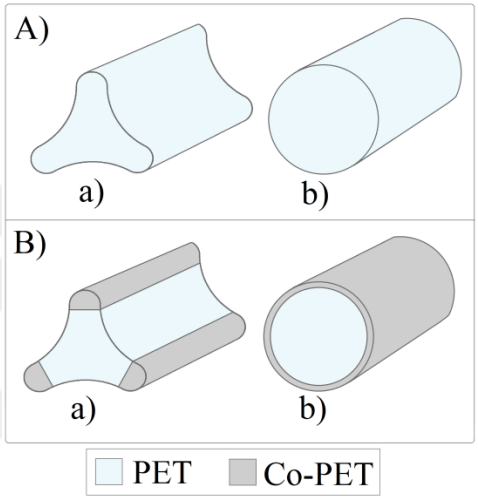
Filament serme yöntemlerinde (SB, MB) PET polimeri ekstrüdere sevk edilmeden önce 145-150$^{o}$C' de yaklaşık 3 saat kadar bekletilerek kristalizasyonunu tamamlama ve nemini almak için kurutma işlemine tabi tutulmaktadır.

Literatür ve piyasa araştırmaları sonucu mevcut ses absorbsiyonu amacıyla kullanılan ve ağırlıkları 1000 gr/m$^2$' ye kadar ulaşan hacimli ve ağır dokusuz yüzey yapılarla kıyaslamak ve alternatif oluşturmak amacıyla daha düşük gramaj değerleri belirlenmiştir. Ses absorbe edici materyallerin kullanım alanları değerlendirildiğinde, özellikle otomotiv sektöründe daha hafif materyallerin kullanımının enerji kaybını önlemekte katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu yaklaşımla belirlenen hammaddeler için gramaj değişiminin incelenecek performans ve ses absorblama özelliklerinde etkisinin saptanması amacıyla 7 adet gramaj değeri; 130 gr/m$^2$, 155 gr/m$^2$, 180 gr/m$^2$, 205 gr/m$^2$, 230 gr/m$^2$, 255 gr/m$^2$, 280 gr/m$^2$ olarak belirlenmiştir. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey kumaş numunelerine ait özellikler Çizelge 3.2' de görülmektedir.

Çizelge 3.2.Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri

| ***Üretim şekli*** | | | | ***Alt katman (S)*** | ***Ara katman (M)*** | ***Üst katman (S)*** | ***Katmanlı yapı (SMS)*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Kod*** | ***Ham-madde*** | ***Lif kesit şekli ve durumu*** | ***Kalender tipi*** | ***Gramaj (gr/m$^2$)*** | ***Gramaj (gr/m$^2$)*** | ***Gramaj (gr/m$^2$)*** | ***Toplam gramaj (gr/m$^2$)*** |
| *A1* | *PP* | *Yuvarlak* | *Noktalı* | *40* | *50* | *40* | *130* |
| *A2* | | | | | *75* | | *155* |
| *A3* | | | | | *100* | | *180* |
| *A4* | | | | | *125* | | *205* |
| *A5* | | | | | *150* | | *230* |
| *A6* | | | | | *175* | | *255* |
| *A7* | | | | | *200* | | *280* |
| *B1* | *PET* | | | *40* | *50* | *40* | *130* |
| *B2* | | | | | *75* | | *155* |
| *B3* | | | | | *100* | | *180* |
| *B4* | | | | | *125* | | *205* |
| *B5* | | | | | *150* | | *230* |
| *B6* | | | | | *175* | | *255* |
| *B7* | | | | | *200* | | *280* |

Lif kesit durumu, lif kesit şekli ve kalenderleme tipinin ses absorblama özelliği üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla katmanlı dokusuz yüzeyin alt ve üst katmanlarını oluşturan spunbond dokularda, homokomponent ve bikomponent lif yapılarda 20-24 µm inceliklerde, yuvarlak ve trilobal (TCS) kesit şekline sahip liflerden oluşan dokusuz yüzeyler üretilmiştir (Şekil 3.2). Meltblown yüzeylerdeki liflerin incelikleri ise 5-8 µm arasındadır.




Şekil 3.2. Dokusuz yüzey numunelerin lif kesit şekilleri; A) Homokomponent lifler; a) Trilobal, b) Yuvarlak; B) Bikomponent lifler; a) Bico-trilobal, Uçlu tip, b) Bico-yuvarlak, İçiçe tip

İğneleme yöntemine göre üretilen dokusuz yüzeylerde lif kesit şekline bağlı olarak, lif yüzey alanı arttıkça ses absorblama özelliği iyileşmektedir (Taşcan ve ark., 2008). Bu etkinin filament serme yöntemine göre üretilmiş dokusuz yüzeyler için hangi düzeyde olduğunun araştırılması amacıyla spunbond katmanlarda daha yaygın uygulanabilirliğe sahip olan lif kesit şekilleri olarak yuvarlak ve trilobal şekilleri belirlenmiştir. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey kumaş numunelerine ait özellikler Çizelge 3.3' de görülmektedir.

Çizelge 3.3. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri

| Üretim şekli | | | | Alt katman (S) | Ara katman (M) | Üst katman (S) | Katmanlı yapı (SMS) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kod | Ham-madde | Lif kesit şekli ve durumu | Kalender tipi | Gramaj ($gr/m^2$) | Gramaj ($gr/m^2$) | Gramaj ($gr/m^2$) | Toplam gramaj ($gr/m^2$) |
| B1 | PET | Yuvarlak | Noktalı | 40 | 50 | 40 | 130 |
| B2 | | | | | 75 | | 155 |
| B3 | | | | | 100 | | 180 |
| B4 | | | | | 125 | | 205 |
| B5 | | | | | 150 | | 230 |
| B6 | | | | | 175 | | 255 |
| B7 | | | | | 200 | | 280 |
| C1 | | Trilobal | | 40 | 50 | 40 | 130 |
| C2 | | | | | 75 | | 155 |
| C3 | | | | | 100 | | 180 |
| C4 | | | | | 125 | | 205 |
| C5 | | | | | 150 | | 230 |
| C6 | | | | | 175 | | 255 |
| C7 | | | | | 200 | | 280 |
| D1 | | Yuvarlak | Düz | 40 | 50 | 40 | 130 |
| D2 | | | | | 75 | | 155 |
| D3 | | | | | 100 | | 180 |
| D4 | | | | | 125 | | 205 |
| D5 | | | | | 150 | | 230 |
| D6 | | | | | 175 | | 255 |
| D7 | | | | | 200 | | 280 |
| E1 | | Trilobal | | 40 | 50 | 40 | 130 |
| E2 | | | | | 75 | | 155 |
| E3 | | | | | 100 | | 180 |
| E4 | | | | | 125 | | 205 |
| E5 | | | | | 150 | | 230 |
| E6 | | | | | 175 | | 255 |
| E7 | | | | | 200 | | 280 |

İki farklı polimerin birlikte ortak bir düze bloğundan çekilmesiyle oluşturulan filamentlerden elde edilen spunbond bikomponent yüzeylerde, bu çalışma kapsamında PET ve CoPET polimerinden oluşan içiçe yuvarlak ve uçlu trilobal yapıda bikomponent lifler bulunmaktadır. Kesitin %90' lık kısmını oluşturan PET polimerinin erime sıcaklığı 250$^{o}$C civarında iken, PET polimeri çevreleyen %10' luk kesitte bulunan CoPET polimerinin erime sıcaklığı 110-150$^{o}$C civarındadır. Burada kullanılan polimerlerin farklı erime sıcaklığına sahip olmalarından faydalanılarak, ısıl bağlamada dıştaki polimerin daha çabuk yumuşaması ve erimesi daha düşük çalışma sıcaklıklarına olanak sağlamaktadır. Eriyen CoPET polimeri komşu liflere bulaşarak sıvanacak ve dolayısıyla yapıda dolambaçlı kanallar oluşturacaktır ve sonuç olarak büklümlülük (turtuosity) değişecektir. Büklümlülük, gözenek varlığında oluşan kanalların durumudur ve ses absorbsiyonunu etkilediği belirtilmektedir (Jayamaran, 2005). Bu durumda bikomponent lifli numuneler ile homokomponent lifli numunelerin ses absorbsiyon özelliklerinde farklılık oluşacağı düşünülmüştür.

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey kumaş numunelerine ait özellikler Çizelge 3.4' de görülmektedir.

Çizelge 3.4. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri

| Üretim şekli | | | | Alt katman (S) | Ara katman (M) | Üst katman (S) | Katmanlı yapı (SMS) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kod | Ham-madde | Lif kesit şekli ve durumu | Kalender tipi | Gramaj ($gr/m^2$) | Gramaj ($gr/m^2$) | Gramaj ($gr/m^2$) | Toplam gramaj ($gr/m^2$) |
| D1 | PET | Yuvarlak | Düz | 40 | 50 | 40 | 130 |
| D2 | | | | | 75 | | 155 |
| D3 | | | | | 100 | | 180 |
| D4 | | | | | 125 | | 205 |
| D5 | | | | | 150 | | 230 |
| D6 | | | | | 175 | | 255 |
| D7 | | | | | 200 | | 280 |
| E1 | | Trilobal | | 40 | 50 | 40 | 130 |
| E2 | | | | | 75 | | 155 |
| E3 | | | | | 100 | | 180 |
| E4 | | | | | 125 | | 205 |
| E5 | | | | | 150 | | 230 |
| E6 | | | | | 175 | | 255 |
| E7 | | | | | 200 | | 280 |
| F1 | | Bico-Yuvarlak | | 40 | 50 | 40 | 130 |
| F2 | | | | | 75 | | 155 |
| F3 | | | | | 100 | | 180 |
| F4 | | | | | 125 | | 205 |
| F5 | | | | | 150 | | 230 |
| F6 | | | | | 175 | | 255 |
| F7 | | | | | 200 | | 280 |
| G1 | | Bico-Trilobal | | 40 | 50 | 40 | 130 |
| G2 | | | | | 75 | | 155 |
| G3 | | | | | 100 | | 180 |
| G4 | | | | | 125 | | 205 |
| G5 | | | | | 150 | | 230 |
| G6 | | | | | 175 | | 255 |
| G7 | | | | | 200 | | 280 |

### 3.2. Metod

Tez çalışması kapsamında testlere tabi tutulacak dokusuz yüzeyler, uygulanan fiziksel ölçüm ve performans testlerinin öncesinde ‘’NWSP 003.0.R0 (15): Standard Atmospheres for Conditioning and/or Testing (Kondüsyonlama ve/veya Testler İçin Standart Atmosfer Koşulları)’’ standardına göre 24 saat

boyunca standart atmosfer koşullarında (20°C±2 sıcaklık ve %65±2 bağıl nem) kondüsyonlanmıştır.

### 3.2.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Tayini

#### 3.2.1.1. Kumaş Gramajı Tayini

Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzeylerin gramajları ‘’NWSP 130.1.R0 (15): Mass per Unit Area (Birim Ağırlıkta Kütle)’’ standardına göre belirlenmiştir. Her bir dokusuz yüzey numunenin rastgele bölgelerinden 100 $cm^2$ ölçüsünde 9 adet kesilip hassas terazide tartıldıktan sonra 100 ile çarpılmıştır. Elde edilen 9 ölçüm değerinin ortalamasının alınmasıyla $g/m^2$ cinsinden kumaş gramajı belirlenmiştir.

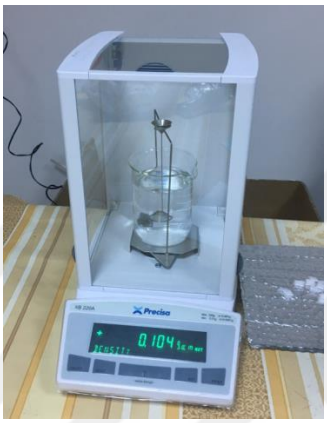
#### 3.2.1.2. Kumaş Kalınlık Tayini

Kumaş kalınlık tayini; dokusuz yüzeyin gerilimsiz olarak üzerine yerleştirildiği sabit konumdaki referans plakası ile numunenin yüzeyine belli bir basınç uygulayan ve dikey olarak hareket edebilen dairesel baskı ayağı arasındaki mesafeyi mm olarak ölçmeye dayanmaktadır. Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzeylerin kalınlıkları ‘’NWSP 120.6.R0 (15): Nonwoven Thickness (EDANA) (Dokusuz Yüzeylerde Kalınlık)’’ standardına göre belirlenmiştir. Her bir numuneye 9 farklı bölgeden uygulanan kalınlık testi, Gaziantep ilinde faaliyet gösteren Mogul Nonwoven Tekstil İşletmelerinin kalite kontrol laboratuvarında bulunan dijital kalınlık ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen 9 ölçüm değerinin ortalamasının alınmasıyla mm cinsinden kumaş kalınlığı belirlenmiştir.

#### 3.2.1.3. Kumaş Yoğunluk Tayini

Kumaş yoğunluk tayini; Arşimed’in ‘‘Bir nesne sıvıya batırıldığında ortaya çıkan kaldırma kuvveti aynı hacimdeki sıvının ağırlığına eşittir’’ prensibine (Buoyancy Prensibi) göre çalışan bir tür hassas terazi ile $gr/cm^3$ olarak

ölçülmektedir. Yoğunluk tayini, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Precisa marka yoğunluk ölçüm terazisi (Şekil 3.3) ile gerçekleştirilmiştir. Her bir numuneye ayrı yerlerden alınan 5 ayrı ölçüm ve 2 replikasyon uygulanmıştır. Elde edilen ölçüm değerlerinin ortalamasının alınmasıyla gr/cm$^3$ cinsinden yüzeylerin yoğunlukları belirlenmiştir.




Şekil 3.3. Precisa Yoğunluk ölçüm terazisi

### 3.2.1.4. Gözenek Boyutu Tayini

Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzeylerin gözenek boyutu tayini amacıyla PMI Capillary Flow Porometer cihazı (Şekil 3.4) kullanılmıştır. Bu test yönteminde ıslatıcı sıvının dokusuz yüzey içinden dışarıya zorlanıp. uzaklaştırılması için hava basıncı doymuş dokusuz yüzeye dikey olarak küçük artımlarla uygulanmaktadır. Büyük gözeneklerden sıvının uzaklaşması için nispeten düşük, küçük gözeneklerden sıvının uzaklaşması için ise büyük hava basınçları gerekmektedir. Böylece gözenekten geçen hava akışının tespit edilmesiyle gözenek büyüklük ölçümleri gerçekleştirilmektedir (Jena & Gupta, 2003; Süvari, 2012).



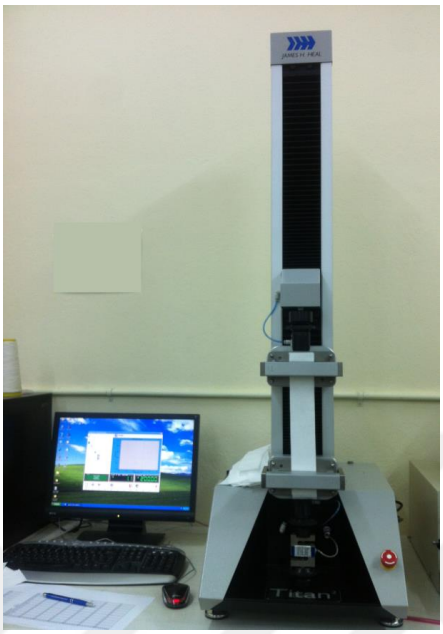

Şekil 3.4. PMI Gözenek boyutu ölçüm cihazı

Numunelerin gözenek boyutu tespiti "ISO 15901-1 Evaluation of pore size distribution and porosity of solid materials by mercury porosimetry and gas adsorption'' standardına göre Gaziantep Mogul Tekstil İşletmeleri kalite kontrol laboratuarında 0,03 cm çapında hazırlanan 5 adet numunenin ölçüm değerinin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

### 3.2.2. Kumaşların Mekanik Özelliklerinin Tayini

#### 3.2.2.1. Kopma Mukavemeti ve Uzaması Tayini

Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzeylerin çekme kuvvetine karşı gösterecekleri dayanım özelliklerini tespit etmek amacıyla kopma yükü ve uzama miktarları yapılan testlerle belirlenmiştir.



Şekil 3.5. James H.Heal Kopma mukavemeti test cihazı

Numunelerin kopma kuvveti tayini "NWSP 110.4.R0 (15): Breaking Force and Elongation of Nonwoven Materials (Strip Method) (Dokusuz Yüzeylerde Kopma Mukavemeti (Şerit Metodu)" standardına göre, 5x20 cm boyutlarında şerit halinde hazırlanan numunelere, Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında bulunan Titan Universal test cihazında 2 Newton ön gerilim altında 100 mm/dk çekme hızında ölçülmüştür. Her bir kumaş numunesinden, makine yönü (MD) ve çapraz yön(CD) için ayrı ayrı 5 ölçüm alınmış ve 2 replikasyon uygulanmıştır. Elde edilen 10 ölçüm değerinin ortalamasının alınmasıyla makine yönü (MD) ve çapraz yön (CD) için Newton cinsinden kopma kuvveti değerleri belirlenmiştir. Test cihazı Şekil 3.5' de görülmektedir.

### 3.2.2.2. Patlama Mukavemeti Tayini

Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzeyların patlamaya karşı koyma kabiliyetlerini tespit etmek, kumaşın ani bir kuvvetle yırtılması için gerekli

dikey basınç miktarını belirlemek amacıyla patlama mukavemeti yapılan testlerle belirlenmiştir. Numunelerin patlama mukavemeti tayini "NWSP 030.2.R0 (15): Nonwovens Burst (Dokusuz Yüzeylerde Patlama Mukavemeti Tayini)" standardına göre, Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Laboratuvarlarında bulunan James H. Heal marka Truburst test cihazında (Şekil 3.6) ölçülmüştür.




Şekil 3. 6. James H. Heal Patlama mukavemeti test cihazı (www.prlog.org)

### 3.2.3. Kumaşların Geçirgenlik Özelliklerinin Tayini

#### 3.2.3.1. Hava Geçirgenliği Tayini

Hava geçirgenliği; dikey olarak test numunesinden birim zamanda belirli basınç farkı altında geçen hava miktarını ölçme prensibine dayanmaktadır. Numunelerin hava geçirgenlikleri "NWSP 070.1.R0 (15): Air Permeability of Nonwoven Materials (Dokusuz Yüzeylerde Hava Geçirgenliğinin Tayini)" standardına göre, Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Laboratuarlarında bulunan SDL Atlas dijital hava geçirgenliği test cihazında (Şekil 3.7), 20 cm² test başlığı kullanılarak ve standartta öngörülen 200 Pa basınç farkında ölçülmüştür.

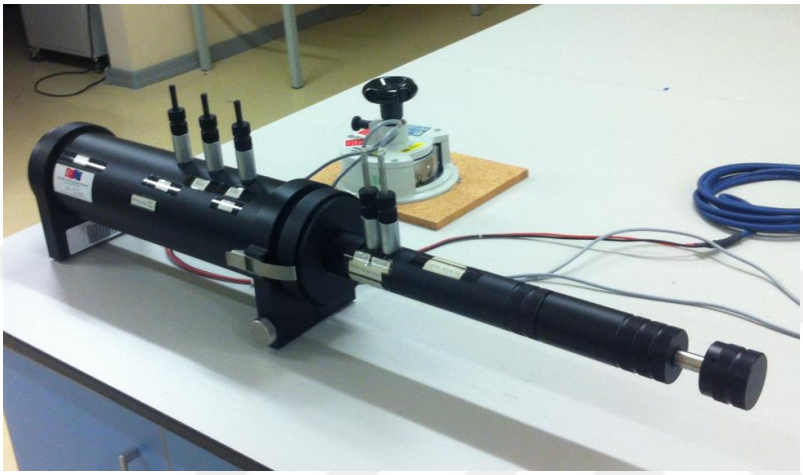


Şekil 3. 7. SDL Atlas Hava geçirgenliği test cihazı (www.indiamart.com)

### 3.2.3.2. Ses Absorbsiyonu Tayini

Tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon performanslarını belirlemek için empedans tüpü ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, bir tarafın uç kısmına numunenin yerleştirildiği yeterince uzun bir tüpte oluşturulan durağan dalganın (standing wave) maksimum ve minimum basınç değişimleri elde edilerek numunenin ses absorbsiyon katsayısı ve empedansları hesaplanmaktadır. Test numunesinin yüzeyinde oluşturulan akustik empedansın "etkiyen ve yansıyan ses dalgalarının ölçülmesi" ile elde edilen yüzey empedansı değerinden ses absorbsiyon katsayısı değerinin hesaplanması esasına göre çalışmaktadır. Dokusuz yüzey numunelerin ses absorbsiyon katsayıları "TS EN ISO 10534-2: Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes (Ses Absorbsiyon Katsayısı ve Empedansının Empedans Tüp İle Belirlenmesi)" standardına göre, İstanbul ilinde faaliyet gösteren ITKIB ITA

Tekstil Araştırma Merkezi laboratuarında Brüel&Kjaer empedans tüp düzeneğinde (Şekil 3.8) Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri desteği ile hizmet alımı şeklinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 8. Empedans tüp ölçüm düzeneği

### 3.3. İstatistiksel Analiz

Bu tez kapsamında elde edilen verilere varyans analizi ve regresyon analizi uygulanmıştır. Varyans analizi (ANOVA / Analysis of Variance) aynı şartlarda elde edilen veriler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olup olmadığını tespit etmeye yönelik bir analiz tipidir. Bu tez çalışmasında katmanlı (multilayer) yapıda dokusuz yüzey numuneleri için bağımsız değişken olarak seçilen hammadde tipi, gramaj, lif kesit şekli, lif kesit durumu ve kalenderleme tipinin bağımlı değişken olarak seçilen kumaş performans ve geçirgenlik özelliklerini istatistiksel açıdan etkileyip etkilemediği varyans analizi ile incelenmiştir. Diğer yandan varyans analizi, bağımsız değişkenlerin kendi aralarında nasıl etkileşime girdiklerini ve bu etkileşimlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini analiz etmek için de kullanılmıştır. Bağımlı değişken ile n sayıdaki bağımsız değişken arasındaki sebep sonuç ilişkisini matematiksel olarak ortaya koyma yöntemine regresyon analizi denilmektedir. Regresyon analizi sonucunda bağımlı değişkeni bağımsız

değişkenler cinsinden ifade edebilen bir eşitlik elde edilmektedir. Bu çalışmada kumaşların performans ve geçirgenlik özelliklerini üretimden önce tahmin edebilmek amacıyla regresyon analizi yapılmış ve her bir numune grubundaki performans ve geçirgenlik özellikleri için bağımsız değişkenin hammadde tipi, gramaj, lif kesit şekli, lif kesit durumu ve kalenderleme tipi olduğu regresyon eşitlikleri oluşturulmuştur.

Bu tezde elde edilen verilerin istatistiksel analizlerinde Design Expert 9 istatistik paket programından yararlanılmıştır. İstatistiksel analizlerde "Tam faktöriyel tasarım" kullanılmıştır. Faktöriyel tasarımda birden çok faktörün değişik seviyeleri aynı anda incelenebilir, diğer bir ifadeyle, bir faktörün durumu diğer faktör veya faktörlerin değişik seviyelerinde ele alınabilir. Faktörler arasında etkileşim olup olmadığı ortaya çıkartılabilir. Faktörler arasında etkileşim olmasa da faktörler başka faktörlerin değişik seviyelerinde ele alındıklarından sonuçlar daha güvenilir olur ve aynı zamanda daha geniş bir uygulama alanına sahip olur. Bu sebeple yapılan tez çalışmasında "Tam faktöriyel tasarım" tercih edilmiştir. Kurulan deneysel tasarım Çizelge 3.5' de görülmektedir.

Çizelge 3.5. Deneysel Tasarım

| | ***Bağımsız Değişken*** | ***Seviye*** |
|---|---|---|
| *Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri* | *Gramaj, g/m$^2$* | *130, 155, 180, 205, 230, 255, 280* |
| | *Hammadde* | *PP, PET* |
| *Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri* | *Gramaj, g/m$^2$* | *130, 155, 180, 205, 230, 255, 280* |
| | *Lif kesit şekli* | *Yuvarlak, Trilobal* |
| | *Kalenderleme tipi* | *Düz, Noktalı* |
| *Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri* | *Gramaj, g/m$^2$* | *130, 155, 180, 205, 230, 255, 280* |
| | *Lif kesit şekli* | *Yuvarlak, Trilobal* |
| | *Lif kesit durumu* | *Bikomponent, Homokomponent* |

Tez kapsamında anlamlılık seviyesi %5 alınmış ve istatistiksel analiz yapılırken, performans özelliklerini etkileyen gramaj sayısal faktör olarak alınmıştır. ANOVA sonucunda elde edilen Çizelgede kurulan modelin ve modelde yer alan her bir terimin F-değerleri ve F-değerlerine karşılık gelen p-değerleri yer almaktadır. Bu çalışmada anlamlılık seviyesi %5 alındığından, ANOVA Çizelgesinde $p<0,05$ olması, kurulan modelin ve modelde yer alan bağımsız değişkenlerin model üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ve $p> 0,05$ olması ise istatistiksel açıdan anlamlı bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Gerekli görüldüğünde etkisi anlamlı olmayan bağımsız değişkenlerin modelden çıkarılmasıyla modeller düzenlenmiştir.

Design Expert programı girilen veriler üzerinden deney grubu için en uygun modeli belirlemektedir. Uygun modelin seçilmesinde öncelikle F testi sonucunda F değerlerine karşılık gelen p değerlerine bakılmıştır. Hesaplanan F değerine karşılık gelen p değeri 0,05'ten küçük olan modeller önerilmektedir.

Bu aşamadan sonra model istatistiğinden "standart sapma", "PRESS", "$R^2$", "$R^2$d", "$R^2$pre" değerleri incelenir. Korelasyon katsayısı olarak ifade edilen **R**, bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu değer -1…+1 arasında değişmekte olup bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında 1'e yakın bir korelasyon olması istenen bir durumdur. Bu katsayının negatif olması bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında negatif bir ilişki olduğunu yani birinin artmasıyla bir diğerinin azaldığını, pozitif olması ise pozitif bir ilişki olduğunu yani birinin artması ile diğerinin de arttığını ya da birinin azalması ile diğerinin de azaldığını göstermektedir. **$R^2$** ise kurulan modelde yer alan bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni ne kadar açıkladığını ifade etmektedir. Her ne kadar $R^2$ modelin açıklanma yüzdesini ifade etse de modele katkısı olmayan terimlerin modelden çıkartılmasıyla daha doğru bir sonuç elde edilmektedir. Elde edilen yeni değere ise **$R^2$d** (Adjusted $R^2$, Düzeltilmiş $R^2$) denilmektedir. Model seçiminde **$R^2$d** değerinin göz önüne alınması gerekmektedir. **$R^2$d** değeri büyük olan model seçilmelidir. **$R^2$pre** (Predicted $R^2$, Tahmin edilen $R^2$)

ise modelin tahmin etme yeteneğini gösteren bir değer olmaktadır bu sebeple **$R^2$pre** değeri büyük olan model seçilmelidir (Kaynak, 2013).

### 3.3.1. Optimizasyon

Matematikte optimizasyon terimi; bir gerçel fonksiyonu minimize ya da maksimize etmek amacı ile gerçek ya da tamsayı değerlerini tanımlı bir aralıkta seçip fonksiyona yerleştirerek sistematik olarak bir problemi incelemek veya çözmek işlemlerini ifade eder. Mühendislikte ise optimizasyon, bir sistemde var olan kaynakların (işgücü, zaman, kapital, süreçler, hammaddeler, kapasite, ekipman gibi) en verimli şekilde kullanılarak belirli amaçlara (maliyet en azaltılması, kâr en çoklanması, kapasite kullanımının en yükseltilmesi ve verimliliğin en çoklanması gibi) ulaşmayı sağlayan bir teknoloji veya yöntem olarak tanımlanmaktadır (Gass, 2000; Türkay, 2007).

Bu tez çalışması kapsamında üretilmiş olan kumaşlar içerisinden en iyi ses absorbsiyon performanslarını sağlayacak kumaşın lif kesit şekli ve durumu, kalenderleme durumu değerlerini belirlemek amacıyla Design Expert 9 paket programının "Numerical Optimization" menüsünden yararlanılarak "Çok Yanıtlı Optimizasyon" tekniği kullanılmıştır. Optimizasyon için "Tam Faktoriyel Analiz" seçilmiş, değerlendirmeler için "Desirability" yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda, "Desirability" her bir yanıt değişkeni için istenilen hedefe ulaşma seviyesini belirler, "d" ile ifade edilir ve 0 ile 1 arasında bir değerdir.

Design Expert programı optimizasyon işlemi sonucunda; hesaplanan bu değerin en yüksek olarak bulunduğu durumu optimum olarak kabul eder ve bu değerdeki proses değişkenlerinin seviyelerini, bu proses değişkenlerinde saptanan yanıt değişkenlerinin değerlerini ve her bir yanıt değişkeni için hedefe ulaşma seviyesini sayısal ve grafiksel olarak verir.

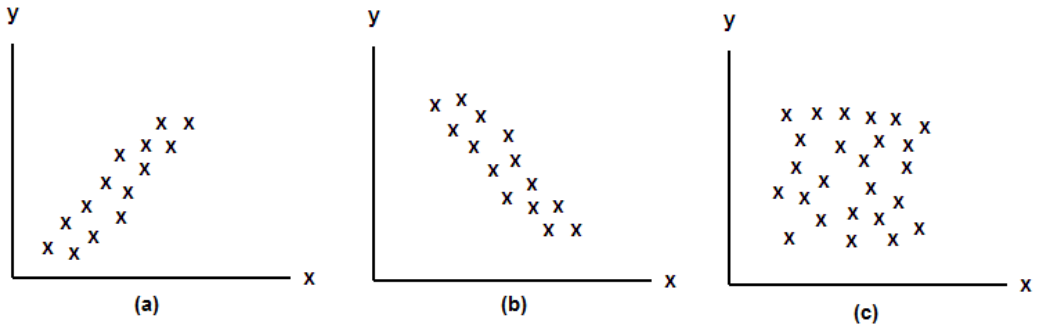
Bu çalışmada, optimizasyon ile gramaj, lif kesit şekli, lif kesit durumu ve kalenderleme tipi proses değişkenleri olarak seçilmiş ve bu proses değişkenlerinin, yanıt değişkeni olarak seçilen hava geçirgenliği, gözenek boyutu, kopma

mukavemeti, patlama mukavemeti ve ses absorbsiyonu için istenen değerleri sağlamaları durumundaki en iyi seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır.

### 3.3.2. Korelasyon

Korelasyon, iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını, değişkenlerde meydana gelen değişikliklerin birbirini etkileyip etkilemediklerini ortaya koymak ve ilişki derecesini belirlemek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Korelasyon analizinde amaç; bağımsız değişken değiştiğinde, bağımlı değişkenin ne yönde değişeceğini tespit etmektir (Nilgün ve ark., 2015).

Korelasyon analizi sonucunda, doğrusal ilişki olup olmadığı ve varsa bu ilişkinin derecesi korelasyon katsayısı "r" ile hesaplanır ve -1 ile +1 arasında değerler alır. Pozitif bir ilişkinin olması X değişkeninin değerlerinin artması durumunda Y değişkeninin değerlerinin de artması, yada X değişkeninin değerlerinin düşmesi durumunda Y değişkenine ait değerlerin de düşme eğiliminde olduğunu gösterir (Şekil 3.9.(a)) Negatif korelasyon (negatif ilişki) olması değişkenlerin birine ait değerlerin artması durumunda diğer değişkene ait değerlerin düşmesi demektir (Şekil 3.9.(b)). Korelasyon katsayısının "0" olması değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin söz konusu olmadığını gösterir (Şekil 3.9.(c)).




Şekil 3.9. x ve y değişkenleri için farklı korelasyon durumları (Doymuş, 2009)

Korelasyon, neden-sonuç ilişkisi anlamına gelmemektedir. Pearson korelasyon katsayısına göre değişkenler arasındaki ilişki Çizelge 3.6' da belirtilmektedir.

Çizelge 3.6. Pearson Korelasyon katsayısına göre değişkenlerin ilişki düzeyi

| *Korelasyon katsayısı* | *İlişki düzeyi* |
|---|---|
| *0,00 – 0,25* | *Çok zayıf* |
| *0,26 – 0,49* | *Zayıf* |
| *0,50 – 0,69* | *Orta* |
| *0,70 – 0,89* | *Yüksek* |
| *0,90 – 1,00* | *Çok yüksek* |

Bu tez çalışmasında bağımsız değişken olarak belirlenen hammadde, gramaj, lif kesit şekli, lif kesit durumu ve kalenderleme tipinin; bağımlı değişkenler olan ve numune kumaşlarda ölçülen performans özelliklerinden ses absorbsiyonu, kopma mukavemeti (MD), kopma mukavemeti (CD), patlama mukavemeti, hava geçirgenliği, gözenek boyutu ile ilişkileri korelasyon analizi ile incelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca her performans özelliğinin birbiri ile olan ilişkisi de belirlenmeye çalışılmıştır.

# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

## 4.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

### 4.1.1. Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin Ölçüm Sonuçları

Farklı gramajlarda üretilen dokusuz yüzey numunelerinin üretimden elde edilen gramaja uygun olarak üretilip üretilmediğini kontrol etmek amacıyla gramaj tayini uygulanmıştır. Ek - 1.1' de, çalışmada kullanılan her numuneden farklı bölgelerden alınan 10 adet ölçümün ortalaması, standart sapma ve % CV değerleri ile verilmektedir. Ölçülen değerlerle hedeflenen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca kullanılan her bir dokusuz yüzey numunesi için kalınlık tayini yapılarak, 10 adet ölçümün ortalaması, standart sapma ve % CV değerleri ile Ek - 1.2' de ve kumaş yoğunluğu ölçüm sonuçları Ek – 1.3' de verilmektedir.

### 4.1.2. Gözenek Çapı Ölçüm Sonuçları

Kumaşların gözenekliliği boş hacmin toplam kumaş hacmine alanıyla ilişkilendirilirken gözenek çapı, gözenek dağılımı, gözenek hacmi gibi parametrelerle karakterize edilen karmaşık bir özelliktir. Kumaş gözenekliliği geçirgenlik özelliklerini doğrudan etkilemekte ve gözenekli yapıdan akış düşünüldüğünde ortam boşluklarının şekli, yerleşimi ve boyut dağılımı önem kazanmaktadır (Okur ve ark., 2008).

Gözenekli yapılarda bulunan gözenekler kapalı, açık ve yarı açık gözenekler olmak üzere sınıflandırılabilmektedir. Kapalı gözenekler, dış yüzey ile bağlantısı bulunmayan yapı içerisinde hapsolmuş boşluklu yapılar iken açık ve yarı açık gözeneklerin dış yüzey ile bağlantılı kanalları bulunmaktadır. Açık ve yarı açık gözenekler akışa izin vermesi sebebiyle yapıda etken gözeneklilik oluşturarak, yapının geçirgenlik özelliklerini belirlemektedir. Bu durum ses geçirgenliği ile ilişkilendirildiğinde gözenek yapısının ses absorbsiyonunu etkileyen önemli bir

faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Gupta, 2002; Seddeq, 2009; Marmaralı ve ark., 2014).

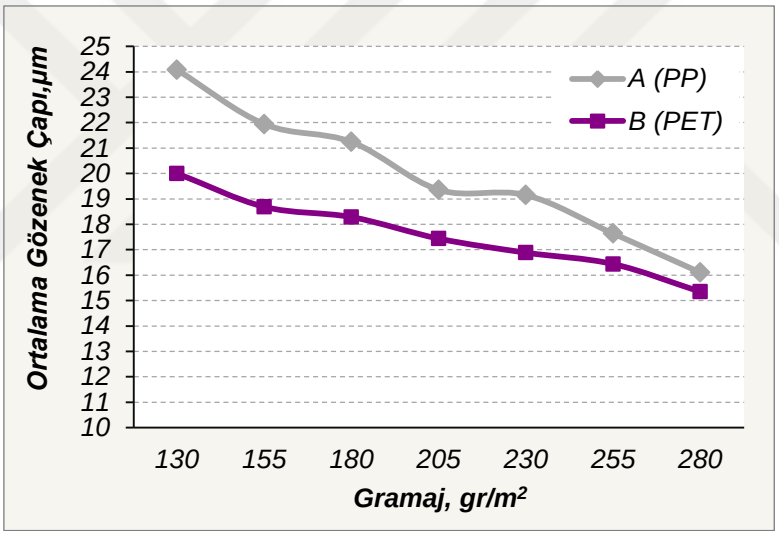
Ses absorbe edici materyallerin, ses dalgasının yapı içerisine girmesine, yayılmasına ve sürtünme yoluyla ses enerjisinin azalmasına imkan sağlayacak şekilde gözenekli yapıda olması gerekmektedir. Ancak bu yapıda kapalı gözeneklerin sesin absorbe edilmesinde pek bir etkisi olmazken açık gözenekler, ses dalgalarının materyal içerisine girmesini sağladıklarından direkt olarak materyalin ses yalıtım özelliklerini etkilemektedir (Arenas, 2010). Poliüretan köpükler gözenekli malzeme olmasına karşın kapalı gözeneklerinin varlığı, gözenekler arasında geçiş kanallarının sınırlı olması nedeniyle ses absorbsiyon performansları lifli tekstil yapılardan daha düşük olmaktadır (Marmaralı ve ark. 2014; Meriç ve ark., 2014).

Ses ile gözenekli malzemelerin ilişkisi değerlendirildiğinde; lifli ve gözenekli yapısıyla dokusuz yüzeyler, akustik enerjinin azalmasında, liflerin kendisinde titreşimi ve enerji kaybına katkı sağlaması suretiyle ses absorbsiyonunda etkili olmaktadır (Na ve ark., 2007; Süvari, 2012).

Bu noktadan hareketle, bu tez çalışması kapsamında üretilen dokusuz yüzey numunelerinin gözenek boyutlarının belirlenmesi, akustik özellikleri ile ilişkilendirmek ve hangi düzeyde ilişkili olduğunu tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Daha küçük gözenek boyutuna sahip numunelerin geçirgenliğe direnç gösterecekleri ve ses absorbsiyonunun artıracağı öngörülmüştür. Öncelikle proses değişkenlerinin (hammadde, gramaj, kalenderleme tipi, lif kesit şekli ve durumu) gözenek boyutu üzerindeki etkisi incelenmiş, daha sonra istatistiksel olarak korelasyon ilişkileri tüm değişkenler için değerlendirilmiştir.

Dokusuz yüzey numunelere PMI Capillary Flow Porometer cihazı ile uygulanan gözenek büyüklüğü testi sonuçları Ek – 1.4’ de verilmektedir. Ortalama gözenek çapı (mean flow pore diameter) ismiyle belirtilen sonuçlar dokusuz yüzey yapıda bulunan gözenek çaplarının çoğunluğunu temsil etmektedir.

Şekil 4.1' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapı ile gramaj değişimi görülmektedir. Grafik incelendiğinde her iki hammadde tipi için gramaj değerinin artışıyla gözenek boyutunda azalma ortaya çıktığı belirlenmiştir. Aynı incelikteki liflerden üretilen yapılarda gramajın artışı, birim alandaki lif sayısını artırarak daha fazla lif kesişimi ortaya çıkaracaktır. Dolayısıyla gözenek boyutlarının azalması bu durumu kanıtlar niteliktedir. Artan gramajlarda daha küçük gözenek yapısına sahip numunelerin ses absorbsiyon performanslarının artacağı düşünülmektedir. Birim alandaki lif yoğunluğunun yani kumaş ağırlığının artışıyla ses absorbsiyonunun iyileştiği belirtilmektedir (Küçük ve ark., 2012).




Şekil 4.1. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapı

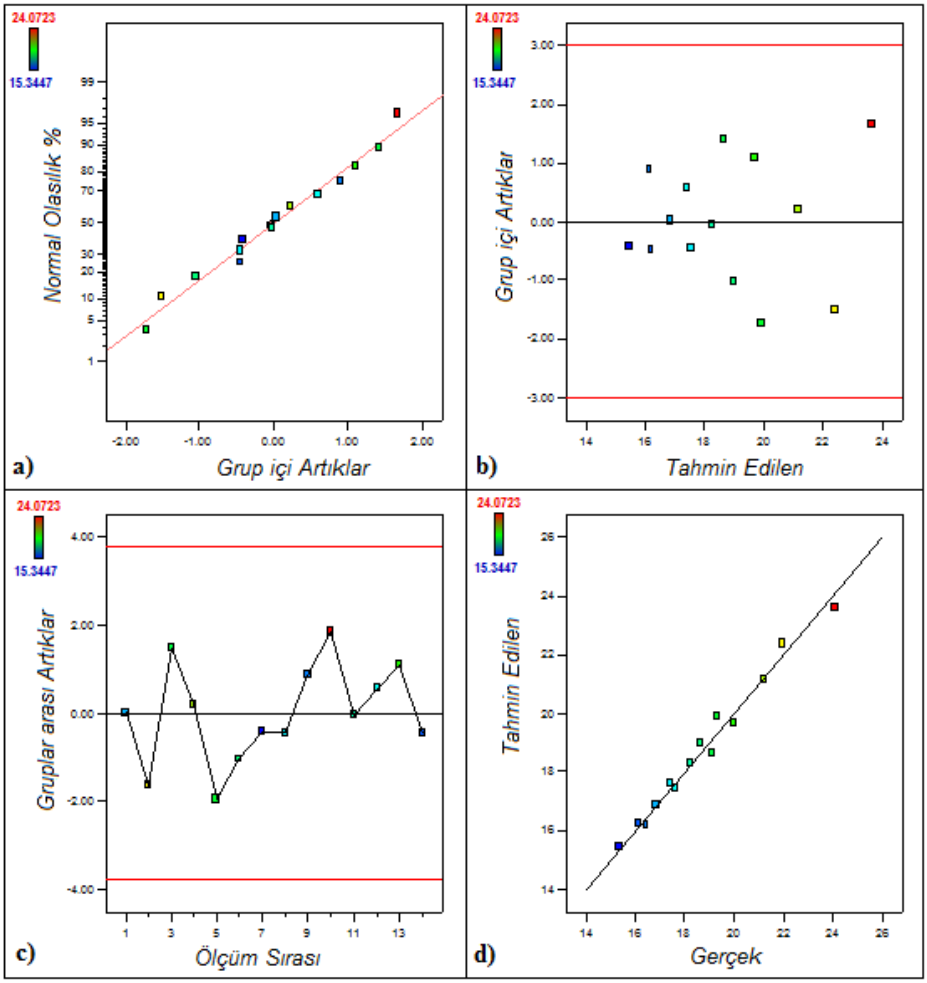
Çizelge 4.1' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapının istatistiksel değerlendirilmesi amacıyla Design Expert programı kullanılarak model seçilirken kullanılacak F testi p değeri, standart sapma, $R^2$, düzeltilmiş $R^2$($R^2$d) ve tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) ve press değerleri verilmiştir. Model seçimi yapılırken, F testi p değerinin 0,05'ten küçük

olması, standart sapma ve Press değerlerinin mümkün olduğunca düşük olması ve $R^2$, $R^2$d ve $R^2$pre değerlerinin 1'e yakın olması istenmektedir.

Çizelge 4.1. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model seçimi

| ***Model*** | ***F testi p değeri*** | ***Model istatistiği değerleri*** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Standart sapma*** | ***$R^2$*** | ***Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d)*** | ***Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)*** | ***PRESS*** |
| *Linear* | *< 0,0001* | *0,69* | *0,9332* | *0,9211* | *0,8764* | *9,57* |
| ***2FI*** | ***0,0003*** | ***0,36*** | ***0,9834*** | ***0,9785*** | ***0,9656*** | ***2,66*** |
| *Quadratic* | *0,4463* | *0,36* | *0,9845* | *0,9776* | *0,9569* | *3,34* |
| *Cubic* | *0,1105* | *0,30* | *0,9918* | *0,9847* | *0,9753* | *1,91* |
| *Quartic* | *0,8957* | *0,35* | *0,9921* | *0,9795* | *0,9447* | *4,28* |
| *Fifth* | *0,7906* | *0,42* | *0,9933* | *0,9708* | *0,5656* | *33,63* |
| *Sixth* | *0,5810* | *0,42* | *0,9977* | *0,9704* | *-16,3984* | *1347,22* |

Çizelge 4.1' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu 2FI model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel fonksiyona sahip olmaması nedeniyle karmaşık bir model değildir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir. Şekil 4.2' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için 2FI model uygunluk grafikleri görülmektedir.




Şekil 4.2. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için 2FI model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Şekil 4.2' de 2FI model uygulandığında elde edilen model uygunluk grafikleri incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Ortalama gözenek çapı için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen ortalama gözenek çapı değerlerinin

artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir ortalama gözenek çapı tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen ortalama gözenek çapı ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.2' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.2. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *76,15* | *3* | *25,38* | *197,88* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *53,00* | *1* | *53,00* | *413,17* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *19,26* | *1* | *19,26* | *150,17* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *3,89* | *1* | *3,89* | *30,30* | *0,0003* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *1,28* | *10* | *0,13* | | | |
| *Toplam* | *77,43* | *13* | | | | |

ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde gramaj ve hammadde değişiminin ortalama gözenek çapı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Gramaja ait olan F değeri, hammaddeye ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum gramajın ortalama gözenek çapına etkisinin hammaddeye göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla ortalama gözenek çapı değiştirilmek istendiğinde hammadde değiştirmek yerine gramaj değişikliği yapmak daha etkili olacaktır.

Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Hammadde bağımsız değişkenlerine bağlı olarak ortalama gözenek çapını (OGÇ) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan

bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.1' de, polipropilen hammadde için Eşitlik 4.2' de, polyester hammadde için Eşitlik 4.3' te verilmiştir.

$$OGÇ = +18,75-2,92* X-1,17* Y+0,79* XY \quad (4.1)$$

$$OGÇ = +30,06443-0,049452* X \quad (4.2)$$

$$OGÇ = +23,39752-0,028375* X \quad (4.3)$$

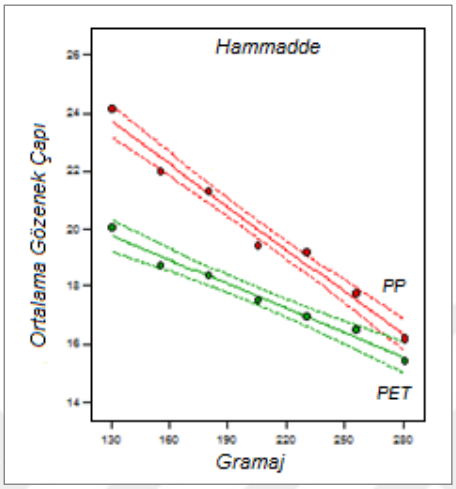
Çizelge 4.3' te verilen istatistik model performans değerlerinden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler hammadde ve gramaj ve bağımlı değişken ortalama gözenek çapı arasında $R^2$ değerinin 0,9834 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken olan ortalama gözenek çapının bağımsız değişkenlerden %98,34 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9656'tir. Buradan, kurulan modelin hammadde ve gramaja bağlı olarak ortalama gözenek çapını tahmin etmede %96,56 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.3. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *0,36* |
| *Ortalama* | *18,57* |
| *CV%* | *1,91* |
| *PRESS* | *2,66* |
| *$R^2$* | *0,9834* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9785* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9656* |

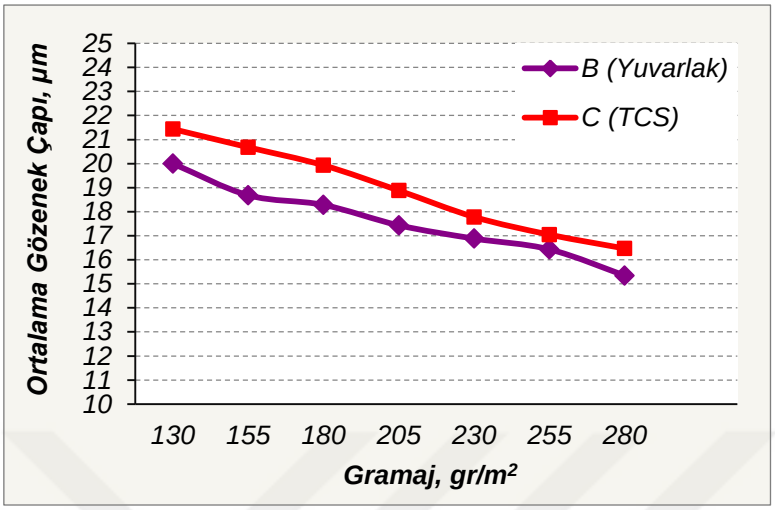
Şekil 4.3' te verilen hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde her iki hammadde tipinde de gramaj arttıkça ortalama gözenek çapının azalması ile birlikte en yüksek gramaj değeri olan 280 gr/$m^2$' de

birbirine oldukça yakın gözenek çapları olduğu gözlenirken gramaj azaldıkça gözenek çapındaki fark belirginleştiği görülmektedir.

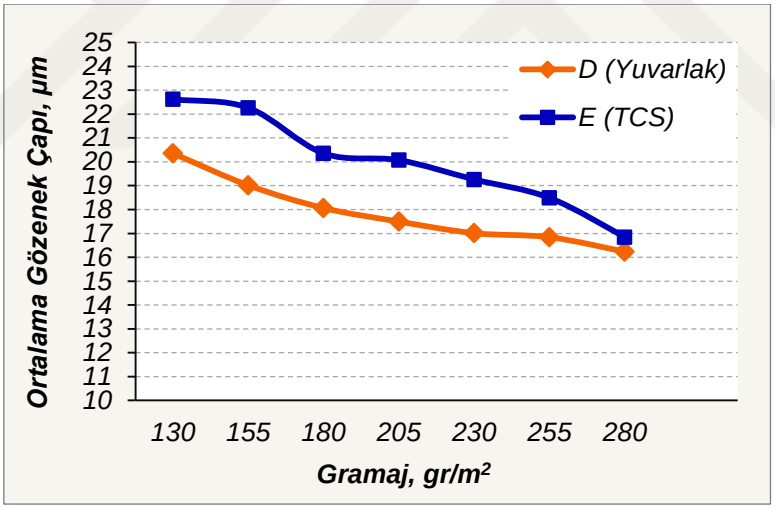



Şekil 4.3. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği

Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapının gramaj ile değişimi noktalı kalenderli numuneler için Şekil 4.4' te, düz kalenderli numuneler için Şekil 4.5' te görülmektedir. Belirtilen şekiller incelendiğinde noktalı ve düz kalenderli numunelerin tamamında yuvarlak lif kesit şekline sahip olan numunelerin daha düşük gözenek çaplarına sahip oldukları görülmektedir. Özellikle düz kalenderli numunelerde düşük gramaj değerleri için trilobal ve yuvarlak lif kesit şekline sahip numunelerin gözenek çapları arasındaki fark daha belirgin iken yüksek gramaj değerlerinde gözenek çaplarının daha yaklaşık olduğu belirlenmiştir.




Şekil 4.4. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Noktalı kalenderli numuneler için)

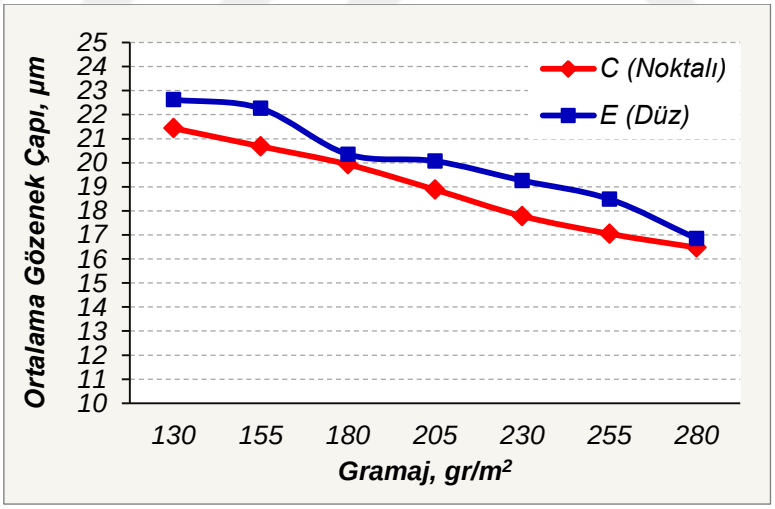



Şekil 4.5. Lif kesit şekli esas alınan % 100 polyester (PET) dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Düz kalenderli numuneler için)

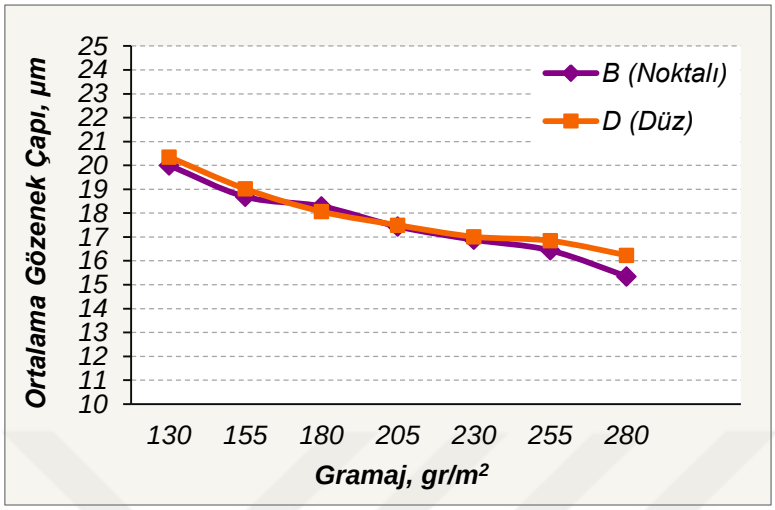
Kesit şekli; liflerin mekanik, termal, optik gibi pek çok önemli özelliği üzerinde etkili bir faktördür (Ömeroğlu, 2011). Farklı lif kesit şekilleri, farklı lif yüzey alanı oluşturmaktadır (Watanabe ve ark., 1999). Dolayısıyla farklı kesit şekillerine sahip filamentlerden elde edilen spunbond ve meltblown yapılarda,

filamentlerin serilmesi sürecinde rasgele lif yerleşimlerinin ve farklı yüzey alanlarının ortaya çıkardığı çeşitli temas ve bağlantılarla yüzeylerdeki gözenek boyut ve dağılımını etkilediği düşünülmektedir. Kumaş gözenekliliğinin geçirgenlik özellikleri ile doğrudan ilişkili olduğu (Okur ve ark., 2008) değerlendirildiğinde; aynı birim ağırlıktaki numunelerden aynı lif inceliğine ancak farklı kesit şekline sahip olan, daha küçük gözenekli numunelerin akustik performanslarının daha yüksek olması beklenmektedir.

Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapının gramaj ile değişimi trilobal kesite sahip numuneler için Şekil 4.6' da, yuvarlak kesite sahip numuneler için Şekil 4.7' de görülmektedir. Belirtilen şekiller incelendiğinde trilobal lif kesit şekline sahip noktalı kalenderli numunelerin düz kalenderli numunelere göre daha küçük gözenek çaplarına sahip oldukları; ancak yuvarlak lif kesit şekline sahip numunelerde kalenderleme tipinin gözenek çapını çok değiştirmediği, birbirine oldukça yaklaşık değerler gösterdikleri belirlenmiştir.




Şekil 4.6. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Trilobal kesitli numuneler için)




Şekil 4.7. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Yuvarlak kesitli numuneler için)

Isıl bağlama yönteminde kalenderleme işlemi ile lifler kısmi olarak eriyip kaynaşarak yüzeyi bağlamaktadır. Alansal bağlamada düz kalenderleme gerçekleştirilirken, nokta desenli kalender silindirleri ile noktasal basınçlar altında bağlamalar gerçekleşmektedir. Lifler bağlama noktaları dışında nispeten serbest kalmaktadır (Midha, 2017). Kalenderleme ile dokusuz yüzeyler kontrollü ve öngörülebilir bir sıkıştırılabilirlik uygulanarak daha kompakt bir yapı kazanmaktadır (Kopitar, 2014).

Trilobal lif kesit şekline sahip noktalı kalenderli numunelerin düz kalenderli numunelere göre daha küçük gözenek çaplarına sahip olmaları; alansal kalenderlemenin oluştuğu düz kalenderlemede yüzeyin tamamınında daha kompakt bir yapı oluşarak liflerin birbirine daha fazla bağlanması sözkonusu iken, noktalı kalenderli yapıda daha fazla lif kesişiminin mevcudiyetini korumuş olduğu ve bu durumun daha küçük gözenek çaplarını oluşturduğu düşünülmektedir.

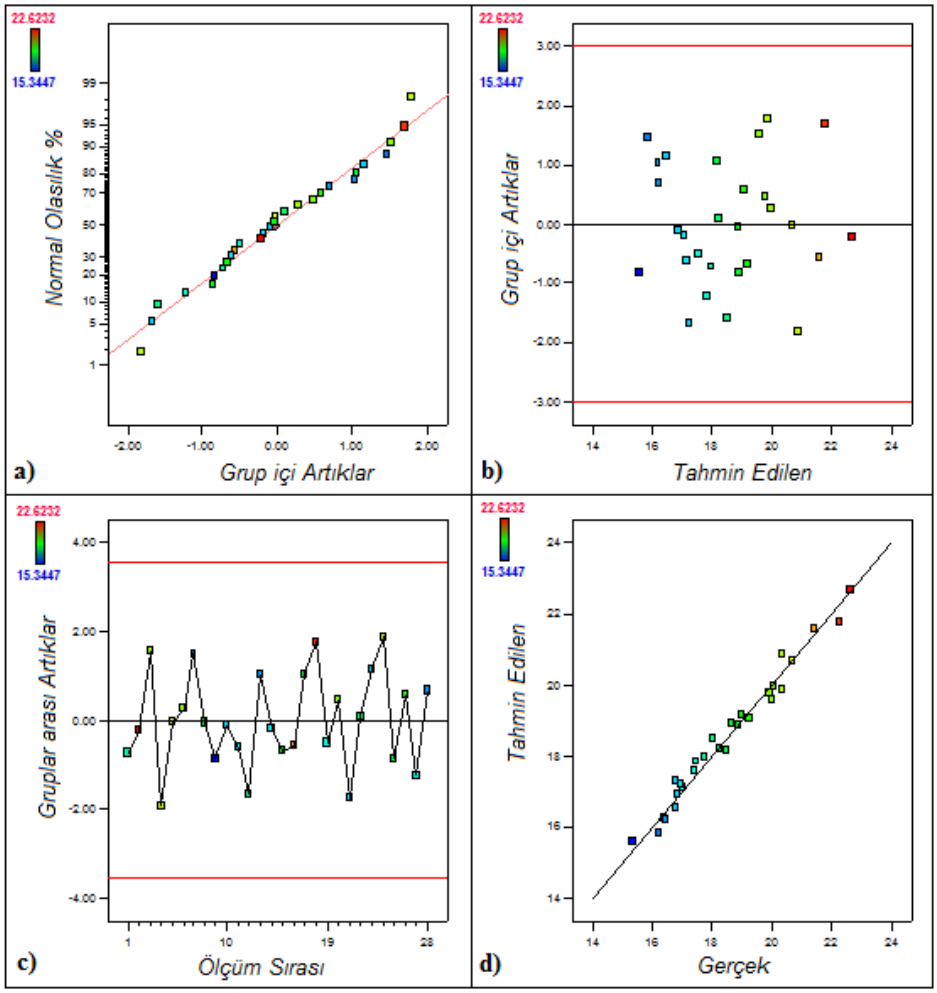
Çizelge 4.4' deki lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun modelin F testi p değerinin

0,05’ ten küçük olduğu 2FI model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Yapılan değerlendirme sonrasında 2FI model seçilerek, model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.4. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| *Linear* | *< 0,0001* | *0,45* | *0,9504* | *0,9442* | *0,9323* | *6,62* |
| ***2FI*** | *0,0009* | ***0,33*** | ***0,9771*** | ***0,9706*** | ***0,9542*** | ***4,48*** |
| *Quadratic* | *0,1709* | *0,32* | *0,9792* | *0,9719* | *0,9503* | *4,86* |
| *Cubic* | *0,1746* | *0,30* | *0,9857* | *0,9759* | *0,9255* | *7,28* |
| *Quartic* | *0,1504* | *0,26* | *0,9915* | *0,9809* | *0,8953* | *10,23* |
| *Fifth* | *0,3985* | *0,26* | *0,9946* | *0,9818* | *0,6988* | *29,44* |
| *Sixth* | *0,2508* | *0,21* | *0,9982* | *0,9881* | *0,2512* | *73,21* |

Şekil 4.8’ de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için 2FI model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Ortalama gözenek çapı için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen ortalama gözenek çapı değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir ortalama gözenek çapı tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen ortalama gözenek çapı ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.8. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için 2FI model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.5' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan XZ terimi modelden çıkarılarak model yenilenmiştir.

Çizelge 4.5. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *95,52* | *5* | *19,10* | *187,72* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *68,95* | *1* | *68,95* | *677,55* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *20,67* | *1* | *20,67* | *203,12* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *3,29* | *1* | *3,29* | *32,35* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *1,43* | *1* | *1,43* | *14,08* | *0,0011* | *Anlamlı* |
| *XZ* | *1,858E-003* | *1* | *1,858E-003* | *0,017* | *0,8962* | *Anlamlı değil* |
| *YZ* | *1,17* | *1* | *1,17* | *11,52* | *0,0026* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *2,24* | *22* | *0,10* | | | |
| *Toplam* | *97,76* | *27* | | | | |

ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5' lik anlam düzeyinde lif kesit şekli ve kalenderleme tipinin ortalama gözenek çapı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Ancak lif kesit şekline ait olan F değeri, kalenderleme tipine ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum ortalama gözenek çapı değiştirilmek istendiğinde kalenderleme tipini değiştirmek yerine lif kesit şeklini değiştirmenin daha etkin olacağını göstermektedir.

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Lif kesit şekli, Z- Kalenderleme tipi bağımsız değişkenlerine bağlı olarak ortalama gözenek çapını (OGÇ) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.4' de, lif kesit şekli yuvarlak için Eşitlik 4.5 ve Eşitlik 4.6' da; lif kesit şekli trilobal (TCS) için Eşitlik 4.7 ve Eşitlik 4.8' de verilmiştir.

$$OGÇ = +18,58-2,35* X+0,86* Y +0,34*Z -0,34* XY +0,012* XZ+0,20* YZ \quad (4.4)$$

$$OGÇ = +23,12040-0,027023* X \quad (4.5)$$

$$OGÇ = +23,33017-0,026697* X \quad (4.6)$$

$$OGÇ = +26,28487-0,036073* X \quad (4.7)$$

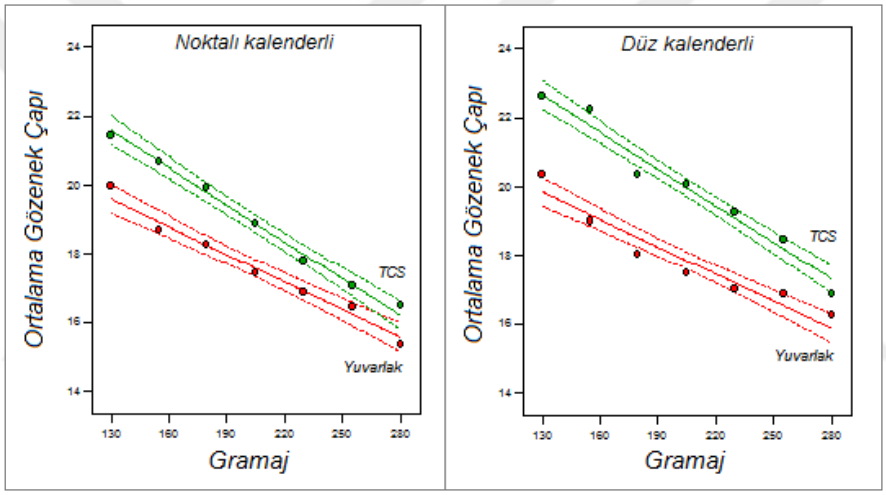
$$OGÇ = +27,31312-0,035747* X \quad (4.8)$$

Çizelge 4.6' da istatistik model performans değerleri belirtilmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler hammadde ve gramaj ve bağımlı değişken ortalama gözenek çapı arasında $R^2$ değerinin 0,9771 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken ortalama gözenek çapının bağımsız değişken olan lif kesit şekli ve kalenderleme tipi değişiminden %97,71 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9542'dir. Buradan, kurulan modelin lif kesit şekli ve kalenderleme tipine bağlı olarak ortalama gözenek çapını tahmin etmede %95,42 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.6. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

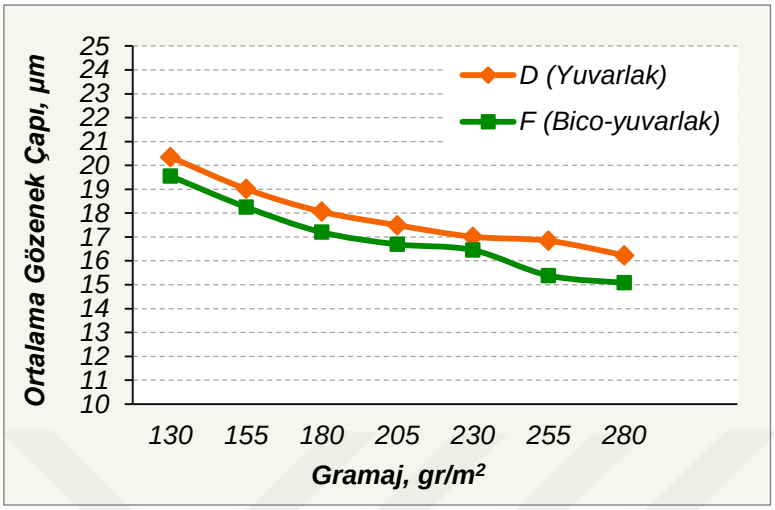
| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *0,33* |
| *Ortalama* | *18,58* |
| *CV %* | *1,76* |
| *PRESS* | *4,48* |
| *$R^2$* | *0,9771* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9706* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9542* |

Şekli 4.9' da lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği görülmektedir. Kalenderleme tipinden bağımsız olarak grafikler incelendiğinde trilobal kesite sahip numunelerin ortalama gözenek çapının yuvarlak kesite sahip numunelerin ortalama gözenek çapından yüksek olduğu görülmektedir. Gramajın artışıyla birlikte düz ve noktalı kalenderli tüm numunelerde gözenek çapı azalırken, düz kalenderli numunelerde lif kesit şeklinin değişimiyle gözenek çapı üzerinde noktalı kalenderli numunelere göre daha belirgin bir fark oluşturmaktadır.

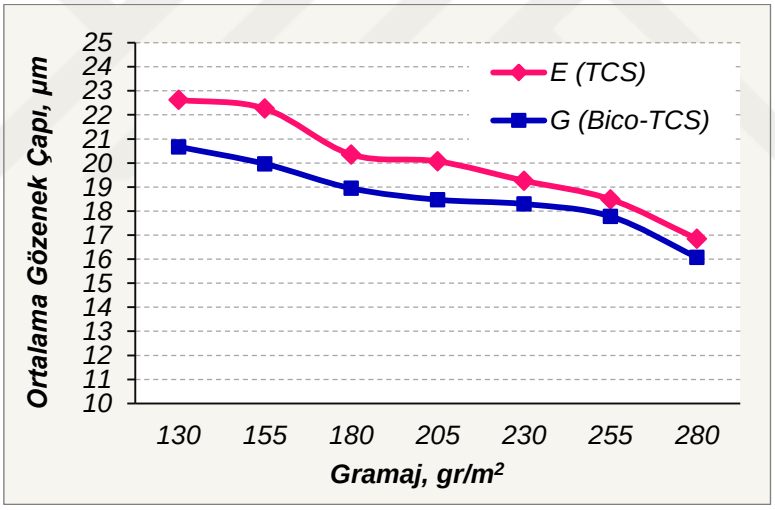



Şekil 4.9. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği

Lif kesit durumu alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapının gramaj ile değişimi yuvarlak kesitli numuneler için Şekil 4.10' da, trilobal kesitli numuneler için Şekil 4.11' de görülmektedir. Belirtilen şekiller incelendiğinde tüm gramaj değerleri için yuvarlak ve trilobal lif kesit şekline sahip bikomponent lifli numunelerin, homokomponent lifli numunelerden daha düşük gözenek çaplarına sahip oldukları belirlenmiştir.




Şekil 4.10. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Yuvarlak kesitli numuneler için)




Şekil 4.11. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek çapları (Trilobal kesitli numuneler için)

Gözeneklilik, lif inceliği ve kalınlık yapının büklümlüğünü etkiyen faktörlerdir (Vallagh ve ark., 2010). İç içe yuvarlak ve uçlu tip trilobal yapıdaki bikomponent lifleri oluşturan PET/CoPET polimer bileşenlerinden CoPET polimeri, doku bağlama esnasında daha düşük erime sıcaklığına sahip olması

nedeniyle eriyerek komşu liflere sıvanmaktadır. Bu durumun liflerin yüzey pürüzlülüğünü, lifler arası bağlantı ve kesişim durumlarını etkilediği, yüzeyin büklümlülüğünü değiştirdiği düşünülmektedir ve dolayısıyla bunun sonucunda gözenek yapısının değişimi söz konusu olacaktır ki elde edilen sonuçlar gözenek çaplarında azalma şeklindeki değişimi desteklemektedir.

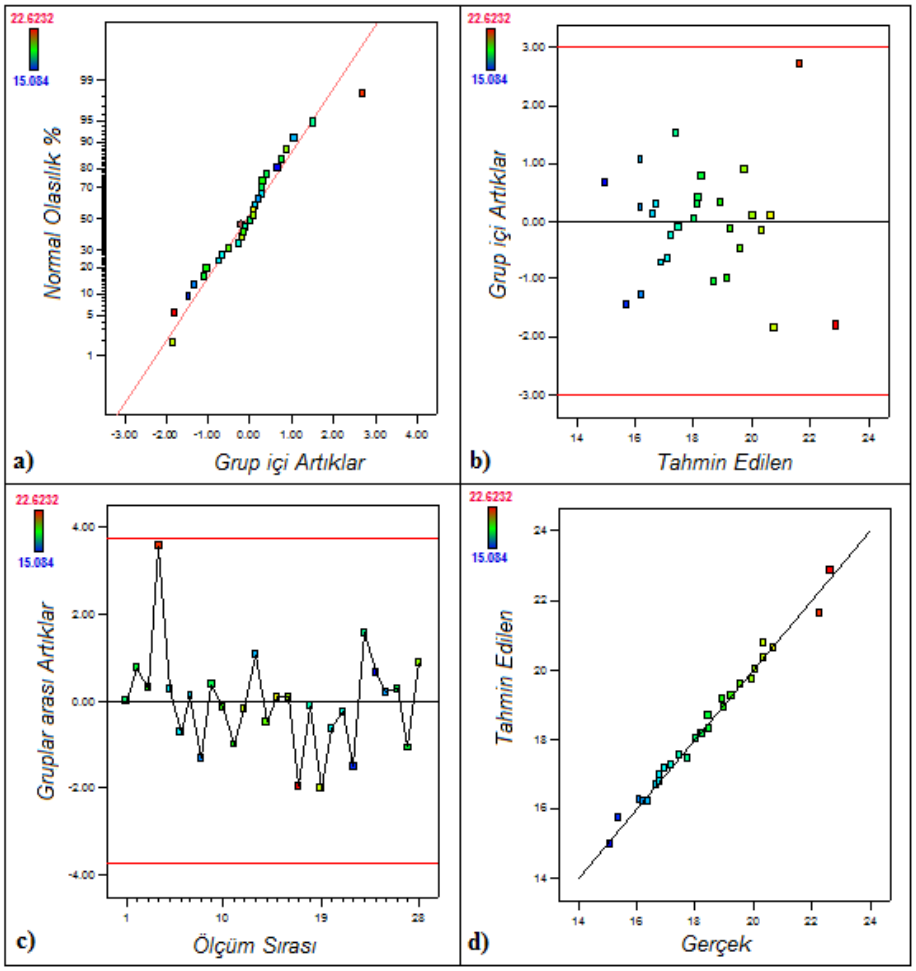
Çizelge 4.7' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu cubic model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Yapılan değerlendirme sonrasında cubic model seçilerek, model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.7. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için istatistiksel model seçimi

| ***Model*** | ***F testi p değeri*** | ***Model istatistiği değerleri*** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Standart sapma*** | ***$R^2$*** | ***Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d)*** | ***Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)*** | ***PRESS*** |
| *Linear* | *< 0,0001* | *0,45* | *0,9503* | *0,9441* | *0,9307* | *6,92* |
| *2FI* | *0,1552* | *0,43* | *0,9611* | *0,9499* | *0,9231* | *7,68* |
| *Quadratic* | *0,2362* | *0,43* | *0,9638* | *0,9511* | *0,9155* | *8,44* |
| ***Cubic*** | ***0,0008*** | ***0,27*** | ***0,9882*** | ***0,9801*** | ***0,9604*** | ***3,95*** |
| *Quartic* | *0,4389* | *0,27* | *0,9912* | *0,9802* | *0,8924* | *10,74* |
| *Fifth* | *0,0871* | *0,21* | *0,9965* | *0,9881* | *0,8929* | *10,69* |
| *Sixth* | *0,9179* | *0,27* | *0,9971* | *0,9804* | *-1,7229* | *271,91* |

Şekil 4.12' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için cubic model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Ortalama gözenek çapı için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen ortalama gözenek çapı değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde,

analiz dışında bırakılması gereken hiçbir ortalama gözenek çapı tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen ortalama gözenek çapı ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.12. Lif kesit durumu esas alınan esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için cubic model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.8' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan XZ, $X^2$, $X^2Z$ terimleri modelden çıkarılarak model yenilenmiş, ancak model hiyerarşisi için XZ ve $X^2$ terimleri modele dahil edilerek analiz yapılmıştır.

Çizelge 4.8. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *97,28* | *7* | *13,90* | *107,62* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *4,13* | *1* | *4,13* | *32,00* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *15,74* | *1* | *15,74* | *121,88* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *9,23* | *1* | *9,23* | *71,46* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *0,46* | *1* | *0,46* | *3,54* | *0,0744* | *Anlamlı* |
| *XZ* | *0,22* | *1* | *0,22* | *3,05* | *0,1001* | *Anlamlı değil* |
| *YZ* | *0,39* | *1* | *0,39* | *5,32* | *0,0347* | *Anlamlı* |
| $X^2$ | *0,27* | *1* | *0,27* | *2,09* | *0,1638* | *Anlamlı değil* |
| *XYZ* | *0,77* | *1* | *0,77* | *10,98* | *0,0041* | *Anlamlı* |
| $X^2Y$ | *0,84* | *1* | *0,84* | *6,49* | *0,0192* | *Anlamlı* |
| $X^2Z$ | *0,017* | *1* | *0,017* | *0,22* | *0,6417* | *Anlamlı değil* |
| $X^3$ | *0,81* | *1* | *0,81* | *6,31* | *0,0207* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *2,58* | *20* | *0,13* | | | |
| *Toplam* | *99,86* | *27* | | | | |

ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde lif kesit durumunun ortalama gözenek çapı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Ancak lif kesit şekline ait olan F değeri, lif kesit durumuna

ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum ortalama gözenek çapı değiştirilmek istendiğinde lif kesit durumunu değiştirmek yerine lif kesit şeklini değiştirmenin daha etkin olacağını göstermektedir.

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Lif kesit şekli, Z- Lif kesit durumu bağımsız değişkenlerine bağlı olarak ortalama gözenek çapını tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.9' da, lif kesit şekli yuvarlak, bikomponent ve homokomponent yapılar için Eşitlik 4.10 ve Eşitlik 4.11' de; lif kesit şekli trilobal (TCS) bikomponent ve homokomponent yapılar için Eşitlik 4.12 ve Eşitlik 4.13' de verilmiştir.

$$OGÇ= +18,23-1,56* X+1,15* Y+0,57* C-0,19* XY-0,13* XZ+0,12* YZ+0,26* X^2-0,25* XYZ-0,45* X^2Y-0,83* X^3 \quad (4.9)$$

$$OGÇ= +42,88955-0,31896* X +1,33405E-003* X^2-1,96556E-006* X^3 \quad (4.10)$$

$$OGÇ= +43,17363-0,31590*X +1,33405E-003*X^2-1,96556E-006 *X^3 \quad (4.11)$$

$$OGÇ= +37,91552-0,25192*X +1,17427E-003*X^2-1,96556E-006*X^3 \quad (4.12)$$

$$OGÇ=+41,39551-0,26214 *X +1,17427E-003*X^2-1,96556E-006*X^3 \quad (4.13)$$

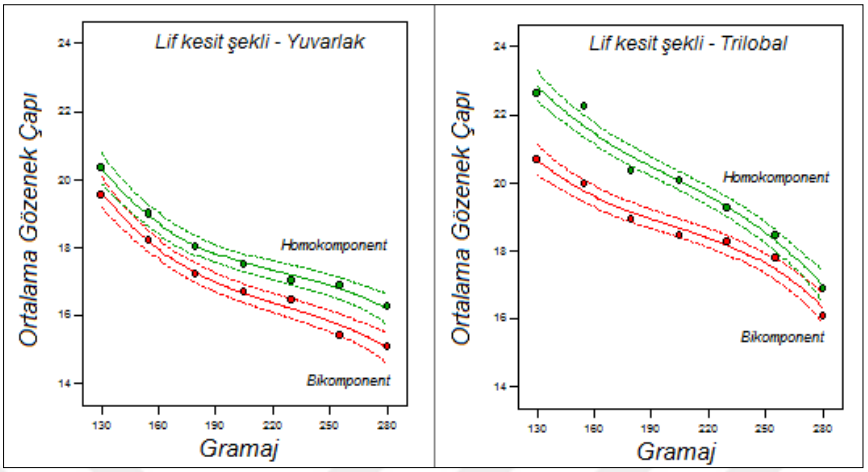
Çizelge 4.9' da istatistik model performans değerleri verilmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler gramaj, lif kesit şekli ve lif kesit durumu ve bağımlı değişken ortalama gözenek çapı arasında $R^2$ değerinin 0,9880 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken ortalama gözenek çapının bağımsız değişken olan lif kesit durumu değişiminden %98,80 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9675'dir. Buradan, kurulan

modelin hammadde ve gramaja bağlı olarak ortalama gözenek çapını tahmin etmede %96,75 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.9. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *0,27* |
| *Ortalama* | *18,35* |
| *CV%* | *1,44* |
| *PRESS* | *3,24* |
| *$R^2$* | *0,9880* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9810* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9675* |

Şekli 4.13'de lif kesit şekli durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği görülmektedir. Bu grafikte bikomponent lifli numunelerin ortalama gözenek çapının homokomponent lifli numunelerin ortalama gözenek çapından düşük olduğu görülmektedir. Gramajın artışıyla birlikte bikomponent ve homokomponent lif yapılı tüm numunelerde gözenek çapı azalırken, yuvarlak kesit şekline sahip bikomponent liflerde en düşük ortalama gözenek boyutlarının elde edildiği belirlenmiştir. Trilobal kesitli numunelerde bikomponent ve homokomponent yapıların gözenek çapları arasındaki fark daha belirgin iken, yuvarlak kesitli numunelerde yaklaşık değerlerde olduğu görülmektedir.




Şekil 4.13. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ortalama gözenek çapı için faktör etkileşim grafiği

### 4.2. Kumaşların Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

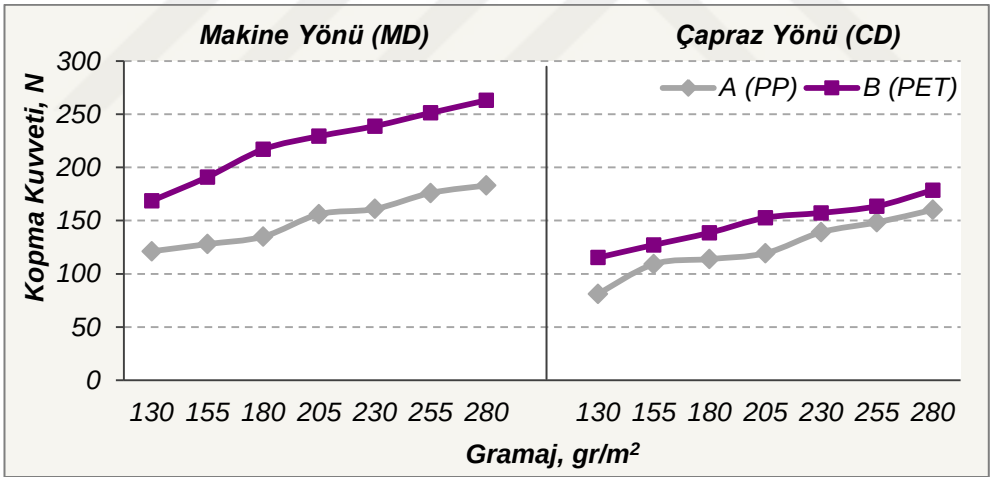
Bu tez çalışmasının materyalini oluşturan katmanlı SMS yapıların akustik özelliklerinin araştırılmasında, kullanım alanları değerlendirildiğinde özellikle otomotiv sektörü hedef alınmıştır. Otomotiv endüstrisinde sürekli kaliteyi arttırıcı ve daha ekonomik malzeme kullanımı yolundaki arayışlar sürerken temel kriterler: malzemenin yüksek mukavemete, uzun dayanım süresine, hafiflik ve mükemmel bir görünüme sahip olmasıdır (Çeven ve ark., 2011). Otomobil içerisinde tekstil yüzeyinin kullanıldığı kısımda beklenen dayanım ve kullanım öncesi materyalin işlenebilirliği açısından dokusuz yüzey numunelerin mukavemet özellikleri değerlendirilmiştir.

#### 4.2.1. Kopma Kuvveti Ölçüm Sonuçları

Kopma kuvveti, kopma ile sonuçlanan bir çekme deneyinde kumaşın kopana kadar gösterdiği dayanımın Newton veya kilogram kuvvet cinsinden ifadesidir. Kopma anında uygulanan en büyük kuvvette numunede meydana gelen uzama miktarı ise kopma uzaması olarak adlandırılır ve % olarak ifade edilir.

Numunelerin kopma kuvveti tayini "NWSP 110.4.R0 (15): Breaking Force and Elongation of Nonwoven Materials (Dokusuz Yüzeylerde Kopma Kuvveti Tayini)" standardına göre, 5x20 cm boyutlarında hazırlanan numunelere Titan Universal test cihazında 2 Newton ön gerilim altında 100 mm/dk çekme hızında ölçülmüştür. Her bir kumaş numunesinden 5 ölçüm alınmış ve 2 replikasyon makine yönü (MD) ve enine yön (CD) için uygulanmıştır. Elde edilen kopma kuvveti testi sonuçları Ek – 1.5 ve Ek – 1.6' de görülmektedir.

Şekil 4.14' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri görülmektedir. Bu grafiklerden görüldüğü gibi dokusuz yüzey numunelerinde gramajın artışıyla birlikte kopma kuvveti değerlerinde her iki doğrultuda (MD-CD) artış saptanmıştır. Gramaj artışı neticesinde uygulanan gerilime karşı koyan lif yoğunluğundaki artış nedeniyle kopma kuvveti de artış göstermektedir.




Şekil 4.14. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri

Diğer yandan hammadde değişkenliğinin de kumaşların kopma kuvvetini etkilediği görülmüştür. Kullanılan hammaddelerden polipropilen lifinin mukavemetinin (5-6,5 cN/dtex) polyester lifinin mukavemetinden (6-8,5 cN/dtex)

daha düşük olması nedeniyle, polyester lifinden üretilen dokusuz yüzey numuneler polipropilen lifinden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerine göre daha dayanımlı bir yapı oluşturmaktadır.

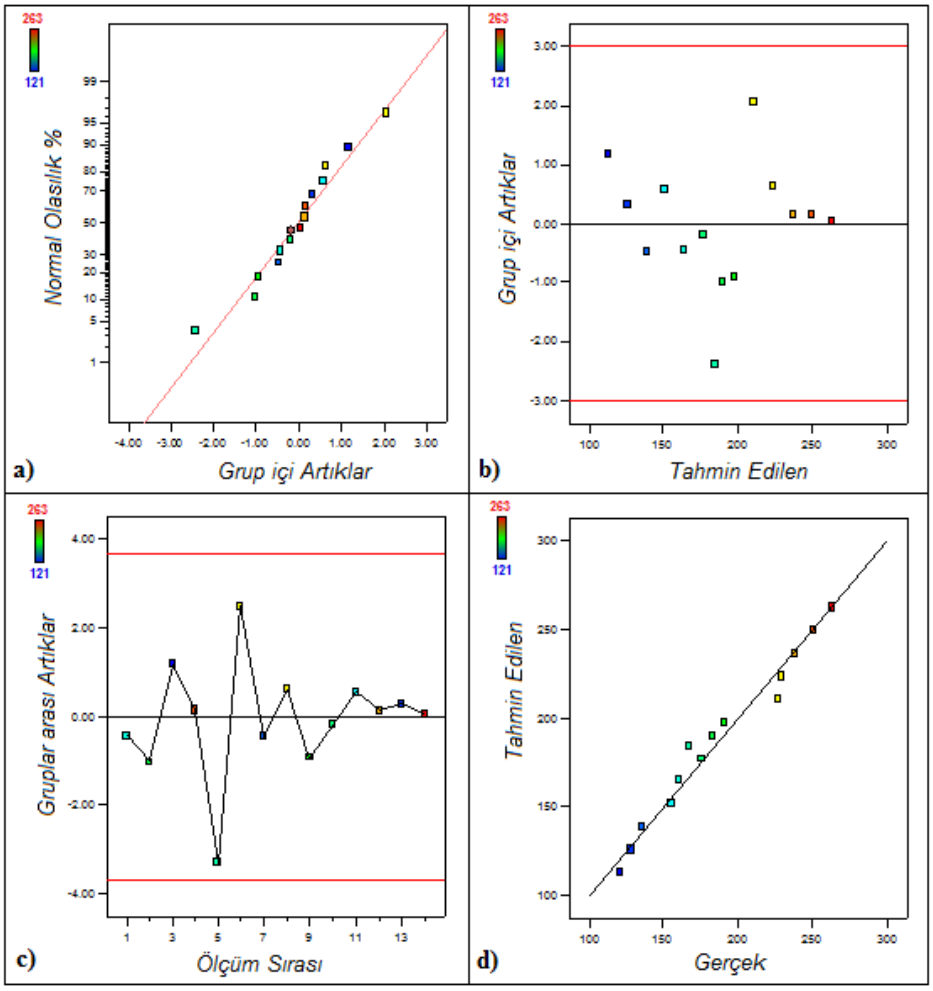
Dokusuz yüzeylerin mekanik davranışını lifler arası kurulan bağlar belirlemektedir. Dokusuz yüzey malzemelerin lif yönlenmesine bağlı olarak iki doğrultusu bulunur: makine yönü (MD) ve çapraz yön (CD). MD, dokunun oluşum yönü iken CD akışa dik doğrultuda yüzeyin enine yönündeki doğrultuyu ifade etmektedir. Liflerin oryantasyon MD doğrultusunda yoğunlaşmış olup CD doğrultusu ile farklılıklar arz etmektedir. Bu durum dokusuz yüzeylerin anizotropik yapısını ifade eder ve MD doğrultusunda daha yüksek mekanik özellikler göstermesi sonucunu oluşturmaktadır (Kim, 2004; Demirci, 2011). Elde edilen sonuçların davranış açısından literatürde yer alan sonuçlarla uyum gösterdiği numunelerin MD doğrultusundaki kopma kuvveti değerlerinin CD doğrultusundaki kopma kuvveti değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10' da hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu linear model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Yapılan değerlendirme sonrasında linear model seçilerek, model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.10. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için istatistiksel model seçimi

| ***Model*** | ***F testi p değeri*** | ***Model istatistiği değerleri*** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Standart sapma*** | ***$R^2$*** | ***Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d)*** | ***Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)*** | ***PRESS*** |
| ***Linear*** | ***< 0,0001*** | ***8,54*** | ***0,9719*** | ***0,9668*** | ***0,9504*** | ***1413,34*** |
| *2FI* | *0,0906* | *7,71* | *0,9792* | *0,9729* | *0,9573* | *1218,00* |
| *Quadratic* | *0,1461* | *7,18* | *0,9837* | *0,9765* | *0,9537* | *1320,99* |
| *Cubic* | *0,1971* | *6,45* | *0,9898* | *0,9810* | *0,9372* | *1791,08* |
| *Quartic* | *0,2754* | *5,90* | *0,9939* | *0,9841* | *0,9154* | *2412,21* |
| *Fifth* | *0,6033* | *6,44* | *0,9956* | *0,9811* | *0,0017* | *28476,07* |
| *Sixth* | *0,7804* | *8,70* | *0,9973* | *0,9655* | *-19,2723* | *5,782E+005* |

Şekil 4.15' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti için linear model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Kopma kuvveti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen kopma kuvveti değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir kopma kuvveti tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen kopma kuvveti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.15.Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için Linear model uygunluk grafikleri a) Artık değer normal olasılık grafiği b) Artık değer - tahmini değer grafiği c) Sapan değer grafiği d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.11' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA değerleri görülmektedir. Bu sonuçlar incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde gramaj ve hammadde değişiminin kopma kuvveti (MD) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Hammaddeye ait olan F değeri, gramaja ait olan F

değerinden daha yüksektir ki bu durum hammaddenin kopma kuvvetine (MD) olan etkisinin gramaja göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla kopma kuvveti (MD) performansı değiştirilmek istendiğinde gramaj değiştirmek yerine hammadde değişikliği yapmak daha etkili olacaktır.

Çizelge 4.11. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *27720,93* | *2* | *13860,46* | *190,04* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *9360,29* | *1* | *9360,29* | *128,34* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *18360,64* | *1* | *18360,64* | *251,74* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *802,29* | *11* | *72,94* | | | |
| *Toplam* | *28523,21* | *13* | | | | |

Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj (gr/m$^2$), Y- Hammadde bağımsız değişkenlerine bağlı olarak kopma kuvvetini(KM) (MD) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.14' de, polipropilen hammadde için Eşitlik 4.15' de, polyester hammadde için Eşitlik 4.16'da verilmiştir.

$$KM\ (MD) = +187{,}64 + 38{,}79 * X + 36{,}21 * Y \quad (4.14)$$

$$KM\ (MD) = +45{,}41429 + 0{,}51714 * X \quad (4.15)$$

$$KM\ (MD) = +117{,}84286 + 0{,}51714 * X \quad (4.16)$$

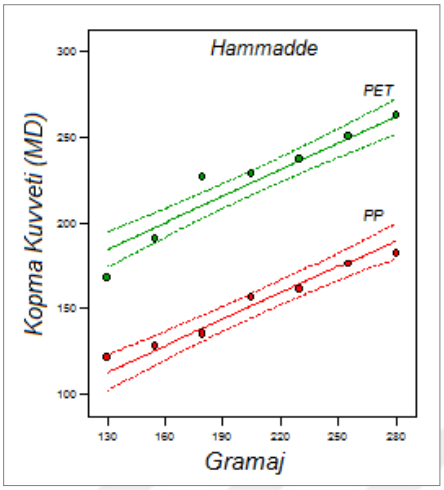
Çizelge 4.12' de Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri verilmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler hammadde ve gramaj ve bağımlı değişken kopma kuvveti (MD)

arasında $R^2$ değerinin 0,9719 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken kopma kuvvetini (MD) bağımsız değişken olan hammadde ve gramaj değişiminden %97,19 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9504'tür. Buradan, kurulan modelin hammadde ve gramaja bağlı olarak kopma kuvvetini tahmin etmede %95,04 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.12. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *8,54* |
| *Ortalama* | *187,64* |
| *CV %* | *4,55* |
| *PRESS* | *1413,34* |
| *$R^2$* | *0,9719* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9668* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9504* |

Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonuçları incelendiğinde hammadde tipi ve gramajın kopma kuvveti (MD) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra hammadde ve gramaj faktörlerinin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür. Şekil 4.16 incelendiğinde hammadde olarak polyester kullanılması durumunda gramajın artışı kopma kuvvetini (MD) artırmaktadır. Kopma kuvvetinin (MD) seçilen hammaddelerden polyester ve polipropilen için gramaj değişimi ile kontrolünde yüksek gramaj değerlerinde polyester liflerden üretilmiş kumaşlar tercih edilmesi kopma kuvvetinin artırılması için idealdir.



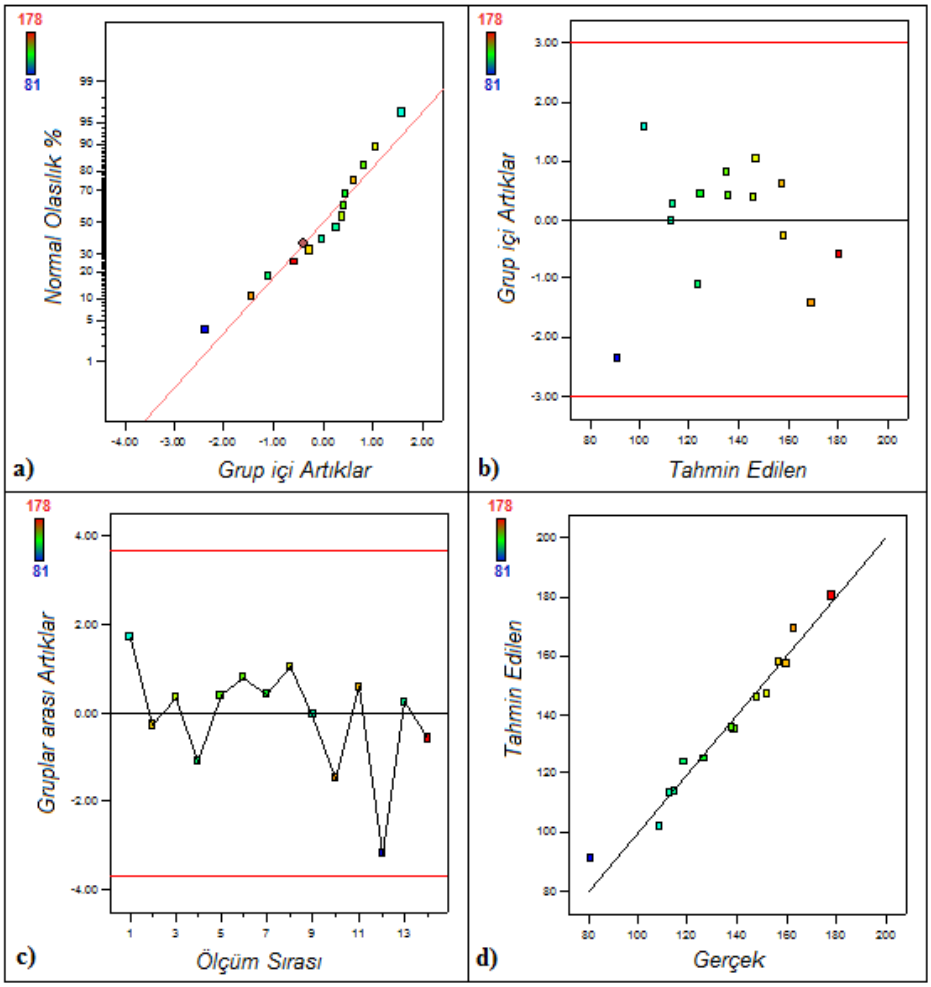

Şekil 4.16. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için faktör etkileşim grafiği

Çizelge 4.13' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için istatistiksel model değerleri verilmektedir. Bu değerler incelendiğinde uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu linear model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel fonksiyona sahip olmaması nedeniyle basit bir modeldir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.13. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| **Linear** | **< 0,0001** | **5,02** | **0,9692** | **0,9637** | **0,9466** | **481,47** |
| 2FI | 0,1062 | 4,59 | 0,9766 | 0,9696 | 0,9496 | 454,31 |
| Quadratic | 0,3832 | 4,63 | 0,9786 | 0,9691 | 0,9428 | 515,46 |
| Cubic | 0,4398 | 4,67 | 0,9831 | 0,9686 | 0,9018 | 885,52 |
| Quartic | 0,8079 | 5,29 | 0,9845 | 0,9596 | 0,2956 | 6349,89 |
| Fifth | 0,0702 | 2,82 | 0,9974 | 0,9886 | 0,4040 | 5373,17 |
| Sixth | 0,7674 | 3,75 | 0,9984 | 0,9798 | -10,8860 | 1,072E+005 |

Şekil 4.17' de Linear model uygulandığında elde edilen model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Kopma kuvveti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen kopma kuvveti değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir kopma kuvveti tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen kopma kuvveti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.17. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için Linear model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği b)Artık değer - tahmini değer grafiği c) Sapan değer grafiği d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.14' teki ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde gramaj ve hammadde değişiminin kopma kuvveti (CD) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Hammaddeye ait olan F değeri, gramaja ait olan F değerinden daha düşüktür ki bu durum hammaddenin kopma kuvvetine (CD) olan etkisinin gramaja göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla kopma kuvveti (CD) performansı değiştirilmek

istendiğinde hammadde değiştirmek yerine gramaj değişikliği yapmak daha etkili olacaktır.

Çizelge 4.14. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA

| | Kareler Toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F değeri | P değeri | Anlamlılık |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *8737,95* | *2* | *4368,97* | *173,33* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *6886,45* | *1* | *6886,45* | *273,20* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *1851,50* | *1* | *1851,50* | *73,45* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *277,27* | *11* | *25,21* | | | |
| *Toplam* | *9015,21* | *13* | | | | |

Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj (gr/$m^2$), Y- Hammadde bağımsız değişkenlerine bağlı olarak kopma kuvvetini (KM) (CD) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.17' de, polipropilen hammadde için Eşitlik 4.18' de, polyester hammadde için Eşitlik 4.19'daverilmiştir.

$$KM\ (CD) = +135{,}64 + 33{,}27 * X + 11{,}50 * Y \quad (4.17)$$

$$KM\ (CD) = +33{,}21071 + 0{,}44357 * X \quad (4.18)$$

$$KM\ (CD) = +56{,}21071 + 0{,}44357 * X \quad (4.19)$$

İstatistik model performans değerlerinden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler hammadde ve gramaj ve bağımlı değişken kopma kuvveti (CD) arasında $R^2$ değerinin 0,9692 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken kopma kuvvetini (MD) bağımsız değişken olan hammadde ve gramaj değişiminden %96,92 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9466' tür.

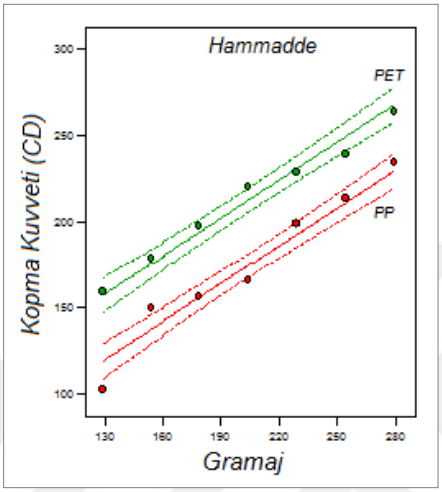
Buradan, kurulan modelin hammadde ve gramaja bağlı olarak kopma kuvvetini tahmin etmede %94,66 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır. Çizelge 4.15' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri görülmektedir. Bu değerlerden bağımsız değişkenler hammadde tipi ve gramajın bağımlı değişken kopma kuvveti (CD) arasında $R^2$ değerinin 0,9692 olduğu belirlenmiştir. Bu durum bağımlı değişken kopma kuvvetini (CD) bağımsız değişken olan hammadde ve gramaj değişiminden %96,92 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9466'tür. Buradan, kurulan modelin hammadde ve gramaja bağlı olarak kopma kuvvetini tahmin etmede %94,66 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.15. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *5,02* |
| *Ortalama* | *135,64* |
| *CV%* | *3,70* |
| *PRESS* | *481,47* |
| *$R^2$* | *0,9692* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9637* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9466* |

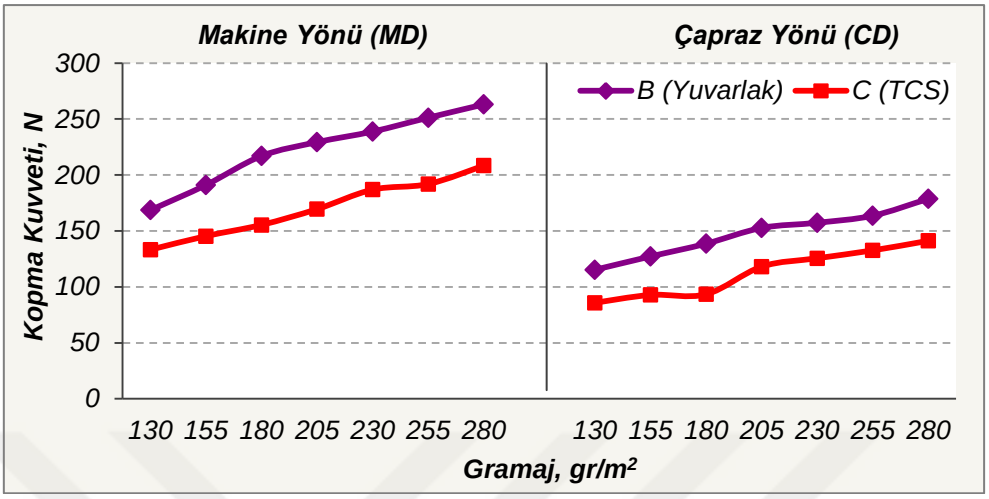
Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonuçları incelendiğinde hammadde tipi ve gramajın kopma kuvveti (CD) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra hammadde ve gramaj faktörlerinin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür. Şekil 4.18 incelendiğinde hammadde olarak polyester kullanılması durumunda gramajın artışı kopma kuvvetini (CD) artırmaktadır. Kopma kuvvetinin (CD) seçilen hammaddelerden polyester ve polipropilen için

gramaj değişimi ile kontrolünde, MD doğrultusunda da olduğu gibi, yüksek gramaj değerlerinde polyester liflerden üretilmiş kumaşlar tercih edilmesi kopma kuvvetinin artırılması için idealdir.

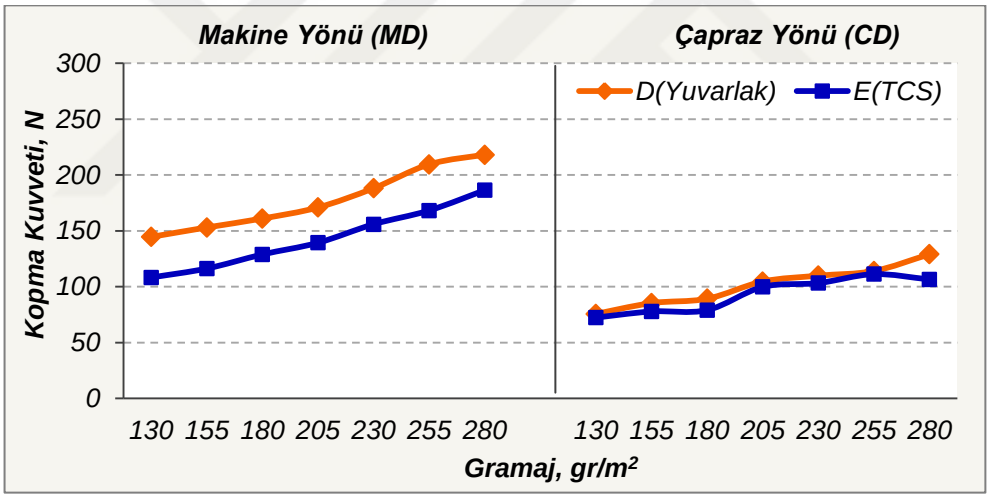



Şekil 4.18. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için faktör etkileşim grafiği

Şekil 4.19' da lif kesit şekli esas alınan noktalı kalenderli dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri, Şekil 4.20'de lif kesit şekli esas alınan düz kalenderli dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde noktalı ve düz kalenderli numunelerin tümü içerisinde yuvarlak lif kesit şekline sahip numunelerin trilobal lif kesit şekline sahip numunelerden daha fazla dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm gramaj değerleri için MD doğrultusundaki kopma kuvvetleri, CD doğrultusundaki kopma kuvvetlerinden yüksektir.




Şekil 4.19. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Noktalı kalenderli numuneler için)




Şekil 4.20. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Düz kalenderli numuneler için)

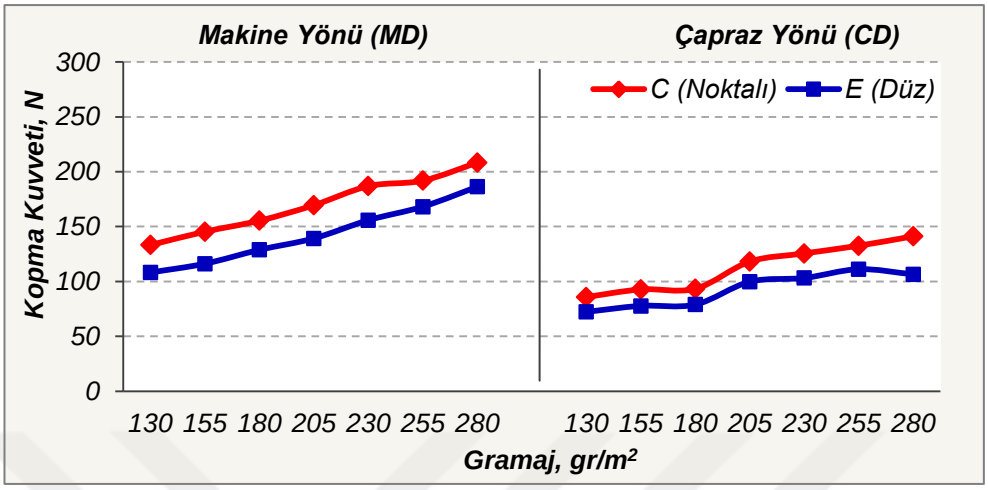
Dokusuz yüzey yapılarda farklı lif kesit şekilleri, yüzeyin görünüm, hacimlilik, boyanabilirlik, lifler arası temas ve sürtünme vb. özelliklerini geliştirmekte ve fonksiyonellik kazandırılmasını sağlamaktadır (Yan ve ark., 2016). Bu çalışmada kullanılan yuvarlak ve trilobal lif kesit şekline sahip numuneler arasında liflerin yüzey alanlarındaki farklılık nedeniyle, lifler arası

temas ve bağlantının da bu durumdan etkilenerek değişiklik gösterdiği ve bu durumun kopma dayanımında farklılığa yol açtığı düşünülmektedir.

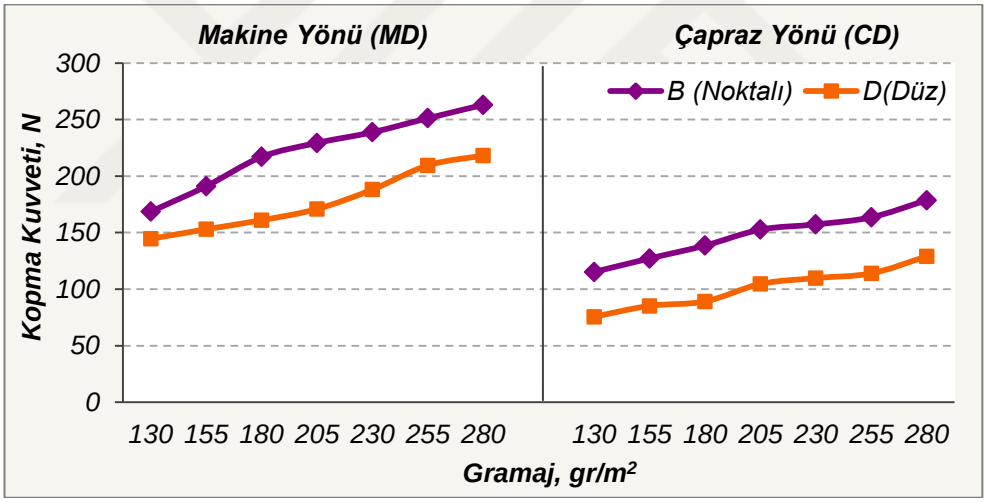
Numunelerin CD doğrultusunda kopma kuvvetlerinin MD doğrultusundaki kopma kuvveti ile olan ilişkisi değerlendirildiğinde; düz kalenderli numunelerde CD doğrultusundaki mukavemetteki düşüşün daha belirgin olduğu, ancak bu doğrultuda numunelerin kopma kuvvetlerinin birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir. Bu durum düz kalenderli numunelerde lif kesit şekli değişiminin CD doğrultusunda belirgin bir farka yol açmadığını ifade etmektedir.

Şekil 4.21' de kalenderleme tipi esas alınan trilobal lif kesitli dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri, Şekil 4.22'de kalenderleme tipi esas alınan yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde yuvarlak ve trilobal lif kesit şekline sahip numunelerin tamamında noktalı kalenderleme yapılmış numunelerin düz kalenderleme yapılmış numunelerden daha fazla dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm gramaj değerleri için MD doğrultusundaki kopma kuvvetleri, CD doğrultusundaki kopma kuvvetlerinden yüksektir.

Isıl bağlama dokusuz yüzey yapının mekanik özelliklerini belirleyen en önemli faktör olup bağlama noktalarının şekil ve yoğunluğunun yanı sıra bağlanma sıcaklığı ve uygulanan basınç, yüzeyin mekanik davranışını önemli ölçüde değiştirmektedir. Noktalı kalenderlemede bağlama noktalarında ısıyla eriyip kaynaşan liflerin mukavemetinde azalma olmasına karşın dokunun dayanımı artmaktadır (Chidambaram, 1999). Bu çalışmada noktalı kalenderleme uygulanmış numunelerin MD ve CD doğrultusundaki kopma kuvvetlerinin daha yüksek olması bu durumu kanıtlar niteliktedir.




Şekil 4.21. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Trilobal kesitli numuneler için)




Şekil 4.22. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için)

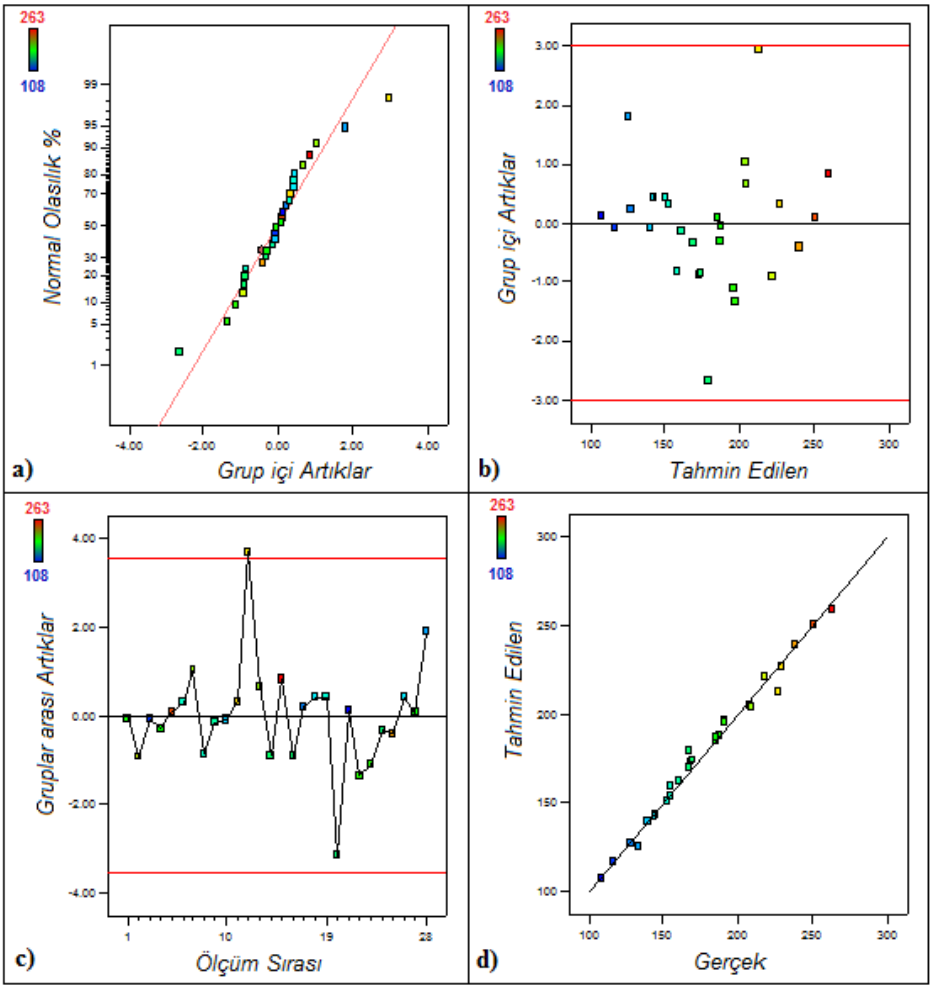
Çizelge 4.16' da lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu cubic model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel

fonksiyona sahip olmaması nedeniyle uygun bir modeldir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.16. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| *Linear* | *< 0,0001* | *7,96* | *0,9659* | *0,9616* | *0,9542* | *2038,37* |
| *2FI* | *0,0032* | *6,17* | *0,9820* | *0,9769* | *0,9660* | *1512,78* |
| *Quadratic* | *0,9864* | *6,32* | *0,9820* | *0,9758* | *0,9600* | *1782,95* |
| ***Cubic*** | ***0,0284*** | ***5,13*** | ***0,9905*** | ***0,9840*** | ***0,9639*** | ***1606,81*** |
| *Quartic* | *0,2132* | *4,73* | *0,9940* | *0,9864* | *0,9397* | *2684,52* |
| *Fifth* | *0,4209* | *4,66* | *0,9961* | *0,9869* | *0,7787* | *9855,02* |
| *Sixth* | *0,2304* | *3,67* | *0,9988* | *0,9918* | *-0,6135* | *71847,12* |

Şekil 4.23' de cubic model uygulandığında elde edilen model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Kopma kuvveti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen kopma kuvveti değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir kopma kuvveti tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen kopma kuvveti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.23. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için Cubic model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer – tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.17 'de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan XY, XZ, $X^2$, XYZ, $X^2$ Y ve $X^3$ terimleri modelden çıkarılarak model yenilenmiştir.

Çizelge 4.17. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA

| | Kareler Toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F değeri | P değeri | Anlamlılık |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Model | 43944,44 | 5 | 8788,89 | 330,79 | < 0,0001 | Anlamlı |
| X | 19822,32 | 1 | 19822,32 | 746,06 | < 0,0001 | Anlamlı |
| Y | 13861,75 | 1 | 13861,75 | 521,72 | < 0,0001 | Anlamlı |
| Z | 5701,63 | 1 | 5701,63 | 214,60 | < 0,0001 | Anlamlı |
| XY | 36,57 | 1 | 36,57 | 1,39 | 0,2557 | Anlamlı değil |
| XZ | 12,89 | 1 | 12,89 | 0,49 | 0,4940 | Anlamlı değil |
| YZ | 670,32 | 1 | 670,32 | 25,23 | 0,0001 | Anlamlı |
| $X^2$ | 0,012 | 1 | 0,012 | 4,524E-004 | 0,9833 | Anlamlı değil |
| XYZ | 46,29 | 1 | 46,29 | 1,76 | 0,2034 | Anlamlı değil |
| $X^2$ Y | 61,71 | 1 | 61,71 | 2,35 | 0,1452 | Anlamlı değil |
| $X^2$ Z | 264,30 | 1 | 264,30 | 9,95 | 0,0060 | Anlamlı |
| $X^3$ | 6,00 | 1 | 6,00 | 0,23 | 0,6395 | Anlamlı değil |
| Artık | 584,52 | 22 | 26,57 | | | |
| Toplam | 44528,96 | 27 | | | | |

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj (gr/$m^2$), Y- Lif kesit şekli, Z- Kalenderleme tipi bağımsız değişkenlerine bağlı olarak kopma kuvvetini (KM) (MD) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.20' de, lif kesit şekli yuvarlak – kalenderleme tipi noktalı için Eşitlik 4.21' de, lif kesit şekli yuvarlak – kalenderleme tipi düz için Eşitlik 4.22' de, lif kesit şekli trilobal (TCS) – kalenderleme tipi noktalı için Eşitlik 4.23' de, lif kesit şekli trilobal (TCS) – kalenderleme tipi düz için Eşitlik 4.24' de verilmiştir.

$$KM\ (MD) = +178,46 + 39,91 * X - 22,25 * Y - 21,80 * Z + 4,89 * XY + 7,98 * X^2 Z \quad (4.20)$$

$$KM\ (MD) = +114,00727 + 0,53214 * X + 1,70823E\text{-}005 * X^2 \quad (4.21)$$

$$KM\ (MD) = +69,24273 + 0,53214 * X - 1,70823E\text{-}005 * X^2 \quad (4.22)$$

$$KM\ (MD) = +59,72155 + 0,53214 * X + 1,70823E\text{-}005 * X^2 \quad (4.23)$$

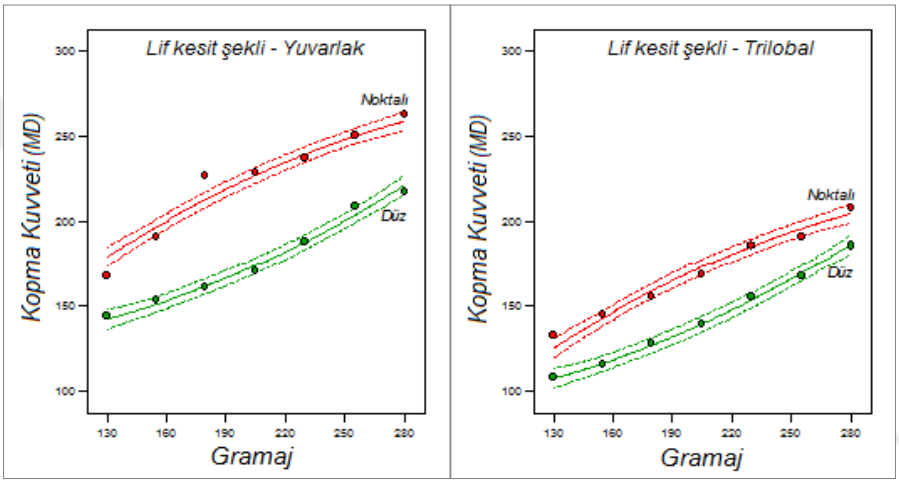
$$KM\ (MD) = +34,52845 + 0,53214 * X - 1,70823E005 * X^2 \quad (4.24)$$

Çizelge 4.18' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunlerinde istatistik model performans değerleri görülmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler lif kesit şekli, kalenderleme tipi ve gramajın bağımlı değişken kopma kuvveti (MD) arasında $R^2$ değerinin 0,9869 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken kopma kuvvetini (MD) bağımsız değişken olan lif kesit şekli ve kalenderleme tipi değişiminden %98,69 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9776' dır. Buradan, kurulan modelin hammadde ve gramaja bağlı olarak kopma kuvvetini tahmin etmede %97,76 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.18. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *5,15* |
| *Ortalama* | *178,46* |
| *CV%* | *2,89* |
| *PRESS* | *1606,81* |
| *$R^2$* | *0,9869* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9839* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9776* |

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonuçları incelendiğinde lif kesit şekli, kalenderleme tipi ve gramajın kopma kuvveti (MD) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra lif kesit şekli ve kalenderleme tipi faktörlerinin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür (Şekil 4.24).



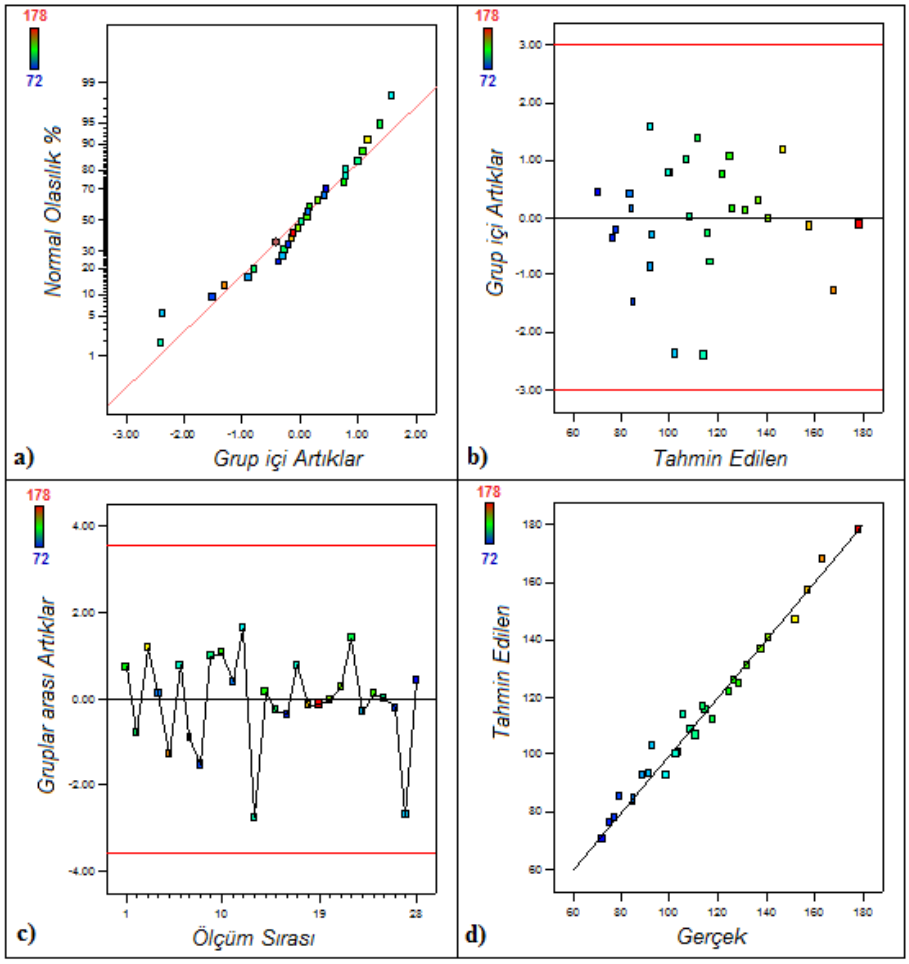

Şekil 4.24. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için faktör etkileşim grafiği

Kopma kuvveti (CD) için lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde için istatistiksel model değerleri Çizelge 4.19' da görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu 2FI model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel fonksiyona sahip olmaması nedeniyle basit bir modeldir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.19. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| *Linear* | *< 0,0001* | *8,70* | *0,9158* | *0,9053* | *0,8860* | *2459,86* |
| ***2FI*** | ***< 0,0001*** | ***4,48*** | ***0,9805*** | ***0,9749*** | ***0,9663*** | ***727,99*** |
| *Quadratic* | *0,4347* | *4,52* | *0,9811* | *0,9745* | *0,9623* | *814,23* |
| *Cubic* | *0,6708* | *4,71* | *0,9835* | *0,9722* | *0,9322* | *1463,71* |
| *Quartic* | *0,0683* | *3,88* | *0,9916* | *0,9812* | *0,9527* | *1021,44* |
| *Fifth* | *0,4538* | *3,87* | *0,9945* | *0,9813* | *0,9189* | *1750,81* |
| *Sixth* | *0,1442* | *2,68* | *0,9987* | *0,9910* | *-0,0583* | *22843,17* |

Şekil 4.25' de 2FI model uygulandığında elde edilen model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Kopma kuvveti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen kopma kuvveti değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir kopma kuvveti tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen kopma kuvveti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.25. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için 2FI model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.20' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan XY terimi modelden çıkarılarak model yenilenmiştir.

Çizelge 4.20. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA

| | Kareler Toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F değeri | P değeri | Anlamlılık |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Model** | 21164,39 | 5 | 3527,40 | 175,94 | < 0,0001 | Anlamlı |
| X | 8821,75 | 1 | 8821,75 | 441,16 | < 0,0001 | Anlamlı |
| Y | 3257,29 | 1 | 3257,29 | 162,89 | < 0,0001 | Anlamlı |
| Z | 7689,14 | 1 | 7689,14 | 384,52 | < 0,0001 | Anlamlı |
| XY | 18,89 | 1 | 18,89 | 0,94 | 0,3427 | Anlamlı değil |
| XZ | 141,75 | 1 | 141,75 | 7,09 | 0,0142 | Anlamlı |
| YZ | 1235,57 | 1 | 1235,57 | 61,79 | < 0,0001 | Anlamlı |
| Artık | 439,93 | 22 | 20,00 | | | |
| Toplam | 21585,43 | 27 | | | | |

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj (gr/m$^2$), Y- Lif kesit şekli, Z- Kalenderleme tipi bağımsız değişkenlerine bağlı olarak kopma kuvvetini (KM) (CD) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi lif kesit şekli yuvarlak – kalenderleme tipi noktalı için Eşitlik 4.25' de, lif kesit şekli yuvarlak – kalenderleme tipi düz için Eşitlik 4.26' da, lif kesit şekli trilobal (TCS) – kalenderleme tipi noktalı için Eşitlik 4.27' de lif kesit şekli trilobal (TCS) – kalenderleme tipi düz için Eşitlik 4.28'de verilmiştir.

$$KM\ (CD) = +65{,}14286 + 0{,}40000 * X \quad (4.25)$$

$$KM\ (CD) = +37{,}16429 + 0{,}31000 * X \quad (4.26)$$

$$KM\ (CD) = +30{,}28571 + 0{,}40000 * X \quad (4.27)$$

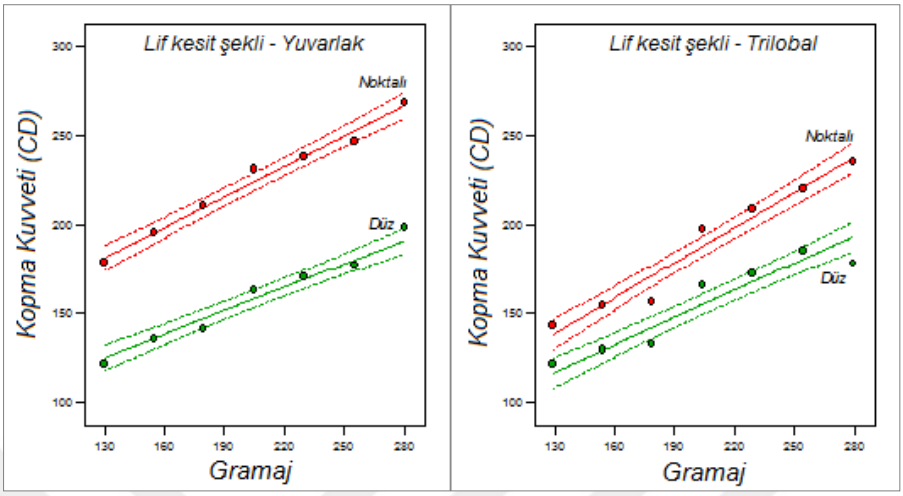
$$KM\ (CD) = +28{,}87857 + 0{,}31000 * X \quad (4.28)$$

Çizelge 4.21' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri verilmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler lif kesit şekli, kalenderleme tipi ve gramajın bağımlı değişken kopma kuvveti (CD) arasında $R^2$ değerinin 0,9796 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken kopma kuvvetini (CD) bağımsız değişken olan lif kesit şekli ve kalenderleme tipi değişiminden %97,96 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9667' dır. Buradan, kurulan modelin lif kesit şekli ve kalenderleme tipi bağlı olarak kopma kuvvetini tahmin etmede %96,67 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.21. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *4,47* |
| *Ortalama* | *113,14* |
| *CV%* | *3,95* |
| *PRESS* | *719,11* |
| *$R^2$* | *0,9796* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9750* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9667* |

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonuçları incelendiğinde lif kesit şekli, kalenderleme tipi ve gramajın kopma kuvveti (MD) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra lif kesit şekli ve kalenderleme tipi faktörlerinin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür (Şekil 4.26).

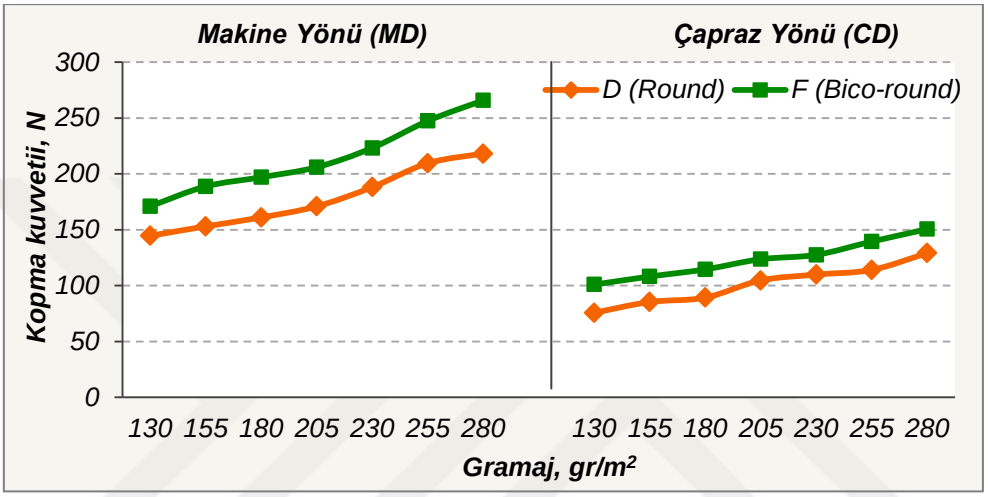



Şekil 4.26. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için faktör etkileşim grafiği

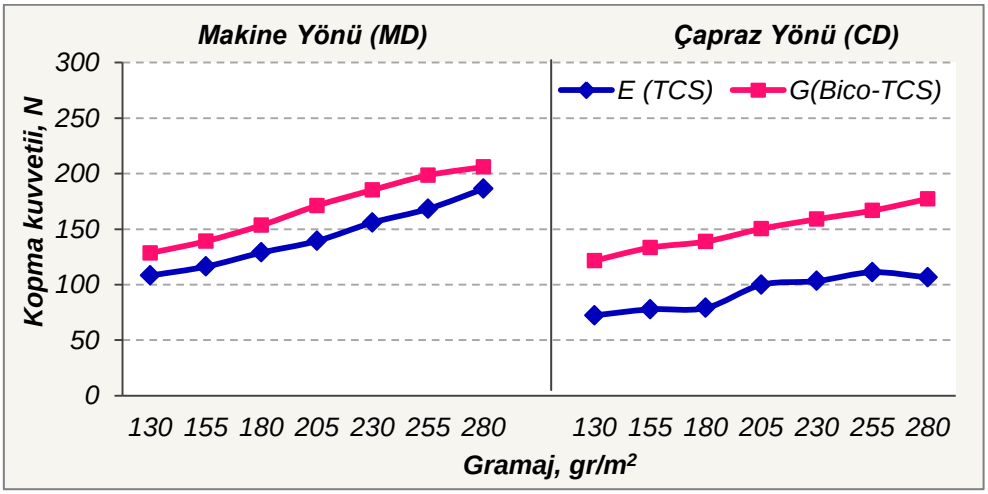
Şekil 4.27' de lif kesit durumu esas alınan yuvarlak kesitli bikomponent ve homokomponent dokusuz yüzey numunelerinin, Şekil 4.28' de lif kesit durumu esas alınan trilobal kesitli bikomponent ve homokomponent dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde yuvarlak ve trilobal lif kesit şekline sahip numunelerin tamamında bikomponent yapılı lifler içeren numunelerin homokomponent yapılı lifler içeren numunelerden daha fazla dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. Tüm gramaj değerleri için MD doğrultusundaki kopma kuvvetleri, CD doğrultusundaki kopma kuvvetlerinden yüksektir.

Isıl bağlanmış bikomponent lifli dokusuz yüzeylerin mekanik davranışları üzerinde bağlanma noktaları önemli bir katkı sağlar. Bağlanma noktaları, bikomponent yapıyı çevreleyen dış polimer ile lif ağındaki çekirdek polimerler tarafından kuvvetlendirilmiş bölgeleridir. Uygulanan basınç ve sıcaklık ile eriyen daha düşük erime sıcaklığına sahip polimer bileşeni, sürekli olarak eritilmemiş kısımları birleştirmektedir. Bağlama sonrasında dokusuz yüzeyde mevcut olan, sürekli ve hasara uğramamış çekirdek polimer bileşeni nedeniyle bikomponent yapılı dokusuz yüzeyler homokomponent yapılı yüzeyler ile karşılaştırıldığında

daha üstün mekanik özellikler göstermektedir (Demirci ve ark., 2011, Farukh ve ark., 2015). Bu çalışmada bikomponent lifli numunelerin MD ve CD doğrultusundaki kopma kuvvetlerinin daha yüksek olması bu durumu desteklemektedir.




Şekil 4.27. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için)




Şekil 4.28. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti değerleri (Trilobal kesitli numuneler için)

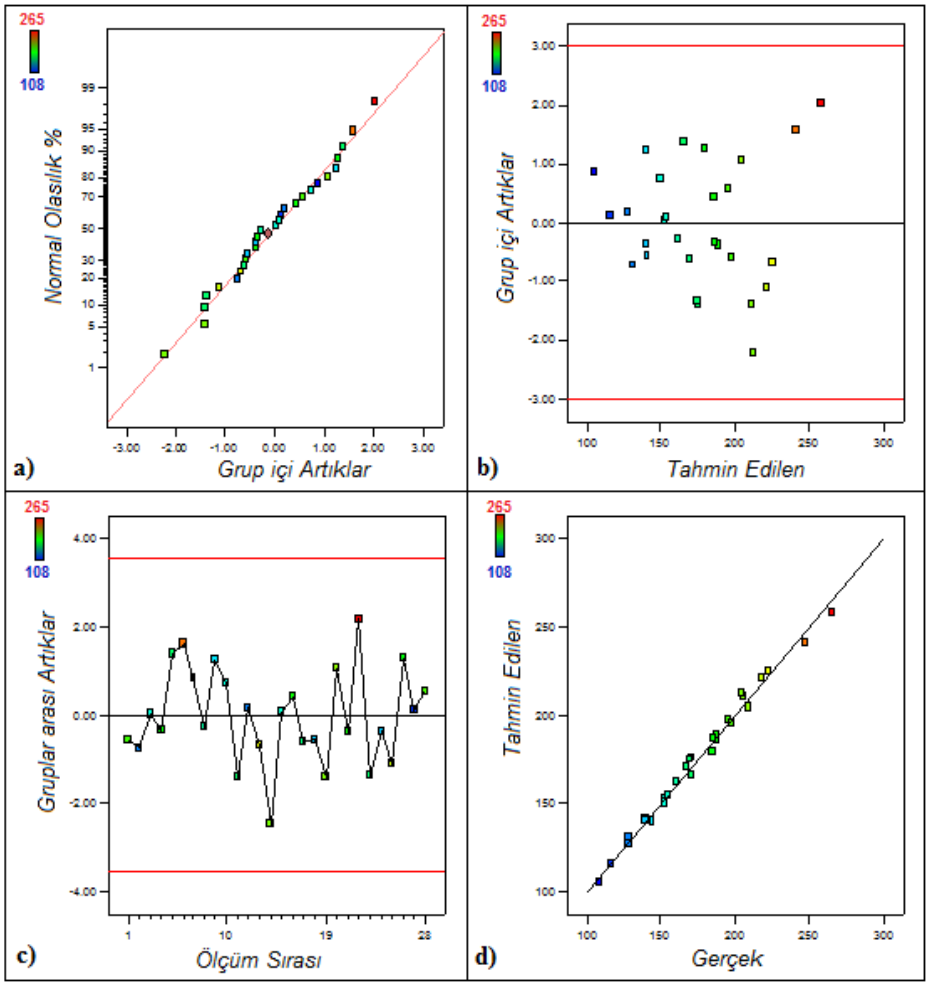
Çizelge 4.22' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun model Fifth model olarak görülmekte ve Design Expert programı da Fifth modeli önermektedir. Ancak modellerin F testi p değerleri, $R^2$, $R^2$d, ve $R^2$pre ve PRESS değerleri incelendiğinde modelin %5 güven aralığında anlamlı olmasının yanı sıra $R^2$, $R^2$d, ve $R^2$pre değerlerinin de Fifth modele yakın ve 1' e yaklaşık olduğu görülmektedir. Bu durumda Quadratic modelin regresyon denklemlerinde daha az sayıda ve daha az üstel fonksiyonlu terim içermesi, modelin kullanılabilirliği açısından daha basit olması nedeniyle Quadratic modelin seçilmesi daha uygundur. Quadratic model için engel teşkil edebilecek tek nokta PRESS değerinin Fifth modele göre daha yüksek olmasıdır; ancak diğer model istatistiği değerleri uygun olduğundan Quadratic modelin kullanılabileceğine karar verilmiştir.

Çizelge 4.22. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için istatistiksel model seçimi

| ***Model*** | ***F testi p değeri*** | ***Model istatistiği değerleri*** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Standart sapma*** | ***$R^2$*** | ***Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d)*** | ***Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)*** | ***PRESS*** |
| *Linear* | *< 0,0001* | *5,43* | *0,9821* | *0,9799* | *0,9749* | *995,47* |
| *2FI* | *0,0155* | *4,55* | *0,9890* | *0,9859* | *0,9789* | *833,48* |
| ***Quadratic*** | ***0,0068*** | ***3,87*** | ***0,9924*** | ***0,9898*** | ***0,9824*** | ***695,69*** |
| *Cubic* | *0,0699* | *3,35* | *0,9955* | *0,9924* | *0,9761* | *947,69* |
| *Quartic* | *0,0951* | *2,85* | *0,9975* | *0,9945* | *0,9430* | *2254,58* |
| *Fifth* | *0,0003* | *1,03* | *0,9998* | *0,9993* | *0,9950* | *197,59* |
| *Sixth* | *0,7648* | *1,21* | *0,9999* | *0,9990* | *0,9573* | *1691,79* |

Şekil 4.29' da lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için Quadratic model uygunluk grafikleri görülmektedir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna

ters düşecek herhangi bir durum olmadığı gözlemlenmektedir. Kopma kuvveti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen kopma kuvveti değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir kopma kuvveti tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen kopma kuvveti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.29. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için Quadratic model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer - gerçek değer grafiği

Çizelge 4.23' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA değerleri görülmektedir. Lif kesit şekline ait olan F değeri, lif kesit durumuna ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum lif kesit şekli değişiminin kopma kuvvetine (MD) etkisinin lif kesit durumuna göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla kopma

kuvveti (MD) performansı değiştirilmek istendiğinde lif kesit durumunu değiştirmek yerine lif kesit şeklini değiştirmek daha etkili olacaktır. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan XY ve XZ terimleri modelden çıkarılarak model yenilenmiştir.

Çizelge 4.23. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *39207,33* | *5* | *7841,47* | *459,92* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *21010,32* | *1* | *21010,32* | *1232,29* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *11200,00* | *1* | *11200,00* | *656,90* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *6665,14* | *1* | *6665,14* | *390,92* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *15,75* | *1* | *15,75* | *1,05* | *0,3172* | *Anlamlı değil* |
| *XZ* | *60,04* | *1* | *60,04* | *4,01* | *0,0589* | *Anlamlı değil* |
| *YZ* | *195,57* | *1* | *195,57* | *11,47* | *0,0027* | *Anlamlı* |
| *$X^2$* | *136,30* | *1* | *136,30* | *7,99* | *0,0098* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *375,10* | *22* | *17,05* | | | |
| *Toplam* | *39582,43* | *27* | | | | |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Lif kesit şekli, Z- Lif kesit durumu bağımsız değişkenlerine bağlı olarak kopma kuvvetini (KM) (MD) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi, lif kesit şekli yuvarlak lif kesit durumu bikomponent için Eşitlik 4.28' de lif kesit şekli yuvarlak lif kesit durumu homokomponent için Eşitlik 4.29' da, lif kesit şekli trilobal (TCS)- lif kesit durumu bikomponent için Eşitlik 4.30' da, lif kesit şekli trilobal (TCS)- lif kesit durumu homokomponent için Eşitlik 4.31' de de verilmiştir.

$$KM\ (MD) = +141{,}68143 + 0{,}13005 * X + 1{,}01905E\text{-}003 * X^2 \quad (4.28)$$

$$KM\ (MD) = +105{,}53857 + 0{,}13005 * X + 1{,}01905E\text{-}003 * X^2 \quad (4.29)$$

$$KM\ (MD) = +96{,}39571 + 0{,}13005 * X + 1{,}01905E\text{-}003 * X^2 \quad (4.30)$$

$$KM\ (MD) = +70{,}82429 + 0{,}13005 * X + 1{,}01905E\text{-}003 * X^2 \quad (4.31)$$

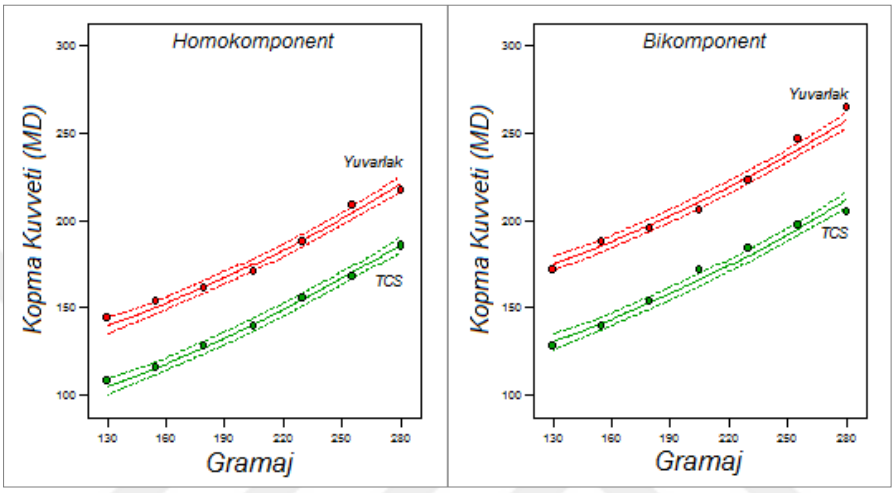
Çizelge 4.24'de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri görülmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler lif kesit durumu ve gramajın bağımlı değişken kopma kuvveti (MD) arasında $R^2$ değerinin 0,9905 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken kopma kuvvetini (MD) bağımsız değişken olan lif kesit durumu değişiminden %99,05 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9834' dür. Buradan, kurulan modelin lif kesit şekli ve kalenderleme tipi bağlı olarak kopma kuvvetini tahmin etmede %98,34 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.24. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *4,13* |
| *Ortalama* | *175,64* |
| *CV%* | *2,35* |
| *PRESS* | *658,66* |
| *$R^2$* | *0,9905* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9884* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9834* |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için ANOVA sonuçları incelendiğinde lif kesit şekli, kalenderleme tipi ve

gramajın kopma kuvveti (MD) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra lif kesit durumu faktörlerinin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür.



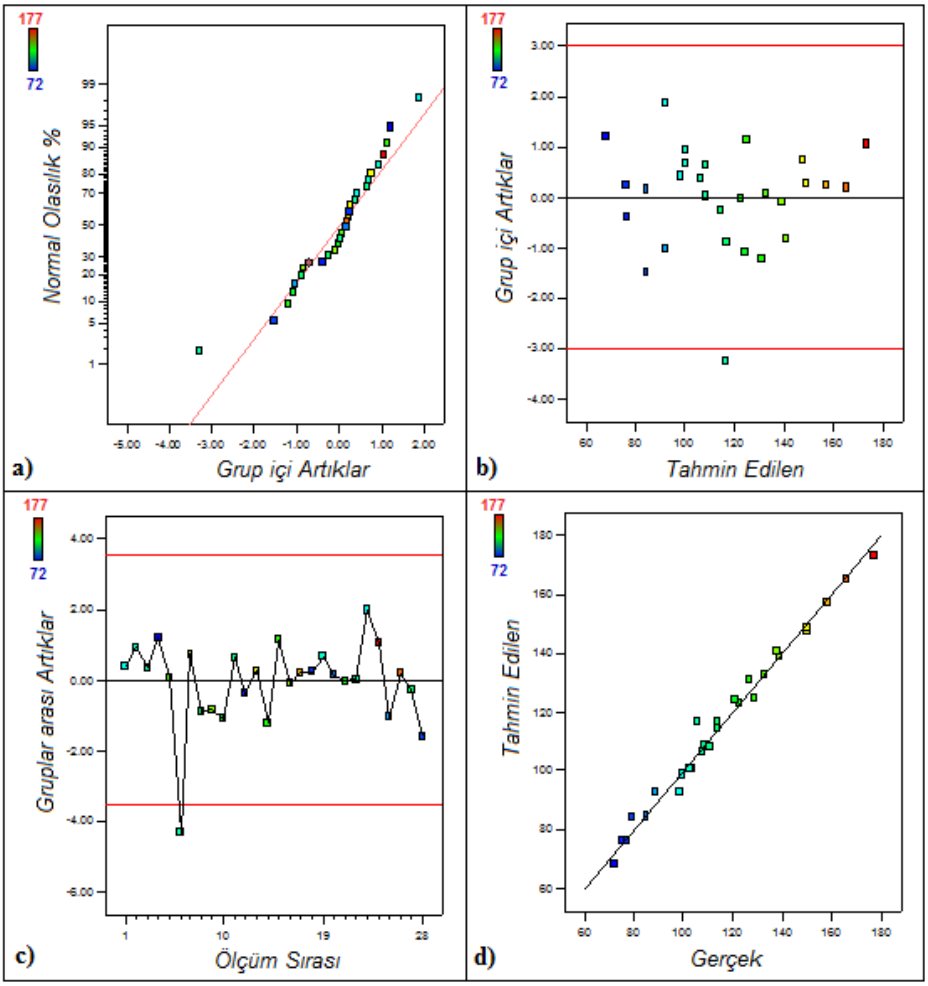

Şekil 4.30. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (MD) için faktör etkileşim grafiği

Kopma kuvveti (CD) için Çizelge 4.25 'de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun model 2FI model olarak görülmekte ve Design Expert programı da 2FI modeli önermektedir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.25. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| *Linear* | *< 0,0001* | *9,97* | *0,8877* | *0,8737* | *0,8451* | *3292,81* |
| ***2FI*** | ***< 0,0001*** | ***3,84*** | ***0,9854*** | ***0,9813*** | ***0,9708*** | ***621,10*** |
| *Quadratic* | *0,9454* | *3,94* | *0,9854* | *0,9803* | *0,9648* | *748,30* |
| *Cubic* | *0,1594* | *3,62* | *0,9901* | *0,9833* | *0,9582* | *889,71* |
| *Quartic* | *0,1884* | *3,30* | *0,9939* | *0,9862* | *0,9140* | *1829,10* |
| *Fifth* | *0,3726* | *3,18* | *0,9962* | *0,9872* | *0,9032* | *2057,19* |
| *Sixth* | *0,1750* | *2,32* | *0,9990* | *0,9932* | *0,2097* | *16804,00* |

Şekil 4.31'de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için 2FI model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum olmadığı gözlemlenmektedir. Kopma kuvveti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen kopma kuvveti değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir kopma kuvveti tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen kopma kuvveti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.31. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için 2FI model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer - gerçek değer grafiği

Çizelge 4.26' da lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA değerleri görülmektedir. Lif kesit şekline ait olan F değeri, lif kesit durumuna ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum lif kesit durumu değişiminin kopma kuvvetine (CD) etkisinin lif kesit şekline göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla kopma kuvveti (CD) performansı değiştirilmek istendiğinde lif kesit şeklini

değiştirmek yerine lif kesit durumunu değiştirmek daha etkili olacaktır. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan XY ve XZ terimleri modelden çıkarılarak model yenilenmiştir.

Çizelge 4.26. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti(CD) için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *20931,15* | *4* | *5232,79* | *364,09* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *7442,58* | *1* | *7442,58* | *517,84* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *549,14* | *1* | *549,14* | *38,21* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *10882,29* | *1* | *10882,29* | *757,17* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *2,58* | *1* | *2,58* | *0,17* | *0,6801* | *Anlamlı değil* |
| *XZ* | *18,08* | *1* | *18,08* | *1,23* | *0,2809* | *Anlamlı değil* |
| *YZ* | *2057,14* | *1* | *2057,14* | *143,13* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *330,56* | *23* | *14,37* | | | |
| *Toplam* | *21261,71* | *27* | | | | |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Lif kesit şekli, Z- Lif kesit durumu bağımsız değişkenlerine bağlı olarak kopma kuvvetini (CD) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemleri lif kesit şekli yuvarlak - lif kesit durumu bikomponent için Eşitlik 4.32' de, lif kesit şekli yuvarlak - lif kesit durumu homokomponent için Eşitlik 4.33' de, lif kesit şekli trilobal (TCS)- lif kesit durumu bikomponent için Eşitlik 4.34' de, lif kesit şekli trilobal (TCS)- lif kesit durumu homokomponent için Eşitlik 4.35' de verilmiştir.

$$KM\ (CD) = +56{,}15536 + 0{,}32607 * X \quad (4.32)$$

KM (CD) = +33,86964 +0,32607 *X (4.33)

KM (CD) = +82,15536 +0,32607 *X (4.34)

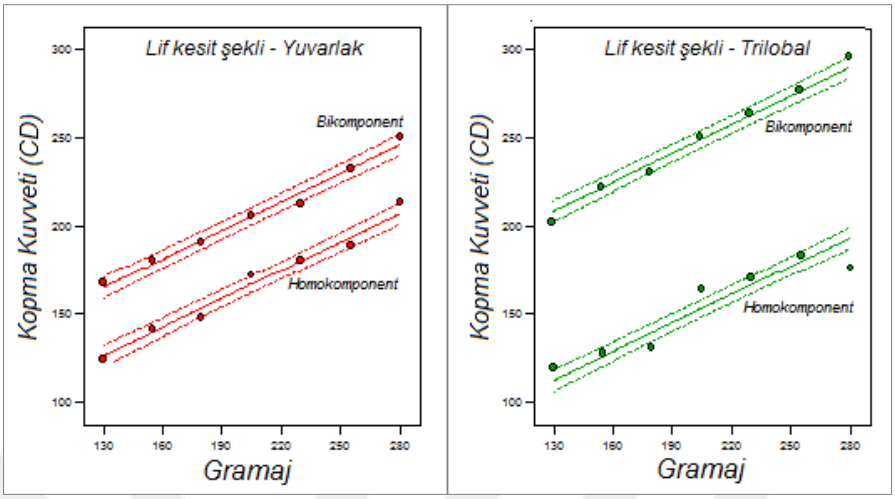
KM (CD) = +25,58393 +0,32607 *X (4.35)

Çizelge 4.27' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için istatistik model performans değerleri görülmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler lif kesit durumu ve gramajın bağımlı değişken kopma kuvveti (CD) arasında $R^2$ değerinin 0,9854 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken kopma kuvvetini (CD) bağımsız değişken olan lif kesit durumu değişiminden %98,54 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9708' dir. Buradan, kurulan modelin lif kesit durumuna bağlı olarak kopma kuvvetini tahmin etmede %97,08 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.27. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *3,84* |
| *Ortalama* | *116,29* |
| *CV%* | *3,30* |
| *PRESS* | *621,10* |
| *$R^2$* | *0,9854* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9813* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9708* |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için ANOVA sonuçları incelendiğinde lif kesit durumunun kopma kuvveti (CD) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra faktörlerin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür.




Şekil 4.32. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde kopma kuvveti (CD) için faktör etkileşim grafiği

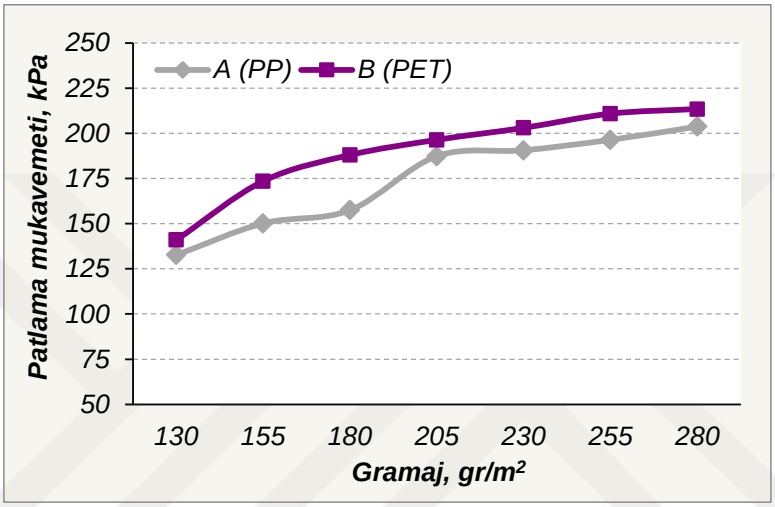
### 4.2.2. Patlama Mukavemeti

Patlama mukavemeti; kumaşa uygulanan dik yönde uygulanan basınç sonucu kumaşta patlamayı meydana getirecek basınç miktarı belirlenerek tayin edilmektedir. Çalışmada kullanılan her bir kumaş için patlama mukavemeti tayini; James H. Heal marka Truburst Patlama mukavemeti test cihazında 5 adet ölçüm yapılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen patlama mukavemeti testi sonuçları Ek - 1.7' de görülmektedir

Şekil 4.33' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri görülmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi PP ve PET hammaddeden üretilmiş dokusuz yüzey numunelerin tümünde gramajın artmasıyla birlikte patlama mukavemeti değerlerinde artış saptanmıştır. Önceki araştırmalar da gramaj artışı neticesinde uygulanan gerilime karşı koyan lif yoğunluğundaki artış nedeniyle yüzey patlama kuvvetine daha fazla direnç ortaya çıkması nedeniyle patlama mukavemetinde artış ortaya çıkmasını desteklemektedir (Das, 2009).

Diğer yandan hammadde değişkenliğinin kumaşların patlama mukavemetini etkilediği görülmüştür. Kullanılan hammaddelerden polipropilen

lifinin mukavemetinin (5-6,5 cN/dtex) polyester lifinin mukavemetinden (6-8,5 cN/dtex) daha düşük olması nedeniyle, polyester lifinden üretilen dokusuz yüzeylerin patlama mukavemeti değerlerinin polipropilen lifinden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerine göre daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur.



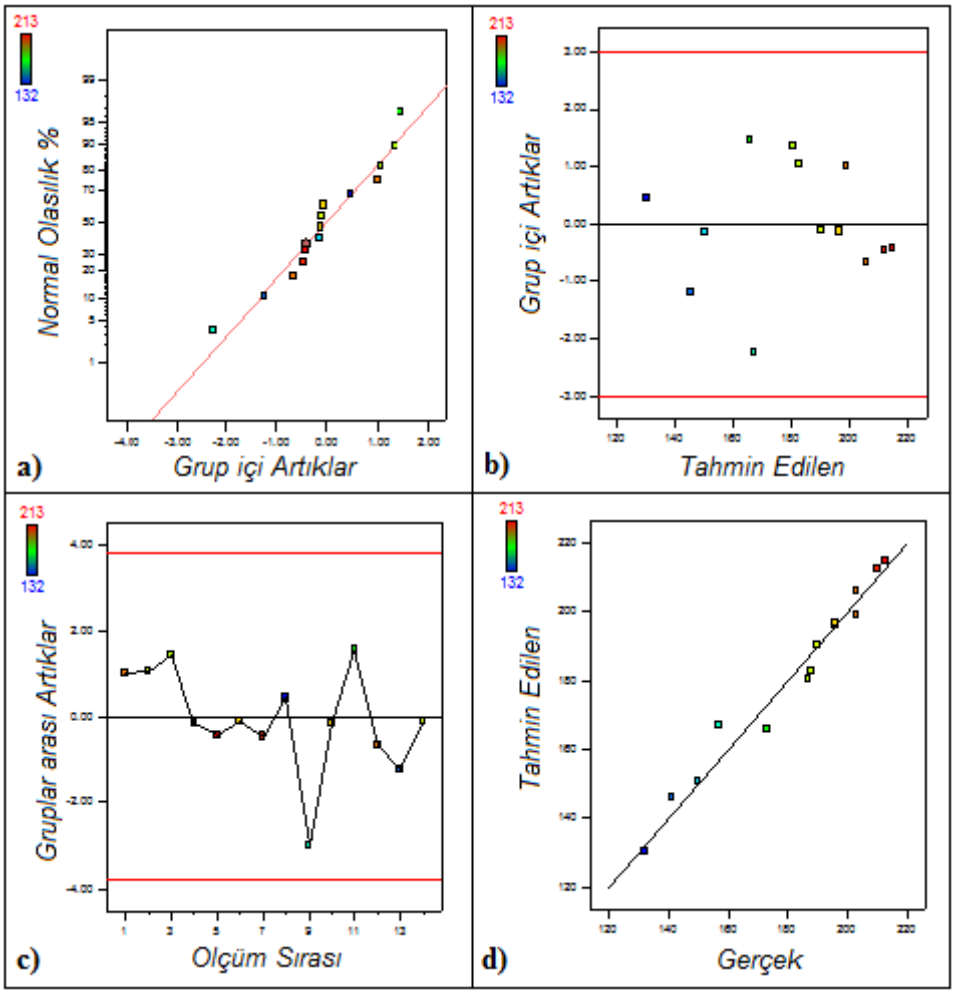

Şekil 4.33. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri

Çizelge 4.28 ‘de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemetinin istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde uygun modelin F testi p değerinin 0,05’ten küçük olduğu Quadratic model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel fonksiyona sahip olmaması nedeniyle karmaşık bir model değildir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.28. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| *Linear* | *< 0,0001* | *8,62* | *0,9097* | *0,8932* | *0,8454* | *1398,90* |
| *2FI* | *0,6322* | *8,93* | *0,9118* | *0,8853* | *0,7838* | *1956,88* |
| ***Quadratic*** | ***0,0019*** | ***5,36*** | ***0,9714*** | ***0,9587*** | ***0,9173*** | ***748,73*** |
| *Cubic* | *0,5233* | *5,54* | *0,9762* | *0,9559* | *0,8567* | *1296,40* |
| *Quartic* | *0,4045* | *5,47* | *0,9835* | *0,9570* | *0,6996* | *2718,73* |
| *Fifth* | *0,5388* | *5,75* | *0,9890* | *0,9525* | *-0,4230* | *12877,09* |
| *Sixth* | *0,6471* | *6,44* | *0,9954* | *0,9404* | *-34,0516* | *3,172E+005* |

Şekil 4.34' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde Quadratic model uygulandığında elde edilen model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Patlama mukavemeti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde doğru boyunca uygun dağılmıştır ve bu durum modelin normallik varsayımını göstermektedir. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen patlama mukavemeti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.34. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için Quadratic model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.29' da hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan AB terimi modelden çıkarılmış ve model yenilenmiştir. ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde gramaj ve hammadde değişiminin patlama mukavemeti üzerinde istatistiksel olarak

anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Gramaja ait olan F değeri, hammaddeye ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum gramajın patlama mukavemetine etkisinin hammaddeye göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla patlama mukavemeti performansı değiştirilmek istendiğinde hammadde değiştirmek yerine gramaj değişikliği yapmak daha etkili olacaktır.

Çizelge 4.29. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *8770,95* | *3* | *2923,65* | *105,07* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *848,64* | *1* | *848,64* | *30,50* | *0,0003* | *Anlamlı* |
| *Y* | *7383,02* | *1* | *7383,02* | *265,33* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *19,45* | *1* | *19,45* | *0,68* | *0,4321* | *Anlamlı değil* |
| *$Y^2$* | *539,29* | *1* | *539,29* | *19,38* | *0,0013* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *278,26* | *10* | *27,83* | | | |
| *Toplam* | *9049,21* | *13* | | | | |

Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Hammadde, Y- Gramaj ($gr/m^2$) bağımsız değişkenlerine bağlı olarak patlama mukavemetini (PM) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemleri Eşitlik 4.36' da, polipropilen hammadde için Eşitlik 4.37' de, polyester hammadde için Eşitlik 4.38' de verilmiştir.

$$PM = +188,52 +7,79* X +34,45* Y -16,12* Y^2 \quad (4.36)$$

$$PM= -33,88714+1,63462*X \ -2,86667E\text{-}003*X^2 \quad (4.37)$$

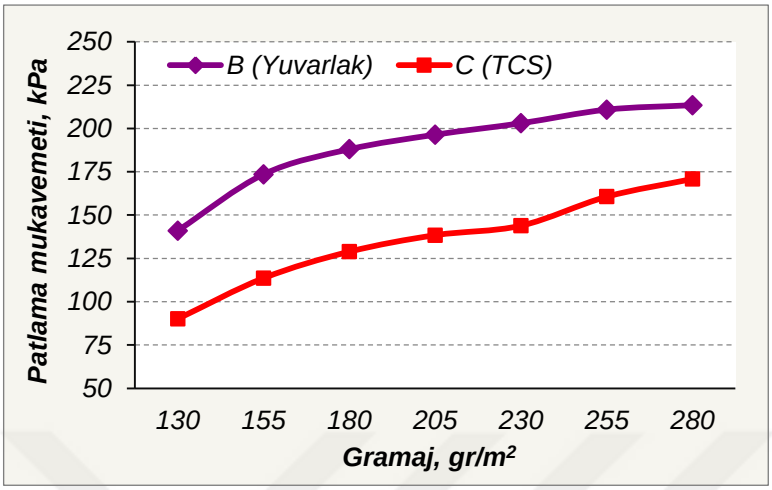
$$PM= -18,31571+1,63462*X \ -2,86667E\text{-}003*X^2 \quad (4.38)$$

Çizelge 4.30' da hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistik model performans değerleri görülmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler hammadde ve gramaj ve bağımlı değişken patlama mukavemeti arasında $R^2$ değerinin 0,9693 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken patlama mukavemetini bağımsız değişken olan hammadde ve gramaj değişiminden %96,93 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9414'tür. Buradan, kurulan modelin hammadde ve gramaja bağlı olarak patlama mukavemetini tahmin etmede %94,14 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

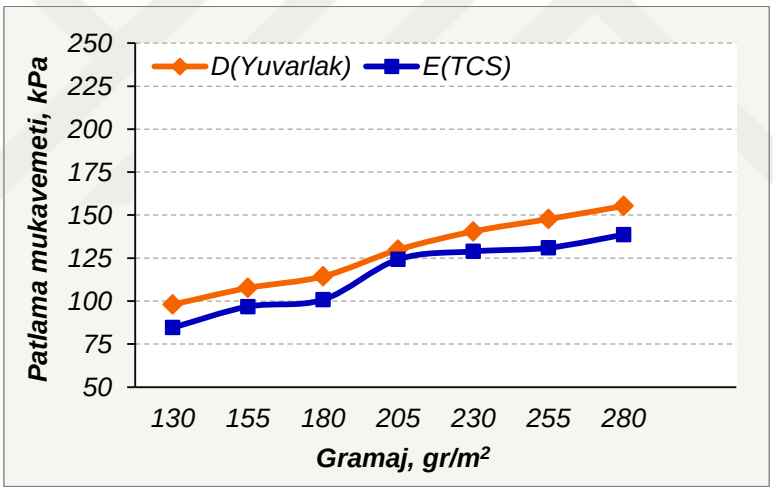
Çizelge 4.30. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *5,28* |
| *Ortalama* | *181,36* |
| *CV%* | *2,91* |
| *PRESS* | *530,23* |
| *$R^2$* | *0,9693* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9600* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9414* |

Şekil 4.35' de lif kesit şekli esas alınan noktalı kalenderli dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri, Şekil 4.36'da lif kesit şekli esas alınan düz kalenderli dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerlerinin gramaj ile değişimi görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde yuvarlak lif kesit şekline sahip numunelerin patlama mukavemeti değerlerinin trilobal (TCS) kesite sahip numunelerin patlama mukavemeti değerlerinden yüksek olduğu saptanmıştır.



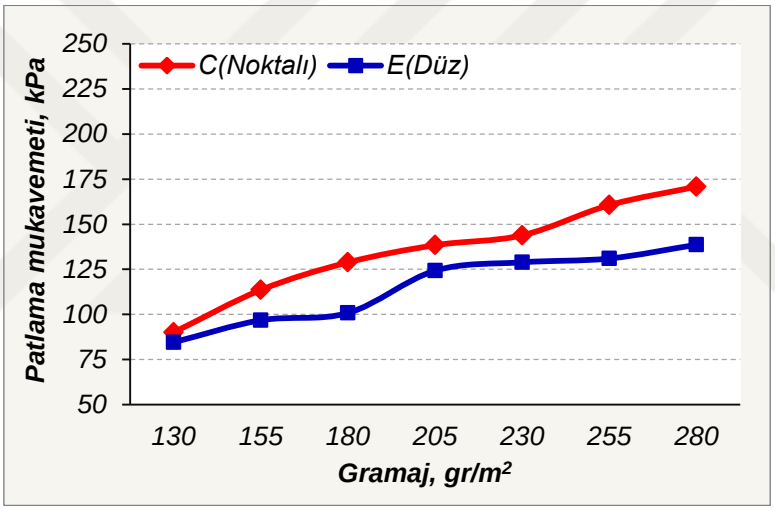

Şekil 4.35. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Noktalı kalenderli numuneler için)



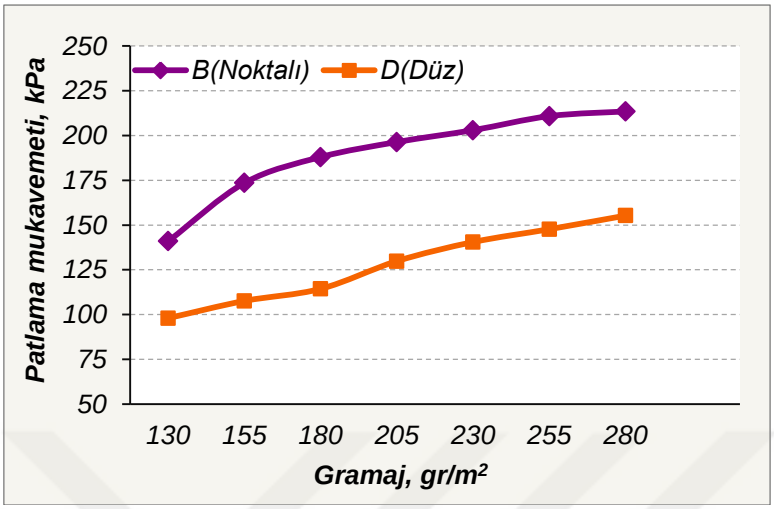

Şekil 4.36. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Düz kalenderli numuneler için)

Bu çalışmada kullanılan yuvarlak ve trilobal lif kesit şekline sahip numuneleri oluşturan liflerin yüzey alanlarındaki farklılık nedeniyle, lifler arası temas, bağlantı ve kesişmelerin de da bu durumdan etkilenerek değişiklik gösterdiği ve bu durumun kopma davranışında olduğu gibi patlama dayanımında farklılığa yol açtığı düşünülmektedir.

Kalenderleme tipi şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinden trilobal kesitli numuneler için Şekil 4.37' de, yuvarlak kesitli numuneler için Şekil 4.38'de patlama mukavemeti değerlerinin gramaj ile değişimi görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde trilobal ve yuvarlak kesitli dokusuz yüzey numunelerin tümünde, her gramaj değeri için noktalı kalenderleme uygulanmış numunelerin düz kalenderleme uygulanmış numunelere göre daha yüksek patlama direnci gösterdikleri; kalenderleme tipi değişiminden yuvarlak lif kesit şekline sahip numunelerin trilobal lif kesit şekline sahip numunelere göre daha çok etkilendiği belirlenmiştir.




Şekil 4.37. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Trilobal kesitli numuneler için)




Şekil 4.38. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için)

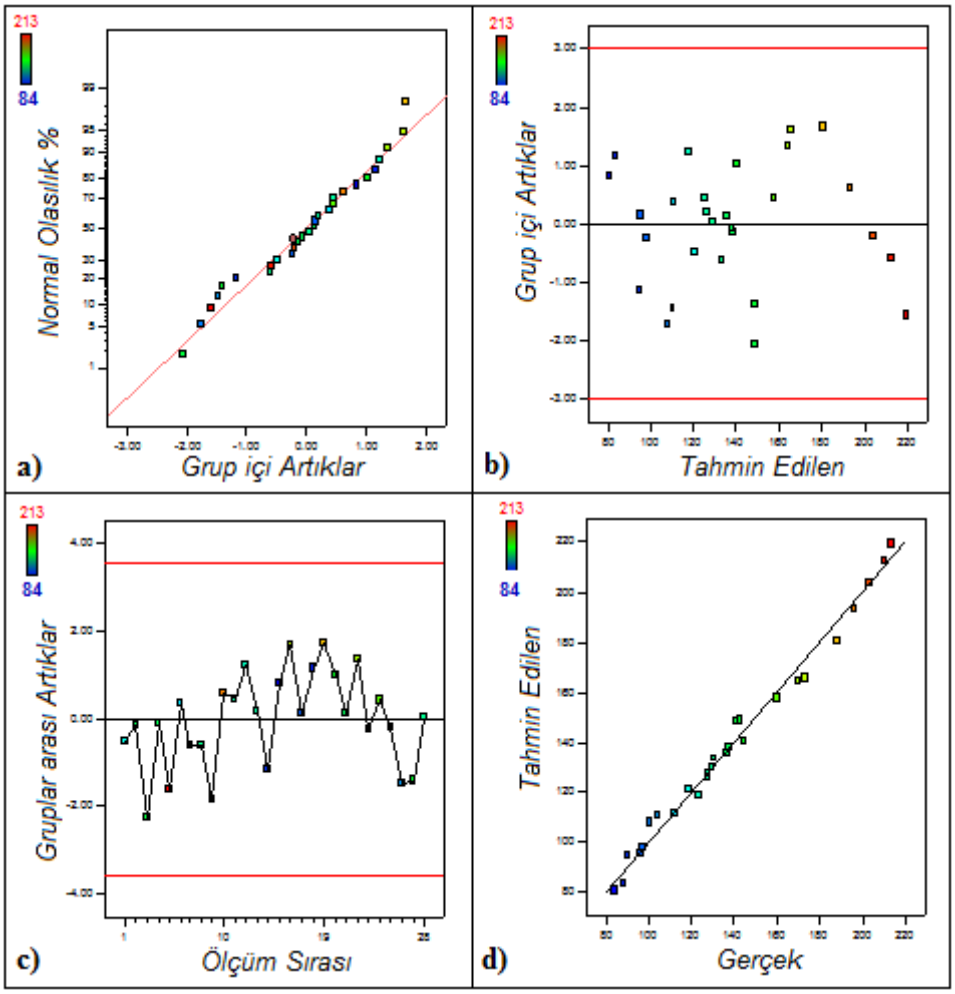
Isı ve noktasal basınç etkisinde uygulanan noktalı kalenderleme işleminde, eriyerek birbirine yapışan ve bağlanan lifler daha dayanımlı bir yapı oluşumuna olanak sağlamaktadır. Isıl bağlama, dokusuz yüzey yapının mekanik özelliklerini belirleyen en önemli faktördür (Chidambaram, 1999). Elde edilen patlama mukavemeti değerleri, kopma kuvvetinde olduğu gibi bu durumu desteklemektedir. Çizelge 4.31' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun model Quartic model olarak görülmekte ve Design Expert programı da Quartic modeli önermektedir. Ancak modellerin F testi p değerleri, $R^2$, $R^2$d, ve $R^2$pre ve PRESS değerleri incelendiğinde modelin %5 güven aralığında anlamlı olmasının yanı sıra $R^2$, $R^2$d, ve $R^2$pre değerlerinin de Quartic modele yakın ve 1' e yaklaşık olduğu görülmektedir. Bu durumda Quadratic modelin regresyon denklemlerinde daha az sayıda ve daha az üstel fonksiyonlu terim içermesi, modelin kullanılabilirliği açısından daha basit olması nedeniyle Quadratic modelin seçilmesi daha uygundur. Yapılan

değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.31. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| Linear | < 0,0001 | 15,40 | 0,8539 | 0,8357 | 0,8024 | 7698,22 |
| 2FI | < 0,0001 | 6,38 | 0,9780 | 0,9718 | 0,9553 | 1742,48 |
| **Quadratic** | **0,0019** | **5,11** | **0,9866** | **0,9819** | **0,9693** | 1194,52 |
| Cubic | 0,2283 | 4,83 | 0,9904 | 0,9838 | 0,9535 | 1809,77 |
| Quartic | 0,0169 | 3,50 | 0,9962 | 0,9915 | 0,9742 | 1003,38 |
| Fifth | 0,5097 | 3,56 | 0,9974 | 0,9912 | 0,9261 | 2880,07 |
| Sixth | 0,2719 | 2,95 | 0,9991 | 0,9940 | 0,4293 | 22231,56 |

Şekil 4.39' da lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için Quadratic model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters olan herhangi bir durum gözlenmemiştir. Patlama mukavemeti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde doğru boyunca uygun dağılmıştır ve bu durum modelin normallik varsayımını göstermektedir. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen patlama mukavemeti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.39. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için Quadratic model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.32' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan AB terimi modelden çıkarılarak model yenilenmiştir.

Çizelge 4.32. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *38428,20* | *6* | *6404,70* | *254,78* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *12665,01* | *1* | *12665,01* | *503,81* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *5742,89* | *1* | *5742,89* | *228,45* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *14858,04* | *1* | *14858,04* | *591,05* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *6,51* | *1* | *6,51* | *0,25* | *0,6228* | *Anlamlı değil* |
| *XZ* | *122,22* | *1* | *122,22* | *4,86* | *0,0387* | *Anlamlı* |
| *YZ* | *4706,04* | *1* | *4706,04* | *187,20* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| $X^2$ | *334,00* | *1* | *334,00* | *13,29* | *0,0015* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *527,91* | *21* | *25,14* | | | |
| *Toplam* | *38956,11* | *27* | | | | |

ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde lif kesit şekli ve kalenderleme tipinin patlama mukavemeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Kalenderleme tipine ait olan F değeri lif kesit şekline ait olan ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum kalenderleme tipinin patlama mukavemetine etkisinin lif kesit şekline göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla patlama mukavemeti performansı değiştirilmek istendiğinde kalenderleme tipini değiştirmek, lif kesit şeklini değiştirmekten daha etkili olacaktır.

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Lif kesit şekli, Z-Kalender tipi bağımsız değişkenlerine bağlı olarak patlama mukavemetini tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan değişkenlere göre Eşitlik 4.39' da verilmiştir. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$) bağımsız nümerik

değişkenine bağlı olarak patlama mukavemetini (PM) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemleri lif kesit şekli yuvarlak – kalenderleme tipi noktalı için Eşitlik 4.40' da, lif kesit şekli yuvarlak– kalenderleme tipi düz için Eşitlik 4.41' de, lif kesit şekli trilobal (TCS) – kalenderleme tipi noktalı için Eşitlik 4.42' de, lif kesit şekli trilobal (TCS) – kalenderleme tipi düz için Eşitlik 4.43' de verilmiştir.

$$PM= +142,81 +31,90*X -14,32*Y -23,04*Z -3,13* XZ +12,96* YZ - 8,97* X^2 \quad (4.39)$$

$$PM= +30,32679 +1,12119*X *-1,59524E-003 X^2 \quad (4.40)$$

$$PM= -24,54107 +1,03762* X -1,59524E-003*X^2 \quad (4.41)$$

$$PM= -24,24464 +1,12119* X -1,59524E-003 *X^2 \quad (4.42)$$

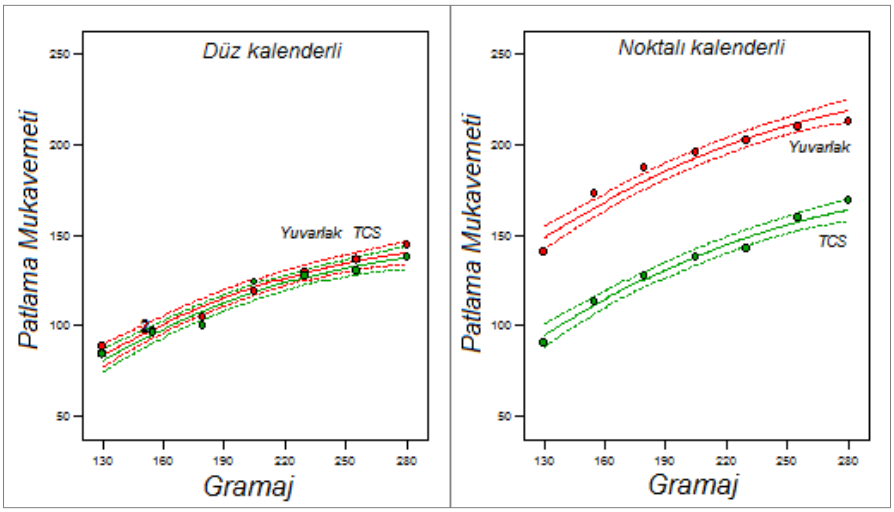
$$PM= -27,25536 +1,03762* X -1,59524E-003* X^2 \quad (4.43)$$

Çizelge 4.33' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri görülmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi bağımsız değişkenler lif kesit şekli ve kalenderleme tipi ve bağımlı değişken patlama mukavemeti arasında $R^2$ değerinin 0,9864 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken patlama mukavemetini bağımsız değişken olan lif kesit şekli ve kalenderleme tipi değişiminden %98,64 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9737 'dir. Buradan, kurulan modelin lif kesit şekli ve kalenderleme tipine bağlı olarak patlama mukavemetini tahmin etmede %97,37 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.33. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

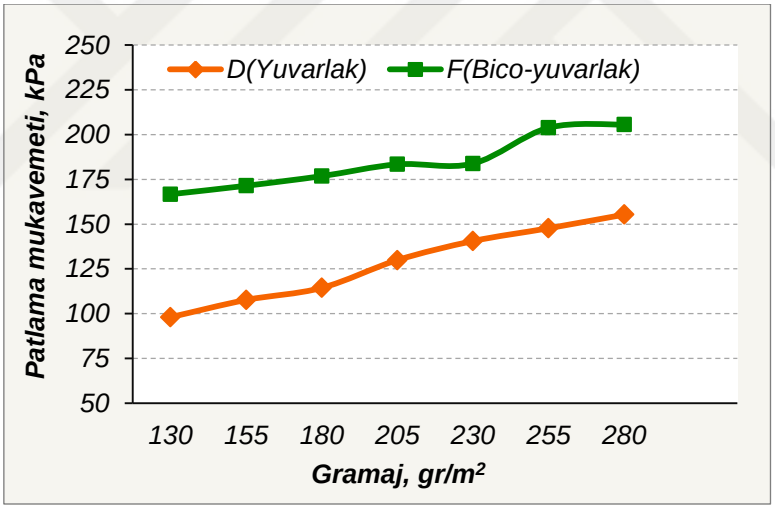
| Değer | Sonuç |
|---|---|
| *Standart sapma* | *5,01* |
| *Ortalama* | *138,82* |
| *CV%* | *3,61* |
| *PRESS* | *1025,06* |
| *$R^2$* | *0,9864* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9826* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9737* |

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonuçları incelendiğinde lif kesit şekli ve kalenderleme tipinin patlama mukavemeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra faktörlerin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür.

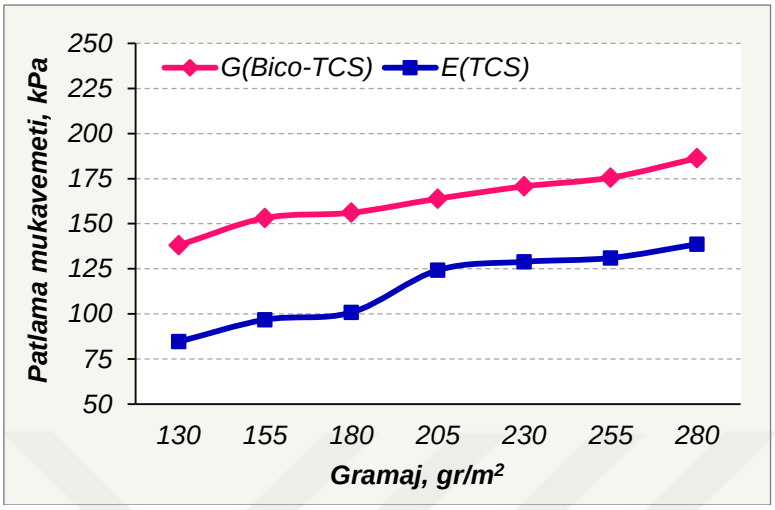



Şekil 4.40. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için faktör etkileşimleri

Şekil 4.41' de lif kesit durumu esas alınan yuvarlak lif kesit şekline sahip dokusuz yüzey numunelerinin, Şekil 4.42'de trilobal lif kesit şekline sahip dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerlerinin gramaj ile değişimi görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde yuvarlak ve trilobal lif kesit şekline sahip numunelerin tümünde bikomponent yapılı numunelerin patlama mukavemeti değerlerinin homokomponent yapılı numunelerin patlama mukavemeti değerlerinden yüksek olduğu saptanmıştır. Bikomponent yapıda kullanılan bağlayıcı polimer, kalenderleme esnasında ısı karşısında eriyerek doku bağlanmasını artırmaktadır. Dolayısıyla daha etkin bağlanmış, farklı doğrultularda oluşan kuvvetlere karşı daha dayanımlı bir kumaş yapısı ortaya çıkarken, bu durumun patlama mukavemeti değerlerini artırdığı düşünülmektedir.




Şekil 4.41. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için)



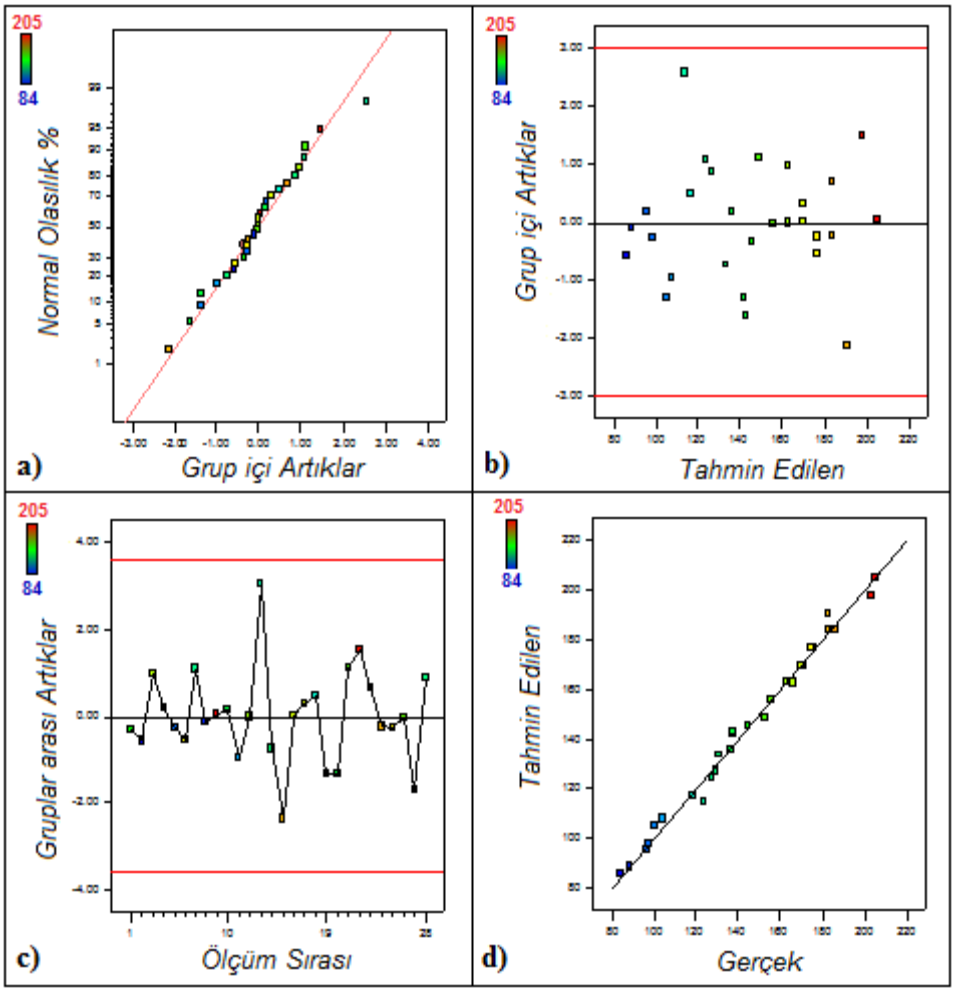

Şekil 4.42. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri (Trilobal kesitli numuneler için)

Çizelge 4.34' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu 2FI model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel fonksiyona sahip olmaması nedeniyle karmaşık bir model değildir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.34. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| *Linear* | *< 0,0001* | *6,79* | *0,9665* | *0,9623* | *0,9545* | *1502,69* |
| ***2FI*** | ***< 0,0001*** | ***4,01*** | ***0,9898*** | ***0,9868*** | ***0,9826*** | *573,15* |
| *Quadratic* | *0,5358* | *4,07* | *0,9900* | *0,9865* | *0,9809* | *628,94* |
| *Cubic* | *0,2498* | *3,88* | *0,9927* | *0,9877* | *0,9778* | *734,26* |
| *Quartic* | *0,6291* | *4,06* | *0,9940* | *0,9865* | *0,9531* | *1547,25* |
| *Fifth* | *0,6370* | *4,31* | *0,9955* | *0,9848* | *0,8703* | *4281,71* |
| *Sixth* | *0,1388* | *2,95* | *0,9989* | *0,9929* | *0,3590* | *21160,37* |

Şekil 4.43' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için 2FI model uygunluk grafikleri görülmektedir. Elde edilen model uygunluk grafikleri incelendiğinde model uygunluğuna ters olan herhangi bir durum gözlenmemiştir. Patlama mukavemeti için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde doğru boyunca uygun dağılmıştır ve bu durum modelin normallik varsayımını göstermektedir. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen patlama mukavemeti ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.43. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için 2FI model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği , b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.35 ’de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan XY terimi modelden çıkarılarak model yenilenmiştir. ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5’lik anlam düzeyinde lif kesit durumunun patlama mukavemeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir Lif kesit durumuna ait olan F değeri lif kesit şekline ait olan

ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum lif kesit durumunun patlama mukavemetine etkisinin lif kesit şekline göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla patlama mukavemeti performansı değiştirilmek istendiğinde lif kesit durumunu değiştirmek, lif kesit şeklini değiştirmekten daha etkili olacaktır.

Çizelge 4.35. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *32672,77* | *5* | *6534,55* | *425,44* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *7672,58* | *1* | *7672,58* | *499,53* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *972,32* | *1* | *972,32* | *63,30* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *23258,89* | *1* | *23258,89* | *1514,29* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *0,080* | *1* | *0,080* | *4,995E-003* | *0,9443* | *Anlamlı değil* |
| *XZ* | *192,94* | *1* | *192,94* | *12,56* | *0,0018* | *Anlamlı* |
| *YZ* | *576,04* | *1* | *576,04* | *37,50* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *337,91* | *22* | *15,36* | | | |
| *Toplam* | *3010,68* | *27* | | | | |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Lif kesit şekli, Z- Lif kesit durumu bağımsız değişkenlerine bağlı olarak patlama mukavemetini (PM) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemleri kodlanan değişkenlere göre Eşitlik 4.44' de, lif kesit şekli yuvarlak - lif kesit durumu bikomponent için Eşitlik 4.45' de, lif kesit şekli yuvarlak - lif kesit durumu homokomponent için Eşitlik 4.46' de, lif kesit şekli trilobal (TCS)- lif kesit durumu bikomponent için Eşitlik 4.47' de, lif kesit şekli trilobal (TCS)- lif kesit durumu homokomponent için Eşitlik 4.48' de verilmiştir.

PM= +144,61 +24,83*X -5,89*Y -28,82*Z +3,94* XZ
+4,54* YZ (4.44)

PM= +126,53036 +0,27964*X (4.45)

PM= +38,29107 +0,38464* X (4.46)

PM= +106,11250 +0,27750* X (4.47)

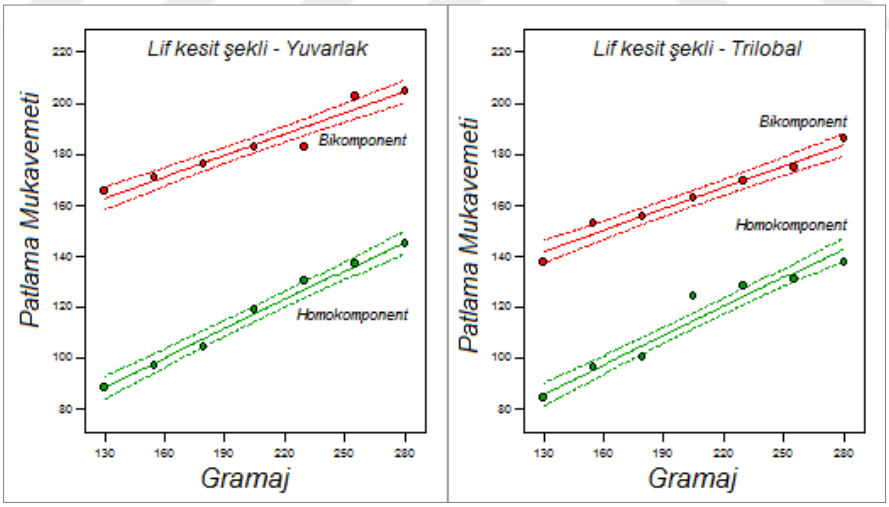
PM= +36,01607 +0,38250* X (4.48)

Çizelge 4.36' da lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans Değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde bağımsız değişkenler lif kesit durumu ve bağımlı değişken patlama mukavemeti arasında $R^2$ değerinin 0,9898 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken patlama mukavemetini bağımsız değişken olan lif kesit durumu değişiminden %98,98 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9826 'dir. Buradan, kurulan modelin lif kesit durumuna bağlı olarak patlama mukavemetini tahmin etmede %98,26 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.36. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| Değer | Sonuç |
|---|---|
| Standart sapma | 3,92 |
| Ortalama | 144,61 |
| CV% | 2,71 |
| PRESS | 524,74 |
| $R^2$ | 0,9898 |
| Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | 0,9874 |
| Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | 0,9841 |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için ANOVA sonuçları incelendiğinde lif kesit durumunun patlama mukavemeti üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra faktörlerin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür.




Şekil 4.44. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde patlama mukavemeti için faktör etkileşim grafiği

### 4.3. Kumaşların Geçirgenlik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Kumaşların geçirgenlik özellikleri kullanım yerine göre hem klasik tekstil ürünlerinde hem de fonksiyonel tekstillerde performans özelliklerini etkileyen önemli özelliklerindendir. Giysi konforu için spor tekstillerinde sıvı-su buharı geçirgenliği önem taşırken, paraşüt, yelken kumaşları veya rüzgardan koruyucu giysilerde hava geçirgenliği öne çıkmaktadır. Ses yalıtımı amaçlı kullanımlar değerlendirildiğinde ses geçirgenliği, bir başka deyişle ses absorbsiyonu önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında akustik özellikler açısından değerlendirilmek üzere numunelerin ses absorbsiyonu ve bu özellik ile ilişkili olarak hava geçirgenliği ölçümleri yapılmış ve yapısal parametrelere göre değerlendirilmiştir. Daha sonraki kısımlarda bu özellikler arasındaki korelasyon ilişkisi incelenmiştir.

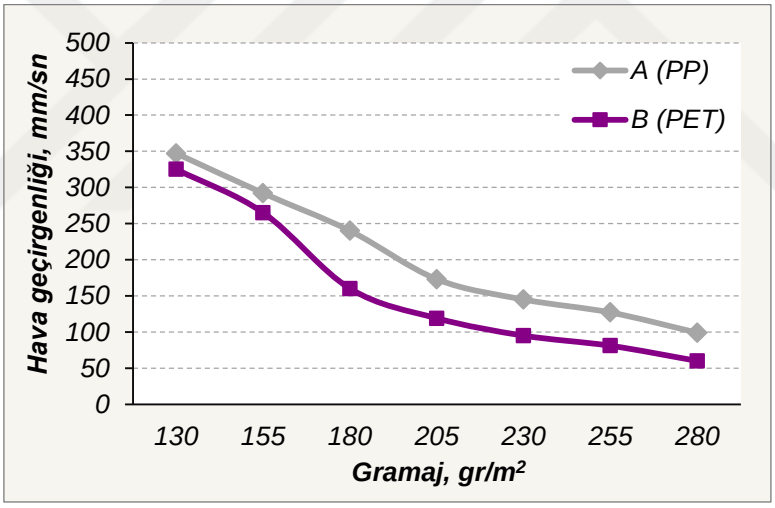
#### 4.3.1. Hava Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

Dokusuz yüzey numunelerin hava geçirgenliği ölçümü sonuçları, her kumaş için hesaplanan ortalama hava geçirgenliği, standart sapma ve %CV değerleri ile Ek -1.8' de sunulmaktadır.

Hava geçirgenliği, kumaşın iki yüzeyi arasından dik geçen hava akış oranı olarak ifade edilmektedir. Belirli bir alandan dikey yönde geçen hava akışının hızı, verilen zaman aralığında kumaşın ölçüm alanı içindeki basınç farkından ölçülür. Hava geçirgenliği kavramı, tekstil endüstrisinde yüzeyin karakterini ve özellikle ürünün fonksiyonel performansını açıklarken önemli bir teknik bilgidir. Akustik amaçlı materyallerde ses absorbsiyonunun tespitinde yapısal özelliklerin yanında hava geçirgenliği de belirleyici bir parametredir (Okur ve ark., 2008; Marmaralı, 2014).

Şekil 4.45'de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenliği değerleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde dokusuz yüzey numunelerinde gramajın artmasıyla birlikte hava geçirgenliği değerlerinde azalma oluştuğu belirlenmiştir. Gramaj artışı neticesinde

dokusuz yüzey yapıda birim alandaki lif yoğunluğu artarken, havanın içerisinden geçiş yapabileceği boşluklar azalmış ve bu durum numunelerin hava akışına karşı direnç göstermesini sağlarken, hava geçirgenliği değerleri azaltmıştır. Yüzeylerin hava geçirgenliği ile ses absorbsiyonu özellikleri birbirleri ile doğrudan ilişkilidir. Artan akış direnci ses absorbsiyonunu kritik bir noktaya kadar yükseltirken, bu noktadan sonra azalma ortaya çıkmakta ve materyal bir reflektör görevi görmeye başlamaktadır. Ayrıca bu durumda yapıda daha küçük gözenek varlığının mevcudiyeti de ses absorbsiyon özelliklerini geliştirecektir (Coates, 2002; Jayamaran, 2005). Sonuç olarak artan gramajlarda hava geçirgenliği düşük olan numunelerin ses absorbsiyon değerlerinin daha yüksek olması beklenmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu durumu desteklemektedir.




Şekil 4.45. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri

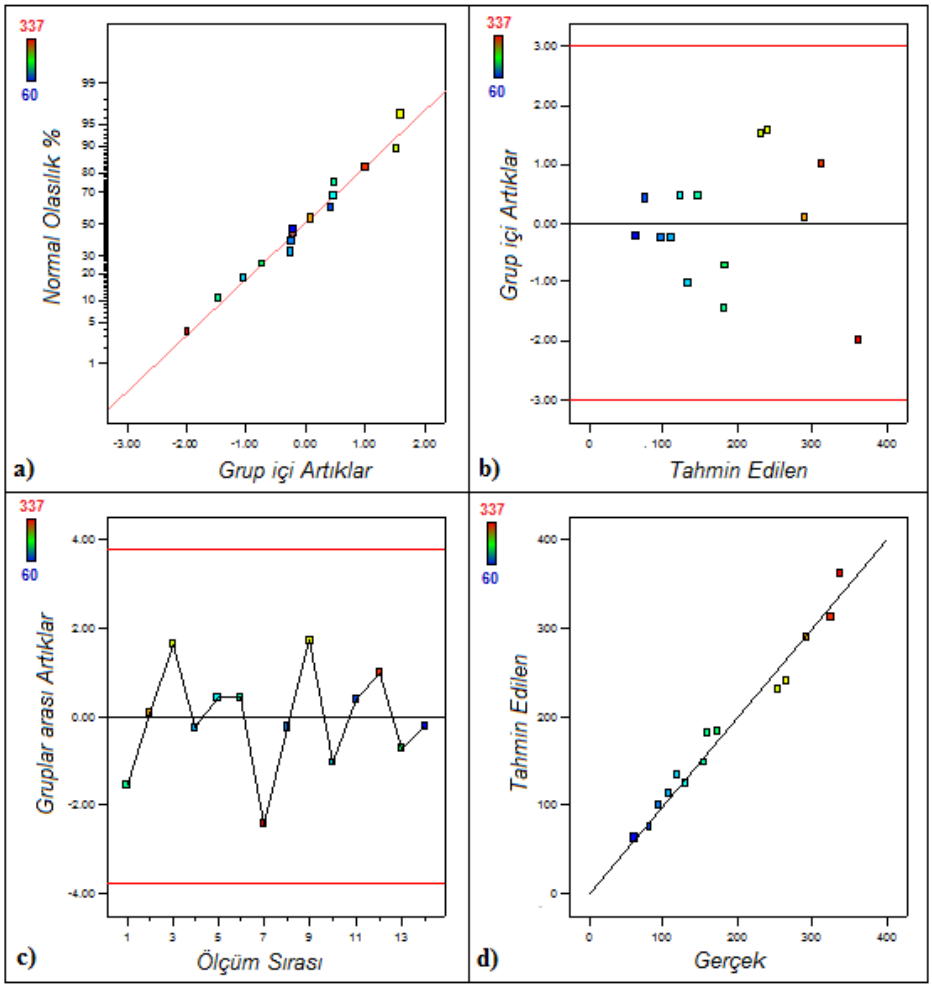
Çizelge 4.37' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliğinin istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu Quadratic model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel fonksiyona sahip

olmaması nedeniyle karmaşık bir model değildir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.37. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| Linear | < 0,0001 | 28,19 | 0,9236 | 0,9097 | 0,8736 | 14474,20 |
| 2FI | 0,5848 | 29,11 | 0,9260 | 0,9038 | 0,8396 | 18365,65 |
| **Quadratic** | **0,0014** | **16,93** | **0,9775** | **0,9674** | **0,9397** | **6906,29** |
| Cubic | 0,2473 | 15,73 | 0,9849 | 0,9719 | 0,9224 | 8882,20 |
| Quartic | 0,1496 | 12,73 | 0,9929 | 0,9816 | 0,8782 | 13947,16 |
| Fifth | 0,8643 | 15,65 | 0,9936 | 0,9722 | -0,5349 | 1,757E+005 |
| Sixth | 0,7115 | 19,28 | 0,9968 | 0,9578 | -23,8143 | 2,841E+006 |

Şekil 4.46' da hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için Quadratic model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters düşecek herhangi bir durum gözlemlenmemiştir. Hava geçirgenliği için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer - tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen hava geçirgenliği değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir hava geçirgenliği tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen hava geçirgenliği ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.46. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için Quadratic model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.38' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan XY terimi modelden çıkarılmış ve model yenilenmiştir.

Çizelge 4.38. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *1,116E+005* | *3* | *37212,87* | *130,53* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *8551,14* | *1* | *8551,14* | *30,00* | *0,0003* | *Anlamlı* |
| *Y* | *97194,45* | *1* | *97194,45* | *340,93* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *270,16* | *1* | *270,16* | *0,94* | *0,3571* | *Anlamlı değil* |
| $X^2$ | *5893,01* | *1* | *5893,01* | *20,67* | *0,0011* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *2850,83* | *10* | *285,08* | | | |
| *Toplam* | *1,145E+005* | *13* | | | | |

ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde gramaj ve hammadde değişiminin hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Gramaja ait olan F değeri, hammaddeye ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum gramajın hava geçirgenliğine etkisinin hammaddeye göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla hava geçirgenliği performansı değiştirilmek istendiğinde hammadde değiştirmek yerine gramaj değişikliği yapmak daha etkili olacaktır.

Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Hammadde bağımsız değişkenlerine bağlı olarak hava geçirgenliğini (HG) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.49' da, polipropilen hammadde için Eşitlik 4.50' de, polyester hammadde için Eşitlik 4.51' de verilmiştir.

$$HG = +158,88 -24,71*X -124,98 *Y +53,30 *Y^2 \quad (4.49)$$

$$HG = +923,45000 -5,55167* X +9,47619E-003* X^2 \quad (4.50)$$

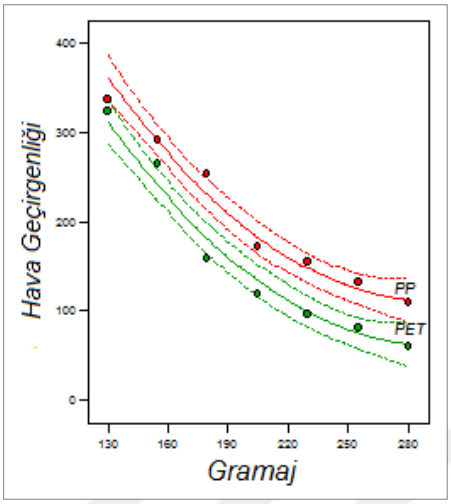
$$HG = +874,02143 -5,55167*X +9,47619E-003*X^2 \quad (4.51)$$

Çizelge 4.39' da hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistik model performans değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde bağımsız değişkenler hammadde ve gramaj ve bağımlı değişken hava geçirgenliği arasında $R^2$ değerinin 0,9751 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken hava geçirgenliğini bağımsız değişken olan hammadde ve gramaj değişiminden %97,51 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9475'tir. Buradan, kurulan modelin hammadde ve gramaja bağlı olarak hava geçirgenliğini tahmin etmede %94,75 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.39. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *16,88* |
| *Ortalama* | *182,57* |
| *CV%* | *9,25* |
| *PRESS* | *6009,79* |
| *$R^2$* | *0,9751* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9676* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9475* |

Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonuçları incelendiğinde hammadde tipi ve gramajın hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra hammadde ve gramaj faktörlerinin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür



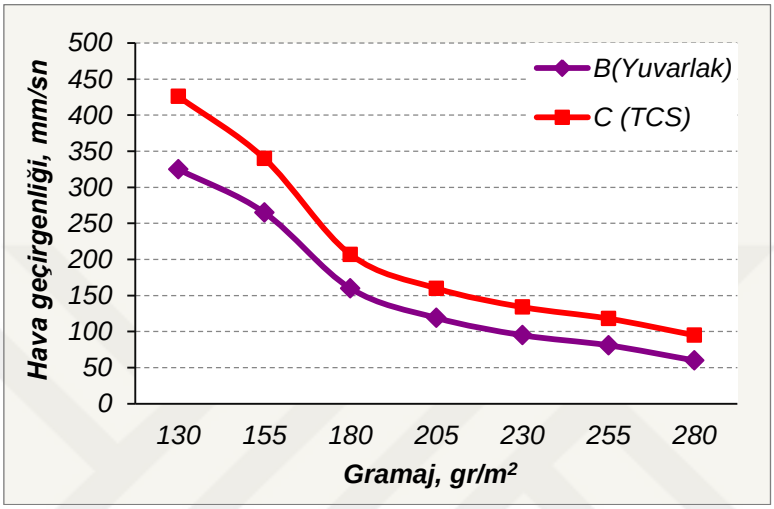

Şekil 4.47. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için faktör etkileşim grafiği

Şekil 4.47 incelendiğinde hammadde olarak polyester kullanılması durumunda gramajın artışı hava geçirgenliğinin azaltılmasında daha etkin olduğu görülmektedir. Hava geçirgenliğinin seçilen hammaddelerden polyester ve polipropilen için gramaj değişimi ile kontrolünde yüksek gramaj değerlerinde polyester liflerden üretilmiş kumaşlar tercih edilmesi hava geçirgenliğinin düşürülmesi için idealdir.

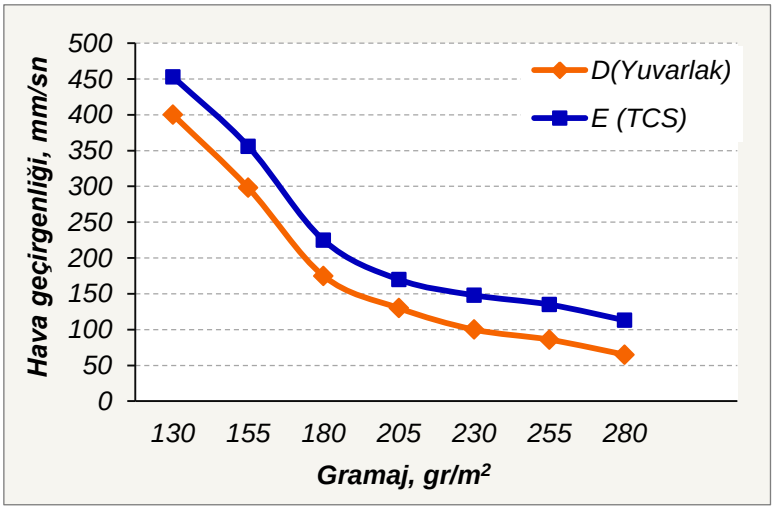
Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri noktalı kalenderli numuneler Şekil 4.48' de, düz kalenderli numuneler için Şekil 4.49' da görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde tüm gramaj değerleri için trilobal lif kesit şekline sahip numunelerin hava geçirgenlik değerlerinin, yuvarlak lif kesit şekline sahip numunelerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla yuvarlak lif kesit şekline sahip liflerden üretilen dokusuz yüzeylerin hava akışına karşı daha dirençli olduğu görülmektedir; bu durumun ses absorbsiyonunu iyileştireceği düşünülmektedir.

Farklı lif kesit şekillerinin farklı yüzey alanı oluşturmaları ve geçirgenlik özelliklerinin gözenek yapısı ile ilişkili olduğu değerlendirildiğinde (Okur ve ark.,

2008); farklı kesit şekillerine sahip liflerle elde edilen yapılarda rasgele lif yerleşiminin ortaya çıkardığı farklı kesişim ve bağlantıların gözenek boyutlarının azalmasına ve hava akışına karşı direncin artmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

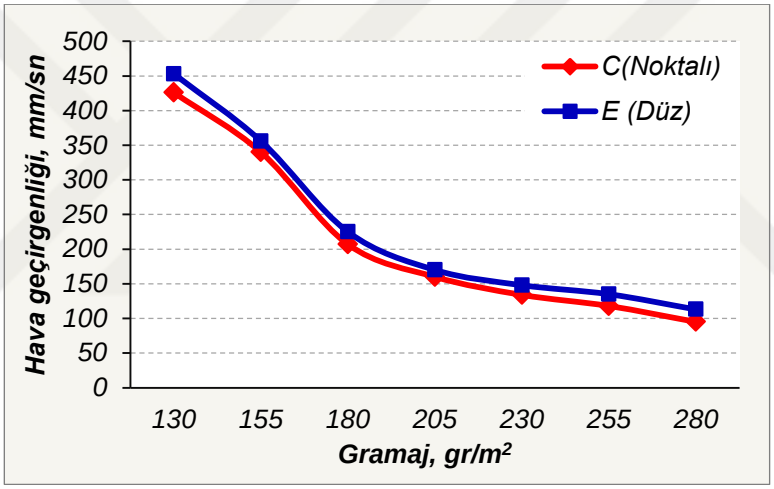



Şekil 4.48. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Noktalı kalenderli numuneler için)

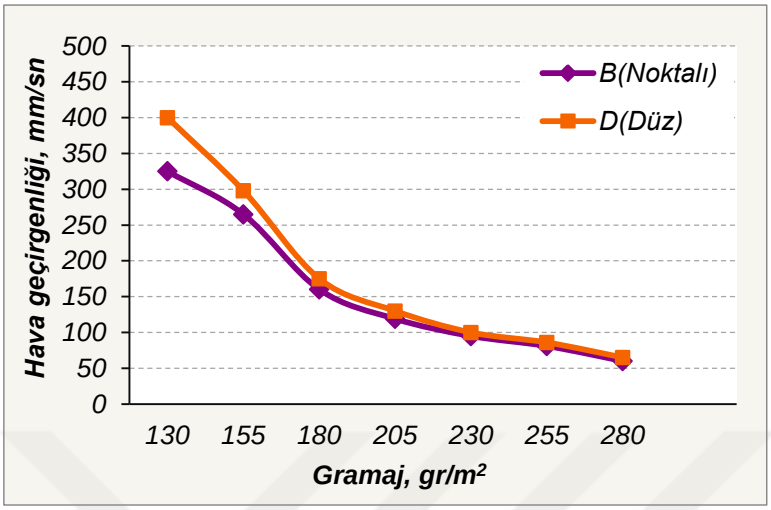



Şekil 4.49. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Düz kalenderli numuneler için)

Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerin hava geçirgenlik değerleri, trilobal lif kesit şekline sahip numuneler için Şekil 4.50' de ve yuvarlak lif kesit şekline sahip numuneler için Şekil 4.51' de görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde noktalı kalenderleme uygulanmış dokusuz yüzey numunelerin hava geçirgenlik değerlerinin düz kalenderleme uygulanmış olan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir, ancak belirgin bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla diğer proses değişkenleri olan lif kesit şekli ve gramaj ile birlikte anlamlı bir değişken olup olmadığı ve etki derecesi istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.




Şekil 4.50. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Trilobal kesitli numuneler için)



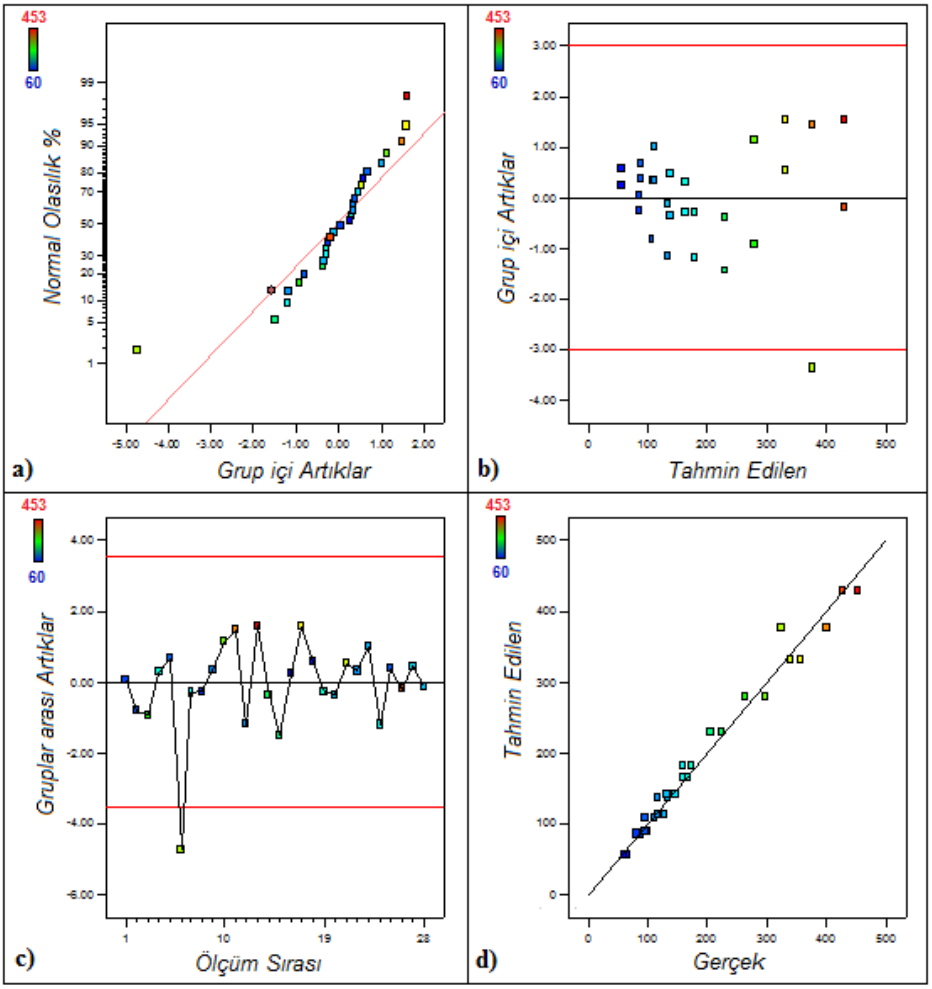

Şekil 4.51. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için)

Çizelge 4.40' da lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun modelin F testi p değerinin 0,05'ten küçük olduğu Fifth veya Sixth model olduğu görülmekte ve Design Expert programı da bu modeli önermektedir. Yapılan değerlendirme sonrasında Fifth model seçilerek, model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.40. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| Linear | < 0,0001 | 44,48 | 0,8706 | 0,8545 | 0,8212 | 65621,30 |
| 2FI | 0,8469 | 46,66 | 0,8754 | 0,8398 | 0,7571 | 89158,56 |
| Quadratic | < 0,0001 | 17,82 | 0,9827 | 0,9766 | 0,9646 | 12977,53 |
| Cubic | 0,1445 | 16,28 | 0,9884 | 0,9805 | 0,9605 | 14482,19 |
| Quartic | 0,0143 | 11,59 | 0,9956 | 0,9901 | 0,9742 | 9462,09 |
| **Fifth** | **0,0084** | **6,53** | **0,9991** | **0,9969** | **0,9875** | **4585,36** |
| Sixth | 0,0050 | 1,88 | 1,0000 | 0,9997 | 0,9853 | 5383,24 |

Şekil 4.52' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için Fifth model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters olan herhangi bir durum gözlenmemiştir. Hava geçirgenliği için elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer- tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen hava geçirgenliği değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen hava geçirgenliği ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir hava geçirgenliği tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen hava geçirgenliği ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.52. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için Fifth model uygunluk grafikleri; a)Artık değer normal olasılık grafiği, b)Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer - gerçek değer grafiği

Çizelge 4.41' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan Z, XY, XZ, YZ, XYZ, $X^2$ Y, $X^2$ Z, $X^2$ YZ, $X^3$Y, $X^3$Z, $X^3$YZ, $X^4$Y, $X^4$Z, $X^5$ terimleri modelden çıkarılarak model yenilenmiştir.

Çizelge 4.41. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *3,596E+005* | *5* | *71919,78* | *213,23* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *30457,52* | *1* | *30457,52* | *90,30* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *18565,75* | *1* | *18565,75* | *55,04* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *218,77* | *1* | *218,77* | *5,13* | *0,0534* | *Anlamlı değil* |
| *XY* | *70,41* | *1* | *70,41* | *1,65* | *0,2350* | *Anlamlı değil* |
| *XZ* | *11,69* | *1* | *11,69* | *0,27* | *0,6149* | *Anlamlı değil* |
| *YZ* | *24,49* | *1* | *24,49* | *0,57* | *0,4705* | *Anlamlı değil* |
| $X^2$ | *8966,01* | *1* | *8966,01* | *26,58* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XYZ* | *13,50* | *1* | *13,50* | *0,32* | *0,5892* | *Anlamlı değil* |
| $X^2Y$ | *98,50* | *1* | *98,50* | *2,31* | *0,1672* | *Anlamlı değil* |
| $X^2Z$ | *7,60* | *1* | *7,60* | *0,18* | *0,6841* | *Anlamlı değil* |
| $X^3$ | *840,17* | *1* | *840,17* | *2,49* | *0,1288* | *Anlamlı* |
| $X^2YZ$ | *127,53* | *1* | *127,53* | *2,99* | *0,1222* | *Anlamlı değil* |
| $X^3Y$ | *8,17* | *1* | *8,17* | *0,19* | *0,6734* | *Anlamlı değil* |
| $X^3Z$ | *60,17* | *1* | *60,17* | *1,41* | *0,2692* | *Anlamlı değil* |
| $X^4$ | *2432,10* | *1* | *2432,10* | *7,21* | *0,0135* | *Anlamlı* |
| $X^3YZ$ | *28,17* | *1* | *28,17* | *0,66* | *0,4401* | *Anlamlı değil* |
| $X^4Y$ | *37,51* | *1* | *37,51* | *0,88* | *0,3760* | *Anlamlı değil* |
| $X^4Z$ | *5,09* | *1* | *5,09* | *0,12* | *0,7387* | *Anlamlı değil* |
| $X^5$ | *1200,07* | *1* | *1200,07* | *28,12* | *0,0007* | *Anlamlı değil* |
| *Artık* | *7420,36* | *22* | *337,29* | | | |
| *Toplam* | *3,670E+005* | *27* | | | | |

ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde lif kesit şeklinin hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu ancak kalenderleme tipinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir.

Dolayısıyla hava geçirgenliği performansı değiştirilmek istendiğinde lif kesit şeklini değiştirmek etkin olacaktır.

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde Z- Kalenderleme tipi bağımsız değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle modelden çıkarılmasıyla X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Lif kesit şekli bağımsız değişkenlerine bağlı olarak hava geçirgenliğini (HG) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.52' de, lif kesit şekli yuvarlak için Eşitlik 4.53' de, lif kesit şekli trilobal (TCS) için Eşitlik 4.54' de verilmiştir.

$$HG = +139{,}03 - 134{,}14 * X + 25{,}75 * Y + 197{,}27 * X^2 - 26{,}62 * X^3 - 93{,}89 * X^4 \quad (4.52)$$

$$HG = -2743{,}05878 + 78{,}12986 * X - 0{,}67431 * X^2 + 2{,}37005E\text{-}003 * X^3 - 2{,}96727E\text{-}006 * X^4 \quad (4.53)$$

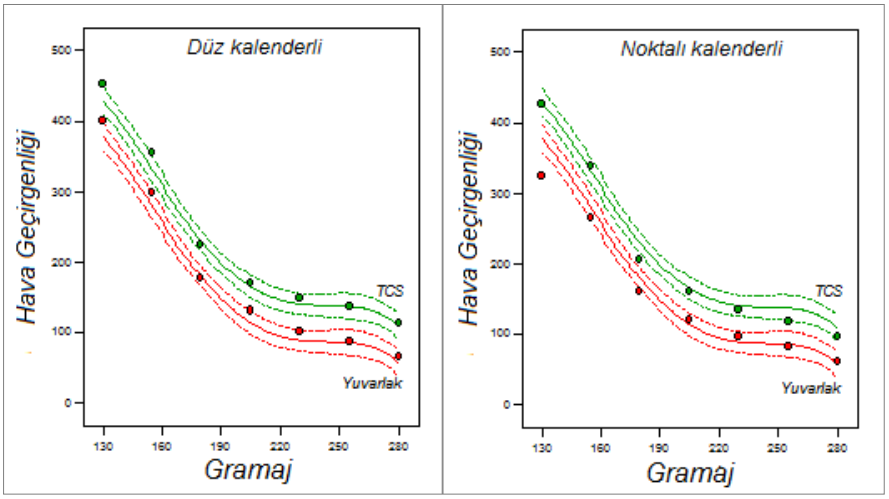
$$HG = -2691{,}55878 + 78{,}12986 * X - 0{,}67431 * X^2 + 2{,}37005E\text{-}003 * X^3 - 2{,}96727E\text{-}006 * X^4 \quad (4.54)$$

Çizelge 4.42' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde bağımsız değişkenler lif kesit şekli ve kalenderleme tipi ve bağımlı değişken hava geçirgenliği arasında $R^2$ değerinin 0,9798 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken hava geçirgenliğini bağımsız değişken olan lif kesit şekli ve kalenderleme tipi değişiminden %97,66 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9643 'dür. Buradan, kurulan modelin lif kesit şekli ve kalenderleme tipine bağlı olarak hava geçirgenliğini tahmin etmede %97,58 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.42. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| Değer | Sonuç |
|---|---|
| *Standart sapma* | *18,37* |
| *Ortalama* | *194,25* |
| *CV%* | *9,45* |
| *PRESS* | *13087,11* |
| *$R^2$* | *0,9798* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9752* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9643* |

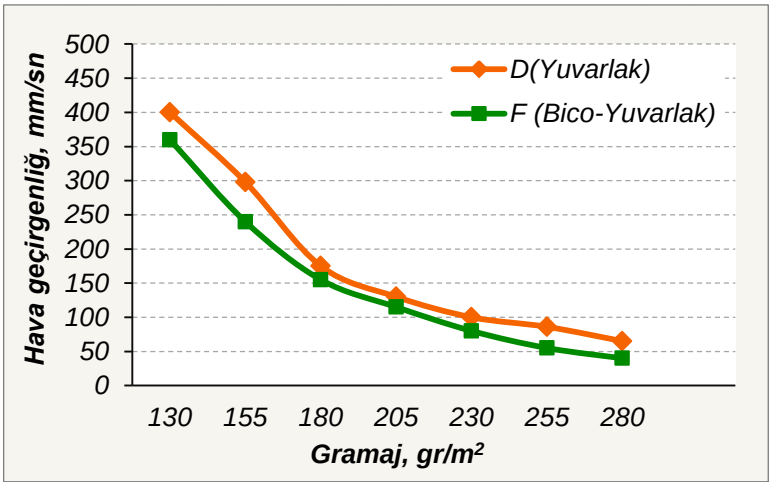
Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonuçları incelendiğinde lif kesit şeklinin hava geçirgenliği üzerinde anlamlı etki gösterdiği, ancak kalenderleme tipinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Şekil 4.53' de bu numunelerin lif kesit şekli ve kalenderleme tipi için etkileşim grafiği incelendiğinde değişkenlerin belirgin bir farklılık oluşturmadığı gözlenmektedir.



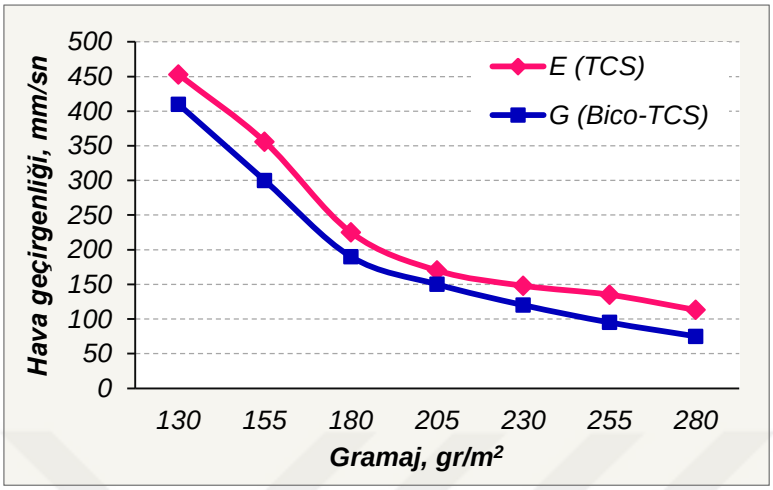

Şekil 4.53. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için faktör etkileşim grafiği

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerin hava geçirgenlik değerleri yuvarlak kesitli lifler için Şekil 4.54'de, trilobal kesitli lifler için Şekil 4.55' de görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde yuvarlak ve trilobal (TCS) kesite sahip bikomponent liflerden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerlerinin tüm gramaj değerleri için, homokomponent liflerden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

Bikomponent lifler içeren dokusuz yüzey numunelerde düşük erime sıcaklığına sahip CoPET polimeri ısıl bağlama esnasında eriyerek akış kazanmakta ve dokuda etrafındaki liflere bulaşarak bağlama sağlamaktadır. Bu bağlama karakterinin lifler arası kesişim ve bağlantıları sınırladığı, lif pürüzlülüğünü etkilediği düşünüldüğünde gözenek çaplarında da azalma ortaya çıkarması, gözenek boyutu ölçümleri ile belirlenmiştir. Hava geçirgenliğinin gözenek yapısı ile ilişkisi değerlendirildiğinde bu durumun hava akış direncini artıracağı ve hava geçirgenliği değerlerinde azalma oluşturduğu düşünülmektedir.




Şekil 4.54. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Yuvarlak kesitli numuneler için)



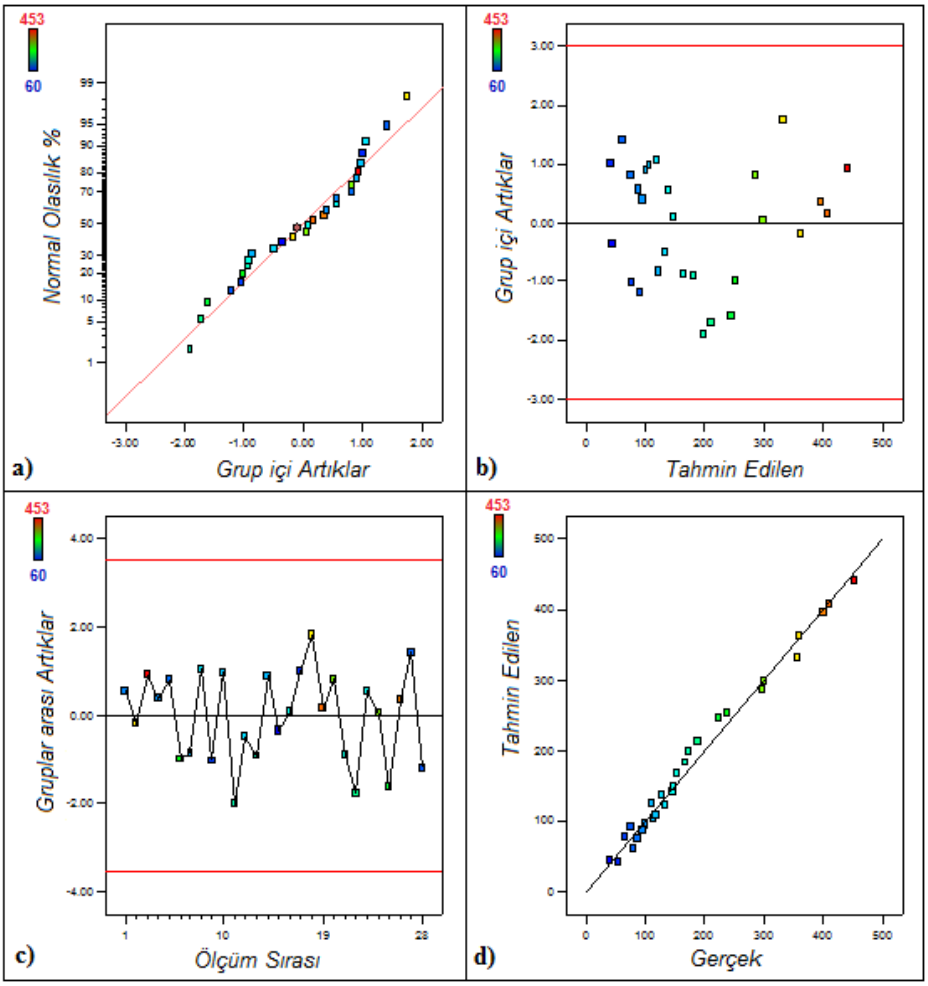

Şekil 4.55. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenlik değerleri (Trilobal kesitli numuneler için)

Çizelge 4.43' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde 2FI ve Quartic dışındaki diğer modellerin %5 güven aralığında anlamlı modeller olduğu görülmekte ve Design Expert programı Cubic veya Sixth modeli önermektedir. Quadratic modelin daha az üstel fonksiyona sahip olması, kullanılabilirlik açısından daha basit bir model olması ve diğer modeller ile kıyaslandığında istatistik değerlerinin daha anlamlı olması nedeniyle en uygundur. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.43. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için istatistiksel model seçimi

| Model | F testi p değeri | Model istatistiği değerleri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Standart sapma | $R^2$ | Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | PRESS |
| Linear | < 0.0001 | 44.00 | 0.8788 | 0.8636 | 0.8313 | 64663.85 |
| 2FI | 0.9784 | 46.83 | 0.8799 | 0.8455 | 0.7574 | 92966.73 |
| **Quadratic** | **< 0.0001** | **14.83** | **0.9885** | **0.9845** | **0.9788** | **8125.86** |
| Cubic | 0.0245 | 11.91 | 0.9941 | 0.9900 | 0.9814 | 7123.10 |
| Quartic | 0.3383 | 11.54 | 0.9958 | 0.9906 | 0.9627 | 14296.32 |
| Fifth | 0.0069 | 6.35 | 0.9992 | 0.9972 | 0.9800 | 7652.93 |
| Sixth | 0.0266 | 2.80 | 0.9999 | 0.9994 | 0.9280 | 27577.98 |

Şekil 4.56' da Quadratic model uygulandığında elde edilen model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters olan herhangi bir durum gözlenmemiştir. Hava geçirgenliği için elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde uygun dağılmıştır. Artık değer- tahmini değer grafiğinde, tahmin edilen hava geçirgenliği değerlerinin artıklarının homojen bir şekilde dağıldığı görülmektedir. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen hava geçirgenliği ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir. Sapan değer grafiğinde, analiz dışında bırakılması gereken hiçbir hava geçirgenliği tahmin noktasına rastlanmamıştır. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen hava geçirgenliği ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.56. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için Quadratic model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer -tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer - gerçek değer grafiği

Çizelge 4.44' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA değerleri görülmektedir. Analizde, modele katkısı anlamlı olmayan YZ, XZ veYZ terimleri modelden çıkarılarak model yenilenmiştir. ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde lif kesit şekli ve lif kesit durumunun hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Lif kesit durumuna ait olan F değeri, lif

kesit şekline ait olan F değerinden daha düşüktür ki bu durum lif kesit şeklinin hava geçirgenliğine etkisinin lif kesit durumuna göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla hava geçirgenliği performansı değiştirilmek istendiğinde lif kesit durumunu değiştirmek yerine, lif kesit şeklini değiştirmek daha etkili olacaktır.

Çizelge 4.44. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *3,785E+005* | *4* | *94618,04* | *451,82* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *3,143E+005* | *1* | *3,143E+005* | *1500,81* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *14674,32* | *1* | *14674,32* | *70,07* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *7855,75* | *1* | *7855,75* | *37,51* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *118,08* | *1* | *118,08* | *0,54* | *0,4721* | *Anlamlı değil* |
| *XZ* | *209,01* | *1* | *209,01* | *0,95* | *0,3412* | *Anlamlı değil* |
| *YZ* | *92,89* | *1* | *92,89* | *0,42* | *0,5231* | *Anlamlı değil* |
| $X^2$ | *41652,03* | *1* | *41652,03* | *198,90* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *4816,50* | *23* | *209,41* | | | |
| *Toplam* | *3,833E+005* | *27* | | | | |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$),Y- Lif kesit şekli, Z- Lif kesit durumu bağımsız değişkenlerine bağlı olarak hava geçirgenliğini (HG) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemi kodlanan bağımsız değişkenlere göre Eşitlik 4.55' de, lif kesit durumu bikomponent -lif kesit şekli yuvarlak için Eşitlik 4.56' da, lif kesit durumu bikomponent -lif kesit şekli trilobal (TCS) için Eşitlik 4.57' de, lif kesit durumu

homokomponent - lif kesit şekli yuvarlak için Eşitlik 4.58' de, lif kesit durumu homokomponent -lif kesit şekli trilobal (TCS) için Eşitlik 4.59' da verilmiştir.

$$HG= +142,57 -158,92*X +22,89*Y -16,75*Z +100,21*X^2 \quad (4..55)$$

$$HG= +1285,95429 -9,42279*X +0,017814*X^2 \quad (4.56)$$

$$HG= +1331,74000 -9,42279*X +0,017814*X^2 \quad (4.57)$$

$$HG= +1319,45429 -9,42279*X +0,017814*X^2 \quad (4.58)$$

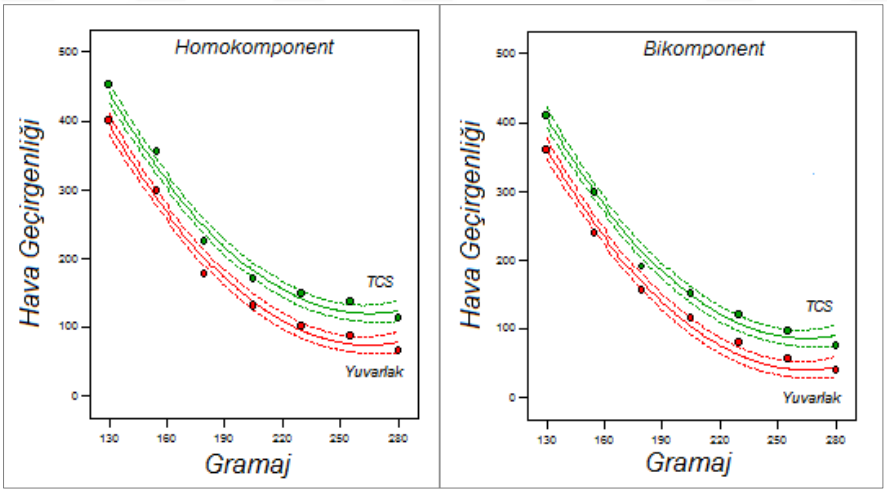
$$HG= +1365,24000 -9,42279*X +0,017814*X^2 \quad (4.59)$$

Çizelge 4.45' te lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde bağımsız değişkenler lif kesit şekli ve lif kesit durumu ve bağımlı değişken hava geçirgenliği arasında $R^2$ değerinin 0,9874 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken hava geçirgenliğini bağımsız değişken olan lif kesit şekli ve lif kesit durumu değişiminden %98,74 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9820 'dir. Buradan, kurulan modelin lif kesit şekli ve lif kesit durumuna bağlı olarak hava geçirgenliğini tahmin etmede %98,20 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.45. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerler

| Değer | Sonuç |
|---|---|
| Standart sapma | 14,47 |
| Ortalama | 187,11 |
| CV% | 7,73 |
| PRESS | 6891,15 |
| $R^2$ | 0,9874 |
| Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d) | 0,9852 |
| Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre) | 0,9820 |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için ANOVA sonuçları incelendiğinde lif kesit durumu ve lif kesit şeklinin hava geçirgenliği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etki göstermesinin yanı sıra lif kesit durumu ve lif kesit şekli faktörlerinin etkileşimlerinin de anlamlı olduğu görülmüştür (Şekil 4.57).



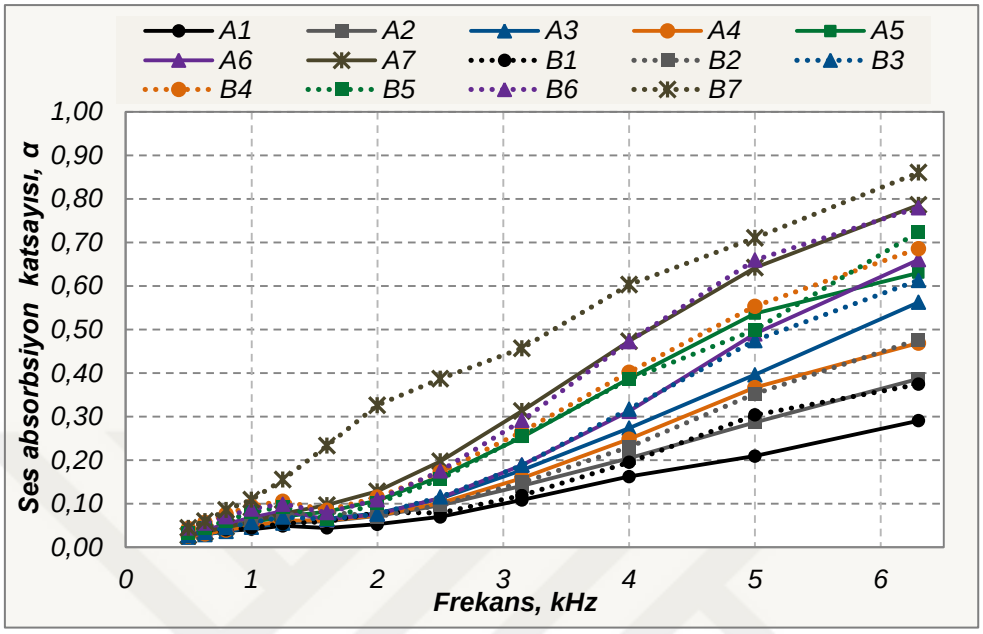

Şekil 4.57. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde hava geçirgenliği için faktör etkileşim grafiği

Gramajın artışıyla beraber bikomponent yapıda liflerden üretilmiş kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin homokomponent yapıda liflerden üretilmiş kumaşların hava geçirgenlik değerlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca bikomponent yapıda liflerden üretilmiş dokusuz yüzey numunelerinin lif kesit şekilleri için etkileşim değerlendirildiğinde; trilobal (bico-TCS) kesit şekline sahip liflerden üretilmiş kumaşların, yuvarlak (bico-yuvarlak) kesit şekline sahip liflerden üretilmiş kumaşlara göre daha düşük hava geçirgenliği gösterdiği söylenebilir. Ancak bu etkileşim gramaj arttıkça azalmaktadır; sonuçta lif kesit durumu ve lif kesit şeklinin hava geçirgenliği üzerine etkisi düşük gramaj değerlerinde daha belirgindir.

### 4.3.2. Ses Absorbsiyonu Ölçüm Sonuçları

Test numunesinin yüzeyinde oluşturulan akustik empedansın "etkiyen ve yansıyan ses dalgalarının ölçülmesi" esasına göre, elde edilen yüzey empedansı değerinden ses absorbsiyon katsayısı tespit edilmektedir. Ses absorbsiyon katsayısı testinde yüksek frekanslar için küçük tüp (R: 30mm), düşük frekanslar için büyük tüp (R: 60 ~ 100 mm) kullanılmaktadır. Yapılan testler sonrasında düşük frekans ve yüksek frekans ölçümleri birleştirilerek süreksiz bir eğri elde edilmekte, frekansa bağlı değişim ile ses absorbsiyon katsayısının değişimi bu eğri üzerinde görülmektedir, ses absorbsiyon katsayısı tespitinde TS EN ISO 10534-2 standartları kullanılmaktadır. Dokusuz yüzey numunelerin ses absorbsiyonu ölçümleri Ek – 2.1' den Ek – 2.10' a kadar ayrı grafikler halinde verilmiştir.

Şekil 4.58' de hammadde tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayısı değerleri görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde dokusuz yüzey numunelerinde gramajın artışının ses absorbsiyon katsayısı değerlerinde azalma oluşturduğu belirlenmiştir.




Şekil 4.58. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları

Bir materyalin ses absorbsiyonundaki etkinliği, temel olarak materyalin maruz kaldığı ses dalgasının frekansına, birim alandaki ağırlığına, hava geçirgenliğine, lif geometrisi ve lif düzenlenmesine bağlıdır (Lee ve ark., 2003; Midha, 2012). Ses absorbsiyonu, ses dalgasının materyale çarpması, yapının gözeneklerinde ve kanallarında hareket ederken sürtünme kayıplarına uğraması ve ses enerjisinin azalması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Dokusuz yüzey numunelerde gramaj artarken rasgele lif yerleşimlerinin büklümlülüğü, lif yoğunluğunu ve gözenekliliği artırması sonucunda ses dalgası daha fazla sayıda lifle temasa geçecek ve sürtünme kayıpları artacaktır (Taşcan; 2008). Bunun sonucunda ses enerjisi azalacak ve daha yüksek ses absorbsiyon katsayıları elde edilecektir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar bu durumu kanıtlar niteliktedir.

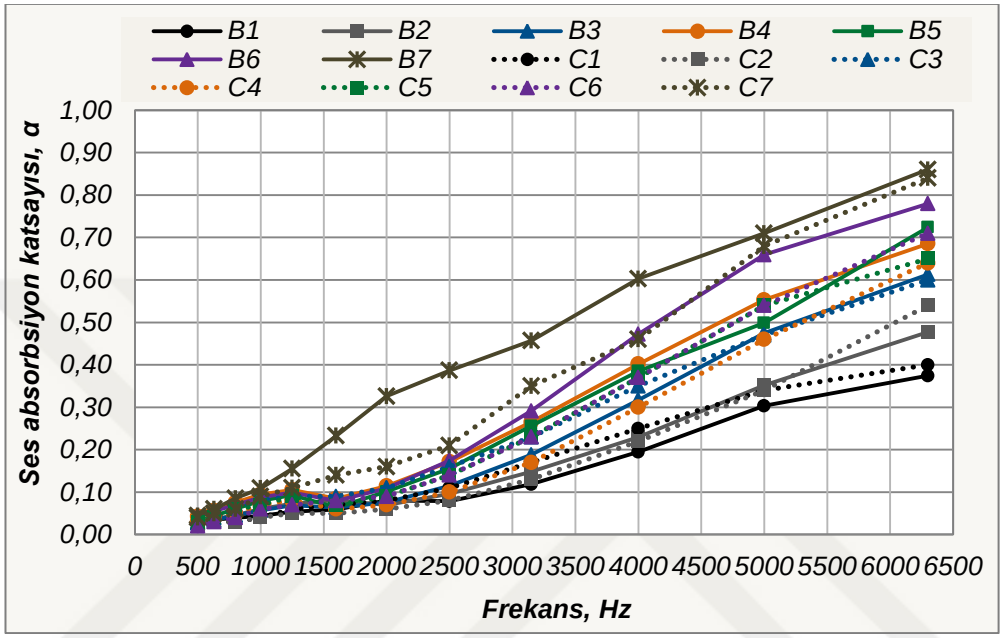
Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerin ses absorbsiyonu performansları hammadde değişimine göre değerlendirildiğinde, kullanılan hammaddelerin farklı yoğunluklara sahip olmasına rağmen belirgin bir

durum tespit edilmemiştir. Hammaddelerden polipropilen lifinin yoğunluğu 0,90 gr/cm$^3$ iken polyester lifinin yoğunluğu 1,36 gr/cm$^{3,}$ tür. Lif yoğunluğu, materyalin ses absorbsiyonunu önemli derecede etkilememektedir (Taşcan, 2008). Elde edilen değerler bu durumu destekleyen niteliktedir. İstatistiksel analizde hammadde faktörünün anlamlı olup olmadığı değerlendirilmiştir. Design Expert Programı ile yapılan istatistiksel analizde hammadde-gramaj-frekans değişkenlerinin ses absorbsiyonunun tespitinde anlamlı bir model ortaya koymadığı tespit edilmiş ve model değerleri elde edilememiştir.

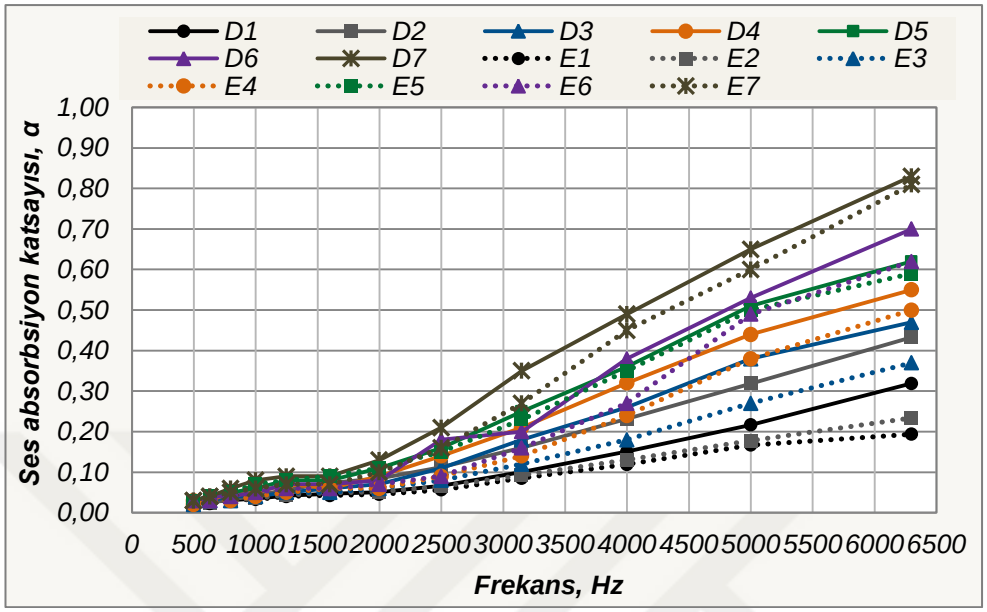
Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları noktalı kalenderli numuneler için Şekil 4.59' da, düz kalenderli numuneler için Şekil 4.60' da görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde dokusuz yüzey numunelerinde kullanılan lif kesit şekillerinden trilobal (TCS) lif kesit şekline sahip numunelerin ses absorbslama performanslarının yuvarlak lif kesit şekline sahip numunelerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Lif kesit şekli ile ses absorbsiyonu arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Lif kesit şeklinin ses absorbsiyonu ile ilişkisi gözenek yapısı, lif yüzey alanı ve yapının büklümlülüğünden etkilenen kompleks bir durum ortaya çıkarmaktadır. Bu durum bu çalışmada gerçekleştirilen gözenek çapı ölçümleri ile değerlendirildiğinde en küçük gözenek çapına sahip olan numunenin ses geçişine daha dirençli olması sonucunu ortaya çıkarmaktadır ki, elde edilen sonuçlar bu yöndedir. Ayrıca hava geçirgenliği ölçümleri de bunu desteklemektedir. Numunelerin üretim yöntemleri değerlendirildiğinde ise spunbond ve meltblown yapılarda rasgele lif dökülmelerinin ve düzensiz lif kesişimleri sonucunda kapalı gözenekler de oluşturabileceği düşünülmektedir. Kapalı gözeneklerin ses absorbsiyonuna katkısı bulunmaması nedeniyle, trilobal lifli yapılarda kapalı gözenek varlığının yuvarlak lifli yapıya göre daha fazla olabileceği düşünülmektedir; dolayısıyla açık gözenek varlığının daha yoğun olduğu düşünülen yuvarlak lif kesit şekline sahip numunelerde ses absorbsiyon

performasının iyileşmektedir (Gupta, 2002; Seddeq, 2009; Arenas, 2010; Marmaralı ve ark. 2014; Meriç ve ark., 2014).

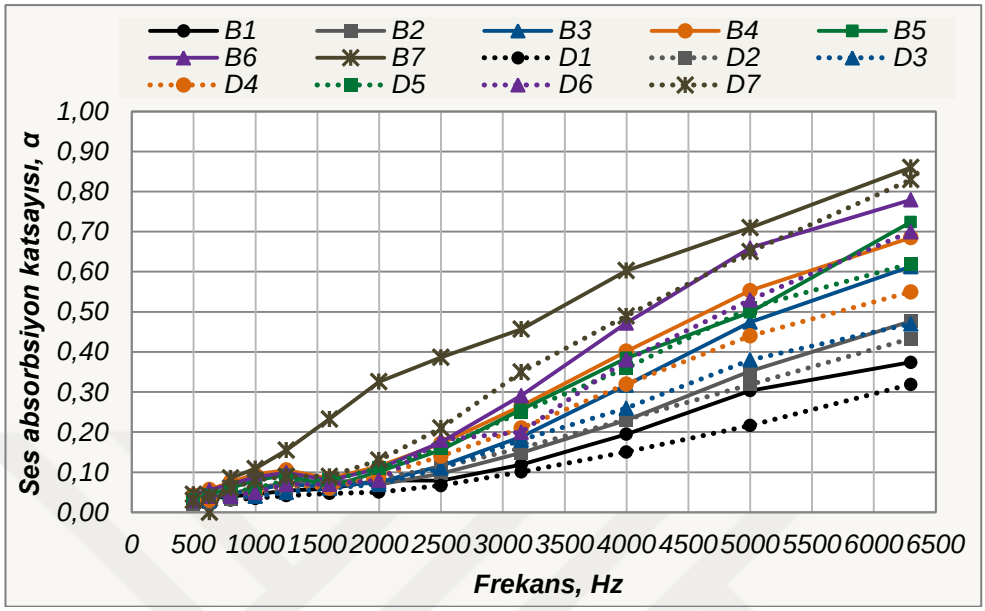



Şekil 4.59. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları(Noktalı kalenderli numuneler için)

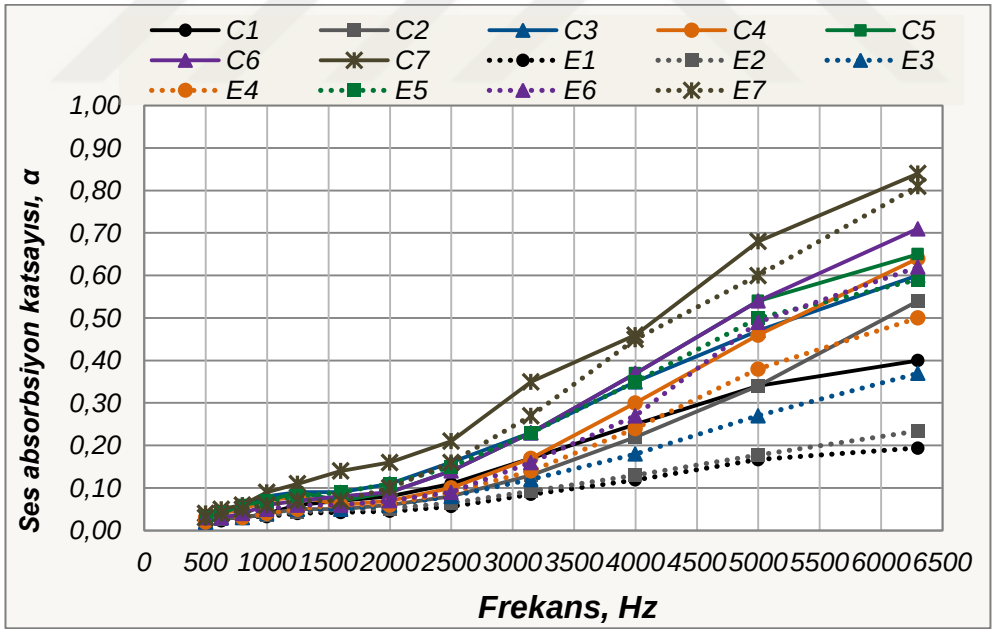



Şekil 4.60. Lif kesit şekli esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Düz kalenderli numuneler için)

Kalenderme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerin ses absorbsiyon katsayıları yuvarlak lif kesit şekline sahip numuneler için Şekil 4.61' de ve trilobal lif kesit şekline sahip numuneler için Şekil 462' de görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde nokta kalenderleme uygulanmış olan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayısı değerleri düz kalenderleme uygulanmış olan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayısı değerlerinden daha düşük olduğu, dolayısıyla noktalı kalenderli olan dokusuz yüzeylerin ses akışına karşı daha dirençli olduğu belirlenmiştir. Bu durum ısı ve basınç etkisinde uygulanan kalenderleme işleminde kullanılan gravürlü silindirin nokta kabartma desenlerinin dokuyu eriterek bağlaması sonucu gözenek yapısını ve lif oryantasyonunu değiştirmesi ile açıklanabilir. Bu çalışmada elde edilen diğer sonuçlara göre daha küçük gözenek çaplarına sahip noktalı kalenderli numunelerde hava geçirgenliği değerlerinin de daha düşük olması bu durumu desteklemektedir.




Şekil 4.61. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Yuvarlak kesitli numuneler için)



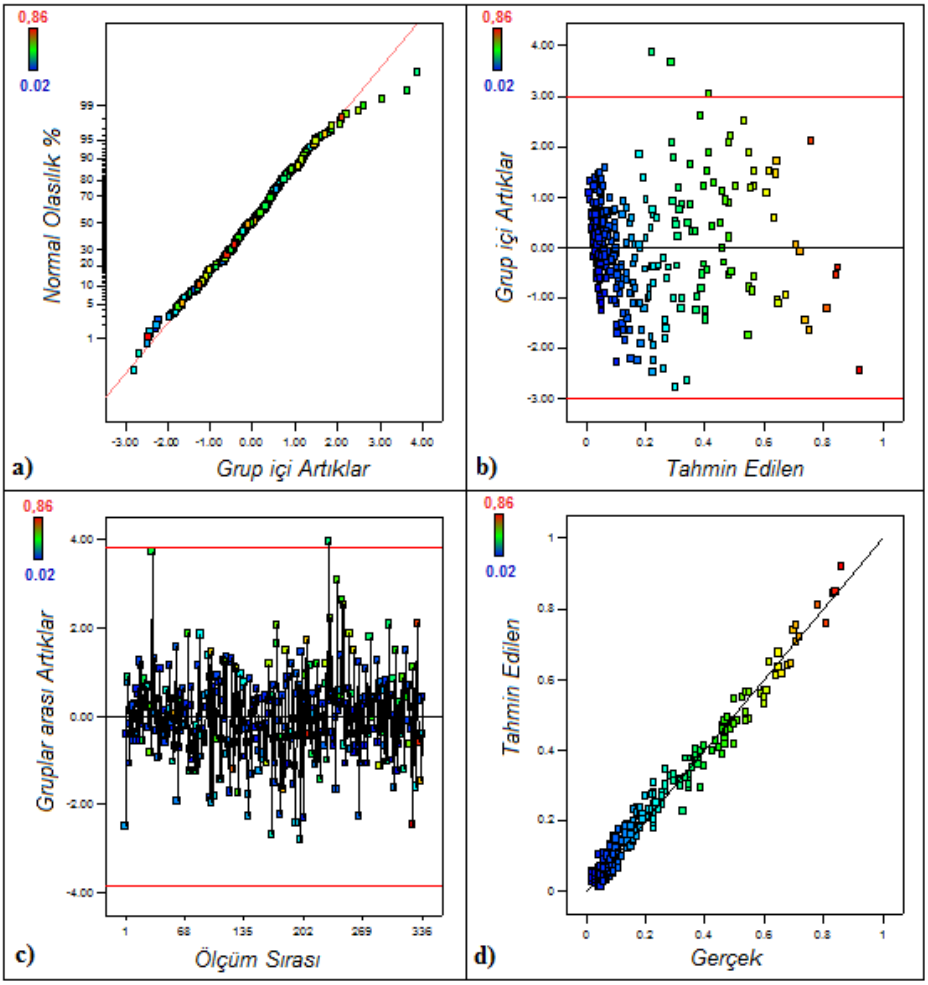

Şekil 4.62. Kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Trilobal kesitli numuneler için)

Çizelge 4.46' da lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayısı değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun model Sixth model olarak görülmekte ve Design Expert programı da Sixth modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel fonksiyona sahip olması ve karmaşık bir model olması nedeniyle, daha az üstel fonksiyona sahip Cubic model seçilmiştir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.46. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için istatistiksel model seçimi

| ***Model*** | ***F testi p değeri*** | ***Model istatistiği değerleri*** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Standart sapma*** | ***$R^2$*** | ***Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d)*** | ***Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)*** | ***PRESS*** |
| *Linear* | *< 0,0001* | *0,069* | *0,8701* | *0,8686* | *0,8650* | *1,66* |
| *2FI* | *< 0,0001* | *0,043* | *0,9506* | *0,9491* | *0,9470* | *0,65* |
| *Quadratic* | *< 0,0001* | *0,034* | *0,9696* | *0,9685* | *0,9664* | *0,41* |
| ***Cubic*** | ***< 0,0001*** | ***0,028*** | ***0,9796*** | ***0,9781*** | ***0,9752*** | ***0,30*** |
| *Quartic* | *< 0,0001* | *0,022* | *0,9885* | *0,9870* | *0,9838* | *0,20* |
| *Fifth* | *< 0,0001* | *0,020* | *0,9913* | *0,9893* | *0,9848* | *0,19* |
| *Sixth* | *< 0,0001* | *0,017* | *0,9941* | *0,9922* | *0,9849* | *0,19* |

Şekil 4.63'de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için Cubic model uygunluk grafikleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters olan herhangi bir durum gözlenmemiştir. Ses absorbsiyonu için yapılan istatiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde doğru boyunca uygun dağılmıştır ve bu durum modelin normallik varsayımını göstermektedir. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen ses absorbsiyonu ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.63. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için Cubic model uygunluk model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer – gerçek değer grafiği

Çizelge 4.47' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA değerleri görülmektedir. Yapılan analizde X-Gramaj (gr/m$^2$), Y-Lif kesit şekli, Z-Kalenderleme tipi, W-Frekans bağımsız nümerik değişkenleri olarak kodlanmıştır. Modele katkısı

anlamlı olmayan XZ, XYW, $X^2Y$, $X^2W$, $YW^2$, $ZW^2$ terimleri modelden çıkarılarak model yenilenmiştir.

Bu değerler incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde lif kesit şekli ve kalenderleme tipinin ses absorbsiyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. Lif kesit şekline ait olan F değeri kalenderleme tipine ait olan F değerinden daha düşüktür ki bu durum kalenderleme tipinin ses absorbsiyonuna etkisinin lif kesit şekline göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla ses absorbsiyonu performansı değiştirilmek istendiğinde kalenderleme tipini değiştirmek lif kesit şeklini değiştirmekten daha etkili olacaktır.

Çizelge 4.47. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA

| | Kareler Toplamı | Serbestlik derecesi | Kareler ortalaması | F değeri | P değeri | Anlamlılık |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Model | 12,01 | 19 | 0,63 | 788,78 | < 0,0001 | Anlamlı |
| X | 0,12 | 1 | 0,12 | 149,10 | < 0,0001 | Anlamlı |
| Y | 0,078 | 1 | 0,078 | 96,75 | < 0,0001 | Anlamlı |
| Z | 0,087 | 1 | 0,087 | 109,08 | < 0,0001 | Anlamlı |
| W | 1,85 | 1 | 1,85 | 2303,28 | < 0,0001 | Anlamlı |
| XY | 0,011 | 1 | 0,011 | 13,41 | 0,0003 | Anlamlı |
| **XZ** | 1,767E-003 | 1 | 1,767E-003 | 2,21 | 0,1386 | Anlamlı değil |
| XW | 0,83 | 1 | 0,83 | 1030,41 | < 0,0001 | Anlamlı |
| YZ | 7,427E-003 | 1 | 7,427E-003 | 9,27 | 0,0025 | Anlamlı |
| YW | 0,024 | 1 | 0,024 | 30,27 | < 0,0001 | Anlamlı |
| ZW | 0,093 | 1 | 0,093 | 116,29 | < 0,0001 | Anlamlı |
| $X^2$ | 7,448E-003 | 1 | 7,448E-003 | 9,30 | 0,0025 | Anlamlı |
| $W^2$ | 0,18 | 1 | 0,18 | 227,74 | < 0,0001 | Anlamlı |
| XYZ | 0,018 | 1 | 0,018 | 21,94 | < 0,0001 | Anlamlı |
| **XYW** | 2,172E-005 | 1 | 2,172E-005 | 0,027 | 0,8695 | Anlamlı değil |
| XZW | 0,013 | 1 | 0,013 | 15,67 | < 0,0001 | Anlamlı |
| YZW | 0,011 | 1 | 0,011 | 13,78 | 0,0002 | Anlamlı |
| $\mathbf{X^2Y}$ | 3,813E-004 | 1 | 3,813E-004 | 0,47 | 0,4912 | Anlamlı değil |
| $X^2Z$ | 3,179E-003 | 1 | 3,179E-003 | 3,97 | 0,0472 | Anlamlı |
| $\mathbf{X^2W}$ | 4,313E-006 | 1 | 4,313E-006 | 5,371E-003 | 0,9416 | Anlamlı değil |
| $XW^2$ | 3,102E-003 | 1 | 3,102E-003 | 3,87 | 0,0500 | Anlamlı |
| $\mathbf{YW^2}$ | 2,200E-003 | 1 | 2,200E-003 | 2,74 | 0,0988 | Anlamlı değil |
| $\mathbf{ZW^2}$ | 8,454E-004 | 1 | 8,454E-004 | 1,05 | 0,3056 | Anlamlı değil |
| $X^3$ | 0,015 | 1 | 0,015 | 19,11 | < 0,0001 | Anlamlı |
| $W^3$ | 0,057 | 1 | 0,057 | 71,09 | < 0,0001 | Anlamlı |
| Artık | 0,25 | 316 | 8,012E-004 | | | |
| Toplam | 12,26 | 335 | | | | |

Analizde kodlanan bağımsız nümerik değişkenlere bağlı olarak ses absorbsiyonunu (SA) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemleri Eşitlik 4.60' da; lif kesit şekli yuvarlak – kalenderleme tipi noktalı için Eşitlik 4.61' de, lif kesit şekli yuvarlak – kalenderleme tipi düz için Eşitlik 4.62' de, lif kesit şekli trilobal (TCS) – kalenderleme tipi noktalı için Eşitlik 4.63' de, lif kesit şekli trilobal (TCS) – kalenderleme tipi düz için Eşitlik 4.64' de verilmiştir.

$$SA= +0,24+0,087* X -0,017* Y +0,026* Z +0,34* W -8,482E-003* XY- 3,945E-003* XZ+0,12* XW+5,392E-003* YZ-0,014* YW+0,027* ZW+0,012* X^2+0,068* W^2-0,011* XYZ-0,015* XZW+9,283E-003* YZW+7,991E-003* X^2Z+0,013* XW^2+0,033* X^3-0,072* W^3 \quad (4.60)$$

$$SA=-0,44664 +8,21646E-003*X -1,03942E-004* W +3,62525E-007*X *W-4,42381E-005*X^2+3,40718E-008*W^2+2,09036E-011*X *W^2+7,77778E-008* X^3 * -2,96312E-012W^3 \quad (4.61)$$

$$SA=-0,43339 +8,73305E-003*X -1,44128E-004*W +4,99067E- 007*X*W-4,70794E-005*X^2+3,40718E008*W^2+2,09036E011 *X*W^2+7,77778E-008*X^3 -2,96312E-012*W^3 \quad (4.62)$$

$$SA= -0,35454 +7,70098E-003*X -1,07028E-004*W +3,62525E-007*X *W-4,42381E-005*X^2+3,40718E-008*W^2+2,09036E-011*X*W^2 +7,77778E-008*X^3 -2,96312E-012 *W^3 \quad (4.63)$$

$$SA= -0,43792 +8,79614E-003*X -1,60017E-004*W +4,99067E-007*X *W-4,70794E-005*X^2+3,40718E-008*W^2+2,09036E011*X*W^2 +7,77778E-008*X^3 -2,96312E-012*W^3 \quad (4.64)$$

Çizelge 4.48' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA istatistik model performans değerleri görülmektedir. Bu değerlerden bağımsız değişkenler lif kesit şekli ve kalenderleme tipi ve bağımlı değişken ses absorbsiyonu arasında $R^2$ değerinin 0,9794 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken ses absorbsiyonunu bağımsız değişken olan lif kesit şekli ve kalenderleme tipi değişiminden %97,94 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9761' dir. Buradan, kurulan modelin lif kesit şekli ve kalenderleme tipine bağlı olarak ses absorbsiyonunu tahmin etmede %97,61 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.48. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

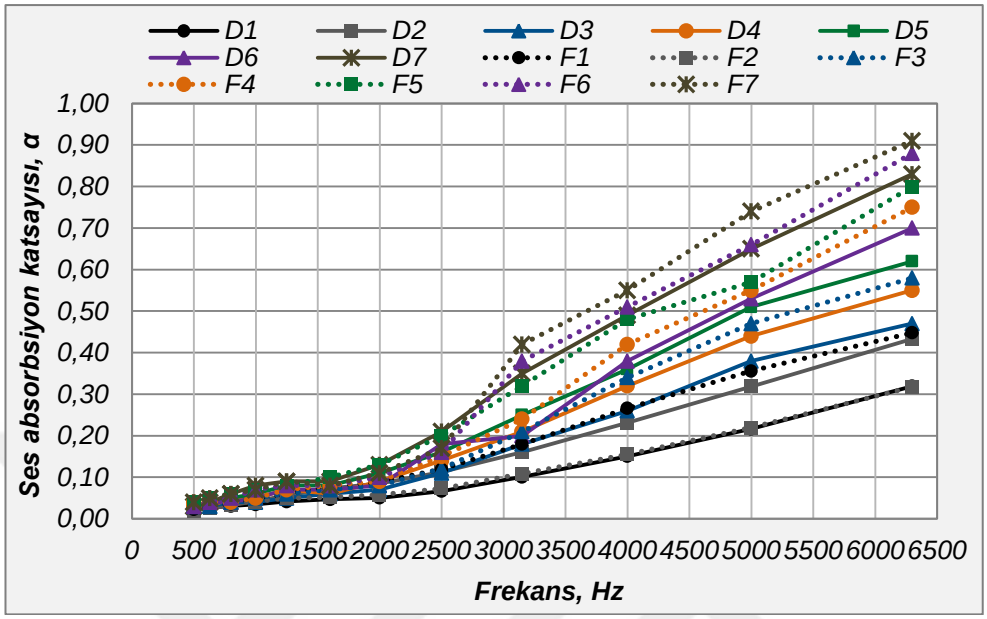
| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *0,028* |
| *Ortalama* | *0,17* |
| *CV%* | *16,19* |
| *PRESS* | *0,29* |
| *$R^2$* | *0,9794* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9781* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9761* |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katasyıları yuvarlak kesitli lifler için Şekil 4.64'de, trilobal kesitli lifler için Şekil 4.65' de görülmektedir Bu grafikler incelendiğinde, tüm gramaj değerleri için yuvarlak ve trilobal (TCS) kesite sahip bikomponent liflerden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyonu katsayılarının, homokomponent liflerden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyonu katsayılarından daha yüksek olduğu görülmektedir.

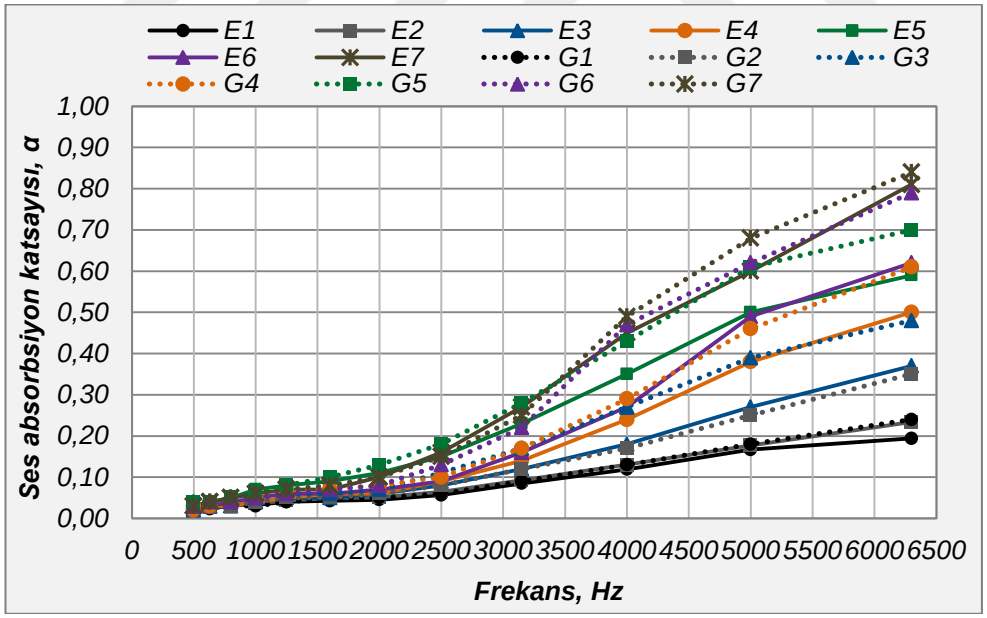
Dokusuz yüzeylerde ses absorbsiyonunu etkileyen ve belirleyici parametreler değerlendirildiğinde birim ağırlık, kalınlık, lif inceliği, hava akış direnci, gözenek yapısı ve büklümlülük olarak sıralanabilir. Belirli bir noktaya kadar hava akışına karşı direnci yüksek olan yüzeylerin ses absorblama performansları da yüksek olacaktır. Ancak literatürde yer alan araştırmalar doğrultusunda, bu durumun kullanım şartlarına ve ses dalgasının frekansına bağlı olarak çeşitli düzeylerde farklılık gösterebileceği söylenebilir (Zent ve ark., 2007; Seddeq, 2009; Yang, 2011). Bu durum değerlendirildiğinde ses absorbsiyonunun belirlenmesinde, hava geçirgenliğinin temel olarak etkili olduğu, hava geçirgenliğini kontrol eden yapısal parametrelerin ses absorbsiyonunu da etkileyeceği düşünülebilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre daha küçük gözenek çaplarına sahip bikomponent liflere sahip numunelerde hava geçirgenliği değerlerinin de daha düşük olması, bu numunelerin ses absorbsiyonunun yüksek olmasını destekler niteliktedir. Ayrıca bu etkinin gramajın artışıyla birlikte daha belirgin hale geldiği de saptanmıştır.

Gözenek yapısınındaki farklılıklar, lif oryantasyonunu, lif kesişim ve bağlantılarının değişimi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Rasgele lif yerleşim ve kesişimlerinin prosesin temel karakterini oluşturduğu filament serme yöntemleri ile dokusuz yüzey oluşumunda, bu durumun bikomponent liflerin katkısıyla arttığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada kullanılan bikomponent lifler içeren dokusuz yüzey numunelerde düşük erime sıcaklığına sahip CoPET polimerinin ısıl bağlama esnasında eriyerek akış kazanması ve komşu liflere sıvanarak lifler arası kesişim ve bağlantıları sınırladığı, lif pürüzlülüğünü etkilediği düşünülmektedir. Bunun sonucunda bikomponent lifler içeren numunelerin gözenek çapları ve hava geçirgenliği değerlerinde azalma ortaya çıkarken, ses dalgasının lif yüzeyleri ile yön değiştirerek sürtünmesi akustik enerjinin kaybına ve ses absorbsiyon katsayılarının artmasına yol açtığı söylenebilir.




Şekil 4.64. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Yuvarlak kesitli numuneler için)



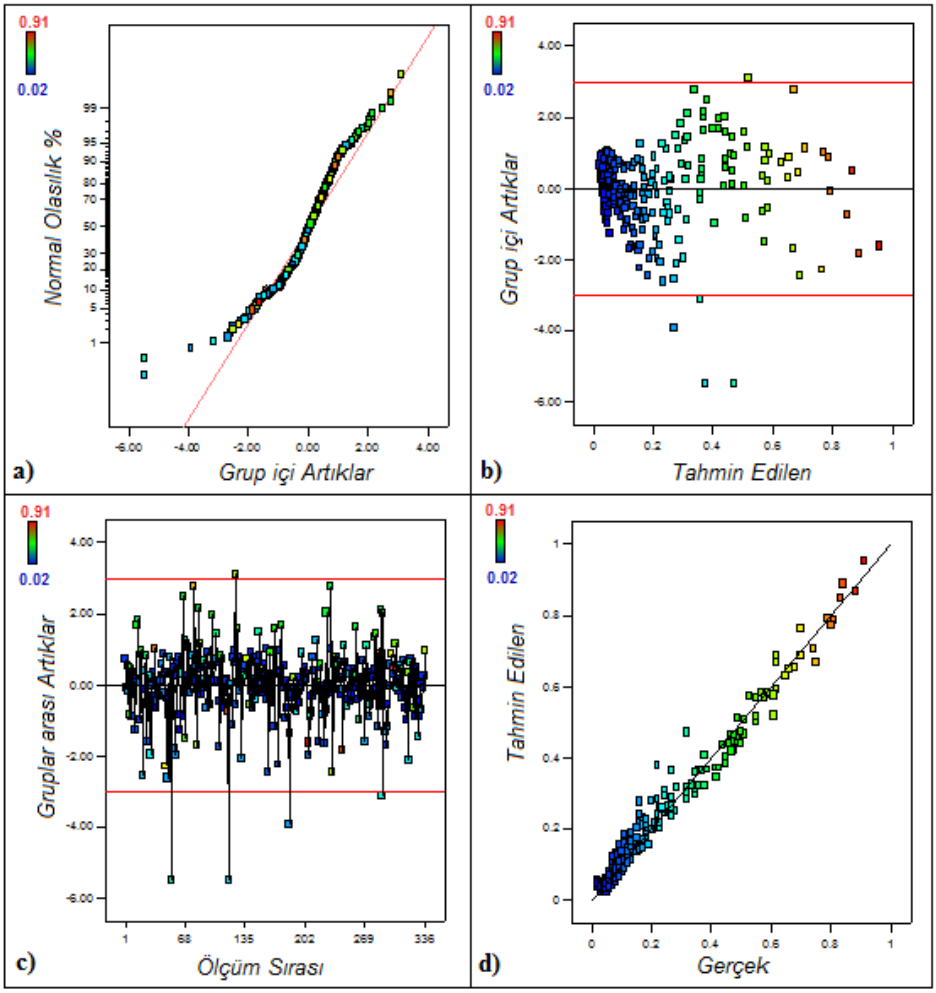

Şekil 4.65. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyon katsayıları (Trilobal kesitli numuneler için)

Çizelge 4.49' da lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için istatistiksel model değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde en uygun model Sixth model olarak görülmekte ve Design Expert programı da Sixth modeli önermektedir. Modelin kullanılabilirliği açısından, yüksek üstel fonksiyona sahip olması ve karmaşık bir model olması nedeniyle, daha az üstel fonksiyona sahip Cubic model seçilmiştir. Yapılan değerlendirme sonrasında model uygunluk grafiklerine bakılarak model uygunluğu kontrol edilmektedir.

Çizelge 4.49. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için istatistiksel model seçimi

| ***Model*** | ***F testi p değeri*** | ***Model istatistiği değerleri*** | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Standart sapma*** | ***$R^2$*** | ***Düzeltilmiş $R^2$ ($R^2$d)*** | ***Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)*** | ***PRESS*** |
| *Linear* | *< 0,0001* | *0,079* | *0,8383* | *0,8364* | *0,8317* | *2,15* |
| *2FI* | *< 0,0001* | *0,044* | *0,9498* | *0,9483* | *0,9460* | *0,69* |
| *Quadratic* | *< 0,0001* | *0,035* | *0,9683* | *0,9672* | *0,9649* | *0,45* |
| ***Cubic*** | ***< 0,0001*** | ***0,029*** | ***0,9791*** | ***0,9775*** | ***0,9735*** | ***0,34*** |
| *Quartic* | *< 0,0001* | *0,025* | *0,9858* | *0,9839* | *0,9787* | *0,27* |
| *Fifth* | *< 0,0001* | *0,021* | *0,9903* | *0,9882* | *0,9818* | *0,23* |
| *Sixth* | *< 0,0001* | *0,018* | *0,9940* | *0,9919* | *0,9812* | *0,24* |

Şekil 4.66' da lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için Cubic model uygunluk grafikleri görülmektedir.Bu grafikler incelendiğinde model uygunluğuna ters olan herhangi bir durum gözlenmemiştir. Ses absorbsiyonu için yapılan istatistiksel analizde elde edilen artık değerler normal olasılık grafiğinde doğru boyunca uygun dağılmıştır ve bu durum modelin normallik varsayımını göstermektedir. Tahmini değer - gerçek değer grafiğinde görülen doğrusal eğilim ise, ölçülen ses absorbsiyonu ile matematiksel regresyon modeliyle hesaplanan değerler arasında çok az farklılık olduğunu göstermektedir.




Şekil 4.66. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için Cubic model uygunluk model uygunluk grafikleri; a) Artık değer normal olasılık grafiği, b) Artık değer - tahmini değer grafiği, c) Sapan değer grafiği, d) Tahmini değer –gerçek değer grafiği

Çizelge 4.50' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA değerleri görülmektedir. ANOVA sonuçları incelendiğinde, % 5'lik anlam düzeyinde lif kesit durumunun ses absorbsiyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.50. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *12,49* | *14* | *0,89* | *1012,62* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *X* | *0,26* | *1* | *0,26* | *292,80* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Y* | *0,14* | *1* | *0,14* | *158,92* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Z* | *0,15* | *1* | *0,15* | *170,34* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *W* | *2,00* | *1* | *2,00* | *2274,62* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XY* | *2,683E-003* | *1* | *2,683E-003* | *3,05* | *0,0819* | *Anlamlı değil* |
| *XZ* | *6,801E-003* | *1* | *6,801E-003* | *7,92* | *0,0052* | *Anlamlı değil* |
| *XW* | *1,26* | *1* | *1,26* | *1430,62* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *YZ* | *9,188E-005* | *1* | *9,188E-005* | *0,11* | *0,7437* | *Anlamlı değil* |
| *YW* | *0,072* | *1* | *0,072* | *81,37* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *ZW* | *0,095* | *1* | *0,095* | *107,91* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| $X^2$ | *4,256E-004* | *1* | *4,256E-004* | *0,48* | *0,4875* | *Anlamlı değil* |
| $W^2$ | *0,18* | *1* | *0,18* | *208,68* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *XYZ* | *1,507E-004* | *1* | *1,507E-004* | *0,18* | *0,6755* | *Anlamlı değil* |
| *XYW* | *5,798E-003* | *1* | *5,798E-003* | *6,58* | *0,0108* | *Anlamlı* |
| *XZW* | *6,797E-003* | *1* | *6,797E-003* | *7,92* | *0,0052* | *Anlamlı değil* |
| *YZW* | *4,826E-005* | *1* | *4,826E-005* | *0,056* | *0,8127* | *Anlamlı değil* |
| $X^2Y$ | *1,588E-003* | *1* | *1,588E-003* | *1,85* | *0,1748* | *Anlamlı değil* |
| $X^2Z$ | *2,556E-003* | *1* | *2,556E-003* | *2,98* | *0,0854* | *Anlamlı değil* |
| $X^2W$ | *2,575E-004* | *1* | *2,575E-004* | *0,30* | *0,5843* | *Anlamlı değil* |
| $XW^2$ | *0,025* | *1* | *0,025* | *28,01* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |

Çizelge 4.50. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA'nın devamı

| | ***Kareler Toplamı*** | ***Serbestlik derecesi*** | ***Kareler ortalaması*** | ***F değeri*** | ***P değeri*** | ***Anlamlılık*** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Model* | *12,49* | *14* | *0,89* | *1012,62* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *$YW^2$* | *4,490E-004* | *1* | *4,490E-004* | *0,52* | *0,4700* | *Anlamlı değil* |
| *$ZW^2$* | *1,671E-003* | *1* | *1,671E-003* | *1,95* | *0,1639* | *Anlamlı değil* |
| *$X^3$* | *4,753E-003* | *1* | *4,753E-003* | *5,40* | *0,0208* | *Anlamlı* |
| *$W^3$* | *0,089* | *1* | *0,089* | *100,58* | *< 0,0001* | *Anlamlı* |
| *Artık* | *0,28* | *321* | *8,810E-004* | | | |
| *Toplam* | *12,77* | *335* | | | | |

Yapılan analizde lif kesit durumuna ait olan F değeri lif kesit şekline ait olan ait olan F değerinden daha yüksektir ki bu durum lif kesit durumunun ses absorbsiyonuna etkisinin lif kesit şekline göre daha etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla ses absorbsiyonu performansı değiştirilmek istendiğinde lif kesit durumunu değiştirmek, lif kesit şeklini değiştirmekten daha etkili olacaktır.

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde X- Gramaj ($gr/m^2$), Y- Lif kesit şekli, Z- Lif kesit durumu, W- Frekans bağımsız nümerik değişkenlerine bağlı olarak ses absorbsiyonunu (SA) tahmin etmek için oluşturulan regresyon denklemleri Eşitlik 4.65' de; lif kesit şekli yuvarlak – lif kesit durumu homokomponent için Eşitlik 4.66' da, lif kesit şekli yuvarlak – lif kesit durumu bikomponent için Eşitlik 4.67'de, lif kesit şekli trilobal (TCS) – lif kesit durumu homokomponent için Eşitlik 4.68' de, lif kesit şekli trilobal (TCS) – lif kesit durumu bikomponent için Eşitlik 4.69' da verilmiştir.

$$SA= +0,24 +0,13*X -0,023*Y +0,024*Z +0,36*W +4,861E-003*XY +0,15*XW -0,024*YW +0,027*ZW- 2,924E-003 *X^2 +0,069*W^2 +0,010*XYW +0,037*XW^2 -0,018*X^3 -0,090*W^3 \quad (4.65)$$

$$SA= +0,40336 -5,18717E-003* X -1,15812E-004* W +2,60644E-007* X *W +2,61302E-005* X^2 +3,37780E-008* W^2 +5,89551E-011* X * W^2 -4,33333E-008* X^3 -3,69605E-012* W^3 \quad (4.66)$$

$$SA= +0,38797 -5,18717E-003* X -9,70263E-005* W +2,60644E-007* X *W +2,61302E-005* X^2 +3,37780E-008* W^2+5,89551E-011* X * W^2 -4,33333E-008* X^3 -3,69605E-012* W^3 \quad (4.67)$$

$$SA= +0,45009 -5,37299E-003* X -1,51145E-004* W +3,53424E-007* X *W +2,61302E-005* X^2 +3,37780E-008* W^2+5,89551E-011* X * W^2 -4,33333E-008* X^3 -3,69605E-012* W^3 \quad (4.68)$$

$$SA= +0,43470 -5,37299E-003* X -1,32359E-004* W +3,53424E-007* X *W +2,61302E-005* X^2 +3,37780E-008* W^2 +5,89551E-011* X * W^2 -4,33333E-008* X^3 -3,69605E-012* W^3 \quad (4.69)$$

Çizelge 4.51' de lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için istatistik model performans değerleri görülmektedir. Bu değerler incelendiğinde bağımsız değişkenler lif kesit durumu ve bağımlı değişken ses absorbsiyonu arasında $R^2$ değerinin 0,9779 olduğu görülmektedir. Bu durum bağımlı değişken ses absorbsiyonunu bağımsız değişken olan lif kesit durumu değişiminden %97,79 oranında etkilendiğini göstermektedir. $R^2$pre değeri ise 0,9747' dir. Buradan, kurulan modelin lif kesit durumuna bağlı olarak ses absorbsiyonunu tahmin etmede %97,47 oranında oldukça başarılı sonuç vereceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.51. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde ses absorbsiyonu için ANOVA sonucunda istatistiksel model performans değerleri

| ***Değer*** | ***Sonuç*** |
|---|---|
| *Standart sapma* | *0,030* |
| *Ortalama* | *0,17* |
| *CV%* | *17,55* |
| *PRESS* | *0,32* |
| *$R^2$* | *0,9779* |
| *Düzeltilmiş $R^2$($R^2$d)* | *0,9769* |
| *Tahmin etme $R^2$ ($R^2$pre)* | *0,9747* |

## 4.4. Optimizasyon ve Korelasyon

### 4.4.1. Optimizasyon

Bu çalışmada, Design Expert 9 paket programının "Numerical Optimization" menüsünden yararlanılarak elde edilen optimizasyon sonucunda proses değişkeni olarak seçilen gramaj, lif kesit şekli, lif kesit durumu ve kalenderleme tipi ile bu proses değişkenlerinin, yanıt değişkeni olarak seçilen hava geçirgenliği, gözenek çapı, kopma kuvveti, patlama mukavemeti ve ses absorbsiyonu için istenen değerleri sağlamaları durumundaki en iyi seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.52' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses ve yanıt değişkenlerinin alt ve üst sınır değerleri ve önem seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 4.52. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses ve yanıt değişkenlerine ait girdiler

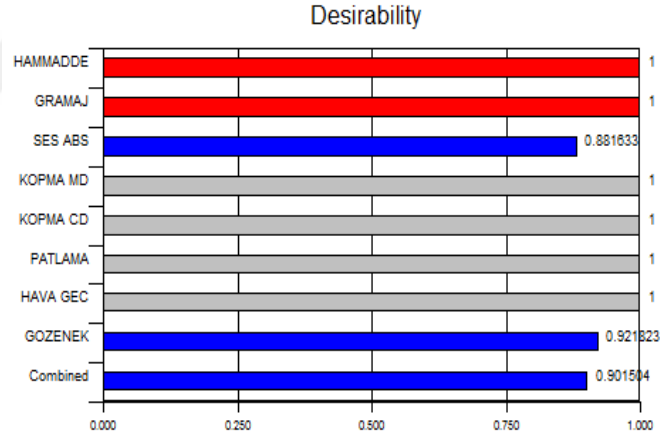
| Değişken | Hedef | Alt limit | Üst limit | Alt ağırlık | Üst ağırlık | Önem seviyesi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Hammadde | Aralıkta | PP | PET | 1 | 1 | 3 |
| Gramaj | Aralıkta | 130 | 280 | 1 | 1 | 3 |
| Kopma kuvveti (MD) | Aralıkta | 121 | 263 | 1 | 1 | 3 |
| Kopma kuvveti (CD) | Aralıkta | 81 | 178 | 1 | 1 | 3 |
| Patlama muk. | Aralıkta | 132 | 213 | 1 | 1 | 3 |
| Gözenek çapı | En düşük | 15,3447 | 24,0723 | 1 | 1 | 3 |
| Hava geçirgenliği | Aralıkta | 60 | 337 | 1 | 1 | 3 |
| Ses absorbsiyonu | En yüksek | 0,25 | 0,6 | 1 | 1 | 3 |

Çizelge 4.53' de hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için Design Expert paket programı ile elde edilen nümerik optimizasyon sonuçları verilmiştir. Bu çizelgede nümerik optimizasyon işlemi ile elde edilen 2 adet sonuç görülmektedir. Her bir sonuç için, ulaşılabilen kumaş performansı değerleri, bu performanslar için uygulanması gereken hammadde ve gramaj değerleri ve toplam "Desirability" değerleri verilmiştir. "Desirability" değerlerinin oldukça yüksek olduğu ve değişkenlerin pozitif ilişkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.53. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için numerik optimizasyon sonuçları

| | Sonuç | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| Hammadde | **PET** | PP |
| Gramaj, g/m$^2$ | **259,754** | 280,000 |
| Kopma kuvveti (MD), N | **256,397** | 184,429 |
| Kopma kuvveti(CD), N | **169,044** | 160,679 |
| Patlama mukavemeti, N | **213,000** | 209,786 |
| Gözenek çapı, µm | **16,027** | 16,218 |
| Hava geçirgenliği, mm/sn | **61,803** | 88,893 |
| Ses absorbsiyonu | **0,56** | 0,49 |
| Desirability | **0,902** | 0,787 |

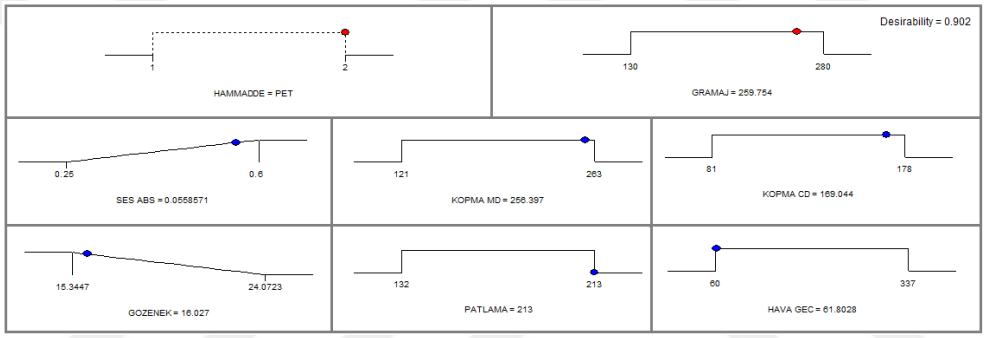
Desirability değerinin en yüksek olduğu 0,902 sonucuna ait her bir performans değişkeninin hedefe ulaşma seviyesi (d değeri) ise Şekil 4.67' de görülmektedir.




Şekil 4.67. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde optimizasyon işleminin her bir performans değeri için hedefe ulaşma seviyesi

Şekil 4.67' den görüldüğü gibi, her bir performans özelliğinin durumu incelendiğinde, istenilen performans hedefine ulaşılabilmesi açısından tüm değişkenlerin başarı düzeyinin yüksek olduğu görülmektedir. Optimizasyon işlemi

ile hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için elde edilen en yüksek "Desirability" değerindeki (d=0,902) sonuca ait eğim grafikleri Şekil 4.68'de görülmektedir. Burada her bir performans değişkeni için elde edilen alt ve üst sınır değerler ve optimizasyon işlemi sonucunda seçilen proses değişkenlerinde elde edilen kumaş performansı değerleri verilmektedir. Eğim grafiklerinde hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde her bir performans için ulaşılabilen değerler ve bu değerlerin alt ve üst limitlere yakınlığı görülmektedir.




Şekil 4.68. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için eğim grafikleri

Çizelge 4.54' de lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses ve yanıt değişkenlerinin alt ve üst sınır değerleri ve önem seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 4.54. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses ve yanıt değişkenlerine ait girdiler

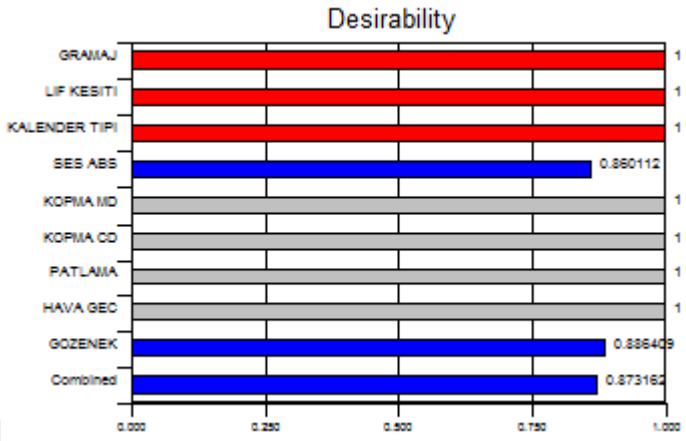
| Değişken | Hedef | Alt limit | Üst limit | Alt ağırlık | Üst ağırlık | Önem seviyesi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gramaj | Aralıkta | 130 | 280 | 1 | 1 | 3 |
| Lif kesit şekli | Aralıkta | Yuvarlak | TCS | 1 | 1 | 3 |
| Kalenderleme tipi | Aralıkta | Noktalı | Düz | 1 | 1 | 3 |
| Kopma kuvveti (MD) | Aralıkta | 108 | 263 | 1 | 1 | 3 |
| Kopma kuvveti (CD) | Aralıkta | 72 | 178 | 1 | 1 | 3 |
| Patlama mukavemeti | Aralıkta | 84 | 213 | 1 | 1 | 3 |
| Gözenek çapı | En düşük | 15,3447 | 22,6232 | 1 | 1 | 3 |
| Hava geçirgenliği | Aralıkta | 60 | 453 | 1 | 1 | 3 |
| Ses absorbsiyonu | En yüksek | 0,2 | 0,6 | 1 | 1 | 3 |

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için Design Expert paket programı ile elde edilen nümerik optimizasyon sonuçları Çizelge 4.55' de verilmiştir. Çizelge 4.55' de nümerik optimizasyon işlemi ile elde edilen 4 adet sonuç görülmektedir. Her bir sonuç için, ulaşılabilen kumaş performansı değerleri, bu performanslar için uygulanması gereken lif kesit şekli, kalenderleme tipi, gramaj değerleri ve toplam "Desirability" değerleri verilmiştir. "Desirability" değerlerinin oldukça yüksek olduğu ve değişkenlerin pozitif ilişkili olduğu görülmektedir. Desirability değerinin en yüksek olduğu 0,873 sonucuna ait her bir performans değişkeninin hedefe ulaşma seviyesi Şekil 4.69' da görülmektedir.

Çizelge 4.55. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için numerik optimizasyon sonuçları

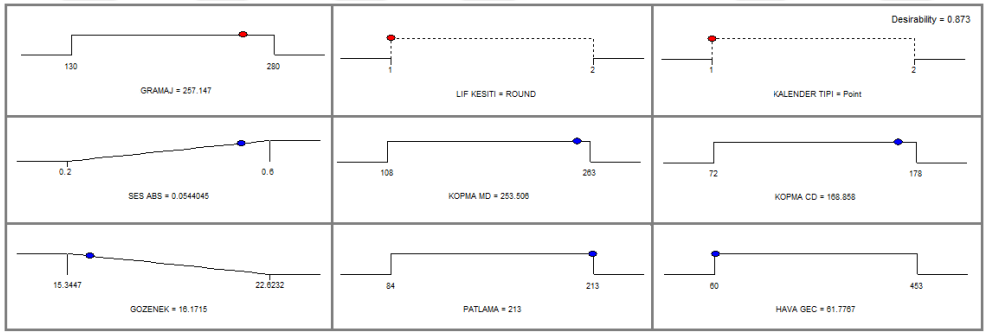
| | **Sonuç** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ***1*** | ***2*** | ***3*** | ***4*** |
| *Gramaj, g/m$^2$* | ***257,147*** | *262,826* | *278,192* | *278,715* |
| *Lif kesit şekli* | ***Yuvarlak*** | *Yuvarlak* | *TCS* | *TCS* |
| *Kalenderleme tipi* | ***Noktalı*** | *Düz* | *Noktalı* | *Düz* |
| *Kopma kuvveti(MD), N* | ***253,506*** | *208,880* | *207,840* | *179,399* |
| *Kopma kuvveti(CD), N* | ***168,858*** | *119,590* | *140,360* | *114,069* |
| *Patlama mukavemeti, N* | ***213,000*** | *138,766* | *169,468* | *143,415* |
| *Gözenek çapı, µm* | ***16,171*** | *16,313* | *16,250* | *17,350* |
| *Hava geçirgenliği, mm/sn* | ***61,777*** | *60,000* | *60,000* | *60,000* |
| *Ses absorbsiyonu* | ***0,54*** | *0,50* | *0,49* | *0,44* |
| *Desirability* | ***0,873*** | *0,812* | *0,800* | *0,653* |

Şekil 4.69' dan görüldüğü gibi, her bir performans özelliğinin durumu incelendiğinde, istenilen performans hedefine ulaşılabilmesi açısından tüm değişkenlerin başarı düzeyinin yüksek olduğu görülmektedir. Optimizasyon işlemi ile lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için elde edilen en yüksek "Desirability" değerindeki (d=0,873) sonuca ait eğim grafikleri Şekil 4.70' de görülmektedir. Burada her bir performans değişkeni için elde edilen alt ve üst sınır değerler ve optimizasyon işlemi sonucunda seçilen proses değişkenlerinde elde edilen kumaş performansı değerleri verilmektedir.




Şekil 4.69. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde optimizasyon işleminin her bir performans değeri için hedefe ulaşma seviyesi

Şekil 4.70' te görülen eğim grafiklerinde lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde her bir performans için ulaşılabilen değerler ve bu değerlerin alt ve üst limitlere yakınlığı görülmektedir.




Şekil 4.70. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için eğim grafikleri

Çizelge 4.56' da lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses ve yanıt değişkenlerinin alt ve üst sınır değerleri ve önem seviyeleri verilmiştir.

Çizelge 4.56. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için proses

ve yanıt değişkenlerine ait girdiler

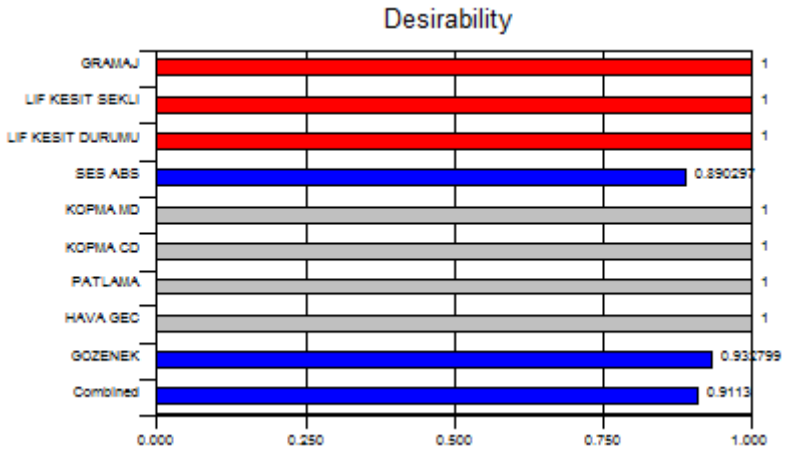
| Değişken | Hedef | Alt limit | Üst limit | Alt ağırlık | Üst ağırlık | Önem seviyesi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Gramaj | Aralıkta | 130 | 280 | 1 | 1 | 3 |
| Lif kesit şekli | Aralıkta | Yuvarlak | TCS | 1 | 1 | 3 |
| Lif kesit durumu | Aralıkta | Bikomponent | Homokomponent | 1 | 1 | 3 |
| Kopma kuvveti, (MD) | Aralıkta | 108 | 265 | 1 | 1 | 3 |
| Kopma kuvveti, (CD) | Aralıkta | 72 | 177 | 1 | 1 | 3 |
| Patlama mukavemeti | Aralıkta | 84 | 205 | 1 | 1 | 3 |
| Gözenek çapı | En düşük | 15,084 | 22,6232 | 1 | 1 | 3 |
| Hava geçirgenliği | Aralıkta | 40 | 453 | 1 | 1 | 3 |
| Ses absorbsiyonu | En yüksek | 0,2 | 0,675 | 1 | 1 | 3 |

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için Design Expert paket programı ile elde edilen nümerik optimizasyon sonuçları Çizelge 4.57' de görülmektedir.

Çizelge 4.57. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için numerik optimizasyon sonuçları

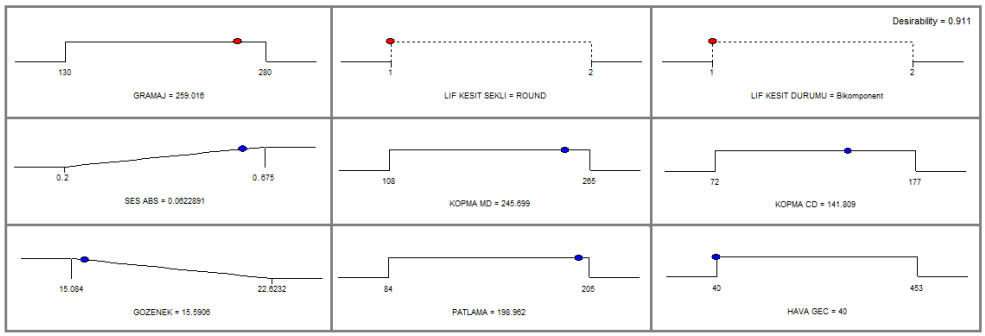
| | Sonuç | | |
|---|---|---|---|
| | **1** | **2** | **3** |
| Gramaj, $g/m^2$ | **259,016** | 276,925 | 270,249 |
| Lif kesit şekli | **Yuvarlak** | TCS | Yuvarlak |
| Lif kesit durumu | **Bikomponent** | Bikomponent | Homokomponent |
| Kopma kuvveti (MD), N | **245,699** | 208,861 | 212,386 |
| Kopma kuvveti CD), N | **141,809** | 173,172 | 121,338 |
| Patlama mukavemeti, N | **198,962** | 182,959 | 142,240 |
| Gözenek çapı, µm | **15,591** | 16,428 | 15,987 |
| Hava geçirgenliği, mm/sn | **40,000** | 40,000 | 40,000 |
| Ses absorbsiyonu | **0,62** | 0,59 | 0,51 |
| Desirability | **0,911** | 0,824 | 0,761 |

Çizelge 4.57' de nümerik optimizasyon işlemi ile elde edilen 3 adet sonuç görülmektedir. Her bir sonuç için, ulaşılabilen kumaş performansı değerleri, bu performanslar için uygulanması gereken lif kesit şekli, lif kesit durumu, gramaj değerleri ve toplam "Desirability" değerleri verilmiştir. "Desirability" değerlerinin oldukça yüksek olduğu ve değişkenlerin pozitif ilişkili olduğu görülmektedir. Desirability değerinin en yüksek olduğu 0,911 sonucuna ait her bir performans değişkeninin hedefe ulaşma seviyesi Şekil 4.71' de görülmektedir. Burada görüldüğü gibi, her bir performans özelliğinin durumu incelendiğinde, istenilen performans hedefine ulaşılabilmesi açısından tüm değişkenlerin başarı düzeyinin yüksek olduğu görülmektedir.




Şekil 4.71. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numunelerinde optimizasyon işleminin her bir performans değeri için hedefe ulaşma seviyesi

Optimizasyon işlemi ile lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için elde edilen en yüksek "Desirability" değerindeki (d=0,911) sonuca ait eğim grafikleri Şekil 4.72' de görülmektedir. Burada her bir performans değişkeni için elde edilen alt ve üst sınır değerler ve optimizasyon işlemi sonucunda seçilen proses değişkenlerinde elde edilen kumaş performansı değerleri verilmektedir.




Şekil 4.72. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için eğim grafikleri

### 4.4.2. Korelasyon

Bu tez çalışmasında bağımsız değişken olarak belirlenen hammadde (H), gramaj (X), lif kesit şekli (Y), lif kesit durumu (Z) ve kalenderleme tipinin (V); bağımlı değişkenler olan ve numune kumaşlarda ölçülen performans özelliklerinden ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4), hava geçirgenliği (P5), gözenek çapı (P6) ile ilişkileri korelasyon analizi ile incelenmeye çalışılmıştır. Ayrıca her performans özelliğinin birbiri ile olan ilişkisi de belirlenmeye çalışılmıştır.

Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon grafikleri Ek 3.1' den Ek 3.3' e kadar verilmiş olup korelasyon katsayıları Çizelge 4.58' de görülmektedir.

Çizelge 4.58. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

| | ***H*** | ***X*** | ***P1*** | ***P2*** | ***P3*** | ***P4*** | ***P5*** | ***P6*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***H*** | *1,000* | *0,000* | *0,378* | *0,802* | *0,453* | *0,306* | *-0,273* | *-0,499* |
| ***X*** | *0,000* | *1,000* | *0,911* | *0,573* | *0,874* | *0,903* | *-0,921* | *-0,827* |
| ***P1*** | *0,378* | *0,911* | *1,000* | *0,830* | *0,951* | *0,914* | *-0,943* | *-0,912* |
| ***P2*** | *0,802* | *0,573* | *0,830* | *1,000* | *0,857* | *0,789* | *-0,783* | *-0,858* |
| ***P3*** | *0,453* | *0,874* | *0,951* | *0,857* | *1,000* | *0,938* | *-0,931* | *-0,975* |
| ***P4*** | *0,306* | *0,903* | *0,914* | *0,789* | *0,938* | *1,000* | *-0,983* | *-0,928* |
| ***P5*** | *-0,273* | *-0,921* | *-0,943* | *-0,783* | *-0,931* | *-0,983* | *1,000* | *0,896* |
| ***P6*** | *-0,499* | *-0,827* | *-0,912* | *-0,858* | *-0,975* | *-0,928* | *0,896* | *1,000* |

Çizelge 4.58 incelendiğinde; hammaddenin (H) değişiminin ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özellikleri ile pozitif ilişkili olduğu, hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile negatif ilişkili olduğu görülmektedir. Hammadde değişkeninin en kuvvetli ilişkisi 0,802 korelasyon katsayısı ile kopma kuvveti (MD) (P2) ile saptanırken, en zayıf ilişki -0,273 korelasyon katsayısı ile hava geçirgenliği (P5) için olduğu belirlenmiştir. Gramaj değişimi de hammadde ile benzer şekilde ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özellikleri ile pozitif ilişkili, hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile negatif ilişkilidir. Gramaj değişkeninin en kuvvetli ilişkisinin -0,921 korelasyon katsayısı değeri ile hava geçirgenliği (P5) için saptanırken, ses absorbsiyonu (P1) için de 0,911 korelasyon katsayısı değeri ile kuvvetli ilişki düzeyindedir. En zayıf ilişkisi ise 0,573 korelasyon katsayısı değeri ile kopma kuvveti (MD) (P2) ile olduğu görülmektedir ki bu değerde orta ilişki düzeyindedir.

Bağımlı değişkenlerin birbiri ile ilişkisi incelendiğinde ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özelliklerinin birbirleri ile pozitif ilişkili oldukları ancak hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile negatif ilişkili oldukları görülmektedir. Bunun yanında hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) birbiri ile pozitif ilişikili olup, ilişki düzeyi 0,896 korelasyon katsayısı ile kuvvetli düzeydedir. Çizelge 4.58' deki değerler performans özelliklerinin tümü için incelendiğinde tüm performans özelliklerinin birbirinden yüksek ve çok yüksek düzeyde etkilendiği belirlenmiştir.

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon grafikleri Ek 3.4' ten Ek 3.6' ya kadar verilmiş olup korelasyon katsayıları Çizelge 4.59 'da görülmektedir.

Çizelge 4.59 incelendiğinde; gramaj (G) değişiminin ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özellikleri ile pozitif ilişkili olduğu, hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile negatif ilişkili olduğu görülmektedir. Gramaj değişkeninin en kuvvetli ilişkisi -0,902 korelasyon katsayısı ile hava geçirgenliği (P5) ile saptanırken, en zayıf ilişki 0,639 korelasyon katsayısı ile kopma kuvveti (CD) (P3) için olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.59. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

| | X | Y | V | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **X** | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,870 | 0,667 | 0,639 | 0,570 | -0,902 | -0,840 |
| **Y** | 0,000 | 1,000 | 0,000 | -0,353 | -0,558 | -0,388 | -0,384 | 0,225 | 0,460 |
| **V** | 0,000 | 0,000 | 1,000 | -0,252 | -0,458 | -0,597 | -0,618 | 0,084 | 0,184 |
| **P1** | 0,870 | -0,353 | -0,252 | 1,000 | 0,891 | 0,845 | 0,776 | -0,889 | -0,936 |
| **P2** | 0,667 | -0,558 | -0,458 | 0,891 | 1,000 | 0,948 | 0,927 | -0,760 | -0,884 |
| **P3** | 0,639 | -0,388 | -0,597 | 0,845 | 0,948 | 1,000 | 0,976 | -0,716 | -0,792 |
| **P4** | 0,570 | -0,384 | -0,618 | 0,776 | 0,927 | 0,976 | 1,000 | -0,680 | -0,731 |
| **P5** | -0,902 | 0,225 | 0,084 | -0,889 | -0,760 | -0,716 | -0,680 | 1,000 | 0,899 |
| **P6** | -0,840 | 0,460 | 0,184 | -0,936 | -0,884 | -0,792 | -0,731 | 0,899 | 1,000 |

Lif kesit şekli değişimi ise gramaj ile tam tersi şekilde ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özellikleri ile negatif ilişkili olup, hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile pozitif ilişkilidir. Lif kesit şekli değişkeninin en kuvvetli ilişkisi -0,558 korelasyon katsayısı ile kopma kuvveti (MD) (P2) için saptanırken, en düşük seviyesinin 0,225 ile hava geçirgenliği (P5) için olduğu belirlenmiştir.

Kalenderleme tipinin değişiminin ise lif kesit şekli değişimi ile benzer etkide olduğu, ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özellikleri ile negatif ilişkili olup, hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile pozitif ilişkili olduğu görülmektedir. Kalenderleme tipi değişkeninin en kuvvetli ilişkisi -0,518 korelasyon katsayısı ile patlama mukavemeti (P4) için saptanırken, en düşük seviyesinin 0,084 ile hava geçirgenliği (P5) için olduğu belirlenmiştir.

Bağımlı değişkenlerin birbiri ile ilişkisi incelendiğinde ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özelliklerinin birbirleri ile pozitif ilişkili oldukları ancak hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile negatif ilişkili oldukları görülmektedir. Bunun yanında hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) birbiri ile pozitif ilişikili olup, ilişki düzeyi 0,899 korelasyon katsayısı ile kuvvetli düzeydedir. Çizelge 4.59‘ deki değerler performans özelliklerinin tümü için incelendiğinde tüm performans özelliklerinin birbirinden yüksek ve çok yüksek düzeyde etkilendiği belirlenmiştir.

Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon grafikleri Ek 3.7 ve Ek 3.8’ de verilmiş olup korelasyon katsayıları Çizelge 4.60 ‘de görülmektedir.

Çizelge 4.60 incelendiğinde; gramaj (X) değişiminin ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özellikleri ile pozitif ilişkili olduğu, hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile negatif ilişkili olduğu görülmektedir. Gramaj değişkeninin en kuvvetli ilişkisi -0,902 korelasyon katsayısı ile hava geçirgenliği (P5) ile saptanırken, en zayıf ilişki 0,639 korelasyon katsayısı ile kopma kuvveti (CD) (P3) için olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.60. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

| | X | Y | Z | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,794 | 0,729 | 0,592 | 0,482 | -0,906 | -0,779 |
| Y | 0,000 | 1,000 | 0,000 | -0,282 | -0,532 | 0,161 | -0,172 | 0,196 | 0,501 |
| Z | 0,000 | 0,000 | 1,000 | -0,513 | -0,410 | -0,715 | -0,839 | 0,143 | 0,304 |
| P1 | 0,794 | -0,282 | -0,513 | 1,000 | 0,938 | 0,807 | 0,855 | -0,840 | -0,921 |
| P2 | 0,729 | -0,532 | -0,410 | 0,938 | 1,000 | 0,616 | 0,793 | -0,799 | -0,945 |
| P3 | 0,592 | 0,161 | -0,715 | 0,807 | 0,616 | 1,000 | 0,823 | -0,610 | -0,605 |
| P4 | 0,482 | -0,172 | -0,839 | 0,855 | 0,793 | 0,823 | 1,000 | -0,595 | -0,709 |
| P5 | -0,906 | 0,196 | 0,143 | -0,840 | -0,799 | -0,610 | -0,595 | 1,000 | 0,878 |
| P6 | -0,779 | 0,501 | 0,304 | -0,921 | -0,945 | -0,605 | -0,709 | 0,878 | 1,000 |

Lif kesit şekli değişkeni ise ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), patlama mukavemeti (P4) performans özellikleri ile negatif ilişkili olup, kopma kuvveti (CD) (P3), hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile pozitif ilişkilidir. Lif kesit şekli değişkeninin en kuvvetli ilişkisi -0,532 korelasyon katsayısı ile kopma kuvveti (MD) (P2) için saptanırken, en düşük seviyesinin 0,161 ile kopma kuvveti (CD) (P3) için olduğu belirlenmiştir.

Lif kesit durumunun değişimi ise ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti (P4) performans özellikleri ile negatif ilişkili olduğu, hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile pozitif ilişkili olduğu görülmektedir. Lif kesit durumu değişkeninin en kuvvetli ilişkisi -0,839 korelasyon katsayısı ile patlama mukavemeti (P4) için saptanırken, en düşük seviyesinin 0,084 ile hava geçirgenliği (P5) için olduğu belirlenmiştir.

Bağımlı değişkenlerin birbiri ile ilişkisi incelendiğinde ses absorbsiyonu (P1), kopma kuvveti (MD) (P2), kopma kuvveti (CD) (P3), patlama mukavemeti

(P4) performans özelliklerinin birbirleri ile pozitif ilişkili oldukları ancak hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) ile negatif ilişkili oldukları görülmektedir. Bunun yanında hava geçirgenliği (P5) ve gözenek çapı (P6) birbiri ile pozitif ilişikili olup, ilişki düzeyi 0,878 korelasyon katsayısı ile kuvvetli düzeydedir. Çizelge 4.60' daki değerler performans özelliklerinin tümü için incelendiğinde tüm performans özelliklerinin birbirinden orta düzeyden çok yüksek düzeye doğru etkilendiği belirlenmiştir.

# 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

## 5.1. Çalışmanın Sonuçları

Yapılan tez çalışması kapsamında çeşitli uygulama alanlarında, özellikle otomotiv sektöründe ses yalıtımı sağlamak üzere spunbond ve meltblown teknikleriyle üretilmiş SMS yapılı katmanlı dokusuz yüzey yapıların ses absorbsiyonu ve bununla ilişkili özellikleri incelenerek gerçekleştirilen testler, yapılan ölçümler ve istatistiksel uygulamalardan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında seçilen SMS yapılı katmanlı dokusuz yüzey yapılarda hammadde ve gramaj değişiminin etkisini incelemek üzere polyester ve polipropilen hammaddelerden üretilen, 130 gr/$m^2$' den 280 gr/$m^2$' e kadar değişen gramajlardaki dokusuz yüzey numunelerin hava geçirgenliği özellikleri incelendiğinde hammadde ve gramaj değişiminin hava geçirgenliği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Seçilen hammaddelerden polyester lifli numuneler artan gramaj değerleri için daha yüksek hava akımı direnci göstermişlerdir. Gramaj artışı neticesinde dokusuz yüzey yapıda birim alandaki lif yoğunluğu artarken, havanın içerisinden geçiş yapabileceği boşluklar azalmış ve bu durum numunelerin hava akışına karşı direnç göstermesini sağlarken, hava geçirgenliği değerleri azaltmıştır. Hammadde değişkenliğinde ise kullanılan hammaddeler olan polyester ve polipropilenden üretilmiş numunelerde polyester numunelerin hava geçirgenliği değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiş, ancak yapısal parametrelerden bağımsız olarak hammaddenin belirleyici bir etkiye sahip olmadığı düşünülmektedir.

Dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon performansına etki eden önemli faktörlerden birinin hava akımına karşı gösterdiği direnç olduğu dikkate alındığında artan gramajlarda hava geçirgenliği düşük olan numunelerin ses absorbsiyon performansı iyileşmektedir. Bunun yanında yapıda daha küçük gözenek varlığının mevcudiyeti de ses absorbsiyon özelliklerini geliştirecektir.

Sonuç olarak en yüksek gramaj değerine sahip olan polyester dokusuz yüzey numune için en düşük hava geçirgenliği değeri saptanmıştır.

Bu numunelerin dayanım özellikleri incelendiğinde; gramaj artışı neticesinde uygulanan gerilime karşı koyan lif yoğunluğundaki artış nedeniyle kopma ve patlama dayanımının da arttığı belirlenmiştir. Diğer yandan hammadde değişkenliğinin de kumaşların mukavemet özelliklerini etkilediği görülmüştür. Kullanılan hammaddelerden polipropilen lifinin mukavemetinin (5-6,5 cN/dtex) polyester lifinin mukavemetinden (6-8,5 cN/dtex) daha düşük olması nedeniyle, polyester lifinden üretilen dokusuz yüzeyler polipropilen lifinden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerine göre daha dayanımlı bir yapı oluşturmaktadır ve bu durum gramaj arttıkça daha belirginleşmektedir.

Dokusuz yüzeylerin mekanik davranışını lifler arası kurulan bağlar belirlerken, lif yönlenmesine bağlı olarak makine yönü (MD) ve çapraz yön (CD) doğrultusunda farklı lif oryantasyonlarının oluşturduğu anizotropik yapı MD ve CD doğrultusundaki kopma dayanımlarında farklılığa yol açmaktadır. Liflerin oryantasyonunun MD doğrultusunda yoğunlaşmış olması nedeniyle, tüm numuneler için bu doğrultuda daha yüksek dayanım değerleri elde edilmiştir

İstatistiksel olarak incelendiğinde kopma mukavemetinin MD yönünde kontrolünde, hammadde tipinin gramaj değişimine göre daha etkin bir parametre olduğu belirlenirken, CD yönü için durumun tam tersi olduğu saptanmıştır. Patlama mukavemeti için ise gramaj değişimi hammadde değişimine göre istatistiksel olarak daha anlamlı ve etkindir.

Bu numunelerin gözenek boyutları incelendiğinde; gramajın artışıyla artan birim alandaki lif sayısı ve lif kesişimlerinin etkisiyle daha küçük gözenek boyutlarının oluştuğu tespit edilmiştir. Gözenek boyutlarının hava geçirgenliği ve ses absorbsiyonu ile olan ilişkisi değerlendirildiğinde bu sonuçlar doğrulanmaktadır. En yüksek gramaj değerinde, en düşük hava geçirgenliği gösteren, en küçük ortalama gözenek çapına sahip olan 280 gr/m$^2$ ağırlığındaki numunenin ses absorbsiyonu 6300 hz frekansta %90'a ulaşmaktadır

İstatistiksel olarak incelendiğinde gözenek boyutunun kontrolünde, gramaj değişiminin hammadde tipine göre daha etkin bir parametre olduğu belirlenmiştir. Ses absorbsiyonunun kontrolünde ise gramaj değişimi anlamlı bir parametre iken hammadde değişiminin anlamlı bir etkisi bulunmadığı tespit edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında üretilen katmanlı dokusuz yüzey yapılarda lif kesit şekli ve kalenderleme tipi etkisini incelemek üzere spunbond katmanda trilobal ve yuvarlak lif kesit şekillerine sahip noktalı ve düz kalenderli yüzeylerin değişimiyle SMS katmanlı dokusuz yüzey yapının mekanik ve geçirgenlik özelliklerinin değişimi incelenmiştir.

Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi değişiminin hava geçirgenliği üzerine etkisi incelendiğinde tüm gramaj değerleri için trilobal kesitli numunelerin hava geçirgenlik değerlerinin yuvarlak kesitli numunelerin hava geçirgenlik değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel olarak kalenderleme tipinin anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Bu numunelerin dayanım özellikleri incelendiğinde; kopma mukavemeti ölçümlerine göre yuvarlak lif kesit şekline sahip noktalı kalenderlenmiş numunelerin daha yüksek dayanım gösterdikleri; istatistiksel olarak incelendiğinde kopma mukavemetinin lif kesit şekli ve kalenderleme tipi değişiminden %98,69 oranında etkilendiği saptanmıştır. Patlama mukavemeti sonuçları da kopma mukavemeti sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Noktalı kalenderleme uygulanmış olan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerleri düz kalenderleme uygulanmış olan dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti değerlerinden daha yüksektir; dolayısıyla nokta kalenderleme uygulanmış olan dokusuz yüzeylerin uygulanan dik yöndeki patlatma kuvvetine karşı daha dirençli olduğu görülmektedir. Isı ve basınç etkisinde uygulanan kalenderleme işleminde noktasal basınçla eriyerek birbiriyle kaynaşan lifler doku mukavemetini artırmaktadır.

Ses absorbsiyonu sonuçları incelendiğinde dokusuz yüzey numunelerinde kullanılan lif kesit şekillerinden trilobal kesite sahip numunelerin ses absorbsiyon

katsayısı değerlerinin yuvarlak kesite sahip numunelerin ses absorbsiyon katsayısı değerlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Dolayısıyla trilobal lif kesit şekline sahip liflerden üretilen dokusuz yüzeylerin ses dalgası geçişine karşı daha dirençsiz olduğu görülmektedir. Farklı lif kesit şekillerinin farklı yüzey alanı oluşturmaları ve geçirgenlik özelliklerinin gözenek yapısı ile ilişkili olduğu değerlendirildiğinde; farklı kesit şekillerine sahip liflerle elde edilen yapılarda rasgele lif yerleşiminin ortaya çıkardığı farklı kesişim ve bağlantıların gözenek boyutlarının azalmasına ve hava akışına karşı direncin artışına sebep olurken, ses dalgasının yapının gözeneklerinde ve kanallarında hareket ederek sürtünme kayıplarına uğraması ve ses enerjisinin azalması sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Bu durumun ayrıca dokusuz yüzey yapının gözenek dağılımı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Araştırmacılar kapalı gözeneklerin ses absorbsiyonuna etkisi olmadığını, açık ve birbiriyle bağlantılı gözeneklerin ses absorbsiyonu sağladığını ortaya koymaktadır. Trilobal kesite sahip dokusuz yüzey numunelerde kapalı gözenek varlığı düşünülebilir.

Tez çalışması kapsamında üretilen katmanlı dokusuz yüzey yapılarda lif kesit durumunun etkisini incelemek üzere spunbond tabakasında homokomponent ve bikomponent yapıda trilobal ve yuvarlak kesit şekillerine sahip lifler kullanılarak katmanlı dokusuz yüzey yapının mekanik ve geçirgenlik özellikleri değerlendirilmiştir.

Lif kesit durumunun hava geçirgenliği üzerine etkisi incelendiğinde; tüm gramaj değerleri için yuvarlak ve trilobal kesite sahip bikomponent liflerden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenliklerinin, homokomponent liflerden üretilmiş olan dokusuz yüzey numunelerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Hava geçirgenliğinin gözenek yapısı ile ilişkisi değerlendirildiğinde, bikomponent lifli numunelerin gözenek çaplarının homokomponent lifli numunelerden daha küçük olması yapılan ölçümlerin sonuçları ile doğrulanmaktadır.

Bu duruma bikomponent liflerin varlığında, yüzey pürüzlülüğünü, lifler arası bağlantı ve kesişim durumlarını etkilediği, yüzeyin büklümlülüğünü değişiminin yol açtığı söylenebilir.

Bu numunelerin dayanım özellikleri incelendiğinde; kopma ve patlama mukavemeti ölçümlerine göre yuvarlak ve trilobal lif kesit şekline sahip numunelerin tümünde bikomponent yapılı numunelerin, homokomponent yapılı numunelerden daha yüksek dayanım gösterdikleri; istatistiksel olarak yapılan değerlendirmede lif kesit durumu değişiminin anlamlı bir etkisi bulunduğu saptanmıştır. Bikomponent yapıda kullanılan CoPET polimeri, kalenderleme esnasında ısı karşısında eriyerek doku bağlanmasını artırmaktadır. Bağlanma noktaları, bikomponent yapıyı çevreleyen dış polimer ile lif ağındaki çekirdek polimerler tarafından kuvvetlendirilmiş bölgelerdir. Bağlama sonrasında dokusuz yüzeyde mevcut olan, sürekli ve hasara uğramamış çekirdek polimer bileşeni nedeniyle bikomponent yapılı dokusuz yüzeyler homokomponent yapılı yüzeyler ile karşılaştırıldığında daha üstün mekanik özellikler göstermektedir.

SMS katmanlı dokusuz yüzey numunelerin Spunbond katmanında bulunan bikomponent lifler iç içe yuvarlak ve uçlu trilobal kesit şeklinde olup bağlayıcı olarak görev yapmıştır. Bikomponent yapıda daha düşük erime sıcaklığına sahip CoPET polimeri, ısıl bağlamada sıcaklığın etkisiyle çekirdek polimerinden daha önce eriyerek etrafındaki liflere bulaşıp dokunun bağlamasını gerçekleştirmektedir. Bu durumun bikomponent yapılı dokusuz yüzeylerde gözenek dağılımını etkilediği ve lifler arası dağınık kanallar ortaya çıkardığı düşünülmektedir. Rasgele lif yerleşim ve kesişimlerinin prosesin temel karakterini oluşturduğu filament serme yöntemleri ile dokusuz yüzey oluşumunda, bu durumun bikomponent liflerin katkısıyla arttığı belirtilebilir. Bunun sonucunda bikomponent lifler içeren numunelerin gözenek çapları ve hava geçirgenliği değerlerinde azalma ortaya çıkarken, ses dalgasının lif yüzeyleri ile yön değiştirerek sürtünmesi akustik enerjinin kaybına ve ses absorbsiyon katsayılarının artmasına yol açtığı söylenebilir. Dolayısıyla bikomponent lifli yapılarda beklenen daha yüksek ses

absorbsiyonu elde edilen diğer sonuçlarla doğrulanmaktadır. En yüksek gramaja sahip 280 gr/$m^2$ ağırlığındaki numune 3000 Hz üzerindeki frekanslarda ses absorbsiyonu %50 civarlarında olup 6300 Hz frekans değerinde %90' ı aşmaktadır. İstatistiksel olarak incelendiğinde de lif kesit durumunun ses absorbsiyonuna etkisinin lif kesit şekline göre daha etkin olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ses absorbsiyonu performansı değiştirilmek istendiğinde lif kesit durumunu değiştirmek, lif kesit şeklini değiştirmekten daha etkili olacaktır.

## 5.2. Sonraki Çalışmalar için Öneriler

Bu çalışma konusu kapsamında ileride yapılacak çalışmalar için aşağıdaki öneriler sunulabilir.

Bu tez çalışması kapsamında ayrı katmanlar halinde, bağlamasız spunbond ve meltblown dokusuz yüzeyler kullanılarak oluşturulan SMS yapıların ses absorbsiyonu ve ilişkili özellikleri incelenmiştir. Literatürde sıkıştırma işleminin, gözenek yoğunluğunu azalttığı ve ses absorbsiyonunu olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir, ancak değişken yoğunluklarda bölgesel bağlamanın ses absorbsiyonuna etkisi incelenebilir.

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan SMS yapıdaki dokusuz yüzey numunelerin alt ve üst katmanlarında kullanılan spunbond tabakanın gramajı sabit tutularak meltblown orta tabakanın gramaj değişimiyle katmanlı yapıdaki toplam gramaj değişimi incelenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda katmanların farklı kombinasyonlarda gramaj değişiminin ses absorbsiyonuna etkisi araştırılabilir.

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan yuvarlak ve trilobal lif kesit şekilleri, spunbond tabakalar için değişkendir, ancak lif inceliği sabittir. Farklı lif inceliklerinde ve farklı lif kesit şekillerinde dokusuz yüzey yapıların ses yalıtım performansları incelenmelidir.

## KAYNAKLAR


Akalın M., Özen, M.S., 2010. Tülbent Esaslı Dokunmamış Kumaşlar (Nonwoven Fabrics). Nesil Matbaacılık, Istanbul.

Anantharamaiah N., Verenich S., Pourdeyhimi B., 2008. Durable Nonwoven fabrics via Fracturing Bi-Component Islands-in-the-Sea Filaments, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 3/3: 1-9.

Arenas J. P., Crocker M. J., 2010. Recent Trends in Porous Sound-Absorbing Materials, Journal of Sound & Vibration.

Ayou Hao A., Haifeng Zhao .B, Chen J. Y., 2013. Kenaf/Polypropylene NonwovenComposites: The Influence Of Manufacturing Conditions On Mechanical, Thermal And Acoustical Performance, Journal of Elsevier, 44-51.

Aydoğdu M., 2010. Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetilmesi, Egeteks Çevre Ölçüm ve Kalibrasyon Hizmetleri San.Tic.Aş., İzmir

Babaarslan, O., 2010. Dokusuz Yüzeyler Ders Notu, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Batt T., Dauner M., Planck H., 2011. Experimentelle Analyse der Feinst – Faserbildung im Meltblow – Prozess (English version). Frankfurt.

Bhat G.S., 2001. Extruded Continuous Filament Nonwovens: Advances In Scientific Aspects, Journal of Applied Polymer Science, 83/3: 572–585.

Büyükakıncı Y., Sökmen N., Küçük H., 2011. Thermal Conductivity And AcousticProperties Of Natural Fiber Mixed Polyurethane Composites, Tekstil ve Konfeksiyon, 2: 124-132.

Castagnede B., Aknine A., Brouard B., Tarnow V., 2000. Efects Of Compression On The Sound Absorption Of Fibrous Materials, Journal of Applied Acoustics, 61:173- 182.

Chidambaram A.,1999. Fundamentals Of Fiber Bonding In Thermally Point-Bonded Nonwovens [http://adsabs.harvard.edu/abs/1999, Erişim tarihi: Eylül, 2017].

Coates M., Kierzkowski M., 2002. Acoustic Textiles, Technical Textile International Conference.

Çinçik E., 2010. İğneleme Yöntemiyle Üretilen Polyester/Viskon Karışımlı Dokusuz Yüzey Kumaş Özelliklerinin Deneysel Ve İstatistiksel Analizi, DoktoraTezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Çokkeser H.K. , Çeven E., 2011. Otomotivde Kullanılan Teknik Tekstiller KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(3).

Dahiya, A., Kamath, M. G., Hegde, R. R., 2004. Melt Blown Technology. [https://tr.scribd.com/document/73295733/4-Meltblown-Technology, Erişim tarihi: Eylül, 2017].

Dasdemir, M., 2011. Investigating Polymer Interface and Its Influence on Bicomponent Nonwoven Structures for Thermoplastic Composites, Phd Thesis, North Caroline State University.

Dasdemir M., Maze B., Anantharamaiah N., Pourdeyhimi B., 2012, Influence Of Polymer Type, Composition, And Interface On The Structural And Mechanical Properties Of Core/Sheath Type Bicomponent Nonwoven Fibers, Journal Of Material Science 47:5955–5969.

Das A., Raghav R.J., 2009. Bursting Behavior of Spunbonded Nonwoven Fabrics, Indian Journal of Fibre and Textile Research, 34: 258-263.

Das. D., Pourdeyhimi, B., 2014. Composite Nonwoven Materials, Structure, Properties and Applications, Woodhead Publishing. [https://books.google.com.tr, Erişim tarihi: Eylül 2017].

Demirci, E., 2011. Mechanical Behaviour of Thermally Bonded Bicomponent Fibre Nonwovens: Experimental Analysis and Numerical Modelling, Phd Thesis, Loughborough University.

Demirci E., Acar M., Pourdeyhimi B., Silberschmidt V.V. 2011, Finite Element Modelling Of Thermally Bonded Bicomponent Fibre Nonwovens:

Tensile Behaviour, Computational Materials Science, 50(4): 1286-1291.

Demirkale S. Y., 2007. Çevre Ve Yapı Akustiği Mimarlar ve Mühendisler İçin El Kitabı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Duran K., 2004. Dokusuz Yüzeyler, Teknik Yayıncılık, İstanbul.

Dutton C. K., 2008. Overview And Analysis Meltblown Process And Parameters, Journal of Textile and Apparel Technology and Management, 6(1): 1-25

Eichhorn S. J., Sampson W. W., 2009. Relationships Between Specific Surface Area and Pore Size In Electrospun Polymer Fibre Networks, Journal Of Royal Society, 7(45): 641–649.

Epps H.H., Leonas K.K, 2002. Pore Size And Air Permeability Of Four Nonwoven Fabrics, International Nonwoven Journal.

Everest, F. A., Pohlmann, K. C., 2009. Master Handbook of Acoustics, Mc Graw Hill, USA.

Farukh F. ,Demirci E., Sabuncuoglu B., Acar M., Pourdeyhimi B., Silberschmidt V.V, 2015. Mechanical Analysis Of Bi-Component-Fibre Nonwovens: Finite-Element Strategy, Composites, Part B :327–335.

Federova, N., 2006. Investigation of the Utility of Islands-in-the-Sea Bicomponent Fiber Technology in the Spunbond Process, PHd Thesis, North Caroline State University.

Fedorova, N., Pourdeyhimi, B., 2007. High Strength Nylon Micro- and Nanofiber Based Nonwovens via Spunbonding, Journal of Applied Polymer Science, 104:3434–3442.

Hur B.Y., Park B.K., HaD.I., Um Y.S.,2005. Sound Absorption Properties Of Fiber And Porous Materials, Materials Science Forum, Switzerland, 2687-2690.

Heutschi K., 2013. Acoustics: Absorption-Reflection-Transmission, Swiss Federal Institute of Technology Zurich.

http://www.bksv.com/AcousticMaterialTesting, Bruel & Kjaer, Product data: Impedance Measurement Tube Type 4206, Eylül 2016.

http://www.dilogroup.com, Eylül 2016.

https://www.nasa.gov/speed_of_sound_9-12.pdf, Eylül 2016.

http://www.nonwoventechnology.com, Eylül 2016.

http://www.nonwoven-industry.com, Eylül 2016.

http://novosimmuhendislik.com/folders/18065/categorial1docs/3840/Malzemelerin Akustik_Performans_Testleri.pdf, Eylül 2016.

http://www.rieter.com/ TheRieter/Automotive/AlphaCabinSystem, Eylül 2016.

http://www.sdlatlas.com/product/58/Air-Perm-, Eylül 2016.

http://www.ylt44.com/bilimsel/ses.pdf/ Ses Dalgaları/ Dr. Cahit Karakuş, Eylül 2016.

ISO 10534-2 Determination Of Sound Absorption Coefficient And Impedance In Impedance Tubes– Transfer Function Method, Eylül 2016.

ISO 15901-1 Evaluation Of Pore Size Distribution And Porosity Of Solid Materials By Mercury Porosimetry And Gas Adsorption, Eylül 2016.

Jayaraman, K. A., 2005. Acoustical Absorptive Properties of Nonwovens, Msc Thesis, Raleigh, North Carolina State University.

Jena A. Gupta K., 2002.Characterization of Pore Structure of Filter Media, Fluid/Particle Separation Journal, 14(3): 227-241.

Jena, A., Gupta, K., 2003. Liquid Extrusion Techniques for Pore Structure Evaluation of Nonwovens, International Nonwoven Journal, 12: 45-53.

Jiang C., Moreau D., Doolan C., 2017. Acoustic Absorption Of Porous Materials Produced By Additive Manufacturing With Varying Geometries, Australian Acoustical Society Conference, Acoustics 2017, Sydney.

Kellie G., 2016. Advances In Technical Nonwovens,The Textile Institute, Woodhead Publishing, England.

Kim H. S., (2004). Relationship between Fiber Orientation Distribution Function and Mechanical Anisotropy of Thermally Point-Bonded Nonwovens, Fiber and Polymers 5(3): 177-181.

Koizumi T., Tsujiuchi N., Adachi A., 2002. The Development Of Sound Absorbing Materials Using Natural Bamboo Fibers, High Performance Structure And Composites Book, WIT Press.

Kopitar, D., Skenderi, Z., Rukavina, T. , 2014. Impact Of Calendering Process On Nonwoven Geotextiles Hydraulic Properties. Textile Research Journal, 84: 66–77.

Kopitar D., Skenderi Z., Mijovic B., 2014. Study On The Influence Of Calendaring Process On Thermal Resistance Of Polypropylene Nonwoven Fabric Structure, Journal Of Fiber Bioengineering And Informatics, 7(1): 1-11.

Krucin I., Glis´cin E., Michalak M.,Ciechan D., Kazimierczak J., Bloda A., 2016.Sound-Absorbing Green Composites Based On Cellulose Ultra-Short/Ultra-Fine Fibers, Textile Research Journal, 647- 657.

Kucuk M., Korkmaz Y., 2012. The Effect of Physical Parameters On Sound Absorption Properties Of Natural Fiber Mixed Nonwoven Composites, Textile Research Journal, 82: 2043- 2053.

Kucuk M., Korkmaz Y., 2015. Sound Absorption Properties Of Bilayered Nonwoven Composites, Fibers and Polymers,16(4): 941-948.

Lee Y. E., Joo C. W., 2003. Sound Absorption Properties Of Recycled Polyester Fibrous Assembly Absorbers. AUTEX Research Journal, 3: 78-84.

Lee Y. E., Joo C. W., 2004. Sound Absorption Properties of Thermally Bonded Nonwovens Based on Composing Fibers and Production Parameters. Journal of Applied Polymer Science, 92: 2295-2302.

Liu J., Liu X., Xu Y., Bao W., 2014. The Acoustic Characteristics Of Dual-Layered Porous Nonwovens: A Theoretical And Experimental Analysis, The Journal of The Textile Institute, 105:1076-1088.

Liu X., Yan X., Zhang H., 2016. Effects Of Pore Structure On Sound Absorption Of Kapok-Based Fiber Nonwoven Fabrics At Low Frequency, Textile Research Journal, 1-10.

Marmaralı A., Ertekin G., Çay A., 2014. Çeşitli Kumaş Parametrelerinin Yuvarlak Örme Sandviç Kumaşların Ses Yutum Özelliklerine Etkisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi, 20(7): 281-286.

Meriç I., Tavukçuoğlu A., Çalıskan M., 2014. Malzemelerin Mikro Yapı Özelliklerinin Akustik Performansa Etkisi: Gözeneklilik Yapısı İle Ses Yutma Özellikleri Arasındaki İlişki, 1.Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi, İstanbul.

Midha V.K., Chavhan M.V., 2012. Nonwoven Sound Absorption Materials, International Journal of Textile and Fashion Technology, 2(2): 45-55.

Midha V.K., Dakiri A., 2017. Spun bonding Technology and Fabric Properties: A Review Journal of Textile Engineering & Fashion Technology, 1 (4): 1-9.

Mirjalili S.A., Shahi M., 2012. Investigation On The Acoustic Characteristics Of Multi-Layer Nonwoven Structures, Fibres & Textiles in Eastern Europe, 3: 73-77.

Mvubu M., Patnaik A., Anandjıwala R. D., 2015. Process Parameters Optimization of Needle-punched Nonwovens for Sound Absorption Application, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 10(4): 47-54.

Na, Y., Lancaster, J., Casali, J., Cho, G., 2007. Sound Absorption Coefficients of Micro-fiber Fabrics by Reverberation Room Method, Textile Research Journal, 77(5): 330-335.

NWSP 070.1.R0 (15): Air Permeability of Nonwoven Materials, Ekim 2015.

NWSP 110.4.R0 (15): Breaking Force and Elongation of Nonwoven Materials (Strip Method) Ekim 2015.

NWSP 130.1.R0 (15): Mass per Unit Area Ekim 2015.

NWSP 030.2.R0 (15): Nonwovens Burst Ekim 2015.

NWSP 120.6.R0 (15): Nonwoven Thickness (EDANA) Ekim 2015.

NWSP 003.0.R0 (15): Standard Atmospheres for Conditioning and/or Testing Ekim 2015.

Okur A., Turan R.B., 2008 . Kumaşlarda Hava Geçirgenliği, Tekstil ve Mühendis, TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası Yayınları.

Ömeroğlu S., Esra Karaca E., Becerir B., Akbaş E.B., 2011. Farklı Kesite Sahip Filamentlerden Oluşan Poliester İpliklerde Bükümün Mukavemet Özelliklerine Etkisi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16(2): 46-52.

Parikh D.V., Chen Y., Sun L., 2006. Reducing Automotive Interior Noise With Natural Fiber Nonwoven Floor Covering Systems, Textile Research Journal, 6- 11.

Ralph T. Muehleisen R. T., 2007. Measurement of the Acoustic Properties of Acoustic Absorbers, Illinois Institute of Technology.

Rawal A., 2010. Structural Analysis Of Pore Size Distribution Of Nonwovens, The Journal of The Textile Institute, 101(4): 350-359.

Rouquerol J., 1994. Recommendations for the Characterization of Porous Solids, Journal of Pure & Applied Chemistry, 66: 1739-1758.

Russel S.J., 2007.Handbook of Nonwovens, Textile Institute, Woodhead Publishing, Mancester, England.

Ryu Y., 2002. Technical Note: Test Procedure and User Interface for Determination of the Acoustic Properties of Materials using the Two-microphone Transfer Function Method, Building Acoustics,9(1): 73-79.

Scheidegger, A.L.,1974. The Physics of Flow Through Porous Media,University of Toronto.

Seddeq H.S., 2009. Factors Influencing Acoustic Performance Of Sound Absorptive Materials, Australian Journal of Basic and Applied Science, 3: 4610- 4617.

Shu Yang S., Yu W.D., 2011. Air Permeability and Acoustic Absorbing Behavior of Nonwovens, Journal of Fiber Bioengineering and Informatics.

Shahani F., Soltani P., Mohammad Zarrebini M., 2014. The Analysis of Acoustic Characteristics and Sound Absorption Coefficient of Needle Punched Nonwoven Fabrics, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 9(2):84-92.

Sivri Ç., 2008. Dokusuz Yüzeyler Endüstrisinde Sık Kullanılan Test Metotları, Cihazları Ve Standartları, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi.

Süvari F. , 2012. Nanolif Kompozit Yapılı Dokusuz Yüzeylerin Ses Absorblama Özelliklerinin İyileştirilmesi, Uludağ Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

Suvari F., Ulcay Y., Maze B., Pourdeyhimi B., 2013. Acoustical Absorptive Properties Of Spunbonded Nonwovens Made From Islands-In-The-Sea Bicomponent Filaments, The Journal of The Textile Institute, 104: 438-445.

Suvari F., Ulcay Y., Pourdeyhimi B., 2015. Sound Absorption Analysis Of Thermally Bonded High-Loft Nonwovens, Textile Research Journal, 1-11.

Tascan M., Vaughn E, 2008. Effects of Fiber Denier, Cross-Sectional Shape and Fabric Density on Acoustical Behaviour Vertically Lapped Nonwoven Fabrics, Journal Of Engineered Fibers And Fabrics, 3: 32-38.

Tascan M., Vaughn E., 2008. Effects Of Total Surface Area And Fabric Density On The Acoustical Behavior Of Needlepunched Nonwoven Fabrics, The Journal of The Textile Institute, 78: 289- 296.

Tascan M., Lyon Gaffney K., 2012. Effect Of Glass-Beads On Sound Insulation Properties Of Nonwoven Fabrics, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 7(1): 101-105.

Teli M. D., Pal A., Roy D., 2007. Efficieny of Nonwoven Materials as Sound Insulator. Indian Journal of Fibre, Textile Research, June, 32: 202-206.

Thilagavathi G., Pradeep E., Kannaian T., Sasikala L., 2011. Development Of Natural Fiber Nonwovens For Application As Car Interiors For Noise Control.

Turo D., Vignola J., Glean A., 2012. Acoustic Metrology, Impedance Tube-Surface Impedance, Reflection and Absorption Coefficients Measurements, Lecture Notes, The Catholic University of America.

Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü, 2016. Akustik Paydaşlar Toplantısı Sunumu, Akustik Ölçümler Sunumu.

Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü, 2017. Akustik Laboratuvarı Kalibrasyon ve Deney Yetenekleri Sunumu.

Vallabh R., Banks-Lee P., Seyam A. F., 2010. New Approach for Determining Tortuosity in Fibrous Porous Media, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 5: 7- 15.

Vidinlimen G. T., 2010. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Gözenekli Malzemelerin Akustik Özellikleri Ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Yang S., Yu W.D, 2011. Air Permeability and Acoustic Absorbing Behavior of Nonwovens, Journal of Bioengineering and Informatics, 3: 204- 208.

Yang S., Yu W.D., Pan N., 2011. Investigation Of The Sound- Absorbing Behavior Of Fiber Assemblies, Textile Research Journal, 81: 673- 682.

Yang S.,Yu,W.D., 2011. Air Permeability And Acoustic Absorbing Behavior Of Nonwovens, Journal Of Fiber Bioengineering And Informatics 3(4):204-208.

Yıldırım A. , Girginer B., Yerleşen U., Öztoksoy M., Taşcan M., Gündüz S., Öztürk T., 2015. Otomotiv Sektöründe Akustik Yalıtım Geliştirmeye Yönelik Yenilikçi Nonwoven Kumaş Teknolojilerinin Geliştirilmesi, 11. Ulusal Akustik Kongresi, İstanbul.

Yilmaz N.D., Michielsen S, Banks-Lee P., Powel N., 2011. Effects Of Material And Treatment Parameters On Noise-Control Performance Of Compressed Three-Layered Multifiber Needle-Punched Nonwovens, Journal of Applied Polymer Science, 123: 2095- 2106.

Zent, A., Long, J. T., 2007. Automotive Sound Absorbing Material Survey Results, Sae International Company, USA.

Wang X. Y., Gong R. H., 2006.Thermally Bonded Nonwoven Filters Composed Of Bicomponent Polypropylene/Polyester Fiber/ I. Statistical Approach For Minimizing The Pore Size, Journal of Applied Polymer Science, 101/4: 2689- 2699.

Watanabe K., Minemura Y., Nemoto K., Sugawara H., 1999. Development Of High Performance All Polyester Sound Absorbing Materials, Journal of Society of Automotive Engineers, 20: 357-362.

Wenbin Zhu W., Nandikolla W., George B., 2015. Effect of Bulk Density on the Acoustic Performance of Thermally Bonded Nonwovens, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 10(3): 39-45.

## ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Gaziantep'te doğdu. Lise öğrenimini 1994 yılında Gaziantep Anadolu Lisesi'nde tamamladıktan sonra aynı yıl lisans eğitimine başladığı Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden 1999 yılında mezun oldu. 1999-2000 yılları arasında SANKO Tekstil İşletmeleri San. ve Tic. A.Ş. İşletmelerinde Planlama Mühendisi olarak çalıştı. 2000 yılında Gaziantep Üniversitesi Gaziantep Meslek Yüksek Okulu Tekstil Bölümünde öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2000-2003 yılları arasında Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümünde doktora eğitimine başladı. Halen Gaziantep Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Tekstil Teknolojisi Programında öğretim görevlisi olarak görevini sürdürmektedir.

# EKLER

Tez çalışması kapsamında incelenen dokusuz yüzey numunelerine uygulanan tüm testlere ait ölçüm sonuçları; ses absorbsiyonu ölçüm sonuçlarının numunelerin sınıflandırılmasına göre detaylı grafiksel gösterimleri; ölçüm yapılan performans özellikleri ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon grafikleri ve numunelerin boyuna kesit SEM görünümleri yer almaktadır.

## EK – 1. DOKUSUZ YÜZEY NUMUNELERİNİN FİZİKSEL, MEKANİK VE GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİNİN ÖLÇÜM SONUÇLARI


Ek - 1.1. Dokusuz yüzey numunelerinin kumaş gramajı ölçüm sonuçları…….. 233
Ek - 1.2. Dokusuz yüzey numunelerinin kumaş kalınlığı ölçüm sonuçları…..… 234
Ek - 1.3. Dokusuz yüzey numunelerinin kumaş yoğunluğu ölçüm sonuçları….. 235
Ek - 1.4. Dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek boyutu ölçüm sonuçları……..……... 236
Ek - 1.5. Dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti (MD) ölçüm sonuçları……...……. 237
Ek - 1.6. Dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti (CD) ölçüm sonuçları……. 238
Ek - 1.7. Dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti ölçüm sonuçları……...…. 233
Ek - 1.8. Dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenliği ölçüm sonuçları….. 240
Ek - 1.9. Dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyonu ölçüm sonuçları….. 241

**EK – 2. DOKUSUZ YÜZEY NUMUNELERİNİN SES ABSORBSİYONU ÖLÇÜMLERİNİN GRAFİKSEL SONUÇLARI**

Ek - 2.1. Hammadde tipi esas alınan A1-B1, A2-B2, A3-B3, A4-B4 numune kodlu dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri…….... 242

Ek - 2.2. Hammadde tipi esas alınan A5-B5, A6-B6, A7-B7 numune kodlu, dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri…… 243

Ek - 2.3. Lif kesit şekli esas alınan B1-C1, B2-C2, B3-C3, B4-C4 numune kodlu, nokta kalenderli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri…..……...….. 244

Ek - 2.4. Lif kesit şekli esas alınan B5-C5, B6-C6, B7-C7 numune kodlu, nokta kalenderli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri……..… 245

Ek - 2.5. Lif kesit şekli esas alınan D1-E1, D2-E2, D3-E3, D4-E4 numune kodlu, düz kalenderli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri……..……... 246

Ek - 2.6. Lif kesit şekli esas alınan D5-E5, D6-E6, D7-E7 numune kodlu, düz kalenderli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri……...…….. 247

Ek - 2.7. Kalenderleme tipi esas alınan B1-D1,B2-D2, B3-D3, B4-D4 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri……...…….. 248

Ek - 2.8. Kalenderleme tipi esas alınan B5-D5,B6-D7, B7-D7 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri…… 249

Ek - 2.9. Kalenderleme tipi esas alınan C1-E1, C2-E2, C3-E3, C4-E4 numune kodlu, trilobal lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri…...……...…….. 250

Ek - 2.10. Kalenderleme tipi esas alınan C5-E5, C6-E6, C7-E7 numune kodlu,

trilobal lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri…….…….. 251
Ek - 2.11. Lif kesit durumu esas alınan D1-F1, D2-F2, D3-F3, D4-F4 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri……..……..…… 252
Ek - 2.12. Lif kesit durumu esas alınan D5-F5, D6-F6, D7-F7 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri…… 253
Ek - 2.13. Lif kesit durumu esas alınan E1-G1, E2-G2, E3-G3, E4-G4 numune kodlu, trilobal lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri…….…….... 254
Ek - 2.14. Lif kesit durumu esas alınan E5-G5,E6-G6, E7-G7 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri……...…… 255

**EK – 3. DOKUSUZ YÜZEY NUMUNELERİNİN ÖLÇÜM YAPILAN PERFORMANS ÖZELLİKLERİ VE BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ KORELASYON GRAFİKLERİ**

Ek – 3.1. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve gramaj arasındaki korelasyon……256
Ek – 3.2. Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve hammadde arasındaki korelasyon…..…….…… 257
EK – 3.3. a) Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon…... 258
b) Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon…... 259
Ek – 3.4. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey

numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve lif kesit şekli arasındaki korelasyon……..……. 260
Ek – 3.5. Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve kalenderleme tipi arasındaki korelasyon……...……...…… 261
Ek – 3.6. a) Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon..... 262
b) Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon.....263
Ek – 3.7. Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve lif kesit durumu arasındaki korelasyon……264
Ek – 3.8. a) Lif kesit durumu esas dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon…….. 265
b) Lif kesit durumu esas dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon…….…….. 266

**EK – 4. DOKUSUZ YÜZEY NUMUNELERİNİN BOYUNA KESİT SEM GÖRÜNÜMLERİ**

Ek – 4.1. Spunbond dokusuz yüzey numunelerinin SEM görünümleri…...…….267
Ek – 4.2. Meltblown dokusuz yüzey numunelerinin SEM görünümleri……..268

-

## EK – 1. DOKUSUZ YÜZEY NUMUNELERİNİN FİZİKSEL, MEKANİK VE GEÇİRGENLİK ÖZELLİKLERİNİN ÖLÇÜM SONUÇLARI

**Ek - 1.1.** Dokusuz yüzey numunelerinin kumaş gramajı ölçüm sonuçları

| ***Kumaş Gramajı, gr/m²*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***gr/m²*** | *130* | *155* | *180* | *205* | *230* | *255* | *280* |
| ***S.S.*** | *2,297* | *1,655* | *1,95* | *1,462* | *1,624* | *2,713* | *2,383* |
| ***% CV*** | *1,763* | *1,067* | *1,09* | *0,715* | *0,701* | *1,066* | *0,852* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***gr/m²*** | *130* | *155* | *180* | *205* | *230* | *255* | *280* |
| ***S.S.*** | *2,356* | *1,541* | *2,035* | *2,676* | *1,849* | *2,554* | *2,229* |
| ***% CV*** | *1,812* | *0,994* | *1,130* | *1,305* | *0,804* | *1,00* | *0,796* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***gr/m²*** | *130* | *155* | *180* | *205* | *230* | *255* | *280* |
| ***S.S.*** | *2,217* | *1,849* | *2,145* | *1,462* | *1,776* | *2,817* | *2,594* |
| ***% CV*** | *1,705* | *1,192* | *1,191* | *0,713* | *0,772* | *1,104* | *0,926* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***gr/m²*** | *130* | *155* | *180* | *205* | *230* | *255* | *280* |
| ***S.S.*** | *2,482* | *1,628* | *3,032* | *1,373* | *3,853* | *2,953* | *2,657* |
| ***% CV*** | *1,909* | *1,050* | *1,684* | *0,669* | *1,675* | *1,158* | *0,948* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***gr/m²*** | *130* | *155* | *180* | *205* | *230* | *255* | *280* |
| ***S.S.*** | *2,653* | *1,722* | *2,174* | *1,742* | *1,693* | *2,662* | *2,571* |
| ***% CV*** | *2,04* | *1,110* | *1,207* | *0,849* | *0,736* | *1,043* | *0,918* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***gr/m²*** | *130* | *155* | *180* | *205* | *230* | *255* | *280* |
| ***S.S.*** | *2,226* | *1,796* | *3,021* | *1,554* | *2,548* | *2,598* | *2,843* |
| ***% CV*** | *1,712* | *1,158* | *1,678* | *0,758* | *1,107* | *1,018* | *1,015* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***gr/m²*** | *130* | *155* | *180* | *205* | *230* | *255* | *280* |
| ***S.S.*** | *2,821* | *1,912* | *2,887* | *1,789* | *1,814* | *2,786* | *2,462* |
| ***% CV*** | *2,17* | *1,233* | *1,603* | *0,872* | *0,788* | *1,092* | *0,879* |

**Ek - 1.2.** Dokusuz yüzey numunelerinin kumaş kalınlığı ölçüm sonuçları

| ***Kumaş Kalınlığı, mm*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***mm*** | *1,164* | *1,246* | *1,313* | *1,437* | *1,545* | *1,653* | *1,794* |
| ***S.S.*** | *0,062* | *0,074* | *0,057* | *0,061* | *0,078* | *0,054* | *0,083* |
| ***% CV*** | *5,354* | *5,967* | *4,351* | *4,265* | *5,064* | *3,272* | *4,636* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***mm*** | *1,162* | *1,243* | *1,310* | *1,435* | *1,542* | *1,651* | *1,793* |
| ***S.S.*** | *0,067* | *0,075* | *0,056* | *0,081* | *0,069* | *0,071* | *0,055* |
| ***% CV*** | *5,77* | *6,048* | *4,274* | *5,664* | *4,480* | *4,303* | *3,072* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***mm*** | *1,161* | *1,242* | *1,312* | *1,432* | *1,544* | *1,652* | *1,793* |
| ***S.S.*** | *0,084* | *0,073* | *0,065* | *0,058* | *0,082* | *0,039* | *0,095* |
| ***% CV*** | *7,24* | *5,887* | *4,961* | *4,055* | *5,324* | *2,363* | *5,307* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***mm*** | *1,162* | *1,243* | *1,310* | *1,434* | *1,543* | *1,651* | *1,792* |
| ***S.S.*** | *0,071* | *0,059* | *0,087* | *0,062* | *0,074* | *0,056* | *0,060* |
| ***% CV*** | *6,12* | *4,758* | *6,641* | *4,335* | *4,805* | *3,393* | *3,351* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***mm*** | *1,161* | *1,242* | *1,311* | *1,432* | *1,541* | *1,651* | *1,791* |
| ***S.S.*** | *0,079* | *0,082* | *0,071* | *0,065* | *0,053* | *0,090* | *0,081* |
| ***% CV*** | *6,81* | *6,612* | *5,419* | *4,545* | *3,441* | *5,454* | *4,525* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***mm*** | *1,159* | *1,239* | *1,310* | *1,431* | *1,541* | *1,652* | *1,792* |
| ***S.S.*** | *0,076* | *0,084* | *0,069* | *0,053* | *0,049* | *0,086* | *0,065* |
| ***% CV*** | *6,551* | *6,774* | *5,267* | *3,706* | *3,181* | *5,212* | *3,631* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***mm*** | *1,158* | *1,240* | *1,309* | *1,431* | *1,541* | *1,650* | *1,791* |
| ***S.S.*** | *0,088* | *0,071* | *0,068* | *0,080* | *0,073* | *0,092* | *0,077* |
| ***% CV*** | *7,586* | *5,725* | *5,190* | *5,594* | *4,740* | *5,575* | *4,301* |

**Ek - 1.3.** Dokusuz yüzey numunelerinin kumaş yoğunluğu ölçüm sonuçları

| ***Kumaş Yoğunluğu, gr/cm$^3$*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***gr/cm$^3$*** | *0,091* | *0,096* | *0,0904* | *0,1036* | *0,0968* | *0,0954* | *0,0966* |
| ***S.S.*** | *0,072* | *0,059* | *0,068* | *0,077* | *0,063* | *0,052* | *0,097* |
| ***% CV*** | *4,805* | *3,393* | *3,351* | *4,961* | *4,712* | *3,631* | *3,181* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***gr/cm$^3$*** | *0,103* | *0,0842* | *0,085* | *0,101* | *0,098* | *0,096* | *0,104* |
| ***S.S.*** | *0,072* | *0,059* | *0,064* | *0,088* | *0,091* | *0,077* | *0,058* |
| ***% CV*** | *5,23* | *6,122* | *4,125* | *5,687* | *6,281* | *6,102* | *5,139* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***gr/cm$^3$*** | *0,0952* | *0,097* | *0,101* | *0,107* | *0,108* | *0,096* | *0,112* |
| ***S.S.*** | *0,087* | *0,068* | *0,073* | *0,064* | *0,084* | *0,091* | *0,073* |
| ***% CV*** | *5,412* | *6,952* | *4,723* | *5,065* | *5,841* | *4,387* | *4,673* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***gr/cm$^3$*** | *0,087* | *0,0878* | *0,0876* | *0,0866* | *0,092* | *0,092* | *0,0984* |
| ***S.S.*** | *0,082* | *0,064* | *0,092* | *0,059* | *0,068* | *0,067* | *0,069* |
| ***% CV*** | *5,443* | *5,186* | *4,649* | *3,573* | *3,880* | *5,257* | *4,752* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***gr/cm$^3$*** | *0,108* | *0,102* | *0,107* | *0,101* | *0,103* | *0,105* | *0,101* |
| ***S.S.*** | *0,091* | *0,084* | *0,068* | *0,072* | *0,058* | *0,091* | *0,088* |
| ***% CV*** | *4,641* | *3,857* | *5,491* | *4,746* | *4,849* | *5,757* | *6,418* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***gr/cm$^3$*** | *0,0872* | *0,0836* | *0,0803* | *0,0796* | *0,0855* | *0,0867* | *0,0895* |
| ***S.S.*** | *0,074* | *0,065* | *0,063* | *0,085* | *0,071* | *0,066* | *0,059* |
| ***% CV*** | *6,439* | *5,8874* | *5,267* | *6,492* | *7,352* | *5,626* | *5,448* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***gr/cm$^3$*** | *0,083* | *0,0744* | *0,0816* | *0,088* | *0,0947* | *0,103* | *0,101* |
| ***S.S.*** | *0,072* | *0,082* | *0,091* | *0,068* | *0,056* | *0,069* | *0,078* |
| ***% CV*** | *4,507* | *5,257* | *5,386* | *7,145* | *4,284* | *4,756* | *5,667* |

**Ek - 1.4.** Dokusuz yüzey numunelerinin ortalama gözenek boyutu ölçüm sonuçları

| ***Ortalama Gözenek Boyutu, µm*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***µm*** | *24,072* | *21,939* | *21,23* | *19,353* | *19,148* | *17,635* | *16,099* |
| ***S.S.*** | *2,825* | *1,729* | *1,842* | *1,571* | *1,637* | *1,844* | *1,568* |
| ***% CV*** | *11,735* | *7,880* | *8,673* | *8,117* | *8,549* | *10,45* | *9,739* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***µm*** | *19,998* | *18,685* | *18,282* | *17,435* | *16,882* | *16,435* | *15,344* |
| ***S.S.*** | *2,035* | *1,849* | *1,487* | *1,371* | *1,459* | *1,711* | *0,883* |
| ***% CV*** | *10,175* | *9,895* | *8,133* | *7,863* | *8,642* | *10,410* | *5,754* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***µm*** | *21,435* | *20,680* | *19,929* | *18,881* | *17,783* | *17,046* | *16,472* |
| ***S.S.*** | *1,687* | *1,631* | *1,472* | *1,821* | *1,693* | *1,362* | *1,571* |
| ***% CV*** | *7,869* | *7,886* | *7,385* | *9,644* | *9,520* | *7,989* | *9,537* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***µm*** | *20,348* | *19,013* | *18,061* | *17,494* | *17,010* | *16,841* | *16,232* |
| ***S.S.*** | *2,121* | *1,912* | *1,145* | *0,988* | *1,725* | *1,441* | *1,365* |
| ***% CV*** | *10,423* | *10,056* | *6,339* | *5,647* | *10,140* | *8,556* | *8,409* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***µm*** | *22,623* | *22,259* | *20,350* | *20,068* | *19,260* | *18,488* | *16,84* |
| ***S.S.*** | *1,329* | *1,765* | *1,287* | *1,625* | *1,749* | *0,957* | *1,455* |
| ***% CV*** | *5,872* | *7,929* | *6,324* | *8,097* | *9,080* | *5,176* | *8,638* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***µm*** | *19,550* | *18,251* | *17,202* | *16,693* | *16,451* | *15,386* | *15,08* |
| ***S.S.*** | *1,764* | *0,754* | *1,125* | *1,254* | *1,737* | *0,942* | *1,367* |
| ***% CV*** | *9,022* | *4,135* | *6,538* | *7,512* | *10,558* | *6,122* | *9,062* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***µm*** | *20,673* | *19,962* | *18,945* | *18,471* | *18,292* | *17,77* | *16,071* |
| ***S.S.*** | *1,445* | *1,047* | *1,143* | *1,542* | *1,577* | *1,681* | *1,289* |
| ***% CV*** | *6,989* | *5,244* | *6,033* | *8,343* | *8,621* | *9,454* | *8,018* |

**Ek - 1.5.** Dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti (MD) ölçüm sonuçları

| ***Kopma Kuvveti (MD), N*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***N*** | *121,2* | *128* | *135,05* | *156* | *161* | *176* | *183,01* |
| ***S.S.*** | *6,352* | *7,785* | *7,688* | *6,142* | *9,841* | *8,451* | *10,084* |
| ***% CV*** | *5,240* | *6,082* | *5,692* | *3,937* | *6,112* | *4,801* | *5,51* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***N*** | *168,59* | *191,4* | *217,01* | *229,34* | *238,81* | *251,2* | *263,04* |
| ***S.S.*** | *7,273* | *8,522* | *6,878* | *7,431* | *8,513* | *8,815* | *9,608* |
| ***% CV*** | *4,314* | *4,452* | *3,169* | *3,240* | *3,564* | *3,509* | *3,652* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***N*** | *133,22* | *145,4* | *155,41* | *169,5* | *186,9* | *191,9* | *208,41* |
| ***S.S.*** | *6,958* | *6,752* | *7,239* | *9,089* | *8,138* | *8,750* | *10,224* |
| ***% CV*** | *5,222* | *4,643* | *4,658* | *5,362* | *4,354* | *4,559* | *4,905* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***N*** | *144,56* | *153,01* | *161,02* | *170,9* | *188,1* | *209,5* | *218,1* |
| ***S.S.*** | *7,127* | *6,176* | *8,775* | *8,146* | *9,418* | *7,444* | *8,654* |
| ***% CV*** | *4,930* | *4,036* | *5,449* | *4,766* | *5,006* | *3,553* | *3,967* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***N*** | *108,22* | *116,23* | *128,85* | *139,3* | *155,9* | *168,2* | *186,4* |
| ***S.S.*** | *6,419* | *5,287* | *7,136* | *8,249* | *7,322* | *9,546* | *9,147* |
| ***% CV*** | *5,931* | *4,548* | *5,538* | *5,921* | *4,696* | *5,675* | *4,907* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***N*** | *171,06* | *188,77* | *196,99* | *206* | *223,21* | *247,4* | *265,8* |
| ***S.S.*** | *8,156* | *8,390* | *6,493* | *7,221* | *9,247* | *10,085* | *10,528* |
| ***% CV*** | *4,767* | *4,444* | *3,296* | *3,505* | *4,142* | *4,076* | *3,960* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***N*** | *128,51* | *139,14* | *153,45* | *171,1* | *185,23* | *198,5* | *205,9* |
| ***S.S.*** | *7,531* | *8,582* | *7,413* | *9,226* | *10,367* | *9,246* | *9,125* |
| ***% CV*** | *5,860* | *6,167* | *4,830* | *5,392* | *5,596* | *4,657* | *4,431* |

**Ek - 1.6.** Dokusuz yüzey numunelerinin kopma kuvveti (CD) ölçüm sonuçları

| ***Kopma Kuvveti (CD), N*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***N*** | *81,09* | *109,18* | *113,92* | *119,43* | *139,14* | *148,4* | *160,2* |
| ***S.S.*** | *5,135* | *3,899* | *5,554* | *4,247* | *5,489* | *4,861* | *5,458* |
| ***% CV*** | *6,33* | *3,571* | *4,875* | *3,556* | *3,944* | *3,275* | *3,406* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***N*** | *115,3* | *127,2* | *138,2* | *152,7* | *157,3* | *163,6* | *178,7* |
| ***S.S.*** | *7,328* | *5,154* | *4,323* | *6,541* | *4,015* | *8,519* | *5,753* |
| ***% CV*** | *6,355* | *4,051* | *3,128* | *4,283* | *2,552* | *5,207* | *3,219* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***N*** | *85,8* | *92,8* | *93,4* | *118,1* | *125,6* | *132,6* | *141,2* |
| ***S.S.*** | *4,483* | *4,177* | *5, 828* | *7,945* | *6,627* | *5,261* | *6,143* |
| ***% CV*** | *5,224* | *4,501* | *6,239* | *6,727* | *5,276* | *3,967* | *4,350* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***N*** | *75,6* | *85,3* | *89,2* | *104,6* | *109,84* | *114,01* | *129* |
| ***S.S.*** | *4,417* | *5,159* | *6,197* | *4,536* | *7,832* | *4,754* | *6,751* |
| ***% CV*** | *5,842* | *6,048* | *6,947* | *4,336* | *7,130* | *4,172* | *5,233* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***N*** | *72,3* | *77,8* | *79* | *99,8* | *103,2* | *111,2* | *106,5* |
| ***S.S.*** | *5,548* | *6,976* | *4,945* | *4,812* | *8,426* | *6,518* | *5,257* |
| ***% CV*** | *7,673* | *8,966* | *6,259* | *4,821* | *8,164* | *5,861* | *4,936* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***N*** | *100,9* | *108,1* | *114,5* | *123,6* | *127,5* | *139,4* | *150,5* |
| ***S.S.*** | *6,374* | *4,627* | *6,821* | *5,543* | *4,808* | *5,315* | *6,258* |
| ***% CV*** | *6,317* | *4,280* | *5,957* | *4,484* | *3,770* | *3,812* | *4,158* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***N*** | *121,6* | *133,3* | *138,8* | *150,3* | *158,9* | *166,7* | *177,2* |
| ***S.S.*** | *5,752* | *6,355* | *4,547* | *4,168* | *5,647* | *4,287* | *5,459* |
| ***% CV*** | *4,730* | *4,767* | *3,275* | *2,766* | *3,553* | *2,571* | *3,080* |

**Ek - 1.7.** Dokusuz yüzey numunelerinin patlama mukavemeti ölçüm sonuçları

| ***Patlama Mukavemeti, N*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***N*** | *132,7* | *150,18* | *157,48* | *187,4* | *190,6* | *196,4* | *203,72* |
| ***S.S.*** | *4,987* | *6,761* | *5,718* | *4,766* | *8,024* | *6,473* | *4,741* |
| ***% CV*** | *3,758* | *4,501* | *3,630* | *2,584* | *4,209* | *3,295* | *2,327* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***N*** | *141,02* | *173,55* | *188* | *196,4* | *203,02* | *210,87* | *213,45* |
| ***S.S.*** | *4,725* | *5,841* | *6,682* | *4,524* | *7,371* | *4,446* | *6,086* |
| ***% CV*** | *3,350* | *3,365* | *3,554* | *2,303* | *3,630* | *2,108* | *2,851* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***N*** | *90,1* | *113,6* | *128,87* | *138,4* | *143,88* | *160,62* | *170,86* |
| ***S.S.*** | *5,601* | *6,749* | *5,852* | *5,213* | *7,247* | *6,421* | *8,571* |
| ***% CV*** | *6,216* | *5,941* | *4,541* | *3,766* | *5,036* | *3,997* | *5,016* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***N*** | *98,02* | *107,64* | *114,38* | *129,88* | *140,52* | *147,7* | *155,3* |
| ***S.S.*** | *5,642* | *5,285* | *7,322* | *5,543* | *4,906* | *5,154* | *5,537* |
| ***% CV*** | *5,755* | *4,909* | *6,401* | *4,267* | *3,491* | *3,489* | *3,565* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***N*** | *84,6* | *96,8* | *100,82* | *124,3* | *128,92* | *131,02* | *138,65* |
| ***S.S.*** | *4,642* | *4,824* | *5,135* | *6,263* | *4,861* | *5,248* | *7,043* |
| ***% CV*** | *5,486* | *4,983* | *5,093* | *5,062* | *3,770* | *4,005* | *5,079* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***N*** | *166,7* | *171,43* | *176,82* | *183,4* | *183,8* | *203,85* | *205,62* |
| ***S.S.*** | *6,373* | *4,522* | *4,783* | *6,442* | *7,162* | *5,382* | *5,061* |
| ***% CV*** | *3,823* | *2,637* | *2,705* | *3,512* | *3,896* | *2,640* | *2,461* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***N*** | *138,05* | *153,2* | *156,12* | *163,9* | *170,73* | *175,58* | *186,34* |
| ***S.S.*** | *6,845* | *5,938* | *5,95* | *5,466* | *5,852* | *6,781* | *6,435* |
| ***% CV*** | *4,958* | *3,875* | *3,81* | *3,334* | *3,427* | *3,862* | *3,453* |

**Ek - 1.8.** Dokusuz yüzey numunelerinin hava geçirgenliği ölçüm sonuçları

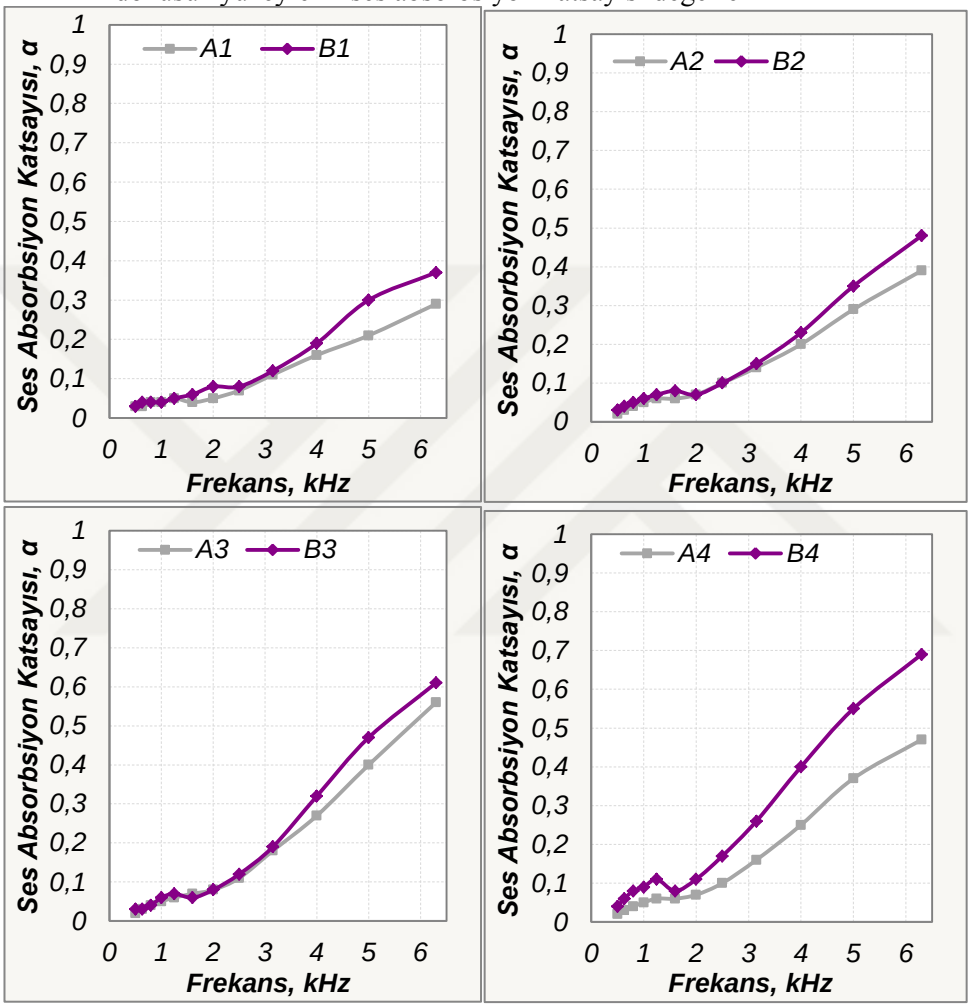
| ***Hava Geçirgenliği, mm/sn*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***mm/sn*** | *347* | *292* | *240* | *173* | *145* | *127* | *99* |
| ***S.S.*** | *8,382* | *7,491* | *6,059* | *7,436* | *8,801* | *9,084* | *7,460* |
| ***% CV*** | *2,415* | *2,565* | *2,524* | *4,298* | *6,069* | *7,152* | *7,53* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***mm/sn*** | *325* | *265* | *160* | *119* | *95* | *81* | *60* |
| ***S.S.*** | *10,752* | *7,355* | *8,547* | *6,112* | *6,147* | *8,227* | *5,453* |
| ***% CV*** | *3,308* | *2,775* | *5,341* | *5,136* | *6,470* | *10,15* | *9,088* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***mm/sn*** | *426* | *340* | *207* | *160* | *134* | *118* | *95* |
| ***S.S.*** | *9,735* | *10,504* | *6,823* | *6,788* | *6,901* | *6,728* | *6,568* |
| ***% CV*** | *2,285* | *3,089* | *3,296* | *4,242* | *5,15* | *5,701* | *6,91* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***mm/sn*** | *400* | *298* | *175* | *130* | *100* | *86* | *65* |
| ***S.S.*** | *8,435* | *7,504* | *8,823* | *9,485* | *8,901* | *6,421* | *6,583* |
| ***% CV*** | *2,108* | *2,518* | *5,041* | *7,296* | *8,901* | *7,466* | *10,127* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***mm/sn*** | *453* | *356* | *225* | *170* | *148* | *135* | *113* |
| ***S.S.*** | *9,147* | *7,061* | *8,782* | *6,254* | *5,980* | *6,631* | *7,325* |
| ***% CV*** | *2,019* | *1,983* | *3,903* | *3,678* | *4,040* | *4,911* | *6,482* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***mm/sn*** | *360* | *240* | *155* | *115* | *80* | *55* | *40* |
| ***S.S.*** | *8,481* | *8,182* | *7,418* | *9,226* | *6,862* | *4,246* | *5,124* |
| ***% CV*** | *2,355* | *3,409* | *4,785* | *8,022* | *8,577* | *7,72* | *12,81* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***mm/sn*** | *410* | *300* | *190* | *150* | *120* | *95* | *75* |
| ***S.S.*** | *7,075* | *7,134* | *8,627* | *6,043* | *5,870* | *8,368* | *5,661* |
| ***% CV*** | *1,725* | *2,378* | *4,540* | *4,028* | *4,891* | *8,808* | *7,548* |

**Ek - 1.9.** Dokusuz yüzey numunelerinin ses absorbsiyonu ölçüm sonuçları

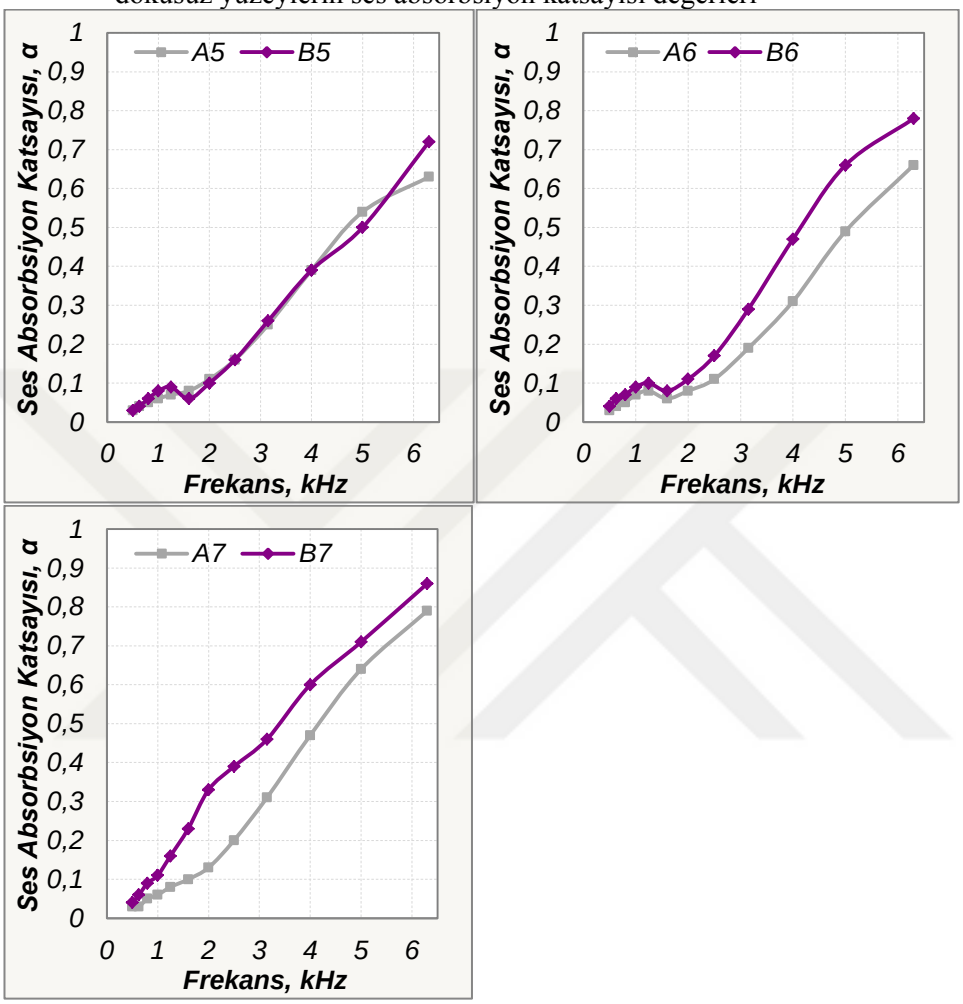
| ***Ses Absorbsiyonu, % (6300 Hz için)*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Numune Kodu* | ***A1*** | ***A2*** | ***A3*** | ***A4*** | ***A5*** | ***A6*** | ***A7*** |
| ***%*** | *0,29* | *0,39* | *0,47* | *0,56* | *0,61* | *0,63* | *0,79* |
| ***S.S.*** | *0,018* | *0,021* | *0,016* | *0,028* | *0,037* | *0,029* | *0,027* |
| ***% CV*** | *6,206* | *5,384* | *3,404* | *5* | *6,06* | *4,603* | *3,417* |
| *Numune Kodu* | ***B1*** | ***B2*** | ***B3*** | ***B4*** | ***B5*** | ***B6*** | ***B7*** |
| ***%*** | *0,43* | *0,48* | *0,61* | *0,62* | *0,69* | *0,61* | *0,78* |
| ***S.S.*** | *0,025* | *0,017* | *0,015* | *0,022* | *0,023* | *0,034* | *0,024* |
| ***% CV*** | *5,813* | *3,541* | *2,459* | *3,548* | *3,333* | *5,573* | *3,076* |
| *Numune Kodu* | ***C1*** | ***C2*** | ***C3*** | ***C4*** | ***C5*** | ***C6*** | ***C7*** |
| ***%*** | *0,22* | *0,43* | *0,50* | *0,54* | *0,60* | *0,64* | *0,67* |
| ***S.S.*** | *0,020* | *0,038* | *0,025* | *0,024* | *0,019* | *0,023* | *0,017* |
| ***% CV*** | *9,090* | *8,83* | *5* | *4,444* | *3,166* | *3,933* | *2,537* |
| *Numune Kodu* | ***D1*** | ***D2*** | ***D3*** | ***D4*** | ***D5*** | ***D6*** | ***D7*** |
| ***%*** | *0,32* | *0,44* | *0,51* | *0,55* | *0,64* | *0,63* | *0,86* |
| ***S.S.*** | *0,033* | *0,021* | *0,022* | *0,027* | *0,019* | *0,024* | *0,015* |
| ***% CV*** | *10,312* | *4,772* | *4,313* | *4,909* | *2,968* | *3,809* | *1,744* |
| *Numune Kodu* | ***E1*** | ***E2*** | ***E3*** | ***E4*** | ***E5*** | ***E6*** | ***E7*** |
| ***%*** | *0,19* | *0,23* | *0,37* | *0,50* | *0,60* | *0,62* | *0,81* |
| ***S.S.*** | *0,018* | *0,025* | *0,027* | *0,020* | *0,019* | *0,026* | *0,035* |
| ***% CV*** | *9,473* | *10,869* | *7,297* | *4* | *3,166* | *4,193* | *4,320* |
| *Numune Kodu* | ***F1*** | ***F2*** | ***F3*** | ***F4*** | ***F5*** | ***F6*** | ***F7*** |
| ***%*** | *0,45* | *0,51* | *0,58* | *0,62* | *0,82* | *0,86* | *0,91* |
| ***S.S.*** | *0,028* | *0,017* | *0,027* | *0,016* | *0,023* | *0,026* | *0,032* |
| ***% CV*** | *6,222* | *3,333* | *4,655* | *2,580* | *2,804* | *3,023* | *3,516* |
| *Numune Kodu* | ***G1*** | ***G2*** | ***G3*** | ***G4*** | ***G5*** | ***G6*** | ***G7*** |
| ***%*** | *0,24* | *0,35* | *0,48* | *0,61* | *0,70* | *0,81* | *0,84* |
| ***S.S.*** | *0,025* | *0,019* | *0,023* | *0,031* | *0,028* | *0,023* | *0,020* |
| ***% CV*** | *10,416* | *5,428* | *4,791* | *5,081* | *4* | *2,839* | *2,380* |

## EK – 2. DOKUSUZ YÜZEY NUMUNELERİNİN SES ABSORBSİYONU ÖLÇÜMLERİNİN GRAFİKSEL SONUÇLARI

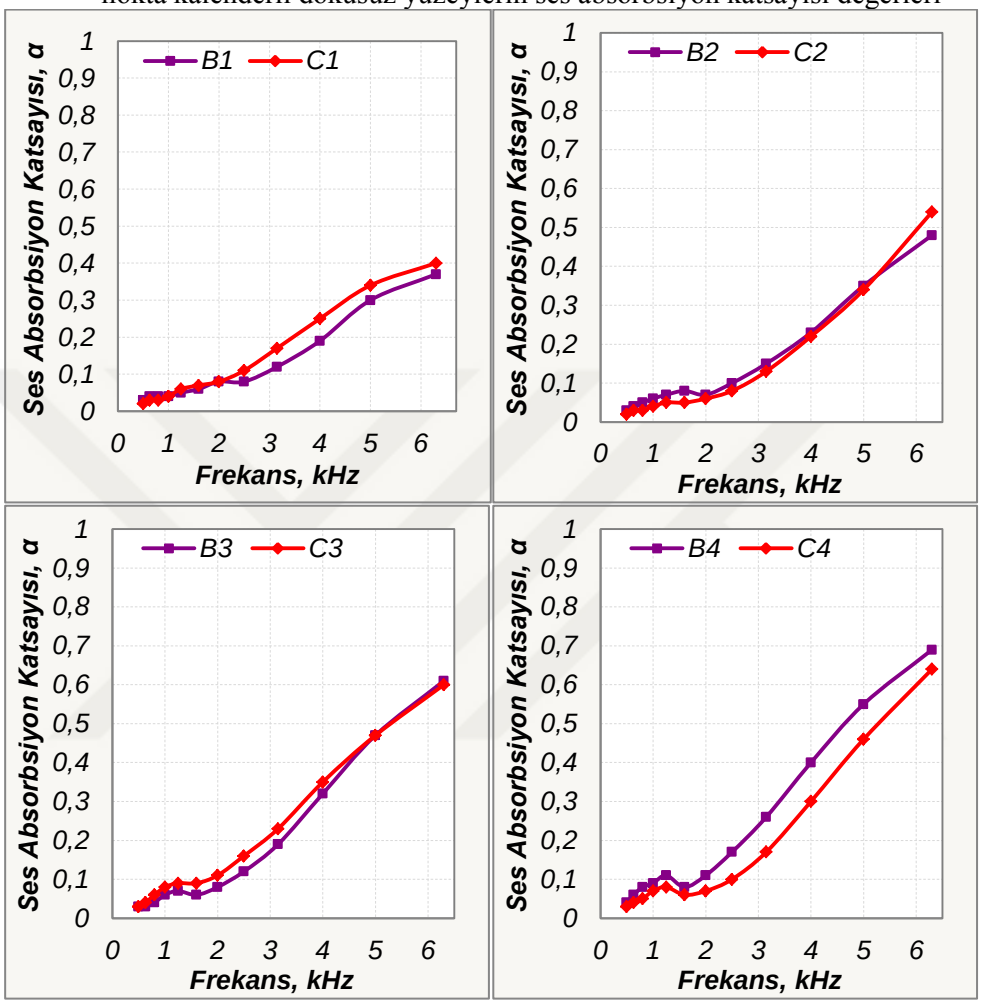
**Ek - 2.1.** Hammadde tipi esas alınan A1-B1, A2-B2, A3-B3, A4-B4 numune kodlu dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



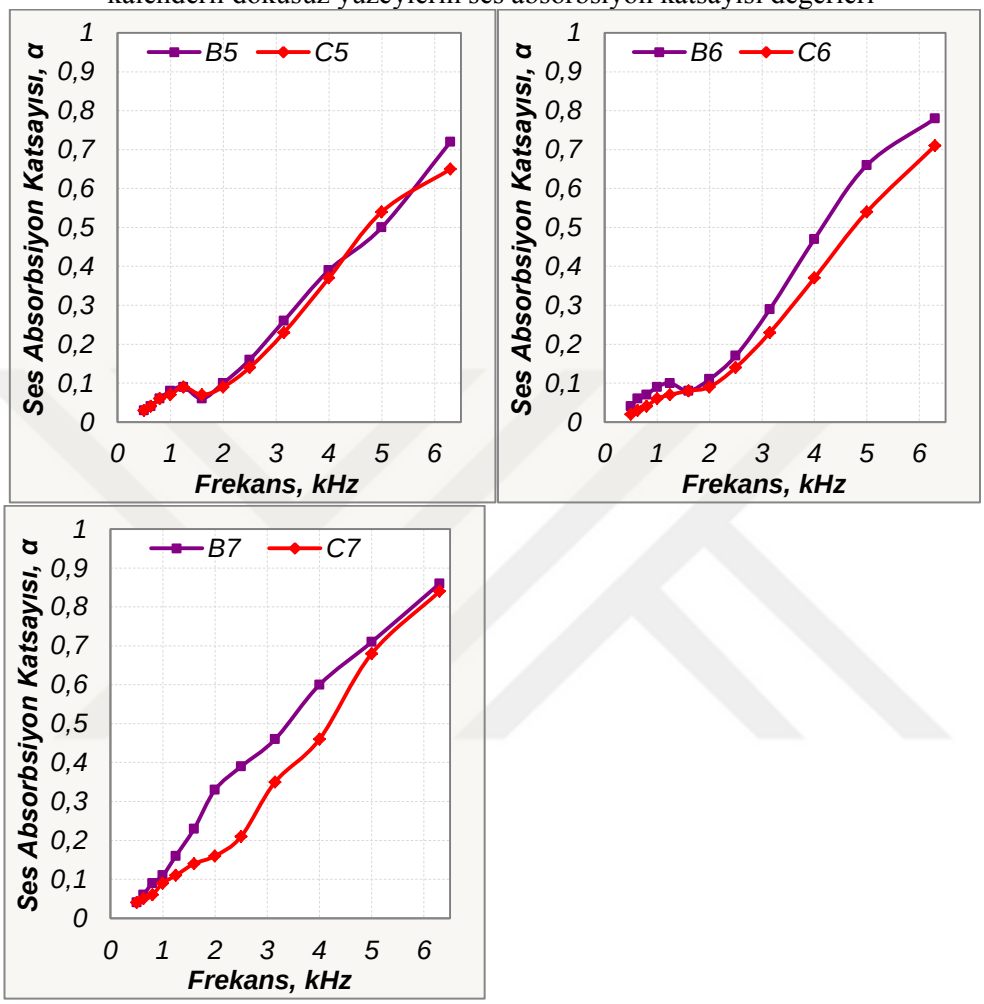
**Ek - 2.2.** Hammadde tipi esas alınan A5-B5, A6-B6, A7-B7 numune kodlu dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



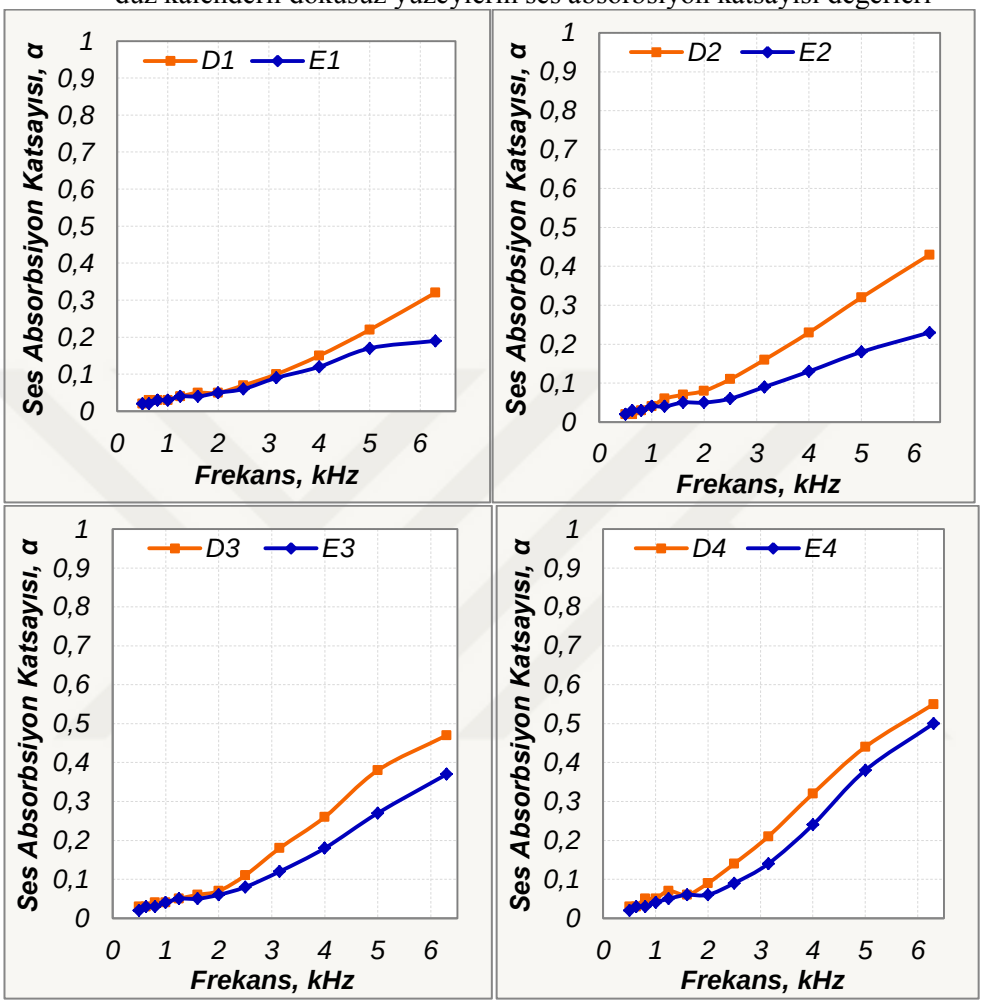
**Ek - 2.3.** Lif kesit şekli esas alınan B1-C1, B2-C2, B3-C3, B4-C4 numune kodlu, nokta kalenderli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



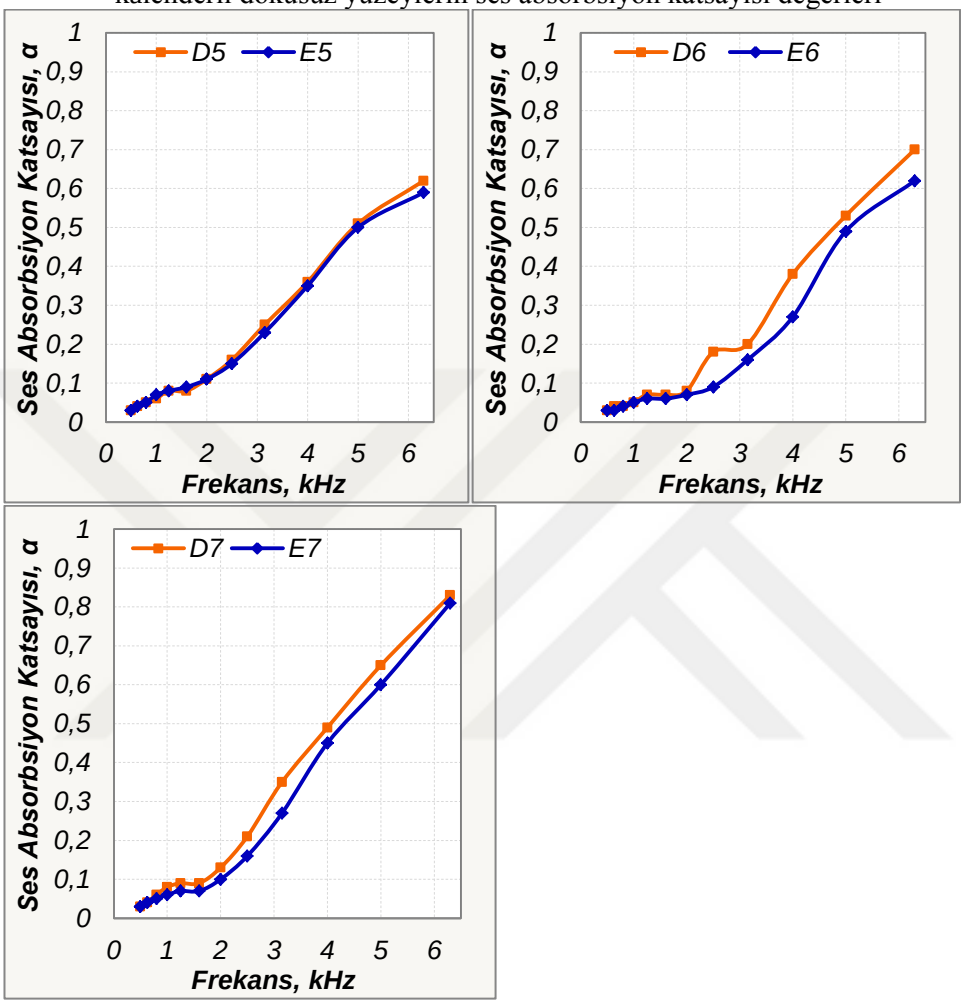
**Ek - 2.4.** Lif kesit şekli esas alınan B5-C5, B6-C6, B7-C7 numune kodlu, nokta kalenderli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



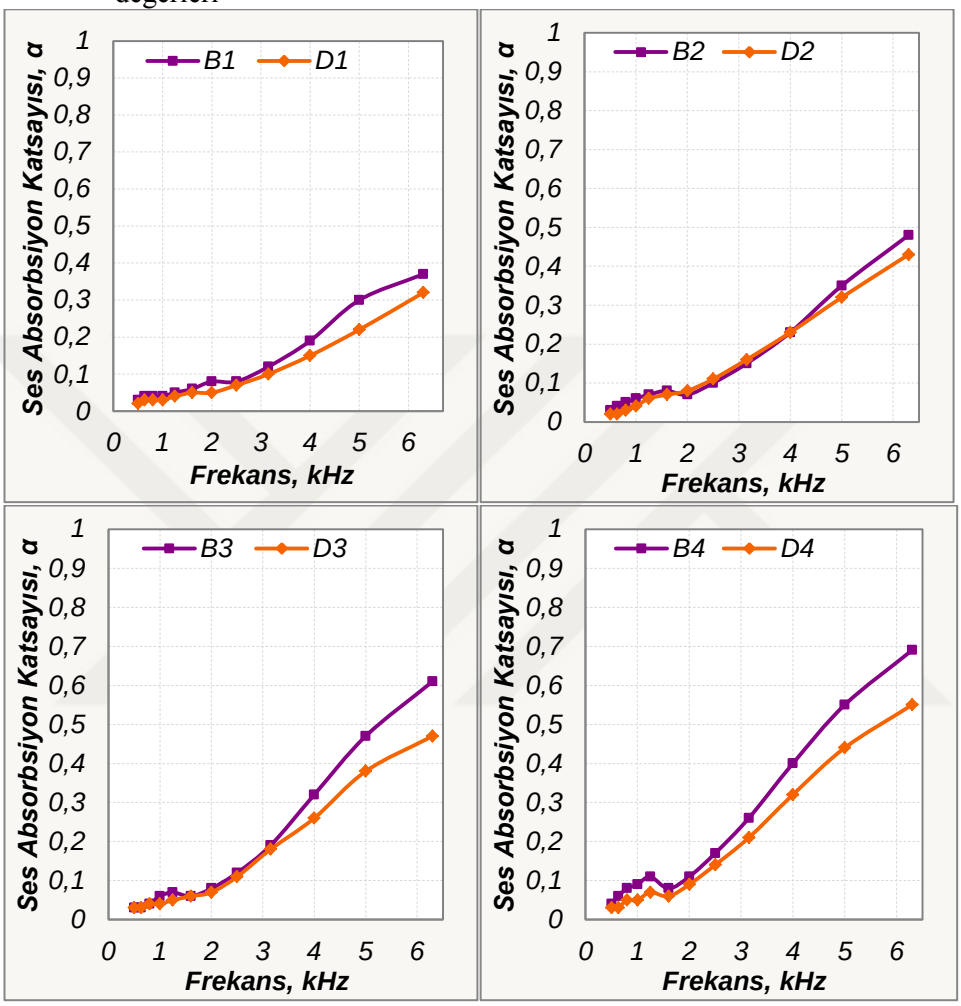
**Ek - 2.5.** Lif kesit şekli esas alınan D1-E1, D2-E2, D3-E3, D4-E4 numune kodlu, düz kalenderli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



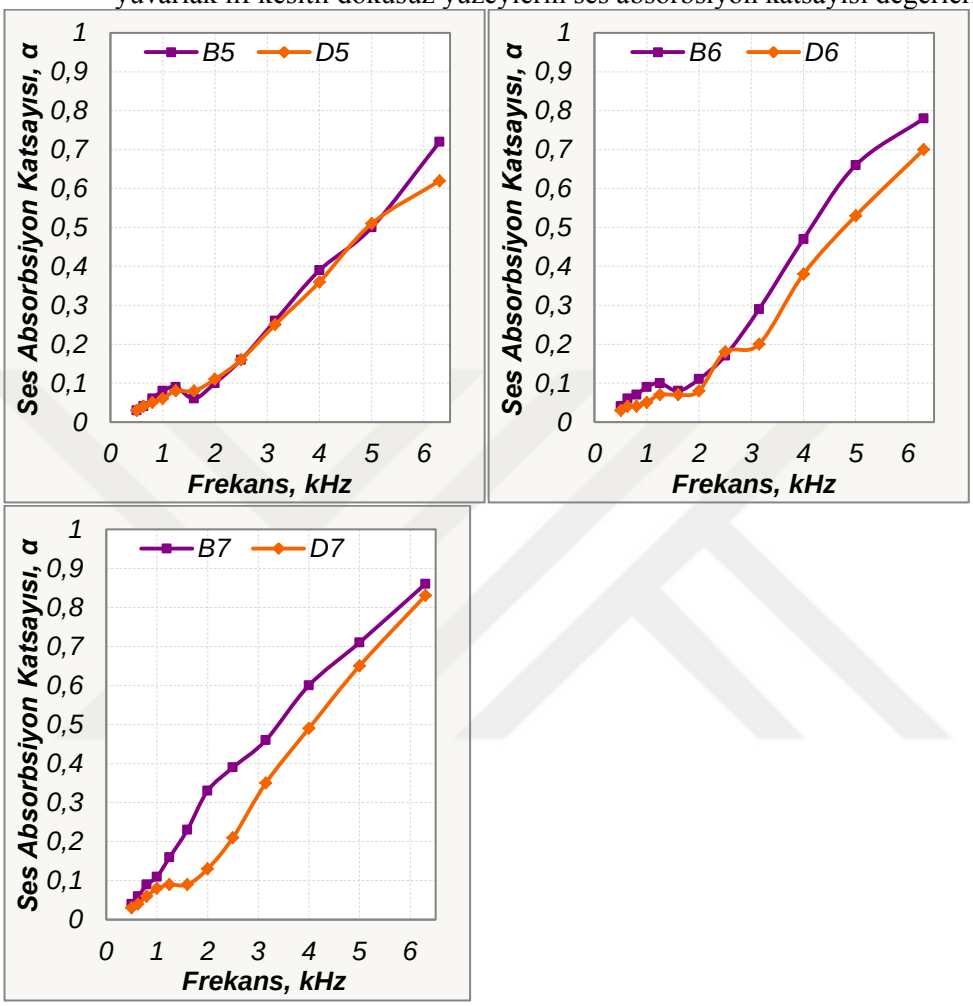
**Ek - 2.6.** Lif kesit şekli esas alınan D5-E5, D6-E6, D7-E7 numune kodlu, düz kalenderli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



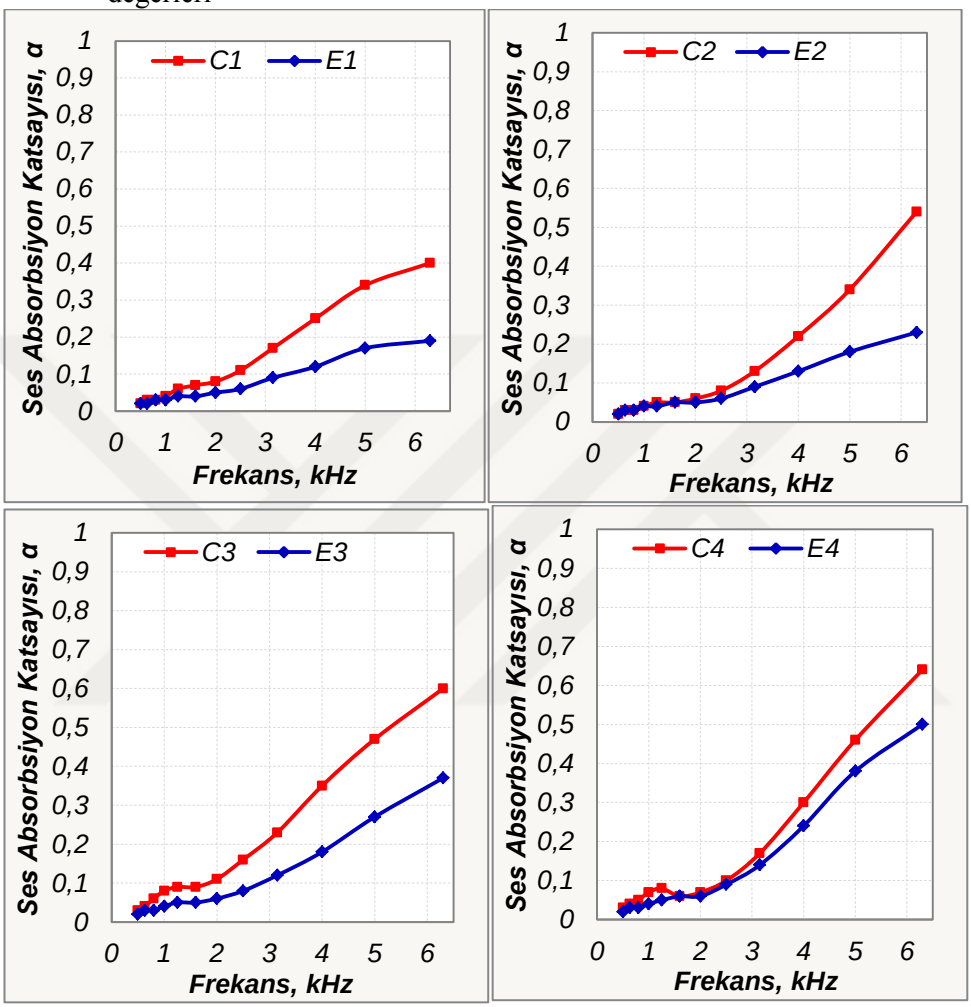
**Ek - 2.7.** Kalenderleme tipi esas alınan B1-D1,B2-D2, B3-D3, B4-D4 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



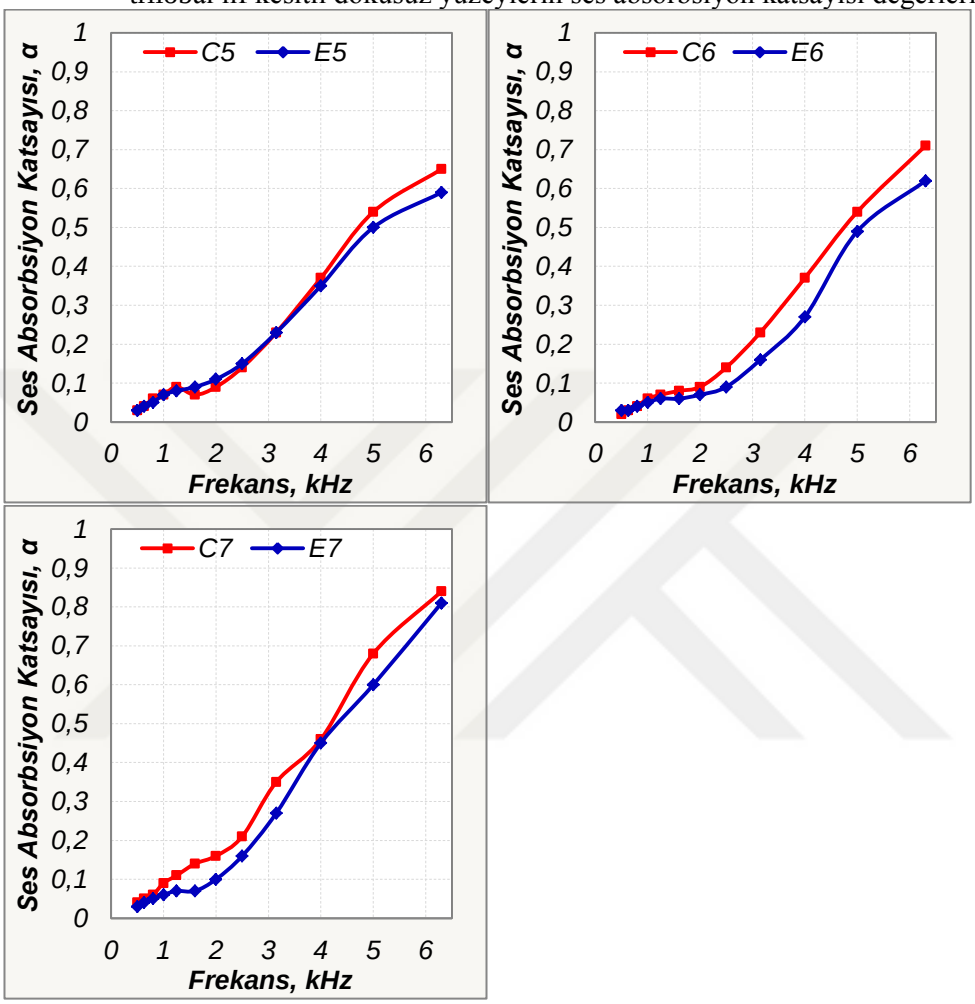
**Ek - 2.8.** Kalenderleme tipi esas alınan B5-D5, B6-D7, B7-D7 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



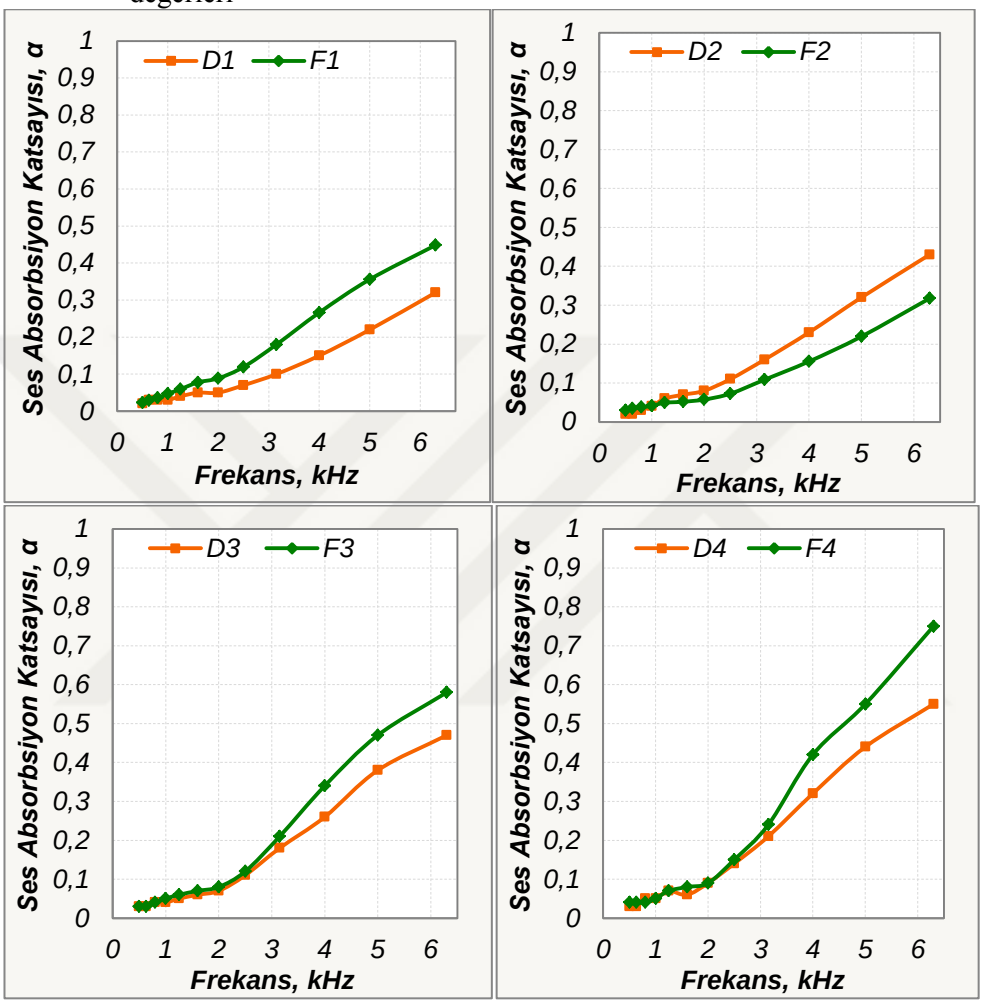
**Ek - 2.9.** Kalenderleme tipi esas alınan C1-E1, C2-E2, C3-E3, C4-E4 numune kodlu, trilobal lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



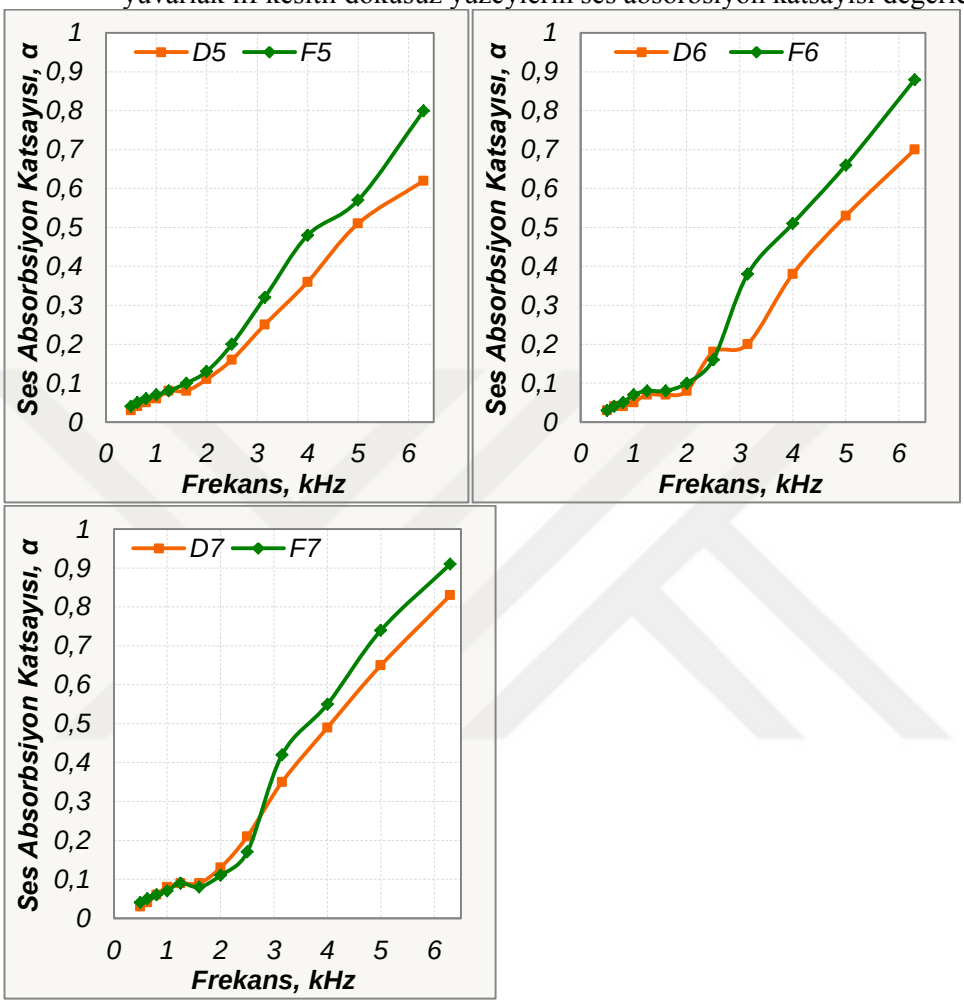
**Ek - 2.10.** Kalenderleme tipi esas alınan C5-E5, C6-E6, C7-E7 numune kodlu, trilobal lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



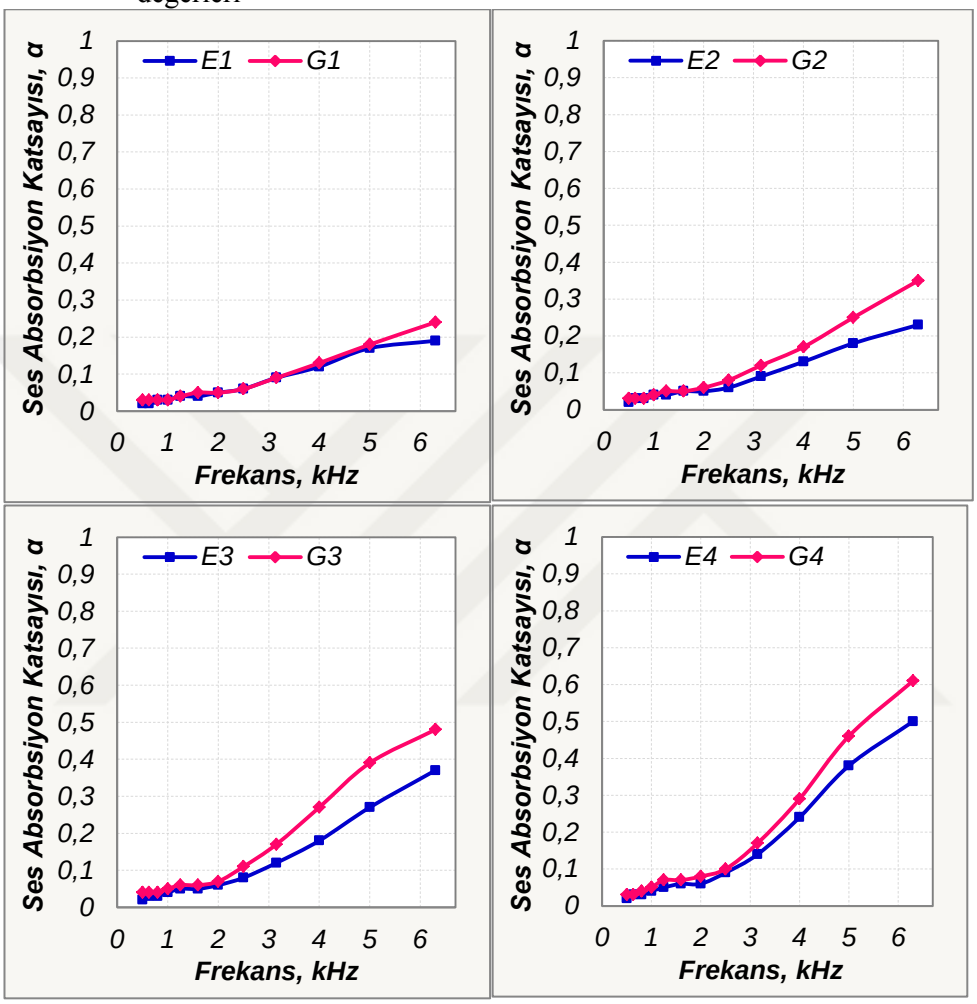
**Ek - 2.11.** Lif kesit durumu esas alınan D1-F1, D2-F2, D3-F3, D4-F4 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



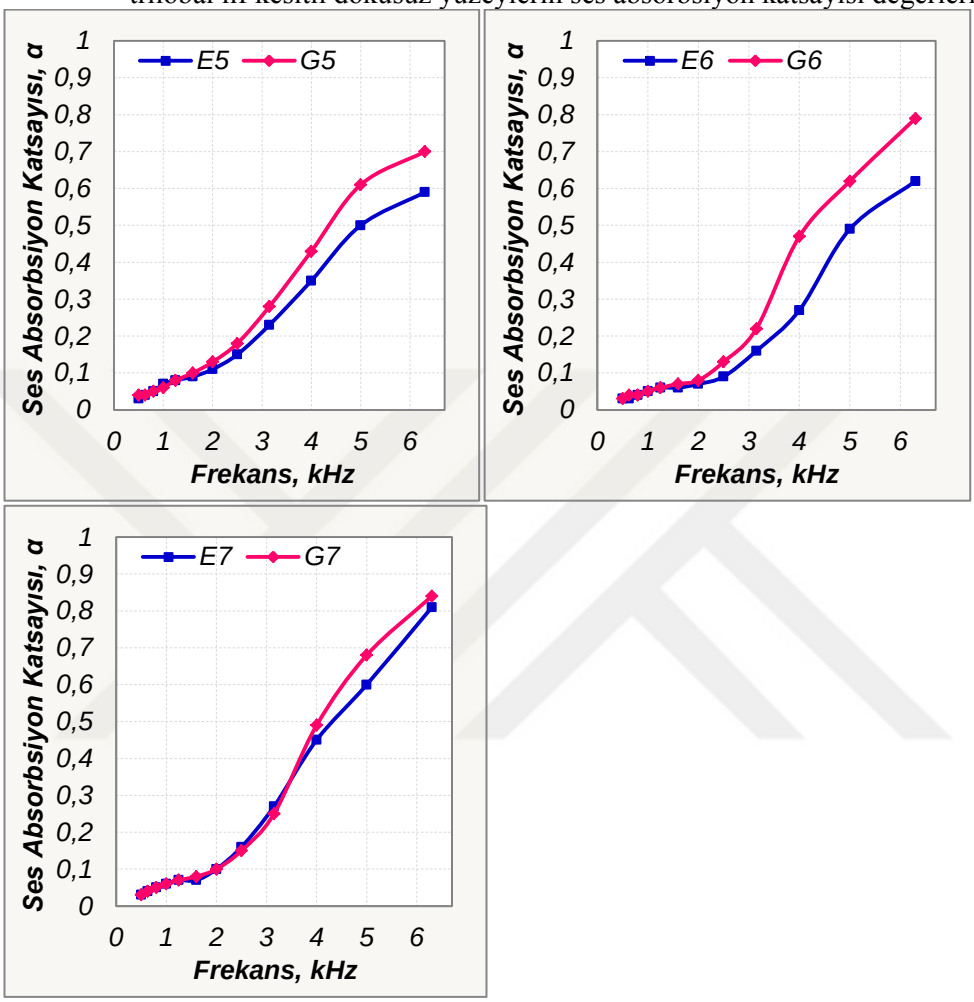
**Ek - 2.12.** Lif kesit durumu esas alınan D5-F5, D6-F6, D7-F7 numune kodlu, yuvarlak lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri



**Ek - 2.13.** Lif kesit durumu esas alınan E1-G1, E2-G2, E3-G3, E4-G4 numune kodlu, trilobal lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri

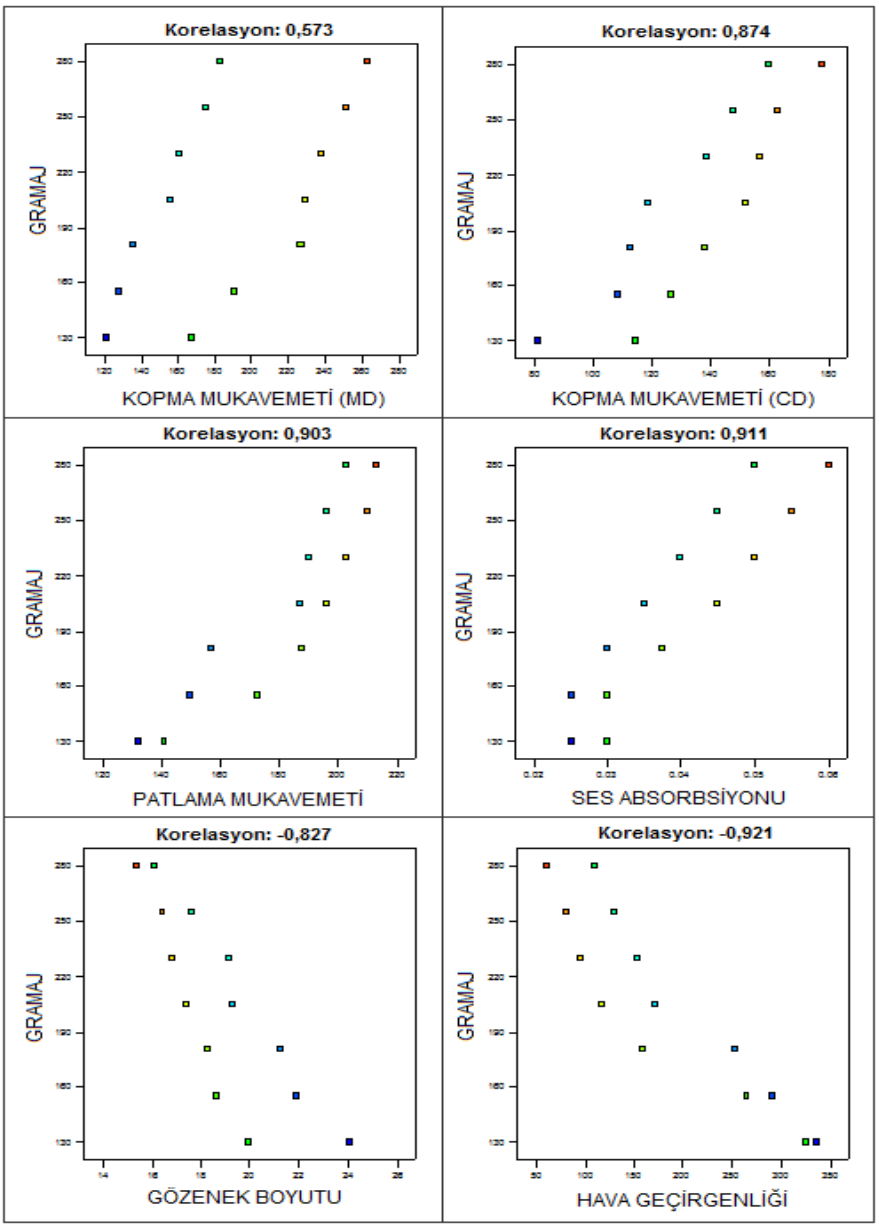


**Ek - 2.14.** Lif kesit durumu esas alınan E5-G5,E6-G6, E7-G7 numune kodlu, trilobal lif kesitli dokusuz yüzeylerin ses absorbsiyon katsayısı değerleri

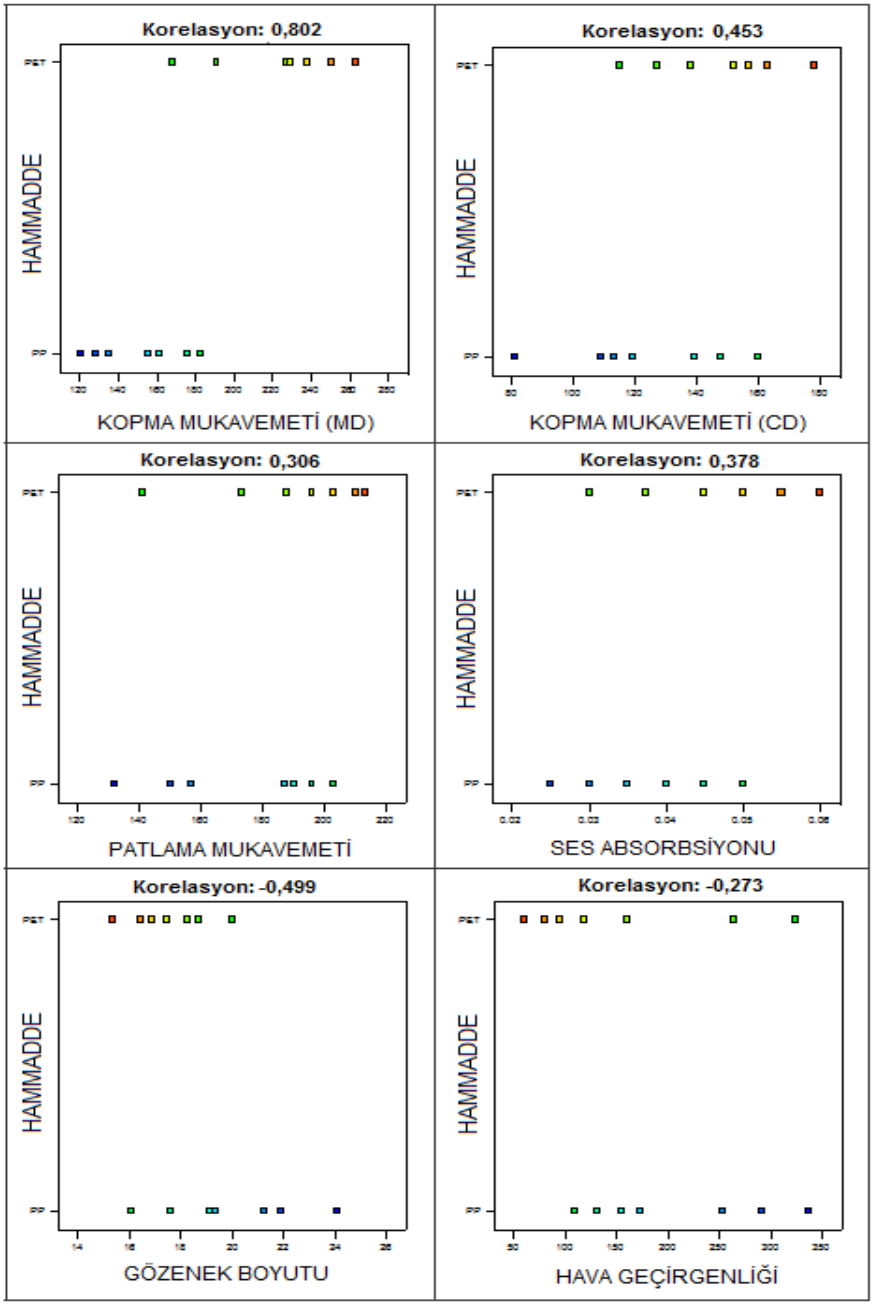


## EK – 3. DOKUSUZ YÜZEY NUMUNELERİNİN ÖLÇÜM YAPILAN PERFORMANS ÖZELLİKLERİ VE BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER ARASINDAKİ KORELASYON GRAFİKLERİ

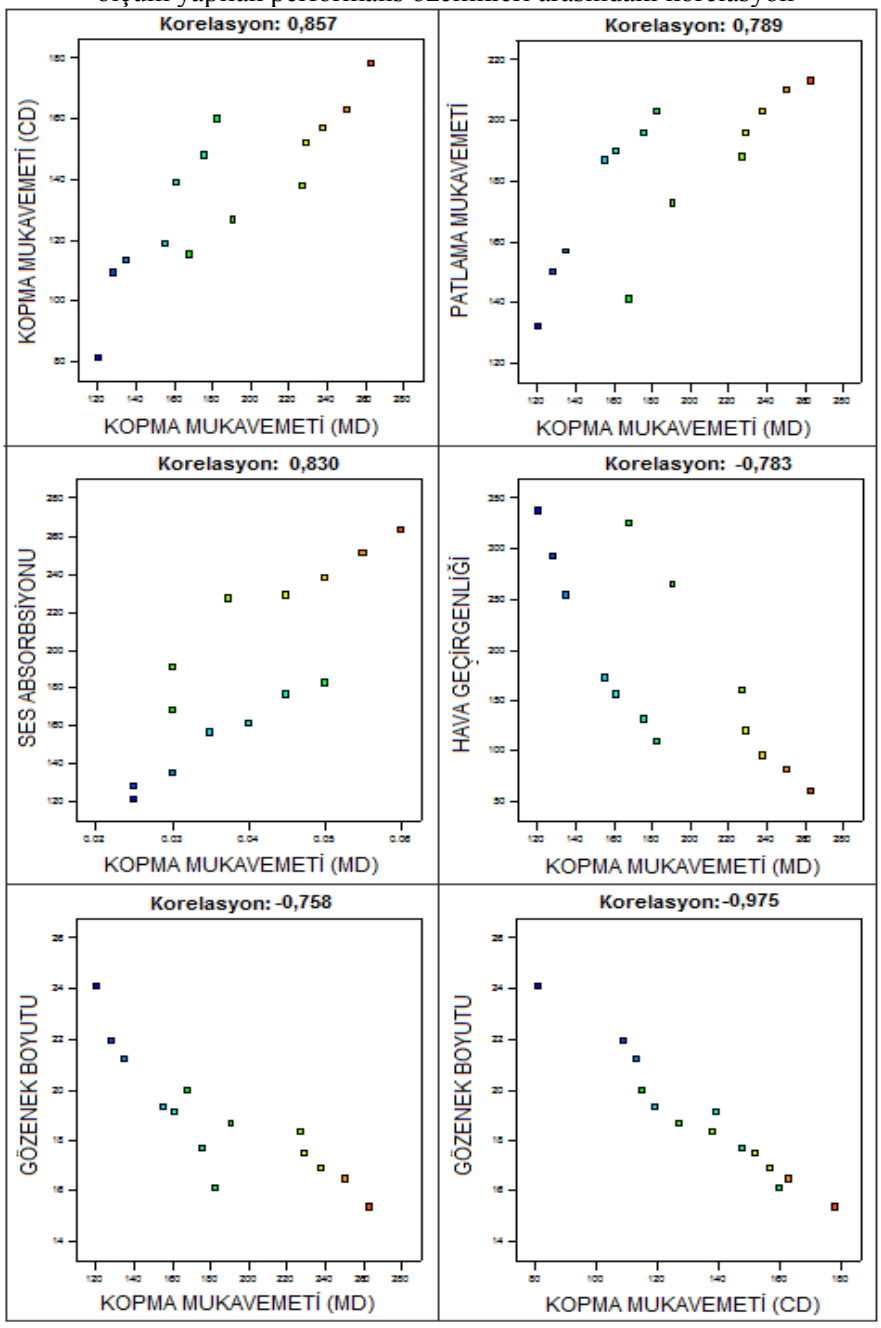
**Ek – 3.1.** Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve gramaj arasındaki korelasyon



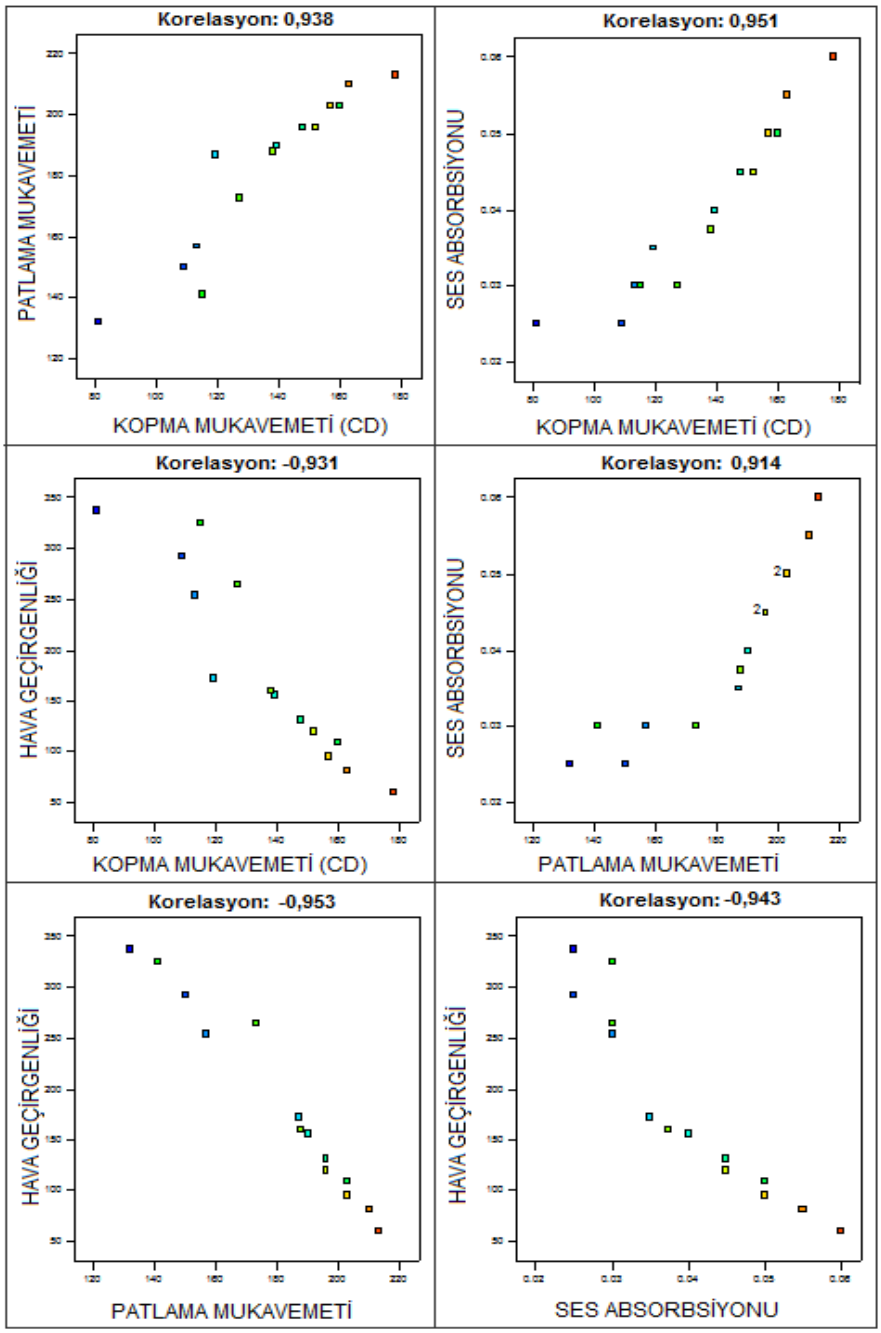
**Ek – 3.2.** Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve hammadde arasındaki korelasyon



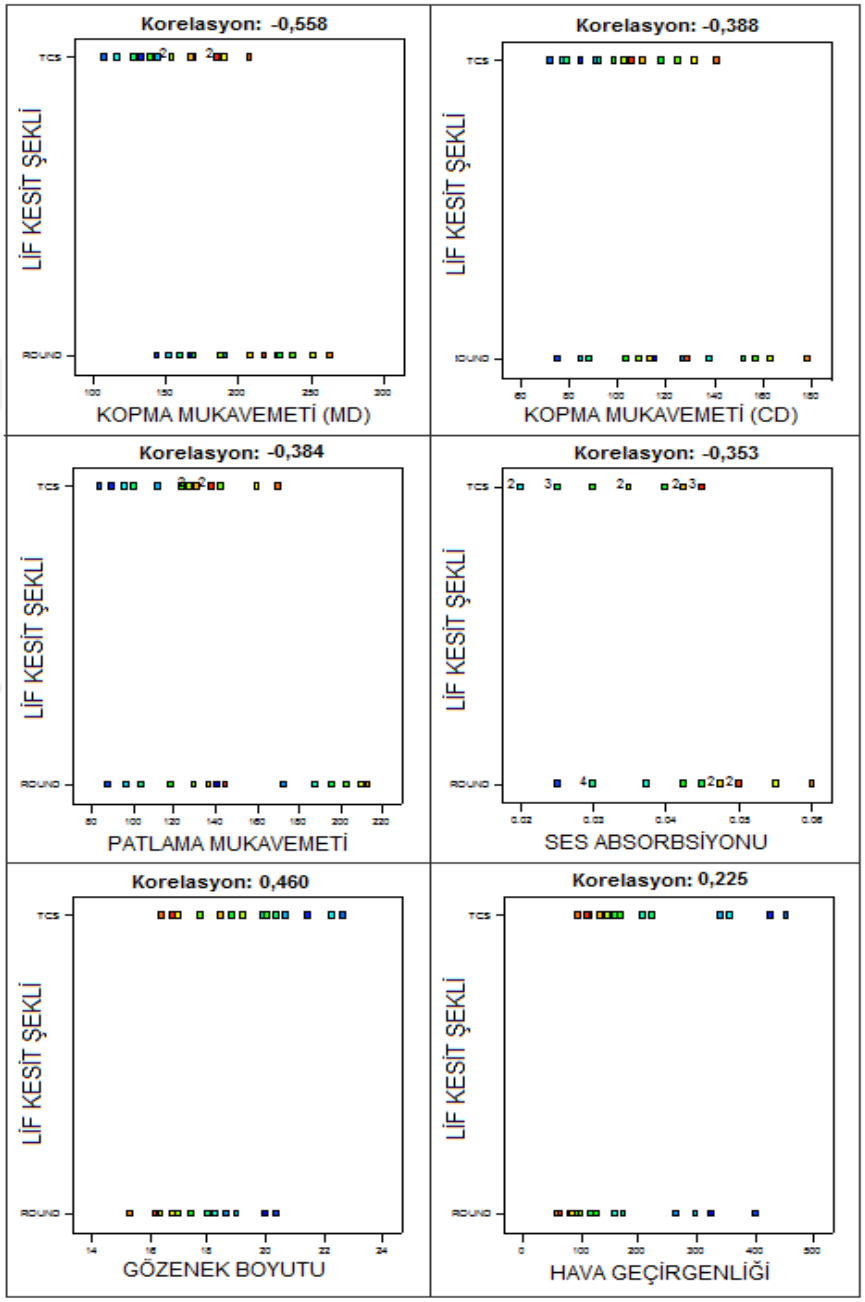
**Ek – 3.3. a)** Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon



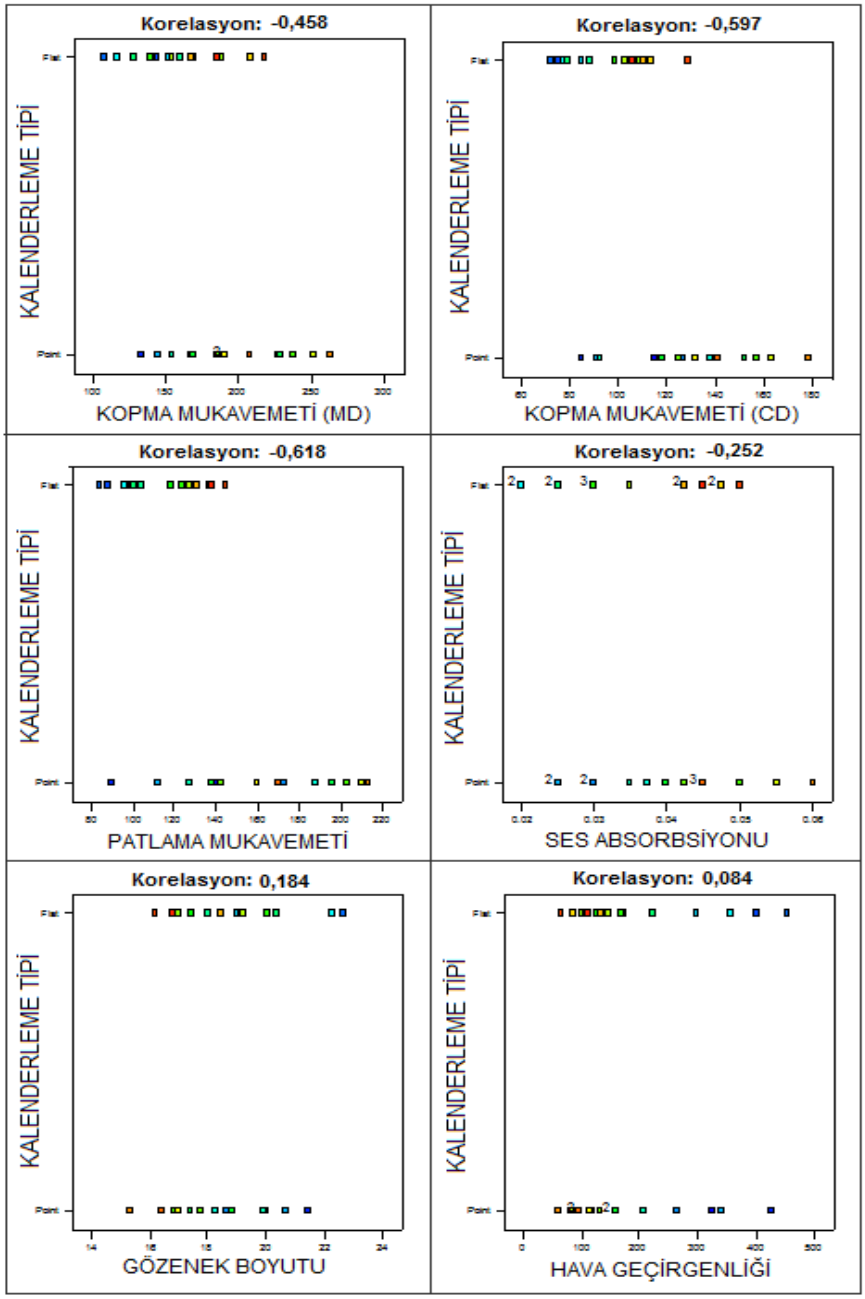
**Ek – 3.3. b)** Hammadde tipi ve gramajı esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon



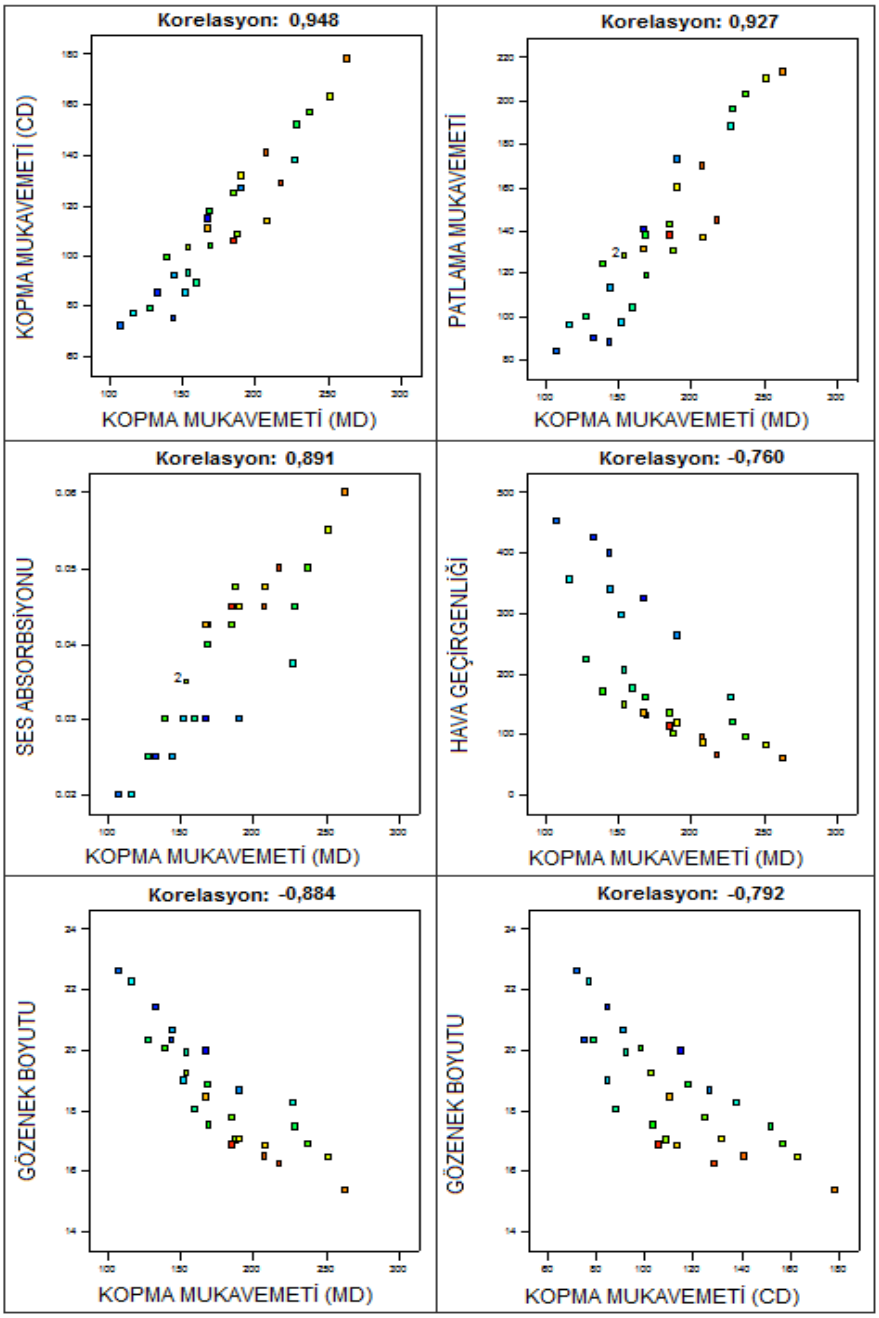
**Ek – 3.4.** Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneler için ölçüm yapılan performans özellikleri ve lif kesit şekli arasındaki korelasyon



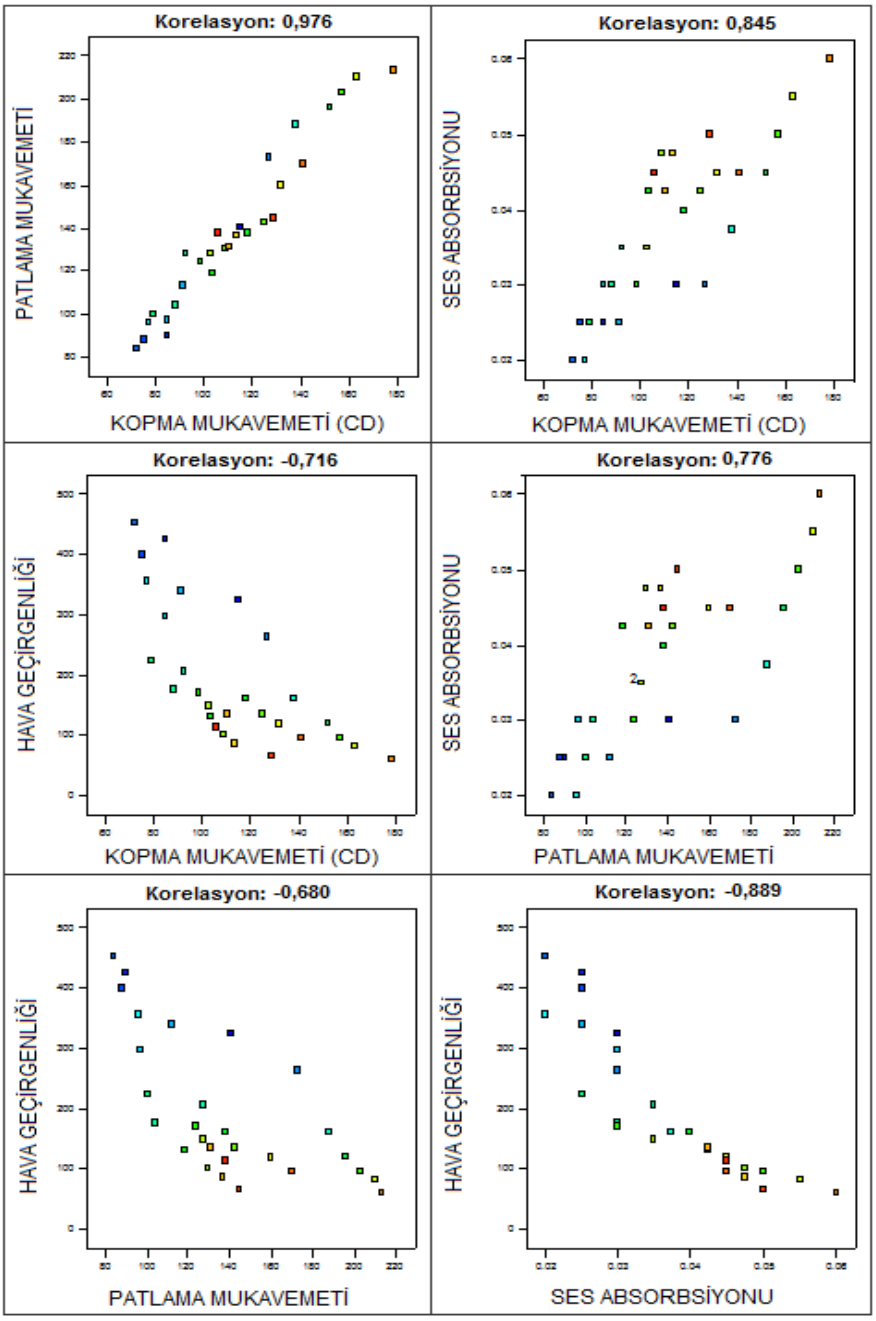
**Ek – 3.5.** Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve kalenderleme tipi arasındaki korelasyon



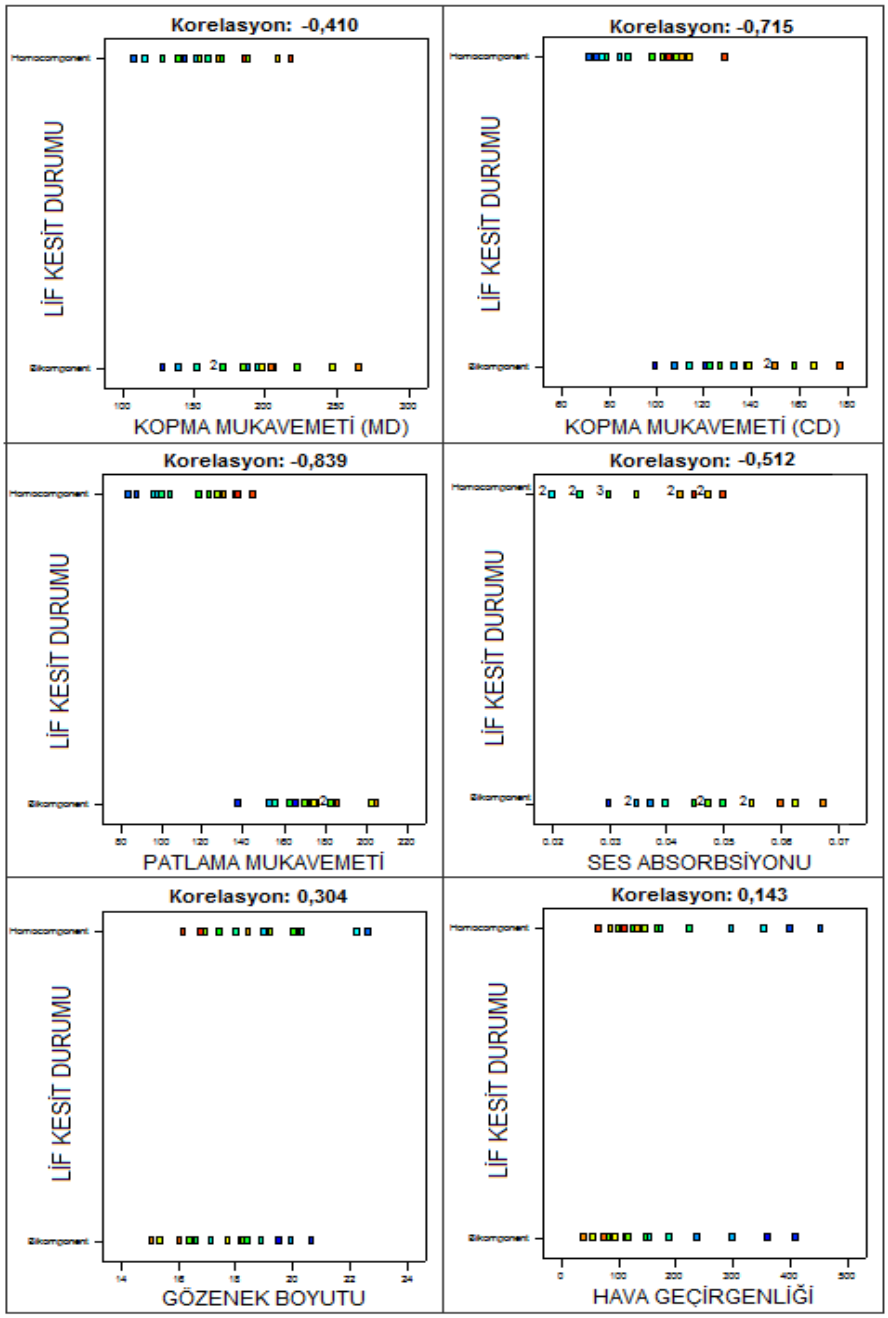
**Ek – 3.6. a)** Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon



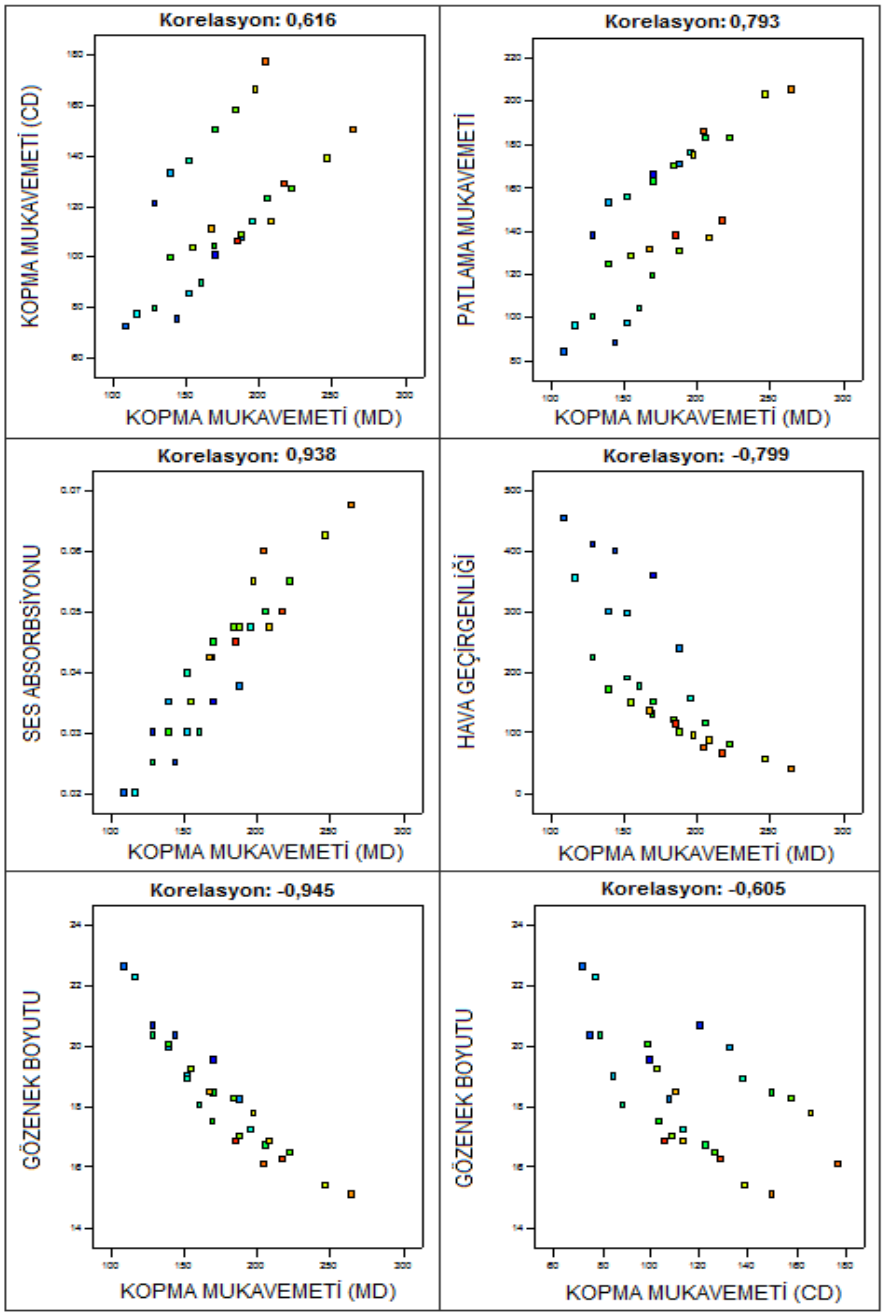
**Ek – 3.6. b)** Lif kesit şekli ve kalenderleme tipi esas dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon



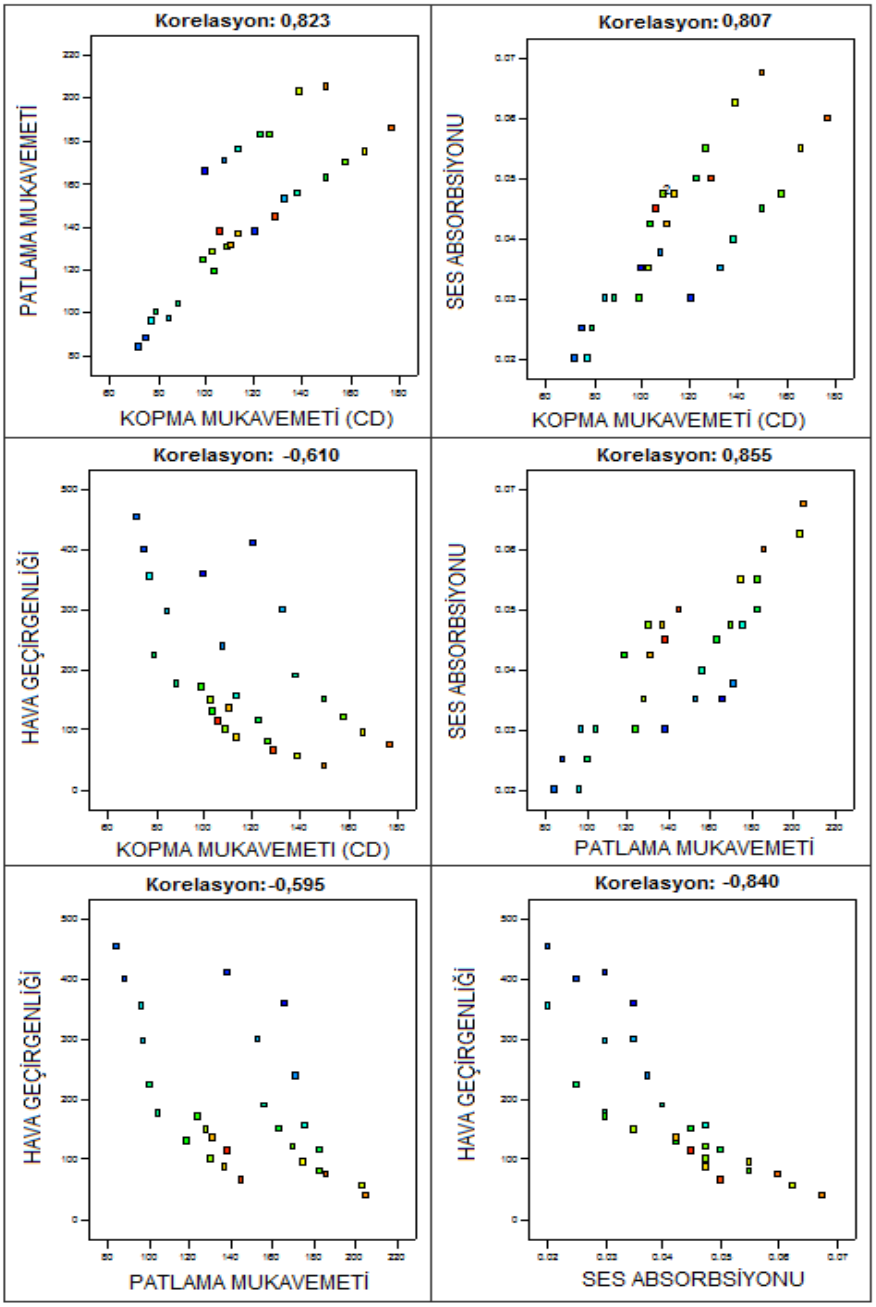
**Ek – 3.7.** Lif kesit durumu esas alınan dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri ve lif kesit durumu arasındaki korelasyon



**Ek – 3.8. a)** Lif kesit durumu esas dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon

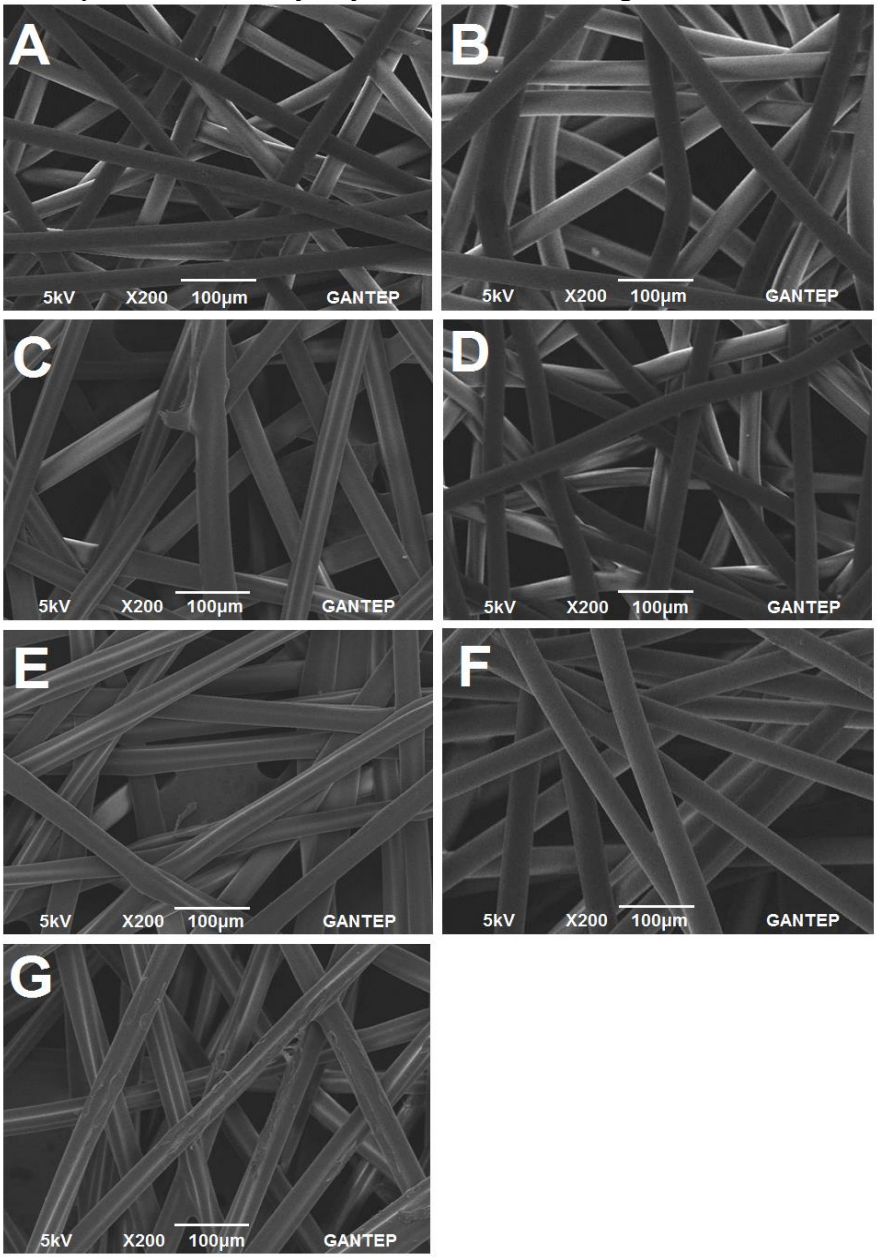


**Ek – 3.8. b)** Lif kesit durumu esas dokusuz yüzey numuneleri için ölçüm yapılan performans özellikleri arasındaki korelasyon



## EK – 4. DOKUSUZ YÜZEY NUMUNELERİNİN BOYUNA KESİT SEM GÖRÜNÜMLERİ

**Ek – 4.1.** Spunbond dokusuz yüzey numunelerinin SEM görünümleri



**Ek – 4.2.** Meltblown dokusuz yüzey numunelerinin SEM görünümleri

