



**SÜPER EMİCİ POLİMERLERLE YÜKSEK SIVI EMME
KAPASİTESİNE SAHİP TEKSTİL YÜZEYLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Kadir ÖZAN



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜPER EMİCİ POLİMERLERLE YÜKSEK SIVI EMME KAPASİTESİNE
SAHİP TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Kadir ÖZAN

0000-0002-2647-1981

Prof. Dr. Mehmet KANIK
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
YÜZEY İŞLEM VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2025
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

SÜPER EMİCİ POLİMERLERLE YÜKSEK SIVI EMME KAPASİTESİNE SAHİP TEKSTİL YÜZEYLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Kadir ÖZAN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüzey İşlem ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet KANIK

Süper Emici Polimerler (SEP), kendi ağırlığının yüzlerce katı sıvıyı emebilen, suda çözünmeden şişebilen ve emdikleri sıvıyı basınç altında bırakmayan çapraz bağlı polimerlerdir. Günümüzde kullanılan ticari SEP'ler kısmen nötralize edilmiş, hafif çapraz bağlı poliakrilamid veya poliakrilik asidin sodyum tuzu veya kopolimerleri ile üretilmektedir. Hijyen, tekstil, medikal, tarım, inşaat, kontrollü ilaç salımı gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar. Geleneksel emici ürünlerde toz formunda kullanılan SEP'lerin, yeterince hareketsiz hale getirilememesi nedeniyle üretim, taşıma ve kullanım sırasında yer değiştirme sorunları yaşanmakta, bu da homojen olmayan emicilik problemlerine yol açmaktadır.

Bu tez çalışmasında, öncelikle SEP'lerin şişme davranışları incelenmiş, toz formu su bazlı kaplama pastası olarak silindir üzeri rakle kaplama yöntemi ile sıvı formu ise daldırma tekniği ile dokuma ve dokusuz yüzey kumaşlara kaplanmıştır. Kaplama yöntemi için uygun proses parametreleri belirlenerek, SEP'in pH'a bağlı şişme davranışı, konsantrasyon, kaplama kalınlığı ve kaplama katman sayısının etkileri incelenmiştir. Ayrıca, kaplama formülasyonunda ıslatıcı, çapraz bağlayıcı ve binder kullanımının etkileri araştırılmıştır. SEP kaplanmış kumaşların statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme kapasiteleri ile su emme hızı ölçülerek istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, kaplanmış kumaların yüzey morfolojisi Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenmiş ve kimyasal yapısı Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) analizi ile karakterize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Süper Emici Polimer (SEP), hidrofilik yüzey modifikasyonu, tekstil kaplama, koruyucu giysi, hijyen, tıbbi tekstil

2025, xxi + 182 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

DEVELOPMENT OF HIGH LIQUID ABSORPTION CAPACITY TEXTILE SURFACES WITH SUPER ABSORBENT POLYMERS

Kadir ÖZAN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Surface Treatment and Technologies

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet KANIK

Super Absorbent Polymers (SAPs) are cross-linked polymers that can absorb hundreds of times their own weight in liquid, swell without dissolving in water, do not release absorbed liquid under pressure. Today's commercial SAPs are produced with partially neutralized, slightly crosslinked polyacrylamide or sodium salt or copolymers of polyacrylic acid. They are used in many fields such as hygiene, textiles, medical applications, agriculture, construction, controlled drug release. In traditional absorbent products, SAPs used in powder form face displacement issues during production, transportation, and usage due to insufficient immobilization, leading to non-homogeneous absorbency problems.

In this thesis, the swelling behavior of SAPs was initially investigated. Subsequently, the powder form of SAPs was formulated into water-based coating paste. The coating paste was applied by the knife-over-roll method, and the liquid form was coated onto woven and non-woven fabrics using the dip-coating technique. Process parameters were optimized for the coating method, and the effects of SAP's pH-dependent swelling behavior, concentration, coating thickness, and number of coating layers were investigated. Additionally, the effects of use of wetting agent, crosslinker and binder in the coating formulation were investigated. The static water absorption capacity, centrifugal water retention value, water absorption capacity under load, and absorbency time of SAP-coated fabrics were measured and statistically evaluated. Also, the surface morphology of the coated fabrics was examined by Scanning Electron Microscopy (SEM), and their chemical structure was characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis.

Key words: Super Absorbent Polymer (SAP), hydrophilic surface modification, textile coating, protective clothing, hygiene, medical textiles

2025, xxi + 182 pages.

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin yürütülmesi ve değerlendirilmesinde emeği geçen, çalışmalarım süresince her türlü desteği sağlayan ve bana yol gösteren kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Mehmet KANIK'a, değerli görüş ve önerileri ile tez çalışmasına katkı sağlayan hocalarım Prof. Dr. Yusuf ULCA Y ve Prof. Dr. Kenan YILDIRIM'a, TÜBİTAK-1505 projesi kapsamında Yüksek Lisans bursiyeri olarak görev alan ve çalışmalarımda yardımcı olan Sude şeyda ÖZER'e, tez çalışmalarım sırasında ve ölçüm cihazlarının kullanımında yol gösteren Dr. Gizem MANASOĞLU ve Dr. Atike KÖKEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın bir bölümünü kapsayan, 1505 program kodlu ve 5220066 numaralı projeye verdiği desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a ve projenin müşteri kuruluşu olan Pakten Sağlık Ürünleri A.ř'ye ve Ar-Ge alışanları Ümit GENÇTÜRK, Mustafa ÖZGEÇ ve Azize İNCE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmalarım süresince Bilecik şeyh Edebalı Üniversitesi Kimya Mühendisliği laboratuvar imkânlarını kullanmama müsaade eden aynı zamanda Yüksek Lisans danışman hocam Prof. Dr. ağlayan AÇIKGÖZ'e ve desteklerinden dolayı Doç. Dr. Alev AKPINAR BORAZAN ve Doç. Dr. şenay BALBAY hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında Tekstil Mühendisliği Bölüm Laboratuvarları'nda ihtiyaç duyduğum her konuda ve zamanda destek sağlayan Dr. Mehmet TİRİTOĞLU'na, teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmalarım boyunca sonsuz desteğini esirgemeyen eşim Ayşe'ye, ocuklarım Ahmet Furkan ve Reyhan'a, dualarıyla her daim manevi destek olan annem Ümmügülsüm ÖZAN ve babam Emrullah ÖZAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Kadir ÖZAN

04/02/2025

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|-------|
| ÖZET | vi |
| ABSTRACT | vii |
| TEŞEKKÜR..... | viii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ | xiii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | xv |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xx |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI | 6 |
| 2.1. Tekstil Yüzeylerinin Kaplanması | 6 |
| 2.1.1. Kaplama yöntemleri | 8 |
| 2.1.2. Daldırma kaplama (dip-coating) | 9 |
| 2.1.3. Bıçak veya rakle kaplama yöntemleri | 10 |
| 2.1.4. Havada bıçak kaplama yöntemi | 10 |
| 2.1.5. Silindir üzerinde bıçak kaplama yöntemi | 11 |
| 2.1.6. Blanket üzerinde bıçak kaplama | 11 |
| 2.1.7. Silindir üzerinde hava bıçağı kaplama | 12 |
| 2.2. Tekstil Kaplamacılığında Kullanılan Polimerler | 12 |
| 2.2.1. Polivinil klorür (PVC)..... | 13 |
| 2.2.2. Polivinilden klorür (PVDC)..... | 13 |
| 2.2.3. Poliüretan (PU) | 13 |
| 2.2.4. Polivinil asetat ve asetat kopolimerleri (EVA) | 14 |
| 2.2.5. Poliakrilikler (PA)..... | 14 |
| 2.2.6. Kauçuk | 15 |
| 2.3. Süper Emici Polimerler..... | 15 |
| 2.3.1. SEP'lerin üretimi..... | 18 |
| 2.3.2. SEP'lerin üretiminde kullanılan monomerler | 20 |
| 2.3.3. SEP'lerin sentez yöntemleri ve reaksiyon mekanizmaları..... | 21 |
| 2.3.4. SEP'lerin sınıflandırılması | 24 |
| 2.3.5. SEP'lerde şişme mekanizması | 24 |
| 2.3.6. SEP'lerin üretiminde kullanılan polimerizasyon teknikleri..... | 27 |
| 2.3.7. SEP'lerin sağlık ve çevresel etkileri | 36 |
| 2.3.8. SEP'lerin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi | 37 |
| 2.3.9. SEP'ler üzerine yapılan önceki çalışmalar..... | 40 |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM | 49 |
| 3.1. Materyal | 49 |
| 3.1.1. Kumaş | 49 |
| 3.1.2. Kullanılan kaplama kimyasalları | 50 |
| 3.2. Yöntem..... | 51 |
| 3.2.1. Uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesine yönelik kaplama çalışmaları | 53 |
| 3.2.2. Uygun kurutma süresinin belirlenmesine yönelik kaplama çalışmaları | 54 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.2.3. | Toz SEP'in ortamın pH'sına göre şişme davranışının incelenmesine yönelik çalışmalar..... | 55 |
| 3.2.4. | Farklı pH'taki kaplama patı ile kaplanan numunelerin statik su emme kapasitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar..... | 55 |
| 3.2.5. | Farklı SEP konsantrasyonlarında kaplanmış numunelerin su emme kapasitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar | 55 |
| 3.2.6. | Kaplama kalınlığının su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar..... | 56 |
| 3.2.7. | Çok katlı SEP kaplamanın su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar..... | 57 |
| 3.2.8. | Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme hızına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar..... | 57 |
| 3.2.9. | Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve yıkama performansı üzerine etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar.. | 58 |
| 3.2.10. | Binder konsantrasyonunun su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar..... | 59 |
| 3.2.11. | Sıvı SEP ile silindir üzeri rakle yöntemine göre kaplama çalışmaları | 59 |
| 3.2.12. | Sıvı SEP ile daldırma tekniğine göre kaplama çalışmaları | 60 |
| 3.2.13. | Viskon dokusuz yüzey kumaş üzerine kaplama çalışmaları | 61 |
| 3.2.14. | Kaplama patlarının ve çözeltilerinin hazırlanması ve kaplama çalışmalarında kullanılan cihazlar | 61 |
| 3.2.15. | Kumaşların kaplanması | 62 |
| 3.2.16. | Kumaşların birim alan kütlesi ölçümleri..... | 64 |
| 3.2.17. | Kumaşların kalınlık ölçümleri..... | 65 |
| 3.2.18. | Zemin yüzeye aktarılan kaplama maddesi (add-on) miktarının tespiti | 66 |
| 3.2.19. | Aşınma direnci/kütle kaybı testi..... | 66 |
| 3.2.20. | Su emme süresi (damla emilim süresi) testi..... | 67 |
| 3.2.21. | Nem alma tayini | 70 |
| 3.2.22. | Statik su emme kapasitesi testi..... | 70 |
| 3.2.23. | Yük altında su emme kapasitesi testi | 73 |
| 3.2.24. | Santrifüj su tutma kapasitesi testi..... | 74 |
| 3.2.25. | Yıkama testi..... | 75 |
| 3.2.26. | Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri | 76 |
| 3.2.27. | Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi analizleri | 78 |
| 3.2.28. | DeneySEL çalışmaların istatistiksel analizleri..... | 78 |
| 4. | BULGULAR ve TARTIŞMA..... | 80 |
| 4.1. | Uygun Kurutma Sıcaklığı ve Sürelerinin Belirlenmesine Ait Sonuçlar | 80 |
| 4.1.1. | Uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesine ait sonuçlar | 80 |
| 4.1.2. | Değişen kaplama kalınlığına göre uygun kurutma süresinin belirlenmesine ait sonuçlar..... | 81 |
| 4.2. | pH Değerinin SEP'in Şişme Davranışı ve Kaplanmış Kumaşın Su Emme ve Tutma Performansına Etkisine Ait Çalışma Sonuçları..... | 82 |
| 4.2.1. | pH değerinin toz SEP'in şişme davranışı üzerine etkisine ait sonuçlar | 83 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 4.2.2. | Farklı pH değerlerine sahip kaplama patı ile kaplanmış kumaşların statik su emme kapasitesine ait sonuçları..... | 84 |
| 4.2.3. | Farklı pH değerlerine sahip kaplama patı ile kaplanmış kumaşların santrifüj su tutma kapasitesine ait sonuçları..... | 85 |
| 4.2.4. | İstatistiksel analiz sonuçları | 86 |
| 4.3. | Farklı SEP Konsantrasyonu İle Kaplanan Kumaşlara Ait Sonuçlar | 89 |
| 4.3.1. | Statik su emme testi sonuçları | 89 |
| 4.3.2. | Santrifüj su tutma testi sonuçları | 90 |
| 4.3.3. | SEM analizi sonuçları | 91 |
| 4.3.4. | İstatistiksel analiz sonuçları | 92 |
| 4.4. | Farklı Kaplama Kalınlıklarına Ait Sonuçlar | 94 |
| 4.4.1. | Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları | 94 |
| 4.4.2. | Statik su emme testi sonuçları | 96 |
| 4.4.3. | Santrifüj su tutma testi sonuçları | 96 |
| 4.4.4. | Yük altında su emme testi sonuçları | 97 |
| 4.4.5. | SEM analizi sonuçları | 98 |
| 4.4.6. | İstatistiksel analiz sonuçları | 100 |
| 4.5. | Çok Katlı Kaplamalara Ait Sonuçlar | 101 |
| 4.5.1. | Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları | 101 |
| 4.5.2. | Statik su emme testi sonuçları | 103 |
| 4.5.3. | Santrifüj su tutma testi sonuçları | 103 |
| 4.5.4. | Yük altında su emme testi sonuçları | 104 |
| 4.5.5. | SEM analizi sonuçları | 106 |
| 4.5.6. | İstatistiksel analiz sonuçları | 108 |
| 4.6. | Islatıcı Tür ve Konsantrasyon Çalışmalarına Ait Sonuçlar | 109 |
| 4.6.1. | Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları | 109 |
| 4.6.2. | Statik su emme testi sonuçları | 110 |
| 4.6.3. | Santrifüj su tutma testi sonuçları | 111 |
| 4.6.4. | Yük altında su emme testi sonuçları | 112 |
| 4.6.5. | Su emme hızı testi sonuçları..... | 113 |
| 4.6.6. | Nem alma testi sonuçları | 114 |
| 4.6.7. | İstatistiksel analiz sonuçları | 115 |
| 4.7. | Çapraz Bağlayıcı Tür ve Konsantrasyonu Çalışmalarına Ait Sonuçlar | 118 |
| 4.7.1. | Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları | 118 |
| 4.7.2. | Statik su emme testi sonuçları | 120 |
| 4.7.3. | Santrifüj su tutma testi sonuçları | 121 |
| 4.7.4. | Yük altında su emme testi sonuçları | 122 |
| 4.7.5. | Yıkama testi sonuçları | 123 |
| 4.7.6. | İstatistiksel analiz sonuçları | 127 |
| 4.8. | Binder Konsantrasyon Çalışmalarına Ait Sonuçlar | 130 |
| 4.8.1. | Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları | 130 |
| 4.8.2. | Statik su emme testi sonuçları | 132 |
| 4.8.3. | Santrifüj su tutma testi sonuçları | 133 |
| 4.8.4. | Yük altında su emme testi sonuçları | 133 |
| 4.8.5. | İstatistiksel analiz sonuçları | 134 |

| | |
|--|-----|
| 4.9. Sıvı SEP İle Silindir Üzeri Rakle Yöntemine Göre Yapılan Kaplamalara Ait Sonuçlar | 135 |
| 4.9.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları | 135 |
| 4.9.2. Statik su emme testi sonuçları | 139 |
| 4.9.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları | 141 |
| 4.9.4. Yük altında su emme kapasitesi sonuçları | 142 |
| 4.9.5. SEM analizi sonuçları | 144 |
| 4.9.6. İstatistiksel analiz sonuçları | 147 |
| 4.10. Sıvı SEP ile Daldırma Tekniğine Göre Yapılan Kaplamalara Ait Sonuçlar | 149 |
| 4.10.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları | 149 |
| 4.10.2. Statik su emme testi sonuçları | 152 |
| 4.10.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları | 153 |
| 4.10.4. Yük altında su emme testi sonuçları | 155 |
| 4.10.5. SEM analizi sonuçları | 156 |
| 4.10.6. İstatistiksel analiz sonuçları | 158 |
| 4.11. %100 Viskon Dokusuz Yüzey Üzerine Yapılan SEP Kaplamalara Ait Sonuçlar | 159 |
| 4.11.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları | 159 |
| 4.11.2. Statik su emme testi sonuçları | 161 |
| 4.11.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları | 161 |
| 4.11.4. Nem alma analizi sonuçları | 162 |
| 4.11.5. İstatistiksel analiz sonuçları | 163 |
| 4.12. Toz ve Sıvı SEP ile Kaplanmış Kumaşların FTIR Analizi Sonuçları .. | 164 |
| 4.12.1. Toz SEP Kaplı PET Dokuma Kumaşın FTIR Analizi Sonuçları.. | 164 |
| 4.12.2. Sıvı SEP Kaplı PP Dokusuz Yüzey Kumaşın FTIR Analizi Sonuçları..... | 166 |
| 5. SONUÇ | 168 |

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

| Simgeler | Açıklama |
|-----------------|--|
| AAm | Akrilamid |
| AA | Akrilik asit |
| \bar{X} | Aritmetik ortalama |
| Å | Armstrong (10^{-10} m) |
| atm | Atmosfer |
| d | Çap |
| Ø | Çap |
| DC | Doğru akım |
| \$ | Dolar |
| F | Faktör |
| G | g-kuvveti |
| g | Gram |
| KO | Kareler ortalaması |
| KT | Kareler toplamı |
| kPa | Kilo paskal |
| kg | Kilogram |
| kgf | Kilogramkuvvet |
| kJ | Kilojul |
| kV | Kilovolt |
| l | Litre |
| MBA | Metilenbisakrilamid |
| m | Metre |
| m ² | Metrekare |
| μ | Mikron |
| mL | Mili litre |
| mm | Mili metre |
| nm | Nanometre |
| p | Olasılık (probability) |
| N | Örnek sayısı |
| Pa | Paskal |
| psi | Pound-kuvvet/inç kare (Pounds Per Square Inch) |
| s | Saniye |
| °C | Santigrat/Celsius derece |
| cm | Santimetre |
| cm ² | Santimetrekare |
| cm ³ | Santimetreküp |
| cPs | Santipoise |
| UV | Ultra viyole |
| V | Volt |
| h | Yükseklik |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|--------------------|---|
| w/v | Ağırlık/hacim (weight/volume) |
| AF | Alınan flotte |
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| AATCC | Amerikan Tekstil Kimyagerleri ve Renk Uzmanları Birliği (American Association of Textile Chemists and Colorists) |
| ASTM | Amerikan Test ve Malzeme Derneği (American Society for Testing and Materials) |
| EN | Avrupa Standardı (European Norm) |
| CNC | Bilgisayarlı sayısal kontrol (Computer numerical control) |
| rpm | Dakikadaki dönüş/devir sayısı (revolutions per minute) |
| D | Denye |
| f | Flament |
| FTIR | Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi |
| max | Maksimum |
| ppm | Milyonda bir parça (parts per million) |
| PA | Poliakrilik |
| PE | Polietilen |
| PET | Polietilen tereftalat |
| PP | Polipropilen |
| PU | Poliüretan |
| PVA | Polivinil alkol |
| PVAc | Polivinil asetat |
| PVC | Polivinil klorür |
| PVDC | Poliviniliden klorür |
| fps | Saniyedeki kare sayısı (Frame per second) |
| DVD | Sayısal çok amaçlı disk (Digital versatile disc) |
| SD | Serbeslik derecesi |
| SS | Standart sapma |
| SEL | Süper emici lif |
| SEP | Süper emici polimer |
| SEM | Taramalı elektron mikroskobu |
| TS | Türk Standardı |
| TÜBİTAK | Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu |
| ISO | Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization) |
| YK | Yardımcı kimyasal |
| CD | Kompakt disk |
| İMG | Yüksek sayıda ve güçlü puntalı tekstüre iplik |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Şekil 2.1. Daldırma kaplama (dip-coating) yöntemi..... | 9 |
| Şekil 2.2. Havada bıçak kaplama yöntemi..... | 10 |
| Şekil 2.3. Silindir üzeri bıçak kaplama yöntemi..... | 11 |
| Şekil 2.4. Blanket üzerinde bıçak kaplama yöntemi..... | 12 |
| Şekil 2.5. Silindir üzerinde hava bıçağı kaplama yöntemi | 12 |
| Şekil 2.6. Poliakrilik asit (a) ve sodyum poliakrilatın (b) kimyasal yapısı.... | 16 |
| Şekil 2.7. SEP'lerin hijyenik ve hijyenik olmayan uygulama alanları | 17 |
| Şekil 2.8. SEP'leri kapsayan yayın sayısının yıllar içindeki gelişimi | 18 |
| Şekil 2.9. Çözelti polimerizasyonu ile hidrojel hazırlama işlem basamakları | 19 |
| Şekil 2.10. Akrilik SEP polimer yapısının hazırlanmasında kullanılan reaktanların kimyasal yapıları ve genel yöntemler: (a) polivinil çapraz bağlayıcı ile çapraz bağlama polimerizasyonu, (b) suda çözünür ön polimerin çok fonksiyonlu çapraz bağlayıcı ile çapraz bağlanması | 22 |
| Şekil 2.11. AAm/AA kopolimerinin MBA çapraz bağlayıcısı ile çözelti polimerizasyonu sentez reaksiyonu | 23 |
| Şekil 2.12. CMC/AA SEP sentezinin şematik gösterimi..... | 23 |
| Şekil 2.13. SEP'lerin sınıflandırılması | 24 |
| Şekil 2.14. Kuru ve suda şişmiş durumdaki SEP..... | 25 |
| Şekil 2.15. SEP'lerin (nötralize sodyum poliakrilik asit/sodyum poliakrilat) kimyasal yapısı | 26 |
| Şekil 2.16. SEP'lerin hidrasyon ve dehidrasyon yoluyla hacim fazı geçişi | 27 |
| Şekil 2.17. Sodyumpoliakrilatın su ile etkileşimi sonucu oluşan yapısı..... | 27 |
| Şekil 2.18. Polimerizasyon yöntemi ile hidrojel sentezinin proses şeması | 28 |
| Şekil 2.19. Çözelti polimerizasyonu blok diyagramı..... | 29 |
| Şekil 2.20. Çözelti polimerizasyonundan elde edilen SEP'in öğütülmüş SEM görüntüsü | 29 |
| Şekil 2.21. Çözelti polimerizasyonu ile PANa-PAM hidrojinin sentez reaksiyonu ve oluşan polimer ağ yapısındaki (a) kovalent çapraz bağlar ve (b) anyonik karboksilat grupları | 30 |
| Şekil 2.22. Yığın polimerizasyonu blok diyagramı | 31 |
| Şekil 2.23. Ters süspansiyon polimerizasyonu blok diyagramı..... | 32 |
| Şekil 2.24. Ters süspansiyon polimerizasyonu ile üretilmiş küresel SEP partikülleri SEM görüntüsü | 32 |
| Şekil 2.25. Ters süspansiyon polimerizasyonu ile NSC-g-PAM/APT kompozit hidrojinin sentez reaksiyonu | 33 |
| Şekil 2.26. Radyasyon polimerizasyonu blok diyagramı | 34 |
| Şekil 2.27. Nişasta ana zinciri üzerine poli(etilen glikol) ve poli(metakrilik asit) kopolimerinin aşı sentezi reaksiyonu..... | 34 |
| Şekil 2.28. Yük altında emicilik test düzeneği | 38 |
| Şekil 2.29. Bir SEP numunesinin zamana karşı şişme kapasitesinin tipik bir profili | 39 |
| Şekil 3.1. Kaplama patlarının hazırlanmasında ve kontrolünde kullanılan cihazlar (a) mikser, (b) dijital pH metre, (c) dijital viskozimetre.. | 62 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Şekil 3.2. | (a) Laboratuvar tipi kaplama makinesi, (b) laboratuvar dikey tipi fular makinesi | 63 |
| Şekil 3.3. | Silindir üzeri rakle kaplama prensibi şematik gösterimi | 63 |
| Şekil 3.4. | Fizik laboratuvarında kondisyonlamaya bırakılan test numuneleri | 64 |
| Şekil 3.5. | Hassas terazi | 64 |
| Şekil 3.6. | Pleksiglas numune kesme plakaları | 65 |
| Şekil 3.7. | Kumaş kalınlık ölçüm cihazı | 65 |
| Şekil 3.8. | Martindale aşındırma ve boncuklanma test cihazı | 67 |
| Şekil 3.9. | Su emme hızı/süresi tespiti test düzeneği | 68 |
| Şekil 3.10. | Nakış kasnağına gerilmiş test numunesi..... | 69 |
| Şekil 3.11. | AATC 79 testi için geliştirilen video oynatma ve süre kaydetme uygulamasının ekran görüntüsü..... | 69 |
| Şekil 3.12. | Su emme hızı testi uygulanmış numune örneği..... | 70 |
| Şekil 3.13. | Nem tayin cihazı | 70 |
| Şekil 3.14. | Kaplanmış kumaştan 10×10 cm kesilmiş numune | 71 |
| Şekil 3.15. | Statik su emme kapasitesi test düzeneği | 72 |
| Şekil 3.16. | Boş çay poşetlerine yerleştirilmiş numuneler..... | 72 |
| Şekil 3.17. | (a) Yük altında emicilik test düzeneği fotoğrafı, (b) şematik gösterimi ve karakteristik parçaları | 74 |
| Şekil 3.18. | Kumaş gramajı test numunesi kesim aleti | 74 |
| Şekil 3.19. | Santrifüj test cihazı (a) genel görünüm (b) sepetteki test numunelerinin görünümü | 75 |
| Şekil 3.20. | Yıkama dayanımı için Test 412 NB HT yıkama makinesi..... | 76 |
| Şekil 3.21. | SEM görüntüleme hazırlık işlemleri. (a) numune hazırlama cihazı (b) numuneler (c) altın-paladyum kaplanmış numuneler | 77 |
| Şekil 3.22. | Zeiss EVO 40 taramalı elektron mikroskobu (SEM) | 77 |
| Şekil 3.23. | Shimadzu IRTracer 100 (FTIR) spektroskopisi | 78 |
| Şekil 4.1. | pH değeri değişimine bağlı viskozite değişim sonuçları | 83 |
| Şekil 4.2. | Dört farklı pH değerindeki kaplama patı ile kaplanmış kumaşların statik su emme testi sonuçları | 84 |
| Şekil 4.3. | Dört farklı pH değerindeki kaplama patı ile kaplanmış kumaşların santrifüj su tutma testi sonuçları | 86 |
| Şekil 4.4. | %2 ve %2,8 SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların statik su emme testi sonuçları | 90 |
| Şekil 4.5. | %2 ve %2,8 SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların santrifüj su tutma testi sonuçları | 91 |
| Şekil 4.6. | Kaplamasız PET zemin kumaşa ait SEM görüntüleri (100×) (a) yüzey (b) kesit | 91 |
| Şekil 4.7. | Farklı toz SEP konsantrasyonları ile kaplanmış kumaşların SEM görüntüleri (1000×) (a: %2 SEP, b: %2,8 SEP yüzey) ve (500×) (c: %2 SEP, d: %2,8 SEP kesit)..... | 92 |
| Şekil 4.8. | Kaplama kalınlığına göre kumaş kalınlığı değişimi | 95 |
| Şekil 4.9. | Kaplama kalınlığına göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi | 95 |
| Şekil 4.10. | Kaplama kalınlığına göre statik su emme oranı değişimi..... | 96 |
| Şekil 4.11. | Kaplama kalınlığına göre santrifüj su tutma oranı değişimi..... | 97 |
| Şekil 4.12. | Kaplama kalınlığına göre yük altında su emme oranı değişimi | 98 |

| | |
|--|-----|
| Şekil 4.13. Farklı kaplama kalınlıklarında kaplanmış kumaşların SEM yüzey görüntüleri (100×) (a: 0,25 mm, b: 0,50 mm, c: 0,75 mm, d: 1,00 mm)..... | 99 |
| Şekil 4.14. Farklı kaplama kalınlıklarında kaplanmış kumaşların SEM kesit görüntüleri (500×) (a: 0,25 mm, b: 0,50 mm, c: 0,75 mm, d: 1,00 mm)..... | 100 |
| Şekil 4.15. Kaplama kat sayısına göre kumaş kalınlığı değişimi | 102 |
| Şekil 4.16. Kaplama kat sayısına göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi | 102 |
| Şekil 4.17. Kaplama kat sayısına göre statik su emme oranı değişimi | 103 |
| Şekil 4.18. Kaplama kat sayısına göre santrifüj su tutma oranı değişimi | 104 |
| Şekil 4.19. Kaplama kat sayısına göre yük altında su emme oranı değişimi... | 105 |
| Şekil 4.20. Kaplama yönteminin kumaşın su emme ve tutma özelliklerine etkisi, (a) tek seferde ve (b) çok katlı uygulama arasındaki değişim | 106 |
| Şekil 4.21. Çok katlı (a) ön yüze (üst) 1 kat, (b) ön yüze 2 kat, (c) ön yüze 2 arka yüze 1 kat ve (d) her iki yüze 2 kat kaplanmış numunelerin (500×) SEM kesit görüntüleri | 107 |
| Şekil 4.22. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre kumaş kalınlığı değişimi.. | 109 |
| Şekil 4.23. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi | 110 |
| Şekil 4.24. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi | 111 |
| Şekil 4.25. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre santrifüj su tutma oranı değişimi | 112 |
| Şekil 4.26. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi | 113 |
| Şekil 4.27. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre su emme süresi değişimi.. | 114 |
| Şekil 4.28. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre nem alma oranı değişimi . | 115 |
| Şekil 4.29. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre kumaş kalınlığı değişimi | 119 |
| Şekil 4.30. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi | 120 |
| Şekil 4.31. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi | 121 |
| Şekil 4.32. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre santrifüj su tutma oranı değişimi | 122 |
| Şekil 4.33. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi | 123 |
| Şekil 4.34. Ruco-Coat FX8041 yıkama testi sonucu su emme oranları | 124 |
| Şekil 4.35. Ruco-Coat FX8011 yıkama testi sonucu su emme oranları | 125 |
| Şekil 4.36. Edolan Tanalink XCI yıkama testi sonucu su emme oranları | 126 |
| Şekil 4.37. Beş tekrarlı yıkama sonunda kaplamasız kumaşa göre su emme oranı | 127 |
| Şekil 4.38. Binder konsantrasyonuna göre kumaş kalınlığı değişimi | 131 |
| Şekil 4.39. Binder konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi | 131 |
| Şekil 4.40. Binder konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi | 132 |
| Şekil 4.41. Binder konsantrasyonuna göre santrifüj su tutma oranı değişimi . | 133 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Şekil 4.42. | Binder konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi | 134 |
| Şekil 4.43. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi | 136 |
| Şekil 4.44. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi..... | 136 |
| Şekil 4.45. | PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi | 137 |
| Şekil 4.46. | PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi..... | 138 |
| Şekil 4.47. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi | 139 |
| Şekil 4.48. | PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi | 140 |
| Şekil 4.49. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutuma oranı değişimi | 141 |
| Şekil 4.50. | PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutuma oranı değişimi..... | 142 |
| Şekil 4.51. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi | 143 |
| Şekil 4.52. | PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi | 143 |
| Şekil 4.53. | Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PET dokuma kumaşların SEM yüzey görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (1000×) b:%12,5 SEP, c: %25 SEP, d:%50 SEP)..... | 144 |
| Şekil 4.54. | Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşların SEM yüzey görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (1000×) b:%12,5 SEP, c: %25 SEP, d:%50 SEP)..... | 145 |
| Şekil 4.55. | Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PET dokuma kumaşların SEM kesit görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (500×)b:%12,5 SEP, c: %25 SEP, d:%50 SEP)..... | 146 |
| Şekil 4.56. | Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşların SEM kesit görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (500×)b:%12,5 SEP, c: %25 SEP, d:%50 SEP)..... | 146 |
| Şekil 4.57. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi | 149 |
| Şekil 4.58. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi..... | 150 |
| Şekil 4.59. | PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi | 151 |
| Şekil 4.60. | PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi..... | 151 |
| Şekil 4.61. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi | 152 |
| Şekil 4.62. | PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi | 153 |
| Şekil 4.63. | PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutuma oranı değişimi | 154 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 4.64. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutuma oranı değişimi..... | 155 |
| Şekil 4.65. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi | 155 |
| Şekil 4.66. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi | 156 |
| Şekil 4.67. Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PET dokuma kumaşların SEM yüzey görüntüleri (500×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (500×) b:%50 SEP, c: %75 SEP, d:%100 SEP)..... | 157 |
| Şekil 4.68. Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşların SEM yüzey görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (1000×) b:%50 SEP, c: %75 SEP, d:%100 SEP)..... | 157 |
| Şekil 4.69. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi | 160 |
| Şekil 4.70. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi | 160 |
| Şekil 4.71. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre su emme oranı değişimi | 161 |
| Şekil 4.72. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutma oranı değişimi | 162 |
| Şekil 4.73. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre nem alma oranı değişimi | 163 |
| Şekil 4.74. PET dokuma zemin kumaşın FTIR spektrumları (a) PET zemin+Toz SEP, (b) PET zemin+toz SEP+YK, (c) toz SEP ve (d) PET dokuma kumaş..... | 165 |
| Şekil 4.75. Çapraz bağlı akrilamid/akrilik asit kopolimeri molekül yapısı | 166 |
| Şekil 4.76. PP dokusuz yüzey zemin kumaşın FTIR spektrumları (a) PP zemin+sıvı SEP, (b) sıvı SEP ve (c) PP dokusuz yüzey zemin kumaş..... | 167 |
| Şekil 4.77. Sıvı SEP'in (sodyum poliakrilat) molekül yapısı..... | 167 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Çizelge 2.1. Tekstil yüzeylerinin kaplanması için kullanılan farklı polimerler.. | 7 |
| Çizelge 2.2. SEP üretiminde yaygın olarak kullanılan monomerler ve özellikleri | 20 |
| Çizelge 2.3. Akrilik asit ve akrilamid bazlı SEP'lerin karşılaştırması | 21 |
| Çizelge 2.4. Farklı SEP hazırlama tekniklerinin karşılaştırılması | 35 |
| Çizelge 3.1. Polyester (PET) dokuma zemin kumaşın özellikleri | 49 |
| Çizelge 3.2. Dokusuz yüzey kumaşların özellikleri | 49 |
| Çizelge 3.3. Mikronize toz SEP'in özellikleri | 50 |
| Çizelge 3.4. Sıvı SEP ve çapraz bağlayıcının özellikleri..... | 50 |
| Çizelge 3.5. Kaplamada kullanılan kimyasal katkı maddelerinin özellikleri .. | 51 |
| Çizelge 3.6. Kurutma sıcaklığının belirlenmesi için kaplama patı reçetesi..... | 53 |
| Çizelge 3.7. Uygun kurutma sıcaklığını belirlemek için kaplama proses koşulları | 54 |
| Çizelge 3.8. Uygun kurutma süresini belirlemek için kaplama proses koşulları | 54 |
| Çizelge 3.9. pH etkisini belirlemek için kaplama proses koşulları..... | 55 |
| Çizelge 3.10. SEP konsantrasyonunun etkisini belirlemek için kaplama patı reçetesi | 56 |
| Çizelge 3.11. Kaplama proses koşulları..... | 56 |
| Çizelge 3.12. Çok katlı kaplama proses koşulları..... | 57 |
| Çizelge 3.13. Islatıcı etkisinin belirlenmesi için kaplama patı reçetesi..... | 58 |
| Çizelge 3.14. Çapraz bağlayıcı etkisinin belirlenmesi için kaplama patı reçetesi | 58 |
| Çizelge 3.15. Farklı konsantrasyonda binder içeren kaplama patı reçetesi | 59 |
| Çizelge 3.16. Sıvı SEP ile oluşturulan kaplama patı reçetesi | 60 |
| Çizelge 3.17. Kaplama çözültisi reçetesi | 60 |
| Çizelge 3.18. Viskon dokusuz yüzey kumaş kaplama patı reçetesi..... | 61 |
| Çizelge 4.1. Dört farklı sıcaklıkta kurutulmuş kumaşların aşınma testi sonrası kütle kaybı sonuçları..... | 80 |
| Çizelge 4.2. Uygun kurutma sıcaklığı belirleme için varyans analizi ve Tukey HSD test sonuçları | 81 |
| Çizelge 4.3. Dört farklı kalınlıkta kaplanmış kumaşların aşınma testi sonrası kütle kaybı sonuçları..... | 81 |
| Çizelge 4.4. Kaplama kalınlığına bağlı uygun kurutma süresi belirleme için varyans analizi ve Tukey HSD test sonuçları..... | 82 |
| Çizelge 4.5. Farklı pH değerlerindeki SEP kaplama patı ile kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki su emme oranlarının varyans analizi ve Tukey HSD test sonuçları..... | 87 |
| Çizelge 4.6. Farklı pH değerlerindeki SEP kaplama patı ile kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki santrifüj su tutma oranlarının varyans analizi ve Tukey HSD test sonuçları | 88 |
| Çizelge 4.7. Farklı SEP konsantrasyonu ile kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki statik su emme oranlarının bağımsız örneklem t-testi sonuçları | 93 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Çizelge 4.8. | Farklı SEP konsantrasyonu ile kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki santrifüj su tutma oranlarının bağımsız örneklem t-testi sonuçları | 94 |
| Çizelge 4.9. | Farklı kalınlıklarda kaplanmış kumaşların su emme ve tutma testi sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları | 101 |
| Çizelge 4.10. | Çok katlı olarak kaplanmış kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları..... | 108 |
| Çizelge 4.11. | Su emme ve tutma oranı üzerine konsantrasyon ve ıslatıcı türünün etkisinin iki yönlü varyans analizi sonuçları..... | 115 |
| Çizelge 4.12. | Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve tutma oranı üzerine etkisinin Tukey HSD sonuçları..... | 116 |
| Çizelge 4.13. | Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme süresine etkisinin iki yönlü varyans analizi sonuçları | 117 |
| Çizelge 4.14. | Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme süresine etkisinin varyans analizi Tukey HSD sonuçları | 118 |
| Çizelge 4.15. | Su emme ve tutma oranı üzerine konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türünün etkisinin iki yönlü varyans analizi sonuçları .. | 128 |
| Çizelge 4.16. | Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve tutma oranı üzerine etkisinin Tukey HSD sonuçları..... | 128 |
| Çizelge 4.17. | Beş tekrarlı yıkama testi sonucunda zemin kumaşa göre konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türünün etkisinin su emme oranı üzerine iki yönlü varyans analizi sonuçları | 129 |
| Çizelge 4.18. | Beş tekrarlı yıkama testi sonucunda konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türünün zemin kumaşa göre su emme oranı üzerine etkisinin Tukey HSD sonuçları | 130 |
| Çizelge 4.19. | Binder konsantrasyonunun su emme ve tutmaya etkisinin varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları | 135 |
| Çizelge 4.20. | Farklı sıvı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış dokuma kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları | 147 |
| Çizelge 4.21. | Farklı sıvı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları | 148 |
| Çizelge 4.22. | Sıvı SEP'in farklı konsantrasyonları ile kaplanmış dokuma kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları..... | 158 |
| Çizelge 4.23. | Sıvı SEP'in farklı konsantrasyonları ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları..... | 159 |
| Çizelge 4.24. | Farklı konsantrasyonları ile kaplanmış viskon dokusuz yüzey kumaşların su emme, su tutma ve nem alma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları | 163 |

1. GİRİŞ

Son yıllarda özellikle polimer, kimya ve tekstil teknolojisindeki gelişmeler, kaplanmış kumaşların günlük yaşamda ve çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanımını önemli ölçüde artırmıştır (Petrova ve ark. 2023).

Tekstil endüstrisinde, geleneksel yöntemlerle üretilmiş dokuma, örme ve dokusuz yüzeylere kaplama ve laminasyon teknikleri ile fiziksel ve fonksiyonel özellikleri geliştirilerek, tekstil dışındaki alanlarda kullanılacak fonksiyonel özellikler kazandırılmaktadır (Bulut ve Sular, 2008; Celen ve ark. 2018). Bu yöntemler, tekstil ürünlerinin endüstriyel ve teknik uygulamadaki potansiyelini arttırarak, yüksek performanslı ve çok işlevli materyallerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda, kaplama ve laminasyon teknikleri ile konvansiyonel olarak üretilen tekstil ürünlerine kazandırılan yeni özellikler, tekstil ürünlerinin kullanım alanlarını genişletmekte ve katma değerlerini artırmaktadır (Petrova ve ark. 2023).

Kaplama ve laminasyon teknikleriyle üretilen tekstiller, endüstriyel uygulamalardan tüketici ürünlerine kadar çok çeşitli alanlarda yenilikçi ve işlevsel çözümler sunmaktadır. Bu yöntemlerle tekstil ürünlerine su geçirmezlik, yanmazlık, antibakteriyel özellikler ve yüksek mukavemet gibi ek fonksiyonel özellikler kazandırılmaktadır. Bu ürünlerin performansı ve işlevselliği, kullanılan kaplama malzemesi, uygulama tekniği ile tekstil yüzeyinin özelliklerine ve yapısına göre çeşitlilik göstermektedir (Basuk ve Kherdekar, 2018; Singha, 2012).

Kaplama işlemi, tekstil yüzeyine polimer maddelerin uygulanması ve arkasından kurutma ve/veya sertleştirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi ile yapılmaktadır. Bu yöntem, geleneksel tekstil işleme yöntemleriyle kıyaslandığında daha düşük su ve enerji tüketimiyle kaynakların etkin kullanımını sağlayarak sürdürülebilir üretim prensiplerine de katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, kaplama işlemi sırasında kullanılan kimyasalların kontrollü uygulanması, atık su oluşumunu minimize etmekte ve çevresel ayak izini azaltmaktadır. Bu özellikleriyle kaplama teknolojisi, tekstil endüstrisinin ekolojik sürdürülebilirlik hedeflerini gerçekleştirmesine kayda değer katkı sağlamaktadır. Kaplanmış tekstillerin; tarım, inşaat, giyim, jeotekstil, ev tekstili, endüstriyel tekstil,

medikal tekstil, hijyen ürünleri, akıllı kumaşlar ve giyilebilir teknolojiler ve ekolojik tekstiller gibi çeşitli kullanım olanağı bulunmaktadır (Korkmaz ve ark. 2023; Ghezal, 2021).

Zirai tekstillerde toprak nemini koruma ve bitki örtüsünü koruma amaçlı olarak kullanılırken, medikal tekstillerde ameliyat önlükleri, sterilizasyon örtüleri ve yara bakım ürünlerinde hijyenik ve koruyucu özellikler sağlar. Koruyucu giysiler alanında, itfaiyeciler ve askeri personel gibi riskli mesleklerde çalışanlar için güç tutuşur ve su geçirmez giysiler üretilir. Ev tekstillerinden, döşemelik kumaşlar, halı, perde ve masa örtüsü gibi ürünlerde dekoratif kaplamalar uygulanarak estetik ve fonksiyonel özellikler sağlanır. Endüstriyel tekstillerde, inşaat, otomotiv ve paketleme sektörlerinde kullanılan çeşitli teknik tekstiller ile filtrasyon malzemeleri, taşıma bantları ve kompozit malzemeler gibi yüksek performansa ihtiyaç duyulan diğer endüstriyel uygulamalarda da kaplanmış yüzeyler yaygın olarak kullanılmaktadır.

Süper emici polimerler (SEP) veya hidrojel, iyonik fonksiyonel gruplar taşıyan, kovalent olarak çapraz bağlanmış polielektrolit zincirlerinden oluşan üç boyutlu organik veya inorganik ağlardır. Bu malzemeler, orta derecede çapraz bağlı yapıları sayesinde sulu çözeltilerle temas ettiğinde çözünmeden, ozmotik basınç etkisiyle şişer ve kuru ağırlıklarının 1000 katından fazla sıvı emerken, basınç altında bile emilen sıvıyı serbest bırakmazlar (Yang ve ark. 2024; Zhu, 2015; Kiatkamjornwong, 2007).

SEP'lerin su emme mekanizmasının temelini, ozmotik basınç ve moleküler zincirdeki çok sayıda hidrofilik fonksiyonel grubun varlığı oluşturmaktadır (Nyamayaro, 2023). Şişme ve su emme kapasitesi, monomer konsantrasyonuna, yapının fiziksel kuvvetlerine, suya olan afinitesine ve çapraz bağ oranına bağlıdır. Ayrıca, kullanılan monomerin türü oluşan jeldeki polimer zincirlerinin konumunu etkileyerek şişme ve emilim özelliklerini belirler (Fu ve ark. 2022).

SEP'ler orijinal kaynaklarına göre sentetik (petrokimya bazlı) ve doğal olmak üzere genellikle iki ana sınıfta incelenmektedir. Doğal SEP'ler kendi içinde polisakkarit bazlı ve polipeptit (protein) bazlı hidrojel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Doğal bazlı

SEP'ler genellikle doğal malzemeler üzerine bazı sentetik grupların eklenmesiyle hazırlanır. Örnek olarak vinil monomerlerin polisakkaritler üzerine aşırı kopolimerizasyonu verilebilir (Sharma ve Malik, 2014; Zohuriaan ve Kabiri, 2008).

Sentetik hidrojel, kovalent veya iyonik olarak çapraz bağlı hidrofilik homopolimerlerin veya kopolimer hidrojel, üç boyutlu şişen ağlarıdır (Ullah, 2015). Hidrojellerin sentezinde kullanılan sentetik polimerler poli(vinil alkol) (PVA), poli(etilen glikol) (PEG), poli(etilen oksit) (PEO), poli(2-hidroksietil metakrilat) (PHEMA), poli(akrilik asit) (PAA) ve poli(akrilamid) (PAAm) vb.'dir (Bashir, 2020).

Doğal hidrojel, biyouyumluluk ve biyobozunurluk gibi özelliklere sahiptir. Protein ve polisakkaritler, doğal hidrojel, yapımında kullanılan iki doğal polimerdir. Proteinler kollajen, lizozim ve jelatini içerirken, polisakkaritler kitosan ve aljinatı içerir (Ahmad, 2022).

SEP'ler, öngörülen uygulama alanlarına bağlı olarak lifler, tozlar, granüller, levhalar ve sıvı olmak üzere farklı morfolojik formda üretilebilmektedir (Mignon ve ark. 2019; Muhammed ve ark. 2024).

Piyasada bulunan SEP'ler çoğunlukla iyonik polimerlerdir ve daha yüksek absorpsiyon kapasitesi gösterirler. Ticari olarak kullanılan en başarılı SEP türleri, poli(akrilik asit)ler, poli(akrilamid)ler, poli(akrilonitril)ler ve bunların tuzlarını içeren akrilat bazlı olanlarıdır. Akrilat bazlı SEP'ler üstün su emici özelliklere sahiptirler (Chen ve ark. 2022; De Meyst ve ark. 2019).

SEP'lerin toz formlarının en yaygın kullanım alanı bebek bezleri, yetişkin hasta bezleri, inkontinans pedleri (mesane pedi) ve kadın hijyen ürünleridir. Bebek/hasta bezlerinin ve pedlerin emici tabakası, SEP tozu ve odun hamuru (pulp) liflerini içeren iki temel yapıdan oluşur. SEP tozları, sıvı ile etkileşime girerek yüksek miktarda su emebilen bir jel ağı oluşturur. Odun hamuru lifleri, sıvıyı ped boyunca eşit dağıtarak suyun tüm katmanlara etkili ve eşit bir şekilde dağıtılmasını sağlar. Bu emici sistem, şekil ve uyum sağlayan, sıvı sızıntısını önleyen dış katman (backsheet) ve üstteki geçirgen polipropilen dokusuz

yüzey kumaş (topsheet) arasına yerleştirilmiştir (Pattanayak ve ark. 2023; Das ve Pourdeyhimi, 2014).

Tek kullanımlık yatak koruyucu örtülerde ise genellikle emici tabaka olarak odun hamuru (pulp) lifleri kullanılmaktadır. Emici tabaka olarak sadece pulp içeren ürünler, emilen sıvıyı tutmada SEP içeren ürünlere göre yetersiz kalmaktadır. Ancak, yatak koruyucularda SEP kullanılması durumunda ise, toz SEP partiküllerinin PE dış yüzeyi (backsheet) delme gibi dezavantajları bulunmaktadır (Newman, 2017; Benvenuti ve ark. 2003, Cottenden ve ark. 1998).

Toz formunda kullanılan SEP'ler, ürün içerisinde yeterince hareketsiz hale getirilememesine bağlı olarak imalat işlemi, taşıma ve/veya kullanım sırasında yer değiştirme ve kayma gibi dezavantajlara sahiptir. SEP partikülleri yer değiştirdiğinde homojen emicilik sorunları ortaya çıkmaktadır. Ürünün bir bölgesinde yetersiz sıvı depolamasına ve diğer bölgelerde aşırı kümelenmeye yol açabilmektedir. Bu durum toz haldeki SEP'lerin daha farklı alanlarda kullanımını sınırlamaktadır (Kim ve ark. 2000; Whitmore, 2003)

Bu tez çalışmasında, mevcut sıvı emici ürünlerdeki dezavantajları ortadan kaldıracak ve/veya alternatif alanlarda kullanılacak yüksek sıvı emme kapasitesine sahip SEP kaplanmış tekstil yüzeylerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, seçilen toz formundaki SEP pat (pasta) şeklinde silindir üzeri rakle kaplama yöntemine göre; sıvı formundaki SEP ise daldırma tekniğine göre dokuma ve dokusuz yüzey kumaşlar üzerine kaplanmıştır. Çalışmanın genelinde kullanılan polyester (PET) dokuma kumaş ve polipropilen (PP) dokusuz yüzey yanında viskon dokusuz yüzey kumaşlar üzerinde de kaplama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada öncelikle optimum proses parametreleri (sabit kaplama kalınlığında kurutma sıcaklığı ve farklı kaplama kalınlıklarında kurutma süresi) belirlenmiştir. SEP'in pH'a (4,5-10 aralığında) bağlı şişme davranışı analiz edilmiş ve farklı pH değerlerinde hazırlanan kaplama patları ile kaplanmış kumaşların zamana bağlı su emme ve santrifüj su tutma kapasiteleri değerlendirilmiştir. SEP konsantrasyonu, kaplama kalınlığı ve çok

katlı kaplama uygulamalarının su emme performansına etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kaplama formülasyonunun optimizasyonu için, kullanılan ıslatıcı ve çapraz bağlayıcının türü ve konsantrasyonu ile binder konsantrasyonunun etkileri sistematik olarak araştırılmıştır.

Kaplanmış kumaşların performans karakterizasyonunda statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme özellikleri başta olmak üzere, su emme hızı, kalınlık ve kaplanan madde miktarını (add-on) tespit etmek amacıyla birim alan ağırlığı değerleri ölçülmüştür. Ayrıca, referans ve kaplanmış kumaşların yüzey morfolojisi SEM görüntüleri ile incelenmiş, kimyasal yapıları FTIR analizleri ile karakterize edilmiş ve çapraz bağlayıcı içeren kaplamaların yıkama dayanımları test edilmiştir. Tüm sonuçlar istatistiksel analizler ve grafiksel gösterimler ile detaylı olarak değerlendirilmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Tekstil Yüzeylerinin Kaplanması

Tekstil malzemelerinin fonksiyonel modifikasyonunun amacı onların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirmektir. Tekstil malzemelerini değiştirmenin yollarından biri polimer kaplamaların uygulanmasıdır. Amaçlanan nihai ürünün özelliklerine ulaşmak için uygun tekstil yapılarının ve film oluşturuvcu kaplama malzemelerinin seçilmesi önemlidir (Nejman ve ark. 2015). Teknik tekstillerde kaplama giderek daha önemli ve popüler hale gelmiştir (Akovali, 2012).

Kaplama, kaplama makineleri vasıtasıyla dokuma, örme veya dokusuz yüzey kumaşların bir veya her iki yüzüne kaplama maddelerinin uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Montazer ve Harifi, 2018). Gelişen polimer teknolojileri, kaplama ve laminasyon teknikleriyle üretilen tekstillerin gelişmesine katkıda bulunmaktadır.

Polimer kaplı tekstiller, kumaşa ilave özellikler sağlamak üzere özel bir kaplama işlemi yoluyla birbirine yapıştırılmış kaplama (polimer) ve alt tabakadan (tekstil katmanı) oluşan esnek kompozit malzemelerdir (Akovali, 2012). Polimer kaplama, bir tekstil substratının yüzeyine bir veya daha fazla polimer katmanının biriktirilmesine yönelik bir yöntemdir. Nihai üründe amaçlanan özelliklere bağlı olarak çeşitli kaplama teknikleri kullanılmaktadır.

Tekstil yüzeylerinin kaplanmasında polivinil klorür (PVC)/poliviniliden klorür (PVDC), polivinil asetat (PVAc), poliüretanlar (PU), akrilikler, silikon, fenolik reçineler, nitroselüloz ve hemen hemen tüm doğal ve sentetik kauçuk türleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Akovali, 2012; Fung, 2002; Boddula, 2020).

Tekstil yüzeylerinin kaplanmasında kullanılan farklı polimerlerin özellikleri, avantajları ve kullanım alanları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Tekstil yüzeylerinin kaplanmasında kullanılan farklı polimerler (Shabbir ve ark. 2020)

| Polimer türü | Özellikler/Avantajlar | Uygulamalar |
|----------------------------|---|--|
| Poliüretan (PU) | <ul style="list-style-type: none"> - Solvent ve su bazlı çözelti formunda - İyi şişirilebilirlik - Hava koşullarına ve aşınmaya karşı yüksek direnç - Laminasyona uygun filmler | <ul style="list-style-type: none"> - Su geçirmez koruyucu kıyafet - Uçak can yelekleri - Dokusuz yüzeyler ve cam elyaflar için bağlayıcılar |
| Polivinil klorür (PVC) | <ul style="list-style-type: none"> - Birçok pilastikleştirici ile uyumlu - Diğer polimerlerle homojen karışım - Su bazlıları mevcuttur - İyileştirilmiş performans özellikleri ve alev dayanıklılık - Yağ ve solventlere karşı aşınma direnci yüksek | <ul style="list-style-type: none"> - Mimari ve inşaat kullanımları - PVC, polyester çadır örtüleri - Suni deri - Brandalar |
| Polivinilden klorür (PVDC) | <ul style="list-style-type: none"> - Çok iyi alev geciktirme (PVC ve akrilik lateks ile karıştırılabilir) - Çok düşük gaz geçirgenliği - Kaplamalarda alev geciktirmeyi iyileştirmek için akriliklerle karıştırılabilir | <ul style="list-style-type: none"> - İçecek şişeleri üzerine kaplama - Stor perdelerin kaplanması - Şeffaf, esnek ve geçirimsiz bir gıda ambalajı - PVDC Shrink ("streç film" veya "streç ambalaj") olarak |
| Poliakrilik (PA) | <ul style="list-style-type: none"> - Çok sayıda farklı tiplerin ve kopolimerlerin olması - Geniş özellik yelpazesi - Diğer polimerlerle homojen bir karışım - İyi UV direnci ve optik berraklık, genellikle ucuz | <ul style="list-style-type: none"> - Brandalarda cila olarak kullanılır - Halı ve döşemeler için destek - Duvar kaplamaları, sergi panosu desteği |
| Poliolefin | <ul style="list-style-type: none"> - Asitlere, kimyasallara ve alkalilere karşı yüksek direnç - Düşük yoğunluklu - Diğer polimerlere göre daha ucuz | <ul style="list-style-type: none"> PVC'nin yerine büyük torbalar ve brandalarda |

Tekstil üretiminde uygulanan kaplamaların büyük çoğunluğu, uygun şekilde formüle edilmiş viskoz bir polimer karışımının zemin tabakanın yüzeyine çeşitli tekniklerle

uygulanmasıyla elde edilmektedir. Polimerin kumaş yüzeyine uygulanmasını takiben genellikle kurutma ve fiksaj işlemi uygulanmaktadır. Kurutma sonrasında kumaş yüzeyine aktarılan kaplama maddesindeki çözücünün buharlaşmasıyla, kumaş yüzeyinde katı ince bir film katmanı oluşur. Kaplanmış kumaşın fiziksel ve performans özellikleri büyük ölçüde kaplama maddesinin özelliğine, tekstil zemin yüzeyinin yapısına (dokuma/örme/dokusuz yüzey) ve kaplama tekniğine göre değişiklik göstermektedir. Kaplama maddesi zemin kumaşın bir ya da her iki yüzüne kaplanabilir (Kovačević ve ark. 2010).

Kaplamalı kumaşlar; hijyen ve tıbbi tekstiller, koruyucu giysiler, binalar için esnek membranlar, hava yastıkları, jeotekstil, endüstriyel kumaşlar, savunma, ulaşım, sağlık, mimari, uzay, spor, çevre kirliliği kontrolü gibi yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Bulut ve Sular, 2010; Kilinc, 2015).

2.1.1. Kaplama yöntemleri

Kaplama polimerlerinin tekstil yüzeylerine uygulanabileceği farklı kaplama yöntemleri bulunmaktadır. Kaplama yöntemlerinin sınıflandırması, kullanılan ekipmanın çalışma yöntemine, kaplama maddesi miktarının ölçme yöntemine ve kaplama malzemesinin formuna dayanmaktadır (Sen, 2008).

Kaplama teknikleri, malzemelere ve son ürün özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterse de, tüm kaplama teknikleri işlem sonucunda istenen kalınlıkta ve zemin yüzeye istenen düzeyde yapışma özelliğine sahip, tekdüze ve stabil bir kaplama üretmektir. Kaplama tekniklerinin çoğu üç adımlı işlemle gerçekleşir. Bunlar; kumaşa aktarılacak kaplama miktarının ayarlanması, kaplama maddesinin kumaşa transferi ve kürleme işlemidir (Shim, 2019).

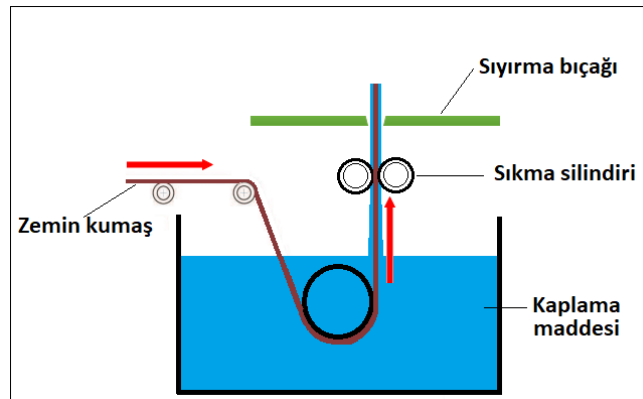
Direk kaplama, kaplamanın bir tekstil malzemesi üzerine bıçakla eşit şekilde yayılmasını içerir. Silindirik kaplamada kaplama malzemesi, hareketli bir tekstil malzemesine silindir vasıtasıyla uygulanır. Transfer kaplamada kaplama geçici bir alt tabakadan tekstil malzemesine aktarılır ve bunun üzerine yapıştırma yoluyla sabitlenir (Koushik ve Prakash, 2018).

Çeşitli ürünleri kaplamak için rutin olarak kullanılan birçok kaplama yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler, 100 yıldan fazla bir süredir kullanılan Mayer çubuğu (tel sarılı çubuk) kaplayıcısından, çok katmanlı hassas perde kaplayıcı ve çok katmanlı gravür kaplayıcı gibi nispeten yeni yöntemlere kadar uzanmaktadır (Guttoff ve Cohen, 2016).

En popüler kaplama yöntemlerinden bazıları daldırma kaplama, silindir üzeri bıçak veya rakle kaplama, havada bıçak kaplama, emdirme-kurutma-fiksaj, gravür, transfer kaplama ve spreycaplamadır. Bu kaplama teknikleri arasında, bıçak kaplama, çok yönlülüğü, basitliği ve geniş bir kaplama malzemesi ve zemin kumaş yelpazesini işleyebilme kabiliyeti nedeniyle önemli bir ilgi görmüştür. Bıçak kaplama makineleri tipik olarak bir hazne, bir ölçüm bıçağı ve bir zemin kumaş destek sistemi içerir. Bıçak, zemin kumaş ilerledikçe fazla kaplama malzemesini sıyrarak zemin üzerinde homojen ve kontrollü bir kaplama kalınlığı bırakır (Bambhaniya ve Mandot, 2024; Singha, 2012).

2.1.2. Daldırma kaplama (dip-coating)

Daldırma kaplama aynı zamanda emprenye (emdirme) olarak da bilinir. Zemin kumaş, bekleme süresi olarak bilinen belirli bir süre boyunca kaplama malzemesinin bulunduğu bir teknenin içerisine daldırılır. Daha sonra kaplama malzemesinin sabit bir oranda alımına izin vermek için fazla malzeme sıkma silindirlerinden veya önceden kalibre edilmiş sıyırma bıçaklarından geçirilerek uzaklaştırılır. Daldırma işlemi için çeşitli düzenlemeler mevcuttur (Meirowitz, 2016). Basit bir düzenleme Şekil 2.1'de verilmiştir.



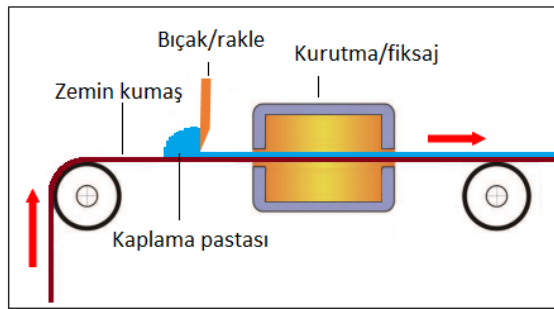
Şekil 2.1. Daldırma kaplama (dip-coating) yöntemi

2.1.3. Bıçak veya rakle kaplama yöntemleri

Bıçakla kaplama en eski kaplama yöntemlerinden birisidir ve doğrudan kaplama olarak da bilinir. Kuru, pürüzsüz bir kumaş, bıçak veya rakle bıçağı olarak bilinen bir bıçağın altındaki taşıyıcı rulonun üzerine beslenir. Kaplama malzemesi bıçağın önüne bir kepçe veya bir pompa ile zemin kumaşın tüm genişliği boyunca dökülür. Zemin kumaşın sabit bıçağın altından ileri hareketi ile kaplama maddesi yüzeye eşit bir şekilde yayılır. Kumaş beslenirken uygun bir gerilim uygulandığından kaplama sırasında bıçak altında gergin kalır. Çoğu makine, 1,5 ila 2,0 m'ye kadar genişlikteki kumaşları kaplayabilir, ancak özel olarak tasarlanmış makineler, 4 m'ye kadar genişlikleri kaplayabilir. Malzemenin kumaşa yayılmaması için yeterli viskoziteye sahip olmasına özellikle dikkat edilir. Kaplanmış kumaş daha sonra kurutma fırınından geçer. Çözücünün buharlaşma hızı, kumaşın geçiş hızını ve dolayısıyla üretim miktarını belirler (Shabbir ve ark. 2020). Bıçak kaplamanın havada bıçak, silindir üzerinde bıçak ve blanket üzerinde bıçak kaplama yöntemi olmak üzere üç farklı düzenlemesi vardır (Sen, 2008).

2.1.4. Havada bıçak kaplama yöntemi

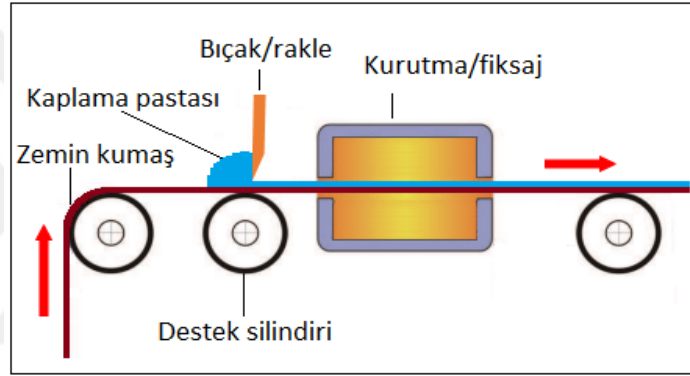
Havada bıçak kaplamada, kaplanan kumaş boşlukta bulunur ve kumaşın yüzeyine temas eder (Şekil 2.2). Kumaş yüzeyine baskı yapan bıçak, kaplama katmanını zemin tabakaya nüfuz etmeye zorlar. Uygulanan kaplama maddesi miktarı kumaşın gerilimi ve bıçak ayarları ile kontrol edilir. Bıçağın keskinliği, hizalama açısı ve alt tabakaya olan baskı derecesi uygulanan kaplama miktarını etkiler. Bu yöntem genellikle kumaşa nispeten az miktarda kaplama malzemesi uygulamak için kullanılır (Simith, 2010).



Şekil 2.2. Havada bıçak kaplama yöntemi

2.1.5. Silindir üzerinde bıçak kaplama yöntemi

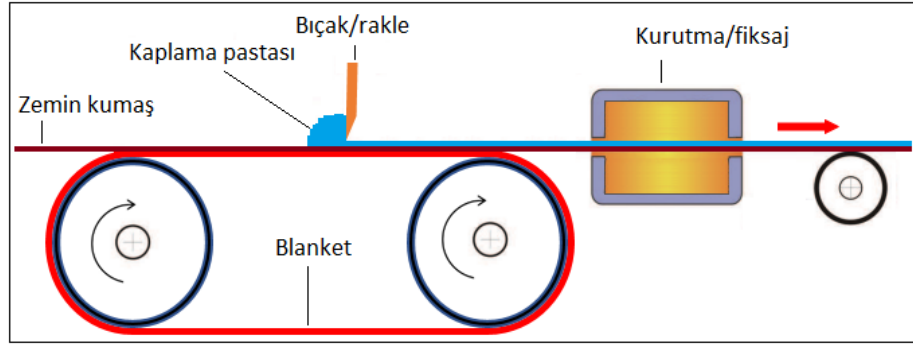
Bıçakla kaplama işleminin bir başka türü de silindir üzerinde bıçakla kaplamadır ve bu daha yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Bu işlemde, Şekil 2.3'te gösterildiği gibi bıçak bir silindirin üzerine sabitlenir. Destek silindiri çelik veya kauçuk kaplı olabilir. Bıçak zemin tabakaya doğrudan temas etmez ve zemin tabaka ile bıçak arasında kaplamanın kalınlığını kontrol eden bir boşluk vardır. Silindir-bıçak arasındaki boşluk, hassas bir şekilde ayarlanarak istenen kaplama kalınlığı elde edilebilir. Bıçaklı kaplamalarda, bıçak geometrisi (bıçağın şekli ve açısı), bıçağın esnekliği ve kaplama patının reolojisi, uygulanan kaplamanın miktarını ve alt tabakaya nüfuz etme derecesini etkiler (Simith, 2010).



Şekil 2.3. Silindir üzeri bıçak kaplama yöntemi

2.1.6. Blanket üzerinde bıçak kaplama

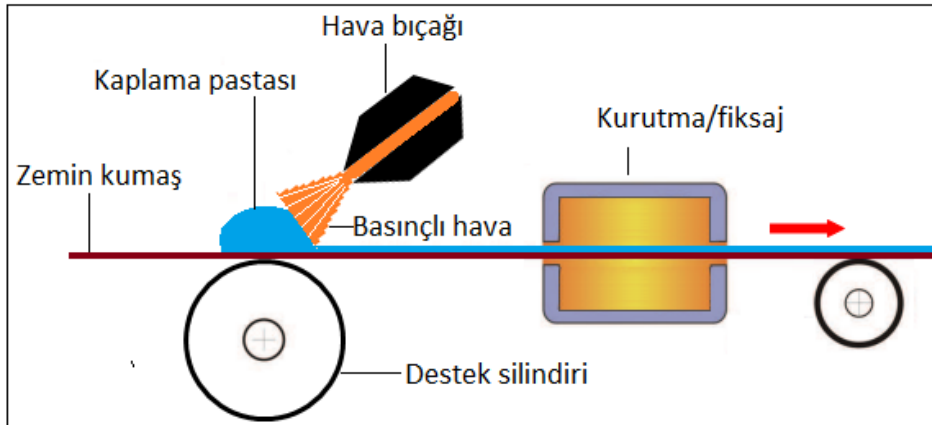
Aşırı gerilime maruz kalması istenmeyen hassas tekstil materyallerinin kaplanması için uygun bir yöntemdir (Şekil 2.4). Blanket, kumaş ve bıçak arasında eşit bir basınç uygulanmasını sağlar. Kumaş üzerine aktarılan kimyasal miktarı blanketin gerilimiyle değişir. Blanket gerginliği iki silindir arasındaki mesafe ile ayarlanır (Shabbir ve ark. 2020).



Şekil 2.4. Blanket üzerinde bıçak kaplama yöntemi

2.1.7. Silindir üzerinde hava bıçağı kaplama

Hava bıçağı kaplama işlemi Şekil 2.5'te gösterilmektedir. Bir bıçak yerine, kaplama malzemesi hava bıçağı adı verilen bir hava jeti ile üflenerek alt tabakaya uygulanır (Simith, 2010).



Şekil 2.5. Silindir üzerinde hava bıçağı kaplama yöntemi

2.2. Tekstil Kaplamacılığında Kullanılan Polimerler

Kaplamalı kumaşların tarihi, Güney ve Kuzey Amerika yerlilerinin su geçirmez malzeme üretmek için doğal kauçuk kullanmasına kadar uzanmaktadır. Tarih boyunca balmumu, katran ve reçine gibi geleneksel malzemeler su geçirmez kumaş üretiminde kullanılmıştır. Günümüzde teknolojik ve polimer malzemelerdeki gelişmeler sayesinde, kaplama işlemiyle kumaşlara mukavemet, esneklik, su geçirmezlik ve yangına dayanıklılık gibi üstün özellikler kazandırılmaktadır (Patel ve ark. 2015).

2.2.1. Polivinil klorür (PVC)

Polivinil klorür (PVC), tekstil kaplamalarında en yaygın olarak kullanılan polimerdir. Bu polimer, vinil klorürün serbest radikal polimerizasyonundan üretilir. Teknik tekstiller için kaplama malzemesi olarak kullanılabilmesi için normalde sert ve katı olan PVC yapısı, plastikleştirici (plastifiyan) maddeler (dioktilftalat, trioktilftalat, polipropilen glikol gibi) ile yumuşak ve esnek bir filme dönüştürülür. Bu dönüşüm, toz haldeki PVC'nin bu plastikleştirici maddeleri büyük ölçüde emmesi sayesinde gerçekleşir. Plastikleştirici katılmış PVC, aşınmaya dayanıklı ve düşük geçirgenliğe sahip şeffaf bir film oluşturur. Bu film, pigment veya alev geciktirici kimyasallar katılarak güç tutuşur özellikle renkli ürünlere dönüştürülebilir. PVC kaplamalar asit ve bazlara karşı dayanıklıdır. Ancak organik çözücülerle temas ettiğinde, içindeki plastikleştirici madde çözünüp uzaklaşabilir. Bu durumda kaplama sertleşir ve çatlama riski artar. Polivinil klorürler, su geçirmez giysiler, yağa, grese ve kimyasallara dayanıklı endüstriyel giysiler ve dayanıklı çantalar üretmek için kullanılır (Ormancı, 2007; Alagirusamy ve Das, 2010).

2.2.2. Polivinilden klorür (PVDC)

PVDC, PVC'ye çok benzer bir yapıdadır. PVC gibi, viniliden klorürün emülsiyon polimerizasyonu ile üretilir. Oluşan polimer, gazlara karşı düşük geçirgenliğe sahip bir film oluşturur. Ancak PVDC, PVC'den daha pahalı olduğu için genellikle sadece alev dayanımının gerekli olduğu yerlerde kullanılır. PVDC'nin yapısında PVC'ye göre iki kat daha fazla klor bulunur ve bu ekstra klor, alev dirençli kaplamalarda kullanılır. Alev malzemeyi ısıttığında, polimer klor radikalleri açığa çıkarır. Bu klor radikalleri, serbest radikal tuzakları olarak görev yapar, yani yanma sırasında oluşan ve yanmayı devam ettiren serbest radikalleri yakalar ve etkisiz hale getirir. Bu sayede alevin sönmesine yardımcı olur (Horrocks ve Anand, 2000).

2.2.3. Poliüretan (PU)

"Poliüretan" terimi, önemli miktarda üretan (etil karbamat) grubu içeren polimerler için kullanılır. Makrodiol/poliolün hidroksil grubu ile izosiyanat grubu arasındaki reaksiyonda üretan bağı oluşur. Poliüretanlar benzersiz kimyasal ve fiziksel özelliklere

sahiptir. Yapışkanlar, köpükler, termoplastik elastomerler ve kaplamalar gibi farklı endüstrilerde kullanılır. Yapısal ve kimyasal değişikliklerle özellikleri değiştirilebilir. Yumuşak-esnek malzemelerden sert-rijit malzemelere kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Fiberglas gibi sert, köpük gibi yumuşak, vernik gibi koruyucu, kauçuk gibi esnek ve tutkal gibi yapışkan olabilir. Kimya, otomotiv, tıp, biyomedikal, ambalaj, bilgisayar ve spor malzemelerinde yaygın olarak kullanılır. Poliüretanlar sertlik, dayanım, modül ve uzama gibi üstün özelliklere sahiptir. En önemli ürünlerinden biri poliüretan köpüktür. Ticari olarak yapışkanlar, rijit köpükler, yüzey kaplamaları, elastomerler, integral köpükler ve esnek köpükler bulunmaktadır. Termoplastik poliüretan iyi dayanım, mükemmel aşınma direnci, kimyasal direnç ve düşük duman özelliklerine sahiptir. Şekil hafızalı poliüretanlar kendine has özelliklere sahiptir ve camsı geçiş sıcaklığının üzerinde şekillendirilebilir (Boddula ve ark. 2020).

2.2.4. Polivinil asetat ve asetat kopolimerleri (EVA)

Polivinil asetat (PVAc), vinil asetatın polimeridir ve genellikle süspansiyon veya emülsiyon polimerizasyonu ile üretilir. Bir vinil esteri olan PVAc tamamen amorfudur. Çoğunlukla emülsiyon formunda kullanılır ve polivinil alkol ile poli(vinil asetat)in öncü maddesidir. Tekstil kaplamalarında en yaygın kullanılan türevi EVA polimeridir (polietilen vinil asetat kopolimeri). EVA, özellikle halı ve döşemelik kumaşların arka yüzey kaplamasında ve duvar kaplamalarında kullanılır (aynı zamanda yaygın bir yapıştırıcıdır) (Akovali, 2012).

2.2.5. Poliakrilikler (PA)

Akrilik polimerler yaygın olarak akrilikler olarak bilinir. Monomerler, akrilik ve metakrilik asidin esterleridir. Akrilik polimerler, akrilik esterler ve metakrilik asidin polimerizasyonu ile elde edilir. Ticari akrilik polimerlerin çoğu, akrilik ve metakrilik esterlerin kopolimerleridir. Polimerizasyon kütle, çözelti, emülsiyon ve süspansiyon yöntemleriyle gerçekleştirilebilir. Kaplama uygulamaları için emülsiyon polimerizasyonu tercih edilir. Akrilat emülsiyonları yaygın olarak kıvam arttırıcı ve kaplama malzemesi olarak kullanılır. Akrilikler UV ışığına, ısıya, ozona, kimyasallara, suya karşı üstün direnç gösterir, yaşlanmayla sertleşmez ve kuru temizleme çözücülerine dayanıklıdır. Bu

özellikleri sayesinde otomotiv döşemelik kumaşları ve halılarında, perdelerde ve dış giyimde kullanılan havlı kumaşlarda arka kaplama malzemesi olarak kullanılır (Shabbir ve ark. 2020; Alagirusamy ve Das, 2010).

2.2.6. Kauçuk

Kauçuk, mekanik aşınma ve yıpranmaya dayanıklı, zorlu çevre koşullarına dirençli olduğundan tercih edilen bir kaplama malzemesidir. Kaplama uygulamasında teknolojik ekipman türüne göre kauçuk türü ve kaplama amacı belirlenir. İplikler ekstrüzyon, merdane kaplama veya daldırma yöntemiyle kaplanabilir. Kauçuk kaplamalar malzemenin bozulmasını ve parçalanmasını önler, aynı zamanda yüzeyi kimyasallara (organik çözücüler, asitler ve diğer reaktif maddeler) karşı korur (Alagirusamy ve Das, 2010).

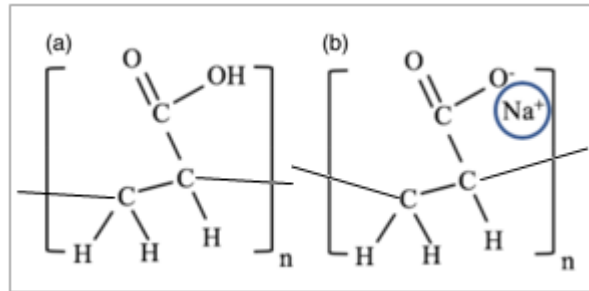
2.3. Süper Emici Polimerler

Çapraz bağlı ve şişebilir polimer (poliakrilik asit), 1938'de W. Kern tarafından tanımlanmıştır (Buchholz, 1996). İlk süper emici polimerin hazırlanması, 1961 yılında Russell tarafından akrilonitrilin nişastaya aşılınmasıyla gerçekleştirilmiştir. Ardından Fanta, nişasta türevlerine dayalı süper emici polimerin mükemmel su emme kapasitesini ve basınç altında tutabilirliğini araştırmıştır (Ma ve Wen, 2020). Süper emici polimerler (SEP) ilk olarak 1970'lerin başında granüler formda geliştirilmiştir (Browning ve ark. 2016). "Süper emici" teriminin ilk belgelenmiş kullanımlarından biri, 1980'de Birinci Uluslararası Emici Ürünler Konferansında Dow Chemical'dan R. E. Erickson tarafından yapılmıştır (Brannon-Peppas ve Harland, 1990).

SEP'ler, yapılarındaki önemli miktardaki hidrofilik gruplardan dolayı ($-SO_3H > -COOH > -CONH_2 > -OH$) genellikle geleneksel emici malzemeden çok daha yüksek oranlarda su, tuz çözeltileri veya fizyolojik sıvıları kendi ağırlıklarının 10-1000 katına kadar emebilen özel polimerik malzemelerdir. SEP'ler üç boyutlu çapraz bağlanmış polimer zinciri yapıları nedeniyle ortamda çözünmezler (Frazier, 2006; Ramazani-Harandi ve ark. 2006; Ma ve Wen, 2020). Genellikle iyonik monomerlerden oluşurlar ve düşük çapraz bağlanma yoğunluğuyla karakterize edilirler ki, bu da büyük bir sıvı alım kapasitesiyle

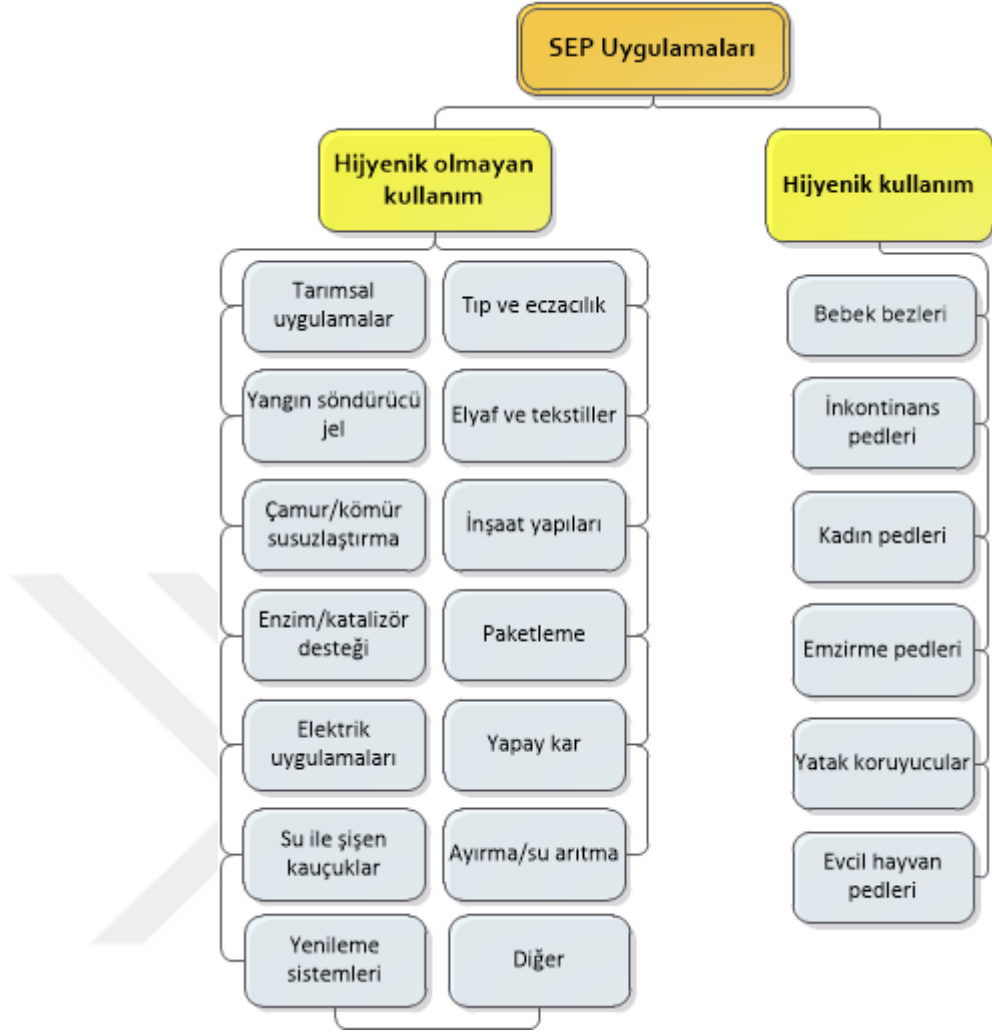
sonuçlanır (Mignon ve ark. 2019). SEP’lerde polimer ağı tarafından alınan sıvı miktarı, polimer ağının kendi yapısına ve polimerle temas halindeki sıvı çözeltisinin sıcaklığı, pH’ı ve iyonik kuvveti gibi çevresel koşullara bağlıdır (Haque ve Mondal, 2019). Polar ve/veya iyonik grupların miktarı SEP’in şişme kapasitesiyle doğru orantılıdır (Mignon, 2019).

SEP içeren malzemeler, kişisel hijyen ürünlerinde 1982 yılında Japonya’da Unicharm tarafından ilk olarak hijyenik kadın bağlarında, daha sonra da bebek bezlerinde ve geniş bir yelpazede yara bakım ürünlerinde kullanılmaya başlanmıştır (Davis ve ark. 1989; Gefen, 2021). SEP’lerin süper şişme özellikleri, onları tek kullanımlık çocuk bezleri, kadın pedleri, kişisel bakım ürünleri, biyomedikal uygulamalar, ilaç taşıma sistemleri, tarım, kozmetik ve su arıtma gibi su emici uygulamalarda kullanım için ideal kılar (Ramazani-Harandi ve ark. 2006; Alam ve Christopher, 2018). SEP’ler, başta hijyenik ve hijyenik olmayan alanlar ile tarım, inşaat vb. alanlarda kullanıldıkları için günlük yaşantımızda önemli rol oynarlar. Bu durum SEP’leri son derece popüler hale getirmiştir. Bu nedenle SEP’ler araştırma yapmak için cazip bir alan olmuştur. Ticari olarak en başarılı şekilde kullanılan SEP türleri, poli(akrilik asit)leri içeren akrilat bazlı poli(akrilamid)ler, poli(akrilonitril)ler ve bunların tuzlarıdır (Chen ve ark. 2022; Moini ve Kabiri, 2015). Süper emici poliakrilat, SEP endüstrisinde kullanılan başlıca malzeme olup akrilik asidin bir çapraz bağlayıcı ile polimerleştirilmesiyle hazırlanır (Meshram ve ark. 2020). Poliakrilik asit $(C_3H_4O_2)_n$ ve sodyum poliakrilatın $(C_3H_3NaO_2)_n$ kimyasal yapısı Şekil 2.6’da verilmiştir.



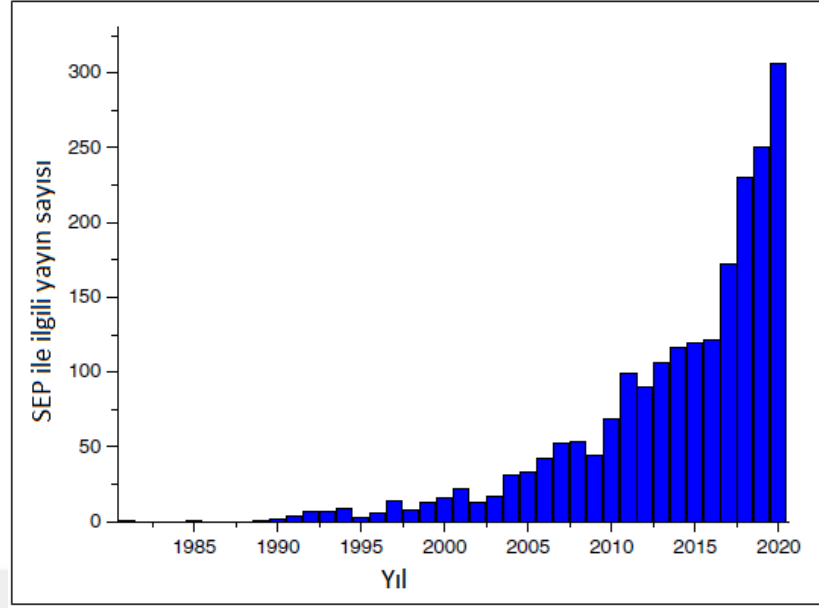
Şekil 2.6. Poliakrilik asit (a) ve sodyum poliakrilatın (b) kimyasal yapısı (Adjuik ve ark. 2023)

Şekil 2.7, SEP’lerin hijyen sektörü ve diğer uygulamalarının sınıflandırmasını göstermektedir.



Şekil 2.7. SEP'lerin hijyenik ve hijyenik olmayan uygulama alanları (Zohuriaan-Mehr ve ark. 2010; Somers ve ark. 2021)

SEP'lerin en büyük uygulama alanı %95'ten fazla pazar payına sahip olan bebek bezleri, kadın hijyen ürünleri ve yetişkin inkontinans ürünleri gibi tek kullanımlık hijyen ürünleridir. Sürekli artan dünya nüfusu ve yaşlı nüfusun artması nedeniyle, SEP pazarının 2019'da 9,0 milyar ABD Dolarından 2024 yılına kadar %7,4'lük yıllık bileşik büyüme oranı ile 12,9 milyar ABD Dolarına büyüyeceği öngörülmektedir (Chen ve ark. 2022). Son 40 yıl boyunca SEP'leri kapsayan yayınlanmış araştırma makaleleri ve patentlerin sayısı gittikçe hızlanan bir büyüme eğilimi göstermiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. SEP'leri kapsayan yayın sayısının yıllar içindeki gelişimi (Chen ve ark. 2022)

2.3.1. SEP'lerin üretimi

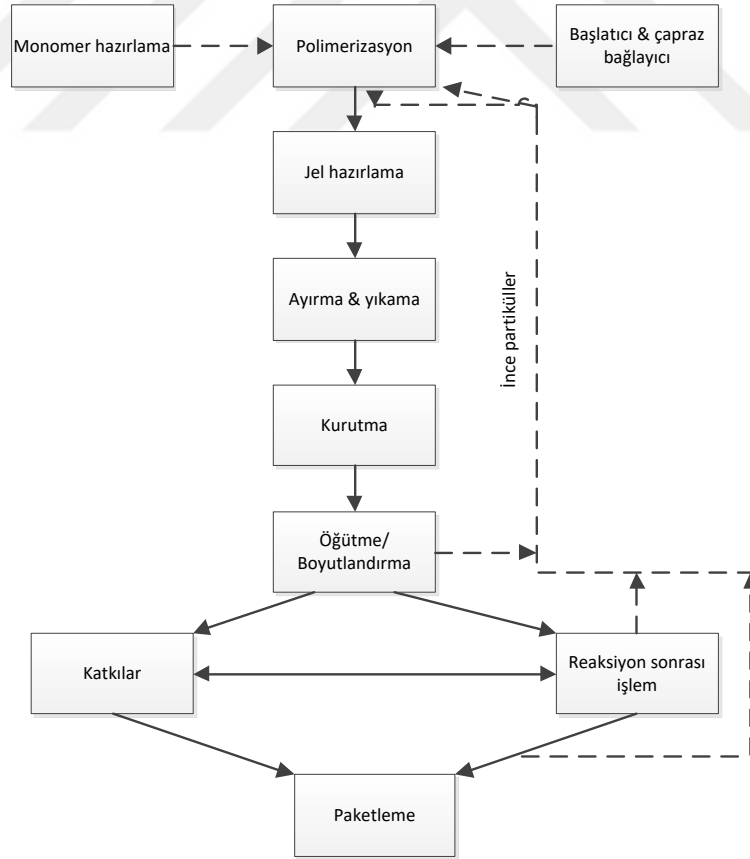
SEP'ler kaynağına bağlı olarak doğal veya sentetik kökenli olabilirler. SEP hazırlamak için kullanılan doğal polimerlerden bazıları kitosan, aljinat, kolajen, dekstran, selüloz, kitin vb. sentetik polimerlerden bazıları ise akrilik asit, metakrilik asit, polietilen glikol, vinil asetat, polivinil alkol ve çeşitli akrilatlardır (Behera ve Mahanwar, 2019).

Sentetik polimerler doğası gereği hidrofobiktir ve doğal polimerlerle karşılaştırıldığında kimyasal olarak daha güçlüdür. Mekanik mukavemetleri bozunma sürecini yavaşlatır. Diğer taraftan mekanik mukavemet aynı zamanda dayanıklılığı da sağlar. Bu iki zıt özelliğin optimal tasarımla dengelenmesi gerekir. Sentetik SEP'lerin daha iyi mekanik mukavemeti, raf ömrünü veya dayanıklılığını arttırdığından daha fazla tercih edilir (Tabata, 2009; Ahmed, 2015).

SEP'ler polimerik bileşimlerine göre üç farklı gruba ayrılırlar. Homopolimerik hidrojel, tek bir monomer türünden türetilen ve temel bir yapısal birim oluşturan polimer ağlarından oluşur. Kopolimerik hidrojel, en az bir hidrofilik bileşen içeren iki veya daha fazla farklı monomerden meydana gelir. Bu monomerler polimer zinciri boyunca rastgele, blok halinde veya alternatif konfigürasyonda düzenlenebilir.

Multipolimerik hidrojel, iç içe geçen polimerik ağ formunda bulunan iki bağımsız çapraz bağlı bileşenden oluşur. Bu bileşenler sentetik, doğal veya her ikisinin kombinasyonu şeklinde olabilir (Ahmed, 2015). Hidrojel oluşturmak için yığın, çözelti ve süspansiyon polimerizasyonu dâhil olmak üzere çeşitli polimerizasyon tekniklerinden herhangi biri kullanılabilir. Genel olarak, hidrojel ön hazırlığının üç ayrılmaz parçası monomer, başlatıcı ve çapraz bağlayıcıdır. Polimerizasyon ısısını ve nihai hidrojel özelliklerini kontrol etmek için su veya diğer sulu çözeltiler gibi seyrelticiler kullanılabilir. Daha sonra, hidrojel kütesinin hazırlama işleminden kalan kalıntıları gidermek için yıkanması gerekir. Bunlar arasında yeniden reaksiyona girmeyen monomerler, başlatıcılar, çapraz bağlayıcılar ve yan reaksiyonlar yoluyla ortaya çıkan istenmeyen ürünler yer alır (Ahmed, 2015).

Bir çözelti polimerizasyonundan laboratuvar ve endüstriyel ölçekte SEP üretiminin ana prosedürü Şekil 2.9’da verilmimiştir.



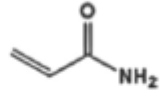
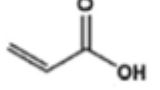
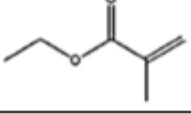
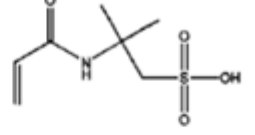
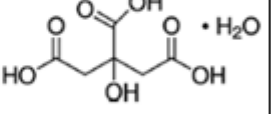
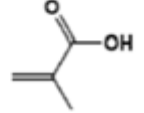
Şekil 2.9. Çözelti polimerizasyonu ile hidrojel hazırlama işlem basamakları (Alaei ve ark. 2005)

2.3.2. SEP'lerin üretiminde kullanılan monomerler

SEP'ler, kimyasal bileşimlerine göre sentetik (homo ve ko)polimerler ve modifiye doğal polimerler olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Akrilik SEP üretimi için spesifik hidrofilik gruplar (hidroksil, karboksil, amid, sülfonik vb.) içeren çeşitli petrokimya bazlı vinil monomerler kullanılır. Modifiye doğal SEP'ler ise nişasta, selüloz, kitosan, hümik asit ve proteinler gibi doğal polimerlerin kimyasal modifikasyonu ile elde edilir. Endüstriyel SEP'ler, yaygın olarak akrilik asit, bunun sodyum veya potasyum tuzları ve akrilamid monomerleri kullanılarak homo ve kopolimer olarak üretilir (Sroka ve Sroka, 2024; Arpit ve Jaya, 2023).

SEP üretiminde yaygın olarak kullanılan monomerler ve özellikleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. SEP üretiminde yaygın olarak kullanılan monomerler ve özellikleri (Zhang ve ark, 2021)

| Monomer | Tip/Tür | Yapısal formül | Su absorpsiyon kapasitesi (g/g) |
|---|------------------------|--|---------------------------------|
| Akrilamid | Sert/noniyonik monomer |  | 1350 |
| Akrilik asit | Fonksiyonel monomer |  | 1125 |
| Etil metakrilat | Fonksiyonel monomer |  | 2857 |
| 2-akrilamid-2metil propil sülfonik asit | Anyonik monomer |  | 1329 |
| Sitrik asit monohidrat | Fonksiyonel monomer |  | 1250 |
| Matil akrilik asit | Fonksiyonel monomer |  | 1287 |

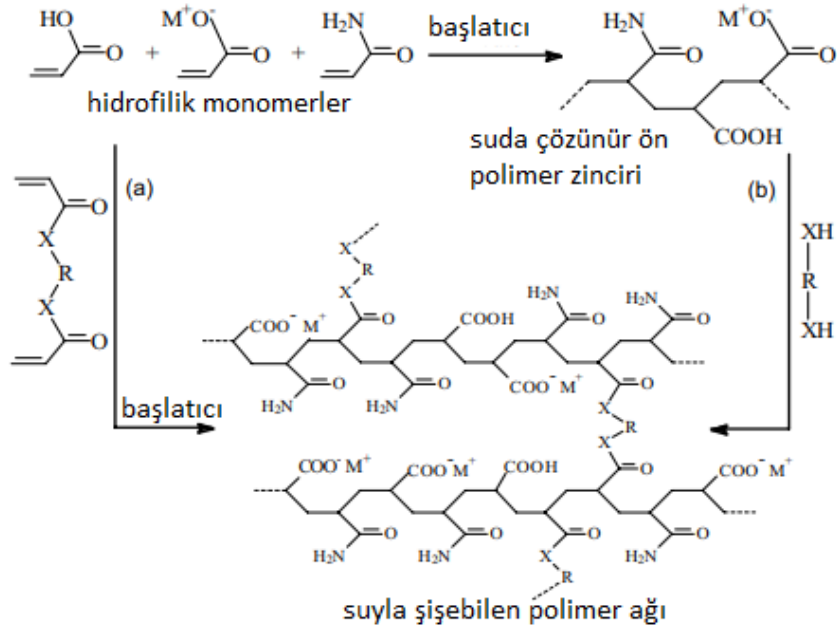
Akrilik asit ve akrilamid monomerlerinden üretilen SEP'lerin uygulama alanları, sentezleri ve özelliklerinin karşılaştırması Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Akrilik asit ve akrilamid bazlı SEP'lerin karşılaştırması (Sennakesavan ve ark. 2020)

| | Akrilik asit bazlı SEP | Akrilamid bazlı SEP |
|------------------------------|---|---|
| Genel özellikler | Çapraz bağlamada yüksek su emme kabiliyeti | Yüksek hacim değişimi göstermesine rağmen sulu ortam kararlılığı düşük |
| Uygulamalar | Çevre yönetim teknolojileri, ilaç salınımı, biyoreaktör, kimyasal vanalar, biyosensörler, kimyasal-mekanik aktüatörler, membran ve ayırma cihazları | Göz ameliyatları, ilaç dağıtımı, kontakt lens üretimi, gıda ambalaj ürünleri ve su arıtma |
| Yaygın sentez yöntemi | Akrilik asit ve tuzlarının N,N'-metilenbisakrilamid gibi bir çapraz bağlayıcılar ile serbest radikal başlatıcılı polimerizasyonu | Akrilamidin N,N'-metilenbisakrilamid (bisakrilamid) gibi çift fonksiyonlu çapraz bağlayıcılar ile polimerizasyonu |
| Kimyasal özellikler | Düşük tuz direnci ve yavaş su emilim oranı | Zayıf anyonik özelliklere sahip suda çözünür |
| Mekanik özellikler | Su emilimi sonrasında düşük jel mukavemeti, dispersiyon ve elastik özellikler | Yapısal homojensizlik nedeniyle zayıf mekanik dayanıklılık |

2.3.3. SEP'lerin sentez yöntemleri ve reaksiyon mekanizmaları

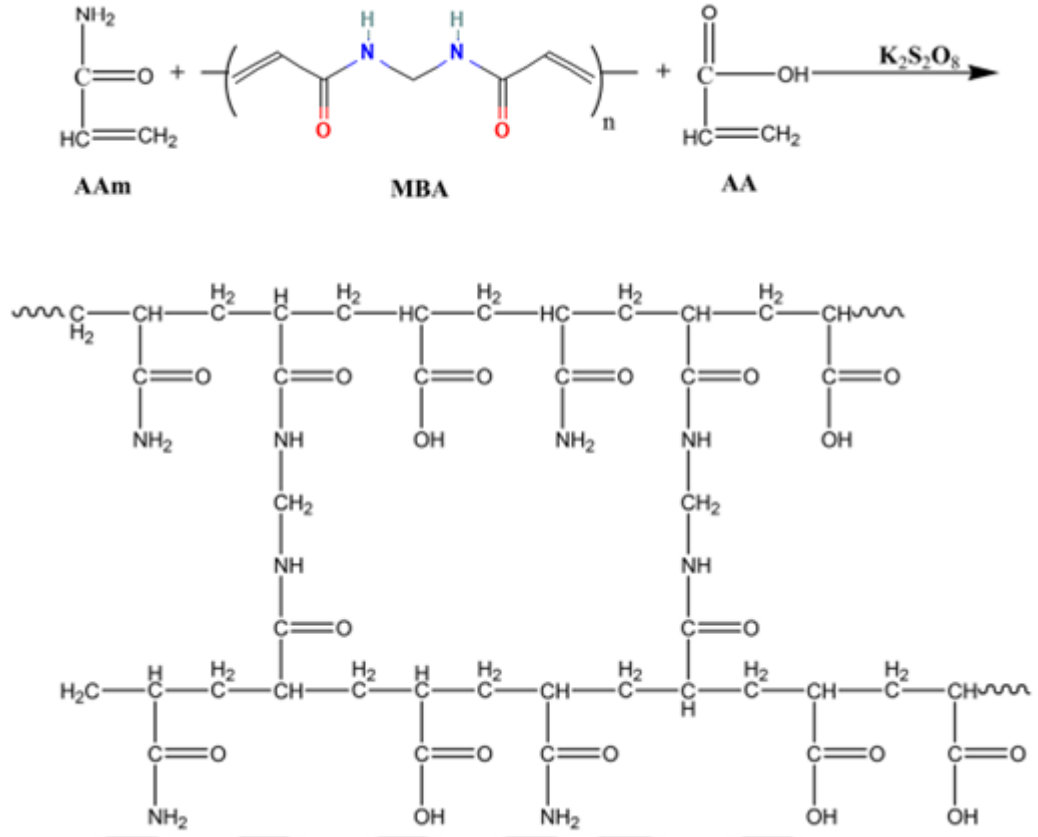
Şekil 2.10'da endüstriyel SEP üretiminde yaygın olarak kullanılan akrilik SEP hazırlama yöntemleri gösterilmektedir. Bu yöntemlerden ilki, polivinil çapraz bağlayıcı ile eşzamanlı polimerizasyon ve çapraz bağlama; ikincisi ise çok fonksiyonlu bir çapraz bağlayıcı ile suda çözünür bir ön polimerin çapraz bağlanmasıdır.



(R: genellikle CH₂ veya başka bir alifatik grubu, M: sodyum veya potasyum katyonlarını, X: O, NH'ı temsil eder.)

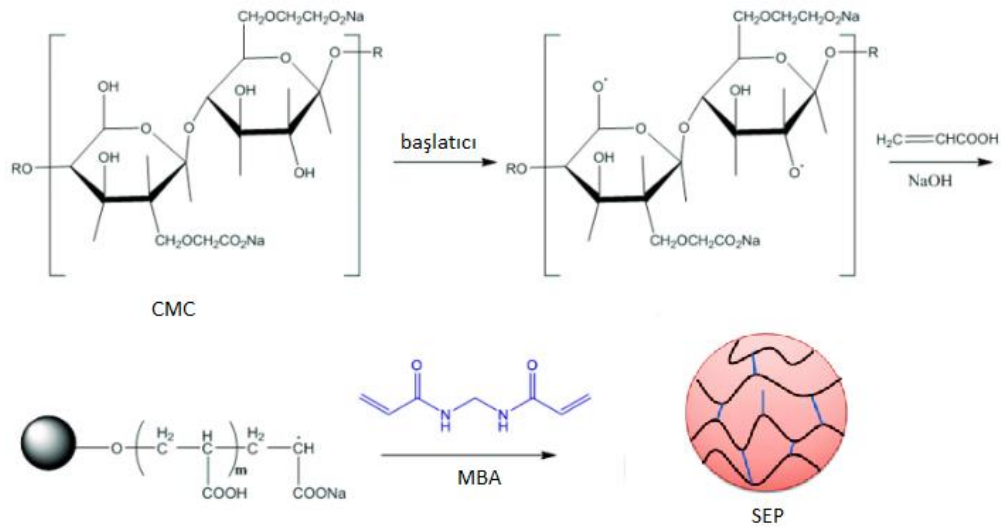
Şekil 2.10. Akrilik SEP polimer yapısının hazırlanmasında kullanılan reaktanların kimyasal yapıları ve genel yöntemler: (a) polivinil çapraz bağlayıcı ile çapraz bağlama polimerizasyonu, (b) suda çözünür ön polimerin çok fonksiyonlu çapraz bağlayıcı ile çapraz bağlanması (Zohuriaan ve Kabiri, 2008)

Akrilamid (AAm) ve akrilik asit (AA) monomerlerinin N,N'-metilenbisakrilamid (MBA) çapraz bağlayıcısıyla ve potasyum persülfat (K₂S₂O₈) başlatıcısı kullanılarak çözelti polimerizasyonuyla SEP sentezi Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11. AAm/AA kopolimerinin MBA çapraz bağlayıcısı ile çözelti polimerizasyonu sentez reaksiyonu (Heidari ve ark. 2018)

Şekil 2.12’de doğal bir polimer türevi olan karboksimetil selüloz (CMC) yapısı üzerine akrilik asit (AA) aşlanarak süper emici polimer sentezinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 2.12. CMC/AA SEP sentezinin şematik gösterimi (Jafari ve ark. 2021)

2.3.4. SEP'lerin sınıflandırılması

SEP'ler dikkate alınan özelliklere bağlı olarak; kaynağına göre, fiziksel görünüşüne göre, elektrik yüküne göre, çapraz bağlama türüne göre, moleküler düzenine göre ve polimerik bileşimine göre sınıflandırılabilir (Şekil 2.13) (Mignon, 2019; Ahmed, 2015).



Şekil 2.13. SEP'lerin sınıflandırılması (Mignon, 2019; Ahmed, 2015)

2.3.5. SEP'lerde şişme mekanizması

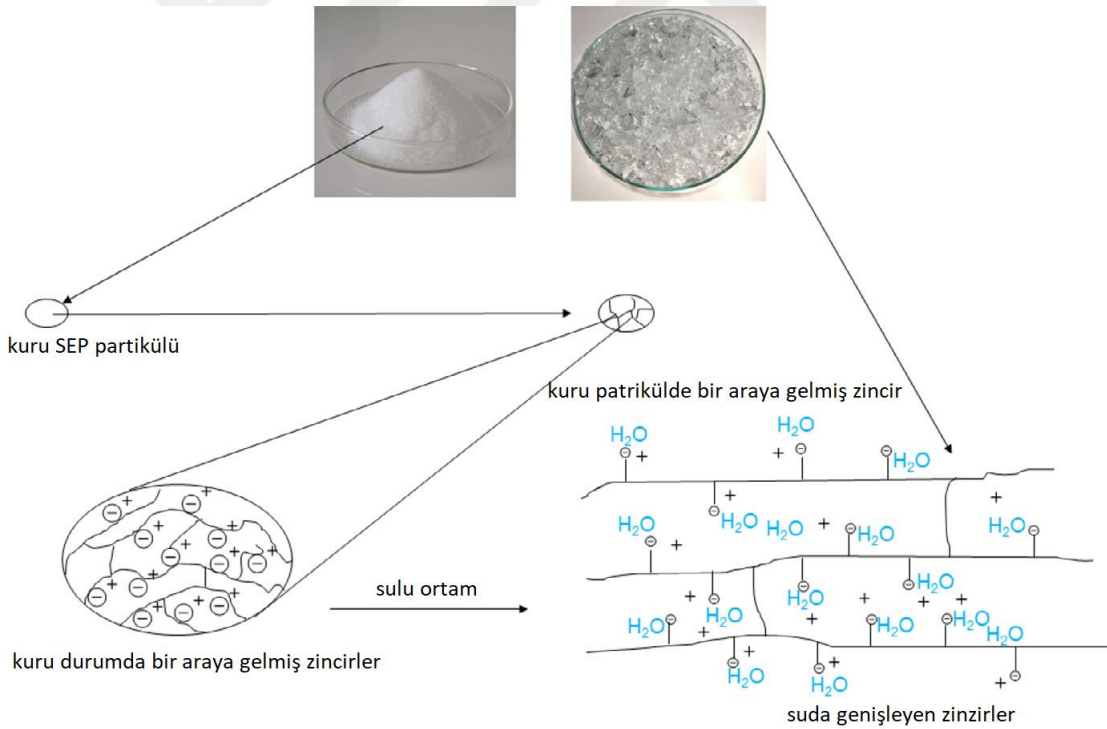
Günümüzde yaygın olarak kullanılan süper emici malzemelerin çoğu çapraz bağlı sentetik polimerlere, özellikle de akrilik asit ve akrilamid ile ko-polimerlerine dayanmaktadır. Çapraz bağlanma reaksiyonu, SEP'leri moleküler yapıları içinde hareketsiz hale getirerek suda çözünmelerini önler. Çapraz bağlanma yoğunluğu ve yük grupları SEP'lerin absorpsiyon kapasitesi üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Polimer üzerindeki yük ne kadar yüksekse, özellikle tuzların varlığında su absorpsiyonu o kadar iyi olur (Alam ve Christopher, 2018).

Emici malzemelerin sıvıyı emmesi için normalde dört ana mekanizma vardır:

1) Kristal yapılarında tersine çevrilebilir değişiklikler yaparak (örn. silika jel ve susuz inorganik tuzlar),

- 2) Makro gözenekli yapılarında kılcal kuvvetlerle suyun fiziksel olarak hapsedilmesi (örn. yumuşak poliüretan sünger),
- 3) Mekanizma (2) ve fonksiyonel grupların hidrasyonunun bir kombinasyonu ile (örn. kâğıt mendil) ve
- 4) Mekanizma (3) ve hidrofilik polimer segmentlerinin doğal çözünmesi ve çapraz bağlar tarafından kısıtlanan makromoleküler zincirlerin termodinamik olarak tercih edilen genişlemesinin bir kombinasyonu ile ki, bu aynı zamanda SEP malzemelerinin ana emme mekanizmasıdır.

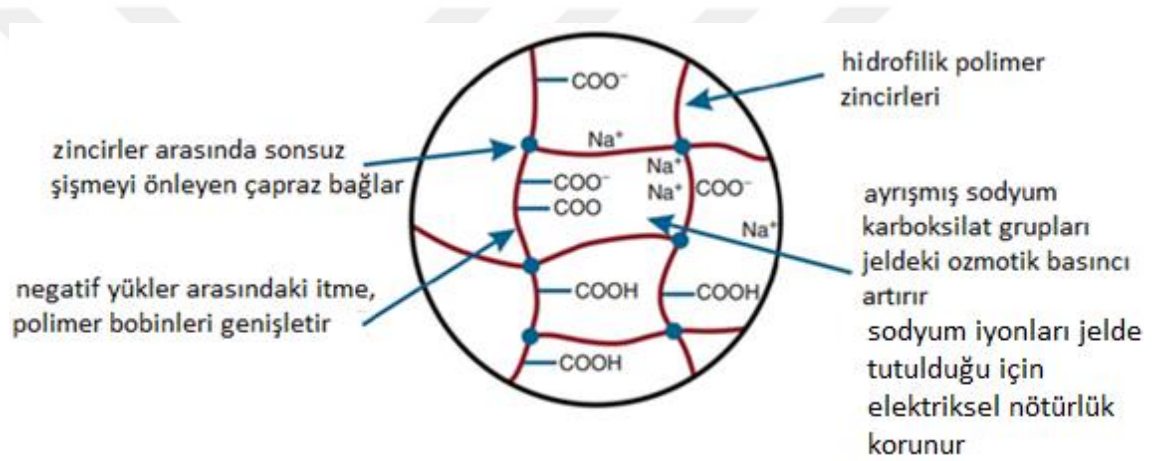
Kuru ve suda şişmiş durumdaki SEP'lerin (akrilik bazlı anyonik SEP'ler) temsili bir örneği Şekil 2.14'te verilmiştir. Doğal malzeme kaynaklı türlerle karşılaştırıldığında, sentetik akrilik bazlı SEP'ler çok daha fazla su emme yeteneğine sahiptir (Chen ve ark. 2022).



Şekil 2.14. Kuru ve suda şişmiş durumdaki SEP (Chen ve ark. 2022)

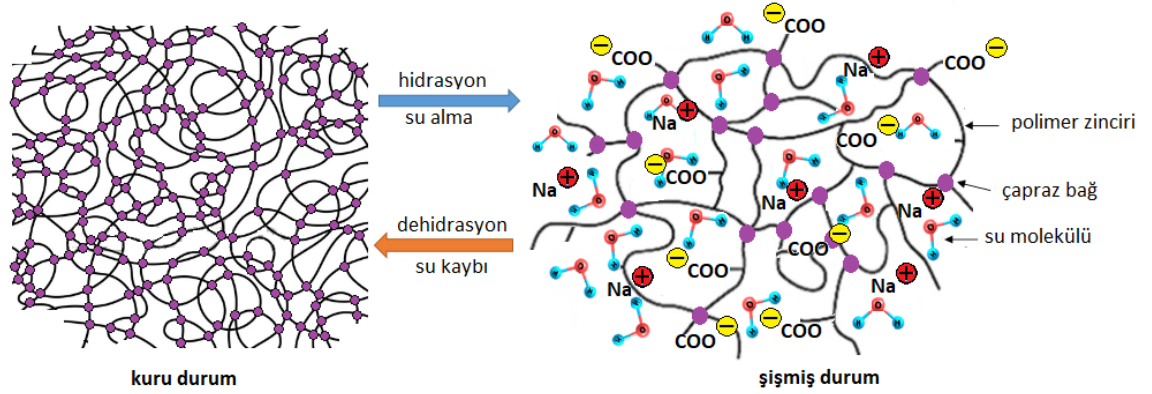
Sodyum poliakrilat, sarmal zincir şeklini alan bir tozdur. Polimer zincirlerinde bulunan iki önemli grup karboksil (COOH) ve sodyum (Na)'dur. Bu iki grup polimerin genel absorpsiyon potansiyeli için önemlidir. Bir sıvının varlığında, sodyum karboksil

grubundan ayırır ve karboksilat anyonu (COO^-) ve sodyum katyonu (Na^+) olmak üzere iki iyon oluşur. Karboksil grupları daha sonra aynı negatif yüke sahip oldukları için birbirlerini itmeye başlarlar. Benzer yükler arasındaki itmenin bir sonucu olarak, sodyum poliakrilat zinciri şişer ve bir jel maddesi oluşturur. Şişme eylemi, polimer zinciri ile daha fazla sıvının birleşmesini sağlar. Sodyum poliakrilatın sıvıları emme veya şişme kabiliyetine katkıda bulunan dört ana etken vardır. Bunlar hidrofilik zincirler, yük itme, ozmoz ve zincirler arasındaki çapraz bağlardır. Polimer zincirindeki karboksilat grupları (COO^-) ve sodyum (Na^+) gibi iyonlar su moleküllerini çekerek polimeri hidrofilik hale getirir (Şekil 2.15). Karboksil grupları arasındaki yük itmesi polimerin şişmesine ve daha fazla su molekülü ile etkileşime girmesine izin verir (Gooch, 2020).



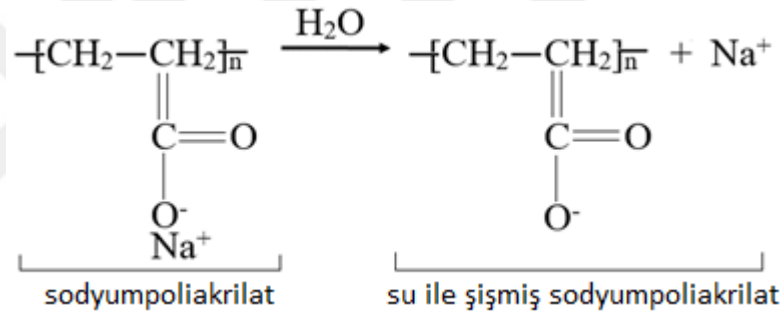
Şekil 2.15. SEP'lerin (nötralize sodyum poliakrilik asit/sodyum poliakrilat) kimyasal yapısı (Ma ve Wen, 2020)

Şişme olarak da adlandırılan büyük miktardaki sulu çözeltileri absorbe etme yeteneği, SEP'lerin en önemli özelliğidir ve zincirlerde hidrasyon ve dehidrasyon yoluyla meydana gelen değişiklikler Şekil 2.16'da verilmiştir.



Şekil 2.16. SEP'lerin hidrasyon ve dehidrasyon yoluyla hacim fazı geçişi

Sodyumpoliakrilat SEP'in su ile etkileşimi sonucu yapısında meydana gelen değişiklik Şekil 2.17'de verilmiştir.



Şekil 2.17. Sodyumpoliakrilatın su ile etkileşimi sonucu oluşan yapısı (Uyanık ve Baykal, 2016)

2.3.6. SEP'lerin üretiminde kullanılan polimerizasyon teknikleri

SEP'lerin sentezi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar, kimyasal sentez yöntemleri ve fiziksel yöntemler olmak üzere iki ana kategoride sınıflandırılabilir. Kimyasal sentez yöntemleri arasında çözelti polimerizasyonu, yığın polimerizasyonu, ters süspansiyon polimerizasyonu ve radyasyon ile polimerizasyon yer alır. Kimyasal sentez yöntemi daha yaygın olarak kullanılmaktadır ve ticari olarak kullanılan SEP'leri çoğu bu yöntem ile sentezlenmektedir. Fiziksel yöntemlerde donma/çözünme döngüsü ve hidrojen bağlarıyla çapraz bağlama kullanılır. SEP sentezinde ayrıca ara yüzey polimerizasyonu ve yerinde (in-situ) polimerizasyon gibi yeni teknikler de

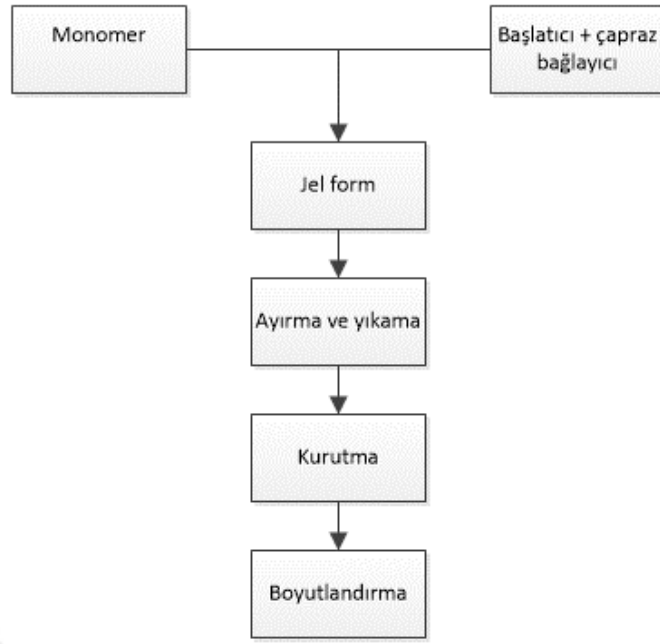
uygulanmaktadır (Wang ve ark. 2024; Ma ve Wen, 2020). Polimerizasyon yöntemi ile SEP sentezi işlem basamakları Şekil 2.18’de verilmiştir.



Şekil 2.18. Polimerizasyon yöntemi ile hidrojel sentezinin proses şeması (Sujitha ve ark. 2023)

Çözelti polimerizasyonu:

Serbest radikal başlatmalı polimerizasyon veya çözelti polimerizasyonu, akrilik asit ve tuzlarının polimerizasyonunu içeren SEP'leri sentezlemek için yaygın olarak kullanılır. Bu polimerizasyonda başlatma bir redoks başlatıcı sistemi, termal veya UV ışınlanması ile gerçekleştirilir. Elde edilen polimerler suda çözünebiliyorsa, süreç homojen çözelti polimerizasyonu olarak, suda çözünemiyorsa heterojen polimerizasyon olarak bilinir. Bu teknik, çözücü kullanarak viskozitenin kontrol edilmesi ve böylece reaksiyon sıcaklığının izlenebilmesi sayesinde yığın polimerizasyonuna göre tercih edilir. Jel benzeri elastik ürün, hızlı bir ekzotermik reaksiyondan sonra üretilir ve safsızlıkları, reaksiyona girmemiş monomerleri ve başlatıcıyı uzaklaştırmak için damıtılmış su/etanol ile yıkanır. Daha sonra oluşan jel toz haline getirilir (Şekil 2.20) ve gerekli partikül boyutuna ulaşmak için elenir. Bu yöntem, düzensiz partikül boyutu oluşumu, reaksiyon kontrolü eksikliği ve kauçuksu/katı ürünlerin işlenmesi nedeniyle daha az tercih edilmektedir. Birkaç dezavantajı olmasına rağmen, çözelti polimerizasyonu yöntemi SEP üretmek için daha hızlı ve daha ekonomik bir yöntem olduğu için tercih edilmektedir (Arpit ve Jaya, 2023). Çözelti polimerizasyonu yöntemi ile SEP hazırlama blok diyagramı Şekil 2.19’da verilmiştir.

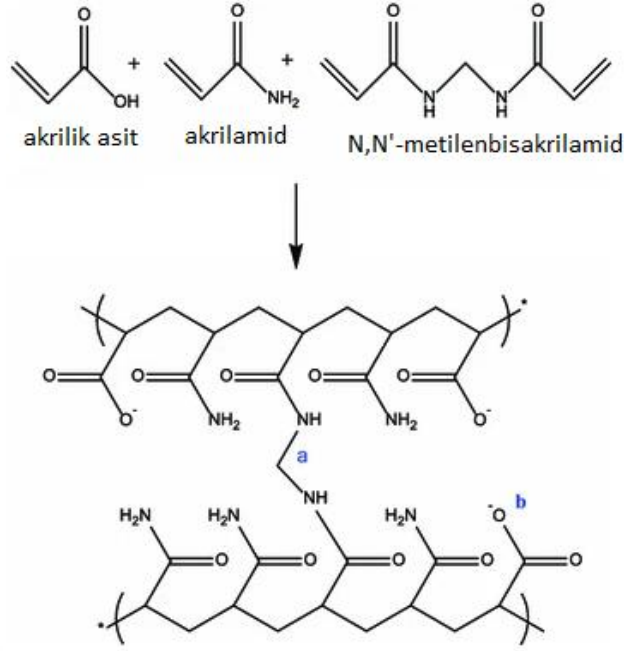


Şekil 2.19. Çözelti polimerizasyonu blok diyagramı (Sikarwar ve ark. 2021)



Şekil 2.20. Çözelti polimerizasyonundan elde edilen SEP'in öğütülmüş SEM görüntüsü (Omidian ve ark. 1999)

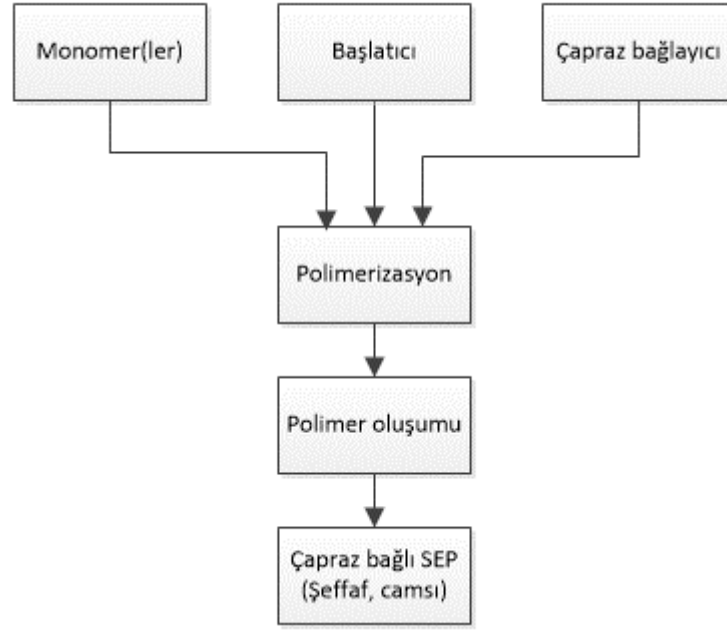
Çözelti polimerizasyonu ile gerçekleştirilen poli(sodyum akrilat-ko-akrilamid) (PANa-PAM) hidrojelini sentez reaksiyonu ve oluşan polimerin ağ yapısındaki kovalent çapraz bağlar (a) ve anyonik karboksilat grupları (b) Şekil 2.21'de gösterilmektedir.



Şekil 2.21. Çözelti polimerizasyonu ile PANa-PAM hidrojelini sentez reaksiyonu ve oluşan polimer ağ yapısındaki (a) kovalent çapraz bağlar ve (b) anyonik karboksilat grupları (Zhu ve ark. 2015)

Yığın polimerizasyonu:

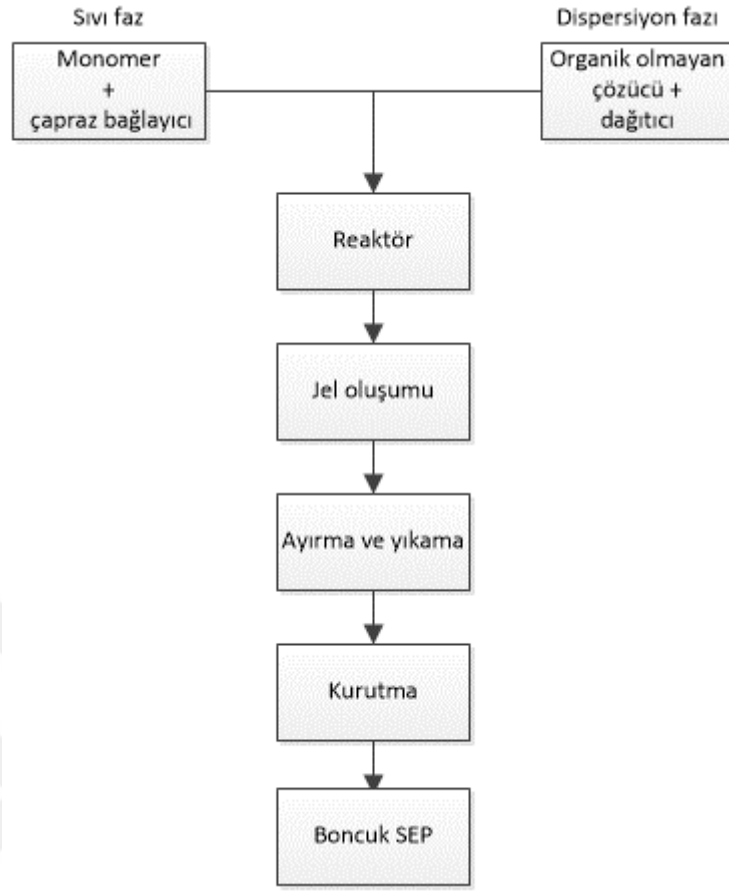
Yığın polimerizasyon prosesi, yüksek saflıkta moleküler ağırlıklı polimerler içeren basit bir kütle polimerizasyon tekniğidir. Yüksek monomer konsantrasyonu nedeniyle yüksek polimerizasyon hızı ve polimerizasyon derecesi oluşur. Yığın polimerizasyonun avantajı, yüksek saflıkta yüksek moleküler ağırlıklı polimerin üretilebilmesidir. SEP'lerin üretimi için bir veya daha fazla türde monomer çözeltisi ve az miktarda çapraz bağlama maddesi ve başlatıcı eklenmektedir. Poliakrilat SEP'ler bu teknikle hazırlanır. Yığın polimerizasyonundan elde edilen hidrojeller homojen, camsı ve şeffaftır ancak çok serttir. Reaksiyon ilerledikçe viskozitede bir artış gözlenir ve bu da polimerizasyon sırasında ısı ortaya çıkmasına neden olur. Bu sorunlar, reaksiyonları daha düşük sıcaklıklarda ve düşük başlatıcı konsantrasyonlarında kontrol ederek önlenabilir (Muhammad ve ark. 2024; Kiatkamjornwong, 2007; Mondal, 2019). Yığın polimerizasyonu tekniği ile SEP hazırlama blok diyagramı Şekil 2.22'de verilmiştir.



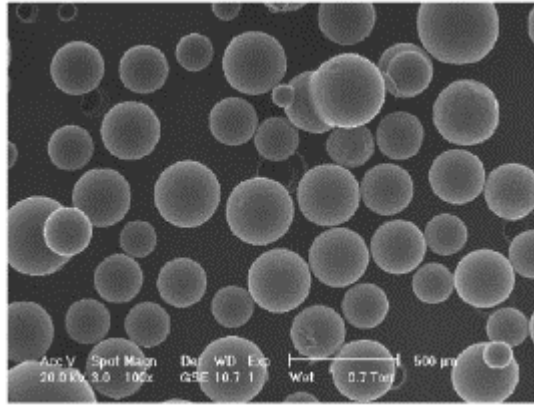
Şekil 2.22. Yığın polimerizasyonu blok diyagramı (Malik ve ark. 2023)

Ters süspansiyon polimerizasyonu:

Dispersiyon polimerizasyonu olarak da bilinen ters süspansiyon polimerizasyonu, yaygın olarak kullanılan su içinde yağ yönteminin tersi olan yağ içinde su işlemini içermektedir. Bu nedenle bu teknik “ters süspansiyon polimerizasyonu” olarak adlandırılır. Bu teknikte monomerler ve başlatıcı, hidrokarbon fazında homojen bir karışım olarak dağılır. Monomer çözeltisinin viskozitesi, çalkalama hızı, rotor tasarımı ve dağıtıcı türü esas olarak SEP’in partikül boyutunu ve şeklini belirler. Ters süspansiyon polimerizasyonu, toz veya mikrokürecikler formunda 1 µm ila 1 mm boyut aralığında küresel SEP mikropartikülleri (Şekil 2.24) hazırlamak için kullanılan bir yöntemdir. Öğütme işlemine gerek kalmadığından ekonomik bir yöntemdir. Yüksek şişme kapasitesine ve hızlı emilim kinetiğine sahip SEP’ler üretmek için oldukça esnek ve çok yönlü bir yöntemdir. Son zamanlarda, ters süspansiyon tekniği, polimerdeki tehlikeli, artık akrilamid monomerinin kolayca çıkarılması ve yönetilmesi nedeniyle poliakrilamid bazlı SEP’ler için yaygın olarak kullanılmaktadır (Arpit ve Jaya, 2023; Ahmed, 2015; Kiatkamjornwong, 2007). Ters süspansiyon polimerizasyonu yöntemi ile SEP hazırlama blok diyagramı Şekil 2.23’te verilmiştir.

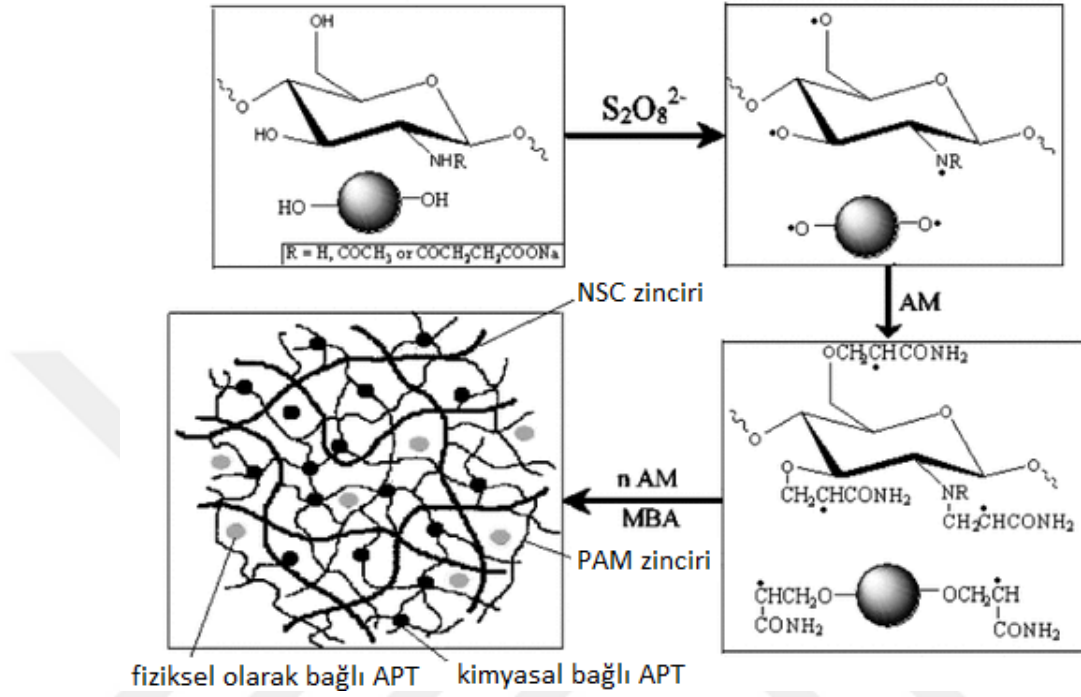


Şekil 2.23. Ters süspansiyon polimerizasyonu blok diyagramı (Behera ve Mahanwar, 2019)



Şekil 2.24. Ters süspansiyon polimerizasyonu ile üretilmiş küresel SEP partikülleri SEM görüntüsü (Schröfl ve ark. 2012)

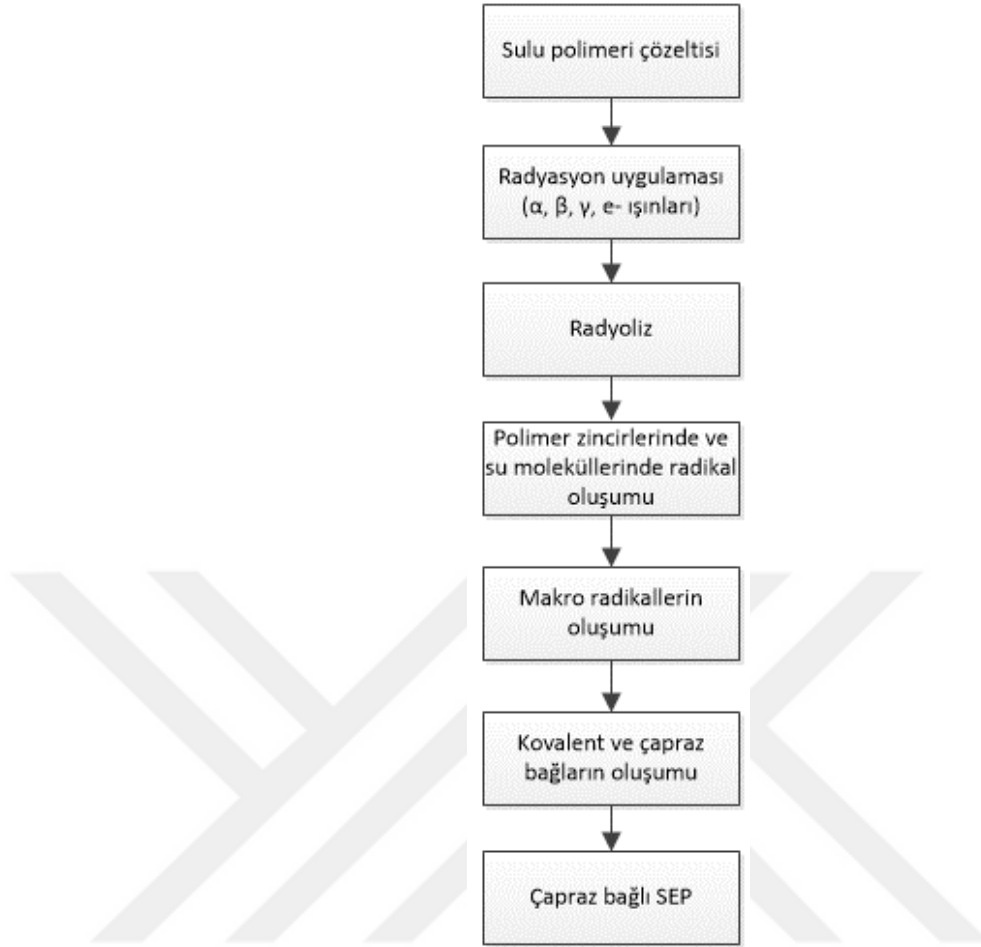
N-süksinilkitozan (NSC), akrilamid (AM) ve atapulgit (APT) kullanılarak ters süspansiyon polimerizasyonu ile hazırlanan NSC-g-PAM/APT kompozit hidrojel Şekil 2.25'te verilmiştir.



Şekil 2.25. Ters süspansiyon polimerizasyonu ile NSC-g-PAM/APT kompozit hidrojinin sentez reaksiyonu (Li ve ark. 2007)

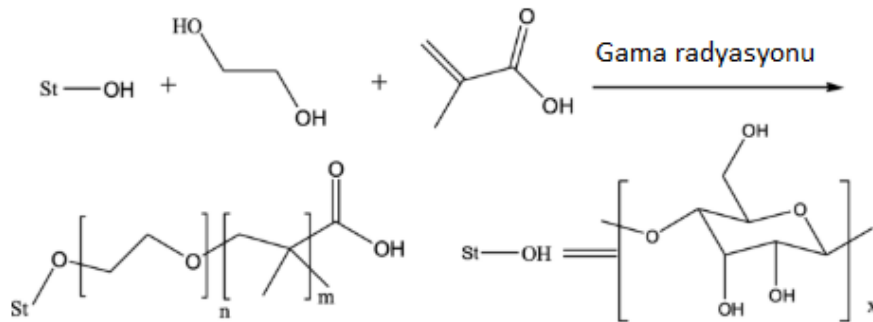
Radyasyon polimerizasyonu:

Radyasyon polimerizasyonu, SEP'leri üretmek için gama ışınları ve elektron ışınları gibi yüksek enerjili radyasyonların kullanıldığı polimerizasyon yöntemidir. Sulu çözeltinin ışınlanması nedeniyle polimer zincirleri üzerinde radikaller oluşur. Hidroksil radikalleri su moleküllerinin radyolizi nedeniyle oluşur ve makro radikaller oluşturmak için polimer zincirlerine etki eder. Bu makro radikaller kovalent bağlar oluşturmak için bir kez daha birleştiğinde çapraz bağlı bir yapı oluşur. Bu yöntem, kimyasal bir başlatıcı kullanılmadığı için nihai ürünün orta derecede saf olması nedeniyle diğerlerine göre daha avantajlıdır. Ayrıca, radyasyonla başlatılan aşılama, kimyasallarla başlatılan aşılamaдан daha az zaman aldığı ve zaman kaybını önlediği için avantajlıdır (Arpit ve Jaya, 2023). Radyasyon polimerizasyonu yöntemi ile SEP hazırlama blok diyagramı Şekil 2.26'da verilmiştir.



Şekil 2.26. Radyasyon polimerizasyonu blok diyagramı (Ma ve Wen, 2020; Hong ve ark. 2018)

Rradikal başlatıcı olarak gama radyasyonu kullanarak suda çözünür nişasta, etilen glikol (EG) ve metakrilik asitten (MAA) nişasta-aşı-poli(etilen glikol)-ko-poli(metakrilik asit) hidrojel sentez reaksiyonu Şekil 2.27’de verilmiştir.



Şekil 2.27. Nişasta ana zinciri üzerine poli(etilen glikol) ve poli(metakrilik asit) kopolimerinin aşı sentezi reaksiyonu (Ma ve Wen, 2020)

Yukarıda açıklanan sentez yöntemlerinin karşılaştırılması Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. Farklı SEP hazırlama tekniklerinin karşılaştırılması (Arpit ve Jaya, 2023)

| Polimerizasyon türü | Karakterizasyon |
|----------------------------------|---|
| Yığın polimerizasyonu | Bu teknikte, yüksek saflıkta, yüksek moleküler ağırlıklı polimerler üretilir. Ancak reaksiyon ilerledikçe viskozite artar ve bu da polimerizasyon sırasında ısınmaya neden olur. |
| Çözelti polimerizasyonu | Bu yöntem SEP üretmek için daha hızlı ve daha ekonomik bir yöntem olduğu için tercih edilmektedir. Ancak düzensiz partikül boyutu oluşumu, reaksiyon kontrolünün olmaması ve kauçuğumsu/katı ürünlerin ortaya çıkması nedeniyle bu yöntemden kaçınılmaktadır. |
| Ters süspansiyon polimerizasyonu | Bu yöntem, partikül boyutu 1 μ - 1 mm arasında olan küresel şekilli SEP üretmek ve böylece öğütme işlemini azaltmak için kullanılır. |
| Radyasyon polimerizasyonu | Bu yöntemle üretilen nihai ürün, kimyasal başlatıcı kullanılmadığı için orta derecede saflığa sahiptir. |

Fiziksel sentez yöntemleri:

Fiziksel sentez yöntemleri, polimerler arasında hidrojen bağları, iyonik bağlarla veya makromoleküller arasındaki hidrofobik etkileşimlerle meydana gelen bir moleküler birleşmeyi içermektedir. Bu hidrojen bağları, donma/çözünme döngülerinin farklı aşamalarında (başlangıç sisteminin donması sırasında, numunelerin donmuş halde saklanması sırasında ve donmuş numunelerin çözünmesi sırasında) oluşmaktadır. Oda sıcaklıklarında kullanılan yöntemlerin aksine düşük sıcaklıklarda ve toksik organik çözücüler kullanılmadan SEP'ler elde edilebilir. Ancak, zayıf fiziksel etkileşimlerin oluşturduğu yapı nedeniyle, bu tür SAP'lerin mekanik özellikleri kimyasal olarak çapraz bağlı olanlara kıyasla daha düşüktür. Bu hidrojen bağları, donma/çözünme döngülerinin farklı aşamalarında (başlangıç sisteminin donması sırasında, numunelerin donmuş halde saklanması sırasında ve donmuş numunelerin çözünmesi sırasında) oluşabilir (Wang ve ark. 2024; Ma ve Wen, 2020).

2.3.7. SEP'lerin sağlık ve çevresel etkileri

Süper emici polimerler (SEP), günlük hayatta yaygın kullanım alanına sahip olmakla birlikte, insan sağlığı ve çevre üzerine etkileri açısından kapsamlı araştırmalara konu olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan akrilat bazlı SEP'ler, yüksek su emme kapasitesine sahip olmalarına rağmen, yüksek moleküler ağırlıkları ve tamamen karbon atomlarından oluşan çapraz bağlı yapıları nedeniyle çevrede uzun süre bozunmadan kalabilmektedir (Chen ve ark. 2022; Oladosu ve ark. 2022). Özellikle fosil bazlı kaynaklardan üretilen bu SEP'lerin biyolojik olarak parçalanamaması, karbon ayak izinin ve çevresel yükün artmasına neden olmaktadır (Mogale ve ark. 2024; Dabbaghi ve ark. 2019).

Bu çevresel sorunların çözümüne yönelik olarak, alternatif SEP kaynakları üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Pirinç kabuğu, nişasta, kitosan ve selüloz gibi doğal kaynaklardan üretilen süper emici hidrojeller, biyoyumlu ve biyobozunur özellikleriyle öne çıkmaktadır (Mistry ve ark, 2023; Pattanayak ve ark. 2023). Özellikle selüloz ve nişasta bazlı hidrojeller, akrilat bazlı SEP'lere kıyasla daha iyi biyobozunurluk ve biyoyumluluk özellikleri göstermektedir (Li ve Chen, 2020; Cannazza ve ark. 2014).

SEP'lerin sağlık üzerindeki etkileri, özellikle en yaygın kullanım alanlarından biri olan bebek bezlerinde detaylı olarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, bebek bezlerinin emici tabakasında kullanılan SEP'lerin güvenlik açısından risk oluşturmadığı 400'den fazla çalışmayla doğrulanmıştır (Dey ve ark. 2014). Bebek bezlerinde SEP'lerin kullanımı, bebek sağlığı açısından olumlu katkılar sağlamıştır. Sıvıyı ciltten uzak tutarak nem ve pH değişimlerini azaltmış, böylece pişik oluşumunu hem sıklık hem de şiddet açısından önemli ölçüde düşürmüştür (Dey ve ark. 2016). Orta ila şiddetli bebek bezi dermatiti vakalarında %50'lik bir azalma gözlenmiştir (Counts ve ark. 2014).

SEP'lerin çevresel güvenliği konusundaki endişeler, yapılan kapsamlı araştırmalarla büyük ölçüde giderilmiştir. Üretim sürecinde kullanılan toksik başlangıç maddeleri, polimerizasyon sonrasında geri dönüşümsüz olarak bağlanmakta ve bu sayede çevreye zarar verme potansiyeli önemli ölçüde azalmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı SEP'ler, MSDS'lerde "Güvenli ve Toksik Olmayan Malzeme" olarak sınıflandırılmaktadır. Toprakta nötr ve inert özellik gösteren bu malzemeler, mikrobiyal ortamda kısmi biyobozunmaya uğrayarak su, CO₂ ve organik maddeye dönüşmektedir. Fransa Tarım

Bakanlığı'nın uzun dönemli araştırmaları, SEP'lerin toprak mikroorganizmalarına zarar vermediğini ve toprakta toksik birikim oluşturmadığını bilimsel olarak kanıtlamıştır (Meshram ve ark. 2020).

2.3.8. SEP'lerin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi

SEP'lerin su emme kapasitesini değerlendirmek için üç temel parametrenin tanımlanması çok önemlidir. Bunlar; serbest basınç altında emme kapasitesi, basınç altında emme kapasitesi, santrifüj su tutma kapasitesi ve emme hızıdır (Chen ve ark. 2022).

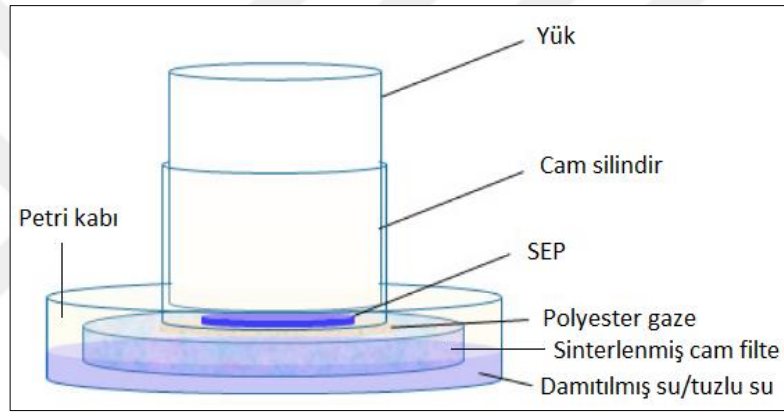
1) Serbest basınç altındaki emme kapasitesi: Emme kapasitesi olarak kısaltılan serbest basınç altındaki emme kapasitesi, SEP çalışmalarında kullanılan en yaygın parametredir. Emme kapasitesi damıtılmış su veya %0,9 NaCl çözeltisi alım kapasitesini ifade eder. Absorbsiyon kapasitesini ölçmek için çay poşeti yöntemi, santrifüj yöntemi, talep ıslanabilirlik yöntemi (bir malzemenin yüzeyine bir sıvı damlatıldığında veya emdirildiğinde, bu sıvının malzeme tarafından ne kadar hızlı emildiği) gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bunlar arasında çay poşeti yöntemi en çok kullanılan yöntemdir. Çay poşeti yöntemi için tipik test prosedürü řu şekildedir: Bir SEP numunesi ($W1 = 0,3-1,0$ g) ince gözenekli bir çay poşetinde tartılır, toplam ağırlık ölçülür ($W2$) ve numune 1 saat damıtılmış su/tuzlu suda bekletilir. Fazla miktardaki sıvı gözlemlenmeyene kadar asılır ve ardından çay poşeti/SEP/(su/tuzlu su) numunesi tartılır ($W3$). Aynı deney prosedürü boş bir çay poşeti ($W4$) ile gerçekteşirilir ve çay poşeti/(su/tuzlu su) numunesi tartılır ($W5$). Emme kapasitesi Eşitlik 2.1 ile hesaplanır (Chen ve ark. 2022; Melendres ve ark. 2019).

$$\text{Emme kapasitesi (g/g)} = \frac{(W3 - W2) - (W5 - W4)}{W1} \quad (2.1)$$

2) Basınç altında emme kapasitesi: SEP malzemelerin serbest basınç altında sıvıyı alabilme yeteneği olarak tanımlanır. Bu özellik, bebek bezleri veya yetişkin bakım ürünleri gibi basınç altında kullanılan SEP'lerin performansını değerlendirmek için önemlidir. Basınç altında absorpsiyonu ölçme yöntemi, serbest basınçtakine benzer ve yöntem aşağıdaki gibi gerçekteşirilir:

Tartılan SEP numunesi ($W_1 = 0,1-0,2$ g), polyester gaze bezi üzerine eşit bir şekilde dağıtılır. Toplam ağırlık ölçülür (W_2). Hazırlanan numune sinterlenmiş bir cam filtre üzerine konularak petri kabına yerleştirilir (Şekil 2.28). EDANA yöntemine (NWSP 241.0.R2) göre 0,3 psi basınç sağlayan silindirik bir yük konulur. Petri kabına filtrenin yüksekliğine kadar serbest absorbans ölçümünde olduğu gibi damıtılmış su/tuzlu su ilave edilerek numune 1 saat bekletilir ve son olarak toplam ağırlık ölçülür (W_3). Basınç altındaki emme kapasitesi Eşitlik 2.2 ile hesaplanır (Kim ve ark. 2021; Chen ve ark. 2022).

$$\text{Basınç altında emme kapasitesi (g/g)} = \frac{(W_3 - W_2)}{W_1} \quad (2.2)$$



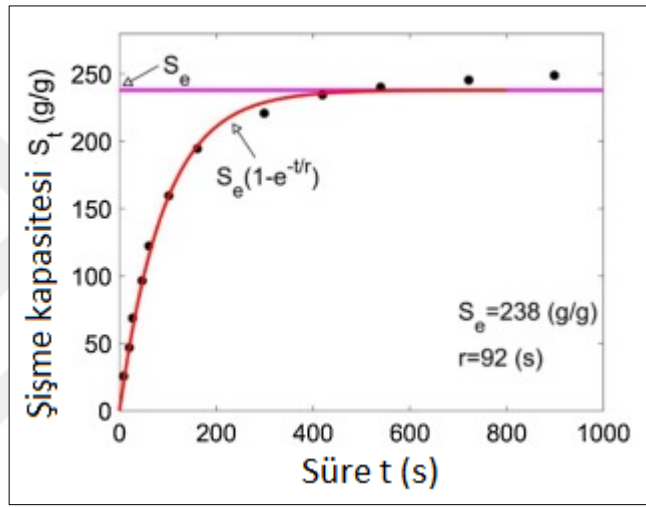
Şekil 2.28. Yük altında emicilik test düzeneği (Kim ve ark. 2021)

3) **Şişme hızı:** Şişme hızı olarak da adlandırılan soğurma/emme hızı aynı zamanda SEP'lerin önemli bir teknik özelliğidir. Bir SEP numunesinin zamana karşı serbest basınç altındaki emme kapasitesinin bir parametresidir. Bunu ölçmek için çay poşeti yöntemi, elek yöntemi ve filtrasyon yöntemi gibi birçok yöntem vardır ve bunların arasında en yaygın olanı çay poşeti yöntemidir. Şişme oranını ölçmek için, bir SEP numunesinin şişme kapasitesinin zamana karşı profili, Şekil 2.29'da gösterildiği gibi genellikle ardışık zaman aralıklarında serbest emme kapasitesi ölçümleri gerçekleştirilerek elde edilir. Bu yöntem, yukarıda serbest basınç altında emme kapasitesinin ölçümü ile aynı olarak gerçekleştirilir. Ardışık zaman aralıklarında, SEP'lerin serbest basınç altındaki emme kapasiteleri elde edilir ve daha sonra aşağıdaki denklemde açıklandığı gibi bir Voigt* modeline yerleştirilirler. Voigt modeli (Eşitlik 2.3), bir malzemenin elastik (katı) ve

viskoz (sıvı) davranışlarını bir arada göz önünde bulunduran bir mekanik modeldir (Omidian ve ark. 1998; Zhang ve ark. 2020).

$$S_t = S_e(1 - e^{-t/r}) \quad (2.3)$$

Burada, t emme süresi, r hız parametresidir. Yani, denge emiliminin %63'ü için gereken süredir. S_t , t zaman noktasındaki emme (şişme) kapasitesi; S_e , denge emme (şişme) kapasitesidir.



Şekil 2.29. Bir SEP numunesinin zamana karşı şişme kapasitesinin tipik bir profili (Zhang ve ark. 2020)

4) Santrifüj tutma kapasitesi: SEP numunelerinin, kontrollü koşullar altında doymuş ve santrifüj edildikten sonra sıvıları tutma yeteneğini ifade eder. Ortaya çıkan tutma kapasitesi, numune ağırlığının gramı başına tutulan sıvının gramı (g/g) olarak ifade edilir. Test edilecek numuneler serbest basınç altındaki emme kapasitesi testi ile aynı şekilde hazırlanır. Şişmiş SEP içeren çay poşeti örnekleri bir kütleye uygulanan yaklaşık 250 G'lık bir g-kuvvetine maruz bırakılabilen bir sepet rotoruyla donatılmış bir santrifüj veya döndürücüye yerleştirilir. 250 g'de (1400 rpm) 3 dakika santrifüj edilir ve daha sonra çıkarılıp tartılır. Çay poşetinin kendisi tarafından tutulan çözelti miktarı dikkate alınarak SEP numunesi tarafından tutulan çözelti miktarı aşağıdaki formül (Eşitlik 2.4) ile hesaplanır (Bachra, 2021).

Önce boş çay poşetinin tutma faktörü hesaplanır;

$$F (g/g) = \frac{(T2 - T1)}{T1} \quad (2.4)$$

burada T2 çözelti emdirildikten sonraki santrifüjlenmiş boş çay poşetinin ağırlığı ve T1 boş kuru çay poşetinin ağırlığıdır:

Daha sonra santrifüj tutma kapasitesi aşağıdaki formül (Eşitlik 2.5) ile hesaplanır;

$$\text{Santrifüj tutma kapasitesi (g/g)} = \frac{(W2 - (W1 - F) - W1 - W0)}{W0} \quad (2.5)$$

burada W2, santrifüjlenmiş çay poşetinin ağırlığı, W1, boş ve kuru çay poşetinin ağırlığı, W0, SEP numunesinin başlangıç ağırlığı ve F, çay poşetinin tutma faktörüdür.

2.3.9. SEP'ler üzerine yapılan önceki çalışmalar

Bhuiyan ve ark. (2019), koruyucu giysi malzemelerinin kimyasal ve su geçirmezlik özelliklerini geliştirmek ve aynı zamanda termal konforunu artırmak için pamuklu kumaş yüzeyine poliüretan (PU) ve SEP kaplamışlardır. Kaplama işleminde silindir üstü bıçak yöntemi kullanılmıştır. Poliüretan bazlı kaplama patında, %0,5, %1,0 ve %1,5 konsantrasyonlarında SEP kullanılmıştır. Kaplanan kumaşlara 60 °C'de 40 dakika kurutma ve 140 °C'de 5 dakika boyunca fiksaj işlemi uygulanmıştır. SEP içeren kaplamanın, kumaşların su ve kimyasal direncini artırdığı, aynı zamanda ısı ve buhar geçirgenliğini iyileştirdiği belirtilmiştir. SEP'in kumaşın ısı ve buhar transfer özelliklerinde iyileşme sağlamanın, giysi kullanımı sırasında terin ciltte veya iç giysilerde birikmesini azaltarak termal konforu artırdığı bildirilmiştir. SEP kaplamanın koruyucu giysilerin hem koruma hem de termofizyolojik konfor sağlmasına yönelik umut verici bir yaklaşım olduğu sonucuna varılmıştır.

Bhuiyan ve ark. (2022), kimyasal koruma ve termal konfor sağlamak amacıyla pamuklu kumaşlara poliüretan/SEP karışımı kaplamışlardır. Kaplanmış pamuklu kumaşın

geliştirilmesi için kaplama patı, SEP çözeltisi ve poliüretan bağlayıcı kullanılarak hazırlanmıştır. Öncelikle SEP/su çözeltisi (%0,75 w/v) hazırlanmış ve SEP çözeltisi daha sonra farklı oranlarda (PU: SEP = 75: 25 ve PU: SEP = 50: 50) homojen bir karışım elde edilene kadar sürekli karıştırılmıştır. Elde edilen kaplama patı silindir üstü bıçak kaplama yöntemiyle kaplanmıştır. Daha sonra kaplanmış kumaşlar, düşük kaynama noktalı organik çözücülerin uzaklaştırılması için 60 °C'de 40 dakika kurutulmuş ve ardından 140 °C'de 5 dakika boyunca fiksaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaplanmış kumaşlara su, yağ ve sıvı kimyasalların nüfuzunu önlemek için, florokarbon esaslı ticari bir bitim (apre) kimyasalı ile işlem uygulanmıştır. Kaplanmış kumaşların su, yağlar ve sıvı kimyasalların nüfuzunu engelleyerek kimyasal koruma sağladığı ve aynı zamanda termal konforu artırdığı bildirilmiştir. Bu yeni kaplama tekniğinin, kimyasal koruma performansı ve termal konforu bir araya getirerek yüksek performanslı tekstil malzemelerinin geliştirilmesi için kullanılabilecek yenilikçi bir yaklaşım olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir.

Houshyar ve ark. (2015), yangın söndürme kıyafetlerinin termo-fizyolojik özelliklerini iyileştirmek için süper emici malzemelerin etkisini araştırmışlardır. Çalışmada dokuma kumaş (1/3 dimi) için kevlar ve süper emici lif/polyester (SEL/PET) iplikleri kullanılmıştır. Kullanılan SEL malzemesi, sodyum (Na) tuzu ile kısmen nötralize edilmiş çapraz bağlı bir akrilat kopolimerden yapılmıştır. Çalışmada dokuma kumaş için; çözgü ipliklerinde kevlar, atkı ipliklerinde çeşitli oranlarda (% 100 kevlar, %25/%75 (SEL /Kevlar), %50/%50 (SEL/Kevlar) ve %100 SEL) karışımı kullanılmıştır. SEP içeren kumaşlar, termal ve su buharı direnci, hava geçirgenliği ve nem yönetimi özellikleri gibi testleri içeren biyofiziksel özellikleri açısından test edilmiştir. Deneysel sonuçlarla, süper emici malzemelerin, dokuma bir tekstil malzemesine dâhil edildiğinde, artan kullanıcı konforu gösterdiği belirtilmiştir. Bu süper emici malzemelerin, nemi vücuttan hızlı bir şekilde uzaklaştırma kabiliyetine ve bunu yaparken cildi kuru tutma eğilimine sahip olduğu bildirilmiştir. Giysi konforunu artırmak için giysinin iç katmanında süper emici malzemelerin kullanılmasının giyenin konforunu artırabileceği ifade edilmiştir.

Nayak ve ark. (2018), Avustralya'daki itfaiyecilerin koruyucu kıyafetlerinde cilde yakın katmanlar olarak kullanılmak üzere süper emici poliakrilat iplikten örülmüş kumaşların

termal direnç, su buharı direnci, hava geçirgenliği, nem yönetimi ve duyuşsal konfor özelliklerini araştırmışlardır. Bu kumaşların potansiyelini değerlendirmek için üç farklı örgü yapısı (jersey, rib, interlok) mevcut dokuma kumaşla karşılaştırılmıştır. Süper emici poliakrilat iplikten örölmüş kumaşların, mevcut itfaiyeci kıyafetlerinde kullanılan dokuma kumaşa göre daha fazla su emdiği, ancak dokuma kumaşın daha hızlı kuruduğı gözlemlenmiştir. Jersey kumaşın termal ve su buharı direncinin en düşük olduğı, bu durumun metabolik ısı ve buharın çevreye daha iyi transferine olanak tanıyarak daha iyi termal konfor sağlayabileceğı bildirilmiştir. Ayrıca, tüm kumaş örneklerinin düşük sürtünme katsayısına sahip olduğı ve itfaiyeci kıyafetlerinde bir alt katman olarak giyildiğinde duyuşsal rahatsızlık göstermeyeceğı belirtilmiştir.

Sivri (2020), nanofiber içeren süper emici polimer kullanılarak yüz maskelerinin koruyucu ve konfor özelliklerinin iyileştirilmesi çalışmasında, homojen dağılıma sahip süper emici nano lifle kaplanmış yeni bir yüz maskesi prototipini tanıtmıştır. Süper emici nanolifler, Poli(vinil alkol)/süper emici polimer (PVA/SEP) sulu polimer çözeltileri kullanılarak elektrospinning yöntemiyle üretilmiş ve virüs koruma ve konfor özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla eş zamanlı olarak yüz maskeleri üzerine kaplanmıştır. Karakterizasyon için emicilik, hava geçirgenliği, Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FTIR) ve SEM görüntü incelemeleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen SEM araştırmaları ile yüz maskelerinin nano elyaflarla homojen bir şekilde kaplandığı ortaya konulmuştur. FTIR spektrumlarından elde edilen sonuçların, tüm maske örneklerinin emicilik özelliğini gösteren PVA/SEP içeriğine sahip olduğı belirtilmiştir. Sıvı emme kapasitesi ve hava geçirgenlik testleri sonucunda, nanofiber kaplamanın yüz maskelerinin hidrofiliğini arttırdığı, hava geçirgenliğinin ise tersine azaldığı bildirilmiştir.

Uçar ve ark. (2010), su buharı emebilen ancak ciltle temas halinde ıslaklık hissi oluşturmeyen bir kompozit lif yapısının su buharı emme performansını incelemiştir. Kompozit ipliğı, polipropilen (PP) ve SEP kullanılarak üretilmiştir. Kompozit lif üretimi için, laboratuvar tipi eriyikten lif çekim makinesinde (ekstrüder) düzede C kesitli düze deliğı kullanılmıştır. Kompozit lif yapısının dış yüzeyi hidrofob karakterli polipropilenden (PP), C kesitli lifin iç oyuğı ise hidrofilik SEP'den oluşturulmuştur.

Prototip ipliklerin üretiminde, lif iç oyuğuna SEP yerleştirilmiş iplikler %5 SEP-%95 PP ve %100 PP olmak üzere iki farklı bileşim kullanılmıştır. Gerek SEP ihtiva eden iplikler, gerekse de SEP ihtiva etmeyen ipliklere 25-26 tur/m civarında az miktarda büküm verilmiştir. Bu yöntemlerle, su buharı emebilen ancak ciltle temas halinde ıslaklık hissi oluşturmeyen bir kompozit lif yapısı geliştirilmiştir. Daha sonra bu bükümlü iplikler kullanılarak 1x1 rib örme kumaş numuneleri üretilmiştir. Kumaşların 24 saatlik su buharı emme testine tabi tutulduğunda %12,9 oranında, 5 günlük bekleme süresi sonunda ise %18,5 su buharı emdiği ve cilt üzerinde ıslaklık hissi oluşturmadığı belirtilmiştir. SEP ihtiva etmeyen kumaşların 24 saatlik su buharı emme oranı %0,022, 5 günlük bekleme süresi sonunda ise %0,033 olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, kumaşların airwash susuz yıkama sistemi ile ter kokusu ve bakterilerden arındırılabilmesi ve su buharı emme kapasitelerinde önemli bir düşmenin olmadığı, kuru temizleme işlemi sonrasında su buharı emme performansında düşüş yaşanmadığı ancak sulu yıkamadan sonra su buharı emme oranında önemli oranda düşme görüldüğü bildirilmiştir.

Sadikoglu ve ark. (2011), tek kullanımlık koltukaltı ter pedinin tasarım, üretim ve performans analizini gerçekleştirmişlerdir. Terlemenin neden olduğu ıslaklık hissi, kötü koku ve giysilerde leke oluşturma gibi olumsuz etkileri engellemek amacıyla, nonwoven kumaşlar ve polietilen film kullanılarak tek kullanımlık ter pedi tasarlanmıştır. Tasarlanan pedin performansını değerlendirmek için objektif ve subjektif testler gerçekleştirilmiştir. Objektif testlerde, dayanıklılık, sıvı geçirgenlik hızı, emicilik ve tekrar ıslanma testlerini; subjektif testler ise kadın ve erkek deneklerin pedleri kullanım deneyimlerini ve kuruluk hissi değerlendirilmiştir. Ürünün tasarımı ve performans analizi için üç aşamalı bir çalışma yapılmıştır. Her aşamada ürünün üst tabaka, emici tabaka ve arka tabaka olmak üzere aynı katmanlar kullanılmıştır. Ped tasarımında, üst tabaka için polipropilen nonwoven kumaşlar, emici tabaka için ise selüloz (pulp) + polipropilen/polietilen ve viskoz/süper emici elyaflardan oluşan nonwoven malzemeler seçilmiştir. Arka tabaka için ise nefes alabilen polietilen film tercih edilmiştir. Bu malzeme kombinasyonları, ürünün performansını artırmak ve kullanıcıya kuruluk hissi sağlamak amacıyla seçilmiştir. En iyi sonuç, üçüncü aşamada elde edilmiştir. Bu aşamada, özel olarak hiperhidroz (aşırı terleme) hastaları için tasarlanmış bir pedin performansı değerlendirilmiştir. Bu ped için viskoz ve süper emici elyaflardan oluşan bir emici katman ve polipropilen nonwoven

kumaştan oluşan bir üst tabaka kullanılmıştır. Yapılan testler sonucunda, pedin dayanıklılık, sıvı geçirgenlik hızı, emicilik kapasitesi ve tekrar ıslanma özelliklerinin istenilen seviyede olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, hiperhidroz hastaları ve kişisel bakımına önem veren tüketiciler için bu tasarımın en iyi sonuçları verdiği belirtilmiştir.

Mohammed ve ark. (2023), koruyucu kıyafetlerde gelişmiş nem absorpsiyonu ve termal konforu artırmak için ticari SEP'i elektroğirme yöntemiyle poli (vinil alkol) (PVA) ile entegre ederek yeni bir nem emici ve toz bariyeri nanofibröz membranın geliştirmişlerdir. Elektroğirme yöntemi ile PVA ve PVA-SEP nanoliflerinin geliştirilmesi için polimerler ilgili çözücülerinde (su ve etanol) çözülmüştür. PVA çözeltisi (%10,0 w/v), homojenlik elde edilene kadar sürekli karıştırılarak 70 °C'de su içinde çözülerek hazırlanmıştır. SEP çözeltileri (%0,5, %0,8 ve %1,0 w/v) su/etanol (60:40) çözeltisinde 72 saat boyunca oda sıcaklığında sürekli karıştırılarak çözülmüştür. SEP'in nihai üründeki etkisini belirlemek için farklı konsantrasyonlardaki PVA/SEP çözeltileri 30 dakika boyunca sürekli karıştırılarak 40:60 oranında homojen bir karışım elde edilmiştir. Elektroğirme yöntemi ile nanoliflerin üretimi için uygun viskoziteye sahip maksimum %1,0 w/v SEP çözeltisi hazırlanmıştır. SEM aracılığıyla yapılan morfolojik incelemede, ortalama çapı 173 nm olan boncuksuz, pürüzsüz ve homojen nanoliflerin oluştuğu belirtilmiştir. FTIR spektrumlarının tepe noktaları, PVA-SEP membranlarının sıvı emici özelliğini nanoliflerde SEP'nin varlığı ile doğrulanmıştır. Partikül filtrasyon verimliliği (>%95), SEP membranlarının tehlikeli çevre koşullarında toz partiküllerinin ve mikroorganizmaların giysilerden nüfuz etmesine karşı tatmin edici bir direnç göstermiştir. Artan hava geçirgenliği, SEP membranlarının havayı çevreden vücuda ve tam tersi şekilde aktarmak için yeterli nefes alabilirliğe sahip olduğu bildirilmiştir. Nem yönetimi profili, PVA-SEP nanoliflerinin aşamalı sıvı emme özelliklerini göstererek, uygun termal konfor sağlamak için ter buharının vücuttan çevreye membran yoluyla difüzyonunun arttığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, PVA-SEP nano lifli membranların koruyucu kıyafetlerde termal konforu artırma potansiyeline sahip olduğu ve bu tür tekstillerin tasarımında kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Yang ve Hu (2018), yara bakımında kullanılmak üzere tasarladıkları süper emici ara katmana sahip sandviç (spacer) kumaşların eksüdalı yaralarda yara örtüsü olarak

uygulanabilirliğini incelemişlerdir. Kumaş yapısı, polyester/spandeks ipliklerden yapılmış iki dış hidrofobik katman ve süper emici ipliklerden yapılmış bir süper emici orta katman olmak üzere üç katmandan oluşmuştur. Bu süper emici ara katmana sahip kumaşların performansını doğrulamak ve pansuman özelliklerini test etmek için iki ticari köpük pansuman ile karşılaştırılmıştır. Sıvı ve nemi hemen ara katmana yönlendirmek için tasarlanan iki dış katmanı örnek için hidrofobik (polyester/spandeks (100 D/40 D)) iplik kullanılmıştır. Süper emici elyaf içeriği emiciliği etkilediğinden, farklı kalınlıklarda iki tip süper emici iplik ara kumaş ipliği olarak tercih edilmiştir. Örülen kumaşlara buharlı ütü kullanılarak bir buharlama işlemi gerçekleştirmiş olup, buharlama işleminde yüzey elastik ipliklerinin çekmesi nedeniyle ara kumaşların büzülmesi sağlanmıştır. İşlemden geçirilen kumaş numuneleri, daha sonra kullanılmadan önce sabit boyutlara sahip tamamen gevşemiş kumaşlar elde etmek için bir hafta boyunca 20 °C ve %65 bağıl nemde şartlandırılmıştır. İki numara yüzey ipliği ve iki çeşit süper emici ara iplik birleştirilerek dört tip kumaş üretilmiştir. Örülen kumaşların performansını değerlendirmek üzere, ıslanma süresi için ıslanabilirlik testi, emicilik testi, hava geçirgenliği testi, su buharı geçirgenliğini ve termal izolasyonu testi uygulanmıştır. Tüm süper emici ara katmana sahip kumaşların, köpük sargılardan çok daha hızlı ıslanma hızlarına (2 saniyeden az) sahip olduğu belirtilmiştir. Süper emici ara kumaşların emiciliği köpük sargılarından en az iki kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Süper emici ara kumaşların hava geçirgenliği (100 Pa'da 15 mL/s/cm²'den yüksek), test cihazı tarafından ölçülemeyecek kadar düşük olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak süper emici katmana sahip spacer kumaşların, poliüretan köpük pansumanlara göre daha hızlı ıslanma, daha yüksek emicilik ve daha yüksek hava geçirgenliği özelliklerine sahip olduğu ve kumaşların eksüdalı yaralarda pansuman uygulamaları için uygun olduğu ifade edilmiştir.

Zhang ve ark. (2021), çocuk bezlerinde kullanılan akrilik SEP'lerin şişme davranışını tahmin etmeye yönelik çalışmasında, beş farklı akrilik SEP'in su emme davranışını, zaman, sıcaklık, pH ve tuz konsantrasyonu gibi faktörlerin etkisi altında araştırmışlardır. Bu inceleme için yukarıda belirtilen değişkenleri dikkate alan yarı deneysel bir model geliştirilmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre, su emiciliğinin pH 2 ile ~7 aralığında arttığını, ancak pH arttıkça azaldığını, ayrıca, çözeltideki tuz konsantrasyonunun artmasıyla su emiliminin azaldığı ve daha yüksek sıcaklıklarda akrilik polimerlerin daha fazla su

emdiği bildirilmiştir. Modeli doğrulamak için, su emilimini hesaplamak üzere bir dizi deneysel veri kullanılmıştır. Hem deneysel ölçümlerden hem de model hesaplamalarından elde edilen değerlerin %4,5'ten daha az olan maksimum bağıl farklarla iyi bir uyum içinde olduğu ifade edilmiştir. Bu yeni modelde, şişme süresi, sıcaklık, NaCl içeriği ve çözeltilerin pH'ı dikkate alındığından, hem ürün tasarımında hem de bebek beziyle ilgili uygulamaların performans kontrolünde yararlı bir rehber olarak kullanılabilceği bildirilmiştir.

Mahon ve ark. (2020), nispeten ucuz ve ticari olarak temin edilebilen sodyum poliakrilat ve poli(akrilamid-ko-akrilik asit) potasyum tuzundan oluşan iki SEP'in pH ve tuzluluk gibi çeşitli uyarıcılara karşı tepkisini inceleyerek şişme performansını araştırmışlardır. SEP hidrojenlerin şişme performansını etkileyen faktörler arasında pH, tuz konsantrasyonu, sıcaklık ve iyonizasyon gibi dış uyarıcılara tepki mekanizmalarının bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca, hidrojenlerin kimyasal bileşimi ve polimerin temel monomer tipi de şişme performansını etkileyen diğer faktörler arasında yer aldığı ifade edilmiştir. Bu faktörlerin hidrojenlerin uygulama alanlarına uygunluğunu belirlemede önemli olduğu belirtilmiştir. Bu iki çapraz bağıli şişebilir malzemenin süper emici özelliği, optik mikroskop, taramalı elektron mikroskopu, termal gravimetrik analiz ve gravimetrik yöntem dâhil olmak üzere çeşitli analitik teknikler kullanılarak karakterize edilmiştir. Test koşulları, rafineri ayırma işlemlerinde ve kumtaşı rezervuarlarında gerçekleştirilen tipik çalışma koşullarına dayalı olarak sıcaklık (25-100 °C), pH (6,5-12) ve tuzluluk (0-85000 ppm) olarak seçilmiştir. Hidrojenlerin 25 ila 100 °C arasında gerçekleştirilen şişme testleri sonucunda optimal şişme performansı için 50 ila 75 °C aralığının uygun olduğu, her iki hidrojenin maksimum şişmesinin pH 6,5 ile 9 arasında gerçekleştiği ifade edilmiştir. Genellikle, pH ve tuzluluk konsantrasyonundaki artışın her iki SEP hidrojeninin şişme performansında önemli bir düşüşe neden olduğu ifade edilmiştir.

Zhang ve ark. (2021), SEP'lerin özelliklerini etkileyen faktörler ve performanslarını artırma yöntemleri üzerine SEP'lerin yapısı ve su emme mekanizmasına dayalı olarak kapsamlı ve sistematik bir inceleme gerçekleştirmişlerdir. SEP'lerin performansını etkileyen faktörlerden hammaddenin etkisi, monomer tipinin etkisi, çapraz bağlama maddesinin etkisi, başlatıcının etkisi, nötralizasyon derecesinin etkisi, hidrofilik grupların

etkisi ve iyon konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. SEP'lerin kullanımında düşük su emilimi, zayıf yeniden kullanılabilirlik, yavaş su emilimi ve zayıf tuz toleransı gibi birçok performans sorunu olduğu ifade edilmiştir. SEP'lerin su emilimi, yeniden kullanılabilirliği ve tuzluluk toleransı analiz edilerek bazı uygulanabilir iyileştirme yöntemleri önerilmiştir. SEP'lerin tuzluluk toleransının iyileştirilmesi için, noniyonik hidrofilik gruplar ve birbirine nüfuz eden veya yarı nüfuz eden ağ yapılarının eklenmesi, çözelti özellikleri açısından ağ içindeki iyon konsantrasyonunun artırılması, yüzey morfolojisi açısından gözenek oluşturucu ajan eklenmesi ve iyon değiştirici reçine ile birleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Su emiliminin ve oranının iyileştirilmesi için; gözenek oluşturucu madde eklenmesi, hidrofilik grupların türünün ve sayısının artırılması ve partikül boyutunun küçültülmesi belirtilmiştir. Yeniden kullanılabilirliğin iyileştirilmesi için; hammadde miktarının artırılması, çapraz bağlama maddesi ve başlatıcı miktarının artırılması, farklı monomer türlerinin kullanılması, nanomalzemeler veya inorganik malzemeler eklenmesi tavsiye edilmiştir. Son olarak, sentetik monomerlerin biyo-bazlı polimerlerle birleştirilmesinin de sentetik SEP'lerin performansını arttıracığı bildirilmiştir.

Halyal (2022), akrilik bazlı sodyum poliakrilat SEP sınıfının sentezi, özellikleri ve pratik uygulamalarını incelemiştir. SEP sentezi için çözelti, emülsiyon/jel polimerizasyon teknikleri kullanmıştır. Her bir SEP'i, başlıca su emme denge kapasitesi ve emme hızıyla karakterize etmiştir. Polimerlerin şişme özelliklerini; çapraz bağlayıcı türü ve miktarı, monomer bileşimi ve polimerizasyon süreci, sıcaklık, başlatıcı konsantrasyonu, monomer konsantrasyonu, karıştırma hızı ve elde edilen SEP'in partikül boyutu gibi polimerizasyon değişkenleri açısından değerlendirmiştir. Ayrıca, şişmenin tuzluluğa, iyonik güce ve pH'a bağımlılığını da incelemiştir. Elde ettiği sonuçlardan, bu değişkenlerin sodyum poliakrilatın şişme özellikleri üzerinde etkileri olduğunu ifade etmiştir. Sabit bir nötralizasyon derecesi için SEP'in şişme kapasitesinin, artan çapraz bağlayıcı oranı ile azaldığını bildirmiştir. Sodyum poliakrilatın tarım alanında su tutma kapasitesini artırmak, toprak yapısını iyileştirmek, erozyonu önlemek, bitki gelişimini desteklemek ve sulama sıklığını azaltmak gibi potansiyel uygulamalarını vurgulamıştır.

Bachra ve ark. (2022), tek kullanımlık hijyen ürünleri için bentonit ve silika parçacıkları ile güçlendirilmiş karboksimetil guar gum bazlı yeni bir yüksek emici hidrojelini sentezi, karakterizasyonu ve şişme özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada sunulan sentetik süper emici malzemenin, doğal kaynaklı ve çevre dostu biyobozunur özelliklere sahip olmasıyla diğer materyallere göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Bentonit (CMG-Bt) ve füme silika partikül takviyeli (CMG-Bt-Si) boraks çapraz bağlı karboksimetil guar bazlı iki süper emici sentezlenmiştir. Malzemeler, şişme davranışı, serbest şişme kapasitesi ve santrifüj tutma kapasitesi yanında şişme kinetiği ve üre absorpsiyon kapasitesi analizleri ile karakterize edilmiştir. Çapraz bağlama oranı, mineral kil, silika partikülleri ve sıvıların pH'ının süper emicilerin şişme özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Silika partiküllerinin eklenmesinin, 6,8 optimum pH değerinde serbest şişme kapasitesi ve santrifüj tutma kapasitesi sırasıyla 78,63 ve 41,09 g/g'a ulaşan su alımı üzerinde olumlu bir etki gösterdiği bildirilmiştir. Optimum şişme kinetiği, tuzlu su çözeltisinde 41 s'lik bir hız parametresine işaret eden ağırlıkça %5 silika partikül içeriğine sahip CMG-Bt-Si'ye atfedilmiştir. Son olarak, en yüksek şişme değerleri sırasıyla çapraz bağlama oranı, bentonit içeriği ve silika partikül içeriği için ağırlıkça %10 ve %5'te elde edilmiş ve ayrıca CMG-Bt-Si malzemesi tarafından üre emilimi de doğrulanmıştır. Bu özellikleri ile tek kullanımlık hijyen ürünlerinde kullanılan geleneksel emicilere bir alternatif olarak önerilebileceği belirtilmiştir.

Bu çalışmaların dışında, SEP'lerin sentezi ve karakterizasyonu, modifikasyonu ve işlevselleştirilmesi, beton ve çimento katkı maddeleri olarak kullanılması, tarımsal uygulamaları, kontrollü ilaç salınım sistemleri ve su arıtma uygulamaları üzerine literatürde çok sayıda akademik çalışma yer almaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kumaş

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda dokuma zemin kumaş Kıray Tekstil San. ve Tic. A.Ş. (Bursa) firmasından ön terbiyesi ve termofiksajı yapılmış olarak temin edilmiş olup teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Top halinde temin edilen kaplamaya uygun kumaş, Safran Tekstil A.Ş. (Bursa) konfeksiyon işletmesinde numune kaplama makinesine uygun ölçülerde (32×42 cm) tam otomatik pastal kesim makinesinde (cutter) kesilerek kaplamaya hazırlanmıştır.

Çizelge 3.1. Polyester (PET) dokuma zemin kumaşın özellikleri

| | |
|-------------------------------|---|
| İplik hammaddesi | % 100 PET |
| Dokuma yapısı | Bezayağı |
| Çözümlü iplik numarası | 300 D/72 f Tekstüre soft İMG yarı mat |
| Atkı iplik numarası | 300 D/72 f Tekstüre yarı mat Ekru |
| Çözgü sıklığı | 20 çözgü/cm |
| Atkı sıklığı | 18 atkı/cm |
| Birim alan ağırlığı | 152 g/m ² |
| Gördüğü işlem | Kontinü yıkama / 110 °C’de 20 m/dk. hızda kurutma |

Kaplama çalışmalarında kullanılan dokusuz yüzey kumaşlar TÜBİTAK-1505 Proje müşteri kuruluşu olan Pakten Sağlık Ürünleri A.Ş. (Gaziantep) tarafından sağlanmış olup özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Dokusuz yüzey kumaşların özellikleri

| Hammadde | Üretim Tekniği | Birim alan ağırlığı (g/m²) |
|--------------------|-----------------------|--|
| % 100 Viskon | Spunlace | 50 |
| % 100 Polipropilen | Spunbond | 15 |

3.1.2. Kullanılan kaplama kimyasalları

Kaplama patının hazırlanmasında temel malzeme olarak kullanılan toz ve sıvı SEP, TÜBİTAK-1505 Proje müşteri kuruluşu olan Pakten Sağlık Ürünleri A.Ş. tarafından temin edilmiştir. Evonik Industries AG (Almanya) firmasından temin edilen mikronize toz SEP'in özellikleri Çizelge 3.3'te, H.B. Fuller (ABD) firmasından temin edilen sıvı SEP ve çapraz bağlayıcının özellikleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Mikronize toz SEP'in özellikleri

| | |
|--|--|
| Ticari adı | Creabloc SIS |
| Kimyasal yapısı | Çapraz bağlı akrilamid/akrilik asit kopolimeri |
| Ortalama tanecik boyutu aralığı | 0-90 µ (>90 µ max %2) |
| Minimum emme kapasitesi | 150 g/g |
| Basınç altında emme kapasitesi | 0,3 psi/ 2 saat deiyonize su 10 g/g |
| Yığın yoğunluğu | 500-700 kg/m ³ |
| Nem içeriği | 5 ± %2 |

Çizelge 3.4. Sıvı SEP ve çapraz bağlayıcının özellikleri

| | | |
|---|---------------------------|----------------------------------|
| Sıvı SEP (H.B. Fuller® PD- 8081-H) | Kimyasal yapısı | Sodyum poliakrilat |
| | Katı madde miktarı | %22-24 |
| | pH | 7,9-9,3 |
| | Viskozite | 500-1000 cPs |
| | Renk | Amber |
| Çapraz bağlayıcı (Bacote20) | Kimyasal yapısı | AZC (Amonyum zirkonyum karbonat) |
| | Özgül ağırlığı | 1,36 g/cm ³ |
| | pH | 9-9,8 |
| | Viskozite | 25 °C'de 5 cPs |
| | Renk | Berrak |

Kaplama patında kullanılan çapraz bağlayıcı, köpük kesici, binder, sentetik kıvamlaştırıcı, ıslatıcı ve boyarmadde Rudolf Duraner (Bursa) firmasından, Edolan XCI

çapraz bağlayıcı Spot Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den (İstanbul) temin edilmiş, amonyak ve asetik asit proje bütçesinden satın alınmış olup özellikleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Kaplamada kullanılan kimyasal katkı maddelerinin özellikleri

| Kimyasal madde adı | Kimyasal yapısı |
|--|--|
| Çapraz bağlayıcı (<i>RUCO-COAT FX 8011</i>) | N-metilen-2-prilidon (NMP) ve bütanonoksim içermeyen blokeizosiyonat, anyonik |
| Çapraz bağlayıcı (<i>RUCO-COAT FX 8041</i>) | Bütanon okzim, N-metilen,- 2-prilodin (NMP), dimetilprazol (DMP) içermeyen bloke izosiyonat bazlı, noniyonik |
| Çapraz Bağlayıcı (<i>Edolan XCI</i>) | Alifatik poliizosiyantların karışımı, anyonik |
| Köpük kesici (<i>RUCO-COAT RUSTOL ZA 157</i>) | Hidrokarbonlar, etoksile yağ asitleri ve silis asidi karışımı, noniyonik |
| Binder (<i>AC111</i>) | Akrilik binder, anyonik/noniyonik |
| Sentetik kıvamlaştırıcı (<i>RUCO-COAT TH 5020</i>) | Nötralize poliakrilat, anyonik, sıvı form |
| Islatıcı (<i>RUCOWET GNR</i>) | Etoksile yağ alkolü ve alkan sülfonat karışımı, anyonik |
| Islatıcı (<i>RUCOWET MSE</i>) | Yağ alkolü etoksilatları karışımı, noniyonik |
| Islatıcı (<i>RUCOGEN YES</i>) | Yağ alkolü etoksilatları karışımı, noniyonik |
| Boyarmadde (<i>Vat Blue 5</i>) | CIVat Blue 5, CI73065-İndigo sınıfı |
| Asetik asit (Tekkim) | %99,5 saflıkta (%20'ye ayarlanıp kullanılmıştır) |
| Amonyak (Tekkim) | %25 saflıkta |

3.2. Yöntem

Kaplama çalışmalarında zemin yüzeyler olarak, dokuma kumaş için hidrofob karakterli %100 PET, dokusuz yüzey için hidrofob karakterli %100 PP ve hidrofob karakterli %100 Viskon seçilmiştir. Tüm kaplama çalışmalarında kurutma ve fiksaj işlemi tek adımda gerçekleştirilmiştir.

SEP kaplı tekstillerin performans optimizasyonu ve karakterizasyon çalışmaları aşağıdaki başlıklarda incelenmiştir.

- 1.** Kaplama kalınlığı (0,50 mm) ve kurutma süresi sabit tutularak (6 dk.) uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesine yönelik çalışmalar.
- 2.** Kurutma sıcaklığı (150 °C) sabit tutularak farklı kaplama kalınlıklarında (0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 mm) her bir kaplama kalınlığı için uygun kurutma süresinin belirlenmesine yönelik çalışmalar.
- 3.** Çalışma kapsamında kullanılan akrilamid/akrilik asit kopolimeri olan toz SEP'in 12 farklı pH'ta (4,5-10) şişme davranışının belirlenmesine yönelik çalışmalar.
- 4.** Dört farklı pH değerinde hazırlanan kaplama patı ile (0,50 mm kaplama kalınlığında) kaplanan kumaşların zamana bağlı olarak su emme kapasitelerinin ve santrifüj su tutma kapasitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar.
- 5.** SEP konsantrasyonunun su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar.
- 6.** Kaplama kalınlığının su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar.
- 7.** Çok katlı SEP kaplamanın su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar.
- 8.** Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme hızına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar.
- 9.** Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve yıkama performansı üzerine etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar.
- 10.** Kaplama patına farklı konsantrasyonda binder ilavesinin su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar.

11. Sıvı SEP ile hazırlanan kaplama patı ile silindir üzeri rakle yöntemine göre gerçekleştirilen kaplamaların su emme performansının incelenmesine yönelik çalışmalar.

12. Sıvı SEP ile daldırma tekniğine göre kaplanmış kumaşların su emme performansının incelenmesine yönelik çalışmalar.

13. %100 Viskon dokusuz yüzey kumaş kaplama çalışmaları.

3.2.1. Uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesine yönelik kaplama çalışmaları

SEP kaplanan numuneler için gerekli olan kurutma sıcaklığının belirlenmesine yönelik yapılacak çalışmalarda, kaplama kalınlığı (0,50 mm) ve kurutma süresi (6 dk.) sabit tutularak dört farklı sıcaklıkta (130, 140, 150, 160 °C) kurutma işlemi uygulanmıştır. Çalışmalarda kullanılan kaplama reçetesi Çizelge 3.6'da verilmiş olup, reçetelerin tümünde kaplama patlarının viskozitesi 8750 ± 50 cPs olarak ayarlanmıştır.

Çizelge 3.6. Kurutma sıcaklığının belirlenmesi için kaplama patı reçetesi

| Bileşen adı | Miktar (g) |
|----------------------------------|------------|
| Su | 854 |
| Toz SEP | 20 |
| Çapraz bağlayıcı | 10 |
| Binder | 100 |
| Köpük kesici | 10 |
| Boyarmadde dispersiyonu (%1'lik) | 6 |
| TOPLAM | 1000 |

Kurutma sıcaklığı optimizasyonu çalışmaları, Çizelge 3.6'da verilen uygulama reçetesine ve Çizelge 3.7'deki kaplama prosesi koşullarına göre PET dokuma kumaş üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kurutma sıcaklığının yeterliliğine Martindale aşındırma ve boncuklanma test cihazında 2000 tur sonunda deney numunelerinin kütle kaybı hesaplanarak karar verilmiştir.

Çizelge 3.7. Uygun kurutma sıcaklığını belirlemek için kaplama proses koşulları

| Kaplama kalınlığı (mm) | Bıçak açısı | Pasaj sayısı | Rakleleme hızı (m/dk.) | Kurutma sıcaklığı (°C) | Kurutma süresi (dk.) |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 0,50 | 90 ° | 1 | 2 | 130/140/150/160 | 6 |

Kaplama patı pH değeri: 6,5

3.2.2. Uygun kurutma süresinin belirlenmesine yönelik kaplama çalışmaları

Optimal kurutma süresini belirlemek amacıyla, 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 mm kaplama kalınlıklarında (silindir-rakle arası mesafe), kurutma sıcaklığı (150 °C) sabit tutularak her bir kalınlık için uygun kurutma süreleri belirlenmiştir.

Kurutma süresinin optimizasyonu için Çizelge 3.6’da verilen kaplama reçetesine göre, Çizelge 3.8’deki kaplama prosesi koşulları ile PET dokuma kumaş üzerine her bir kaplama kalınlığı için dört farklı sürede kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Her bir kaplama kalınlığı için uygun kurutma süresinin yeterliliği Martindale aşındırma ve boncuklanma test cihazında 2000 tur sonunda deney numunelerinin kütle kaybı hesaplanarak karar verilmiştir.

Çizelge 3.8. Uygun kurutma süresini belirlemek için kaplama proses koşulları

| Kaplama kalınlığı (mm) | Bıçak açısı | Pasaj sayısı | Rakleleme hızı (m/dk.) | Kurutma sıcaklığı (°C) | Kurutma süresi (dk.)* |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 0,25 | 90 ° | 1 | 2 | 150 | 3/4/5/6 |
| 0,50 | | | | | 4/5/6/7 |
| 0,75 | | | | | 5/6/7/8 |
| 1,00 | | | | | 9/10/11/12 |

*) *Kaplama kalınlığındaki artışa bağlı olarak kurutma süresi arttığından her bir kalınlık için farklı kurutma süresi aralığı kullanılmıştır.*

Kaplama patı pH değeri: 6,5

3.2.3. Toz SEP'in ortamın pH'sına göre şişme davranışının incelenmesine yönelik çalışmalar

SEP'lerin ilave edildikleri sıvının pH değerine ve ortamda elektrolit varlığına karşı oldukça hassas olduğu ve şişme performanslarının dramatik bir şekilde değişim gösterdiği bilinmektedir (Ahmed, 2015; Zhang ve ark. 2021). Çalışmalarda kullanılan akrilamid/akrilik asit kopolimeri toz SEP'in, çeşitli pH seviyelerinde (4,5-10 arası) ortamın pH değerine bağlı olarak şişme kapasitesinin değişimini belirlemek amacıyla, asetik asit ve amonyak ilavesiyle viskozite değişimini belirleme çalışmaları yapılmıştır. SEP'in sulu ortamdaki şişme derecesi, doğrudan kaplama patının viskozitesini belirlediğinden, farklı pH değerlerine sahip SEP içeren kaplama formülasyonlarında viskozite değişimleri Şekil 3.1(c)'de verilen dijital viskozimetre ile ölçülerek belirlenmiştir. Viskozite ölçümleri, 4 numaralı mil ile 60 rpm'de yapılmıştır.

3.2.4. Farklı pH'taki kaplama patı ile kaplanan numunelerin statik su emme kapasitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar

Kaplama patı pH değerinin kaplanmış numunelerde su emme kapasitesine etkisini belirlemeye yönelik olarak Çizelge 3.6'da verilen kaplama patı reçetesi asetik asit ve amonyak ile dört farklı pH'ta (6, 7, 8, 9) ayarlanmıştır. Elde edilen kaplama patları ile PET dokuma kumaşa Çizelge 3.9'da verilen kaplama prosesi koşulları ile kaplama çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.9. pH etkisini belirlemek için kaplama prosesi koşulları

| Kaplama kalınlığı (mm) | Bıçak açısı | Pasaj sayısı | Rakleleme hızı (m/dk.) | Kurutma sıcaklığı (°C) | Kurutma süresi (dk.) | pH |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------|
| 0,50 | 90 ° | 1 | 2 | 150 | 6 | 6/7/8/9 |

3.2.5. Farklı SEP konsantrasyonlarında kaplanmış numunelerin su emme kapasitelerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar

SEP konsantrasyonunun statik su emme kapasitesi üzerine etkisini belirlemek amacı ile

Çizelge 3.10’da verilen kaplama patı reçetesi ile iki farklı SEP konsantrasyonunda (%2 ve %2,8) pat hazırlanmıştır. SEP konsantrasyonu arttıkça viskozite de hızla artmakta ve belli bir konsantrasyondan sonra yüksek viskozite nedeniyle düzgün kaplama yapılması imkânsız hale gelmektedir. Bu sorunu aşmak amacıyla, farklı pH değerleri kullanılarak (pH 5 ve pH 7) benzer viskozitede (~8750 cPs) fakat farklı SEP konsantrasyonuna sahip iki farklı kaplama patı hazırlanmıştır. Bu kaplama patları ile kaplanan kumaşların performansını belirlemek amacıyla farklı sürelerde statik su emme ve santrifüj su tutma kapasitesi testleri gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan kaplama patları Çizelge 3.11’de verilen kaplama prosesi koşulları ile PET dokuma kumaşa kaplanmıştır.

Çizelge 3.10. SEP konsantrasyonunun etkisini belirlemek için kaplama patı reçetesi

| Bileşen adı | Miktar (g) |
|----------------------------------|------------|
| Su | X |
| Toz SEP | 20/28 |
| Çapraz bağlayıcı | 10 |
| Binder | 100 |
| Köpük kesici | 10 |
| Boyarmadde dispersiyonu (%1’lik) | 6 |
| TOPLAM | 1000 |

Çizelge 3.11. Kaplama prosesi koşulları

| Kaplama kalınlığı (mm) | Bıçak açısı | Pasaj sayısı | Rakleleme hızı (m/dk.) | Kurutma sıcaklığı (°C) | Kurutma süresi (dk.) |
|------------------------|-------------|--------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 0,50 | 90 ° | 1 | 2 | 150 | 6 |

Kaplama patı pH değeri: 6,5

3.2.6. Kaplama kalınlığının su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar

SEP kaplanmış kumaşların kaplama kalınlığına bağlı olarak su emme performansının araştırılması amacıyla, PET dokuma kumaş, Çizelge 3.6’da verilen kaplama reçetesi kullanılarak dört farklı kalınlıkta (0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 mm) kaplanmıştır. Kaplanan

kumaşlara, kaplama kalınlığı, kumaşa aktarılan kaplama maddesi miktarı, 30 dakikadaki statik su emme kapasitesi ve santrifüj su tutma kapasitesi testleri uygulanmıştır.

3.2.7. Çok katlı SEP kaplamanın su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar

PET dokuma kumaş, Çizelge 3.6'daki reçeteye göre hazırlanan kaplama patı ile Çizelge 3.12'deki proses koşullarında, her kat 0,25 mm olacak şekilde; ön yüzde 1 kat (1+0), ön yüzde 2 kat (2+0), ön yüzde 2 kat ve arka yüzde 1 kat (2+1), ön ve arka yüzde 2 kat (2+2) olmak üzere çok katlı olarak SEP ile kaplanmıştır. Bu çalışma ile çok katmanlı SEP kaplanmış kumaşların su emme performansı incelenmiştir.

Çizelge 3.12. Çok katlı kaplama proses koşulları

| Kaplama kalınlığı (mm) | Bıçak açısı | Pasaj sayısı | Rakleme hızı (m/dk.) | Kurutma sıcaklığı (°C) | Kurutma süresi (dk.) |
|------------------------|-------------|--------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| 0,25 | 90 ° | 1 | 2 | 150 | 4 |

Kaplama patı pH değeri: 6,5

3.2.8. Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme hızına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar

Süper emicilerden istenen özellikler, yüksek şişme kapasitesi, yüksek şişme hızı ve şişmiş jelde dayanıklılıktır (Ahmed, 2015). Özellikle bebek bezlerinin içerdiği emici malzemeler ile ekolojik uygulamalarda kullanılan yağmur emici malzemeler gibi belirli uygulamalarda hızlı su emme kapasitesi büyük önem taşımaktadır. (Zhang ve ark. 2021). Literatürde su emme hızının SEP'ler için oldukça önemli bir parametre olduğu görülmektedir. Kaplama patına ilave edilen binder ve çapraz bağlayıcıdan dolayı düşen su emme hızını artırmak için Çizelge 3.5'te özellikleri verilen üç farklı ıslatıcı türü ile Çizelge 3.13'te verilen kaplama patı reçeteleri oluşturulmuştur. Kaplama işlemleri, PET dokuma kumaşa Çizelge 3.11'deki kaplama parametreleri ile gerçekleştirilmiştir. Kaplanan numunelere kaplama kalınlığı, kumaşa aktarılan kaplama maddesi miktarı,

statik su emme kapasitesi, santrifüj su tutma kapasitesi, su emme hızı ve nem alma testleri uygulanmıştır.

Çizelge 3.13. Islatıcı etkisinin belirlenmesi için kaplama patı reçetesi

| Bileşen adı | Miktar (g) |
|----------------------------------|------------|
| Su | X |
| Toz SEP | 20 |
| Çapraz bağlayıcı | 10 |
| Binder | 100 |
| Köpük kesici | 10 |
| Islatıcı | 1/3/5 |
| Boyarmadde dispersiyonu (%1'lik) | 6 |
| TOPLAM | 1000 |

3.2.9. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve yıkama performansı üzerine etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar

Bu çalışmada, farklı tür çapraz bağlayıcıların ve konsantrasyonların SEP içeren kaplama patına eklenmesinin, kaplanmış kumaşların su emme performansı ve yıkamaya karşı dayanıklılığı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, PET dokuma kumaş, Çizelge 3.5'te verilen üç farklı çapraz bağlayıcının üç farklı konsantrasyonda (%2, 4, 8) Çizelge 3.14'e göre hazırlanan kaplama patı ile kaplanmıştır. Kaplama işlemleri Çizelge 3.11'deki proses koşullarında gerçekleştirilmiştir. Kaplanan kumaşlara su emme performans testlerinin yanısıra beş tekrarlı yıkama testleri gerçekleştirilmiş ve yıkama sonrası su emme performansları incelenmiştir.

Çizelge 3.14. Çapraz bağlayıcı etkisinin belirlenmesi için kaplama patı reçetesi

| Bileşen adı | Miktar (g) |
|----------------------------------|------------|
| Su | X |
| Toz SEP | 20 |
| Çapraz bağlayıcı | 20/40/80 |
| Binder | 100 |
| Köpük kesici | 10 |
| Boyarmadde dispersiyonu (%1'lik) | 6 |
| TOPLAM | 1000 |

3.2.10. Binder konsantrasyonunun su emme performansına etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar

SEP kaplanmış kumaşlarda binder etkisinin araştırılması için Çizelge 3.15'te reçetesi verilen kaplama patına üç farklı konsantrasyonda (%5, 10, 15) ilave edilerek PET dokuma kumaşa Çizelge 3.11'deki proses koşullarında kaplama çalışması gerçekleştirilmiştir. Kaplanan kumaşlara kaplama kalınlığı, kumaşa aktarılan kaplama maddesi miktarı, statik su emme kapasitesi, santrifüj su tutma kapasitesi ve yük altında su emme kapasitesi testleri uygulanmıştır.

Çizelge 3.15. Farklı konsantrasyonda binder içeren kaplama patı reçetesi

| Bileşen adı | Miktar (g) |
|----------------------------------|------------|
| Su | X |
| Toz SEP | 20 |
| Çapraz bağlayıcı (FX 8011) | 10 |
| Binder | 50/100/150 |
| Köpük kesici | 10 |
| Boyarmadde dispersiyonu (%1'lik) | 6 |
| TOPLAM | 1000 |

3.2.11. Sıvı SEP ile silindir üzeri rakle yöntemine göre kaplama çalışmaları

SEP'in sıvı formu ile üç farklı konsantrasyonda (%12,5, %25, %50) Çizelge 3.16'da verilen uygulama reçetesine göre kaplama patı hazırlanmıştır. PET dokuma kumaşa ve PP dokusuz yüzey kumaşa Çizelge 3.11'deki kaplama parametreleri ile kaplamalar gerçekleştirilmiştir. Kaplanan kumaşlara kaplama kalınlığı, kumaşa aktarılan kaplama maddesi miktarı, statik su emme kapasitesi, santrifüj su tutma kapasitesi ve yük altında su emme kapasitesi testleri uygulanmıştır.

Çizelge 3.16. Sıvı SEP ile oluşturulan kaplama patı reçetesi

| Bileşen adı | Miktar (g) | Miktar (g) | Miktar (g) |
|----------------------------------|------------|------------|------------|
| Su | 702,75 | 551,5 | 269 |
| Sıvı SEP | 125 | 250 | 500 |
| Çapraz bağlayıcı (Bacote 20) | 6,25 | 12,5 | 25 |
| Binder | 100 | 100 | 100 |
| Köpük kesici | 10 | 10 | 10 |
| Sentetik kıvamlaştırıcı | 40 | 60 | 80 |
| Çapraz bağlayıcı (FX 8011) | 10 | 10 | 10 |
| Boyarmadde dispersiyonu (%1'lik) | 6 | 6 | 6 |
| TOPLAM | 1000 | 1000 | 1000 |

3.2.12. Sıvı SEP ile daldırma tekniğine göre kaplama çalışmaları

Daldırma yöntemine göre kaplama çalışmaları, Çizelge 3.17'de verilen uygulama reçetesine göre sıvı SEP'in üç farklı konsantrasyonunu (%50, 75, 100) içeren kaplama çözeltisi hazırlanarak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan kaplama çözeltisi, PET dokuma kumaş ve PP dokusuz yüzey kumaşa kaplanmıştır.

Kaplama çözeltisi, PET dokuma kumaşa (%60 AF) ve PP dokusuz yüzey kumaşa (%100 AF) Mathis/VFM marka/model laboratuvar tipi dikey fular makinesinde (Şekil 3.2-b) emdirilmiş ve arkasından Şekil 3.2-a'da verilen kaplama makinesinde kurutulmuştur. Kurutma işlemleri, PET dokuma kumaşta 130 °C'de 5 dk. ve PP dokusuz yüzey kumaşta 130 °C'de 3 dk.'da gerçekleştirilmiştir. Kaplanan kumaşlara kaplama kalınlığı, kumaşa aktarılan kaplama maddesi miktarı, statik su emme kapasitesi, santrifüj su tutma kapasitesi ve yük altında su emme kapasitesi testleri uygulanmıştır.

Çizelge 3.17. Kaplama çözeltisi reçetesi

| Bileşen adı | Miktar (g) | Miktar (g) | Miktar (g) |
|------------------------------|------------|------------|------------|
| Sıvı SEP | 500 | 750 | 945,15 |
| Çapraz bağlayıcı (Bacote 20) | 26,35 | 39,5 | 49,85 |
| İslatıcı (Rucowet GNR) | 5 | 5 | 5 |
| Su | 468,65 | 205,5 | - |
| TOPLAM | 1000 | 1000 | 1000 |

3.2.13. Viskon dokusuz yüzey kumaş üzerine kaplama çalışmaları

Bu çalışmada, hidrofilik karaktere sahip %100 viskon dokusuz yüzey kumaşa, Çizelge 3.18’de verilen uygulama reçetesine göre farklı konsantrasyonlarda (%1, 2, 3) toz SEP ilave edilerek hazırlanan kaplama patı ile Çizelge 3.11’deki proses koşullarında kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaplanan kumaşlara kaplama kalınlığı, kumaşa aktarılan kaplama maddesi miktarı, statik su emme kapasitesi, santrifüj su tutma kapasitesi, yük altında su emme kapasitesi ve nem alma testleri uygulanmıştır.

Çizelge 3.18. Viskon dokusuz yüzey kumaş kaplama patı reçetesi

| Bileşen adı | Miktar (g) |
|---------------------------------------|------------|
| Su | X |
| Toz SEP | 10/20/30 |
| Çapraz bağlayıcı | 10 |
| Binder | 100 |
| Köpük kesici | 10 |
| Boyarmadde dispersiyonu (%1’lik) | 6 |
| Denge (kıvamlaştırıcı/su/asetik asit) | Y |
| TOPLAM | 1000 |

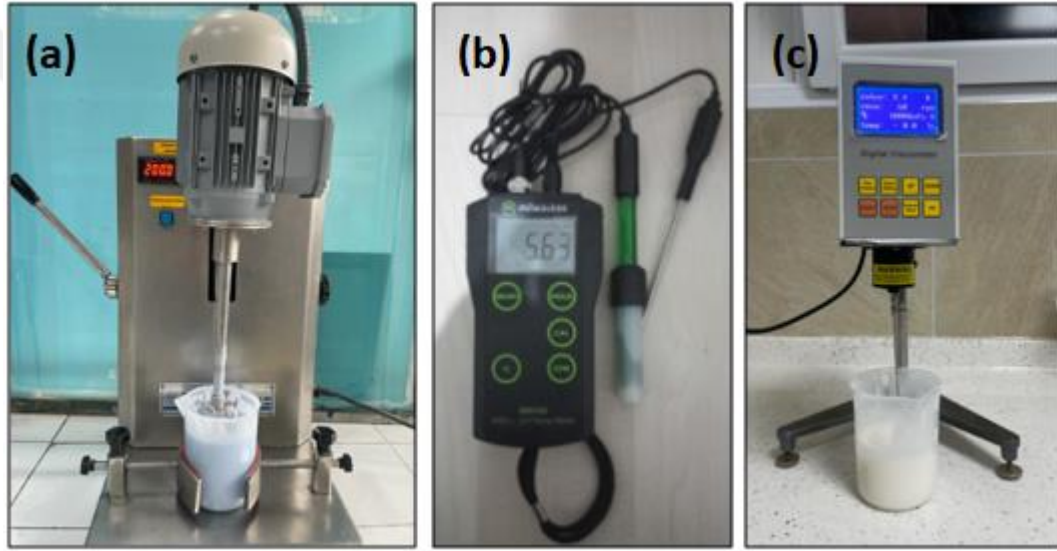
3.2.14. Kaplama patlarının ve çözeltilerinin hazırlanması ve kaplama çalışmalarında kullanılan cihazlar

Tezin deneysel çalışmaları Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. SEP kaplama patlarının hazırlanmasında, reçetede belirtilen kimyasalların homojen bir şekilde karıştırılması, Şekil 3.1(a)’da gösterilen Ataç marka ATC-MX01 model laboratuvar tipi mikserde 2000 rpm’de gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan kaplama patlarının pH kontrolü Şekil 3.1(b)’de gösterilen Milwaukee MW102 PRO portatif dijital pH metre ile viskozite ölçümleri ise Şekil 3.1(c)’de gösterilen SOIF NDJ-8S marka dijital viskozimetrede 4 numaralı mil ile 60 rpm’de yapılmıştır.

Ön çalışmalar sırasında, reçete bileşenlerinin aynı anda bir araya getirilip karıştırılması sonucunda SEP tozlarının topaklaştığı gözlemlenmiştir. Kaplamaya en uygun, homojen

kaplama patı, uygulama reçetesine göre tartımı yapılan SEP'in, su ve köpük kesici karışımına yavaş yavaş ilave edilerek mikserde 2000 rpm'de 20 dakika sürekli karıştırılması ve ayrı bir beherde hazırlanan çapraz bağlayıcı, binder ve boyarmadde dispersiyonunun SEP karışımına ilave edilerek 10 dakika kadar daha karıştırılmasıyla elde edilmiştir.

Daldırma tekniğine göre kaplamalar için, kaplama çözeltisi, uygulama reçetesine göre, tartımı yapılan SEP, çapraz bağlayıcı, su ve ıslatıcı mikserde rpm'de 10 dakika sürekli karıştırılarak hazırlanmıştır.



Şekil 3.1. Kaplama patlarının hazırlanmasında ve kontrolünde kullanılan cihazlar (a) mikser, (b) dijital pH metre, (c) dijital viskozimetre

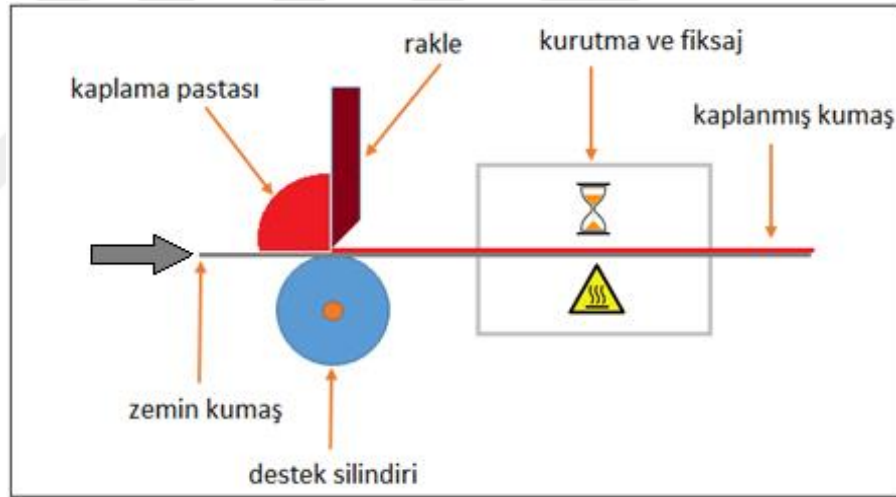
3.2.15. Kumaşların kaplanması

Uygun ölçülerde (32×42 cm) hazırlanan zemin kumaşların kaplama ve kurutma işlemleri silindir üzeri rakle kaplama prensibine göre çalışan laboratuvar tipi Ataç marka GK40 RKL model (Şekil 3.1/a) otomatik kaplama makinesinde; daldırma kaplama tekniğine (dip-coating) göre gerçekleştirilen kaplama çalışmaları ise dikey tip Mathis marka VFM model laboratuvar tipi fular makinesinde (Şekil 3.1/b) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. (a) Laboratuvar tipi kaplama makinesi, (b) laboratuvar dikey tipi fular makinesi

Silindir üzeri rakle kaplama prensibinin şematik görüntüsü Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Silindir üzeri rakle kaplama prensibi şematik gösterimi

Reçeteye uygun şekilde hazırlanan kaplama patının viskozite ve pH kontrolü yapılır. Kaplanacak kumaş numuneleri çözgü yönünde 42 cm, atkı yönünde 32 cm kesilir. Kaplama makinesi, çalışma parametrelerine göre (kaplama kalınlığı ayarı, kurutma sıcaklığı/fiksajı ve süresi ayarı, rakle açısı (90°), rakle hızı) hazırlanarak kumaş çerçeveye yerleştirilir. Kaplama işlemi, patın kumaş üzerine kaplanarak kurutma ve fiksaj işlemleriyle tamamlanır.

3.2.16. Kumaşların birim alan kütlesi ölçümleri

Kaplanan kumaşların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için numuneler 24 saat TS EN ISO 139 standardına göre (%65±2 bağıl nem, 20±2 °C) laboratuvarında kondisyonlanmıştır (Şekil 3.4).



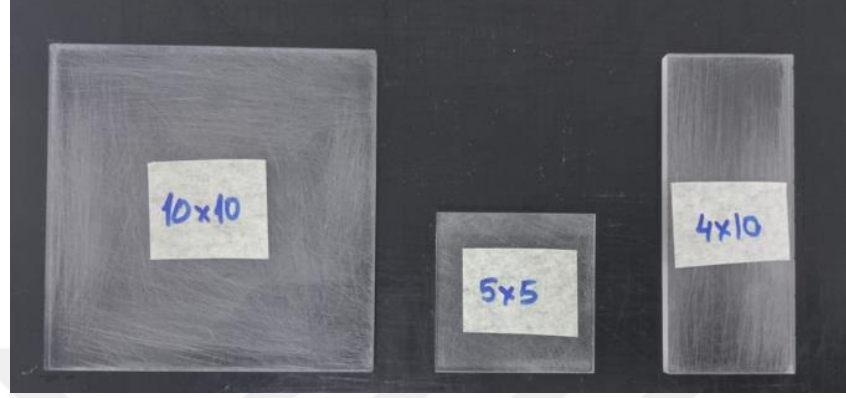
Şekil 3.4. Fizik laboratuvarında kondisyonlamaya bırakılan test numuneleri

Zemin yüzeylerin ve kaplanan numunelerin birim alan kütleleri TS 251-TS ISO 3801 standardına göre yapılmıştır. Her numuneden 10×10 cm ölçülerinde alınan dört adet örnek 1/100 hassasiyetindeki (Şekil 3.5) hassas bir terazide tartılarak okunan değer 100 ile çarpılıp metrekare ağırlığı (g/m^2) bulunmuştur. Sonuç için dört ölçümün ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.5. Hassas terazi

Testler için gereken numunelerin düzgün bir şekilde kesilebilmesi için, CNC lazer kesim yöntemiyle pleksiglas malzemeden testlere uygun ölçülerde kesilmiş (Şekil 3.6) plakalar kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Pleksiglas numune kesme plakaları

3.2.17. Kumaşların kalınlık ölçümleri

Zemin yüzeylerin ve kaplanan numunelerin kalınlık ölçümleri R&B Cloth Thickness test cihazında (Şekil 3.7) ASTM D1777-96 standardına göre yapılmıştır. Cihazın ölçüm hassasiyeti 0,01 mm'dir. Test alanı olarak 1 cm²'lik kumaş yüzeyi seçilmiştir. Ölçümlere başlamadan önce cihazın kalibrasyonu yapılmıştır. Her bir numune için dört ölçüm yapılarak ortalaması alınmak suretiyle kumaş kalınlıkları tespit edilmiştir. Cihazda ölçümler en düşük değer olan 5 kgf/cm² basınç ayarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Kumaş kalınlık ölçüm cihazı

3.2.18. Zemin yüzeye aktarılan kaplama maddesi (add-on) miktarının tespiti

Kaplanan zemin yüzey üzerine aktarılan kaplama maddesi miktarı, kaplama işlemlerinde ölçülen parametrelerden birisidir. Kumaşa aktarılan kaplama maddesi miktarı kaplanmış numunelerin TS 251-TS ISO 3801 standardına göre birim alan kütleleri ölçülerek Eşitlik 3.1 ile belirlenmiştir.

$$\text{Kaplama maddesi miktarı (add - on) (g/m}^2\text{)} = W_2 - W_1 \quad (3.1)$$

Burada, W_1 zemin kumaşın birim alan ağırlığını (g/m^2), W_2 kaplanmış numunenin birim alan ağırlığını (g/m^2) göstermektedir.

3.2.19. Aşınma direnci/kütle kaybı testi

Kaplama prosesinde uygun kurutma süresinin ve sıcaklığının belirlenmesi için Şekil 3.8'de verilen Martindale aşındırma ve boncuklanma test cihazı kullanılmıştır. Kaplanmış kumaş numunelerinin aşınma dayanımları TS EN ISO 12947-2 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Numune kumaşlar standarda uygun ölçülerde (38 mm) kesilip test cihazında bulunan 6 kafaya yerleştirilerek 9 kPa yük altında, 2000 devirde aşınmaya tabi tutulmuştur. 2000 devir sonrasında numune kumaşta meydana gelen kütle kayıpları Eşitlik 3.2 ile belirlenmiştir.

$$\text{Kütle Kaybı (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (3.2)$$

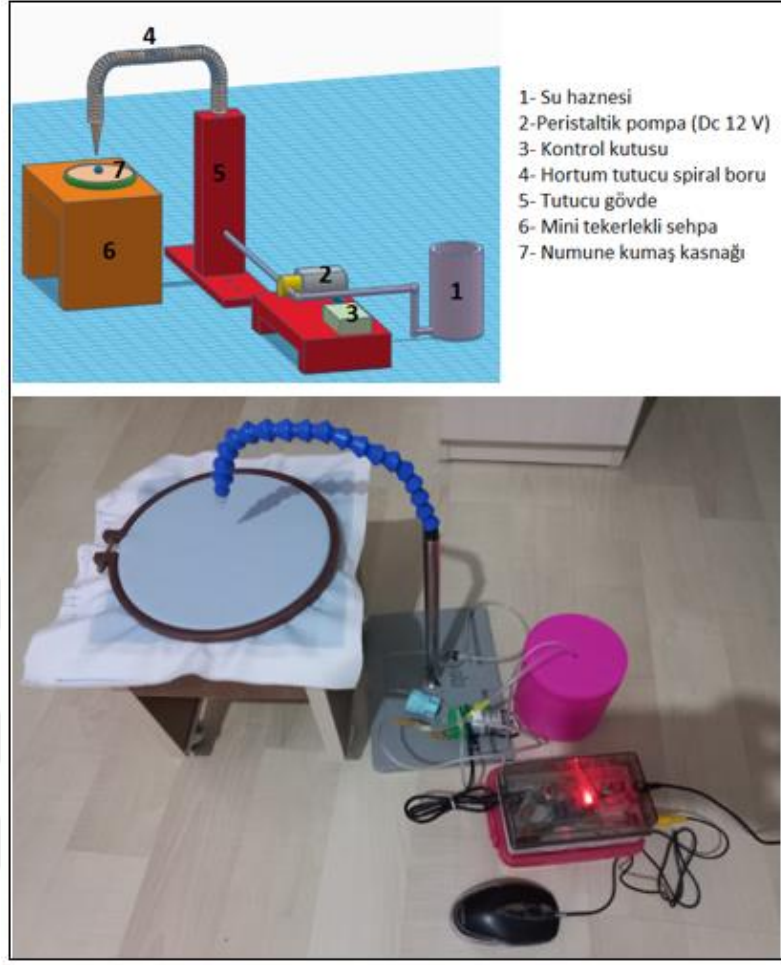
Burada, W_1 test öncesi numune ağırlığını (g), W_2 test sonrası numune ağırlığını (g) göstermektedir.



Şekil 3.8. Martindale aşındırma ve boncuklanma test cihazı

3.2.20. Su emme süresi (damla emilim süresi) testi

Emicilik, bir su damlasının tekstil malzemesine nüfuz etmesi için geçen süredir. Kaplanmış kumaşların hidrofilikliği (emiciliği) AATCC 79-2018 (B) standardına göre belirlenmiştir. Bu amaç için Şekil 3.9'da 3-D çizimi ve görüntüsü verilen test düzeneği geliştirilmiştir. Test düzeneğinde 12 V DC ile çalışan peristaltik pompa kullanılmıştır. Peristaltik pompanın kontrolü, anahtarlama için dönüştürülmüş fare (mouse) ile tetiklenen 12 V DC röle üzerinden sağlanmıştır. Pompadan gelen fazla suyun geri döndürülmesi için by-pass sistemi uygulanmıştır. Test standardına göre 1 ml'yi eşit 20 damlaya bölmek için damla ayar seti kullanılmıştır.



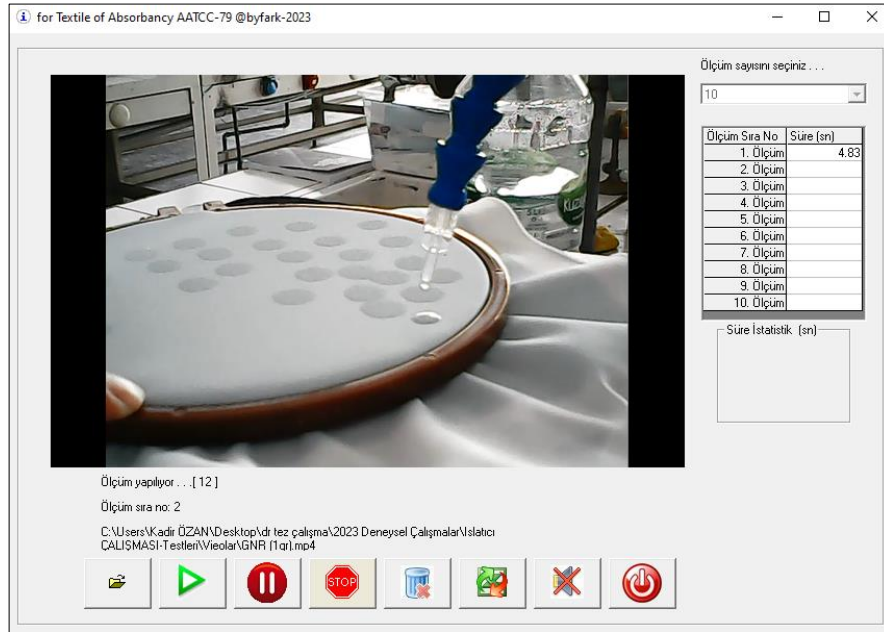
Şekil 3.9. Su emme hızı/süresi tespiti test düzeneği

Bu standartta, sabit bir yükseklikten ($10 \pm 1,0$ mm) nakış kasnağına gerilmiş bir test numunesinin (Şekil 3.10) gergin yüzeyine bir su damlasının (1 ml 20 damla olacak şekilde $\sim 0,05$ ml) düşmesine izin verilir. Test numunesi üzerine bırakılan su damlasının aynasal yansımalarının kaybolması için gereken süre ölçülür ve emme süresi olarak kaydedilir. Numunelerin emicilik değeri, güvenilir sonuçlar için 10 damlanın ortalaması alınarak belirlenmiştir. Numunenin su emicilik süresi ortalama 5 saniyeden daha az olanlar hidrofilyk olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3.10. Nakış kasnağına gerilmiş test numunesi

Numunelerin su emme hızını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen testlerde, A4 Tech marka (640x480 pixel, 30 fps, görüş açısı 52°) webcam kullanılarak videolar kaydedilmiştir. Elde edilen bu videoları analiz etmek ve numunelerin su emme sürelerini belirlemek için MS Visual Basic 6 programıyla özel bir video oynatma ve süre kaydetme uygulaması (Şekil 3.11) geliştirilmiştir. Bu uygulama, videoları oynatabilme yeteneğine ek olarak videolardaki su emme başlangıç ve bitiş sürelerini hassas bir şekilde kaydetme imkânı sağlamıştır. Bu sayede numunelerin su emme özellikleri daha ayrıntılı ve doğru bir şekilde analiz edilmiştir. Su emme hızı testi gerçekleştirilmiş bir numunenin görüntüsü Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.11. AATC 79 testi için geliştirilen video oynatma ve süre kaydetme uygulamasının ekran görüntüsü



Şekil 3.12. Su emme hızı testi uygulanmış numune örneği

3.2.21. Nem alma tayini

Kondisyonlanan kaplanmış numunelerin nem alma testleri, Shimadzu MOC-63U (Şekil 3.13) otomatik nem tayin cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.13. Nem tayin cihazı

3.2.22. Statik su emme kapasitesi testi

Statik su emme kapasitesi ölçümleri, Bureau Veritas Consumer Products Services BV S1008 test yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemle göre statik su emme kapasitesini

ölçmek için kaplanmış kumaş numuneleri Şekil 3.14'teki gibi 10×10 cm ölçülerinde kesilerek ağırlıkları ölçülmüştür. Bunu takiben kumaş numuneleri oda sıcaklığındaki yumuşak suda (ters ozmozdan geçirilmiş su) 30 dk. bekletilmiştir. Kumaş numuneleri sudan alındıktan sonra üzerlerindeki fazla suyu uzaklaştırmak için Şekil 3.15'teki gibi 3 dakika asılı bekletilmiş ve ıslak kumaş numunelerinin ağırlıkları ölçülerek toplam su emme kapasitesi Eşitlik 3.3 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam su emme kapasitesi (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.3)$$

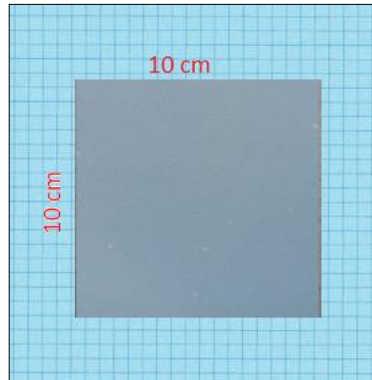
Burada, W_1 kumaşın kuru ağırlığını (g), W_2 kumaşın yaş ağırlığını (g) göstermektedir.

Sıvı SEP ile hazırlanan kaplama patı ile kaplama çalışmaları ve sıvı SEP ile daldırma kaplama tekniğine (dip-coating) göre kaplama çalışmalarında numuneler 5×5 cm ölçülerinde kesilip, Şekil 3.16'da gösterildiği şekilde boş çay poşetlerine konularak testler gerçekleştirilmiştir.

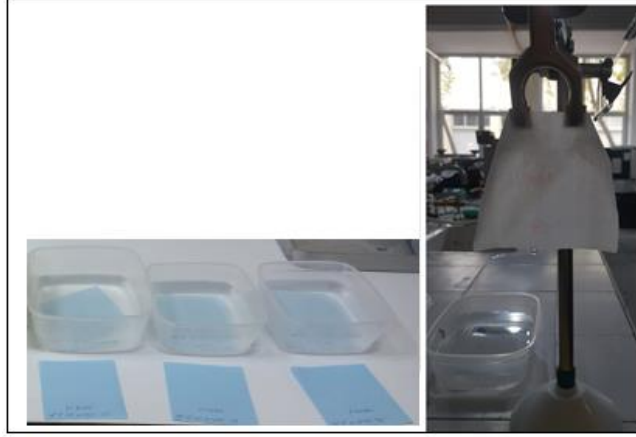
Numunelerin su emme miktarı, ıslak ve kuru kütle arasındaki fark alınarak hesaplanmıştır. Toplam su emme kapasitesi Eşitlik 3.4 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam su emme kapasitesi (\%)} = \frac{(W_2 - W_3) - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.4)$$

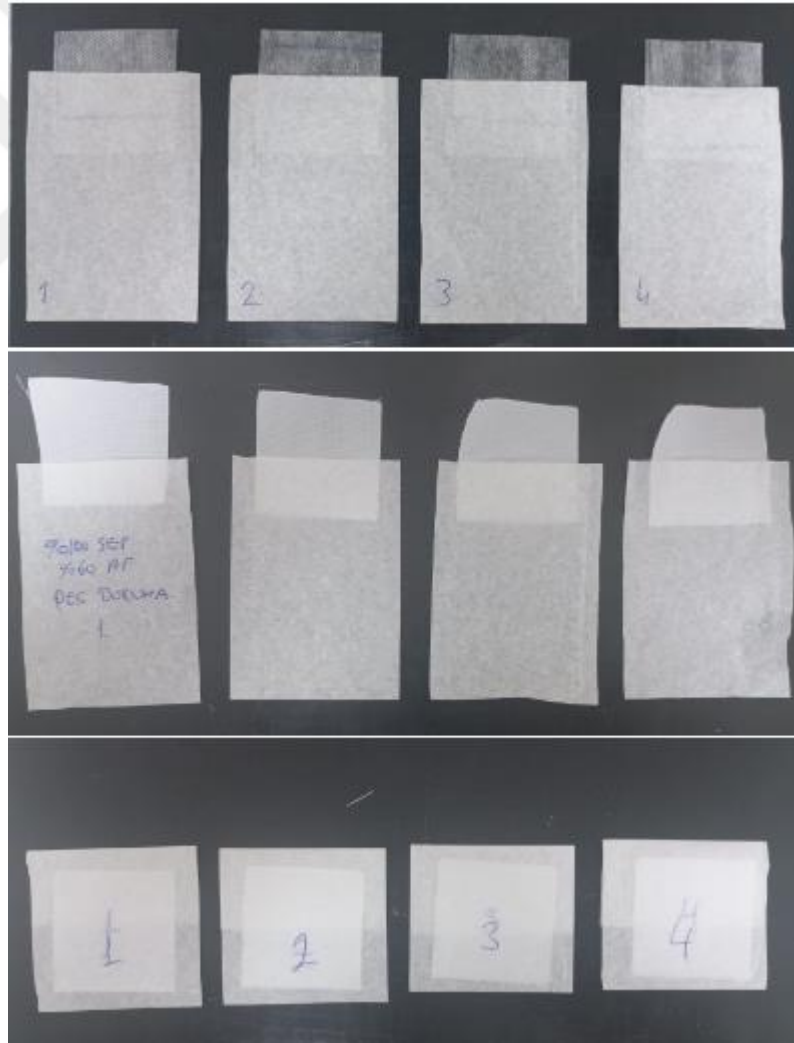
Burada, W_1 kumaşın kuru ağırlığını (g), W_2 kumaşın yaş ağırlığını (g), W_3 yaş çay poşeti ağırlığını (g) göstermektedir.



Şekil 3.14. Kaplanmış kumaştan 10×10 cm kesilmiş numune



Şekil 3.15. Statik su emme kapasitesi test düzeneği



Şekil 3.16. Boş çay poşetlerine yerleştirilmiş numuneler

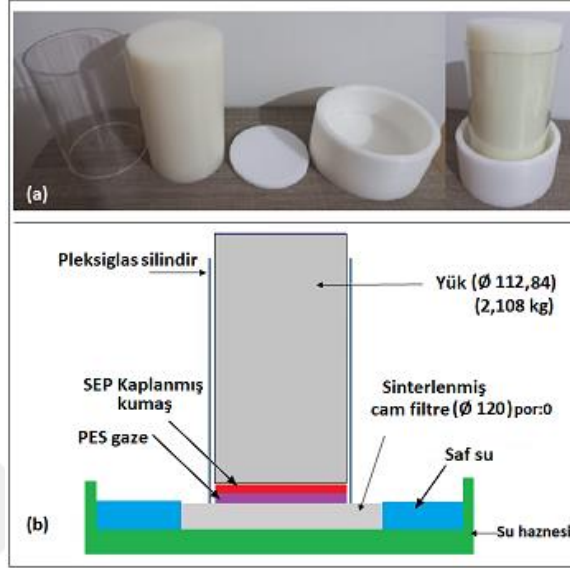
3.2.23. Yük altında su emme kapasitesi testi

Yük altında emicilik testi, SEP'lerin, belirli bir basınç altında bir çözeltiyi emme kapasitesini karakterize etmek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Ramazani-Harandi ve ark. 2006; Chen ve ark. 2022). Bu çalışmada kaplanmış numunelerin yük altındaki emiciliğinin belirlenmesi için fotoğrafı (Şekil 3.17-a) ve şematik gösteriminde (Şekil 3.17-b) karakteristik parçaları verilen test düzeneği kullanılmıştır. Test düzeneği, çocuk bezleri ve hijyen ürünleri için üretilen ticari toz SEP'lere uygulanan EDANA-NWSP 242.0.R2 (19) testi baz alınarak geliştirilmiştir. Bu testte 0,3 psi basınç altında SEP'lerin sıvı emme kapasitesi belirlenmektedir. Geliştirilen test düzeneğinde silindirik olarak kesilen ve 100 cm²'lik alana sahip numunelere 0,3 psi basınç uygulanması için 2,108 kg'lık bir yüke ihtiyaç olduğu hesaplanmıştır. Bu amaçla 120 mm çapında ve 2,9 kg ağırlığındaki silindirik PE500 malzemenin çapı tornada işlenerek 112,84 mm'ye indirilmiştir. Daha sonra boyundan tornalamak suretiyle ağırlığı 2,108 kg'a getirilmiştir. Su haznesi de PE500 malzemenin tornada işlenerek 140×60 mm iç ölçülerine getirilmiştir. Kaplanmış numunenin altına yerleştirilecek olan sinterlenmiş cam filtre disk (Duran/Almanya) Kimeks'ten satın alınmıştır. Sinterlenmiş cam filtre disk 120 mm çapında, 10 mm yüksekliğinde ve 0 por (gözenek) (ISO 4793-80/ASTM E128-99: 160-250 µ) ölçüsündedir.

Numunelerin yük altında emicilik kapasitesi ölçümü için makro gözenekli sinterlenmiş cam filtre plakası (por=0, d = 120 mm, h = 10 mm) silindirik bir kaba (d = 140 mm, h = 60 mm) konularak üzerine (d=120 mm, 125 mesh) polyester gaze yerleştirilmiştir. Dairesel şablon (kumaş gramaj numunesi alma aleti (Şekil 3.18) ile kesilen 100 cm² alana sahip numunelerin kuru ağırlıkları ölçülmüş ve kaplanmış yüzü alta gelecek şekilde gazenin üzerine yerleştirilmiştir. Numunenin üzerine 0,3 psi basınç uygulayacak silindirik yük (d=112,84 mm, h=220 mm, 2,108 kg) konulmuştur. Daha sonra sinterlenmiş cam filtrenin yüksekliğini 5 mm geçecek şekilde kabın içerisine yumuşak su ilave edilmiştir. 60 dakika sonra yaş numuneler tekrar tartılarak yük altında emicilik kapasitesi Eşitlik 3.5'e göre hesaplanmıştır.

$$Yük altında emicilik kapasitesi (\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.5)$$

Burada, W_1 kumaşın kuru ağırlığını (g), W_2 kumaşın yaş ağırlığını (g) göstermektedir.



Şekil 3.17. (a) Yük altında emicilik test düzeneği fotoğrafı, (b) şematik gösterimi ve karakteristik parçaları



Şekil 3.18. Kumaş gramajı test numunesi kesim aleti

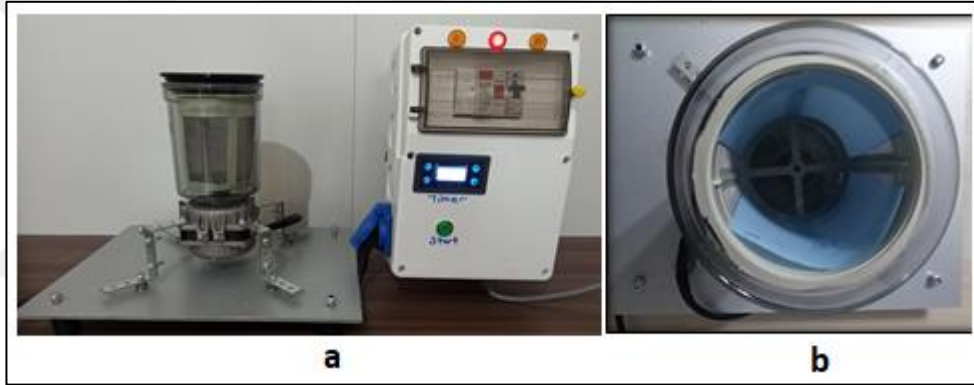
3.2.24. Santrifüj su tutma kapasitesi testi

Bu yöntem, SEP kaplanmış bir kumaş numunesinin sıvı ile doymuş hale geldikten ve kontrollü koşullar altında santrifüjlemeye tabi tutulduktan sonra sıvıları tutma kapasitesini belirlemek için kullanılmıştır (Şekil 3.19-a). Test edilecek numuneler 11 cm

yüksekliğinde ve 10 cm çapında bir sepetin (tel gözenek boyutu 420 µ) iç duvarına kaplanmış yüzeyleri iç kısma bakacak şekilde dikey olarak yerleştirilmiştir (Şekil 3.19-b). Hazırlanan numuneler 110 G'lik bir g-kuvvetine denk gelen 1400 rpm'de 3 dakika santrifüj edilip, arkasından çıkarılıp tartılmaktadır. Santrifüj tutma kapasitesini değerlerini belirlemek için dört numune test edilerek sonuçların ortalaması alınmıştır. Numunelerin santrifüj tutma kapasitesi Eşitlik 3.6 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Santrifüj Su Tutma Kapasitesi (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.6)$$

Burada, W_1 kumaşın kuru ağırlığını (g), W_2 kumaşın santrifüj sonrası yaş ağırlığını (g) göstermektedir.



Şekil 3.19. Santrifüj test cihazı (a) genel görünüm (b) sepetteki test numunelerinin görünümü

3.2.25. Yıkama testi

SEP kaplanmış kumaşlar TS EN ISO 105-C06 standardındaki A1S koşuluna uygun olarak yıkanmıştır. Numune kumaşlar 4×10 cm boyutlarında kesilerek 150 ml yumuşak suda 5 g/l standart deterjan (ECE deterjanı A) içeren, 10 adet 6 mm çapında paslanmaz çelik bilye ile 40 °C'de 30 dk. Test 412 NB HT marka yıkama haslığı test makinesinde (Şekil 3.20) yıkanmıştır. Beş tekrarlı yıkama işlemi gerçekleştirilmiş olup, her yıkamadan sonra kumaşların statik su emme kapasiteleri ölçülmüştür. Yıkanan kumaşlar etüvde 105 °C'de kurularak yıkama işlemi tekrarlanmıştır.



Şekil 3.20. Yıkama dayanımı için Test 412 NB HT yıkama makinesi

3.2.26. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri

Kaplanmış kumaşların morfolojik özelliklerinin değerlendirilmesi için taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülerinden faydalanılmıştır. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Laboratuvarı'ndaki Bal-Tec SCD 005 marka (Şekil 3.21) kaplama cihazında 10-12 nm kalınlığında altın-paladyum ile kaplanan numunelerin görüntüleme işlemleri Zeiss EVO 40 marka (Şekil 3.22) taramalı elektron mikroskobunda gerçekleştirilmiştir. Görüntüleme işlemleri kesit ve yüzey olarak 20 kV voltaj değerinde gerçekleştirilmiş ve elde edilen görüntüler 100x, 250x, 500x ve 1000x büyütme oranlarında resim formatında kaydedilmiştir.



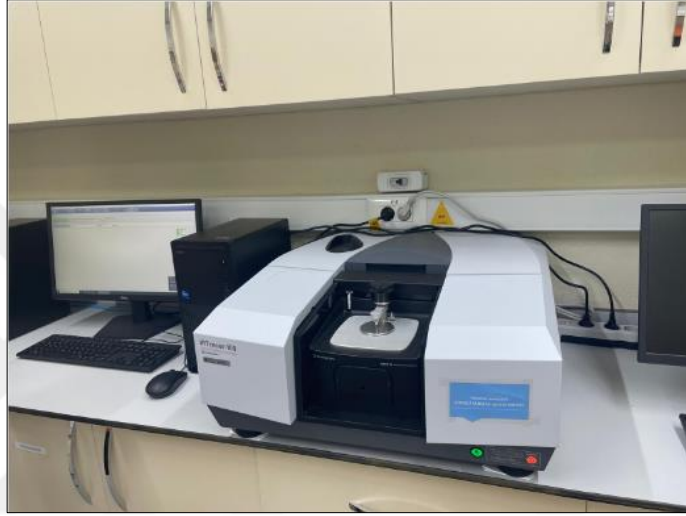
Şekil 3.21. SEM görüntüleme hazırlık işlemleri. (a) numune hazırlama cihazı (b) numuneler (c) altın-paladyum kaplanmış numuneler



Şekil 3.22. Zeiss EVO 40 taramalı elektron mikroskobu (SEM)

3.2.27. Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi analizleri

Toz ve sıvı SEP'in kaplamadaki etkinliğini belirlemek için yapılan FTIR analizleri, Bursa Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Nanoteknoloji ve Malzeme Karakterizasyonu Laboratuvarında bulunan Shimadzu IRTracer 100 (Şekil 3.23) cihazı ile $450\text{ cm}^{-1} - 4000\text{ cm}^{-1}$ dalga sayısı aralığında, 4 cm^{-1} çözünürlük ve 32 tarama sayısı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.23. Shimadzu IRTracer 100 (FTIR) spektroskopisi

3.2.28. Deneysel çalışmaların istatistiksel analizleri

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics V.26 paket program ile %95 güven aralığında ($\alpha=0,05$ önem düzeyinde) tek ve çift yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA ve Two-Way ANOVA) ve post-hoc Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ve bağımsız örneklem t- testi (independent samples t-test) ile veriler arasında anlamlı farklılıklar olup olmadığı istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

İncelenen kaplama parametresinin, deneysel çalışma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı 'p' değerlerine göre belirlenmiştir. 'p' değeri 0,05'ten büyük olduğunda ($p>0,05$) ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı, 'p' değerinin 0,05'ten küçük olduğunda ($p<0,05$) ise ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu kabul edilmiştir. Varyans analizi sonucunda

incelenen kaplama parametresi istatistiksel olarak $p < 0,05$ çıktığında, hangi gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu belirlemek için, Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Bu test, gruplar arası varyansın homojen olduğu durumlarda kullanılır ve hangi grupların birbirinden farklı olduğunu ortaya koymaktadır.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Uygun Kurutma Sıcaklığı ve Sürelerinin Belirlenmesine Ait Sonuçlar

Kaplama çalışmalarında değişen kaplama kalınlığına bağlı olarak, uygun kurutma sıcaklığına ve süresine karar verebilmek için gerçekleştirilen çalışmalar bu başlık altında verilmiştir.

4.1.1. Uygun kurutma sıcaklığının belirlenmesine ait sonuçlar

Kaplama kalınlığı (0,50 mm) ve kurutma süresi (6 dk.) sabit tutularak, dört farklı sıcaklıkta (130, 140, 150, 160 °C) kurutulan kaplanmış kumaşların Martindale cihazında 2000 devir sonrası oluşan aşınma % (kütle kaybı) testi sonuçlarının ortalaması Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu değerlere göre 0,50 mm kaplama kalınlığı ve 6 dakika kurutma süresi için uygun bulunan kurutma sıcaklığı 150 °C olarak ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.1. Dört farklı sıcaklıkta kurutulmuş kumaşların aşınma testi sonrası kütle kaybı sonuçları

| Kurutma sıcaklığı (°C) | Kütle kaybı (%) |
|------------------------|-----------------|
| 130 | 0,876 |
| 140 | 0,448 |
| 150 | 0,443 |
| 160 | 0,440 |

Sabit kaplama kalınlığında (0,50 mm) ve sürede (6 dk.) optimal kurutma sıcaklığının belirlenmesine yönelik varyans analizi ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. ANOVA sonuçları, kurutma sıcaklığının kütle kaybı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$). Tukey HSD çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre; sabit kaplama kalınlığı ve sabit sürede, belirlenen optimal kurutma sıcaklığı bir önceki kurutma sıcaklığına göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermektedir ($p < 0,05$). Optimal kurutma sıcaklığı ile bir sonraki kurutma sıcaklığı arasında ise anlamlı fark bulunmamaktadır ($p > 0,05$). Anlamlı fark göstermeyen bu sıcaklık (150 °C), sabit kaplama kalınlığı (0,50 mm) ve sabit süre (6 dk.) için esas denemelerde kullanılmak üzere optimal kurutma sıcaklığı olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Uygun kurutma sıcaklığı belirleme için varyans analizi ve Tukey HSD test sonuçları

| Faktör (sıcaklık °C) | N | \bar{X} | SS | F | P | Anlamlılık (p<0,05) (Tukey HSD) | | |
|-------------------------|---|-----------|---------|----------|-------|---------------------------------|---------|----------|
| | | | | | | 130-140 | 140-150 | 150*-160 |
| 130 | 4 | 0,876 | 0,0020 | 34043,52 | <0,05 | p<0,05 | P<0,05 | p>0,05 |
| 140 | 4 | 0,448 | 0,0030 | | | | | |
| 150 | 4 | 0,443 | 0,00173 | | | | | |
| 160 | 4 | 0,440 | 0,00245 | | | | | |

*Belirlenen optimal kurutma sıcaklığı.

4.1.2. Değişen kaplama kalınlığına göre uygun kurutma süresinin belirlenmesine ait sonuçlar

Farklı kaplama kalınlıkları için uygun kurutma sürelerinin belirlenmesi amacıyla bir grup deneme yapılmıştır. Elde edilen kaplanmış numunelerin Martindale cihazında 2000 devir sonrası oluşan % aşınma (kütle kaybı) testi sonuçlarının ortalaması Çizelge 4.3'te verilmiştir. Bu değerlere göre farklı kaplama kalınlıkları için uygun bulunan kurutma süreleri sırasıyla, 0,25 mm için 4 dk., 0,50 mm için 6 dk., 0,75 mm için 7 dk. ve 1,00 mm için 10 dk. şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu süreler, her bir kaplama kalınlığı için kütle kaybının minimum değere ulaştığı ve daha uzun sürelerde önemli bir değişiklik göstermediği noktalar olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Dört farklı kalınlıkta kaplanmış kumaşların aşınma testi sonrası kütle kaybı sonuçları

| Kaplama kalınlığı (mm) / Kaplanan madde miktarı (g/m ²) | | | | | | | |
|---|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| 0,25/33,75 | | 0,50/51,25 | | 0,75/75,50 | | 1,00/95,50 | |
| Süre (dk.) | Kütle kaybı (%) | Süre (dk.) | Kütle kaybı (%) | Süre (dk.) | Kütle kaybı (%) | Süre (dk.) | Kütle kaybı (%) |
| 3 | 0,656 | 4 | 0,872 | 5 | 7,104 | 9 | 0,720 |
| 4 | 0,203 | 5 | 0,443 | 6 | 1,733 | 10 | 0,361 |
| 5 | 0,202 | 6 | 0,205 | 7 | 0,667 | 11 | 0,358 |
| 6 | 0,202 | 7 | 0,202 | 8 | 0,661 | 12 | 0,352 |

Farklı kaplama kalınlıkları için optimal kurutma sürelerinin belirlenmesine yönelik varyans analizi ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

ANOVA sonuçları, tüm kaplama kalınlıkları için kurutma süresinin kütle kaybı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Tukey HSD çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre; her bir kaplama kalınlığı için belirlenen optimal kurutma süresi, bir önceki süreye göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermektedir ($p<0,05$). Optimal süre ile bir sonraki süre arasında ise anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Anlamlı fark göstermeyen bu süreler, ilgili kaplama kalınlığı için optimal kurutma süresi olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Kapsama kalınlığına bağlı uygun kurutma süresi belirleme için varyans analizi ve Tukey HSD test sonuçları

| Kapsama kalınlığı (mm) | Faktör (süre dk.) | N | \bar{X} | SS | F | P | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) | | |
|------------------------|-------------------|---|-----------|---------|-----------|-------|-------------------------------------|--------|--------|
| | | | | | | | 3-4 | 4*-5 | 5-6 |
| 0,25 | 3 | 4 | 0,656 | 0,00082 | 229830,95 | <0,05 | | | |
| | 4 | 4 | 0,203 | 0,00141 | | | | | |
| | 5 | 4 | 0,202 | 0,00082 | | | p<0,05 | p>0,05 | p>0,05 |
| | 6 | 4 | 0,202 | 0,00050 | | | | | |
| 0,50 | 4 | 4 | 0,872 | 0,00183 | 108414,91 | <0,05 | 4-5 | 5-6 | 6*-7 |
| | 5 | 4 | 0,443 | 0,00216 | | | | | |
| | 6 | 4 | 0,205 | 0,00183 | | | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 |
| | 7 | 4 | 0,202 | 0,00183 | | | | | |
| 0,75 | 5 | 4 | 7,104 | 0,00316 | 321966,23 | <0,05 | 5-6 | 6-7 | 7*-8 |
| | 6 | 4 | 1,733 | 0,00356 | | | | | |
| | 7 | 4 | 0,667 | 0,00330 | | | p<0,05 | p<0,05 | p>0,05 |
| | 8 | 4 | 0,661 | 0,00365 | | | | | |
| 1,00 | 9 | 4 | 0,720 | 0,00258 | 9350,29 | <0,05 | 9-10 | 10*-11 | 11-12 |
| | 10 | 4 | 0,360 | 0,00337 | | | | | |
| | 11 | 4 | 0,360 | 0,00440 | | | p<0,05 | p>0,05 | p>0,05 |
| | 12 | 4 | 0,350 | 0,00440 | | | | | |

*Belirlenen optimal kurutma süresi.

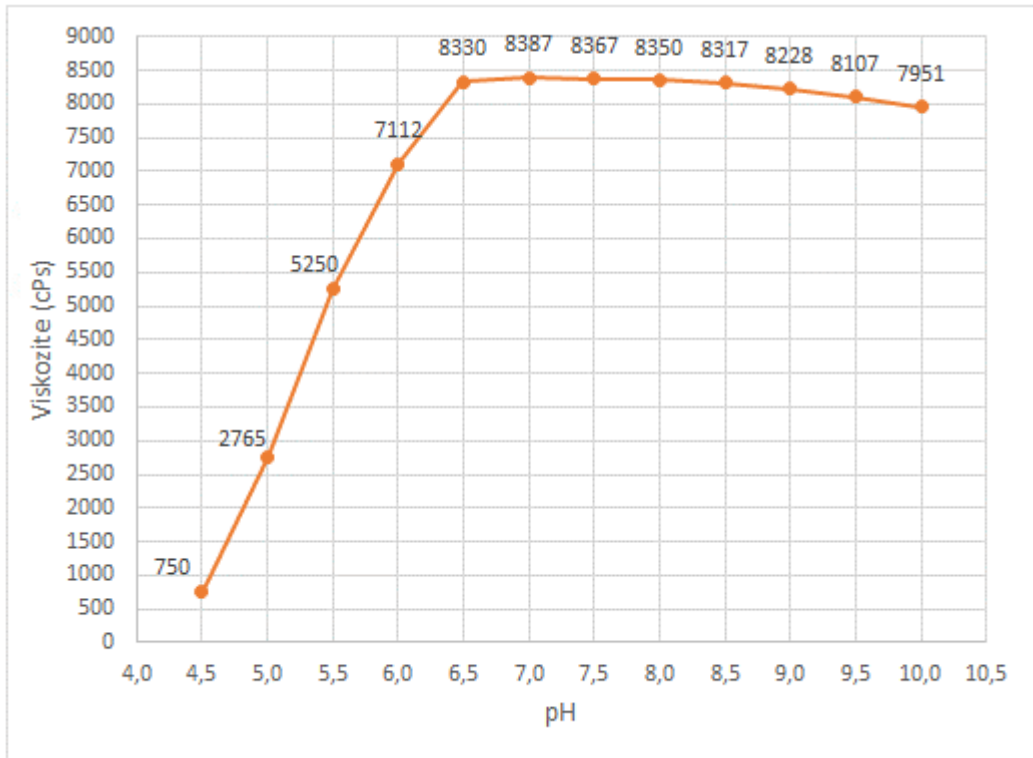
4.2. pH Değerinin SEP'in Şişme Davranışı ve Kaplanmış Kumaşın Su Emme ve Tutma Performansına Etkisine Ait Çalışma Sonuçları

Deneysel çalışmalar kapsamında kullanılan toz SEP'in, kaplama patındaki şişme davranışının viskozite üzerine etkisi ve kaplama patının farklı pH değerlerine göre

kaplanmış kumaş üzerindeki su emme kapasitesi ve santrifüj su tutma kapasitesi ayrı ayrı incelenmiştir.

4.2.1. pH değerinin toz SEP'in şişme davranışı üzerine etkisine ait sonuçlar

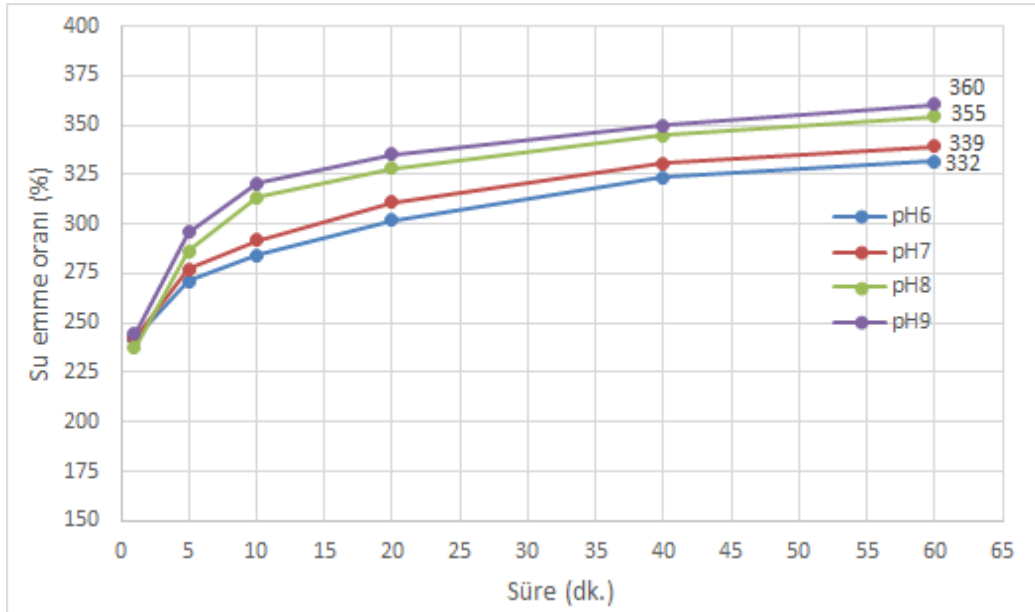
Çalışmalarda kullanılan toz SEP'in 12 farklı pH değerindeki kaplama patı viskozite değişim sonuçları Şekil 4.1'de verilmiştir. Kaplama patının pH değeri 6,5'ten 4,5'e doğru azalırken, viskozitesinin de belirgin bir şekilde (8330 cPs'den 750 cPs'ye) düştüğü gözlemlenmiştir. Buna karşılık, 6,5 ile 9,0 arasındaki pH değerlerinde kaplama patı viskozitesinde (8330 cPs'den 7951 cPs'ye) belirgin bir değişiklik olmamıştır. Şekilde görüldüğü üzere SEP'in şişme davranışı tipik olarak pH 6,5 ile pH 8,0 arasında maksimum seviyeye ulaşmıştır. Bu sonuçlar, genel olarak asidik bölgede pH değeri düştükçe şişme oranının da önemli ölçüde azaldığını; özellikle zayıf bazik bölgede ise şişme oranında belirgin bir değişimin olmadığını göstermektedir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar, Jovanovic ve ark. (2018), Mahon ve ark. (2020) ile Zhang ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlarla uyumludur.



Şekil 4.1. pH değeri değişimine bağlı viskozite değişim sonuçları

4.2.2. Farklı pH değerlerine sahip kaplama patı ile kaplanmış kumaşların statik su emme kapasitesine ait sonuçları

Dört farklı pH değerinde hazırlanan kaplama patı ile kaplanmış kumaşların süreye bağlı statik su emme testi sonuçları Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, tüm pH değerlerinde genel olarak su emdirme süresi 1 dakikadan 40 dakikaya kadar arttıkça su emme kapasitesi de artmaktadır. Ancak emdirme süresinin 60 dakikaya kadar uzatılması halinde, su emme kapasitesinde belirgin bir artış gözlenmemektedir. Bu sonuç, tüm pH değerlerinde 40 dakikalık emme süresi sonunda SEP’te emmenin/şişmenin büyük oranda tamamlandığını göstermektedir. 60 dakika sonunda, pH 6’da hazırlanan kaplama patı ile kaplanmış numunelerin su emme oranının en düşük olduğunu, pH 8’e kadar su emme kapasitesinin arttığını ve pH 8 ile pH 9 arasında belirgin bir farkın olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, serbest haldeki polimer tozlarının pH değerine bağlı olarak viskozite (şişme) kapasitesini veren Şekil 4.1 ile tam olarak uyumlu görünmemektedir. Bu durumun kaplama patına ilave edilen binder ve çapraz bağlayıcının asidik bölgede daha fazla çapraz bağlanma yapması (Yang ve ark. 2000) ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla, fazla çapraz bağlanma meydana gelen düşük pH değerlerinde su emiliminin de daha düşük olması beklenmektedir.



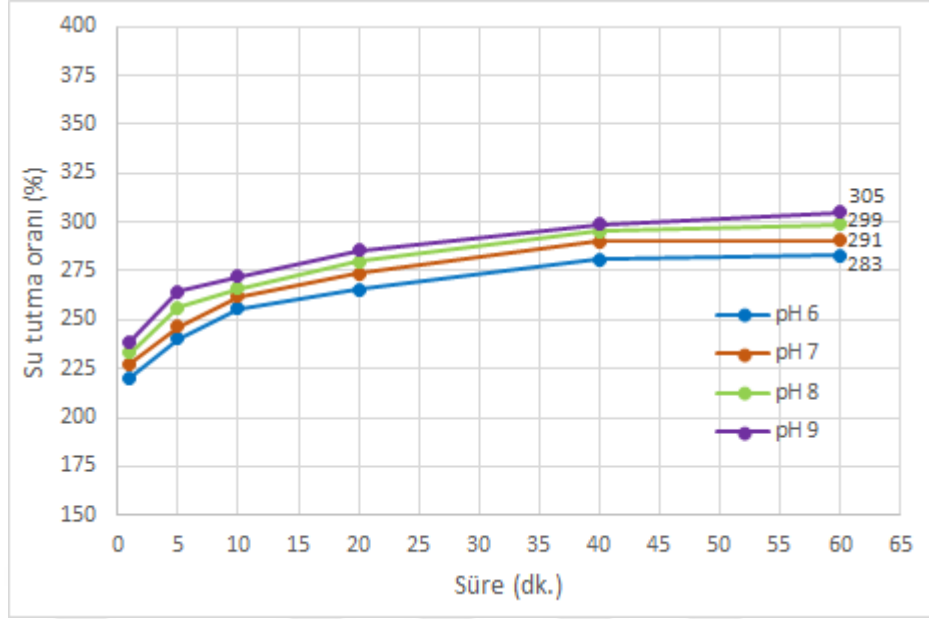
* *Kaplamasız zemin kumaşın su emme oranı: %58 (30 dk.)*

Şekil 4.2. Dört farklı pH değerindeki kaplama patı ile kaplanmış kumaşların statik su emme testi sonuçları

4.2.3. Farklı pH değerlerine sahip kaplama patı ile kaplanmış kumaşların santrifüj su tutma kapasitesine ait sonuçları

Şekil 4.3'te dört farklı pH değerinde hazırlanan kaplama patı ile kaplanmış kumaşların süreye bağlı statik su emme testi sonucunda gerçekleştirilen santrifüj su tutma kapasitesi testi sonuçları verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, tüm pH değerlerinde genel olarak su emdirme süresi 1 dakikadan 40 dakikaya kadar arttıkça su tutma kapasitesi de artmakta, fakat emdirme süresinin 60 dakikaya kadar uzatılması halinde santrifüj su tutma kapasitesinde belirgin bir artış meydana gelmemektedir. Bu sonuç, 40 dakikalık emme süresi sonunda tüm pH değerlerinde SEP'de emmenin/şişmenin büyük oranda tamamlandığını, alınan ilave suyun kaplanan polimer katmanı ile kumaşı oluşturan liflerin yüzeyinde serbest su (yüzey suyu) şeklinde bulunduğunu göstermektedir. Zira, tekstil materyallerinin kurutma proseslerinde ön kurutma olarak uygulanan santrifüjleme işlemleri sonucunda sadece materyal üzerindeki serbest suyun uzaklaştırılabildiği, absorbe suyun ise ancak termal kurutma işlemleri ile (buharlaştırma yoluyla) uzaklaştırılabildiği bilinmektedir (Oğulata ve ark. 1999; Akan ve Ozkan, 2020).

Diğer taraftan, pH değeri 6'dan 9'a doğru yükseldikçe, tüm su emme süresi değerlerine karşılık gelen su tutma oranlarında belirli artışlar gözlenmektedir. Statik su emme oranları ile paralellik gösteren bu durumun, yüksek pH değerlerinde daha az çapraz bağlanma meydana gelmesiyle ilgili olabileceği sonucuna varılmıştır.



* Kaplamasız zemin kumaşın santrifüj su tutma oranı: %42 (30 dk.)

Şekil 4.3. Dört farklı pH değerindeki kaplama patı ile kaplanmış kumaşların santrifüj su tutma testi sonuçları

4.2.4. İstatistiksel analiz sonuçları

Çizelge 4.5'te, dört farklı pH değerinde (pH 6, 7, 8 ve 9) hazırlanan SEP kaplama patı ile kaplanmış kumaşların farklı emdirme sürelerindeki (1, 5, 10, 20, 40 ve 60 dk.) statik su emme oranlarını karşılaştırmak için yapılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Varyans analizi sonuçları, kaplama patı pH değerlerinin, SEP kaplanmış kumaşların tüm emdirme sürelerinde su emme oranları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$).

Tukey HSD analiz sonuçlarına göre, 5 dakika ve üzeri emdirme sürelerinde (5, 10, 20, 40 ve 60 dakika) tüm pH değeri karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir ($p < 0,05$). Bu sonuçlar, pH değerinin SEP kaplı kumaşların su emme oranları üzerinde genel olarak önemli bir etkiye sahip olduğunu, ancak bu etkinin çok kısa süreli (1 dakika) emdirmede bazı pH değerleri arasında belirgin olmadığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.5. Farklı pH değerlerindeki SEP kaplama patı ile kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki su emme oranlarının varyans analizi ve Tukey HSD test sonuçları

| Emdirme Süresi (dak.) | Faktör (pH) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık (p<0,05) (Tukey HSD) |
|-----------------------|-------------|---|-----------|------|--------|-------|---------------------------------|
| 1 | pH6 (1) | 4 | 241,64 | 2,46 | 9,49 | <0,05 | 1-3; 2-3; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 242,60 | 2,38 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 237,47 | 1,67 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 244,51 | 0,66 | | | |
| 5 | pH6 (1) | 4 | 271,34 | 3,31 | 111,98 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 277,06 | 1,53 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 286,04 | 1,43 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 295,93 | 1,08 | | | |
| 10 | pH6 (1) | 4 | 284,20 | 2,08 | 366,51 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 291,81 | 0,83 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 313,62 | 2,70 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 320,63 | 0,91 | | | |
| 20 | pH6 (1) | 4 | 302,16 | 4,01 | 82,62 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 311,14 | 1,23 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 328,09 | 4,06 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 335,30 | 3,27 | | | |
| 40 | pH6 (1) | 4 | 323,75 | 1,42 | 101,42 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 330,67 | 1,79 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 344,86 | 3,88 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 349,88 | 1,36 | | | |
| 60 | pH6 (1) | 4 | 331,75 | 1,44 | 179,99 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 339,21 | 1,18 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 354,51 | 2,55 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 360,50 | 2,40 | | | |

Çizelge 4.6'da, farklı pH değerlerinde hazırlanan SEP kaplama patı ile kaplanmış kumaşların farklı emdirme sürelerindeki santrifüj su tutma oranlarını karşılaştırmak için yapılan tek yönlü varyans analizi ve Tukey HSD çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Varyans analizi sonuçları, kaplama patı pH değerlerinin, SEP kaplanmış kumaşların tüm santrifüj su tutma oranları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir (p<0,05).

Analiz sonuçlarına göre, tüm emdirme sürelerinde (1, 5, 10, 20, 40 ve 60 dakika) tüm pH değerlerinin karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Bu sonuçlar, pH değerlerinin SEP kaplı kumaşların su tutma oranları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Emdirme süresi arttıkça, pH'ın etkisi daha net bir şekilde gözlemlenebilmektedir.

Çizelge 4.6. Farklı pH değerlerindeki SEP kaplama patı ile kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki santrifüj su tutma oranlarının varyans analizi ve Tukey HSD test sonuçları

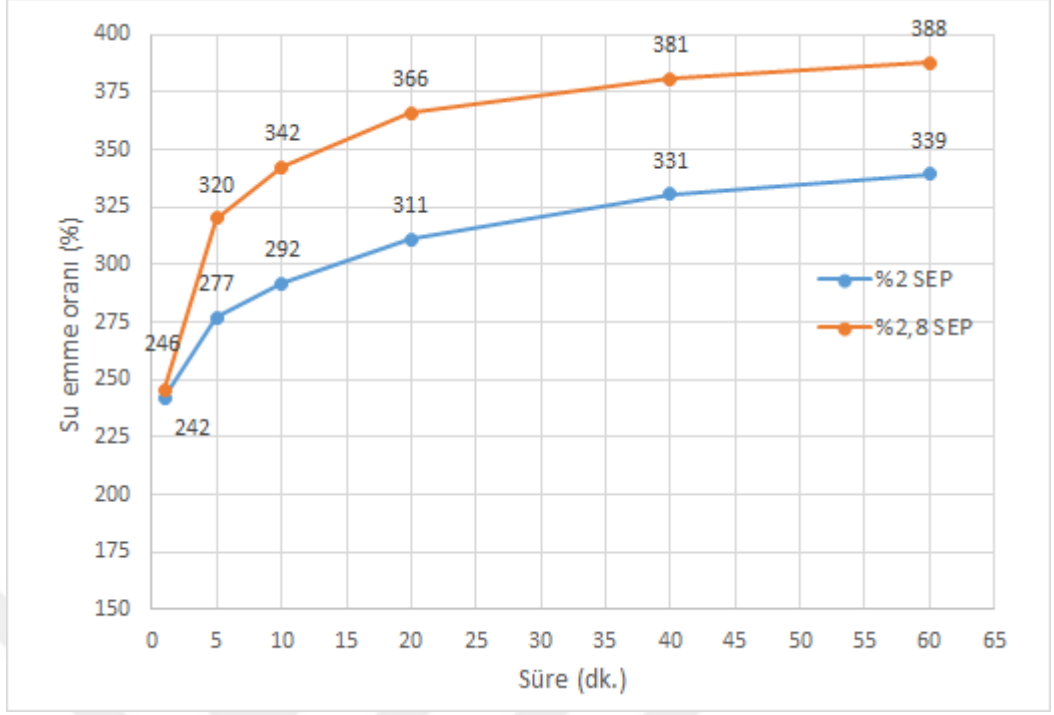
| Emdirme Süresi (dak.) | Faktör (pH) | N | \bar{X} | SS | F | P | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|-----------------------|-------------|---|-----------|------|--------|-------|-------------------------------------|
| 1 | pH6 (1) | 4 | 220,08 | 1,67 | 39,86 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 227,63 | 0,71 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 233,08 | 1,95 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 238,85 | 4,31 | | | |
| 5 | pH6 (1) | 4 | 240,51 | 1,87 | 84,17 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 246,57 | 1,58 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 256,11 | 1,10 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 264,34 | 3,70 | | | |
| 10 | pH6 (1) | 4 | 255,83 | 1,49 | 156,32 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 261,96 | 0,88 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 266,05 | 1,32 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 272,30 | 0,42 | | | |
| 20 | pH6 (1) | 4 | 265,53 | 3,33 | 45,42 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 273,77 | 2,61 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 279,69 | 2,41 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 285,72 | 1,55 | | | |
| 40 | pH6 (1) | 4 | 280,91 | 1,40 | 86,85 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 289,99 | 2,42 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 295,22 | 1,15 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 299,01 | 1,47 | | | |
| 60 | pH6 (1) | 4 | 283,01 | 4,02 | 43,25 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3-4 |
| | pH7 (2) | 4 | 290,52 | 4,05 | | | |
| | pH8 (3) | 4 | 298,62 | 0,85 | | | |
| | pH9 (4) | 4 | 304,84 | 0,47 | | | |

4.3. Farklı SEP Konsantrasyonu İle Kaplanan Kumaşlara Ait Sonuçlar

İki farklı SEP konsantrasyonunu içeren pat ile kaplanmış kumaşların statik su emme ve santrifüj su tutma kapasitesi sonuçları değerlendirilmiştir.

4.3.1. Statik su emme testi sonuçları

Şekil 4.4'te, %2 ve %2,8 SEP konsantrasyonlarında hazırlanan kaplama patları ile kaplanmış kumaşların statik su emme test sonuçları verilmiştir. Grafik, SEP konsantrasyonu arttıkça su emme oranının da arttığını göstermektedir. Her iki konsantrasyon için de emdirme süresi 1 dakikadan 40 dakikaya kadar uzadıkça su emme kapasitesi artış göstermekte, ancak 40-60 dakika arasında belirgin bir artış gözlenmemektedir. %2,8 SEP konsantrasyonu, tüm zaman dilimlerinde %2 konsantrasyona göre daha yüksek su emme oranı sağlamıştır. Maksimum su emme oranları %2 SEP için yaklaşık %339, %2,8 SEP için ise %388 civarındadır. Bu değerler, kaplamasız kumaşın %58'lik su emme oranıyla karşılaştırıldığında, SEP kaplamanın, kumaşın su emme kapasitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Ancak, SEP konsantrasyonundaki %40'lık artışın su emme kapasitesinde sadece %14'lük bir artışa neden olması, konsantrasyon artışının su emme performansına etkisinin doğrusal olmadığını göstermektedir. Konsantrasyon artışının etkisinin sınırlı kalmasının sebebi, yüksek SEP konsantrasyonlarına ulaşmak için patın pH'ının 5'e düşürülmesi gerekliliğidir. Deneysel sonuçlar, düşük pH'ta SEP'in şişme davranışının azaldığını (pH değerinin toz SEP'in şişme davranışı üzerine etkisine ait sonuçlar) ve düşük pH'lı kaplamaların daha düşük su emme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir (Farklı pH değerlerine sahip kaplama patı ile kaplanmış kumaşların statik su emme kapasitesi sonuçları). Düşük (asidik) pH sebebiyle daha fazla çapraz bağlanma meydana gelmesinin beklendiği ve bunun da su emme kapasitesinin sınırlı kalmasına sebep olduğu değerlendirilmektedir.

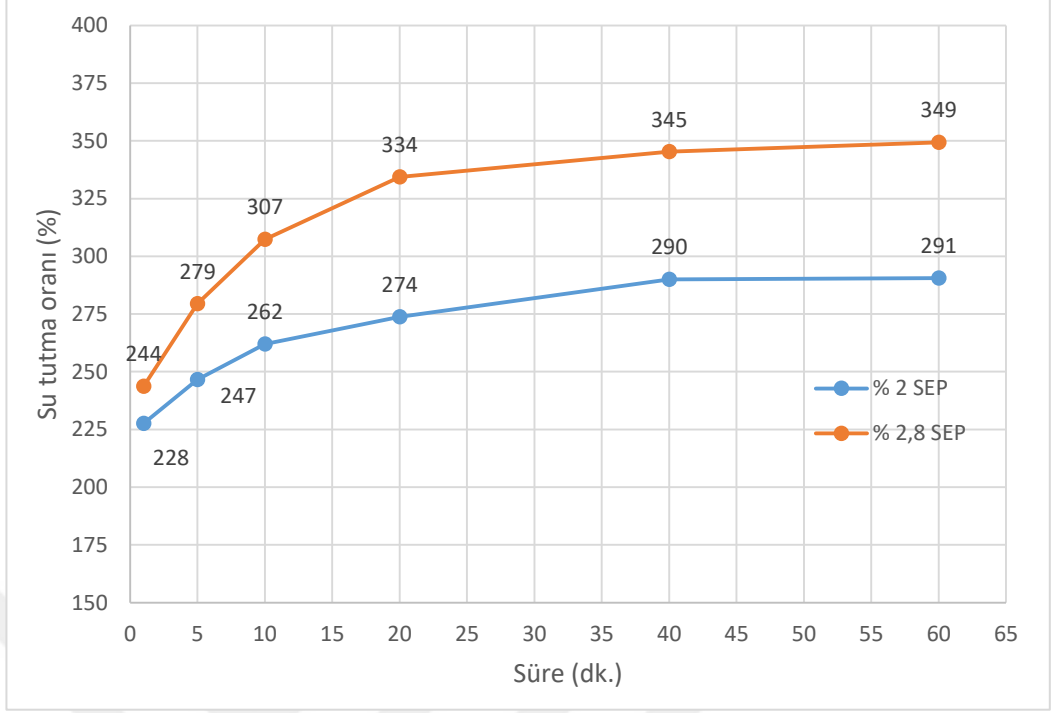


* *Kaplamasız zemin kumaşın su emme oranı: %58 (30 dk)*

Şekil 4.4. %2 ve %2,8 SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların statik su emme testi sonuçları

4.3.2. Santrifüj su tutma testi sonuçları

Şekil 4.5'te %2 ve %2,8 SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların santrifüj su tutma testi sonuçları verilmiştir. Statik su emme testinde olduğu gibi, SEP konsantrasyonu arttıkça santrifüj su tutma oranı da artmaktadır. Grafikte, %2,8 SEP içeren kaplamanın su emme oranının %2 SEP içeren kaplamaya kıyasla daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir.

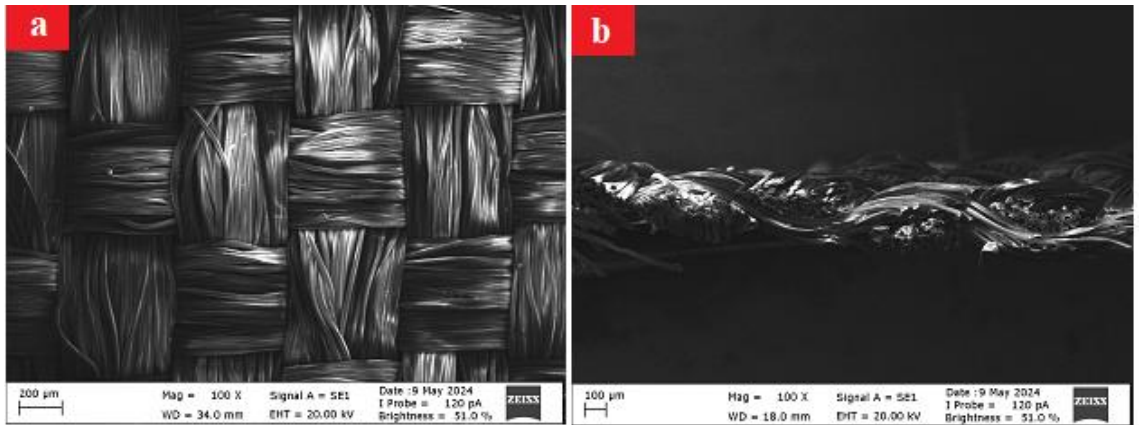


* *Kaplamasız zemin kumaşın santrifüj su tutma oranı: %42 (30 dk.)*

Şekil 4.5. %2 ve %2,8 SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların santrifüj su tutma testi sonuçları

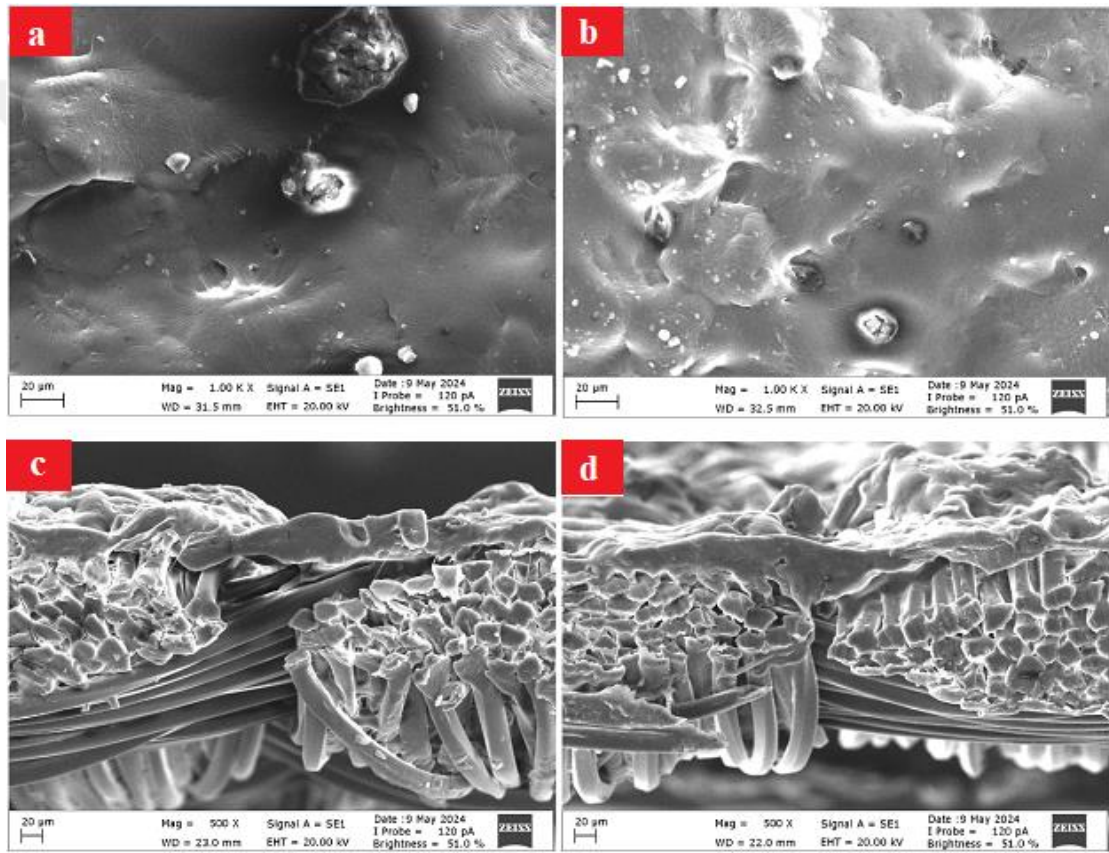
4.3.3. SEM analizi sonuçları

Şekil 4.6'da, kaplamasız PET kumaşa ait SEM yüzey ve kesit görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.6. Kaplamasız PET zemin kumaşa ait SEM görüntüleri (100×) (a) yüzey (b) kesit

%2 ve %2,8 konsantrasyonda toz SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış numunelerin yüzey (1000x) ve kesit (500x) SEM analizi görüntüleri Şekil 4.7’de verilmiştir. %2 SEP konsantrasyonunda (a) kumaş yüzeyinde daha az SEP partikülü görülürken, %2,8 SEP konsantrasyonunda (b) kumaş yüzeyinde daha yoğun bir SEP partikülü görülmektedir. Kesit görüntülerinde ise (c ve d), %2 SEP konsantrasyonunda kumaş üzerinde daha ince bir kaplama tabakası gözlemlenirken, %2,8 SEP konsantrasyonunda daha kalın ve yoğun bir kaplama tabakası görülmektedir. Bu bulgular, SEP konsantrasyonu arttıkça kaplama tabakasının kalınlaştığını ve yoğunlaştığını göstermektedir.



Şekil 4.7. Farklı toz SEP konsantrasyonları ile kaplanmış kumaşların SEM görüntüleri (1000×) (a: %2 SEP, b: %2,8 SEP yüzey) ve (500×) (c: %2 SEP, d: %2,8 SEP kesit)

4.3.4. İstatistiksel analiz sonuçları

Çizelge 4.7’de sunulan bağımsız örneklem t-testi sonuçları, farklı SEP konsantrasyonlarıyla kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki statik su emme oranlarını göstermektedir. Levene’s testi sonucunda her iki SEP konsantrasyonu için

varyansların eşit dağıldığı görülmüştür ($p>0,05$). İstatistiksel analiz sonuçları, tüm emdirme sürelerinde %2 ve %2,8 SEP konsantrasyonları ile kaplanmış kumaşların su emme oranları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.7. Farklı SEP konsantrasyonu ile kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki statik su emme oranlarının bağımsız örneklem t-testi sonuçları

| Emdirme süresi (dak.) | Faktör (konsantrasyon %) | N | \bar{X} | SS | Levene's testi | | P |
|-----------------------|--------------------------|---|-----------|------|----------------|------|--------|
| | | | | | F | P | |
| 1 | 2 | 4 | 242,10 | 1,64 | 2,43 | 0,17 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 245,50 | 2,21 | | | |
| 5 | 2 | 4 | 277,06 | 1,53 | 1,95 | 0,21 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 320,21 | 3,24 | | | |
| 10 | 2 | 4 | 291,94 | 1,11 | 1,92 | 0,22 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 342,17 | 3,32 | | | |
| 20 | 2 | 4 | 311,14 | 1,23 | 2,76 | 0,15 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 366,09 | 3,68 | | | |
| 40 | 2 | 4 | 330,67 | 1,42 | 1,03 | 0,35 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 380,59 | 2,17 | | | |
| 60 | 2 | 4 | 339,21 | 1,18 | 3,46 | 0,11 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 387,52 | 3,94 | | | |

Çizelge 4.8'de farklı SEP konsantrasyonlarıyla kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki santrifüj su tutma oranlarının bağımsız örneklem t-testi sonuçları verilmiştir. Levene's testi sonucunda her iki SEP konsantrasyonu için varyansların eşit dağıldığı görülmüştür ($p>0,05$). İstatistiksel analiz sonuçları, tüm emdirme sürelerinde %2 ve %2,8 SEP konsantrasyonları ile kaplanmış kumaşların, santrifüj su tutma oranları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

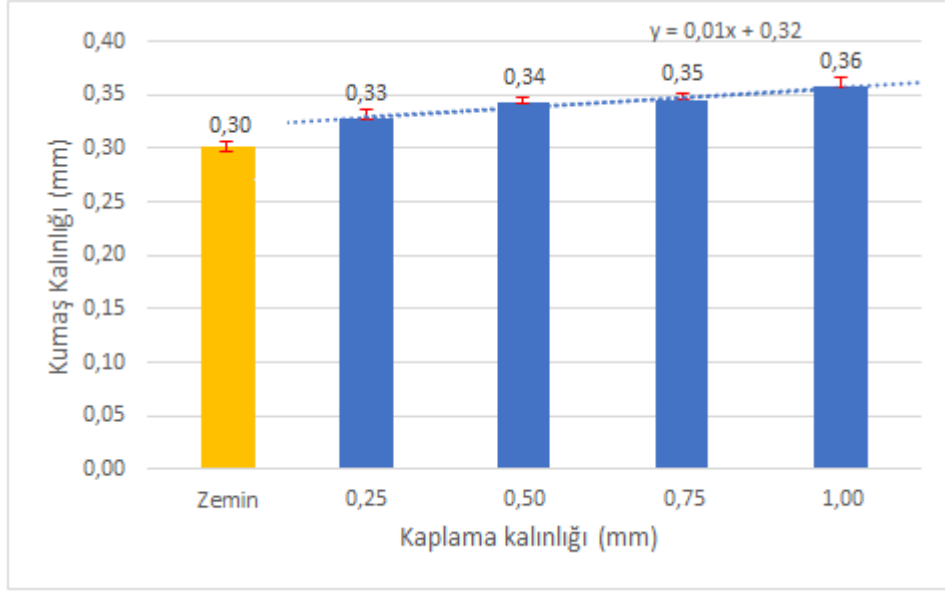
Çizelge 4.8. Farklı SEP konsantrasyonu ile kaplanmış kumaşların çeşitli emdirme sürelerindeki santrifüj su tutma oranlarının bağımsız örneklem t-testi sonuçları

| Emdirme süresi (dak.) | Faktör (konsantrasyon (%)) | N | X | SS | Levene's testi | | P |
|-----------------------|----------------------------|---|--------|------|----------------|------|--------|
| | | | | | F | P | |
| 1 | 2 | 4 | 227,63 | 0,71 | 3,20 | 0,12 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 243,63 | 3,05 | | | |
| 5 | 2 | 4 | 246,57 | 1,58 | 2,21 | 0,19 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 279,46 | 3,33 | | | |
| 10 | 2 | 4 | 261,96 | 0,88 | 2,01 | 0,21 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 307,39 | 4,01 | | | |
| 20 | 2 | 4 | 273,77 | 2,61 | 0,38 | 0,56 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 334,33 | 3,72 | | | |
| 40 | 2 | 4 | 289,99 | 2,42 | 2,34 | 0,18 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 345,27 | 1,45 | | | |
| 60 | 2 | 4 | 290,52 | 4,05 | 0,68 | 0,44 | < 0,05 |
| | 2,8 | 4 | 349,29 | 3,53 | | | |

4.4. Farklı Kaplama Kalınlıklarına Ait Sonuçlar

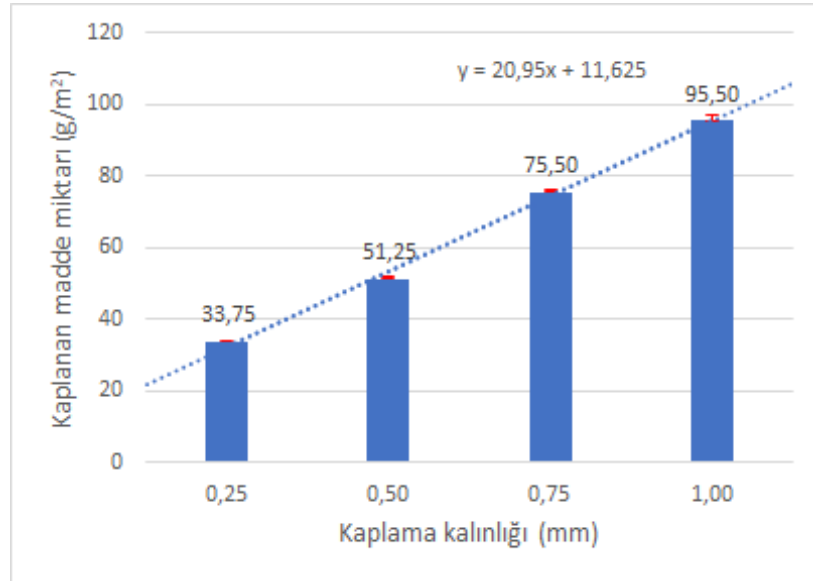
4.4.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları

Farklı kaplama kalınlıklarında kaplanan kumaşlara ait kalınlık ölçümleri Şekil 4.8'de grafiksel olarak verilmiştir. Şekil 4.8'deki sonuçlara göre, kaplama kalınlığı (rakle ile kumaş arası mesafe) arttıkça kumaş yüzeyindeki filmin kalınlığı da artmıştır. Kaplama kalınlığının 0,25 mm artışına karşılık kumaşta 0,01 mm artış meydana geldiği görülmektedir. Bu durumun esas olarak SEP polimeri içeren kaplama patının çok yüksek oranda (ortalama %85) sudan oluşması ve kısmen de kaplanan polimerin kumaş içerisine penetrasyonu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Kurutma işlemi sonunda suyun buharlaşması ile geriye kalan SEP polimerleri kumaş yüzeyinde son derece ince bir katman oluşturduğundan ve kısmen de kumaşın içerisindeki boşluklara doğru bir penetrasyon söz konusu olduğundan kaplama işlemi sonucunda kumaş kalınlığında belirgin bir artışın meydana gelmemesi makul görünmektedir.



Şekil 4.8. Kaplama kalınlığına göre kumaş kalınlığı değişimi

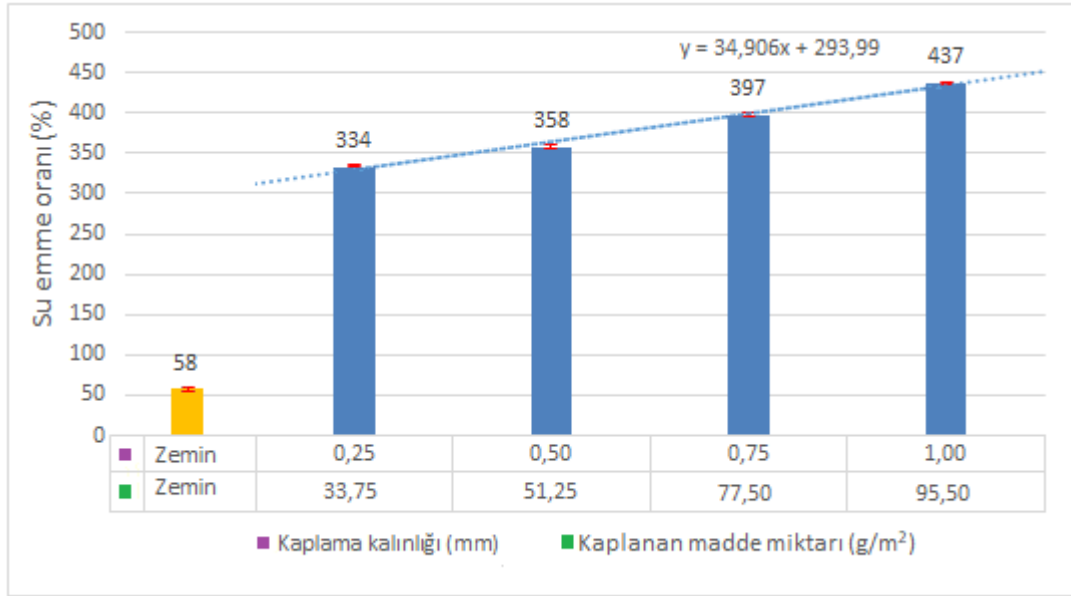
Kaplanan kumaşların birim alan başına kaplanan madde miktarı değerleri Şekil 4.9'da verilmiştir. Kaplama kalınlığı 0,25 mm'den 1,00 mm'ye kademeli olarak artırılırken, kaplanan madde miktarı değerleri de sırasıyla 33,75 g/m², 51,25 g/m², 75,50 g/m² ve 95,50 g/m² olarak artış göstermektedir. Kalınlık ölçüm sonuçlarında olduğu gibi, kaplama kalınlığı arttıkça kumaş yüzeyindeki filmin kalınlığının artışına paralel olarak, birim alan başına kütle değerinin de arttığı görülmektedir.



Şekil 4.9. Kaplama kalınlığına göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

4.4.2. Statik su emme testi sonuçları

Şekil 4.10'da farklı kaplama kalınlıklarında kaplanan PET kumaşın 30 dakikadaki statik su emme oranları kaplama kalınlığı ve kaplanan madde miktarı değerleriyle birlikte verilmiştir. Grafik, kaplama kalınlığı ve buna bağlı olarak kaplanan madde miktarı arttıkça, kumaşların su emme oranında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Kaplamasız kumaşa göre, en düşük kaplama kalınlığında (0,25 mm) 5,8 kat, en yüksek kaplama kalınlığında (0,50 mm) ise 7,5 kat su emildiği görülmektedir. Bu sonuçlar, kaplama kalınlığının artmasının kumaşın su emme kapasitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Ayrıca, grafikte gösterilen eğilim çizgisi, kaplama kalınlığı ile su emme kapasitesi arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuç, daha kalın kaplamalarla kumaşın su emme kapasitesinin artırabileceğini ortaya koymaktadır.

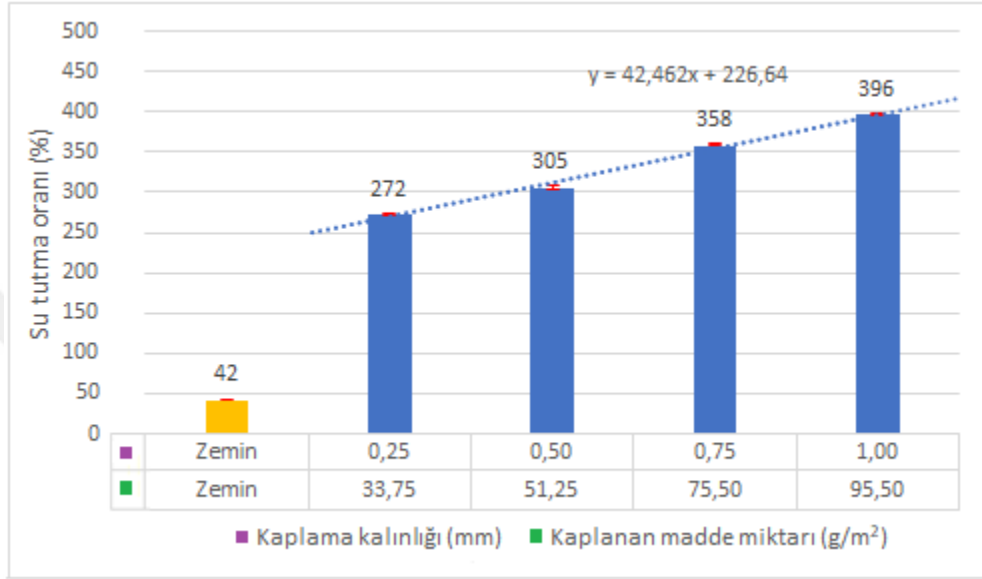


Şekil 4.10. Kaplama kalınlığına göre statik su emme oranı değişimi

4.4.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları

Şekil 4.11'de farklı kaplama kalınlıklarında kaplanan PET kumaşın 30 dakikalık statik su emme sonundaki santrifüj su tutma oranları verilmiştir. Grafik, kaplama kalınlığı arttıkça (buna bağlı olarak SEP miktarı da arttığından) kumaşların su tutma oranında belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Santrifüj sonrasında kaplamasız kumaşa göre, en düşük

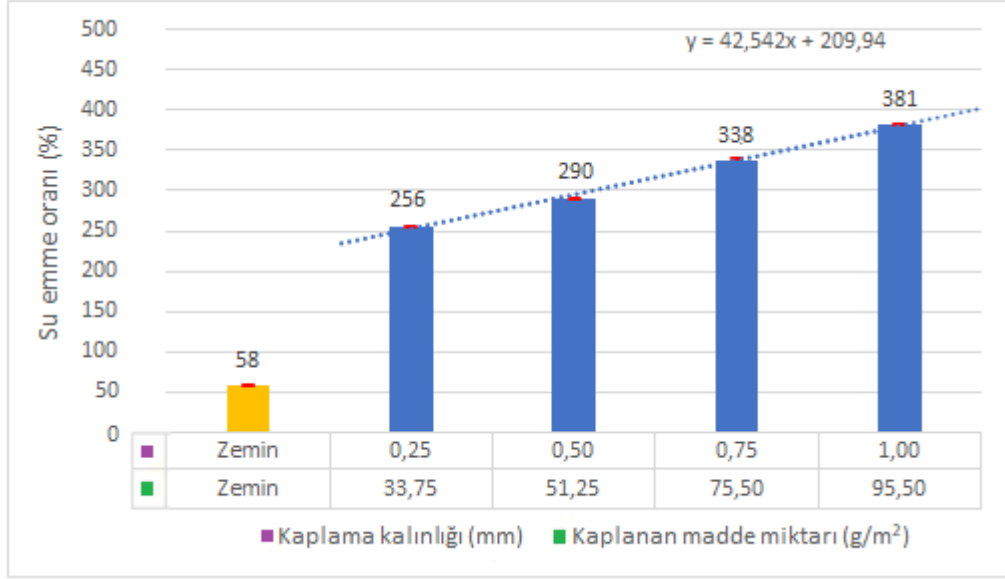
kaplama kalınlığında (0,25 mm) 6,5 kat, en yüksek kaplama kalınlığında (0,50 mm) ise 9,4 kat su tuttuğu görülmüştür. Bu sonuçlar, kaplama kalınlığının artmasının statik su emme kapasitesine benzer şekilde kumaşın su tutma kapasitesini de önemli ölçüde artırdığını ve grafikte yer alan eğilim çizgisine göre de kaplama kalınlığı ile su emme kapasitesi arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4.11. Kaplama kalınlığına göre santrifüj su tutma oranı değişimi

4.4.4. Yük altında su emme testi sonuçları

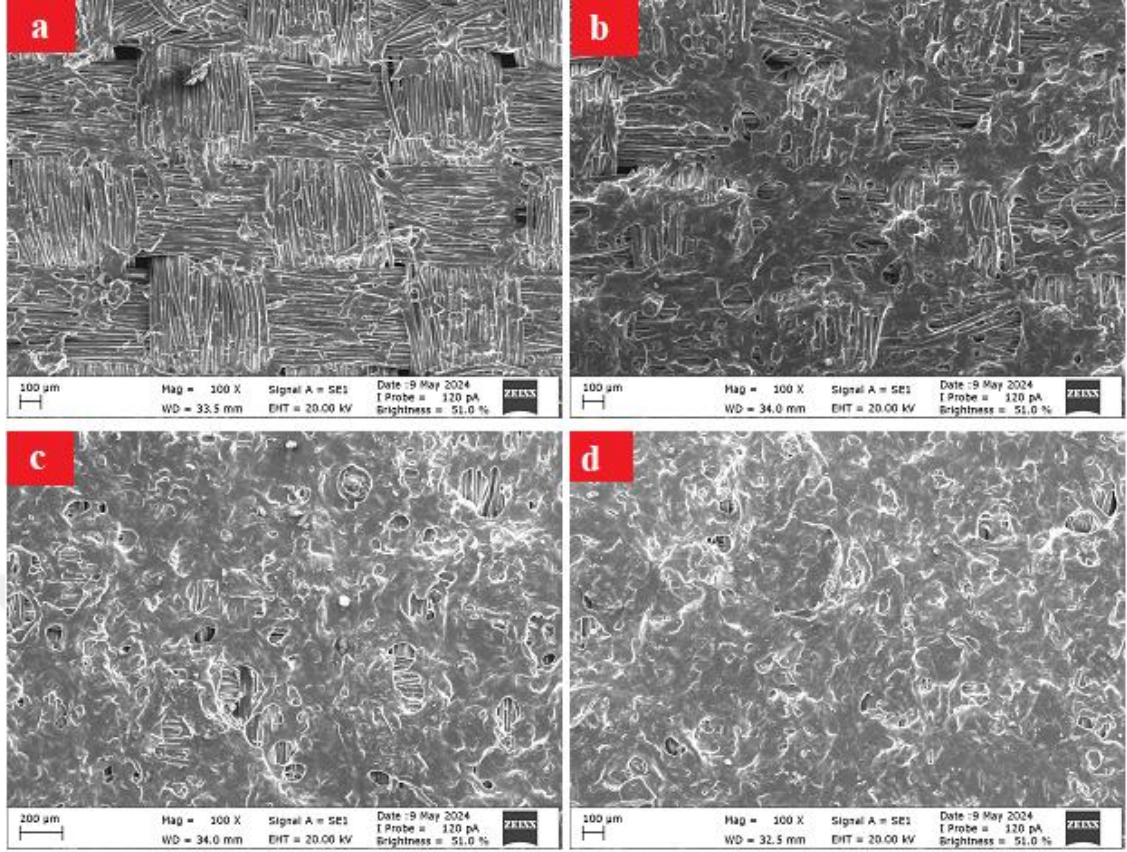
Şekil 4.12, farklı kaplama kalınlıklarında kaplanan kumaşların yük altında su emme oranlarının değişimini göstermektedir. Grafikte görüldüğü üzere, kaplama kalınlığı arttıkça yük altında su emme oranı da belirgin bir şekilde artmaktadır. Kaplamasız kumaşın (zemin) su emme oranı %58 iken, en düşük kaplama kalınlığında (0,25 mm) bu oran %256'ya, en yüksek kaplama kalınlığında (1,00 mm) ise %381'e yükselmektedir. Bu sonuçlar, kaplama kalınlığının artmasının kumaşın yük altında su emme kapasitesini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Kaplamasız kumaşa göre, en düşük kaplama kalınlığında 4,4 kat, en yüksek kaplama kalınlığında ise 6,6 kat daha fazla su emildiği görülmektedir. Kaplama kalınlığı ile yük altında su emme oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğu grafikteki eğilim çizgisinden görülmektedir. Bu doğrusal ilişki, kaplama kalınlığının artmasıyla su emme kapasitesinin arttığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.12. Kaplama kalınlığına göre yük altında su emme oranı değişimi

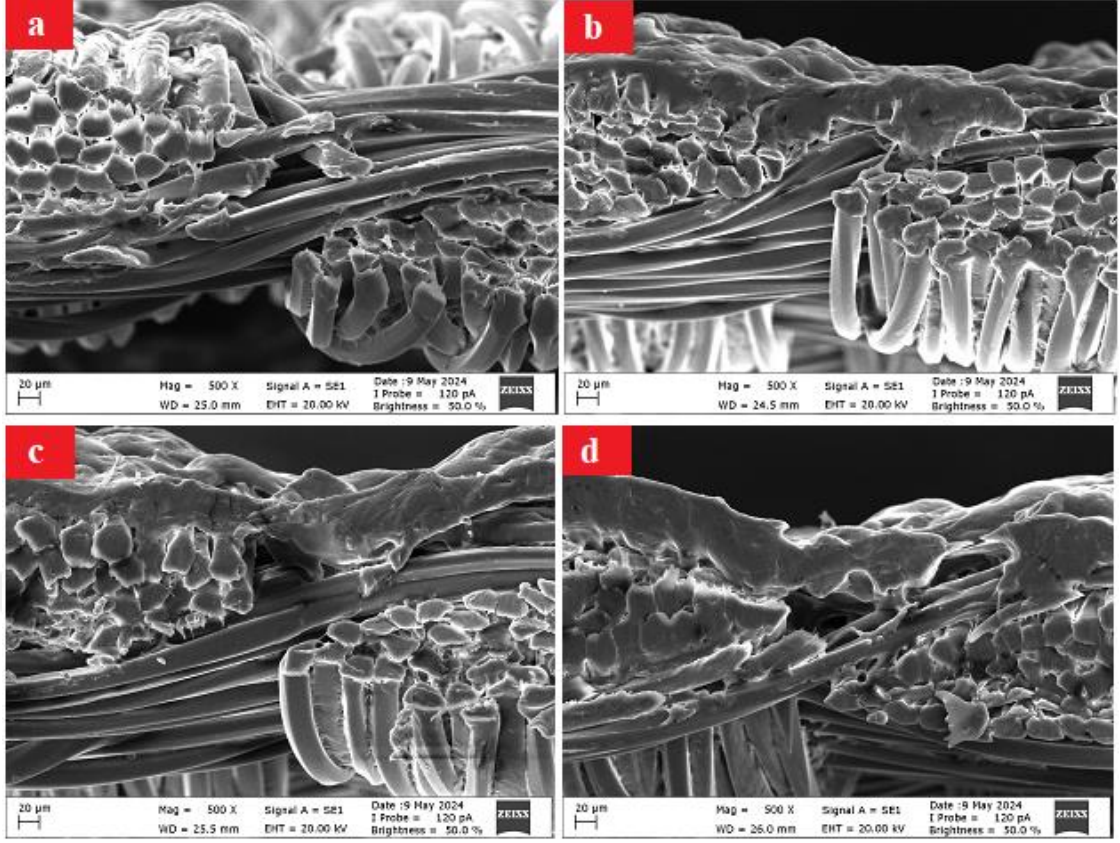
4.4.5. SEM analizi sonuçları

%2 toz SEP içeren kaplama patı ile 0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 mm kalınlığında kaplanmış kumaşların 100x yüzey (Şekil 4.13) ve 500x kesitlerinin (Şekil 4.14) SEM analizi görüntüleri verilmiştir. Görüntüler sırasıyla; (a) 0,25 mm, (b) 0,50 mm, (c) 0,75 mm, ve (d) 1,00 mm kaplama kalınlıklarını göstermektedir. Görüntülerde, kaplama kalınlığının artmasıyla birlikte kaplama tabakasının yoğunluğunda ve kalınlığında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. SEM görüntülerinde, en düşük kalınlıkta (0,25 mm) kaplanan kumaşın dokusu belirgin şekilde fark edilirken, 0,50 mm kalınlığında kaybolmaya yüz tutmuş ve 0,75 ile 1,00 mm kalınlığında ise kaplanan kumaşların yüzeyi tamamıyla kaplama filmi ile örtülmüş durumdadır.



Şekil 4.13. Farklı kaplama kalınlıklarında kaplanmış kumaşların SEM yüzey görüntüleri (100×) (a: 0,25 mm, b: 0,50 mm, c: 0,75 mm, d: 1,00 mm)

Şekil 4.14'teki dört farklı kaplama kalınlığında kaplanan dokuma kumaşların kesitlerine ait SEM görüntülerinde, kaplama kalınlığı arttıkça kumaş üzerinde oluşan kaplama katmanının (filminin) kalınlığı da belirgin şekilde artmaktadır ki, bu durum beklenen bir sonuçtur.



Şekil 4.14. Farklı kaplama kalınlıklarında kaplanmış kumaşların SEM kesit görüntüleri (500×) (a: 0,25 mm, b: 0,50 mm, c: 0,75 mm, d: 1,00 mm)

4.4.6. İstatistiksel analiz sonuçları

Dört farklı kaplama kalınlığında kaplanmış kumaşların 30 dakikadaki statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme testi sonuçlarının tek yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. ANOVA sonuçları, kaplama kalınlığı arttıkça su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme oranının arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$). Tukey HSD testi, statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme testlerinde tüm kaplama kalınlıklarının birbirinden anlamlı derecede farklılaştığını ($0,25 < 0,50 < 0,75 < 1,00$) ortaya koymaktadır.

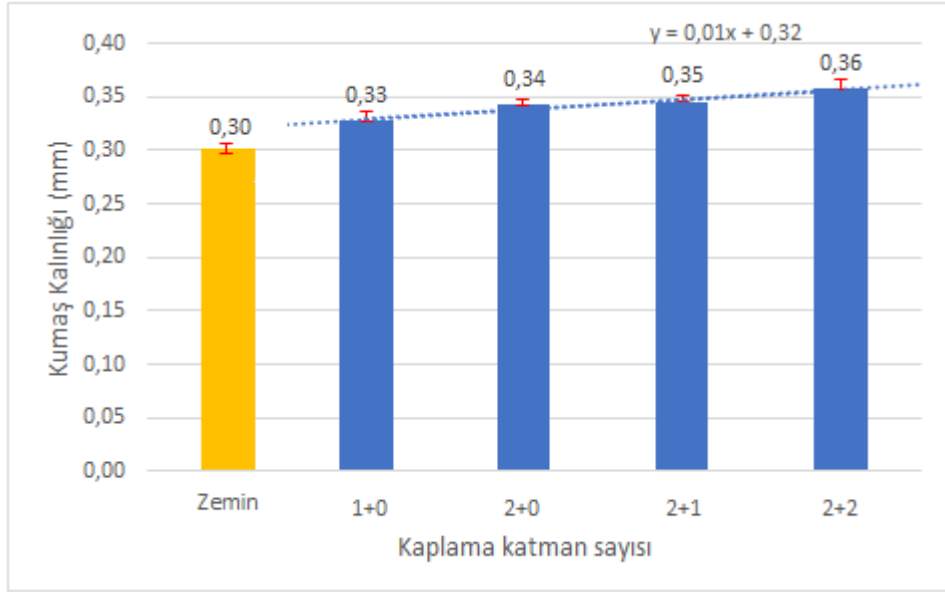
Çizelge 4.9. Farklı kalınlıklarda kaplanmış kumaşların su emme ve tutma testi sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları

| Test Türü | Faktör (kaplama alınlığı mm) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık ($p < 0,05$) (Tukey HSD) |
|---------------------|------------------------------|---|-----------|------|---------|-------|--|
| Statik su emme | 0,25 | 4 | 333,51 | 1,87 | 994,08 | <0,05 | 0,25-0,50; 0,25-0,75; 0,25-1,00; 0,50-0,75; 0,50-1,00; 0,75-1,00 |
| | 0,50 | | 357,82 | 2,26 | | | |
| | 0,75 | | 396,81 | 4,31 | | | |
| | 1,00 | | 436,87 | 2,42 | | | |
| Santrifuj su tutma | 0,25 | 4 | 272,28 | 1,36 | 3492,83 | <0,05 | 0,25-0,50; 0,25-0,75; 0,25-1,00; 0,50-0,75; 0,50-1,00; 0,75-1,00 |
| | 0,50 | | 304,68 | 2,81 | | | |
| | 0,75 | | 358,24 | 1,58 | | | |
| | 1,00 | | 395,96 | 1,27 | | | |
| Yük altında su emme | 0,25 | 4 | 255,59 | 1,68 | 4785,23 | <0,05 | 0,25-0,50; 0,25-0,75; 0,25-1,00; 0,50-0,75; 0,50-1,00; 0,75-1,00 |
| | 0,50 | | 289,92 | 1,78 | | | |
| | 0,75 | | 338,47 | 1,55 | | | |
| | 1,00 | | 381,22 | 1,32 | | | |

4.5. Çok Katlı Kaplamalara Ait Sonuçlar

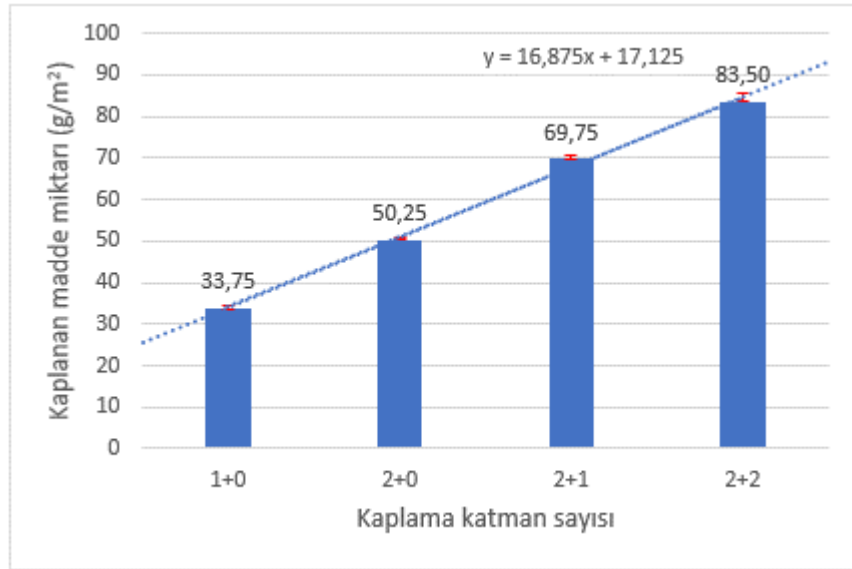
4.5.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları

Şekil 4.15'te, dört farklı kombinasyonda (ön+arka; 1+0, 2+0, 2+1, 2+2) kaplanmış kumaşlara ait kalınlık ölçüm sonuçları grafiksel olarak verilmiştir. Şekil 4.15'teki sonuçlara göre, kaplama katı sayısı arttıkça kumaş yüzeyindeki filmin kalınlığının da arttığı görülmüştür. Başlangıçta 0,30 mm olan kumaş kalınlığı, kaplama kat sayısı arttıkça sırasıyla 0,33 mm (1+0), 0,34 mm (2+0), 0,35 mm (2+1) ve 0,36 mm (2+2) olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, her bir kaplama katmanının kumaş kalınlığını 0,01 mm artırdığını göstermektedir. Grafikte gösterilen eğilim çizgisinden, kalınlık artışının doğrusal olduğu görülmektedir. Yani ilave her kaplama katı kumaş kalınlığını sabit bir miktarda artırmaktadır.



Şekil 4.15. Kaplama kat sayısına göre kumaş kalınlığı değişimi

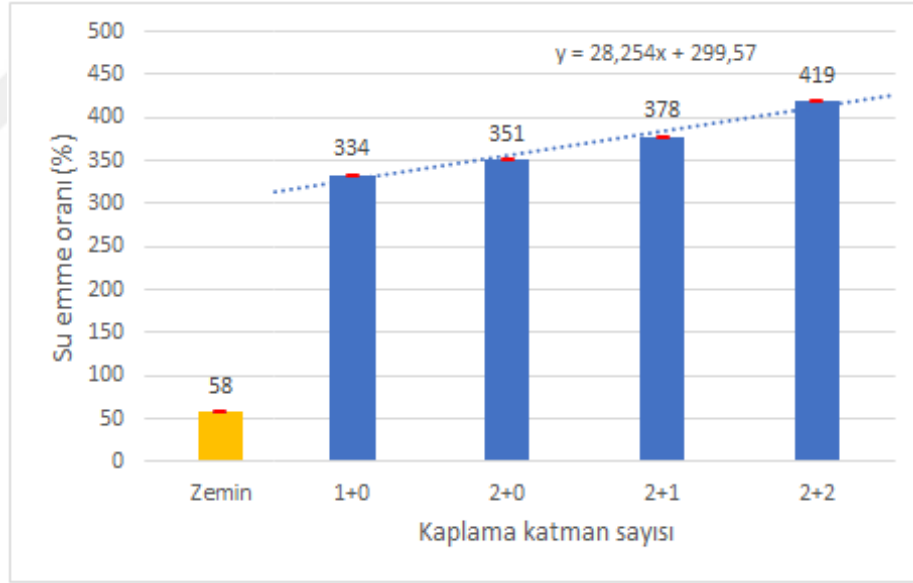
Farklı kat sayısında kaplanmış kumaşlara ait birim alan başına kaplanan madde miktarları Şekil 4.16’da verilmiştir. Grafikteki sonuçlara göre, kaplama katı sayısı arttıkça kumaşa aktırılan malzeme miktarında da doğrusal bir artış meydana geldiği görülmektedir. Ölçülen değerler sırasıyla 33,75 g/m² (1+0), 50,25 g/m² (2+0), 69,75 g/m² (2+1) ve 83,50 g/m² (2+2) olarak kaydedilmiştir. Bu doğrusal artış, her kat uygulamasında kaplama patındaki katı maddelerin kumaş yüzeyine tutunarak biriktiğini göstermektedir.



Şekil 4.16. Kaplama kat sayısına göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

4.5.2. Statik su emme testi sonuçları

Şekil 4.17’de, farklı kat sayısında kaplanmış kumaşlara ait statik su emme oranları gösterilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere, kaplama katı sayısı arttıkça statik su emme oranı da belirgin bir şekilde artmaktadır. Bu artış, kat sayısına bağlı olarak kumaşa aktarılan SEP miktarının artmasıyla açıklanabilir. Kaplamasız kumaşın (zemin) su emme oranı %58 iken, bu oran kaplama katı sayısı arttıkça sırasıyla %334 (1+0), %351 (2+0), %378 (2+1) ve %419 (2+2) seviyelerine yükselmektedir. Bu sonuçlar, kaplama katı sayısının artmasıyla kumaşın statik su emme kapasitesinin önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Kaplamasız kumaşa göre, tek kat kaplamada (1+0) 5,8 kat, dört kat kaplamada (2+2) ise 7,2 kat daha fazla su emildiği görülmektedir. Grafikte yer alan eğilim çizgisi, kaplama katı sayısı ile statik su emme oranı arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuç, kaplama katı sayısını arttırarak kumaşın statik su emme kapasitesini artırabileceğini ortaya koymaktadır.

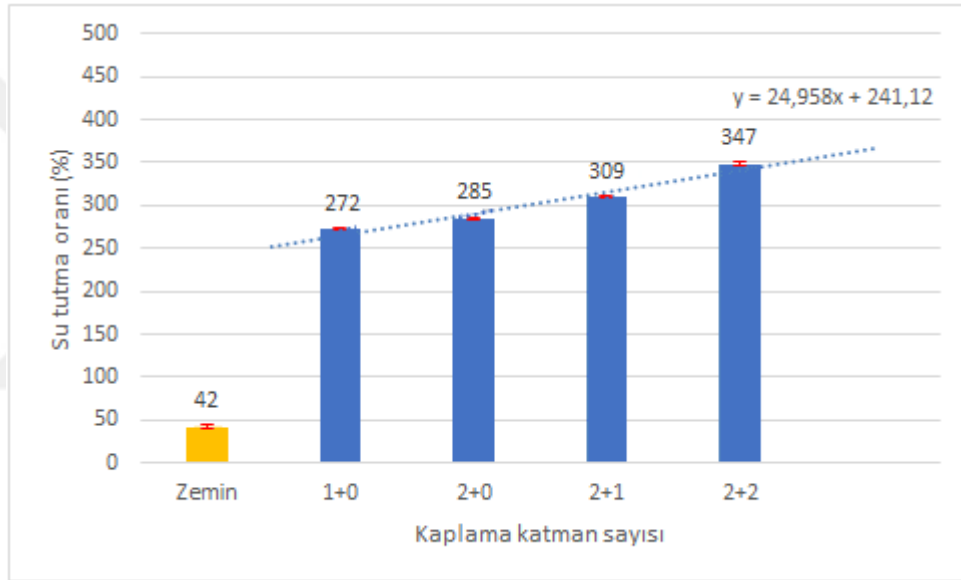


Şekil 4.17. Kaplama kat sayısına göre statik su emme oranı değişimi

4.5.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları

Şekil 4.18'deki grafikte, dört farklı kat sayısında kaplanmış kumaşların statik su emme sonundaki santrifüj su tutma oranları verilmiştir. Grafik, kaplama katı sayısına bağlı olarak kumaşa aktarılan SEP miktarı da arttığından, kumaşların su tutma oranında

belirgin bir artış olduğunu göstermektedir. Santrifüj sonrasında kaplamasız kumaşın (zemin) su tutma oranı %42 iken, bu oran kaplama kat sayısı arttıkça sırasıyla %272 (1+0), %285 (2+0), %309 (2+1) ve %347 (2+2) seviyelerine yükselmektedir. Bu sonuçlar, kaplama katı sayısının artışı ile birlikte kumaşın santrifüj su tutma kapasitesinin de önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Kaplamasız kumaşa göre, tek kat kaplamada (1+0) 6,5 kat, dört kat kaplamada (2+2) ise 8,2 kat daha fazla su tuttuğu görülmektedir. Grafikte yer alan eğilim çizgisi, kaplama katı sayısı ile statik su emme oranı arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu göstermektedir. Bu, kaplama katı sayısını artırarak kumaşın santrifüj su kapasitesinin artırabileceğini göstermektedir.



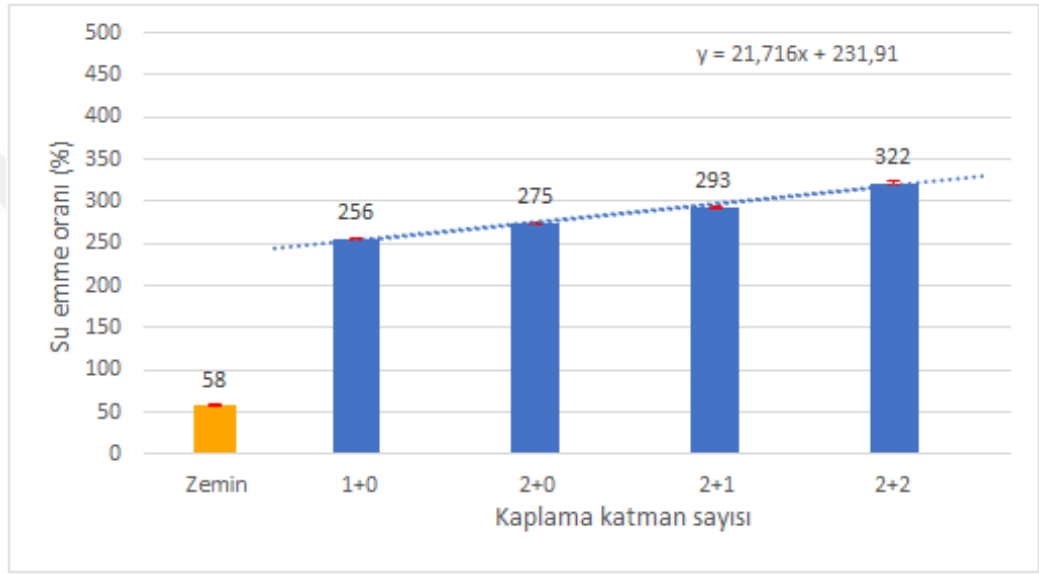
Şekil 4.18. Kaplama kat sayısına göre santrifüj su tutma oranı değişimi

4.5.4. Yük altında su emme testi sonuçları

Şekil 4.19'da farklı kat sayısında kaplanmış kumaşların yük altında su emme oranları gösterilmektedir. Grafikte görüldüğü üzere, kaplama katı sayısı arttıkça yük altında su emme oranı da belirgin bir şekilde artmaktadır. Bu artış miktarı, kat sayısına bağlı olarak kumaşa aktarılan SEP miktarının artışıyla açıklanabilir.

Kaplamasız (zemin) kumaşın su emme oranı %58 olarak ölçülmüştür. Kaplanmış kumaşların su emme oranları, kaplama kat sayısı arttıkça sırasıyla %256 (1+0), %274,54

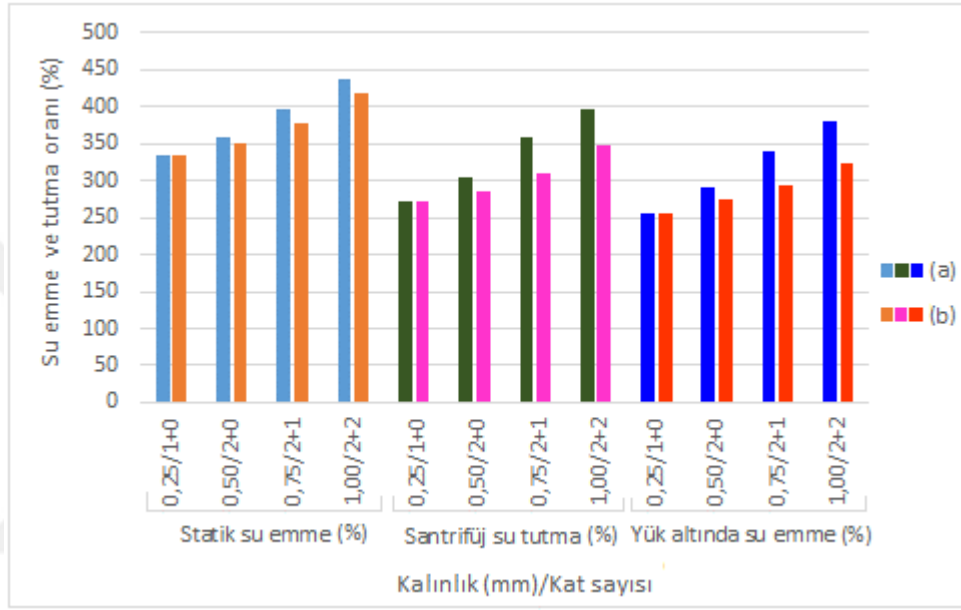
(2+0), %293 (2+1) ve %322 (2+2) seviyelerine yükselmektedir. Bu sonuçlar, kaplama katı sayısının artışı ile birlikte kumaşın yük altında su emme kapasitesinin önemli ölçüde arttığını göstermektedir. Kaplamasız kumaşa göre, tek kat kaplamada (1+0) 4,4 kat, dört kat kaplamada (2+2) ise 5,6 kat daha fazla su emildiği görülmektedir. Grafikte yer alan eğilim çizgisi, kaplama katı sayısı ile yük altında su emme oranı arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu göstermektedir. Bu, kaplama katı sayısını arttırarak kumaşın yük altında su emme kapasitesini artırabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.19. Kaplama kat sayısına göre yük altında su emme oranı değişimi

Şekil 4.20'deki grafikte, statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme oranları, farklı kaplama kalınlıkları ile farklı kat sayıları için karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Genel olarak, her üç özellik için de kaplama kalınlığı/kat sayısı arttıkça değerlerin yükseldiği gözlemlenmektedir. Tek seferde uygulanan kaplama (a) ve çok katlı uygulama (b) arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır; özellikle yüksek kaplama kalınlıklarında, tek seferde uygulanan kaplamanın daha yüksek su emme ve tutma değerleri gösterdiği görülmüştür. En yüksek değerler 1,00/2+2 kaplama kalınlığında/kat sayısında görülürken, en düşük değerler 0,25/1+0 kaplamasında gözlenmektedir. Üç farklı su emme/tutma özelliği arasında benzer eğilimler görülse de, statik su emme değerlerinin genel olarak en yüksek, yük altında su emme değerlerinin ise en düşük olduğu görülmektedir. Tek seferde uygulanan kaplama yönteminin genellikle daha yüksek su emme ve tutma oranlarına sahip olmasının nedeni, çok katlı kaplamalarda her

kat sonrasındaki kurutma işleminin önceki katmanda yer alan polimerlerin çapraz bağlanma derecesini artırmasıdır. Bu durumun çok katlı kaplamalarda su emme ve tutma kapasitesinin katman sayısına paralel bir şekilde artışına engel olabileceği düşünülmektedir. Bu bulgular, SEP kaplama yöntemi ve kalınlığının seçiminin, kaplanmış kumaşın nihai su emme ve tutma özelliklerini önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir.

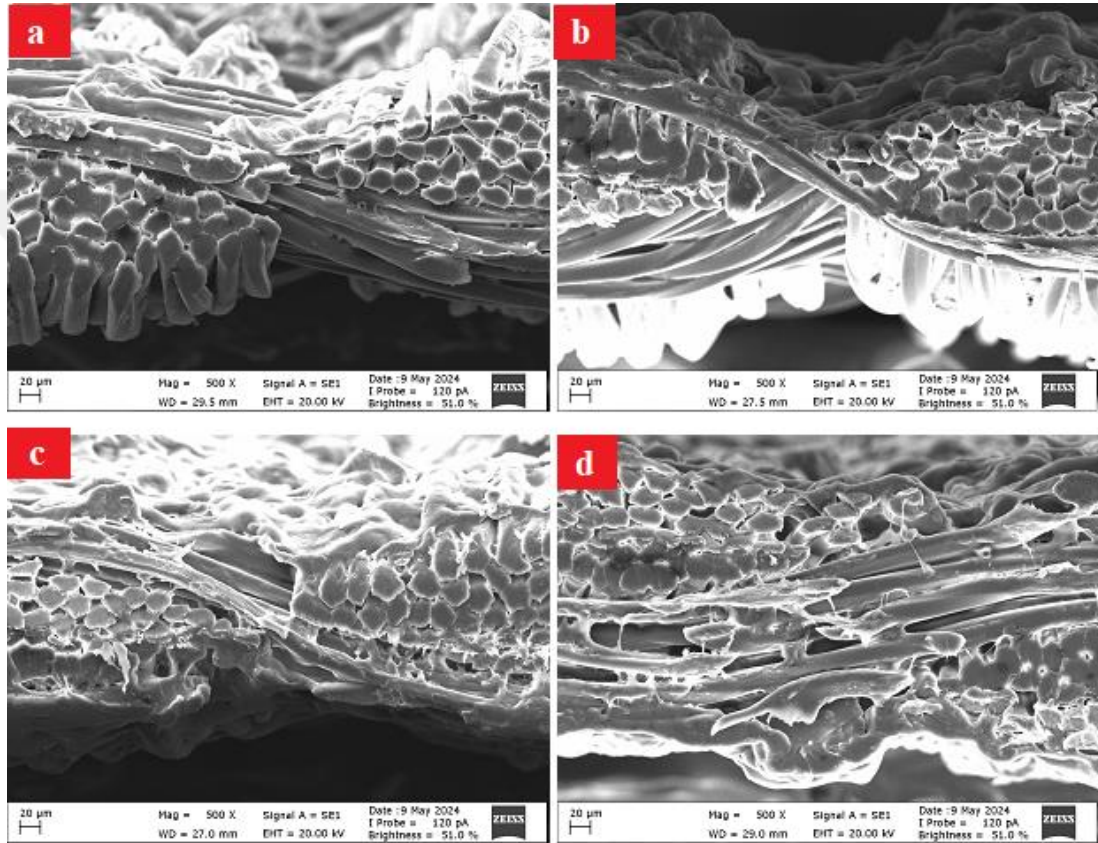


Şekil 4.20. Kaplama yönteminin kumaşın su emme ve tutma özelliklerine etkisi, (a) tek seferde ve (b) çok katlı uygulama arasındaki değişim

4.5.5. SEM analizi sonuçları

Şekil 4.21'de, farklı kaplama kalınlıklarına sahip kumaşların SEM kesit görüntüleri 500x büyütmede verilmiştir. Her bir kaplama katı 0,25 mm kalınlığındadır. Görüntüler sırasıyla (a) ön yüzde 1 kat, (b) ön yüzde 2 kat, (c) ön yüzde 2 kat ve arka yüzde 1 kat, (d) hem ön hem de arka yüzde 2 kat olacak şekilde toz SEP ile kaplanmış kumaşları göstermektedir. Görüntülerde, kaplanan katman sayısı arttıkça kaplama tabakasının yoğunluğunda ve kalınlığında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Şekilde, a'dan d'ye doğru ilerledikçe, kaplama tabakasının kumaş yüzeyini daha fazla kapladığı ve kumaş liflerinin arasına daha derinlemesine nüfuz ettiği (çift taraflı kaplamalarda) görülmektedir. (a) görüntüsünde, tek kat kaplama kumaş yüzeyinde ince bir tabaka oluştururken, (b)'de iki kat kaplama daha

kalın ve yoğun bir tabaka oluşturmuştur. (c)'de ön yüzdeki iki kat kaplamanın yanı sıra arka yüzdeki tek kat kaplama da açıkça görülebilmektedir. (d) görüntüsünde ise hem ön hem de arka yüzde iki kat kaplama uygulanmış olup, kumaşın her iki yüzeyinde de kalın ve yoğun kaplama tabakaları gözlemlenmektedir. Ayrıca, kaplama katmanları arttıkça kumaşın gözenekli yapısının daha fazla doldurulduğu ve lifler arası boşlukların azaldığı dikkat çekmektedir.



Şekil 4.21. Çok katlı (a) ön yüzü (üst) 1 kat, (b) ön yüzü 2 kat, (c) ön yüzü 2 arka yüzü 1 kat ve (d) her iki yüzü 2 kat kaplanmış numunelerin (500×) SEM kesit görüntüleri

4.5.6. İstatistiksel analiz sonuçları

Her katı 0,25 mm olacak şekilde çok katlı olarak kaplanmış kumaşların, statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme test sonuçlarının varyans analizi karşılaştırması Çizelge 4.10'da verilmiştir. Tüm testlerde, kaplama kat sayısının su emme ve tutma özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Tukey HSD sonuçları, tüm testler için 1. kat ile 2., 3. ve 4. katlar arasında; 2. kat ile 3. ve 4. katlar arasında; ve 3. kat ile 4. kat arasında anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır ($p<0,05$).

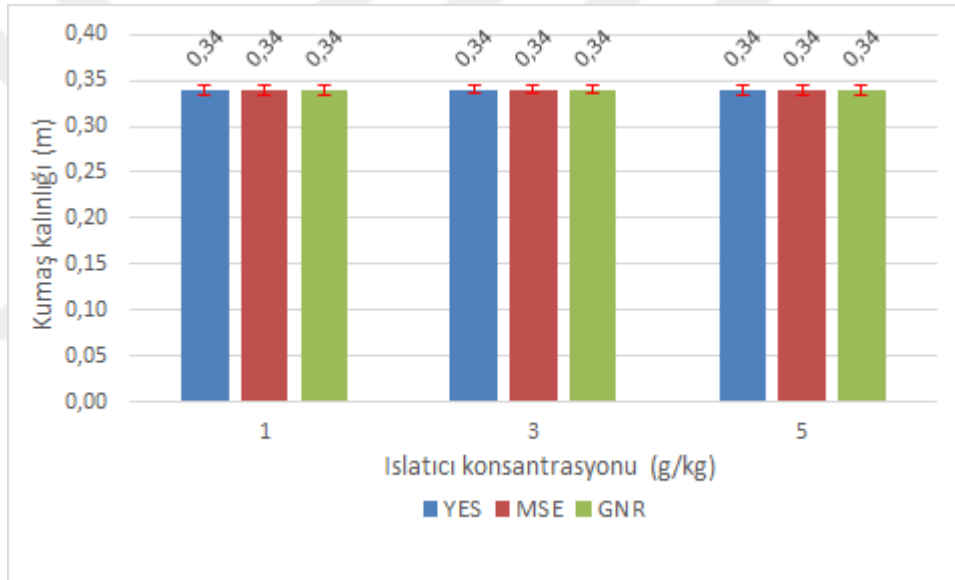
Çizelge 4.10. Çok katlı olarak kaplanmış kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları

| Test Türü | Faktör (kaplama kat sayısı) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|---------------------|-----------------------------|---|-----------|-------|---------|-------|-------------------------------------|
| Statik su emme | 1 | 4 | 333,52 | 1,92 | 1182,86 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3;4 |
| | 2 | | 350,81 | 1,20 | | | |
| | 3 | | 377,80 | 1,88 | | | |
| | 4 | | 418,70 | 3,16 | | | |
| Santrifüj su tutma | 1 | 4 | 272,28 | 1,36 | 1122,10 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3;4 |
| | 2 | | 285,04 | 1,07 | | | |
| | 3 | | 309,36 | 2,13 | | | |
| | 4 | | 347,36 | 2,84 | | | |
| Yük altında su emme | 1 | 4 | 255,59 | 1,640 | 664,64 | <0,05 | 1-2; 1-3; 1-4; 2-3; 2-4; 3;4 |
| | 2 | | 274,54 | 1,440 | | | |
| | 3 | | 292,79 | 2,02 | | | |
| | 4 | | 321,89 | 3,217 | | | |

4.6. Islatici Tür ve Konsantrasyon Çalışmalarına Ait Sonuçlar

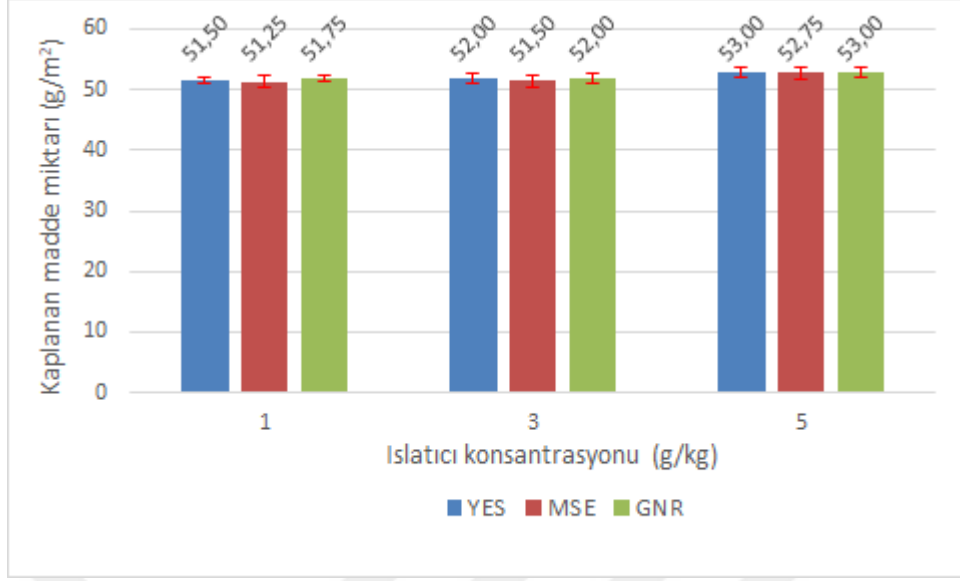
4.6.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları

Şekil 4.22’de farklı ıslatici türlerinin değişen konsantrasyonu ile kaplanmış kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları verilmiştir. Kalınlığı 0,30 mm olan zemin kumaş, farklı tür ıslatici ve farklı konsantrasyonlarda kaplanması sonucunda 0,34 mm kalınlığa ulaşmıştır. Elde edilen sonuçlar, farklı ıslatici türünün ve konsantrasyon artışının kumaşta kalınlık değişimi meydana getirmediğini, dolayısıyla ıslatici tür ve konsantrasyonunun kumaş kalınlığı üzerinde ayırt edilebilir bir etkisinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.22. Islatici türü ve konsantrasyonuna göre kumaş kalınlığı değişimi

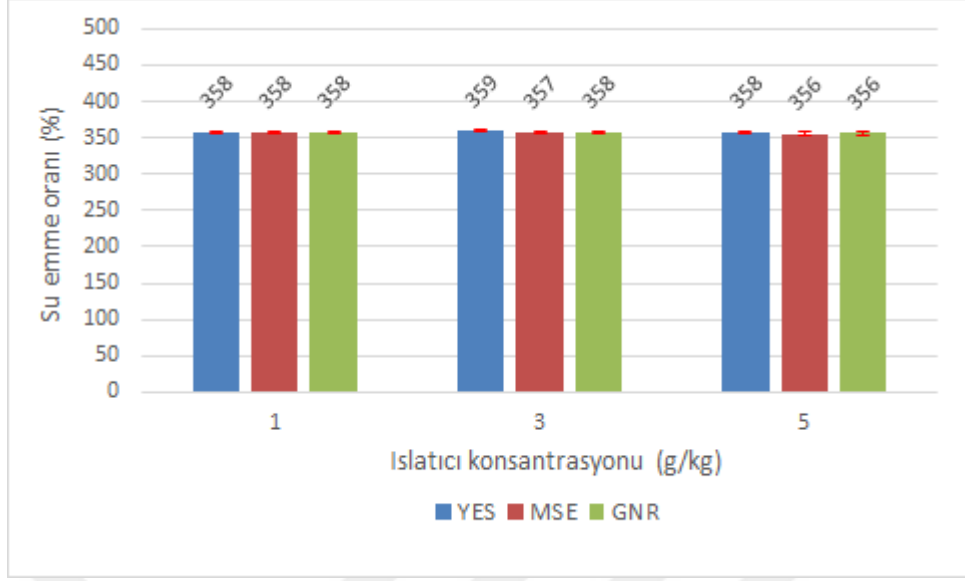
Farklı tür ve konsantrasyonda ıslatici içeren patlarla kaplanmış kumaşların birim alan başına kaplanan madde miktarları Şekil 4.23'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre, her bir konsantrasyonda kendi aralarında belirgin bir fark olmamakla birlikte, 1 ile 5 g/kg konsantrasyon arasında yaklaşık 1,5 g'lık bir artış meydana gelmiştir. Islatici konsantrasyonundaki artış kaplama patının katı madde oranında sınırlı artışlara neden olduğundan kaplanan madde oranındaki bu artış beklenen bir sonuç olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4.23. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

4.6.2. Statik su emme testi sonuçları

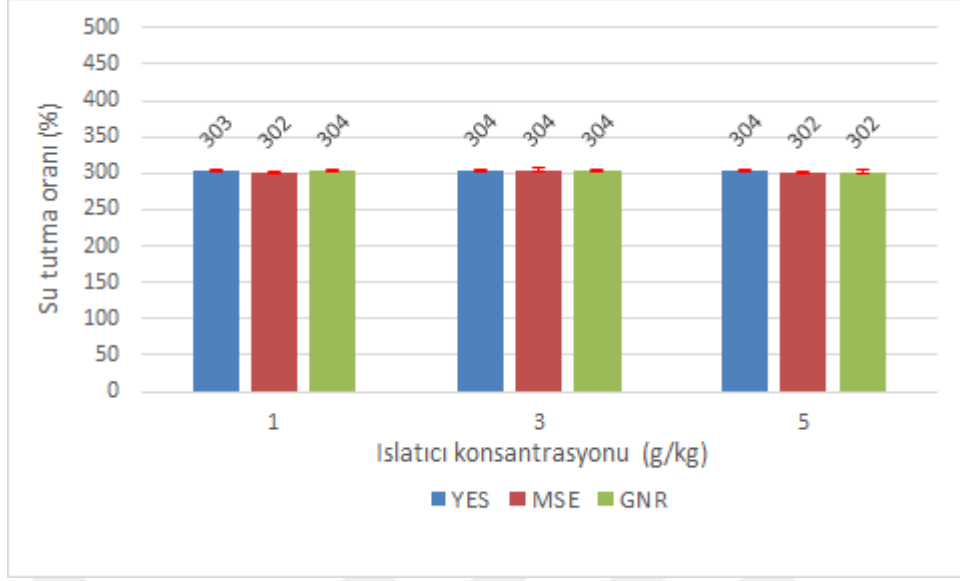
Şekil 4.24'teki grafikte farklı ıslatıcı türü ve konsantrasyonuyla kaplanan kumaşların statik su emme oranları verilmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar arasında belirgin bir fark görünmemektedir. Tüm test sonuçlarında su emme oranı %3556 ile %359 arasında yer almaktadır. Bu sonuçlar, ıslatıcı tür ve konsantrasyonunun statik su emme özelliği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Numunelerin tümünde su emme kapasitesi benzer seviyelerde çıkmıştır. Bu da kullanılan ıslatıcıların ve konsantrasyon değişiminin statik su emme performansı açısından fark oluşturmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.24. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi

4.6.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları

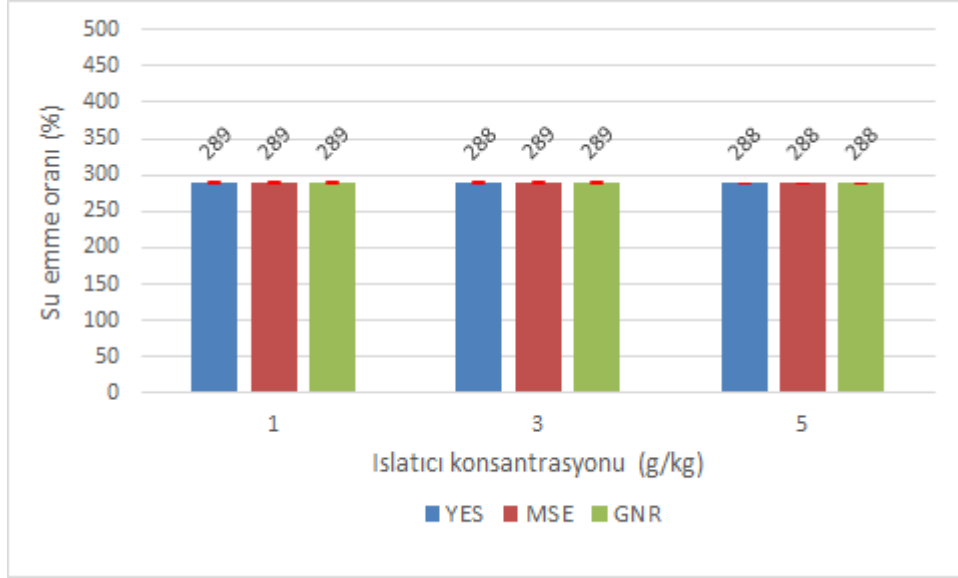
Farklı ıslatıcı türü ve konsantrasyonunda kaplanan kumaşların santrifüj su tutma oranları Şekil 4.25'teki grafikte verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, farklı ıslatıcı türü ve konsantrasyonu arasında su tutma oranı bakımından belirgin bir fark görünmemektedir. Deneysel sonuçlarda kaplanmış kumaşların santrifüj su tutma oranı %302 ile %304 arasında ölçülmüştür. Ortaya çıkan sonuçlar, ıslatıcı türünün ve konsantrasyon değişiminin santrifüj su tutma performansı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.25. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre santrifüj su tutma oranı değişimi

4.6.4. Yük altında su emme testi sonuçları

Şekil 4.26'da, farklı ıslatıcı türü ve konsantrasyonunda kaplanan kumaşların yük altında su emme oranları grafiksel olarak verilmiştir. Yük altında emicilik testi sonuçlarına göre, farklı ıslatıcı türü ve konsantrasyonları arasında belirgin bir fark ortaya çıkmamıştır. Elde edilen sonuçlarda kaplanmış kumaşların yük altında su emme oranı %288 ile %289 arasında yer almaktadır. Elde edilen sonuçlar, ıslatıcı türünün ve konsantrasyon değişiminin yük altında su emme performansı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.



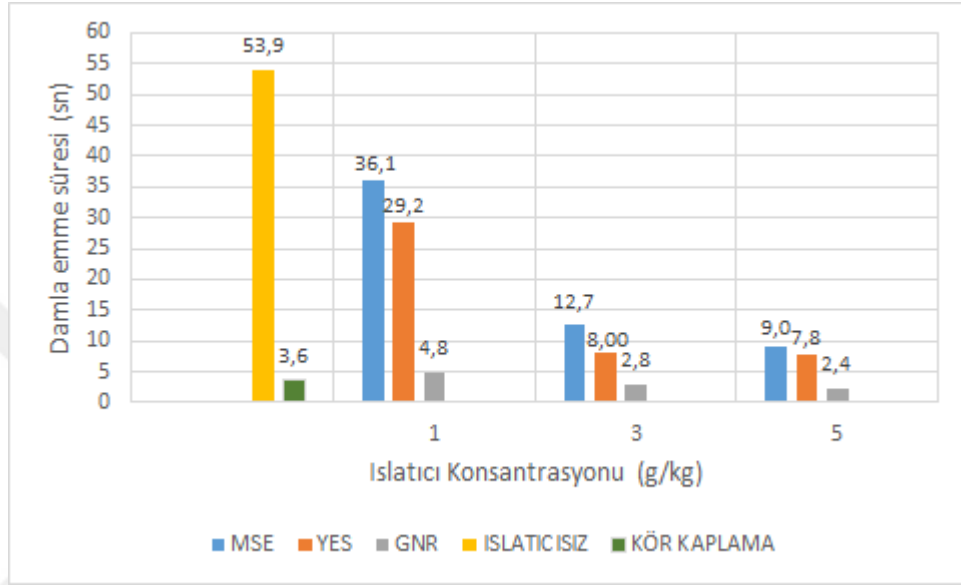
Şekil 4.26. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi

4.6.5. Su emme hızı testi sonuçları

Farklı ıslatıcılarla farklı konsantrasyonlarda kaplanmış kumaşların su emme hızı testi sonuçları Şekil 4.27’de verilmiştir. Islatıcı ilavesiz pat ile kaplanmış kumaşın su emme süresi 53,9 sn. iken, kör kaplama yapılmış (sadece SEP+Su) kumaşın su emme süresi 3,6 sn. olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, kaplanmış kumaşlarda su emme hızının belirgin şekilde düşmesinin kaplama patına ilave edilen binder ve çapraz bağlayıcıdan kaynaklandığını açık şekilde ortaya koymaktadır. Zira, bunları içermeyen kör kaplama referansının 3,6 sn. gibi çok hızlı bir su emme hızına sahip olduğu halde bunları içeren ıslatıcısız numunelerde emme hızı yaklaşık 15 kat yavaşlamaktadır.

Şekil 4.27’deki sonuçlar, ıslatıcı ilavesinin SEP kaplanmış kumaşların su emme hızını belirgin şekilde artırdığını, ıslatıcı konsantrasyonu arttıkça numunelerin damla emilme sürelerinin de önemli derecede azaldığını ortaya koymaktadır. Kaplama patına en yüksek konsantrasyonda (5 g/kg) ilave edilen ıslatıcılardan en iyi sonucu anyonik yapıdaki Ruowet GNR olan ıslatıcı sağlamıştır. Diğer noniyonik yapıdaki ıslatıcıların (Ruowet MSE/ Rucogen YES) kullanıldığı kaplamalardan elde edilen numunelerin de ıslatıcısız numuneye göre su emme hızlarında belirgin bir iyileşme olduğu görülmüştür. Anyonik ıslatıcının yapısındaki sülfonat grupları, polar yapıdaki su molekülleri ile güçlü elektrostatik etkileşimler oluştururken; noniyonik ıslatıcıların yapısındaki yağ alkolü

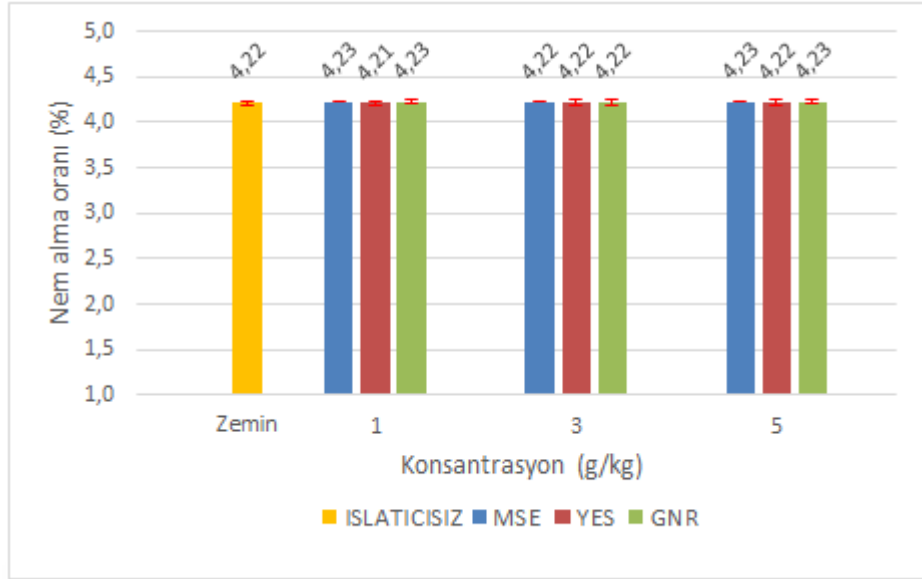
etoksilat grupları su ile sadece hidrojen bağları üzerinden etkileşim göstermektedir. Bu farklı etkileşim mekanizmaları, ıslatıcıların SEP kaplamalardaki performans farklarını etkilediği düşünülmektedir. Islatıcısız kaplanan numune ile kaplama patına 5 g/kg Ruowet GNR ilave edilerek kaplanan kumaşın su emme hızında yaklaşık 22 kat artış meydana gelmiştir.



Şekil 4.27. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre su emme süresi değişimi

4.6.6. Nem alma testi sonuçları

Polyester liflerinin nem çekme özelliği çok düşük olup bu oran standart şartlarda %0,4-0,8 arasında değişmektedir. Standart atmosfer koşullarında (%65±2 - 20°C±2) kondisyonlanan SEP kaplanmış kumaşların nem alma sonuçları Şekil 4.28'de verilmiştir. Islatıcı içeren veya içermeyen tüm numunelerin nem alma oranlarında yaklaşık 10 kata varan bir nem artışı görülmüş olup, kaplama patına ıslatıcı ilavesinin SEP kaplamaların nem alma oranlarında dikkate değer bir etkisinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.28. Islatıcı türü ve konsantrasyonuna göre nem alma oranı değişimi

4.6.7. İstatistiksel analiz sonuçları

Üç farklı ıslatıcı türünün üç farklı konsantrasyonunda kaplanmış kumaşların 30 dakikadaki statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme testi sonuçlarının iki yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Varyans analizi sonuçları, farklı ıslatıcı türü ve konsantrasyonunu içeren SEP kaplanmış kumaşların, statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme oranları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir ($p>0,05$). Ayrıca ıslatıcı türü ve konsantrasyonu birlikte göz önüne alındığında da su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme oranları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir ($p>0,05$).

Çizelge 4.11. Su emme ve tutma oranı üzerine konsantrasyon ve ıslatıcı türünün etkisinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

| Test Türü | Faktör | KT | SD | KO | F | p |
|--------------------|----------------------------------|-------|----|------|------|-------|
| Statik su emme (%) | Konsantrasyon (g/kg) | 11,69 | 2 | 5,84 | 1,77 | >0,05 |
| | Islatıcı türü | 14,17 | 2 | 7,09 | 2,15 | >0,05 |
| | Konsantrasyon * Islatıcı türü | 4,93 | 4 | 1,23 | 0,37 | >0,05 |

Çizelge 4.11. Su emme ve tutma oranı üzerine konsantrasyon ve ıslatıcı türünün etkisinin iki yönlü varyans analizi sonuçları (devam)

| | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|-------|---|------|------|-------|
| Santrifüj su tutma (%) | Konsantrasyon (g/kg) | 16,05 | 2 | 8,03 | 2,74 | >0,05 |
| | Islatıcı türü | 9,51 | 2 | 4,76 | 1,62 | >0,05 |
| | Konsantrasyon * Islatıcı türü | 16,03 | 4 | 4,01 | 1,37 | >0,05 |
| Yük altında su emme (%) | Konsantrasyon (g/kg) | 4,57 | 2 | 2,28 | 1,72 | >0,05 |
| | Islatıcı türü | 1,88 | 2 | 0,94 | 0,71 | >0,05 |
| | Konsantrasyon * Islatıcı türü | 2,58 | 4 | 0,64 | 0,49 | >0,05 |

Farklı ıslatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme oranı ve tutma üzerine etkisinin çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Tukey HSD analiz sonuçları, ne konsantrasyon seviyeleri arasında ne de ıslatıcı türleri arasında su emme oranı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.12. Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve tutma oranı üzerine etkisinin Tukey HSD sonuçları

| Test türü | Faktör | Konsantrasyon (g/kg)/Tür | N | \bar{X} | SS | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|------------------------|---------------|--------------------------|----|-----------|------|-------------------------------------|
| Statik su emme (%) | Konsantrasyon | 1 | 12 | 357,91 | 1,37 | a |
| | | 3 | | 357,98 | 1,86 | a |
| | | 5 | | 356,73 | 2,12 | a |
| | Islatıcı Türü | YES | | 358,33 | 1,42 | a |
| | | MSE | | 356,79 | 2,06 | a |
| | | GNR | | 357,49 | 1,83 | a |
| Santrifüj su tutma (%) | Konsantrasyon | 1 | | 302,79 | 1,61 | a |
| | | 3 | | 303,97 | 1,73 | a |
| | | 5 | | 302,40 | 1,99 | a |
| | Islatıcı Türü | YES | | 303,71 | 1,53 | a |
| | | MSE | | 302,98 | 2,13 | a |
| | | GNR | | 302,46 | 1,8 | a |

Çizelge 4.12. Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve tutma oranı üzerine etkisinin Tukey HSD sonuçları (devam)

| | | | | | |
|-------------------------|---------------|-----|--------|------|---|
| Yük altında su emme (%) | Konsantrasyon | 1 | 288,74 | 1,12 | a |
| | | 3 | 288,97 | 1,48 | a |
| | | 5 | 288,13 | 0,45 | a |
| | Islatıcı Türü | YES | 288,29 | 0,95 | a |
| | | MSE | 288,76 | 1,25 | a |
| | | GNR | 288,79 | 1,2 | a |

a: Her ıslatıcı türü ve konsantrasyonu için aynı sütundaki (Anlamlılık) aynı harfi paylaşan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$).

Konsantrasyon, ıslatıcı türü ve bunların etkileşimi için su emme süresi (emicilik) testinin iki yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçları, farklı ıslatıcı türü ve konsantrasyonuna göre SEP kaplanmış kumaşların, su emme süreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$). Elde edilen veriler, konsantrasyon ($F=6765,37$) ve ıslatıcı türünün ($F = 5189,60$) su emme süresinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca, konsantrasyon ve ıslatıcı türü arasında güçlü bir etkileşim mevcuttur ($F = 1314,76$). F değerlerinin çok yüksek olması, faktörlerin emicilik üzerinde çok büyük etkileri olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, hem konsantrasyonun hem de ıslatıcı türünün emicilik üzerinde önemli etkileri olduğunu ve bu etkilerin birbirlerine bağlı olduğunu (etkileşim) göstermektedir. Analiz sonuçları, SEP kaplamada, su emme hızı özelliklerini optimize etmek için hem konsantrasyon hem de ıslatıcı türü seçiminin kritik olduğunu ve bu iki faktörün birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Çizelge 4.13. Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme süresine etkisinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

| Test Türü | Faktör | KT | SD | KO | F | p |
|------------------------|----------------------------------|---------|----|---------|---------|--------|
| AATC-79 emicilik testi | Konsantrasyon (g/kg) | 5312,07 | 2 | 2656,03 | 6765,37 | < 0,05 |
| | Islatıcı türü | 4081,87 | 2 | 2040,93 | 5189,60 | < 0,05 |
| | Konsantrasyon * Islatıcı türü | 2064,67 | 4 | 516,17 | 1314,76 | < 0,05 |

Çizelge 4.14'te, ıslatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme süresine etkisini gösteren Tukey HSD test sonuçları verilmiştir. AATC-79 emicilik testi sonucunda elde edilen

veriler, hem konsantrasyon hem de ıslatıcı türünün su emme süresi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Konsantrasyon açısından, 1 g/kg, 3 g/kg ve 5 g/kg seviyeleri arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Benzer şekilde, ıslatıcı türleri MSE, YES ve GNR arasında da belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Tukey HSD testi sonuçlarına göre, tüm konsantrasyon seviyeleri ve ıslatıcı türleri birbirinden anlamlı şekilde farklıdır. Bu sonuçlar, hem konsantrasyonun hem de ıslatıcı türünün su emme süresi üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu ve bu faktörlerin su emme süresi performansını optimize etmede kritik rol oynadığını göstermektedir.

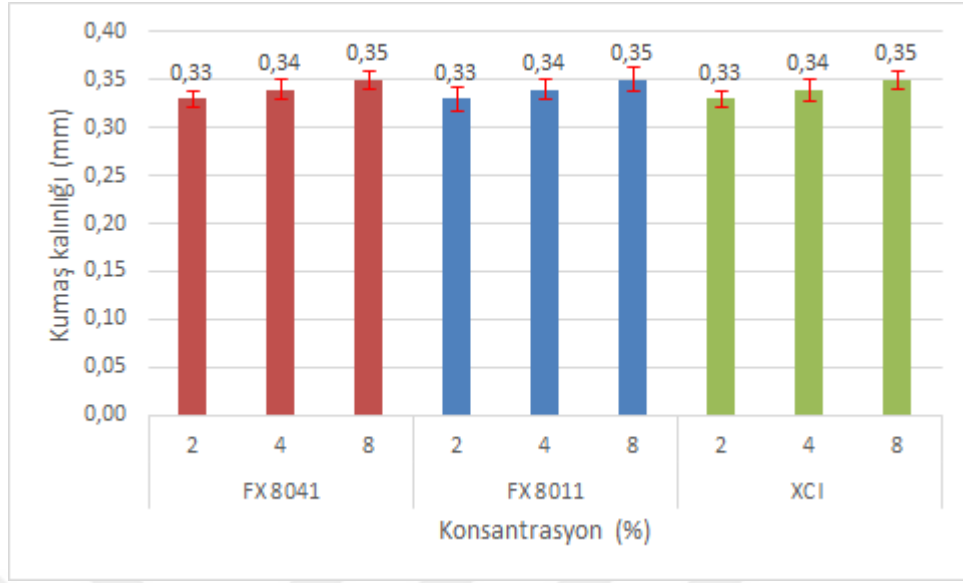
Çizelge 4.14. Islatıcı türü ve konsantrasyonunun su emme süresine etkisinin varyans analizi Tukey HSD sonuçları

| Test türü | Faktör | Konsantrasyon (g/kg)/Tür | N | \bar{X} | SS | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|------------------------|---------------|--------------------------|----|-----------|-------|-------------------------------------|
| AATC-79 emicilik testi | Konsantrasyon | 1 | 30 | 23,37 | 13,67 | 1-3,1-5,3-5 |
| | | 3 | | 7,83 | 4,16 | |
| | | 5 | | 6,40 | 2,97 | |
| | Islatıcı Türü | YES | | 15,00 | 10,23 | YES-MSE, YES-GNR, MSE-GNR |
| | | MSE | | 19,27 | 12,23 | |
| | | GNR | | 3,33 | 1,18 | |

4.7. Çapraz Bağlayıcı Tür ve Konsantrasyonu Çalışmalarına Ait Sonuçlar

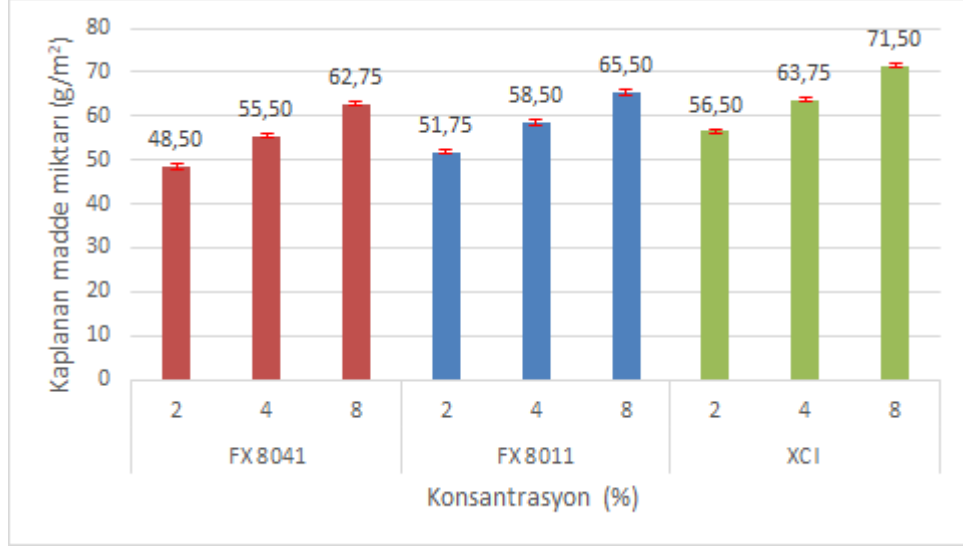
4.7.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları

Şekil 4.29'da, farklı türdeki çapraz bağlayıcıların çeşitli konsantrasyonunda hazırlanan patlarla kaplanmış kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları verilmiştir. 0,30 mm kalınlığa sahip olan zemin kumaş, kaplama sonrasında her çapraz bağlayıcı türünde konsantrasyona bağlı olarak 0,01 mm'lik artış göstermiştir. Kurutma işlemi sonunda suyun buharlaşması ile geriye kalan SEP polimerleri ve diğer reçete bileşenleri kumaş yüzeyinde son derece ince bir katman oluşturduğundan ve kısmen de kumaşın içerisindeki boşluklara doğru bir penetrasyon söz konusu olduğundan kaplama işlemi sonucunda kumaş kalınlığında meydana gelen artışın az olması makul görünmektedir.



Şekil 4.29. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre kumaş kalınlığı değişimi

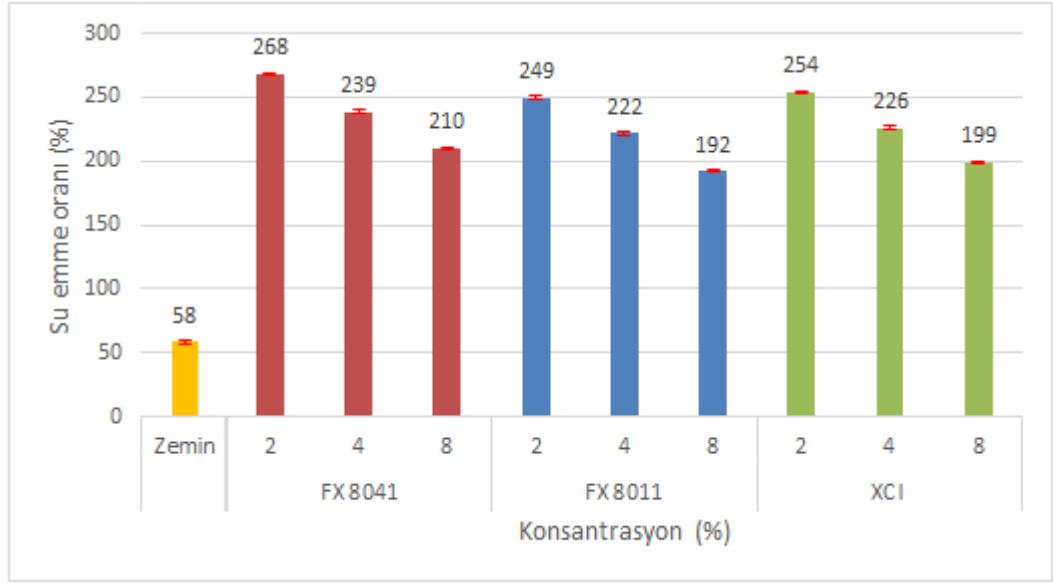
Kaplanmış kumaşların birim alan başına kaplanan madde miktarı sonuçları Şekil 4.30'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, konsantrasyon artışına bağlı olarak birim alan başına zemin yüzeye aktarılan madde miktarı da artış göstermektedir. Konsantrasyon arttıkça kaplama patının katı madde oranı da arttığından bu durum beklenen bir sonuçtur. Aynı zamanda farklı çapraz bağlayıcıların benzer konsantrasyonuna ait birim alan başına aktarılan madde miktarı değerleri arasında da belirgin farklılıkların olduğu görülmektedir. Bu değişikliğin kaynağının, her bir çapraz bağlayıcının yoğunluğu ve içerdiği katı madde oranı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çapraz bağlayıcıların yoğunlukları sırasıyla FX8041'in $1,04 \text{ g/cm}^3$, FX8011'in $1,10 \text{ g/cm}^3$, XCI'nin $1,16 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Yani, çapraz bağlayıcıların yoğunluğu, birim alan başına kaplanan malzeme miktarı üzerinde etkili bir faktör olarak görünmektedir.



Şekil 4.30. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

4.7.2. Statik su emme testi sonuçları

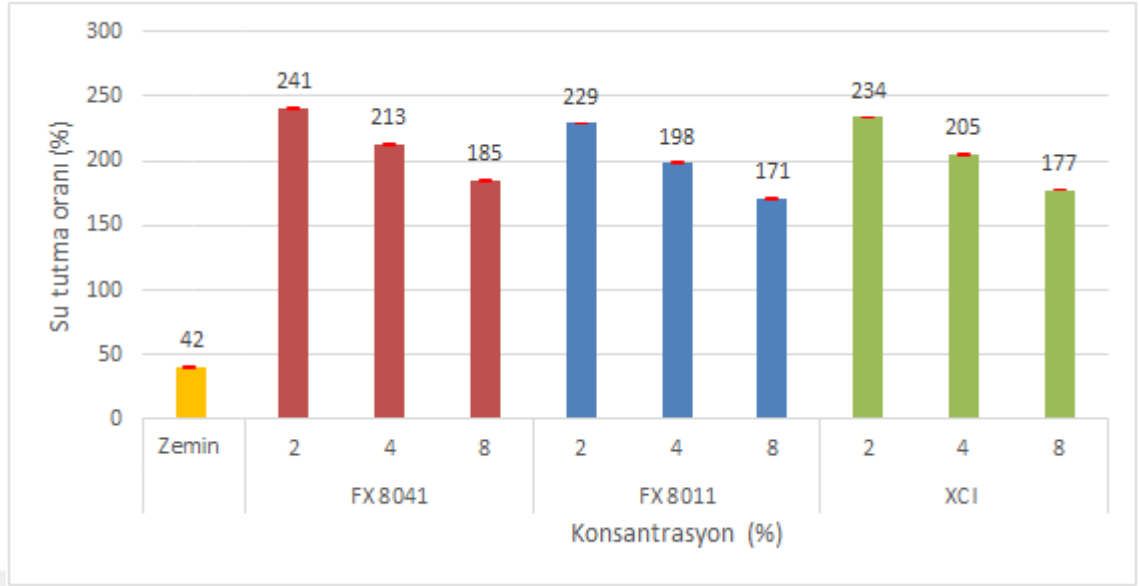
Farklı türdeki çapraz bağlayıcıların çeşitli konsantrasyonlarda kullanılmasıyla hazırlanan patlarla kaplanmış kumaşların statik su emme ölçüm sonuçları Şekil 4.31'deki grafikte sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar, çapraz bağlayıcının türüne ve konsantrasyonunun artışına bağlı olarak, su emme oranlarında bir azalma olduğunu göstermektedir. Tüm konsantrasyonlarda en yüksek su emme oranları sırasıyla FX8041, XCI ve FX8011 çapraz bağlayıcı içeren kaplamalarda ölçülmüştür. Bu durumun, kurutma-fiksaj işlemlerinden sonra oluşan ve SEP parçacıklarının kumaşa bağlayan binder filminin daha yoğun çapraz bağlanmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Zira, çapraz bağlama yoğunluğu arttıkça suyun SEP parçacıklarına ulaşmasının ve dolayısıyla şişmenin kısıtlanması beklenen bir durumdur. Genel olarak çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun numunelerin su emme kapasiteleri üzerine etkisi olduğu görülmüştür.



Şekil 4.31. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi

4.7.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları

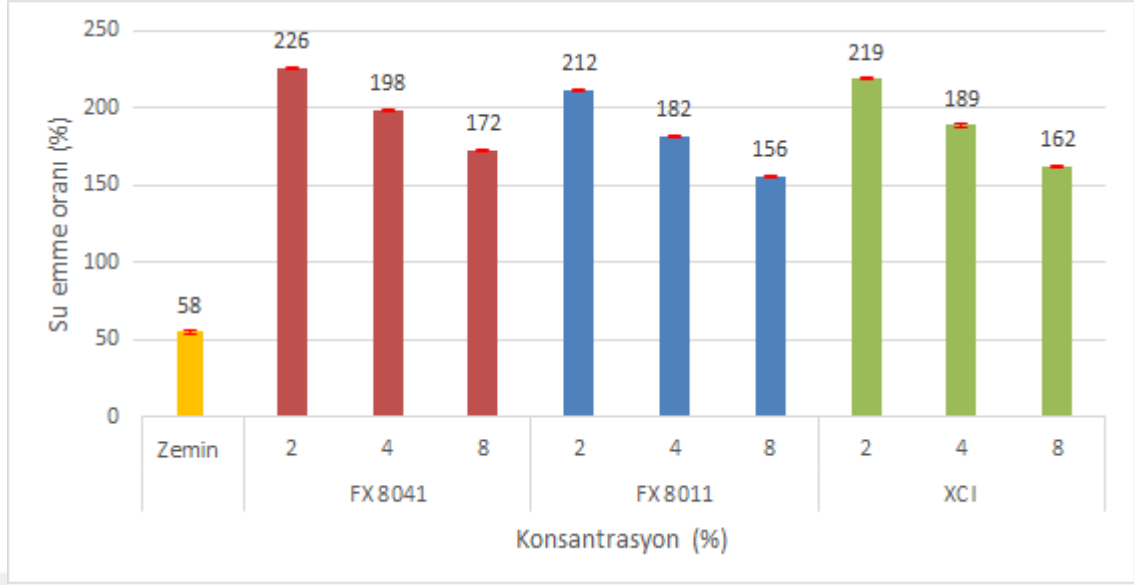
Farklı çapraz bağlayıcılar ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelerin santrifüj su tutma testi sonuçları Şekil 4.32’de verilmiştir. Şekilde gösterilen santrifüj su tutma testi sonuçlarına göre, farklı çapraz bağlayıcı türleri ve konsantrasyonlarının numunelerin su tutma kapasitesini azalttığı görülmüştür. Özellikle, çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak su emme oranlarında da benzer bir eğilim gözlemlenmiştir. Farklı çapraz bağlayıcıların %2, %4 ve %8 konsantrasyonda kaplanmış numunelerin su tutma kapasiteleri karşılaştırıldığında, aynı konsantrasyonda en yüksek su tutma kapasitesi, FX 8041 çapraz bağlayıcısı ile kaplanmış numunelerde, en düşük su tutma kapasitesi ise FX 8011 çapraz bağlayıcısı ile kaplanmış numunelerde ölçülmüştür. Bu sonuçlar, çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun numunelerin su tutma kapasiteleri üzerinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir.



Şekil 4.32. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre santrifüj su tutma oranı değişimi

4.7.4. Yük altında su emme testi sonuçları

Farklı türdeki çapraz bağlayıcıların çeşitli konsantrasyonlarda kullanılmasıyla hazırlanan patlarla kaplanmış kumaşların yük altında su emme oranı sonuçları Şekil 4.33'te sunulmuştur. Elde edilen test sonuçlarına göre, farklı çapraz bağlayıcı türleri ve konsantrasyonlarının numunelerin yük altında su emme kapasiteleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğu görülmüştür. Farklı çapraz bağlayıcıların %2, %4 ve %8 konsantrasyonda kaplanmış numunelerin su emme kapasiteleri karşılaştırıldığında, en yüksek su tutma kapasitesi, FX 8041 çapraz bağlayıcısı ile kaplanmış numunelerde, en düşük su tutma kapasitesi de FX 8011 çapraz bağlayıcısı ile kaplanmış numunelerde ölçülmüştür. Bu sonuçlar da, çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun numunelerin yük altında su emme kapasitesini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir.



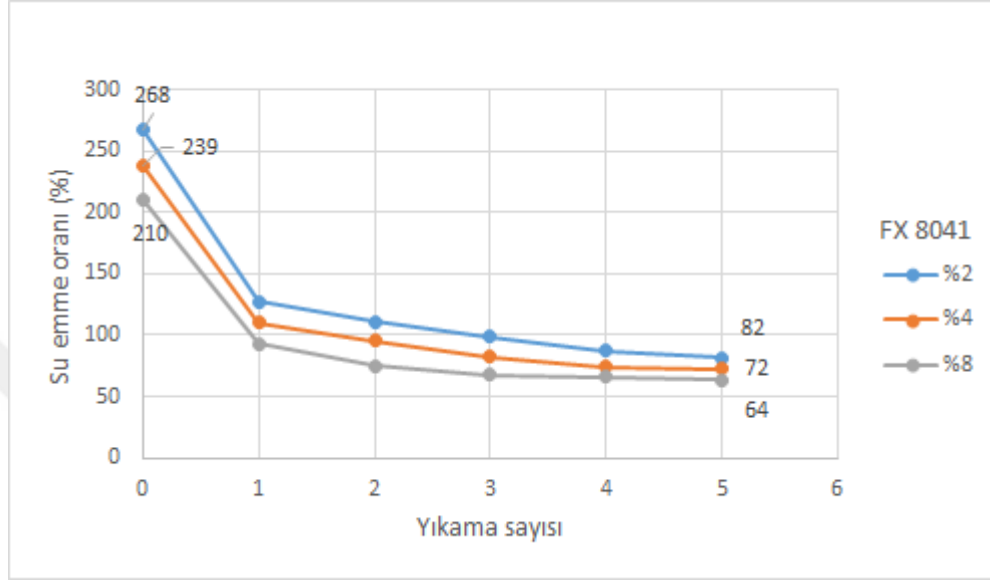
Şekil 4.33. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi

4.7.5. Yıkama testi sonuçları

Kullanılan farklı çapraz bağlayıcıların üç konsantrasyonu için beş tekrarlı yıkama işlemi sonrasında statik su emme testi sonuçları ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Ruco-Coat FX8041 çapraz bağlayıcı kullanılan numunelerin yıkama testleri sonucunda statik su emme oranındaki değişim Şekil 4.34'te verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere ilk yıkama sonunda su emme oranında büyük bir düşme (yaklaşık %54'lük) meydana gelmiş ve daha sonraki yıkamalarda bu düşme oranı azalarak devam etmiştir. Meydana gelen düşme oranlarının her 3 konsantrasyon için de birbirlerine paralel şekilde gerçekleştiği görülmektedir. İlk yıkamada su emme oranında meydana gelen belirgin düşüş, kaplanmış kumaş yüzeyinde serbest veya gevşek tutunmuş halde yüksek oranda SEP taneciği olduğuna ve ilk yıkama sonucunda bunları büyük oranda uzaklaştığına işaret etmektedir. Başlangıç su emme oranına göre beşinci yıkama sonucunda üç konsantrasyon için de su emme oranında ortalama %70'lik bir azalma olduğu görülmüştür. Kaplanmamış zemin kumaşın %58'lik başlangıç su emme oranı referans alındığında, beş tekrarlı yıkama sonrasında bile kaplanmış numunelerin su emme kapasitesinde çeşitli oranlarda artışların olduğu gözlemlenmiştir. Bu artışlar, çapraz bağlayıcı konsantrasyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermiştir: %2'lik konsantrasyonda kaplanan numunelerde %41'lik bir artış

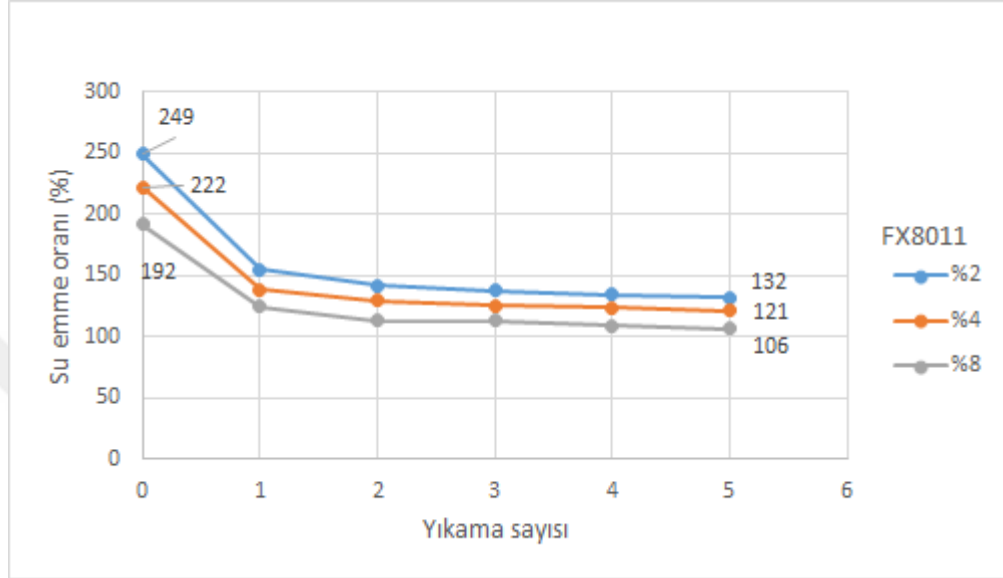
kaydedilirken, %4'lük konsantrasyonda bu artış %25'e, %8'lik konsantrasyonda ise %10'a gerilemiştir. Bu sonuçlar, çapraz bağlayıcı konsantrasyonunun artmasıyla birlikte su emme kapasitesinin düşmesine rağmen, yıkama dayanımının (kalıcılığın) artması yönünde belirgin bir katkısının olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.34. Ruco-Coat FX8041 yıkama testi sonucu su emme oranları

Şekil 4.35'te, Ruco-Coat FX8011 çapraz bağlayıcı kullanılan numunelerin yıkama testleri sonucunda statik su emme oranındaki değişim verilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere çapraz bağlayıcı olarak FX8011 içeren pat ile kaplanmış kumaşlarda da ilk yıkamadan sonra su emme oranında büyük bir düşme meydana gelmiş ve daha sonraki yıkamalarda bu düşme oran azalarak devam etmiştir. Düşme oranlarının her 3 konsantrasyon için de birbirlerine paralel şekilde meydana geldiği görülmektedir. Numunelerin 3 konsantrasyon için de su emme oranında ilk yıkamada yaklaşık %37'lik bir düşme meydana gelmiştir. Başlangıç su emme oranına göre beşinci yıkama sonucunda üç konsantrasyon için su emme oranında ortalama %46'lık bir azalma meydana gelmiştir. Beş tekrarlı yıkama işlemi sonrasında, kaplanmış numunelerin su emme performansı, %58'lik başlangıç su emme oranına sahip kaplanmamış zemin kumaşla karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler, çapraz bağlayıcı konsantrasyonunun su emme kapasitesi üzerindeki etkisini net bir şekilde ortaya koymaktadır. %2 konsantrasyonunda kaplanan numuneler %132'lik bir su emme artışı göstermiş, bu oran %4'lük konsantrasyonda %121'e düşmüş,

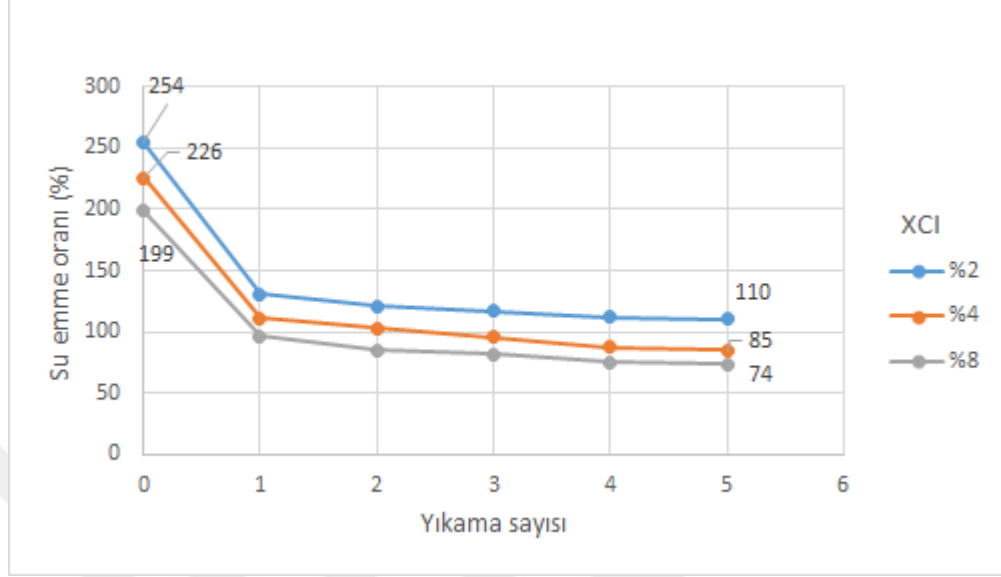
%8'lik konsantrasyonda ise daha da azalarak %106 seviyesine inmiştir. Deneysel sonuçlar, çapraz bağlayıcı konsantrasyonunun artmasıyla birlikte su emme kapasitesinin düşmesine rağmen, FX8011 çapraz bağlayıcısının da yıkama dayanımının (kalıcılığın) artışı yönünde belirgin bir katkısının olmadığını ortaya koymaktadır.



Şekil 4.35. Ruco-Coat FX8011 yıkama testi sonucu su emme oranları

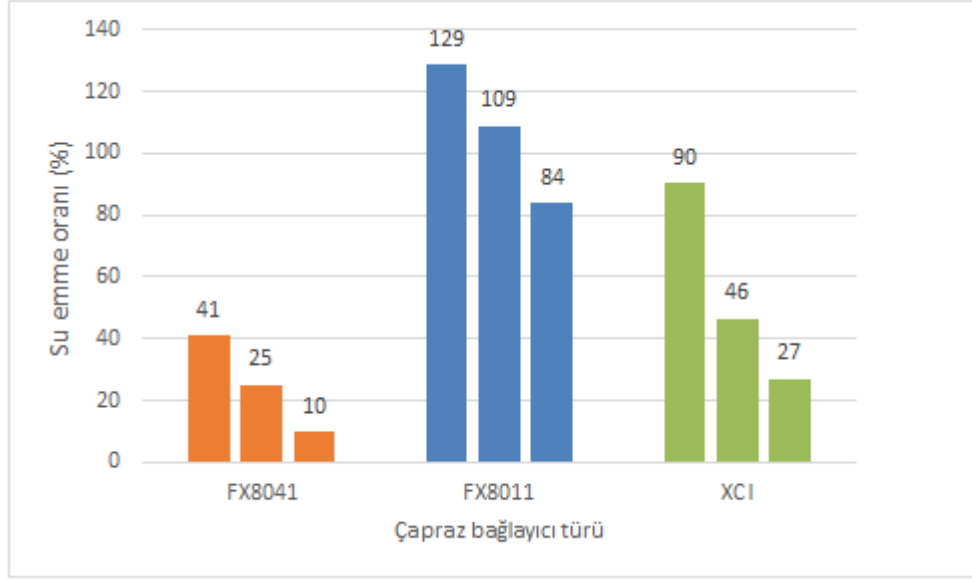
Edolan Tanalink XCI çapraz bağlayıcının yıkama testleri sonucunda statik su emme oranındaki değişim Şekil 4.36'da verilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere diğer iki çapraz bağlayıcıda olduğu gibi ilk yıkama sonunda su emme oranında büyük bir düşme (yaklaşık %50'lik) meydana gelmiş ve daha sonraki yıkamalarda bu düşme oranı azalarak devam etmiştir. İlk yıkamada su emme oranında meydana gelen belirgin düşüş, kaplanmış kumaş yüzeyinde serbest veya gevşek tutunmuş halde yüksek oranda SEP taneciği olduğuna ve ilk yıkama sonucunda bunun büyük oranda uzaklaştığına işaret etmektedir. Başlangıç su emme oranına göre beşinci yıkama sonucunda 3 konsantrasyon için de su emme oranında ortalama %61'lik bir azalma meydana geldiği görülmüştür. Beş tekrarlı yıkama işlemi sonunda, kaplanmış numunelerin su emme kapasitesindeki artış, kaplanmamış zemin kumaşın %58'lik başlangıç su emme oranına kıyasla %2'lik konsantrasyonda kaplanan kumaşlarda %90'lık bir artış kaydedilirken, %4'lük konsantrasyonda bu artış %46'ya gerilemiş, %8'lik konsantrasyonda ise daha da azalarak %27 seviyesine gerilemiştir. Yapılan analizler, Tanalink XCI çapraz bağlayıcısının artan konsantrasyonuyla birlikte

su emme kapasitesini düşürdüğünü, ancak diğer iki bağlayıcıya benzer şekilde yıkama dayanımını iyileştirme konusunda önemli bir etki göstermediğini ortaya koymuştur.



Şekil 4.36. Edolan Tanalink XCI yıkama testi sonucu su emme oranları

Farklı çapraz bağlayıcıların 3 farklı konsantrasyonunu içeren pat ile kaplanan kumaşların beş tekrarlı yıkama testleri sonucunda zemin kumaşa oranla su emme artış oranları Şekil 4.37’de toplu olarak verilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, yıkamaya en dayanıklı olan çapraz bağlayıcılar sırasıyla Ruco-Coat FX8011, Edolan XCI ve Ruco-Coat FX8041 olarak görülmüştür. Sonuçlar, yıkama sonrasında düşük konsantrasyondaki reçetelerden elde edilen numunelerin su emme oranlarının daha yüksek olduğunu, çapraz bağlayıcı konsantrasyonu arttıkça su emme oranlarının azaldığını göstermiştir. Aynı durum yıkama öncesindeki statik su emme oranlarında da görülmüştür (Şekil 4.31). Statik su emme testinde en fazla su emme oranına sahip olan FX8041 çapraz bağlayıcısı içeren kaplamaların, yıkama testi sonunda en düşük su emme oranına sahip olduğu görülmüştür. Çapraz bağlayıcı tür ve konsantrasyonunun su emme oranına etki ettiği görülmüştür. Bu durum, çapraz bağlama maddelerinin konsantrasyonu arttıkça SEP parçacıklarını yüzeye daha fazla bağlamasıyla açıklanabilir.



Şekil 4.37. Beş tekrarlı yıkama sonunda kaplamasız kumaşa göre su emme oranı

4.7.6. İstatistiksel analiz sonuçları

Üç farklı çapraz bağlayıcının üç farklı konsantrasyonu kullanılarak kaplanan kumaşların statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme testi sonuçlarının iki yönlü varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Analiz sonuçları, konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türünün statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkilere sahip olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$). Her iki faktörün de bağımsız olarak su emme ve tutma kapasiteleri üzerinde önemli ölçüde etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ancak, üç test için de konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türü arasında anlamlı bir etkileşim gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Bu sonuçlar, bir faktörün etkisinin diğer faktörün seviyesine bağlı olarak önemli ölçüde değişmediğini göstermektedir. F değerlerine bakıldığında, konsantrasyonun etkisinin çapraz bağlayıcı türüne göre genel olarak daha güçlü olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, SEP kaplanmış kumaşların su emme ve tutma özelliklerini optimize etmek için hem konsantrasyon hem de çapraz bağlayıcı türünün ayrı ayrı dikkate alınması gerektiğini, ancak bu faktörlerin birbirlerinin etkilerini önemli ölçüde değiştirmediğini göstermektedir.

Çizelge 4.15. Su emme ve tutma oranı üzerine konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türünün etkisinin iki yönlü varyans analizi sonuçları

| Test Türü | Faktör | KT | SD | KO | F | p |
|-------------------------|--|----------|----|---------|----------|-------|
| Statik su emme (%) | Konsantrasyon (%) | 19330,24 | 2 | 9665,12 | 9813,60 | <0,05 |
| | Çapraz bağlayıcı türü | 2029,95 | 2 | 1014,97 | 1030,57 | <0,05 |
| | Konsantrasyon * Çapraz bağlayıcı türü | 8,74 | 4 | 2,18 | 2,22 | >0,05 |
| Santrifüj su tutma (%) | Konsantrasyon (%) | 19623,05 | 2 | 9811,53 | 23682,39 | <0,05 |
| | Çapraz bağlayıcı türü | 1056,61 | 2 | 528,3 | 1275,18 | <0,05 |
| | Konsantrasyon * Çapraz bağlayıcı türü | 7,18 | 4 | 1,79 | 4,33 | >0,05 |
| Yük altında su emme (%) | Konsantrasyon (%) | 18353,36 | 2 | 9176,68 | 14828,60 | <0,05 |
| | Çapraz bağlayıcı türü | 1502,49 | 2 | 751,24 | 1213,93 | <0,05 |
| | Konsantrasyon * Islatıcı türü | 11,47 | 4 | 3 | 4,63 | >0,05 |

Çizelge 4.16’de, çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme oranına etkisini gösteren Tukey HSD çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Tukey HSD testi sonucunda elde edilen veriler, konsantrasyon açısından, %2, %4 ve %8 seviyeleri arasında ve çapraz bağlayıcı türleri FX8041, FX8011 ve XCI arasında istatistiksel olarak %5 anlamlılık düzeyinde farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, hem konsantrasyonun hem de çapraz bağlayıcı türünün su emme ve tutma oranı üzerinde etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.16. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve tutma oranı üzerine etkisinin Tukey HSD sonuçları

| Test türü | Faktör | Konsantrasyon (%) / Tür | N | \bar{X} | SS | Anlamlılık (p<0,05) (Tukey HSD) |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|----|-----------|-------|--|
| Statik su emme (%) | Konsantrasyon (%) | 2 | 12 | 257,12 | 8,29 | 2-4, 2-8, 4-8 |
| | | 4 | | 228,83 | 7,61 | |
| | | 8 | | 200,36 | 7,82 | |
| | Çapraz bağlayıcı türü | FX8041 | | 238,96 | 24,63 | FX8041- FX8011, FX8041-XCI, FX8011-XCI |
| | | FX8011 | | 221,08 | 24,44 | |
| | | XCI | | 226,27 | 23,60 | |

Çizelge 4.16. Çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun su emme ve tutma oranı üzerine etkisinin Tukey HSD sonuçları (devam)

| | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|--------|--------|-------|--|
| Santrifüj su tutma (%) | Konsantrasyon (%) | 2 | 234,72 | 5,10 | 2-4, 2-8, 4-8 |
| | | 4 | 205,33 | 6,1 | |
| | | 8 | 177,54 | 5,88 | |
| | Çapraz bağlayıcı türü | FX8041 | 212,73 | 24,1 | FX8041- FX8011, FX8041-XCI, FX8011-XCI |
| | | FX8011 | 199,49 | 24,92 | |
| | | XCI | 205,37 | 24,16 | |
| Yük altında su emme (%) | Konsantrasyon (%) | 2 | 218,77 | 6,16 | 2-4, 2-8, 4-8 |
| | | 4 | 189,56 | 7,18 | |
| | | 8 | 163,49 | 7,05 | |
| | Çapraz bağlayıcı türü | FX8041 | 198,85 | 22,89 | FX8041- FX8011, FX8041-XCI, FX8011-XCI |
| | | FX8011 | 183,07 | 23,78 | |
| | | XCI | 189,89 | 23,84 | |

Çizelge 4.17’de, farklı çapraz bağlayıcıların farklı konsantrasyonunda kaplanmış kumaşların beş tekrarlı yıkama testi sonucunda zemin kumaşa göre su emme oranlarının varyans analizi sonuçları verilmiştir. Analiz sonuçları, konsantrasyon, çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyon-çapraz bağlayıcı türü etkileşimi arasında beş tekrarlı yıkama sonucunda zemin kumaşa göre su emme özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkilere sahip olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). F değerlerine bakıldığında, çapraz bağlayıcı türünün etkisinin konsantrasyona göre daha güçlü olduğu görülmektedir. Ayrıca, yıkamaya dayanıklı/kısmen dayanıklı SEP kaplamalar için, konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türü arasındaki anlamlı etkileşim, bu iki faktörün su emme oranı üzerindeki etkilerinin birbirine bağlı olduğunu ve birlikte değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.17. Beş tekrarlı yıkama testi sonucunda zemin kumaşa göre konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türünün etkisinin su emme oranı üzerine iki yönlü varyans analizi sonuçları

| Test Türü | Faktör | KT | SD | KO | F | p |
|---------------------------|---------------------------------------|----------|----|---------|---------|-------|
| Beş tekrarlı yıkama testi | Konsantrasyon (%) | 12976,77 | 2 | 6488,38 | 946,33 | <0,05 |
| | Çapraz bağlayıcı türü | 41293,15 | 2 | 20646,6 | 3068,59 | <0,05 |
| | Konsantrasyon * Çapraz bağlayıcı türü | 1366,16 | 4 | 341,54 | 50,76 | <0,05 |

Çizelge 4.18’de, çapraz bağlayıcı türü ve konsantrasyonunun, yıkama testi sonucunda su emme oranına etkisini gösteren Tukey HSD çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Tukey HSD testi sonucunda elde edilen veriler, konsantrasyon açısından, %2, %4 ve %8 seviyeleri arasında ve çapraz bağlayıcı türleri FX8041, FX8011 ve XCI arasında istatistiksel olarak %5 anlamlılık düzeyinde farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, hem konsantrasyonun hem de çapraz bağlayıcı türünün beş yıkama sonucunda su emme oranı üzerinde etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

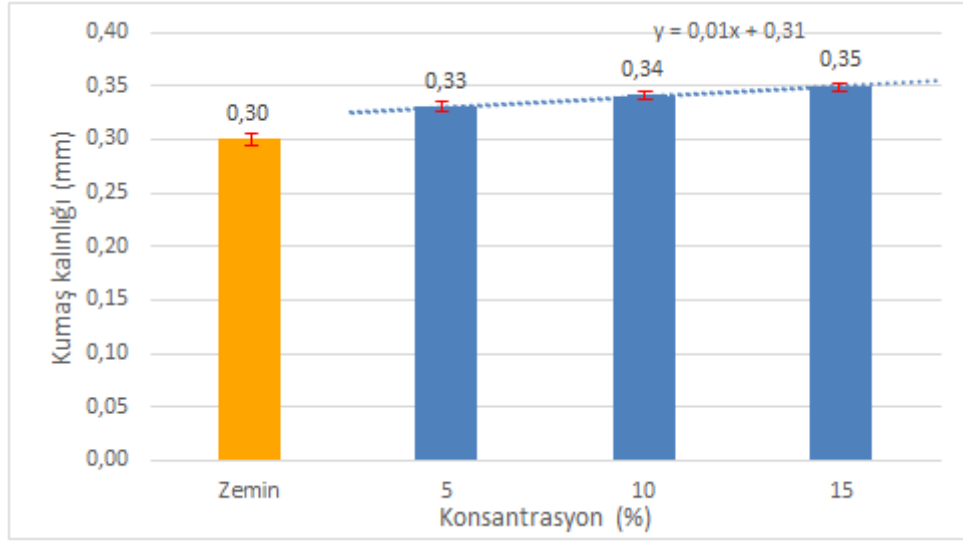
Çizelge 4.18. Beş tekrarlı yıkama testi sonucunda konsantrasyon ve çapraz bağlayıcı türünün zemin kumaşa göre su emme oranı üzerine etkisinin Tukey HSD sonuçları

| Test türü | Faktör | Konsantrasyon (%) / Tür | N | \bar{X} | SS | Anlamlılık (p<0,05) (Tukey HSD) |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|----|-----------|-------|--|
| 5 tekrarlı yıkama testi | Konsantrasyon (%) | 2 | 12 | 86,54 | 37,51 | 2-4, 2-8, 4-8 |
| | | 4 | | 60,10 | 37,24 | |
| | | 8 | | 40,19 | 33,18 | |
| | Çapraz bağlayıcı türü | FX8041 | | 25,23 | 13,55 | FX8041- FX8011, FX8041-XCI, FX8011-XCI |
| | | FX8011 | | 107,09 | 19,26 | |
| | | XCI | | 54,51 | 27,68 | |

4.8. Binder Konsantrasyon Çalışmalarına Ait Sonuçlar

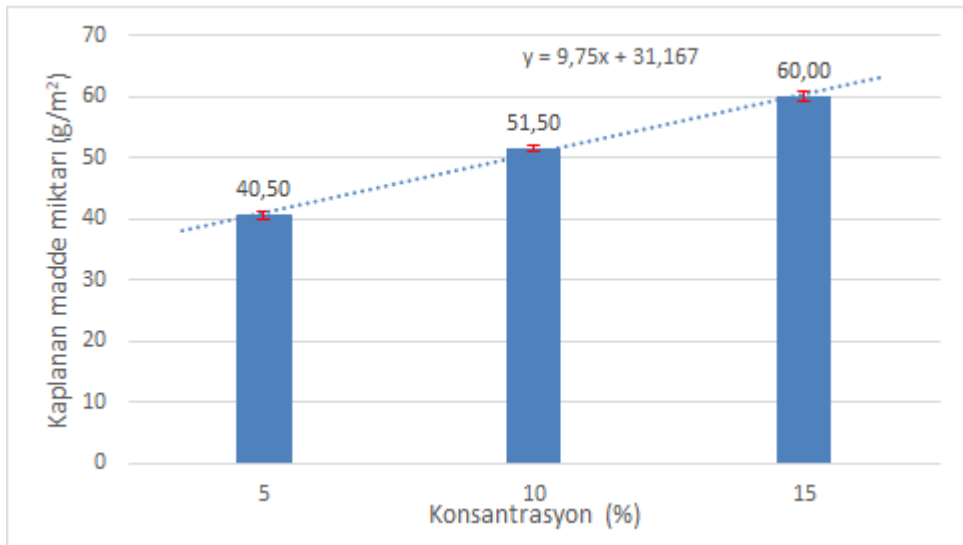
4.8.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları

Farklı binder konsantrasyonu içeren (%5-10-15) kaplama patları ile kaplanmış kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları Şekil 4.38’de verilmiştir. Grafikten görüldüğü üzere, binder konsantrasyonu arttıkça kumaş kalınlığında da bir artış meydana gelmiştir. 0,30 mm kalınlığa sahip olan zemin kumaş, %5 binder konsantrasyonunda 0,33 mm, %10 konsantrasyonda 0,34 mm ve %15 konsantrasyonda 0,35 mm kalınlığa ulaşmıştır. Kurutma işlemi sonunda suyun buharlaşması ile geriye kalan SEP polimerleri ve diğer bileşenler, kumaş yüzeyinde son derece ince bir katman oluşturmakta ve kısmen de kumaşın içerisindeki boşluklara doğru nüfuz etmektedir. Bu nedenle, kaplama işlemi sonucunda kumaş kalınlığında belirgin bir artışın meydana gelmemesi makul görülmektedir.



Şekil 4.38. Binder konsantrasyonuna göre kumaş kalınlığı değişimi

Şekil 4.39’da farklı binder konsantrasyonu içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların birim alan başına kaplanan malzeme miktarları verilmiştir. Kaplama patı içerisindeki binder oranı arttıkça, birim alan başına kaplanan madde miktarı değerleri de artış göstermiştir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak sırasıyla (%5) 40,50 g/m², (%10) 51,50 g/m² ve (%15) 60,00 ve g/m² olarak ölçülmüştür. Grafikteki eğilim çizgisi, binder konsantrasyonu arttıkça kumaşa aktarılan malzeme miktarının da belirgin bir şekilde arttığını açıkça göstermektedir.

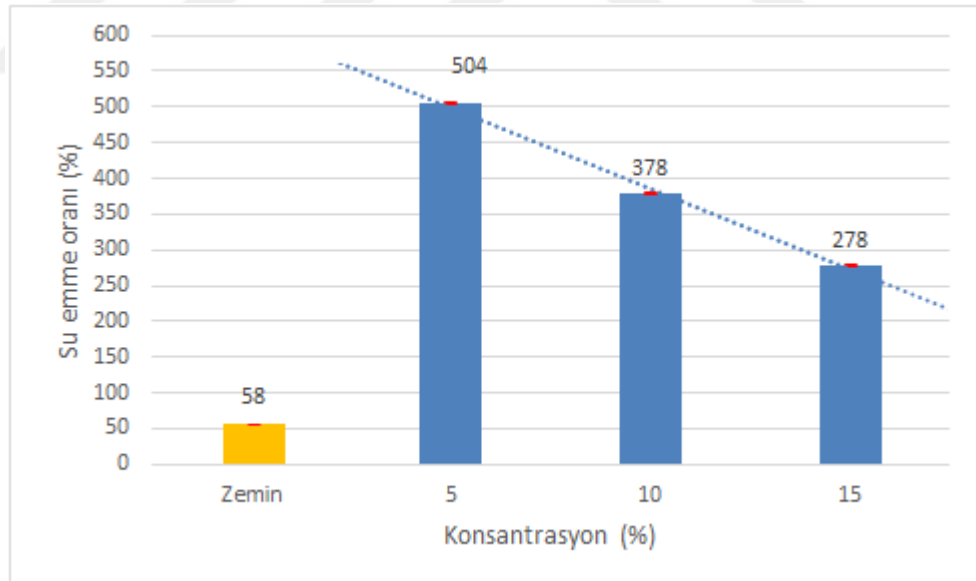


Şekil 4.39. Binder konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

4.8.2. Statik su emme testi sonuçları

Şekil 4.40'ta, farklı binder konsantrasyonlarında kaplanmış kumaşların statik su emme testi sonuçları verilmiştir. En düşük konsantrasyonda (%5) binder içeren reçete ile kaplamada su emme oranı, referans numunenin (%58) su emme oranına göre yaklaşık 9 kat daha fazla ölçülmüşken, en yüksek konsantrasyonda (%15) yaklaşık 5 katı olarak ölçülmüştür. Konsantrasyon artışına bağlı olarak su emme oranının belirgin şekilde azaldığı görülmektedir.

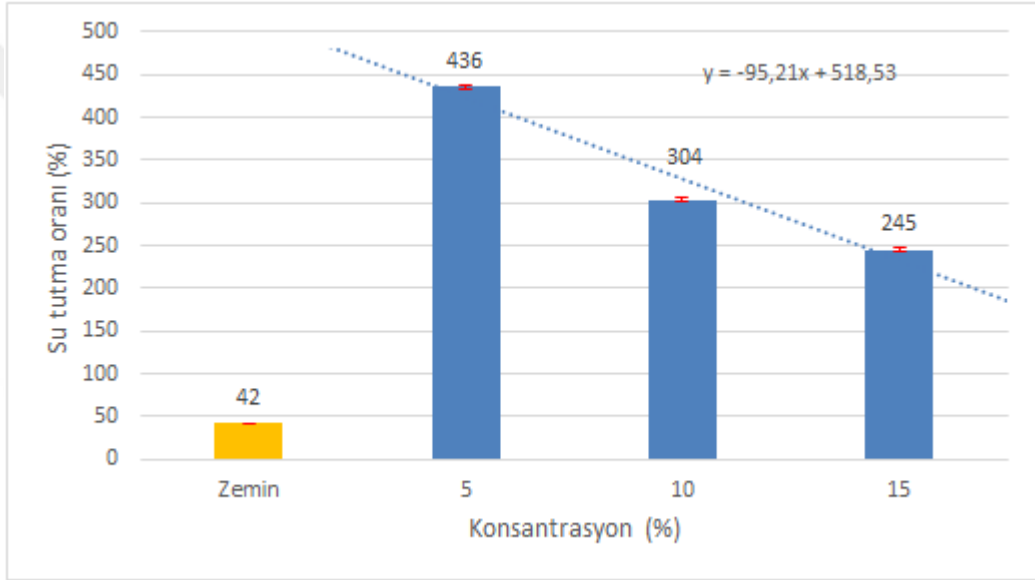
Kaplama patında kullanılan binderin kurutma-fiksaj aşamasından sonra saydam bir film oluşturarak SEP taneciklerini kumaş yüzeyine bağladığı göz önüne alındığında, bu durumun artan binder miktarıyla birlikte kumaş yüzeyinde oluşan binder filminin daha kalın olması ve SEP taneciklerini daha fazla örtmesiyle ilgili olduğu sonucuna varılabilir. Bu sonuçlar, binder konsantrasyonunun SEP kaplamada su emme performansı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.40. Binder konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi

4.8.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları

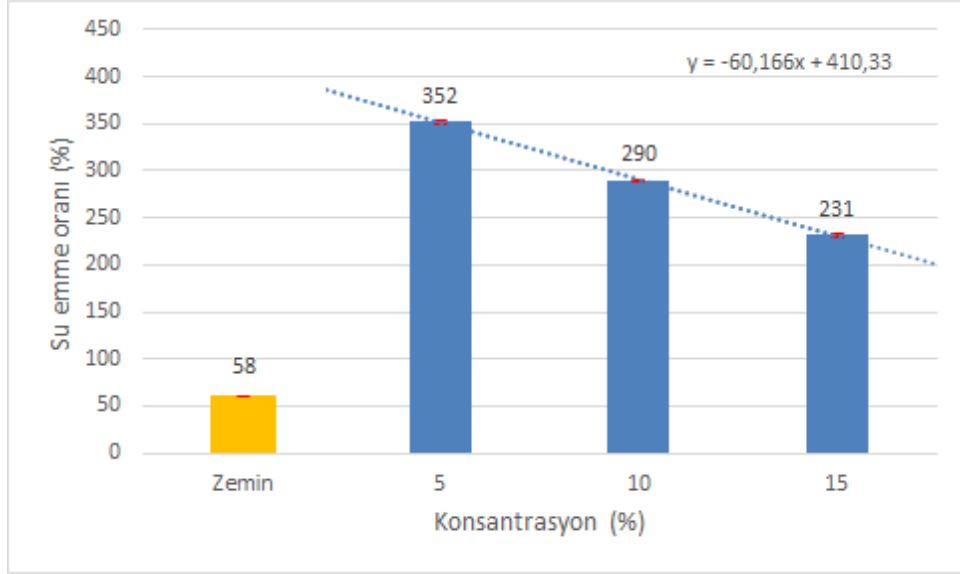
Farklı oranlarda binder içeren SEP kaplamalı kumaşlara ait santrifüj su tutma testi sonuçları Şekil 4.41'deki grafikte verilmiştir. Kaplamalı numunelerin su tutma oranları, referans kumaşa kıyasla (%42) belirgin bir şekilde artmıştır. En düşük konsantrasyonda (%5) su tutma oranı, zemin kumaşa göre yaklaşık 10 kat daha fazla iken, en yüksek konsantrasyonda (%15) ise yaklaşık 6 kat daha fazla su tutma oranına sahip olduğu görülmüştür. Numunelerin su tutma oranları, binder konsantrasyonu artışına bağlı olarak, statik su emme kapasitesinde olduğu gibi azalma göstermiştir.



Şekil 4.41. Binder konsantrasyonuna göre santrifüj su tutma oranı değişimi

4.8.4. Yük altında su emme testi sonuçları

Farklı binder konsantrasyonu içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşların yük altında su emme oranlarındaki değişimler Şekil 4.42'de verilmiştir. En düşük binder konsantrasyonunda (%5) zemin kumaşa göre yaklaşık 6 kat, en yüksek binder konsantrasyonunda (%15) yaklaşık 4 kat fazla su emdiği görülmüştür. Bu testte de artan binder konsantrasyonuna bağlı olarak su emme oranında belirgin bir azalma olduğu görülmüştür.



Şekil 4.42. Binder konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi

4.8.5. İstatistiksel analiz sonuçları

SEP kaplanmış kumaşların su emme ve tutma oranları üzerindeki binder konsantrasyonu etkisinin varyans analizi ve Tukey HSD testi sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Statik su emme testinde, %5 binder konsantrasyonu ile elde edilen ortalama su emme kapasitesi (%504) en yüksek değeri göstermiş olup ve bu değer %10 (%378) ve %15 (%278) konsantrasyonları ile anlamlı derecede farklılık göstermektedir ($p < 0,05$). Santrifüj su tutma testinde de benzer bir eğilim gözlemlenmiştir; %5 binder konsantrasyonu en yüksek su tutma kapasitesine (%436) sahip olup, %10 (%304) ve %15 (%245) konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır ($p < 0,05$). Yük altında su emme testinde ise, %5 binder konsantrasyonu ile en yüksek su emme kapasitesi (%352) elde edilmiş ve bu değer %10 (%290) ve %15 (%231) konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında anlamlı farklılıklar göstermektedir ($p < 0,05$). Tukey HSD testi sonuçları, tüm test türlerinde %5-10, %5-15 ve %10-15 ($p < 0,05$) binder konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, binder konsantrasyonunun su emme ve su tutma kapasitesi üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ve düşük konsantrasyonların daha yüksek su emme ve tutma performansı sağladığını göstermektedir.

Çizelge 4.19. Binder konsantrasyonunun su emme ve tutmaya etkisinin varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları

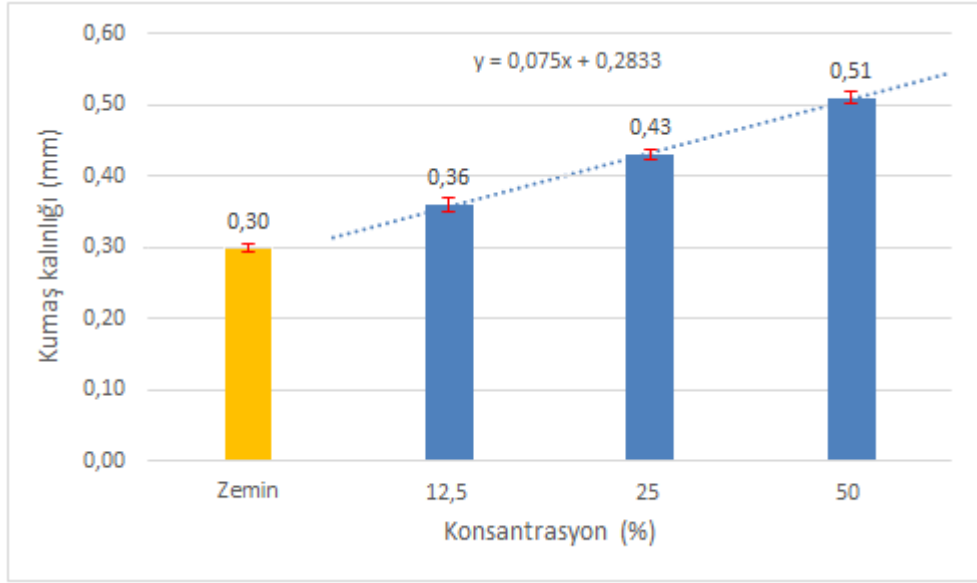
| Test Türü | Faktör (konsantrasyon %) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|-------------------------|--------------------------|---|-----------|------|----------|-------|-------------------------------------|
| Statik su emme (%) | 5 | 4 | 503,90 | 1,84 | 21625,98 | <0,05 | 5-10; 5-15; 10-15 |
| | 10 | | 378,14 | 1,36 | | | |
| | 15 | | 277,72 | 1,38 | | | |
| Santrifüj su tutma (%) | 5 | 4 | 435,59 | 1,66 | 15142,31 | <0,05 | 5-10; 5-15; 10-15 |
| | 10 | | 303,57 | 1,63 | | | |
| | 15 | | 245,17 | 1,46 | | | |
| Yük altında su emme (%) | 5 | 4 | 351,82 | 1,58 | 7690,76 | <0,05 | 5-10; 5-15; 10-15 |
| | 10 | | 289,69 | 1,17 | | | |
| | 15 | | 231,49 | 1,34 | | | |

4.9. Sıvı SEP İle Silindir Üzeri Rakle Yöntemine Göre Yapılan Kaplamalara Ait Sonuçlar

4.9.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları

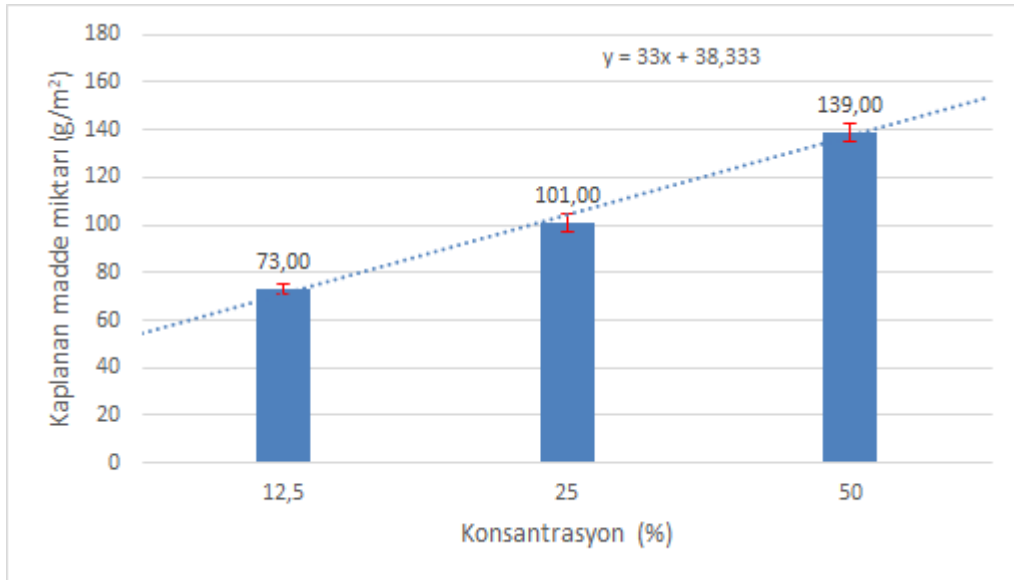
PET dokuma kumaş için kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları:

Sıvı SEP'ten farklı konsantrasyonlarda hazırlanan kaplama patı ile kaplanmış kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları Şekil 4.43'te verilmiştir. Grafik incelendiğinde, SEP konsantrasyonu arttıkça kalınlık değerlerinin de arttığı görülmektedir. En düşük konsantrasyondan en yüksek konsantrasyona çıkıldığında kumaşın kalınlık değerleri; %12,5 için 0,06 mm, %25 için 0,13 mm ve %50 için 0,21 mm artış göstermiştir.



Şekil 4.43. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi

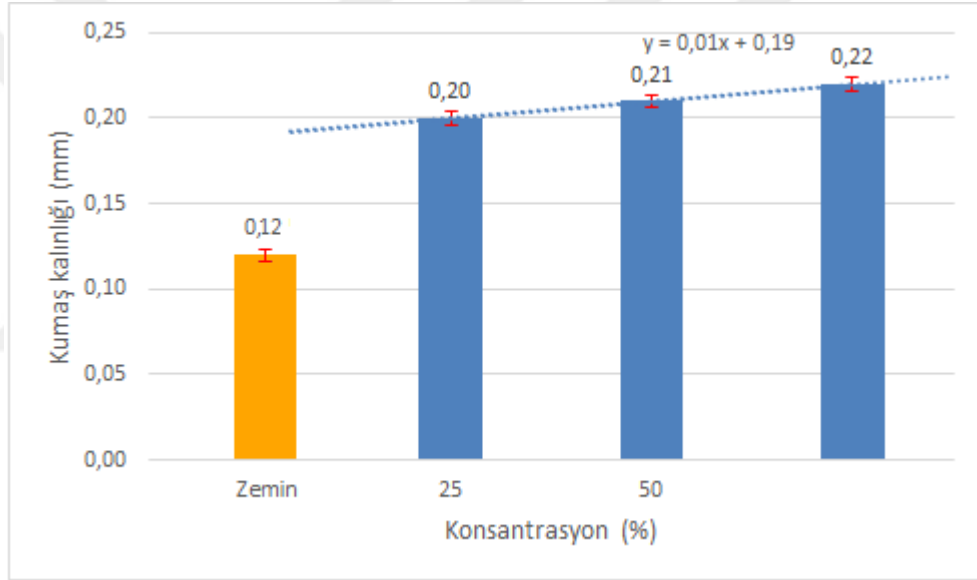
Şekil 4.44'te birim alan başına kaplanan malzeme miktarları görülmektedir. Kaplama patı içerisindeki SEP konsantrasyonu arttıkça, zemin kumaş üzerine aktarılan madde miktarı değerleri de artmıştır. Çalışılan en düşük konsantrasyonda (%12,5) 73 g/m², en yüksek konsantrasyonda (%50) ise 139 g/m² kaplanan madde miktarı değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.44. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

PP dokusuz yüzey kumaş için kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları:

Şekil 4.45'te dokusuz yüzey kumaşlara ait kalınlık ölçüm sonuçları verilmiştir. Zemin kumaş kalınlığı 0,12 mm olup, artan konsantrasyona bağlı olarak kumaş kalınlığında da bir artış görülmektedir. Kumaş kalınlığı çalışılan en düşük konsantrasyonda (%12,5) 0,20 mm, en yüksek konsantrasyonda (%50) 0,22 mm olarak ölçülmüştür. Dokuma kumaşa göre değerlendirildiğinde, konsantrasyon artışına bağlı olarak kalınlık değerleri arasındaki artış oranının düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun, dokusuz yüzey kumaşın dokuma kumaşa göre daha gözenekli yapıda olmasından dolayı, kaplama patının gözeneklere daha fazla penetrasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

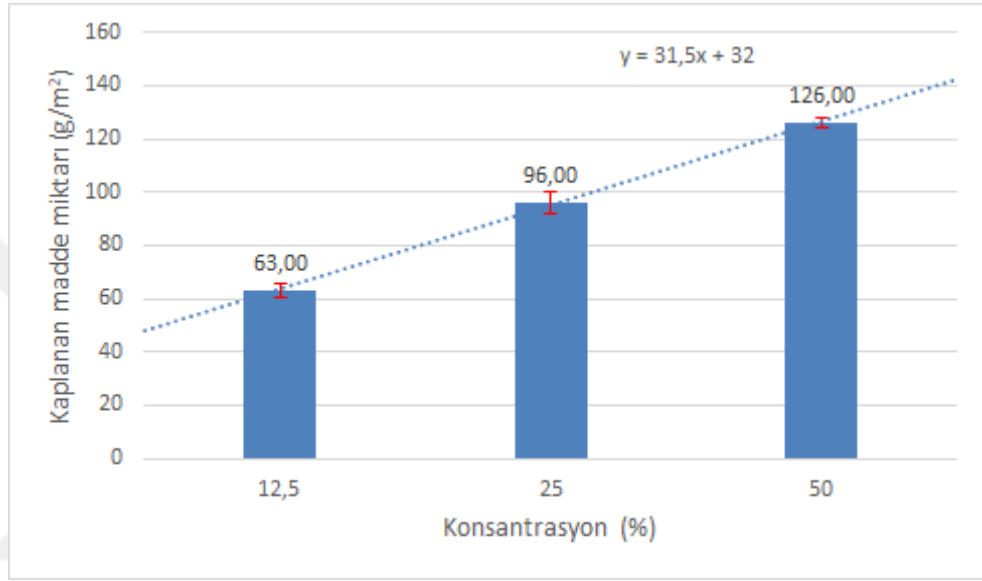


Şekil 4.45. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi

PP dokusuz yüzey kumaş için farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelere ait kaplanan madde miktarı değerleri Şekil 4.46'da verilmiştir. Kaplama patı içerisindeki SEP konsantrasyonu arttıkça, zemin kumaş üzerine kaplanan madde miktarı değerleri de artmıştır. Bu değerleri, çalışılan en düşük konsantrasyonda (%12,5) 63 g/m², en yüksek konsantrasyonda (%50) ise 126 g/m² olarak elde edilmiştir.

Konsantrasyon artışına bağlı olarak pat içerisindeki aktif madde miktarı da arttığından, birim alan başına zemin yüzeye aktarılan madde miktarı da buna paralel olarak artış

göstermiştir. Ayrıca, grafiklerde gösterilen eğilim çizgisi, kaplama patının içerdiği SEP konsantrasyonu artışı ile kumaş kalınlıklarında ve kaplanan madde miktarı değerleri arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu göstermektedir. SEP konsantrasyonu arttıkça, kumaş kalınlığı ve kaplanan madde miktarı da tutarlı bir şekilde artmaktadır. Bu sonuç, kaplama patındaki aktif madde miktarı arttıkça kumaşa aktarılan kuru madde miktarının da arttığını göstermekte olup, beklenen bir sonuçtur.

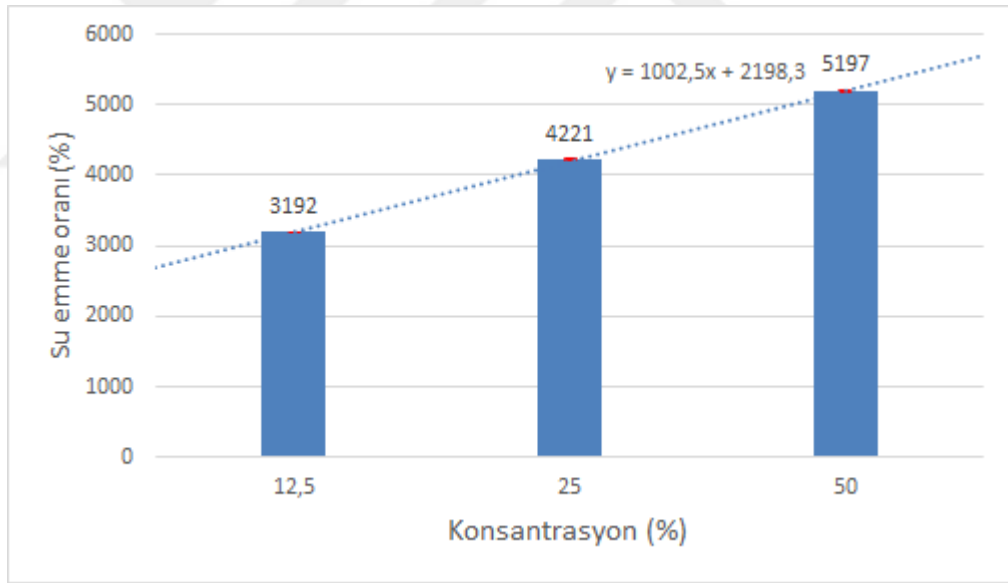


Şekil 4.46. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

4.9.2. Statik su emme testi sonuçları

PET Dokuma Kumaş:

Farklı sıvı SEP konsantrasyonlarında kaplanmış numunelerin statik su emme testi sonuçları Şekil 4.47'de verilmiştir. En düşük SEP konsantrasyonunda (%12,5) kaplanan numunelerin su emme oranı, referans numuneye (%58) kıyasla yaklaşık 55 kat daha yüksek bulunmuştur. Bu oran, en yüksek SEP konsantrasyonunda (%50) referans numunenin yaklaşık 90 katına ulaşmıştır. Dolayısıyla, SEP konsantrasyonundaki artışla doğru orantılı olarak su emme oranında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, sıvı SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış dokuma kumaşların su emme performansının zemin kumaşa göre kayda değer ölçüde yüksek olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu bulgular, yüksek su emme kapasitesine sahip dokuma kumaşların eldesinde sıvı SEP kullanılmasının toz SEP'e göre daha etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

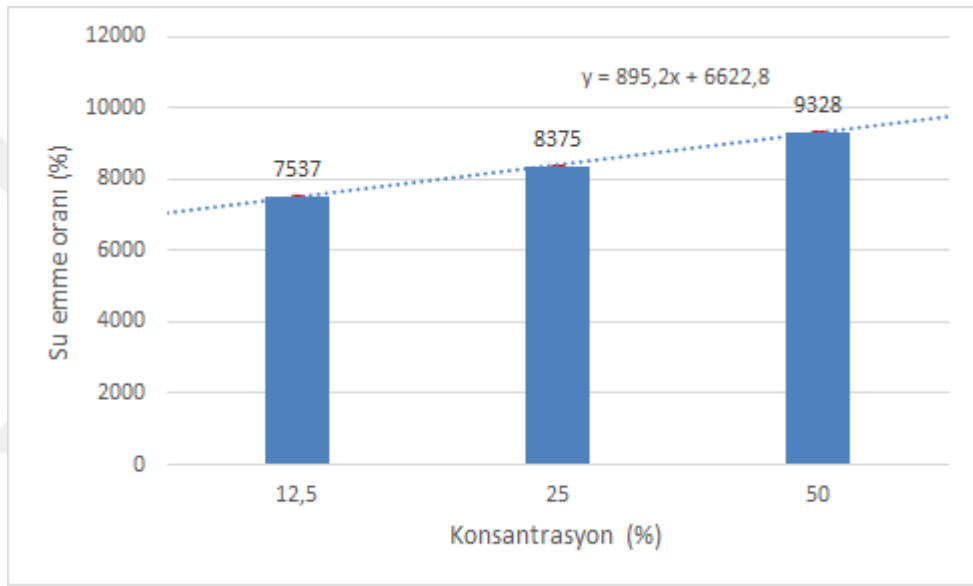


Şekil 4.47. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi

PP Dokusuz Yüzey Kumaş:

Şekil 4.48'de SEP kaplanmış PP dokusuz yüzey numunelerin statik su emme testlerinden elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. En düşük konsantrasyonda (%12,5) SEP içeren reçete ile kaplamada su emme oranı, referans numunenin su emme oranına (%373) göre

yaklaşık 20 kat daha fazla elde edilmişken, en yüksek konsantrasyonda (%50) yaklaşık 25 katı kadar elde edilmiştir. Konsantrasyon artışına bağlı olarak su emme oranının arttığı görülmüştür. Bu sonuçlar, sıvı SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaş numunelerin su emme performansının zemin kumaşa göre oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, PP gibi hidrofobik bir yapıya sahip polimerden üretilen dokusuz yüzey kumaşları, yüksek su emme kapasitesine sahip bir yapıya dönüştürmek için kaplama patında sıvı SEP'in kullanılmasının etkili bir yaklaşım olabileceğini göstermektedir.



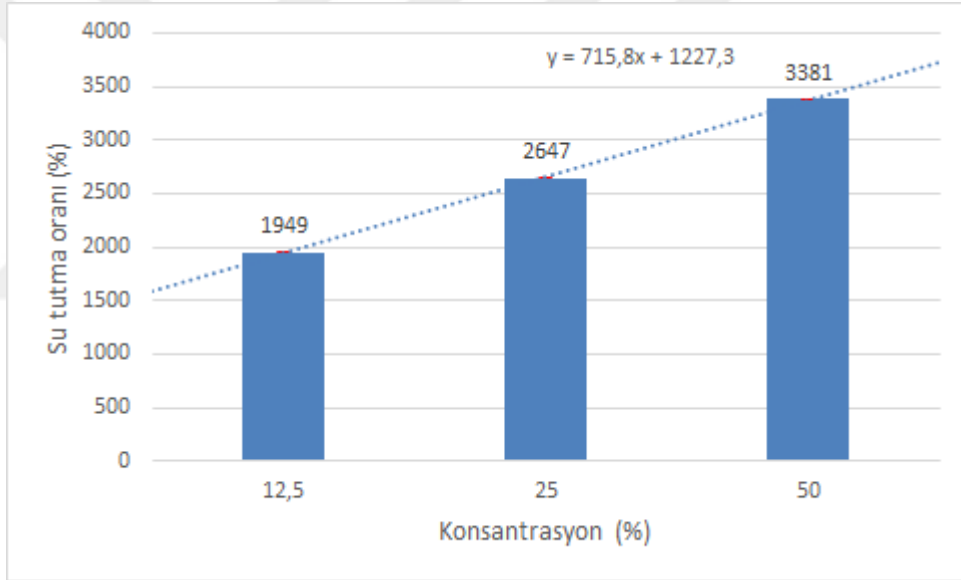
Şekil 4.48. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi

SEP konsantrasyonuna bağlı statik su emme değişimini gösteren grafiklerde gösterilen doğrusal eğilim çizgisi, SEP konsantrasyonu ile su emme oranı arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu desteklemektedir. Bu doğrultuda, kaplamada SEP konsantrasyonunun artmasıyla birlikte, kumaşın su emme kapasitesinin de belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Bu sonuçlar, kaplama patındaki SEP miktarının artmasının bir sonucu olarak, suyu tutacak malzemenin (SEP) kumaşa aktarılmasının doğal bir sonucudur.

4.9.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları

PET Dokuma Kumaş:

Farklı konsantrasyonlarda SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış numunelere ait santrifüj su tutma testi sonuçları Şekil 4.49'daki grafikte sunulmuştur. Kaplanmış numunelerin su tutma oranları, zemin kumaşa kıyasla belirgin bir şekilde arttığını göstermektedir. En düşük konsantrasyonda (%12,5) su tutma oranı, zemin kumaşa (%42) kıyasla yaklaşık 46 kat daha fazla iken, en yüksek konsantrasyonda ise yaklaşık 80 kat daha fazla su tutma oranına sahip olduğu görülmüştür. Numunelerin su tutma oranı, SEP konsantrasyonu artışına bağlı olarak, statik su emme kapasitesinde olduğu gibi artış göstermiştir.

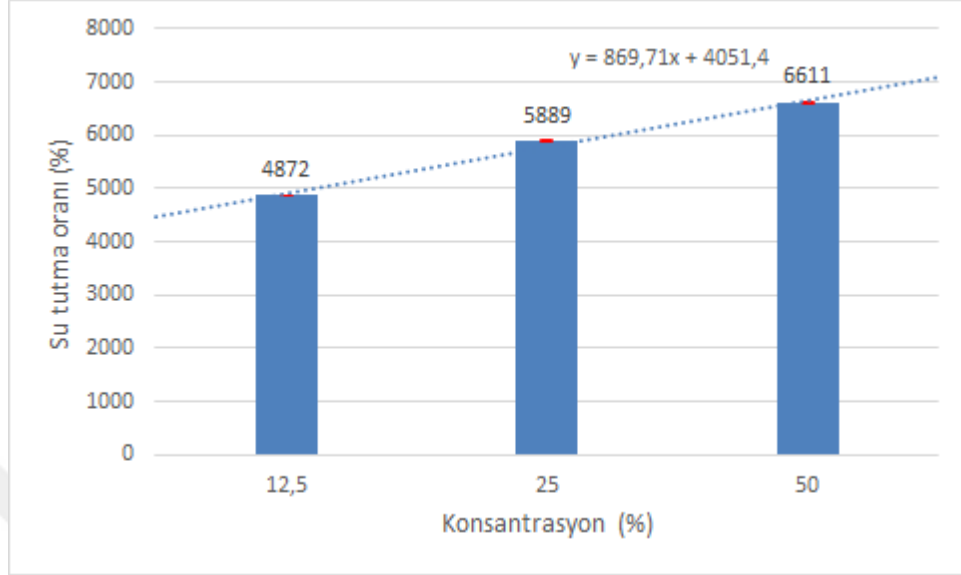


Şekil 4.49. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutuma oranı değişimi

PP Dokusuz Yüzey Kumaş:

Dokusuz yüzey kumaşlara ait santrifüj su tutma testi sonuçları Şekil 4.50'deki grafikte verilmiştir. Zemin kumaşa kıyasla SEP kaplanmış numunelerin su tutma oranlarının arttığı görülmektedir. En düşük konsantrasyonda (%12,5) su tutma oranı, zemin kumaşa göre (%160) yaklaşık 30 kat daha fazla iken, en yüksek konsantrasyonda ise yaklaşık 41 kat daha fazla su tutma oranına sahip olduğu görülmektedir. Kaplama patındaki SEP

konsantrasyonunun artırılmasıyla numunelerin su tutma kapasitesinde kademeli bir yükselme görülmektedir.

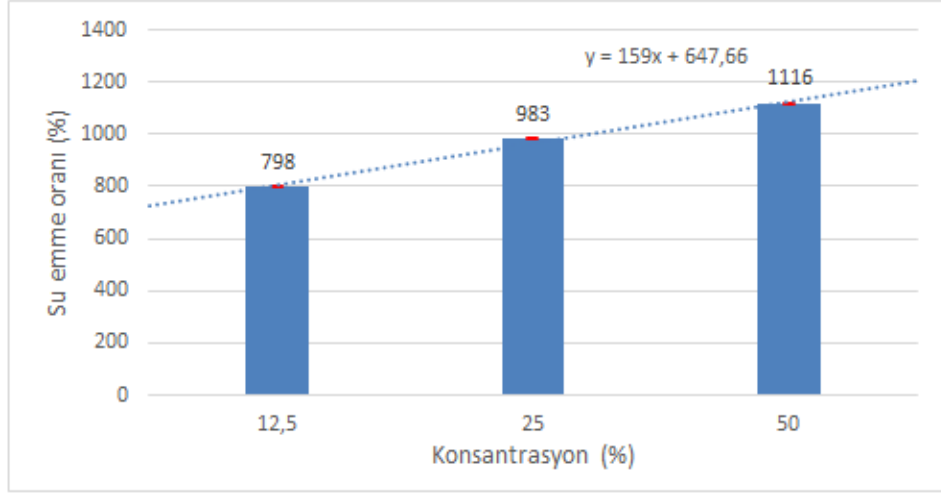


Şekil 4.50. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutuma oranı değişimi

4.9.4. Yük altında su emme kapasitesi sonuçları

PET Dokuma Kumaş:

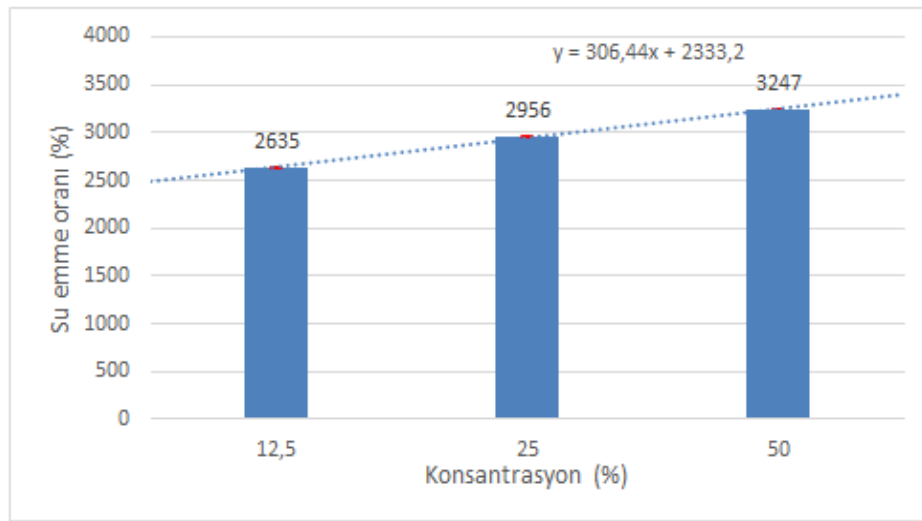
Şekil 4.51’de değişen SEP konsantrasyonunda kaplanmış numunelerin yük altında emicilik değerlerindeki değişimler verilmiştir. En düşük SEP konsantrasyonunda (%12,5) zemin kumaşa (%58) kıyasla yaklaşık 14 kat, en yüksek SEP konsantrasyonunda (%50) yaklaşık 19 kat fazla su emdiği görülmüştür. Test sonuçları, kaplama patındaki SEP konsantrasyonu yükseldikçe numunelerin yük altındaki su emme oranı da belirgin şekilde arttığını göstermektedir.



Şekil 4.51. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi

PP Dokusuz Yüzey Kumaş:

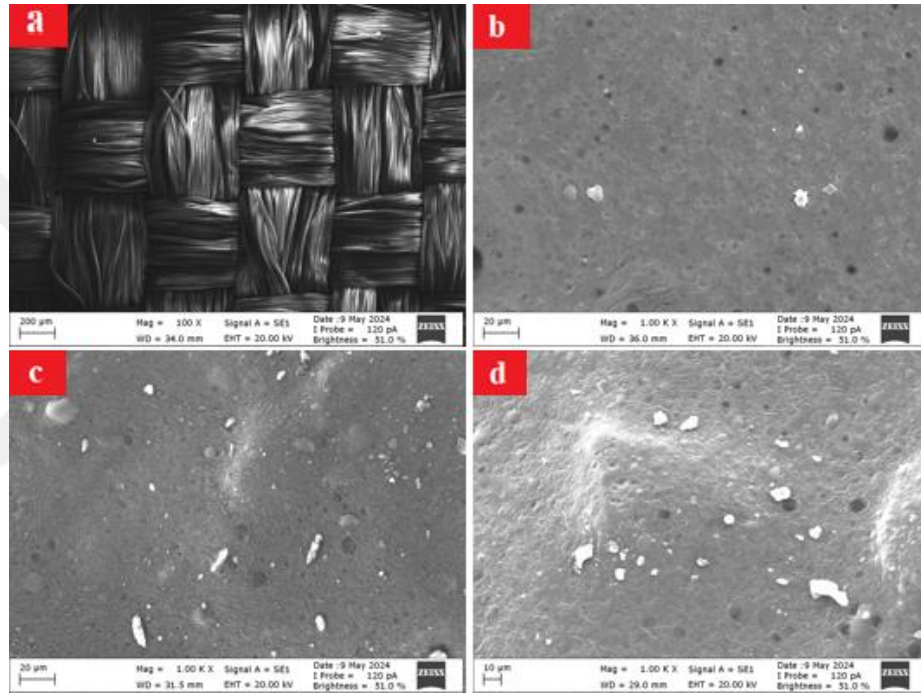
Farklı SEP konsantrasyonu içeren kaplama patı ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaşların yük altında emicilik değerlerindeki değişimler Şekil 4.52'deki grafikte verilmiştir. En düşük SEP konsantrasyonunda (%12,5) zemin kumaşa (%373) kıyasla yaklaşık 7 kat, en yüksek SEP konsantrasyonunda (%50) yaklaşık 9 kat fazla su emdiği görülmüştür. Kalpama patındaki SEP konsantrasyonunun artışıyla birlikte numunelerin yük altında su emme kapasitesinde kayda değer bir artış gözlenmektedir.



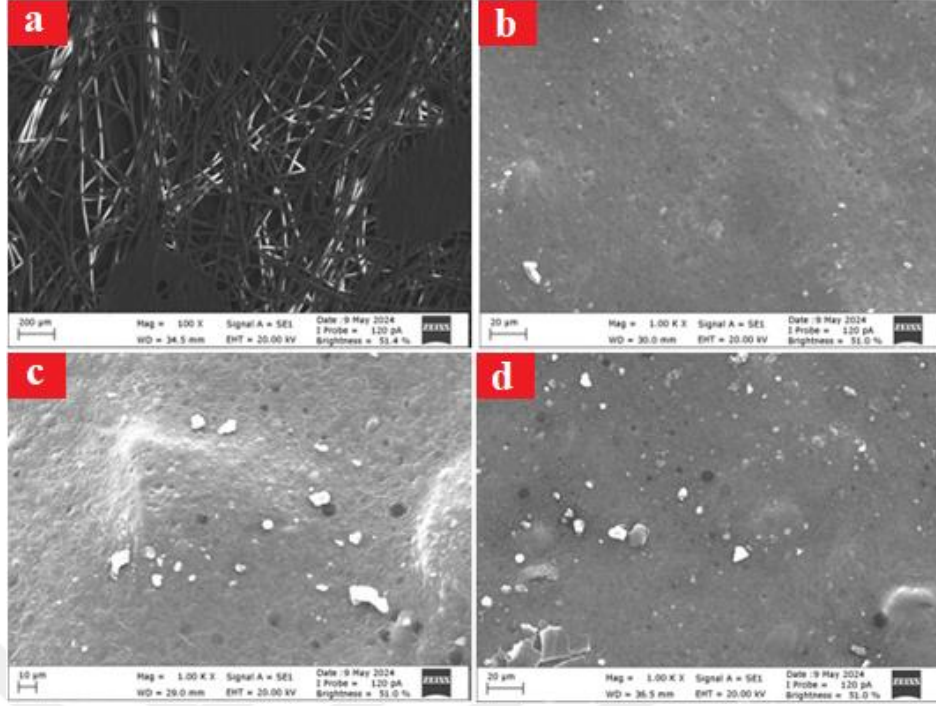
Şekil 4.52. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi

4.9.5. SEM analizi sonuçları

Sıvı SEP'in farklı konsantrasyonları ile hazırlanan kaplama patı ile kaplanmış dokuma ve dokusuz yüzey kumaşların SEM yüzey görüntüleri Şekil 4.53 ve Şekil 4.54'te verilmiştir. Artan SEP konsantrasyonuna bağlı olarak hem dokuma hem de dokusuz yüzey kumaşların yüzeyinde SEP partiküllerinin arttığı gözlemlenmiştir. Kumaşların su emme performansları da SEP konsantrasyonundaki artışla doğru orantılı belirgin bir artış göstermiştir.

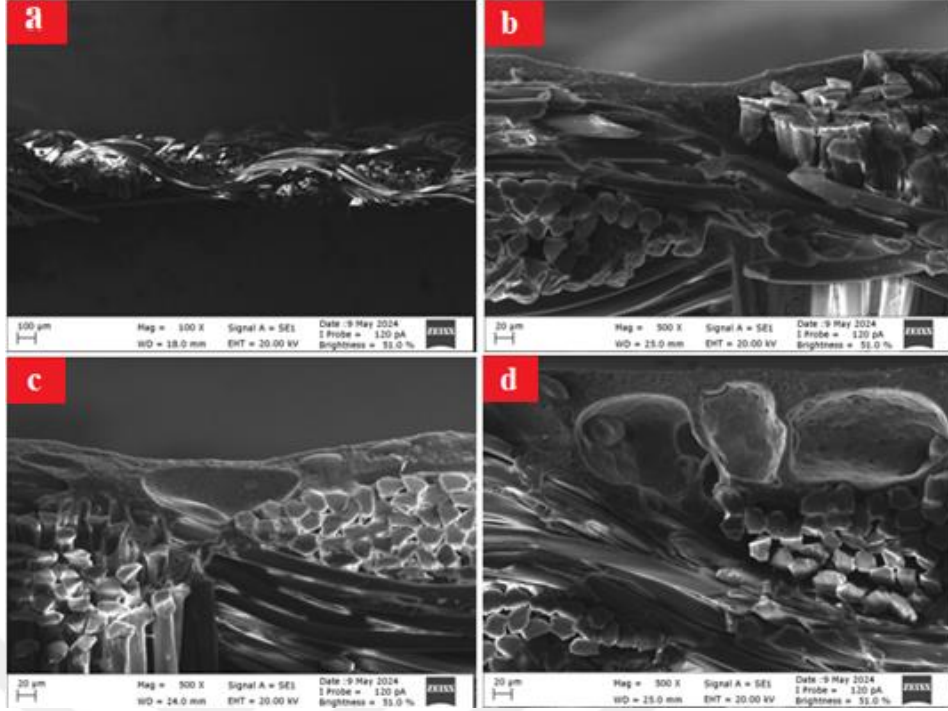


Şekil 4.53. Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PET dokuma kumaşların SEM yüzey görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (1000×) b: %12,5 SEP, c: %25 SEP, d: %50 SEP)

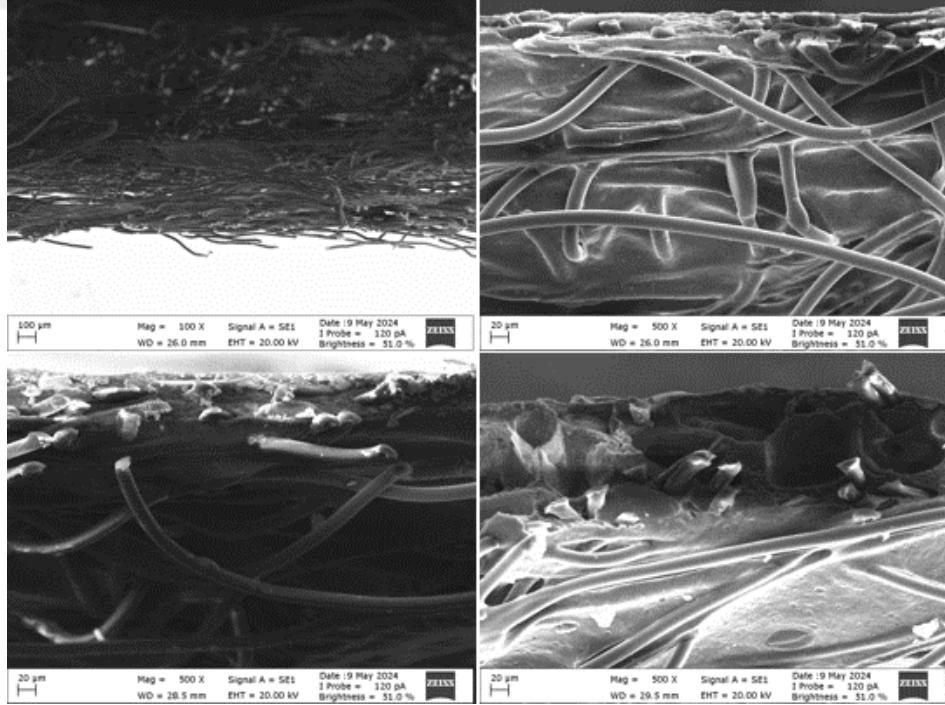


Şekil 4.54. Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşların SEM yüzey görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (1000×) b:%12,5 SEP, c: %25 SEP, d:%50 SEP)

Şekil 4.55 ve Şekil 4.56’da sıvı SEP ile farklı konsantrasyonlarda kaplanmış dokuma ve dokusuz yüzey kumaşların SEM kesit görüntüleri verilmiştir. Dokuma ve dokusuz yüzey kumaşların kesit görüntülerinde, %12,5 SEP konsantrasyonunda daha ince bir kaplama tabakası gözlenirken, %25 ve %50 SEP konsantrasyonunda daha kalın ve yoğun bir kaplama tabakası oluştuğu görülmektedir. Bu sonuçlar, SEP konsantrasyonu arttıkça kaplama tabakasının kalınlaştığını ve yoğunlaştığını göstermektedir.



Şekil 4.55. Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PET dokuma kumaşların SEM kesit görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (500×)b:%12,5 SEP, c: %25 SEP, d:%50 SEP)



Şekil 4.56. Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşların SEM kesit görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (500×)b:%12,5 SEP, c: %25 SEP, d:%50 SEP)

4.9.6. İstatistiksel analiz sonuçları

Farklı SEP konsantrasyonları ile hazırlanan kaplama patı ile kaplanmış PET dokuma kumaşların statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çizelgedeki veriler, farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış kumaşların su emme ve tutma kapasitelerinin arttığını göstermektedir. SEP konsantrasyonu arttıkça, su emme miktarının da önemli ölçüde arttığı görülmektedir. SEP konsantrasyonunun %12,5’ten %50’ye çıkarılmasıyla ortalama su emme oranı sırasıyla %3192’den %5197’ye yükselmiştir. Ayrıca, santrifüj su tutma ve yük altında su emme testlerinde de SEP konsantrasyonundaki artışın su tutma kapasitesini belirgin şekilde artırdığı gözlemlenmektedir. Yapılan varyans analizleri, tüm testler arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Tukey HSD testi sonuçları da farklı SEP konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.20. Farklı sıvı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış dokuma kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları

| Test Türü | Faktör (SEP konsantrasyonu %) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|-------------------------|-------------------------------|---|-----------|------|-----------|-------|-------------------------------------|
| Statik su emme (%) | 12,5 (1) | 4 | 3192,01 | 6,58 | 98256,18 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 25,0 (2) | | 4220,60 | 6,61 | | | |
| | 50,0 (3) | | 5196,94 | 5,99 | | | |
| Santrifüj su tutma (%) | 12,5 (1) | 4 | 1948,90 | 2,64 | 291605,17 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 25,0 (2) | | 2647,38 | 2,59 | | | |
| | 50,0 (3) | | 3380,81 | 2,73 | | | |
| Yük altında su emme (%) | 12,5 (1) | 4 | 798,22 | 2,99 | 10641,76 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 25,0 (2) | | 982,54 | 3,56 | | | |
| | 50,0 (3) | | 1116,23 | 2,67 | | | |

Çizelge 4.21’de farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşların statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.21’deki veriler, SEP konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak kaplanmış dokusuz yüzey kumaşların su emme ve tutma kapasitelerinin de belirgin şekilde arttığını göstermektedir. SEP konsantrasyonunun %12,5’ten %50’ye çıkarılmasıyla ortalama su emme oranları da önemli ölçüde (%7537’den %9328’e) artmıştır. Ayrıca, santrifüj su tutma ve yük altında su emme testlerinde de SEP konsantrasyonundaki artışın su tutma kapasitesini belirgin şekilde artırdığı görülmektedir. Yapılan varyans analizleri, tüm testler arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Tukey HSD testi sonuçları da farklı SEP konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.21. Farklı sıvı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları

| Test Türü | Faktör (SEP konsantrasyonu %) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|-------------------------|-------------------------------|---|-----------|------|-----------|-------|-------------------------------------|
| Statik su emme (%) | 12,5 | 4 | 7537,24 | 5,29 | 137502,98 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 25,0 | | 8374,79 | 5,06 | | | |
| | 50,0 | | 9327,64 | 4,06 | | | |
| Santrifüj su tutma (%) | 12,5 | 4 | 4871,91 | 5,89 | 82008,25 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 25,0 | | 5889,34 | 6,20 | | | |
| | 50,0 | | 6611,33 | 6,21 | | | |
| Yük altında su emme (%) | 12,5 | 4 | 2634,59 | 4,37 | 17164,34 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 25,0 | | 2956,30 | 5,39 | | | |
| | 50,0 | | 3247,48 | 4,19 | | | |

Sonuç olarak, Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21’deki sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, SEP konsantrasyonunun artması ile hem PET dokuma hem de PP dokusuz yüzey kumaşların su emme ve tutma kapasitelerinin de belirgin şekilde arttığı ortaya çıkmaktadır. Varyans analizi ve Tukey HSD testleri, SEP konsantrasyonları arasında

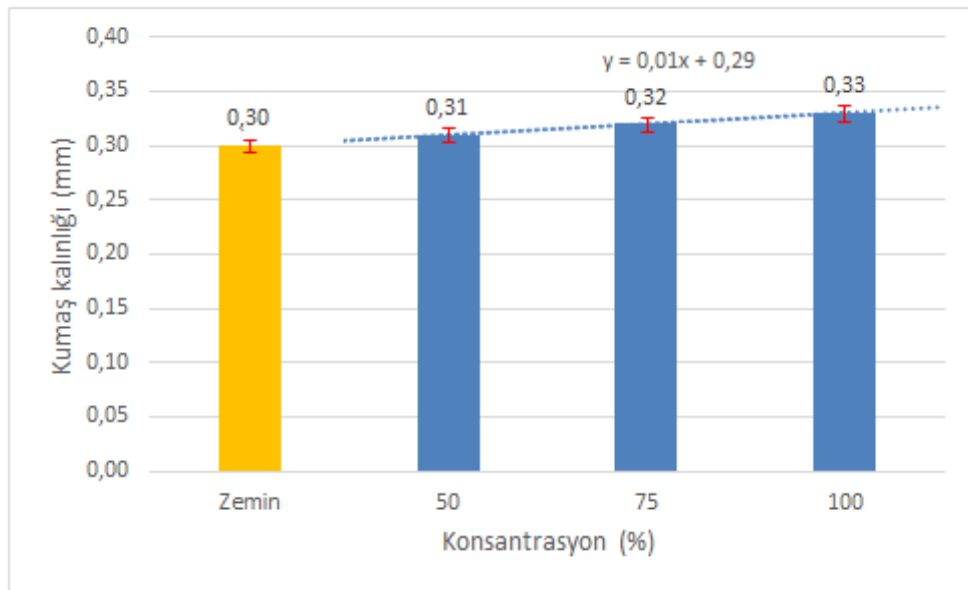
anlamli farklılıklar olduğunu ve bu farklılıkların tüm test türlerinde tutarlı olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, SEP konsantrasyonunun değiştirilmesiyle dokuma ve dokusuz yüzey kumaşların su emme ve tutma kapasitesinin ayarlanabileceğini göstermektedir.

4.10. Sıvı SEP ile Daldırma Tekniğine Göre Yapılan Kaplamalara Ait Sonuçlar

4.10.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları

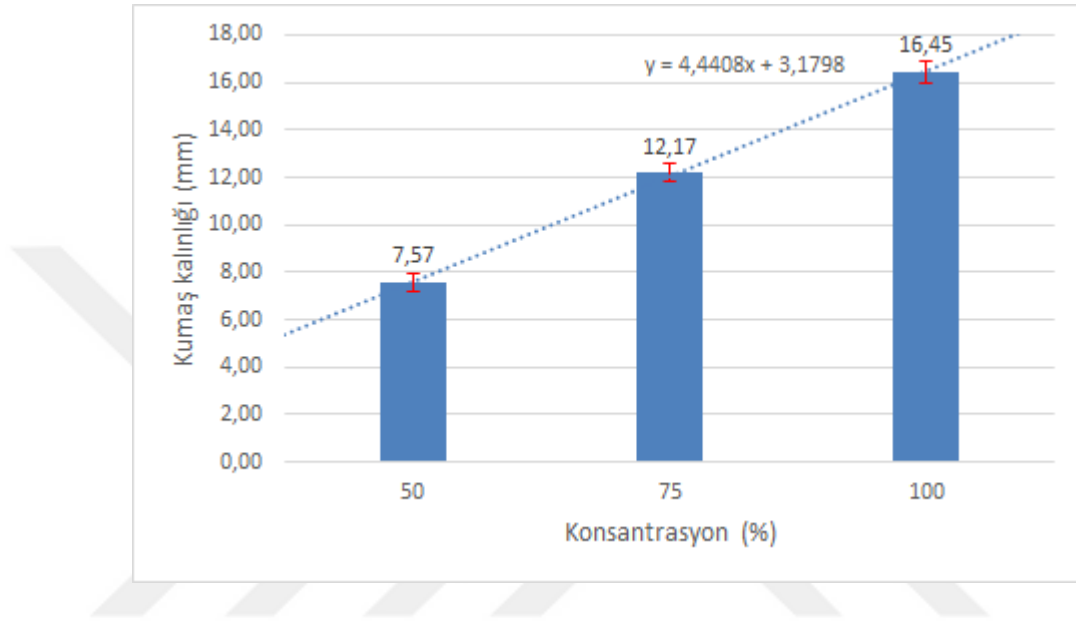
PET dokuma kumaş için kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları:

Sıvı SEP'in üç farklı konsantrasyonunda hazırlanan (%50, %75, %100) kaplama çözeltisi ile %60 AF'de kaplanan dokuma kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları Şekil 4.57'de sunulmuştur. Başlangıçta 0,30 mm olan zemin kumaş kalınlığı, kaplama işlemi sonrasında, SEP konsantrasyonunun artışıyla orantılı olarak kademeli bir artış gözlemlenmiştir. En düşük SEP konsantrasyonunda (%50) kumaş kalınlığı 0,31 mm'ye ulaşırken, en yüksek konsantrasyonda (%100) bu değer 0,33 mm olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, SEP konsantrasyonundaki artışın, dokuma kumaşın yapısı içine nüfuz ederek ve yüzeyinde birikerek, kumaşın kalınlığını hafifçe artırdığını göstermektedir.



Şekil 4.57. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi

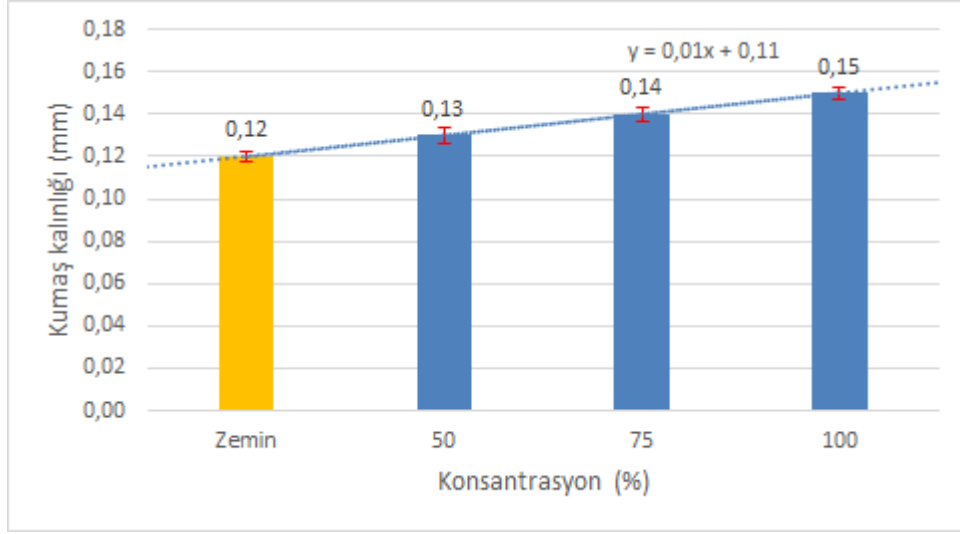
Birim alan başına kaplanan malzeme miktarları Şekil 4.58’de verilmiştir. Kaplama çözeltisi içerisindeki SEP konsantrasyonu arttıkça, zemin kumaş üzerine aktarılan madde miktarı değerleri de artmış ve çalışılan en düşük (%50) konsantrasyonda 7,57 g/m², en yüksek konsantrasyonda (%100) kaplanan madde miktarı değeri 16,45 g/m² olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.58. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

PET dokusuz yüzey kumaş için kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları:

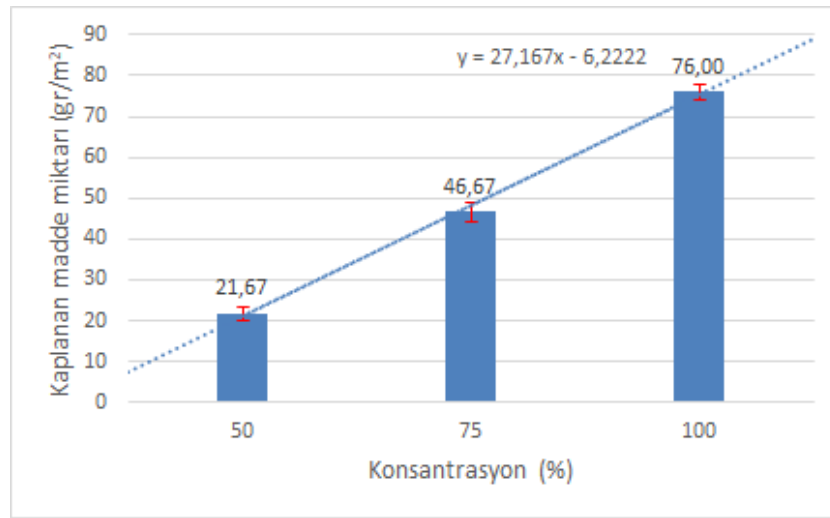
Şekil 4.59'da %100 AF’de kaplanan dokusuz yüzey kumaşların kalınlık ölçüm sonuçları verilmiştir. Zemin kumaşın kalınlığının 0,12 mm olduğu göz önüne alındığında, artan SEP konsantrasyonuna bağlı olarak kumaş kalınlığında her bir konsantrasyon için dokuma kumaşa olduğu gibi 0,01 mm kadar az bir artış görülmüştür. Kaplanmış kumaş kalınlığı, çalışılan en düşük konsantrasyonda (%50) 0,13 mm, en yüksek konsantrasyonda (%100) ise 0,15 mm olarak ölçülmüştür. Düşük seviyede gerçekleşen kalınlık artış miktarı, dokusuz yüzeyin dokuma kumaşa göre daha açık (gözenekli) yapısı nedeniyle sıvı SEP’in lifler arası boşluklara daha fazla nüfuz etmesi ile açıklanabilir.



Şekil 4.59. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi

PP Dokusuz Yüzey Kumaş:

PP dokusuz yüzey kumaş için farklı konsantrasyonlarda kaplanmış numunelere ait kaplanan madde miktarları Şekil 4.60'ta verilmiştir. Kaplama çözeltisindeki SEP konsantrasyonu arttıkça, birim alan başına zemin yüzeye kaplanan madde miktarı da artış göstermiştir. Kaplanan madde miktarı, çalışılan en düşük konsantrasyonda (%50) 21,67 g/m², en yüksek konsantrasyonda (%100) 76 g/m² olarak elde edilmiştir. Bu artış, kaplama çözeltisindeki SEP konsantrasyonunun artmasıyla birlikte kumaşa kaplanan katı maddenin artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



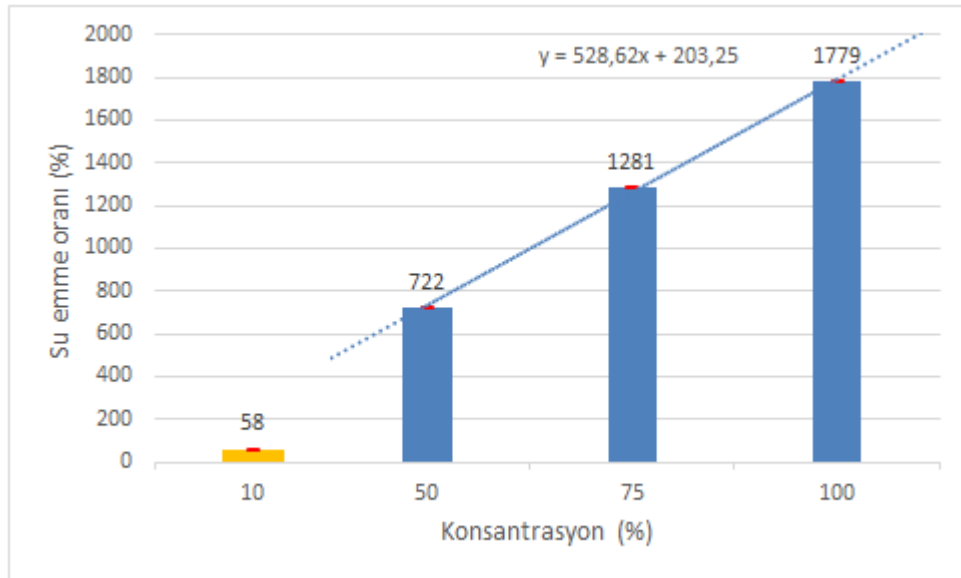
Şekil 4.60. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

Ayrıca, grafiklerde gösterilen eğilim çizgisi, kaplama çözeltisinin içerdiği SEP konsantrasyonu artışı ile kumaş kalınlıklarında ve kaplanan madde miktarları arasında güçlü bir pozitif ilişki olduğunu göstermektedir. SEP konsantrasyonu arttıkça, kumaş kalınlığı ve kaplanan madde miktarı da tutarlı bir şekilde artmaktadır. Bu durum, kaplama patındaki aktif madde miktarı arttıkça kumaşa aktarılan kuru madde miktarının da arttığını göstermektedir.

4.10.2. Statik su emme testi sonuçları

PET Dokuma Kumaş:

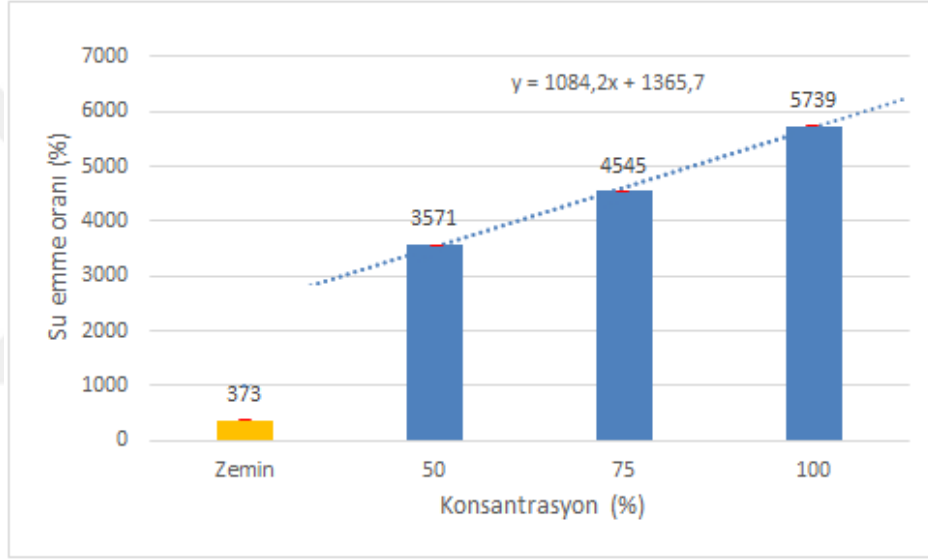
Farklı sıvı SEP konsantrasyonlarında daldırma tekniği ile kaplanmış kumaşların statik su emme testi sonuçları Şekil 4.61’de görülmektedir. En düşük konsantrasyonda (%50) SEP içeren çözelti ile kaplanan numunenin su emme oranı, zemin kumaşın su emme oranına (%58) kıyasla 12,5 kat daha fazla elde edilmişken, en yüksek konsantrasyonda (%100) 30,7 katı kadar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, sıvı SEP ile daldırma tekniğine göre kaplanmış dokuma kumaşların su emme performansının, SEP konsantrasyonuna bağlı olarak belirgin şekilde arttığını göstermektedir.



Şekil 4.61. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi

PP Dokusuz Yüzey Kumaş:

Şekil 4.62’de, farklı sıvı SEP konsantrasyonlarında daldırma tekniği ile kaplanmış kumaşların statik su emme testi sonuçları verilmiştir. En düşük konsantrasyonda (%50) SEP içeren kaplama çözeltisi ile kaplanan numunelerin su emme oranı, zemin kumaşın su emme oranına göre yaklaşık 10 kat (%3571) daha fazla elde edilmiş, en yüksek konsantrasyonda (%100) ise yaklaşık 15 katı (%5739) kadar elde edilmiştir. Test sonuçları, daldırma tekniği ile sıvı SEP kaplanan dokusuz yüzey kumaşların su emme kapasitesinin, zemin kumaşa göre kayda değer bir şekilde arttığını göstermektedir.

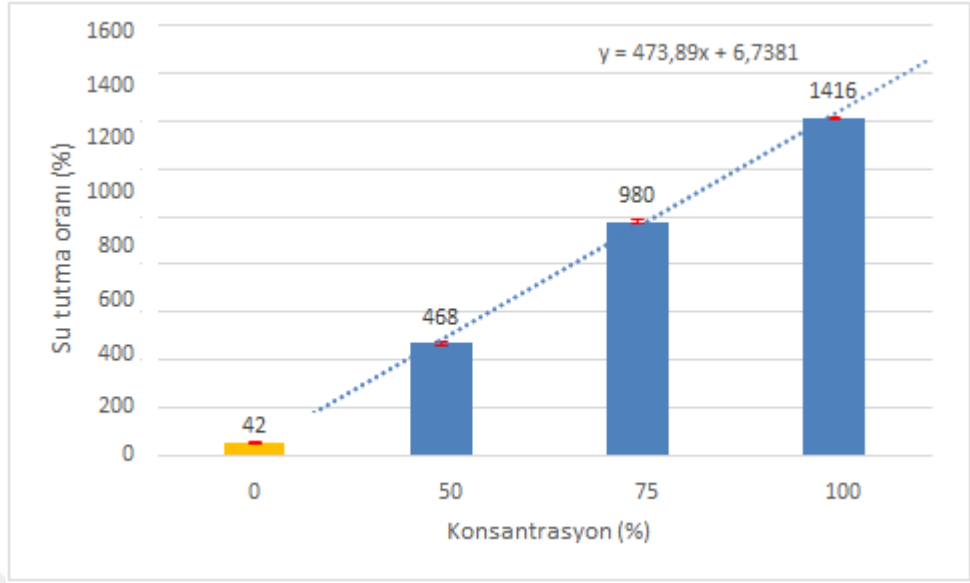


Şekil 4.62. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre statik su emme oranı değişimi

4.10.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları

PET Dokuma Kumaş

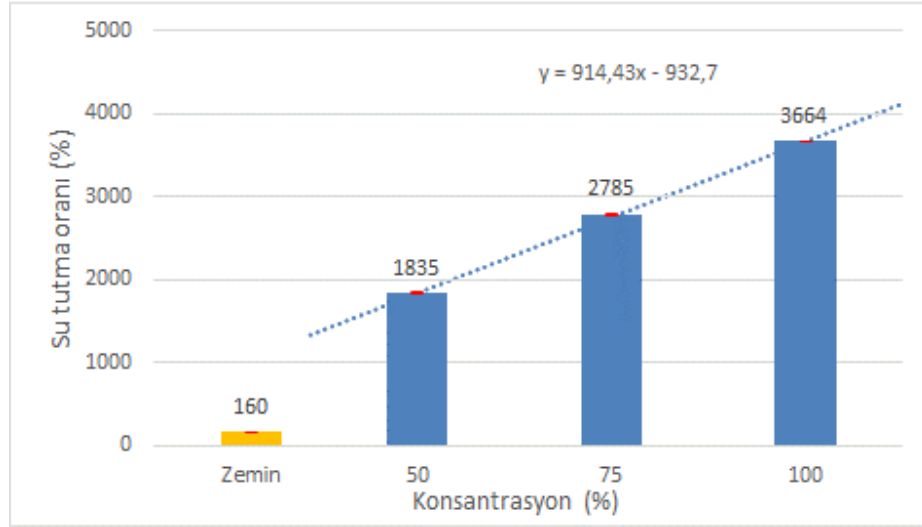
Farklı oranlarda SEP içeren kaplama çözeltisi ile kaplanmış numunelere ait santrifüj su tutma kapasitesi sonuçları Şekil 4.63’teki grafikte görülmektedir. En düşük konsantrasyonda (%50) su tutma oranı, zemin kumaşa (%42) göre yaklaşık 11 kat daha fazla iken, en yüksek konsantrasyonda (%100) ise yaklaşık 34 kat daha fazla su tutma oranına sahip olduğu görülmüştür. Numunelerin su tutma oranı, SEP konsantrasyonu artışına bağlı olarak, statik su emme kapasitesinde olduğu gibi artış göstermiştir.



Şekil 4.63. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutuma oranı değişimi

PP Dokusuz Yüzey Kumaş:

Şekil 4.64'teki grafikte farklı oranlarda SEP içeren kaplama çözeltisi ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaşlara ait santrifüj su tutma kapasitesi sonuçları verilmiştir. Zemin kumaşın su tutma oranı (%160) ile karşılaştırıldığında, %50 SEP içeren kaplama çözeltisi ile kaplanan numunelerde yaklaşık 11 kat, %100 SEP içeren kaplama çözeltisi ile kaplanan numunelerde ise yaklaşık 23 kat daha fazla su tutma oranı elde edilmiştir. Test sonuçları, artan SEP konsantrasyonunun dokusuz yüzey kumaşların santrifüj su tutma kapasitesini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.

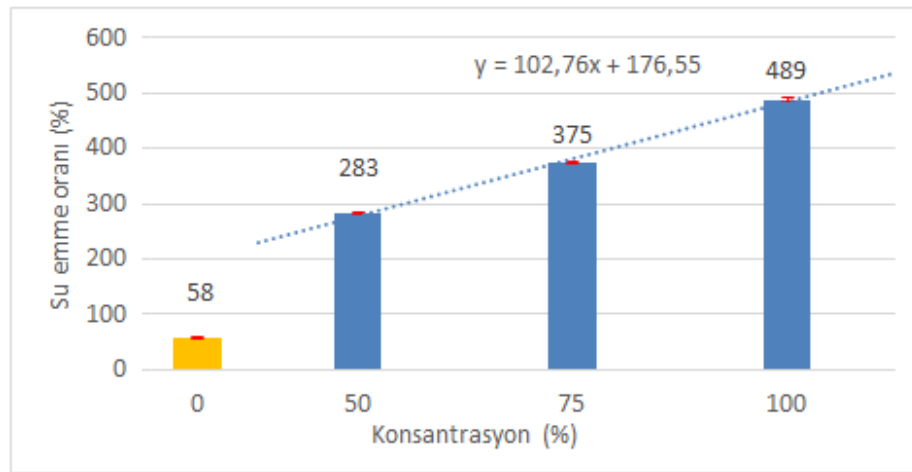


Şekil 4.64. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutuma oranı değişimi

4.10.4. Yük altında su emme testi sonuçları

PET Dokuma Kumaş:

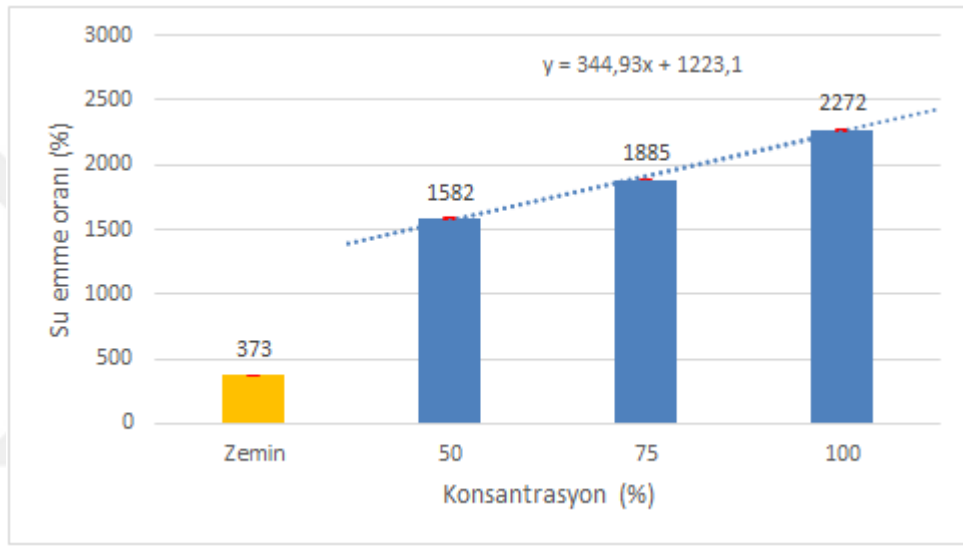
Farklı SEP konsantrasyonu ile kaplanmış dokuma kumaşların yük altında su emme oranlarındaki değişimler Şekil 4.65'te görülmektedir. En düşük SEP konsantrasyonunda (%50) zemin kumaşa (%58) göre yaklaşık 5 kat, en yüksek SEP konsantrasyonunda (% 100) ise yaklaşık 9 kat fazla su emdiği görülmüştür. Artan SEP konsantrasyonuna bağlı olarak su emme oranında önemli bir artış olduğu görülmüştür.



Şekil 4.65. PET dokuma kumaşın SEP konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi

PP Dokusuz Yüzey Kumaş:

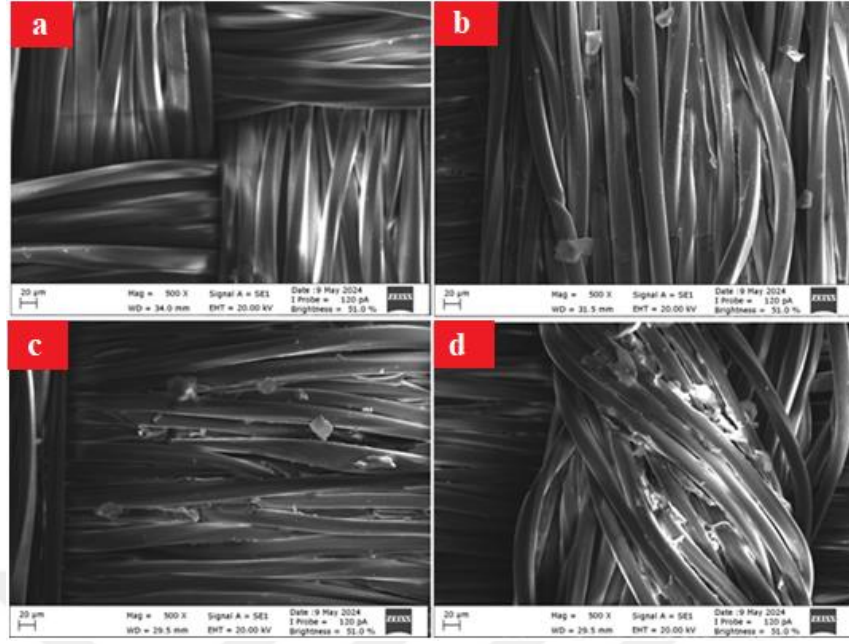
Şekil 4.66'da farklı SEP konsantrasyonunda kaplanmış dokusuz yüzey kumaş numunelerinin yük altında emicilik değerlerindeki değişimler verilmiştir. En düşük SEP konsantrasyonunda (%50) zemin kumaşa (%373) göre yaklaşık 4 kat, en yüksek SEP konsantrasyonunda (%100) ise yaklaşık 6 kat fazla su emdiği görülmüştür. Yapılan testler, kaplama çözeltisindeki SEP konsantrasyonunun artırılmasının su emme oranını önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.



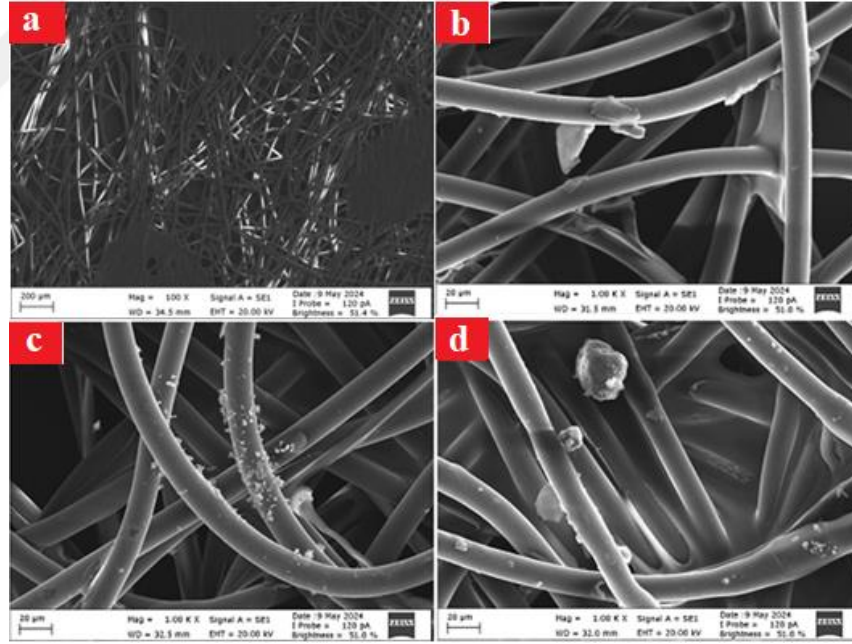
Şekil 4.66. PP dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre yük altında su emme oranı değişimi

4.10.5. SEM analizi sonuçları

Şekil 4.67 ve Şekil 4.68'de sırasıyla PET dokuma ve PP dokusuz yüzey kumaşların, farklı konsantrasyonlardaki (%50, %75 ve %100) sıvı SEP kaplama çözeltisi ile daldırma tekniğine göre kaplanmış numunelerine ait SEM yüzey analizi görüntüleri verilmiştir. Her iki şekilde de görüntüler sırasıyla; (a) kaplamasız zemin, (b) %50, (c) %75 ve (d) %100 sıvı SEP konsantrasyonunda kaplanmış kumaşları göstermektedir. Görüntülerde, SEP konsantrasyonunun artmasıyla birlikte hem PET dokuma kumaşlarda SEP partiküllerinin yoğunluğunda, hem de PP dokusuz yüzey kumaşlarda kaplama tabakasının yoğunluğunda belirgin bir artış görülmektedir.



Şekil 4.67. Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PET dokuma kumaşların SEM yüzey görüntüleri (500×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (500×) b: %50 SEP, c: %75 SEP, d: %100 SEP)



Şekil 4.68. Farklı SEP konsantrasyonları ile kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşların SEM yüzey görüntüleri (100×) (a: kaplamasız zemin kumaş, (1000×) b: %50 SEP, c: %75 SEP, d: %100 SEP)

4.10.6. İstatistiksel analiz sonuçları

Çizelge 4.22’de, sıvı SEP’in farklı konsantrasyonları ile daldırma tekniğine göre kaplanmış PET dokuma kumaşların statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme test sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları verilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları, sıvı SEP konsantrasyonundaki artış ile birlikte kaplanmış kumaşların su emme ve tutma kapasitelerinin de büyük ölçüde arttığını göstermektedir. Yapılan ANOVA analizleri, kaplama çözeltisindeki SEP konsantrasyonunun artırılmasının su emme ve tutma kapasitesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara yol açtığını ortaya koymaktadır ($p<0,05$). Ayrıca, Tukey HSD testi sonuçları da farklı SEP konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.22. Sıvı SEP’in farklı konsantrasyonları ile kaplanmış dokuma kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları

| Test Türü | Faktör (SEP konsantrasyonu %) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|-------------------------|-------------------------------|---|-----------|------|----------|-------|-------------------------------------|
| Statik su emme (%) | 50 | 4 | 721,73 | 4,69 | 66078,43 | <0,05 | 50-75; 50-100; 75-100 |
| | 75 | | 1280,76 | 4,15 | | | |
| | 100 | | 1778,98 | 3,41 | | | |
| Santrifüj su tutma (%) | 50 | 4 | 468,13 | 6,23 | 36178,46 | <0,05 | 50-75; 50-100; 75-100 |
| | 75 | | 979,50 | 4,32 | | | |
| | 100 | | 1415,91 | 4,15 | | | |
| Yük altında su emme (%) | 50 | 4 | 283,03 | 2,42 | 2782,76 | <0,05 | 50-75; 50-100; 75-100 |
| | 75 | | 374,64 | 4,88 | | | |
| | 100 | | 488,56 | 4,00 | | | |

Çizelge 4.23’te, PP dokusuz yüzey kumaşların statik su emme, santrifüj su tutma ve yük altında su emme ölçümleri sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları verilmiştir. Analiz sonuçları, PP dokusuz yüzey kumaşların da SEP konsantrasyonu artışına paralel olarak su emme ve tutma miktarlarının önemli ölçüde arttığını ortaya koymaktadır. Her üç test türünde de kaplama çözeltisindeki SEP konsantrasyonunun artırılması ile su emme ve tutma kapasitelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların

meydana geldiği görülmektedir ($p<0,05$). Tukey HSD testi sonuçları da farklı SEP konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır ($p<0,05$).

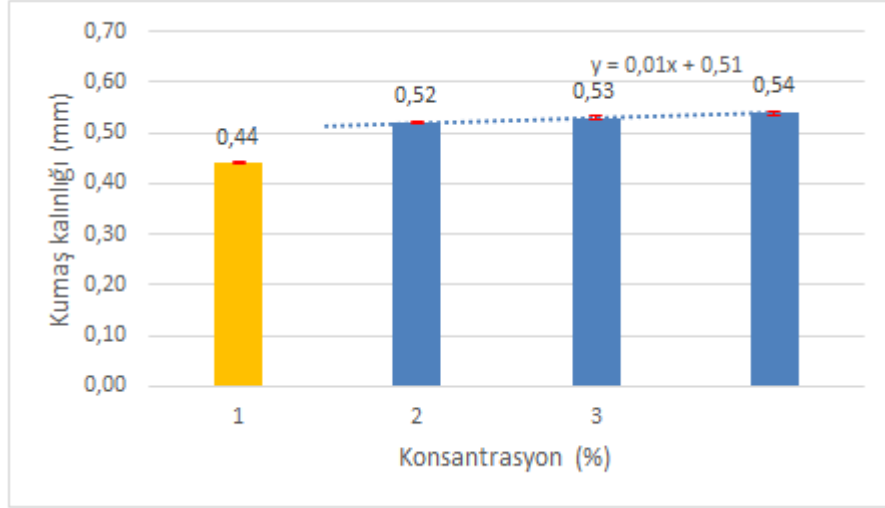
Çizelge 4.23. Sıvı SEP'in farklı konsantrasyonları ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaşların su emme ve tutma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları

| Test Türü | Faktör (SEP konsantrasyonu %) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık ($p<0,05$) (Tukey HSD) |
|-------------------------|-------------------------------|---|-----------|-------|----------|-------|-------------------------------------|
| Statik su emme (%) | 50 | 4 | 3570,84 | 4,81 | 81266,27 | <0,05 | 50-75; 50-100; 75-100 |
| | 75 | | 4545,00 | 10,00 | | | |
| | 100 | | 5739,29 | 7,14 | | | |
| Santrifüj su tutma (%) | 50 | 4 | 1835,42 | 10,49 | 36108,34 | <0,05 | 50-75; 50-100; 75-100 |
| | 75 | | 2785,00 | 10,00 | | | |
| | 100 | | 3664,29 | 8,25 | | | |
| Yük altında su emme (%) | 50 | 4 | 1581,95 | 5,32 | 17445,41 | <0,05 | 50-75; 50-100; 75-100 |
| | 75 | | 1885,23 | 4,35 | | | |
| | 100 | | 2271,80 | 5,92 | | | |

4.11. %100 Viskon Dokusuz Yüzey Üzerine Yapılan SEP Kaplamalara Ait Sonuçlar

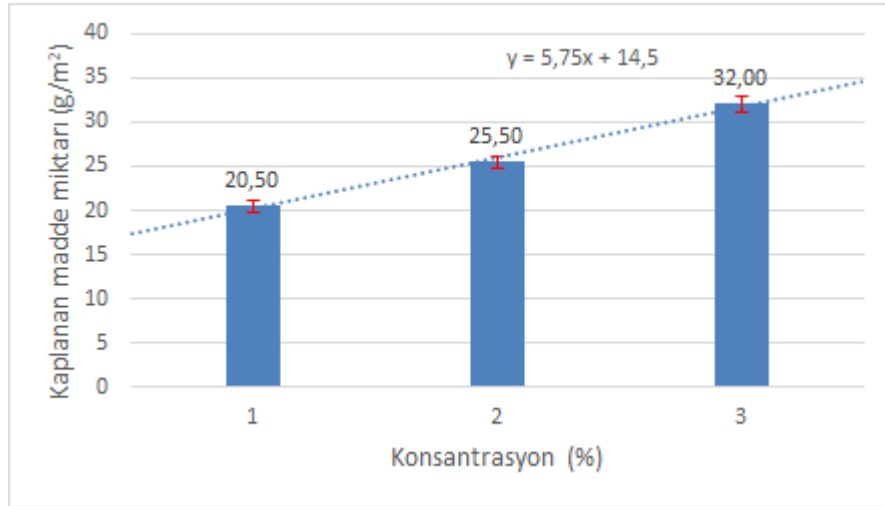
4.11.1. Kalınlık ölçümü ve aktarılan madde miktarı sonuçları

Üç farklı toz SEP konsantrasyonundaki kaplama patı ile kumaş ve bıçak arasındaki mesafe 0,50 mm olacak şekilde kaplanan %100 viskon dokusuz yüzey numunelerin kalınlık ölçüm sonuçları Şekil 4.69'da verilmiştir. Kalınlık ölçümleri sonucunda, referans (kaplamasız) kumaşın 0,44 mm olan başlangıç kalınlığının, %1 konsantrasyonda 0,52 mm, %2 konsantrasyonda 0,53 mm ve %3 konsantrasyonda 0,54 mm'ye yükseldiği görülmüştür. SEP konsantrasyonundaki artışla birlikte kumaş kalınlığında meydana gelen artışın oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. SEP içeren kaplama patları çok yüksek oranda sudan oluşmaktadır. Kurutma sırasında suyun buharlaşmasından sonra geriye kalan polimer, zemin üzerinde oldukça ince bir katman oluşturmaktadır. Dolayısıyla, artan konsantrasyona bağlı olarak numunelerin kalınlıklarında büyük farkların oluşmaması bu duruma dayandırılabilir.



Şekil 4.69. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre kalınlık değişimi

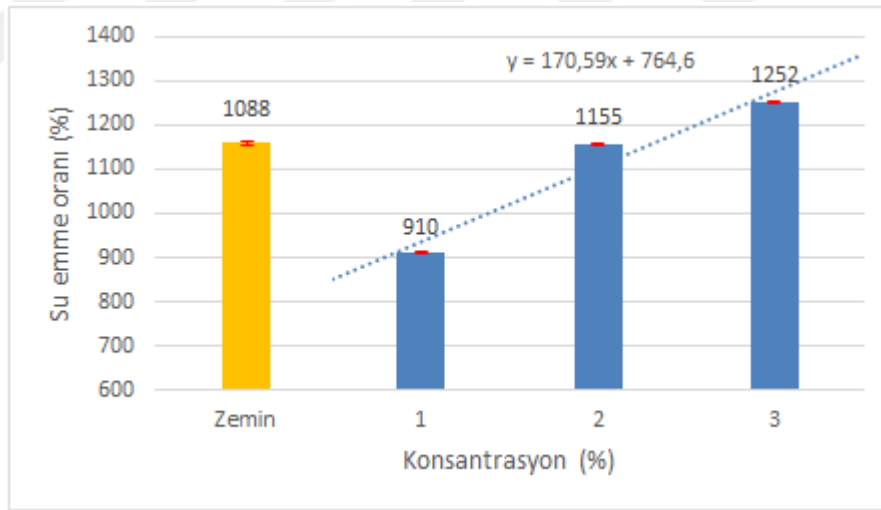
Şekil 4.70’te, farklı SEP konsantrasyonlarında kaplanmış numunelerin birim alan başına kaplanan malzeme miktarları verilmiştir. Kaplama patı içerisindeki katı madde oranı (SEP konsantrasyonu) arttıkça, zemin kumaş üzerine aktarılan madde miktarı değerleri de artmış ve çalışılan maksimum konsantrasyonda (%3) kaplanan madde miktarı 32 g/m^2 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.70. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre birim alan başına kaplanan madde miktarı değişimi

4.11.2. Statik su emme testi sonuçları

Farklı SEP konsantrasyonlarında kaplanmış numunelerin statik su emme testi sonuçları Şekil 4.71’de sunulmuştur. %1 SEP içeren kaplamada, su emme oranı referans viskon numuneye göre daha düşük elde edilmiş olsa da konsantrasyon arttıkça durum değişmiş ve beklenen iyileşme sağlanmıştır. Ancak, eğilim çizgisine göre %3'lük konsantrasyonda su emme oranının teorik beklentiden düşük olduğu görülmektedir. %3 SEP konsantrasyonuna ulaşmak için kaplama patına ilave edilen asetik asit, önceki çalışmalara benzer şekilde çapraz bağlanma yoğunluğunu artırmıştır. SEP konsantrasyonu artmasına rağmen beklenen su emme oranının gerçekleşmemesi, düşük pH (asidik bölge) nedeniyle artan çapraz bağlanma yoğunluğundan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Çalışılan maksimum konsantrasyonda su emme kapasitesi, kaplamasız kumaşa kıyasla %15 oranında artış göstermiştir. Bu sonuçlar, hidrofil viskon kumaşların yapısal olarak sahip oldukları yüksek su emme potansiyeli nedeniyle, SEP polimerlerinin statik su emme kapasitesi üzerine katkısının sınırlı kaldığını ortaya koymaktadır.



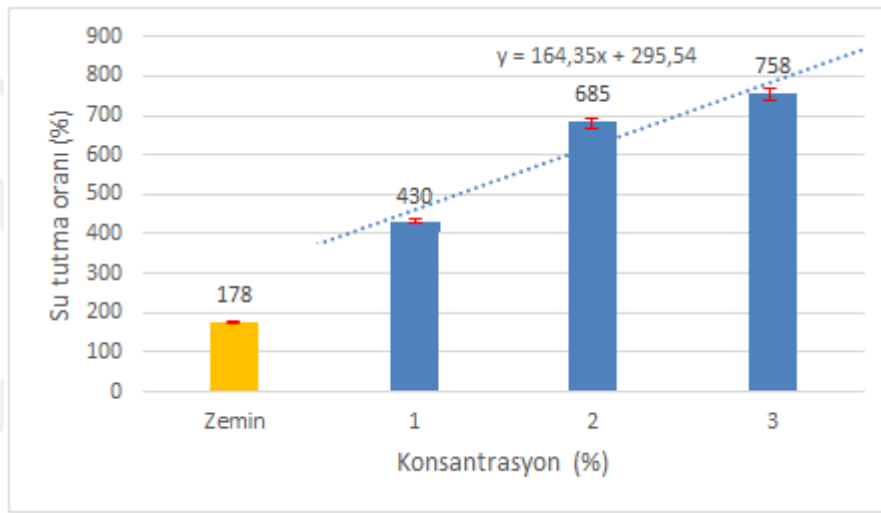
Şekil 4.71. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre su emme oranı değişimi

4.11.3. Santrifüj su tutma testi sonuçları

Zemin kumaş ve farklı oranlarda SEP kaplanmış kumaşlara ait santrifüj su tutma testi sonuçları Şekil 4.72’deki grafikte verilmiştir. Kaplamalı kumaşların su tutma oranlarının, zemin kumaşa kıyasla belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Şekil 4.72’deki santrifüj

su tutma testi sonuçlarına göre, %1 SEP kaplamalı numune, zemin kumaşa kıyasla 2,4 kat daha yüksek su tutma kapasitesi göstermiştir. Bu sonuç, en düşük SEP konsantrasyonunda bile kaplamanın su tutma performansını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. SEP konsantrasyonu arttıkça santrifüj su tutma kapasiteleri de artmış olup, maksimum konsantrasyonda %758 değerine ulaşmıştır.

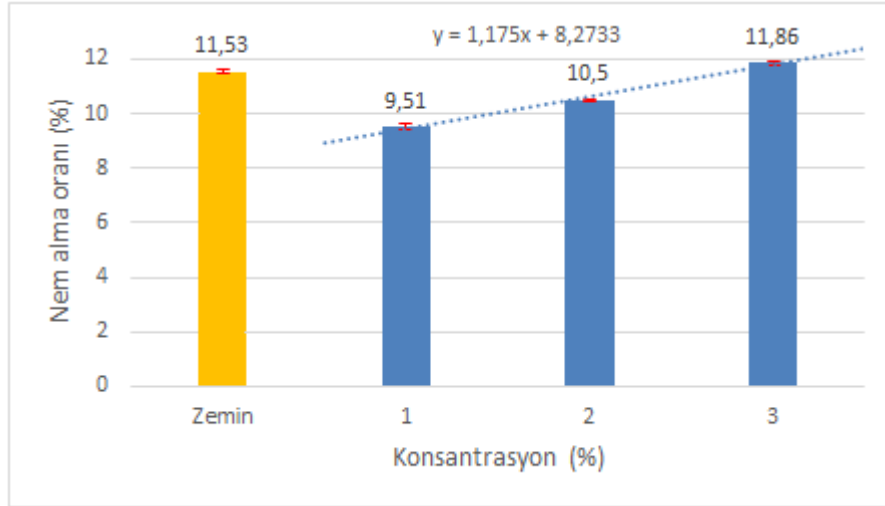
Bu sonuçlar aynı zamanda, kaplama yapılmayan viskon kumaşlarda ölçülen yüksek statik su absorblama kapasitesinin lifler içerisine emilen absorbe sudan değil, yüksek oranda liflerin yüzeyinde tutunan serbest sudan kaynaklandığına işaret etmektedir.



Şekil 4.72. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre santrifüj su tutma oranı değişimi

4.11.4. Nem alma analizi sonuçları

Şekil 4.73'te farklı SEP konsantrasyonlarında kaplanan viskon dokusuz yüzey kumaşların nem alma oranları grafiksel olarak verilmiştir. Nem ölçüm sonuçlarına göre, SEP kaplama ile yalnızca maksimum SEP konsantrasyonunda kaplamasız zemin kumaşın nem değerine ulaşılabilirdiği görülmektedir. Hidrofil özellikte olan viskon zemin yüzeyin nem alma özelliği, binder ve çapraz bağlayıcı içeren kaplamanın etkisiyle bir miktar gerilemektedir. Binder miktarı tüm patlarda sabit olduğundan, en düşük SEP konsantrasyonunda SEP/binder oranı da düşüktür ve buna bağlı olarak nem yüzdesi de azalmıştır. Konsantrasyon artışı ile birlikte artan SEP/binder oranı ile paralel olarak nem oranı değerleri de artış göstermektedir.



Şekil 4.73. Viskon dokusuz yüzey kumaşın SEP konsantrasyonuna göre nem alma oranı değişimi

4.11.5. İstatistiksel analiz sonuçları

Toz SEP'in üç farklı konsantrasyonu ile kaplanmış viskon dokusuz yüzey kumaşların statik su emme, santrifüj su tutma ve nem alma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Zemin yüzeyin sonuçları göz ardı edildiğinde, farklı toz SEP konsantrasyonları ile kaplanmış kumaşların su emme ve tutma ile nem alma kapasiteleri, SEP konsantrasyonu artışına paralel olarak artış göstermektedir. Yapılan ANOVA analizleri, kaplama patında SEP konsantrasyonunun artırılmasının su emme ve tutma kapasitesinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara yol açtığını ortaya koymaktadır ($p < 0,05$). Ayrıca, Tukey HSD testi sonuçları da farklı SEP konsantrasyonları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.24. Farklı konsantrasyonları ile kaplanmış viskon dokusuz yüzey kumaşların su emme, su tutma ve nem alma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları

| Test Türü | Faktör (SEP konsantrasyonu %) | N | \bar{X} | SS | F | p | Anlamlılık ($p < 0,05$) (Tukey HSD) |
|--------------------|-------------------------------|---|-----------|-------|--------|-------|---------------------------------------|
| Statik su emme (%) | 1 | 4 | 910,39 | 7,25 | 624,34 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 2 | | 1155,41 | 19,76 | | | |
| | 3 | | 1251,58 | 12,31 | | | |

Çizelge 4.24. Farklı konsantrasyonları ile kaplanmış viskon dokusuz yüzey kumaşların su emme ve tutma ve nem alma ölçüm sonuçlarının varyans analizi ve Tukey HSD sonuçları (devam)

| | | | | | | | |
|------------------------|---|---|--------|-------|---------|-------|---------------|
| Santrifüj su tutma (%) | 1 | 4 | 429,69 | 5,32 | 1495,93 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 2 | | 684,67 | 12,07 | | | |
| | 3 | | 758,39 | 8,03 | | | |
| Nem alma (%) | 1 | 4 | 9,51 | 0,09 | 1391,92 | <0,05 | 1-2; 1-3; 2-3 |
| | 2 | | 10,50 | 0,02 | | | |
| | 3 | | 11,86 | 0,06 | | | |

4.12. Toz ve Sıvı SEP ile Kaplanmış Kumaşların FTIR Analizi Sonuçları

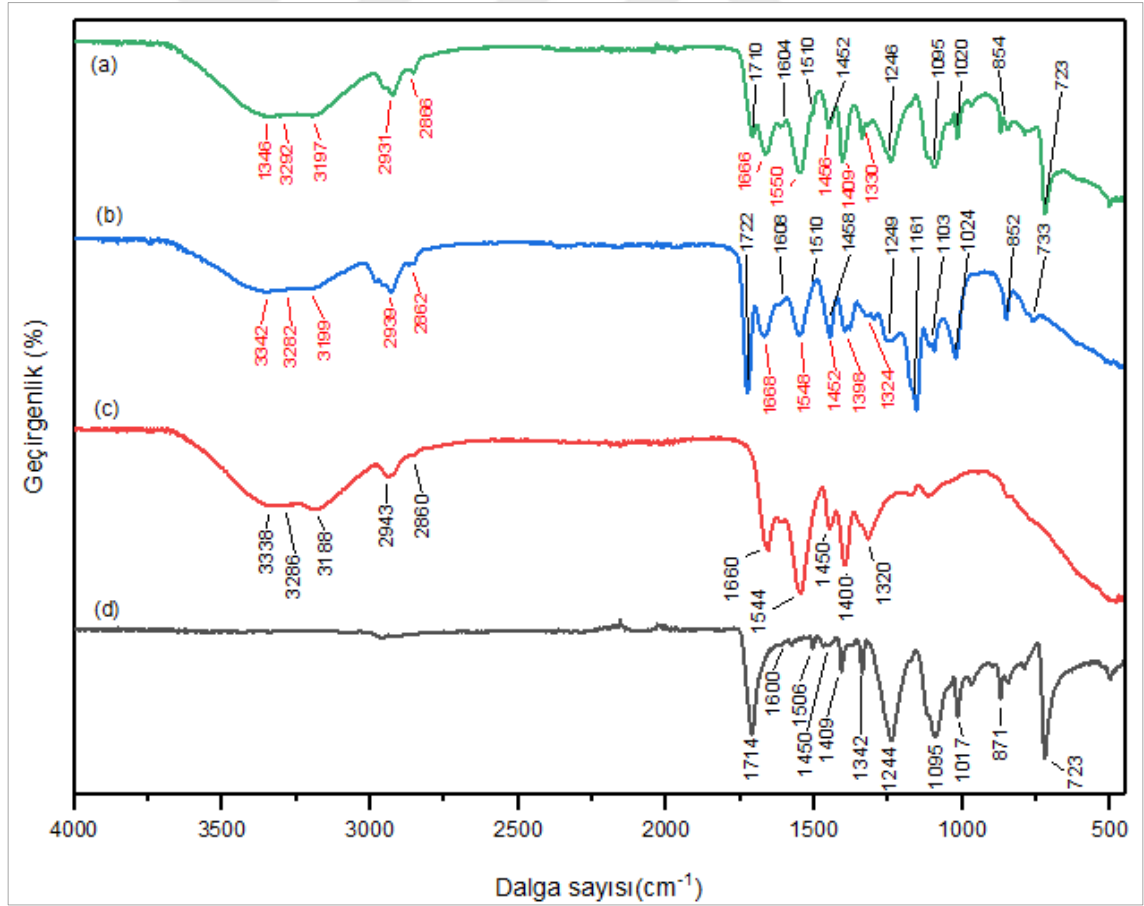
Toz SEP ile silinir üzeri bıçak tekniği ile kaplanmış PET kumaşın ve sıvı SEP ile daldırma tekniğine göre kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşın FTIR analizleri değerlendirilmiştir.

4.12.1. Toz SEP Kaplı PET Dokuma Kumaşın FTIR Analizi Sonuçları

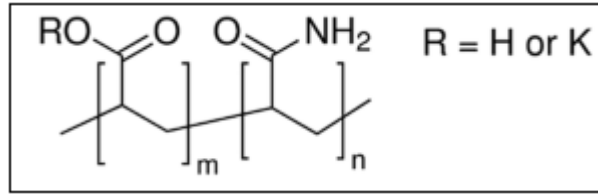
Şekil 4.74'te toz SEP, PET dokuma kumaş ve toz SEP ile kaplanmış kumaşlara ait FTIR spektrumları, Şekil 4.75'da ise toz SEP'in makro moleküler yapısı verilmiştir.

Şekil 4.74'te sadece SEP içeren kaplama patı ile kaplanmış kumaşın (a), SEP ile birlikte diğer kaplama yardımcı kimyasallarını içeren (çapraz bağlayıcı, binder, köpük kesici ve boyarmadde) kaplama patı ile kaplanmış kumaşın (b), SEP'in toz halindeki (c) ve PET zemin kumaşın (d) FTIR spektrumları görülmektedir. Şekil 4.74'teki "d" spektrumunda PET kumaşa ait karakteristik pikler görülmektedir. PET polimeri yapısındaki ester grubuna ait pik 1714 cm^{-1} 'de, aromatik gruba ait pikler 1600 cm^{-1} , 1506 cm^{-1} , 1450 cm^{-1} ve 723 cm^{-1} 'deki piklerdir. "b" spektrumunda görülen 1712 cm^{-1} 'deki pik kaplama patına ilave edilen akrilik binderin yapısındaki ester gruplarından gelecektir. 1244 cm^{-1} ve 1095 cm^{-1} 'deki pikler PET yapısındaki C-O grubuna ait piklerdir. SEP kaplanmış kumaşların FTIR spektrumları (a ve b) incelendiğinde ise, PET kumaşın yapısında olmayan 3338 cm^{-1} , 3286 cm^{-1} ve 3188 cm^{-1} dalga sayılarına karşılık gelen pikler görülmektedir. Bu pikler hidroksil (-OH) ve amin (-RNH₂) gruplarına ait piklerdir. 3338 cm^{-1} ve 3188 cm^{-1} dalga sayısındaki pikler I. amin gruplarına (-RNH₂) ait piklerdir. 3286

cm^{-1} 'deki pik ise hidroksil (O-H) grubuna aittir. 2943 cm^{-1} ve 2860 cm^{-1} 'deki pikler, metilen (CH_2) gruplarından gelen C-H gerilme titreşimlerine aittir. Buna ilave olarak SEP yapısında bulunan amid ($-\text{NH}$) grubuna ait ikiz pikler de 1660 cm^{-1} ve 1544 cm^{-1} 'de görülmektedir. İlave olarak 1450 cm^{-1} 'deki pik şiddetinin artması yine SEP yapısındaki metilen ($-\text{CH}_2-$) gruplarının varlığını göstermektedir. Diğer 1400 cm^{-1} ve 1320 cm^{-1} 'deki pikler ise farklı bir gruba bağlı CH_2 'nin titreşimini gösteren pikler olup, bu da yan gruplar olan amid ($-\text{NH}$) ve karboksil ($-\text{COOH}$) grubuna bağlı olan karbona bağlı CH_2 'lerin varlığını göstermektedir. Şekil 4.74'teki SEP kaplanmış kumaş spektrumları (a, b) hem toz SEP'teki hem de PET kumaştaki pikleri ortaklaşa içeren spektrumlar olup hem SEP'in hem PET kumaşın karakteristik piklerinin kombinasyonu şeklinde oluşmuştur. Bu sonuçlar, İçoğlu (2022), Natarajan ve Moses (2012), Wei ve arkadaşları (2018), Bessada ve ark. (2011), Wei ve ark. (2018), Shah ve Patel (2014) ile Tomar ve arkadaşlarının (2007) çalışmaları ile uyumludur.



Şekil 4.74. PET dokuma zemin kumaşın FTIR spektrumları (a) PET zemin+Toz SEP, (b) PET zemin+toz SEP+YK, (c) toz SEP ve (d) PET dokuma kumaş

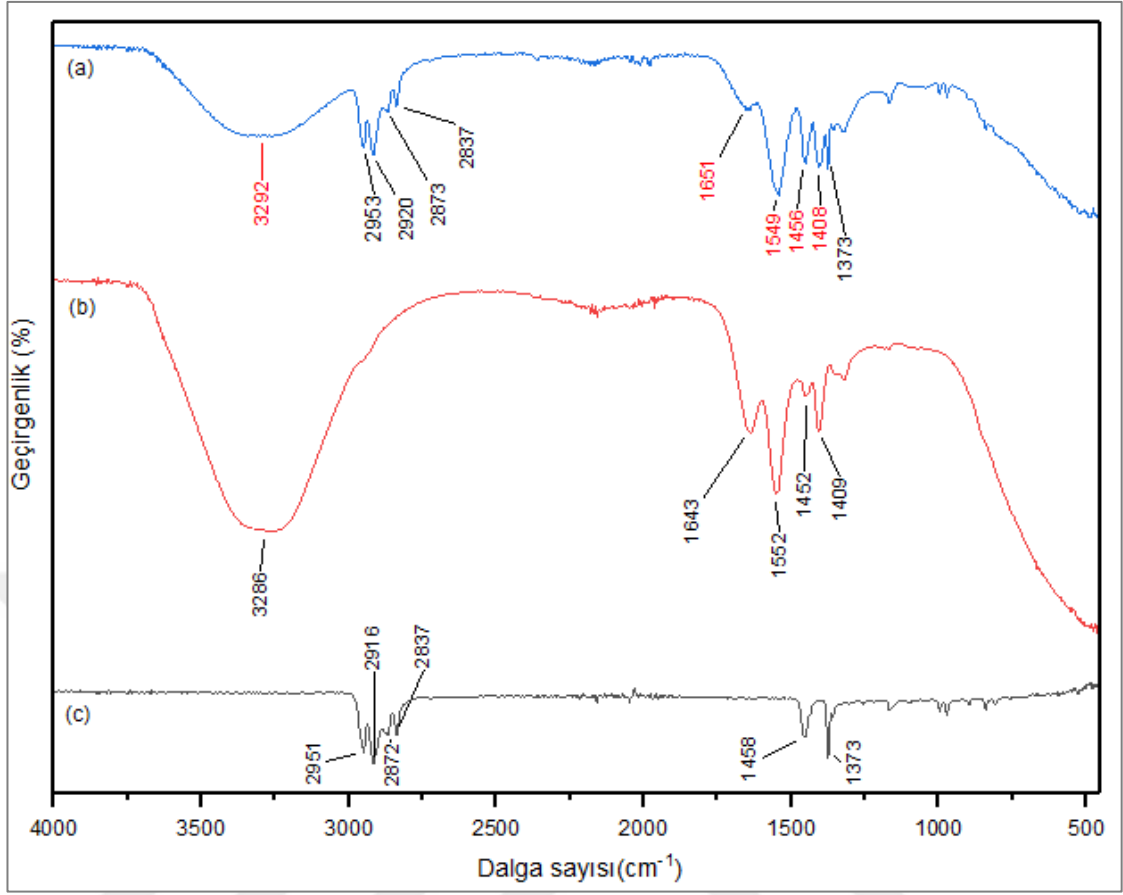


Şekil 4.75. Çapraz bağlı akrilamid/akrilik asit kopolimeri molekül yapısı (Mahon ve ark. 2020)

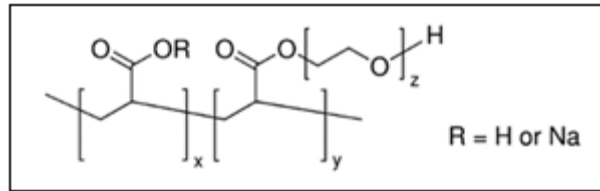
4.12.2. Sıvı SEP Kaplı PP Dokusuz Yüzey Kumaşın FTIR Analizi Sonuçları

Şekil 4.76’da sıvı SEP, PP dokusuz yüzey kumaş ve sıvı SEP ile kaplanmış dokusuz yüzey kumaşa ait FTIR spektrumları, Şekil 4.77’de ise sıvı SEP’in makro moleküler yapısı verilmiştir.

Şekil 4.76’da sıvı SEP ile kaplanmış PP dokusuz yüzey kumaşın (a), sıvı SEP’in (b) ve PP dokusuz zemin kumaşın (c) FTIR spektrumları görülmektedir. Şekil 4.76’daki “c” spektrumunda PP dokusuz yüzey kumaşa ait karakteristik pikler görülmektedir. PP polimeri yapısındaki CH₃ gruplarına ait gerilme pikleri, 2951 cm⁻¹ ve 2916 cm⁻¹’de görülmektedir. CH₂ grubuna ait gerilme pikleri ise 2872 cm⁻¹ ve 2837 cm⁻¹’de görülmektedir. Simetrik olmayan 1458 cm⁻¹’deki yayvan pik, CH₂ ve CH₃ gruplarına ait bükülme (bending) piklerinin bileşkesidir. Simetrik CH₃ gruplarının bükülme titreşimleri 1373 cm⁻¹’dedir. Sıvı SEP ile kaplanmış kumaşın FTIR spektrumu (a) incelendiğinde ise, PP dokusuz yüzey kumaşın yapısında olmayan 3286 cm⁻¹ dalga sayısına karşılık gelen pik görülmektedir. Bu bölgelerdeki geniş pikler, hidrojen bağlı O-H gerilme titreşimlerini göstermektedir. 1643 cm⁻¹’deki pik, akrilat grubundaki COO⁻ grubuna ait gerilme titreşimini, 1552 cm⁻¹’deki pik ise simetrik gerilme titreşimlerine aittir. 1452 cm⁻¹ ve 1409 cm⁻¹’deki pikler, CH₂’ye ait bükülme titreşimlerini göstermektedir. Şekil 4.76’da sıvı SEP kaplanmış kumaş spektrumu (a) hem sıvı SEP’teki hem de PP dokusuz yüzey kumaştaki pikleri ortaklaşa içeren spektrumlar olup hem sıvı SEP’in hem PP dokusuz yüzey kumaşın karakteristik piklerinin kombinasyonu şeklinde oluşmuştur. Bu sonuçlar Cukrowicz ve arkadaşları (2021), Di Maggio ve ark. (2020), Yu ve ark. (2019), Prabowo ve ark. (2017), Grabowska ve Holtzer (2009) çalışmaları ile uyumludur.



Şekil 4.76. PP dokusuz yüzey kumaşın FTIR spektrumları (a) PP zemin+sıvı SEP, (b) sıvı SEP ve (c) PP dokusuz yüzey kumaş



Şekil 4.77. Sıvı SEP'in (sodyum poliakrilat) molekül yapısı (Mahon ve ark. 2020)

5. SONUÇ

Süper emici polimerler (SEP), üstün su emme ve tutma özellikleri sayesinde başta hijyenik ürünler olmak üzere, tarım, inşaat ve teknik tekstil gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında, dokuma ve dokusuz tekstil yüzeylerinin su emme ve tutma performanslarını geliştirmek amacıyla, toz ve sıvı SEP'lerin silindir üstü bıçak ve daldırma teknikleri ile kaplanması üzerine etkili proses parametreleri araştırılmıştır. Böylelikle, farklı kullanım alanlarına uygun SEP kaplamalı tekstil yüzeylerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen SEP kaplanmış kumaşlar üzerinde, kumaş kalınlığı, birim alana aktarılan madde miktarı (add-on), Martindale aşınma testi, statik su emme, santrifüj su tutma, yük altında su emme, damla emme süresi, yıkama dayanımı testi ve nem alma testleri gerçekleştirilerek grafiksel ve istatistiksel analizler (ANOVA ve post-hoc Tukey HSD) ile sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, yapılan SEM ve FTIR analizleri ile elde edilen sonuçlar desteklenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

Ön denemelerden oluşan çalışmanın ilk aşamasında, kurutma-fiksaj sıcaklığı ve süresi ile kaplama kalınlığı arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sabit kaplama kalınlığı ve süresinde (0,5 mm, 6 dk.) uygun kurutma-fiksaj sıcaklığının tespitine yönelik olarak yapılan çalışmalarda 150 °C en uygun kurutma-fiksaj sıcaklığı olarak ortaya çıkmış olup, sonraki çalışmaların tümünde kurutma-fiksaj işlemleri 150 °C'de gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, kaplama kalınlığının kurutma süresi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu ve çalışılan kaplama kalınlıklarına göre (150 °C için) 0,25 mm için 4 dk., 0,50 mm için 6 dk., 0,75 mm için 7 dk. ve 1,00 mm için 10 dk.'lık kurutma sürelerinin uygun değerler olduğu ortaya çıkmıştır.

Kaplama patı pH değerinin toz SEP'in şişme davranışı (viskozite artışı) üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda, maksimum şişme etkisinin pH 6,5-8,5 arasında elde edildiği; bazikliğin pH 10'a doğru artmasıyla beraber viskozitenin yavaş bir şekilde düşme eğilimine girdiği; fakat asidik bölgede pH 6,5'in altına doğru

düşüldükçe viskozitenin (dolayısıyla şişme kapasitesinin) hızlı bir şekilde düştüğü görülmüştür.

Farklı pH değerlerindeki (pH 6-9) patlar ile kaplanmış kumaşların su emme ve tutma kapasiteleri incelenmiştir. pH 8-9 aralığında maksimum su emme kapasitesi elde edilmiştir. Su emdirme süresi 1 dakikadan 40 dakikaya kadar arttıkça su emme kapasitesi de artmış, ancak 60 dakikaya kadar uzatılan sürelerde belirgin bir artış gözlenmemiştir. SEP kaplanmış kumaşların su emme oranları üzerinde pH değerlerinin etkisi istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) bulunmuş, beş dakika ve üzeri emdirme sürelerinde farklı pH değerleri arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. pH'ın SEP'lerin şişme davranışını etkilediği gibi, kaplama patının pH seviyesinin de su emme oranı üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Düşük (asidik) pH değerlerindeki pat ile kaplanan numunelerde kaplama patındaki binder ve çapraz bağlayıcının daha fazla çapraz bağlanma yapması nedeniyle su emiliminin azaldığı ortaya çıkmıştır.

SEP konsantrasyonu çalışmalarında, kaplama patına eklenen farklı SEP konsantrasyonlarının (%2 ve %2,8) kaplanmış kumaşın su emme ve tutma performansına etkisi araştırılmıştır. Her iki konsantrasyon için de su emme ve tutma kapasitesi, emdirme süresi 1 dakikadan 40 dakikaya kadar uzadıkça artış göstermiş, ancak 40-60 dakika arasında belirgin bir artış gözlenmemiştir. %2,8 SEP konsantrasyonu, tüm zaman dilimlerinde %2 konsantrasyona göre daha yüksek su emme ve tutma oranı sağlamıştır. %2 ve %2,8 SEP konsantrasyonlarında maksimum su emme oranları sırasıyla %339 ve %388; su tutma oranları ise %291 ve %349 olarak ortaya çıkmıştır. Kaplanmış kumaşların SEM yüzey ve kesit görüntüleri incelendiğinde, %2,8 SEP konsantrasyonunda daha kalın ve yoğun bir kaplama tabakası olduğu gözlenmiştir. Farklı SEP konsantrasyonlarının kumaşların su emme ve santrifüj su tutma oranları üzerindeki etkisi, tüm emdirme sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

%2 SEP içeren pat ile farklı kalınlıklarda (0,25, 0,50, 0,75 ve 1,00 mm) kaplanan kumaşların fiziksel özellikleri ile su emme ve tutma davranışları incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalarda, rakle ile kumaş arası mesafe artışıyla kumaş kalınlığı 0,33

mm'den 0,36 mm'ye, birim alana aktarılan madde miktarı ise 33,75 g/m²'den 95,50 g/m²'ye yükseldiği görülmüştür. Kaplama kalınlığının artışıyla kaplamasız kumaşa kıyasla statik su emme oranı 5,8 kattan 7,5 kata, santrifüj su tutma oranı 6,5 kattan 9,4 kata ve yük altında su emme oranı 4,4 kattan 6,6 kat arttığı tespit edilmiştir. Varyans analizi ve Tukey HSD testi sonuçları, kaplama kalınlığının tüm performans özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğunu doğrulamıştır.

Kaplama katı sayısının etkisini belirlemek amacıyla dört farklı kombinasyonda (ön+arka; 1+0, 2+0, 2+1, 2+2) kaplanmış kumaşlara ait kalınlık ölçüm sonuçlarına göre her bir kaplama katmanının kumaş kalınlığını 0,01 mm artırdığı tespit edilmiştir. Kaplama katı sayısının artışıyla birim alana kaplanan malzeme miktarı doğrusal olarak artış göstermiştir. Kaplamasız kumaşa (%58) kıyasla statik su emme oranı %334'ten (1+0) %419'a (2+2), santrifüj su tutma oranı %42'den %347'ye, yük altında su emme oranı ise %58'den %322'ye yükselmiştir. SEM analizlerinde kaplama katı sayısı arttıkça kaplama tabakasının yoğunluğunda ve kalınlığında belirgin bir artış gözlenmiştir. Tüm testlerde, kaplama kat sayısının su emme ve tutma özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Önemli bir bulgu olarak, aynı kalınlığa denk gelen tek seferde uygulanan kaplamaların, çok katlı uygulamalara göre daha yüksek su emme ve tutma performansı gösterdiği tespit edilmiş olup, istenen kalınlığın tek seferde kaplanmasının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Farklı ıslatıcı türleri (Rucowet GNR/anyonik, MSE/noniyonik, Rucogen YES/noniyonik) ve konsantrasyonlarının (1, 3 ve 5 g/kg) SEP kaplı kumaşların fiziksel özellikleri ve su emme/tutma performansına ve su emme hızına etkisi incelenmiştir. Islatıcı türü ve konsantrasyonlarının kalınlık üzerinde ayırt edilebilir bir etkisi gözlenmezken, birim alana kaplanan malzeme miktarında sadece konsantrasyon artışına bağlı olarak sınırlı bir artış (1,5 g) tespit edilmiştir. Farklı ıslatıcı tür ve konsantrasyonlarında kaplanan numunelerin su emme oranı (%356-%359), santrifüj su tutma oranı (%302-%304) ve yük altında su emme oranı (%288-289) değerlerinin birbirine çok yakın olması, ıslatıcıların su emme ve tutma özelliği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Su emme hızı testlerinde önemli farklılıklar gözlenmiş, özellikle Rucowet GNR (5 g/kg) ilavesinin, su emme hızında yaklaşık 23 kat artış sağladığı görülmüştür. PET liflerinin

standart şartlarda %0,4-0,8 arasında olan nem çekme oranı, SEP kaplanmış kumaşlarda tüm ıslatıcı türleri ve konsantrasyonlarında yaklaşık 10 kata varan bir artış tespit edilmiştir.

Çapraz bağlayıcı çalışmalarında, farklı türdeki çapraz bağlayıcıların (FX8041/ noniyonik, FX8011/anyonik, XCI/anyonik) çeşitli konsantrasyonlarında (%2, %4, %8) kaplanan numuneler incelenmiştir. Kaplama sonrasında her bir çapraz bağlayıcı türünde kumaş kalınlığı konsantrasyona bağlı olarak 0,1 mm'lik artış göstermiş, birim alana aktarılan kaplanan madde miktarının çapraz bağlayıcıların yoğunluk farklılıklarından da (FX8041: 1,04 g/cm³, FX8011: 1,10 g/cm³, XCI: 1,16 g/cm³) etkilendiği görülmüştür. Tüm konsantrasyonlarda en yüksek su emme performansı sırasıyla FX8041, XCI ve FX8011 çapraz bağlayıcılarda elde edilmiştir. Yıkama dayanımı testlerinde ilk yıkamada belirgin bir performans düşüşü gözlenmiş, 5 yıkama sonunda bu düşüş %69 seviyesine kadar ulaşmıştır. Düşük konsantrasyonlarda kaplanan numunelerin yıkama sonrası su emme performansı daha yüksek olup, yıkamaya en dayanıklı çapraz bağlayıcı FX8011 olarak belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar, çapraz bağlayıcı konsantrasyonunun artmasıyla birlikte su emme kapasitesinin düşmesine rağmen, yıkama dayanımının (kalıcılığın) artması yönünde belirgin bir katkısının olmadığını göstermiştir.

Binder konsantrasyon etkisini belirleme çalışmalarında, kaplanan zemin kumaşın kalınlığı ve birim alana aktarılan madde miktarı, binder konsantrasyonunun artışıyla birlikte doğrusal olarak artmıştır. Statik su emme oranı zemin kumaşa göre en düşük binder konsantrasyonunda 9 kat artarken, en yüksek konsantrasyonda 5 kat arttığı görülmüştür. Benzer şekilde, santrifüj su tutma testinde en düşük konsantrasyonda 10 kat, en yüksek konsantrasyonda 6 kat artış gözlenmiştir. Yük altında su emme testinde ise artış sırasıyla 6 kat ve 4 kat olarak tespit edilmiştir. Binder konsantrasyonu artışına bağlı olarak su emme ve turma performanslarında azalma meydana geldiği görülmüştür.

Farklı konsantrasyonlardaki sıvı SEP ile hazırlanan kaplama patının silindir üstü rakle yöntemiyle yapılan kaplama çalışmalarında, PET dokuma ve PP dokusuz yüzey kumaşlar karşılaştırılmıştır. PET dokuma kumaşta SEP konsantrasyonunun artışıyla kalınlık artışı sırasıyla 0,06, 0,13 ve 0,21 mm olarak ölçülürken, PP dokusuz yüzeyde 0,08, 0,09, 0,10

mm olarak tespit edilmiştir. Birim alan başına kaplanan madde miktarları PET dokuma kumaşta 73 g/m²'den 139 g/m²'ye, PP dokusuz yüzeyde 63 g/m²'den 126 g/m²'ye yükselmiştir. Statik su emme oranı PET dokumada 90 kata, PP dokusuz yüzeyde 25 kat artış göstermiştir. Su tutma oranı PET dokuma kumaşta 80 kat, PP dokusuz kumaşta 41 kat, yük altında su emme oranı ise dokuma kumaşta 19 kat, dokusuz kumaşta 9 kat olarak ortaya çıkmıştır. SEM analizleri, artan SEP konsantrasyonuna bağlı olarak her iki kumaş tipinde de daha kalın ve yoğun bir kaplama tabakası oluştuğunu göstermiştir.

Daldırma tekniğine göre yapılan sıvı SEP kaplama çalışmalarında, farklı konsantrasyonlarda hazırlanan kaplama çözeltileri kullanılmıştır. PET dokuma kumaşın kalınlığı 0,30 mm'den 0,31, 0,32 ve 0,33 mm'ye, PP dokusuz yüzey kumaşın kalınlığı ise 0,12 mm'den 0,13, 0,14 ve 0,15 mm'ye çıkmıştır. Birim alana kaplanan madde miktarı PET dokuma kumaşta 7,57 g/m²'den 16,45 g/m²'ye yükselirken, PP dokusuz yüzeyde 21,67 g/m²'den 76 g/m²'ye ulaşmıştır. PET dokuma kumaşta %100 konsantrasyonda statik su emme oranı 31 kat, santrifüj su tutma oranı 34 kat, yük altında su emme oranı 9 kat artış gösterirken, PP dokusuz yüzeyde bu değerler sırasıyla 15, 23 ve 6 kat olarak belirlenmiştir. SEM analizlerinden konsantrasyonunun artmasıyla birlikte kaplama tabakasının yoğunluğunda da belirgin bir artış görülmüştür.

Viskon dokusuz yüzey kumaşlar SEP ile farklı konsantrasyonlarda (%1, 2, 3) kaplanmıştır. SEP konsantrasyonunun artışıyla kumaş kalınlığı 0,44 mm'den 0,54 mm'ye yükselmiş, kaplanan madde miktarı maksimum konsantrasyonda 32 g/m²'ye ulaşmıştır. Statik su emme oranı sadece %3 konsantrasyonda zemin kumaşa göre %15 artış gösterirken, santrifüj su tutma kapasitesinde tüm konsantrasyonlarda belirgin bir artış görülmüş ve maksimum konsantrasyonda %758 değerine ulaşmıştır. Nem alma oranının, ancak en yüksek SEP konsantrasyonunda zemin kumaş seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir.

SEP kaplamalı kumaşların kimyasal karakterizasyonu için yapılan FTIR spektroskopisi analizlerinde, toz ve sıvı SEP'te karakteristik olarak bulunan hidroksil (-OH), amin (-NH₂), amid (-NH) ve metilen (-CH₂) gruplarına ait pikler incelenmiştir. Bu piklerin kaplanmış kumaşların spektrumlarında da gözlenmesi ve spektrumların hem SEP'in hem

de zemin kumaşların karakteristik piklerinin kombinasyonu şeklinde oluşması, PET dokuma ve PP dokusuz yüzey kumaşlarda SEP kaplamasının başarıyla gerçekleştiğini doğrulamıştır.

Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar, toz ve sıvı SEP'in dokuma ve dokusuz yüzeylere kaplanması ile hidrofob karakterli tekstil yüzeylerinin su emme ve su tutma özelliklerinin belirgin bir şekilde iyileştirilebileceğini ve proses parametrelerinin optimize edilmesiyle performansın kontrollü bir şekilde artırılabilirliğini ortaya koymuştur. Sonraki çalışmalarda SEP kaplamaların şişme kapasitesini fazla düşürmeksizin yıkama dayanımının artırılması, biyo-bazlı SEP'lerin kaplama performanslarının incelenmesi, medikal ve hijyen sektörleri için yüksek su emme-tutma kapasiteli ve antimikrobiyal özellikli SEP kaplama yöntemlerinin geliştirilmesi, giysilik kumaşlarda SEP kaplamalar yardımıyla konforun geliştirilmesi ve sıvı SEP ile ipliklerin kaplanması üzerine çalışmalarının yapılması öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adjuik, T. A., Nokes, S. E., & Montross, M. D. (2023). Biodegradability of bio-based and synthetic hydrogels as sustainable soil amendments: A review. *Journal of Applied Polymer Science*, 140(12).
- Ahmad, Z., Salman, S., Khan, S. A., Amin, A., Rahman, Z. U., Al-Ghamdi, Y. O., & Khan, S. B. (2022). Versatility of hydrogels: from synthetic strategies, classification, and properties to biomedical applications. *Gels*, 8(3), 167.
- Ahmed, E. M. (2015). Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of advanced research*, 6(2), 105-121.
- Akan, A. E., & Ozkan, D. B. (2020). Experimental examination and theoretical modeling of drying behavior in the ram machine. *Drying Technology*, 38(13), 1760-1775.
- Akovali, G. (2012). *Advances in polymer coated textiles*. Smithers Rapra.
- Alaei, J., Boroojerdi, S. H., & Rabiei, Z. (2005). Application of hydrogels in drying operation. *Petroleum & Coal*, 47(3), 32-37.
- Alagirusamy, R., & Das, A. (2010). *Technical textile yarns*. Elsevier.
- Alam, M. N., & Christopher, L. P. (2018). Natural cellulose-chitosan cross-linked superabsorbent hydrogels with superior swelling properties. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(7), 8736-8742.
- Arpit, S., & Jaya, T. (2023). *Properties and Applications of Superabsorbent Polymers: Smart Applications with Smart Polymers*. Springer Nature Singapore.
- Bachra, Y., Grouli, A., Damiri, F., Talbi, M., & Berrada, M. (2021). A novel superabsorbent polymer from crosslinked carboxymethyl tragacanth gum with glutaraldehyde: synthesis, characterization, and swelling properties. *International Journal of Biomaterials*, 2021(1).
- Bachra, Y., Grouli, A., Damiri, F., Zhu, X. X., Talbi, M., & Berrada, M. (2022). Synthesis, characterization, and swelling properties of a new highly absorbent hydrogel based on carboxymethyl guar gum reinforced with bentonite and silica particles for disposable hygiene products. *ACS omega*, 7(43), 39002-39018.
- Bambhaniya, S., & Mandot, A. (2024). Design and development of a pilot knife coating machine: an economic approach. *Research Square*, (preprint).
- Bashir, S., Hina, M., Iqbal, J., Rajpar, A. H., Mujtaba, M. A., Alghamdi, N. A., & Ramesh, S. (2020). Fundamental concepts of hydrogels: Synthesis, properties, and their applications. *Polymers*, 12(11), 2702.
- Basuk, M., & Kherdekar, G. (2018). A synopsis on Coating and lamination in textiles: Process and applications. *Colourage*, 65, 43-55.
- Behera, S., & Mahanwar, P. A. (2019). Superabsorbent polymers in agriculture and other applications: a review. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 59(4), 341-356.
- Benvenuti, F., Banfi, R., d Ippolito, P., Cottenden, A., Mencarelli, M. A., & Di Benedetto, P. (2003). Criteria for prescribing aids for the management of urinary incontinence. *Europa Medicophysica*, 39(2), 101-110.
- Bhuiyan, M. R., Wang, L., Anjuman Ara, Z., Saha, T., & Wang, X. (2022). Omniphobic polyurethane-superabsorbent polymer-fluoropolymer surface coating on cotton fabric for chemical protection and thermal comfort. *Journal of Industrial Textiles*, 51(4_suppl), 6590S-6611S.

- Bhuiyan, M. R., Wang, L., Shanks, R. A., & Ding, J. (2019). Polyurethane–superabsorbent polymer-coated cotton fabric for thermophysiological wear comfort. *Journal of Materials Science*, *54*, 9267-9281.
- Boddula, R., Ahamed, M. I., & Asiri, A. M. (2020). *Polymers Coatings: Technology and Applications*. John Wiley & Sons.
- Brannon-Peppas, L., & Harland, R.S. (1990). Absorbent polymer echnology. *Elsevier*, Amsterdam, ISBN 0-444-886540, x + 278 p.
- Browning, P., White, R. J., & Rowell, T. (2016). Comparative evaluation of the functional properties of superabsorbent dressings and their effect on exudate management. *Journal of wound care*, *25*(8), 452-462.
- Buchholz, F. L. (1996). Superabsorbent polymers: an idea whose time has come. *Journal of chemical education*, *73*(6), 512.
- Bulut, Y., & Sular, V. (2008). General properties and performance tests of fabrics produced by coating and lamination techniques. *2008 (Volume: 15)*, 70.
- Bulut, Y., & Sular, V. (2011). Effects of process parameters on mechanical properties of coated fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *23*(4), 205-221.
- Cannazza, G., Cataldo, A., De Benedetto, E., Demitri, C., Madaghiele, M., & Sannino, A. (2014). Experimental assessment of the use of a novel superabsorbent polymer (SAP) for the optimization of water consumption in agricultural irrigation process. *Water*, *6*(7), 2056-2069.
- Celen, R., Manasoglu, G., Kanik, M., & Ulcay, Y. (2018). Investigation of performance properties of graphene coated fabrics. *International Journal of Modern Research in Engineering and Technology*, *3*(11), 9-14.
- Chen, J., Wu, J., Raffa, P., Picchioni, F., & Koning, C. E. (2022). Superabsorbent Polymers: From long-established, microplastics generating systems, to sustainable, biodegradable and future proof alternatives. *Progress in Polymer Science*, *125*, 101475.
- Chen, J., Wu, J., Raffa, P., Picchioni, F., & Koning, C. E. (2022). Superabsorbent polymers: from long-established, microplastics generating systems, to sustainable, biodegradable and future proof alternatives. *Progress in Polymer Science*, *125*, 101475.
- Cottenden, A. M., Dean, G. E., Brooks, R. J., Haines-Nutt, R. F., Rothwell, J. G., & Penfold, P. H. (1998). Disposable bedpads for incontinence: predicting their clinical leakage properties using laboratory tests. *Medical engineering & physics*, *20*(5), 347-359.
- Counts, J. L., Helmes, C. T., Kenneally, D., & Otts, D. R. (2014). Modern disposable diaper construction: Innovations in performance help maintain healthy diapered skin. *Clinical Pediatrics*, *53*(9_suppl), 10S-13S.
- Dabbaghi, A., Jahandideh, A., Kabiri, K., Ramazani, A., & Zohuriaan-mehr, M. J. (2019). Novel environmentally friendly superabsorbent hydrogel hybrids from synthesized star-shaped bio-based monomers and acrylic acid. *Journal of Polymers and the Environment*, *27*, 1988-2000.
- Das, D., Pourdeyhimi, B. (2014). *Composite nonwoven materials: structure, properties and applications*. Elsevier.
- Davis, JA, Leyden, JJ, Grove, GL, & Raynor, WJ. (1989). Comparison of disposable diapers with fluff absorbent and fluff plus absorbent polymers: effects on skin hydration, skin pH, and diaper dermatitis. *Pediatr Dermatol*, *6*(2):102–108

- De Meyst, L., Mannekens, E., Araújo, M., Snoeck, D., Van Tittelboom, K., Van Vlierberghe, S., & De Belie, N. (2019). Parameter study of superabsorbent polymers (SAPs) for use in durable concrete structures. *Materials*, 12(9), 1541.
- Degradation rates of plastics in the environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(9), 3494-3511.
- Dey, S., Helmes, C. T., White, J. C., & Zhou, S. (2014). Safety of disposable diaper materials: Extensive evaluations validate use. *Clinical pediatrics*, 53(9_suppl), 17S-19S.
- Dey, S., Purdon, M., Kirsch, T., Helbich, H., Kerr, K., Li, L., & Zhou, S. (2016). Exposure Factor considerations for safety evaluation of modern disposable diapers. *Regulatory toxicology and pharmacology*, 81, 183-193.
- Elling, B. R., & Dichtel, W. R. (2020). Reprocessable cross-linked polymer networks: are associative exchange mechanisms desirable?. *ACS Central Science*, 6(9), 1488-1496.
- Frazier, L. (2006). Superabsorbent Nanofiber Matrices. *Doctor of Philosophy Thesis*, The Graduate Faculty of The University of Akron, USA.
- Fu, E., Zhang, S., Luan, Y., Zhang, Y., Saghir, S., & Xiao, Z. (2022). Novel superabsorbent polymer composites based on α -cellulose and modified zeolite: Synthesis, characterization, water absorbency and water retention capacity. *Cellulose*, 29(3), 1727-1737.
- Fung, W. (2002). Coated and laminated textiles (Vol. 23). Yer: Woodhead Publishing.
- Gefen, A. (2021). Not all superabsorbent wound dressings are born equal: theory and experiments. *Journal of Wound Care*, 30(9), 738-750.
- Ghezal, I. (2021). Coating Textiles: Towards Sustainable Processes. *Sustainable Practices in the Textile Industry*, 111-148.
- Gooch, J. W. (2020). *Encyclopedic dictionary of polymers* (Vol 2). Springer Science & Business Media.
- Gutoff, E. B., & Cohen, E. D. (2016). Water-and solvent-based coating technology. *In Multilayer flexible packaging* (pp. 205-234). William Andrew Publishing.
- Halyal, U.A, (2022). Sodium polyacrylate as a super absorbent, *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJAR SCT)* 2, 1.
- Haque, M. O., & Mondal, M. I. H. (2019). Cellulose-based hydrogel for personal hygiene applications. *Polymers and Polymeric Composites: A Reference Series*, Springer International Publishing: Berlin/Heidelberg, Germany, 1339-1359.
- Heidari, S., Esmaeilzadeh, F., Mowla, D., & Ghasemi, S. (2018). Synthesis of an efficient copolymer of acrylamide and acrylic acid and determination of its swelling behavior. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 8, 1331-1340.
- Hong, T. T., Okabe, H., Hidaka, Y., & Hara, K. (2018). Radiation synthesis and characterization of super-absorbing hydrogel from natural polymers and vinyl monomer. *Environmental Pollution*, 242, 1458-1466.
- Horrocks, A. R., Anand, S. C. (2000). *Handbook of technical textiles*. Elsevier.
- Houshyar, S., Padhye, R., Vijayan, A., Jadhav, A., & Ranjan, S. (2015). The impact of super-absorbent materials on the thermo-physiological properties of textiles. *Textile Research Journal*, 85(6), 601-608.
- Jafari, M., Najafi, G. R., Sharif, M. A., & Elyasi, Z. (2021). Superabsorbent polymer composites derived from polyacrylic acid: Design and synthesis, characterization, and swelling capacities. *Polymers and Polymer Composites*, 29(6), 733-739.

- Jovanovic, J., Adnadjevic, B., & Kostic, A. (2010). The effects of the pH value of the swelling medium on the kinetics of the swelling of a poly (acrylic acid) hydrogel. *Journal of applied polymer science*, 116(2), 1036-1043.
- Kiatkamjornwong, S. (2007). Superabsorbent polymers and superabsorbent polymer composites. *ScienceAsia*, 33(1), 39-43.
- Kilinc, F. S. (2015). A review of isolation gowns in healthcare: fabric and gown properties. *Journal of engineered fibers and fabrics*, 10(3).
- Kim, J. S., Kim, D. H., & Lee, Y. S. (2021). The influence of monomer composition and surface-crosslinking condition on biodegradation and gel strength of super absorbent polymer. *Polymers*, 13(4), 663.
- Kim, Y. J., Yoon, K. J., & Ko, S. W. (2000). Preparation and properties of alginate superabsorbent filament fibers crosslinked with glutaraldehyde. *Journal of Applied Polymer Science*, 78(10), 1797-1804.
- Kobayashi, S., & Müllen, K. (2015). *Encyclopedia of polymeric nanomaterials*. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Korkmaz, G., Kılınç, M., Kılınç, N., & Kut, Y. D. (2023). The Role of Surface Modification Methods for Sustainable Textiles. In *Roadmap to Sustainable Textiles*. IntechOpen.
- Koushik, C. V., & Prakash, C. (2018). Textile industry-an overview. *Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering: Cur Trend Fs Tech Text Eng. ISSN, 2577(3)*, 2929.
- Li, P., Zhang, J., & Wang, A. (2007). A novel N-Succinylchitosan-graft-Polyacrylamide/Attapulgate composite hydrogel prepared through inverse suspension polymerization. *Macromolecular materials and engineering*, 292(8), 962-969.
- Li, S., & Chen, G. (2020). Agricultural waste-derived superabsorbent hydrogels: Preparation, performance, and socioeconomic impacts. *Journal of Cleaner Production*, 251, 119669.
- M.J. Zohuriaan-Mehr, & K. Kabiri. (2008). Superabsorbent polymer materials: a review Iran. *Polym. J.*, 17 , p. 451.
- Ma, X., & Wen, G., 2020. Development history and synthesis of super-absorbent polymers: a review, *Journal of Polymer Research*, 27, 136
- Mahltig, B., Haufe, H., & Böttcher, H. (2005). Functionalisation of textiles by inorganic sol-gel coatings. *Journal of materials chemistry*, 15(41), 4385-4398.
- Mahon, R., Balogun, Y., Oluyemi, G., & Njuguna, J. (2020). Swelling performance of sodium polyacrylate and poly (acrylamide-co-acrylic acid) potassium salt. *SN Appl. Sci.* 2 (1), 1e15.
- Maitra, J., & Shukla, V. K. (2014). Cross-linking in hydrogels-a review. *Am. J. Polym. Sci*, 4(2), 25-31.
- Malik, S., Chaudhary, K., Malik, A., Punia, H., Sewhag, M., Berkesia, N., Nagora, M., Kalia, S., Malik, K., & Kumar, D. (2023). Superabsorbent Polymers as a Soil Amendment for Increasing Agriculture Production with Reducing Water Losses under Water Stress Condition. *Polymers*, 15, 161.
- Meirowitz, R. E. (2016). *Coating processes and techniques for smart textiles*. In *Active coatings for smart textiles* (pp. 159-177). Woodhead Publishing.
- Melendres, A., Antang, J. A., & Manacob, C. J. (2019). Investigation of superabsorbent polymer absorbency at reduced chemical potential of water. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 268, p. 04010). EDP Sciences.

- Meshram, I., Kanade, V., Nandanwar, N., & Ingle, P. (2020). Super-absorbent polymer: A review on the characteristics and application. *Int. J. Adv. Res. Chem. Sci.*, 7, 8–21.
- Mignon, A., De Belie, N., Dubruel, P., & Van Vlierberghe, S. (2019). Superabsorbent polymers: A review on the characteristics and applications of synthetic, polysaccharide-based, semi-synthetic and ‘smart’ derivatives. *European Polymer Journal*, 117, 165-178.
- Mistry, P. A., Konar, M. N., Latha, S., Chadha, U., Bhardwaj, P., & Eticha, T. K. (2023). Chitosan superabsorbent biopolymers in sanitary and hygiene applications. *International Journal of Polymer Science*, 2023(1), 4717905.
- Mogale, R., Schutte-Smith, M., Erasmus, E., De Wet, K., & Visser, H. G. (2024). Toward sustainable menstrual health management: focus on super absorbent polymers. *Journal of Materials Science*, 1-31.
- Mohammad, R. M., Ali, A., Hossain, M. F., Bhuiyan, M. R., Abd El-Lateef, H. M., & Abd El-Moaty, A. R. (2023). Improved protection and comfort of barrier clothing via moisture-permeable poly (vinyl alcohol)-superabsorbent polymer nanofibrous membrane. *Journal of materials research and technology*, 24, 3600-3607.
- Moini, N., & Kabiri, K. (2015). Effective parameters in surface cross-linking of acrylic-based water absorbent polymer particles using bisphenol A diethylene glycidyl ether and cycloaliphatic diepoxide. *Iranian Polymer Journal*, 24, 977-987.
- Mondal, M. I. H. (2019). *Cellulose-based superabsorbent hydrogels*. Springer Berlin Heidelberg.
- Montazer, M., & Harifi, T. (2018). *Nanofinishing of textile materials*. Woodhead Publishing.
- Muhammad, M., Tawfic, M., & Elsabbagh, A. (2024). Review of design and manufacturing of superabsorbent polymers (SAPs) hydrogel for agriculture in arid areas. *Discover Materials*, 4(1), 43.
- Nayak, R., Kanesalingam, S., Houshyar, S., Wang, L., Padhye, R., & Vijayan, A. (2018). Evaluation of thermal, moisture management and sensorial comfort properties of superabsorbent polyacrylate fabrics for the next-to-skin layer in firefighters’ protective clothing. *Textile Research Journal*, 88(9), 1077-1088.
- Nejman, A., Kamińska, I., Giesz, P., & Cieślak, M. (2015). Thermal stability of polyester fabric with polyacrylic coatings. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, (4 (112)), 73-82.
- Newman, D. K., Rovner, E. S., & Wein, A. J. (2017). *Clinical application of urologic catheters, devices and products*. Springer.
- Nyamayaro, K., Hatzikiriakos, S. G., & Mehrkhodavandi, P. (2023). Utilizing cellulose-based conducting hydrogels in iontronics. *RSC Sustainability*.
- Oğulata, R. T., Doba Kadem, F., & Koç, E. (1999). Tekstilde kurutma yöntem ve makinaları, *IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir. 803-810.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Arolu, F., Chukwu, S. C., Salisu, M. A., Fagbohun, I. K., & Haliru, B. S. (2022). Superabsorbent polymer hydrogels for sustainable agriculture: A review. *Horticulturae*, 8(7), 605.
- Omidian, H., Hashemi, S. A., Sammes, P. G., & Meldrum, I. (1998). A model for the swelling of superabsorbent polymers. *Polymer*, 39(26), 6697-6704.
- Omidian, H., Hashemi, S. A., Sammes, P. G., & Meldrum, I. (1999). Modified acrylic-based superabsorbent polymers (dependence on particle size and salinity). *Polymer*, 40(7), 1753-1761.

- Ormancı, F. S. B. (2007). Süt ürünlerinin ambalajlanmasında PVC malzemenin kullanımı ve migrasyon. *Gıda*, 32(4), 187-193.
- Pattanayak, R., Jena, T., Pradhan, S., & Mohanty, S. (2023). Recent advancement of bio-based super absorbent polymer and its biodegradable and recycling behavior: A vision and future. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 62(10), 1290-1317.
- Pattanayak, R., Jena, T., Pradhan, S., & Mohanty, S. (2023). Recent advancement of bio-based super absorbent polymer and its biodegradable and recycling behavior: A vision and future. *Polymer-Plastics Technology and Materials*, 62(10), 1290-1317.
- Petrova, L., Grishin, R., Zimnurov, A., Kozlova, O., Odintsova, O., & Sangeeva, E. (2023). Improvement of textile materials processing techniques by applying aqueous dispersions of polymers. *Coatings*, 13(2), 462.
- Ramazani-Harandi, M. J., Zohuriaan-Mehr, M. J., Yousefi, A. A., Ershad-Langroudi, A., & Kabiri, K. (2006). Rheological determination of the swollen gel strength of superabsorbent polymer hydrogels. *Polymer testing*, 25(4), 470-474.
- Sadikoglu, T. G., Berkalp, O. B., & Turan, G. (2011). Disposable underarm pad design. *Textile and Apparel*, 21(3), 217-224.
- Schröfl, C., Mechtcherine, V., & Gorges, M. (2012). Relation between the molecular structure and the efficiency of superabsorbent polymers (SAP) as concrete admixture to mitigate autogenous shrinkage. *Cement and concrete research*, 42(6), 865-873.
- Sen, A. K. (2008). *Coated textiles: principles and applications*. SE. Crc Press, United Kingdom, 241 pp.
- Sennakesavan, G., Mostakhdemin, M., Dkhar, L. K., Seyfoddin, A., & Fatihhi, S. J. (2020). Acrylic acid/acrylamide based hydrogels and its properties-A review. *Polymer Degradation and Stability*, 180, 109308.
- Shabbir, M., Ahmed, S., & Sheikh, J. N. (2020). *Frontiers of Textile Materials: Polymers, Nanomaterials, Enzymes, and Advanced Modification Techniques*. John Wiley & Sons. 384 pp.
- Sharma, S., Dua, A., & Malik, A. (2014). Polyaspartic acid based superabsorbent polymers. *European Polymer Journal*, 59, 363-376.
- Shim, E. (2019). *Coating and laminating processes and techniques for textiles* (pp. 11-45). Woodhead Publishing.
- Sikarwar, U., Khasherao, B. Y., & Sandhu, D. (2022). A review on hydrogel: Classification, preparation techniques and applications. *Pharma Innov*, 11(7), 1172-1179.
- Singha, K. (2012). A review on coating & lamination in textiles: processes and applications. *American Journal of Polymer Science*, 2(3), 39-49.
- Sivri, Ç. (2018). Improvement of protective and comfort properties of face masks using superabsorbent polymer containing nanofibers. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 30(5), 668-686.
- Somers, M. J., Alfaro, J. F., & Lewis, G. M. (2021). Feasibility of superabsorbent polymer recycling and reuse in disposable absorbent hygiene products. *Journal of Cleaner Production*, 313, 127686.
- Sroka, K., Sroka, P. (2024). Superabsorbent Hydrogels in the Agriculture and Reclamation of Degraded Areas. *Sustainability*, 16(7), 2945.

- Sujitha, V. S., Ramesh B., & Joseph Raj Xavier (2023). Effect of Superabsorbent Polymer Hydrogels in the Advancement of Cementitious Materials-A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 31(7), 2761-2778.
- Tabata, Y. (2009). Biomaterial technology for tissue engineering applications. *Journal of the Royal Society interface*, 6(suppl_3), S311-S324.
- Uçar, N., Onbaşı, Ç., Demir, A., Şen, B., Pehlivaner, Ö., & Koç, O. (2010). Yeni geliştirilmiş kompozit bir lifin su buharı emme performansı. *Journal Of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 20(1).
- Ullah, F., Othman, M. B. H., Javed, F., Ahmad, Z., & Akil, H. M. (2015) Classification, processing and application of hydrogels: A review. *Mater. Sci. Eng. C*, 57, 414-433.
- Uyanık, S., & Baykal, P. D. (2016). Bebek bezi üretimi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(2), 327-342.
- Wang, K., Dong, K., Guo, J., Du, H. (2024). Absorption and Release Mechanism of Superabsorbent Polymers and its Impact on Shrinkage and Durability of Internally Cured Concrete-A Review. *Case Studies in Construction Materials*, e03909.
- Whitmore, D. L. (2003). Nonwovens containing immobilized superabsorbent polymer particles. *International Nonwovens Journal*, (3), 1558925003os-1200311.
- Yang, C. Q., Mao, Z., & Lickfield, G. C. (2000). Ester Crosslinking of Cotton Cellulose by Polycarboxylic Acids: pH-Dependency. *Textile Chemist & Colorist & American Dyestuff Reporter*, 32(11).
- Yang, Y. Liang, Z., Zhang, R., Zhou, S., Yang, H., Chen, Y., Zhang, J., Yin, H., & Yu, D. (2024). Research advances in superabsorbent polymers. *Polymers*, 16, 501.
- Yang, Y., & Hu, H. (2018). Application of superabsorbent spacer fabrics as exuding wound dressing. *Polymers*, 10(2): 210-217.
- Zhang, K., Feng, W., & Jin, C. (2020). Protocol efficiently measuring the swelling rate of hydrogels. *MethodsX*, 7, 100779.
- Zhang, S., Peng, Y., Jiang, R., Liu, W., Yang, H., Yun, N., & Chai, X. (2021). Predicting the swelling behavior of acrylic superabsorbent polymers used in diapers. *Advances in Polymer Technology*, 2021, 1-7.
- Zhang, W., Wang, P., Liu, S., Chen, J., Chen, R., He, X., & Lei, Z. (2021). Factors affecting the properties of superabsorbent polymer hydrogels and methods to improve their performance: a review. *Journal of Materials Science*, 56, 16223-16242.
- Zhu, Q., Barney, C. W., & Erk, K. A. (2015). Effect of ionic crosslinking on the swelling and mechanical response of model superabsorbent polymer hydrogels for internally cured concrete. *Materials and Structures*, 48, 2261-2276.
- Zohuriaan-Mehr, M. J., Omidian, H., Doroudiani, S., & Kabiri, K. (2010). Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel materials. *Journal of materials science*, 45, 5711-5735.