

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DENİM KUMAŞIN LAMİNASYON TEKNİKLERİYLE
FONKSİYONELLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ayşe GENÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

MALATYA

ŐUBAT 2018

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DENİM KUMAŞIN LAMİNASYON TEKNİKLERİYLE
FONKSİYONELLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ayşe GENÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

MALATYA

ŐUBAT 2018

Tezin Başlığı : Denim Kumaşın Laminasyon Teknikleriyle
Fonksiyonelleştirilmesinin Araştırılması

Tezi Hazırlayan : Ayşe GENÇ

Sınav Tarihi :16/02/2018

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Kimya Mühendisliği Ana Bilim
Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jürisi Üyeleri

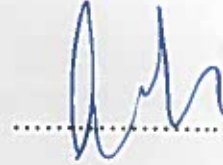
Tez Danışmanı : **Prof. Dr. A.Mehmet YÜCEER**
İnönü Üniversitesi



Prof. Dr. Cem GÜNEŐÖĐLU
Gaziantep Üniversitesi



Doç. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR
İnönü Üniversitesi



Prof. Dr. H. İbrahim ADIGÜZEL
Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Denim Kumaşın Laminasyon Teknikleriyle Fonksiyonelleştirilmesinin Araştırılması” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ayşe GENÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DENİM KUMAŞIN LAMİNASYON TEKNİKLERİYLE FONKSİYONELLEŞTİRİLMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Ayşe GENÇ

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

109+xii sayfa

2018

Danışman: Prof. Dr. A. Mehmet YÜCEER

Son yıllarda denim kumaşlar özel niteliklerinden dolayı tekstil sektöründe tercih edilen kumaş türleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Rekabetin üst düzeyde olduğu bu sektörde yenilikçi olmak ve sektöre öncülük etmek amacıyla yapılan araştırma–geliştirme ve ürün–geliştirme çalışmalarıyla katma değeri yüksek yeni ürünler elde etmek oldukça önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında, kaplama/laminasyon işlemi ile denim kumaşa fonksiyonel özellikler kazandırılarak katma değeri yüksek yeni ürünler ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Kaplama/lamine kumaşlara fonksiyonel özellik kazandırmak için, birleştirilecek iki materyal arasına toz malzemelerin serpilmesi amacıyla bir toz serpme ünitesi tasarlanmıştır. Bu ünite yurt içinde üretilerek laboratuvar ölçekli kaplama/laminasyon cihazına entegre edilmiş ve böylece yeni bir sistem ortaya çıkarılmıştır. Bu sistem yardımıyla bir seri deneyler yapılarak, iki materyal arasına kalsiyum karbonat tozu ilavesi ile fonksiyonel özellikli lamine ve membran kaplı denim kumaş örnekleri üretilmiştir. İşlem görmüş kumaşların mukavemet, aşınma dayanımı, su geçirmezlik, su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği gibi teknik özelliklerinin değerlendirilmesi yanında, katkı malzemesinin sağladığı elektromanyetik kalkanlama özelliği de ölçülerek proses parametrelerinin deneysel optimizasyonu sağlanmış ve performans göstergelerini öngören modeller geliştirilmiştir. Deneysel optimizasyon için cevap yüzey yöntemi (CYY), model geliştirme için ise yapay sinir ağları (YSA) ve en küçük kareler destek vektör makineleri (EKK-DVM) yöntemleri kullanılmıştır. Laminasyon için optimum proses koşullarının, 60 g/m² sıcak eriyik tutkalı ve 1.5 g/m² katkı malzemesi olduğu bulunmuştur. En iyi performansa sahip membran kaplı denim kumaşlar 43 g/m² sıcak eriyik tutkalı ve 1.5 g/m² katkı maddesi kullanılarak elde edilebilmiştir. Modelleme sonuçlarına göre YSA'nın, EKK–DVM'ye göre daha iyi öngöründe bulunduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Denim Kumaş, Sıcak Eriyik Laminasyon, Geçirgenlik Özellikleri, Elektromanyetik Kalkanlama, Proses Modelleme, Deney Tasarımı, YYM, YSA, EKK–DVM

ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF FUNCTIONALIZATION OF DENIM FABRIC WITH LAMINATION TECHNIQUES

Ayşe GENÇ

İnönü University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Chemical Engineering

109+xii pages

2018

Supervisor: Prof. Dr. A. Mehmet YÜCEER

In recent years, denim fabrics are mostly preferred types among textile fabrics due to their special properties. It is very important to obtain new high value-added products through Research & Development and Product-Development studies which are performed in order to be innovative and to lead the sector where competition is at a high level.

In this thesis study, it is aimed to provide novel high value-added products by imparting functional properties to denim fabric by coating/lamination process. In order to impart functional properties to the coated/laminated fabrics, a powder scattering unit is designed to disperse powder materials between the two materials to be combined. This unit is produced domestically and integrated into a laboratory scale coating/laminating machine, thus creating a new system. A series of experiments were carried out with the help of this system and functionalized laminated and membrane coated denim fabric samples were produced by scattering calcium carbonate powder between two materials. The technical properties of treated fabrics such as tensile strength, abrasion resistance, waterproofness, water vapor permeability and air permeability were evaluated, electromagnetic shielding properties of the additive material were also measured. Experimental optimization of process parameters were done and models for performance indicators were developed. Response surface method (RSM) was used for experimental optimization and artificial neural networks (ANN) and least squares-support vector machines (LS-SVM) were used for model development. Optimum process conditions for lamination were found to be 60 g/m² hotmelt adhesive and 1.5 g/m² additive material. Membrane-coated denim fabrics with the best performance were obtained using 43 g/m² hot melt adhesive and 1.5 g/m² additive. According to the modeling results, ANN was found to have a better prediction than LS-SVM.

KEYWORDS : Denim Fabric, Hotmelt Lamination, Permeability Properties, Electromagnetic Shielding, Process Modeling, Experimental Design, RSM, ANN, LS-SVM.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın gerçekleşmesi sırasında birçok kişiden destek aldım. Bu nedenle tez çalışmamda onlara teşekkürlerimi sunmak istiyorum.

İlk olarak, sayın kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet YÜCEER'e, verdiği güven, değerli tavsiyeleri ve bu çalışmayı takip etmek için gösterdiği ilgi için sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Bana verdiği özel destek ve her türlü yardım için kendisine teşekkür ediyorum.

Çalışmalarım süresince bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan sayın Prof. Dr. Cem Güneşoğlu'na, bilimsel tavsiyeleri ve bana verdiği destek için çok teşekkür ederim.

Kimya Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans eğitimime başladığım günden beri, bana emeği geçen değerli hocalarım ve tüm Kimya Mühendisliği Bölüm elemanlarına teşekkür ederim.

Tezimi yazarken sürekli yardımlarını gördüğüm değerli arkadaşım Nihan KARAKAPLAN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince bana her türlü desteği esirgemeyen çok kıymetli eşim Ufuk GENÇ'e şükranlarımı sunarım.

5140065 no'lu proje kapsamında desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a ve 2016/102 no'lu proje kapsamında desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1. Denim Kumaşın Tarihi ve Özellikleri.....	4
2.2. Kaplama İşleminde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	6
2.2.1. Tekstil malzemeleri.....	6
2.2.2. Kaplama malzemeleri.....	7
2.2.3. Kaplama Teknikleri.....	9
2.2.4. Laminasyon işleminde kullanılan tekstil yüzeyleri.....	11
2.2.5. Laminasyon İşleminde Kullanılan Malzemeler.....	12
2.2.6. Laminasyon İşlemi.....	13
2.2.7. Giysiler için kumaş laminasyonu.....	14
2.2.8. Alevli laminasyon (‘Flame lamination’)......	15
2.2.9. Sıcak eriyik laminasyon (‘Hot–melt lamination’)......	16
2.3. Modelleme ve Optimizasyon.....	17
2.3.1. Deney tasarımı.....	17
2.3.1.1. Yanıt yüzey yöntemi (YYY)......	18
2.3.1.2. Yanıt yüzey modeli.....	18
2.3.1.3. Modelin uygunluğu.....	19
2.3.1.4. Model uyumsuzluğu (‘Lack of Fit’) testi.....	19
2.3.1.5. Optimizasyon.....	20
2.3.1.6. İstenilen hedefe ulaşma (‘Desirability’) fonksiyonu yaklaşımı.....	20
2.3.2. Yapay sinir ağları (YSA).....	20
2.3.2.1. Sinir hücrelerinin yapısı.....	21
2.3.2.2. Yapay sinir ağlarının yapısı.....	23
2.3.2.3. Yapay sinir ağlarında öğrenme.....	24
2.3.2.4. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması.....	24
2.3.2.5. Yapay sinir ağlarında öğrenme algoritmaları.....	26
2.3.2.6. Yapay sinir ağlarının eğitimi ve testi.....	26
2.3.3. En küçük kareler destek vektör makineleri (EKK–DVM).....	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.1.1. Çalışmada kullanılan kumaşlar, membran ve sıcak eriyik laminasyon yapıştırıcısı (‘hot–melt’)......	29
3.1.2. Kaplama/Laminasyon makinesi.....	30
3.1.3. Toz serpmeye ünitesi.....	31
3.2. Yöntem.....	31
3.2.1. Kumaşta kopma mukavemeti–ASTM D 5034 (Grab metodu).....	32
3.2.2. Kumaşta yırtılma mukavemeti– ASTM D1424.....	33
3.2.3. Yapışma mukavemeti testi ASTM D 2724–07.....	33
3.2.4. Kumaşta elastikiyet ve kalıcı uzama (Growth)– ASTM D3107.....	34
3.2.5. Kumaşta hava geçirgenliği.....	35

3.2.6.	Kumaşta su geçirmezlik.....	35
3.2.7.	Kumaşta su buharı geçirgenliği.....	36
3.2.8.	Elektromanyetik kalkanlama etkinliği (EMSE) olümü.....	37
3.2.9.	Deney tasarımı.....	38
3.2.10.	YSA ve EKK–DVM tasarımı.....	38
3.2.11.	Performans Fonksiyonları.....	40
4.	BULGULAR VE TARTIşMA.....	41
4.1.	Katkı maddesi içermeyen kaplama/lamine kumaş numunelerine ait performans testlerinin sonuçları.....	41
4.1.1.	Deney optimizasyonu ve modelleme sonuçları.....	54
4.1.2.	Katkı malzemesiz kaplama/laminasyon deneyleri için YSA ve EKK–DVM modelleme sonuçları.....	65
4.2.	Katkı maddesi içeren kaplama/lamine numunelerine ait performans testlerinin sonuçları.....	68
4.2.1.	Performans test sonuçlarına göre proses şartlarının optimizasyonu alışmaları.....	82
4.2.2.	Katkı malzemeli kaplama/laminasyon deneyleri için YSA modelleme sonuçları.....	99
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	103
	KAYNAKLAR.....	105
	ZGEMİş.....	109

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Denim kumaşlarda ön ve arka yüzey görünüm: (a) ön yüzey görünüm (b) arka yüzey görünüm.....	5
Şekil 2.2.	Alevli laminasyon metodu.....	15
Şekil 2.3.	Sıcak eriyik yapışkan uygulama metotları.....	16
Şekil 2.4.	Bir biyolojik sinir hücresinin (nöron) yapısı.....	21
Şekil 2.5.	Yapay sinir hücresi.....	22
Şekil 2.6.	Yapay sinir ağı katmanları.....	24
Şekil 2.7.	İleri beslemeli sinir ağı blok diyagramı.....	25
Şekil 2.8.	Geri beslemeli sinir ağı blok diyagramı.....	25
Şekil 3.1.	Kaplama/Laminasyon cihazının çizimi.....	30
Şekil 3.2.	Kaplama/Laminasyon cihazının genel görüntüsü.....	30
Şekil 3.3.	Kaplama/Laminasyon cihazı ve toz serpmeye ünitesi.....	31
Şekil 3.4.	Kopma Mukavemeti Testi.....	32
Şekil 3.5.	Yırtılma Mukavemeti Testi.....	33
Şekil 3.6.	Yapışma Mukavemeti Testi.....	34
Şekil 3.7.	SDL Atlas Dijital hava geçirgenliği test cihazı.....	35
Şekil 3.8.	SDL Atlas su geçirmezlik test cihazı.....	36
Şekil 3.9.	Su buharı geçirgenliği test düzeneği.....	37
Şekil 3.10.	Elektromanyetik radyasyona karşı kalkanlama etkinliği (EMSE) ölçüm cihazı.....	37
Şekil 4.1.	Laminasyon sonrası kumaş örnekleri-1.....	41
Şekil 4.2.	Laminasyon sonrası kumaş örnekleri-2.....	41
Şekil 4.3.	Tutkal miktarına göre atkı yönünde kopma mukavemeti değişimi (likralı).....	43
Şekil 4.4.	Tutkal miktarına göre çözgü yönünde kopma mukavemeti değişimi (likralı)	43
Şekil 4.5.	Tutkal miktarına göre atkı yönünde yırtılma mukavemeti değişimi (likralı)	44
Şekil 4.6.	Tutkal miktarına göre çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değişimi (likralı)	45
Şekil 4.7.	Tutkal miktarına göre yapışma mukavemeti değişimi (likralı).....	45
Şekil 4.8.	Tutkal miktarına göre % elastikiyet değişimi (likralı).....	46
Şekil 4.9.	Tutkal miktarına göre atkı yönünde kopma mukavemeti değişimi (likrasız)	46
Şekil 4.10.	Tutkal miktarına göre çözgü yönünde kopma mukavemeti değişimi (likrasız)	47
Şekil 4.11.	Tutkal miktarına göre atkı yönünde yırtılma mukavemeti değişimi (likrasız)	47
Şekil 4.12.	Tutkal miktarına göre çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değişimi (likrasız)	48
Şekil 4.13.	Tutkal miktarına göre yapışma mukavemeti değişimi (likrasız).....	48
Şekil 4.14.	Tutkal miktarına göre hava geçirgenliği değişimi (likralı).....	49
Şekil 4.15.	Tutkal miktarına göre hava geçirgenliği değişimi (likrasız).....	50
Şekil 4.16.	Tutkal miktarına göre su buharı geçirgenliği değişimi (likralı).....	53
Şekil 4.17.	Tutkal miktarına göre su buharı geçirgenliği değişimi (likrasız).....	53
Şekil 4.18.	Su buharı geçirgenliği YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	66

Şekil 4.19. Su buharı geçirgenliği EKK–DVM model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	67
Şekil 4.20. Hava geçirgenliği YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	67
Şekil 4.21. Hava geçirgenliği EKK–DVM model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	67
Şekil 4.22. Yapışma mukavemeti YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	68
Şekil 4.23. Yapışma mukavemeti EKK–DVM model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	68
Şekil 4.24. D ₁ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	73
Şekil 4.25. D ₂ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	73
Şekil 4.26. D ₃ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	74
Şekil 4.27. D ₄ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	74
Şekil 4.28. D ₅ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	75
Şekil 4.29. D ₆ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	75
Şekil 4.30. D ₇ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	76
Şekil 4.31. D ₈ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	76
Şekil 4.32. D ₉ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	77
Şekil 4.33. D ₁₀ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	77
Şekil 4.34. D ₁₁ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	78
Şekil 4.35. D ₁₂ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	78
Şekil 4.36. D ₁₃ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	79
Şekil 4.37. D ₁₄ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	79
Şekil 4.38. D ₁₅ nolu numuneye ait EMSE sonuçları.....	80
Şekil 4.39. Kumaş–kumaş laminasyonu için EMSE sonuçları (100 g/m ² tutkal, katkı maddesi yok).....	81
Şekil 4.40. Kumaş–kumaş laminasyonu için EMSE sonuçları (100 g/m ² tutkal, 5 g/m ² katkı maddesi)	81
Şekil 4.41. Kumaş–kumaş laminasyonu için EMSE sonuçları (75 g/m ² tutkal, 5 g/m ² katkı maddesi)	82
Şekil 4.42. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile EMSE değişimi.....	83
Şekil 4.43. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile EMSE değişimi.....	84
Şekil 4.44. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile SBG değişimi.....	85
Şekil 4.45. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile SBG değişimi.....	86
Şekil 4.46. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile HG değişimi.....	87
Şekil 4.47. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile HG değişimi.....	88
Şekil 4.48. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile KM–Ç değişimi.....	89
Şekil 4.49. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile KM–Ç değişimi.....	90
Şekil 4.50. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile KM–A değişimi.....	91
Şekil 4.51. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile KM–A değişimi.....	92
Şekil 4.52. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile YM–Ç değişimi.....	93

Şekil 4.53.	Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile YM–Ç değişimi.....	94
Şekil 4.54.	Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile YM–A değişimi.....	95
Şekil 4.55.	Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile YM–A değişimi.....	96
Şekil 4.56.	Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile E değişimi.....	97
Şekil 4.57.	Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile E değişimi.....	98
Şekil 4.58.	EMSE parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	99
Şekil 4.59.	Su buharı geçirgenliğine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test..	100
Şekil 4.60.	Hava geçirgenliğine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	100
Şekil 4.61.	Kopma Mukavemeti(Çözü) parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	100
Şekil 4.62.	Kopma Mukavemeti(Atkı) parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	101
Şekil 4.63.	Yırtılma Mukavemeti(Çözü) parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	101
Şekil 4.64.	Yırtılma Mukavemeti(Atkı) parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test.....	101
Şekil 4.65.	Elastisite parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test..	102

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Denim kumaş sınıflandırılması.....	5
Çizelge 2.2.	Kaplama işleminde sık kullanılan lifler ve özellikleri.....	6
Çizelge 2.3.	Kaplama işleminde kullanılan maddelerin özellikleri.....	7
Çizelge 2.4.	Kaplamada kullanılan yöntemler.....	10
Çizelge 2.5.	Kaplama ve laminasyonda en çok kullanılan lifler ve özellikleri....	11
Çizelge 2.6.	Laminasyon işleminde kullanılan yapışkan türleri ve özellikleri....	13
Çizelge 2.7.	Yaygın olarak tercih edilen transfer fonksiyonları.....	23
Çizelge 3.1.	Kaplama/Laminasyon çalışmalarında kullanılan membran'ın teknik özellikleri.....	29
Çizelge 3.2.	Kaplama/Laminasyonda kullanılan sıcak eriyik ('hot-melt') yapıştırıcı.....	29
Çizelge 3.3.	YSA modellerinde kullanılan nöron sayıları ve aktivasyon fonksiyonu türleri.....	39
Çizelge 3.4.	YSA modellerinde kullanılan nöron sayıları ve aktivasyon fonksiyonu türleri.....	40
Çizelge 4.1.	Laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası fiziksel performans testleri.....	42
Çizelge 4.2.	Likralı kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası hava geçirgenliği test sonuçları.....	49
Çizelge 4.3.	Likrasız kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası hava geçirgenliği test sonuçları.....	50
Çizelge 4.4.	Likrasız kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası su geçirmezlik test sonuçları.....	51
Çizelge 4.5.	Likralı kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası su geçirmezlik test sonuçları.....	51
Çizelge 4.6.	Likralı kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası su buharı geçirgenliği test sonuçları...	52
Çizelge 4.7.	Likrasız kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası su buharı geçirgenliği test sonuçları...	52
Çizelge 4.8.	Likralı kumaş laminasyonu elastikiyet parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	54
Çizelge 4.9.	Likralı kumaş laminasyonu hava geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	54
Çizelge 4.10.	Likralı kumaş laminasyonu su geçirmezlik parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	55
Çizelge 4.11.	Likralı kumaş laminasyonu yapışma mukavemeti parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	55
Çizelge 4.12.	Likrasız kumaş laminasyonu yapışma mukavemeti parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	56
Çizelge 4.13.	Likrasız kumaş laminasyonu hava geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	57
Çizelge 4.14.	Likrasız kumaş laminasyonu su geçirmezlik parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	57
Çizelge 4.15.	Likralı kumaş laminasyonu su buharı geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	58
Çizelge 4.16.	Likrasız kumaş laminasyonu su buharı geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	58

Çizelge 4.17.	Likralı kumaş laminasyonu kopma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	59
Çizelge 4.18.	Likralı kumaş laminasyonu kopma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	60
Çizelge 4.19.	Likrasız kumaş laminasyonu kopma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	60
Çizelge 4.20.	Likrasız kumaş laminasyonu kopma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	61
Çizelge 4.21.	Likralı kumaş laminasyonu yırtılma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	61
Çizelge 4.22.	Likralı kumaş laminasyonu yırtılma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	62
Çizelge 4.23.	Likrasız kumaş laminasyonu yırtılma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	63
Çizelge 4.24.	Likrasız kumaş laminasyonu yırtılma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	63
Çizelge 4.25.	Likralı kumaş laminasyonu optimizasyon sonuçları.....	64
Çizelge 4.26.	Likrasız kumaş laminasyonu optimizasyon sonuçları.....	65
Çizelge 4.27.	YSA ve EKK–DVM model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi.....	66
Çizelge 4.28.	Kaplama/Laminasyon deneysel çalışmalarda kullanılan katkı miktarı ve yapıştırıcı miktarı.....	69
Çizelge 4.29.	Kaplama/Laminasyon sonrası elde edilen kumaşların fiziksel performans özellikleri.....	70
Çizelge 4.30.	Kaplama/Laminasyon sonrası elde edilen kumaş–membran çifti için hava geçirgenliği test sonuçları.....	71
Çizelge 4.31.	Kaplama/Laminasyon sonrası elde edilen kumaş–kumaş çifti için hava geçirgenliği test sonuçları.....	71
Çizelge 4.32.	Kaplama/Laminasyon sonrası elde edilen ürünler için su buharı geçirgenliği test sonuçları.....	72
Çizelge 4.33.	Kaplama/laminasyon sonrası su geçirmezlik test sonuçları.....	73
Çizelge 4.34.	Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için EMSE parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	82
Çizelge 4.35.	Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için su buharı geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	84
Çizelge 4.36.	Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için hava geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	86
Çizelge 4.37.	Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için kopma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	88
Çizelge 4.38.	Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için kopma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	90
Çizelge 4.39.	Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için yırtılma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	92
Çizelge 4.40.	Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için yırtılma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	94
Çizelge 4.41.	Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için elastisite parametresine ait ANOVA test sonuçları.....	96
Çizelge 4.42.	Deney sonuçlarına göre optimum uygulama şartları.....	98
Çizelge 4.43.	YSA model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi.....	102

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

γ	Düzenleyici parametre
D_i	i. Örnek
e_k	k. Veri için Gerçek ve Hesaplanan Çıktı Arasındaki Hata
\bar{x}	Deneyisel Değerlerin Ortalaması
x_k	Girdi Değeri
\bar{y}	Benzetim Değerlerin Ortalaması
y_k	Deneyisel Çıktı Değeri
α_k	Lagrange çarpanı
A, x	Katkı maddesi/Tutkal Miktarı (g/m^2)
ANOVA	Varyans Analizi
ASTM	Amerikan Test ve Malzemeler Derneği
B	Bias
B, y	Tutkal Miktarı (g/m^2)
dB	Desibel
DTÖ	Dünya Ticaret Örgütü
DVM	Destek Vektör Makinesi
E	Yırtılma Mukavemeti-Çözgü
EKK-DVM	En Küçük Kareler Destek Vektör Makineleri
EMSE	Elektromanyetik Radyasyona Karşı Kalkanlama Etkinliği
EVA	Etilen Vinil Asetat
HG	Hava Geçirgenliği
I_j	Nöron Çıktısı
J	Amaç Fonksiyonu
K	Kernel Fonksiyonu
KM-A	Kopma Mukavemeti-Atkı
KM-Ç	Kopma Mukavemeti-Çözgü
L	Likralı
LVQ	Vektör Kuantamalı Öğrenme
LZ	Likrasız
MAPE	Mutlak Ortalama Hata
MLP	Çok Katmanlı Perseptron
N	Veri Seti Sayısı
Net_i	Nörona Giren Net Girdi
PE	Polietilen
PTFE	Politetrafluoroetilen
PU	Poliüretan
PVC	Polivinilklorür
PVDC	Poliviniliden Klorür
R	Korelasyon Katsayısı
RBF	Radyal Temelli Fonksiyon
RMSE	Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü
SBG	Su Buharı Geçirgenliği
SBR	Stiren Bütadien Kauçuk
TS	Türk Standardı
UV	Ultraviyole
W	Ağırlık Vektörü
W_{ij}	i ve j Nöronları Arasındaki Bağlantının Ağırlığı
WVP	Su Buharı Geçirgenliği ($g/m^2/gün$)

YM–A	Yırtılma Mukavemeti–Atkı
YM–Ç	Yırtılma Mukavemeti–Çözü
YSA	Yapay Sinir Ağları
YYY	Yanıt Yüzey Yöntemi

1. GİRİŞ

Türkiye, tekstil ve hazır giyim ticareti açısından dünyanın önde gelen sektörlerine sahip ülkelerden biri olup, Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) verilerine göre Çin Halk Cumhuriyeti, Avrupa Birliği (AB), Hong Kong ve Bangladeş'in ardından % 3.6 pay ile dünyanın beşinci büyük hazır giyim tedarikçisi olup, Çin Halk Cumhuriyeti, AB, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Hong Kong, Güney Kore ve Tayvan'ın ardından yine % 3.6 pay ile dünyanın sekizinci büyük tekstil tedarikçisidir [1]. Türkiye'nin tekstil ve hammaddeleri ihracatı, 2013 yılında 2012 yılına göre % 7 oranında artarak 8.4 milyar dolara yükselmiştir. Tekstil ve hammadde ihracatının Türkiye genel ihracatı içindeki payı % 5.2'den % 5.5'e, sanayi ürünleri ihracatındaki payı ise % 6.9'dan % 7'ye yükselmiştir [2]. 2023 Türkiye Vizyonu ve Sosyoekonomik Hedeflerin öğelerinden biri de tekstil alanında, yüksek katma değerli, yenilikçi, rekabetçi ve ileri teknolojiler içeren ürün ve hizmet sunumları ile ülkemizin toplumsal refahını ve dünya ticaretindeki payını artırmak olarak belirlenmiştir. Yine 2023 Vizyonunda Bilgi Yoğunluğu ve Katma Değeri Yüksek Ürünler Geliştirebilme ve Tüketim Malları için Küresel bir Tasarım ve Üretim Merkezi Olma başlığı altında Çok boyutlu/çok işlevli akıllı tekstiller geliştirebilmek maddesi yer almaktadır [3]. Dolayısıyla Türkiye'nin de bilgi yoğunluğu ve yüksek katma değerli akıllı tekstiller alanında teknolojik yetenek geliştirmesi, tekstil sektörümüzün rekabetçiliği bakımında oldukça önemlidir.

Denim giysileri, Türkiye'nin hazır giyim ve konfeksiyon sektörünün önemli bir alt bileşenidir. Ülkemiz, denim kumaş ihracatında dünya ikincisidir ve bu alanda dünyadaki pazar payı % 9'dur. Denim hazır giyim ihracatında dünya yedincisi olan Türkiye'nin pazar payı % 5'tir. 2013 yılının Ocak–Mart döneminde Türkiye'den 427.9 milyon dolar değerinde denim giysi ihraç edilmiştir. Denim giysi ihracatının % 14.6 oranında artması dokuma konfeksiyon ihracatı içerisinde denim giysilerin payını % 28'e yükseltmiştir [4]. Türkiye'nin en büyük ihraç pazarı olan Avrupa'da yaşlanan nüfus için daha muhafazakâr ve daha geleneksel denim giysi tasarlayan firmaların satışlarını arttırması beklenmektedir. İhracatımızın önemli bir payını alan Rusya pazarı için ise artık ucuz ürünlerin yerini kaliteli fonksiyonel tekstiller almıştır. Fonksiyonel tekstiller dünyadaki gelişmiş ülkelerin tekstil endüstrisinde önemli bir yer teşkil etmekte ve bu rakamın gelecek yıllarda daha da artması beklenmektedir. Bu tür tekstillerin üretimi; Türkiye'nin, en önemli sektörlerinin başında yer alan tekstil

sektöründe Asya ve Uzak Doğu ülkeleri karşısında rekabetçiliğinin artırılması için oldukça önemlidir.

Fonksiyonel tekstiller, performansları ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı tercih edilmekte ve gün geçtikçe yaşamımızda daha fazla yer almaktadırlar. Yakın gelecekte, kullananlara örtme ve süslemenin yanında, başta sağlık, güvenlik ve enformasyon alanlarında olmak üzere, daha fazla hizmetler sunabilen fonksiyonel tekstil ürünlerinin üretimi ve kullanımı artacaktır [5]. Tekstil malzemelerinin fonksiyonel diğer malzemeler ile bir araya getirilerek oluşturulan kompozit yüzeylerin öneminin de buna paralel olarak büyük ölçüde artacağı tahmin edilmektedir. Lifli bir yapı olan tekstil yüzeylerine çeşitli fonksiyonel katkı maddeleri eklenerek elde edilen kompozit yüzeyler, lifli yapının mekanik, elektrik/elektronik, membran, bariyer, güç tutuşurluk, ultraviyole (UV) dayanım, elektromanyetik radyasyona karşı koruyuculuk, antibakteriyellik gibi pek çok özelliğini geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır [6].

Tekstil malzemelerine fonksiyonellik özelliklerin kazandırılmasında kaplama ve laminasyon teknolojileri sıklıkla kullanılmaktadır. Geçmişte kaplama ve laminasyon yöntemleriyle rüzgâr ve diğer hava koşullarından korunmak için tekstil yüzeyinin bir veya iki yüzünü polimer bir madde ile kaplayarak geçirgenlik özelliklerini azaltan bir yüzey oluşturulmaktaydı. Günümüzde ise; estetik ve dekoratif özelliklerin yanında tekstil ürünlerinin yüksek performans, sağlamlık, konfor gibi teknik veya işlevsel özelliklerinin artırılmasına yönelik üretilen koruyucu ve spor tekstillerinde modern kaplama ve laminasyon teknolojileri kullanılmaktadır [7].

Son zamanlarda teknik tekstillere olan talebin artışı kaplanmış kumaşlara olan talebin de artmasına sebep olmuştur. Kaplama ve laminasyon yöntemi ile hava geçirgenliğinin önemli olduğu uygulama alanlarında (yelken, paraşüt kumaşları gibi), su buharı geçirgenliğinin önemli olduğu alanlarda (spor giysilerde, özel iş giysilerinde, askeri kıyafetlerde, yağmurluklarda, dış çevre koşullarına ve biyolojik–kimyasal koruma giysilerinde, çadır, branda gibi), filtrasyonda kullanılan tekstil yapılarında, endüstriyel taşıma bantlarında, jeotekstillerde (drenaj fonksiyonunda kullanılan kumaşlarda), zirai tekstillerde ve tıbbi tekstillerde kullanılan tekstil mamulleri üretilmektedir [8,9]. Üretilen bu kaplama kumaşların kullanımının ilerleyen yıllarda artış göstereceği öngörülmektedir.

Bu çalışmada, ilk olarak katkı malzemesi kullanmaksızın denim kumaşlar kaplama/laminasyon cihazında birleştirilerek sıcak eriyik miktarına göre elde edilen lamine kumaşın performans özellikleri analiz edilmiş, bu parametrelerin en iyi olduğu

durumlar için optimum sıcak eriyik miktarı bulunmuş ve sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere modeller geliştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında sıcak eriyik üzerine CaCO_3 katkısı, toz serpmeye ünitesi yardımıyla eklenmiş ve kumaşlar birleştirilerek hem sıcak eriyik miktarı ve hem de katkı maddesi miktarına göre performans değerleri en iyilendiği koşullar tespit edilmiştir. Elde edilen veriler yardımıyla yine modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Katkı maddesi ilavesi ile kumaşa özellikle elektromanyetik radyasyona karşı koruyuculuk sağlama özelliği kazandırma amaçlanmış ve elde edilen sonuçlardan geliştirilen sistem ile belirli frekans aralıklarında 15 dB üstünde koruyuculuk sağlayabilen lamine/kaplama kumaşlar elde edilebilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Denim Kumaşın Tarihi ve Özellikleri

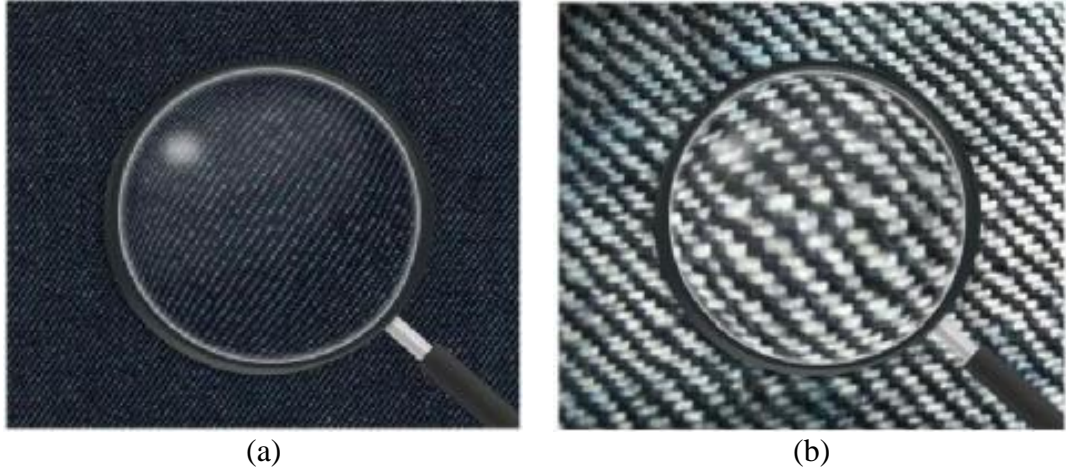
Denim kumaşın tarihi 16. yüzyıla dayanmaktadır ki o zamanlar “*serge*” isimli Hindistan'da yetişen indigofera bitkisinden elde edilen indigo boyarmaddesi ile boyanmış olan yün karışımlı bir kumaş, Fransa'nın çok eski bir tekstil merkezi olan Nîmes kasabasında üretilmiştir. Bu nedenle üretilen bu kumaş türü, “*Serge de Nîmes*” (Serge de Nîmes, "Nîmes Şehrinden Gelen Kabaca Dokunmuş Dayanıklı Kumaş") olarak adlandırılmış ve zamanla “denim” haline gelmiştir [10].

Denim efsanesi gerçekte 19. yüzyıl ortalarında başlamıştır. O tarihlerde Amerika'da halk madencilığe ve özellikle de altın arayıcılığına yönelmişti. O dönemde, Oscar Levi–Strauss, California'ya gelerek çadır ve yük arabası örtüsü yapımında kullanılan brandadan daha dayanıklı pantolon yapmayı düşünmüştür. Önceleri madenciler arasında kullanımı yaygınlaşan bu pantolon, İkinci Dünya Savaşı zamanında bütün dünyaya yayılmıştır [11].

Denim kumaş, “*blue jeans*” olarak da anılmaktadır ancak bu tabir, denim kumaşlardan üretilmiş, özellikle pantolon olarak üretilen tüm giysilere verilen genel bir addır. Denim ise, blue jeans ve spor giyim üretiminde kullanılan kaba ve dayanıklı bir kumaş türüdür [12].

Denim kumaş genel tanımıyla çözgü ipliği indigo mavi boyalı, atkı ipliği boyanmamış ham pamuk ipliğinden dimi doku tipinde dokunmuş kumaştır. Günümüzde klasik denim kumaşları örgüsü gabardin olarak adlandırılan D 2/1 Z (sağ yollu) veya D 3/1 Z (sağ yollu) dimi örgüsü ile üretilmektedir.

Ön ve arka yüz görünimleri farklı olan denim kumaşların ön yüzünde mavi boyalı çözgü iplikleri, arka yüzünde ise boyanmamış atkı iplikleri bulunur (Şekil 2.1). Denim kumaşın çözgü iplikleri, atkı ipliklerinden daha ince ve daha bükümlüdür. Kumaş yapısında çözgü sıklığı 24–27 çözgü/cm, atkı sıklığı ise 15–18 atkı/cm olup çözgü sıklığı atkı sıklığına göre daha yüksektir. Denim kumaş gramajları ise 250–500 g/m² arasında değişir ve ons (1 oz/yd² = 33.88 g/m²) birimiyle belirtilir. Ons cinsinden denim gramajları ise 5.5–14.5 oz/yd² aralığında değişmektedir [11].



Şekil 2.1. Denim kumaşlarda ön ve arka yüzey görünüm: (a) ön yüzey görünüm (b) arka yüzey görünüm

Çizelge 2.1’de TS 2791’e göre denim kumaşın gramaj ve tel sayısı bakımından sınıflandırılması göstermektedir [13].

Çizelge 2.1. Denim kumaş sınıflandırılması [13]

Sınıf	Tip	Gramaj (En Az) g/m ²	Bir cm’deki Tel Sayısı (En Az)	
			Çözü	Atkı
Hafif	Normal	275	24	15
	Çekmez	299	24	16
Orta	Normal	309	25	16
	Çekmez	330	25	18
Ağır	Normal	335	26	16
	Çekmez	372	26	17
Çok Ağır	Normal	376	27	16
	Çekmez	418	27	17

Denim kumaşlar ilk olarak % 100 pamuk lifinden üretilmiştir. Daha sonra modanın da etkisiyle denim terbiyesinde sağlanan gelişmelerden dolayı, günümüzde Tencel, Elastan/Pamuk, Polyester/Pamuk gibi farklı liflerden, farklı renk ve görünüm özelliklerine sahip denim kumaşlar üretilmektedir. Ayrıca % 1–5 arasında poliüretan elastan içeren denim tipleri ve poliester oranı yaklaşık % 20 olan polyester/pamuk karışımı ve pamuk/polyester/poliüretan elastan karışımına sahip denim kumaşlar da üretilmektedir. Farklı liflerin denim kumaş üretiminde kullanılmasının da etkisiyle denim tüketimi arttığı gözlenmiştir [11].

2.2. Kaplama işleminde kullanılan malzemeler ve özellikleri

2.2.1. Tekstil malzemeleri

Kaplama işleminin uygulanacağı kumaş, dokuma ve örme kumaş olabildiği gibi liflerden doğrudan üretilen dokusuz yüzey kumaşlar da olabilmektedir. Bunlara ilave olarak iplik formunda da kaplama uygulamaları yapılabilmektedir [9]. Çizelge 2.2’de kaplama işleminde kullanılan bazı lifler ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kaplama işleminde sık kullanılan lifler ve özellikleri [7]

Lif	Avantaj	Dezavantaj
Pamuk	Kaplama adezyonu çok iyi; Ara bağlayıcı maddeye ihtiyaç yok; termal çekme düşük	Bozulma, küflenme ve böceklerle karşı dayanımı düşük
Polyester	Yüksek sıcaklığa karşı dirençli, çekme özelliği düşük; Bozulma, küflenme ve böceklerle karşı dayanıklı; Aşınma direnci yüksek; Giysilik ve diğer kullanım alanları için pamuk ile karıştırılabilir	Nem absorbe etme özelliği düşük; elastikiyeti sınırlı; Fiyatı pahalı
Poliamid	Yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı; elastikiyeti iyi; Aşınma dayanımı yüksek; Bozulma, küflenme ve böceklerle karşı dayanıklı; ısıyı absorbe etme özelliği iyi	UV direnci düşük; Nem absorpsiyonuna bağlı olarak sarkma ya da çökme; maliyeti PES’e göre yüksek
Polietilen/ Polipropen	Ağırlığı düşük; Kimyasal olarak etkisiz; Bozulma, küflenme ve böceklerle karşı dayanıklı; Ucuz	Erime sıcaklığı düşük; Bazı maddelere karşı adezyon zorluğu
Aramid	Erime sıcaklığı yüksek; Gerilme dayanımı yüksek; Güç tutuşur	UV ve güneş ışığına karşı dayanıksız; Pahalı
Cam Lifi	UV dayanımı yüksek; Nem absorbe etmez; Bozulma, küflenme ve böceklerle karşı dayanıklı; Boyut kararlılığı iyi; Güç tutuşurluk özelliği iyi; Dayanıklı; Sıcaklık dayanımı yüksek	Dah ağır; Uzama özelliği zayıf; Adezyon güçlüğü

Kaplama işleminin iyi bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için seçilen kumaşın bazı temel özellikleri taşıması beklenmektedir. Bunlar:

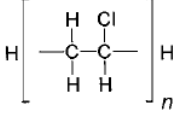
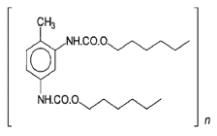
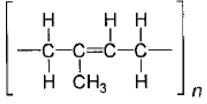
- Düzgün, temiz, pürüzsüz yüzey ve sık bir yapı,
- Dayanıklılık,
- Boyutsal stabilite,
- Kimyasallara karşı dayanıklılık,
- Adezyon özelliği ve maliyetin düşük olması [14].

2.2.2. Kaplama malzemeleri

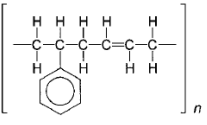
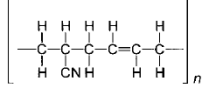
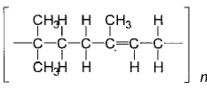
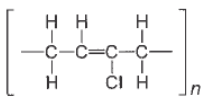
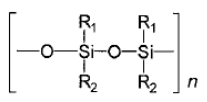
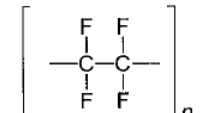
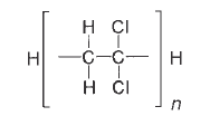
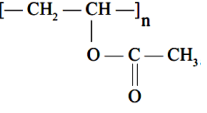
Kaplama işleminde kullanılan maddelerin tamamı uzun zincirli lineer moleküllerden oluşan termoplastik polimerlerdir. Bu maddelerin özellikleri son ürünün dayanıklılığını ve performansını, doğrudan etkilemektedir. Kaplama ve laminasyon işlemi boyunca, kumaş ve polimer madde ısı ile maruz kalmaktadır. Bu nedenle kumaşa ve polimer maddede meydana gelecek değişikliğin önceden bilinmesi gerekmektedir. Tekstil uygulamalarında genel olarak kullanılan kaplama polimerleri; doğal ve sentetik kauçuk, polivinilklorür (PVC), poliviniliden klorür (PVDC), poliüretan (PU), polietilen (PE), etilen vinil asetat (EVA), akrilik, silikon, politetrafluoroetilen (PTFE), epoksi reçine ve polyeşter (PET) olarak sıralanabilir.

Kaplama maddesinin seçiminde, istenen özelliğe göre kimyasal, çevresel, mekanik, maliyet ve işleme özellikleri önemli rol oynamaktadır [15]. Çizelge 2.3'te kaplama prosesinde sıkça kullanılan polimerik yapıdaki maddeler hakkında bilgiler verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kaplama işleminde kullanılan maddelerin özellikleri [7]

Polimer Madde	Kimyasal Yapısı	Avantaj/Dezavantaj	Kullanım Alanı
PVC (Polivinilklorid)		Yüksek elastikiyet ve aşınma dayanımı, yağ ve çözücü direnci yüksek, güç tutuşur/düşük ısı performansı, soğukta çatlama	Tente, çadır bezi, koruyucu ve askeri giysi, mobilya döşemeleri, mimari ve inşaat tekstilleri
PU (Poliüretan)		Yüksek uzama değeri, hava şartlarına, yırtılmaya ve aşınmaya dayanıklı, yağ itici/güneş ışığı altında sararma eğilimi	Giysi, ayakkabı ve el çantaları, düşük gramajlı naylon ceket, su geçirmez ve nefes alabilir giysiler, can yelekleri, spor çantalar
Doğal Kauçuk		İlave maddeler ile birlikte yüksek hızda karıştırılıp tekstil yüzeyinde yayılabilme, kırılmaya ve aşınmaya dayanıklı ve yüksek elastikiyet gösteren film oluşturabilme/Gün ışığı ve oksidasyon dayanımı düşük, yanıcı ve yağ iticiliği zayıf.	Halı arkası malzemesi, oto lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde

Çizelge 2.3. Kaplama işleminde kullanılan maddelerin özellikleri–(devam)

Polimer Madde	Kimyasal Yapısı	Avantaj/Dezavantaj	Kullanım Alanı
SBR (Stiren bütadien kauçuk)		Aşınma, oksidasyon ve mikroorganizmalara karşı dayanımı yüksek, havadan etkilenmeyen/yırılma direnci düşük ve ısı dayanım aralığı dar	Halı arkası malzemesi, otomobil lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysiler
Nitril Kauçuk		Isı ve gün ışığına dayanımı yüksek, iyi bir yağ itici, kopma ve aşınma dayanımı iyi	Fuel-oil tankları ve hortumlar, yağlı bölgelerde kullanılan kayışlar, yağ itici kıyafetler ve taşıyıcı bantlar
Bütül Kauçuk		Oksidasyona, kimyasallara ve ısıya dayanımı yüksek, gaz geçirmezliği iyi, güç tutuşurluğu zayıf	Asit ve kimyasallara karşı koruyucu giysiler, düşük gramajlı can yelekleri, şişme botlar ve havalı yağlar
Neopren (Polikloropren kauçuk)		Kimyasallara, oksidasyona ve yağa karşı dayanımı yüksek, çekme mukavemeti yüksek, güç tutuşurluğu iyi/ renklendirilmesi zor, ısı dayanımı düşük ve sıcaklık üst limiti 120 °C	Hava yastıklarında, can yeleklerinde, koruyucu giysilerde, uçak iç döşemeleri
Silikon		Mikroorganizmalara, kimyasallara ve oksidasyona dayanıklı, kokusuz nefes alma özelliği kazandırma, gaz geçirgenliği yüksek, yüksek yırtılma ve patlama dayanımı, baskı ve renklendirmesi zor, pahalı	Hava yastığı, paraşüt, gıda ve sağlık sektörü
PTFE (Politetrafluoroeti len, Teflon)		Yağ ve su iticiliği iyi, ısıya, kimyasallara ve çözümlere karşı dayanıklı, oksidasyona, hava şartlarına ve mikroorganizmalara karşı dayanıklı, ısı dayanımı yüksek ideal bir polimer, maliyeti yüksek	Gıda ve sağlık sektörü, mimari ve inşaat uygulamaları
PVDC (Polivinilidenklorür)		Güç tutuşur, gaz geçirgenliği düşük, parlak, sert, kırılman ve pahalı	Koruyucu giysilerde ateşe dayanıklı gereken yerlerde
EVA (Etilen vinil asetat)		Tüm liflere adezyon, düşük sıcaklıklarda dahi esneme kabiliyeti yüksek, yıkama direnci düşük, solma eğilimi	Halı arkası malzemesi, duvar kaplamaları

2.2.3. Kaplama teknikleri

Kaplama, tekstil kumaşlarına su geçirmezlik, alev geciktiricilik, antibakteriyellik, UV direnci ve aşınma direnci gibi yeni fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla homojen olmayan kompozit bir yapı oluşturmak için kullanılır [16–21]. Kaplama ve laminasyon yöntemleri, kumaşların hem fiziksel hem de estetik özelliklerini geliştirerek ve değiştirerek kullanım alanını genişletmek amacıyla yaygın bir şekilde uygulanmaktadır [22].

Kaplama işleminin amacı, polimer bir tabakanın bir tekstil dış yüzeyine nüfuz ettirilerek fiziksel ve karakteristik özelliklerinin önemli bir şekilde değiştirilmesidir. Kaplama işlemiyle kumaşı oluşturan lifler ile sağlanamayacak özellikler, düzgün bir polimer maddenin kumaşa aktarılmasıyla kazandırılır [23]. İstenilen özelliklere göre sıvı, hamur veya toz halde bulunan kimyasallar toz, pasta veya köpük formunda kumaşa aktarılarak kumaş üzerinde bir film tabakası oluşturulur [15].

Kaplama yöntemlerinin temelini, çoğunlukla, alınan flotte miktarını ayarlayacak bir çift sıkma silindirin yer aldığı emdirme teknelerinde emdirme, sonrasında kuru sıcak hava şartlarında ve genellikle germeli kurutucuda sabit enderide yapılan kurutma işlemleri oluşturmaktadır. Kaplama, kumaşın tek yüzüne uygulanmak istenirse kumaşın kaplama flottesi içerisine daldırılması mümkün olmadığı için farklı teknikler kullanılmalıdır. Kaplama işlemi, doğrudan (direkt) ve dolaylı (transfer) olarak iki şekilde tekstil yüzeyine uygulanabilir [23].

Tekstil yüzeyinin polimerik bir maddeyle kaplanması zemin kumaşa yeni bir nitelik kazandırır. Elde edilen kaplanmış kumaş uygulama öncesinden bütünüyle farklı ve estetik bir görünüme kavuşabileceği gibi su iticilik, hava geçirgenliği vb. gibi fonksiyonel özellikler de kazanabilir. Polimer malzemeyi tekstil yüzeyine uygulamanın çok çeşitli yöntemleri vardır. Bu yöntemler sınıflandırılırken kaplama malzemesi formu, uygulama şekli ve kullanılan aparatlar baz alınarak sınıflandırılabilir [24]. En yaygın kullanılan yöntemlerden bazıları Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Kaplamada kullanılan yöntemler [14]

Kaplama maddesinin sıvı olduğu kaplama metotları	Kaplama maddesinin sonradan dozajlandığı metotlar	Bıçaklı (rakleli kaplama)	En eski kaplama yöntemlerinden biridir. Kaplama maddesi kumaşa direkt olarak aktarılarak sabit bir rakle ile düzgün bir şekilde sürülmektedir. Genellikle düzgün, üniform dokuma kumaşlara uygulanmaktadır.
		Tel sarılu rulo ile kaplama	Düşük viskoziteli ve düşük gramajlı kaplamalarda tercih edilir.
	Kaplama maddesinin önceden dozajlandığı metotlar	Silindir kaplama	Düşük viskoziteli kaplamalarda tercih edilir.
		Döner şablon ile kaplama	Rotasyon baskı prosesine benzemektedir.
Kaplama maddesinin katı olduğu kaplama metotları	Sıcak eriyik ile kaplama	Ekstrüzyon ile kaplama	Termoplastik polimer, ekstrüder vasıtası ile kaplama için uygun sıcaklıkta eriyik hale getirilir, silindirler arasında sıkışmış halde bulunan kumaş ile birbirine yapıştırılarak soğutma silindiri ile sabitlenmektedir.
		Pudralı kaplama	Toz halde bulunan polimer madde kumaş üzerine serpilir ve ısıtıcı bir sistem aracılığı ile termoplastik madde eritilir. Polietilen, naylon, EVA gibi kaplama maddeleri kullanılır.
	Kalandır ile kaplama	Isıtılmış silindirler arasından geçerek akışkan hale gelen katı haldeki kaplama maddesi döner silindirler aracılığıyla kumaşa aktarılır.	
	Transfer kaplama	Kaplama tabakası daha önceden hazırlanmış olup, ısıy veya yapıştırıcı yardımıyla kumaşa aktarılır. Kaplama filminin gözeneksiz ve hatasız bir şekilde hazırlanabilmesi ve yumuşak bir tutum sağlayabilmesi yöntemin avantajıdır. Dokusuz yüzeyler, örme, likralı ve hassas kumaşlar problemsiz bir şekilde kaplanabilmektedir.	
Modern kaplama yöntemleri	Sol-jel ile kaplama	Çözelti formundan başlayarak değişik uygulama sahalarına yönelik seramik, cam ve kompozit malzemelerin üretim yönteminin genel adıdır. Sol-jel kaplama yöntemiyle aşınma dayanımı, su, yağ ve kir iticilik, güç tutuşurluk, UV koruma, antimikrobiyal etkinlik, elektrik iletkenliği, kokuların kontrollü salımı sağlanabilmektedir.	
	Plazma ile kaplama	Tekstil materyallerinin yüzeyini modifiye etmek için kullanılabilen bir teknolojidir. Tıp, biyotıp, elektronik, yarı iletkenler, otomobil ve tekstil vb. alanlarda kullanılmaktadır. Çevreci ve ekolojik bir teknoloji olan plazma, tekstil yüzeyine geleneksel metotlarla kazandırılmayan özellikleri sağlayabilir. Bu yöntemle; su absorpsiyonu, ıslanma, adezyon, boyanabilme, su, yağ ve kir iticilik ile kimyasal maddelere karşı dayanım gibi özellikler değiştirilebilmektedir.	

2.2.4. Laminasyon işleminde kullanılan tekstil yüzeyleri

Polyester ve naylon; mukavemetlerinin iyi olmasının yanında neme, yağlara, mikroorganizmalara ve birçok kimyasallara karşı dirençli olduklarından geniş bir kullanım alanına sahip kumaş türleridir. Polyester ısığa karşı direnci, boyutsal dayanımı, çekme direnci, düşük uzaması, ucuz olması ve UV dayanımından dolayı tercih edilirken naylon da hidrolize karşı daha iyi dirence sahiptir. Pamuk ise ilk kullanılan ve geniş kullanım alanına sahip liftir ancak dayanımın gerekli olduğu uygulamalar için yerini naylon ve polyesterlere bırakmıştır. Pamuk, küflenme ve mikrobiyal etkilere karşı zayıf olmasına rağmen sentetik liflerden daha iyi bir yapışma özelliği sergilemektedir. Pamuğun yüzeyinin pürüzlü olması ve lif uzunluğunun kısa olması polimerin mekanik bağlanması için iyi bir fırsat sağlar [25]. Çizelge 2.5'te Laminasyon ve kaplama işlemlerinde kullanılan bazı lifler ve özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.5. Kaplama ve laminasyonda en çok kullanılan lifler ve özellikleri [25]

Lif	Yoğunluk (g/cc)	Erime Noktası (°C)	Mukavemet (g/den)	Rijitlik (g/den)	O ₂ Limiti (% Oksijen)	Aşınma Dayanımı	Gün Işığı ve UV Dayanımı
Akrilik	1.12–1.19	150d	2–5HT	5–8	18	Orta	Mükemmel
Naylon	1.13	215	4.3–8.8HT	17–48	20	Çok iyi	Düşük
Polyester	1.4	260	4.2–7.5HT	10–30	21	Çok iyi	İyi
Pamuk	1.51	150d	3.2	60–70	18	Orta	Orta
Yün	1.15–1.30	132	1.0–1.7	4,5	25	Orta	Orta
Polipropilen	0.9	165	4–8.5HT	20–30	18	İyi	Düşük
Aramid	1.38–1.45	427d	5.3–22	500/1000	29–33	Orta	Orta
Karbon	1.79–1.86	3500d	9.8–19.1	350/1500	64	Kırılgan	Mükemmel
Cam	2.5–2.27	700	6.3–11.7	310–380	Yanmaz	Kırılgan	Mükemmel

d: Erimez, bozulmaya başlar HT: Yüksek mukavemet

Laminasyon işleminde örme kumaşlar, yapılarının açık olması ve uzamaları sebebiyle genellikle kullanılmazlar. Bezayağı, dimi ve sepet dokuma yapıları ise yaygın olarak kullanılan kumaş yapılarıdır. Nonwovenlar, gerilimlerinin düşük olması ve yüzeylerinin kabalığı gibi nedenlerden dolayı çoğu zaman tercih edilmezler.

2.2.5. Laminasyon işleminde kullanılan malzemeler

Laminasyonun tanımı iki kumaş materyalinin birleşmesi olup bu işlemde her bir materyalin karakteristiği önemli rol oynar. Eğer bileşenin birinde yalnızca çözgü mukavemeti iyi, diğerinde atkı mukavemeti iyi olursa oluşan yeni üründe hem atkı hem de çözgü mukavemeti iyi olacaktır. Laminasyon ile üretilen ürün her iki bileşenden de katı olabilmektedir ancak bunu en aza indirmenin yolu en uygun laminasyon yöntemi ve yapışkanın seçimidir.

Laminasyon işleminde kullanılan çok çeşitli yapılarda yapıştırıcı maddeler bulunmaktadır. Kumaş ve film arasında yapışma kuvvetini meydana getirmek için, uygun yapıştırıcı maddeyi seçmek gerekir. Yapıştırıcı seçimindeki kriter az miktarda yapışkan kullanarak en güçlü bağı oluşturmaktır. Lamine kumaşların üretiminde karşılaşılan en yaygın problem ise, birleşen bir veya iki malzemenin de yeterli esnekliğe sahip olmadığı için laminasyonun bir yay gibi eğilmesini sınırlayan çatlaklardır. Fazla miktarda kullanılan yapışkanlar ya da alevle laminasyondaki aşırı köpük kullanımı çatlamanın nedenleri arasındadır.

Laminasyon işleminde kullanılan yapıştırıcılar genellikle su bazlı, solvent bazlı ya da katı veya jel halinde olup sıcakta eriyik halde bulunan maddelerdir. Bunlar film, granül, toz ya da jel formlarında üretilebilmektedir. Bu yapıştırıcı maddeler poliüretan, polyester, poliamid, poliolefin ya da farklı polimer veya kopolimerlerin bileşiminden oluşabilmektedir. Yapışkanların özelliklerini genellikle kimyasal yapısı belirlemektedir. Poliüretan yapıştırıcılar esnek ve dayanıklıdır. Polivinil asetat pahalıdır ancak su ve yıkama dayanımı sınırlıdır. Sıcak eriyik yapışkanlarda bağ soğuma ile oluşur. Sıcak eriyik yapışkanlar, ağ, sürekli bir film, toz veya tanecikli formlarda bulunabilirler. Bazı yapışkanlar ise sıvı ya da jöle olarak kullanılırlar ki bu maddeler % 100 çözücü veya su içermeyen aktif maddelerdir [7,25]. Çizelge 2.6'da laminasyon işleminde kullanılan yapışkan türleri ve özellikleri verilmiştir.

Günümüzde sıcak eriyik yapışkanlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak dikkatli seçilmelidirler. İyi bir dayanım elde edebilmek için, yumuşama ve erime noktaları kullanım sırasında maruz kalacağı sıcaklıktan çok daha yüksek olmalıdır. Tüm yapıştırıcı tipleri için bağ mukavemeti, neme karşı direnç, ışık ve UV bozulması ve kumaş renk efekti dikkate alınmalıdır. Kullanılacak olan yapışkan ve laminasyon makinesine karar vermek için ise birleşen materyalin yapısı, nerede kullanılacağı ve fiziksel özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Sıcak eriyik yapışkan seçimi

tuşeyi, yapıştırıcı maddenin kendi fiziksel özelliği ve kumaşın içine penetre olma derecesi olmak üzere iki şekilde etkiler.

Çizelge 2.6. Laminasyon işleminde kullanılan yapışkan türleri ve özellikleri [7,25]

Yapısı	Avantaj	Dezavantaj
Su bazlı eriyik veya suda dispersiyon	Alev almaz Güvenli kullanım Kolay temizlenir Kolay depolanır Düşük sağlık ve güvenlik problemi	Suyun uzaklaştırılması için yüksek enerji İşlem süresi uzun Düşük katı içeriği Yıkama ve neme düşük dayanım Yüzey ıslatması ve yayması zor
Solvent Bazlı- Çözültide eriyik	İyi tutunma Hızlı kuruma İyi su direnci Yüzeyi kolay ıslatma	Dumanı zehirli Emülsiyon gerekli Çevreye zararlı atıklar Yasal gereklilikler Dikkatli depolama gerekliliği Yangın ihtimali Sağlık ve güvenlik önlemleri
Hotmelt-Tanecik, toz, jel, ağ, film	Temiz Kurutmaya gerekli değil Duman yok Hemen bağlanma Kolay	İlk kurulum pahalı Aktivasyon için ısı gerekliliği Yüksek verimlilik

PVC yapıştırıcılar plastik migrasyonuna karşı dirençlidir, poliolefinler yapıştırıcılar arasında en ekonomik olanıdır ancak dayanımı düşüktür. Poliüretanlar ise en pahalı olanıdır ancak yumuşak, daha esnek ve mukavemetli laminasyon yapılabilir [7,25].

2.2.6. Laminasyon işlemi

Laminasyon, genellikle iki kumaş tabakasının araya bir polimer katmanı ilave ederek birleştirilmesi işlemidir. Laminasyon işleminde kullanılan polimer maddeler film formuna getirilerek uygulanır. Laminasyon işleminde kullanılan çeşitli teknikler ve farklı yapılarda yapışkan ve makine türü vardır. Bu işlemde güçlü bir bağ üretmek basittir ancak zor olan, kumaşın orijinal görünümünü korumak ve dayanıklı ve esnek bir laminat üretmektir.

Laminasyon işleminde kullanılan yapıştırıcılar genellikle su bazlı, solvent bazlı maddeler veya katı ya da jel formunda sıcakta eriyik halde bulunan yapıştırıcı maddelerdir. Yapıştırıcı maddelerin bu farklı formlarını uygulamak farklı makine veya

mekanizmaların kullanımını gerektirir. Bu uygulama kumaşın sertleşmesi gibi istenmeyen etkileri önleyecek şekilde, kontrollü üretim koşulları altında yapılmalıdır [7].

Laminasyon işlemi ayakkabı üretimi, otomobil koltuk döşemeleri, su geçirmez ve nefes alabilir kumaşların üretimi gibi birçok alanda kullanılabilir. Ayrıca konfeksiyon sanayinde giysilerin yaka, manşet veya kenar kıvrımlarında genellikle dikişin yerine veya dikişi desteklemek için de sıklıkla kullanılmaktadır.

Laminasyon işleminde, kullanılacak malzemelerin kimyasal yapısı, kumaşın yüzey morfolojisi, kumaş stabilitesi (esneme/çekme), kumaş bitim işlemleri veya kumaş üzerinde bulunabilecek yağ maddeleri ve adezyonu etkileyebilecek herhangi bir faktör, ısı dayanımı, UV ve ışık dayanımı, kumaşla polimer madde arasındaki bağ dayanıklılığı (suya, yüksek nem oranına dayanım), bağ kuvveti ve migrasyon dikkat edilmesi gereken faktörlerdendir [14].

2.2.7. Giysiler için kumaş laminasyonu

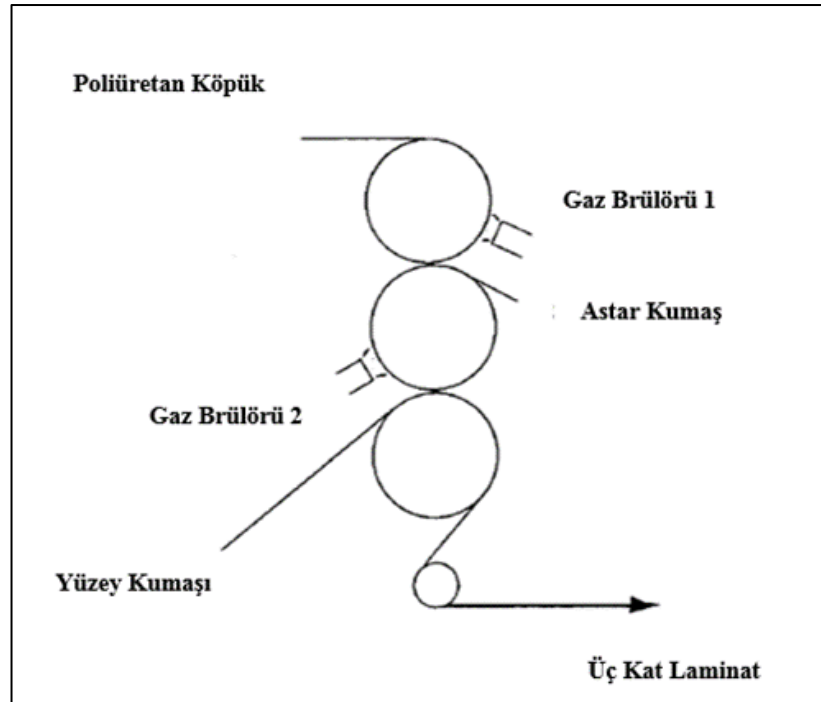
Giyim endüstrisinde; tutum, esneklik, dökümlülük ve yıkama dayanımı önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle laminasyon işlemi boyunca karşılaşılan problemlerden birisi de kumaşın esnekliğini ve estetiğini korurken aynı zamanda güçlü bir bağ oluşturabilecek yöntem ve yapışkan malzemeleri bulup uygulamaktır. Bu işlem de ideal olan etkili bir yapışkanı en az miktarda uygulamaktır. Çok miktarda yapışkan madde kullanımı kaynak israfına ve kumaş sertleşmesine yol açar. Ayrıca fazla yapışkan madde terlemeye karşı buhar geçirmez bir bariyer oluşturacağı için termal konforsuzluk oluşturur. Bu faktör özellikle su–geçirmez ve nefes alabilir kumaşların üretimi için hazırlanan membranların kumaşlara lamine edilmesinde önemlidir. Genellikle, nemli olarak uygulanan poliüretanlar ve sıcak eriyik yapışkanlar, sürekli veya nokta halinde uygulanabilir. Sıcak eriyik yapışkanların film formunda uygulanması membranın nefes alma oranını düşürür ve sertleşmesine yol açar. Sürekli metotlarla yapışkan uygulandığında bile, yapışkan tahmini olarak yüzey alanının % 20'sine yakın bir alanı kaplayabilir ve bunun nefes alma üzerinde önemli bir etkisi vardır. Bu nedenle nefes alabilir yapışkanlar geliştirilmiştir [7].

2.2.8. Alevli laminasyon ('*Flame lamination*')

Alevli laminasyon işleminin dünya genelinde geniş bir kullanımı mevcuttur. 1950'li yıllarda icat edilmiş olup patenti Reeves kardeşlere aittir ve 1970'lerde yoğun bir şekilde ticari olarak geliştirilmiştir. Alevli laminasyon yöntemi giysiler için lamine edilmiş kumaş ve perde üretmek için poliüretan bazlı yapışkan malzeme kullanılarak yoğun bir şekilde uygulanmıştır. Bu yöntem hızlı ve ekonomik olmasının yanında belirli bir teknik bilgi ve düzenli bakım gerektirmektedir [7].

Alevli laminasyonda yüzey kumaşı, poliüretan yapışkan ve astar kumaş, laminasyon makinasına eş zamanlı gönderilir ve bu üç malzeme yaklaşık olarak 25 m/dk ya da 40 m/dk hızlarda biraraya getirilir. Bir gaz alevi, kumaşın yüzeyine yayılan akışkan köpüğü eritir ve yapışkan materyale yapışmak için ideal forma gelir (Şekil 2.2) [7].

Laminasyon işleminde kullanılan her kumaş ve köpük için alev sıcaklığı, yakıcı uzaklığı, silindirlerin boşlukları ve hız gibi parametrelerin optimize edilmesi gerekmektedir. Gaz alevinin gerçek sıcaklığı, kullanılan gaz türü (propan vb.) ve köpüğe uygulanan alevin pozisyonuna bağlıdır [7].



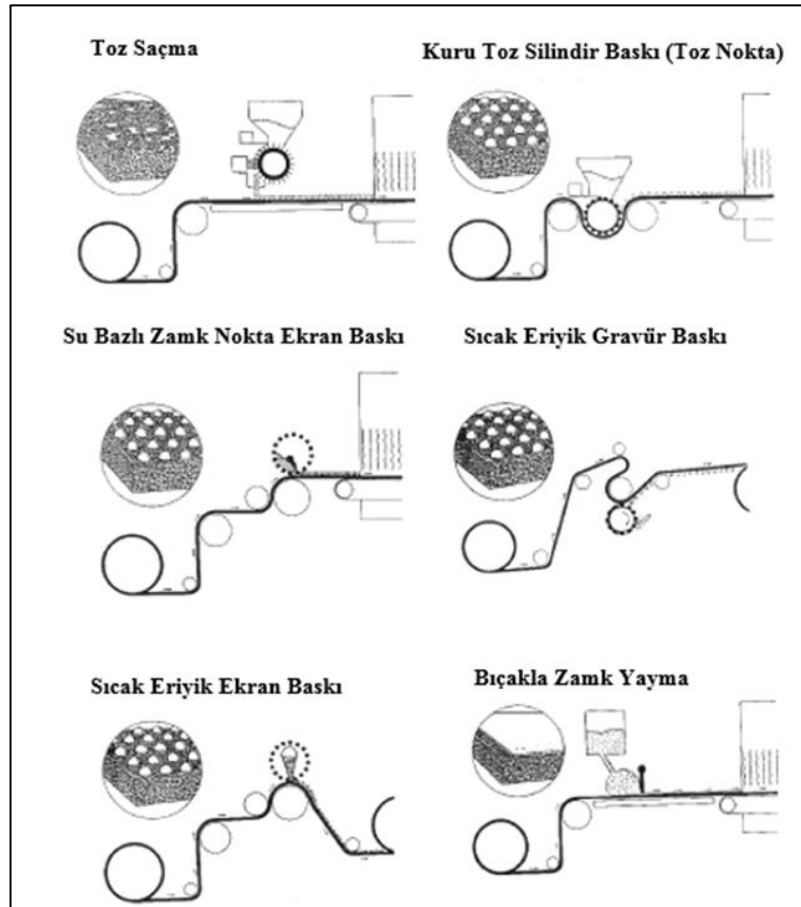
Şekil 2.2. Alevli laminasyon metodu [7]

2.2.9. Sıcak eriyik laminasyon ('Hot-melt lamination')

Sıcak eriyik laminasyon yöntemi kendi arasında farklı tekniklere ayrılmaktadır.

Bunlar:

- Düz yatak laminatörler–silindirler
- Kızılötesi ısıtıcılar
- Toz serpmeye
- Kuru toz baskı
- Döner ekran nokta baskı
- Yapışkan patın doktor rakle ile uygulanması
- Eriyik Baskı Gravür–Silindir
- Sıcak eriyik şablon uygulama
- Yarık kalıplı ekstrüder
- Sprey uygulama teknikleridir (Şekil 2.3) [7].



Şekil 2.3. Sıcak eriyik yapışkan uygulama metotları [7]

Genel olarak sıcak eriyik laminasyon uygulamaları; kompozitler, nefes alabilir su geçirmez giysiler için zar halindeki folyolar, tıp alanında kullanılan sıvı ve mikroorganizmalara karşı bariyer özelliği gösteren koruyucu tekstil yapıları, ultra-filtrasyon için laminantlar, ambalaj malzemeleri için hava geçirgen kompozitler, temizlik ürünleri için laminantlar, steril bandajlar için hava geçirgen adesif hotmelt aplikasyonu alanlarında yapılmaktadır [26].

Sıcak eriyik laminasyonda işleminde; ısı etkisiyle eriyen yapıştırıcı film, ağ veya toz formunda iki materyalin arasında olup bunların birleştirilmesi sağlanır. Sandviç şekline getirilen bu materyaller, materyalleri ısıtarak yapıştırıcı maddeyi eriten silindirlere gönderilmektedir. Silindirler elektrik akımı yardımıyla ısıtılmaktadır. Aynı zamanda çevreye de ısı yayılımı olmaktadır. Yapışkan maddenin viskozitesi ve sıcaklığı önemli ve etkili parametrelerdir. Yapışkan maddenin ikinci materyalle temasından önce hızla soğuması ve dolayısıyla yapışkanlığını kaybetme riski bu tip laminasyon yönteminde karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir. Diğer bir dezavantajı ise, yapışkanın değişeceği zaman makinenin temizliği için gereken sürenin uzunluğudur [14].

2.3. Modelleme ve Optimizasyon

2.3.1. Deney tasarımı

1920'lerde R. A. Fisher ve ark. tarafından geliştirilen deney tasarımı ilk olarak tarımda verimlilik incelemeleri için kullanılmıştır. Günümüzde ise kalite gelişimi, parametre optimizasyonu ve süreç gelişimi gibi alanlarda kullanılmaktadır [27]. Bu yöntemde ürünlerin kalitesini veya işlevsel süreci etkileyen değişkenler, bağımsız değişkenler, tasarım değişkenleri ve gürültü değişkenleridir. Tasarım değişkenlerinin cevap değişkenleri üzerine etkileri belirlenerek çıktılar analiz edilir [28].

Deney tasarımının amaçlarından biri deneysel hataların minimum seviyeye indirgenmesidir ve bu amaç, rastgeleleştirme ile sağlanır. Rastgeleleştirme bir deneyde göz önünde bulundurulmayan, ancak sonuçları etkileyecek olan gürültü değişkenlerinin etkisini tüm çıktılara eşit dağıtabilmek için kullanılır. Deney tasarımları rastgeleliği sağlamak, çıktılar üzerindeki etkenler ile arasındaki ilişkileri belirlemek ve düşük maliyetle en fazla güvenilebilir bilgiyi elde edebilmek için uygulanır [29,30].

2.3.1.1. Yanıt yüzey yöntemi (YYY)

Optimizasyon işlemi, belirlenen yanıtlar doğrultusunda, bağımsız değişkenlerin kendi aralarındaki etkileşimleri ve yanıtta olan etkilerinin bir araya getirilip uygulanmasıdır [31]. Optimizasyon, üretim ve kaliteyi iyileştirip maliyeti en aza indirerek proses tasarımlarını verimli hale getirmek amacıyla kullanılmaktadır [32]. Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY), içeriğinde basit ampirik modellerin bulunduğu, çok çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılan, bir optimizasyon yöntemidir.

İlk olarak kimya endüstrisine uygulanan yanıt yüzey yöntemi, 1951 yılında Box ve Wilson tarafından geliştirilmiş ve “Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” ismi ile tanımlanmıştır. Yanıt yüzey yöntemi, proses değişkenlerinin deneysel uzayını araştırmak nedeniyle sistemin yanıtı üzerinde etkili olan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için kullanılan ampirik modelleme yöntemlerini ve proses değişkenlerinin sistemin yanıtında istenilen etkiyi gösterdiği seviyelerinin bulunması için kullanılan optimizasyon yöntemlerini kapsamaktadır [33]. Bu yöntem genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar; eleme denemeleri, bölge araştırması ve sürecin veya ürünün optimizasyonudur.

İlk aşama eleme denemeleridir ve daha az sayıda ve daha verimli bir şekilde deneme yapılmasına imkan sağlar. İkinci aşama olan bölge araştırmasıyla ilk aşamada belirlenen bağımsız değişkenlerin sistemin yanıtında oluşturdukları değerlerin, optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediği tayin edilmektedir. İşlem optimum noktaya yaklaştığında ise yöntemin son aşaması başlar. Gerçek yanıt fonksiyonu optimum nokta civarında bir eğrilik göstermektedir. Bu eğriliğin tahminlenmesinde lineer olmayan modeller, çoğunlukla da ikinci dereceden polinomial modeller, üstel modeller ya da eksponensiyel modeller kullanılır. Uygun bir model seçilir ve bu model optimum noktanın araştırılması için kullanılır [34].

2.3.1.2. Yanıt yüzey modeli

Yanıt yüzey yöntemi problemlerinde, yanıt ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade eden fonksiyonun matematiksel formunun tahminlenmesi gerekmektedir. Sistemin yanıtı, bağımsız değişkenin doğrusal fonksiyonu olarak iyi bir uyum sağlıyorsa, birinci dereceden polinomial denklem model olarak kullanılabilir. Eğer sistemin yüzeyinde bir eğrilik varsa, ikinci dereceden veya daha yüksek dereceli

polinomial denklemler model olarak kullanılabilir. Yanıt yüzeyindeki eğriliğin tahminlenmesinde genellikle birinci dereceden polinomial modeller yetersiz kalmaktadır. İkinci dereceden (kuadratik) polinomial modeller çok çeşitli fonksiyonel formlar alabildiğinden gerçek yanıt fonksiyonun tahminlenmesinde yaygın olarak tercih edilmektedir. Üçüncü ve daha yüksek dereceli polinomial modeller, karmaşık yapılarından dolayı yanıtların temsilinde daha az tercih edilmektedir [35].

2.3.1.3. Modelin uygunluğu

Regresyon modeli belirlendikten sonra belirlenen bu model denkleminin ilişkili ne ölçüde açıkladığının ve bu denklemi kullanarak yapılacak tahminlerin hassasiyetinin ne ölçüde olacağını araştırılması gerekmektedir [36]. Bu yüzden model uygunluğunun belirlenmesi amacıyla,

- Varyasyon katsayısının (C.V) hesabı,
 - Hipotez testlerinin regresyon analizine uygulanması,
 - Regresyon katsayısının (R^2) ve düzeltilmiş regresyon katsayısının (R^2_{adj}) hesaplanması,
 - Öngörülen kalıntı hata kareler toplamının (‘PRESS’) hesaplanması,
 - Yeterli tahminleme (‘adequite precision’) değerinin hesaplanması,
 - Model uyumsuzluğunun testi (‘lack of fit’ testi),
- gibi çeşitli istatistiksel test yöntemleri uygulanmaktadır [34].

2.3.1.4. Model uyumsuzluğu (‘Lack of Fit’) testi

Yanıt yüzey yönteminde, tasarlanmış deneylerin yapılması sonucu elde edilen veriler, regresyon modeli oluşturmak için kullanılmaktadır. Belirlenen bu regresyon modeli gerçek yanıt fonksiyonuna bir yaklaşımdır. Tahminlenen değerler ile deneysel veriler arasındaki fark (artık), sadece deneysel hatayı değil aynı zamanda modelin matematiksel ifadesinin uyumsuzluğundan kaynaklanan hatayı da kapsar. Model uyumsuzluğu, modelin matematiksel ifadesinin uyumsuzluğundan meydana gelen hatadır ve istatistiksel açıdan önemsiz olması gerekmektedir [37–39].

2.3.1.5. Optimizasyon

Yanıt yüzey yönteminde uygun model belirlendikten sonra, prosesin optimize edilmesi gereklidir. Optimizasyon işleminde prosesin performansını ya da ürünün kalitesini belirleyen çok sayıda yanıtla eş zamanlı olarak çalışılır. Bu yanıtların bazılarının en üst seviyede tutulması, bazılarının en alt seviyede tutulması ve bazılarının da kabul edilebilir aralıkta değerler alması sağlanır. Çoğu durumda, bir yanıtın geliştirilmesi diğerinin üzerinde olumsuz bir etki oluşturabileceğinden optimizasyon aşamasında prosesi karakterize eden tüm yanıtların birlikte ele alınması gerekmektedir [34].

Tek yanıtlı optimizasyon problemlerinin çözümünde modelde yer alan bağımsız değişkenlerin her biri için kısmi türevler alınarak sıfıra eşitlenir ve elde edilen denklem sistemi çözülür. Bağımsız değişken için bulunan değerler modelde yerlerine konarak yanıt değeri hesaplanır. Çok yanıtlı optimizasyon problemlerinde ise doğrusal olmayan programlama yaklaşımı kullanılarak çözüme varılır [34].

2.3.1.6. İstenilen hedefe ulaşma (*'Desirability'*) fonksiyonu yaklaşımı

İstenilen hedefe ulaşma fonksiyonun temel amacı, tüm yanıtların, tek bir fonksiyon (*'desirability'*) altında toplanmasını ve bu fonksiyonun istenilen sonuçları verecek şekilde maksimize edilmesini sağlamaktır. Farklı değere sahip yanıtların birlikte incelenebilmesi, yanıtların tek bir fonksiyona kolayca dönüştürülebilmesi ve kalitatif ve kantitatif yanıtların kullanılabilmesi bu yöntemin önemli avantajları arasındadır [34].

İstenilen hedefe ulaşma fonksiyonu, tüm yanıtların bir araya getirildiği tek bir yanıt göstergesidir ve değerinin 1'e yaklaşması belirlenen kriterlerin sağlandığını belirtir. Bu fonksiyon her bir yanıt için ayrı ayrı hesaplanır ve hesaplanan bu bireysel fonksiyonların geometrik ortalaması alınarak tek bir İstenilen hedefe ulaşma fonksiyonu oluşturulur [34].

2.3.2. Yapay sinir ağları (YSA)

Yapay sinir ağları (YSA), çalışma şekli olarak insan beyninin ve sinir sisteminin biyolojik yapısını benzetir. Böylece yeni bir sistem mekanizması geliştirir. YSA'lar

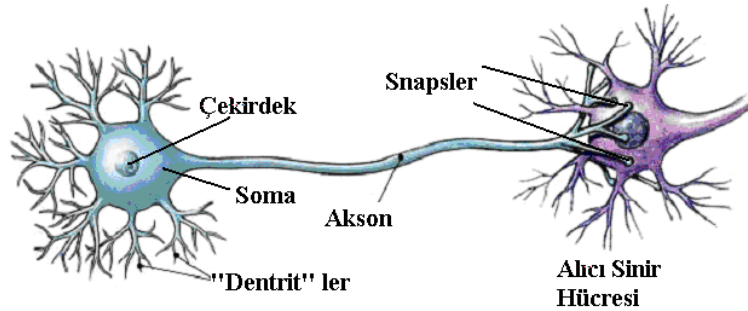
insan beyninin öğrenme yeteneğini matematiksel olarak modellemek için yapılan çalışmalar sonucunda geliştirilmiştir [40,41].

İlk olarak nöronların modellenmesi ve bilgisayar programlarında uygulanmasıyla başlayan YSA uygulama çalışmaları, son zamanlarda daha sistematik bir duruma gelmiştir. Fen ve mühendislik gibi çeşitli bilim alanlarında, imalat sektöründe, savunma sanayinde vb. alanlardada uygulanabilmektedir. Geleneksel yöntemlerle çözülmesi imkânsız ve oldukça zor olan mühendislik problemlerinin çözümünde YSA'lar etkin bir araçtır [42].

YSA'lar klasik metotlarla kıyaslandığında; lineer olmama, öğrenebilme, genelleme yapma, uyarlama, veri işleme, gürültüye karşı duyarlı olma gibi avantajlara sahiptir. Fakat, uygun ağ konfigürasyonunun tayininde tecrübe ve deneme–yanılma gerektirmesi dezavantajlarındandır. Buna rağmen YSA'ların uygulama alanları hızla genişlemektedir [43].

2.3.2.1. Sinir hücrelerinin yapısı

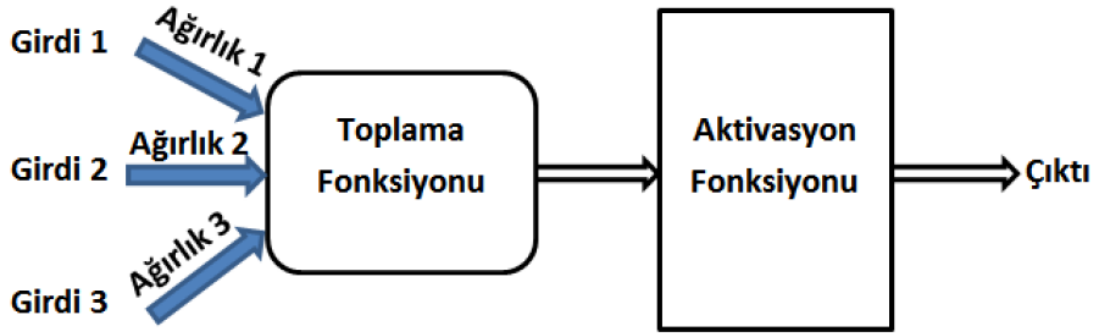
Biyolojik sinir hücresi yapısı: Biyolojik sinir ağının temel yapı taşı nöron olarak adlandırılan basit sinir hücresidir. Bir sinir hücresinin yapısı Şekil 2.4'te verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde bir sinir hücresinin dentrit, akson, soma ve snapslerden oluştuğu görülür. Sinir hücresinin ucunda bulunan dentritler bağlı buldukları diğer nöron/organlardan gelen sinyalleri çekirdeğe iletirler.



Şekil 2.4. Bir biyolojik sinir hücresinin (nöron) yapısı

Bu sinyaller çekirdekte toplanarak aksona gönderilir. aksonlarda işlenen sinyaller ise nöronun diğer ucunda yer alan bağlantılara iletilir. Üretilmiş yeni sinyaller bağlantılar yardımıyla diğer nöronlara taşınır [43]. *Yapay sinir hücresi (yapay nöron) ve yapısı:* Biyolojik sinir hücresinden yola çıkılarak tasarlanan yapay sinir hücresinde;

girdiler, ağırlıklar, toplama ve aktivasyon fonksiyonları ile çıktı veya çıktılar yer almaktadır. Yapay sinir hücresinin yapısı Şekil 2.5'te görülmektedir.



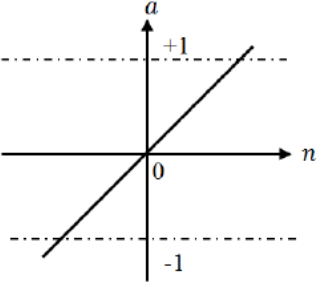
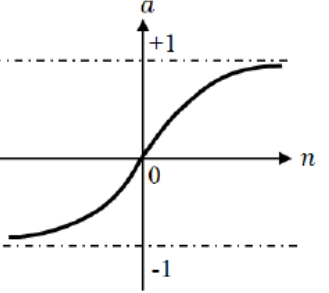
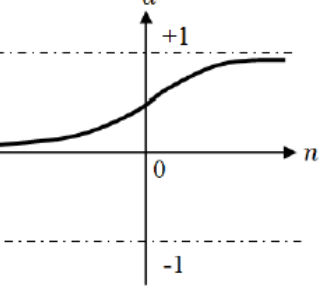
Şekil 2.5. Yapay sinir hücresi

Dış ortamdan veya diğer hücreden gelen veriler girdiler olarak adlandırılır. Nöronlar arasında bağlantılar bulunur ve her bir bağlantının bir ağırlık değeri mevcuttur. Ağırlıklar, sabit veya değişken değerler alabilir. Eğer ağırlıklar değişken değer alıyorsa, öğrenme esnasında bu değerlerin optimum noktası belirlenir. Ağırlıklar büyüklüklerine göre nöronlar üzerindeki etkinin önem derecesini açıklar. Birleştirme fonksiyonunun görevi bir nörona gelen bilgiyi belirli bir yöntem kullanarak birleştirmek ve net girdiyi hesaplamaktır. Birleştirme fonksiyonları içerisinde en sık kullanılanı toplama fonksiyonu olup, aşağıda eşitliği verilmiştir. Toplama fonksiyonunda nörona gelen girdilerin alakalı bağlantılarının ağırlıkları ile çarpılıp toplanması yoluyla net girdi bulunur. Uygun birleşme fonksiyonu için çoğu zaman deneme-yanılma yöntemi kullanılmaktadır [42].

Toplama Fonksiyonu: $Net_i = \sum_j w_{ij} I_j$; Net_i = nörona giren net girdi
 I_j = nöronun çıktısı; W_{ij} = i ve j nöronları arasındaki bağlantının ağırlığı

Aktivasyon fonksiyonu, toplama fonksiyonu yardımıyla belirlenen net girdiyi alır ve nöronun çıktısını belirler. Bu fonksiyon belirlenirken çoğunlukla lineer olmayan ve kolay türev alınabilen olması tercih sebebidir. Sık kullanılan aktivasyon fonksiyonları logaritmik sigmoid (*'logsig'*), tanjant sigmoid (*'tansig'*) ve lineer (*'purelin'*) transfer fonksiyonları olup, Çizelge 2.7'de verilmiştir. Aktivasyon fonksiyonundan alınan değer nöronun çıktısıdır ve dış ortama verilebilir. Ayrıca, bu değer ağıın içinde yeniden kullanılabilir [42].

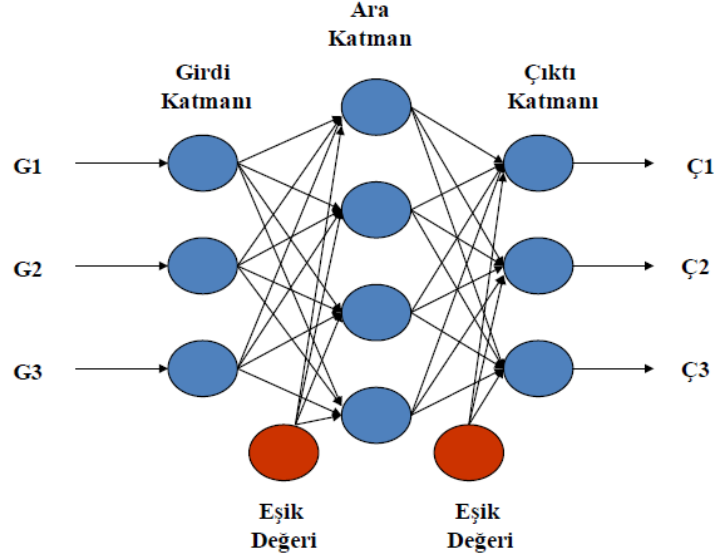
Çizelge 2.7. Yaygın olarak tercih edilen transfer fonksiyonları

Lineer		$f(x) = x$
Logaritmik-sigmoid		$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-x}} - 1$
Tanjant-sigmoid		$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$

2.3.2.2. Yapay sinir ağlarının yapısı

Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin kendi aralarında bağlanmasıyla meydana gelir. Temel bir YSA, girdi katmanı, ara ya da gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç ana katmandan meydana gelir (Şekil 2.6).

Dışarıdan gelen verileri alan girdi katmanı, bu verileri işlemeyen ara katman/katmanlara aktarır. Ara katmanda işlenen bilgiler çıktı katmanına iletilir. Bazı YSA yapılarında birden fazla ara katman bulunabilir. Ara katmanın nöron sayısı, girdi ve çıktı değişkenlerinin sayısına bağlı değildir. Ara katman/katmanlardan gelen bilgiler çıktı katmanında işlenerek ağın çıktıları elde edilir [43].



Şekil 2.6. Yapay sinir ağı katmanları

2.3.2.3. Yapay sinir ağlarında öğrenme

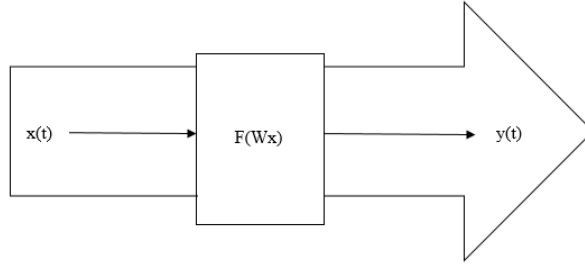
Yapay sinir ağlarının öğrenme basamağında; ağ giriş verilerini kullanır ve çıktı üretmek için kendini uyarlar. Nöron ve ağ yapısı belirlendikten sonra öğrenme işlemi başlatılır. Ağdaki nöronların bağlantı ağırlık değerleri değiştirilerek öğrenme gerçekleştirilir [42]. Bağlantılara atanacak ilk ağırlık değerleri rastgele verilir. Ağ, bu süreçte üretmesi gereken çıktıyı dikkate alır ve ağırlık değerlerini optimizasyon yöntemi yardımıyla günceller. Ağın ürettiği çıktı değerleri ile gerçek değerler arasındaki farkın yani hatanın en aza indirgenmesi sağlanır [44]. Ağın öğrenmesi ile eğitilmesi farklı kavramlardır. Ağın bağlantı ağırlıklarının uygun değer alması öğrenme, ağın öğrenmesi için kullanılan yöntemde de eğitim denir [45].

Literatürde temel olarak kullanılan dört öğrenme kuralı mevcut olup, bunlar; Delta, Hebb, Hopfield ve Kohonen olarak adlandırılır [46].

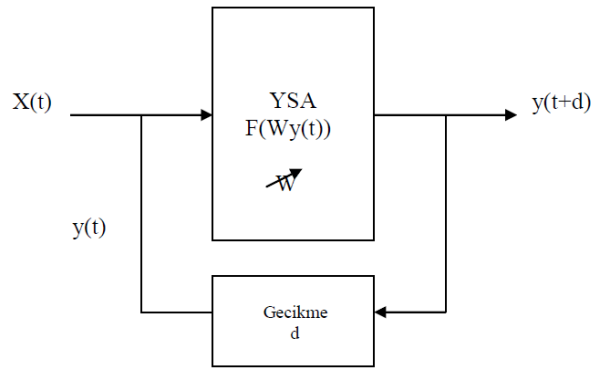
2.3.2.4. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması

Yapılarına göre ve öğrenme algoritmalarına göre YSA'lar sınıflandırılabilir. *YSA'ların Yapılarına göre sınıflandırılması:* Yapılarına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli ağlar olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. İleri beslemeli ağlarda, yapay sinir hücreleri girişten çıkışa doğru düzenli olarak katmanlar biçiminde olup, bilginin iletimi ileri yönlüdür. Şekil 2.7'de ileri beslemeli ağ yapısı verilmiştir. İleri beslemeli

ağlara örnek olarak, çok katmanlı perseptronlar (*'multilayered perceptrons'*–MLP) ve LVQ (*'Learning Vector Quantization'*) ağları verilebilir [47]. Bir diğer tür olan geri beslemeli ağlarda, çıkış ve ara/gizli katman çıkışları, giriş kısmına veya daha önce yer alan ara/gizli katmanlara geri beslenir. Bu şekildeki yapı, hem ileri ve hem de geri yöne doğru olmuş olur. Dolayısıyla, bu yapılar lineer olmayan davranış gösterirler. Geri beslemeli bir ağ yapısı Şekil 2.8'de verilmiş olup, Elman, Hopfield ve Jordan ağları bunlara örnek olarak verilebilir [47].



Şekil 2.7. İleri beslemeli sinir ağı blok diyagramı [46]



Şekil 2.8. Geri beslemeli sinir ağı blok diyagramı [46]

Öğrenme algoritmalarına göre YSA'ların sınıflandırılması: Yapay sinir ağları; danışmanlı, danışmansız ve takviyeli öğrenme olmak üzere öğrenme algoritmaları bakımından üç sınıfa ayrılabilir [46]. Danışmanlı öğrenme, sıkça tercih edilen yöntemdir. Ağa tanıtılan çıktı değerleri yardımıyla ağın ürettiği çıktı değerleri kıyaslanarak bunlar arasındaki farkın en aza indirgenmesi işlemleri döngüsel olarak yapılır [46]. Buna karşın, danışmansız öğrenmede ağa yalnızca örnek girdi değerleri verilir. Bu yöntemde ağa herhangi bir çıktı değeri tanıtılmaz. Girişte verilen değerleri kullanan ağ, örüntüleri belirleyerek ayarlamaları yapar ve öğrenmeyi tamamlar [46]. Ağa verilen giriş değerlerine karşılık üretilen çıktıların uygun ya da uygun olmadığı ile ilgili bir bilgi sunan takviyeli öğrenmede, ağ bu bilgileri kullanarak kendini yeniler ve öğrenme işlemini sürdürür [46].

2.3.2.5. Yapay sinir ağlarında öğrenme algoritmaları

Literatürde birçok öğrenme algoritması mevcuttur. Bunlardan en çok kullanılanları Geri Yayılım Algoritması ve Levenberg–Marquardt algoritmalarıdır [48,49]. Bu algoritmalar ile ilgili detaylı bilgi literatürde mevcuttur [42,50].

2.3.2.6. Yapay sinir ağlarının eğitimi ve testi

YSA modeli oluşturulurken, daha önceden var olan veri setleri genellikle eğitim ve test veri seti olmak üzere iki bölüme ayrılır. Veri sayısının % 70–90'ının eğitim, % 30–10'unun test veri seti olacak şekilde ayrıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur. Modelin geliştirilmesinde eğitim veri seti, geliştirilen modelin öngörü başarısının tayininde ise test veri seti kullanılmaktadır [46].

2.3.3. En küçük kareler destek vektör makineleri (EKK–DVM)

Destek Vektör Makinesi (DVM), sınıflandırma problemlerinin ve doğrusal olmayan fonksiyonların tahmini problemlerinin çözümü için Vapnik (1998) tarafından geliştirilmiş istatistiksel bir öğrenme teorisidir. Bu yaklaşıma göre ele alınan problem, konveks yapıdaki kvadratik problem şekline dönüştürülerek yeniden ifade edilir [51].

Başlangıçta, istatistiksel öğrenme teorisi ve yapısal risk azaltımı amaçlı olarak ortaya atılmış olan destek vektör makineleri, doğrusal olmayan sınıflandırma, işlev tahmini ve yoğunluk tahmini problemleri çözmek için güçlü bir yöntemdir.

DVM modeli için bir seri doğrusal olmayan eşitliklerin çözümü gerekir ve bu zor olabilir. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek için, Suykens ve Vandewalle (1999) DVM'yi modifiye ederek en küçük kareler–destek vektör makinaları (EKK–DVM) yöntemini önermiştir. Sonuçta, kvadratik bir problemin çözümü yerine doğrusal denklem takımlarının yer aldığı daha basit bir problemin çözümü yeterli olacaktır [52].

EKK–DVM algoritması aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. Eşitlik (2.1)'de verildiği gibi N tane veriden oluşmuş bir veri seti olsun;

$$\{(x_1, y_1) \dots (x_k, y_k)\} \subset R^N \times R \quad (2.1)$$

Bu veri setinde y_k , x_k girdi setine karşılık gelen deneysel çıktı değeridir. Eşitlik (2.2) de verildiği gibi doğrusal olmayan ϕ fonksiyonu kullanılarak bir regresyon modeli yazılabilir.

$$y = w^T \phi(x) + b; \quad w \in \mathbb{R}^N, \quad b \in \mathbb{R}, \quad \phi \in \mathbb{R}^N \rightarrow \mathbb{R}^M, \quad M \rightarrow \infty \quad (2.2)$$

Burada w ağırlık vektörü ve b bias'tır. EKK–DVM optimizasyon problemi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\min_{w,e} J(w, e) = \frac{1}{2} w^T w + \frac{\gamma}{2} \sum_{k=1}^N e_k^2 \quad (2.3)$$

Bu problem için kısıtlar Eşitlik (2.4) ile tanımlanmıştır.

$$y_k = w^T \phi(x_k) + b + e_k \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (2.4)$$

γ model kompleksliği ve eğitim hatasını dengeleyen düzenleyici parametredir. e_k , k . veri için gerçek ve hesaplanan çıktı arasındaki hatayı belirtir. Bu kısıtlı optimizasyon probleminin çözümü için, Lagrange fonksiyonu yazıldığında aşağıdaki ifade bulunur.

$$L(w, b, e, \alpha) = J(w, e) - \sum_{k=1}^N \alpha_k \{w^T \phi(x_k) + b + e_k - y_k\} \quad (2.5)$$

α_k Lagrange çarpanı olup destek vektörünü verir. Yukarıdaki denklemin optimum çözümü, denklemin her bir değişkene göre türevinin alınıp sifıra eşitlenmesi ile bulunabilir.

$$\frac{\partial L}{\partial w} = 0 \Rightarrow w = \sum_{k=1}^N \alpha_k \phi(x_k) \quad (2.6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial b} = 0 \Rightarrow \sum_{k=1}^N \alpha_k = 0 \quad (2.7)$$

$$\frac{\partial L}{\partial e_k} = 0 \Rightarrow \alpha_k = \gamma e_k \quad (2.8)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha_k} = w^T \phi(x_k) + b + e_k - y_k = 0 \quad k = 1, \dots, N \quad (2.9)$$

w ve e parametrelerinin eliminasyonu ile doğrusal bir denklem takımı elde edilir [53].

$$\begin{bmatrix} 0 & \vec{1}^T \\ \vec{1} & Z + \gamma^{-1}I \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ y \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

$$y = [y_1, \dots, y_N], \quad \vec{1} = [1, \dots, 1], \quad \alpha = [\alpha_1, \dots, \alpha_N], \quad Z = \{Z_{kj} \mid k, j = 1, \dots, N\} \quad (2.11)$$

$$Z_{kj} = \phi(x_k)^T \phi(x_j) = K(x_k, x_j) \quad k, j = 1, \dots, N \quad (2.12)$$

Yukarıdaki eşitlikte $K(x_k, x_j)$ kernel fonksiyondur [54]. Çoğu kernel fonksiyonlar doğrusal, polinom, radyal temelli fonksiyon (RBF) ve çok katmanlı perseptron şeklindedir. RBF kernel fonksiyon aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$K(x, x_k) = \exp\left(-\frac{\|x - x_k\|^2}{\sigma^2}\right) \quad (2.13)$$

Sonuçta, EKK–DVM modeli aşağıdaki eşitlikte verilmiştir.

$$y(x) = \sum_{k=1}^N \alpha_k K(x, x_k) + b \quad (2.14)$$

Denklemden yer alan b ve α Eşitlik (2.10)'nun çözümünden bulunur [55]. Literatüre göre γ ve σ^2 sırasıyla 0–4000 ve 0–100 arasında herhangi bir değer alabilir [56,57].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, deneysel çalışmalarda kullanılan malzemeler, araçlar ve gereçler ile kullanılan yöntemler anlatılmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada kullanılan kumaşlar, membran ve sıcak eriyik laminasyon yapıştırıcısı ('hot-melt')

Kaplama/Laminasyon çalışmalarının ilk aşamasında ÇALIK Denim Tekstil San. ve Tic. A.Ş.'den alınan likralı ve likrasız dört kumaş türü seçilmiştir. İkinci aşamada yine öneriler üzerine iki adet likralı kumaş ve bir membran kullanılması kararlaştırılmıştır. Membrana ait teknik özellikler Çizelge 3.1'de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Kaplama/Laminasyon çalışmalarında kullanılan membran'ın teknik özellikleri

Yoğunluk	Nem Geçirgenliği	Nem Geçirgenliği	Nem Geçirgenliği	Nem Geçirgenliği	Su Buharı Direnci Testi	Su Geçirmezlik Testi	Erime Noktası
ASTM D792	ASTM E96-93 BW 23°C/%50 Bağlı Nem/ Hava akış Hızı 2.8 M/s	ASTM E96-93 BW 23°C/%50 Bağlı Nem/ Hava akış Hızı 0.02-0.3 M/s	JIS L1099 -2012 A-1 (CaCl ₂) 40°C/%90 Bağlı Nem	JIS L1099 - 2012 B-1 (Potasyum asetat çözeltisi)	ISO 11092 35°C/%40 Bağlı Nem	L 1092B-2009	°C
1.20	= 200	= 200	= 700	= 1000	= 100	> 10000	158

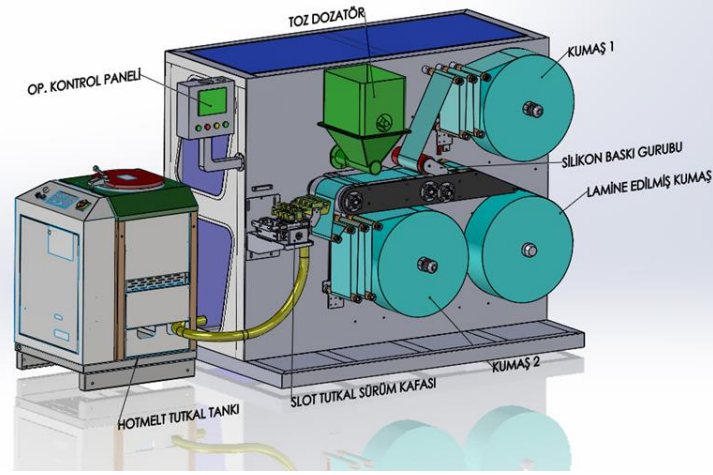
Kumaşların kaplanmasında ve laminasyon işleminde kullanılan sıcak eriyik yapıştırıcıya ait teknik özellikler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kaplama/Laminasyonda kullanılan sıcak eriyik ('hot-melt') yapıştırıcı

Hotmelt Kimyasal No	Hotmelt Kimyasal Adı	Hotmelt Kimyasal Yapısı	Hotmelt Uygulama Sıcaklığı	Önerilen Uygulama Miktarı (g/m ²)	Toplam Kütleme Süresi (gün)	Kullanım Amacı
HM-1	swift@lock 6282	Tekstil laminasyonu için nemle kürlenmiş poliüretan bazlı	120°C	10 – 50	7	Teknik tekstiller

3.1.2. Kaplama/Laminasyon makinesi

Kaplama/Laminasyon çalışmalarında kullanılmak üzere laboratuvar ölçekli bir Kaplama/Laminasyon cihazı alınmış ve ÇALIK Denim Tekstil San. ve Tic. A.Ş.'de belirlenen bir mekana kurulmuştur. Cihaz iki temel parçadan oluşmaktadır. Bunlardan ilki kaplama/laminasyon işleminin gerçekleştirildiği iki kumaşın veya bir kumaş ile bir laminasyon malzemesinin yerleştirildiği bobinler ile bunları birleştirecek bantlar ve mekanizmanın yer aldığı sistemdir. İkinci kısım ise kaplama ya da laminasyon işlemi için yapıştırıcıyı sağlayan tutkal tankıdır. Sistemin çizimi ve resmi Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Kaplama/Laminasyon cihazının çizimi



Şekil 3.2. Kaplama/Laminasyon cihazının genel görüntüsü

3.1.3. Toz serpme ünitesi

Tezde, optimum koşullarda kaplama ve laminasyon işlemlerini gerçekleştirmenin yanında bu işlemi yaparken elde edilen ürüne fonksiyonel özellik/özellikler kazandırmak amaçlanmıştır. Bunun için yapıştırılacak iki materyalin arasına fonksiyonellik kazandıracak toz madde serpilmesi planlanmıştır. Toz serpme ünitesinin tasarımı için gerekli çalışmalar gerçekleştirilmiş ve teknik çizimleri yapılarak yerli bir firmada üretimi sağlanmıştır. Sonrasında kaplama/laminasyon cihazına entegre edilerek yeni ve tek bir sistem haline getirilmiştir. Toz serpme ünitesini ve tüm sistemi gösteren şekil aşağıda görülmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kaplama/Laminasyon cihazı ve toz serpme ünitesi

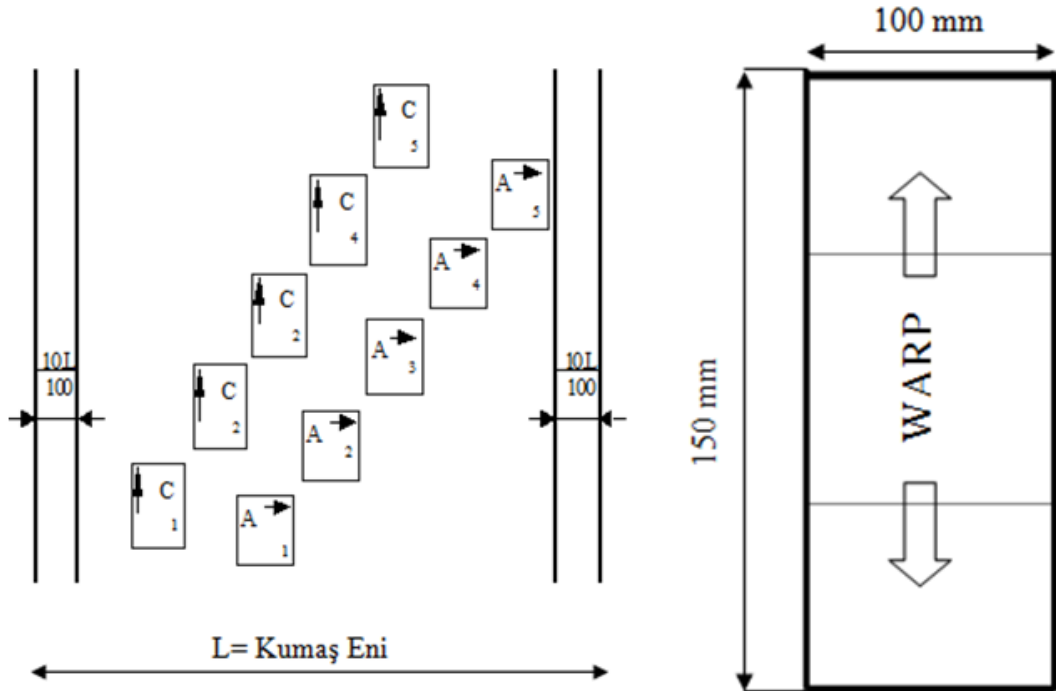
3.2. Yöntem

İşlem görmemiş ve işlem görmüş kumaşlara uygulanan testler, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, yapışma mukavemeti, elastikiyet ve kalıcı uzama, hava geçirgenliği, su geçirmezlik, su buharı geçirgenliği ve elektromanyetik kalkanlama etkinliği olarak sıralanabilir. Bu testlerin bir kısmı ÇALIK Denim Tekstil

San. ve Tic. A.Ş. fizik laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Üretilen fonksiyonel kumaşların su buharı geçirgenliği, hava geçirgenliği ve su geçirmezlik testleri Gaziantep Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır. Elektromanyetik Radyasyona Karşı Kalkanlama Etkinliği (EMSE) ölçümleri SHC Teknoloji Ar-Ge Yazılım Eğt. Dan. Müh. San. ve Tic. Ltd. Şti.'nde yapılmıştır. İşlem görmemiş ve işlenmiş kumaşlara uygulanan performans testlerinin yapılış şekilleri aşağıda özetlenmiştir.

3.2.1. Kumaşa kopma mukavemeti–ASTM D 5034 (Grab metodu)

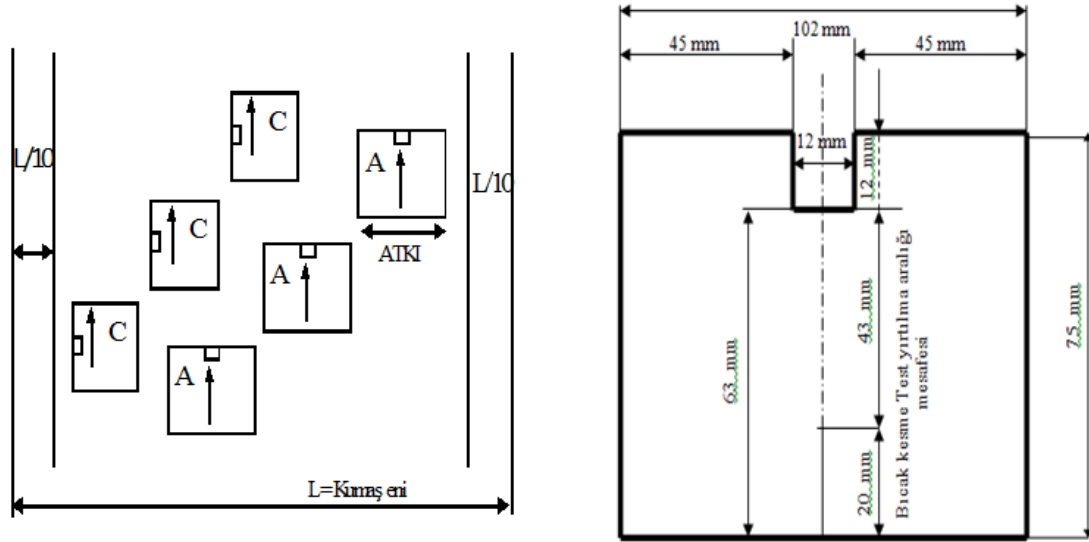
Kumaş numunesi minimum 4 saat (% 65 RH \pm 2 21 \pm 1°C) kondisyonlanmıştır. Kumaştan alınan test numunelerinin, kumaş kenarından uzaklığı, kumaş eninin en az 1/10'u kadar olacak şekilde ayarlanmıştır. Numuneler aşağıda gösterildiği şekilde (Şekil 3.4) aynı atkı ve çözgü iplerini içermeyecek şekilde hazırlanarak kopma mukavemeti cihazında çeneler arası mesafe 76 ± 1 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Test hızı 300 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Çenelerin kumaşla temas alanı 25x25 mm'dir. Numuneler alt ve üst çenelere yerleştirilip test gerçekleştirilmiştir. Her yön için 3 numunenin ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.4. Kopma Mukavemeti Testi

3.2.2. Kumaşta yırtılma mukavemeti– ASTM D1424

Kumaş numunesi minimum 4 saat (% 65 RH \pm 2 21 \pm 1°C) kondisyonlanmıştır. Kumaştan alınan test numunelerinin, kumaş kenarından uzaklığı, kumaş eninin en az 1/10'u kadar olacak şekilde ayarlanmıştır. Numuneler aşağıda gösterildiği şekilde aynı atkı ve çözgü iplerini içermeyecek şekilde hazırlanmıştır (Şekil 3.5).



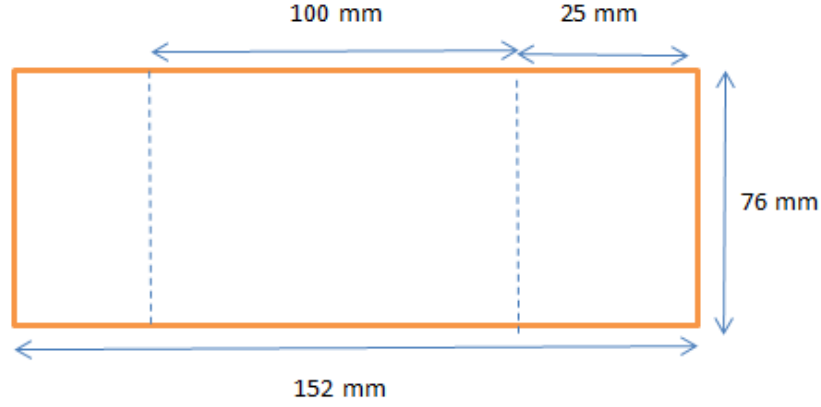
Şekil 3.5. Yırtılma Mukavemeti Testi

Numuneler çenelere yerleştirilerek sabitlenmiş, sarkaç serbest bırakılarak ve 1 tam tur attıktan sonra tutulmuştur. Skaladan değer okunarak Eşitlik (3.1)'de verilen formülasyon yardımıyla yırtılma mukavemeti hesaplanmıştır. Her yön için 5 numunenin ortalaması alınmıştır.

$$\text{Yırtılma Mukavemeti (grf)} = \frac{(\text{skalada okunan değer}) \cdot 64}{9.81} \quad (3.1)$$

3.2.3. Yapışma mukavemeti testi ASTM D 2724–07

Test yapılacak yönde 3 numune hazırlanmıştır. Numuneler kumaş kenarında minimum kumaş eninin 1/5'i kadar mesafeden alınmıştır. Test numunesi 76 mm eninde ve 152 mm uzunluğunda kesilmiştir. Kısa kenara paralel olarak 25 mm kumaş katları birbirinden ayrılmıştır. Kopma mukavemeti cihazının çeneler arası mesafesi 25 mm'dir. Ayrılan kumaş katlarından biri üst çeneye, diğeri alt çeneye yerleştirilerek makine 300 mm/dk hızla çalıştırılmıştır. Kumaş katları 100 mm ayrılıncaya kadar teste devam edilmiştir. Şekil 3.6'da test numunesi çizimi verilmiştir.



Şekil 3.6. Yapışma Mukavemeti Testi

3.2.4. Kumaşta elastikiyet ve kalıcı uzama (Growth)– ASTM D3107

Kumaş numunesi minimum 4 saat (% 65 RH \pm 2 21 \pm 1°C) kondisyonlanmıştır. Kumaştan alınan test numunelerinin, kumaş kenarından uzaklığı, kumaş eninin en az 1/10'u kadar olacak şekilde ayarlanmıştır. Numune kumaşlar (60 mm x 455 mm) olarak likra yönünde kesilmiştir. 60 mm'lik kenar 50 \pm 1 mm olacak şekilde sökülüştür. Numune bir tarafından kısa kenara paralel olacak ve kumaşın ön yüzü dışa gelecek şekilde 32 mm mesafede katlanmış ve katlama yerinden 10 mm mesafede dikilmiştir. Dikiş sonrası 30 dk. beklenecek, katlama yerinin merkezinden 10 mm derinliğinde çentik atılmıştır. Numune dikiş çizgisinden önce 60 mm daha sonra 250 mm ve tekrar 60 mm işaretlenmiş, dikiş yapılmayan kenarından elastikiyet test cihazının üst çenesine takılarak çene sabitlenmiştir. Numunenin katlı kenarından 1.36 kg'lık ağırlık bloğu takılmış fakat bu aşamada gerilim uygulanmamıştır. Ağırlık bloğu yavaş bir şekilde bırakılarak numune gerilmeye tabi tutulmuş ve tekrar havaya kaldırılmıştır. Bu indirme–kaldırma işlemi toplam 5 s sürdürülmüş (1+3+1 şeklinde) ve 3 kez tekrarlanmıştır. Dördüncü kez ağırlık serbest bırakılarak 30 dk askıda bekletilmiş ve 2 çizgi arası ölçülmüştür. Aşağıdaki formül ile elastikiyet hesaplanmıştır (Eşitlik 3.2):

$$\% \text{ Elastikiyet} = \frac{\text{Son Uzunluk} - \text{İlk Uzunluk}}{\text{İlk Uzunluk}} \cdot 100 \quad (3.2)$$

Eşitlik (3.2)'de yeralana son uzunluk, 1,36 kg ağırlıkla 30 dakika askıda bekletme sonrası elde edilen son uzunluğu belirtmektedir.

Daha sonra numune düz bir zeminde 2 saat bekletilerek iki çizgi arası tekrar ölçülmüştür. Kalıcı uzama aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Eşitlik 3.3):

% Kalıcı Uzama (*Growth*)

$$= \frac{\text{Sererek Bekletme Sonrası Son Uzunluk} - \text{İlk Uzunluk}}{\text{İlk Uzunluk}} \cdot 100 \quad (3.3)$$

Sererek Bekletme Sonrası Son Uzunluk' terimi, askıdan alındıktan sonra düz bir zeminde 2 saat bekletme sonrası numunenin geri döndüğü uzunluğu ifade etmektedir.

3.2.5. Kumaşta hava geçirgenliği

Örneklerin hava geçirgenlik değerleri “TS 391 EN ISO 9237: 1999 Tekstil–kumaşlarda hava geçirgenliğinin tayini” standardına göre, SDL Atlas dijital hava geçirgenliği test cihazında 120 cm² test başlığı kullanılarak ve kumaşlar için standartta ön görülen, yüksek gramajlı kumaşlar için 200 Pa basınç farkında ölçülmüştür. Her bir kumaş tipinden 3 ölçüm alınmıştır. Elde edilen sonuçların ortalamasının hesaplanarak mm/sn biriminde hava geçirgenliği değerleri bulunmuştur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. SDL Atlas Dijital hava geçirgenliği test cihazı

3.2.6. Kumaşta su geçirmezlik

Su geçirmezlik testi “TS 257 EN 20811: 1996 Tekstil Kumaşları–Su geçirmezlik tayini–Hidrostatik basınç deneyi” standardına göre yapılmıştır. İlk olarak standarda uygun test modu (dinamik) ve basınç birimi (mbar) seçilir. Cihazın test uygulama kısmına kumaş numunesi su ile arasında hava boşluğu kalmayacak şekilde yerleştirilir ve krank kolu çevrilip numune sıkıştırılır. Test başladıktan sonra kumaş yüzeyinde 3

su damlası görüldüğü zaman test bitirilerek, dijital ekranda çıkan sonuç kaydedilir. Her bir kumaş numunesi için 3 ayrı ölçüm yapılmıştır (Şekil 3.8).

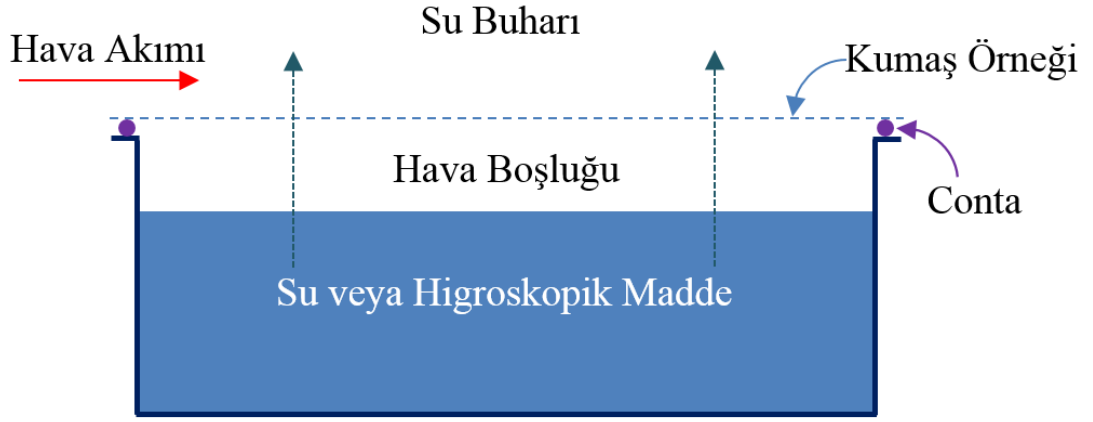


Şekil 3.8. SDL Atlas su geçirmezlik test cihazı

3.2.7. Kumaşta su buharı geçirgenliği

Kumaşta su buharı geçirgenliği testi ASTM E 96-80 standardına göre aşağıda şekli verilen (Şekil 3.9) düzenek yardımıyla yapılmıştır. Testi gerçekleştirmek için ilk olarak derinliği 20 mm olan dairesel petri kaplarına eşit miktarlarda (85 ± 5 g) ve 23°C sıcaklıkta saf su ilave edilmiştir. Daha sonra kabın üst kısmı test alanı haricinde hava almayacak şekilde analizi gerçekleştirilecek örnek ile kapatılmıştır. Test prosedürüne uygun olarak su ile kumaş arasında 16 mm'lik bir boşluk bırakılmıştır. Hazırlanan bu kaplar 22°C sıcaklıkta ve % 65 bağıl nem içeren atmosfer koşullarında 24 saat süreyle beklemeye bırakılmıştır. Su buharı transfer hızını tespit edebilmek amacıyla saatte bir ölçüm alınmıştır. Bekleme süresi sonunda ağırlık ölçümü yapılarak, kapta yer alan

suyun azalma miktarı bulunmuştur. Böylece, örneğin su buharı geçirgenliği $g/m^2/24$ saat biriminde tayin edilmiştir [25, 58].



Şekil 3.9. Su buharı geçirgenliği test düzeneği

3.2.8. Elektromanyetik kalkanlama etkinliği (EMSE) ölçümü

Elektromanyetik kalkanlama etkinliği (EMSE) ölçümleri ASTM D 4935'e göre gerçekleştirilmiş olup, düzeneğin şekli aşağıda verilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Elektromanyetik radyasyona karşı kalkanlama etkinliği (EMSE) ölçüm cihazı

3.2.9. Deney tasarımı

Deneysel tasarımı, kaplama/laminasyon işlemlerinde kullanılan yapıştırıcı miktarı bağımsız değişken ve kumaşın performans göstergeleri çıkış (bağımlı) değişkeni olmak üzere Design Expert–10 (trial) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Katkisız yapıştırma deneyleri için, yapıştırıcı miktarına ait değişim aralıkları (0–100 g/m²) yazılıma tanıtılmış ve deney planı çıkarılmıştır. Katkılı yapıştırma deneyleri için ise daha önceden elde edilen bilgi ve deneyimler ve cihazın kısıtları da göz önünde bulundurularak, yapıştırıcı için 0–70 g/m² ve toz miktarı için 0–2.10 g/m² aralığında deney planı oluşturulmuştur. Yazılımın önerdiği sayıda ve değişken değerlerinde deneyler yapılarak çıktılar üretilmiş ve böylece modeller önerilmiştir. Önerilen modellerin doğruluk derecesi varyans analizi (ANOVA) ile kontrol edilmiştir. Sonrasında, yapıştırıcı miktarının minimize edildiği ve performans değerlerinin de en iyilendiği çalışmalar yapılarak optimum sonuçlara ulaşılmıştır.

3.2.10. YSA ve EKK–DVM tasarımı

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen toplam verinin % 65'ine karşılık gelen veri seti model oluşturmada (eğitim verisi), geriye kalan % 35'lik kısım ise geliştirilen modellerin test edilmesinde kullanılmıştır. Verilerin % 65–% 35 ayrılması gelişigüzel ('*random*') yapılmıştır. Veriler [0–1] aralığında normalize edilerek bir ön işlem gerçekleştirilmiştir.

Modeller oluşturulurken girdi verileri olarak; likralı ve likrasız kumaş kodları ile hotmelt miktarları kullanılmıştır. Çıktı değişkenleri olarak, hava geçirgenliği, su buharı geçirgenliği ve yapışma mukavemeti parametreleri kullanılmıştır. YSA için 3 katmanlı ileri beslemeli, geri yayılım algoritması seçilmiştir. Girdi katmanı, ara katmanlar ve son katman için belirlenen en uygun nöron sayıları her bir model için aşağıdaki Çizelge 3.3'te verilmiştir. Gizli katman sayısı ile bu katmandaki nöron sayısı, öğrenmenin derecesi ve iterasyon sayısı deneme–yanılma ile tespit edilmiştir. Levenberg–Marquardt metodu öğrenme algoritması olarak tercih edilmiştir. Bu tercihte Levenberg–Marquardt algoritmasının hızlı yakınsama özelliğine sahip olması etkili olmuştur. YSA'nın eğitiminde hata kareleri ortalaması performans kriteri olarak alınmıştır.

Çizelge 3.3. YSA modellerinde kullanılan nöron sayıları ve aktivasyon fonksiyonu türleri

Model-Değişken	Ara katman Sayısı/Nöron sayısı	Aktivasyon fonksiyonu	Çıktı katmanı nöron sayısı	Aktivasyon fonksiyonu
Hava Geçirgenliği	9-3	Tanjant-sigmoid Logaritmik-sigmoid	1	Lineer
Su Buharı Geçirgenliği	9-3	Tanjant-sigmoid Logaritmik-sigmoid	1	Lineer
Yapışma Mukavemeti	9-3	Tanjant-sigmoid Logaritmik-sigmoid	1	Lineer

Ağın eğitimi için tanjant sigmoid ve logaritmik sigmoid tipi aktivasyon fonksiyonları seçilmiştir. Veriler [0-1] arasında normalize edilerek ağa tanıtıldığından modellerin vereceği sonuç değerleri de [0-1] arasında olmuştur. Verilerin gerçek değerlerini elde etmek için de-normalizasyon işlemi yapılmıştır. YSA modellerini geliştirmek için, Neural Network Toolbox [59] ve MATLAB paket programı kullanılmıştır. Her bir model için bir MATLAB script'i yazılarak, veriler MATLAB ortamına yüklenmiş, eğitim verileri yardımıyla modeller oluşturulmuş ve geliştirilen bu modeller, bağımsız test verileri ile değerlendirilerek modellerin geçerliliği sınanmıştır.

Çalışmada kullanılan transfer fonksiyonları, ara katmanda tanjant-sigmoid (*'tansig'*) ve logaritmik-sigmoid, çıktı katmanında lineer (*'purelin'*) kullanılmıştır.

Deneysel olarak elde edilen veriler; YSA modellemesine ek olarak, MATLAB ve LS-SVM (*Least Squares-Support Vector Machine* [60]) araç kutusu kullanılmış ve EKK-DVM yöntemiyle modellenmiştir. YSA ve EKK-DVM yöntemlerinin sağlıklı olarak kıyaslanabilmesi için, EKK-DVM yönteminde de daha önce gelişigüzel ayrılmış olan eğitim ve test verilerinin aynısı kullanılmıştır. Veri seti YSA modellemesinde olduğu yine normalize edilmiştir.

Katkı malzemesi olmadan yapılan laminasyon çalışmalarının YSA ve EKK-DVM yöntemlerine göre modellenmesi sonucunda YSA modellerinin genel olarak EKK-DVM modellerine göre daha iyi sonuçlar ürettiği görüldüğünden katkı malzemeli laminasyon/kaplama çalışmalarında ise YSA ile modelleme tercih edilmiştir. Katkı malzemeli laminasyon/kaplama çalışmaları sonucunda modelleme için kullanılan YSA yapısına ait bilgiler Çizelge 3.4'te özetlenmiştir.

Çizelge 3.4. YSA modellerinde kullanılan nöron sayıları ve aktivasyon fonksiyonu türleri

Model-Değişken	Ara katman Sayısı/Nöron sayısı	Aktivasyon Fonksiyonu	Çıktı katmanı nöron sayısı	Aktivasyon fonksiyonu
EMSE/Su buharı geçirgenliği/Hava Geçirgenliği/Kopma Mukavemeti/Yırtılma Mukavemeti/Elastisite	9 – 3	Tanjant-sigmoid Logaritmik-sigmoid	1	Lineer

Bu çalışmada kullanılan transfer fonksiyonları, ara katmanda tanjant-sigmoid (*'tansig'*) ve logaritmik-sigmoid (*'logsig'*), çıktı katmanında lineer (*'purelin'*) olarak belirlenmiştir.

3.2.11. Performans Fonksiyonları

Modellerin performansını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan üç istatistiksel yöntemle hesaplamalar yapılmıştır. Bu yöntemler, Korelasyon katsayısı (R), Mutlak Ortalama Hata Yüzdesi (MAPE, %) ve Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE) olarak sıralanabilir. Söz konusu hesaplamaların nasıl yapıldığı aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir. Eşitliklerde yer alan x_i deneysel değerleri, y_i ise model benzetimi sonucunda elde edilen değerleri temsil etmektedir. N, veri sayısıdır. \bar{x} , deneysel değerlerin ortalamasını, \bar{y} de benzetim sonucunda bulunan değerlerin ortalamasını göstermektedir (Eşitlik 3.4–3.6).

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}{N}} \quad (3.5)$$

$$MAPE (\%) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\left| \frac{y_i - x_i}{x_i} \right| \right) \cdot 100 \quad (3.6)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Katkı maddesi içermeyen kaplama/lamine kumaş numunelerine ait performans testlerinin sonuçları

Kaplama/laminasyon cihazı ve toz serpmeye ünitesi bir bütün olarak çalışır duruma getirildikten sonra deneysel çalışmalar başlatılmıştır. Deney tasarım planı, 0–100 g/m² yapıştırıcı miktarı limit değerlerine göre oluşturulmuş ve önerilen deneyler gerçekleştirilmiştir. İki adet likralı ve iki adet likrasız kumaş seçilmiş ve bu çiftler farklı tutkal miktarlarına göre kendi kategorilerinde lamine edilerek numune üretimleri sağlanmıştır.

Yapıştırıcı miktarları deney tasarımına göre 25–50–75 ve 100 g/m² olacak şekilde gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen ürüne ait kopma mukavemeti (kgf), yırtılma mukavemeti (grf) ve yapışma mukavemeti (kgf) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Her bir deney grubu için yeterli sayıda ölçüm yapılarak sonuç ulaşılmıştır. Ayrıca likralı kumaşlar için elastikiyet ölçümleri yapılarak tüm sonuçlar Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Likralı ve Likrasız Kumaşların Laminasyonu için ham ve lamine edilmiş kumaşların bir yıkama sonrası performans testlerinin grafikleri aşağıda verilmiştir. Burada L1 ve L2 sırasıyla likralı kumaş–1 ve likralı kumaş–2’yi gösterirken LZ1 ve LZ2 kumaşları sırasıyla likrasız kumaş–1 ve likrasız kumaş–2’yi göstermektedir. L1–L2, likralı 1 ve 2. kumaşların laminasyonu sonucu elde edilen ürün kumaşı, ve LZ1–LZ2 ise likrasız 1. ve 2. kumaşların laminasyonu sonucu elde edilen ürün kumaşı göstermektedir.

Laminasyon sonrası elde edilen kumaşlara ait görüntüler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Laminasyon sonrası kumaş örnekleri-1



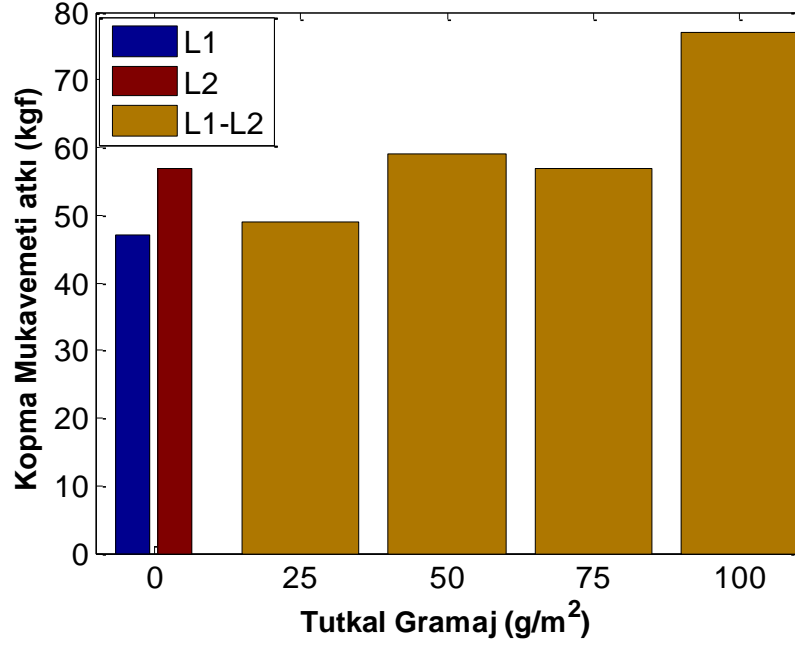
Şekil 4.2. Laminasyon sonrası kumaş örnekleri-2

Çizelge 4.1. Laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası fiziksel performans testleri

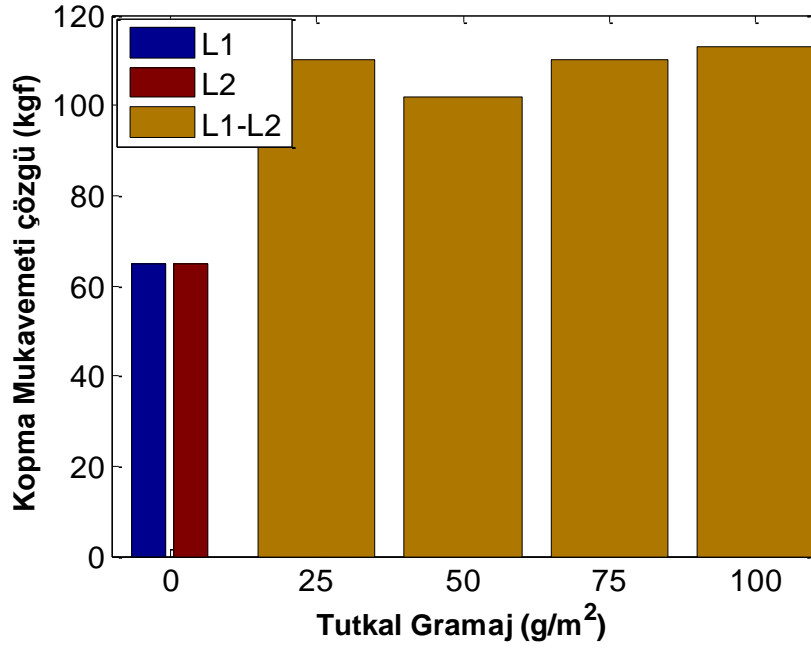
Kumaş Türü	Tip No/ Tutkal miktarı (g/m ²)		Elastisite(%) 1,36 kg	Kopma Mukavemeti (kgf)		Yırtılma Mukavemeti (grf)		Yapışma Mukavemeti (kgf)
				Atkı	Çözgü	Atkı	Çözgü	
L1	7122L315	Mamül	74	48	63	4567	6524	
		Yıkanmış	86.6	47	65	4567	6524	
L2	7125E014	Mamül	58.6	57	64	3653	6067	
		Yıkanmış	66.6	57	65	3653	6133	
L1-L2	25g/m ²	Mamül	35.3	43	105	6393	6524	
		Yıkanmış	43.3	49	110	6524	6524	3.336
L1-L2	50 g/m ²	Mamül	20.6	53	105	6524	6524	
		Yıkanmış	24.6	59	102	6524	6524	12.88
L1-L2	75 g/m ²	Mamül	8.7	59	105	6524	5806	
		Yıkanmış	16	57	110	6524	6198	15.141
L1-L2	100 g/m ²	Mamül	11.3	57	105	6524	5611	
		Yıkanmış	13.3	77	113	6524	5545	18.892
LZ1	7364BRC2	Mamül		63	25	3066	2022	
		Yıkanmış		64	24	3197	1892	
LZ2	7371R341	Mamül		69	29	5219	2610	
		Yıkanmış		67	26	4567	2610	
LZ1-LZ2	21 g/m ²	Mamül		97	59	6133	3327	
		Yıkanmış		95	55	5545	3588	4.715
LZ1-LZ2	23,6 g/m ²	Mamül		95	55	5872	3523	
		Yıkanmış		110	59	6263	3262	5.56
LZ1-LZ2	50 g/m ²	Mamül		107	61	4241	2283	
		Yıkanmış		102	64	4893	3131	11.673
LZ1-LZ2	75 g/m ²	Mamül		100	67	3914	2936	
		Yıkanmış		110	64	4175	2871	Açılmadı
LZ1-LZ2	100 g/m ²	Mamül		115	64	3653	1631	
		Yıkanmış		112	69	3653	2022	Açılmadı

L: likralı; LZ: Likrasız; L1-L2: Lamine edilmiş likralı; LZ1-LZ2: Lamine edilmiş likrasız

Kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, yapışma mukavemeti, likralı kumaşlar için elastikiyet test sonuçları Şekil 4.3-Şekil 4.7 arasında verilmiştir. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'ten görüleceği üzere likralı kumaşların atkı ve çözgü yönlerinde kopma mukavemeti, tutkal miktarının artışı ile genel bir artış trendi göstermiştir ki bu beklenen bir durumdur.

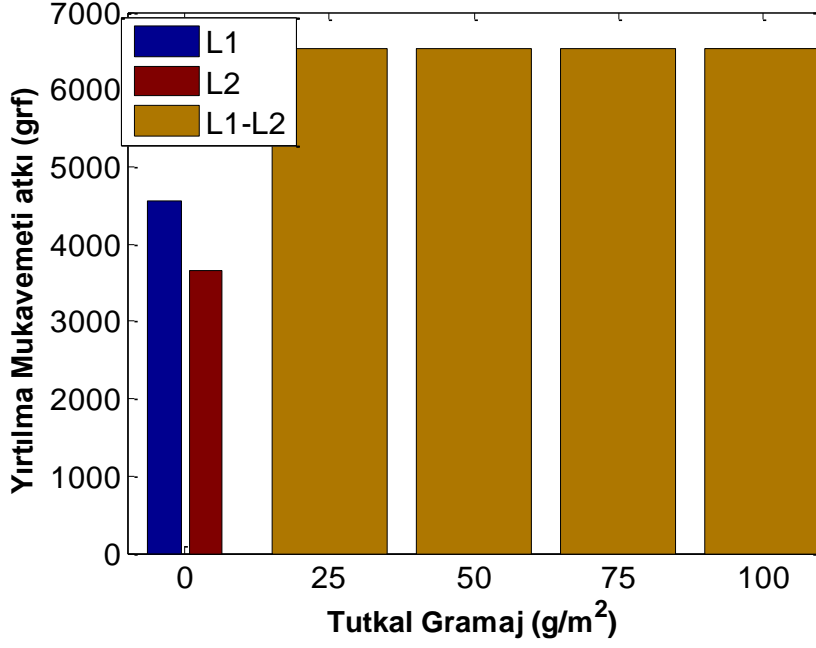


Şekil 4.3. Tutkal miktarına göre atkı yönünde kopma mukavemeti değişimi (likralı)



Şekil 4.4. Tutkal miktarına göre çözgü yönünde kopma mukavemeti değişimi (likralı)

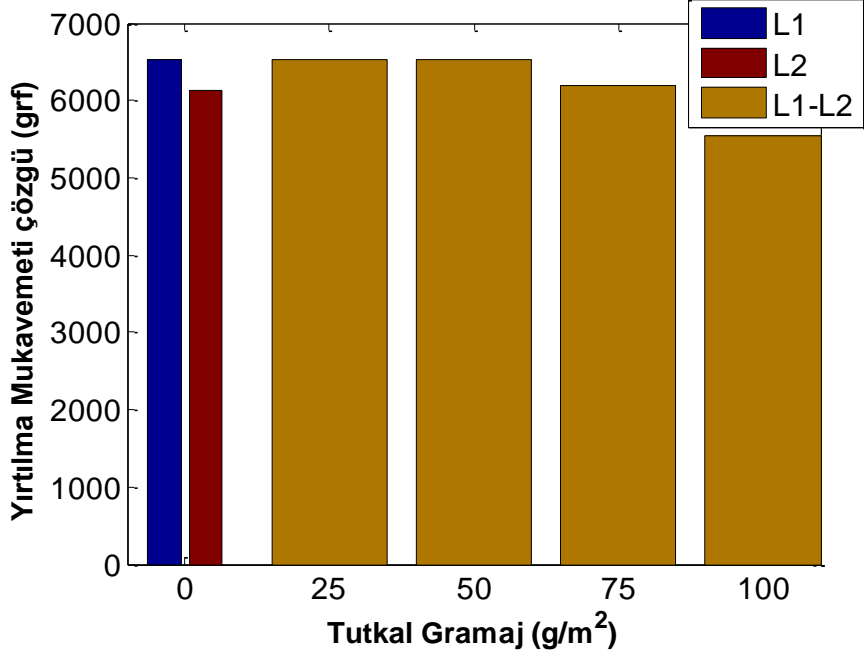
Yırtılma mukavemeti test sonuçlarına göre işlem görmüş kumaş, ham kumaşlara göre atkı yönünde mukavemet artışı göstermiştir. Tutkal miktarının artması mukavemet üzerinde etki sağlamamıştır (Şekil 4.5).



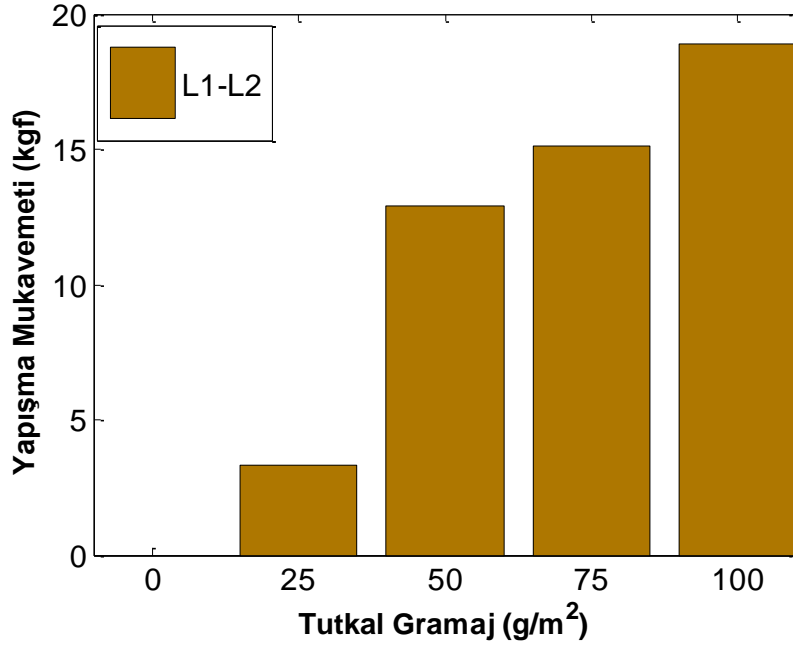
Şekil 4.5. Tutkal miktarına göre atkı yönünde yırtılma mukavemeti değişimi (likralı)

Şekil 4.6’da likralı kumaşlar için çözgü yönünde yırtılma mukavemeti test sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlara göre tutkal miktarının 50 g/m² değerinden sonra mukavemette bir azalış trendi tespit edilmiştir. Bu durum, artan tutkal gramajı sonucu ipliklerin yırtılma mukavemeti testinde uygulanan kuvvet etkisi altında bireysel kopuşlarının daha fazla engellenmesi ile açıklanabilmektedir.

Likralı kumaşların laminasyon sonrası elde edilen yapışma mukavemeti sonuçları Şekil 4.7’de verilmiştir. Tutkal miktarının 25 g/m² değerinden 50 g/m² değerine kadar önemli bir artış gösteren yapışma mukavemeti 75 g/m² ve 100 g/m² tutkal miktarları için daha düşük eğimde artışa devam etmiştir. Tutkal miktarının artması ile yapışma mukavemetinde artış olması yine beklenen bir durumdur. Literatürde bu çalışmada kullanılan kumaşların özellikleriyle birebir örtüşen kumaşlarla yapılmış çalışmalara rastlanılmadığından bir karşılaştırma yapılamamıştır.

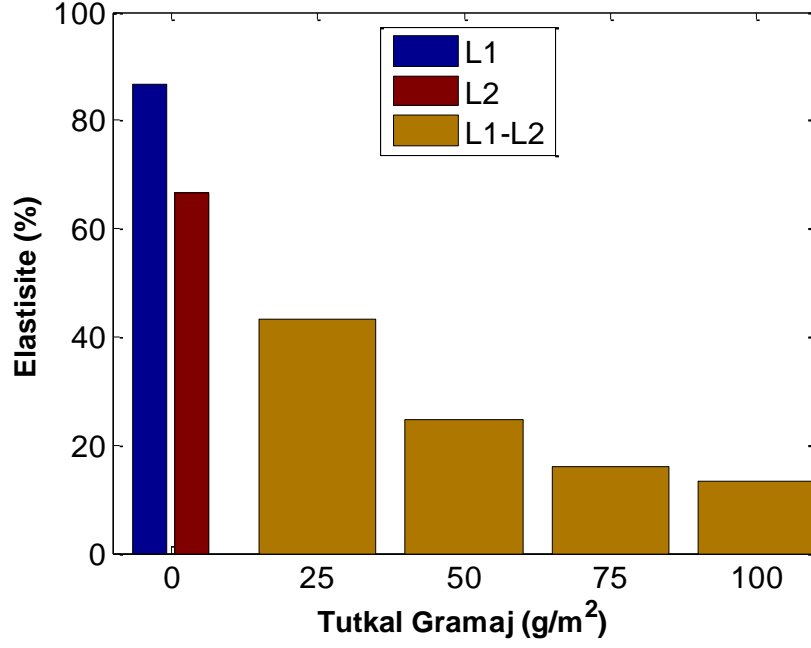


Şekil 4.6. Tutkal miktarına göre çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değişimi (likralı)



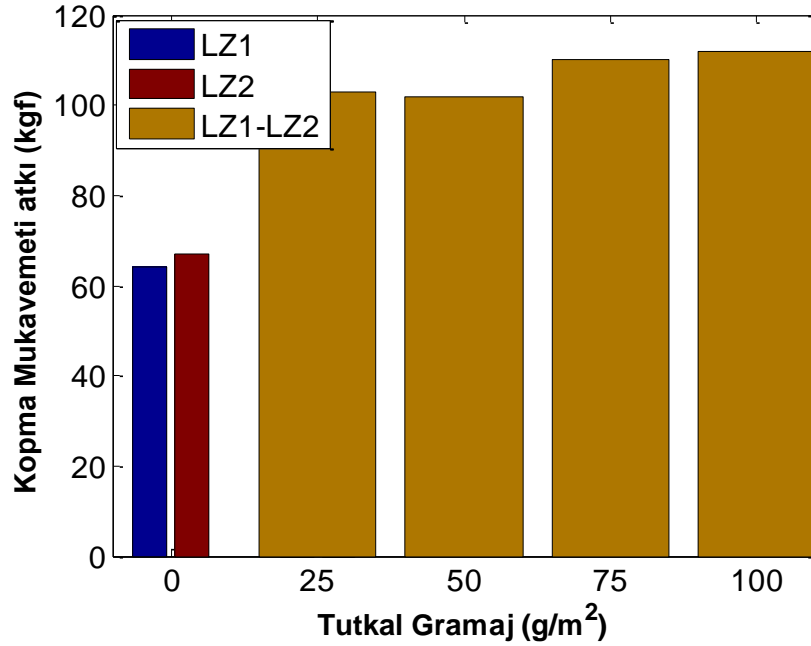
Şekil 4.7. Tutkal miktarına göre yapışma mukavemeti değişimi (likralı)

Likralı kumaşlar için elastikiyet önemli bir parametredir. Laminasyonun ve dolayısıyla tutkal miktarı artışının elastikiyeti düşürmesi beklenmekte olup bu durum Şekil 4.8'de görülmektedir.

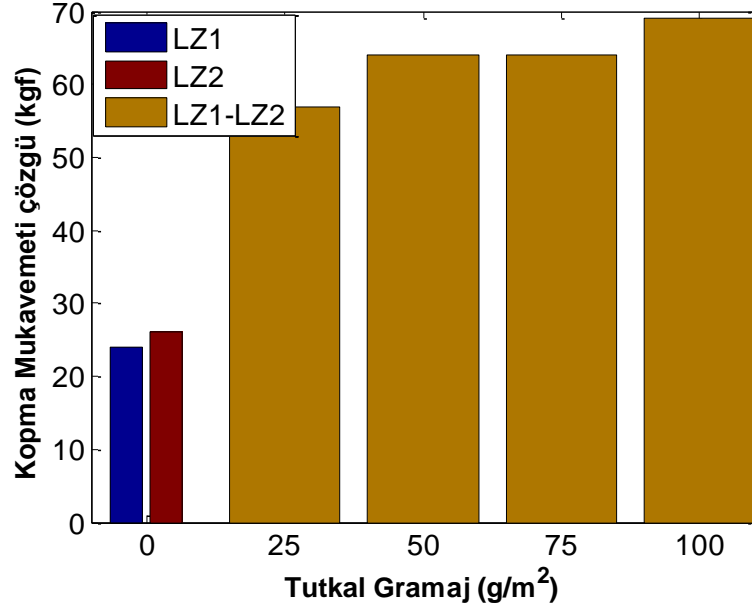


Şekil 4.8. Tutkal miktarına göre % elastikiyet değişimi (likralı)

Likrasız kumaşların laminasyonuna ait kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve yapışma mukavemeti test sonuçları grafiksel olarak Şekil 4.9–4.13’te verilmiştir. Laminasyon sonrası atkı ve çözgü yönlerinde kopma mukavemetinde artışlar olduğu ilgili şekillerden anlaşılmaktadır (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10).

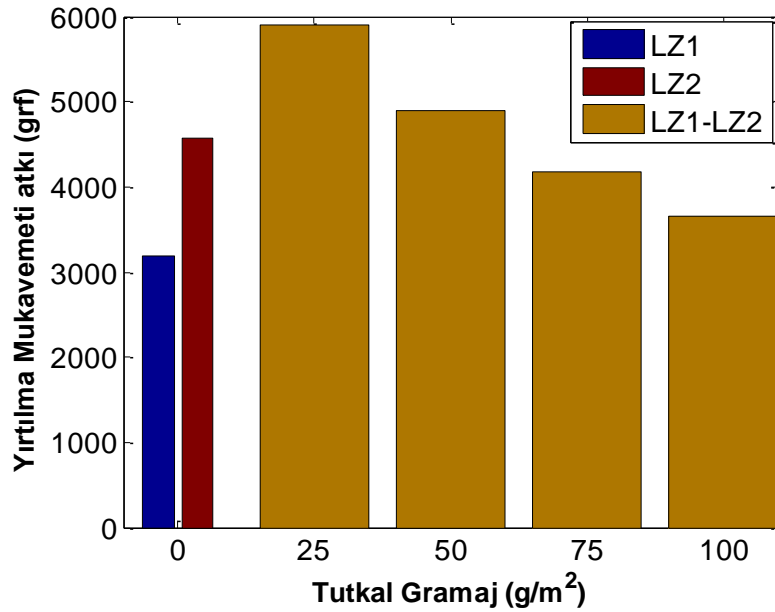


Şekil 4.9. Tutkal miktarına göre atkı yönünde kopma mukavemeti değişimi (likrasız)

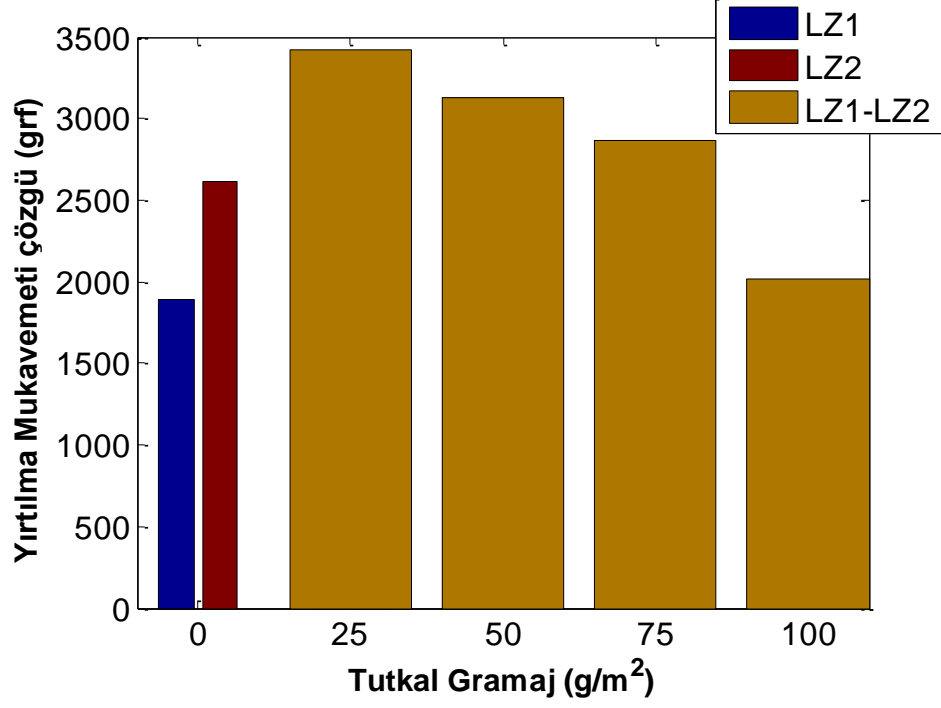


Şekil 4.10. Tutkal miktarına göre çözgü yönünde kopma mukavemeti değişimi (likrasız)

Yırtılma mukavemeti test sonuçları incelendiğinde 25 g/m² tutkal miktarı için maksimum değer elde edilmiş ve artan tutkal miktarı ile hem atkı hem de çözgü yönlerinde yırtılma mukavemetinde azalma olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Artan tutkal miktarı, ipliklerin bireysel hareketi ve kopuşlarını azaltmakta ve bunun neticesinde yırtılma mukavemeti testlerinde daha düşük mukavemet değerleri (daha kısa yırtılma süresi) gözlemlenmektedir.

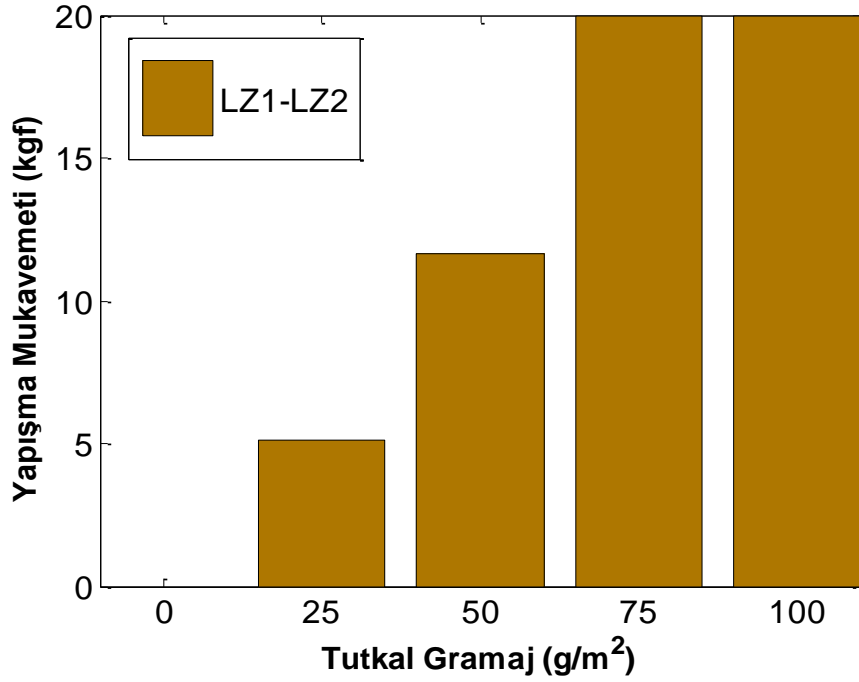


Şekil 4.11. Tutkal miktarına göre atkı yönünde yırtılma mukavemeti değişimi (likrasız)



Şekil 4.12. Tutkal miktarına göre çözgü yönünde yırtılma mukavemeti değişimi (likrasız)

Şekil 4.13'te likralı kumaşta olduğu gibi likrasız kumaş laminasyonu sonrasında yapışma mukavemetinin artan tutkal miktarı ile artış gösterdiği görülmektedir. 75 g/m² ve 100 g/m² tutkal miktarı için yapışma mukavemetinin >20 kgf olduğu söylenebilir.



Şekil 4.13. Tutkal miktarına göre yapışma mukavemeti değişimi (likrasız)

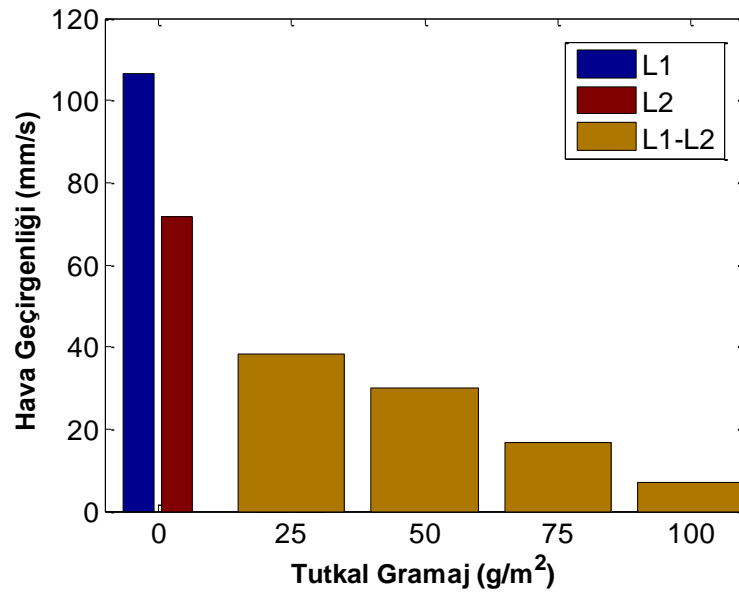
Likralı ve Likrasız ham kumaşlar ve lamine kumaşlara ait hava geçirgenliği ölçüm sonuçları sırasıyla Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Likralı kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası hava geçirgenliği test sonuçları

Hava Geçirgenliği (mm/s)	L1	L2	L1-L2 (25 g/m ²)	L1-L2 (50 g/m ²)	L1-L2 (75 g/m ²)	L1-L2 (100 g/m ²)
1	105.8545	70.8475	38.0076	29.6726	15.68647	6.78469
2	106.688	72.6812	37.3408	31.0062	16.67	7.18477
3	107.0214	71.681	39.0078	29.,8393	18.1703	7.11809
Ortalama	106.5213	71.7366	38.1187	30.1727	16.8423	7.0292
S.Sapma	0.4908	0.7496	0.6851	0.5933	1.0213	0.17501
CV	0.4607	1.0450	1.7972	1.9663	6.06340	2.4898

L: Likralı, L1-L2: Lamine edilmiş likralı

Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları ortalama değerlere göre tutkal miktarına karşılık grafiğe geçirildiğinde, tutkal miktarı artışıyla bu parametrede azalış trendi olduğu görülmektedir (Şekil 4.14). Soğuk ve rüzgarlı ortamlarda giyilen kıyafetler için rüzgar ve hava geçirgenliğinin 0 mm/s'ye yakın olması konfor değerlendirmesinde baz alınmaktadır.



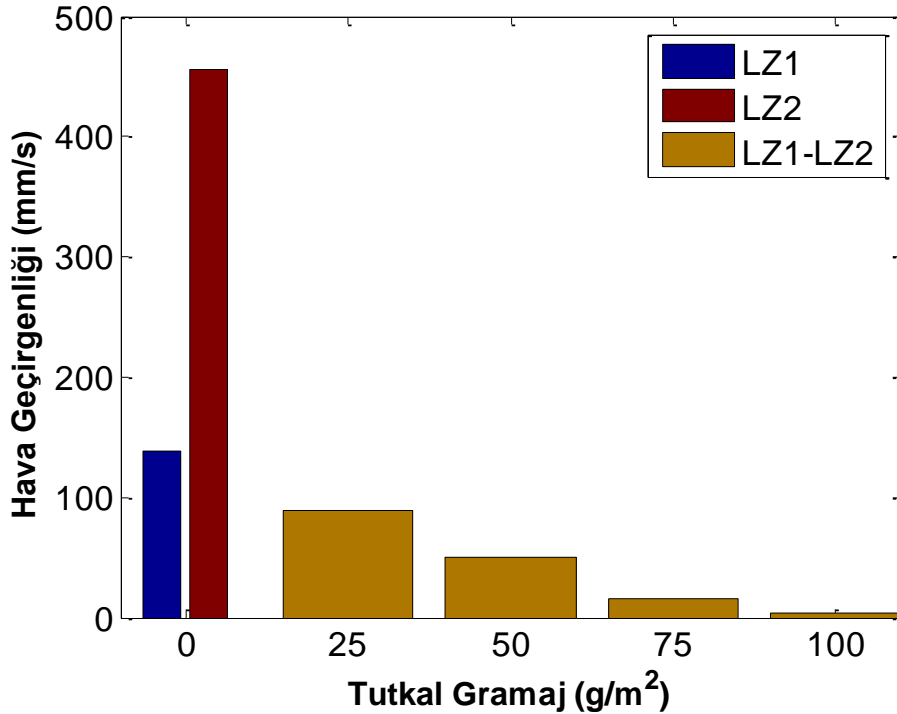
Şekil 4.14. Tutkal miktarına göre hava geçirgenliği değişimi (likralı)

Çizelge 4.3. Likrasız kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası hava geçirgenliği test sonuçları

Hava Geçirgenliği (mm/s)	LZ1	LZ2	LZ1-LZ2 (25 g/m ²)	LZ1-LZ2 (50 g/m ²)	LZ1-LZ2 (75 g/m ²)	LZ1-LZ2 (100 g/m ²)
1	138.5277	438.421	88.8	48.6	14.9	4.45
2	139.1945	460.092	89.8	49.3	16.6	3.81
3	139.5279	468.427	87.1	51.6	14.1	3.59
Ortalama	139.0834	455.6467	88.5667	49.8333	15.2	3.95
S.Sapma	0.4158	12.6468	1.2716	1.2815	1.0424	0.3648
CV	0.2990	2.7756	1.3936	2.5716	6.85818	9.2350

L: Likralı, L1-L2: Lamine edilmiş likralı

Şekil 4.15'te likrasız kumaşlar ve laminasyon sonrası elde edilen kumaşlara ait hava geçirgenliği ölçüm sonuçları görülmektedir. Tutkal miktarının artışı hava geçirgenliğinin azalmasına sebep olmuş ve 100 g/m² tutkal miktarı için önemli ölçüde düşüş sağlanmıştır.



Şekil 4.15. Tutkal miktarına göre hava geçirgenliği değişimi (likrasız)

Su geçirmezlik testlerinin sonuçları likrasız ve likralı kumaşlar için sırasıyla Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'te verilmiştir. Membran laminasyonu yapılmadığı için bu testin önemli bir gösterge olduğu düşünülmemekle birlikte laminasyon işlemi sonrasında ve tutkal miktarının artışıyla su geçirmezlik değerlerinde genel bir artış eğilimi olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Likrasız kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası su geçirmezlik test sonuçları

Su Geçirmezlik (mbar)	LZ1	LZ2	LZ1-LZ2 (25 g/m ²)	LZ1-LZ2 (50 g/m ²)	LZ1-LZ2 (75 g/m ²)	LZ1-LZ2 (100 g/m ²)
1	14.2	5	16.5	20.2	20.4	24.9
2	13.6	7.6	15.8	19.7	18.7	23.7
3	11.6	7.7	19	18.9	20.2	21
Ortalama	13.133	6.767	17.1	19.6	19.767	23.2

L: Likralı, L1-L2: Lamine edilmiş likralı

Çizelge 4.5. Likralı kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası su geçirmezlik test sonuçları

Su Geçirmezlik (mbar)	L1	L2	L1-L2 (25 g/m ²)	L1-L2 (50 g/m ²)	L1-L2 (75 g/m ²)	L1-L2 (100 g/m ²)
1	Direkt ıslanıyor ölçüm yapılamadı	Direkt ıslanıyor ölçüm yapılamadı	Direkt ıslanıyor ölçüm yapılamadı	4	6	6.5
2				2.1	5.5	4.9
3				1.5	4.4	5.9
Ortalama				2.533	5.3	5.767

L: Likralı, L1-L2: Lamine edilmiş likralı

Likralı ve Likrasız ham kumaşlar ve lamine kumaşlara ait su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları sırasıyla Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'de sunulmuştur. Çizelgede yer alan su buharı geçirgenliği değerleri g/m²/gün cinsindedir. Tutkal miktarı 0 ile 100 g/m² arasında değiştirilerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.6. Likralı kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası su buharı geçirgenliği test sonuçları

Su Buharı Geçirgenliği (g/m ² /gün)	L1	L2	L1-L2 (25 g/m ²)	L1-L2 (50 g/m ²)	L1-L2 (75 g/m ²)	L1-L2 (100 g/m ²)
Ortalama	983.04	948.0	917.088	721.056	553.152	276

L: Likralı, L1-L2: Lamine edilmiş likralı

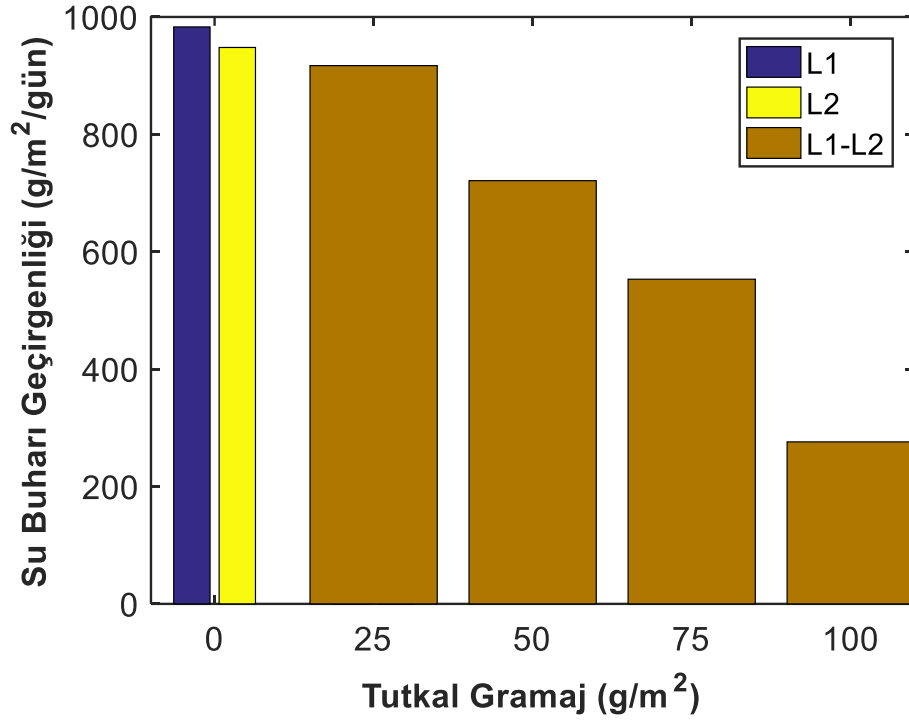
Su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları ortalama değerlere göre tutkal miktarına karşılık grafiğe geçirildiğinde, likralı kumaş laminasyonu için tutkal miktarı artışıyla bu parametrede azalış trendi olduğu görülmektedir (Şekil 4.16).

Çizelge 4.7. Likrasız kumaşlar için laminasyon işleminde kullanılan kumaş türleri ve laminasyon sonrası su buharı geçirgenliği test sonuçları

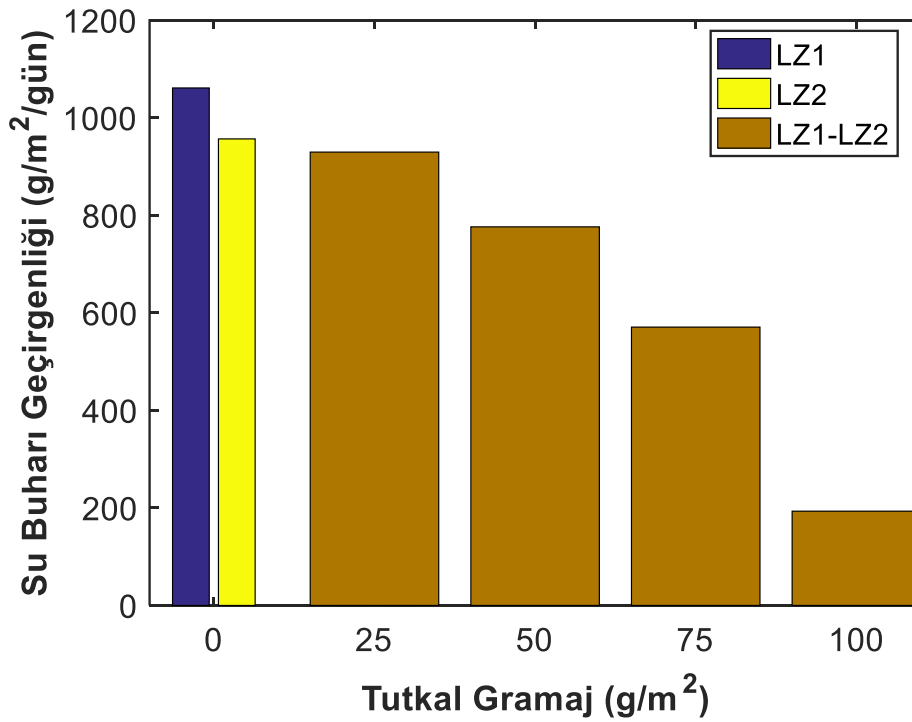
Su Buharı Geçirgenliği (g/m ² /gün)	LZ1	LZ2	LZ1-LZ2 (25 g/m ²)	LZ1-LZ2 (50 g/m ²)	LZ1-LZ2 (75 g/m ²)	LZ1-LZ2 (100 g/m ²)
Ortalama	1061.184	956.736	929.664	776.448	570.816	193.344

L: Likralı, L1-L2: Lamine edilmiş likralı

Şekil 4.17’de likrasız kumaşlar ve laminasyon sonrası elde edilen kumaşlara ait su buharı geçirgenliği ölçüm sonuçları görülmektedir. Tutkal miktarının artışı su buharı geçirgenliğinin azalmasına sebep olmuş ve 100 g/m² tutkal miktarı için su buharı geçirgenliğinde önemli ölçüde düşüş olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.16. Tutkal miktarına göre su buharı geçirgenliği değişimi (likralı)



Şekil 4.17. Tutkal miktarına göre su buharı geçirgenliği değişimi (likrasız)

4.1.1. Deney optimizasyonu ve modelleme sonuçları

Bu kapsamda laminasyon sonrası önemli görülen değişkenler için optimum koşulların belirlenmesi ve model geliştirilmesi çalışmaları yapılmıştır. Likralı kumaş laminasyonu elastikiyet parametresine ait ANOVA test sonuçları Çizelge 4.8’de, hava geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Likralı kumaş laminasyonu elastikiyet parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	5032.09	1495.55	<0.0001	Önemli
A	4371.12	2598.22	<0.0001	
A ²	660.96	392.88	<0.0001	
Artık	8.41			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 1495.5 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 1.30, regresyon katsayısı (R²), 0.9983 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9977 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden elastikiyet aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.1).

$$\text{Elastikiyet} = +76.11373 - 1.43792 \cdot x + 8.14588 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 \quad (4.1)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right)$

Çizelge 4.9. Likralı kumaş laminasyonu hava geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	7477.01	78.45	0.0002	Önemli
A	6792.94	142.55	<0.0001	
A ²	684.07	14.36	0.0128	
Artık	238.26			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 78.45 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür.

Standart sapma, 6.90, regresyon katsayısı (R^2), 0.9691 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9568 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden hava geçirgenliği aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.2).

$$\text{Hava Geçirgenliği} = 86.36963 - 1.60576 \cdot x + 8.28706 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 \quad (4.2)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

Likralı kumaş laminasyonu su geçirmezlik parametresine ait ANOVA test sonuçları Çizelge 4.10'da, yapışma mukavemeti parametresine ait ANOVA test sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Likralı kumaş laminasyonu su geçirmezlik parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	44.89	43.21	0.0007	Önemli
A	44.70	86.08	0.0002	
A ²	0.18	0.35	0.5789	
Artık	2.60			

Etkin parametrenin prob>F değerlerine göre, tutkal miktarı (A) olduğu görülmektedir. Modelin F-değeri 43.21 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinden ilkinin (A) önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 0.72, regresyon katsayısı (R^2), 0.9453 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9234 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden su geçirmezlik ifadesi Eşitlik 4.3'te verilmiştir.

$$\text{Su Geçirmezlik} = -0.26623 + 0.049495 \cdot x + 1.35425 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 \quad (4.3)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

Çizelge 4.11. Likralı kumaş laminasyonu yapışma mukavemeti parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	432.86	88.75	0.0001	Önemli
A	424.11	173.92	<0.0001	
A ²	8.75	3.59	0.1168	
Artık	12.19			

Etkin parametrenin prob>F değerlerine göre, tutkal miktarı (A) olduğu görülmektedir. Modelin F-değeri 88.75 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinden ilkinin (A) önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 1.56, regresyon katsayısı (R^2), 0.9726 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9616 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yapışma mukavemeti Eşitlik 4.4'te verilmiştir.

$$\text{Yapışma Mukavemeti} = -0.48039 + 0.28787 \cdot x - 9.37051 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 \quad (4.4)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

Likrasız kumaş laminasyonu kapsamında yapışma mukavemeti ve hava geçirgenliği parametreleri için ANOVA test sonuçları ve modeller aşağıda sunulmuştur (Çizelge 4.12, Çizelge 4.13).

Çizelge 4.12. Likrasız kumaş laminasyonu yapışma mukavemeti parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	503.72	107.81	<0.0001	Önemli
A	495.50	212.09	<0.0001	
A ²	8.22	3.52	0.1195	
Artık	11.68			

Etkin parametrenin prob>F değerlerine göre, tutkal miktarı (A) olduğu görülmektedir. Modelin F-değeri 107.81 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinden ilkinin (A) önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 1.53, regresyon katsayısı (R^2), 0.9773 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9683 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yapışma mukavemeti Eşitlik 4.4'te verilmiştir.

$$\text{Yapışma Mukavemeti} = -0.37371 + 0.30071 \cdot x - 9.08455 \cdot 10^{-4} \cdot x^2 \quad (4.5)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

Çizelge 4.13. Likrasız kumaş laminasyonu hava geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	1.056x10 ⁵	86.21	0.0001	Önemli
A	86393.09	141.00	<0.0001	
A ²	19251.07	31.42	0.0025	
Artık	3063.49			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 86.21 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 24.75, regresyon katsayısı (R²), 0.9718 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9605 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden hava geçirgenliği aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.6).

$$\text{Hava Gecirgenligi} = 287.39987 - 7.16737 \cdot x + 0.043962 \cdot x^2 \quad (4.6)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right)$

Likrasız kumaş laminasyonu kapsamında su geçirmezlik parametresi için ANOVA test sonuçları ve modeller aşağıda sunulmuştur (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Likrasız kumaş laminasyonu su geçirmezlik parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	185.23	64.54	0.0003	Önemli
A	172.15	119.97	0.0001	
A ²	13.07	9.11	0.0295	
Artık	7.18			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 64.54 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 1.20, regresyon katsayısı (R²), 0.9627 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9478 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden su geçirmezlik aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.7).

$$\text{Su Geçirmezlik} = 10.35763 + 0.23827 \cdot x - 1.14562 \cdot 10^{-3} \cdot x \quad (4.7)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

Likralı kumaş laminasyonu kapsamında su buharı geçirgenliği parametresi için ANOVA test sonuçları ve modeller aşağıda sunulmuştur (Çizelge 4.15)

Çizelge 4.15. Likralı kumaş laminasyonu su buharı geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	5.840x10 ⁵	829.04	< 0.0001	Önemli
A	5.661x10 ⁵	1607.20	< 0.0001	
A ²	17916.92	50.87	0.0008	
Artık	1761.08			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F-değeri 829.04 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 18.77, regresyon katsayısı (R²), 0.9970 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9958 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden su geçirmezlik aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.8).

$$\text{Su Buharı Geçirgenliği} = 987.09498 - 2.85242 \cdot x - 0.042411 \cdot x^2 \quad (4.8)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

Likrasız kumaş laminasyonu kapsamında su buharı geçirgenliği parametresi için ANOVA test sonuçları ve modeller aşağıda sunulmuştur (Çizelge 4.16)

Çizelge 4.16. Likrasız kumaş laminasyonu su buharı geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	7.955x10 ⁵	288.84	< 0.0001	Önemli
A	7.395x10 ⁵	536.99	< 0.0001	
A ²	56037.73	40.69	0.0014	
Artık	6885.43			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A) ve tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 159.01 olup, model önemlidir. A ve A² için "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 37.11, regresyon katsayısı (R²), 0.9914 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9880 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden su buharı geçirgenliği aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.9).

$$\text{Su Buharı Gecirgenligi} = 1008.97129 - 0.60702 \cdot x - 0.075005 \cdot x^2 \quad (4.9)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right)$

Ayrıca, kopma mukavemeti modelleme çalışmalarının sonuçları likralı kumaş çalışmaları atkı ve çözgü yönleri için sırasıyla Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18, likrasız kumaş çalışmaları atkı ve çözgü yönleri için sırasıyla Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Likralı kumaş laminasyonu kopma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	760.25	24.60	0.0026	Önemli
A	648.00	41.94	0.0013	
A ²	112.25	7.26	0.0430	
Artık	77.25			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 24.60 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 3.93, regresyon katsayısı (R²), 0.9078 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.8709 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden kopma mukavemetini tutkal miktarına bağlayan model aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.10).

Kopma Mukavemeti (atkı) =

$$51.92157 - 0.095686 \cdot x + 3.35686 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 \quad (4.10)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right)$

Çizelge 4.18. Likralı kumaş laminasyonu kopma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	2787.18	23.40	0.0054	Önemli
A	17.86	0.45	0.5392	
A ²	483.18	12.17	0.0252	
A ³	256.00	6.45		
Artık	158.82			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) ve tutkal miktarının kübü (A³) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 23.40 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 6.30, regresyon katsayısı (R²), 0.9461 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9057 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden kopma mukavemetini tutkal miktarına bağlayan model aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.11).

Kopma Mukavemeti (çözgü) =

$$65.88 + 2.4565 \cdot x - 0.04537 \cdot x^2 + 2.56 \cdot 10^{-4} \cdot x^3 \quad (4.11)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

Çizelge 4.19. Likrasız kumaş laminasyonu kopma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	2420.53	15.10	0.0076	Önemli
A	1922.00	23.97	0.0045	
A ²	498.53	6.22	0.0549	
Artık	400.84			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 15.10 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 8.95, regresyon katsayısı (R²), 0.8579 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.8011 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden kopma mukavemetini tutkal miktarına bağlayan model aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.12).

$$\text{Kopma Mukavemeti (atki)} = 68.971 + 1.121 \cdot x - 7.075 \cdot 10^{-3} \cdot x^2 \quad (4.12)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right)$

Çizelge 4.20. Likrasız kumaş laminasyonu kopma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	2447.03	848.97	< 0.0001	Önemli
A	0.12	0.13	0.7375	
A ²	498.53	518.88	< 0.0001	
A ³	128.44	133.69		
Artık	3.84			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) ve tutkal miktarının kübü (A³) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 848.97 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 0.98, regresyon katsayısı (R²), 0.9984 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9973 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden kopma mukavemetini tutkal miktarına bağlayan model aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.13).

Kopma Mukavemeti (çözgü) =

$$25.137 + 2.054 \cdot x - 0.0343 \cdot x^2 + 1.813 \cdot 10^{-4} \cdot x^3 \quad (4.13)$$

Yırtılma mukavemeti modelleme çalışmalarının sonuçları likralı kumaş çalışmaları atkı ve çözgü yönleri için sırasıyla Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de, likrasız kumaş çalışmaları atkı ve çözgü yönleri için sırasıyla Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24’te verilmiştir.

Çizelge 4.21. Likralı kumaş laminasyonu yırtılma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	8.627x10 ⁶	100.67	0.0003	Önemli
A	45173.61	1.58	0.2770	
A ²	2.799x10 ⁶	98.00	0.0006	
A ³	6.475 x10 ⁵	22.67		
Artık	1.143 x10 ⁵			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) ve tutkal miktarının kübü (A³) olduğu görülmektedir. Modelin F-değeri 100.67 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 169.01, regresyon katsayısı (R²), 0.9869 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.8771 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yırtılma mukavemetini(atkı) tutkal miktarına bağlayan model aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.14).

Yırtılma Mukavemeti (atkı) =

$$4133.667 + 141.43 \cdot x - 2.46 \cdot x^2 + 0.012875 \cdot x^3 \quad (4.14)$$

Çizelge 4.22. Likralı kumaş laminasyonu yırtılma mukavemeti-çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	1.205x10 ⁶	4885.29	< 0.0001	Önemli
A	25804.65	313.90	< 0.0001	
A²	5.378 x10 ⁵	6542.09	< 0.0001	
A³	1921.36	23.37	0.0084	
Artık	328.83			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) ve tutkal miktarının kübü (A³) olduğu görülmektedir. Modelin F-değeri 4885.29 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 9.07, regresyon katsayısı (R²), 0.9997 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9995 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yırtılma mukavemetini(çözgü) tutkal miktarına bağlayan model aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.15).

Yırtılma Mukavemeti (çözgü) =

$$6327.23 + 11.894 \cdot x - 0.127 \cdot x^2 - 7.013 \cdot 10^{-4} \cdot x^3 \quad (4.15)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

Çizelge 4.23. Likrasız kumaş laminasyonu yırtılma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	5.196x10 ⁶	14.97	0.0122	Önemli
A	2.104x10 ⁶	18.18	0.0130	
A ²	2.964x10 ⁶	25.61	0.0072	
A ³	1.731x10 ⁶	14.96		
Artık	4.629 x10 ⁵			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) ve tutkal miktarının kübü (A³) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 14.97 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 340.20, regresyon katsayısı (R²), 0.9182 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.8568 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yırtılma mukavemetini(atkı) tutkal miktarına bağlayan model aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.16).

Yırtılma Mukavemeti (atkı) =

$$3929.637 + 157.51 \cdot x - 3.703 \cdot x^2 + 0.02105 \cdot x^3 \quad (4.16)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right)$

Çizelge 4.24. Likrasız kumaş laminasyonu yırtılma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	1.908x10 ⁶	62.35	0.0003	Önemli
A	94902.72	6.20	0.0551	
A ²	1.813 x10 ⁵	118.49	0.0001	
Artık	76522.48			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre tutkal miktarı (A), tutkal miktarının karesi (A²) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 62.35 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 123.71, regresyon katsayısı (R²), 0.9614 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.9460 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yırtılma mukavemetini(çözgü) tutkal miktarına bağlayan model aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Eşitlik 4.17).

$$\text{Yırtılma Mukavemeti (çözgü)} = 2296.163 + 39.764 \cdot x - 0.427 \cdot x^2 \quad (4.17)$$

A, x: tutkal miktarı $\left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2}\right)$

Tüm bu deneysel çalışmaların sonuçları değerlendirilerek yüksek performans sağlayabilecek lamine kumaş eldesi için optimizasyon çalışmaları Design Expert yazılımından yararlanılarak tespit edilmiştir.

Likralı kumaş laminasyonu için tüm parametrelerin maksimize edildiği ve hotmelt miktarının minimize edildiği durumda optimum sonuçlar bulunmuş ve Çizelge 4.25'te verilmiştir. Optimizasyon sonucu Design Expert yazılımı aracılığıyla önerilen 4 deney için de uygulama parametre değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.25. Likralı kumaş laminasyonu optimizasyon sonuçları

Sıra	Hot Melt Miktarı	Elastikiyet	Kopma Mukavemeti (atki)	Kopma Mukavemeti (çözgü)	Yırtılma Mukavemeti (atki)	Yırtılma Mukavemeti -(çözgü)	Yapışma Mukavemeti	Su Buharı Geçirgenliği
1	35.30	34.0905	52.7267	107.328	6628.82	6557.8	7.39829	833.561
2	35.22	34.1557	52.715	107.31	6627.5	6557.77	7.38221	834.045
3	35.44	33.9793	52.7468	107.357	6631.05	6557.84	7.42578	832.732
4	35.15	34.2116	52.7051	107.295	6626.35	6557.75	7.36846	834.458

Bu çizelgeden de anlaşılacağı üzere performans parametrelerinin maksimize edildiği en az tutkal miktarı yaklaşık olarak 35 g/m² olarak belirlenmiştir.

Likrasız kumaş laminasyonu için hava geçirgenliği ve hotmelt miktarının minimize edildiği, diğer parametrelerin maksimize edildiği durumda optimum sonuçlar bulunmuş ve Çizelge 4.26'da verilmiştir. Likralı kumaş laminasyonunda olduğu gibi, optimizasyon sonucu önerilen 3 deney için de uygulama parametrelerinin değerleri birbirine yakın çıkmıştır.

Çizelge 4.26. Likrasız kumaş laminasyonu optimizasyon sonuçları

Sıra	HotMelt Miktarı	Kopma Mukavemeti (atki)	Kopma Mukavemeti (çözgü)	Yırtılma Mukavemeti (atki)	Yırtılma Mukavemeti– (çözgü)	Yapışma Mukavemeti	Hava Geçirgenliği	Su Buharı Geçirgenliği
1	37.30	100.933	63.4802	5745.19	3185.71	8.29737	60.0566	881.98
2	37.45	101.023	63.5188	5740.43	3186.91	8.34617	59.6796	881.028
3	37.14	100.838	63.4394	5750.07	3184.43	8.24663	60.4527	882.966

Bu çizelgeden de anlaşılacağı üzere performans parametrelerinin maksimize edildiği en az tutkal miktarı yaklaşık olarak 37 g/m² olarak belirlenmiştir. Böylece katkı maddesi içermeyen laminasyon uygulamalarına ait optimizasyon çalışmaları tamamlanmıştır.

4.1.2. Katkı malzemesiz kaplama/laminasyon deneyleri için YSA ve EKK–DVM modelleme sonuçları

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen verilerin analizi yapılarak farklı modelleme yöntemleri ile modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda yapay sinir ağları (YSA) ve en küçük kareler destek vektör makineleri (EKK–DVM) yöntemleri seçilmiştir. Bu yöntemler kompleks ve nonlineer sistemlerin modellenmesinde oldukça sık kullanılmakta ve başarılı sonuçlar üretebilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde YSA modellerinin EKK–DVM modellerine göre daha iyi performans sergilediğini göstermiştir.

DeneySEL olarak yapılan çalışmalar sonucunda 16 set veri elde edilmiştir. Toplam verinin % 65'ine karşılık gelen 10 veri seti model oluşturmada (Eğitim verisi/Training data), geriye kalan % 35'lik kısım ise geliştirilen modellerin test edilmesinde kullanılmıştır.

Modellerin performansı değerlendirilirken RMSE ve MAPE (%) değerlerinin küçük, R değerinin 1'e yakınlığı başarı ölçütü olarak kullanılır. Modellerin eğitim ve test verilerine göre ürettiği sonuçlar Çizelge 4.27'de özetlenmiştir. Çizelge 4.27

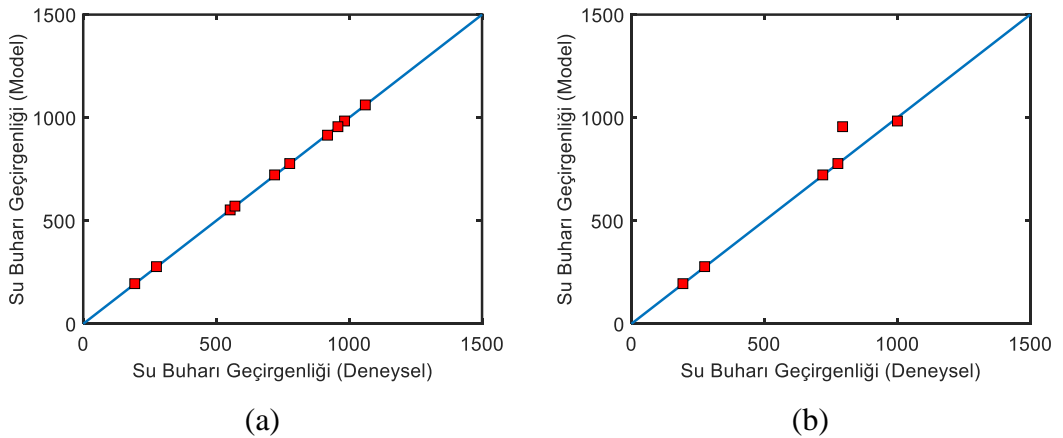
incelendiğinde YSA yöntemi ile geliştirilen modeller genel olarak başarılı bulunmuştur. Model başarısı tek başına eğitim verilerinin değerlendirilmesi ile tespit edilemez. Dolayısıyla eğitim ve test verileri birlikte değerlendirilmelidir. Bu açıdan bakıldığında, YSA modelleri % 5 den daha düşük bir MAPE (%) değeri ve 0.98'den daha büyük R değerleri ile deneysel test verilerine öngöründe bulunmuştur. Bu durum R ve MAPE değerlerinden açıkça görülmektedir. YSA ve EKK–DVM yöntemleri kıyaslandığında YSA'nın genel anlamda daha başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4.27. YSA ve EKK–DVM model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

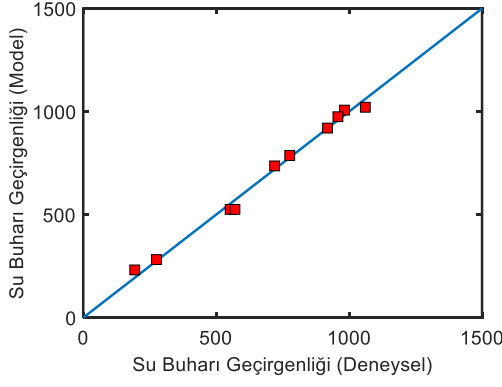
Değişken	Eğitim Veri Seti İçin				Test Veri Seti İçin		
	Model	RMSE	MAPE (%)	R	RMSE	MAPE (%)	R
Hava Geçirgenliği	YSA	3.053×10^{-6}	7.96×10^{-6}	1.0000	3.7384	4.3420	0.9939
	EKK–DVM	24.4744	29.07271	0.9585	29.4573	34.3360	0.9872
Su Buharı Geçirgenliği	YSA	1.50×10^{-9}	2.68×10^{-10}	1.0000	66.5430	3.1370	0.9804
	EKK–DVM	28.0534	4.8537	0.9951	33.5706	6.0109	0.9954
Yapışma Mukavemeti	YSA	8.147×10^{-6}	1.33×10^{-7}	1.0000	361.316	2.989	0.9821
	EKK–DVM	38.5502	0.8133	0.9998	784.960	14.512	0.8990

Bu çalışmada kullanılan her iki modelleme tekniğinin de kompleks ve lineer olmayan birçok sistemin modellenmesinde çok başarılı sonuçlar ürettiği literatürde sıkça yer almaktadır. Burada geliştirilen modellerin önemli bir bölümü deneysel veri sayısını arttırarak daha da geliştirilebilir ve işletme ortamında kullanılabilir.

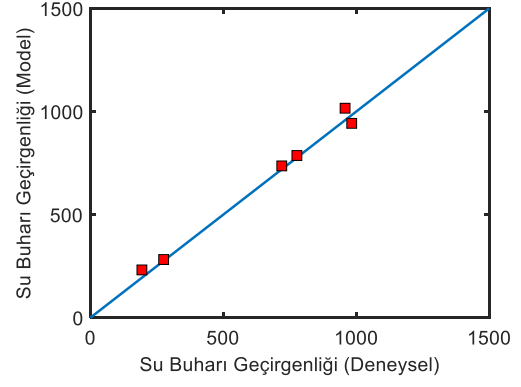
Su buharı geçirgenliği parametresi için YSA model sonuçları Şekil 4.18'de, EKK–DVM model sonuçları Şekil 4.19'da grafiksel olarak görülebilir.



Şekil 4.18. Su buharı geçirgenliği YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test



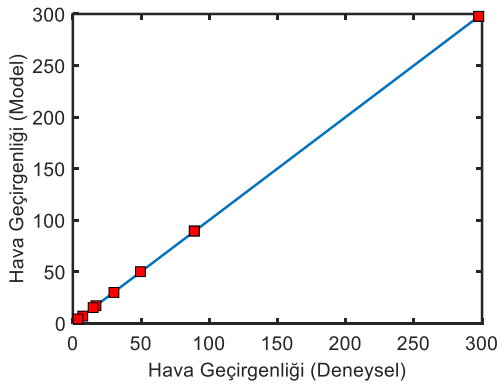
(a)



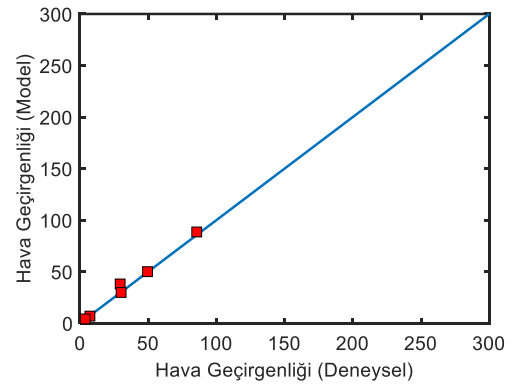
(b)

Şekil 4.19. Su buharı geçirgenliği EKK–DVM model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

Hava geçirgenliği parametresi için YSA model sonuçları Şekil 4.20’de, EKK–DVM model sonuçları Şekil 4.21’de grafiksel olarak görülebilir.

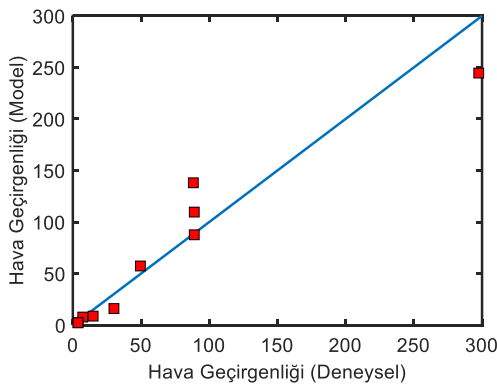


(a)

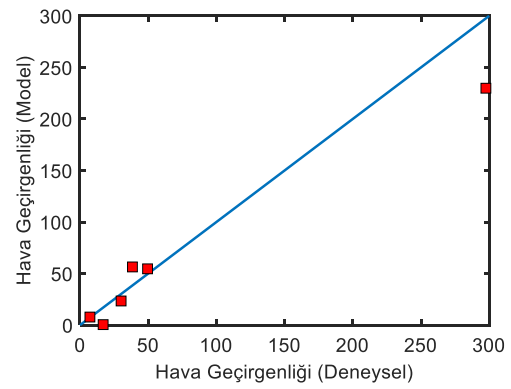


(b)

Şekil 4.20. Hava geçirgenliği YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test



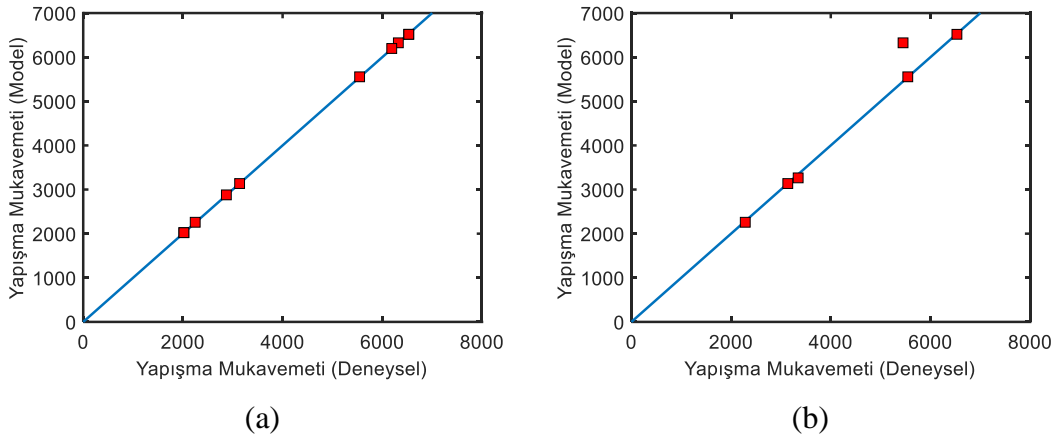
(a)



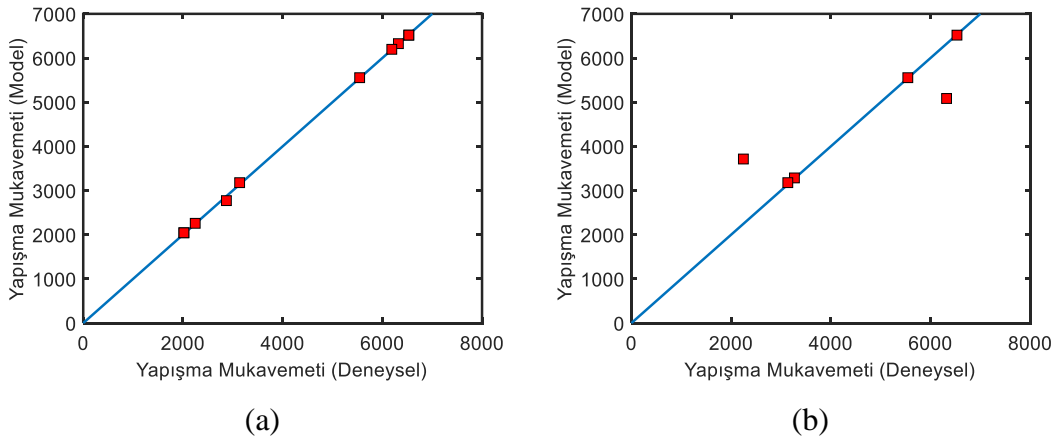
(b)

Şekil 4.21. Hava geçirgenliği EKK–DVM model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

Yapışma mukavemeti parametresi için YSA model sonuçları Şekil 4.22’de, EKK–DVM model sonuçları Şekil 4.23’te grafiksel olarak görülebilir.



Şekil 4.22. Yapışma mukavemeti YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test



Şekil 4.23. Yapışma mukavemeti EKK–DVM model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

4.2. Katkı maddesi içeren kaplama/lamine numunelerine ait performans testlerinin sonuçları

Bu bölümde, laminasyon/kaplama çalışmaları için iki adet likralı kumaş ve bir membran kullanılmıştır. Katkı malzemesi miktarı ve hotmelt miktarlarının girdi değişkenleri olarak kullanıldığı deney tasarımı oluşturulmuş ve numune üretimi ile performans testleri yapılmıştır. Bu alt kısımda, katkı maddeli lamine kumaş elde edildiğinden önceki testlere ilave olarak elektromanyetik kalkanlama (EMSE) etkinliği ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Farklı tutkal miktarları ve katkı miktarlarına göre yapılan deneylere ait çizelge aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.28). Katkı miktarı ve yapıştırıcı miktarının aynı anda ayarlanmasında bazı sorunlar yaşandığı için uygulanan miktarlar kullanılarak deneysel optimizasyon gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.28. Kaplama/Laminasyon deneysel çalışmalarda kullanılan katkı miktarı ve yapıştırıcı miktarı

Kumaş–Membran Çifti		
Örnek No	Katkı miktarı (g/m²)	Hotmelt miktarı (g/m²)
D1	0	61.0
D2	2.104476	60.2
D3	2.104476	35.9
D4	1.733024	62.4
D5	1.300123	66.4
D6	1.094374	60.4
D7	0.910029	60.9
D8	0.869984	69.6
Kumaş–Kumaş Çifti		
Örnek No	Katkı miktarı (g/m²)	Hotmelt miktarı (g/m²)
D9	0	38.7
D10	2.104476	38.6
D11	1.733024	30.2
D12	1.300123	42.2
D13	1.094374	48.6
D14	0.910029	45.6
D15	0.869984	46.0

Tez kapsamında yapılan kaplama/laminasyon çalışmaları sonucunda elde edilen ürünlerin test sonuçları aşağıdaki çizelgelerde sunulmuştur. Çizelge 4.29 kaplama/laminasyon sonrası elde edilen kumaşların fiziksel performans özelliklerini göstermektedir.

Çizelge 4.29. Kaplama/Laminasyon sonrası elde edilen kumaşların fiziksel performans özellikleri

TİP NO		Açılma Mukavemeti kgf	Kopma Muk.		Yırtılma Muk.		Elastisite (%) 1,36 kg	Kalıcı Uzama 1,36 kg
			Çözg ü	Atkı	Çözg ü	Atkı		
L ₁	G1751KM24R0001 / ERIN PFD EW*	–	40	50	2500	3700	34–42	4
L ₂	D7137L 315/ JOYRIDE BLACK**	–	30	35	2700	3500	75–85	7
D ₁	Mamül	–	49	79	5350	6328	41,3	2
	Yıkanmış	–	49	75	5219	5023	48	3,5
D ₂	Mamül	–	48	75	5219	6198	48	2
	Yıkanmış	–	49	65	5089	4893	52	3,5
D ₃	Mamül	–	48	68	4893	6067	53,3	2
	Yıkanmış	–	47	65	4567	5219	66	3
D ₄	Mamül	–	47	79	5023	6263	47,3	2
	Yıkanmış	–	48	70	5089	4697	47,3	2
D ₅	Mamül	–	49	76	5089	6133	49,3	2,5
	Yıkanmış	–	46	67	5219	6067	51	3,3
D ₆	Mamül	–	46	75	5219	6263	48	0,6
	Yıkanmış	–	47	69	5089	4436	51	2,5
D ₇	Mamül	–	47	76	5089	6198	47,3	2,6
	Yıkanmış	–	43	67	5219	4893	57	4,5
D ₈	Mamül	–	47	78	5089	6263	48,6	2
	Yıkanmış	–	40	70	5219	5089	52	2,5
D ₉	Mamül	8	49	81	6524	6524	25,3	1,3
	Yıkanmış	7	50	78	6524	6524	23	1,3
D ₁₀	Mamül	7	53	71	6524	6524	26,6	1,3
	Yıkanmış	3	58	70	6524	6524	21	1
D ₁₁	Mamül	4	58	74	6524	6524	24,6	1,3
	Yıkanmış	3	59	70	6524	6524	26	1
D ₁₂	Mamül	8	60	74	6524	6524	28,6	1,3
	Yıkanmış	7	62	72	6524	6524	28	1,5
D ₁₃	Mamül	14	61	72	6524	6524	22	0,6
	Yıkanmış	8	65	77	6524	6524	26	1,5
D ₁₄	Mamül	13	59	71	6524	6524	20,6	0,6
	Yıkanmış	8	62	70	6524	6524	28	2
D ₁₅	Mamül	13	59	75	6524	6524	24,6	0,6
	Yıkanmış	9	54	70	6524	6524	25	1,5

*%68COT%28PES%4ELS

**%58CO%37PA%5EL

Hava Geçirgenliği Test Sonuçları: Kaplama/laminasyon sonrası elde edilen kumaşların hava geçirgenliği sonuçlarının yer aldığı bilgiler Çizelge 4.30 ve Çizelge

4.31’de verilmiştir. 4’er ölçüm alınarak ortalama değerler çizelgede sıralanmıştır. Beklendiği üzere membran kaplamalı kumaşlar düşük hava geçirgenliğine sahiptir. Kumaş–kumaş laminasyonu denemeleri için bu değer yaklaşık 34–39 mm/s civarında seyretmektedir.

Çizelge 4.30. Kaplama/Laminasyon sonrası elde edilen kumaş–membran çifti için hava geçirgenliği test sonuçları

Hava Geçirgenliği (mm/s)	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇ *	D ₈
1	0.07	0.07	0.07	0.05	0.14	0.05	0	0.07
2	0.09	0.07	0.07	0.07	0.1	0	0	0.14
3	0.05	0.05	0.09	0.05	0.14	0	0	0.09
4	0.05	0.05	0.05	0.07	0.13	0.05	0	0.09
Ortalama	0.065	0.06	0.07	0.06	0.1275	0.025	0	0.0975

*10 deneme yapılmış ve hepsinde de sonuç 0 (sıfır) çıkmıştır.

Çizelge 4.31. Kaplama/Laminasyon sonrası elde edilen kumaş–kumaş çifti için hava geçirgenliği test sonuçları

Hava Geçirgenliği (mm/s)	D ₉	D ₁₀	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅
1	36.8	38.2	38.3	32.6	36.3	36.7	33.7
2	36.6	38.3	40.8	36.9	36.8	37.2	36.6
3	37.9	38.6	37.6	34.3	34.6	35.7	35.3
4	37.5	39.5	39.4	31.9	32.5	32.6	37.5
Ortalama	37.2	38.65	39.025	33.925	35.05	35.55	35.775

Su Buharı Geçirgenliği Sonuçları: Kaplama/laminasyon sonrası elde edilen kumaşların su buharı geçirgenliği sonuçları Çizelge 4.32’de sunulmuştur. Çizelgede yer alan D₁–D₈ kumaşlarının hava geçirgenlik değerleri membran kaplamanın bir sonucu olarak beklendiği gibi düşük çıkmıştır. D₃ nolu numunede hotmelt miktarının düşük olması su buharı geçirgenliğinin artmasına sebep olmuştur. Kumaş–kumaş laminasyon çiftleri için su buharı geçirgenlik değerleri % 79–95 arasında değişim göstermektedir. Bu değerlerin değişiminde katkı miktarı ve yapıştırıcının ikili etkisi söz konusudur. Optimizasyon çalışmalarında bu etkilerin genel trendi ortaya konmuştur.

Çizelge 4.32. Kaplama/Laminasyon sonrası elde edilen ürünler için su buharı geçirgenliği test sonuçları

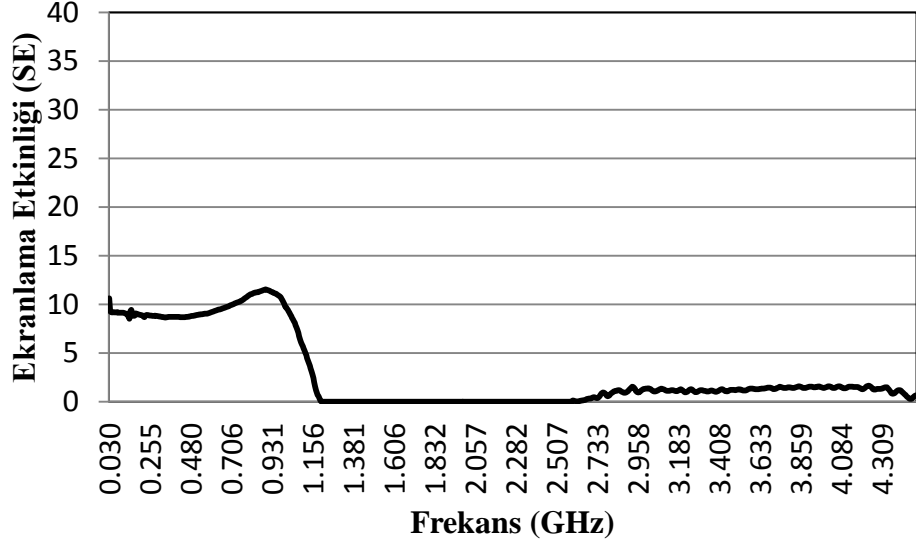
Örnek Numarası	WVP (g/m ² /gün)	I (%)
D ₁	357.997	44.765
D ₂	363.027	45.394
D ₃	460.662	67.403
D ₄	303.262	44.372
D ₅	373.678	54.675
D ₆	486.699	36.796
D ₇	627.826	47.466
D ₈	274.563	36.082
D ₉	636.998	83.712
D ₁₀	679.899	93.187
D ₁₁	680.490	93.269
D ₁₂	577.529	79.157
D ₁₃	556.523	95.872
D ₁₄	505.338	87.054
D ₁₅	503.563	86.748

Su Geçirmezlik: Kaplama/laminasyon sonrası elde edilen kumaşların su geçirmezlik parametresine ait sonuçların yer aldığı çizelge aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.33). Bu testler için 2'şer ölçüm alınıp ortalamaları yazılmıştır. Çizelge 4.33 incelendiğinde membran kaplamalı kumaşların su geçirmez özelliğe sahip olduğu görülmektedir. Kumaş-kumaş laminasyonu sonrasında ortaya çıkan ürünün de belirli seviyede su geçirmezlik özellik kazandığı tespit edilmiştir.

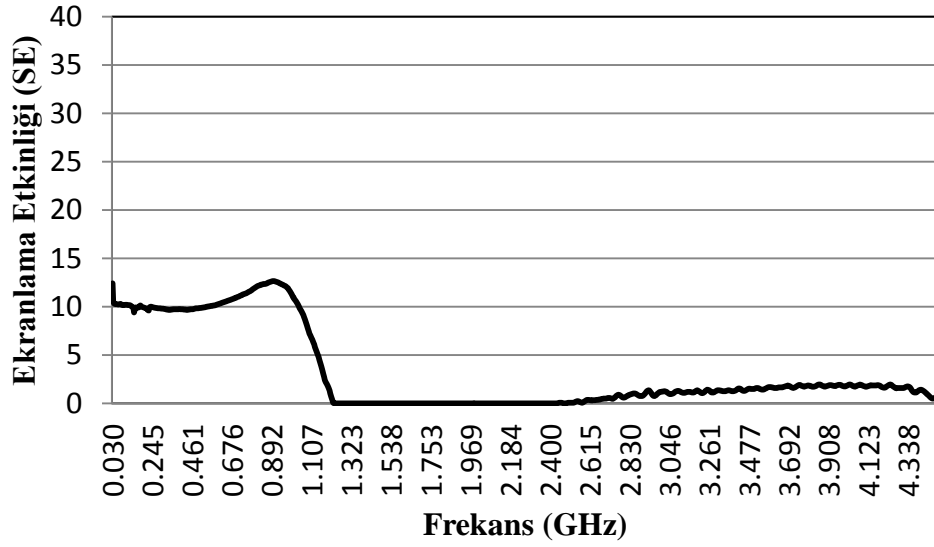
Çizelge 4.33. Kaplama/laminasyon sonrası su geçirmezlik test sonuçları

Numune Kodu	Ortalama Su Geçirmezlik (mbar)
D ₁	Su geçirmez
D ₂	Su geçirmez
D ₃	Su geçirmez
D ₄	Su geçirmez
D ₅	Su geçirmez
D ₆	Su geçirmez
D ₇	Su geçirmez
D ₈	Su geçirmez
D ₉	14.9
D ₁₀	10.7
D ₁₁	10
D ₁₂	8.75
D ₁₃	12.2
D ₁₄	6.35
D ₁₅	7.85

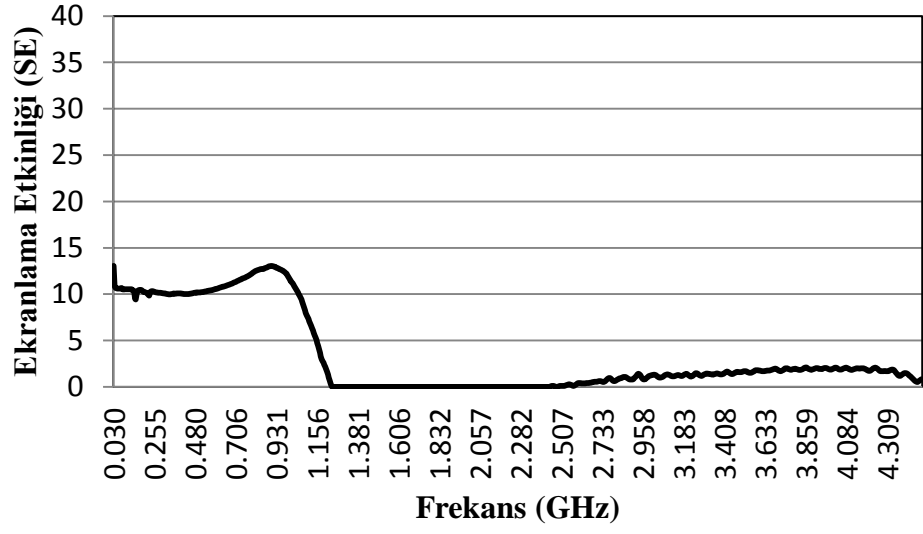
EMSE Ölçüm Sonuçları: Kumaş–membran ve kumaş–kumaş kaplama/laminasyon çalışmaları için gerçekleştirilen elektromanyetik kalkanlama (EMSE) test sonuçları Şekil 4.24–Şekil 4.38 arasında sunulmuştur.



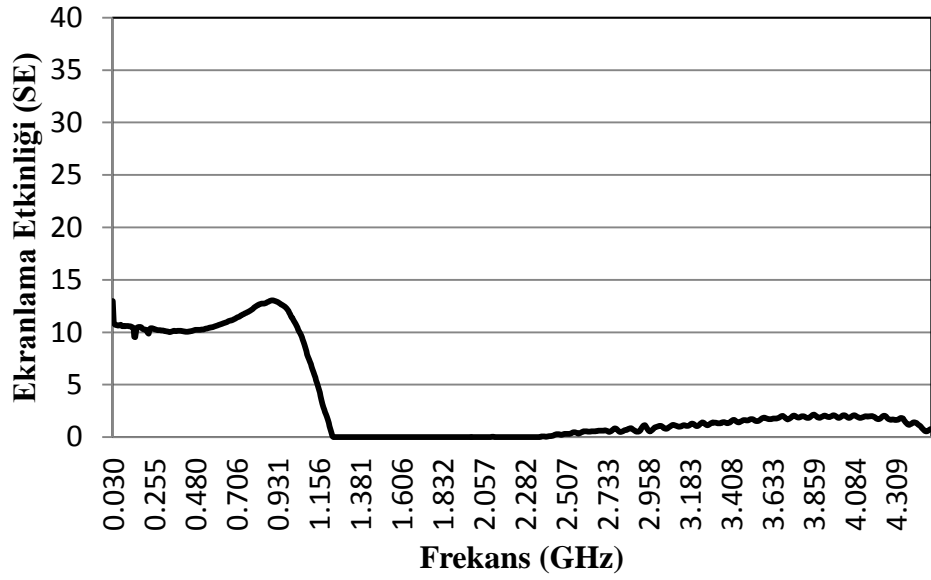
Şekil 4.24. D₁ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



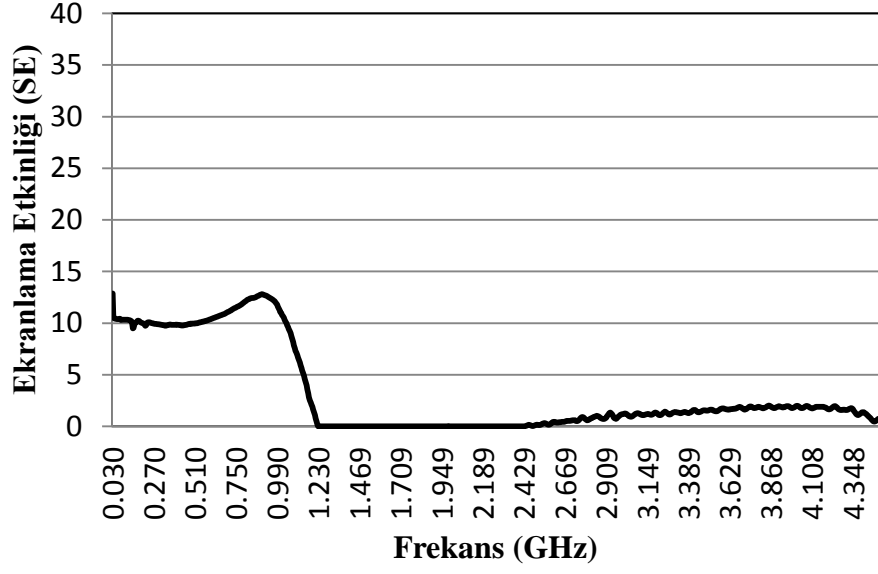
Şekil 4.25. D₂ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



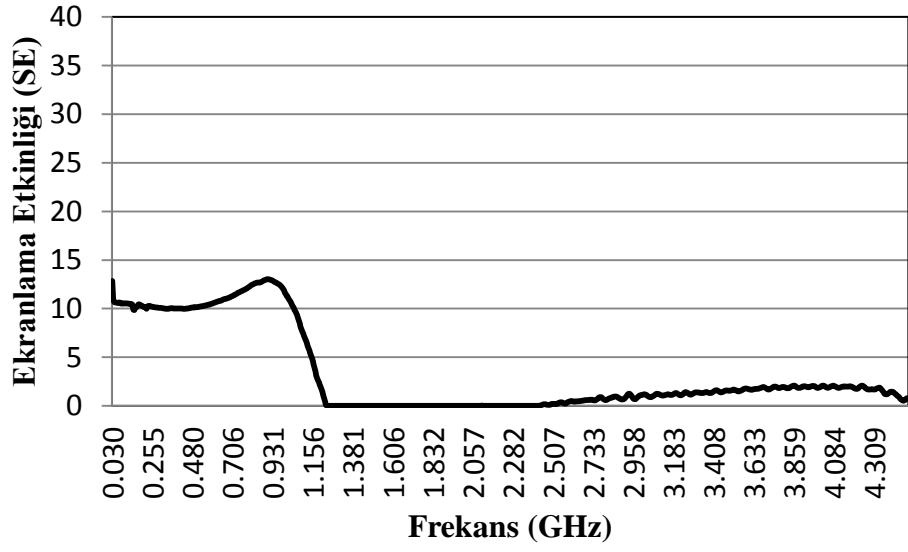
Şekil 4.26. D₃ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



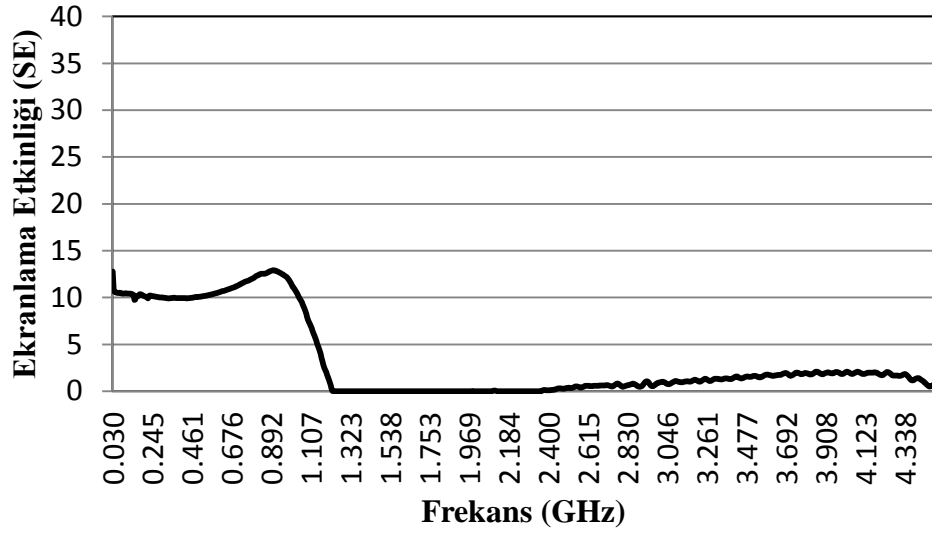
Şekil 4.27. D₄ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



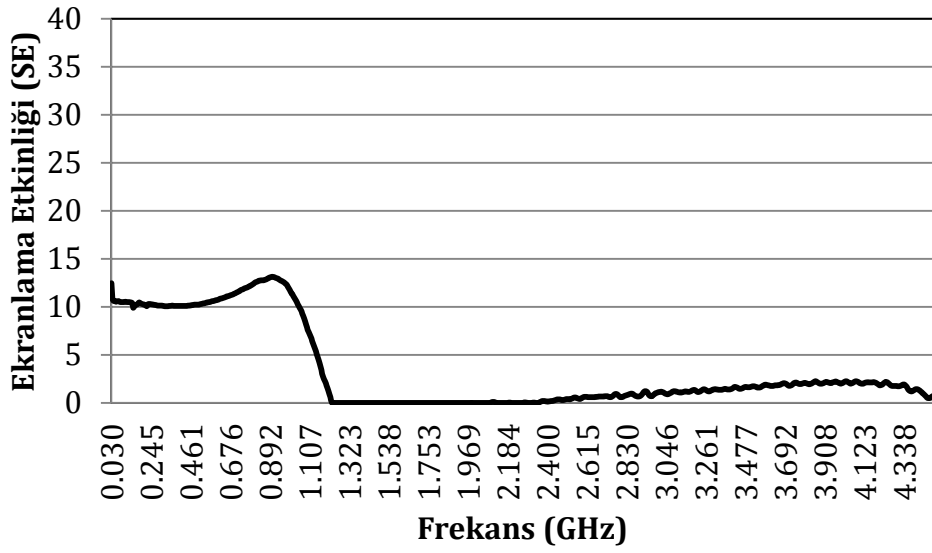
Şekil 4.28. D₅ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



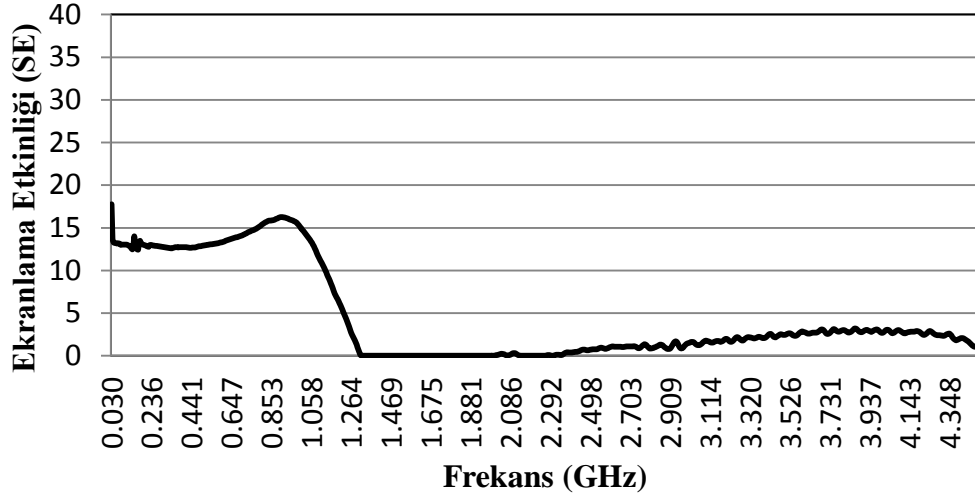
Şekil 4.29. D₆ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



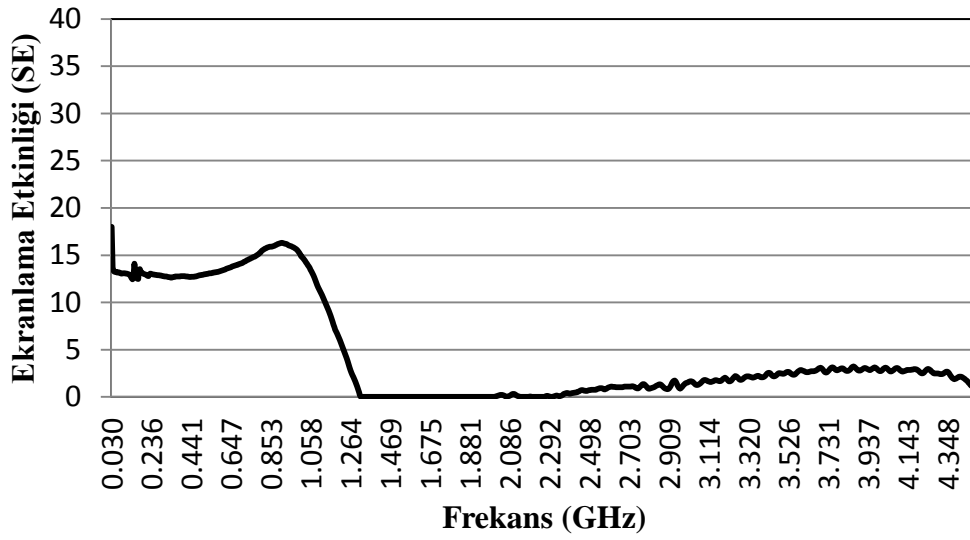
Şekil 4.30. D₇ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



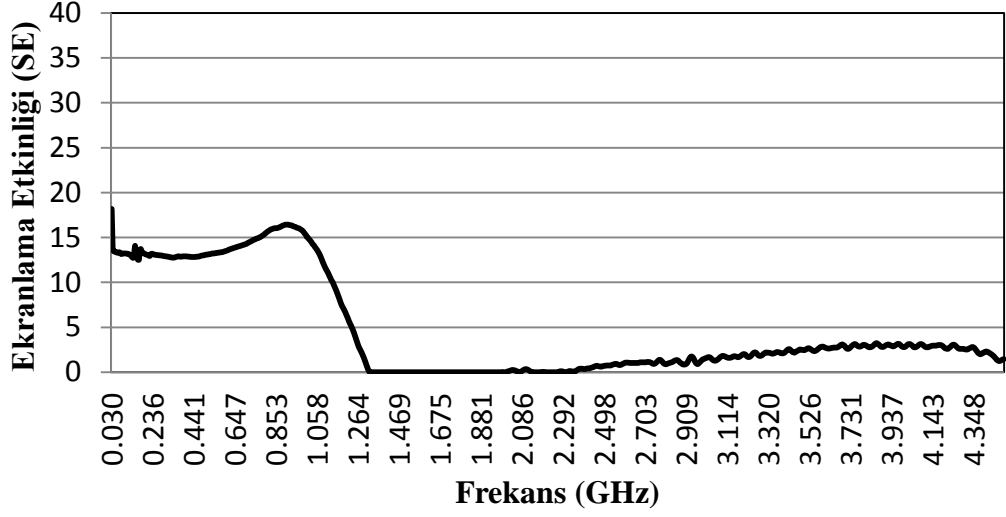
Şekil 4.31. D₈ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



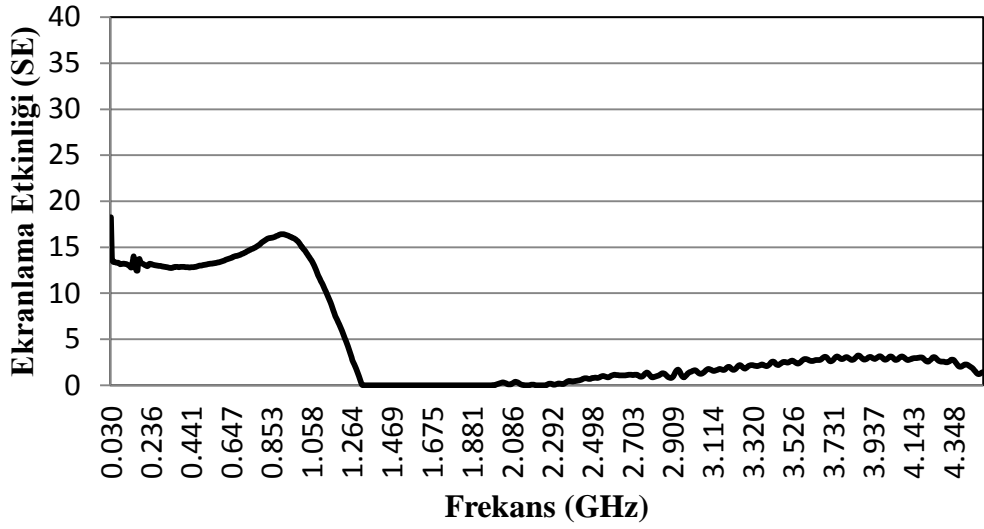
Şekil 4.32. D₉ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



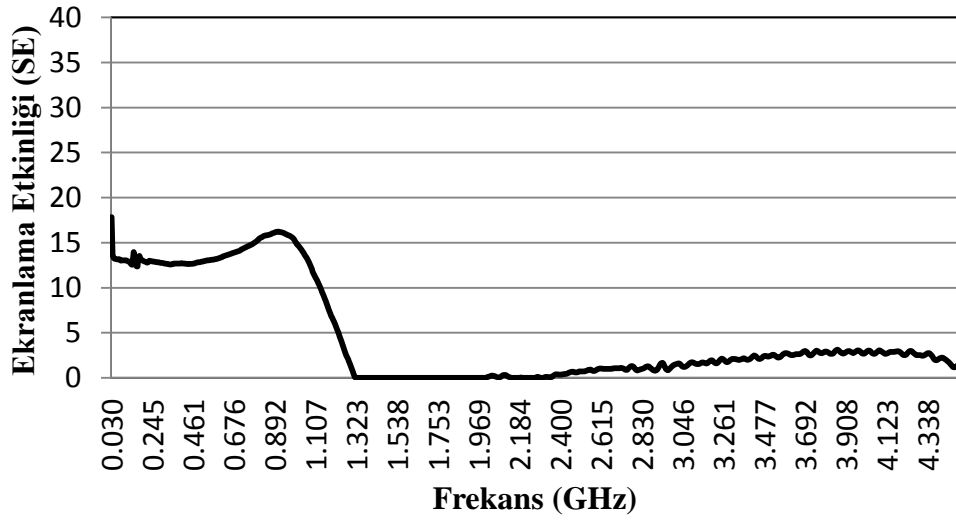
Şekil 4.33. D₁₀ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



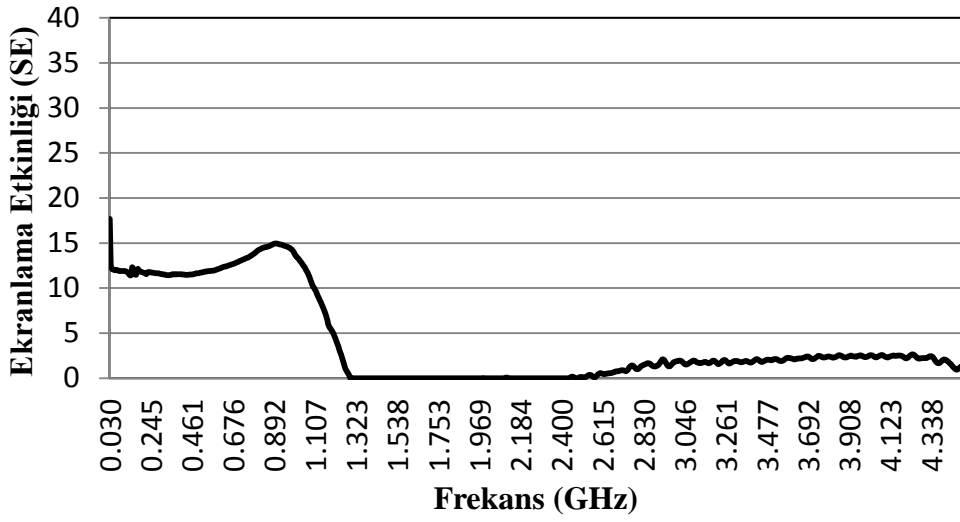
Şekil 4.34. D₁₁ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



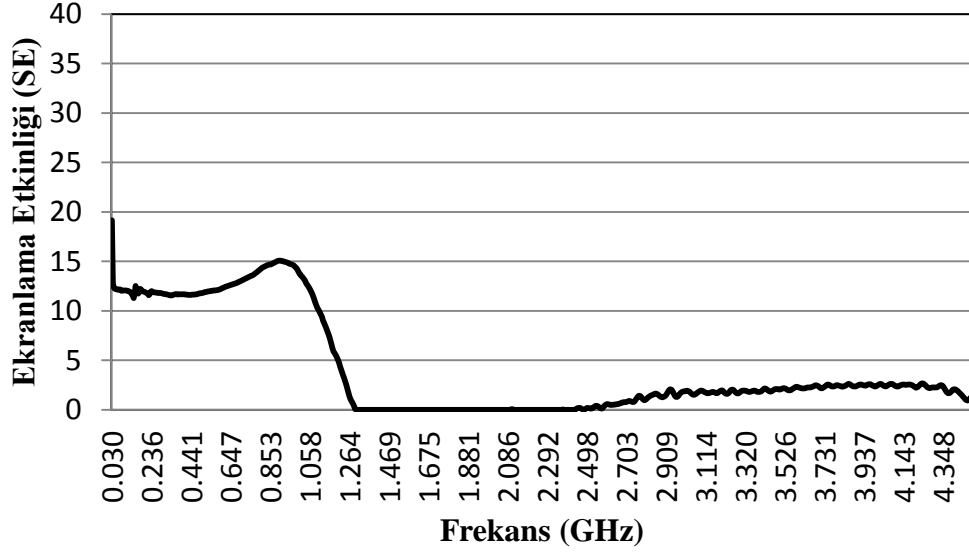
Şekil 4.35. D₁₂ nolu numuneye ait EMSE sonuçları



Şekil 4.36. D₁₃ nolu numuneye ait EMSE sonuçları

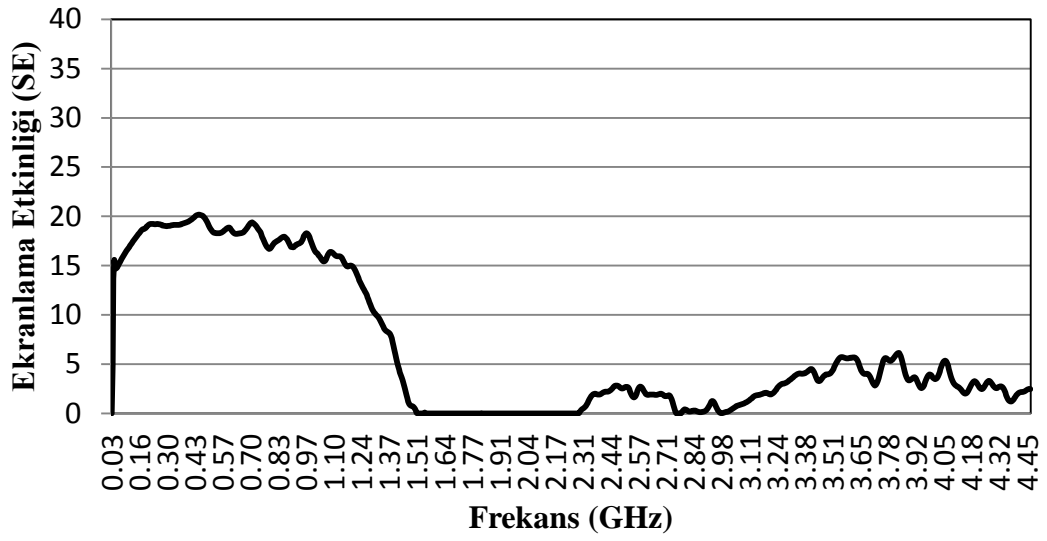


Şekil 4.37. D₁₄ nolu numuneye ait EMSE sonuçları

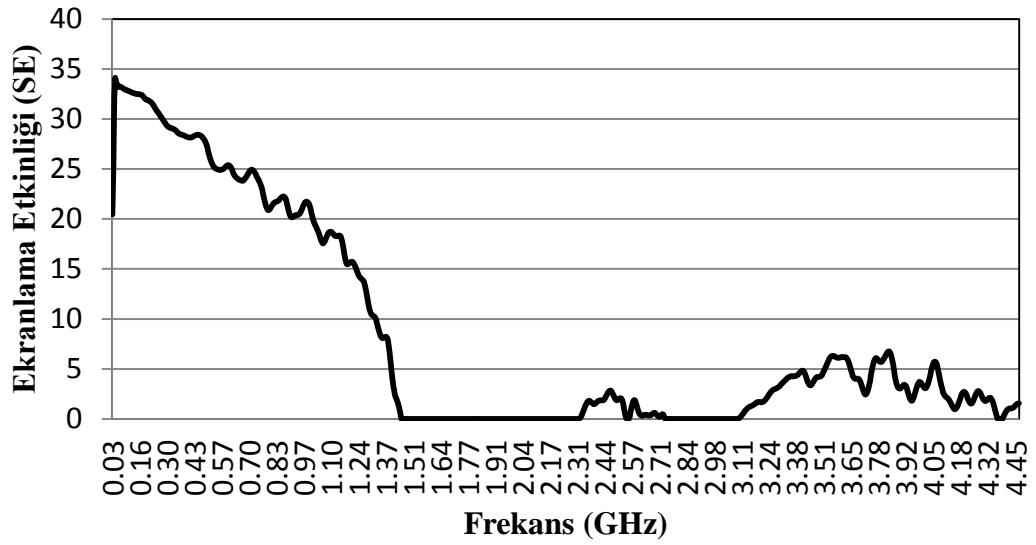


Şekil 4.38. D₁₅ nolu numuneye ait EMSE sonuçları

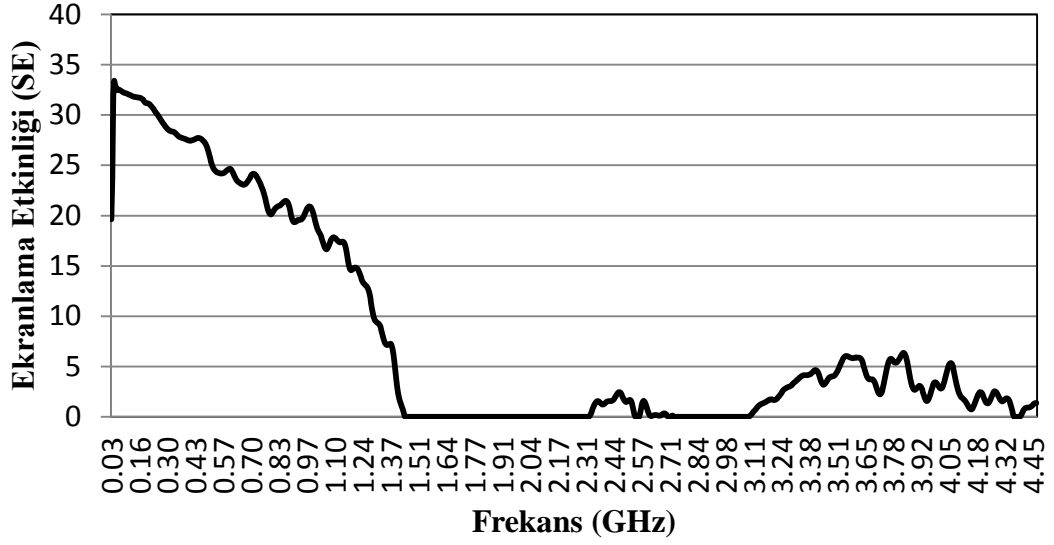
Katkı maddesi miktarı ve hotmelt miktarını arttırarak yapılan çalışmalar sonucunda EMSE değerinin katkı maddesi miktarı ile arttığı tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda katkı maddesi ilavesini yapan üniteye daha geniş delikli aparat kullanılmış olduğundan daha fazla toz serpmeye işlemi gerçekleştirilebilmiştir. 0–1.15 GHz frekanslar aralığında katkı maddesi bulunmayan kumaş laminasyonu için ekranlama etkinliği ortalama 17 dB civarında iken yaklaşık 5 g/m² katkı maddesi ilavesinde bu değerin yaklaşık 25 dB civarına çıktığı gözlenmiştir. Katkı maddesi miktarı aynı kalmak şartıyla hotmelt miktarının azaltılması EMSE değerini önemli oranda etkilememiş ve yaklaşık olarak yine 25 dB civarında ekranlama etkinliği sağlanmıştır (Şekil 4.39, Şekil 4.40 ve Şekil 4.41).



Şekil 4.39. Kumaş–kumaş laminasyonu için EMSE sonuçları (100 g/m² tutkal, katkı maddesi yok)



Şekil 4.40. Kumaş–kumaş laminasyonu için EMSE sonuçları (100 g/m² tutkal, 5 g/m² katkı maddesi)



Şekil 4.41. Kumaş-kumaş laminasyonu için EMSE sonuçları (75 g/m² tutkal, 5 g/m² katkı maddesi)

4.2.1. Performans test sonuçlarına göre proses şartlarının optimizasyonu çalışmaları

Bu kapsamda kaplama/laminasyon sonrası önemli görülen değişkenler için optimum koşulların belirlenmesi ve model geliştirilmesi çalışmaları yapılmıştır. Performans parametrelerine ait ANOVA test sonuçları ve modeller aşağıda sunulmuştur (Çizelge 4.34– Çizelge 4.41). Bu sonuçların alınmasında Design Expert (trial) yazılımından yararlanılmıştır. EMSE parametresi için ANOVA test sonuçları Çizelge 4.34’te verilmiştir.

Çizelge 4.34. Kumaş-kumaş ve kumaş-membran çifti için EMSE parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	34.56	52.41	< 0.0001	Önemli
A	0.74	3.35	0.0884	
B	0.027	0.12	0.7307	
C	10.01	45.53	< 0.0001	
Artık	34.56			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre katkı maddesi miktarı (A), tutkal miktarı (B) ve kumaş–kumaş/kumaş–membran çifti (C) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 52.41 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 0.47, regresyon katsayısı (R^2), 0.9182 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9007 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden EMSE değişkenini katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarına bağlayan modeller aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Eşitlik 4.18 ve 4.19).

$$EMSE (C_1) = 13.25634 + 0.34814 \cdot x - 5.57 \cdot 10^{-3} \cdot y \quad (4.18)$$

$$EMSE (C_2) = 10.64 + 0.34814 \cdot x - 5.57 \cdot 10^{-3} \cdot y \quad (4.19)$$

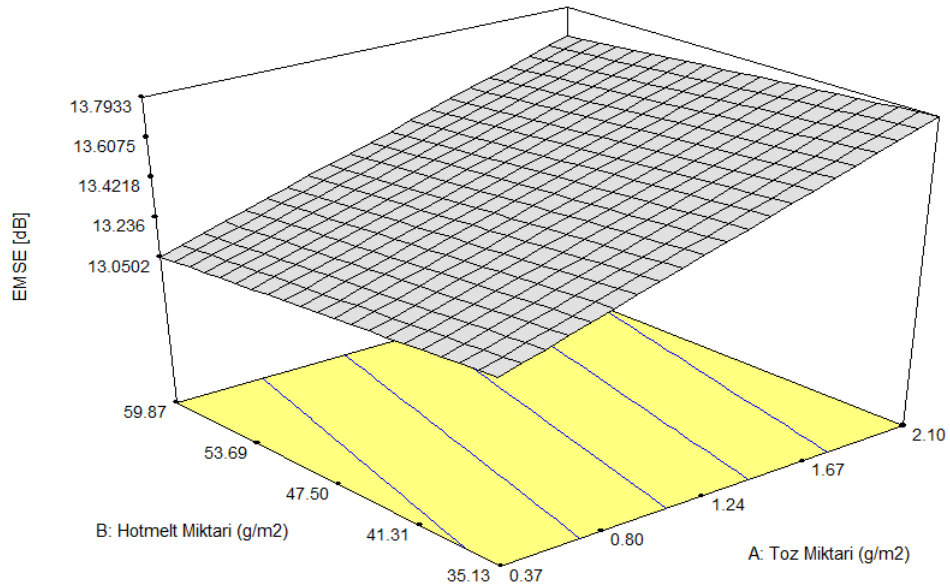
A, x: katkı maddesi miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

B, y: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

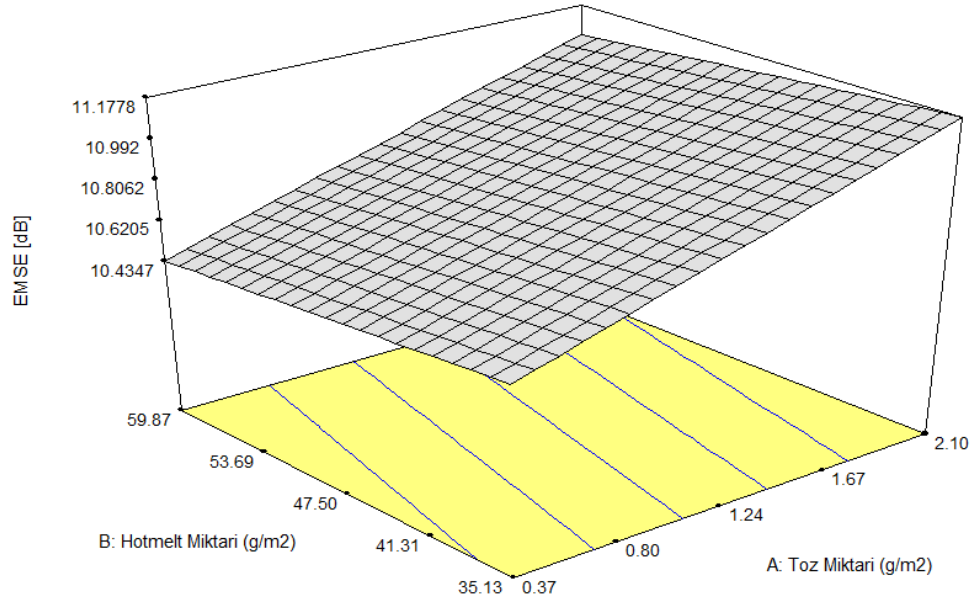
C_1 : Kumaş–kumaş laminasyonu

C_2 : Kumaş–membran laminasyonu

Kumaş–kumaş çifti ve kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile EMSE değişiminin 3 boyutlu grafikleri sırasıyla Şekil 4.42 ve Şekil 4.43'te verilmiştir.



Şekil 4.42. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile EMSE değişimi



Şekil 4.43. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile EMSE değişimi

Su buharı geçirgenliği parametresi için ANOVA test sonuçları Çizelge 4.35’da verilmiştir.

Çizelge 4.35. Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için su buharı geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	8628.61	74.71	< 0.0001	Önemli
A	46.59	1.21	0.2899	
B	217.60	5.65	0.0322	
C	1560.75	40.54	< 0.0001	
Artık	538.98			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre katkı maddesi miktarı (A), tutkal miktarı (B) ve kumaş–kumaş/kumaş–membran çifti (C) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 74.71 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 6.20, regresyon

katsayısı (R^2), 0.9412 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9286 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden su buharı geçirgenliğini (SBG) katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarına bağlayan modeller aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Eşitlik 4.20–4.21).

$$SBG (C_1) = 105.73 + 2.7287 \cdot x - 0.4992 \cdot y \quad (4.20)$$

$$SBG (C_2) = 73.07 + 2.7672 \cdot x - 0.4991 \cdot y \quad (4.21)$$

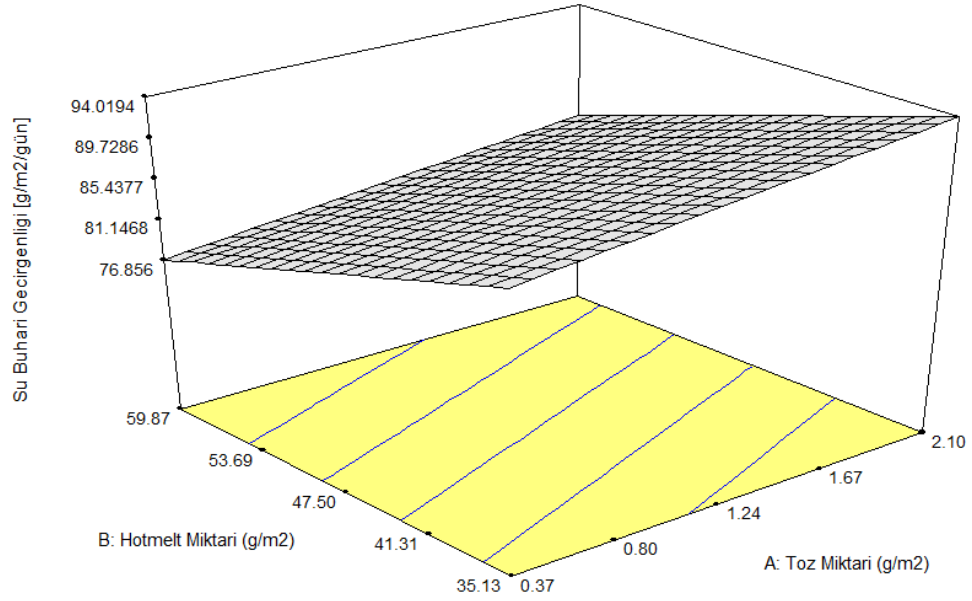
A, x: katkı maddesi miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

B, y: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

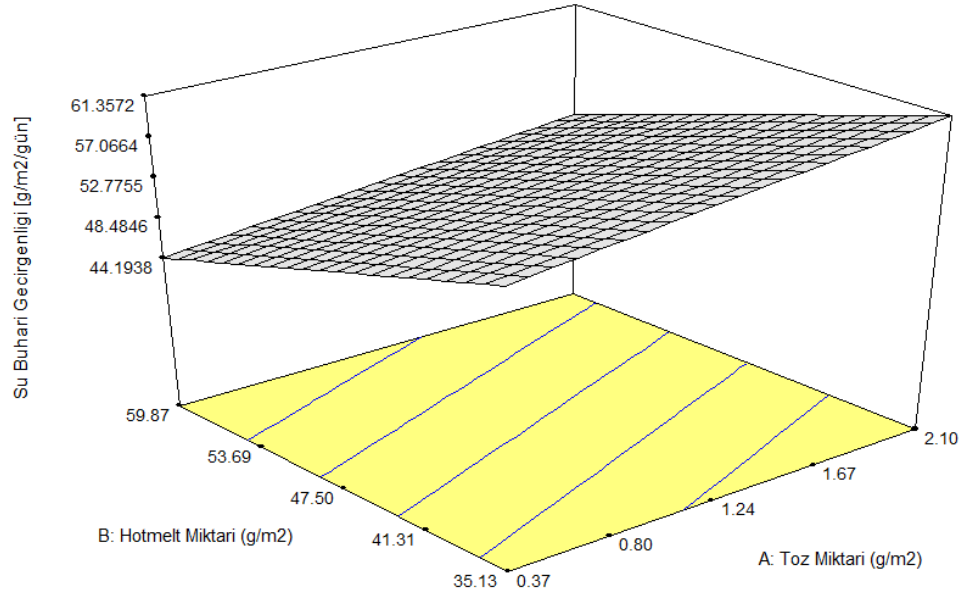
C_1 : Kumaş–kumaş laminasyonu

C_2 : Kumaş–membran laminasyonu

Kumaş–kumaş çifti ve kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile su buharı geçirgenliği değişiminin 3 boyutlu grafikleri sırasıyla Şekil 4.44 ve Şekil 4.45’te verilmiştir.



Şekil 4.44. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile SBG değişimi



Şekil 4.45. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile SBG değişimi

Hava geçirgenliği parametresi için ANOVA test sonuçları Çizelge 4.36’da sunulmuştur.

Çizelge 4.36. Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için hava geçirgenliği parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	6155.47	1232.66	< 0.0001	Önemli
A	0.44	0.53	0.4803	
B	4.04	4.85	0.0499	
C	735.87	884.16	< 0.0001	
AB	4.367×10^{-5}	5.247×10^{-5}	0.9944	
AC	0.065	0.078	0.7846	
BC	5.66	6.80	0.0243	
Artık	9.16			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre katkı maddesi miktarı (A), tutkal miktarı (B) ve kumaş–kumaş/kumaş–membran çifti (C) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 1232.66 olup, model önemlidir. Model terimlerinden B, C ve BC önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu

görülmüştür. Standart sapma, 0.91, regresyon katsayısı (R^2), 0.9985 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9977 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden hava geçirgenliğini (HG) katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarına bağlayan modeller aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Eşitlik 4.22–4.23).

$$HG (C_1) = 44.6725 + 0.64 \cdot x - 0.213 \cdot y - 6.48 \cdot 10^{-4} \cdot x \cdot y \quad (4.22)$$

$$HG (C_2) = -0.0876 + 0.0498 \cdot x - 2.24 \cdot 10^{-3} \cdot y - 6.48 \cdot 10^{-4} \cdot x \cdot y \quad (4.23)$$

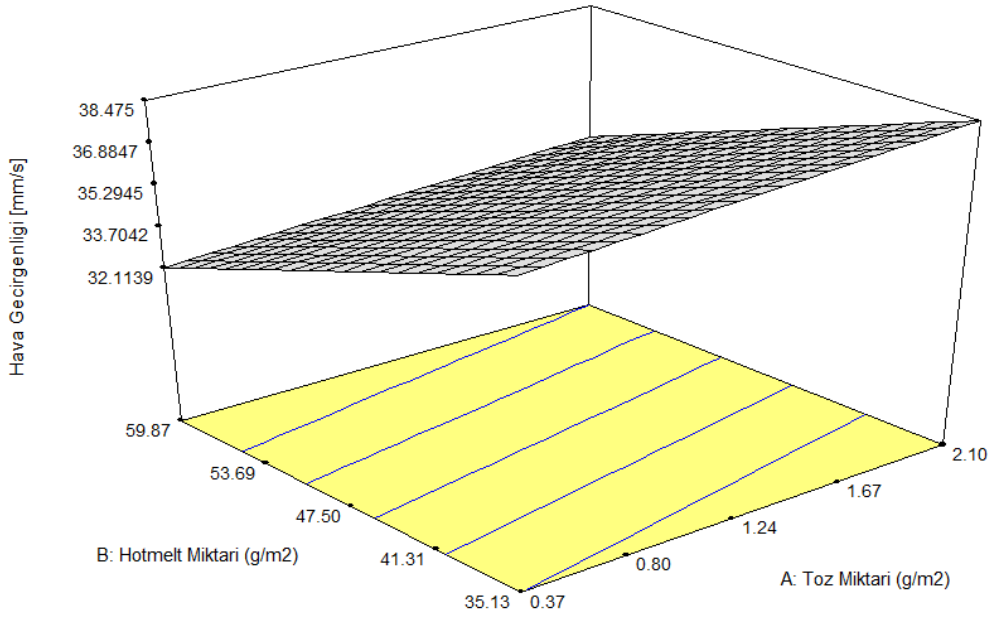
A, x: katkı maddesi miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

B, y: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

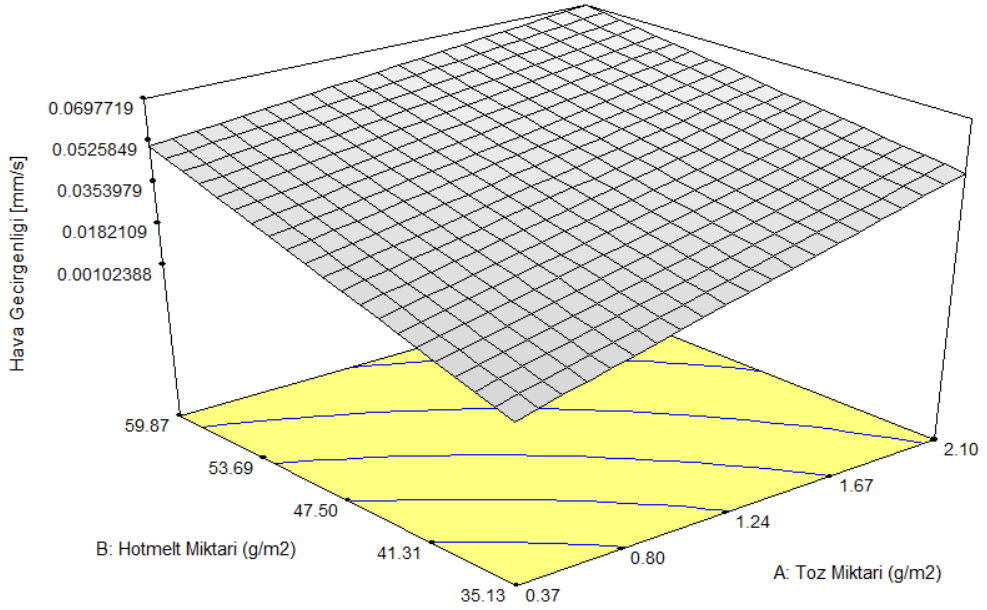
C_1 : Kumaş–kumaş laminasyonu

C_2 : Kumaş–membran laminasyonu

Kumaş–kumaş çifti ve kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile hava geçirgenliği değişiminin 3 boyutlu grafikleri sırasıyla Şekil 4.46 ve Şekil 4.47’de verilmiştir.



Şekil 4.46. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile HG değişimi



Şekil 4.47. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile HG değişimi

Kopma Mukavemeti(çözgü) parametresi için ANOVA test sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için kopma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	704.53	16.45	< 0.0001	Önemli
A	32.15	2.25	0.1557	
B	4.36	0.31	0.5891	
C	272.24	19.06	0.0006	
Artık	199.92			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre katkı maddesi miktarı (A), tutkal miktarı (B) ve kumaş–kumaş/kumaş–membran çifti (C) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 16.45 olup, model önemlidir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 3.78, regresyon katsayısı (R^2), 0.7790 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.7316 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden kopma mukavemeti-çözgü (KM-Ç) katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarına bağlayan modeller aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Eşitlik 4.24–4.25).

$$KM - \text{Ç} (C_1) = 52.714 + 2.299 \cdot x - 0.0707 \cdot y \quad (4.24)$$

$$KM - \text{Ç} (C_2) = 39.073 + 2.299 \cdot x - 0.0707 \cdot y \quad (4.25)$$

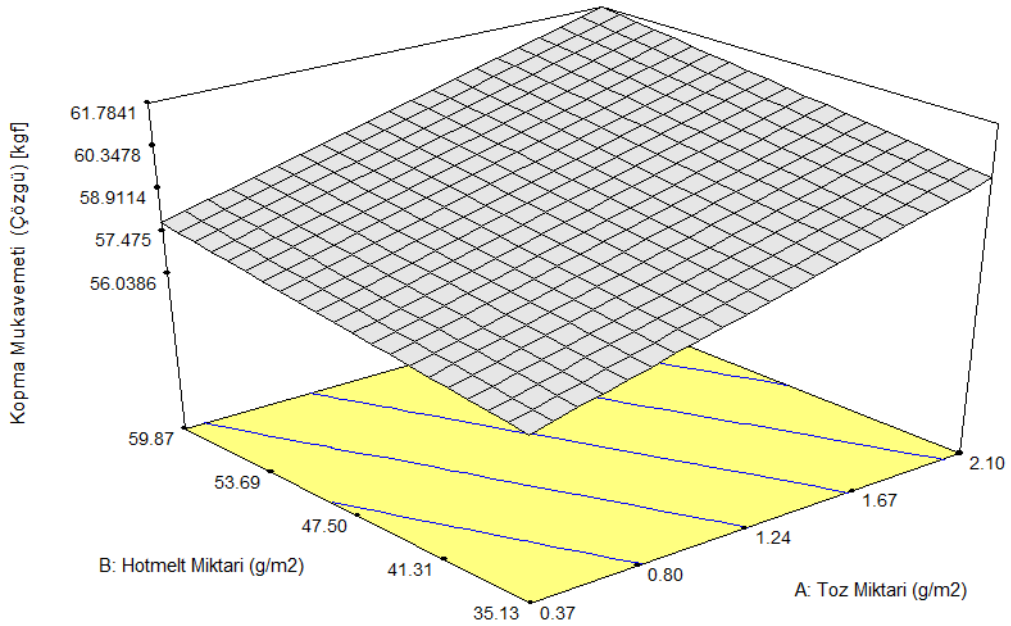
A, x: katkı maddesi miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

B, y: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

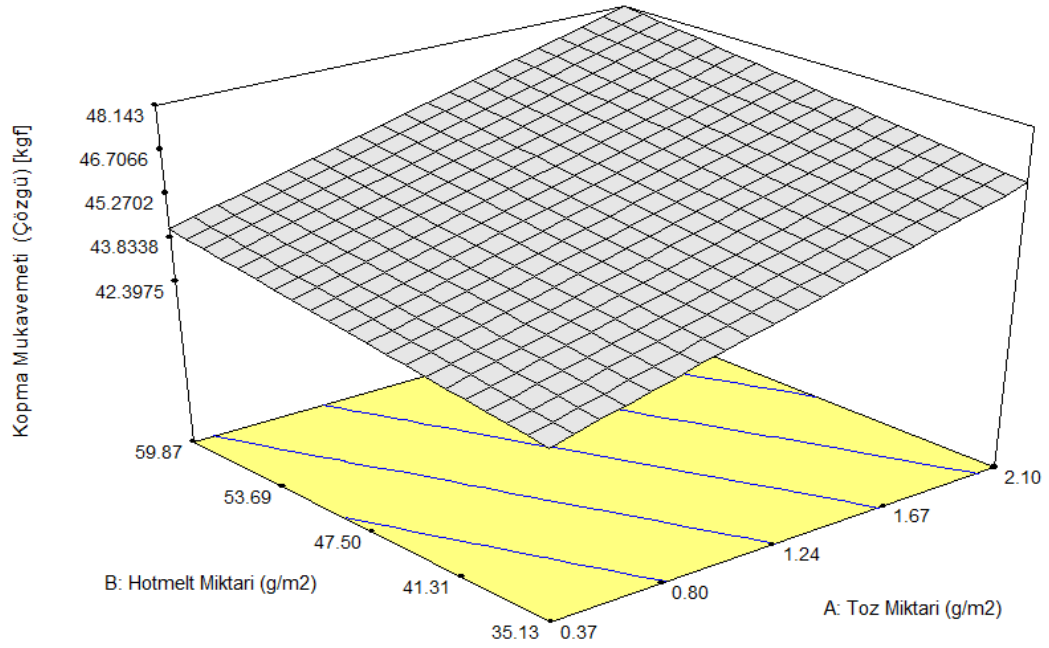
C₁: Kumaş–kumaş laminasyonu

C₂: Kumaş–membran laminasyonu

Kumaş–kumaş çifti ve kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile kopma mukavemeti-çözgü parametresi değişiminin 3 boyutlu grafikleri sırasıyla Şekil 4.48 ve Şekil 4.49’da verilmiştir.



Şekil 4.48. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile KM–Ç değişimi



Şekil 4.49. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile KM–Ç değişimi

Kopma Mukavemeti(atkı) parametresi için ANOVA test sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için kopma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	175.76	5.84	0.0080	Önemli
A	51.78	13.77	0.0048	
B	11.84	3.15	0.1097	
C	1.20	0.32	0.5866	
A²	10.28	2.73	0.1327	
B²	30.10	8.00	0.0198	
AB	30.78	8.19	0.0188	
AC	30.47	8.10	0.0192	
BC	30.30	8.06	0.0195	
Artık	33.85			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre katkı maddesi miktarı (A), tutkal miktarı (B) ve kumaş–kumaş/kumaş–membran çifti (C) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 5.84 olup, model önemlidir. A, B², AB, AC, BC önemli model parametreleridir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 1.94, regresyon katsayısı (R²), 0.8385 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R²_{adj}), 0.6950 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden kopma mukavemeti–atkı (KM–A) katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarına bağlayan modeller aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Eşitlik 4.26–4.27).

$$KM - A (C_1) =$$

$$284.23 - 83.227 \cdot x - 8.06 \cdot y + 2.059 \cdot x^2 + 0.0709 \cdot y^2 + 1.9463 \cdot x \cdot y \quad (4.26)$$

$$KM - A (C_2) =$$

$$475.854 - 126.56 \cdot x - 10.911 \cdot y + 2.06 \cdot x^2 + 0.071 \cdot y^2 + 1.946 \cdot x \cdot y \quad (4.27)$$

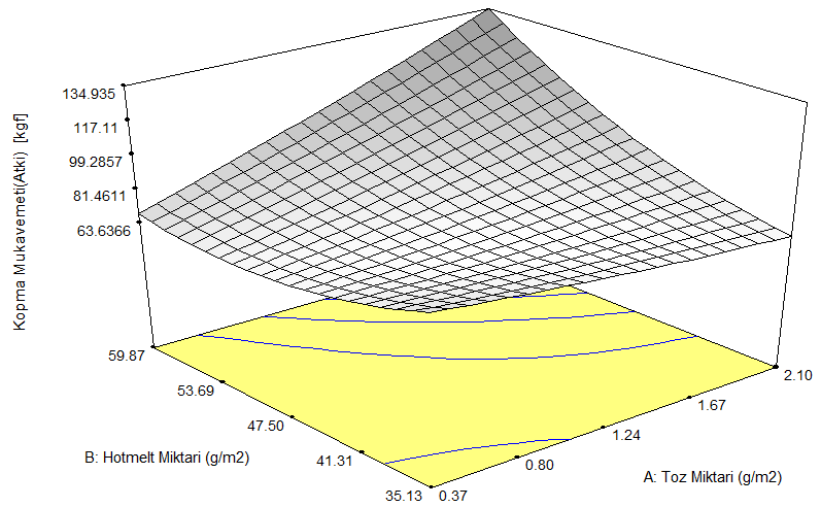
A, x: katkı maddesi miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

B, y: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

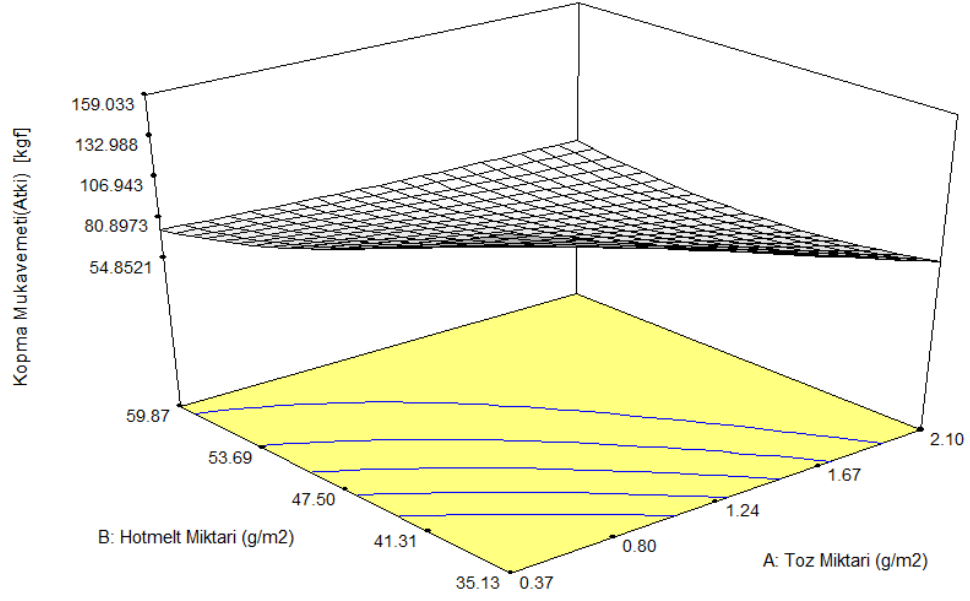
C₁: Kumaş–kumaş laminasyonu

C₂: Kumaş–membran laminasyonu

Kumaş–kumaş çifti ve kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile kopma mukavemeti–atkı parametresi değişiminin 3 boyutlu grafikleri sırasıyla Şekil 4.50 ve Şekil 4.51’de verilmiştir.



Şekil 4.50. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile KM–A değişimi



Şekil 4.51. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile KM–A değişimi

Yırtılma Mukavemeti(çözgü) parametresi için ANOVA test sonuçları Çizelge 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için yırtılma mukavemeti–çözgü parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	9.598x10 ⁶	1498.88	< 0.0001	Önemli
A	14203.13	13.31	0.0038	
B	12900.42	12.09	0.0052	
C	1.471x10 ⁶	1378.40	< 0.0001	
AB	6272.00	5.88	0.0338	
AC	11327.29	10.61	0.0076	
BC	23309.13	21.84	0.0007	
Artık	11739.32			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre katkı maddesi miktarı (A), tutkal miktarı (B) ve kumaş–kumaş/kumaş–membran çifti (C) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 1498.88 olup, model önemlidir. A, B, C, AB, AC, BC önemli model

parametreleridir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli olduğu görülmüştür. Standart sapma, 32.67, regresyon katsayısı (R^2), 0.9988 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9981 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yırtılma mukavemeti-çözgü (YM-Ç) katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarına bağlayan modeller aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Eşitlik 4.28-4.29).

$$YM - \text{Ç} (C_1) = 6950.67 - 302.115 \cdot x - 10.61243 \cdot y + 7.766 \cdot x \cdot y \quad (4.28)$$

$$YM - \text{Ç} (C_2) = 5024.542 - 548.033 \cdot x + 3.226 \cdot y + 7.766 \cdot x \cdot y \quad (4.29)$$

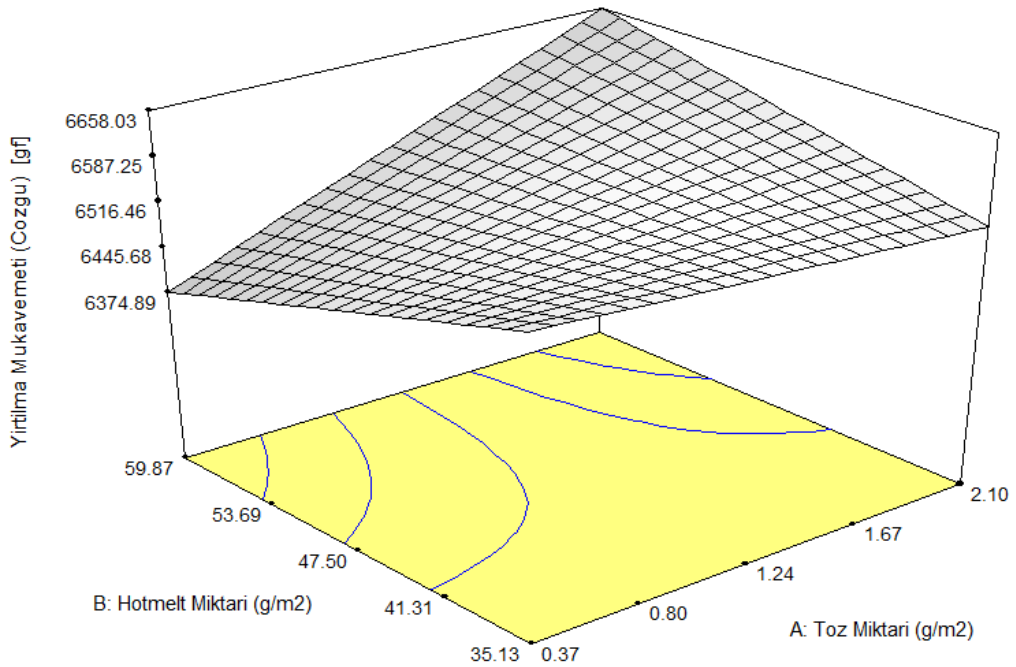
A, x: katkı maddesi miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

B, y: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

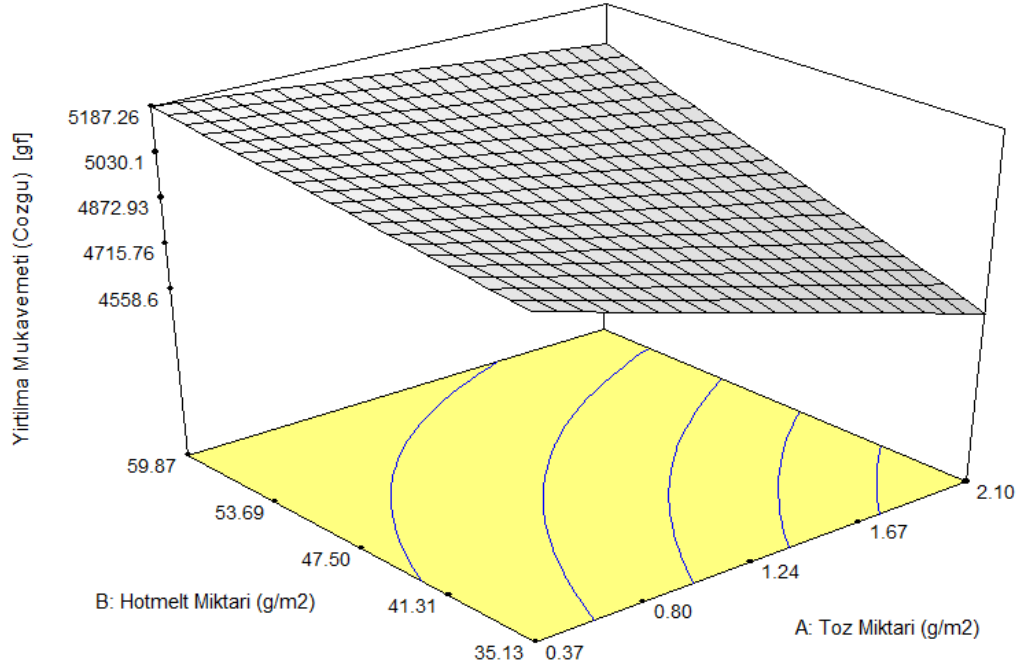
C_1 : Kumaş-kumaş laminasyonu

C_2 : Kumaş-membran laminasyonu

Kumaş-kumaş çifti ve kumaş-membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile yırtılma mukavemeti-çözgü parametresi değişiminin 3 boyutlu grafikleri sırasıyla Şekil 4.52 ve Şekil 4.53'te verilmiştir.



Şekil 4.52. Kumaş-kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile YM-Ç değişimi



Şekil 4.53. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile YM–Ç değişimi

Yırtılma Mukavemeti(atkı) parametresi için ANOVA test sonuçları Çizelge 4.40’ta verilmiştir.

Çizelge 4.40. Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için yırtılma mukavemeti–atkı parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	1.043x10 ⁷	28.33	< 0.0001	Önemli
A	619.40	5.046 x10 ⁻³	0.9444	
B	32.89	2.680 x10 ⁻⁴	0.9872	
C	3.408 x10 ⁶	27.77	0.0001	
Artık	1.719 x10 ⁶			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre katkı maddesi miktarı (A), tutkal miktarı (B) ve kumaş–kumaş/kumaş–membran çifti (C) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 28.33 olup, model önemlidir. A, B, C önemli model parametreleridir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli

olduğu görülmüştür. Standart sapma, 350.36, regresyon katsayısı (R^2), 0.8586 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.8282 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yırtılma mukavemeti-atkı (YM–A) katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarına bağlayan modeller aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Eşitlik 4.30–4.31).

$$YM - A (C_1) = 6529.556 - 10.089 \cdot x + 0.19401 \cdot y \quad (4.30)$$

$$YM - A (C_2) = 5003.2165 - 10.089 \cdot x + 0.19401 \cdot y \quad (4.31)$$

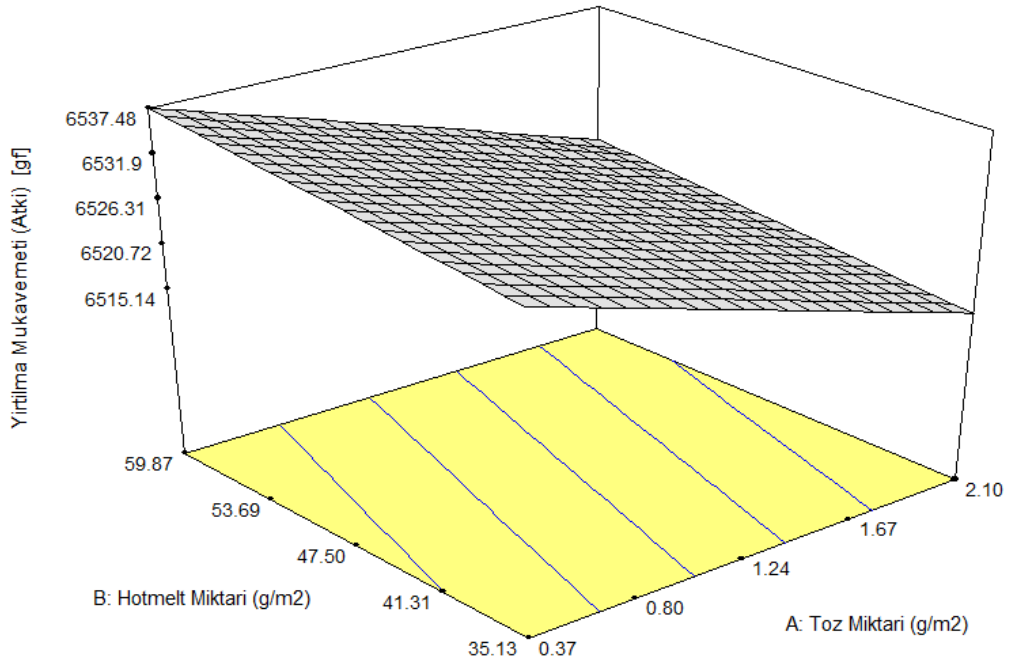
A, x: katkı maddesi miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

B, y: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

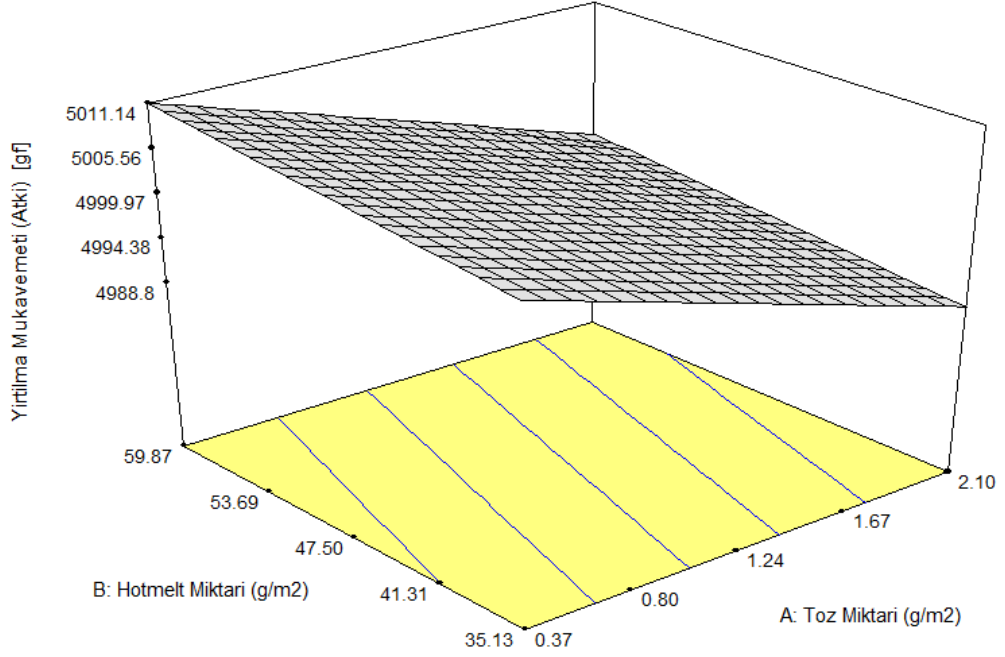
C_1 : Kumaş–kumaş laminasyonu

C_2 : Kumaş–membran laminasyonu

Kumaş–kumaş çifti ve kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile yırtılma mukavemeti-atkı parametresi değişiminin 3 boyutlu grafikleri sırasıyla Şekil 4.54 ve Şekil 4.55’te verilmiştir.



Şekil 4.54. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile YM–A değişimi



Şekil 4.55. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile YM–A değişimi

Elastisite parametresi için ANOVA test sonuçları Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Kumaş–kumaş ve kumaş–membran çifti için elastisite parametresine ait ANOVA test sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob > F	
Model	3644.48	66.80	< 0.0001	Önemli
A	4.42	0.49	0.5003	
B	0.28	0.030	0.8649	
C	419.64	46.15	< 0.0001	
AB	49.41	5.43	0.0398	
AC	47.54	5.23	0.0430	
BC	3.04	0.33	0.5749	
Artık	100.03			

Etkin parametrelerin prob>F değerlerine göre katkı maddesi miktarı (A), tutkal miktarı (B) ve kumaş–kumaş/kumaş–membran çifti (C) olduğu görülmektedir. Modelin F–değeri 66.80 olup, model önemlidir. C, AB, AC önemli model parametreleridir. "Prob>F" değeri 0.05 ten küçük olup, model terimlerinin önemli

olduğu görülmüştür. Standart sapma, 3.02, regresyon katsayısı (R^2), 0.9733 ve düzeltilmiş regresyon katsayısı (R^2_{adj}), 0.9587 olarak hesaplanmıştır.

Gerçek faktörler cinsinden yırtılma mukavemeti–çözgü (E) katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarına bağlayan modeller aşağıdaki eşitliklerde verilmiştir (Eşitlik 4.32–4.33).

$$E(C_1) = -12.6585 + 25.7682 \cdot x + 0.9685 \cdot y - 0.6893 \cdot x \cdot y \quad (4.32)$$

$$E(C_2) = 1.55381 + 41.69922 \cdot x + 0.81049 \cdot y - 0.68933 \cdot x \cdot y \quad (4.33)$$

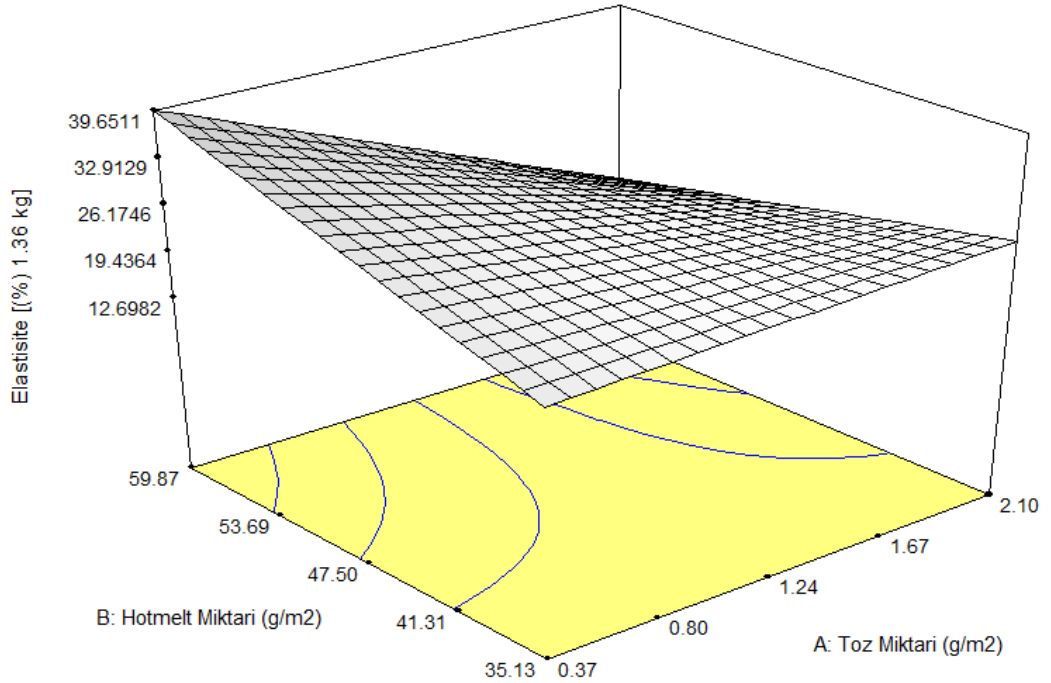
A, x: katkı maddesi miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

B, y: tutkal miktarı $\left(\frac{g}{m^2}\right)$

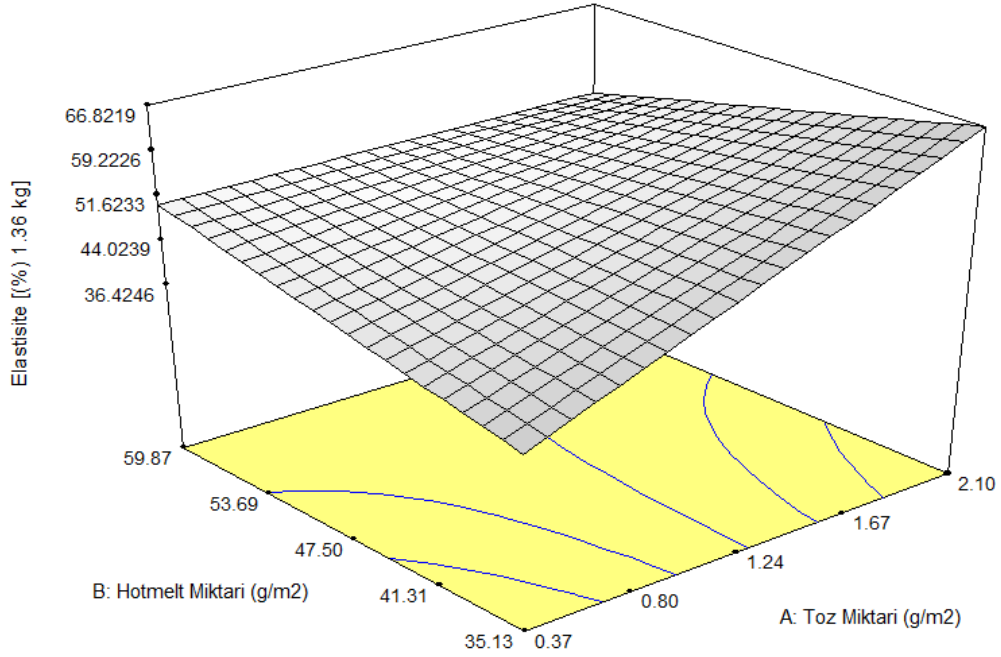
C_1 : Kumaş–kumaş laminasyonu

C_2 : Kumaş–membran laminasyonu

Kumaş–kumaş çifti ve kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile elastikiyet parametresine ait değişiminin 3 boyutlu grafikleri sırasıyla Şekil 4.56 ve Şekil 4.57’de verilmiştir.



Şekil 4.56. Kumaş–kumaş çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile E değişimi



Şekil 4.57. Kumaş–membran çifti için katkı maddesi miktarı ve tutkal miktarı ile E değişimi

Deney sonuçlarına göre Design Expert yazılımı yardımıyla optimum uygulama şartları araştırılmış ve aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Performans parametreleri maksimize veya minimize edilerek bu koşullara ulaşılmıştır. Optimizasyon çalışmalarında; EMSE, su buharı geçirgenliği, kopma ve yırtılma mukavemetleri maksimize edilirken, hava geçirgenliği parametresi minimize edilerek optimum katkı maddesi miktarı ve hotmelt miktarı tayin edilmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.42. Deney sonuçlarına göre optimum uygulama şartları

#	Katkı Maddesi Miktarı(g/m ²)	Hotmelt Miktarı(g/m ²)	Kumaş Çifti*	EMSE [dB]	Su Buharı Geçirgenliği [g/m ² /gün]	Hava Geçirgenliği [mm/s]	Kopma Mukavemeti (Çözgü) [kgf]	Kopma Mukavemeti (Atkı) [kgf]	Yırtılma Mukavemeti (Çözgü) [gf]	Yırtılma Mukavemeti (Atkı) [gf]	Elastisite [%]
1	1.49	43.24	K–M	10.919	55.6	0.042	45.55	78.00	4847.81	4996.58	54.32
2	1.49	43.26	K–M	10.918	55.6	0.042	45.55	78.00	4848.24	4996.59	54.30
3	1.50	43.13	K–M	10.921	55.7	0.042	45.56	78.01	4845	4996.5	54.41
1	1.57	59.87	K–K	13.469	80.2	32.84	60.55	113.05	6570.82	6525.34	21.00
2	1.55	59.87	K–K	13.464	80.1	32.83	60.52	112.43	6568.28	6525.5	21.24
3	1.13	59.87	K–K	13.317	79.0	32.57	59.55	96.018	6499.44	6529.77	27.80

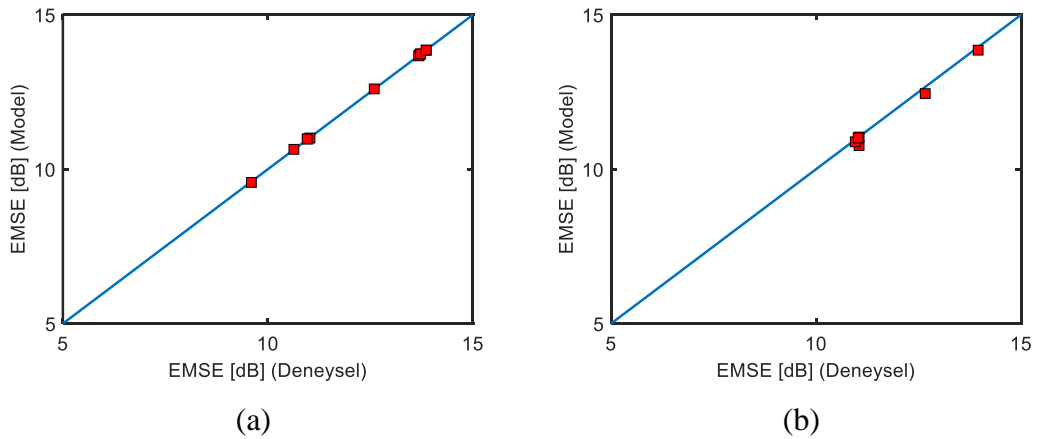
K–K: kumaş–kumaş ; K–M: kumaş–membran

Optimum uygulama şartlarının ortay konduğu Çizelge 4.42 incelendiğinde, kumaş-kumaş laminasyonun kumaş-membran laminasyona göre üstünlükleri kopma ve yırtılma mukavemeti, su buharı geçirgenliği ve elektromanyetik kalkanlama etkinliğinde ön plana çıkmaktadır. Kumaş-membran laminasyonunda elastisite'nin daha yüksek olduğu ve hava geçirgenliğinin de minimize edilebildiği görülmektedir. Kumaş-membran çiftinde elektromanyetik kalkanlama etkinliği kumaş-kumaş çiftine nazaran daha düşük kalmaktadır. Bu ikili çiftler arasındaki en büyük fark hotmelt miktarında ortaya çıkmaktadır. Kumaş-kumaş laminasyonunda gerekli hotmelt miktarı 60 g/m^2 'ye kadar yükselmektedir.

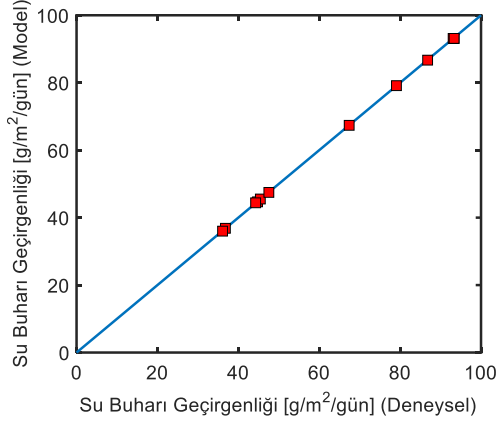
4.2.2. Katkı malzemeli kaplama/laminasyon deneyleri için YSA modelleme sonuçları

Katkı malzemesi olmadan yapılan laminasyon çalışmalarının YSA ve EKK–DVM yöntemlerine göre modellenmesi sonucunda YSA modellerinin genel olarak EKK–DVM modellerine göre daha iyi sonuçlar ürettiği görüldüğünden katkı malzemeli laminasyon/kaplama çalışmalarında YSA ile modelleme tercih edilmiştir.

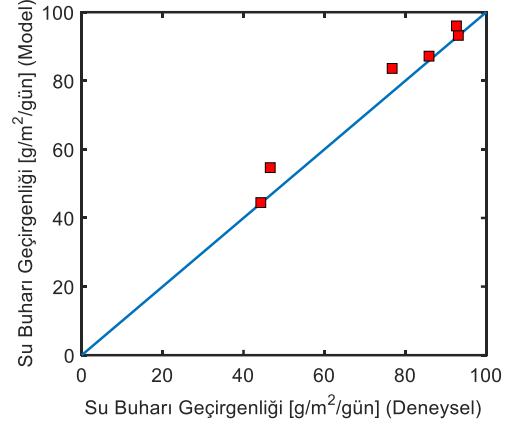
Deneyel–model kıyaslamasının gerçekleştirildiği grafikler Şekil 4.58–Şekil 4.65 arasında verilmiştir.



Şekil 4.58. EMSE parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

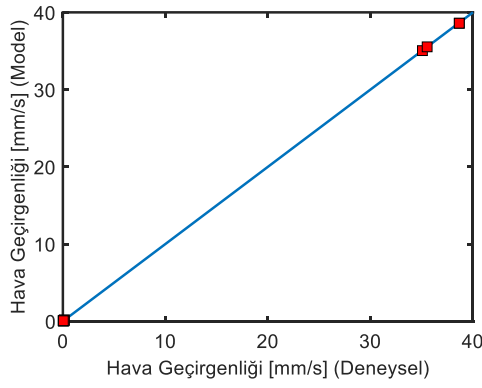


(a)

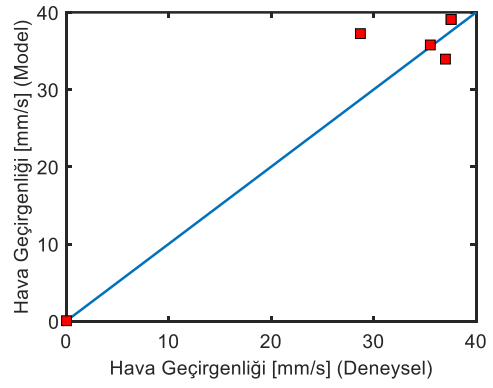


(b)

Şekil 4.59. Su buharı geçirgenliğine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

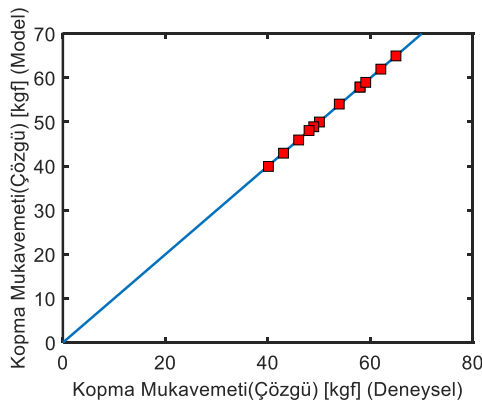


(a)

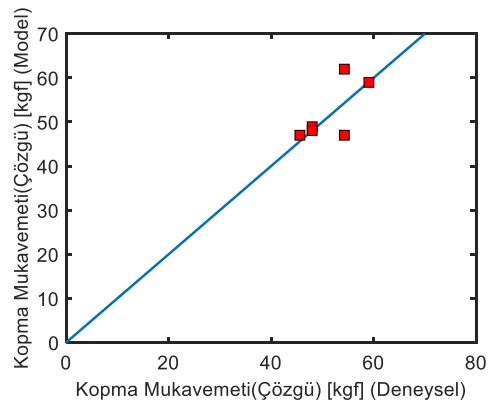


(b)

Şekil 4.60. Hava geçirgenliğine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

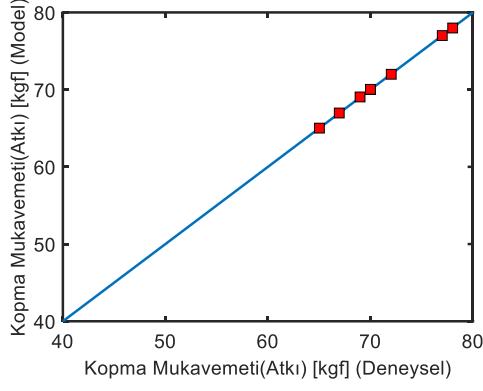


(a)

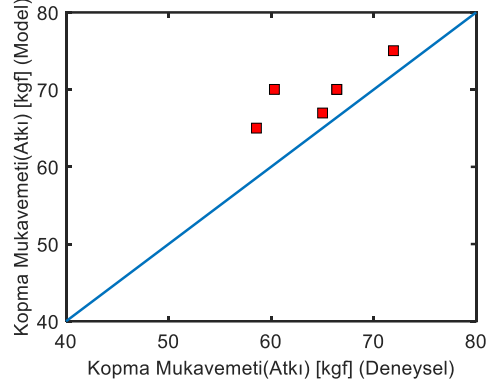


(b)

Şekil 4.61. Kopma Mukavemeti(Çözgü) parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

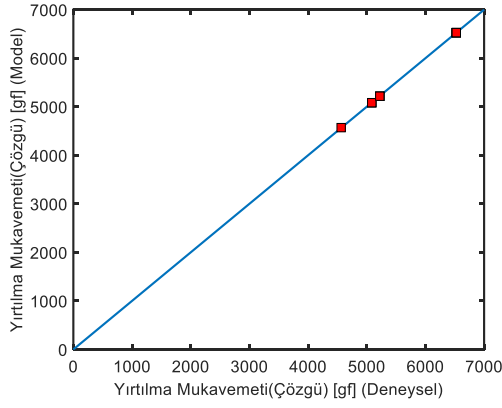


(a)

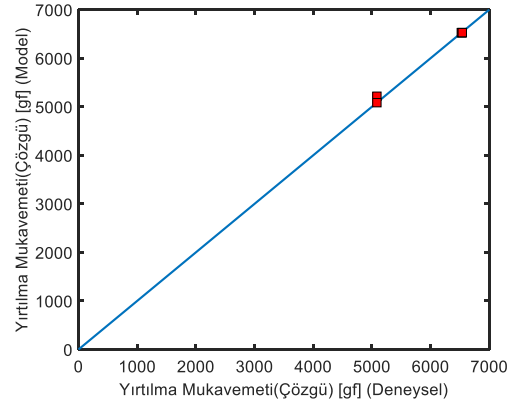


(b)

Şekil 4.62. Kopma Mukavemeti(Atkı) parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

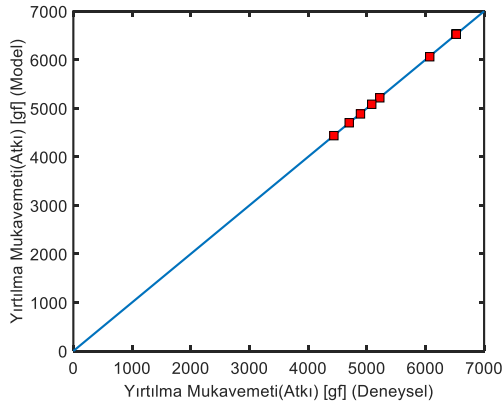


(a)

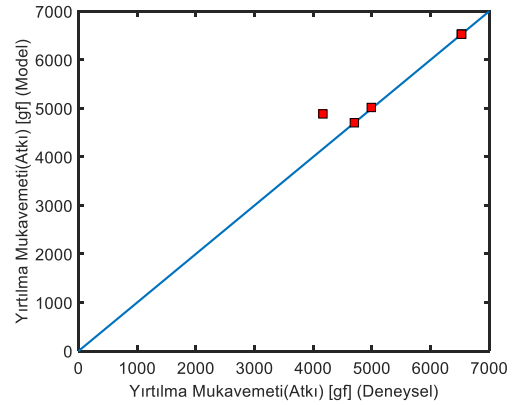


(b)

Şekil 4.63. Yırtılma Mukavemeti(Çözgü) parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

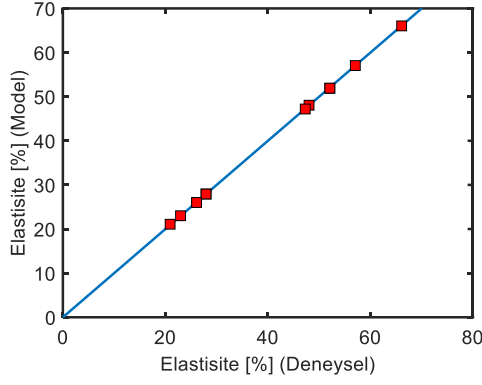


(a)

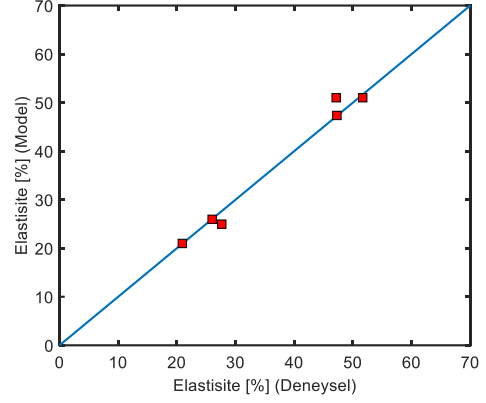


(b)

Şekil 4.64. Yırtılma Mukavemeti(Atkı) parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test



(a)



(b)

Şekil 4.65. Elastisite parametresine ait YSA model sonuçları (a) Eğitim (b) Test

Modellerin eğitim ve test verilerine göre ürettiği sonuçlar Çizelge 4.43'te özetlenmiştir. YSA modellemesinde eğitim sonuçlarının iyi olması tek başına anlam ifade etmediğinden bağımsız verilerle elde edilen test sonuçlarına bakmak gerekir. Eğitim ve test sonuçları birlikte değerlendirildiğinde modellerin deneysel verilerle uyumu genel olarak iyidir. Her ne kadar korelasyon katsayısının (R) bazı parametreler için düşük olduğu saptansa da ortalama mutlak bağıl hata değerlerinin (MAPE) düşük olması modelin uyumlu olduğunu göstermektedir. %MAPE değerleri tüm modeller için % 7'nin altında çıkmıştır.

Çizelge 4.43. YSA model sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi

Parametre	Eğitim Veri Seti İçin			Test Veri Seti İçin		
	RMSE	MAPE (%)	R	RMSE	MAPE (%)	R
EMSE	2.32×10^{-9}	1.04×10^{-8}	1.000	0.1609	1.0110	0.9953
Su Buharı Geçirgenliği	2.14×10^{-7}	3.24×10^{-7}	1.000	4.5736	4.6409	0.9876
Hava Geçirgenliği	8.60×10^{-8}	0.0026	1.000	3.7853	6.7191	0.9678
Kopma Mukavemeti (Çözgü)	8.86×10^{-9}	8.69×10^{-9}	1.000	4.3702	5.4374	0.7051
Kopma Mukavemeti (Atkı)	4.33×10^{-9}	4.14×10^{-9}	1.000	5.3968	6.8576	0.8138
Yapışma Mukavemeti (Çözgü)	3.62×10^{-5}	4.27×10^{-7}	1.000	53.6323	0.4874	0.9983
Yapışma Mukavemeti (Atkı)	2.24×10^{-6}	3.25×10^{-8}	1.000	297.3469	2.5852	0.9698
Elastisite	2.50×10^{-6}	6.14×10^{-6}	1.000	1.9558	3.2863	0.9904

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamında, kaplama/laminasyon işleminin katkı malzemesi ile birlikte gerçekleştirilmesi için gerekli olan toz serpmme ünitesinin amaca uygun tasarımı, teknik çizimleri ve projelendirilmesi gerçekleştirilmiş ve üretici firma ile birlikte yapılan çalışmalar sonucunda hazırlanarak kaplama/laminasyon cihazı ve toz serpmme ünitesi tek bir sistem olarak çalışır hale getirilmiştir. Bu sistemde deneysel çalışmalar gerçekleştirilerek, kaplamalı/lamine kumaşların üretimi sağlanabilmiştir. Toz serpmme ünitesi yerli imkanlarla üretilebilmiş ve dolayısıyla tekstil teknolojisi ve makineleri açısından tamamen dışa bağımlı olduğumuz bir alanda ülkemizde, belirtilen teknolojilerin üretilebileceğine öncülük edilmesi açısından önemli bir kazanım sağlanmıştır.

Tez sonuçlarına göre; aşınma dayanımı, kopma mukavemeti yüksek, nefes alabilir kaplama ve lamineli kumaş numuneleri üretilebilmiştir. Kalsiyum karbonat katkıları ile yapılan kaplama/laminasyon çalışmalarında yukarıda sayılan özelliklerin yanında belirli düzeyde elektromanyetik kalkanlama etkisi de sağlanabilmiştir. Katkı maddesi miktarının artışı ile kalkanlama etkinliğinin arttığı sonucuna varılmış, farklı katkı maddeleri kullanılarak elektromanyetik kalkanlama etkinliğinde önemli artışlar sağlanabileceği öngörülmüştür. Bu kapsamda literatürde biyouyumlu olduğu belirtilen Fe_3O_4 tozları ve benzer malzemeler ile denemeler gerçekleştirilebilir ve çeşitli akademik çalışmalar sürdürülebilir. Tez kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda katkısız/katkılı kaplama/laminasyon işlemleri için optimum proses şartlarının belirlenmesi ve güvenilir modellerin geliştirilmesi sağlanabilmiştir. Geliştirilen modeller yardımıyla, yapıştırılacak çiftlerinin kodları (kumaş-1 için '1', kumaş-2 için '2' ve membran için '3'), katkı maddesi miktarı ve hotmelt miktarı programa girilerek çalıştırıldığında performans parametrelerinin değerleri düşük hata yüzdesi ile önceden tahmin edilebilmektedir. Veri sayısının az olmasına karşın modellerin yeterince başarılı sonuçlar üretebildiği söylenebilir. Dolayısıyla korelasyonu yüksek, ortalama mutlak hataları düşük modeller sonraki çalışmalarda performans parametrelerinin öngörüsü için kullanılabilir. İşletme bazında kaplama/laminasyon üretimine geçilmesi durumunda tezdten elde edilen sonuçlar yol gösterici olacaktır. Ülkemizin ihtiyacı olan Üniversite-Sanayi işbirliği çerçevesinde bu tez TÜBİTAK tarafından desteklenmiş ve böylece İnönü Üniversitesi, Gaziantep Üniversitesi ve ÇALIK Denim

Tekstil San. ve Tic. A.Ş. arasında önümüzdeki süreçte de devam edecek işbirlikleri sağlanmıştır.

Tez sonuçlarının, geliştirilen sistem yardımıyla farklı kombinasyonlarda (kitosan, demir oksit, titanyum dioksit vb. katkı) ürün eldesi için bir projeksiyon çizilebilmesinde yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Tekstil, Hazır giyim, Deri ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu (2012/1), T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü, Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi, 2012.
- [2] Tekstil Sektörü İhracat Performans Değerlendirmesi 2013 Yıllık, İTKİB Genel Sekreterliği, Ar & Ge ve Mevzuat Şubesi, Ocak 2014.
- [3] Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları, 2003-2023 Strateji Belgesi, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, 2004.
- [4] Hazırgiyim ve Konfeksiyon Sektörü 2013 Yıllık İhracat Performans Değerlendirmesi, İTKİB Genel Sekreterliği, Ar & Ge ve Mevzuat Şubesi, Ocak 2014.
- [5] I. Tarakçıoğlu, <http://www.porttex.com/dünyatekstilverileri>, 2003.
- [6] D. Kut, C. Güneşoğlu, **Tekstil & Teknik**, (2005) 224-230.
- [7] W. Fung, *Coated and Laminated Textiles*, The Textile Institute, Woodhead Publishing Limited, England, 2002.
- [8] R. B. Turan, A. Okur, *Kumaşlarda Hava Geçirgenliği*, **Tekstil ve Mühendis**, 72 (2010) 17-25.
- [9] E. Kaplan, E. Koç, *Kumaş Kaplama Teknikleri ve Kaplanmış Kumaş Özelliklerinin İncelenmesi*, II. Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Gaziantep, 2007, p.1-11.
- [10] A. Acar. Denim Kumaş Hatalarının Optimizasyonuna Yönelik Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Türkiye, 2005.
- [11] Alper Çataloğlu. *Elastan Karışımli Denim Kumaşların Elastikiyet ve Kalıcı Deformasyon Özellikleri Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Türkiye, 2007.
- [12] B. Öztürk, S. Dinçel, *Türkiye’de Jean Üretimi, İthalat-İhracat Durumu*, Bitirme Tezi, Marmara Üniversitesi Türkiye, 2003.
- [13] S. Çetiner. *Seçilmiş Denim Kumaş ve Dikiş İpliklerinde Yıkama İşleminin Dikiş Performansı Üzerinde Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Türkiye, 2006.
- [14] Y. Bulut, V. Sülar, *Kaplama veya Laminasyon Teknikleri ile Üretilen Kumaşların Genel Özellikleri ve Performans Testleri*, **Tekstil ve Mühendis**, 70-71 (2015) 5-16.
- [15] D. Kut, C. Güneşoğlu, *Poliüretan ve Poliakrilat Kaplanmış Kumaşların Performans Özelliklerinin Karşılaştırılması*, **Tekstil Maraton**,80 (2005).
- [16] A. Gugliuzza et al., *New Breathable and Waterproof Coatings for Textiles: Effect of an Aliphatic Polyurethane on the Formation of PEEK-WC Porous Membranes*, **European Polymer Journal**, 38 (2002) 253–242.
- [17] F. Fang et al., *Intumescent Flame Retardant Coatings on Cotton Fabric of Chitosan and Ammonium Polyphosphate via Layer-By-Layer Assembly*, **Surface & Coatings Technology**, 262 (2015) 9 – 14.
- [18] M. H. El-Rafie et al., *Characterization of Nanosilver Coated Cotton Fabrics and Evaluation of Its Antibacterial Efficacy Carbohydrate Polymers*, 107 (2014) 174 – 181
- [19] S. Mondal, J.L. Hu, *A Novel Approach to Excellent UV Protecting Cotton Fabric with Functionalized MWNT Containing Water Vapor Permeable PU Coating*, **Journal of Applied Polymer Science**, 103 (2007) 3370 – 3376.

- [20] B. Arık, N. Seventekin, *Evaluation of Antibacterial and Structural Properties of Cotton Fabric Coated by Chitosan/Titania and Chitosan/Silica Hybrid Sol-Gel Coatings*, **Tekstil ve Konfeksiyon**, 2 (2011) 107–115.
- [21] F. D. Kadem, A. Ergen, *Investigation of Some Comfort Properties of Fabrics Laminated With Different Types Of Membranes*, **Tekstil ve Konfeksiyon**, 4 (2011) 323–332.
- [22] Y. Bulut. *Kaplamalı Giysilik Kumaşların Mekanik Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Türkiye, 2010.
- [23] E. Öner, *Tekstilde Kaplama, Tekstil Terbiye Teknolojisi Ders Notları*, Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, 2006.
- [24] A. K. Sen, J. Damewood, *Coated Textiles: Principles and Applications*, (Illustrated Edition), USA: Technomic Publishing Company, 2001.
- [25] O. G. Armağan. *Farklı Lif Tipleriyle Üretilen Lamine Kumaşların Performansının İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Türkiye, 2007.
- [26] A. Ergen. *%100 Polyester Dokuma Kumaşa Uygulanan Laminasyon Tekniklerinin, Kumaş Performans Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2010.
- [27] M. Şirvancı, Kalite için deney tasarımı, Literatür Yayınları, 1997, p. 110.
- [28] D.C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, 6th ed., John Wiley&Sons, 2005.
- [29] K. Hinkelmann and O. Kempthorne, *Design and Analysis of Experiments*, Vol. Advanced Experimental Design, Wiley-Interscience, New York, 2005, p. 780.
- [30] F.Z. Muluk, Ö. Toktamış, S. Kurt ve E. Karaağaoğlu, Çeviri: Hicks, C.R., *Deney Düzenlemede İstatistiksel Yöntemler*, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 2009, p. 267.
- [31] J.R. Banga, E. Balsa-Canto, C.G. Moles and A.A. Alonso, *Improving food processing using modern optimization methods*, **Trends Food Sci & Tech**, 14 (2003) 131-144.
- [32] I. Saguy, M.A. Mishkin and M. Karel, *Optimization methods and available software*, **part1. CRC Critical RevFood Sci and Nutr**, 20:4 (1984) 275-299.
- [33] İsmail Eren. *Patateslerin osmotik dehidrasyonunun "response surface" metodu kullanılarak optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Türkiye, 2004.
- [34] B. Koç, F.K. Ertekin, *Yanıt yüzey yöntemi ve gıda işleme uygulamaları*, **Gıda**, 35:1 (2010) 63-70.
- [35] D. Thompson, *Response Surface Experimentation*, **J Food Process Preservation**, 6 (1982) 155–188.
- [36] F. İkiz, H. Püskülcü, Ş. Eren. *İstatistiğe Giriş*. Barış Yayınları, Fakülteler Kitabevi, 6. baskı, İzmir, 2000.
- [37] R.H. Myers and D.C. Montgomery, *Response Surface Methodology, Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York, NY, 1995.
- [38] E.D. Castillo, *Process Optimization, A Statistical Approach*, Springer Science + Business Media, LLC, New York, NY, 2007.
- [39] G.E.P. Box, N.R. Draper, *Empirical Model Building and Response Surfaces*, 2nd ed. John Wiley and Sons, New York, NY, 2007.

- [40] Z. Yıldız, M. Yüceer and T. Abbasov, *Comparison of Modeling Approaches for Prediction of Cleaning Efficiency of the Electromagnetic Filtration Process*, **Applied Computational Electromagnetics Society Journal**, 26:11 (2011) 899–906.
- [41] C. Boztepe, M. Solener, M. Yuceer, A. Kunkul, O.S. Kabasakal, *Modeling of Swelling Behaviors of Acrylamide–Based Polymeric Hydrogels by Intelligent System*, **Journal of Dispersion Science and Technology**, 36:11 (2015) 1647–1656.
- [42] T. Mete, *Kesikli Bir biyoreaktörde yapay sinir ağlarının kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Türkiye, 2008.
- [43] İ. Çayıroğlu, *Yapay Sinir Ağları, İleri Algoritma Analizi*, Lisans Ders Notu, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, ss. 13.
- [44] B. Sanogo. *pH ve sıcaklığa duyarlı hidrojelilerin sentezlenmesi ve ilaç salım davranışlarının modellenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Türkiye, 2016.
- [45] E. Karadurmus, M. Cesmeci, M. Yuceer, R. Berber, *An artificial neural network model for the effects of chicken manure on ground water*, **Applied Soft Computing**, 12:1 (2012) 494–497.
- [46] Y. Demirağ, O.E. Özsüer, *Ortaöğretim Öğrencilerinin Sınav Performansı Modellemesinde Yapay Sinir Ağları Kullanımı*, Özel Ege Lisesi Proje, İzmir, 2015.
- [47] M. Yaşar, *Günlük Akışlardaki Boşlukların Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tamamlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Türkiye, 2004.
- [48] M. Yüceer, *Artificial neural network models for HFCS isomerization process*, **Neural Computing and Applications**, 19:7 (2010) 979–986.
- [49] T. Karadağ, M. Yüceer and T. Abbasov, *A large–scale measurement, analysis and modelling of electromagnetic radiation levels in the vicinity of GSM/UMTS base stations in an urban area*, **Radiation Protection Dosimetry**, 168:1 (2016) 134–147.
- [50] A.A. Ateşoğlu, *Arima ve yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak hibrit tahmin modeli geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Türkiye, 2015.
- [51] V. Vapnik, *Statistical Learning Theory*, John Wiley, New York, 1998.
- [52] J.A.K. Suykens, J. Vandewalle, *Least squares support vector machines classifiers*, **Neural Netw. Lett.**, 9, (1999) 293–300.
- [53] J. Suykens, T. Van Gestel, J. De Brabanter, B. De Moor, J. Vandewalle, *Least Squares Support Vector Machines*, World Scientific Pub. Co., Singapore, 2002.
- [54] C. Li, X. Zhu, G. Cao, Sh. Sui, M. Hu, M., *Identification of the Hammerstein model of a PEMFC stack based on least squares support vector machines*, **J. Power Sources** 175 (2008) 303–316.
- [55] B. Mehdizadeh, K. Movagharnejad, K., *A comparative study between LS–SVM method and semi empirical equations for modeling the solubility of different solutes in supercritical carbon dioxide*, **Chemical Engineering Research and Design**, 89:11 (2011) 2420–2427.
- [56] A. Niazi, J. Ghasemi, A. Yazdanpoor, *Simultaneous spectrophotometric determination of nitro aniline isomers after cloud point extraction by using least–squares support vector machines*, **Spectrochimi. Acta**, A68 (2007) 523–530.

- [57] A. Niazi, M. Goodarzi, A. Yazdanpoor, *A comparative study between least-squares support vector machines and partial least squares in simultaneous spectrophotometric determination of cypermethrin, permethrin and tetramethrin*, **J. Braz. Chem. Soc.**, 10 (2008) 536–542.
- [58] Ç. Sivri, *Membranla Lamine Edilmiş Nefes Alabilir Kumaşların Konfor Özelliklerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Üniversitesi Türkiye, 2008.
- [59] M.H. Beale, M.T. Hagan, H.B. Demuth, *Neural network toolbox 7 User's Guide*, MathWorks, 2010.
- [60] Suykens, J. (2010), <http://www.esat.kuleuven.be/sista/lssvmlab> (on-line access on 20 June, 2017).

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : AYŞE GENÇ
E-mail : aysegenc330@gmail.com
Doğum Tarihi : 10/04/1971
Doğum Yeri : Kars

Lisans : ODTÜ–Kimya Mühendisliği, 1989–1994
Yüksek Lisans : İnönü Üniversitesi Kimya Mühendisliği, 2012–
Yabancı Dil : İngilizce (çok iyi) ve Almanca (konuşma ve yazma)
İş (Güncel) : Çalık Denim Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. 2014–

Yayınlar

1. G. Mantar, C.Güneşoğlu, M.Orhan, **A.Genç**, İ.İ. Tatlı, An Industrial Example of Cosmetotextile Application: Selective Herbal Material Usage on Cotton Fabrics, Ulusal & 1. Uluslararası Tekstil Teknolojisi ve Kimyasındaki Son Gelişmeler Sempozyumu, 8–9–10 Mayıs 2013, BAOB Yerleşkesi, Bursa.
2. G. Mantar, C.Güneşoğlu, M.Orhan, **A.Genç**, İ.İ. Tatlı, Antibacterial Efficiency of Aloe Vera (L.) Gel Microcapsules on Woven Cotton Fabrics, The International Istanbul Textile Congress 2013, May 30th to June 1st 2013, Istanbul, Turkey.
3. Gunesoglu, C., Orhan, M., Tatli, I. I., Gunesoglu, S., Mantar, G., **Genç, A.**, Industrial Example of Selective Herbal Material Usage on Cotton Fabrics for Antibacterial Activity, 2013 AIChE Annual Meeting, Global Challenges for Engineering a Sustainable Future, November 3–8 2013, San Fransisco, CA.
4. Cem Güneşoğlu, Gülizar Mantar, Sinem Güneşoğlu, İrem Tatlı Çankaya, Mehmet Orhan, **Ayşe Genç**, Imparting Antibacterial Finish on Cotton Fabrics via Aloe Vera Gel Microencapsules: The Comparison of Preparation, Processing, and Performance Between Two Microencapsulation Techniques, Fiber Society Spring Conference 2014, 21 – 23 May, 2014, Liberec, Czech Republic.
5. **A.Genç**, C.Güneşoğlu, M.Orhan, İ.İ. Tatlı, Natural Functional Fabric Production by Using A Selective Plant’s Extract Microcapsules, The 5 th International Istanbul Textile Congress 2015, September 11th to 12th 2015, Istanbul, Turkey.
6. Yüceer, M. **Genç, A.**, Güneşoğlu, C., Karakaplan, N., Ertek Avcı M. (2017). Kaplama/Laminasyon İşlemi ile Denim Kumaşlara Fonksiyonel Özellik Kazandırılması. 16th International The Recent Progress Symposium on Textile Technology and Chemistry.
7. Yuceer Mehmet, **Genç Ayşe**, Güneşoğlu Cem, Karakaplan Nihan, Ertek Avcı Münevver (2016). Sıcak Eriyik Laminasyon Tekniği ile Fonksiyonel Denim Kumaş Üretimi ve Proses Parametrelerinin Optimizasyonu. 12. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi (UKMK–2016), İzmir.