



**TEKSTİL KUMAŞLARININ ADHEZYONUNDA GEKO
EFEKTİ UYGULAMASI VE ETKİNLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Nihal Ruken GÜRBÜZ



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL KUMAŞLARININ ADHEZYONUNDA GEKO EFEKTİ UYGULAMASI
VE ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Nihal Ruken GÜRBÜZ

Prof. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2016

TEZ ONAYI

Nihal Ruken GÜRBÜZ tarafından hazırlanan “Tekstil Kumaşlarının Adhezyonunda Geko Efeki Uygulaması ve Etkinliğinin Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Dilek KUT

Başkan : Prof. Dr. Dilek KUT
Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği

İmza



Üye : Prof. Dr. Binnaz KAPLANGIRAY
Mühendislik Fakültesi
Tekstil Mühendisliği

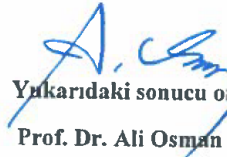
İmza



Üye : Doç. Dr. İdris ÇERKEZ
Bursa Teknik Üniversitesi
Lif ve Polimer Mühendisliği Bölümü

İmza




Yukarıdaki sonucu onaylarım
Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü Müdürü

30/11/2016 (Tarih)

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,

- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,

- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,

- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

25/11/2016

İmza

Ad ve Soyadı

Nihal Ruker GÖRBEZ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL KUMAŞLARININ ADHEZYONUNDA GEKO EFEKTİ UYGULAMASI VE ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Nihal Ruken GÜRBÜZ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT

Gecko kertenkelesi yerçekimine karşı koyan en çarpıcı canlılardan biridir. Düz yüzeylere tırmanabilme yetenekleri, parmak uçlarında yer alan ve tutunmayı sağlayan tüylerden kaynaklanmaktadır.

Bu tez çalışmasında geko teknolojisi kullanılarak üretilen kimyasalların tekstil kumaşlarına aktarılmasıyla adhezyonun iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için 3 farklı yapıda %100 poliester dokuma kumaş kullanılmıştır. Üç farklı strüktüre sahip kumaş kullanılmasının nedeni farklı adhezyon davranışı sergileyebilecek olmalarından kaynaklanmaktadır. Rudolf Duraner firmasından temin edilen Gecko kimyasalı (Ruco Coat ac 2510) döşemelik kumaş veya duvar kumaşı olarak kullanılabileceği düşünülen polyester kumaşlara uygulanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü eldesi için oksijen plazma işlemi, hidrofobik yüzey eldesi için de florokarbon kimyasalı kullanılmıştır.

Sonuçta plazma ile aşındırılan ve florokarbon kimyasalı ile işlem uygulanan kumaşlarda adhezyonun arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Geko, adhezyon, florokarbon, plazma, pürüzlülük, tutunma dayanımı

2016, IX+51 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

AN INVESTIGATION ACTIVITY AND APPLICATION OF GECKO EFFECT IN ADHESION OF TEXTILE FABRICS

Nihal Ruken GURBUZ

Uludag University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT

Gecko is the most impressive example which shows the strength of the animals to the gravity. The ability of some reptiles climbing up the vertical surfaces comes from the presences of adhesives gecko setaes.

In this thesis, the aim is to research the improvement of the adhesion in textile fabrics which was produced by the chemicals in gecko technology. For this aim, three different patterns of 100% polyester woven fabric was used. Three types of fabric which has different patterns was used due to the different adhesion strength. Gecko chemical (Ruco Coat ac 2510) by Rudolf Duraner Co. applied on the fabric samples which are considered to be used as furnishing or wall fabric. Oxygen plasma processing for surface roughness and flouorocarbon chemical for hydrophobic effect was used.

As a result, it has been seen that adhesion level increased on the fabrics which was applied adhesive paste after surface roughness with plasma etching and fluorocarbon application.

Key words: Gecko, adhesion, flouorocarbon, plasma, roughness, adhesion strength

2016,IX+51 pages.

TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans eğitimim boyunca hiçbir desteği benden esirgemeyen, bu tez çalışmasının yürütülmesinde ve değerlendirilmesinde emeği geçen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Dilek TOPRAKKAYA KUT'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmamda kullandığım kimyasalları temin eden Rudolf Duraner A.Ş yetkililerinden Hülya AYDEMİR'e, kumaş temini sağlayan Simye Tekstil ve Tic. A.Ş yetkililerinden sevgili arkadaşım Firdevs YARDIMCI'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamda yapılan testler konusunda yardımcı olan Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Laboratuvarı çalışanı Uzman Bahadır KARADUMAN'a, çalışmalarım süresince bilgi ve yardımlarını benden esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Burcu TEMUR SAKARYA'ya, Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Sayın Araş. Gör. Gizem MANASOĞLU'na ve İstanbul Ticaret Üniversitesi Moda ve Tekstil Tasarımı Bölümü Araştırma Görevlisi Sayın Şeyda EYÜPOĞLU'na teşekkür ederim.

Tüm bu süreç boyunca desteklerini her an hissettiğim sevgili aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

Nihal Ruken GÜRBÜZ

Kasım 2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜRLER	iii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1.Adhesiv Geko Kıllarının Kompozisyon ve Yapısının Analizi.....	2
2.2. Doğal Adhesivlerin Yapısı.....	7
2.3. Geko Kertenkelesinden İlham Alınarak Üretilen Yapıların Analizi.....	10
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal	20
3.1.1. Kumaş	20
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar	22
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Cihazlar	24
3.1.3.1.Emdirme Yöntemine ve Kaplama Yöntemine Göre Aplikasyonların Yapıldığı Laboratuar Cihazları	24
3.1.3.2.Yüzey Modifikasyonu Amacıyla Kullanılan Plazma Cihazı	24
3.1.3.3.Kaplama Yöntemine Göre Aplikasyonların Yapıldığı Rakle Sistemi	25
3.2. Yöntem.....	25
3.2.1. Plazma İşleminin Uygulanması.....	27
3.2.2. Florokarbon Aplikasyonu.....	27
3.2.3. Adhezyon Patının Hazırlanması ve Kaplama İşlemi	28
3.2.4. Kumaşlarda Pürüzlülük Ölçümü	29
3.2.5. Hidrofilite Testi	30
3.2.6. Tutunma Dayanımı ve Ağırlık Testi	31
4. BULGULAR.....	33
4.1. Plazma İşlemi Sonuçları.....	33

4.2. Hidrofilite Testi Sonuçları	34
4.3. Florokarbon Aplikasyonu Sonuçları	36
4.4. Pürüzlülük Testi Sonuçları.....	37
4.5. Adhezyon Patı ile Kaplama İşlemi Sonuçları	38
4.6. Tutunma Dayanımı ve Ağırlık Testi Sonuçları.....	40
5. SONUÇLAR	45
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	51



SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
E	Young Modülü (Pa)
$F_{ }$	Kayma Kuvveti (N)
F_{\perp}	Normal Yük (N)
μ	Sürtünme Katsayısı
α	Alfa açısı (°)
β	Beta açısı (°)

Kısaltmalar	Açıklama
cPs	Centipoise
TiO ₂	Titanyum Dioksit
LF	Düşük Frekans
PSAs	Basınca duyarlı yapıştırıcılar
DIN	Deutsche Industrie Norm
EN	Europe Norm
ISO	International Organization for Standardization
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
PDMS	Polidimetilsiloksan
SEM	Tarayıcı Elektron Mikroskobu
PS	Polistiren
DMF	Dimetilformamid
EDA	Hibrit elektrostatik/ kuru adhesiv yapı
Img	Puntalı İplik
F	Florokarbon
P	2 dk plazma işlemi
P'	5 dk plazma işlemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Geko Kertenkelesinin Mikron Düzeydeki Görüntüsü	2
Şekil 2.2. α -keratin ve β -keratin yapısı	3
Şekil 2.3. Young modülü,E.....	4
Şekil 2.4. Cam yüzey üzerinde izole edilmiş kıl dizinlerinin kuvvet alanı.....	6
Şekil 2.5. Adhesiv yapılı mavi Atlantik midyeleri	7
Şekil 2.6. Kelebek kanadının SEM görüntüsü	8
Şekil 2.7. Geko efekti elde etmek için üretilen katmanlı polimer yapının üretim prosesi	11
Şekil 2.8. Yapay geko liflerinin SEM görüntüsü	12
Şekil 2.9. DMF çözeltisiyle üretilen elektrospun nanofiberlerin SEM görüntüsü.....	13
Şekil 2.10. 6 μ m çapındaki yapay geko liflerinin SEM görüntüsü.....	14
Şekil 2.11. Üretilen yapay geko kıllarının uç yapısı türleri	15
Şekil 2.12. Farklı uç yapılarına sahip yapay geko kıllarının SEM görüntüsü	16
Şekil 2.13. Gömülü elektrot içeren silikon yapı içeriğinin SEM görüntüsü	18
Şekil 3.1. 9400 desen ön yüz (a) ve arka yüz görüntüsü (b).....	21
Şekil 3.2. Polo desen ön yüz (a) ve arka yüz görüntüsü (b).....	21
Şekil 3.3. Truva desen ön yüz (a) ve arka yüz görüntüsü (b)	21
Şekil 3.4. Plazma cihazı	24
Şekil 3.5. Rakle-Şablon Sistemi	25
Şekil 3.6. Uygulamanın işlem akış şeması.....	26
Şekil 3.7. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü Test Cihazı	29
Şekil 3.8. Hidrofilite ölçümü	30
Şekil 3.9. Duvar yüzeyde tutunma dayanımı ve ağırlık testi	31
Şekil 3.10. Suni deri yüzeyde tutunma dayanımı ve ağırlık testi	32
Şekil 4.1. 9400 Blackout desen kumaşın ön işlemleri ve plazma uygulaması sonrası numunelerin hidrofilite ölçümü	34
Şekil 4.2. Truva desen kumaşın ön işlemleri ve plazma uygulaması sonrası numunelerin hidrofilite ölçümü	35

Şekil 4.3. Polo desen kumaşın ön işlemleri ve plazma uygulaması sonrası numunelerin hidrofiliteleri	35
Şekil 4.4. 9400 Blackout desen kumaşta SEM görüntüleri	38
Şekil 4.5. Truva desen kumaşta SEM görüntüleri	39
Şekil 4.6. Polo desen kumaşta SEM görüntüleri.....	40



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Kullanılan kumaşların özellikleri	20
Çizelge 3.2. Kullanılan kimyasalların özellikleri ve reçeteleri.....	23
Çizelge 4.1. 2 Dakika Plazma Uygulaması Sonrası Ağırlık Değişimi	33
Çizelge 4.2. 5 Dakika Plazma Uygulaması Sonrası Ağırlık Değişimi	33
Çizelge 4.3. Ön işlemlenmiş numunelerin AF miktarları	36
Çizelge 4.4. 2 dk plazma işlemlenmiş numunelerin AF miktarları.....	37
Çizelge 4.5. 5 dk plazma işlemlenmiş numunelerin AF miktarları.....	37
Çizelge 4.6. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü test sonuçları	37
Çizelge 4.7. 9400 Blackout desen için tutunma dayanımı ve ağırlık testi sonuçları	41
Çizelge 4.8. Truva desen için tutunma dayanımı ve ağırlık testi sonuçları	42
Çizelge 4.9. Polo desen için tutunma dayanımı ve ağırlık testi sonuçları	43

1.GİRİŞ

Doğa ve teknoloji kavramları çoğu zaman birbirinin zıttı olarak düşünülmektedir. Toplumdaki genel algı teknolojik olanın doğal olamayacağı ya da tam tersi, doğal olanın teknolojik olamayacağı yönünde olmaktadır. Ancak, bu düşüncüyü çürüten bir kavram olan biyomimetik günden güne daha çok belirmektedir ve örnekleriyle hayatımıza girmektedir.

Biyomimetik, doğadaki modelleri inceleyen, sonra da bu modelleri taklit ederek veya bunlardan ilham alarak insanların problemlerine çözüm getirmeyi amaçlayan yeni bilim dallarını kapsamaktadır. İnsanların doğada bulunan sistemleri taklit ederek yaptıkları maddelerin, aletlerin, mekanizma ve sistemlerin tümünü ifade etmektedir.

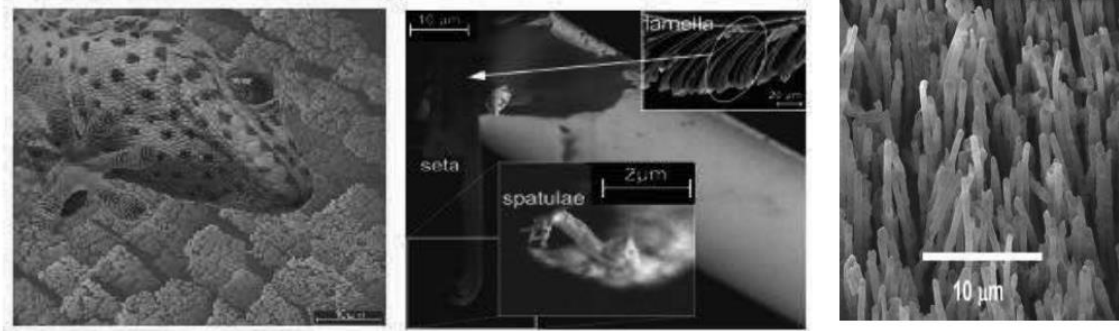
Tekstil sektöründe de biyomimetik alanından yaygın bir şekilde yararlanılmaktadır. Özellikle tekstil materyallerinin adhezyonunu arttırmaya yönelik olarak geko etkisi bir çok alanda kullanılmaktadır. Biyomimetik kapsamında geko etkisi hayvanların yerçekimine karşı dayanımını gösteren en ilgi çekici örneklerden biridir. Geko ayağı büyüteç altında incelendiğinde çok sayıda mikro ölçekli kıla sahip olduğu ve bu yapı üzerindeki mikro ölçekli kılların kare şeklinde kümелendiği görülmektedir. Bu kıl yapıları keratinden oluşmakta ve 100 nm boyutundaki bu yapılar üzerinde küresel başlıklar yer almaktadır.

Bilindiği üzere kaplama sonrası yüzeyin nefes alabilirliği önemli bir etmendir. Nefes alabilirlik; bir malzemenin difüzyon ile su buharı transmisyondur. Özellikle tekstil sektöründe kullanılacak yapıştırıcıların adezyon özelliklerini geliştirirken nefes alabilirlik gibi temel özellikler gözardı edilmemelidir. Poliüretan kullanılarak nefes alabilir yüzeyler iki temel üretim tekniği ile üretilmektedir. Bu teknikler; mikro gözenekli yapı oluşturma tekniği ve hidrofilik nano gözenekli film oluşturma tekniğidir. Tekstil materyali mikro gözenekli filmler ile kaplandığında, su damlacıkları materyalin alt yüzeyine geçemezken su buharı geçebilir. Poliüretanın nefes alabilirliğini geliştirmek için poliüretan kaplamalar içine hidrofilik politetrametilen etherglikol, polikaprolaktam glikol, polietilen glikol, poliester bütülenadipat, polietilen adipat, polihegzametilen adipat, perfloroalkil tipi florokarbon bazlı bileşik ve TiO₂ nano partiküller kullanılmaktadır. Aynı zamanda çok iyi bir adhesiv olan poliüretanın bu özelliği sayesinde multi fonksiyonel adhezyon kimyasalları geliştirilebilmektedir (Chena ve ark. 2011).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Adhesiv Geko Kıllarının Kompozisyon ve Yapısının Analizi

Geko; hayvanların yerçekimine karşı dayanımını gösteren en ilgi çekici örnektir. Belirli sürüngenlerin dikey yüzeylere yapışma yeteneği ayaklarındaki özel yapışkan kılların varlığından kaynaklanmaktadır. Geko hayvanlarının yapışkan ayakları hemen hemen her yüzeye milisaniyelik sürede hiç zorlanmadan yapışıp ayrılma özelliğine sahiptirler.

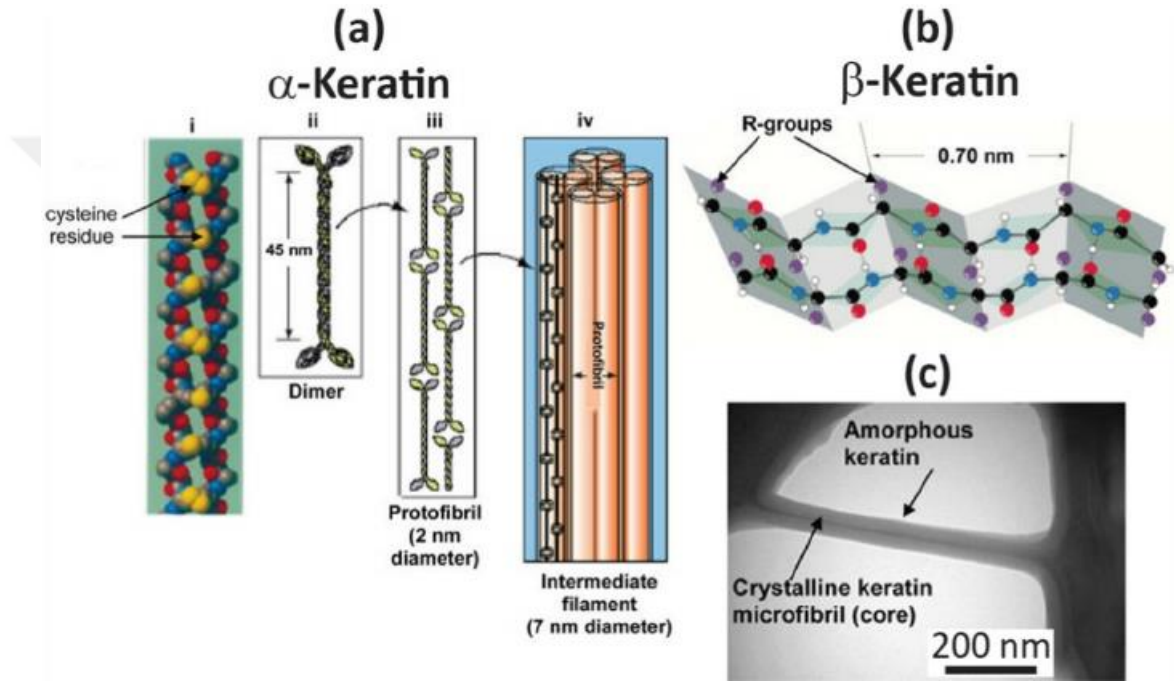


Şekil 2.1. Geko Kertenkelesinin Mikron Düzeydeki Görüntüsü (Huber ve ark. 2005)

Süper adhezyona sahip yüzey tasarımında geko kertenkelesi, tasarıma ilham veren en önemli canlıdır. Makro ölçekte gekonun ayağında V şeklinde spatula benzeri şekiller görülmektedir. Geko ayağı incelendiğinde, yapı üzerinde çok sayıda mikro ölçekte kıl olduğu ve bu kılların kare şeklinde kümelendiği görülmüştür. Ayakta bulunan kıllar yaklaşık 100nm boyutundadır. Kılların yapısı keratindir ve her bir kılın üzerinde nano boyutta küresel başlık yer almaktadır (Boesel ve ark.2010).

Gekoların ayaklarındaki adhesiv özellik konvansiyonel adhesivlerden önemli ölçüde farklıdır. Konvansiyonel basınca duyarlı yapıştırıcılar (PSAs); uygun olmayan yüzeylere kendi kendine tutunabilen viskoelastik polimerlerdir. Buna karşılık geko ayakları etkili sertliğe sahip açılı yay yatakları gibi hareket eden hidrofobik keratinler, sertçe oluşmuş saça benzer lifler (kıl), açılı dallanmış diziler taşımaktadır. Kıllar kendi kendini temizleyebilmekte ve kirli koşullardaki tekrarlı kullanım esnasında aylarca bu fonksiyonlarını korumaktadırlar. Bu tür adhesiv kılların yapısal ve içeriksel çalışmaları fibriler adhesiv kılların biomimetik tasarımlarına yönelik önemli katkılar sağlamaktadır. Bir matris ile birlikte düzenlenen protein fibrillerinin agregatları tarafından oluşumunu gösteren ve belirli protein kılıfı tarafından potansiyel olarak çevrili bu tür kılların

elektron mikroskobu analizlerinin sonuçlarının sunulduğu bir çalışma incelenmiştir. X-ray kırınım analizi; sadece sıralı proteinden meydana gelen bu yapıların β -keratinin karakteristik kırınım şeklini sergilediğini kesin olarak ortaya koymaktadır. Bununla birlikte her bir kılın Raman mikroskopisi bazı ek bileşenli proteinlerin α -keratin yapısı sergileyebileceğini açıkça göstermektedir. Bu sonucu destekler nitelikte olan çözünebilir kıl proteinlerinin analizi α -keratinlerle birlikte düşük molekül ağırlıklı β -keratin gruplarının varlığını göstermektedir ve yapısal analizler tarafından bu yorum desteklenmektedir (Rizzo ve ark. 2005).

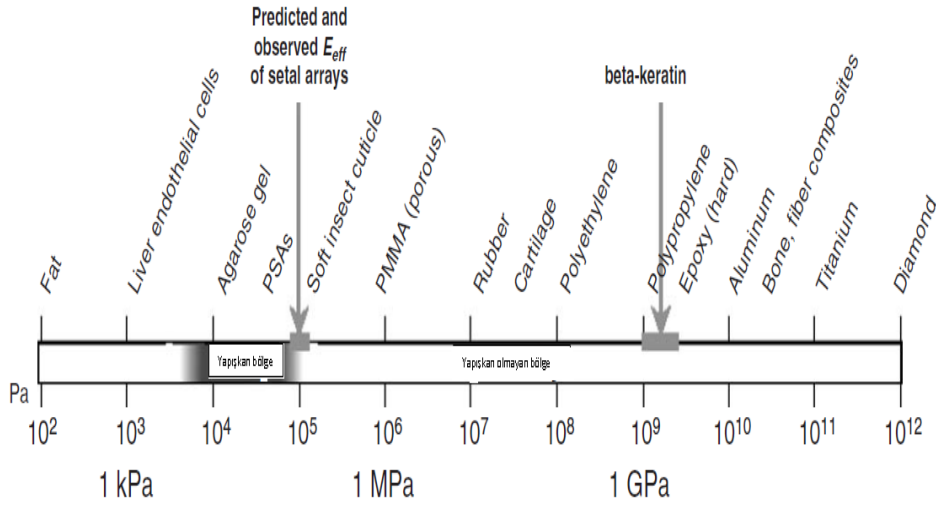


Şekil 2.2. α -keratin ve β -keratin yapısı a) 2 polipeptit zincir ile çevrili α -keratin yapısının hiyerarşisi b) tabakalar arasında uzanan radikal gruplara sahip sıralı zincirlerin oluşturduğu levha biçimli β -keratin yapısı c) koyun boynuzunda bulunan amorf keratin matrixindeki kristalin keratin çekirdeğinin kompozit yapısına sahip α -keratinin TEM (transmisyon elektron mikroskobu) görüntüsü (Meyers ve ark. 2015).

Yapılan bir diğer çalışmada geko kıllarının protein bileşenlerinin karakterizasyonu incelenmiştir. Bu yapıların niteliğinin belirlenmesi; taklit tasarımları olan sentetik yapıların geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. ABD den temin edilen Tokay ve Geko kertenkeleleri hayvan bakım ve kullanım kurallarına göre özel karbondioksit boğulması

ile hazırlanmıştır. Sıvı nitrojen içinde dondurulan ayaklarından kıl kazıma aparatıyla kıllar itina ile kazılmıştır (Autumn 2007).

Elektron mikroskobu kullanılarak yapılan geko kılının analizinde bu yapılardaki karakteristik spatular uç elementlerdeki fibriler demet oluşumları ve uç kısımlardaki dallanmalar gösterilmiştir. Kendi doğalarında bulunan eğilimle fibrillerin ucunda spatular yapının olduğu düşünülmektedir. Bundan önceki çalışmalarda β -keratinin sürüngenlerinin kıl bileşenlerinde olabileceği bilinmektedir. Bu gözlemlerin geliştirilmesi amacıyla kıl proteinlerinin bileşenleri üzerinde bu araştırma yapılmıştır. Kıl yapısının yapışma özelliğini anlayabilmek için bileşenlerinin yapısını bilmek faydalı olmaktadır. Kıl dizinlerinin X-ray kırınım difraksiyon çalışmaları Tokay kertenkele kıl yapısında sadece kıl yapısındaki paralel olan sıralı zincir eksenlerinde β -keratin yapısının bulunduğunu göstermektedir. Bu çalışmada α -keratinin varlığına dair bir kanıt gözlenmemiştir.



Şekil 2.3. Young modülü, E (Autumn 2007)

Young modülü, malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsüdür. Tanımı gereği birim kesit alanına sahip bir malzemede (genellikle 1 mm^2) birim boyu bir kat arttırmak için uygulanması gerekli kuvveti gösterir. Şekilde young modülünün yapışkan bölge ve yapışkan olmayan bölge aralığındaki değişimi görülmektedir.

Birçok kertenkele çeşidinin kıl yapısı çok iyi belgelenmiş dahi olsa sahip oldukları yapışma özelliklerinin nasıl meydana geldiğini kanıtlamak ise bir o kadar zor olmaktadır.

20. yüzyıl başlarında Haase; söz konusu yapışmanın bağımlı yüklerle ve sadece tek yönlü olarak (proksimal ayak eksenini boyunca) meydana gelebileceğinin belgelendirmiştir. (Haase,1900). Aynı zamanda kertenkelelerin inter moleküler kuvvetler tarafından oluşan yapışma özelliğine ilk kelime önerisini almanca bir sözcük olan adhäsiön kelimesi ile Haase vermiştir. Son 175 yıldır geko adhezyonu için; yapışkanlık, vakumlama, kilitleme, statik elektrik, kılcal kuvvetler, Van der Waals kuvveti ve sürtünme mekanizması gibi en az 7 mekanizma olasılığı tartışılmaktadır. Kapılar adhezyon ve Van der Waals kuvvetlerinin etkili bir adhezyon mekanizması olup olmadığını belirlemek için hidrofobik olarak büyük farklılıkları olan iki adet yüksek polarlaşabilen yarı iletken yüzey üzerinde adhezyon ve sürtünme değerleri ölçülmüştür (Hiller, 1975). Moleküler etkileşim nedeniyle ortaya çıkan kuvvet Van Der Waals kuvvetidir. Van der Waals kuvvetleri moleküller veya atomlar arasında elektronların anlık dizilimlerinden meydana gelen geçici kuvvetlerdir. Diğer kimyasal bağlara göre çok daha zayıftır. Bu kuvvet her ne kadar zayıf da olsa gekoların ayaklarındaki “2 milyon tüycüğün” her biri gekonun duvara tutunmasına destek olur. Bu tüycüklerin esnekliği yüzey alanını dolayısıyla çekim kuvvetini (adsorpsiyon) arttıran bir başka etkidir.

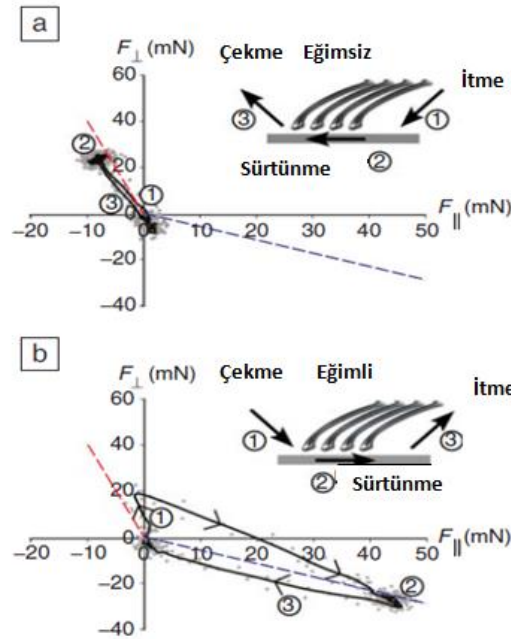
Hidrofobik ve hidrofilik yüzeyler arasında su bulunduğunda nem temas geometrisini ve yapışma enerjisi temasını muhtemelen değiştirmektedir. Fakat sistemin karmaşıklığı nedeniyle geko kılları üzerinde nasıl bir etki göstereceğini tahmin etmek oldukça zor olmaktadır. Oysa yüksek nem, geko spatullarında adhezyon artışına neden olabilmektedir, reddedilen “gerçek” kapılar kuvvetler su köprüleri içerir, çünkü yüksek nemde bile substrat-spatula arayüzü sadece birkaç mono-katman içermektedir (Huber ve ark. 2005). Yanı sıra nem temas geometrisini değiştirerek adhezyonu arttırmaktadır, Sabit Van der Waals katsayısı düşmekte ve yapışma azalmaktadır. Bu iki etki düşük nemde 7 mN dan yüksek nemdeki 12mN a adhezyonu arttırmak üzere birbirlerini dengelemektedirler.

Amontons'un 1. Yasasına göre kayma kuvvetinin ($F_{||}$) normal yük (F_{\perp}) ile ilişkilendirilmesi sürtünme katsayısını (μ) ortaya çıkmaktadır:

$$F_{||} = \mu F_{\perp} \quad (2.1)$$

Sürtünme normal yük tarafından belirlenmektedir.

Kıllar kendi doğal kavislerine zıt yüzeylere doğru sürüklendiklerinde (yapışkan olmayan yönde) tipik Amontons sürtünmesini sergileyememektedir. Bu sebeple yapışma özelliklerini de kaybetmektedirler (Autumn ve ark. 2006).



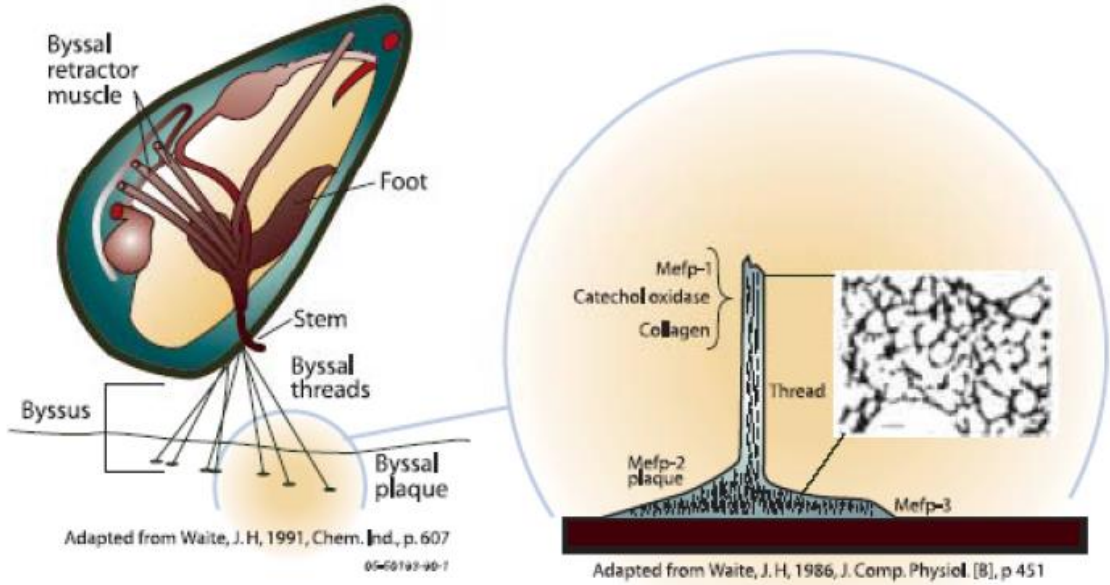
Şekil 2.4. Cam yüzey üzerinde izole edilmiş kıl dizinlerinin kuvvet alanı

Geko ayaklarındaki kıllar; milisaniyelik yapışma ve ayrılma özelliği olan merkeze yakın yerdeki, kayma kuvvetinin koruma gerektirdiği adhezyon olan anizotropik “friksiyonal yapıştırıcılar”dır. Bu nedenle geko kılları uygunsuz yapışmalara karşı dayanıklıdırlar. Kolay ve hızlı bağlanma ve ayrılma özelliğine sahiptir. Kıllar kendi kendini temizleyebilen ve kirli koşullarda bu özelliklerini uzun süre boyunca koruyan bir yapıdan oluşmaktadır (Autumn 2007).

2.2. Doğal Adhesivlerin Yapısı

Deniz organizmalarının kendi çevrelerinde gelişebilmesi için geniş bir yelpazeye sahip koruyucu stratejiler geliştirilmektedir. Bu biyolojik malzemeler basit biyopolimer ve biyomineral malzemelerden oluşmasına rağmen etkili ve karmaşık tasarımlar oluşturabilmektedir. Derinlerde yaşayan deniz organizmalarında belirli koşullar altında ıslak yapıştırıcı özellikleri (gelgit bölgelerinde ve dalga kuvvetine direnç göstererek yapışma direnci gelişen) gelişmiştir (Meyers ve ark. 2015).

INL deki araştırmacılar doğal yapıştırıcıları moleküler ölçekte tanımlamaktadır ve adhesifleri geliştirmek için rekombine protein yolunu keşfetmişlerdir. Bu şekildeki yapıştırıcılar geniş bir malzeme yelpazesinde daha güçlü bağlara sahip bir yapıştırıcı olabilmektedirler. Bu sistemler çevre dostu ve güvenli bir biçimde çalışmayı sağlayabilmektedir.

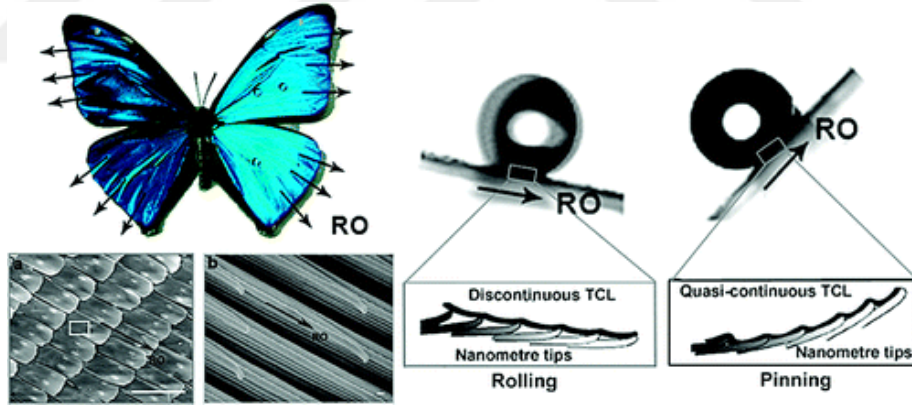


Şekil 2.5. Adhesiv yapıları Mavi Atlantik midyeleri (Lee ve ark. 2011)

Şekil 2.5’ de görülen mavi Atlantik midyeleri doğal yapıştırıcıları bu özelliklerini byssal plaka ve ağlarında yer alan adhesiv proteinlerden almaktadırlar. Epoksi yapıları deniz suyu içinde bozunmadan durabilmektedir. Ayrıca bu midyeler epoksiyi nispeten düşük sıcaklıklarda üretmektedirler. Doğal su geçirmez yapıştırıcıları üretmek için Oregon

Üniversitesinde bulunan DOE laboratuvarlarında midye proteini klonlanmıştır. Midye proteini ve geko ürünlerinin birleşiminden süper yapıştırıcılar üretilebileceği düşünülmektedir (Lee ve ark. 2011).

Geko teknolojisi ile üretilen yapılarda geko hayvanının ayak yapısına benzetim amacıyla hidrofobluğu artırma çalışmaları yapılmaktadır. Plazma uygulamaları polimerleri, materyalleri ya da elastomerleri mühendislik uygulamalarında kullanılabilir hale getirmek için uygulanmaktadır. Cho ve arkadaşları düşük basınçta metan gazı kullanarak dielektrik bariyer desaj plazma yoluyla karbon nano tüpleri kullanarak yüzeyi hidrofobik hale getirmişlerdir (Cho ve ark. 2007). Tsougeni ve arkadaşları polidimetilsiloksan filmi oksijen plazmayla modifiye ederek yüzeyi pürüzlü hale getirmişlerdir. Ardından yüzeyi hidrofob hale getirmek için florokarbon ile kaplamışlar ve yüzeyin suyla temas açısını ölçmüşlerdir. Sonuçlar yüzeyin suyla temas açısının 150° den büyük olduğunu göstermektedir ve yüzey süper hidrofob olarak kabul edilmiştir (Tsougeni ve ark. 2007).



Şekil 2.6. Kelebek kanadının SEM görüntüsü

Kelebek kanadının süper hidrofobluğu yönlemiş adhezyon sergilemektedir. Bir sıvı damlası kanat yüzeyinde tek bir yöne doğru yuvarlanır ama damla hareket yönünün tersine yönde yüzeye sıkıca tutunmuştur. Uyarıcı-karşılık veren materyallerin ve uygun yüzey geometrisine sahip materyallerin aksine geliştirilen süper hidrofobik yüzey üzerindeki su damlasının adhezyonu düşük adhezyondan yüksek adhezyona dönüştürülebilir durumdadır. Adhezyonda ki değişimler sıcaklıkla, magnetik ve elektrik alan ile sağlanır. Hava içinde yapılan deneylere ek olarak, süper yağ itici sıvı/katı

yüzeylerinde yağ damlacıklarının ve trombositlerin adhezyonu incelenmiştir. Nano ve mikro yapılar yağ damlacıklarının ve trombositlerin adhezyonunu azaltıcı yönde etki göstermiştir. Bulguların anti-bio adhezyon materyallerindeki gelişmelere yenilikler sunacağı düşünülmektedir.

Genellikle katı-sıvı adhezyonu yüzeyin geometrik yapısından ve yüzey kompozisyonundan etkilenir. Adhezyonun iki faktöre göre değişmesine rağmen katı-sıvı adhezyonu kontrol edilebilmektedir. Bu kontrol edilebilir katı-sıvı adhezyonuna sahip süper hidrofobik yüzeyler gelecekteki akıllı parçaların yapısını oluşturabilir. Bunlara ilaveten, yapılan bu çalışmada bio taklitte elde edilen süper hidrofobik yüzeylerde sıvı-katı adhezyonu incelenmiştir. İlk olarak, katı-sıvı adhezyonuyla ilgili temel teoriler sunulmuştur. İkinci olarak yüksek adhezyona sahip süper-hidrofobik yüzeyin nasıl tasarlandığı üzerinde durulmuştur. Ardından, yönlenmiş adhezyonun kaynağının nano ve mikro yapılarda ne olduğu araştırılmış ve nasıl kontrol edileceği incelenmiştir. Son olarak yağ/su/sıvı sistemlerinde ıslanma davranışları tanımlanmış ve bu şekilde trombositlerle katı yüzey arasındaki adhezyonun nasıl olduğu anlaşılmıştır. Genellikle sıvının katıya temas açısı 150° den büyükse yüzey süper hidrofobik olarak tanımlanmaktadır. Gözlenenlere göre; sentezlenen ve tasarlanan süper su itici yüzeylerde düşük adhezyon, yüksek adhezyon, yönlenmiş adhezyon ve uyarıcı-cevaplayıcı adhezyon spesifik adhezyondur. Bio taklitte sentezlenen yüzeylerdeki çalışmalar yüzeydeki mikroyapıların yüzeye özel adhezyon özelliği kazandırdığını ortaya çıkartmıştır. Örneğin; mikroyapıların(mikroçukıntı) ve nano yapıların bölge anatomisi ve boyutları katı-sıvı adhezyonunu önemli derecede etkilediği ortaya çıkmıştır. Diğer bir deyişle, yönlenmiş sıvı-katı adhezyonunun nedeni mikro ve nano yapılarının oryantasyonu ve düzenlenişidir. Buna ek olarak, yağ/su/katı sistemi içinde süper yağa itici yüzeylerin adhezyonu tartışılabilir. Sıvıyla yüksek temas yüzeyde mikro ve nano yapılar oluşturularak azaltılır. Bu bulguların anti bio adhezyon materyallerinin üretimine yenilikler getireceği düşünülmektedir (Liu ve ark. 2010)

Doğal adhesiv olarak son zamanlarda üzerinde araştırma yapılan bazı yapışkanlar aşağıdaki gibidir;

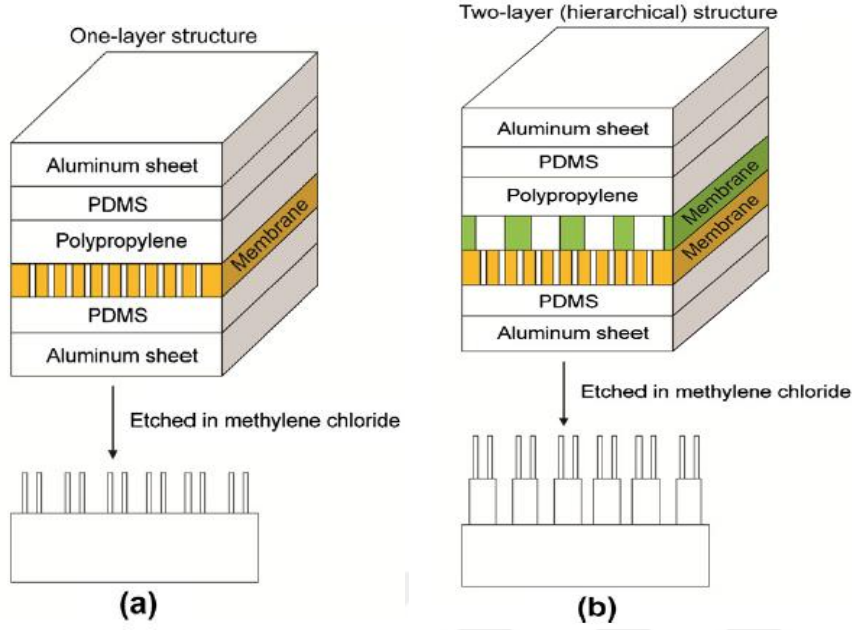
- Şeker bazlı yapıştırıcılar
- Kemik, balık ya da midyeden ekstrakte edilen kolajenler

- Yumurta akı
- Kazein

Geko teknolojisi ile üretilen materyallerin bu doğal adhesivlerle takviye edilerek adhezyon özelliğinin artırılabilceğı düşünölmektedir.

2.3. Geko Kertenkelesinden İlham Alınarak Üretilen Yapıların Kompozisyon ve Yapısının Analizi

Lotus yaprağı ve geko gibi biyolojik sistemlerin fibriler yapışkan yüzeylerinin mekanığı ve eşsiz yüzey özelliklerinden dolayı sıklıkla ikisi üzerinde de çalışılmaktadır. Lotus yaprağı süper hidrofobik, kendini temizleme özelliğı ve düşük adhezyon için model oluşturmaktadır. Geko ayağı hiyerarşik mikro/nano fibriler yapısından dolayı yüksek adhezyona sahiptir. Nano yapılı yüzeyler fibriler yoğunluğa bağılı olarak düşük ya da yüksek adhezyon sergileyebilirler ve bu istenen adhezyonla birlikte çevre dostu yüzey yapılarının gerçekleştirilmesi olasılığını sunmaktadır. Kesin araştırmalara göre akıllı adhezyon yüzeyleri imal etmek için ilk kez iki tekniğın bir arada bulunduğı modelleme tekniğı kullanılmıştır: çeşitli fibriler yoğunlukta ve çapta tek ya da iki katmanlı hiyerarşik sentetik adhesiv yapılı yüzeyler kullanılarak lotus ya da geko adhezyon etkisinin gözlenmesine olanak tanımaktadır. Üretilen ürünlerin temas açısı, ıslanabilirliklerinin karakterize edilmesi için ölçölmüştür. Kendini temizleyebilme yeteneğini belirlemek için kirlilik deneyleri yapılmıştır. Atomik kuvvet mikroskopuna (AFM) , konvansiyonel ve cam bir küre eklenmiş ve ölçeklendirme etkisi çalışmaları için kuvvet mesafe eğrileri ve yapıştırıcı kuvvetler yöntemi kullanılmıştır (Lee ve Bhushan, 2012).

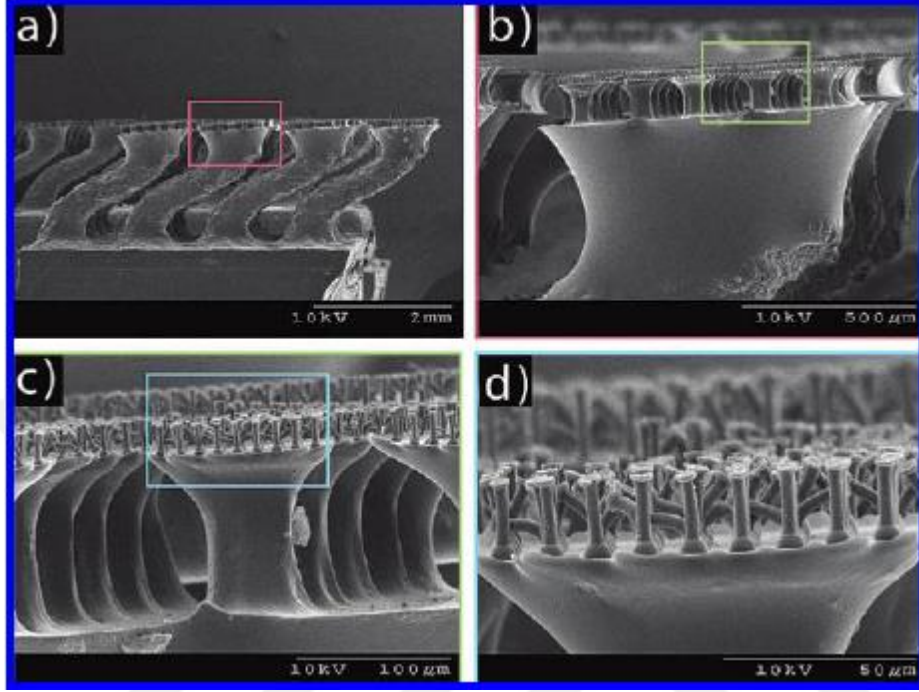


Şekil 2.7. Geko efekti elde etmek için üretilen katmanlı polimer yapının üretim prosesi
a) 1 katmanlı yapı ve b) 2 katmanlı (hijerarşik) yapı

Şekil 2.7. de Polikarbonat (PC), üç farklı boyutta gözeneğe sahip membran üretmek için kullanılmıştır (600 nm, 5 µm ve 12 µm çapında gözenekler). Tüm örnekler Polipropilen malzeme ile birlikte çalışılmış ve üç farklı yapı elde edilmiştir. Tek seviyeli yapıda PP film ve PC membran iki tane polidimetilsiloksan disk arasına konmuştur. Ardından tüm blok iki alüminyum tabaka arasına yerleştirilmiştir. Aynı işlem 2 ve 3 seviyeli yapılar için de tekrarlanmıştır. 2 seviyeli yapıda iki adet PC membran(gözenekleri farklı), 3 seviyeli yapıda ise 3 adet PC membran kullanılmıştır. Elde edilen bloklar 200 °C de 40–50 dakika işleme tabi tutulmuş ve bu şekilde PP eriyerek membrandaki gözenekleri doldurması sağlanmıştır. Ardından örnekler Metilen klorit içerisinde veya metil klorit kloroform karışımı içeren çözelti içerisinde 1 saat bekletilerek aşındırma uygulanmış ve lifli yapı elde edilmesi sağlanmıştır (Lee ve Bhusman 2012).

Geko kompleks yapıları çok düzeyli dallanmış özel tipli fiber yapıları oluşumuyla tekrarlı yapılaşma olanağı vermektedir. Bu son teknoloji, gekoya benzer çok düzeyli yapıların imalatı için ve 2-3 katmanlı yapı diziliminin imalatını göstermek için sunulmaktadır. Adhezyon deneyleri; yapılandırılmamış kontrol numuneleri ve tek katmanlı lif numuneleri üzerinde ara yüzey tokluğu ve adhezyonun her ikisinde artışını sergileyen 12 mm lik cam yarım küre üzerinde iki katmanlı lif oluşturulmasıyla

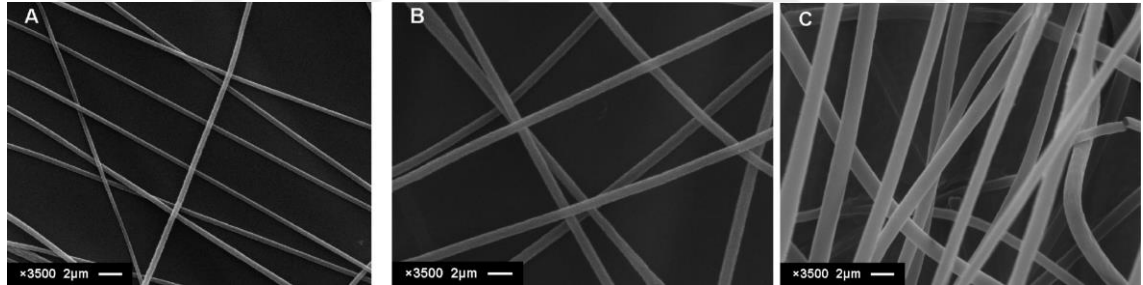
yapılmıştır. Adhezyonun geliştirilmesi, ayrılma sırasındaki genişleme kadar iyi yüzey konformasyonu sonuçları vermiştir. (Murphy ve ark. 2009)



Şekil 2.8. Yapay geko liflerinin SEM görüntüsü a)400 µm çaplı eğimli lifler b)50 µm çaplı taban liflerinin ucundaki lifler c) orta katmandaki liflerin detaylı görüntüsü d) orta düzeydeki liflerin ucunda son olarak 3. Seviye lifler 3 µm çaplı 20 µm yükseklikte ve 5 µm çapında mantar ucu tabanı olan lifler bulunmaktadır (Murphy ve ark. 2009).

Şekil 2.8. de zemini mantar uçlu 3 seviyeli hiyerarşik lif düzenine sahip yapay geko kılırları görülmektedir. Bu hiyerarşik numuneler yüksek seviyede adhezyon etkisi göstermekte ve bunları ayırmak için tek düzeyli makro-mikro lif numuneleri ve yapılandırılmamış kontrol numunelerine göre önemli derecede daha fazla enerji gerekmiştir . Yapılan çalışmada; mantar uç yapılarına sahip yapay liflerin hiyerarşik yapıda üretilerek adhezyon kuvvetinin artırılması amaçlanmıştır. Çok tabakalı gözenekli anodik alüminyum şablonlar kullanılarak dallanmış (hiyerarşik) nano uçlara sahip yapay geko lifleri üretilmiştir. Bu uç yapısına sahip liflerin lineer yapıdaki liflere göre %150 daha kuvvetli adhezyona sahip olduğu gözlemlenmiştir. (Murphy ve ark. 2009).

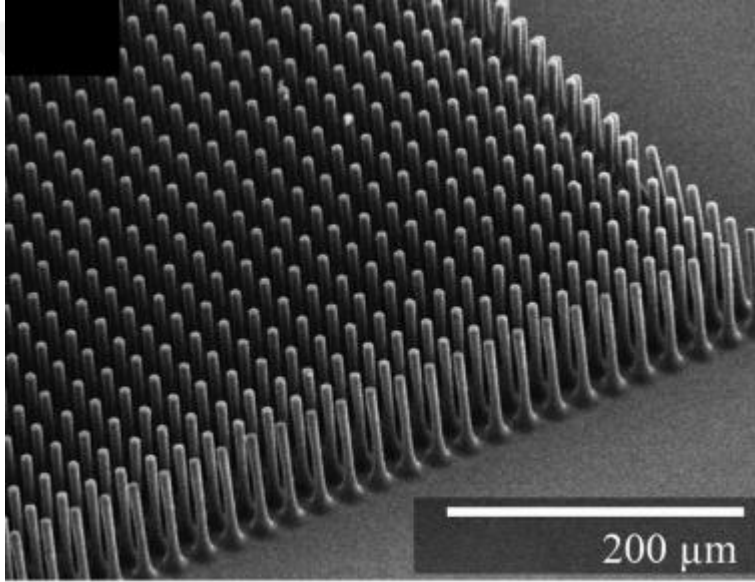
Nanolif ve nanopartiküller arasındaki yüzey adhezyonu potansiyel biyomedikal uygulamalarda dikkat çekmiş, ancak herhangi bir ölçüm kaydedilememiştir. Adhezyon kuvvetleri polistiren (PS) nanopartikülü kullanılarak AFM yardımıyla ölçülmüştür. Farklı çaplardaki elektrospun PS lifleri farklı çapların adhezyon kuvvetleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla mil yardımıyla dağıtılmıştır. AFM deneyleri ve sayısal modellerinin her ikisinde de artan lif çapı ile birlikte adhezyon kuvvetinde bir artış meydana geldiği gözlemlenmiştir. Sayısal modeller lif yüzeyindeki yerel deformasyonun, yüzey pürüzlülüğünün azalması ve temas esnasında partikül etrafında nanolif sarımı da dahil olmak üzere adhezyon kuvvetleri üzerinde önemli bir etkisi olabileceğini açıkça göstermiştir. 100 nN daki adhezyon kuvveti geko ayak kıllarındaki adhezyon kuvvetinden daha düşüktür. Fakat reseptör-ligand çifti, antikor-antijen çifti ve substrat üzerindeki tek dallı DNA formundan daha büyük bir adhezyon kuvvetine sahiptir. Pürüzlü nanoliflerin adhezyon kuvvetleri sayısal analiz ile tahmin edilmiştir. Bu çalışmanın rejeneratif tıp ve doku mühendisliği için nanoliflerin yapı iskelesi ve nano tıpta kullanışlı tasarımların geliştirilmesinde yaklaşım ve bilgi sağlaması beklenmektedir (Xing ve ark. 2010).



Şekil 2.9. DMF çözeltilisiyle üretilen elektrospun nanofiberlerin SEM görüntüsü a) %25 b) %30 ve c) %35 PS/DMF (Xing ve ark. 2010)

Elyaf kıvrılma, burkulma, sıkıştırma ve uzatma gibi özelliklerin mekanik temaslarının kombinasyonu esasına dayalı mikrolif dizilerinin adhesiv özelliklerini tahmin etmek için yaklaşık bir model geliştirilmiştir. Model; lif malzeme özellikleri, çapı, açısı ve yüzey geometrisi gibi hesap parametrelerini dikkate almaktadır. Ayrıca yüksek yoğunluklu ve yüksek en boy oranına sahip mikrolif dizilerinin yapılabirliği de teyit edilmiştir. Kendinden destekli en-boy oranı yüksek mikrolifler için açılı lif dizilerinin üretimi de dahil olmak üzere üretim prosesi olarak UV fotolitografisi kullanımı

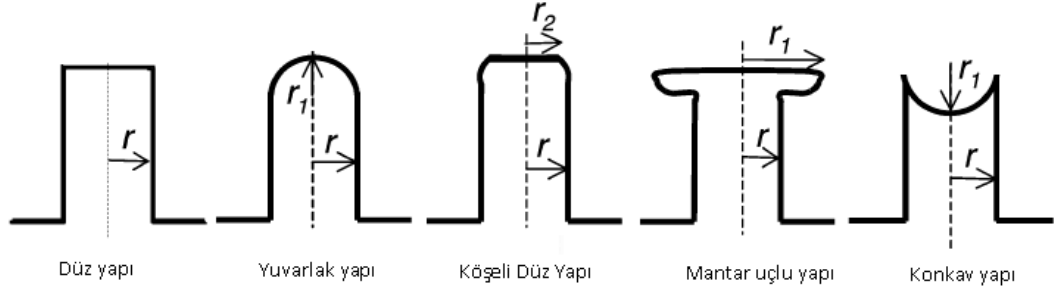
belirtilmiştir. Uyumlu bir ara kalıp vasıtasıyla yüksek en-boy oranına sahip açılı polimer mikrolif dizilerinin mikro kalıp uygulaması gösterilmiştir. Üretilen mikrolif dizisi numuneleri özel bir adhezyon ölçüm sistemi kullanılarak test edilmiş, sonuçları teori ile karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçları mikrolif dizilerinin makro ölçekli adhesiv davranış eğilimlerini tahmin etmek için bulunmuştur. Şema optimal adhesiv lif tasarımına yardımcı olmak için ve lif yüzey parametrelerinin etkisini incelemek amacıyla geliştirilmiştir. Gelecek çalışmaların çeşitli pürüzlülük dağılımları, daha gerçekçi sırt tabakası deformasyonları ve spatular uçlu lifler gibi daha karmaşık lif tiplerini içeren çalışmalar olacağı düşünülmektedir (Aksak ve ark. 2006).



Şekil 2.10. 6μm çapındaki yapay geko liflerinin SEM görüntüsü (Aksak ve ark. 2006)

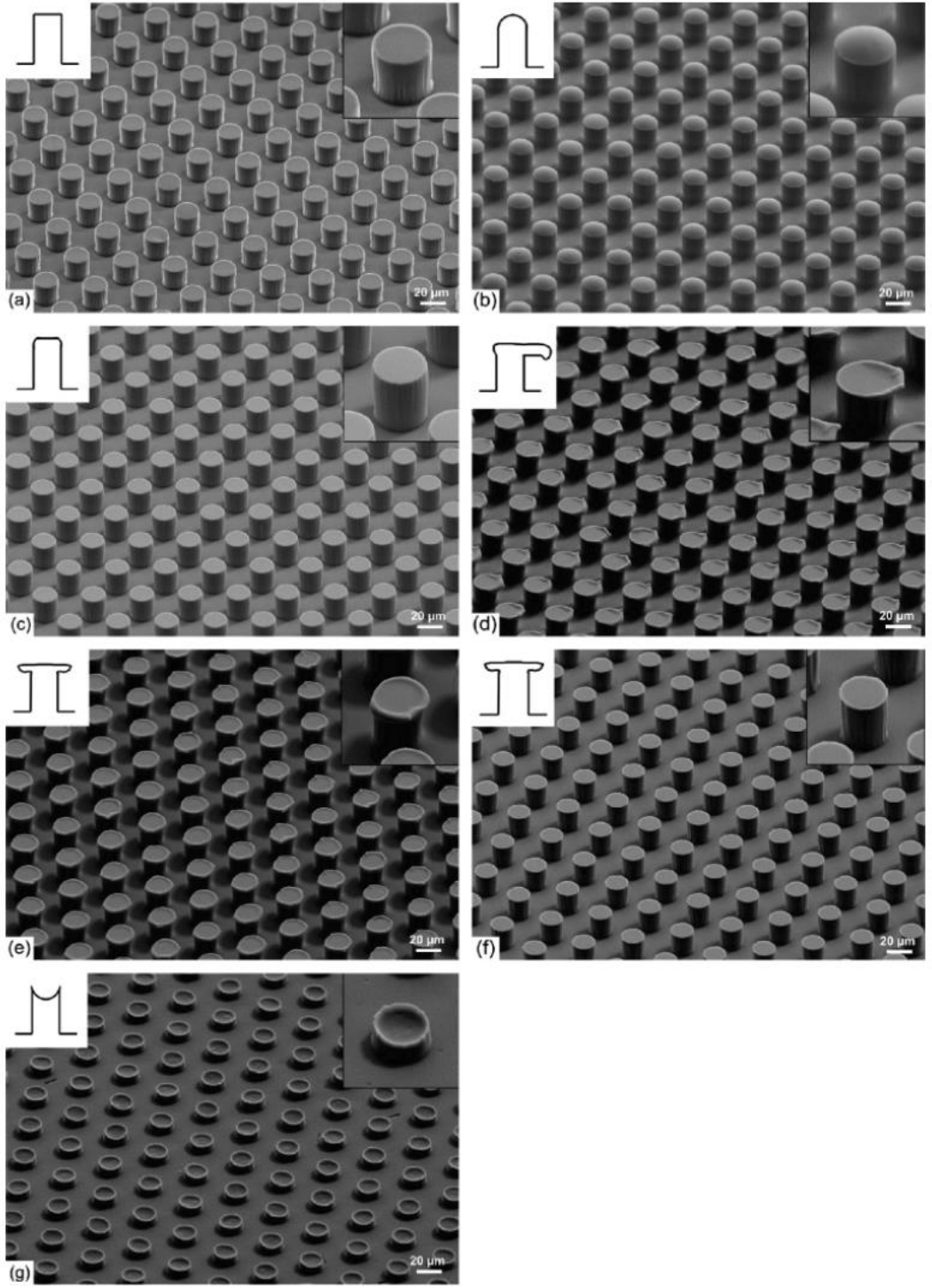
Yeni bio-taklit paradigmlar ardından şekilli yüzeylerin düz yüzeylerden daha iyi adhezyona sahip olduğu bilinmektedir. Önceki çalışmalar da daha ince temaslı yapıların daha yüksek adhezyon kuvveti sağladığını doğrulamaktadır. Bu çalışmada yumuşak kalıplama ve litografik metodlarla üretilen sistematik olarak şekillendirilmiş PDMS (polidimetilsiloksan) fibriler yüzeye sahip uç biçimlerinin etkisi raporlanmıştır. 2,5 ve 25 μm arasındaki lif yarıçapı için yapışma üzerinde şeklin boyuttan daha güçlü bir etki gösterdiği bulunmuştur. En yüksek adhezyon değeri kertenkele ayağına benzer ve tam olarak 30 dan fazla adhezyon değeri ölçülmüş mantara benzer ve spatular biçimli yapılar için ölçülmüştür. Bu sonuçlar biyolojik sistemde yaygın olarak bulunan şekilleri

açıklamaktadır ve yapay ek sistemler için mekan parametrelerinin keşfine yardımcı olmaktadır (Campo ve ark. 2007).



Şekil 2.11. Üretilen yapay geko kıllarının uç yapısı türleri

Şekil 2.11. de görülen uç yapısı tipleri farklı litografik ve yumuşak kalıplama metotları kullanılarak farklı biçim ve çaplarda mikro sütunlu desenlendirmede elastomerik yüzeylerin üretimi için kombine edilmiştir. Bunların yapışma davranışları uç geometrisi ve sütun yarıçapı açısından sistematik olarak karakterize edilmiş ve teorik tahminlerle karşılaştırılmıştır. Gerçekten de temas boyutunun etkisini gölgeleyebilir nitelikte temas yapısının güçlü bir etkisi tespit edilmiştir (Campo ve ark. 2007).

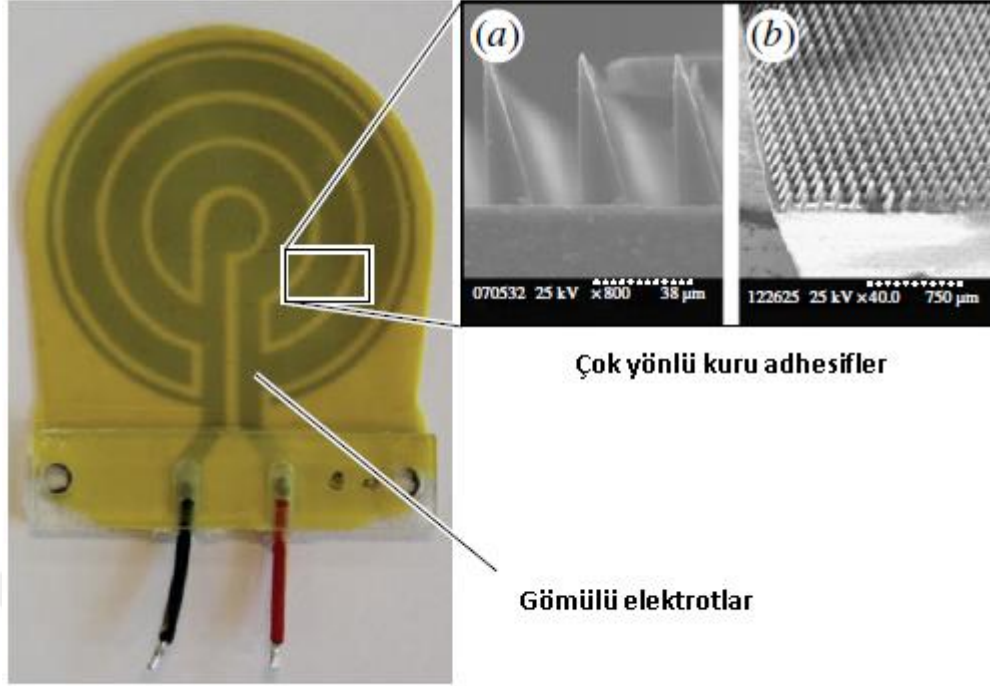


Şekil 2.12. Farklı uç yapılarına sahip yapay gecko kıllarının SEM görüntüsü (Campo ve ark. 2007)

Şekil 2.12' de görülen uç yapılarının (konkav uç hariç: yüksekliği 9µm) yarıçapı 9µm ve yükseklikleri 20µm olarak üretilmişlerdir.

Temas şekli, farklı uç yapılarının adhezyon davranışını çok güçlü bir şekilde etkilemektedir. En yüksek çekme-yapışma değeri düz yüzeylerden 30 kat daha etkili olan mantar şekilli uçlarda görülmektedir. Beklenmedik bir önyükleme bağımlılığı ile birleşince iç bükey biçimler yoksun bir davranış gösterirken, düz ve küresel biçimler düşük adhezyon performansı sergilemiştir. Üretilen uç yapıları, van der Waals tipi bağlar tarafından yönetilen adhezyon kavramına dayanmaktadır ve kılcallık etkisi dikkate alınmaz, ancak bu etkinin katkıları önemli olabilir. Son teorik hesaplamalar kapılar kuvvetlerin de temas geometrisine bağlı olduğunu hali hazırda içermektedir. Bu etkilerin gelecekteki çalışmaların odak noktası haline geleceği düşünülmektedir.

Geko gibi yönlü kuru yapışkanlar ile elektrostatik yapışkanların faydalarını bir araya getiren kontrol edilebilir yapışmayı açıklayan çalışmada, bu kombinasyonla çalışılırken yüzey tipine bağlı olarak bu parçaların toplamından daha büyük bir yapışma sağlanması için iki teknolojinin olumlu sonuç döngüsü oluşturulmuştur. Bu etkinin artmasıyla yönlü kuru yapışkanlar yüzeye daha yakın elektrostatik yapışmayı sağlamaktadır. Benzer şekilde elektrostatik yapışma özellikle pürüzlü yüzeylerde yönlü kuru yapışmanın etkisini arttırmaya yardımcı olmaktadır. Bu çalışma yeni hibrit yapışkanlarla takviyeli PDMS (polidimetilsiloksan), kuru ve elektrostatik adhesivler olmak üzere 3 çeşit yapışkanın üretim proseslerini ve performanslarını karşılaştırmalı olarak incelemektedir. Testler adhesiv kayma kuvvetlerinin etkisini ölçmek için çeşitli pürüzlülüğe sahip bir dizi seramik fayans üzerinde yapılmıştır. Pürüzlülük arttıkça hibrit yapışkanların etkinliği de göreceli olarak artmaktadır. Aynı zamanda deneysel veriler; Hibrit yapışkanların performansı arttırıcı etkisini göstermek için farklı substratlar üzerinde yapılmıştır. Sonuçlara göre; hibrit yapışkanlar kuru ve elektrostatik yapışma teknolojilerinin her birinden 5,1 kat daha fazla yapışkanlık sağlanmıştır (Ruffato ve ark. 2013).



Şekil 2.13. Gömülü elektrot içeren silikon yapı içeriğinin SEM görüntüsü

Şekil 2.13’de görülen EDA (hibrit elektrostatik/kuru adhesiv yapı) yapısında (a) ile gösterilen kısımda elektrotlar tarafından elektrostatik adhezyon üretilirken (b) ile gösterilen kısım geko benzeri kuru adhezyon sağlamaktadır. Bu şekildeki hibrit adhesivler özellikle diğer teknolojilere göre pürüzlü yüzeylerde çok iyi bir performans sergilemektedirler. (Ruffato ve ark. 2013).

Li ve arkadaşları yaptığı çalışmada çinko oksit yüzeyi 1H,1H,2H,2H-perflordesiltrioksilan ve etanol içeren solüsyon içinde 24 saat bekletmiş ve sonra 120 °C’ de 2 saat kurutmuştur. Çeşitli yoğunluktaki çinko oksit nano kabarcıklar sentez sıcaklığı ve süre kontrolü ile elde edilmiştir. Florsiloksan ile modifikasyondan sonra çinko oksit yüzeyde nano kabarcıklar meydana gelmiş ve yüzeyin su adhezyonuna sahip hale geldiği görülmüştür. Elde edilen süper su itici yüzey üzerine su damlası damlatıldığında yüzey ters çevrilse bile su damlası yüksek adhezyondan dolayı yüzeyde kalmaktadır. Dahası su damlasının bulunduğu yüzey hareket ettirilirse bile damlanın yüzeyde damla halinde rahatlıkla hareket ettiği görülmüştür (Li ve ark. 2011).

Kumaş üzerine kaplama yöntemi ile geko etkisi sağlayan en iyi ürünler poliüretan esaslı ürünlerdir. Ancak nefes alabilirlik ve konvansiyonel, rastgele yapışmalardan dolayı akrilat esaslı ürünlerin kullanılması ön plana çıkmaktadır. Aşağıda son dönemde geliştirilen geko kimyasallarına örnekler verilmiştir;

- Dopamin metakrilat esaslı yapıştırıcılar
- Metoksietil akrilat esaslı yapıştırıcılar
- Metakrilamid esaslı yapıştırıcılar
- Anizotropik ve friksiyonal yapıştırıcılar
- Teflon (PTFE) esaslı yapıştırıcılar

Bu yapıştırıcılar için kullanılan binderler ise şöyledir;

- Monosakkaridler
- Uzun zincirli yağ asitleri
- Kısa zincirli dikarboksil asitleri

3.MATERYAL VE YÖNTEM

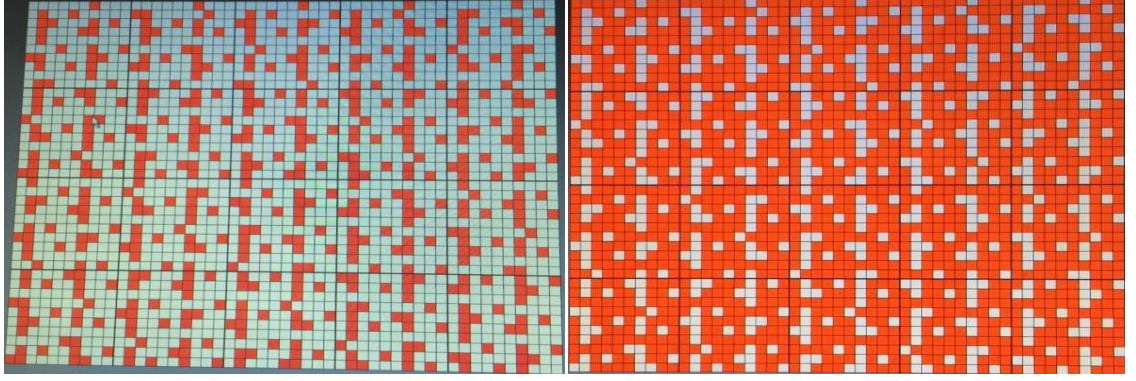
3.1 Materyal

3.1.1. Kumaş

Geko kıllarından ilham alınarak yapılan bu çalışmada; %100 polyester olmak üzere 3 farklı desen yapısına sahip dokuma kumaş seçilmiştir. Bursa Demirtaş Organize Sanayi Bölgesinde yer alan Simye Tekstil firmasından ipliği boyalı apre işlemi görmemiş kumaş temin edilmiştir. Kumaşların karakteristik özellikleri Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kullanılan Kumaşların özellikleri

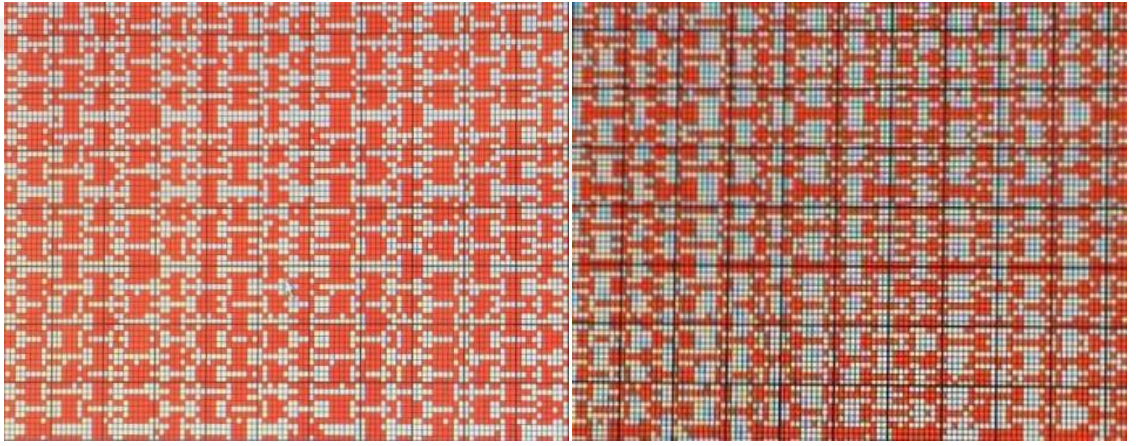
DESEN ADI	LİF CİNSİ	NUMARASI	SIKLIĞI	GRAMAJI
9400 Fantezi Blackout (Gri)	%100 Polyester	Çözüğü: 4 tel 150 denye puntalı, 1 tel 300 denye img (%50 katyonik) 1.atkı: 300 denye tekstürize 2.atkı:450 denye img	Çözüğü:80tel/cm Atkı:30 tel/cm	347 gr/m ²
Truva (sarı)	%100 Polyester	Çözüğü:300/72 tex yarı mat img 1.atkı:300/72 tex yarımat img 2.atkı:12/1 flam ekru	Çözüğü:40 tel/cm Atkı:22 tel/cm	249 gr/m ²
Polo (mavi)	%100 Polyester	Çözüğü: 3 tel 110/96 yarı mat img 1 tel 28/2 kesik elyaf flam 1.atkı:300/156 katyonik yarımat düzensiz punta 2. Atkı:900 denye polyester	Çözüğü:40 tel/cm Atkı:23 tel/cm	240 gr/m ²



(a)

(b)

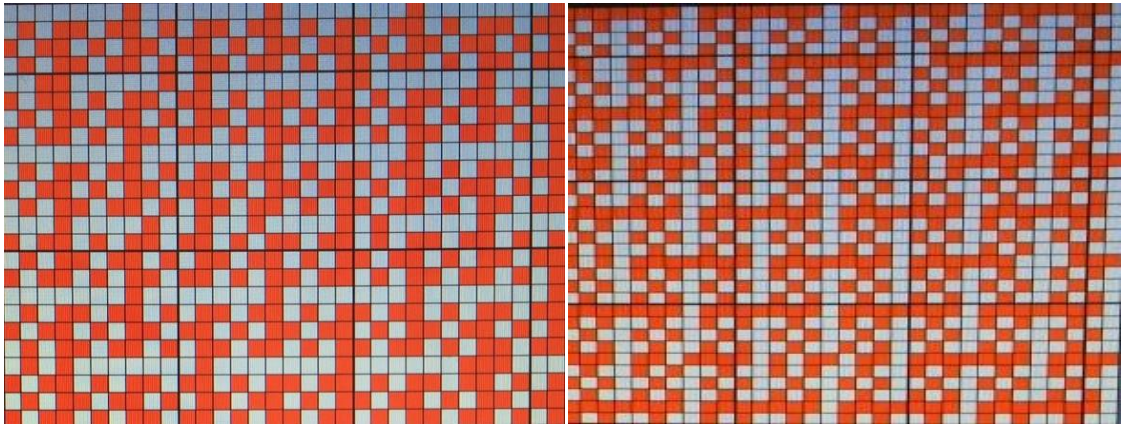
Şekil 3.1. 9400 desen ön yüz (a) ve arka yüz görüntüsü (b)



(a)

(b)

Şekil 3.2. Truva desen ön yüz (a) ve arka yüz (b) görüntüsü



(a)

(b)

Şekil 3.3. Polo desen ön yüz (a) ve arka yüz (b) görüntüsü

Tutunma davranışlarında farklılık göstermesi amaçlanarak farklı desen yapılarına sahip seçilen 3 adet kumaşta geko patının uygulanacağı yüzeyin arka yüz olması sebebiyle ön yüz ve arka yüz görüntüsü olarak şekil 3.1, 3.2 ve 3.3 te verilmiştir.

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar

Bu çalışmada; döşemelik ya da duvar kumaşı şeklinde kullanılması öngörölmüş kumaş numuneleri üzerinde geko kimyasalı olarak Rudolf Duraner firmasına ait RUCO-COAT AC 2510 kullanılmıştır. Kimyasalın kumaşa tutunma özelliğini arttırabilmek için çeşitli yardımcı kimyasallar ve plazma tekniği de yüzey modifikasyonu ile pürüzlülüğün arttırılması amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan kumaşlar aynı hammadde içeriğine sahip fakat yüzey pürüzlülüğünün etkisini ölçmek amacıyla farklı desen yapılarında seçilmiştir. Böylelikle kumaş üzerinde geko efekti sağlayabilmek için kimyasalın tutunma özelliğinin arttırılması amaçlanmıştır.

Rudolf Duraner firmasından poliakrilik ester dispersiyonu yapıştırıcı, çapraz bağlayıcı, sentetik kıvamlaştırıcı ve florokarbon temin edilerek laboratuvar ortamında kumaşlara uygulanmıştır. Geko patında kullanılan kimyasalların özellikleri ve reçeteleri çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kullanılan kimyasalların özellikleri ve reçeteleri

Ticari isim	Kimyasal Yapı	Reçete İçeriği	Kurutma ve Kondenzasyon
RUCO-COAT AC 2510	Kendi kendine çapraz bağlanabilen su bazlı poli akrilik ester dispersiyonudur. İyonik yapısı anyonik/noniyonik olup dispersiyon formda bulunmaktadır.	940 g/kg (geko patı)	Geko patı amonyakla pH:8 olacak şekilde kıvamlaştırılmıştır. Kurutma 100 °C de 2 dakika kondenzasyon 165 °C de 2 dakika yapılmıştır.
RUCO-COAT TH5020	Su bazlı polimerik dispersiyonlar için yüksek konsantrasyonlu sentetik kıvamlaştırıcı	50 g/kg (geko patı)	
RUCO-COAT FX 8011	Poliüretan, poliakrilat ve polivinil asetat gibi sulu polimerik dispersiyonlar için formaldehit içeren çapraz bağlama maddesi	10 g/kg (geko patı)	
RUCO-STAR EEE6	Bir hidrokarbon matriks içerisinde aşırı dallanmış yapıda polimerik dendrimerler içeren florokarbon apre maddesi, katyonik	Kumaşa geko patını uygulamadan önce fulardan geçirirken 20g/L verilmiştir.	

3.1.3.Çalışmada Kullanılan Cihazlar

3.1.3.1. Emdirme Yöntemine ve Kaplama Yöntemine Göre Aplikasyonların Yapıldığı Laboratuar Cihazları

Çizelgede verilen RUCO-STAR EEE6 reçetesinin aplikasyonu laboratuar tip Mathis fulard ile yapılmıştır. Adhezyon patı ve florokarbon aplikasyonları sonrasında kumaşların kurutma ve kondenzasyon işlemleri Nüve FN 500 tip etüvde tamamlanmıştır.

3.1.3.2.Yüzey Modifikasyonu Amacıyla Kullanılan Plazma Cihazı

Kullandığımız kumaşlarda yüzey pürüzlülüğünü arttırmak amacıyla yüzey modifikasyonu sağlamak için Diener tip pico numune plazma cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Plazma Cihazı

3.1.3.3.Kaplama Yöntemine Göre Aplikasyonların Yapıldığı Rakle Sistemi

Kumaşlar üzerinde adhezyon patını uygulamak amacıyla rakle-şablon sistemi kullanılmıştır. Kumaş numune boyutlarının plazma numune cihazına göre ayarlanması nedeniyle 10cm x 20 cm boyutuna uygun numune şablon ve 20 cm ağız genişliğine sahip rakle kullanılarak aynı kişi tarafından standart basınç uygulanmıştır.



Şekil 3.5. Rakle-Şablon Sistemi

3.2.Yöntem

Tekstil Kumaşlarının Adhezyonunda Geko Efektü Uygulanması ve Etkinliğinin Araştırılması isimli bu tez çalışmasında 3 farklı desene sahip %100 polyester kumaş numunesi üzerinde adhezyon özelliğini arttırmak ve karşılaştırma yapmak amacıyla florokarbon uygulaması ve plazma tekniği kullanılmıştır. Ayrıca bu iki yöntemin kombinasyonlarının farklı şekillerde uygulanarak kumaşın duvar yüzeye ve suni deri yüzeye tutunma davranışları standart ağırlıklar kullanılarak (1000 gram ve 2000 gram) ne kadar süre dayandıkları incelenmiştir. Yapılan çalışmanın işlem akış şeması şekil 3.8. de yer almaktadır.



Şekil 3.6. Uygulamanın İşlem Akış Şeması

Şekil 3.6. da görüldüğü gibi elimizde 10 cm x 20 cm boyutlarındaki her kumaştan 96 adet olmak üzere 3 farklı kumaştan toplam 288 adet numune üzerinde çalışma yapılmıştır. Kumaşların işlem akışındaki gibi sadece ön işlemlili, 2 dakika oksijen plazma uygulanmış hali, 5 dakika oksijen plazma uygulanmış hali olmak üzere her bir numune grubu için florokarbonlu ve florokarbonsuz olmak üzere tekrar numuneler

gruplandırılmıştır. Böylelikle oluşan 6 farklı grup içinde de tek kat (2 pasaj), çift kat (4 pasaj) ve üç kat (6 pasaj) geko kimyasalıyla kaplama yapılarak numuneler hazırlanmıştır.

3.2.1. Plazma İşleminin Uygulanması

3 farklı kumaş numunesinin her birinden 48 adet 10 cm x 20cm boyutlarında olmak üzere 144 adet numune kumaşa plazma işlemi uygulanmıştır. 2 dakika ve 5 dakika sürede oksijen gazı kullanılarak 100 watt güç, 0,3-0,4 mbar arası basınç ve LF (düşük frekans) prensibine göre her iki plazma uygulamasından 72 şer adet kumaş numunesi yapılmıştır. Bu şekilde yüzey pürüzlülüğü sağlanarak uygulanacak geko patının adhezyon özelliğinin artırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda oksijen plazma işleminin polyester kumaşlarda hidrofilitayı arttırdığı bilinmektedir.

3.2.2. Florokarbon Aplikasyonu

Geko patının uygulanacağı kumaşlarda kumaş çok hidrofil (su emici) ise hidrofilitayı azaltıp kumaşı hidrofob (su itici) hale getirerek patın kumaşın içine nüfus etmesi engellenmeye çalışılmıştır. Su iticilik bitim işlemi emdirme yöntemine göre kumaşa applike edilmiştir. Yüzeye aktarılan çözelti miktarı,

$$\%AF = \frac{E_1 - E_2}{E_2} \cdot 100 \quad (3.1)$$

formülü ile hesaplanır. Burada kumaşa aktarılan çözelti miktarı, kumaşın emdirme işleminden sonraki ağırlığı ve kumaşın kuru ağırlığını göstermektedir.

Emdirme yöntemine göre yapılan aplikasyonlarda 3 farklı kumaşın aldığı florokarbon maddesinin miktarını hidrofilita açısından test etmek amacıyla kumaş üzerine alınan banyo oranı (AF) %70-% 80 olacak şekilde fulard silindirlerinde 1.5 bar sıkma basıncı uygulanmıştır. Ardından 110 °C de 3 dakika kurutma işlemi yapılmıştır.

3.2.3. Adhezyon Patının Hazırlanması ve Kaplama İşlemi

Geko efekti sağlamak için kumaşlara uygulanacak adhezyon patı RUCO-COAT AC 2510, RUCO-COAT FX 8011 ve RUCO-COAT TH 5020 kimyasallarının karıştırılması ile hazırlanmıştır. RUCO-COAT AC 2510 adhezyon sağlayan ana kimyasal olup, RUCO-COAT FX 8011 fiksatördür ve adhezyon sağlayan pat ile yüzey arasındaki bağı kuvvetlendirerek patın mekanik etkilerle yüzeyden ayrılmasını engeller. RUCO-COAT TH 5020 kıvamlaştırıcı olup patın viskozitesini 8800 cps değerine ayarlamak için kullanılmıştır. Kaplama makinelerinde kullanılan adhezyon patları daha yüksek viskozitede olmakla beraber, kaplama yöntemi olarak rakle-şablon sistemi ile sıyırma prensibine göre kaplama yapılmasından dolayı viskozite değeri daha düşük tutulmuştur. Amonyakla patın pH'ı 8 olarak ayarlanmıştır. Örnek reçete aşağıdaki gibidir;

RUCO-COAT AC 2510	950 gram
RUCO-COAT FX 8011	40 gram
RUCO-COAT TH 5020	
	1000 gram

Kaplama işlemi 10cm x20 cm boyutundaki numune kumaşlara uygun olarak yaptırılmış şablon ve rakle kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kauçuk baskı masası üzerine yerleştirilen numune kumaşlar üzerine düzgünce yerleştirilen şablona hazırlanan pat ilave edilmiştir. Ucu keskin olmayan orta yumuşaklıkta özel kauçuk rakle ile aynı basınç ve rakle açısı kullanılarak sıyırma prensibine göre kumaşa adhezyon patı aktarılmıştır. Her geçiş bir pasaj ve toplam 2 pasaj tek kat olacak şekilde kaplama yapılmıştır. Toplam 288 adet numune kumaştan 96 adet tek kat (iki pasaj), 96 adet çift kat (dört pasaj) ve 96 adet üç kat (altı pasaj) olacak şekilde kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kaplama işlemi bittikten sonra kumaşlara önce 100 °C de 2 dakika kurutma işlemi ardından 165°C de 2 dakika kondenzasyon (fikse) işlemi uygulanmıştır.

3.2.4. Kumaşlarda Pürüzlülük Ölçümü

Hazırlanan pat uygulanmadan önce sadece ön işlemler, 2 dakika plazma işlemi yapılmış ve 5 dakika plazma işlemi yapılmış kumaşlarda pürüzlülük ölçümü yapılmıştır. Pürüzlülük ölçümünde, kumaş üzerinde doğadan taklit edilen geko hayvanının ayak uçlarındaki kılların yapısına benzer bir yapı oluşturmak için fibriler yapıda aşındırma ile pürüzlülük sağlamaya çalıştığımız plazma uygulamasında kumaşların uygulama yapılmadan önceki ve sonraki hallerinde pürüzlülük değişiminin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü Zeiss marka Surfcom130A test cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 3.7. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü Test Cihazı

Şekil 3.7. de ki Yüzey Pürüzlülük Ölçümü Test Cihazında plazma uygulanmış ve plazma uygulanmamış numunelere 10 mm ölçüm uzunluğu ve 15 m/s ölçüm hızı ve -400 μm / +400 μm ölçüm aralığı şartlarında test yapılmıştır. Ucuna cam levha ağırlık tutturulan kumaşlar hem atkı hem de çözgü yönünde teste tabi tutulmuştur. Cihazın ucunda bulunan elmas ucun belirlenen ölçüm aralığı içinde kumaş yüzeyini gezmesi ile ortalama pürüzlülük değerleri alınmıştır.

3.2.5. Hidrofilite Testi

Hidrofilite (su emicilik) testinde ön işlem uygulanmış ve oksijen gazı ile 2 dakika, 5 dakika ve 10 dakika plazma uygulanmış numune kumaşlar arasındaki hidrofilite farkı test edilmiştir. Böylelikle oksijen plazmanın %100 polyester kumaşlarda süreye bağlı yüzey modifikasyonu sonucundaki hidrofilite değişimi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Yapılan hidrofilite testinde; 2,5cm x 28cm boyutlarında hazırlanan numuneler 5cm kadarı suyun içinde olacak şekilde suya daldırılarak 300 saniyede suyun yükselme seviyesi ölçülmüştür. Her bir kumaş için plazmalı ve sadece ön işlemleri suyun ne kadar yükseldiği karşılaştırılarak hidrofilite ölçümü yapılmıştır.



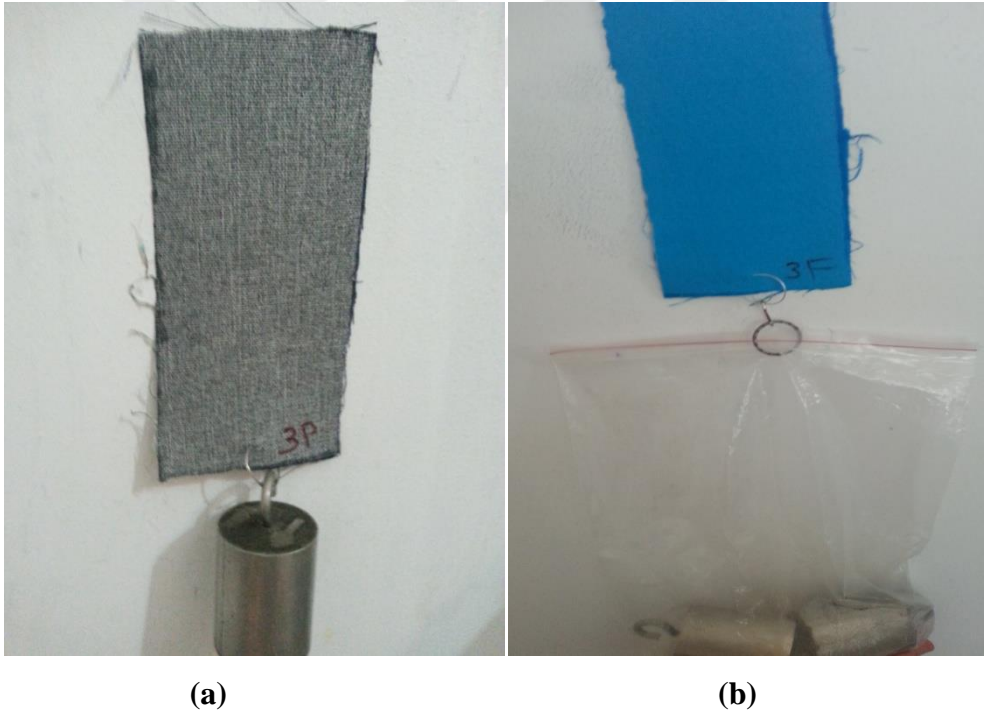
Şekil 3.8. Hidrofilite Ölçümü

3.2.6. Tutunma Dayanımı ve Ağırlık Testi

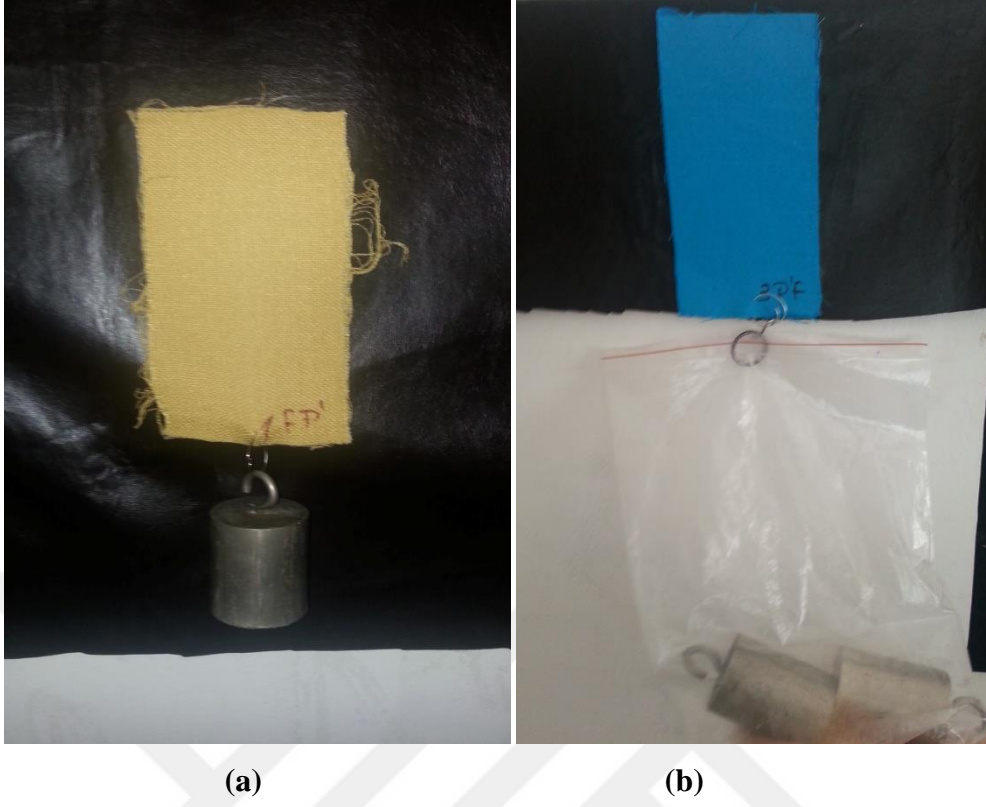
Hazırlanan toplam 288 adet geko kaplanmış kumaş numunesi için duvara ve deri kumaş yüzeye tutunma süreleri ölçülmüştür. Tutunma dayanımını ölçmek üzere her bir örnek için 1000 gram ve 2000 gram ağırlık yüklemesiyle yüzeylere ne kadar süre tutunabildikleri gözlemlenmiştir.

Deneyin yapıldığı ortam koşulları ise aşağıdaki gibidir;

- Sıcaklık: 26,1 °C
- Nem: %51
- Basınç: 1 atm
- Rakım: 157 metre



Şekil 3.9. Duvar yüzeyde tutunma dayanımı ve ağırlık testi a) 9400 blackout desen 2 dakika oksijen plazma+3 kat geko kaplanmış numunenin duvar yüzeyde 1000 gr ağırlık ile tutunma görüntüsü b) Polo desen florokarbon+3 kat geko kaplanmış numunenin duvar yüzeyde 2000 gr ağırlık ile tutunma görüntüsü



Şekil 3.10. Suni deri yüzeyde tutunma dayanımı ve ağırlık testi a) Truva desen 5 dakika oksijen plazma+tek kat geko kaplanmış numunenin deri yüzeyde 1000 gr ağırlık ile tutunma görüntüsü b) Polo desen florokarbon+5 dakika oksijen plazma+ 3 kat geko kaplanmış numunenin deri yüzeyde 2000 gr ağırlık ile tutunma görüntüsü

4.BULGULAR

4.1. Plazma İşlemi Sonuçları

Plazma uygulamasında; maddenin 4. hali olan plazma fazında gaz uygulaması ile kumaş yüzeyinde modifikasyon yapılması sağlandığı için hazırlanan numunelerin plazma işlemi öncesi ve sonrasında ağırlık değişimleri çizelge 4.1. ve 4.2. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 2 Dakika Plazma Uygulaması Sonrası Ağırlık Değişimi

Desen Adı	Ön işlemlili Ağırlık (10cmx20cm ebat)	2 dakika plazma uygulaması sonrasında ağırlık
9400 Blackout desen	6,51 gram	6,49 gram
Polo	4,86 gram	4,85 gram
Truva	5,45 gram	5,44 gram

Çizelge 4.1. de görüldüğü gibi plazma uygulaması sonrası yüzey üzerinde aşındırma işlemi yapılmasından dolayı numunelerde ağırlık kaybı gözlemlenmiştir.

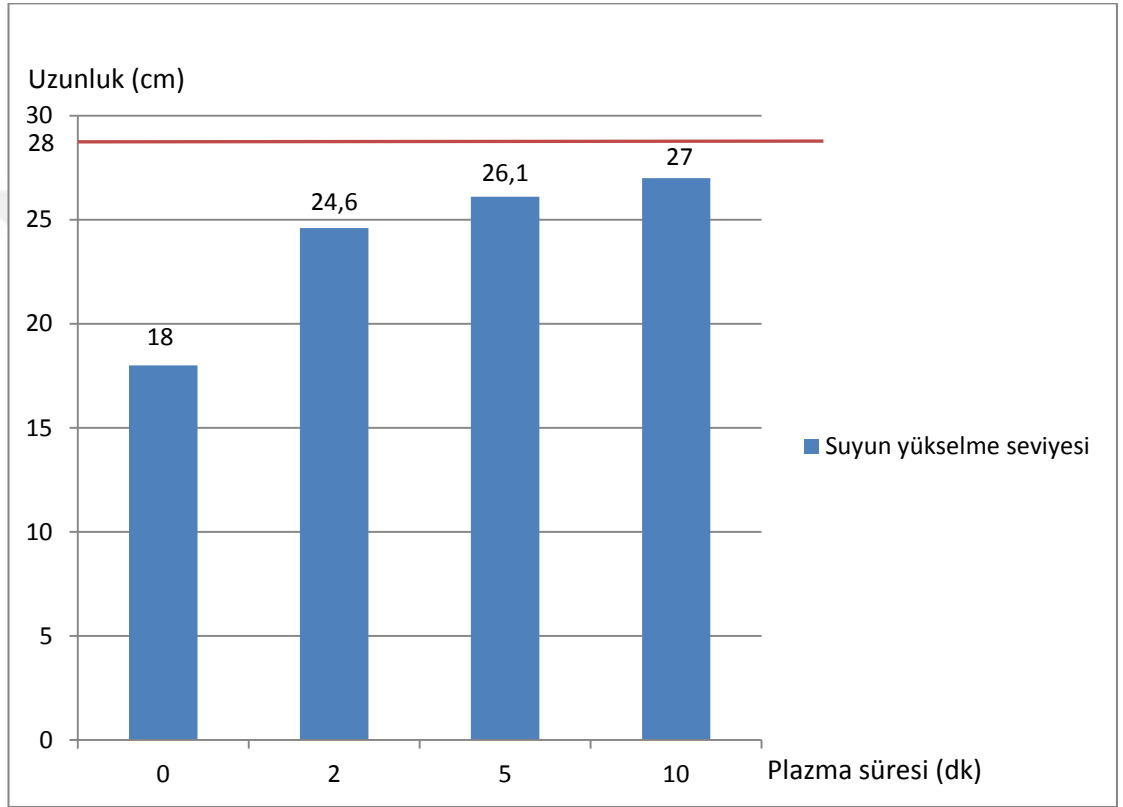
Çizelge 4.2. 5 Dakika Plazma İşlemi Sonrası Ağırlık Değişimi

Desen Adı	Ön işlemlili Ağırlık (10cmx20cm ebat)	5 dakika plazma uygulaması sonrasında ağırlık
9400 Blackout	6,66 gram	6,57 gram
Polo	5,60 gram	5,60 gram
Truva	5,45 gram	5,44 gram

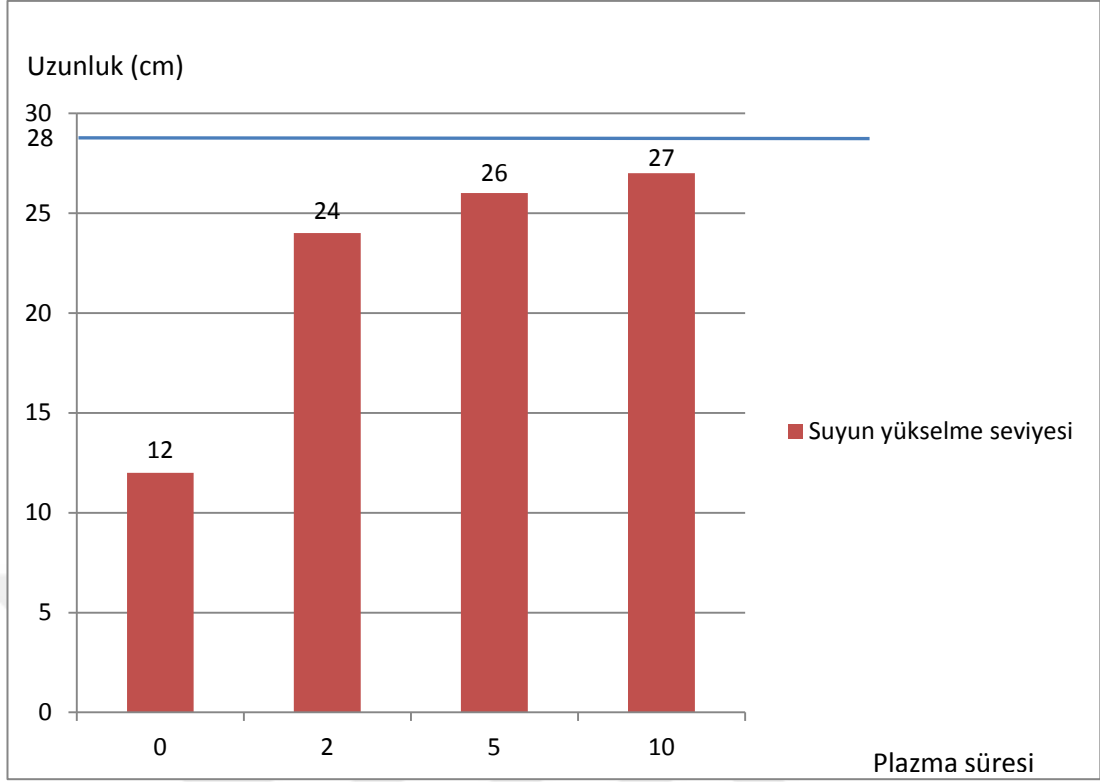
Çizelge 4.2. de 5 dakika plazma uygulamasındaki ağırlık kayıplarının 2 dakika plazma uygulamasına göre daha fazla ağırlık kaybı oluşturduğu görülmüştür. Süre artışına ve oksijen gazının uygulanmasına bağlı olarak aşındırma işleminin daha fazla olması sebebiyle ağırlık kaybının daha fazla olduğu düşünülmektedir.

4.2. Hidrofilite Testi Sonuçları

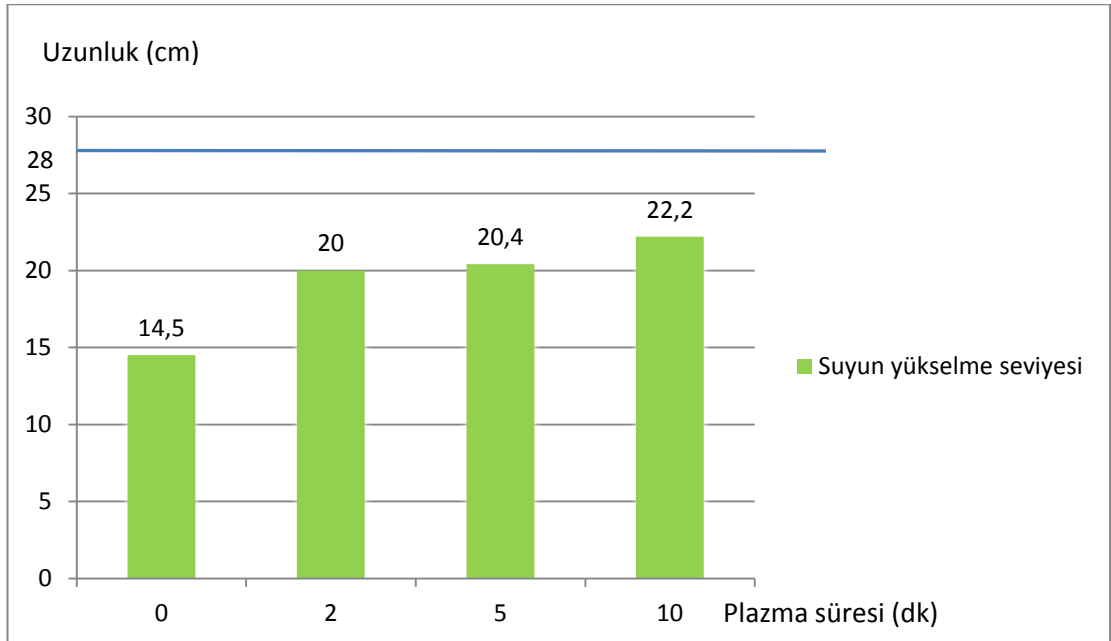
Çalışmada plazma uygulamasının hidrofilite üzerindeki etkisini gözlemlemek amacıyla sadece ön işlemlenmiş, 2 dakika, 5 dakika ve 10 dakika süre ile oksijen gazı ile plazma uygulaması yapılan kumaşlara hidrofilite testi yapılmıştır. Test süresi 300 saniye olarak alınmıştır.



Şekil 4.1. 9400 Blackout desen kumaşın ön işlemlenmiş ve plazma uygulaması sonrası numunelerin hidrofilite sonuçları



Şekil 4.2. Truva desen kumaşın ön işlemlili ve plazma uygulaması sonrası numunelerin hidrofiliteleri



Şekil 4.3. Polo desen kumaşın ön işlemlili ve plazma uygulaması sonrası numunelerin hidrofiliteleri

Şekil 4.1., şekil 4.2. ve şekil 4.3. de 3 farklı desendeki numunelerin plazma öncesi ve sonrası hidrofiliteyi ölçülerek karşılaştırılmıştır. Oksijen gazı ile yapılan plazma işleminin %100 polyester kumaşta doğru orantılı olarak hidrofiliteyi arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca 3 farklı desendeki kumaşlarımızdan plazma sonucu hidrofilitesi en çok artan desenin Truva desen olduğu ve en az değişim yaşanan desenin ise polo desen olduğu gözlemlenmektedir. Plazma işlemi uygulanmadan önce hidrofilitesi en yüksek olan numunenin 9400 Blackout desenli kumaş olduğu görülmektedir. Plazma süreleri dikkate alındığında 2 dakika ile 5 dakika plazma arasındaki hidrofilite artışı 5 dakika ile 10 dakika plazma işlemi arasındaki artıştan daha belirgin olmuştur. Hidrofilite artışı yüzey pürüzlülüğü ile doğru orantılıdır. Plazma işleminin uygulanmasındaki amaç; yüzey modifikasyonu sağlayarak pürüzlülüğü arttırmaya çalışmak olduğundan ve 5 dakika ile 10 dakika plazma işlemi arasında çok belirgin bir farklılık gözlenemediğinden uygulama süresi 2 dakika ile 5 dakika olarak seçilmiştir.

4.3. Florokarbon Aplikasyonu Sonuçları

Çalışmada hazırlanan toplam 288 adet kumaş numunesinden; ön işlemlili 72 adet, 2 dakika plazma işlemlili 36 adet ve 5 dakika plazma işlemlili 36 adet olmak üzere toplam 144 adet numuneye florokarbon işlemi uygulanmıştır. Emdirme yöntemine göre yapılan aplikasyonlarda 3 farklı kumaşa aktarılan florokarbon maddesinin miktarını hidrofilite açısından test etmek amacıyla sıkma basıncı sabit tutularak (1,5 bar) florokarbonun plazma öncesi ve sonrasında kumaş üzerine ne kadar aktarıldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Ön işlemlili numunelerin AF miktarları

Desen adı	Kuru Ağırlık (gr)	Florokarbonlu Islak Ağırlık (gr)	AF oranı (%)
9400 Blackout	6,7 gr	11,4 gr	%70
Truva	5,5 gr	10,1 gr	%83
Polo	5 gr	8,8 gr	%74

Çizelge 4.4. 2 dakika plazma işlemlili numunelerin AF miktarları

Desen adı	Kuru Ağırlık (gr)	Florokarbonlu Islak Ağırlık (gr)	AF oranı (%)
9400 Blackout	6,6 gr	11,3 gr	%71
Truva	5,8 gr	10,8 gr	%86
Polo	4,7 gr	8,6 gr	%83

Çizelge 4.5. 5 dakika plazma işlemlili numunelerin AF miktarları

Desen adı	Kuru Ağırlık (gr)	Florokarbonlu Islak Ağırlık (gr)	AF oranı (%)
9400 Blackout	6,2 gr	10,1 gr	%79
Truva	5,8 gr	10,9 gr	%88
Polo	4,7 gr	8,6 gr	%83

Çizelge 4.3. , 4.4. ve 4.5. de görüldüğü üzere sabit sıkma basıncında plazma işlemlili sonrası numuneler daha hidrofili olduğu için tüm numunelerin AF oranında artış olmuştur. En hidrofili kumaşın ise sonuçlarda da görüldüğü gibi Truva desen kumaş olduğu gözlemlenmiştir.

4.4.Pürüzlülük Testi Sonuçları

DIN EN ISO 9001 standartlarına göre test edilen numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri Çizelge 4.6' da yer almaktadır.

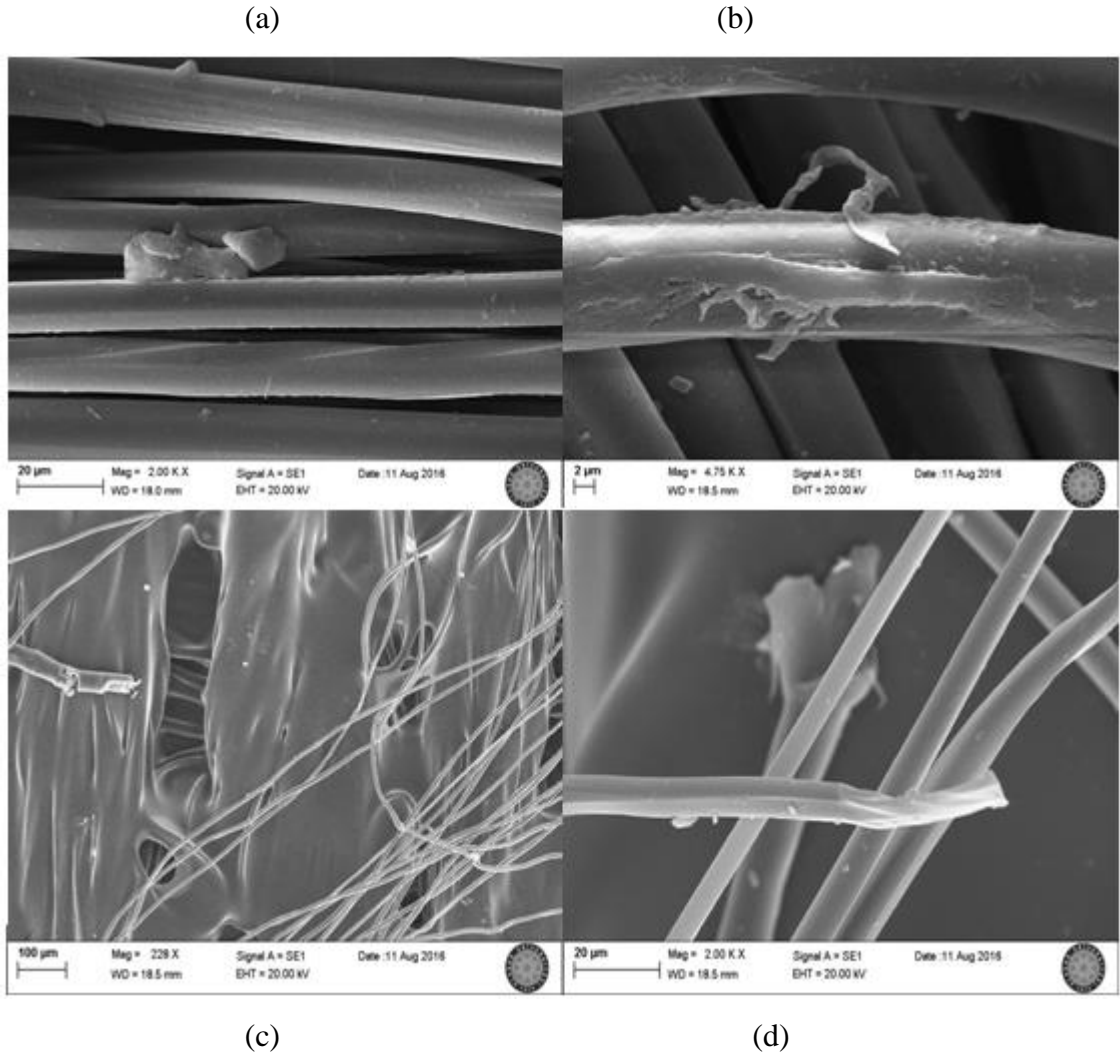
Çizelge 4.6. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü test sonuçları

Desen Adı	Plazmasız	2 dakika plazmalı	5 dakika plazmalı
9400 Blackout	Atkı: 20,28 µm	Atkı: 20,47 µm	Atkı: 20,55 µm
	Çözü: 4,31 µm	Çözü: 4,81 µm	Çözü:5,05 µm
Truva	Atkı: 25,59 µm	Atkı: 24,26 µm	Atkı: 22,22 µm
	Çözü: 20,70 µm	Çözü: 20,61 µm	Çözü:21,02 µm
Polo	Atkı: 16,20 µm	Atkı:17,169 µm	Atkı: 21,31 µm
	Çözü: 14,87 µm	Çözü:14,80 µm	Çözü: 17,91 µm

Çizelge 4.6’da görüldüğü üzere plazma etkisiyle pürüzlülüğün orantılı olarak arttığı desenler 9400 Blackout ve Polo iken, Truva desene ait kumaşlar yüzey düzensizliğine sahip olduğundan plazmanın belirgin etkisi gözlemlenememiştir.

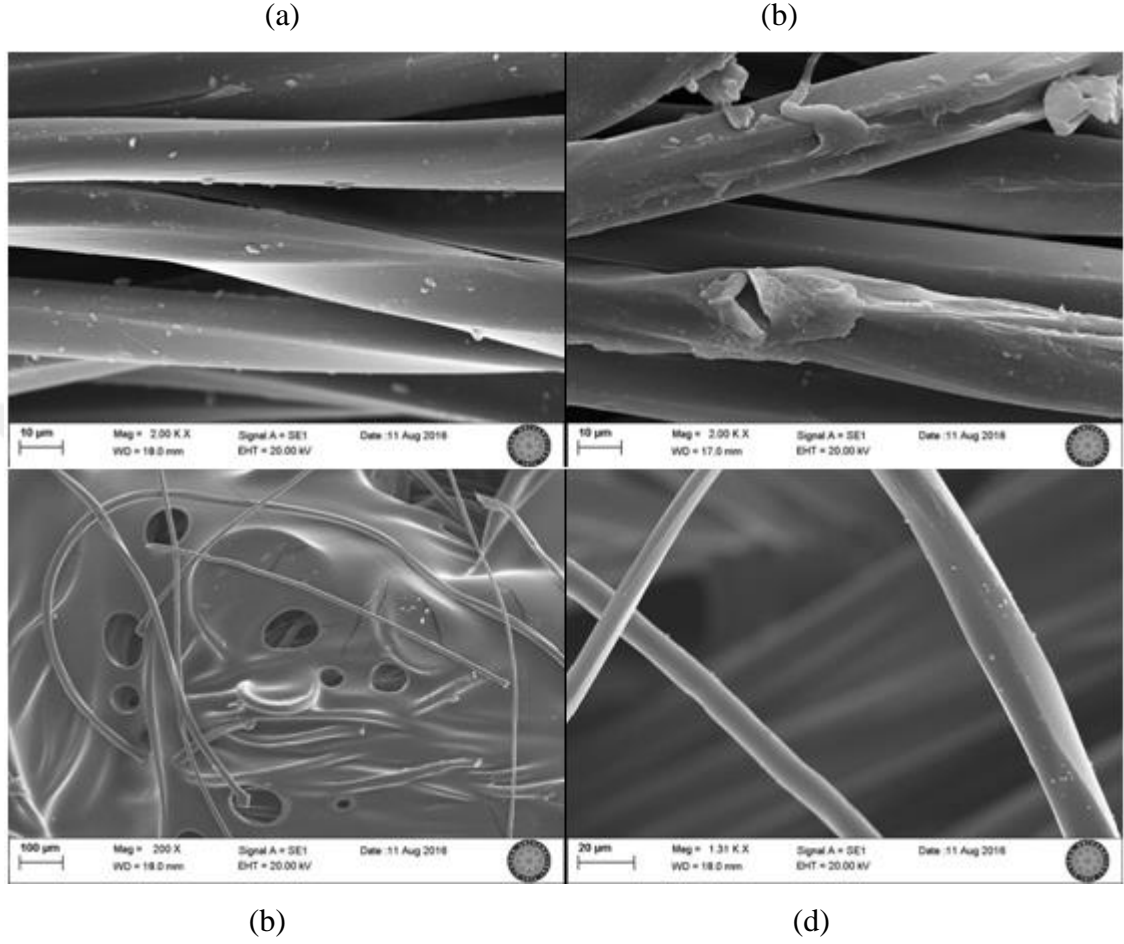
4.5. Adhezyon Patı ile Kaplama İşlemi Sonuçları

Hazırlanan 288 adet numunenin 96 adedi tek kat (iki pasaj), 96 adedi çift kat (4 pasaj) ve 96 adedi üç kat (6 pasaj) adhezyon patı ile kaplanarak geko efekti verilmiştir.



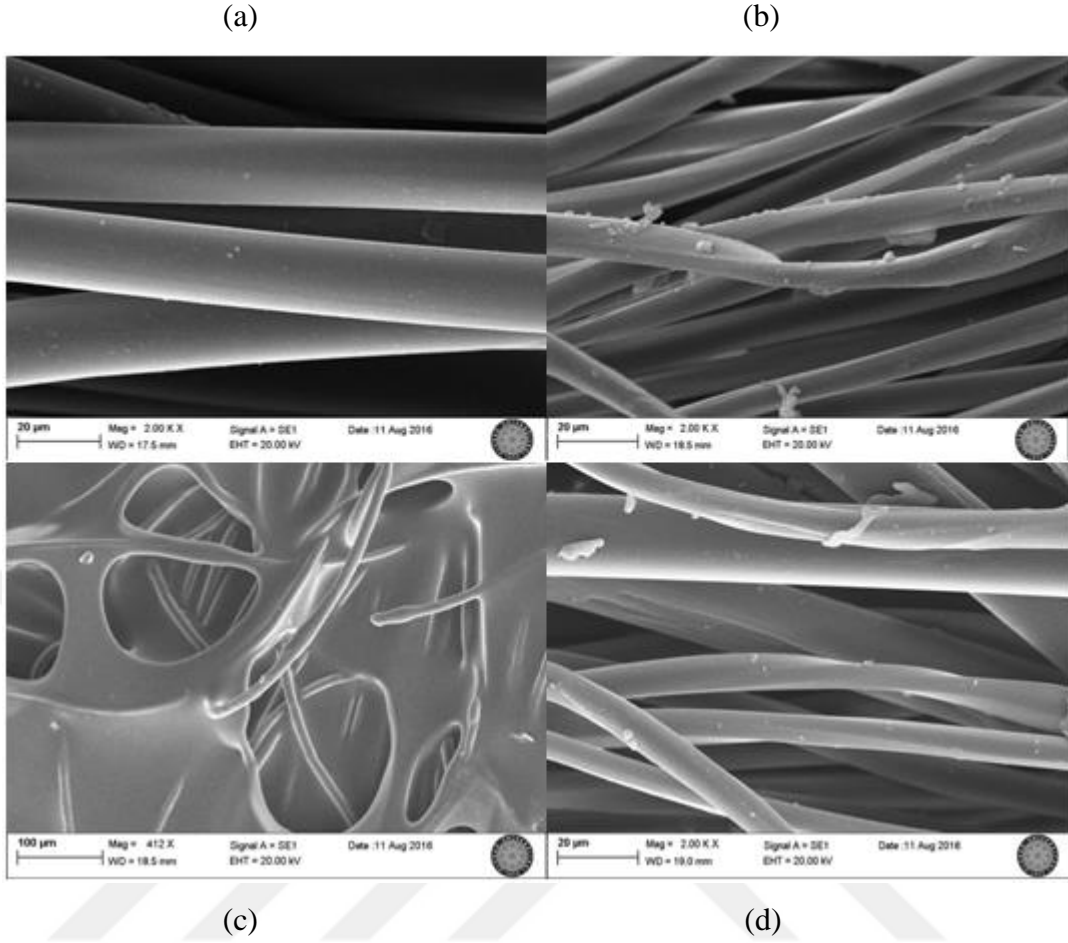
Şekil 4.4. 9400 Blackout desen kumaşta SEM görüntüleri a) Plazmasız (sadece ön işlem görmüş) numune b) 5 dakika plazma işlemi görmüş numune c,d) 5 dakika plazma+florokarbon+ 3 kat (6 pasaj) geko uygulaması yapılmış yüzey ve fibriller
Şekil 4.4’ de görüldüğü gibi 9400 blackout desene sahip numune plazma etkisiyle fibriler yapıda aşınma meydana gelmiştir. Geko uygulamasından sonra sadece fibriler

yapıda değişiklik gözlenemezken yüzeysel yapıda adhezyon patı tüm fibrilleri kaplamıştır.



Şekil 4.5. Truva desen kumaşta SEM görüntüleri a) Plazmasız (sadece ön işlem görmüş) numune b) 5 dakika plazma işlemi görmüş numune c,d) 5 dakika plazma+florokarbon+ 3 kat (6 pasaj) geko uygulaması yapılmış yüzey ve fibriller

Şekil 4.5’ de görüldüğü üzere Truva desen kumaş numunesinde plazmanın etkisi en belirgin şekilde meydana gelmiştir. Pürüzlülük testinde de belirtildiği gibi bu kumaş numunesinde genel olarak lif düzensizliği gözlenmektedir. Uygulanan adhezyon patı üzerinde çatlaklar oluşmuştur. Yine bu durumun düzensizlikle ilgili olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.6. Polo desen kumaşa SEM görüntüleri a) Plazmasız (sadece ön işlem görmüş) numune b) 5 dakika plazma işlemi görmüş numune c,d) 5 dakika plazma+florokarbon+ 3 kat (6 pasaj) geko uygulaması yapılmış yüzey ve fibriller

Şekil 4.6’ da görüldüğü üzere Polo desen kumaşa plazma etkisi belirgin bir şekilde gözlenmemiştir. Uygulanan adhezyon patı lif yüzeyini tamamen kaplamıştır.

4.6. Tutunma Dayanımı ve Ağırlık Testi Sonuçları

Geko efekti sağlamak için hazırlanan numuneler adhezyon patı ile kaplandıktan sonra kurutma ve kondenzasyon işleminden geçirilmiştir. Ardından özel olarak hazırlanmış duvar tertibatı ile suni deri kumaşın dikey bir zemine yapıştırılarak oluşturulduğu iki farklı sistemde 1000 gram ve 2000 gram ağırlık yüklemesi yapılarak ne kadar süre bu zeminlere tutunabildikleri ölçülmüştür. Numunelere uygulanan işlemler; Florokarbon

(F), 2 dakika Plazma işlemi (P), 5 dakika plazma işlemi (P'), tek kat geko işlemi (1), çift kat geko işlemi (2) ve üç kat geko işlemi (3) simge halinde kumaş üzerine işlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.6., 4.7. ve 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. 9400 Blackout desen için tutunma dayanımı ve ağırlık testi sonuçları

9400 BLACKOUT DESEN				
Numune adı	Duvar Yüzeyde		Suni Deri Yüzeyde	
	1000 gr ağırlık	2000 gr ağırlık	1000 gr ağırlık	2000 gr ağırlık
1	Anında düşme	Anında düşme	7 sn	Anında düşme
2	Anında düşme	Anında düşme	25 sn	Anında düşme
3	13 sn	Anında düşme	47 sn	2sn
F	3sn	Anında düşme	17 sn	Anında düşme
2F	8 sn	Anında düşme	25 sn	Anında düşme
3F	10 sn	Anında düşme	26 sn	Anında düşme
P	7 sn	Anında düşme	2 sn	Anında düşme
2P	18 sn	Anında düşme	13 sn	Anında düşme
3P	28 sn	Anında düşme	27 sn	Anında düşme
P'	12 sn	Anında düşme	1 dk 3 sn	7 sn
2P'	13 sn	Anında düşme	1 dk 8 sn	5 sn
3P'	18 sn	Anında düşme	1 dk 15 sn	7 sn
PF	10 sn	Anında düşme	10 sn	5 sn
2PF	12 sn	Anında düşme	8 sn	Anında düşme
3PF	23 sn	Anında düşme	47 sn	2 sn
P'F	Anında düşme	Anında düşme	14 sn	Anında düşme
2P'F	7 sn	Anında düşme	38 sn	Anında düşme
3P'F	21 sn	Anında düşme	43 sn	10 sn

Çizelge 4.7. da görüldüğü gibi genel olarak suni deri yüzeye tutunma davranışının daha iyi olduğu gözlenmiştir. En iyi sonuçlar ise suni deri yüzeyde 5 dakika plazma uygulaması üzerine üç kat geko kaplanarak hazırlanan numunelerde görülmektedir.

Çizelge 4.8. Truva desen için tutunma dayanımı ve ağırlık testi sonuçları

TRUVA DESEN				
Numune adı	Duvar Yüzeyde		Suni Deri Yüzeyde	
	1000 gr ağırlık	2000 gr ağırlık	1000 gr ağırlık	2000 gr ağırlık
1	Anında düşme	Anında düşme	3 sn	Anında düşme
2	Anında düşme	Anında düşme	3 sn	Anında düşme
3	10 sn	Anında düşme	5 sn	2sn
F	5 sn	Anında düşme	5 sn	Anında düşme
2F	7 sn	Anında düşme	17 sn	3 sn
3F	18 sn	Anında düşme	19 sn	5 sn
P	Anında düşme	Anında düşme	Anında düşme	Anında düşme
2P	Anında düşme	Anında düşme	2 sn	Anında düşme
3P	3 sn	Anında düşme	5 sn	Anında düşme
P'	Anında düşme	Anında düşme	Anında düşme	Anında düşme
2P'	Anında düşme	Anında düşme	10 sn	Anında düşme
3P'	8 sn	Anında düşme	18 sn	Anında düşme
PF	11 sn	Anında düşme	7 sn	Anında düşme
2PF	19 sn	Anında düşme	12 sn	Anında düşme
3PF	20 sn	Anında düşme	20 sn	Anında düşme
P'F	2 sn	Anında düşme	7 sn	Anında düşme
2P'F	5 sn	Anında düşme	10 sn	Anında düşme
3P'F	17 sn	Anında düşme	59 sn	10 sn

Çizelge 4.8' de görüldüğü gibi Truva desen kumaş için en iyi sonuçlar genel olarak suni deri yüzey üzerinde gözlemlenmiştir. En iyi sonuç 5 dakika plazma işlemi+florokarbon uygulaması+ üç kat geko kaplama işlemi ile hazırlanan numunenin tutunma davranışında görülmektedir.

Çizelge 4.9. Polo desen için tutunma dayanımı ve ağırlık testi sonuçları

POLO DESEN				
Numune adı	Duvar Yüzeyde		Suni Deri Yüzeyde	
	1000 gr ağırlık	2000 gr ağırlık	1000 gr ağırlık	2000 gr ağırlık
1	Anında düşme	Anında düşme	3 sn	Anında düşme
2	3 sn	Anında düşme	5 sn	Anında düşme
3	7 sn	Anında düşme	15 sn	Anında düşme
F	2 sn	Anında düşme	15 sn	Anında düşme
2F	13 sn	Anında düşme	22 sn	4 sn
3F	30 sn	3 sn	35 sn	5 sn
P	Anında düşme	Anında düşme	4 sn	Anında düşme
2P	2 sn	Anında düşme	7 sn	Anında düşme
3P	12 sn	Anında düşme	16 sn	Anında düşme
P'	2 sn	Anında düşme	7 sn	Anında düşme
2P'	5sn	Anında düşme	10 sn	Anında düşme
3P'	10 sn	Anında düşme	21 sn	Anında düşme
PF	1 sn	Anında düşme	6 sn	Anında düşme
2PF	2 sn	Anında düşme	8 sn	Anında düşme
3PF	5 sn	Anında düşme	12 sn	Anında düşme
P'F	4 sn	Anında düşme	7 sn	Anında düşme
2P'F	5 sn	Anında düşme	10 sn	Anında düşme
3P'F	11 sn	Anında düşme	30 sn	3 sn

Çizelge 4.9' de görüldüğü gibi Polo desen için en iyi sonuçlar genel olarak deri yüzey üzerinde gözlemlenmiştir. En iyi sonuç veren uygulamalar ise florokarbon+ üç kat geko kaplama işlemi ile hazırlanan numunelerde her iki zeminde de görülmektedir. Ayrıca suni deri yüzeyde 5 dakika plazma işlemi+florokarbon uygulaması+ üç kat geko kaplama işlemi ile elde edilen numunenin tutunma davranışı da diğer numunelere göre daha iyi sonuç vermiştir. Numuneler teste tutulduktan sonra tekrarlı yapışma testi yapılmıştır. Ağırlık ile tutunma davranışı göstermemekle birlikte ağırlıksız tutunmalarında herhangi bir düşme görülmemiştir.



5.SONUÇLAR

Günümüzde insan konforu için kullanılan tekstil ürünlerinde fonksiyonel bitim işlemlerinin kullanılması gün geçtikçe daha da önemli hale gelmektedir. Özellikle doğadan taklit edilen (biyomimetik) ürünler fazlasıyla ilgi görmektedir. Bunlardan en ilgi çekici olanlarından bir tanesi ise geko hayvanının ayakucundaki kılların tekrarlanabilir adhezyon(yapışma) özelliğinden ilham alınarak üretilen geko etkili ürünlerdir. Geko kertenkelesi yerçekimine karşı en iyi örnek olmakla birlikte, saniyenin onda biri sürede tutunduğu yüzeyde yapışma-geri çekilme özelliği gösterebilmektedir. Geko bant, ahşap yapıştırıcı ürünleri, insan ve robotlarda tırmanma ve uzay keşiflerinde kullanılan yardımcı araçlar geko efekti ile üretilen ürünlere örnek teşkil etmektedir.

Son dönemlerde geko efekti etkili ürünlerde adhezyon (yapışma) etkisinin artırılması ve tutunma dayanımı ile tekrarlı yapışma özelliği üzerine çalışmalar yapılması ihtiyacı doğmuştur. Fibriler yapıda geko efekti sağlanmaya çalışılan ürünlerde nano boyutta çalışıldığından daha etkili sonuçlar alınmakta, fakat daha maliyetli ve daha uzun proses sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kumaş üzerine yapılan fonksiyonel bitim işlemlerinde geko efekti sağlamaya çalışılırken geko hayvanının ayakucundaki kılların girintili çıkıntılı yapısını elde edebilmek için ya kendinden pürüzlü ya da yüzeyi pürüzlendirecek bir işlem ile takviye ihtiyacı doğmaktadır. Yapılan çalışmada gekodan esinlenerek poliakrilik ester bazlı kaplama maddesi ile kaplanan ve adhezyon özellik kazandırılan numuneler sadece duvar ve suni deri yüzeye karşı adhezyon özelliğine sahip değildir. Numune örnekleri çoğu yüzeye karşı tutunma davranışı sergilemektedirler. Kumaşlar istenilen yüzeye yapıştırıldıktan sonra çıkartılmak istendiğinde rahatlıkla çıkartılabilmekte ve tekrar istenilen yüzeye yapıştırılabilmektedir. Aynı zamanda yüksek katlı cam binalarda çalışan işçiler için iş eldivenleri uygulamaları yapılabilir.

Çalışmada kullanılacak kumaş konstrüksiyonu önceki çalışmalar ışığında belirlenmiştir. Seçilen kumaşların geko efekti verildikten sonra duvar kumaşı ya da koltuk kılıfı olarak kullanılabilmesi fikrinden yola çıkılarak %100 polyester kumaş seçilmiştir. Böylelikle kullanılacak yüzeyin silinme kolaylığı, maliyetin daha düşük olması gibi avantajları olmaktadır. Aynı zamanda kullanılacak geko ürününün uygulanabileceği en uygun

konstrüksiyonun %100 polyester olacağı tespit edilmiştir. Adhezyon (yapışma) etkisini arttırabilmek için yardımcı uygulamalardan yararlanılmıştır. Öncelikle pürüzlülük kumaşa sonradan kazandırılacağı için seçilen kumaşta konstrüksiyon sabit tutularak 3 farklı kumaş deseni kullanılmıştır. İpliklerin farklı yerleşiminin de adhezyon üzerindeki etkisi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Pürüzlülük için ikinci olarak yüzey üzerinde plazma aşındırması ile pürüzlülük sağlanmaya çalışılmıştır. Plazma uygulamasında ise 2 farklı süre seçilerek sürenin etkisi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Polyester kumaşlarda plazma aşındırmaya en uygun gaz olarak oksijen gazı seçilmiştir. Oksijen gazı plazma uygulamasında polyesterin hidrofilitelerini arttırmada en iyi sonuçları vermektedir. Florokarbon kimyasalı hidrofobluğu arttırarak geko kimyasalının kumaşın içine nüfus etmesini engellemek amacıyla kullanılmıştır. Böylelikle adhezyon etkisi arttırılmaya çalışılmıştır.

Kumaşlarda plazmanın etkisi incelendiğinde, kumaşlarda pürüzlülüğü arttırırken hidrofiliteleri de doğru oranda arttırdığı gözlemlenmiştir. Hidrofilitenin artması kullanılacak geko kimyasalının kumaşın içine nüfus etmesini de arttırmıştır. Ancak plazma uygulamasından sonra yapılan florokarbon aplikasyonu hidrofobluğu arttırdığından bu etkiyi ortadan kaldırmıştır. Plazma uygulaması yapılan numunelere florokarbon uygulandığında plazmasız numunelere göre aynı basınçta kumaş üzerine alınan banyo miktarı arttığı için bu numunelerin hidrofobluğu daha yüksek çıkmıştır. Böylelikle kumaş üzerine geko efekti sağlamak için uygulanan adhezyon patı tutunma testlerinde daha iyi sonuç vermektedir. Plazmalı ya da plazmasız florokarbon aplikasyonu yapılmayan numunelerde tutunma etkisinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

%100 polyester kumaş üzerinde adhezyonu arttırmak için;

- Oksijen gazı ile plazma aşındırması işlemi
- Uygun reçetelerde florokarbon aplikasyonu
- Uygun kaplama yöntemleri ile kumaşa adhezyon patınının aktarılması

sırasıyla belirtilen işlemlerin yapılması gerektiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada tekstil kumaşlarında adhezyonu arttırmaya yönelik geko teknolojisi üzerine bir araştırma yapılması amaçlanmıştır. Üretilmek istenen tekstil kumaşı ile adhezyon etkisi artırılarak kumaş üzerinde en iyi geko efekti sonuçları elde edilmektedir. Elde edilen kumaşın yapışma ve tekrarlı kullanım özelliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmanın ışığında yapıştırılıp sökülebilen koltuk kılıfları ya da duvar kumaşı eldesi mümkün görülmektedir. Ayrıca yüksek katlı cam binaların temizlenmesinde ya da bakımında çalışacak işçiler için iş eldivenleri yapımında çok büyük rahatlık ve pratiklik kazandıracığı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

Ajay, M., (2013), Bio-inspired Functional Surfaces for Advanced Applications, CIRP Annals - Manufacturing Technology, 62: 607–628.

Anonim, <http://coatings.specialchem.com/product/r-rudolf-group-ruco-coat-pu-1110.html>, (Eriřim tarihi: 30.07.2016).

Anonim, <http://www.worldofchemicals.com/chemicals/chemical-suppliers/ruco-coat-ac-2510.html>, (Eriřim tarihi: 30.07.2016).

Anonim, <http://www.rudolf-duraner.com.tr/en/products/product-brochures-archive/details/brochure/rucostar-eee6-33-2008.html>, (Eriřim tarihi: 30.07.2016).

Anonim, www.nature.com.html, (Eriřim tarihi: 08.08.2016)

Aksak, B., Murphy, M.P., Sitti, M., 2007. Adhesion of Biologically Inspired Vertical and Angled Polymer Microfiber Arrays, American Chemical Society, 6(23): 3322-3332.

Arzt, E., Gorb, S.N., Huber, G., Jacobs, K., Mantz, H., Mecke, K., Spolenak, R., 2005. Evidence For Capillarity Contributions To Gecko Adhesion From Single Spatula Nanomechanical Measurements, The National Academy of Sciences of the USA, 45(102): 16293-16296.

Arzt, E., Campo, A., Greiner, C., 2007. Contact Shape Controls Adhesion of Bioinspired Fibrillar Surfaces, 20(23): 10235-10243.

Arzt, E., Boesel, L.F., Greiner, C., 2010. Gecko-Inspired Surfaces: a Path to Strong and Reversible Dry Adhesives, Advanced Materials, 22(19): 2125-2137.

Bhushan B., 2009. Biomimetics: Lessons From Nature-An Overview, Phil.Trans.R.Soc., 367:1445-1486.

Bhushan, B., Jun, Y.J., Jung, Y.J., 2011. Natural and Biomimetic Artificial Surfaces for Superhydrophobicity, Self-Cleaning, Low Adhesion and Drag Reduction, Progress in Material Science, 1(56): 1–108.

Bhushan, B., Bixler, G.D., 2012. Biofouling: Lessons from Nature, Philosophical Transactions the Royal Society A 1967(370): 2381-2417.

Bhushan, B., Lee, H., 2012. Fabrication and characterization of hierarchical nanostructured smart adhesion surfaces, Journal of Colloid and Interface Science, 21(372): 231-238.

Boulousis, G., Constantoudis, V., Gogolides, E., Tserepi, A., Tsougeni, K., 2007. Control Of Nanotexture and Wetting Properties of Polydimethylsiloxane from Very Hydrophobic to Super-Hydrophobic by Plasma Processing, Plasma Processes and Polymers, 4(4): 398-405.

Bulletin, M., 2007. Gecko Adhesion: Structure, Function, and Applications, Materials Research Society, 6(32): 473-478.

Busque , F., Saiz-Poseu , J., Sedo , J., Ruiz-Molina, D., 2013. Catechol-Based Biomimetic Functional Materials ,Adv. Mater. , 25: 653–701.

Canbolat, Ş. 2013. Termal ve akustik izolasyon sağlayan duvar kumaşı eldesi. Yüksek Lisans Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Canbolat, Ş., Gürbüz, N.R., Kılınç, M., Kut, D., 2014. Tekstil Uygulamalarında Biyomimetik Yaklaşımlar, Fen Bilimleri Dergisi, 13(25): 91-111

Chen, H., Hsu, W.T., Liu, C.H., Yang, H.S., 2009. Preparation of Super-Hydrophobic Films Using Pulsed Hexafluorobenzene Plasma, Surface & Coatings Technology, 203: 1379–1383.

Chena, J., Li, J., Liua, X., Yea, Y., Zhoua, H., 2011. Gecko-Inspired Synthesis of Superhydrophobic ZnO Surfaces with High Water Adhesion, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 384:1-3, 109, 114.

Cho, S.C, Hong, Y.C., Uhm, H.S., 2007. Hydrophobic Coating of Carbon Nanotubes by CH₄ Glow Plasma at Low Pressure and Their Resulting Wettability, Journal of Materials Chemistry, 17: 232-237.

Chung, H., Glass, P., Sitti, M., Washburn, N.R., 2009. Enhanced Reversible Adhesion of Dopamine Methacrylamide-Coated Elastomer Microfibrillar Structures under Wet Conditions, American Chemical Society, 12(25): 6607–6612.

Fang, J., Guo, Z.G., Liu, W.M., Wang, L.B., 2012. Recent Progress of Double-Structural and Functional Materials with Special Wettability, Journal of Materials Chemistry, 3(22): 799-815.

Gebeshuber, I. C., 2009. Structural Colours in Biology: Scientific Basis and Bioinspired Technological Applications ,The Role of Science and Technology to Improve The Quality of Life Bukittinggi,
http://www.iap.tuwien.ac.at/~gebeshuber/Gebeshuber_ISST2009_final.pdf

Gnazke , T.S., Gardner, K.H., Hallahan D.L., Keiper-Hrynko, N.M., Rizzo N.W., Walls D.J., 2006. Characterization of the structure and composition of gecko adhesive setae, Journal of The Royal Society Interface, 3(8): 441-451.

Guo, Z., Lian, B., Liu, W., 2011. Super Hydrophobic Surfaces: From Natural to Biomimetic to Functional, Journal of Colloid and Interface Science, 2(353): 335-355.

Israelachvili, P.B., Lee, B.P., Messersmith, J.N., Waite, J.H., 2011. Mussel-Inspired Adhesives and Coatings, Annu. Rev. Mater. Res., 41: 99-132.

Jiang, L., Liu, K., 2011. Bio-inspired design of multiscale structure for function integration, *Nano Today*, 6:155-175.

Kim, S., Murphy, M.P., Sitti, M., 2009. Enhanced Adhesion by Gecko-Inspired Hierarchical Fibrillar Adhesives, *American Chemical Society*, 1(4): 849-855.

Kut, D., 2009. Biomimetik Ders Notları, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

Liu, Z., Zhou, Z., 2009. Fabrication of Biomimetic Water Strider Legs Covered with Setae, *Journal of Bionic Engineering*, 6:1-6.

Meyers, M.A., McKittrick, J., Naleway, S.E., Porter, M., Taylor, J.R., 2015. Structure and mechanical properties of selected protective systems in marine organisms, *Materials Science and Engineering C*, 25:0928-4931.

Norstebo, C.A., 2003. Intelligent Textiles, Soft Products Norwegian University of Science and Technology, 1-14.

Parness, A., Ruffatto, D., Spenko, M., 2014. Improving controllable adhesion on both rough and smooth surfaces with a hybrid electrostatic/gecko-like adhesive, *Journal of The Royal Society Interface*, 11: 1-10.

Thomson, D., Xing, M., Xu, X., Zhong, W., 2010. Adhesion Force Studies of Nanofibers and Nanoparticles, *American Chemical Society*, 14(26): 11809-11814.

Yanik, M.F., 2008. Towards gecko-feet-inspired bandages, *Massachusetts Institute of Technology*, 27(1): 1-2.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Nihal Ruken GÜRBÜZ
Doğum Yeri ve Tarihi :Ordu-Mesudiye 11.01.1987
Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Yıldırım Beyazıt Lisesi (2000-2003)
Lisans : Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Tekstil Mühendisliği Bölümü (2004-2008)
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

: Güzeldağ ankolaj (2008-2009)
Güçlü Tekstil (2009-2010)
Elegant Tekstil (2010-2011)
İpsan Tekstil (2011-2012)
Fistaş Tekstil (2012-2013)
Kredi ve Yurtlar Kurumu (2013-halen)

İletişim (e-posta)

:rukengurbuz@gmail.com