

MAKROMOLEKÜL YAPIDA NANOMALZEMELER İLE PARMAK İZLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF LATENT FINGERPRINTS WITH MACROMOLECULAR NANOMATERIALS

YÜCEL DEMİRKAN

PROF. DR NURSEL PEKEL BAYRAMGİL

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Adli Bilimler Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2023

ÖZET

MAKROMOLEKÜL YAPIDA NANOMALZEMELER İLE PARMAK İZLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Yücel DEMİRKAN

Yüksek Lisans, Adli Bilimler Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nursel PEKEL BAYRAMGİL

Ocak 2023, 116 sayfa

Parmak ve avuç izleri, olay yeri incelemelerinde en sık karşılaşılan bulgu türlerinin başında gelmeleri, düşük maliyetli olmaları ve kesin sonuç vermelerinden dolayı “Adli Bilimlerin Altın Standardı” olarak ifade edilmişlerdir. Parmak ve avuç izlerinin biyometrik bulgular olması da önemli üstünlükleri olarak görülmektedir. Bu üstünlükleri Otomatik Parmak ve Avuç İzi Teşhis Sistemleri (OPTES) ve veri tabanlarının gelişmesiyle çok büyük bir önem kazanmıştır. Olay yerinde elde edilen bulgular, sahibinin tespit edilebilmesi maksadıyla bir mukayese numunesine ihtiyaç duymaktadırlar. Parmak izi bulguları ise mevcut veri tabanlarını kullanarak bir şüpheli ya da mukayese numunesine ihtiyaç duymaksızın failin tespitine imkân sağlamaktadırlar. Parmak ve avuç izi incelemeleri alanında başarı, olay yerinden bulunan gizli parmak izlerinin tespit edilebilmesi ve bu izlerin başarılı bir şekilde geliştirilebilmesinde saklıdır. Gizli parmak ve avuç izlerinin geliştirilmesi hakkında birçok çalışma olmasına rağmen fazlasıyla çalışmalara ihtiyaç duyulan bir alandır. Bu tez çalışmasında; parmak ve avuç izlerinin görünür hale getirilmesi alanında, 2025 yılı sonrasına hâkim teknolojik bir devrim olacağı değerlendirilen nanoteknoloji ve nanomalzemelerden istifade edilerek çevre dostu, kullanıcı sağlığına zarar vermeyen, pratik bir çözüm geliştirilmesi

hedeflenmiştir. Yapılan bu çalışmada; doğal, çevre dostu, kullanıcı sağlığına zarar vermeyen selüloz türevi bir makromolekül olan 2-hidroksietil selüloz (2-HEC) içinde, silika (SiO_2) ve grafen kullanılarak bir süspansiyon hazırlanmıştır. Elde edilen malzemeler Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR), X-Işınları Kırınım Spektroskopisi (XRD), Taramalı Elektron Mikroskopu-Enerji Dağılımlı X-Işınları Spektroskopisi (SEM-EDX) yöntemleri kullanılarak karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın son aşamasında, elde edilen numuneler hazırlanan cam, plastik, alüminyum folyo, işlenmiş ahşap, işlenmemiş ahşap, kâğıt ve metal yüzeyler üzerine bırakılmış 1, 3, 5, 7 ve 14 günlük parmak izlerine uygulanmıştır.

Genel olarak XRD, FT-IR, SEM-EDX ile elde edilen sonuçlarda, başarılı bir şekilde solüsyonların hazırlandığı görülmüştür. Kâğıt ve işlenmemiş ahşap yüzeyler dışındaki yüzeylerde filmlerin başarılı bir şekilde oluştuğu ve izleri kaldırdığı, esnek ve izleri koruyan bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Nanokompozit filmlerle kaldırılan izlerin müteakip uygulamalarda kullanıma uygun olduğu gözlemlenmiştir. Nanokompozit filmlerin izlerin korunması ve aynı zamanda geliştirilmesi maksadı ile kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Tüm yüzeylerde değerlendirildiğinde AKN'li solüsyonların daha başarılı, en başarılı solüsyonun ise 2-HEC/nötral SiO_2 /AKN olduğu görülmüştür. Solüsyonların alternatif yöntemlerle uygulanabilirliğini test etmek amacıyla solüsyonlar buharlama, daldırma ve püskürtme metotları ile de denenmiştir. Solüsyonların bu metotlarla uygulanmasının sonucunda beklenen başarı elde edilmemiştir. Buharlama ve püskürtme metodu için gerekli geliştirmeler ve uygun değerlerin tespiti ile başarılı sonuçlar alınabileceği değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları kullanılarak, çevre dostu selüloz türevi makromolekül malzemelerin kullanıldığı farklı yüzeylerde etkili, kullanıcı sağlığına zarar vermeyen, düşük maliyetli, parmak ve avuç izi geliştirme tekniği geliştirerek Adli Bilimler literatürüne katkı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Adli Kimya, Parmak İzi, Nanoteknoloji, Makromolekül, 2-HEC

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF LATENT FINGERPRINTS WITH MACROMOLECULAR NANOMATERIALS

Yücel DEMİRKAN

Master of Science, Department of Forensic Science

Supervisor: Prof. Dr. Nursel PEKEL BAYRAMGİL

January 2023, 116 pages

Finger and palm marks are described as the "Gold Standard of Forensic Sciences" because they are not only one of the most common evidence in crime scene investigations but also low cost and ensure accurate results. Being biometric evidence is also one of the most critical advantages of palm and fingerprint. With the improvement of Automatic Palm and Fingerprint Identification Systems (APFIS) and databases, finger and palm prints gained crucial importance. In order to identify the perpetrator, a sample taken from a crime scene needs to be compared with a sample to taken from a suspect. But with the help of finger and palm print databases, fingerprint evidence can be used to make an identification without a suspect or a comparison sample. Success in finger and palm print examinations lies in detecting the invisible finger and palm marks in the crime scene and successfully developing these latent marks. Although there are many studies on the development of latent finger and palm marks, it is an area that needs more studies.

This master thesis; it is aimed to develop an eco-friendly solution that does not harm the health of the user by making use of nanotechnology and nanomaterials, which are considered to be a technological revolution that will dominate after 2025. In the study, A suspension was prepared using silica (SiO_2) and graphene in 2-hydroxy ethyl cellulose (2-HEC), a natural, eco-friendly, cellulose derivative macromolecule that is not harmful

to health. Characterization of material was carried out by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), X-Ray Diffraction Spectroscopy (XRD), and Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) instrumental analysis methods. At the last stage of the study, developed solutions were applied to the 1, 3, 5, 7, and 14-day-old finger marks left on the prepared glass, plastic, aluminum foil, processed wood, untreated wood, paper, and metal surfaces. Overall results show that solutions were prepared successfully in the XRD, FT-IR, and SEM-EDX analysis results. It has been observed that the nanocomposite films formed successfully on selected surfaces other than paper and untreated wood surfaces. Nanocomposite films successfully lift the latent finger marks and have a flexible and protective structure for the latent finger marks. Remove traces, and have a flexible structure that protects traces. It has been observed that the latent marks lifted with nanocomposite films are suitable for further finger mark development methods. It is evaluated that nanocomposite films can simultaneously protect and develop marks. Overall, test results show that solutions with AKN are more successful than others, and the most successful solution was 2-HEC/neutral SiO₂/AKN. In order to test the applicability of the solutions with alternative methods, the solutions were tested by steaming, dipping, and spraying methods. As a result of applying the solutions with these methods, the expected outcomes have not been achieved. It is considered that successful results can be obtained with the necessary improvements and determination of appropriate values for the steaming and spraying method.

Overall, by using the results of this study, a contribution to the Forensic Sciences literature has been made by developing a low-cost, harmless-to-user health and effective solution on different surfaces using eco-friendly cellulose-derived macromolecule materials.

Keywords: Forensic Chemistry, Fingerprint, Nanotechnology, Macromolecule, 2-HEC.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans danışmanlığımı üstlenen, çalışmalarımın her aşamasında yoğun mesaisine rağmen her zaman benimle ilgilenen ve büyük bir sabırla yardımlarını esirgemeyen, yol gösteren, bilimle yaşayan ve bilimin önemini bana aşıl原因, iyi kalpli ve saygıdeğer hocam sayın Prof. Dr. Nursel PEKEL BAYRAMGİL'e,

Yüksek lisans eğitimime başlamamda yardım ve destekleri bulunan değerli hocam, bilim insanı Prof. Dr. Lokman UZUN'a,

Akademik alandaki çalışmalara birlikte başlama fırsatı bulduğum fakat aramızdan zamansız bir şekilde ayrılan değerli hocam Prof. Dr. Abdülkerim KARABAKAN'a;

Tez çalışmamın her aşamasında desteklerini esirgemeyen Dr. Esra KILIÇ ÜLKER, Sündüz ALEMDAR ve Mert GÜNGÖR'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Başta eşim ve oğlum olmak üzere tüm aileme sevgi ve saygılarımla...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	lix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Adli Bilimler	3
2.1.1. Adli Tıp.....	5
2.1.2. Adli Antropoloji.....	5
2.1.3. Adli Arkeoloji	5
2.1.4. Adli Diş Hekimliği.....	5
2.1.5. Adli Entomoloji	5
2.1.6. Adli Palinoloji.....	6
2.1.7. Adli Bilişim.....	6
2.1.8. Adli Psikiyatri	6
2.1.9. Adli Farmakoloji.....	6
2.1.10. Adli Toksikoloji.....	6
2.1.11. Adli Biyoloji	6
2.1.12. Adli Biyofizik	7
2.1.13. Adli Kimya	7
2.2. Yeşil Kimya	7
2.3. Grafen	9
2.4. Selüloz	9
2.5. Silisyum Dioksit (SiO ₂)	10
2.6. Nanoteknoloji.....	10
2.6.1. Nanoteknolojinin Adli Bilimler Alanında Kullanımı	13

2.6.2. Nanoteknolojinin Adli Parmak ve Avuç İzi İncelemelerinde Kullanımı	14
2.7. Adli Parmak ve Avuç İzi İncelemeleri	15
2.7.1. Parmak İzinin Tanımı ve Yapısı	16
2.7.2. Derinin Yapısı.....	18
2.7.2.1. Üst Deri (Epidermis).....	19
2.7.2.2. Alt Deri (Dermis).....	19
2.7.3. Parmak İzinin Oluşumu	19
2.7.4. Parmak İzinin Özellikleri.....	20
2.7.4.1. Benzemezlik Özelliği.....	21
2.7.4.2. Değişmezlik Özelliği	21
2.7.4.3. Tasnif Edilebilirlik Özelliği	22
2.7.5. Parmak İzi Grupları	23
2.7.6. Parmak İzi Sıvısı ve Özellikleri	24
2.7.7. Parmak İzi Çeşitleri	27
2.7.7.1. Kabartma (Plastik) Parmak İzleri	27
2.7.7.2. Görünür (Patent) Parmak İzleri.....	28
2.7.7.3. Gizli (Latent) / Görünmez / Gelişmemiş Parmak İzleri.....	28
2.7.8. Olay Yeri Parmak ve Avuç İzlerinin Oluşumunu Etkileyen Faktörler.....	29
2.7.9. Parmak İzi Geliştirme Yöntemleri.....	30
2.7.9.1. Uygun Yöntemin Belirlenmesi	31
2.7.9.2. Sudan Siyahı	37
2.7.9.3. Gentian Moru.....	38
2.7.9.4. İyot Buharı	38
2.7.9.5. Küçük Parçacık Belirteci (SPR)	39
2.7.9.6. Vakum Metal Çökeltme.....	39
2.7.9.7. Gümüş Nitrat.....	40
2.7.9.8. Parmak İzi Belirleme Tozları.....	40
2.7.9.9. Fiziksel Geliştirici.....	41
2.7.9.10. DFO (1,8-Diazofluoren-9-1).....	41
2.7.9.11. Ninhidrin.....	41
2.7.9.12. Siyanoakrilat Buharı (Superglue)	42
2.7.10. Parmak İzi Mukayesesi	43
2.7.11. Mukayeseye Elverişlilik	44

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	45
3.1. Kullanılan Malzemeler	45
3.2. Yöntem.....	47
3.2.1. Modifikasyon Çalışmaları.....	47
3.2.2. Parmak İzi Geliştirme Süspansiyonunun Hazırlanması.....	48
3.3. Karakterizasyon	49
3.3.1. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi -Zayıflatılmış Toplam Yansıma (FT-IR-ATR) Spektroskopisi	49
3.3.2. X-Işınları Kırınım (XRD) Spektroskopisi	49
3.3.3. Enerji Dağılımlı X-Işınları (EDX) Spektroskopisi	50
3.3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	50
3.4. Parmak İzlerinin Hazırlanması, Nanokompozitlerin İzler İçin Denenmesi.....	50
3.4.1. Yüzey Seçimi	50
3.4.2. Parmak İzlerinin Bırakılması	50
3.4.3. Nanokompozit Malzemelerin Gizli Parmak İzlerine Uygulanması.....	51
3.4.4. Parmak İzlerinin Fotoğraflanması	51
3.4.5. Değerlendirme	51
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	52
4.1. FT-IR Sonuçları	52
4.2. XRD Sonuçları.....	60
4.3. SEM- EDX Sonuçları	72
4.4. Nanokompozitlerin Parmak İzleri Üzerine Uygulanması ve Sonuçları.....	80
5. YORUM.....	88
6. KAYNAKLAR	90
EKLER.....	98
EK Tez Çalışması Orijinallik Raporu	98
ÖZGEÇMİŞ	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Nanoteknolojinin kullanım alanları.....	13
Şekil 2.2. Nanoteknoloji ve Adli Bilimler	14
Şekil 2.3. Parmak izi.....	17
Şekil 2.4. Papil hatları.....	17
Şekil 2.5. Derinin biyolojik yapısı	18
Şekil 2.6. Pürüzlü deri	18
Şekil 2.7. Pürüzsüz deri	18
Şekil 2.8. 11. haftasında olan fetüsün işaret parmağında parmak izlerinin oluşumu.	20
Şekil 2.9. 14. haftasında olan fetüsün işaret parmağında parmak izlerinin oluşumu.	20
Şekil 2.10. Tek yumurta ikizlerine ait parmak izleri.....	21
Şekil 2.11. Parmak izi grupları.	23
Şekil 2.12. Parmak izi grupları örnekleri.....	24
Şekil 2.13. Cam macunu üzerinde oluşan kabartma parmak izi.	27
Şekil 2.14. Kanlı görünür parmak izi.....	28
Şekil 2.15. Bir parmak izinin gizli ve geliştirilmiş hali	29
Şekil 2.16. Bazı meslek çalışanlarından alınan parmak izi örnekleri; (a) Camcı, (b) Çiftçi, (c) Sanayide çalışan, (d) Oto elektrikçisi, (e) Ev hanımı, (f) Kesik, (g) Büro çalışanı, (h) Bulaşıkçı	30
Şekil 2.17. Parmak ve avuç izlerinin çeşitli yüzeylerde zamana göre durumu.	32
Şekil 2.18. Gözenekli yüzeylerde yüzeyin durumuna göre kullanılacak sıralı iz geliştirme yöntemleri ...	35
Şekil 2.19. Yarı gözenekli yüzeylerde yüzeyin durumuna göre kullanılacak sıralı iz geliştirme yöntem ..	36
Şekil 2.20. Gözeneksiz yüzeylerde yüzeyin durumuna göre kullanılacak sıralı iz geliştirme yöntemleri .	37
Şekil 3.1. Tez çalışmasında kullanılan kimyasal maddeler ve yapıları.....	46
Şekil 3.2. Tez çalışmasında uygulanan deney akış şeması.	48
Şekil 3.3. Uygulanan deneyler sonucunda elde edilen numuneler.....	49
Şekil 4.1. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC, 2-HEC/nötral silika, 2-HEC/nötral silika DAM (0,01), 2-HEC/nötral silika AKN (0,01), 2-HEC/nötral silika MAN (0,01) FT-IR spektrumları.....	53
Şekil 4.2. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC, 2-HEC/hidrofilik silika, 2-HEC/hidrofilik silika DAM (0,01), 2-HEC/hidrofilik silika AKN (0,01), 2-HEC/hidrofilik silika MAN (0,01) FT-IR spektrumları.....	54
Şekil 4.3. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC, 2-HEC/grafen, 2-HEC/grafen DAM (0,01), 2-HEC/grafen AKN (0,01), 2-HEC/grafen MAN (0,01) FT-IR spektrumları.	55
Şekil 4.4. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC, 2-HEC/ modifiye grafen, 2-HEC/ modifiye grafen DAM (0,01), 2-HEC/modifiye grafen AKN (0,01), 2-HEC/modifiye grafen MAN (0,01) FT-IR spektrumları.....	56
Şekil 4.5. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC/nötral silika DAM, 2-HEC/hidrofilik silika DAM, 2-HEC/grafen DAM ve 2-HEC/modifiye grafen DAM FT-IR spektrumları.	57

Şekil 4.6. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC/nötral silika AKN, 2-HEC/hidrofilik silika AKN, 2-HEC/grafen AKN ve 2-HEC/modifiye grafen AKN FT-IR spektrumları.....	58
Şekil 4.7. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC/nötral silika MAN, 2-HEC/hidrofilik silika MAN, 2-HEC/grafen MAN ve 2-HEC/modifiye grafen MAN FT-IR spektrumları.	59
Şekil 4.8. 2-HEC filmine ait XRD spektrumu.	60
Şekil 4.9. Yukarıdan aşağıya: 2-HEC/hidrofilik SiO ₂ , 2-HEC/nötral SiO ₂ ve 2-HEC filmlerine ait XRD spektrumları.....	61
Şekil 4.10. 2-HEC/nötral SiO ₂ DAM nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.....	62
Şekil 4.11. 2-HEC/ hidrofilik SiO ₂ DAM nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	62
Şekil 4.12. 2-HEC/ nötral SiO ₂ AKN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	63
Şekil 4.13. 2-HEC/ hidrofilik SiO ₂ AKN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.....	63
Şekil 4.14. 2-HEC/ nötral SiO ₂ MAN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	64
Şekil 4.15. 2-HEC/ hidrofilik SiO ₂ MAN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	64
Şekil 4.16. Orijinal grafene ait XRD spektrumu.....	65
Şekil 4.17. 2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen nanokompozit filme ait XRD spektrumu (Eklenti: 2-HEC filmine ait XRD spektrumu).	66
Şekil 4.18. 2-HEC/ grafen DAM nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	67
Şekil 4.19. 2-HEC/ modifiye grafen DAM nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	67
Şekil 4.20. 2-HEC/ grafen AKN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.....	68
Şekil 4.21. 2-HEC/ modifiye grafen AKN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	68
Şekil 4.22. 2-HEC/ grafen MAN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	69
Şekil 4.23. 2-HEC/ modifiye grafen MAN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.	69
Şekil 4.24. Nanokompozit filmlere ait XRD spektrumları. Birinci satır: 2-HEC/nötral SiO ₂ , hidrofilik SiO ₂ , grafen, modifiye grafen DAM; İkinci satır: 2-HEC/nötral SiO ₂ , hidrofilik SiO ₂ , grafen, modifiye grafen AKN; Üçüncü satır: 2-HEC/nötral SiO ₂ , hidrofilik SiO ₂ , grafen, modifiye grafen MAN	71
Şekil 4.25. (A) 2-HEC/nötral SiO ₂ , (B) 2-HEC/nötral SiO ₂ DAM, (C) 2-HEC/nötral SiO ₂ MAN, (D) 2-HEC/nötral SiO ₂ AKN nanokompozit ve (E) 2-HEC filmlere ait SEM görüntüleri.	72
Şekil 4.26. (A) 2-HEC/hidrofilik SiO ₂ , (B) 2-HEC/ hidrofilik SiO ₂ DAM, (C) 2-HEC/ hidrofilik SiO ₂ MAN, (D) 2-HEC/ hidrofilik SiO ₂ AKN nanokompozit filmlere ait SEM görüntüleri.....	73
Şekil 4.27. (A) 2-HEC/grafen, (B) 2-HEC/ grafen DAM, (C) 2-HEC/ grafen MAN (D) 2-HEC/ grafen AKN nanokompozit filmlere ait SEM görüntüleri.	74
Şekil 4.28. (A) 2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen, (B) 2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen DAM, (C) 2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen MAN (D) 2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen AKN nanokompozit filmlere ait SEM görüntüleri.	75
Şekil 4.29. (A) 2-HEC/nötral SiO ₂ DAM, (B) 2-HEC/nötral SiO ₂ MAN, (C) 2-HEC/nötral SiO ₂ AKN nanokompozit filmlere ait EDX spektrumları.	76
Şekil 4.30. (A) -HEC/hidrofilik SiO ₂ DAM, (B) 2-HEC/hidrofilik SiO ₂ MAN, (C) 2-HEC/hidrofilik SiO ₂ AKN nanokompozit filmlere ait EDX spektrumları.....	77

Şekil 4.31. (A) 2-HEC/grafen SiO ₂ DAM, (B) 2-HEC/grafen SiO ₂ MAN (C) 2-HEC/ grafen SiO ₂ AKN nanokompozit filmlere ait EDX spektrumları.	77
Şekil 4.32. (A) 2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen DAM, (B) 2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen MAN (C) 2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen AKN nanokompozit filmlere ait EDX spektrumları.	78
Şekil 4.33. Püskürtme uygulaması sonucu yüzey üzerinde oluşan görüntü.....	80
Şekil 4.34. Buharlama uygulaması sonucu oluşan görüntü.	81
Şekil 4.35. Daldırma uygulaması sonucu oluşan görüntü (ahşap, plastik, cam ve folyo yüzeylerde).	81
Şekil 4.36. Nanokompozit film ile kaldırılan gizli parmak izine Basic Yellow uygulanması.	82
Şekil 4.37. 2-HEC/nötral SiO ₂ MAN'ın 1, 3, 5 ve 7 günlük izler üzerinde uygulama sonuçları.....	83
Şekil 4.38. 2-HEC/nötral SiO ₂ AKN'nin 1, 3, 5 ve 7 günlük izler üzerinde uygulama sonuçları.	83
Şekil 4.39. 2-HEC/hidrofilik SiO ₂ AKN'nin 1, 3, 5 ve 7 günlük izler üzerinde uygulama sonuçları.....	84
Şekil 4.40. 2-HEC/grafen MAN'ın 1, 3, 5 ve 7 günlük izler üzerinde uygulama sonuçları.	84



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Parmak izi sıvısı içeriği.	25
Çizelge 2.2. Salgı türüne göre uygulama yöntemleri.....	26
Çizelge 2.3. Yaygın olarak kullanılan geliştirme uygulamaları ve uygulanabilecek iz türleri	34
Çizelge 4.1. Elde edilen nanokompozit filmlerine ait XRD verileri.....	70
Çizelge 4.2. Nanokompozit filmlerdeki element yüzdeleri.	79
Çizelge 4.3. Uygulamalar sonucunda elde edilen veriler.....	85



1. GİRİŞ

Adli Bilimlerin öncülerinden birisi olan Paul Kirk, fiziksel kanıtlarla ilgili şunları ifade etmiştir: “Nereye adım atsa, nereye dokunsa, arkasında ne bıraksa, bilinçsiz de olsa onun aleyhine sessiz birer tanıktır onlar. Sadece parmak izleri ya da ayak izleri değil, saçları, kıyafetlerinin lifleri, kırdığı bardağın parçaları, bıraktığı aletin izleri, sıyırdığı boya, bulaştırdığı kan ya da vücut sıvıları. Bütün bunlar ve daha fazlası, onun aleyhine dilsiz tanıklardır. Onlar unutmayan kanıtlardır. Onların akılları heyecanla karışmaz. İnsan tanıkların varlığı bile onları yok etmez. Bunlar olgusal delillerdir. Fiziksel kanıtlar yanılmaz, yalan yere yemin etmez, tamamen yok olmaz. Belki yanlış yorumlanabilirler. Ancak insanoğlunun onu bulamama, inceleme ve anlama konusundaki başarısızlığı ona değerini kaybettirebilir.” Fiziksel delillerin önemi “Yanlış Mahkûmiyetler” alanında yapılan çalışmalar sonucunda somut ve çarpıcı bir şekilde ortaya konulmuştur. Parmak ve avuç izleri, olay yeri incelemelerinde en sık karşılaşılan fiziksel kanıt türlerinin başında gelmeleri, düşük maliyetli olmaları ve kesin sonuç vermelerinden dolayı Adli Bilimlerin Altın Standardı olarak ifade edilmişlerdir. Biyometrik bulgular olması sebebiyle parmak ve avuç izleri ayrı bir üstünlüğe sahiptir. Bu üstünlük, OPTES’lerin ve veri tabanlarının gelişmesiyle çok büyük bir önem kazanmıştır. Olay yerinde elde edilen bulgular, sahibinin tespit edilebilmesi maksadıyla bir mukayese numunesine ihtiyaç duymaktadırlar. Parmak izi bulguları ise mevcut veri tabanlarını kullanarak şüpheli bir kişiye ya da mukayese için bir numuneye ihtiyaç duymaksızın failin tespitine imkân sağlamaktadırlar. Parmak ve avuç izi incelemeleri alanındaki başarı olay yerinde bulunan gizli izlerin tespit edilebilmesi ve bu gizli izlerin başarılı bir şekilde geliştirilmesinde saklıdır. Nanoteknoloji, hayatımızın her alanında etkin bir rol alan ve çığır açan bir gelişmedir. Nanoteknoloji, çağımızın yeni sanayi devrimi olarak değerlendirilmektedir. Gizli parmak ve avuç izlerinin geliştirilmesi alanında Nanoteknolojinin üstünlüklerinden istifade edilerek mevcut seçicilik ve duyarlılık sorunlarına çözüm aranmaya başlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Bu tez çalışması, olay yeri incelemesi sonucunda elde edilen gizli parmak izlerinin geliştirilmesine yönelik literatür araştırmalarını ve deneysel çalışmaları içermektedir.

Tez yedi bölümden oluşmakta olup, giriş bölümünde gizli parmak izi geliştirme kavramı ve Adli Bilimler alanında önemi özetlenmiştir. Genel bilgiler bölümünde Adli Bilimler

ve öne çıkan dalları, yeşil kimya, grafen, selüloz, silisyum dioksit, Nanoteknoloji, parmak izi incelemeleri ve kriminal laboratuvarlarda uygulanan iz geliştirme yöntemleri yer almaktadır. Deneysel çalışmalar bölümünde 2-HEC, grafen ve SiO₂ kullanılarak yapılan deneysel çalışmalar ve parmak izi geliştirme uygulamaları yer almaktadır. Dördüncü bölümde deneylere ilişkin sonuç ve tartışmalar yer almakta olup beşinci bölümde ise toplu sonuçlar sunulurken Adli Bilimler literatürüne yapılan katkılara yer verilmiştir. Altıncı ve yedinci bölümlerde ise kaynaklar ve özgeçmiş yer almaktadır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Adli Bilimler

"Adalet mülkün temelidir."

Adalet; felsefe, sosyoloji, kamu yönetimi, hukuk gibi birçok bilim tarafından ele alınan ve her daim güncelliğini koruyan bir konudur. Adaletin kamu nazarında en önemli görevi meydana gelen bir suçun adil bir şekilde ortaya konularak sorumluların tespit edilmesidir. Adalet, suçluların tespit edilerek gerekli yaptırımın uygulanması, masumların ise bu süreçten zarar görmemesiyle vücut bulur. Adli Bilimler, maddi gerçeğin ortaya konulması ve faillerin tespiti maksadıyla bilimin ve tekniğin imkanlarını kullanan çok disiplinli bir bilimdir. Adli Bilimler, bir suçun aydınlatılmasından öte hukuk davaları dahil hukuki uyuşmazlıkların çözümünde kullanılan çok disiplinli bir bilimdir. Bu maksada hizmet edecek tüm bilimleri kapsamına almaktadır [1].

Edmund Locard tarafından ortaya konulan “Değişim Prensibi”, iki cismin birbirine temas etmesiyle aralarında çok küçük boyutta olsa bile bir etkileşim meydana geldiğini kabul etmektedir. Adli Bilimler bu temel ilkenin üzerine kurulmuştur [2].

Bir hukuki sorunu çözmek, suçu ispat etmek ve failleri tespit etmek maksadıyla kullanılan hukuki olarak elde edilmiş her bulguya delil denilmektedir. Deliller genel olarak beyan delilleri ve maddi deliller olarak ikiye ayrılmaktadır. Beyan delilleri; fail, mağdur ve tanıklar tarafından verilen sözlü beyanları, maddi deliller ise fiziki bir yapıya sahip delilleri ifade etmektedir. Beyan delillerinde hata veya yanlış yönlendirme yapılabilir. “Görgü Tanığı Hatası”, psikologlar tarafından insanın hafıza sürecindeki eksiklikler nedeniyle doğal olarak meydana gelen ve güvenilirmez şekilde ifade edilen istem dışı gerçek olmayan beyanları ifade etmektedir. Yüksek strese, saldırıya maruz kalan mağdurlarda bile Görgü Tanığı Hataları ile karşılaşmaktadır [3].

Adli Bilimlerin öncülerinden birisi olan Paul Kirk, fiziksel kanıtlarla ilgili şunları ifade etmiştir: “Nereye adım atsa, nereye dokunsa, arkasında ne bıraksa, bilinçsiz de olsa onun aleyhine sessiz birer tanıktır onlar. Sadece parmak izleri ya da ayak izleri değil, saçları, kıyafetlerinin lifleri, kırdığı bardağın parçaları, bıraktığı aletin izleri, sıyırdığı boya, bulaştırdığı kan ya da vücut sıvıları. Bütün bunlar ve daha fazlası, onun aleyhine dilsiz tanıklardır. Onlar unutmayan kanıtlardır. Onların akılları heyecanla karışmaz. İnsan tanıkların varlığı bile onları yok etmez. Bunlar olgusal delillerdir. Fiziksel kanıtlar yanılmaz, yalan yere yemin etmez, tamamen yok olmaz. Belki yanlış yorumlanabilirler. Ancak insanoğlunun onu bulamama, inceleme ve anlama konusundaki başarısızlığı onun değerini kaybettirebilir” [4-6].

2011 yılında ABD’de gerçekleştirilen bir çalışma kapsamında mahkûmiyet kararı verilmiş dosyalar DNA analizleri ile yeniden incelenmiş ve mahkûmiyet giymiş 360’tan fazla kişinin aklanması ile sonuçlanmıştır. Aklananlardan 20’si ölüm cezasına çarptırılmış ve kararın gerçekleşmesini bekleyen kişilerdir [7]. Yapılan bu proje sonucunda hatalı görgü ifadelerinin bu haksız mahkumiyetlerin % 87’sine sebep olduğu görülmüştür [8]. Bu ve bunun benzeri çalışmaların ortaya koymuş olduğu sonuçlar “Yanlış Mahkumiyetler” (Wrongful Conviction) adı altında yeni bir çalışma alanının ortaya çıkmasını sağlamıştır. [9]. ABD’de yapılan bu çalışmaların benzerleri Kanada ve Çin gibi ülkelerde yapılmış ve benzer sonuçlar ortaya konulmuştur [7, 9-12]. Yapılan bir çalışmaya göre sadece ABD’de 1989 yılından beri 3.174 kişi yanlış mahkumiyet mağduru olmuş ve bunun sonucunda bu insanların hayatından 27.200 yıldan daha fazla zaman kaybolmuştur [13]. Yanlış mahkumiyetlerin en yaygın nedenleri arasında görgü tanığının yanlış tanımlanması, geçersiz veya uygun olmayan adli incelemeler, yanlış itiraflar/kabuller, hükümetin suiistimalleri, muhbirlerden gelen yanlış bilgiler ve yetersiz avukatlık sayılabilmektedir. Adli Bilimler, tekniği geliştikçe etkinliği artan temel bir soruşturma aracıdır [14].

Adli Bilimler, faillerin tespiti konusunda adalet sisteminin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir [15]. Adli Bilimlere bu konulardaki ihtiyaç gün geçtikçe artmakta ve Adli Bilimlerin daha hızlı, etkin ve düşük maliyetli olarak kullanılması hususları gün geçtikçe önem kazanmaktadır [16].

Adalet alanında uygulanabilirliği olan tüm bilimler Adli Bilimler olarak adlandırılmaktadır [17]. Adli Bilimler mevcut hukuki durumun çözümüne katkısı olacak her bilimi ilgi alanına

almakta ve istifade etmektedir. Adli Bilimler alanına uygulanan başlıca bilim dalları ve açıklamaları kısaca aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Adli Tıp

Adli Tıp, hukuki bir duruma konu olan kişilerin muayenesi ve tıbbi olarak değerlendirilmesi ile ilgilenen Adli Bilimler dalıdır. Adli Tıp; ölüm nedeni, zamanı, yaralara sebep olan silah ve aletlerin tespiti, yaş tayini gibi konuları bilimsel metotlar ile tespit eder [18, 19].

2.1.2. Adli Antropoloji

Adli Antropoloji, antropoloji biliminin yöntemlerini kullanarak insan iskeletlerin fiziksel özelliklerini inceleyerek yaş, boy, cinsiyet, ırk ve yaşam hikayesini saptamaya çalışan Adli Bilimler dalıdır. Kemikler üzerinde bulunan alet/silah izlerini analiz ederek suç aleti ve ölüm sebebini bilimsel metotlar ile tespit eder [18-20].

2.1.3. Adli Arkeoloji

Adli Arkeoloji, gömülü bulguların çıkarılması ve incelenmesinde arkeoloji biliminin teknik ve yöntemlerini kullanan Adli Bilimler dalıdır [18, 19].

2.1.4. Adli Diş Hekimliği

Adli Diş Hekimliği, diş hekimliği alanındaki yöntemlerin kullanılarak kimliklendirme amacıyla diş kayıtlarını karşılaştıran, dişlerden yaş, cinsiyet tespiti yapan ve ısırık analizi konularını bilimsel metotlar ile ele alan Adli Bilimler dalıdır [18, 19, 21].

2.1.5. Adli Entomoloji

Adli Entomoloji, olay yerinde bulunan böceklerin yaşam döngülerinden yararlanarak ölüm zamanını tespitiye çalışan Adli Bilimler dalıdır [18, 19].

2.1.6. Adli Palinoloji

Adli Palinoloji, polen ve sporlardan faydalanarak mağdur, şüpheli, suç aleti ile olay yeri arasında olay yeri – şahıs / suç aleti ilişkisinin tespitini sağlayan Adli Bilimler dalıdır [18, 20].

2.1.7. Adli Bilişim

Adli Bilişim, adli olayların aydınlatılması maksadı ile bilişim cihazları içerisinde bulunan veri, ses ve görüntüleri inceleyerek adli makamlara sayısal delil niteliği taşıyacak şekilde sunan Adli Bilimler dalıdır [18, 22].

2.1.8. Adli Psikiyatri

Adli Psikiyatri, hukuki bir olaya konu olan bir kişinin gözlem altına alınarak muayene bulgularının değerlendirilmesi sonucunda kişinin ruhsal durumu hakkında görüş bildiren Adli Bilimler dalıdır. Genellikle akıl hastalığı, cezai ehliyet, velayet/vasi tayini, yaş küçüklüğü, alkol/uyuşturucu madde bağımlılığı gibi konularda görüş sunmaktadır [18, 19].

2.1.9. Adli Farmakoloji

Adli Farmakoloji, kimyasal maddelerin bireyin davranışı, hastalığı, yaralanması veya ölümüyle ilişkilendirilmesi sorusuna cevap veren Adli Bilimler dalıdır. İlaçların etkilerini ve etki sürelerini yorumlamaktadır [23].

2.1.10. Adli Toksikoloji

Adli Toksikoloji, zehirlenmenin hukuksal yönünü değerlendiren Adli Bilimler dalıdır. Maruz kalınan kimyasal maddelerin doz – etki ilişkisini yorumlamaktadır [18, 19, 21].

2.1.11. Adli Biyoloji

Adli Biyoloji, olay yerinde tespit edilen biyolojik bulguların (saç, tükürük, kan, semen vb.) incelenerek şüpheli, mağdur ve olay yeri arasındaki ilişkiyi ortaya koymaya çalışan Adli Bilimler dalıdır [18, 21].

2.1.12. Adli Biyofizik

Adli Biyofizik, insan ruh ve beden sağlığına etki eden herhangi bir fiziksel öğenin bedeninde oluşturduğu değişimlerin biyofiziksel ilkeler ve yöntemlerle ortaya konulmasını sağlayan Adli Bilimler dalıdır [18, 21].

2.1.13. Adli Kimya

Kimya, genel olarak maddenin bileşimini ve geğirdiği değişiklikleri inceleyen temel bir bilimdir. Adli Kimya, Kimya bilimine ait ilke ve tekniklerin adalet alanına uygulanmasıdır. Adli Kimyanın adli soruşturma alanındaki rolü çok geniştir ve kanıtların toplanmasından bulguları tanımlamak için kullanılan karmaşık laboratuvar prosedürlerine kadar uzanmaktadır [24, 25].

Adli Kimya, Kimya biliminin tüm alt bilim dallarından istifade etmekle birlikte Uygulamalı Analitik Kimya ile sıkı bir ilişki iğerisindedir. Adli Kimya özellikle nitel, nicel ve karşılaştırmalı analizleri kapsamaktadır [26]. Adli Kimya, jeokimya, petrokimya, yüzey kimyası, spektroskopi ve farmasötik kimya gibi özel kimya dalları ile de yakından ilgilenmektedir.

Adli Kimya; uyuşturucu madde, patlayıcı ve yangın kalıntıları, parmak ve avuç izleri, ayak izleri, ayakkabı izleri, lastik izleri, ateşli silahlar, alet izleri, cam, boya, toprak, lif olay yeri incelemesi, belge ve imza incelemeleri gibi birçok alanda adli olayların incelenmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır [24, 27-29].

2.2. Yeşil Kimya

Hayatımızın her alanında etkin bir rol oynayan ve hayatımızı kolaylaştıran kimya uygulamaları 1960'lı yılların başlarında doğaya ve insan sağlığına verdiği zararlarla gündeme gelmeye başlamıştır. Böcek ilaçlarının bitki ve canlılara, bazı ilaçların gebeliğe, kimyasal atıkların doğaya zarar vermesi toplumu tedirgin etmiştir. Bu tür kirlilik ve zararları önlemek maksadıyla 1990'ların başında ABD'de başta olmak üzere birçok ölkede çeşitli inisiyatifler ortaya çıkmaya başlamıştır. 1997 yılında Yeşil Kimya Enstitüsü (GCI – Green Chemistry Institute)

kurulmuştur. Bu ve benzeri kuruluşlarla çevreye ve insan sağlığına zararlı süreç ve kirliliklerin önüne geçilmesi ve ekolojik dengenin korunması hedeflenmiştir [30, 31].

Yeşil kimya, bu duruma kökten bir çözüm getirmeyi hedefleyerek kimyagerler ve mühendislerin kimyasal ürünleri ve süreçleri tasarlarken çevreye vereceği etkileri göz önünde bulundurularak daha duyarlı hareket edilmesini ve çevreye zararlı olabilecek ürünler ve süreçler yerine doğa ve canlı dostu bir yaklaşımın ortaya konulmasını ifade etmektedir. Yeşil kimya ile enerjinin korunması, atıkların azaltılması ve tehlikeli maddelerin ikamesi olarak çevre dostu, yenilenebilir maddeler ortaya koyan doğa dostu bir kimya sürecinin tasarlanması ve uygulanması şeklinde de ifade edilebilir [30, 31].

Yeşil kimyanın 12 temel ilkesi, kurucusu olarak kabul edilen Paul Anastas ve John Warner tarafından şu şekilde ortaya konulmuştur:

- Atık Önleme
- Atom Ekonomisi
- Daha Az Tehlikeli Kimyasal Sentezler
- Daha Güvenli Kimyasalların Tasarımı
- Daha Güvenli Çözücüler ve Yardımcı Maddeler
- Enerji Verimliliği için Tasarım
- Yenilenebilir Ham Maddelerin Kullanımı
- Türevleri Azaltmak
- Kataliz
- Bozulabilir Tasarım
- Kirliliğin Önlenmesi için Gerçek Zamanlı Analizler
- Kazaların Önlenmesi için Daha Emniyetli Kimya [32].

2.3. Grafen

Grafen iki boyutlu (2D), tek atom kalınlığında sp^2 hibritleri ile bal peteği formunda altıgen yapıya sahip bir karbon allotropudur. Grafit, karbon nanotüp ve fullerenler gibi karbon temelli nanomalzemelerin ana bileşenidir. Grafenin küre şeklinde sarılması ile boyutsuz (0D) yapı fulleren, rulo şeklinde sarılması ile bir boyutlu (1D) yapı karbon nanotüp (CNT) ve üst üste yerleştirilmesi ile üç boyutlu (3D) yapı grafit elde edilmektedir [33]

Grafen; oda sıcaklığında spesifik yüzey alanı ($2,63 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{g}$), yüksek geçirgenlik özelliği, mükemmel mekanik dayanımı (42 N/m kırılma dayanımı ve 1,0 TPa Young katsayısı), yüksek ısı iletkenliği (5000 W/mK), yüksek elektron hareketliliği ($2 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$), yüksek elektriksel iletkenliği (10^4 S/m) ve esneklik gibi olağanüstü özellikler göstermektedir. Grafen, düşük termal genişleme katsayısı ve güçlü karbon – karbon kovalent bağı sayesinde üstün termal ve elektriksel iletkenliğe sahiptir [33].

Grafen üstün mekanik, elektriksel, optik ve manyetik özellikleri ile diğer nanomalzemelerden ayrılmaktadır. CNT'lere göre daha üstün özelliklere sahiptir. Sahip oldukları bu üstün özelliklerden dolayı birçok alanda bilim insanları tarafından çalışmalara konu olmaktadır. Sensörler, piller, polimer kompozitler, yapısal kompozitler grafenin başarılı uygulama alanlarından başlıcalarıdır [34].

Parmak ve avuç izi görselleştirme alanında grafen ile başarılı sonuçların elde edildiği çalışmalar yapılmıştır [35, 36].

2.4. Selüloz

Selüloz, belirli sayıda glikoz moleküllerinin bir ester köprüsü ile bağlanması ile meydana gelmiş düz zincirli doğal bir polimerdir. Yeryüzündeki en büyük yenilenebilir ve doğal biyopolimer kaynağıdır. Çevre dostu, biyobozunur, biyoyumlu, hidrofilik, yüksek uzunluk/çap oranı, yüksek fiziksel mukavemet, kolay elde edilebilirlik, sağlığa zararsızlık, yüksek kimyasal ve termal kararlılık gibi üstün özelliklere sahiptir. Selüloz molekülleri intra- ve inter- moleküler H-bağları ile oluşan sarmal bir yapıya sahiptir. Selülozda kovalent bağlarla

oluşan doğrusal yapı, hidrojen bağlarının varlığı ile üç boyutlu ve kolay çözünmeyen bir yapıya ulaşmaktadır. En sık karşılaşılan selüloz türevleri, metil selüloz (MC), 2-hidroksietil selüloz (2-HEC), karboksimetil selüloz (CMC) ve hidroksipropil metil selüloz (HPMC) birçok alanda farklı uygulamalarda kullanılmaktadır. Selülozun iyonik olmayan bir türevi olan 2-HEC, β -(1,4) glikozidik bağına sahiptir. Hidrofilik bir biyopolimer olan 2-HEC, hammadde olarak doğal polimer lifler kullanılarak bir dizi kimyasal işlem sonucunda üretilmektedir [33, 37].

Parmak ve avuç izi görselleştirme alanında selüloz ve türevleri ile başarılı sonuçların elde edildiği çalışmalar yapılmıştır [38-42].

2.5. Silisyum Dioksit (SiO_2)

Silika, iki oksijen ve bir silisyum atomundan oluşan ve genellikle topaz, kuvars ve ametist gibi polimorf formlarda bulunan ve yer kabuğunda en çok bulunan iki elementten oluşan kimyasal bir bileşiktir. Silika parçacıkları kristal ve amorf formlarda bulunmaktadır. Amorf silika, kristal silikalardan daha reaktiftir ve kontrol edilebilir boyut dağılımına ve yüksek yüzey alanına sahiptir. Bu özelliğinden dolayı farklı uygulamalarda saf veya kompozit madde olarak daha çok tercih edilmektedir. Kimyasal yapısı en basit malzeme silisyum dioksittir. Polimerler, tekstil ürünleri, yakıt hücreleri katmanları, kompozitler ve güneş enerjisi malzemeleri, optik filtreler, lityum pilleri üretiminde kullanılmaktadır [43, 44].

Parmak ve avuç izi görselleştirme alanında SiO_2 ile başarılı sonuçların elde edildiği çalışmalar yapılmıştır [45-49].

2.6. Nanoteknoloji

Nanoteknoloji kelimesi ilk olarak 1974 yılında Tokyo Bilim Üniversitesi'nden Norio Taniguchi tarafından kullanılmıştır [50]. Nanoteknolojideki asıl gelişmeyi sağlayan buluş ise, Taramalı Tünelleme Mikroskopi (Scanning Tunnelling Microscopy)'nun 1981 yılında icat edilmesidir [51]. Bu mikroskop vasıtasıyla iletken yüzeydeki atomların yerleri değiştirilebilmiştir. Rohrer H. ve Binnig G. bu buluşlarıyla 1986 yılında Nobel Fizik Ödülünü kazanmışlardır. 2000'li

yılların başlarında ABD'nin Nanoteknolojiye yoğun bir şekilde yatırım yapmasıyla birçok ülkede Nanoteknoloji araştırmaları başlamıştır [52].

Nanoteknoloji, hayatımızın her alanında etkin bir rol alan ve çığır açan bir gelişmedir. Nanoteknoloji, çağımızın yeni sanayi devrimi olarak değerlendirilmektedir. “Nano” ifadesi, “bir fiziksel büyüklüğün milyarda biri” olarak tanımlanmaktadır. Nanoteknoloji ise, maddenin 1 ilâ 100 nanometre boyutlarındaki davranışlarını kontrol etme ve anlama bilimidir. Böyle bir kontrol imkânı birçok alanda köklü yeniliklere yol açmıştır [53].

Amerika Birleşik Devletleri “Ulusal Nanoteknoloji İnisiyatifi” (NNI) Nanoteknolojiyi şu şekilde tanımlamaktadır:

“Nanoteknoloji, aşağı yukarı 1-100 nanometre boyutlardaki maddenin incelenmesi ve işlenmesidir. Bu boyutlarda yapılan bu çalışmalarda gerçekleşen benzersiz fenomenler, yepyeni uygulamalara olanak sağlamaktadır. Nano boyuttaki bilimi, mühendisliği ve teknolojiyi kapsayan nanoteknoloji, maddenin bu boyut ölçeğinde görüntüleme tekniğini, ölçümünü, modellemesini ve manipülasyonunu içermektedir. Nano boyutta, malzemelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, tek tek atomların ve moleküllerin ya da kütleli haldeki malzemenin özelliklerinden temel olarak ve yararlı bir yönde farklı olmaktadır.”

Nanoteknolojinin amaçları;

- Nanometre boyutundaki yapıların analiz edilmesi,
- Nanometre boyutlu yapıların fiziksel özelliklerinin anlaşılması,
- Farklı ve üstün malzeme özellikleri, üretim süreçlerinin elde edilmesi,
- Daha dayanıklı, daha hafif, daha hızlı yapıların elde edilmesi,
- Daha az malzeme ve enerji kullanımı [54].

Kuantum etkilerinden dolayı maddeler, nano boyutta farklı özellikler göstermektedirler. Örneğin; külçe altın başka maddelerle reaksiyona girmek istemezken, nano boyuttaki altında

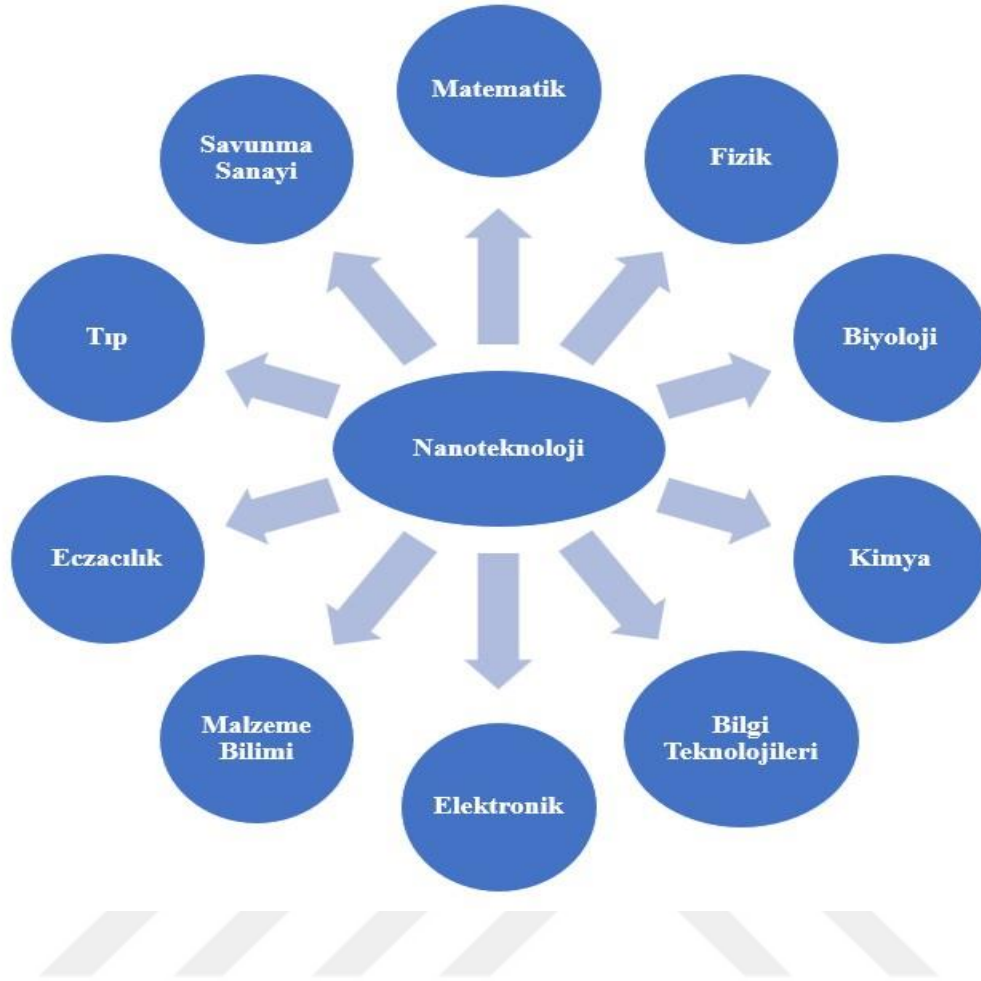
bu durum tam tersi gözlenmektedir. Bu özellik sayesinde bilim adamları malzemelerin nano boyuttaki hallerini inceleyerek, mevcut sorunlara çözüm üretmeye çalışmaktadırlar [55].

Nanoparçacıklar, boyutları çok küçük olduğundan malzemelerin hacimsel yapılarına kıyasla dikkate değer ve bazı koşulların sağlanmasıyla üstün özellikler göstermektedirler.

Nanoparçacıkların özellikleri şunlardır:

- 10^{-9} m (1-100 nm) tane boyutu,
- Oldukça büyük yüzey alanı,
- Elektrik, optik, manyetik ve mekanik özellikler,
- Yapısal ve yapısal olmayan uygulama alanları,
- Kimyasal olarak oldukça aktif malzemeler [56].

Nanoparçacıkların özelliklerinin üstün olmasında boyutlarının yanı sıra kontrol edilebilen şekillerinin ve morfolojilerinin büyük etkisi vardır. Kimyasal ajanların kullanılmasıyla yüzey ve ara yüzey özellikleri geliştirilebilmektedir. Katkı ilaveleri ile parçacıkların yüzeyi şarj edilir ve parçacıklar arasında koagülasyon ve agregasyona karşı stabilizasyon sağlanabilir. Bir nanoparçacığın oluşum evresi ve ömrü dikkate alınarak çok karmaşık kompozisyonlar bile kolaylıkla tahmin edilebilmektedir [57].



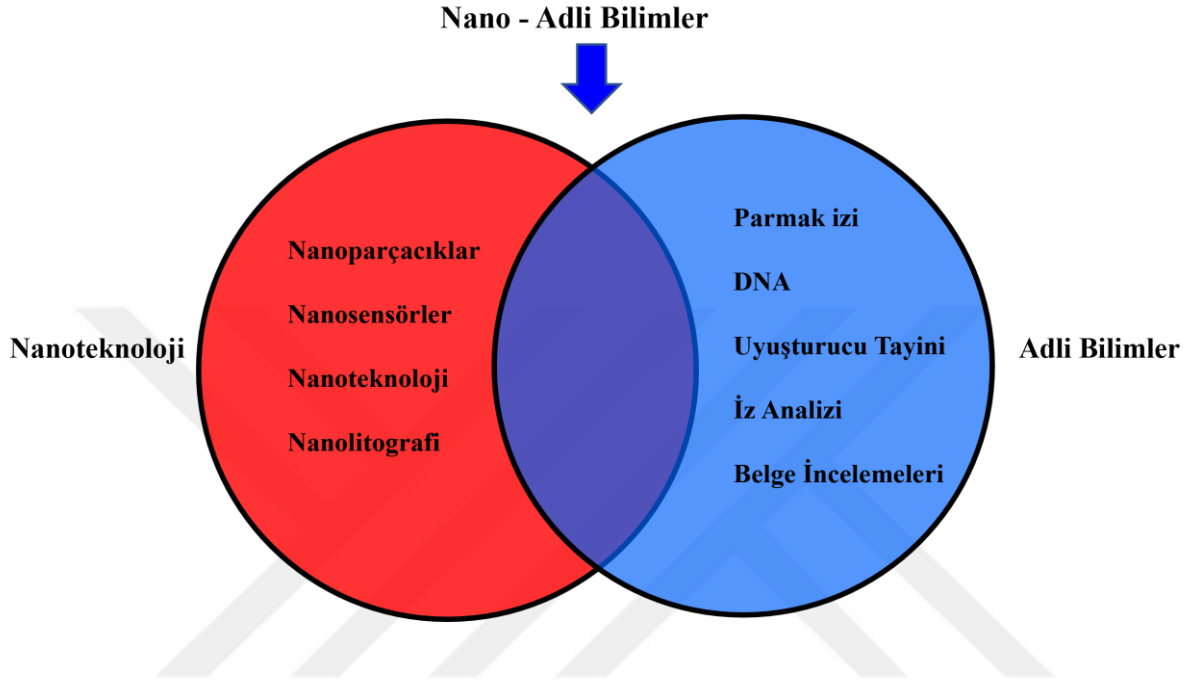
Şekil 2.1. Nanoteknolojinin kullanım alanları [58].

Nanoteknoloji kimya, fizik, malzeme bilimi, biyoteknoloji, gıda, savunma sanayi, tıp gibi birçok alanda, üstün özellikli yeni malzemelerin üretiminde söz sahibi olmuş ve hayatımızdaki önemi giderek artmaktadır (Şekil 2.1). Bu malzemelerin büyük bir kısmı günlük hayatımızda yerini almışken, bir kısmı ise araştırmacılar tarafından mevcut sorunlara çözüm olabilmek amacıyla araştırılmaya devam edilmektedir [58].

2.6.1. Nanoteknolojinin Adli Bilimler Alanında Kullanımı

Nanoteknolojinin, tüm bilim alanları ve sektörlerde etkili bir şekilde kullanılmaya başlanması ve başarılı sonuçların elde edilmesiyle Nanoteknolojinin üstün yanlarından Adli Bilimler alanında da istifade edilebileceği düşüncesi ortaya çıkmıştır. Böylece Adli Bilimler alanında nanoteknoloji ve nanomalzemeler kullanılmaya başlanmıştır.

Nanoteknolojinin, Adli Bilimler alanında uygulanmasına yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Gerekli sağlamlığı ve güvenilirliği artırmak amacıyla nanoteknolojinin daha kapsamlı kullanılmasını sağlamak için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teknoloji, moleküler biyoloji, olay yeri incelemesi, parmak izi geliştirme, balistik vb. alanlarda dönüşüm gerçekleştirecektir [59].



Şekil 2.2. Nanoteknoloji ve Adli Bilimler [60].

Adli Nanoteknolojiler, Adli Bilimler ve Nanoteknolojinin teknik ve yaklaşımlarını birleştirmektedir. Günümüzde Nanoteknolojinin Adli Bilimler alanında uygulanması, soruşturma sürecini daha hızlı, daha doğru, daha etkili ve daha hassas ve kullanımı kolay hale getirerek bir dönüşüm sağlamaktadır (Şekil 2.2) [60].

2.6.2. Nanoteknolojinin Adli Parmak ve Avuç İzi İncelemelerinde Kullanımı

Nanomalzemelerin önemli bir özelliği, yüzey alanlarının hacmine oranının diğer malzemelere kıyasla oldukça yüksek olmasıdır. Bu özelliği sayesinde Adli Parmak İzi İncelemeleri ve yüzey tabanlı bilimlerde yeni imkanlar sağlamaktadır [61].

Gizli parmak izlerinin görünür hale getirilmesi alanında birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen bu alanda bir duyarlılık ve seçicilik eksikliği bulunmaktadır. Nanoparçacıklar küçük boyutları, çok yönlülükleri ve yüzey özelliklerinin özel olarak ayarlanabilmesi özellikleri ile mevcut sorunların çözümü olarak önerilmektedir [62].

Nanomalzemelerin yüzey modifikasyonun çok yönlülüğünün, parmak izi kalıntılarında bulunan bileşiklerin hassas bir şekilde hedeflenerek seçiciliğin artmasını sağlayıp gizli parmak izlerini etkili bir şekilde görünür hale getirebileceği değerlendirilmektedir [63].

Nanoparçacıklar, sahip oldukları şu özellikler sayesinde parmak ve avuç izi incelemeleri alanında dikkat çekmektedir:

- Parmak izi hatlarının iyi çözünürlükte ortaya konması,
- Arka plan girişiminin önüne geçmek için ışıltama gibi optik özellikleri olması,
- Yüzey modifikasyonlarının sunduğu kimyasal çok yönlülük,
- Zayıf gizli parmak izleri için yüksek bir seçicilik sağlamasıdır [64].

Adli Parmak ve Avuç İzi İncelemeleri alanında nanoparçacıkların üstün özelliklerinden istifade etmek maksadıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda nanomalzemeler kullanılarak başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu çalışmalar ile özellikle etkinlik ve uygulama sürelerinde kazanımlar elde edilmiştir. Bu çalışmalardan öne çıkanlardan bir tanesi Andy Becue ve arkadaşları tarafından yapılan uygulamadır. Birden Fazla Metal Kaplama (MMD) gizli parmak izlerini geliştirmek için kullanılan çok aşamalı ve zahmetli bir uygulamadır. Andy Becue ve arkadaşları çalışmalarında bağlanma özellikleri nanoteknoloji ile geliştirilmiş altın nanoparçacıklar kullanmıştır. Çalışmanın sonucunda 5 aşamalı olan normal sürecin 2 aşamaya, işlem süresinin 34 dk. dan 15 dk. ya indirilmesi sağlanmıştır. Böylece nanomalzemeler kullanılarak uygulama daha pratik ve hızlı bir hale getirilmiştir [65, 66].

2.7. Adli Parmak ve Avuç İzi İncelemeleri

İnsanlar, nesneler ile bir temasta bulunduklarında aralarında bir etkileşim meydana gelir. Bu etkileşim adli soruşturmalarda olay yeri ile fail ve mağdur arasında bir bağ kurulmasını

sağlamaktadır [67]. Olay yeri incelemelerinde en sık karşılaşılan önemli ve güvenilir delillerden bir tanesi de parmak ve avuç izleridir [68, 69]. Parmak ve avuç izleri olay yerlerinde sık karşılaşılmaması, pratik ve ucuz bir yöntem olmasından dolayı en sık kullanılan delil türlerindendir. Parmak izleri bir asrı aşkın bir süredir ceza soruşturmaları ve Adli Bilimler için önemli bir kimlik tespit yöntemi olmuştur. İlk defa 1982 yılında delil olarak kullanılmıştır. Suç mahallinde tespit edilen gizli parmak izleri genellikle, parmak izi desenlerinin amino asitler, proteinler, polipeptitler ve tuzlar vb. maddelerle bir yüzeye aktarılmasıyla oluşmaktadır [70, 71]. Parmağın bir yüzeye temas etmesi ile parmak izleri oluşmaktadır. Küçük bir temas bile görünür hale getirilebilerek sahibinin tespit edilmesini sağlayacak gizli parmak izleri oluşmasına imkan vermektedir [72].

OPTES'in gelişmesi ile parmak ve avuç izi mukayese işlemleri daha hızlı ve pratik bir hal almıştır. Oluşturulan parmak ve avuç izi veri tabanları ve bunlar arasında entegrasyon sağlanması ile işlerliği ve tespit oranı ciddi derecede artmıştır. Olay yeri incelemeleri dışında bir kimlik tespit ve doğrulama yöntemi olarak kullanılması, parmak ve avuç izi incelemeleri sonucunda net ve belirli bir karara varılması bu inceleme dalına olan ilginin artmasına sebep olmaktadır. Parmak ve Avuç İzi Teşhis Sistemleri sayesinde olay yerinde tespit edilen izler, şüpheli bir şahıs tespit edilmemiş olsa bile veri tabanları üzerinden sorgulanarak tespit edilebilmektedir. Parmak ve avuç izi delilleri avantajları yanında dezavantajlara da sahiptir. Olay yerinde mevcut görünmeyen parmak ve avuç izlerinin tespiti zordur, detaylı bir inceleme gerektirmektedir. Parmak ve avuç izleri hassas ve çabuk bozulabilir niteliktedir. Bundan dolayı hızlı ve dikkatli bir şekilde hareket edilmesi gerekmektedir [73].

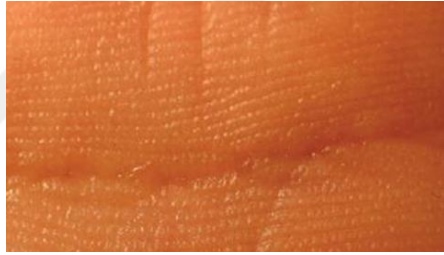
2.7.1. Parmak İzinin Tanımı ve Yapısı

ABD Adalet Bakanlığı, Ulusal Adalet Enstitüsü (NJI) tarafından hazırlanan Parmak İzi Kaynak Kitabı parmak izini şu şekilde tanımlamaktadır: “Her bireyin avuç içlerinde ve ayak tabanlarında kendisine özgü, ayırt edici izler bulunmaktadır. Parmakların son boğumundan parmak uçlarına kadar olan bu tür izlere parmak izi denilmektedir.” [74]. “Parmanın uçlarında, birinci boğumdan itibaren tırnak dibine kadar olan alanda kabarık çizgisel hatlardan oluşan şekillere parmak izi denilmektedir” (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Parmak izi [74].

Parmak uçlarına bakıldığında görülen her hat arasında belirli boşluklar mevcuttur. Hatları teşkil eden çıkıntıların meydana getirdiği çizgilere papil denilmektedir. Bir papil büyütülerek yakından incelendiğinde, dışardan görülenin aksine devamlı hatlar olmadığı, bir takım sonlanma ve yeniden başlamalar arasında, ortaları gözenekli, etrafları köşeli birçok şeklin yan yana dizilmiş oldukları görülmektedir (Şekil 2.4) [18, 69].



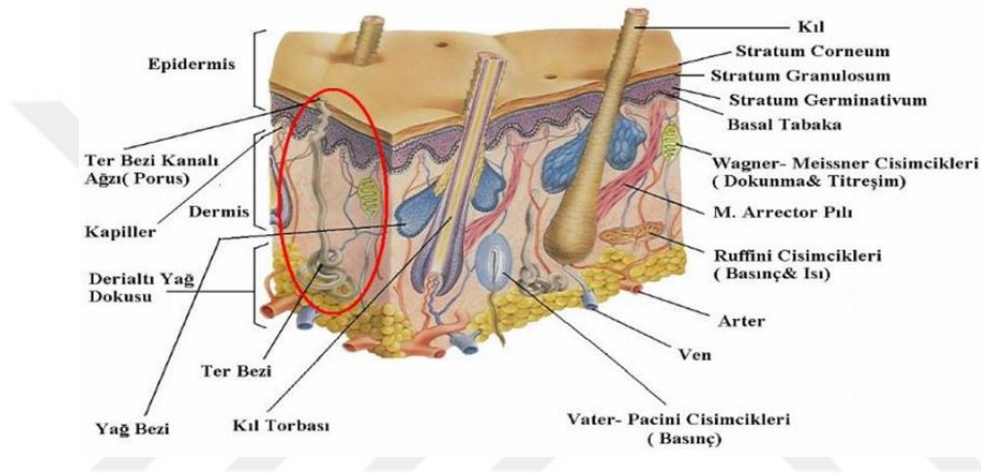
Şekil 2.4. Papil hatları [74].

Parmak izlerinin yanında aynı özelliklere sahip ve yoğun bir şekilde karşılaşılan diğer bir iz türü avuç izleridir. Avuç izlerine olay yeri incelemesinde parmak izleri kadar sık rastlanmasına rağmen mevcut bir veri tabanı olmamasından dolayı ikinci planda kalmaktadır.

Ellerin iç yüzeylerinde parmak izi olarak ifade edilen parmak son boğumundan tırnak dibine kadar olan alan dışında kalan tüm el iç yüzeyi “avuç izi” olarak adlandırılmaktadır. Parmağımızın ilk iki boğum alanı da avuç izi olarak tanımlanmaktadır. Özellikle tutma hareketimiz düşünüldüğünde bulgular üzerinde avuç izlerinin ne kadar yoğun bir şekilde bulunacağı anlaşılmaktadır.

2.7.2. Derinin Yapısı

Deri, vücudumuzu kaplayarak organlarımızı dış etkenlerden koruyan en ağır organımızdır. Deri, ayrıca vücut ısını dengede tutma, D vitamini sentezi ve dokunma hissi sağlama ve ter atımı gibi önemli vücut fonksiyonlarını da yerine getirmektedir. İnsan derisi; dermis, epidermis ve hipodermis (subkütan tabaka) olarak adlandırılan katmanlardan oluşmaktadır [74, 75] (Şekil 2.5). Bazı kaynaklar hipodermis katmanını dermis katmanının bir parçası olarak değerlendirmekte ve derinin dermis ve epidermis olarak iki katmandan meydana geldiğini ifade etmektedirler [76].



Şekil 2.5. Derinin biyolojik yapısı [18].

İnsan bedeninde iki tip deri/ten bulunmaktadır: pürüzlü deri (Şekil 2.6) ve pürüzsüz deri (friction ridge) (Şekil 2.7) deri. Pürüzlü deri ile papil hatlarının bulunduğu parmak, avuç ve ayak izlerini ifade edilmektedir [77].



Şekil 2.6. Pürüzlü deri [77].



Şekil 2.7. Pürüzsüz deri [77].

2.7.2.1. Üst Deri (Epidermis)

Üstü ölü hücrelerden, diğer kısmı ise malpighi tabakası olarak adlandırılan canlı hücrelerden oluşan ve malpighi tabakasının dışı yakın kısımlarında deriye rengini veren boyar maddenin bulunduğu iki katmandan oluşan bölümdür. Alt deri ile temas ettiği kısımlarda çoğalma özelliği hızlı olan hücreler tarafından meydana gelen kıl ve tırnak, bu tabakada oluşmaktadır.

2.7.2.2. Alt Deri (Dermis)

Üst derinin içine kıvrımlar şeklinde girmiş olan bu tabakada, papil hatlarının köklerini oluşturan ter ve yağ bezleri bulunmaktadır. Papil hatları üzerinde yer alan porlara ait kökler bu tabakada yer alan yağ ve ter bezlerine kadar ulaşmaktadır [78].

2.7.3. Parmak İzinin Oluşumu

İnsan vücudunda el ve ayak bölgelerinde bulunan deri diğer bölgelerden farklı şekillenmektedir. El ve ayak bölgelerindeki deri üzerinde papil adı verilen hatlar bulunmaktadır. Bazı araştırmacılar bu yapının sürtünmeyi artırarak yüzeye tutunmayı sağladığını ifade etmişlerdir. Papiller yakından incelendiklerinde por denilen gözeneklerden oluştuğu görülmektedir. Bu gözenekler terleme ile üretilen terin dış ortama atılmasını sağlamaktadır [79]. Parmak izleri görünenin aksine derinin yüzeyinde değil derinin alt katmanlarında bulunmaktadır. Bundan dolayı da dışarıdan müdahale ile değiştirilememekte, derinin kendini yenilemesi ile ilk halini kısa sürede almaktadır.

Birincil parmak izleri, gebeliğin 10. haftasında oluşmaya başlar ve 15. ve 16. haftaya kadar devam ederek son halini alır (Şekil 2.8 ve 2.9). Birincil parmak izleri ilk olarak oluşan temel papil hatlarıdır. Bunların oluşmasından sonra temel papil hatları arasında ikincil parmak izleri oluşmaktadır. 15. ve 17. haftalar arasında ikincil papil hatları oluşmaya başlar ve 24. haftada tamamlanır. Parmak izleri iki deri tabakası arasında oluşur ve kişinin yaşamı boyunca değişmez. Bireye özgüdürler ve tek yumurta ikizlerinde bile farklıdır [8, 62]. Tam bir parmak izinde yaklaşık 150 karakteristik özellik bulunmaktadır [1, 8].



Şekil 2.8. 11. haftasında olan fetüsün işaret parmağında parmak izlerinin oluşumu [62].



Şekil 2.9. 14. haftasında olan fetüsün işaret parmağında parmak izlerinin oluşumu [62].

2.7.4. Parmak İzinin Özellikleri

Parmak izi inceleme metodunun tarihi geçmişinin uzunluğu ve uluslararası alanda halen en geçerli kimlik tespiti yöntemlerinden birisi olmasının en önemli sebeplerinin başında parmak ve avuç izlerinin suçun meydana geldiği yerlerde en çok bırakılan delillerin başında gelmesidir [80]. Diğer sebepler kişiye özgülüğü, tasnif edilebilirliği ve suçluyu tespit alanında kesin bir sonuç vermesidir [81]. Olay yerinde parmak veya avuç izi bulunan kişinin şüpheli, mağdur veya başka bir sebeple orada bulunduğu ya da olay yerinden elde edilen bulguya temas ettiği kanıtlanmaktadır [82].

Parmak izinin bir kimliklendirme ve Adli Bilimler alanında fail tespit aracı olarak kullanılmasını sağlayan üç önemli özelliği mevcuttur. Bunlar **Benzemezlik**, **Değişmezlik** ve **Tasnif Edilebilirlik** özellikleridir.

2.7.4.1. Benzemezlik Özelliği

Sadece bir parmak izinin ortalama 100 karakteristik özelliğe sahip olduğu ve başka bir şahsa ait parmak izinde aynı dizilişte ve aynı sayıda özelliğin bulunabilmesi ve bu kişilerin aynı olayda şüpheli olması varsayımı değerlendirildiğinde parmak izinin, kimlik tespit ve teşhisinde ne kadar önemli ve ayırt edici bir rol aldığı görülmektedir [83].

F. Galton'un yaptığı matematiksel bir hesaplama göre birbirine tamamen uyan iki izin olma ihtimali yaklaşık olarak 64.000.000.000'da bir olarak bulunmuştur. Mevcut nüfus sayısı göz önünde bulundurulduğunda iki izin aynı olması mümkün gözükmemektedir. Geride bırakılan 90 yıl boyunca da, milyonlarca parmak izi farklı amaçlarla kayıt altına alınmış, incelenmiş fakat birbiriyle tamamen aynı iki iz tespit edilmemiştir (Şekil 2.10) [84].



Şekil 2.10. Tek yumurta ikizlerine ait parmak izleri [77].

2.7.4.2. Değişmezlik Özelliği

Parmak izleri cenin on haftalıkken oluşmaya başlamakta ve ömür boyu değişmeksizin kalmaktadırlar. Parmak izlerinin sadece ebatları, papillerin kalınlıkları, papiller arasındaki mesafeler ve büyüklükleri değişebilmektedir. Fakat meydana gelen bu değişiklikler parmak izinin yapısını, grubunu ve karakteristik özelliklerini değiştirmemektedir. Yakma, kazıma,

aşındırma gibi işlemler parmak izlerinin geçici olarak zarar görmesine sebep olur fakat ölü derinin yenilenmesi ile eski halini alır. Dermis tabakasında oluşturulacak geçici olmayan tahrifat parmak izine zarar verir, bu gibi durumlarda ise fiziksel inceleme tekniklerinden istifade edilerek faili tespit edebilmek mümkün olabilmektedir.

1856'da Giessen tarafından Alman Antropolog Welker'den alınan kendisine ait parmak izleri parmak ucu çizgilerine dair bilinen en eski izdir. 34 yaşındayken parmak izlerini tespit etmiş ve 75 yaşındayken almış olduğu izlerle arasında tıpatıp bir benzerlik olduğunu tespit ederek parmak izlerinin zaman geçse de değişmeyeceğine dair fikri öne sürmüştür [85]. Daktiloskopinin öncülerinden olan Galton, mumyaların parşömene olmuş derileri üzerinde yaptığı incelemelerde bu izlerin ölümden 5000 sene sonra bile değişmemiş olduklarını tespit etmiştir. Modern daktiloskopinin kurucusu olan Herschel de kendi parmak izlerini almış ve 28 senenin sonunda yapmış olduğu inceleme ve mukayese sonucunda eski izlerinden farklı hiçbir karakteristik noktaya rastlamamıştır [86].

Aynı şahsa ait sekiz parmak izi formundaki parmak izleri üzerinde yapılan incelemeler sonucunda ilk alınan parmak izlerinde tespit edilen 296 karakteristik noktanın yıllar sonra bile aynı ve tam olduğu tespit edilmiştir. Geçen zaman sonrasında yeni bir özellik oluşmadığı gibi var olan bir özellik de yok olmamıştır [86].

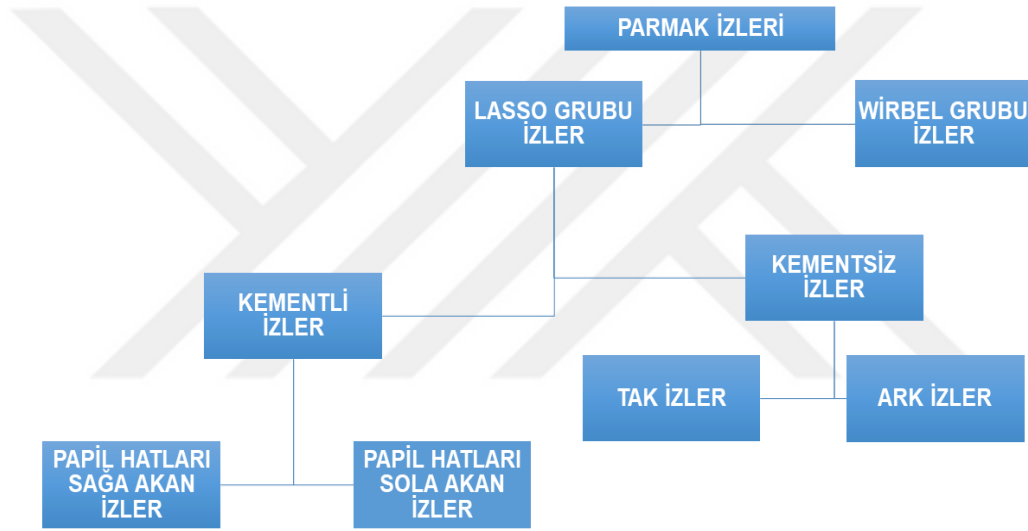
2.7.4.3. Tasnif Edilebilirlik Özelliği

Çok sayıda parmak veya avuç izinin bir arada bulunduğu durumlarda; içlerinden bir tanesi arandığında kolayca bulunabilmesi, ancak belirli bir grup içerisinde yer alan parmak ve avuç izlerinden birbirine benzer özelliklere sahip olanlarının bir arada bulunmasıyla mümkün olur. Günümüzde en sık kullanılan manuel sınıflandırma sistemi Henry-Galton sınıflandırma sistemidir. Parmak izlerinin tasnif edilebilme özelliği sayesinde arşivlerde bulunan milyonlarca iz arasından istenilen parmak izi kolayca bulunabilmekte ve gerekli karşılaştırma yapılabilmektedir. Ancak gelişen teknoloji sayesinde manuel sınıflandırma sistemi eski önemini kaybetmiş, arşiv faaliyetleri bilgisayar ortamında takip edilmeye başlanmıştır. Bilgisayar ortamında arşiv faaliyetlerinin yürütülmesi sayesinde parmak veya avuç izi arşiv işlemleri daha hızlı bir şekilde yürütülmeye başlanmıştır.

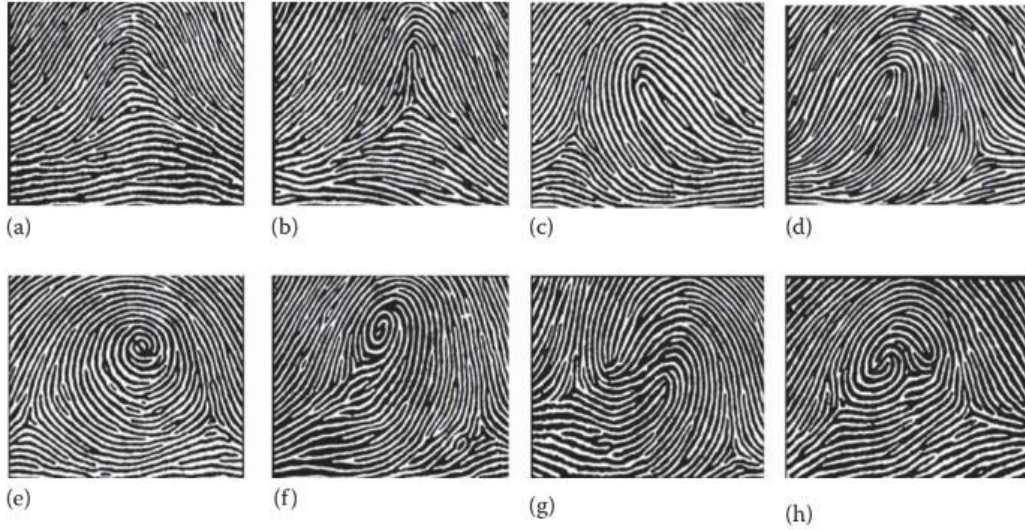
Parmak izlerinin, papillerdeki şekil ve diziliş farklılıklarına bağlı olarak çeşitli farklı şekillerde formüle edilerek gruplandırılması mümkündür. Parmak izlerinin manuel olarak tasnif edilmesi yerini otomatik sistemlere bırakmış olsa da, bu durum mukayese işleminin parmak izi uzmanı tarafından yapılması gerekliliğini ortadan kaldırmamaktadır [87].

2.7.5. Parmak İzi Grupları

Parmak izleri; merkezlerinin durumu, delta sayısı ve papillerin akış yönlerine göre tasnif edilmişlerdir (Şekil 2.11). Parmak izleri, Lasso ve Wirbel grubu izler olmak üzere iki anagruba ayrılmışlardır. Bu gruplar kendi içerisinde alt gruplara ayrılmaktadır.



Şekil 2.11. Parmak izi grupları.



Şekil 2.12. Parmak izi grupları örnekleri [88].

Parmak izleri gruplarına örnekler Şekil 2.12’de gösterilmiştir. (a) Ark, (b) Tak, (c) Sağa Eğimli Lasso (d) Sola Eğimli Lasso, (e) Merkezi Daire Wirbel (f) Merkezi Cepli Wirbel, (g) Muzaf, (h) Karışık Wirbel iz gruplarına ait örnek izlerdir [88].

2.7.6. Parmak İzi Sıvısı ve Özellikleri

Gizli parmak izleri, insan derisinin ürettiği doğal salgıların karışımı ile oluşmaktadır. Bununla birlikte deri tabakasına bulaşan yabancı maddeler de parmak izi kalıntısına karışabilmektedir. Parmak izini oluşturan ter bezi salgılarının temel bileşenleri, birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Bu bileşenlerin, bireyden bireye veya aynı bireyde farklı zamanlarda çok farklı varyasyonlarda ortaya çıktığı da bilinmektedir [89].

Parmak izi sıvısı **ekrin**, **apokrin** ve **sebaks** bezlerinin salgıladığı kimyasal maddelerin karışımından oluşmaktadır (Çizelge 2.1)[18, 34].

Çizelge 2.1. Parmak izi sıvısı içeriği.

KAYNAK	İÇERİKLER	
	İNORGANİK	ORGANİK
EKRİN BEZLERİ	Kloritler	Amino Asitler
	Metal İyonları	Üre
	Sülfatlar	Ürik Asit
	Fosfatlar	Laktik Asit
	Amonyak	Şekerler
	Su	Keratin
		Kolin
APOKRİN BEZLERİ	Demir	Proteinler
	Su	Karbonhidratlar
		Steroller
SEBAKUS BEZLERİ		Yağ Asitleri
		Gliseritler
		Hidro Karbonlar
		Alkoller

Ekrin Bezleri: Parmaklarda, avuç içlerinde ve ayak tabanında yer alan organik ve inorganik salgı üreten bezlerdir. Yapısında amino asitler, ürik asit, laktik asit, şeker ve keratin gibi organik maddeler ile kloritler, sülfatlar, fosfatlar, metal iyonları, amonyak ve su gibi inorganik maddeler bulunmaktadır. Bu salgılar 8-32 hafta fetal gelişim evresinde oluşmaktadır [64]. Ekrin salgısının suda çözünür bir yapıda olmasının nedeni yapısında çok miktarda su, organik asitler, mineral tuzlar, şeker ve üre gibi suda çözünür bileşikler bulundurmasıdır [88, 90]. Ter bezleri hemen hemen tüm cilt yüzeyine dağılmış olmasına rağmen, parmak ve avuçlar ekrin bezlerinin en yüksek konsantrasyonuna sahiptir, 2500–3000/2,5 cm² [91].

Apokrin Bezleri: Vücudun koltukaltı ve kasık gibi bölgelerinde bulunan ve vücut kokusunun kaynağı olan bezlerdir. Yapısında karbonhidratlar, steroller ve proteinler gibi organik maddeler ile su ve demir gibi inorganik maddeler yer almaktadır. Parmak izinin yapısında apokrin salgısının bulunması olasılığı oldukça zayıftır fakat bazı olaylarda (cinsel suçlar vb.) görülebilmektedir [88, 90].

Sebakus Bezleri: Baş, göğüs ve sırt bölgesinde bulunan ve yağlı maddeler gibi organik bileşenleri içeren bezlerdir. Yapısında gliseritler, yağ asitleri, alkoller ve hidrokarbonlar gibi organik maddeler yer almaktadır [69, 88]. Sebakus salgısının yapısında ise yağ ve yağ asitleri gibi suda zor çözünür maddeler bulunmaktadır [90].

Parmak izi tortusunun yapısında, el ve ayak bölgesinde sayıca fazla olmasına bağlı olarak daha fazla ekrin salgısı yer almaktadır. Ek olarak günlük faaliyetlerimiz esnasında baş bölgemizin belli alanları ile temas halinde olabilmemize bağlı olarak parmak izi tortusunun yapısında ekrin salgısının yanında sebakus salgısının da bulunması muhtemeldir. Parmak izi tortusunun yapısında apokrin salgısına rastlamak pek mümkün değildir. Ancak cinsel suçlar gibi bazı suç türlerinin icrası esnasında bu salgıların bulaşması mümkündür [90].

Gizli parmak izleri, yabancı cisimlere dokunulması ve cildin gözeneklerinden gelen terleme ile toplanan dış kaynaklı kirleticiler ile oluşmaktadır. Gizli parmak izlerinin bileşimine etki eden 5 olası kaynak vardır. Bunlar;

- Ekrin salgıları,
- Apokrin salgıları,
- Sebakus salgıları,
- Deriye ait maddeler ve,
- Dış kirleticiler [92].

Parmak izi bezlerinin ürettiği salgısının türüne göre belirlenmiş uygulama yöntemleri şunlardır (Çizelge 2.2.) [89].

Çizelge 2.2. Salgı türüne göre uygulama yöntemleri.

Sebakus (Yağ İçeren Malzeme)	Ekrin (Su İçeren Malzeme)
Görsel İnceleme	Görsel İnceleme
Tozlama	Tozlama
Fiziksel Geliştirici	Ninhidrin
Vakum Metal Kaplama	DFO (Diazofluoren)
Küçük Parçacık Belirtecisi	Vakum Metal Kaplama
Gentian Moru	Floresans İnceleme
Sudan Siyahı	Radyoaktif Sülfür Dioksit
İyot	Superglue
Radyoaktif Sülfür Dioksit	

Parmak izlerinin bileşenlerini etkileyen birçok etkenin yanında, kişiden kişiye bu bileşenlerin değiştiği, hatta aynı kişide bile sürekli aynı özellikte ve nitelikte bulunmadığı bilinmektedir. Bu sebeple bir kişinin parmak izini bıraktığı anda, bırakılan parmak izinin bileşen özelliklerini tam olarak bilmek mümkün değildir ve o parmak izini belirlemeye yönelik yöntem geliştirmek de imkânsızlaşmaktadır. Bu sebeple parmak izi belirleme yöntemi olarak; yüzeyin özellikleri (düz, pürüzlü), yüzeyin türü (gözenekli, gözeneksiz, yarı gözenekli), yüzeyin durumu (kuru, ıslak), yüzeyin rengi ve diğer belirgin etkenler dikkate alınarak daha önce geliştirilmiş ve literatürde yer alan yöntemlerden birisinin seçilmesi gerekmektedir [62, 89].

2.7.7. Parmak İzi Çeşitleri

Parmak izleri; **kabartma (plastik)**, **görünür (patent)** ve **gizli (latent)** / **görünmez** / **gelişmemiş** parmak izleri olmak üzere üç grupta sınıflandırılır [69, 88, 93].

2.7.7.1. Kabartma (Plastik) Parmak İzleri

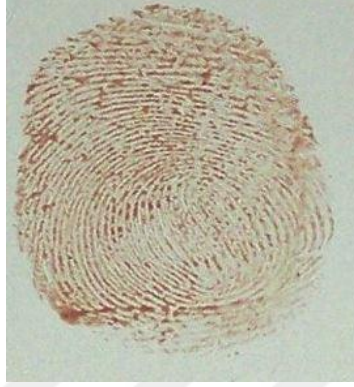
Kabartma parmak izleri, parmağın yumuşak cisimlere (balmumu, ıslak boya, vs.) teması sonucu oluşan üç boyutlu izlerdir (Şekil 2.13). Plastik parmak izlerini tamamen görünür hale getirmek için ekstra teknikler gerekmez. Ancak, şekli daha iyi görüntülemek ve fotoğraflamak maksadıyla çok dalga boylu ışık kaynağı kullanmak gerekir. Uygun durumlarda tozlama ve kalıba alma yöntemleri de kullanılabilir [18, 69].



Şekil 2.13. Cam macunu üzerinde oluşan kabartma parmak izi [18].

2.7.7.2. Görünür (Patent) Parmak İzleri

Papillerin üzerine kan, boya, yağ, mürekkep gibi maddelerin buluşmasından sonra yüzeye temas edilmesi sonucunda kalan izlerdir (Şekil 2.14). Çıplak gözle rahatlıkla görülebilirler. Zemin ile yeterli zıtlık olmaması durumunda ışık kaynağı veya renklendirmeye ihtiyaç duyulabilir.

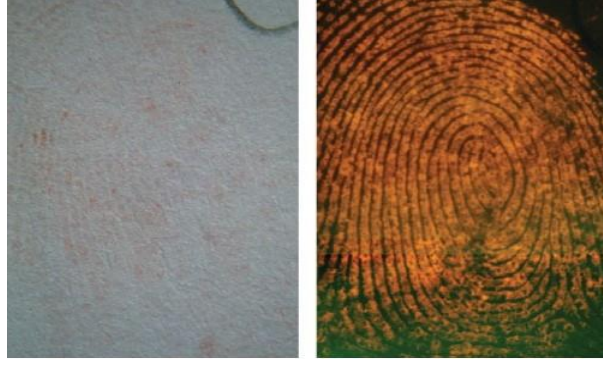


Şekil 2.14. Kanlı görünür parmak izi [18].

2.7.7.3. Gizli (Latent) / Görünmez / Gelişmemiş Parmak İzleri

Çıplak gözle görülemeyen veya kısmen görülebilmemesinden dolayı geliştirilmesine ihtiyaç duyulan parmak izlerine gizli parmak izleri denilmektedir. Bu parmak izlerinin görünür hale getirilmesi amacıyla çeşitli parmak izi geliştirme yöntemleri kullanılmaktadır (Şekil 2.15) [62, 94, 95].

Olay yerlerinde en sık rastlanılan parmak izi türü olmasından dolayı, gizli/latent parmak izi teriminin olay yerlerinden elde edilen tüm parmak izleri için de kullanıldığı görülmektedir. Olay yeri incelemesi sonucunda elde edilen delil olma potansiyeli taşıyan parmak izleri gözle görünse de görünmese de latent parmak izleri olarak adlandırılabilir [88, 96].



Şekil 2.15. Bir parmak izinin gizli ve geliştirilmiş hali [74].

Gizli parmak izleri doğal olarak gözle görünemezler, tespit edilmeleri güç ve geliştirmeye muhtaç izlerdir. İzin görünür hale getirilmesi için fiziksel ve kimyasal belirleme tekniklerinden yüzeyin durumuna göre en uygunu seçilerek uygulanmalıdır. Bu nedenle gizli parmak izlerinin geliştirilmesinde kullanılan fiziksel ve kimyasal belirleme yöntemlerin ne olduğu ve nerelerde kullanıldığı hususunda genel bir bilgi sahibi olunmasında fayda vardır [18].

Geliştirilen latent izlerin kalitesi substratın durumu, çevresel etkiler, biriken matrisin türü ve miktarı ve geliştirme yöntemi gibi birkaç faktöre bağlıdır [95].

2.7.8. Olay Yeri Parmak ve Avuç İzlerinin Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Parmak izlerinin bırakılması öncesinde, esnasında veya sonrasında etken olabilen ve bu parmak izlerini olumlu yada olumsuz etkileyen birçok faktör vardır [96]. Bu etkenler olay yerinde tespit edilen izin kalite, özellik ve yüzeyde kalış süresine etki etmektedir. Bu faktörler şunlardır:

Potansiyel/Kişisel Faktörler

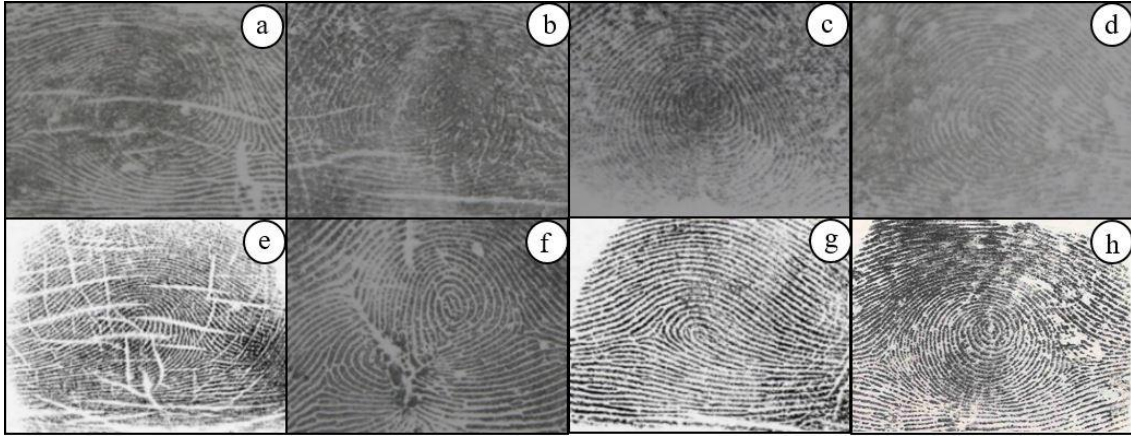
- Kişinin Yaşı,
- Kişinin Cinsiyeti,
- Kişinin Vücut ve Ter Yapısı,
- Kişinin Mesleği ve Çalışma Koşulları (Şekil 2.16),
- Kişinin Sağlık Durumu

İzin Oluşumuna Etki Eden Faktörler

- Yüzeyin Cinsi,
- Yüzeye Temas Şekli,
- Yüzeye Temas Açısı,
- Yüzeye Yapılan Basınç
- Yüzeyin Boyutu

Çevresel Faktörler

- Sıcaklık
- Nem
- Hava Koşulları
- İze Nüfuz Eden Dış Etkenler



Şekil 2.16. Bazı meslek çalışanlarından alınan parmak izi örnekleri [97]; (a) Camcı, (b) Çiftçi, (c) Sanayide çalışan, (d) Oto elektrikçisi, (e) Ev hanımı, (f) Kesik, (g) Büro çalışanı, (h) Bulaşıkçı

2.7.9. Parmak İzi Geliştirme Yöntemleri

Geçmiş yıllarda sınırlı sayıda parmak izi belirleme yöntemi biliniyor ve uygulanıyor iken günümüzde yüzey yapısı ve parmak izinin oluşum şartları dikkate alınarak geliştirilmiş çok sayıda yöntem parmak izi literatürüne girmiştir [69]. Birçok araştırma grubunun yaptığı

alışmalar neticesinde, gizli parmak izlerinin belirlenmesine yönelik farklı yöntemlerin geliştirilmesine büyük katkı sağlanmıştır [98].

Gizli parmak izlerinin görünür hale getirilmesinde rutin olarak kullanılan geliştirme teknikleri, parmak izlerinin istenen ölçüde geliştirilmesini sağlamayabilir ve tüm yüzeyler için ideal olmayabilir. Bu sebeple parmak izlerinin geliştirilmesinde daha iyi sonuçların alınması için yapılan çalışmalar devam etmektedir [99].

Gizli parmak izleri fiziksel, kimyasal ve optik olarak gruplandırılmış birçok yöntemle geliştirilmektedir [88]. Son gelişmeler ışığında parmak izlerinin görünür hale getirilmesinde enstrümantal yöntemler (ince tabaka kromatografisi, gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi, sıvı kromatografi-kütle spektrometrisi, raman spektrometrisi, kızılötesi spektrofotometri, kapiler elektroforez-kütle spektrometresi, lazer desorpsiyon iyonizasyon uçuş süresi kütle spektrometresi, matriks destekli lazer desorpsiyon iyonizasyon kütle spektrometresi) kullanılmaya başlanmış ve halen geliştirilmektedir [100]. İzlerin geliştirilmesi maksadıyla birçok iz belirleme yöntemi kullanılmasına rağmen halen bu konuda sorunlar yaşanmaktadır. Sorunlar özellikle zayıf nitelikteki parmak izlerinin geliştirilememesi ve parmak izi karakteristiğinin yeterli sayıda elde edilememesi şeklinde yaşanmaktadır [90].

2.7.9.1. Uygun Yöntemin Belirlenmesi

Gizli parmak izleri farklı yüzeylerde farklı özellikler gösterebildiğinden dolayı aynı yapıdaki bir parmak izi için bir yüzeyde olumlu sonuç veren bir yöntem, başka bir yüzeyde sonuç vermeyebilir. Bu sebeple parmak izi geliştirme yöntemi belirlenirken dikkate alınacak en önemli ve temel faktör yüzey yapısıdır (Şekil 2.17) [98]. İz bulunduğı yüzey genel olarak gözenekli, yarı gözenekli ve gözeneksiz olarak 3'e ayrılmaktadır ve uygulanacak tekniğın belirlenmesinde en sık kullanılan belirleyicidir [62].

Yüzey Türleri ve Gizli Parmak İzleriyle Etkileşimleri



Şekil 2.17. Parmak ve avuç izlerinin çeşitli yüzeylerde zamana göre durumu [101].

Gözenekli yüzey: Gözenekli yüzeyler, suda çözünür parmak izi kalıntılarını çok hızlı bir şekilde (saniyeler içerisinde) emer. Suda çözünür olmayan parmak izi kalıntılarının bir bölümü daha uzun bir süre (yarım gün ile bir gün) yüzeyin üzerinde kalırken küçük bir bölümü uzun süre boyunca yüzeyde kalır. Tipik örnekler: kâğıt karton bazı kumaşlar (örneğin pamuk) işlenmemiş ahşap vb.

Yarı gözenekli yüzey: Suda çözünür parmak izi kalıntılarını yavaşça emer (dakikalar ile saatler arasında). Suda çözünür olmayan parmak izi kalıntıları yüzeyin üzerinde çok daha uzun süre kalır (bir günden birkaç güne kadar). Az miktarda sıvı suda çözünür olmayan parmak izi kalıntıları önemli bir süre yüzeyde kalır. Tipik örnekler: belirli plastik türleri, mumlu yüzeyler, belirli tipteki duvar boyaları, duvar kağıtları ve vernikli ahşap vb.

Gözeneksiz yüzey: Gizli parmak izi birikiminin hiçbir bölümünü emmez. Bir emülsiyon karışımı olarak suda çözünür ve çözünür olmayan parmak izi kalıntıları, yüzeyin üzerinde çok uzun süre kalır (bozulana kadar). Gizli tortular yüzeyde kalır ve çok kırılındır (izler kolayca bulaşır). Tipik örnekler: belirli plastik ve cam türleri, metal yüzeyler, sırlı seramikler, parlak boyalar vb. [62].

Latent parmak izlerini geliştirmek için hangi tekniğin kullanılacağına karar vermek birkaç faktöre bağlıdır: latent parmak izinin tipi, yüzey tipi, yüzey dokusu, yüzeyin durumu (temiz, kirli, yapışkan), latent izin oluşumu sırasında veya sonrasında bilinen çevresel koşullar, izin bırakılmasından itibaren geçen süre bunlardan başlıcalarıdır. Uygun yöntem, aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak tespit edilebilir [98]:

- Parmak izini etkileyen herhangi bir kalıntı olup olmadığı (yağ, kan vb.),
- Parmak izinin muhtemel yaşı (yüzeyde kalış süresi),
- Çevresel faktörler (ıslanma, kuruma vb.),
- Yüzeyin durumu ve yapısı (pürüzlü-pürüzsüz, emici-emici olmayan vb.).

Yukarıda ifade edilen hususlar değerlendirildikten sonra gizli parmak izlerinin geliştirilmesinde kullanılacak yöntem veya sıralı yöntemler belirlenir [73].

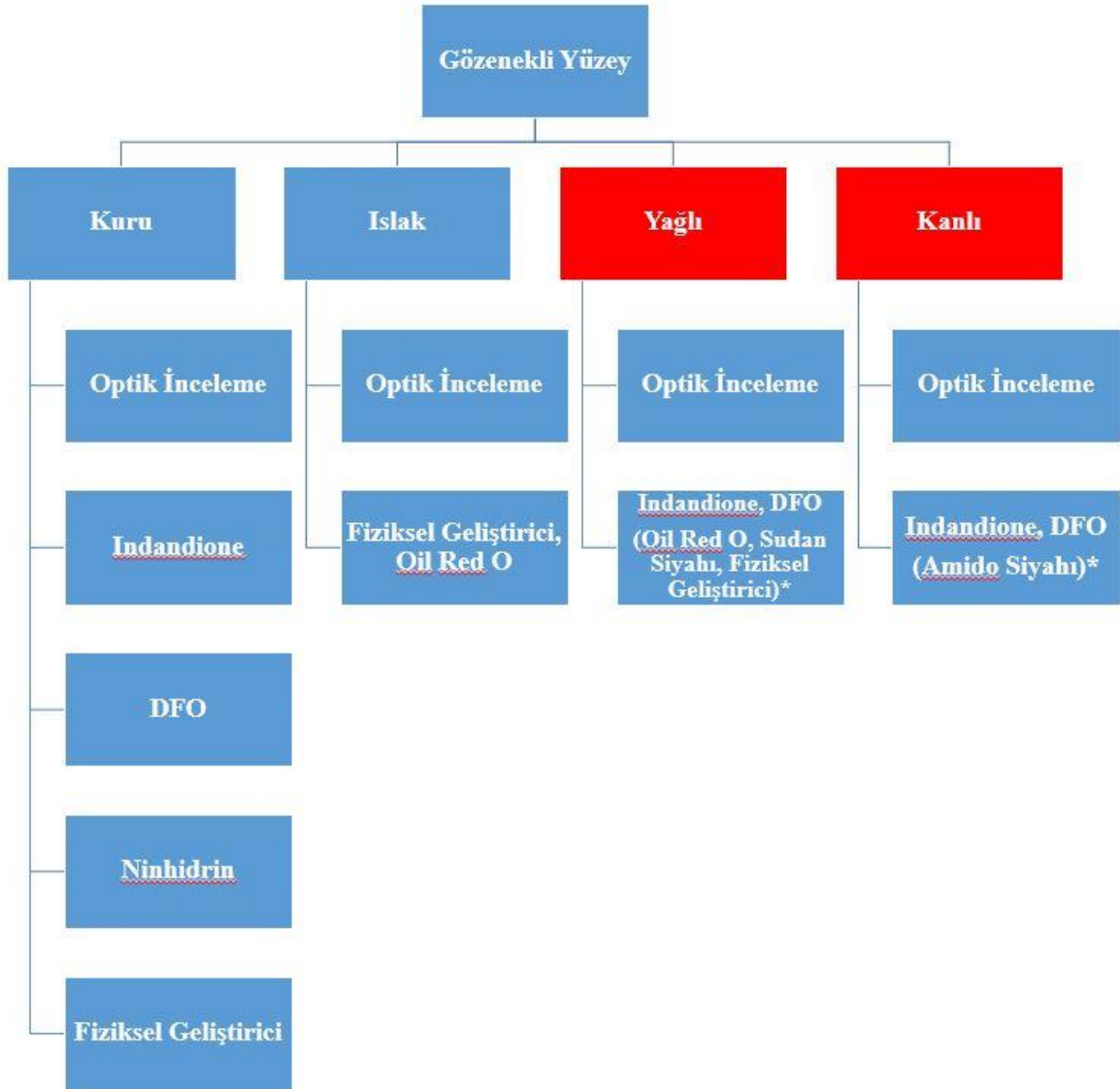
Parmak ve avuç izlerinin görselleştirilmesinde hangi yöntemin kullanılacağına belirlenmesi çok önemli bir husustur. Bu hususta Avrupa Adli Bilim Enstitüleri Ağı (The European Network of Forensic Science Institutes -ENFSI), İngiltere İçişleri Bakanlığı (Home Office), Parmak İzi Analizi, Çalışması ve Teknolojisi Bilimsel Çalışma Grubu (Scientific Working Group on Friction Ridge Analysis, Study and Technology-SWGFASST) gibi öncü kurum / gruplarca standardizasyonu sağlamak amacıyla tavsiye niteliğinde kılavuzlar ve en iyi uygulama raporları yayınlanmaktadır. Tavsiye edilen uygulama belirleme matrisleri çizelge şekline getirilerek Çizelge 2.3, Şekil 2.18 – Şekil 2.20’de sunulmuştur.

Gizli izlerde bulunan bileşenler dikkate alınarak uygulanacak iz geliştirme yönteminin tayin edilmesi:

Çizelge 2.3. Yaygın olarak kullanılan geliştirme uygulamaları ve uygulanabilecek iz türleri [81].

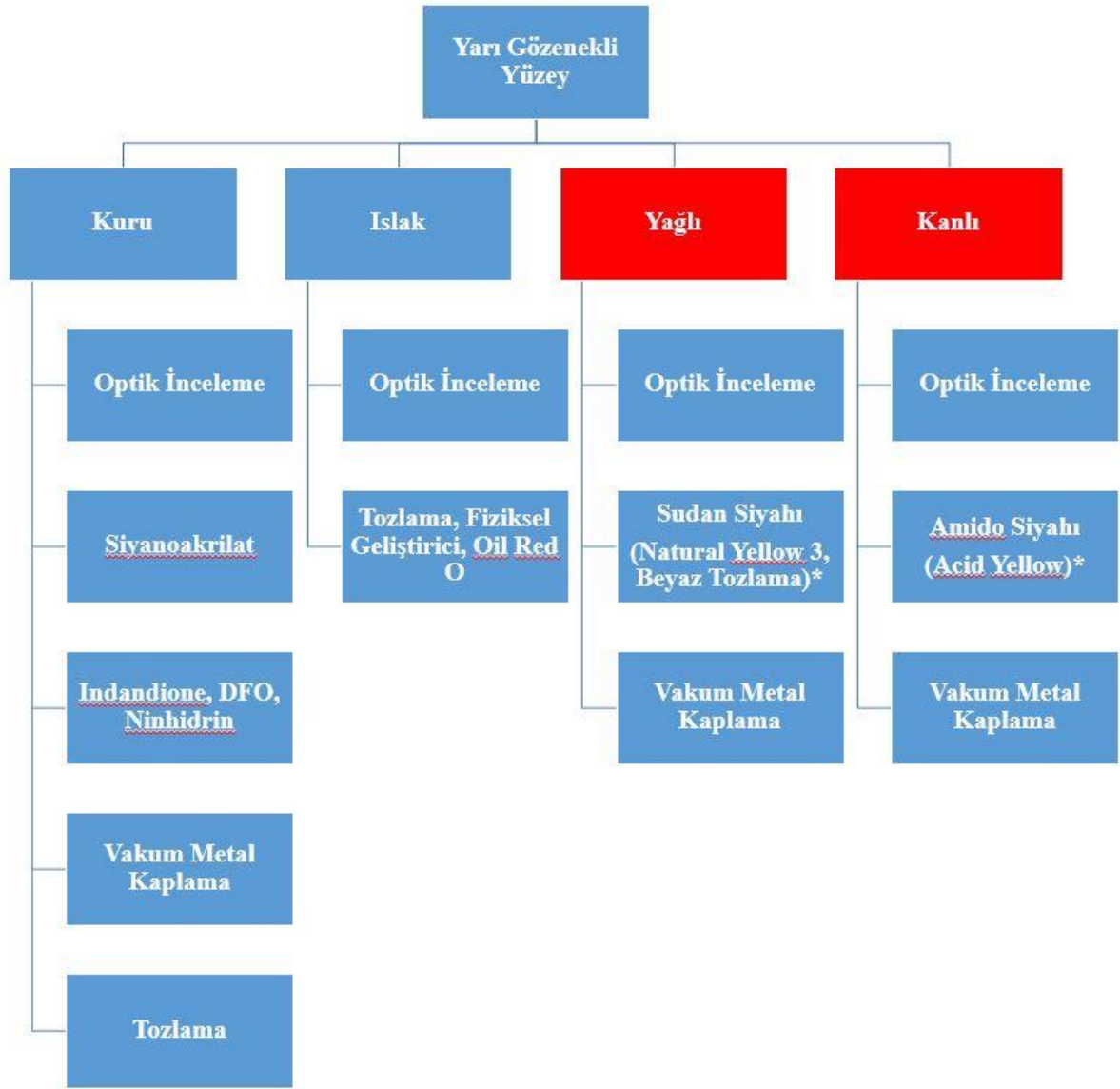
Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Parmak İzi Geliştirme Uygulamaları ve Uygulanabilecek İz Türleri				
Uygulama Yöntemi	Bileşen/Hedeflenen Madde	Geliştirilebilir İz Türleri		
		Ekrin	Sebakus	Eksojen Malzeme/Kirleticisi
Protein lekeleri (asit boyalar)	Proteinler	X	X	✓ (kan)
Basic Violet 3	Lipitler, epitel hücreler	X	✓	✓ (yağ)
Siyanokrilat	Su, tuz, amino asit, laktat kombinasyonları	✓	✓	X
DFO	Amino asitler, amin içeren maddeler	✓	X	✓ (kan)
ESDA	Elektrik yükü, dielektrik	✓	✓	X
Floresan	Floresan bileşenleri	✓	✓	✓
1,2-İndandion	Amino asitler, amin içeren maddeler	✓	X	✓ (kan)
İyot Buharı	skualen	X	✓	✓ (yağ)
Ninhidrin	Amino asitler, amin içeren maddeler	✓	X	✓ (kan)
MMD (Multi Metal Deposition)	Proteinler, suda çözünmeyen matristeki ekrin bileşenlerinin kombinasyonları	✓	✓	X
Oil Red O	Lipidler	X	✓	✓ (yağ)
Peroksidaz reaktifleri	Hem	X	X	✓ (kan)
Fiziksel geliştirici	Sudaki ekrin bileşenlerinin kombinasyonları	✓	✓	X
Tozlar	Yapıştırıcı özellikleri	✓ (su içeren)	✓	✓ (yağ)
Toz süspansiyonlar	Suda çözünmeyen ekrin bileşenlerinin kombinasyonları	✓	✓	✓ (kan)
Gümüş nitrat	Klorürler	✓	X	X
SPR (Küçük partikül reaktifi)	Lipidler	X	✓	X
Solvent Black 3	Lipidler	X	✓	✓ (yağ)
Ultraviyole yansıması	Yüzey yapısı, UV emilimi	✓	✓	✓
Görsel inceleme	Optik özellikler	✓	✓	✓
VMD (Vacuum Metal Deposition)	Yüzey özelliklerindeki farklılıklar	✓	✓	✓

Yüzey türü ve yüzey durumu dikkate alınarak uygulanacak iz geliştirme yönteminin tayin edilmesi:

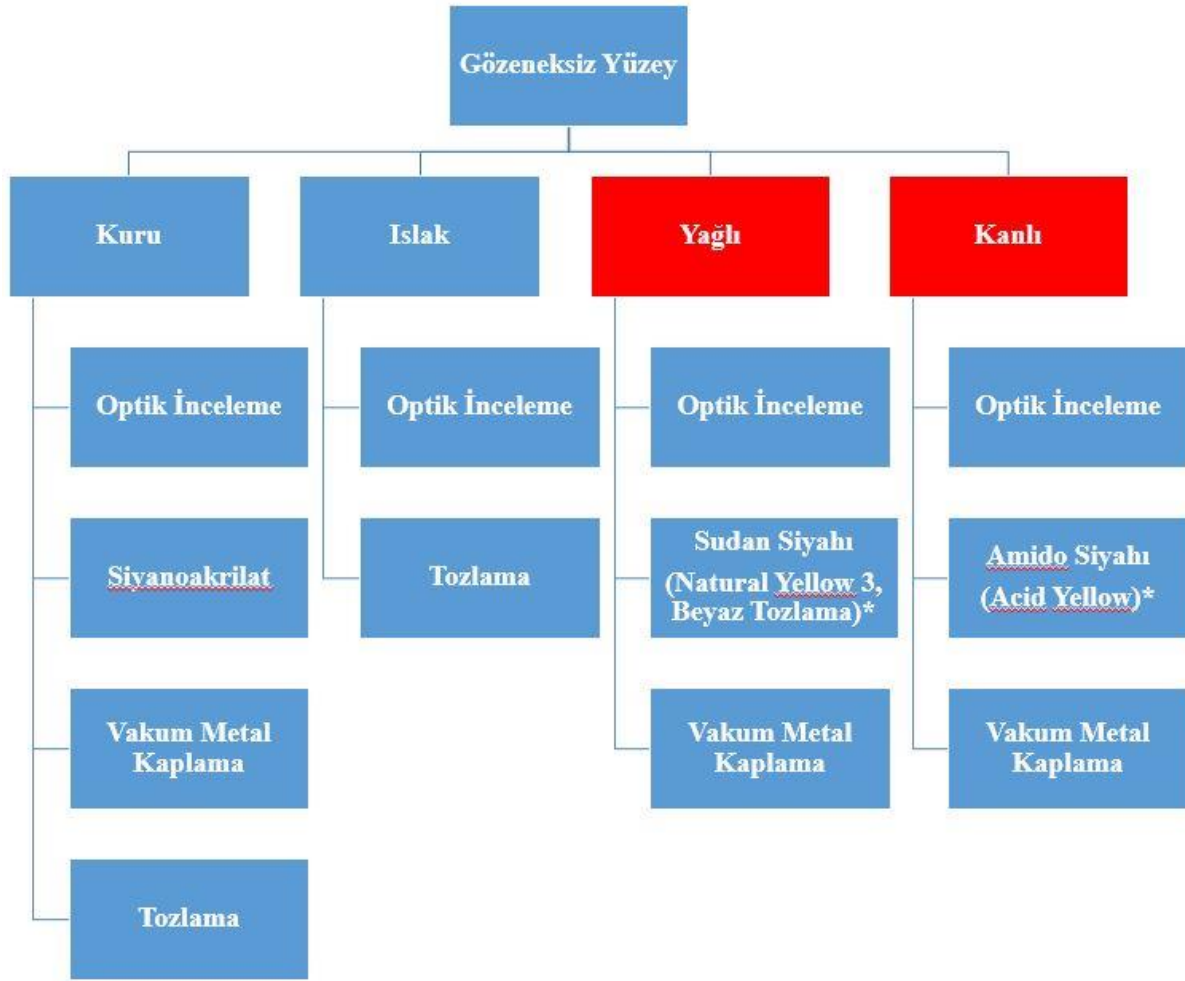


*: Alternatif yöntem olarak kullanılabilir.

Şekil 2.18. Gözenekli yüzeylerde yüzeyin durumuna göre kullanılacak sıralı iz geliştirme yöntemleri [88].



Şekil 2.19. Yarı gözenekli yüzeylerde yüzeyin durumuna göre kullanılacak sıralı iz geliştirme yöntemleri [88].



Şekil 2.20. Gözeneksiz yüzeylerde yüzeyin durumuna göre kullanılacak sıralı iz geliştirme yöntemleri [88].

Tozlama, DFO (1,8-Diazafluoren-9-one), Ninhidrin, İyot Buharı, 1,2 Indandion, Multi Metal Çökertme, Fiziksel Geliştirici, Küçük Parçacık Belirtecisi (SPR), Siyanoakrilat (Superglue), Vakum Metal Çökeltme, Gümüş Nitrat, Termal Geliştirici, Amido Siyahı, Sudan Siyahı, Rodamine 6G, Gentian Moru, Sticky Side, DAB (Diaminobenzidine) parmak izi geliştirme laboratuvarlarında en sık kullanılan iz geliştirme yöntemleridir [89, 90, 102-104].

2.7.9.2. Sudan Siyahı

Parmak izi kalıntılarında bulunan sebakus salgısı ile etkileşime girerek mavi – siyah bir renk oluşturarak izlerin görünür hale gelmesini sağlar. Renklendirici olarak da kullanılabilir [18, 97, 102, 104].

Özellikle yağ ve benzeri maddeler bulaşmış gözeneksiz yüzeylerde iyi sonuçlar verirken gözenekli yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Ucuz bir yöntemdir ve yağlı yüzeylerde iyi sonuç verir.

Dezavantajları: Karmaşık bir yöntemdir. Koyu yüzeylerde görünmesi için ekstra işleme gerek duyar ve kirlenmiş parmak izlerinde sonuç vermez.

2.7.9.3. Gentian Moru

Yapışkan bant iç yüzeylerinde bulunan parmak izi kalıntılarına yapışarak izlerin görünür hale gelmesini sağlar. Renklendirici olarak da kullanılabilir. Gres yağ artıkları içeren yüzeylerde iyi sonuçlar verir [18, 97, 102, 104].

Yapışkan yüzeylerde iyi sonuçlar verirken diğer yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Ucuz bir yöntemdir ve yağlı yüzeylerde iyi sonuç verir.

Dezavantajları: Karmaşık bir yöntemdir, koyu yüzeylerde görünmesi için ekstra işleme gerek duyar ve kirlenmiş parmak izlerinde sonuç vermez.

2.7.9.4. İyot Buharı

Buhar halinde parmak izi kalıntılarının üzerine uygulanan iyot, parmak izi kalıntıları tarafından emilir ve doymamış yağlarla reaksiyona girerek kahverengi- kırmızı bir görüntü oluşturur [18, 97, 102, 104].

Özellikle yağ ve benzeri maddeler bulaşmış gözeneksiz yüzeylerde iyi sonuçlar verirken gözenekli yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Basit bir yöntemdir.

Dezavantajları: İyot buharı zehirlidir ve kullanıcı sağlığı için ciddi zararları mevcuttur. Bulgular ve kabinler üzerinde çürütücü etkisi bulunmaktadır.

2.7.9.5. Küçük Parçacık Belirteci (SPR)

Molibdenyum disülfat parçacıklarından oluşturulan bir süspansiyondur. Hızlı ve pratik bir işlemdir. Parmak izi kalıntılarında bulunan yağlı bileşenlerine yapışarak gri bir tortu oluşturarak izleri görünür hale getirir. Daldırma ve sprey olarak iki türde kullanımı mevcuttur. Daldırma yöntemi spreye göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Islanmış gözeneksiz yüzeylerde sıklıkla kullanılmaktadır [18, 97, 104].

Özellikle polietilen ürünler, plastik kağıtlar, cam, cilalanmış eşyalar gibi gözeneksiz yüzeylerde iyi sonuçlar verirken kâğıt ve türevi ürünlerde başarısızdır. İyi sonuç verdiği yüzeylerde ıslak olması durumunda da uygulanabilir.

Avantajları: Ucuz ve pratik bir yöntemdir. Islak yüzeylere uygulanabilir.

Dezavantajları: Özellikle daldırma yöntemi ile geliştirilen izler çok çabuk deforme olabilmektedir.

2.7.9.6. Vakum Metal Çökeltme

Vakum metal kaplama teknolojisinin parmak izi kalıntıları üzerine ince altın ve çinko tabakalarının çökeltmesi sağlanarak izlerin belirginleşmesi sağlanır

Plastik ambalaj malzemeleri ve deri başta olmak üzere gözeneksiz yüzeylerde iyi sonuçlar verirken kâğıt, karton ve gözenekli yüzeylerde başarısızdır [18, 97, 102].

Avantajları: Oldukça duyarlıdır. Eski ve suya maruz kalmış izleri etkili bir şekilde geliştirebilir.

Dezavantajları: Maliyeti yüksektir. Tecrübeli operatör gerektirmektedir.

2.7.9.7. Gümüş Nitrat

Gümüş nitrat, ekrin salgısının içeriğinde bulunan klorür bileşenleriyle reaksiyona girer ve beyaz renkli gümüş klorür bileşiğini oluşturur. Işığa duyarlı olduğundan dolayı güneşte bekletilir ve izler kahverengi – siyah bir şekilde görünür hale gelir [18, 66, 97, 102, 104, 105].

Özellikle ham odun olmak üzere kâğıt, mukavva gibi gözenekli yüzeylerde iyi sonuçlar verirken gözeneksiz, cilalanmış ve ıslak yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Uygulaması kolaydır. İşlenmemiş odun yüzeylerde çok iyi sonuç vermektedir.

Dezavantajları: Işığa maruz bırakıldığında sıklıkla kontrol edilmelidir. Işığa fazla maruz kaldığında izlerde kararma oluşur ve izler kaybolur.

2.7.9.8. Parmak İzi Belirleme Tozları

Parmak izi kalıntılarındaki bulunan sıvılara ve yağlı yüzeylere yapışarak izleri görünür hale gelmesini sağlar. En sık kullanılan yöntemdir. Çok çeşitli parmak izi tozları bulunmaktadır. Küçük parçalı ve nanomalzeme tozlar diğer tozlara göre daha duyarlıdır [18, 66, 95, 97, 102, 104, 105].

Yapışkan olmayan ve temiz yüzeylerde iyi sonuçlar verirken ıslak, pürüzlü ve kirli yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Ucuz ve pratik bir yöntemdir. Hızlı sonuç verir.

Dezavantajları: Eski izlerde başarısızdır. Yüksek oranda başarı, operatör uzmanlığı ve hassasiyetine bağlıdır.

2.7.9.9. Fiziksel Geliştirici

Parmak izi kalıntılarında bulunan sebakus salgısı ile etkileşime girerek gri kalıntı oluşturan gümüş ağırlıklı bir belirteçtir. Ninhidrin ve DFO uygulamalarından sonra müteakip uygulama olarak da kullanılmaktadır [18, 66, 97, 102, 104, 105].

Kâğıt, karton ve ham odun türü gözenekli yüzeylerde iyi sonuçlar verirken diğer gözenekli yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Ninhidrin sonrasında gelişmeyen izlerin gelişmesini sağlar.

Dezavantajları: Zahmetli ve uzun süren bir sürece ihtiyaç duyar.

2.7.9.10. DFO (1,8-Diazofluoren-9-1)

Parmak izi kalıntılarında bulunan başta aminoasitler olmak üzere diğer bileşenlerle reaksiyona girer. Kanlı yüzeylerde bulunan parmak izlerini de başarılı bir şekilde geliştirir [18, 95, 97, 102, 104].

Kâğıt, işlenmemiş odun, alçı, sıva ve kanlı gözenekli yüzeylerde iyi sonuçlar verirken gözeneksiz ve ıslak yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Uygulaması kolay bir yöntemdir. Ninhidrine göre daha kaliteli iz elde edilir.

Dezavantajları: Suya maruz kalmış bulgularda sonuç vermez. Bulgulara özellikle yazılara zarar verebilir. Flüoresans incelemeye tabi tutulması gereklidir.

2.7.9.11. Ninhidrin

Parmak izi kalıntılarında bulunan aminoasitler ve bunların kalıntısı olan aminlerle reaksiyona girmektedir. Reaksiyon sonucunda meydana gelen schiff bazı, turuncudan mora kadar olan aralıkta bir renk oluşmasına neden olur. Ninhidrin ilk defa 1910 yılında Ruhemann tarafından sentezlendiğinden dolayı oluşan bu mor renk Ruhemann Moru olarak adlandırılmıştır. İzlerin

gelişmesi için en ideal kabin değerleri 80 ± 2 °C ve $62 \pm 5\%$ RH nem olarak tespit edilmiştir. Birkaç dakikadan birkaç haftaya kadar olan sürede izler gelişebilir. Kâğıt ve türevi yüzeylerde en yaygın kullanılan kimyasaldır [18, 66, 95, 97, 102, 104, 105].

Kâğıt, karton, işlenmemiş odun ve sunta gibi yüzeylerde iyi sonuçlar verirken gözeneksiz ve ıslak yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Uygulaması kolay ve etkili bir yöntemdir.

Dezavantajları: İzlerin tam olarak gelişimi haftalar sürebilmektedir.

2.7.9.12. Siyanoakrilat Buharı (Superglue)

Gizli parmak izlerini görünür hale getirmek için bir makromolekül kullanımının ilk örneğidir[66]. İlk olarak 1978 yılında Japon Ulusal Polisi tarafından kullanılmıştır[64]. Gaz halindeki etil-2-siyanoakrilat esterinin parmak izi sıvıları üzerinde seçici polimerizasyonu ile meydana gelmektedir[106]. 2,4-hekzadiyne-1,6-bis(fenilüretan) (HDDPU) ve 2,4-hekzadiyne-1,6-bis(p-klorofenilüretan) (HDDCPU) gibi diasetilen türevlerinden kopolimerler, gizli parmak izlerinin geliştirilmesinde kullanılan polimerlere örnektir[107]. Etil ya da metil siyanoakrilatın 120°C'a kadar ısıtılarak 80 RH nem ve oda sıcaklığı ortamında parmak izi kalıntılarındaki iyonik metaller üzerinde polimerleşerek beyaz bir kalıntı (polisiyanoakrilat) oluşması sağlanır. Böylece gizli parmak izleri görünür hale getirilir. İzlerin gelişmesi için en ideal kabin değerleri 120 ± 20 °C ve 75-90 RH nem olarak tespit edilmiştir [18, 66, 95, 97, 102, 104, 105].

Özellikle poşet, ambalaj malzemesi, alüminyum folyo, metal yüzeyler olmak üzere gözeneksiz yüzeylerde oldukça iyi sonuçlar verirken gözenekli ve ıslak yüzeylerde başarısızdır.

Avantajları: Uygulaması kolay, etkili ve düşük maliyetli bir yöntemdir.

Dezavantajları: Kullanıcı sağlığına oldukça zararlıdır. Beyaz zeminde görünmez. Çoğunlukla müteakip bir uygulamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Biyolojik ve bilişim bulgularına zarar verebilmektedir.

2.7.10. Parmak İzi Mukayesesi

Olay yerlerinden elde edilen ve gizli (latent) izler olarak da adlandırılan olay yeri izleri çeşitli yöntemlerle geliştirilmesini müteakip şüpheli şahıslardan alınan veya arşivde kayıtlı olan on parmak izleri ile karşılaştırılarak olay yeri izlerinin kime ait olduğu tespit edilmektedir. Böylece olay yeri incelemesindeki mekân- kişi ilişkisi kurulmaktadır.

TDK Kriminal Terimler Sözlüğü, parmak izi mukayesesi “İnceleme konusu iki parmak izinin belli kriterlere göre karşılaştırılması” şeklinde tanımlarken, “iki veya daha fazla parmak izi arasındaki benzerlik veya farklılıkların tespit edilerek izlerin aynı ya da farklı olduğuna karar verilmesi süreci” şeklinde de ifade edilmektedir. Bu işlem adli soruşturmada olay yeri - şahıs ilişkisinin kurulmasını sağlayan en geçerli yöntemlerden biridir [90].

Parmak izi mukayesesi sonucunda olay yeri izinin kime sahip olduğu kararına varılmaktadır. Bu karar doğrultusunda ilgili şahıs bir suçlama ile karşı karşıya kalacak ve muhtemelen olayın şüphelisi olarak tespit edilecektir. Bu kararın doğru verilmesi çok önemlidir. Literatüre “Madrid Tren Bombalaması Olayı” olarak geçen ve 2004 yılında Madrid metrosuna yapılan bombalı terör eyleminin faali FBI tarafından yapılan hatalı parmak izi mukayesesi sonucunda olayla ilgisi olmayan masum bir kişi olarak tespit edilmiştir. İki hafta sonra aynı izlerin İspanyol Ulusal Polisi tarafından başka bir şahsa ait olduğunun ve asıl failin tespit edilmesiyle FBI’nın hatalı tespiti ortaya çıkmış ve şahıs 18 gün göz altında kalmasının ardından serbest bırakılmıştır [108].

Yapılan çalışmalar sonucunda “ACE-V” olarak bilinen Analysis, Comparison, Evaluation ve Verification kelimelerinin baş harflerinden oluşan süreç parmak izi mukayesesinde kullanılan bilimsel yöntem olarak kabul edilmiştir. Bu yöntemle göre karşılaştırılacak izler Analiz, Karşılaştırma, Değerlendirme ve Doğrulama süreçlerinden geçtikten sonra karar verilir ve uzmanlık raporu hazırlanır. Bu aşamalardan en önemlisi olan Karşılaştırma aşamasında; Sayısal Yaklaşım, Bütüncül Yaklaşım ve Olasılık Yaklaşımı olmak üzere 3 yaklaşım kullanılmaktadır. Ülkemizde Bütüncül Yaklaşım kullanılmaktadır. Kısaca bir olay yeri izinin bir şahsa ait olduğu kararının verilebilmesi için iki iz arasında 16 nokta tespit edilmesi temel prensip olmakla birlikte uzman tecrübesi ve kanaatine göre bu sayı düşürülebilmektedir. Özetle hem nicel hem

de nitel parametreler dikkate alınarak karar verilmektedir. ACE-V, ülkeler ve kurumlar tarafından kabul edilmekle birlikte kaç nokta standardının ve hangi yaklaşımın kullanılacağı değişiklik göstermektedir [18, 74, 76, 79, 88, 97, 104].

2.7.11. Mukayeseye Elverişlilik

Parmak ve avuç izi bulguları olay yeri incelemesinde en sık karşılaşılan bulgu türlerinden birisidir. Tespit edilen parmak ve avuç izlerinin çoğunluğu çeşitli faktörlerden dolayı özelliklerini yitirmektedir. Bu tür izler mukayese yapmaya elverişli izler değildir. TDK Kriminal Terimler Sözlüğü, “Mukayeseye Elverişli Parmak İzi” terimini şu şekilde tanımlamaktadır: “genel yapısı, kalitesi ve içerdiği karakteristik özellikleri itibarıyla başka bir parmak izi ile karşılaştırmaya uygun parmak izidir.” Olay yerinden tespit edilen ve sahibinin tespit edilmesi amacıyla laboratuvarlara gönderilen izler ilk aşamada mukayeseye elverişlilikleri konusunda değerlendirmeye tutulur. Mukayeseye elverişli olmayan izler herhangi bir mukayese işlemine tabii tutulmaz, elverişsiz iz olarak uzmanlık raporuna kaydedilir. Parmak ve avuç izi incelemelerinde başarı, mukayeseye elverişli parmak ve avuç izi elde etmekte saklıdır. Bu ise temelde gizli parmak ve avuç izlerinin başarılı bir şekilde geliştirilebilmesine bağlıdır.

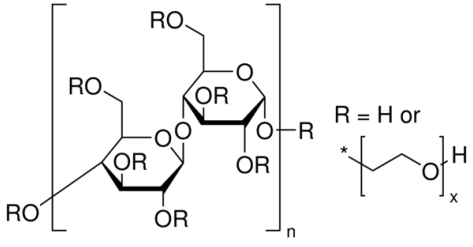
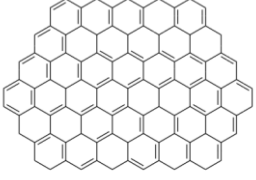
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

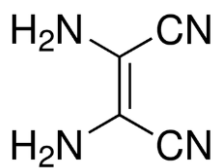
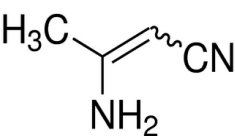
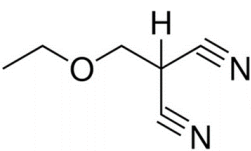
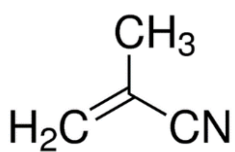
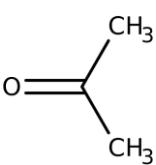
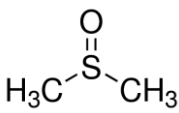
3.1. Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada; 2-Hidroksietil selüloz (2-HEC) (Sigma-Aldrich), grafen nanopulcuklar, nano boyutta silisyum dioksit (SiO_2), diaminomaleonitril (DAM) (Merck), 3-aminokrotonitril (3-AKN) (Sigma-Aldrich), Etoksimetil Malononitril (EMN) (Sigma-Aldrich), Metakrilonitril (MAN) (Merck), aseton, dimetil sülfoksit (DMSO) (Merck) ve saf su kullanılmıştır (Şekil 3.1).

Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar, temin edildikleri şekilde saflaştırma işlemi uygulanmadan kullanılmıştır. Laboratuvar malzemelerinin tamamı kullanılmadan önce ultra saf su ile yıkanmış ve kontaminasyona izin verilmeden kurutulmuştur.

Tüm deneylerde, Thermo Scientific Barnstead Smart2Pure su saflaştırma sistemi ile elde edilen ultra saf su kullanılmıştır.

ADI	FİRMA	ÖZELLİKLERİ
 2-Hidroksietil selüloz (2-HEC)	Sigma-Aldrich	Molekül ağırlığı: 736,7 g/mol Kaynama noktası: 288-290°C Yoğunluğu: 0,75 g/cm ³
 Grafen	SkySpring Nanomaterials	Nanoplatelet formunda grafenin kalınlığı 6-8 nm'dir
 Silisyum dioksit (SiO_2)	SkySpring Nanomaterials	Molekül ağırlığı: 60,084 g/mol Kaynama noktası: 2200°C Yoğunluğu: 022 g/cm ³

ADI	FİRMA	ÖZELLİKLERİ
 Diaminomaleonitril (DAM)	Merck, Almanya	Molekül ağırlığı: 108,1 g/mol Kaynama noktası: 178-179°C Yoğunluğu: 1,36 g/cm ³
 3-aminokrotonitril (3-AKN)	Sigma-Aldrich	Molekül ağırlığı: 82,1 g/mol Kaynama noktası: 120°C Yoğunluğu: 1,0±0,1 g/cm ³
 Etoksimetil Malononitril (EMN)	Sigma-Aldrich	Molekül ağırlığı: 122,12 g/mol Kaynama noktası: 153°C Yoğunluğu: 0,944 g/cm ³
 Metakrilonitril (MAN)	Merck, Almanya	Molekül ağırlığı: 67,09 g/mol Yoğunluğu: 0,8001 g/cm ³ Kaynama noktası: 90,3°C
 Aseton (C₃H₆O)	Riedel de Haen	Molekül ağırlığı: 78,13 g/mol Yoğunluğu: 1,101-1,103 g/cm ³ Kaynama noktası: 188-190°C
 Dimetil sülfoksit (DMSO)	Merck, Almanya	Molekül ağırlığı: 58,08 g/mol Yoğunluğu: 0,790-0,792 g/cm ³ Kaynama noktası: 55-57°C

Şekil 3.1. Tez çalışmasında kullanılan kimyasal maddeler ve yapıları.

3.2. Yöntem

Silika (SiO_2) ve grafen katkılı selüloz nanokompozit parmak izi geliştirme süspansiyonu eldesi için uygulanan yöntemler aşağıda verilmiştir.

3.2.1. Modifikasyon Çalışmaları

Nötral SiO_2 , hidrofilik SiO_2 , orijinal grafen ve HNO_3 modifiye grafen; EMN, AKN, MAN ve DAM ile modifiye edilmiştir.

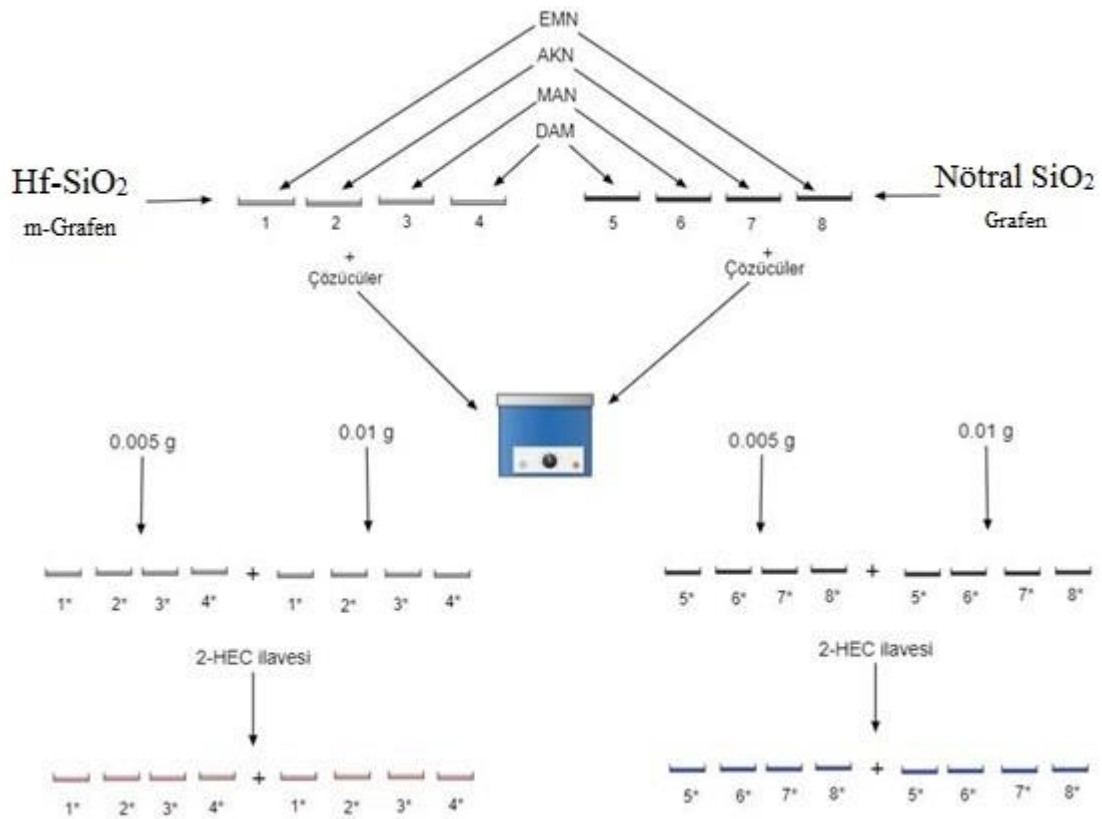
0,05 g nötral SiO_2 , sırasıyla 0,05 g EMN (DMSO), AKN (aseton), MAN ve DAM (aseton) maddeleri ile 15 mL belirtilen çözücü ile ısıtıcılı karıştırıcıda 20 dk. süreyle karıştırılmış ve ihtiyaç duyulduğu durumlarda düşük sıcaklık ($0-40^\circ\text{C}$) uygulanmıştır. Karışım 7,5 cm çapında cam petri kaplarına dökülmüş ve 45°C sıcaklıkta 24 saat etüvde kuruması için bekletilmiştir.

0,05 g hidrofilik SiO_2 , sırasıyla 0,05 g EMN (DMSO), AKN (aseton), MAN ve DAM (aseton) maddeleri ile 15 mL belirtilen çözücü ile ısıtıcılı karıştırıcıda 20 dk. süreyle karıştırılmış ve ihtiyaç duyulduğu durumlarda düşük sıcaklık ($0-40^\circ\text{C}$) uygulanmıştır. Karışım 7,5 cm çapında cam petri kaplarına dökülmüş ve 45°C sıcaklıkta 24 saat etüvde kuruması için bekletilmiştir.

0,05 g orijinal grafen, sırasıyla 0,05 g EMN (DMSO), AKN (aseton), MAN ve DAM (aseton) maddeleri ile 15 mL belirtilen çözücü ile ısıtıcılı karıştırıcıda 20 dk. süreyle karıştırılmış ve ihtiyaç duyulduğu durumlarda düşük sıcaklık ($0-40^\circ\text{C}$) uygulanmıştır. Karışım 7,5 cm çapında cam petri kaplarına dökülmüş ve 45°C sıcaklıkta 24 saat etüvde kuruması için bekletilmiştir.

0,05 g hidrofilik grafen (HNO_3 ile modifiye edilmiş), sırasıyla 0,05 g EMN (DMSO), AKN (aseton), MAN ve DAM (aseton) maddeleri ile 15 mL belirtilen çözücü ile ısıtıcılı karıştırıcıda 20 dk. süreyle karıştırılmış ve ihtiyaç duyulduğu durumlarda düşük sıcaklık

(0-40°C) uygulanmıştır. Karışım 7,5 cm çapında cam petri kaplarına dökülmüş ve 45°C sıcaklıkta 24 saat etüve kuruması için bekletilmiştir. Kuruyan numuneler toz şeklinde kilitli poşetlerde oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.



3.2.2. Parmak İzi Geliştirme Süspansiyonunun Hazırlanması

EMN ile yapılan karışımlar uzun süre etüvde bekletilmesine rağmen kurumamış sıvı şekilde kalmıştır. Elde edilen numuneler Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Uygulanan deneyler sonucunda elde edilen numuneler.

3.3. Karakterizasyon

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen nanokompozit maddelerin yapıları, FT-IR, XRD ve SEM-EDX karakterizasyon yöntemleri kullanılarak aydınlatılmıştır.

3.3.1. Fourier Dönüştümlü Kızılötesi -Zayıflatılmış Toplam Yansıma (FT-IR-ATR) Spektroskopisi

FT-IR analizleri, Perkin Elmer marka, Spectrum 100 model FT-IR cihazı ile yapılmıştır. Dalga sayısı aralığı $4000-400\text{ cm}^{-1}$ 'dir. ATR modu kullanılmış ve 4 cm^{-1} ayırma gücünde 4 tekrarlı çalışılmıştır.

3.3.2. X-Işınları Kırınım (XRD) Spektroskopisi

XRD analizleri, Panalatik marka, Empyrean model XRD cihazı ile tüm numunelerde 2θ açısı $10-90^\circ$ aralığında yapılmıştır.

3.3.3. Enerji Dağılımlı X-Işınları (EDX) Spektroskopisi

Nanokompozit filmlerdeki inorganik madde dağılımları, Bruer marka EDX dedektörü ile belirlenmiştir

3.3.4. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

SEM analizleri, Carl Zeiss marka, Supra 40VP model SEM cihazı ile yapılmıştır. Nanokompozit filmlerde iletkenliğin sağlanması amacıyla Qourum marka kaplama cihazı ile yüzeyler altın-paladyum ile kaplanmıştır. Yüzeylerin fotoğraflanmasında, SE (ikincil dedektör) ve AsB (geri yansımali) dedektörler kullanılmıştır.

3.4. Parmak İzlerinin Hazırlanması, Nanokompozitlerin İzler İçin Denenmesi

Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamada, Jandarma Olay Yeri İnceleme Birimleri tarafından 2017-2021 yılları arasında Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı, Parmak İzi İnceleme Şube Müdürlüklerine incelenmek üzere gönderilen bulgu özellikleri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır.

3.4.1. Yüzey Seçimi

Parmak izlerini bırakmak için Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı'na incelenmek üzere gönderilen bulgulardan en sık karşılaşılan; cam, plastik, kâğıt, alüminyum folyo, işlenmiş ahşap, işlenmemiş ahşap ve metal yüzeyler seçilmiştir.

3.4.2. Parmak İzlerinin Bırakılması

Parmak izinin yüzeyde kalış süresini etkileyen faktörlerden etkilenmemesini sağlamak maksadı ile tez sahibi tarafından belirlenen yüzeylerin her birine 1, 3, 5, 7 ve 14 günlük parmak izleri bırakılmıştır. Bırakılan izlerin değerlendirilmesi sürecinde kolaylık sağlanması maksadı ile aynı parmak ile aynı baskı şiddeti uygulanarak parmak izleri bırakılmıştır. Bırakılan parmak izleri oda sıcaklığında kapalı bir dolapta muhafaza edilmiştir.

3.4.3. Nanokompozit Malzemelerin Gizli Parmak İzlerine Uygulanması

Nanokompozit malzemelerle hazırlanan solüsyonlar gizli parmak izleri üzerine; püskürtme, buharlama, daldırma ve film dökme metotları ile uygulanmıştır. Püskürtme uygulamasında; belirtilen şekilde hazırlanan solüsyon bir sprey kabına konularak 10-15 cm mesafeden yüzeye püskürtülmüştür. Buharlama metodunda; siyanoakrilat kabinine 4,5 g siyanoakrilat konularak yapılan uygulama yerine hazırlanan solüsyondan 10 g konulmuş ve standart siyanoakrilat kabin değerleri kullanılarak uygulanmıştır. Daldırma metodunda; hazırlanan solüsyon yayvan bir kaba konulmuş ve üzerinde gizli parmak izi bırakılmış yüzeyler solüsyon içerisine 1-2 sn. daldırılarak çıkarılmıştır. Film dökme metodunda ise; gizli parmak izlerinin bulunduğu yüzey üzerine solüsyon en az 1-2 mm sıvı yüksekliği olacak şekilde şırınga ile izlere zarar vermeyecek şekilde yavaşça uygulanmıştır. Uygulamalardan sonra sıvıların kuruması için oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.4.4. Parmak İzlerinin Fotoğraflanması

Geliştirilen parmak izleri 62 mm makro lense sahip Canon 750 D profesyonel dijital fotoğraf makinesi kullanılarak fotoğraflanmıştır. Fotoğraflama işlemleri firenze sistemi ve stant kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Işık kaynağı olarak CrimeScope CS-16 500 W kullanılmış olup en iyi görüntünün elde edildiği ışık açısı tercih edilmiştir. Işık kaynağı yardımıyla fotoğraflanan parmak izleri herhangi bir bilgisayar programı ile iyileştirmeye tabii tutulmamıştır.

3.4.5. Değerlendirme

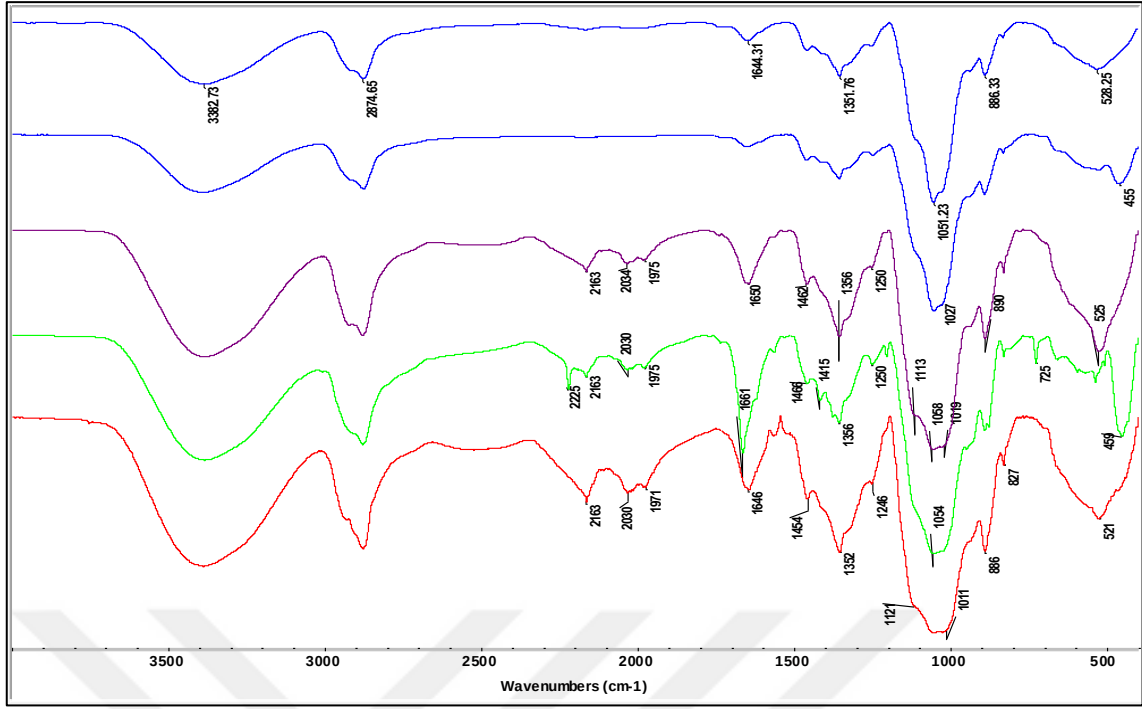
Uygulama sonuçları öncelikle nanokompozit film oluşup oluşmadığı açısından değerlendirilmiştir. Oluşan nanokompozit filmler ise daha sonra parmak izi incelemelerinde kullanılan tasniflemeye göre “iz yoktur”, “mukayese elverişsiz iz” ve “mukayeseye elverişli iz” olarak değerlendirilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında; gizli parmak izlerinin geliştirilmesinde kullanılmak maksadıyla düşük maliyetli, kolay uygulanabilir, çevre dostu ve kullanıcı sağlığına zarar vermeyen bir parmak izi geliştirme süspansiyonu elde edilmiştir. Çalışmanın birinci kısmında; nötral SiO₂, hidrofilik SiO₂, orijinal grafen ve HNO₃ modifiye grafen; organik ajanlar EMN, AKN, MAN ve DAM ile modifiye edilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında, modifiye edilen nanopartiküller ile 2-HEC süspansiyonları hazırlanmış ve filmler elde edilmiştir. EMN kullanılarak yapılan nanokompozit filmler uzun süre bekletilmesine rağmen kuruyarak film şeklini almamıştır. Bu sebeple EMN çalışmanın geri kalan kısmından çıkarılmıştır. Filmlerin karakterizasyonları, FT-IR, XRD ve SEM-EDX enstrümantal analiz yöntemleri ile yapılmıştır. Çalışmanın son kısmında ise elde edilen 2-HEC-nanopartikül süspansiyonları, yedi farklı (cam, plastik, kâğıt, alüminyum folyo, işlenmemiş ahşap, işlenmiş ahşap ve metal) yüzey üzerine bırakılmış 1, 3, 5, 7 ve 14 günlük parmak izlerine püskürtme, buharlama, daldırma ve film dökme yöntemleri ile uygulanmış ve bu yüzeylerdeki gizli izleri geliştirme kabiliyetleri değerlendirilmiştir.

4.1. FT-IR Sonuçları

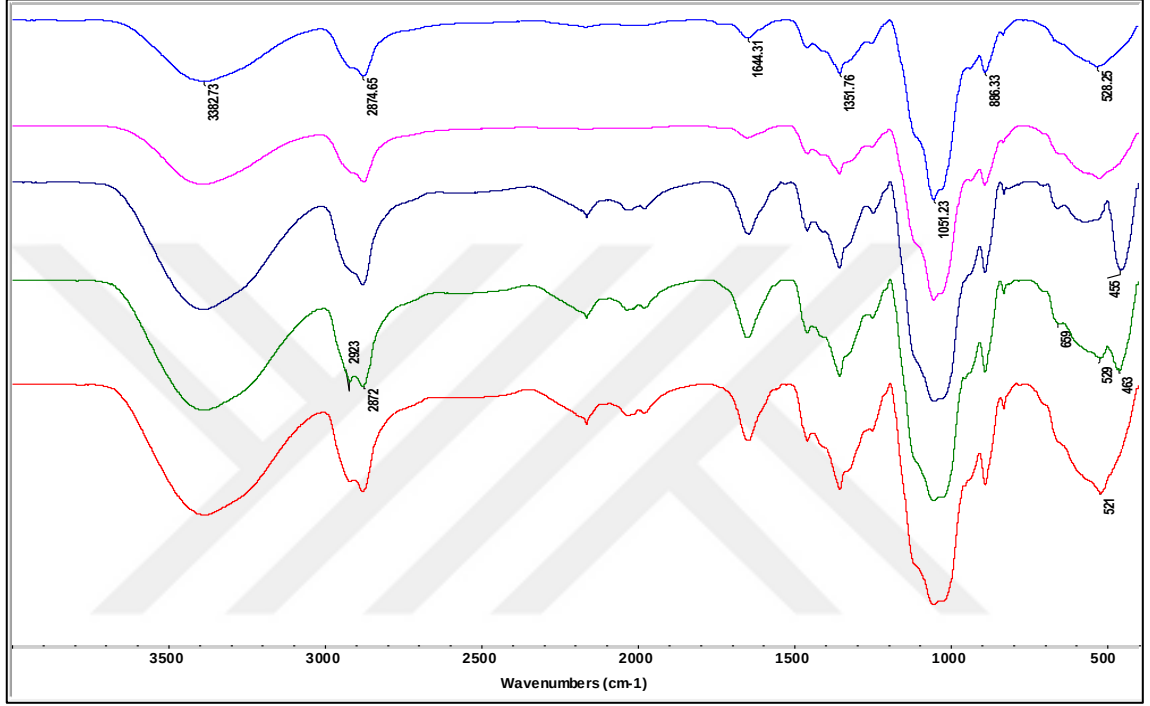
FT-IR spektroskopisi, bir numunede bulunan moleküler türlerin, eğilme, gerilme ve bağlanma titreşim hareketleriyle ilgilenen bir yöntemdir [109]. Gerçekleştirilen deneylerden sonra kimyasal yapı etkileşimlerini incelemek amacıyla, elde edilen malzemelerin karakterizasyonu FT-IR ile yapılmıştır (Şekil 4.1 – Şekil 4.7)



Şekil 4.1. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC, 2-HEC/nötral silika, 2-HEC/nötral silika DAM (0,01), 2-HEC/nötral silika AKN (0,01), 2-HEC/nötral silika MAN (0,01) FT-IR spektrumları.

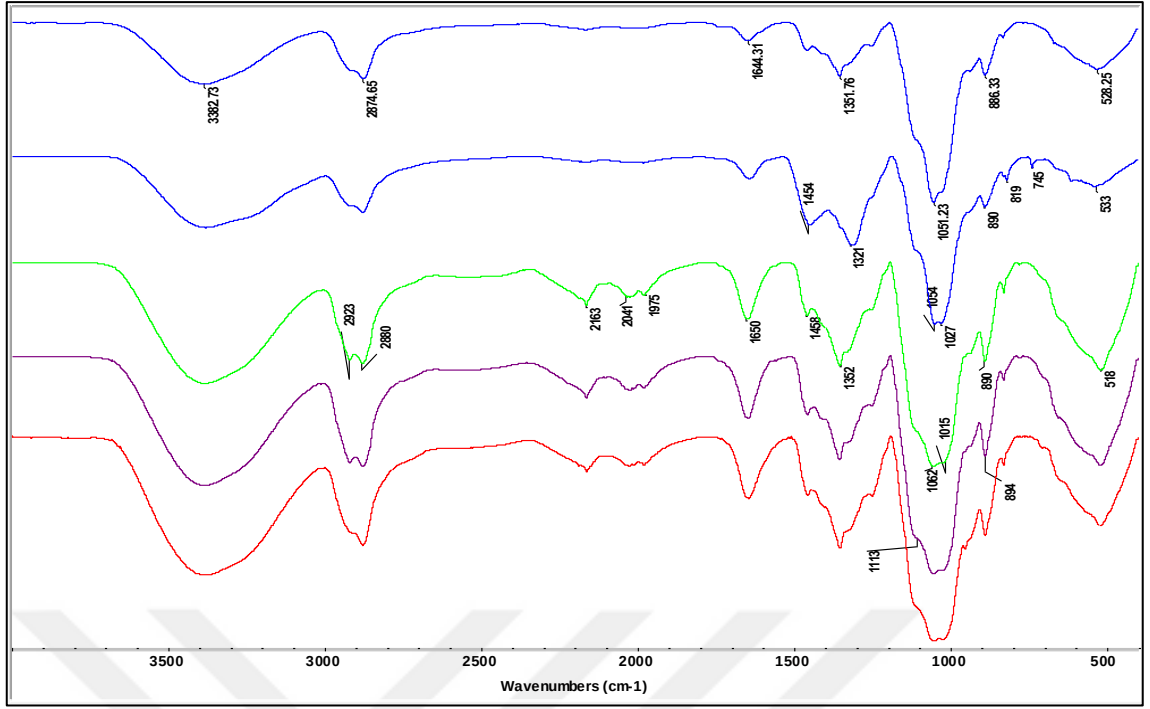
Şekil 4.1’de; 2-HEC, 2-HEC/nötral silika, 2-HEC/nötral silika DAM (0,01), 2-HEC/nötral silika AKN (0,01), 2-HEC/nötral silika MAN (0,01) nanokompozit filmlere ait FT-IR spektrumları verilmiştir. Tüm spektrumlar 3400 cm^{-1} civarında geniş bir band ve 2900 cm^{-1} civarında gözlenen pik ile karakterizedir. 3400 cm^{-1} civarında görülen band karakteristik $-\text{OH}$ gerilme titreşimlerini, 1051 cm^{-1} ’deki pik ise 2-HEC’e ait anhidroglukoz birimlerinin $-\text{C}-\text{O}$ gerilme titreşimlerini temsil eder. Literatürde $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$ glikozid bağı $1150-1040\text{ cm}^{-1}$ ’de verilmiştir [110]. 2900 cm^{-1} civarında görülen pik ise karakteristik alifatik $\text{C}-\text{H}$ gerilmelerini tanımlamaktadır. 1351 cm^{-1} ’deki absorpsiyon bandı $\text{O}-\text{H}$ eğilme titreşimlerine aittir. 1644 cm^{-1} ’de ise 2-HEC yapısı içinde bağlı olan suyu temsil eden band gözlenmektedir. Nötral silika yapıya eklendikten sonra $1000-1200\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ gerilme titreşimleri ve 800 cm^{-1} ’de ise $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ eğilme titreşimlerinin varlığı 2-HEC’in aynı bölgede yer alan pik yapısındaki küçük değişimlerle kendini göstermektedir. Organik ajanların katkılanması sonrasında hepsinde ortak fonksiyonel grup, $\text{C}\equiv\text{N}$ gerilme titreşimleri 2200 cm^{-1} civarında gözlenmiştir. 1650 cm^{-1} ’de şiddetli pikler ($\text{C}=\text{N}$ gerilme ve $\text{N}-\text{H}$ gerilme titreşimleri) dikkat çekicidir. Ayrıca yine $1020-1250\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde pik omuz değişimleri organik ajanların yapıya eklenmesinin

getirdiği değişiklikler olarak yorumlanmıştır. Özellikle 2-HEC yapısına ait 1644 cm^{-1} ve 1351 cm^{-1} 'deki bandların ve 1051 cm^{-1} 'de hem 2-HEC hem de Si-O-Si gerilme titreşimlerinin yer aldığı bandlardaki belirgin kaymalar, organik ajanların fonksiyonel gruplarının 2-HEC'deki -C-O ve -OH ve silikadaki Si-O-Si grupları üzerinden etkileşime girdiği yönünde kuvvetli bir kanaat oluşturmuştur.



Şekil 4.2. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC, 2-HEC/hidrofilik silika, 2-HEC/hidrofilik silika DAM (0,01), 2-HEC/hidrofilik silika AKN (0,01), 2-HEC/hidrofilik silika MAN (0,01) FT-IR spektrumları.

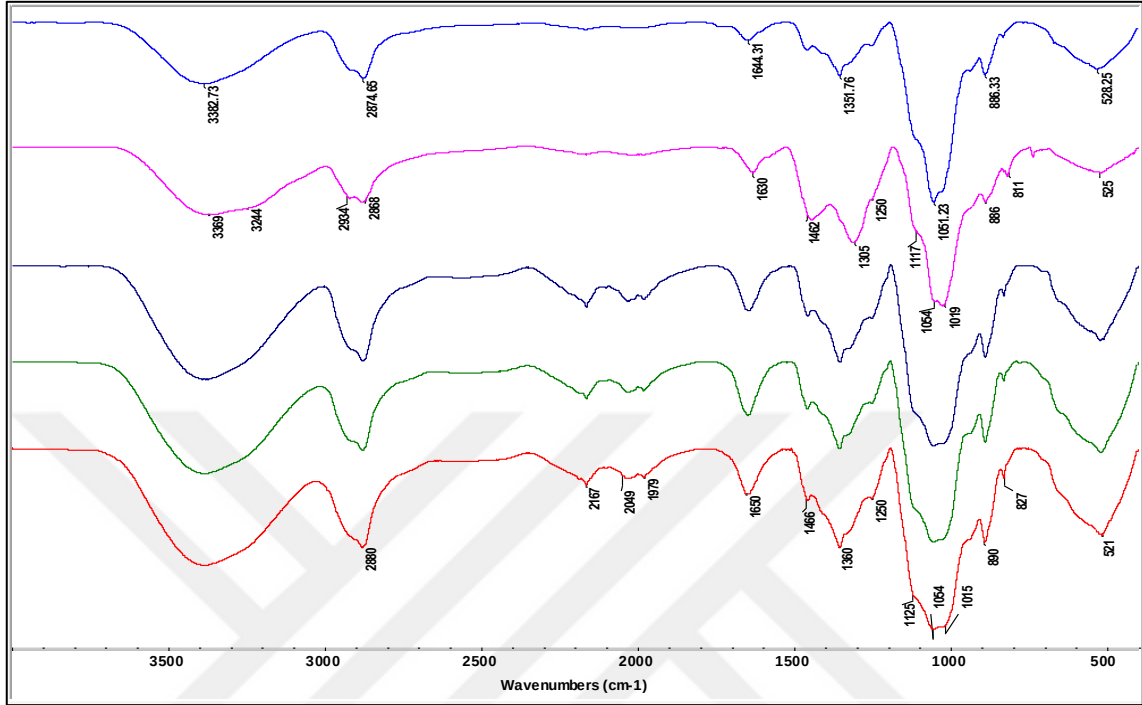
Şekil 4.2’de; 2-HEC, 2-HEC/hidrofilik silika, 2-HEC/hidrofilik silika DAM (0,01), 2-HEC/hidrofilik silika AKN (0,01), 2-HEC/hidrofilik silika MAN (0,01) nanokompozit filmlere ait FT-IR spektrumları verilmiştir. Hidrofilik silikanın 2-HEC yapısına eklenmesiyle FT-IR spektrumunda belirgin bir değişiklik olmamıştır. Ancak 1644 cm^{-1} 'deki bandın yapısındaki küçük değişimler, yapıya NH_2 gruplarının (hidrofilik silika yapısından kaynaklanan) ilâve olduğunun bir göstergesidir. Organik ajanlar ile muamele sonrası alınan FT-IR spektrumlarında Şekil 4.1’de bahsedilen değişiklikler yine gözlenmiştir.



Şekil 4.3. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC, 2-HEC/grafen, 2-HEC/grafen DAM (0,01), 2-HEC/grafen AKN (0,01), 2-HEC/grafen MAN (0,01) FT-IR spektrumları.

Şekil 4.3'te; 2-HEC, 2-HEC/grafen, 2-HEC/grafen DAM (0,01), 2-HEC/grafen AKN (0,01), 2-HEC/grafen MAN (0,01) nanokompozit filmlere ait FT-IR spektrumları verilmiştir. Tüm spektrumlar 3400 cm^{-1} civarında geniş bir band ve 2900 cm^{-1} civarında gözlenen pik ile karakterizedir. 3400 cm^{-1} civarında görülen band karakteristik – OH gerilme titreşimlerini, 1051 cm^{-1} 'deki pik ise 2-HEC'e ait anhidroglukoz birimlerinin –C – O gerilme titreşimlerini temsil eder. Literatürde –C-O-C- glikozid bağı $1150\text{--}1040\text{ cm}^{-1}$ 'de verilmiştir [110]. 2900 cm^{-1} civarında görülen pik ise karakteristik alifatik C-H gerilmelerini tanımlamaktadır. 1351 cm^{-1} 'deki absorpsiyon bandı O-H eğilme titreşimlerine aittir. 1644 cm^{-1} 'de ise 2-HEC yapısı içinde bağlı olan suyu temsil eden band gözlenmektedir. Grafen yapıya eklendikten sonra 1454 cm^{-1} 'de C-O gerilme titreşimleri gözlenmiştir. Organik ajanların katkılanması sonrasında hepsinde ortak fonksiyonel grup, C≡N gerilme titreşimleri 2200 cm^{-1} civarında gözlenmiştir. 1650 cm^{-1} 'de şiddetli pikler (C=N gerilme ve N-H gerilme titreşimleri) dikkat çekicidir. Ayrıca yine $1020\text{--}1250\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde pik omuz değişimleri organik ajanların yapıya eklenmesinin getirdiği değişiklikler olarak yorumlanmıştır. Özellikle 2-HEC'in 1644 cm^{-1} 'deki bandının ve $1050\text{--}1150\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde hem 2-HEC hem de grafenin C-O-C gerilme titreşimlerinin yer aldığı bandlardaki belirgin kaymalar ve pik oran değişiklikleri,

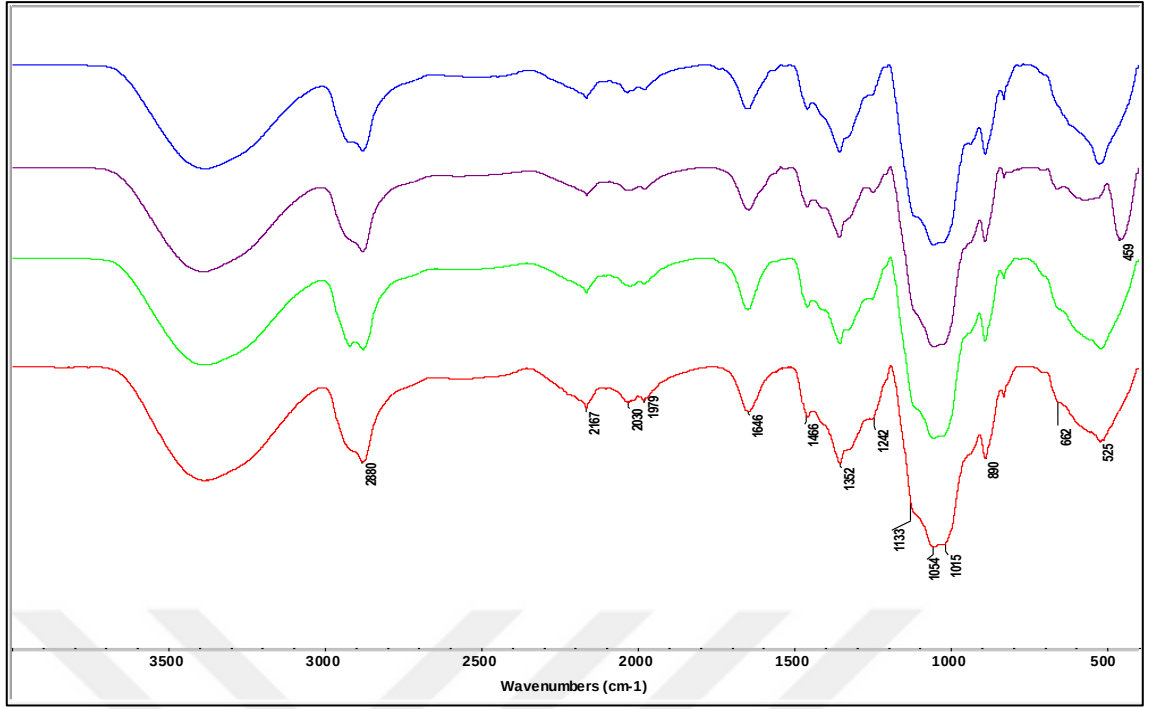
organik ajanların fonksiyonel gruplarının 2-HEC'deki -C-O ve -OH ve grafendeki C-O-C grupları üzerinden etkileşime girdiği yönünde kuvvetli bir kanaat oluşturmuştur.



Şekil 4.4. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC, 2-HEC/ modifiye grafen, 2-HEC/ modifiye grafen DAM (0,01), 2-HEC/modifiye grafen AKN (0,01), 2-HEC/modifiye grafen MAN (0,01) FT-IR spektrumları.

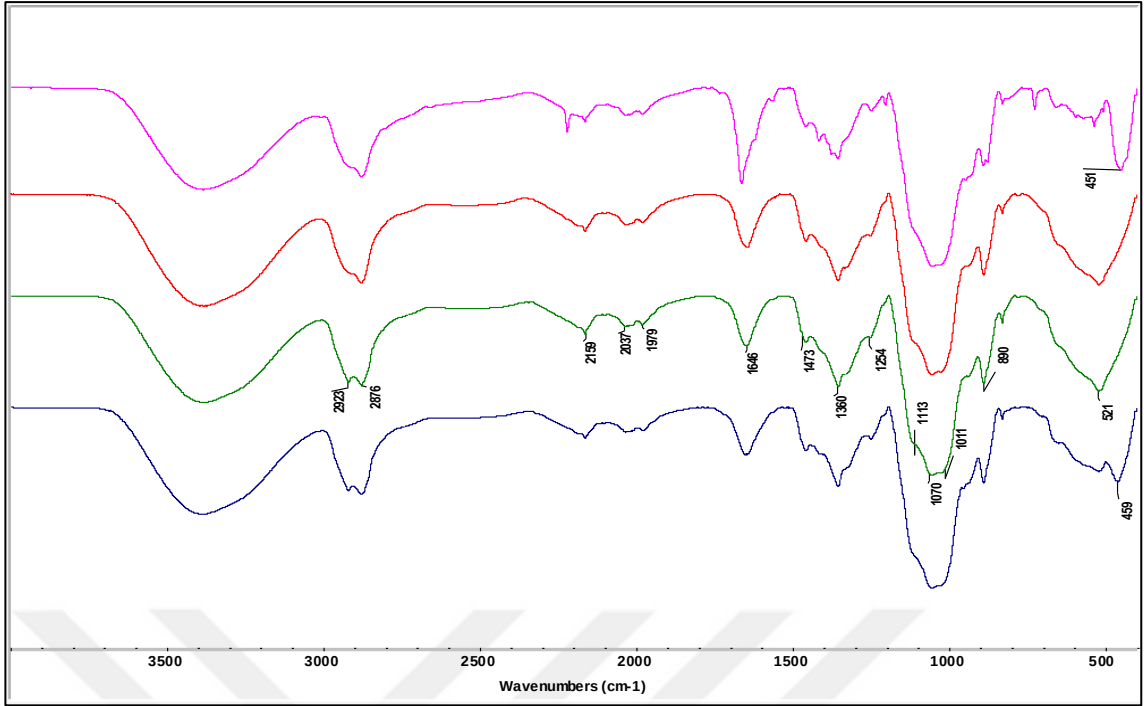
Şekil 4.4'te; 2-HEC, 2-HEC/modifiye grafen, 2-HEC/modifiye grafen DAM (0,01), 2-HEC/modifiye grafen AKN (0,01), 2-HEC/modifiye grafen MAN (0,01) nanokompozit filmlere ait FT-IR spektrumları verilmiştir. HNO₃ modifiye grafenin 2-HEC yapısına eklenmesiyle FT-IR spektrumunda özellikle 3200-3400 cm⁻¹ bölgesinde -OH gruplarını ve 1100 cm⁻¹ civarında -C-O gerilme titreşimlerini temsil eden bandlarda küçük kayma ve pik oranlarındaki değişiklikler dikkat çekicidir. Organik ajanlar ile muamele sonrası alınan FT-IR spektrumlarında Şekil 4.3'te bahsedilen değişiklikler yine gözlenmiştir.

Şekil 4.5 – 4.7'de modifikasyon için kullanılan her bir organik ajan için bütün nanomalzemelerin FT-IR spektrumlarında meydana gelen değişiklikler, karşılaştırma amacıyla yeniden verilmiştir.



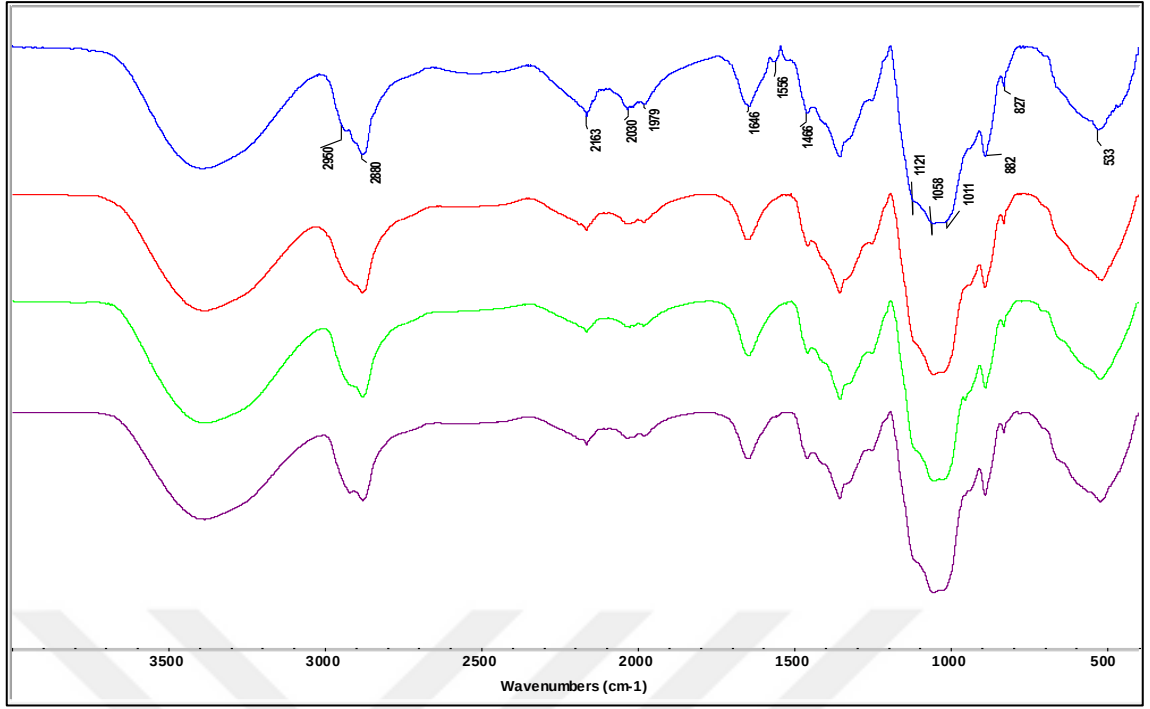
Şekil 4.5. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC/nötral silika DAM, 2-HEC/hidrofilik silika DAM, 2-HEC/grafen DAM ve 2-HEC/modifiye grafen DAM FT-IR spektrumları.

Şekil 4.5’de; 2-HEC/nötral silika DAM, 2-HEC/hidrofilik silika DAM, 2-HEC/grafen DAM ve 2-HEC/modifiye grafen DAM nanokompozit filmlere ait FT-IR spektrumları verilmiştir. 3400 cm^{-1} civarında O-H grubu gerilme titreşimleri gözlenmiştir. DAM organik ajanın sebep olduğu yapısal katkılar, bütün nanomalzemeler için benzer olmakla beraber $1000\text{-}1250\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde küçük değişimler göze çarpmaktadır.



Şekil 4.6. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC/nötral silika AKN, 2-HEC/hidrofilik silika AKN, 2-HEC/grafen AKN ve 2-HEC/modifiye grafen AKN FT-IR spektrumları.

Şekil 4.6’da; 2-HEC/nötral silika AKN, 2-HEC/hidrofilik silika AKN, 2-HEC/grafen AKN ve 2-HEC/modifiye grafen AKN nanokompozit filmlere ait FT-IR spektrumları verilmiştir. 3400 cm^{-1} civarında O-H grubu gerilme titreşimleri gözlenmiştir. AKN organik ajanın sebep olduğu yapısal katkılar, bütün nanomalzemeler için benzer olmakla beraber $1000\text{-}1250\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde küçük değişimler göze çarpmaktadır.



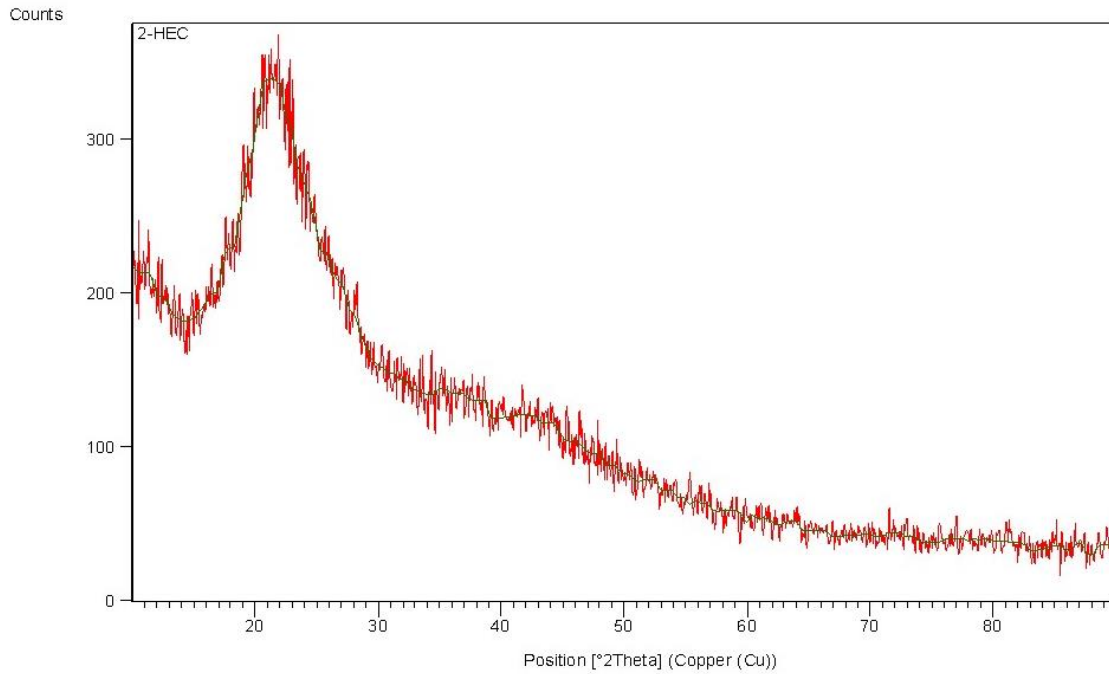
Şekil 4.7. Yukarıdan aşağıya doğru; 2-HEC/nötral silika MAN, 2-HEC/hidrofilik silika MAN, 2-HEC/grafen MAN ve 2-HEC/modifiye grafen MAN FT-IR spektrumları.

Şekil 4.7’de; 2-HEC/nötral silika MAN, 2-HEC/hidrofilik silika MAN, 2-HEC/grafen MAN ve 2-HEC/modifiye grafen MAN nanokompozit filmlere ait FT-IR spektrumları verilmiştir. 3400 cm^{-1} civarında O-H grubu gerilme titreşimleri gözlenmiştir. MAN organik ajanın sebep olduğu yapısal katkılar, bütün nanomalzemeler için benzer gözlenmiştir. Diğer organik ajandan farklı olarak MAN yapısında NH_2 grubu bulunmamaktadır. Dolayısıyla MAN ajanı ile muamele sonucu bütün nanomalzemeler aynı davranışı sergilemiştir.

FT-IR değerlendirmeleri sonucunda, 2-HEC, 2-HEC/nötral silika, 2-HEC/hidrofilik silika, 2-HEC/grafen ve 2-HEC/modifiye grafen yapılarında mevcut -OH grupları ile AKN ve DAM organik ajanlarındaki NH_2 grupları arasında muhtemel bir etkileşim olduğunu söylemek mümkündür.

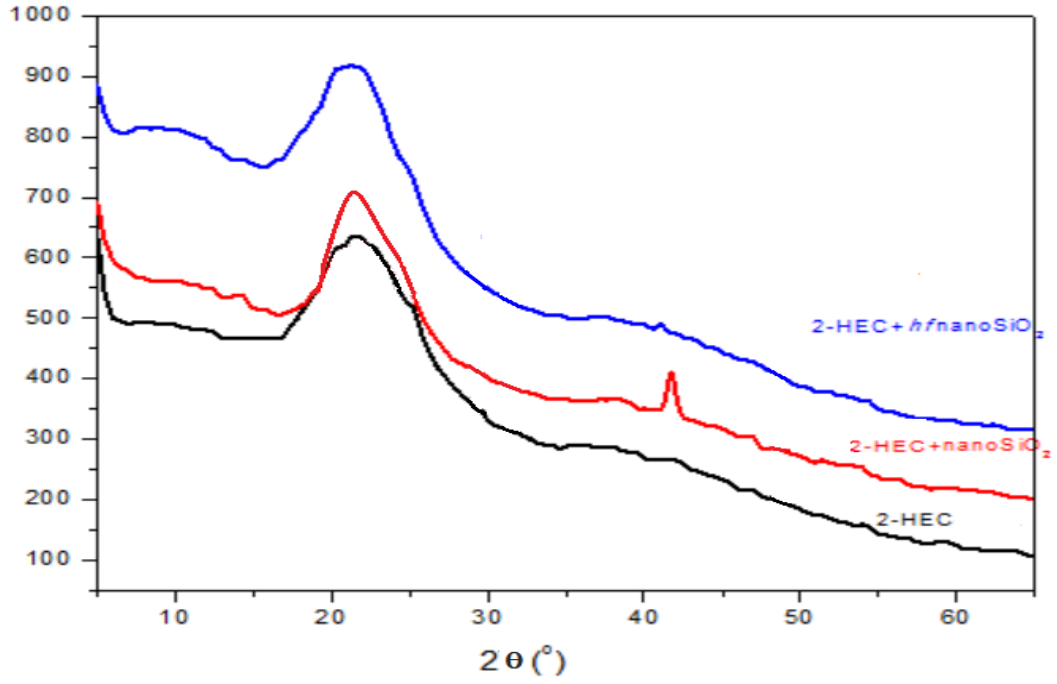
4.2. XRD Sonuçları

Kristal maddeler, atomik dizilimlerine bağılı olarak kendilerine özgü bir X-ışını kırılması yapmaktadırlar. X-Işınları Kırınım (XRD) Spektrometresi, bu kırınım profillerinin belirlenmesiyle kristalin yapısının aydınlatılması esasına dayanmaktadır. XRD, malzemelerin kristal yapı, ara katman mesafesi ve tabaka sayısını belirlemek için kullanılan spektroskopik bir yöntemdir[30]. Elde edilen nanokompozitlerin kristal ve amorf yapıları, XRD spektrumları ile açıklanmaya çalışılmıştır. Şekil 4.8-4.15’de 2-HEC ve 2-HEC/nötral silika/organik ajan, 2-HEC/hidrofilik silika/organik ajan nanokompozit filmlerine ait XRD spektrumları verilmiştir.



Şekil 4.8. 2-HEC filmine ait XRD spektrumu.

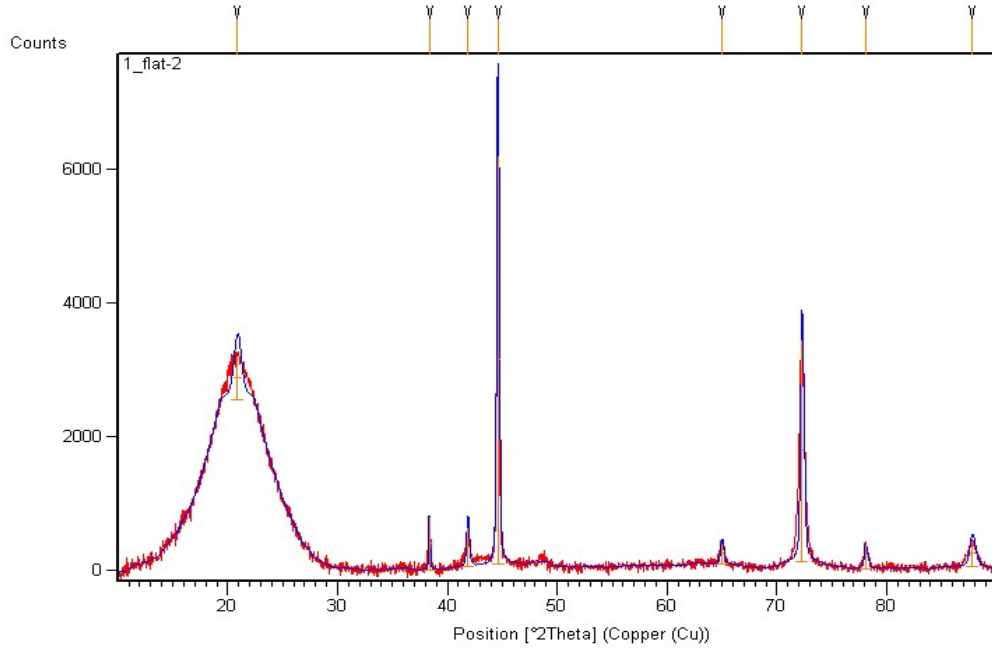
Şekil 4.8’de 2-HEC filmine ait XRD spektrumu görülmektedir. Spektrumda keskin pikler olmayışı yapının kristalin bir yapı olmadığına ancak $2\theta = 21,6^\circ$ ’de yer alan şiddetli geniş pik 2-HEC’in yarı kristalin (yarı amorf) bir yapıda olduğunu göstermektedir [112].



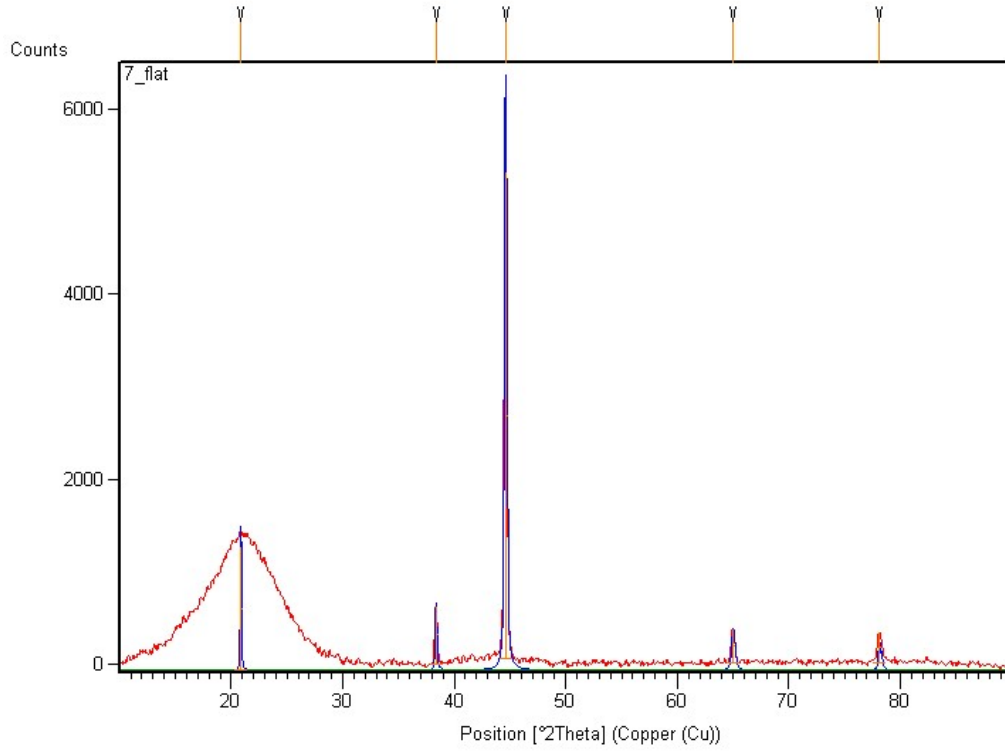
Şekil 4.9. Yukarıdan aşağıya: 2-HEC/hidrofilik SiO₂, 2-HEC/nötral SiO₂ ve 2-HEC filmlerine ait XRD spektrumları.

Şekil 4.9’da 2-HEC filmi, nano SiO₂ katkılı 2-HEC filmi ve hidrofilik nano SiO₂ katkılı 2-HEC filmlere ait XRD spektrumları verilmiştir. 2-HEC’in literatürde 2θ : 21,6°’de verilen maksimum pik şiddetinin ve ayrıca $2\theta = 12^\circ$ ’de görülen omuzun nano SiO₂ ve hidrofilik SiO₂ katkısı ile arttığı söylenebilir [110].

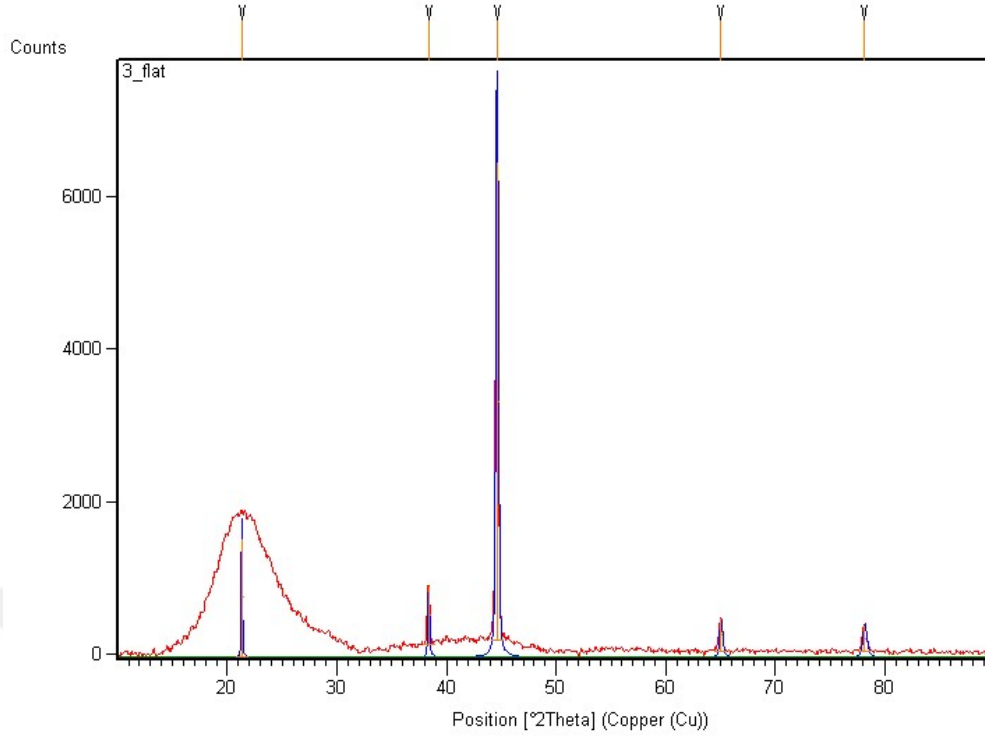
Şekil 4.10-4.15’te sırasıyla 2-HEC/nötral silika ve 2-HEC/hidrofilik silikanın DAM, AKN ve MAN ajanları ile muamelesi sonrası alınan XRD spektrumları verilmiştir.



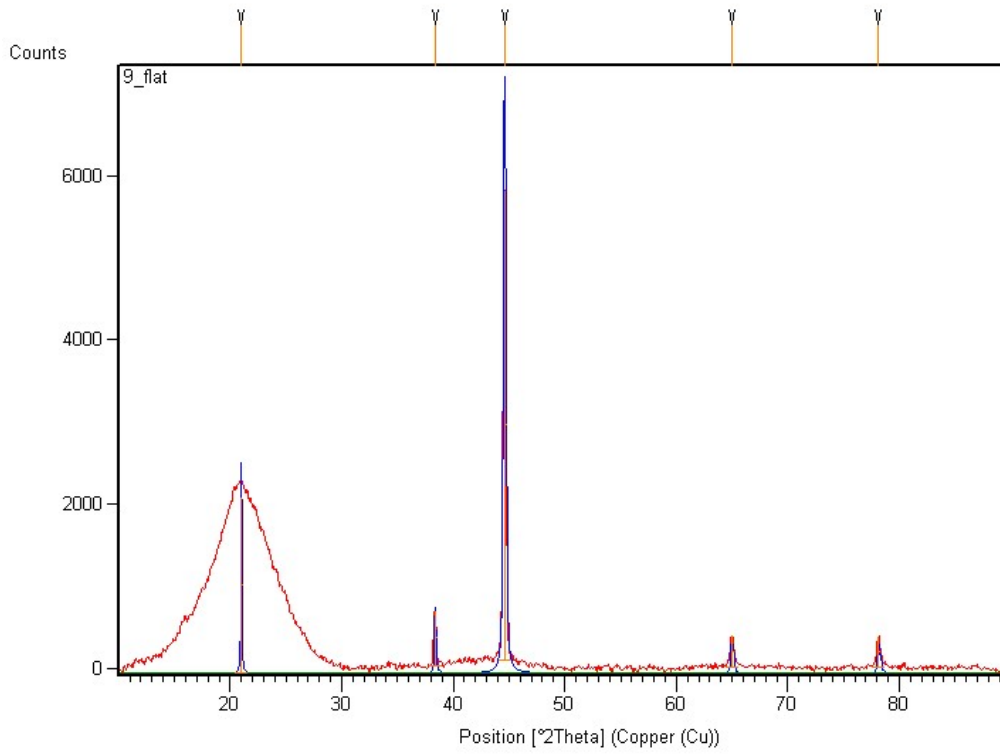
Şekil 4.10. 2-HEC/nötral SiO₂ DAM nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



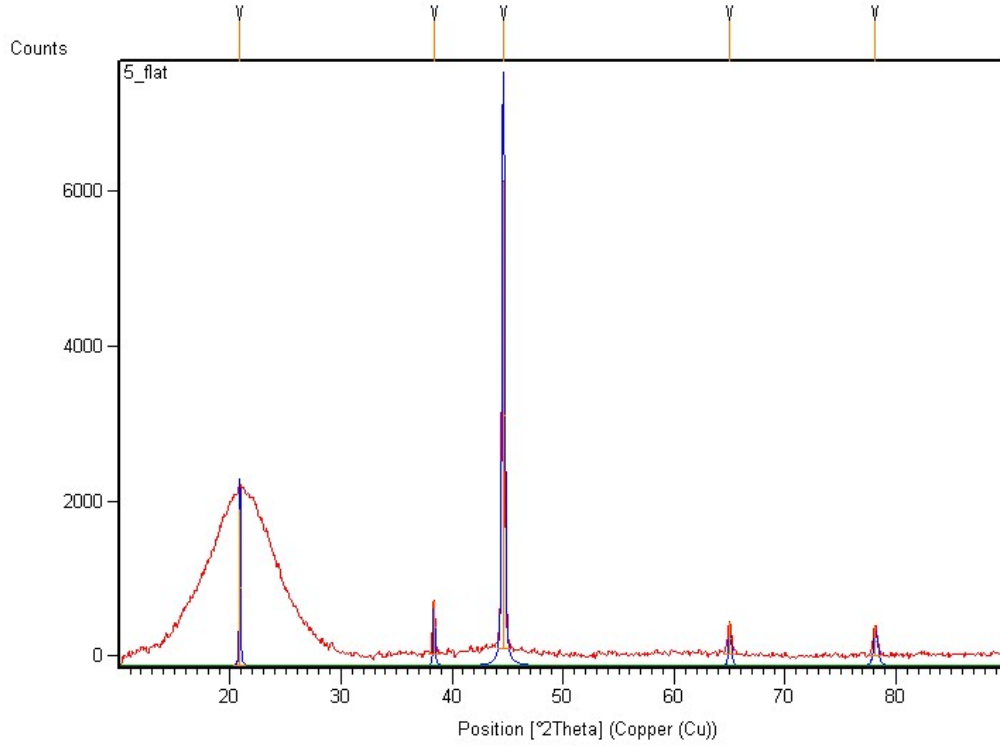
Şekil 4.11. 2-HEC/ hidrofilik SiO₂ DAM nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



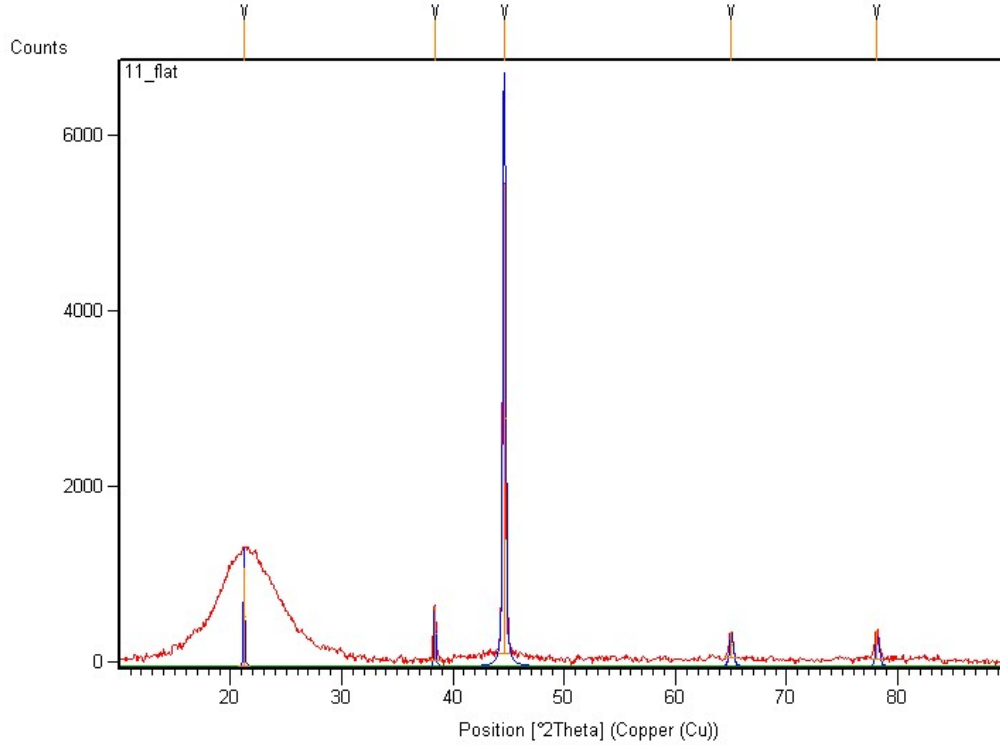
Şekil 4.12. 2-HEC/ nötral SiO₂ AKN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



Şekil 4.13. 2-HEC/ hidrofilik SiO₂ AKN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.

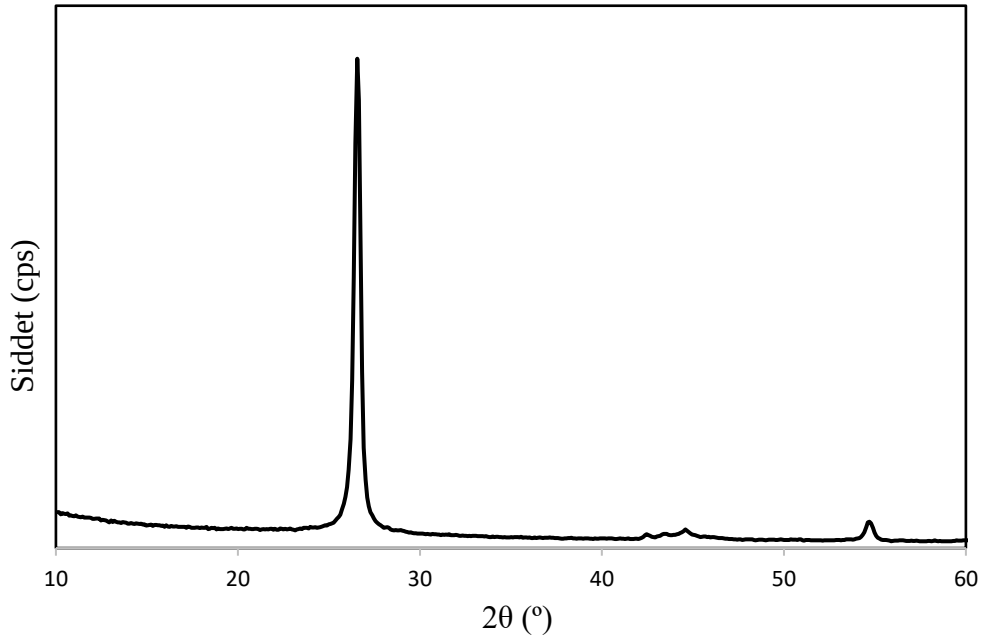


Şekil 4.14. 2-HEC/ nötral SiO₂ MAN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



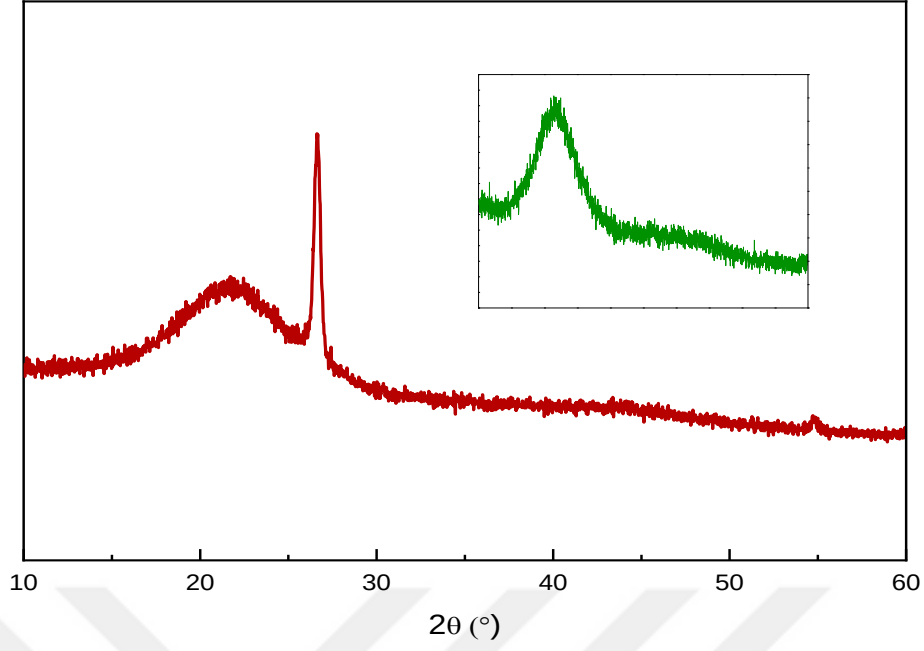
Şekil 4.15. 2-HEC/ hidrofilik SiO₂ MAN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.

Gizli parmak izlerinin geliştirilmesi amacıyla 2-HEC yapısı, grafen ve HNO₃ modifiye grafen ile katkılanarak, DAM, AKN ve MAN ajanların muamelesi sonucu iyileştirilmeye çalışılmıştır. Orijinal grafenin XRD spektrumunda (Şekil 4.16) $2\theta = 44,6120^\circ$ ve $54,6985^\circ$ 'de yoğunlukları çok düşük birkaç band gözlenmektedir. Grafenin kristal düzlemine (002) ait en şiddetli ve keskin pik, 3,3527 d-mesafesi ile $2\theta=26,5877^\circ$ 'de kaydedilmiştir. Bu pik, grafenin yüksek kristalin tabiatını ortaya koymaktadır. 26° ve 44° 'deki belirgin pikler grafenin altıgen örgü düzenlenmesinin sırasıyla, (002) ve (100) düzlemine karşılık gelmektedir [112].



Şekil 4.16. Orijinal grafene ait XRD spektrumu.

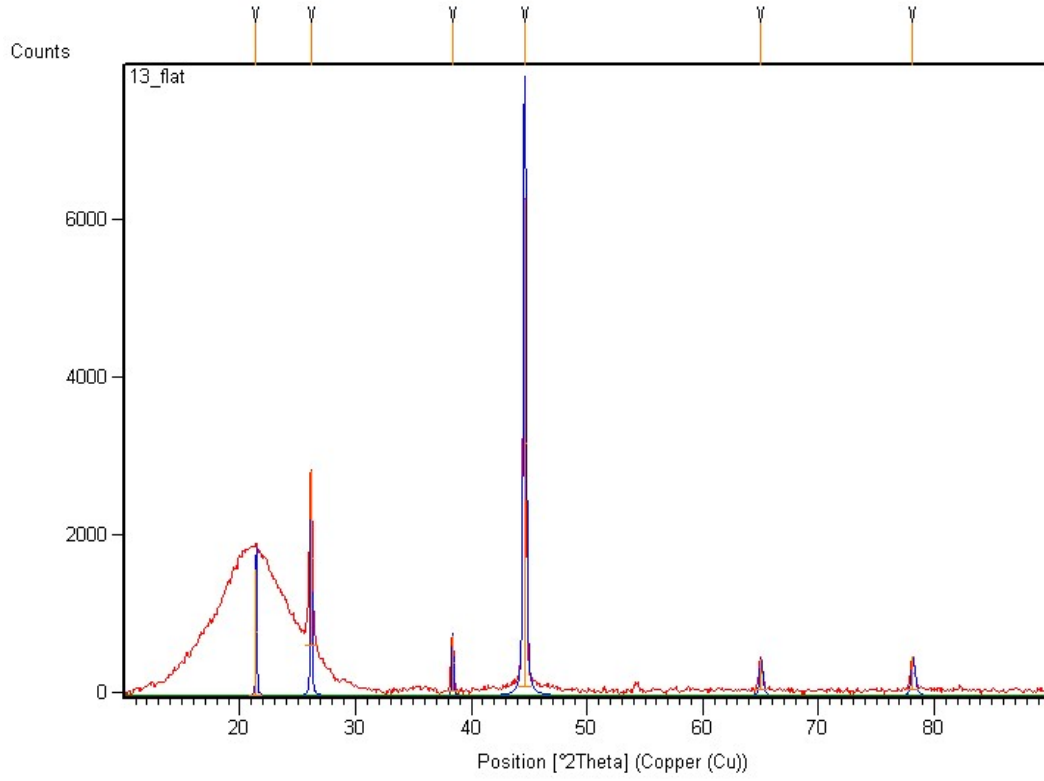
Grafen ve HNO₃ modifiye grafen 2-HEC nanokompozit filmler (Şekil 4.17), XRD spektrumlarında (002) düzleminde keskin bir kırınım ile yüksek kristallik göstermektedir [113]. Şekil 4.17 eklentide, $2\theta=21,6^\circ$ 'de görülen pik, 2-HEC selülozik omurgaya ait karakteristik yarı kristalin yapı pikidir. 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen nanokompozit film için $2\theta = 21,6^\circ$, 26° ve 54° civarında pikler görülmektedir. Grafen ve modifiye grafenin 2θ pik şiddetlerine kıyasla 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen nanokompozit filmlerin XRD spektrumunda gözlenen değişiklikler, asit modifiye grafenin 2-HEC yapısına dahil edildiğini ortaya koymaktadır [30].



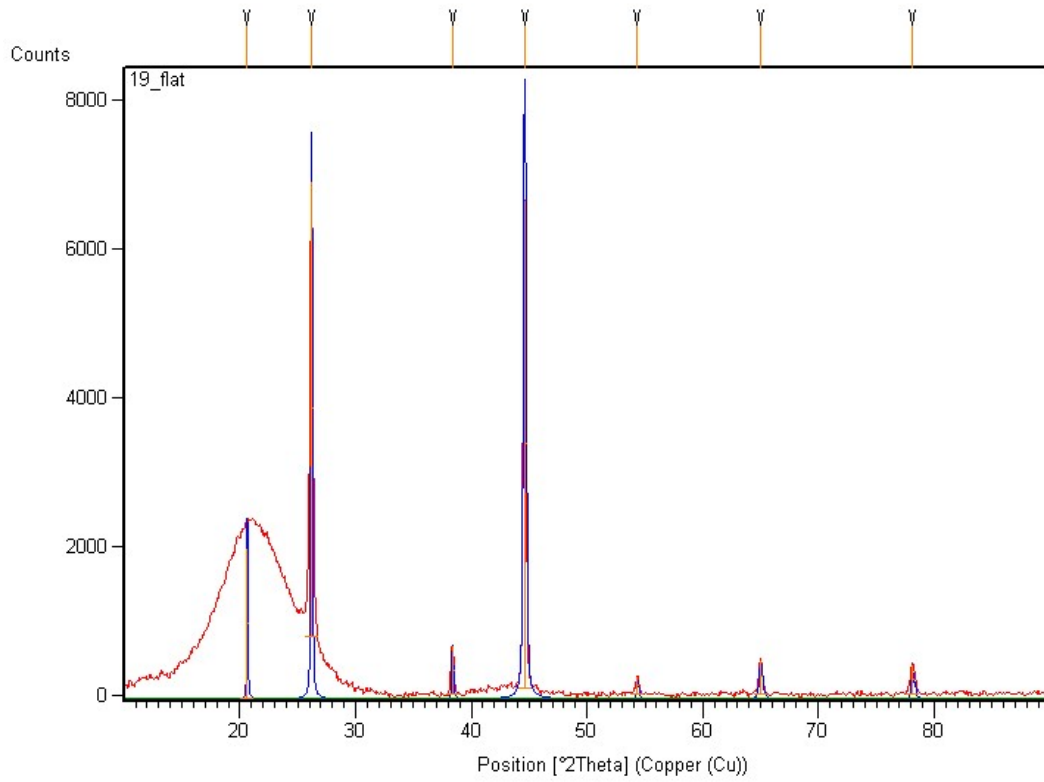
Şekil 4.17. 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen nanokompozit filme ait XRD spektrumu (Eklenti: 2-HEC filmine ait XRD spektrumu).

Şekil 4.18-4.23'te sırasıyla 2-HEC/grafen ve 2-HEC/HNO₃ modifiye grafenin DAM, AKN ve MAN ajanları ile muamelesi sonrası alınan XRD spektrumları verilmiştir.

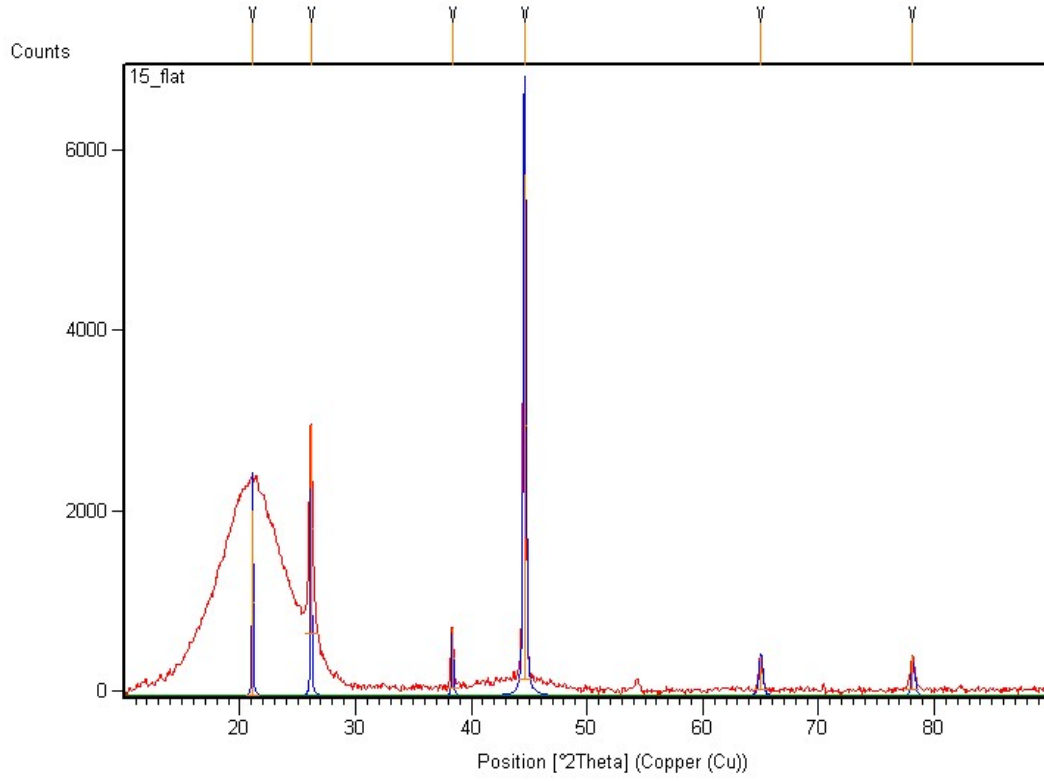
Şekil 4.19'da, $2\theta=20,6^\circ$ 'de görülen yayvan pik, 2-HEC selülozik omurgaya ait karakteristik piktir [114]. 26° 'de grafen tabakalarına karşılık gelen grafenin 2θ karakteristik kırınım piki görülmektedir. $2\theta = 38,5^\circ, 44,6^\circ, 65^\circ$ ve 78° 'de gözlenen keskin ve kristal yapı pikleri ise DAM ile muamele sonucu yapıda meydana gelen değişikliklere aittir.



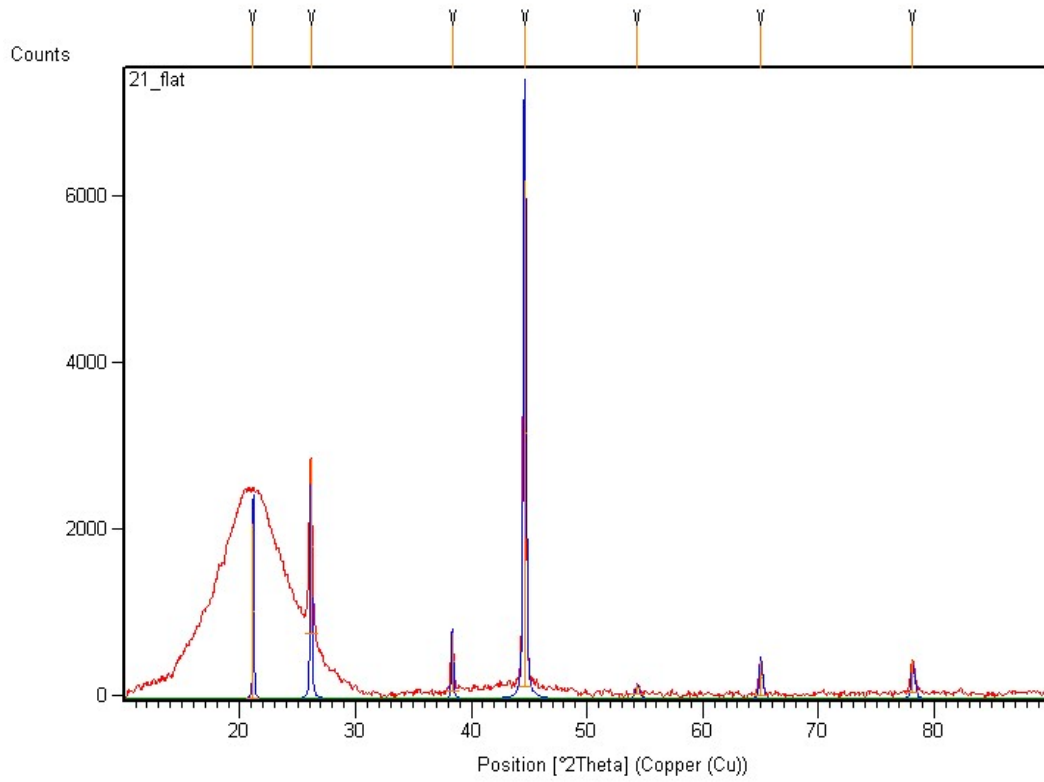
Şekil 4.18. 2-HEC/ grafen DAM nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



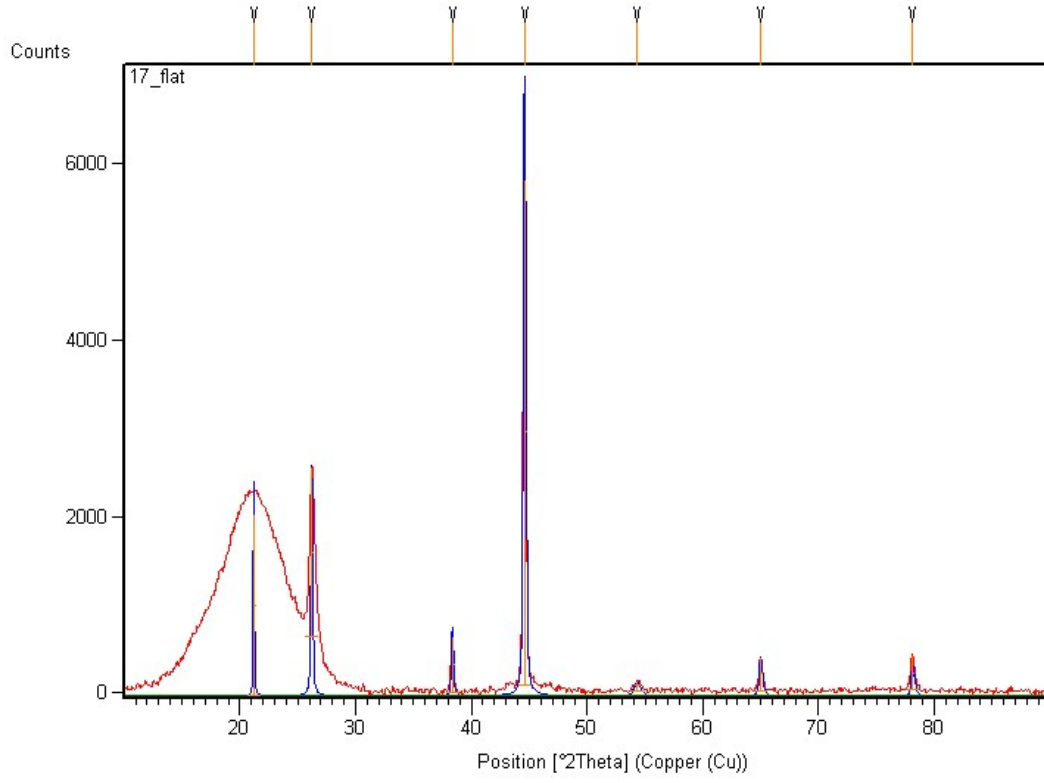
Şekil 4.19. 2-HEC/ modifiye grafen DAM nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



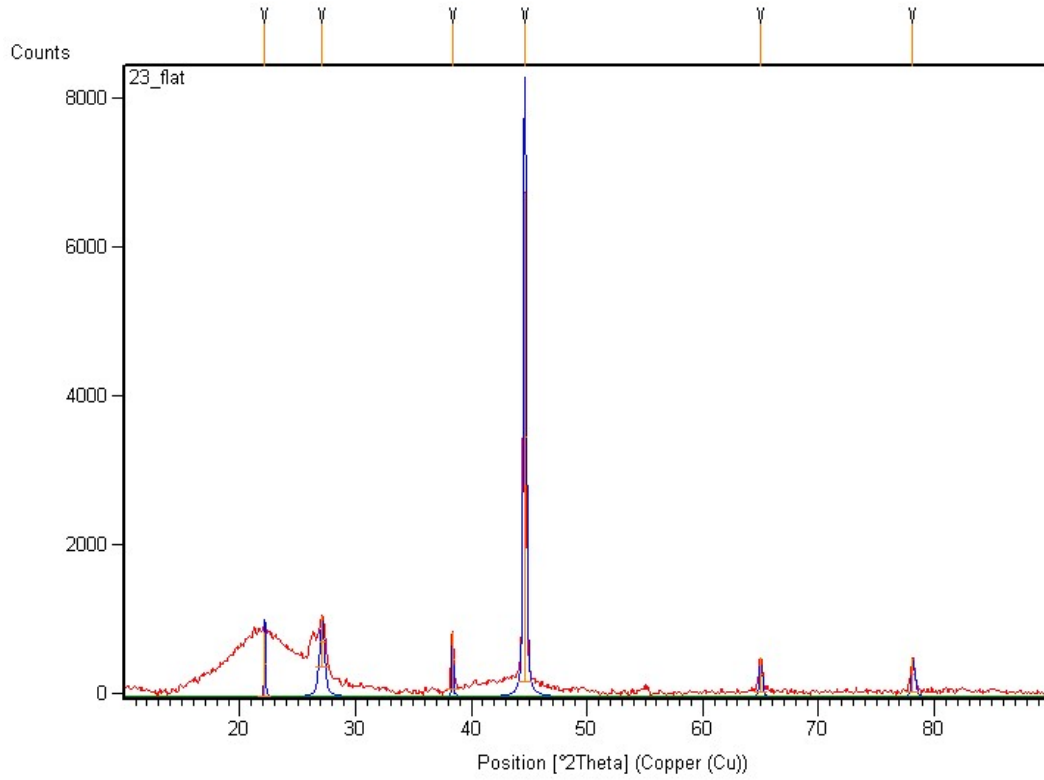
Şekil 4.20. 2-HEC/ grafen AKN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



Şekil 4.21. 2-HEC/ modifiye grafen AKN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



Şekil 4.22. 2-HEC/ grafen MAN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.



Şekil 4.23. 2-HEC/ modifiye grafen MAN nanokompozit filmlere ait XRD spektrumu.

Çizelge 4.1’de nanokompozitlerin bileşenleri olan 2-HEC ve grafene ait 2θ açısı değerleri ile bütün nanokompozitler için XRD spektrumlarından elde edilen 2θ açısı, yükseklik ve düzlemler arası mesafe (d-spacing)) sonuçları verilmiştir. Elde edilen nanokompozit filmlerin 2θ açısının $44,579^\circ$ ile $44,5943^\circ$ arasında, yüksekliğin 5360,2 ile 6697,65 arasında, d-mesafesinin ise 2,0319 ile 2,0326 arasında değiştiği; 2θ açısı ve d-mesafesinde önemli farklılıklar olmamakla birlikte yükseklikteki artış değerlerinin sırasıyla 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen MAN, 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen DAM ve 2-HEC/nötral SiO₂ AKN’e ait olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.1. Elde edilen nanokompozit filmlerine ait XRD verileri.

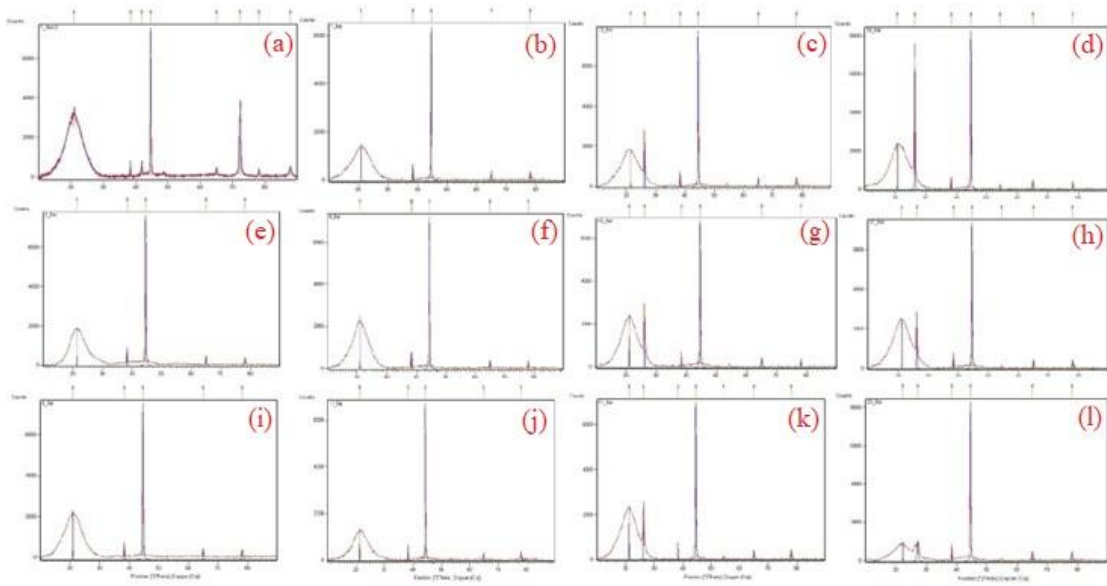
Numune	Pos. [°2Th.] 21,6	Pos. [°2Th.] 26	Pos. [°2Th.] θ	Yükseklik [cts]	d-mesafesi [Å]
2-HEC/nötral SiO ₂ DAM	20,9065	-	44,5790	6256,91	2,0326
2-HEC/hf-SiO ₂ DAM	20,8576	-	44,5871	5360,20	2,0322
2-HEC/ grafen DAM	21,4124	26,1449	44,5875	6304,37	2,0322
2-HEC/HNO ₃ m-grafen DAM	20,6481	26,1918	44,5915	6681,07	2,0320
2-HEC/nötral SiO ₂ AKN	21,3069	-	44,5834	6423,27	2,0324
2-HEC/ hf-SiO ₂ AKN	20,9817	-	44,5859	5822,60	2,0323
2-HEC/ grafen AKN	21,0857	26,1358	44,5808	5719,95	2,0325
2-HEC/HNO ₃ m-grafen AKN	21,1479	26,1286	44,5828	6195,87	2,0324
2-HEC/nötral SiO ₂ MAN	20,8734	-	44,5903	6154,18	2,0321
2-HEC/ hf-SiO ₂ MAN	20,9817	-	44,5836	5465,44	2,0324
2-HEC/ grafen MAN	21,1829	26,2044	44,5804	5844,73	2,0325
2-HEC/HNO ₃ m-grafen MAN	22,1560	27,0860	44,5943	6697,65	2,0319

Şekil 4.24’te bütün nanokompozitlerin XRD spektrumları, organik ajanlar ile muamele sonucu karşılaştırma amaçlı verilmiştir.

2-HEC/grafen DAM (Şekil 4.24c) $2\theta = 26,14^\circ$ ’de bulunan pikin 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen DAM (Şekil 4.24d) için $2\theta = 26,19^\circ$ ’de daha fazla yükseldiği görülmektedir.

Bunun nedenini, HNO_3 modifiye grafende oluşan kenar -OH grupları ile DAM yapısındaki NH_2 grupları arasındaki muhtemel etkileşme olarak gösterebiliriz.

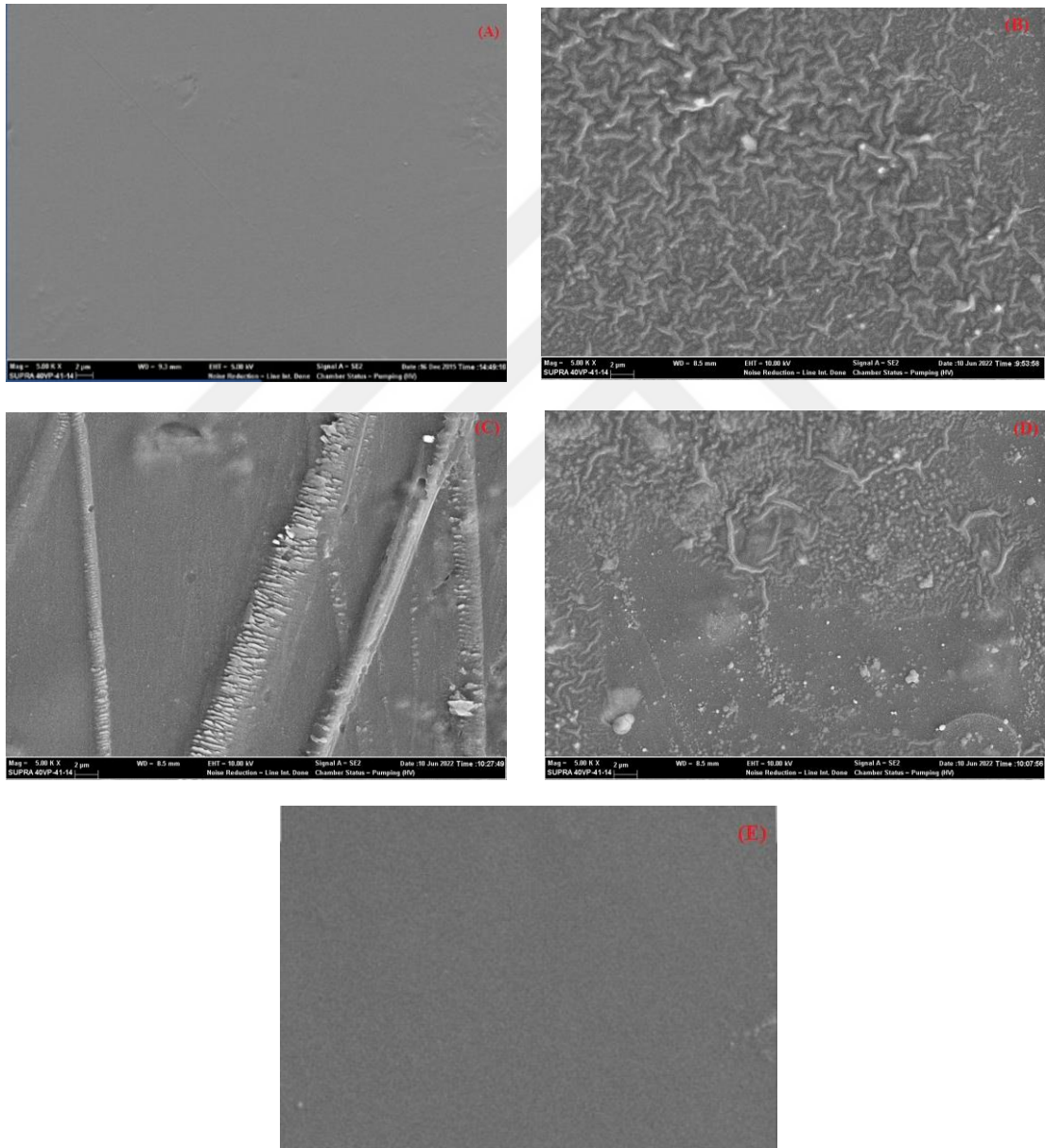
2-HEC/grafen MAN (Şekil 4.24k) $2\theta = 21,18^\circ$ 'de bulunan pikin şiddetinin 2-HEC/ HNO_3 modifiye grafen MAN (Şekil 4.24l) için $2\theta = 22,15^\circ$ 'de azaldığı görülmektedir. Bu sonucu, MAN yapısındaki fonksiyonel grubun, grafen üzerinde etkileşime girmediği ayrıca yapıda birtakım bozucu etkiler yarattığı şeklinde yorumlayabiliriz. FT-IR spektrumlarında MAN için gözlemlediğimiz sonuçlar da bu yorumumuzu destekleyici niteliktedir.



Şekil 4.24. Nanokompozit filmlere ait XRD spektrumları. Birinci satır: 2-HEC/nötral SiO_2 , hidrofilik SiO_2 , grafen, modifiye grafen DAM; İkinci satır: 2-HEC/nötral SiO_2 , hidrofilik SiO_2 , grafen, modifiye grafen AKN; Üçüncü satır: 2-HEC/nötral SiO_2 , hidrofilik SiO_2 , grafen, modifiye grafen MAN

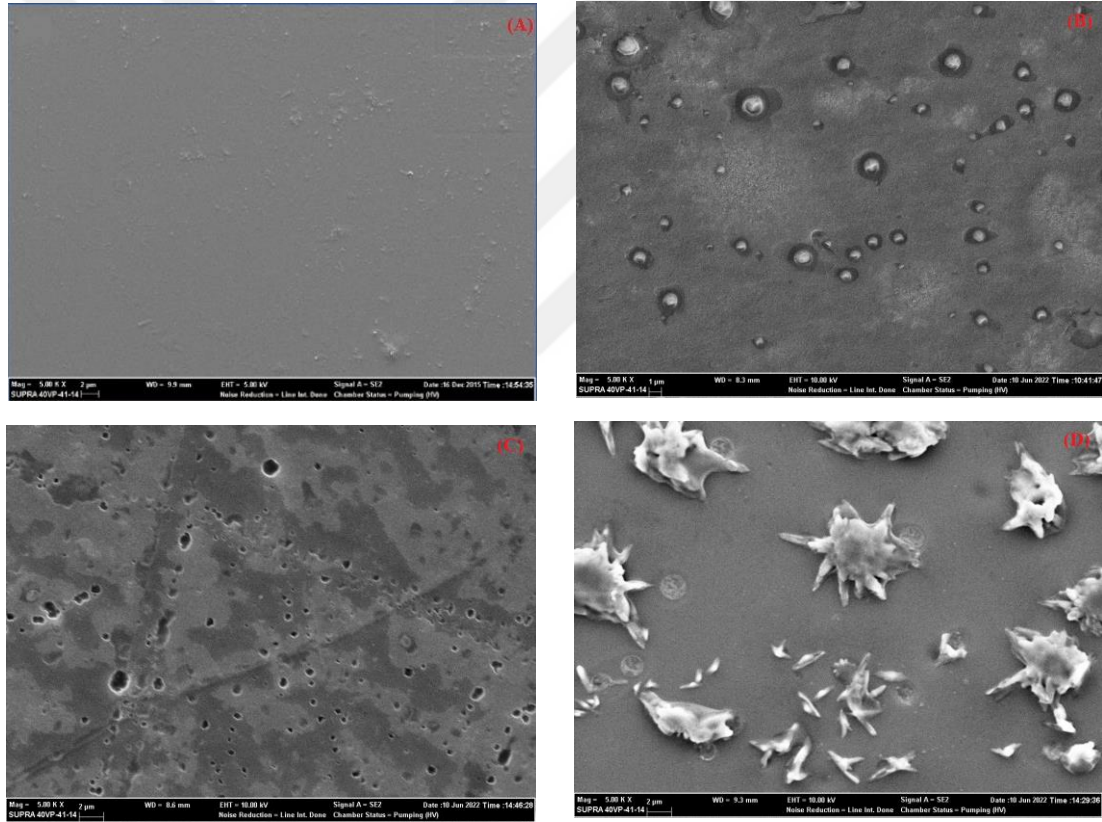
4.3. SEM- EDX Sonuçları

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), yüksek enerjili elektronlar kullanarak malzemelerin yüzey morfolojisi, topografyası, bileşimi, yüzey parçacıklarının yönelimini ve kristalografik yapısı hakkında bilgi vermektedir. Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDX), X-ışını kullanarak malzemelerin elementel bileşimini ve konsantrasyonlarını belirlemektedir [115]. Çalışmamızda, nanokompozit filmlerin yüzey morfolojileri SEM, elementlerin dağılımları ise EDX ile incelenmiştir.



Şekil 4.25. (A) 2-HEC/nötral SiO₂, (B) 2-HEC/nötral SiO₂ DAM, (C) 2-HEC/nötral SiO₂ MAN, (D) 2-HEC/nötral SiO₂ AKN nanokompozit ve (E) 2-HEC filmlere ait SEM görüntüleri.

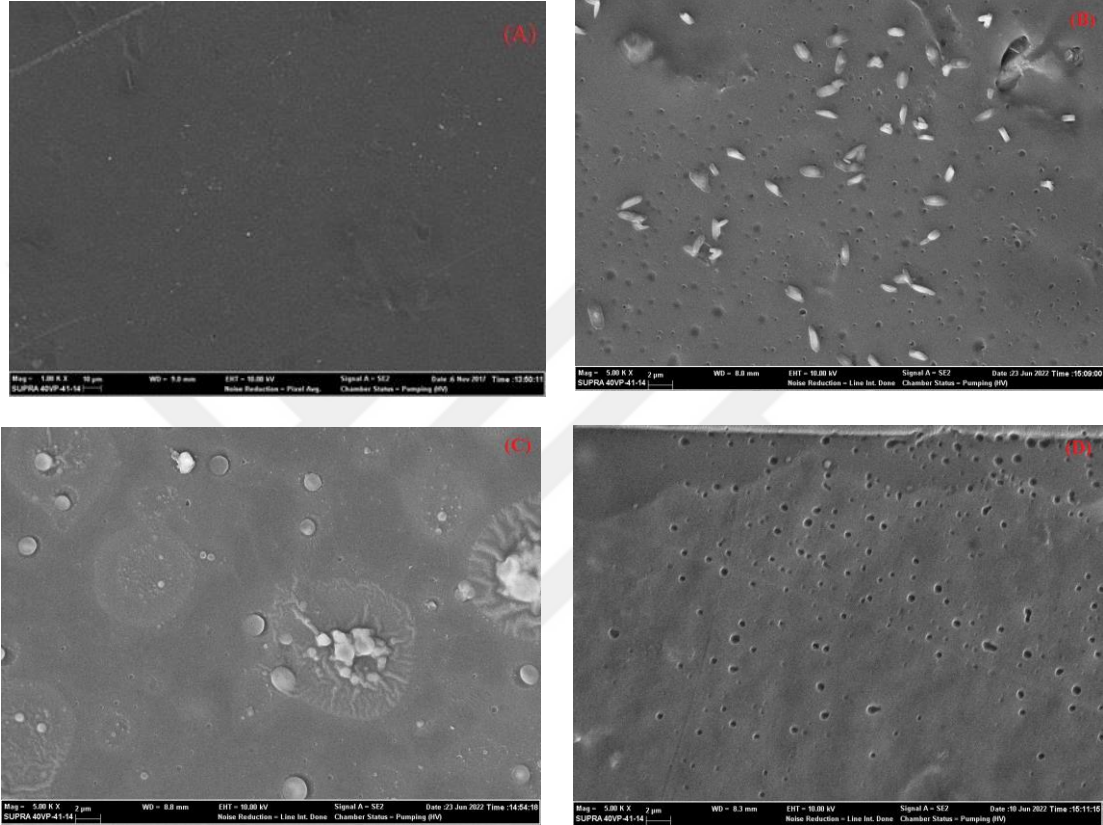
2-HEC/ nötral SiO_2 'ye organik ajanlar katkılanması ile nanokompozit yüzeyler üzerinde değişimler olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.25). 2-HEC film (E) pürüzsüz ve düzgün bir yüzeye sahiptir [116]. 2-HEC film yüzeyine SiO_2 eklenmesi ile 2-HEC/nötral SiO_2 'nin (A) yüzeyinde bazı yerlerde kısmi yığılmalar olduğu görülmektedir. Literatürde 2-HEC filmlere katkılanan nano parçacıkların hidrofobik ve/veya hidrofilik olmaları benzer etki yaratmıştır [117]. 2-HEC/nötral SiO_2 yüzeyine DAM'ın dahil edilmesi ile yüzey pürüzlülüğü artmakta ve kırışıklıklar şeklinde yapılar oluştuğu görülmektedir. Yüzeye MAN'ın dahil edilmesi ile genel olarak yüzey pürüzlülük seviyesinin korunduğu ve yüzeyde kısmen farklı kalınlıklarda life benzer yapılar oluştuğu görülmektedir. AKN'nin yüzeye dahil edilmesi ile yüzeyde kırışıklıklar ve farklı boyutlarda dairesel yapılar meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 4.26. (A) 2-HEC/hidrofilik SiO_2 , (B) 2-HEC/ hidrofilik SiO_2 DAM, (C) 2-HEC/ hidrofilik SiO_2 MAN, (D) 2-HEC/ hidrofilik SiO_2 AKN nanokompozit filmlere ait SEM görüntüleri.

2-HEC/ hidrofilik SiO_2 'ye organik ajanlar katkılanması ile nanokompozit yüzeyler üzerinde değişimler olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.26). 2-HEC/ hidrofilik SiO_2 'nin (A)

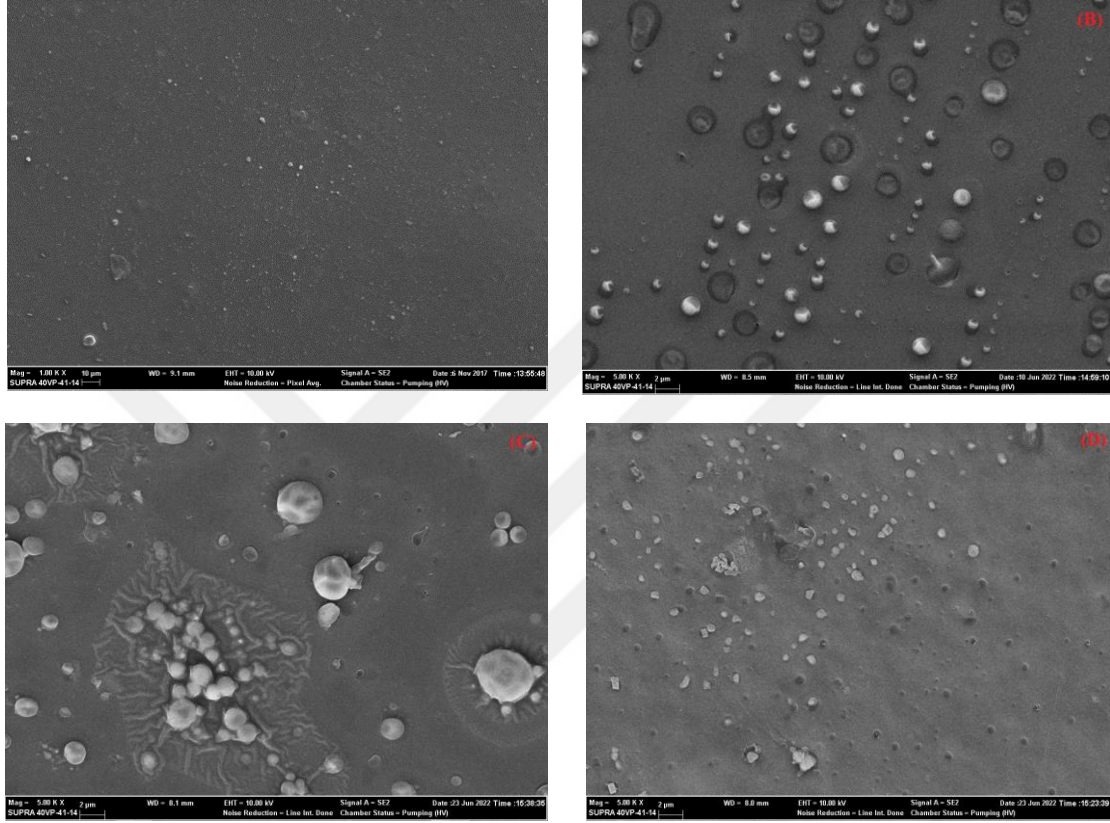
yüzeyinde bazı dağınık topaklanmalar olduğu görülmektedir. DAM'ın yüzeye dahil edilmesi ile yüzey renginin koyulaştığı, yüzey üzerinde düzensiz farklı boyutlarda dairesel yapılar oluştuğu görülmektedir. MAN'ın yüzeye dahil edilmesi ile yüzeyde lekelenme şeklinde bir görüntü oluştuğu, yüzey üzerinde düzensiz ve farklı boyutlarda çukurlar oluştuğu görülmektedir. AKN'nin yüzeye dahil edilmesi ile yüzeyin pürüzsüz bir yüzey üzerinde toplu kristal yapılar oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.27. (A) 2-HEC/grafen, (B) 2-HEC/ grafen DAM, (C) 2-HEC/ grafen MAN (D) 2-HEC/ grafen AKN nanokompozit filmlere ait SEM görüntüleri.

2-HEC/grafene organik ajanlar katkılanması ile nanokompozit yüzeyler üzerinde değişimler olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.27). 2-HEC filme grafen eklenmesi ile 2-HEC/grafen'in (A) pürüzlü bir hal aldığı görülmektedir. Grafene ait fonksiyonel gruplardan kaynaklanan bu pürüzlülük 2-HEC matrisinde grafenin düzgün dağılımını iyileştirebilir ve grafen katmanları ile 2-HEC zinciri arasındaki arayüz etkileşimini artırabilir [112]. DAM'ın yüzeye dahil edilmesi ile yüzey renginin koyulaştığı, yüzey üzerinde düzensiz farklı boyutlarda çukurlar ve tekli kristal yapılar oluştuğu

görülmektedir. MAN'ın yüzeye dahil edilmesi ile yüzeyde bazı dairesel lekelenmeler ve bu lekelenmeler içerisinde kırışıklıklar görülmektedir. Yüzeyde dairesel dağınık dairesel yapılar görülmektedir. AKN'nin yüzeye dahil edilmesi ile yüzeyde dağınık ve farklı boyutlarda çukurlar oluştuğu görülmektedir.

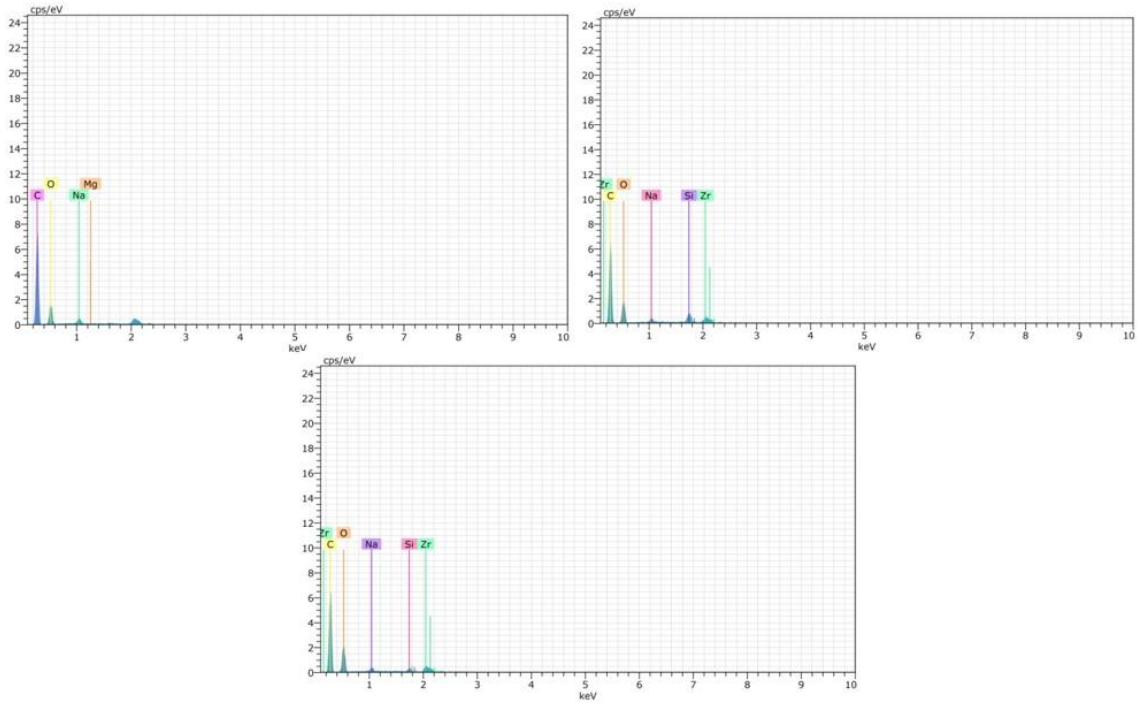


Şekil 4.28. (A) 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen, (B) 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen DAM, (C) 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen MAN (D) 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen AKN nanokompozit filmlere ait SEM görüntüleri.

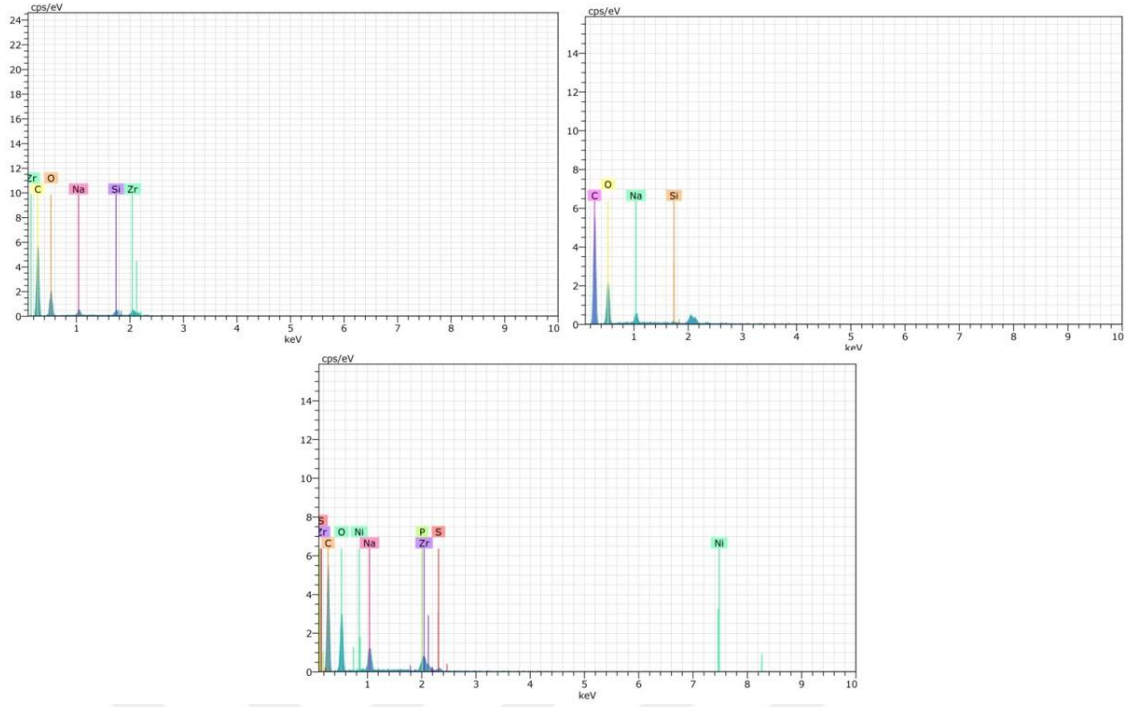
2-HEC/HNO₃ modifiye grafene organik ajanlar katkılanması ile nanokompozit yüzeyler üzerinde değişimler olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.28). HNO₃ ile modifiye grafenin 2-HEC yüzeyine eklenmesi ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı ve yapraksı yapıların meydana geldiği 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen'in (A) yüzeyinde görülmektedir [30]. DAM'ın yüzeye dahil edilmesi ile yüzey pürüzsüzleştiği ve renginin koyulaştığı, yüzey üzerinde düzensiz farklı boyutlarda çukurlar ve damlacıklar şeklinde yapılar oluştuğu görülmektedir. MAN'ın yüzeye dahil edilmesi ile yüzeyde kırışıklar oluştuğu ve düzensiz

farklı boyutlarda küre şeklinde yapılar oluştuğu görülmektedir. AKN'nin yüzeye dahil edilmesi ile yüzeyin dalgalı bir hal aldığı, çukurlar ve kristal yapılar oluştuğu görülmektedir.

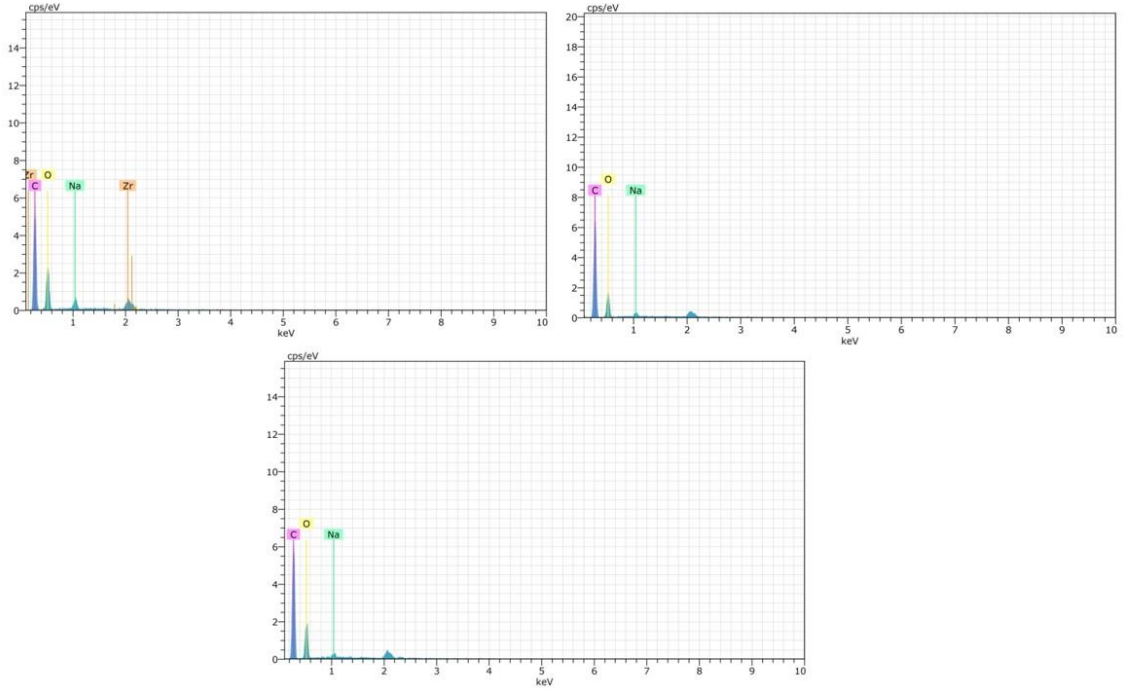
Şekil 4.29-4.32'de, organik ajanlarla muamele sonucunda 2-HEC nanokompozit filmlerin bileşiminde meydana gelen elementel bazda değişiklikleri gösteren Enerji Dağılımı (EDX) spektrumları verilmiştir.



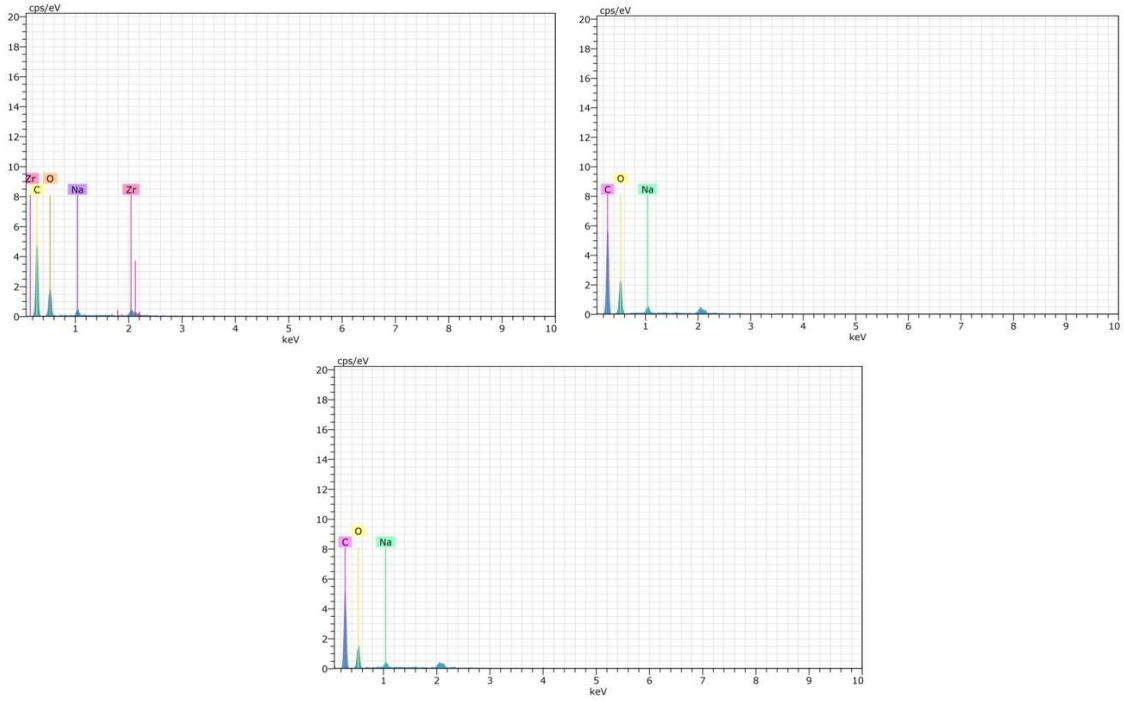
Şekil 4.29. (A) 2-HEC/nötral SiO₂ DAM, (B) 2-HEC/nötral SiO₂ MAN, (C) 2-HEC/nötral SiO₂ AKN nanokompozit filmlere ait EDX spektrumları.



Şekil 4.30. (A) -HEC/hidrofilik SiO₂ DAM, (B) 2-HEC/hidrofilik SiO₂ MAN, (C) 2-HEC/hidrofilik SiO₂ AKN nanokompozit filmlere ait EDX spektrumları.



Şekil 4.31. (A) 2-HEC/grafen SiO₂ DAM, (B) 2-HEC/grafen SiO₂ MAN (C) 2-HEC/grafen SiO₂ AKN nanokompozit filmlere ait EDX spektrumları.



Şekil 4.32. (A) 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen DAM, (B) 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen MAN (C) 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen AKN nanokompozit filmlere ait EDX spektrumları.

Bu çalışma sonucunda elde edilen normalize edilmiş konsantrasyon yüzdeleri malzeme yüzeyindeki kaplamada bulunan elementlerin yüzeye tutunma durumu hakkında bilgi vermektedir. Çizelge 4.2’de; 2-HEC/nötral SiO₂, 2-HEC/hidrofilik SiO₂, 2-HEC/grafen, 2-HEC/HNO₃ modifiye grafenin ayrı ayrı DAM, MAN ve AKN ile katkılanması sonucu oluşan nanokompozit filmlere ait EDX sonuçları verilmiştir. 2-HEC/nötral SiO₂’ ye DAM, MAN, AKN eklenmesi sonucunda en yüksek C atom yüzdesi DAM eklenmesi ile en yüksek O atomu yüzdesi ise AKN eklenmesi ile görülmüştür. 2-HEC/hidrofilik SiO₂’ ye DAM, MAN, AKN eklenmesi sonucunda en yüksek C atom yüzdesi DAM eklenmesi ile en yüksek O atomu yüzdesi ise MAN eklenmesi ile görülmüştür. 2-HEC/ grafen SiO₂’ ye DAM, MAN, AKN eklenmesi sonucunda en yüksek C atom yüzdesi MAN eklenmesi ile en yüksek O atom yüzdesi ise AKN eklenmesi ile görülmüştür. 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen’e DAM, MAN, AKN eklenmesi sonucunda en yüksek C atom yüzdesi AKN eklenmesi ile en yüksek O atom yüzdesinin ise MAN eklenmesi ile olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. Nanokompozit filmlerdeki element yüzdeleri.

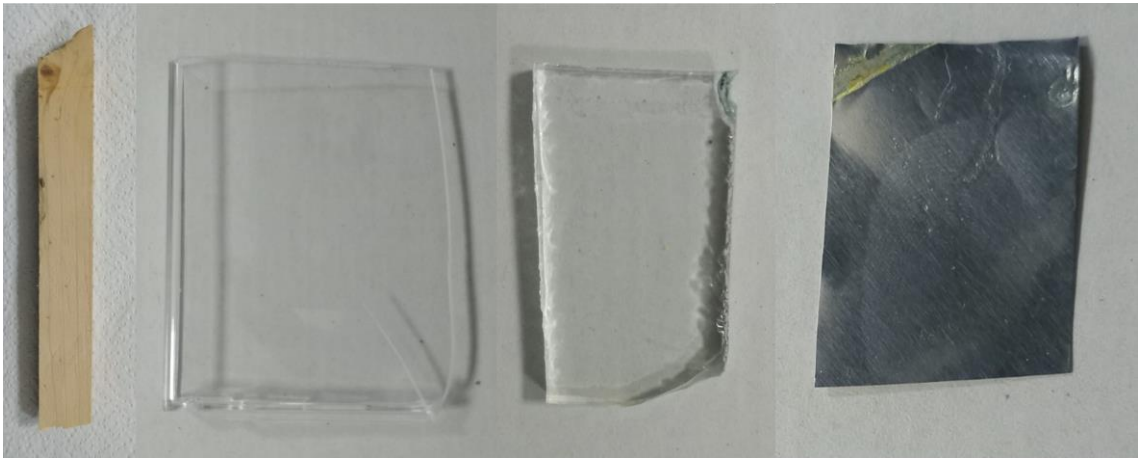
Numune	%C	%O	% Si
2-HEC/nötral SiO ₂ DAM	73,33	25,04	-
2-HEC/nötral SiO ₂ MAN	72,54	22,15	2,90
2-HEC/nötral SiO ₂ AKN	70,30	26,21	0,98
2-HEC/hf-SiO ₂ DAM	69,37	26,03	1,78
2-HEC/ hf-SiO ₂ MAN	65,38	32,10	0,31
2-HEC/ hf-SiO ₂ AKN	62,02	30,61	-
2-HEC/ grafen SiO ₂ DAM	66,71	29,21	-
2-HEC/ grafen SiO ₂ MAN	72,15	26,53	-
2-HEC/ grafen SiO ₂ AKN	68,46	30,40	-
2-HEC/HNO ₃ m-grafen DAM	68,37	28,32	-
2-HEC/HNO ₃ m-grafen MAN	64,11	33,97	-
2-HEC/HNO ₃ m-grafen AKN	69,91	28,14	-

görülmüştür (Şekil 4.34). Solüsyonun daha uçucu bir hale getirilmesi ve uygun nem, sıcaklık ve solüsyon miktarlarının tespit edilmesi ile başarılı sonuçlar elde edilebileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 4.34. Buharlama uygulaması sonucu oluşan görüntü.

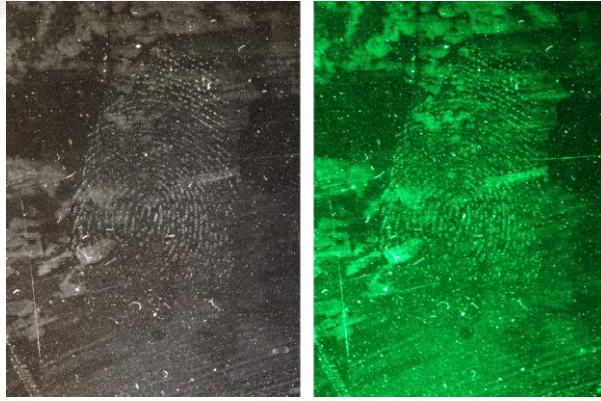
Daldırma metodunda; hazırlanan solüsyon yayvan bir kaba konulmuş ve üzerinde gizli parmak izi bırakılmış yüzeyler solüsyon içerisine 1-2 sn. daldırılarak çıkarılmıştır. Daldırma yöntemi sonucunda solüsyonun parmak izi kalıntıları üzerinde tutunmadığı ve yüzey üzerinde kısmi olarak kalan solüsyonun yüzey üzerinde film parçaları şeklinde kaldığı görülmüştür (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Daldırma uygulaması sonucu oluşan görüntü (ahşap, plastik, cam ve folyo yüzeylerde).

Film dökme metodunda ise; gizli parmak izlerinin bulunduğu yüzey üzerine solüsyon en az 1-2 mm sıvı yüksekliği olacak şekilde şırınga ile izlere zarar vermeyecek şekilde yavaşça uygulanmıştır. Uygulamadan sonra sıvının kuruması için oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Kâğıt ve işlenmemiş ahşap yüzeylerde nanokompozit filmler oluşmuş fakat kaldırılamamıştır. Cam, plastik, alüminyum folyo, işlenmiş ahşap ve metal yüzeylerde başarılı bir şekilde nanokompozit filmler oluşmuş ve izleri kaldırmıştır.

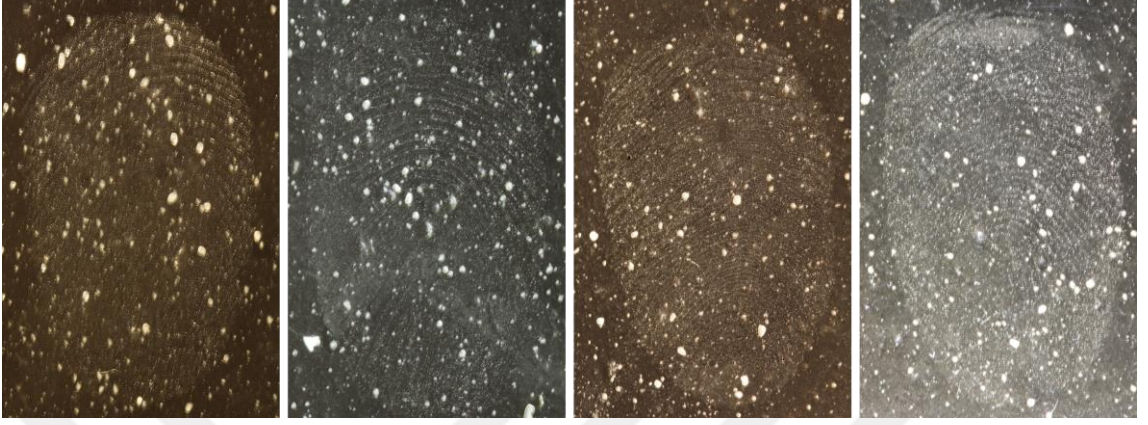
Elde edilen veriler ışığında film dökme yöntemi; cam, plastik, alüminyum folyo, işlenmiş ahşap ve metal yüzeylerdeki tüm parmak izlerine uygulanmıştır. Bu yüzeylerde oluşan nanokompozit filmlerin izleri kaldırdığı, yeterli esnekliğe sahip olduğu ve izleri koruduğu görülmüştür. Nanokompozit filmler arasında daha kalın olanların daha esnek olduğu, alüminyum folyo ve işlenmiş ahşap yüzeyler üzerine uygulanan nanokompozit filmlerin daha zor kaldırıldığı, en kolay cam yüzeyler üzerinden kaldırıldığı görülmüştür. Nanokompozit film ile kaldırılan bazı izlere müteakip geliştirme/renglendirme işlemi yapılmıştır. Mukayeseye elverişli olmadığı değerlendirilen izlerden birkaçına Basic Yellow yöntemi uygulanmış ve izlerin görünür hale geldiği görülmüştür (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Nanokompozit film ile kaldırılan gizli parmak izine Basic Yellow uygulanması.

Tüm yüzeylerden başarılı bir şekilde kaldırılan izler fotoğraflanmayı müteakiben parmak ve avuç izi uzmanı tarafından değerlendirilmiştir. İzler adli incelemelerde olay yeri izlerinin tasnifinde kullanılmakta olan: mukayeseye elverişli iz, mukayese elverişsiz iz ve

iz yoktur şeklinde sınıflandırılmıştır. Başarılı bir şekilde geliştirilen parmak izlerinden bazıları Şekil 4.37 – 4.40 arasında sunulmuştur.



Şekil 4.37. 2-HEC/nötral SiO₂ MAN'ın 1, 3, 5 ve 7 günlük izler üzerinde uygulama sonuçları.



Şekil 4.38. 2-HEC/nötral SiO₂ AKN'nin 1, 3, 5 ve 7 günlük izler üzerinde uygulama sonuçları.



Şekil 4.39. 2-HEC/hidrofilik SiO₂ AKN'nin 1, 3, 5 ve 7 günlük izler üzerinde uygulama sonuçları.



Şekil 4.40. 2-HEC/grafen MAN'ın 1, 3, 5 ve 7 günlük izler üzerinde uygulama sonuçları.

Uygulamalar sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Uygulamalar sonucunda elde edilen veriler.

Film Dökme Uygulamaları Sonucunda Elde Edilen Veriler						
Nanokompozit	Yüzey	1 gün	3 gün	5 gün	7 gün	14 gün
2-HEC/nötral SiO ₂ AKN	Cam	2	2	2	2	2
	Plastik	2	2	2	2	2
	Alüminyum Folyo	1	1	0	0	0
	İşlenmiş Ahşap	0	0	0	0	0
	Metal	0	0	0	0	0
2-HEC/nötral SiO ₂ MAN	Cam	2	2	2	2	2
	Plastik	2	1	1	0	0
	Alüminyum Folyo	1	0	0	0	0
	İşlenmiş Ahşap	0	0	0	0	0
	Metal	0	0	0	0	0
2-HEC/hidrofilik SiO ₂ AKN	Cam	2	2	2	2	2
	Plastik	2	2	2	2	1
	Alüminyum Folyo	1	1	0	0	0
	İşlenmiş Ahşap	0	0	0	0	0
	Metal	0	0	0	0	0
2-HEC/ hidrofilik SiO ₂ MAN	Cam	1	0	0	0	0
	Plastik	2	2	2	2	2
	Alüminyum Folyo	1	0	0	0	0
	İşlenmiş Ahşap	0	0	0	0	0
	Metal	0	0	0	0	0
2-HEC/grafen AKN	Cam	2	2	2	2	2
	Plastik	2	2	2	2	2
	Alüminyum Folyo	0	0	0	0	0
	İşlenmiş Ahşap	0	0	0	0	0
	Metal	0	0	0	0	0
2-HEC/ grafen MAN	Cam	2	2	2	2	1
	Plastik	2	2	2	2	2
	Alüminyum Folyo	0	0	0	0	0
	İşlenmiş Ahşap	0	0	0	0	0
	Metal	0	0	0	0	0
2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen AKN	Cam	1	1	0	0	0
	Plastik	1	1	1	0	0
	Alüminyum Folyo	1	0	0	0	0
	İşlenmiş Ahşap	0	0	0	0	0
	Metal	0	0	0	0	0
2-HEC/HNO ₃ modifiye grafen MAN	Cam	2	2	2	2	2
	Plastik	2	2	2	2	2
	Alüminyum Folyo	0	0	0	0	0
	İşlenmiş Ahşap	0	0	0	0	0
	Metal	0	0	0	0	0

Çizelge 4.3'te belirtilen yüzeyler üzerine bırakılmış 1, 3, 5, 7 ve 14 günlük izlere uygulanan nanokompozit solüsyon sonuçları verilmiştir. Çizelgede 0: nanokompozit filmin başarılı bir şekilde oluştuğu ve kaldırıldığı fakat iz olmadığını, 1: izin olduğunu fakat mukayeseye elverişli olmadığını, 2 ise, mukayeseye elverişli izi ifade etmektedir.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; en başarılı sonuçların yeni izlerden alındığı, izlerin yüzeyde kalış süresi arttıkça mukayeseye elverişliliğin azaldığı, en başarılı yüzeylerin cam ve plastik yüzeyler olduğu, işlenmiş ahşap ve metal yüzeylerden izlerin kaldırılamadığı görülmüştür. Tüm nanokompozit solüsyonlar arasında sırasıyla en başarılı olanların; 2-HEC/nötral SiO₂ AKN, 2-HEC/hidrofilik SiO₂ AKN ve 2-HEC/grafen AKN olduğu ve eski izlerde bile tüm parmak izlerinin mukayeseye elverişli olduğu görülmüştür. Cam yüzeylerde, 2-HEC/hidrofilik SiO₂ MAN ve 2-HEC/HNO₃ grafen AKN dışında tüm solüsyonların oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Plastik yüzeylerde 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen AKN ve 2-HEC/nötral SiO₂ MAN dışında tüm solüsyonlar başarılı olmuştur ve en başarılı solüsyon 2-HEC/grafen AKN'dir. Alüminyum folyo yüzeylerde ise sadece 2-HEC/nötral SiO₂, 2-HEC/nötral SiO₂ AKN, 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen AKN, 2-HEC/nötral SiO₂ MAN ve 2-HEC/hidrofilik SiO₂ MAN solüsyonlarının yeni parmak izlerinde izleri kaldırdığı ancak sonuçların mukayeseye elverişli olmadığı görülmüştür. AKN'li solüsyonların MAN'lı solüsyonlara göre daha başarılı olduğu ve AKN'li solüsyonların kendi arasında yakın sonuçlara sahip olduğu da ayrıca görülmüştür.

Literatür incelendiğinde araştırmamızda kullanılan MAN, AKN, EMN ve DAM organik ajanları parmak izi incelemeleri alanında ilk kez çalışılmıştır. Çalışmamızda geliştirilen solüsyonların kullanıcı sağlığına zararsız olmasının yanında nanokompozit filmler ile olay yeri inceleme birimleri tarafından izlerin kaldırılmasında kullanılan nakil bantları yerine izlerin aktarılmasında ve saklanmasında kullanılabileceği gibi izlerin görünür hale getirilmesini de sağlamaları en büyük avantajları arasındadır. Çalışmamızda; nötral SiO₂, hidrofilik SiO₂, orijinal grafen ve HNO₃ modifiye grafen; EMN, AKN, MAN ve DAM ile modifiye edilerek solüsyon çeşitliliği sağlanması, solüsyonların karakterizasyon işlemlerinin FT-IR, XRD ve SEM-EDX sonuçları ile karşılaştırmalı incelenmesi, elde edilen nanokompozitlerin uygulandığı yüzeylerin adli incelemelerde en sık kullanılan

yüzeyler olması ve yüzeyler arasında iz kaldırma özellikleri ve iz kaldırma yöntemleri açısından kıyaslama yapılabilmesi, 1, 3, 5, 7 ve 14 gün olmak üzere beş farklı zamanda yüzeylere bırakılan parmak izlerinin kıyaslanabilmesi, uygulanan tüm aşamaların kendi aralarında karşılaştırılması ve mukayeseye elverişli izlerin parmak ve avuç izi uzmanı tarafından incelenmesi solüsyonların başarısını değerlendirmek açısından çalışmamızı değerli kılmaktadır.

Mevcut solüsyonun daha uçucu bir hale getirilmesi ve uygun nem, sıcaklık ve solüsyon miktarlarının tespit edilmesi ile daha başarılı sonuçlar elde edilebileceği değerlendirilmektedir.



5. YORUM

- Bu tez çalışmasındaki amaç, çevre dostu malzemelerin kullanıldığı farklı yüzeylerde etkili, kullanıcı sağlığına zarar vermeyen, düşük maliyetli, parmak ve avuç izi geliştirme tekniği geliştirmektir. Bu maksatla doğada bol bulunan, düşük maliyetli, çevre dostu 2-HEC, SiO₂, grafen ve AKN, DAM, MAN ve EMN malzemeleri seçilmiştir.
- Çalışmanın ilk bölümünde, nötral SiO₂, hidrofilik SiO₂, orijinal grafen ve HNO₃ modifiye grafen; EMN, AKN, MAN ve DAM ile modifiye edilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında, modifiye edilen nanopartiküller, 0,01 g ve 0,005 g miktarlarda kullanılarak 2-HEC süspansiyonları hazırlanmış ve filmler elde edilmiştir.
- Elde edilen nanokompozit filmlerin FT-IR, XRD ve SEM-EDX enstrümantal analiz yöntemleri ile karakterizasyonları yapılmıştır.
- Karakterizasyon çalışmaları kullanılan organik ajanların yapıya başarılı bir şekilde katkılандığını göstermiştir.
- Yapılan uygulama alanı çalışması kapsamında film dökme yöntemi dışında uygulanabilecek yöntemler sorgulanmış ve uygulanabilecek alternatif yöntemler olarak buharlama, daldırma ve püskürtme metotları denenmiştir.
- Analiz sonuçlarına göre belirlenen sekiz solüsyon, kriminal incelemelerde en sık karşılaşılan yedi (cam, plastik, kâğıt, alüminyum folyo, işlenmiş ahşap, işlenmemiş ahşap ve metal) yüzey üzerinde beş farklı (1, 3, 5, 7 ve 14) zamanda bırakılmış izler üzerine uygulanmıştır.
- Uygulama sonucunda kâğıt ve işlenmemiş ahşap dışındaki tüm yüzeylerde başarılı bir şekilde nanokompozit film oluşmuş ve kaldırılmıştır. Nanokompozit filmlerin izleri kaldırdığı, yeterli esnekliğe sahip olduğu ve izleri koruduğu görülmüştür. Nanokompozit filmler arasında daha kalın olanların daha esnek olduğu, alüminyum folyo ve işlenmiş ahşap yüzeyler üzerine uygulanan nanokompozit filmlerin daha zor kaldırıldığı, en kolay cam yüzeyler üzerinden kaldırıldığı görülmüştür.

- Tüm nanokompozit solüsyonlar arasında sırasıyla en başarılı olanların; 2-HEC/nötral SiO₂ AKN, 2-HEC/hidrofilik SiO₂ AKN ve 2-HEC/grafen AKN olduğu ve eski izlerde bile tüm parmak izlerinin mukayeseye elverişli olduğu görülmüştür. Cam yüzeylerde, 2-HEC/hidrofilik SiO₂ MAN ve 2-HEC/HNO₃ grafen AKN dışında tüm solüsyonlar oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Plastik yüzeylerde 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen AKN ve 2-HEC/nötral SiO₂ MAN dışında tüm solüsyonlar başarılı olmuş ve en başarılı solüsyon 2-HEC/grafen AKN olarak gözlenmiştir. Alüminyum folyo yüzeylerde ise sadece 2-HEC/nötral SiO₂, 2-HEC/nötral SiO₂ AKN, 2-HEC/HNO₃ modifiye grafen AKN, 2-HEC/nötral SiO₂ MAN ve 2-HEC/ hidrofilik SiO₂ MAN solüsyonlarının yeni parmak izlerinde izleri kaldırdığı ancak sonuçların mukayeseye elverişli olmadığı görülmüştür. AKN'li solüsyonların MAN'lı solüsyonlara göre daha başarılı olduğu ve AKN'li solüsyonların kendi arasında yakın sonuçlara sahip olduğu da ayrıca görülmüştür.
- Geliştirilen solüsyonların kullanıcı sağlığına zarar vermemesi yanında nanokompozit filmler ile olay yeri inceleme birimleri tarafından izlerin kaldırılmasında kullanılan nakil bantları yerine izlerin aktarılmasında ve saklanmasında kullanılabileceği gibi izlerin görünür hale getirilmesini de sağlamaları en büyük avantajları arasındadır.
- Tez çalışmasında kullanılan AMN, AKN, EMN ve DAM organik ajanları parmak izi incelemeleri alanında ilk kez çalışılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- [1] R. Saferstein, Criminalistics : an introduction to forensic science, Edition 11. Global edition. ed., Pearson, Boston, 2015.
- [2] M.M. Houck, Forensic science : modern methods of solving crime, Praeger Publishers, Westport, Conn, 2007.
- [3] R. Sanders, Helping the jury evaluate eyewitness testimony: The need for additional safeguards, Am. J. Crim. L., 12 (1984) 189.
- [4] V.W. Weedn, Recent developments in the forensic sciences, US Att'ys Bull., 65 (2017) 3.
- [5] J. Fraser, Forensic science: a very short introduction, Oxford University Press2020.
- [6] W.J. Bodziak, Footwear impression evidence: detection, recovery, and examination, CRC Press2017.
- [7] B.L. Garrett, Wrongful convictions, Annual Review of Criminology, 3 (2020) 245-259.
- [8] A.J. Bertino, Forensic Science-Fundamentals and Investigations. 2000, Mason, OH: South-Western Cengage Learning, 386.
- [9] S. Weinberg, The Literature of Wrongful Conviction, The Missouri Review, 35 (2012) 177-188.
- [10] N. Jiang, N. Jiang, Jiang, Wrongful Convictions in China, Springer2016.
- [11] M.S. Denov, K.M. Campbell, Criminal injustice: Understanding the causes, effects, and responses to wrongful conviction in Canada, Journal of Contemporary Criminal Justice, 21 (2005) 224-249.
- [12] S. Irazola, E. Williamson, J. Stricker, E. Niedzwiecki, Study of victim experiences of wrongful conviction, ICF International, (2013).
- [13] C.o.L. Michigan State Univ, The National Registry Of Exonerations, Michigan State University College of Law, 2022.
- [14] W.R. Miller, The Social History of Crime and Punishment in America: A-De, Sage2012.
- [15] R. Julian, S. Kelty, Forensic Science and Justice: From Crime Scene to Court and Beyond, Taylor & Francis, 2012, pp. 1-6.
- [16] The future of forensic and crime scene science, June 2005. Centre for Forensic Investigation, School of Science & Technology, University of Teesside, Forensic Sci Int, 157 Suppl 1 (2006) S2-6.
- [17] J.A. Siegel, K. Mirakovits, Forensic science : the basics, Fourth edition ed., CRC Press, Boca Raton, 2021.
- [18] JKDB, Adli Bilimler, Jandarma Kriminal Daire Başkanlığı2011.

- [19] O. Celbiş, İ. MY, Adli Bilimler Kimlik, Yeniden Yapılandırma ve Ölüm, 1, Baskı. Ankara, Akademisyen Yayınevi, (2016).
- [20] C. Öztürk, Ceza muhakemesinde iz bilimi kriminalistik gerçeği, Seçkin2006.
- [21] M.M. Houck, J.A. Siegel, Adli bilimlerin temeli, Nobel Akademik Yayıncılık2016.
- [22] M. Kaygısız, Kriminalistik Olay Yeri İnceleme Suç Yeri ve Delil Güvenliği, Adalet Publisher, 2007.
- [23] H. Dokgöz, İçinde: Dokgöz H Editör, Adli Tıp & Adli Bilimler, Ankara: Akademisyen Kitabevi, (2019) 1-30.
- [24] J.I. Khan, T.J. Kennedy, D.R. Christian, Basic principles of forensic chemistry, Springer2012.
- [25] Adli Kimliklendirme ve Adli Tıp, Jandarma ve Sahil Güvenlik Akademisi Yayınları, Ankara, 2022.
- [26] S. Bell, Forensic chemistry, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2006.
- [27] S. Bell, Forensic chemistry, Third edition. ed., CRC Press, Boca Raton, 2022.
- [28] K.M. Elkins, Introduction to forensic chemistry, CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2019.
- [29] J.A. Siegel, ProQuest, Forensic chemistry : fundamentals and applications, Wiley Blackwell, West Sussex, England, 2016.
- [30] E. Kılıç, Grafen esaslı yeşil nanokompozitlerin hazırlanması, karakterizasyonu ve çeşitli uygulamalarda kullanılması, (2019).
- [31] B. Demir, Yeşil kimya kavramı ve genel kimya laboratuvar etkinliklerinin yeşil kimya ilkelerine uygun hale getirilmesi, İnönü Üniversitesi/Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- [32] P. Anastas, N. Eghbali, Green chemistry: principles and practice, Chemical Society Reviews, 39 (2010) 301-312.
- [33] E. Kılıç, N.P. Bayramgil, Modification of graphene with two strong acids and its nanocomposites with 2-hydroxyethylcellulose, Results in Chemistry, 4 (2022) 100544.
- [34] S. Alemdar, Grafen katkılı ultrafiltrasyon membranların hazırlanması ve karakterizasyonu, (2019).
- [35] K. Zhu, L. Guo, J. Lin, W. Hao, J. Shang, Y. Jia, L. Chen, S. Jin, W. Wang, X. Chen, Graphene covered SiC powder as advanced photocatalytic material, Applied Physics Letters, 100 (2012) 023113.
- [36] P. Hinnert, Y.J. Lee, Carbon-based fingerprint powder as a one-step development and matrix application for high-resolution mass spectrometry imaging of latent fingerprints, J. Forensic Sci., 64 (2019) 1048-1056.

- [37] A. Cengiz, İnşaat Endüstrisine Yönelik Doğal Elyaf Katkılı Kompozit Malzemelerin Hazırlanması, (2015).
- [38] Y. Liu, K. Long, H. Mi, R. Cha, X. Jiang, High-efficiency transfer of fingerprints from various surfaces using nanofibrillated cellulose, *Nanoscale Horizons*, 4 (2019) 953-959.
- [39] Z. Long, J. Qiu, D. Zhou, Q. Wang, Y. Yang, S. Hu, Z. Wang, K. Zhang, Novel organic–inorganic hybrid powder SrGa₁₂O₁₉: Mn²⁺–ethyl cellulose for efficient latent fingerprint recognition via time-gated fluorescence, *RSC advances*, 10 (2020) 8233.
- [40] J.S. Uppal, X.-F. Li, X.C. Le, Visualization of fingerprints made easy with dye solution on cellulose membrane, *Sci. China Chem*, 61 (2018).
- [41] Q. Wei, X. Li, X. Du, X. Zhang, M. Zhang, Universal and one-step visualization of latent fingermarks on various surfaces using hydrophilic cellulose membrane and dye aqueous solution, *Science China Chemistry*, 60 (2017) 1250-1257.
- [42] S. Dacrory, S. Kamel, Magnetic composite based on cellulose and GO for latent fingerprint visualization, *Egyptian Journal of Chemistry*, 65 (2022) 1-6.
- [43] G. Tufaner, A. Çalışkan, H.B. Yener, Ş. Şeref, Preparation of amorphous silica from a renewable agricultural waste of rice husk ash by calcination method combined with chemical activation, *Eng. Struct. Mater*, 5 (2019) 299-310.
- [44] B. Özüğür, Sio₂ Esaslı Nanomalzemelerin Hazırlanması Ve Karakterizasyonu, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [45] E. Cetli, V. ÖZKOÇAK, D. Tatar, The Role of Silica Nanoparticle in Fingerprint Visualization Studies, *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 6 (2022) 27-41.
- [46] S. Moret, A. Bécue, C. Champod, Nanoparticles for fingermark detection: an insight into the reaction mechanism, *Nanotechnology*, 25 (2014) 425502.
- [47] E. Prabakaran, K. Pillay, Nanomaterials for latent fingerprint detection: a review, *J. Mater. Res. Technol-JMRT*, 12 (2021) 1856-1885.
- [48] D. Rawtani, M. Tharmavaram, G. Pandey, C.M. Hussain, Functionalized nanomaterial for forensic sample analysis, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 120 (2019) 115661.
- [49] D. Fernandes, M. Krysmann, A. Kellarakis, Carbogenically coated silica nanoparticles and their forensic applications, *Chemical Communications*, 52 (2016) 8294-8296.
- [50] N. Taniguchi, On the basic concept of nanotechnology, *Proceeding of the ICPE*, (1974).
- [51] G. Binnig, H. Rohrer, Scanning Tunneling Microscopy, *Helvetica Physica Acta*, 55 (1982) 726-735.

- [52] C. Walkey, E.A. Sykes, W.C. Chan, Application of semiconductor and metal nanostructures in biology and medicine, *Hematology Am Soc Hematol Educ Program*, (2009) 701-707.
- [53] F. Allhoff, The coming era of nanomedicine, *The American Journal of Bioethics*, 9 (2009) 3-11.
- [54] D. Weston, T. Bontoux, Institutional profile: the London Centre for Nanotechnology, *Nanomedicine (Lond)*, 4 (2009) 869-873.
- [55] A. Villaverde, Nanotechnology, bionanotechnology and microbial cell factories, *Microb Cell Fact*, 9 (2010) 53.
- [56] M. Lines, Nanomaterials for practical functional uses, *Journal of Alloys and Compounds*, 449 (2008) 242-245.
- [57] C. Europea, The appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies, *European Commission* 2006.
- [58] H. Atalay, K.A. Celi, F. Ayaz, Investigation of genotoxic and apoptotic effects of zirconium oxide nanoparticles (20nm) on L929 mouse fibroblast cell line, *Chem Biol Interact*, 296 (2018) 98-104.
- [59] A. Lodha, A. Pandya, R. Shukla, Nanotechnology: an applied and robust approach for forensic investigation, *Forensic Res Criminol Int J*, 2 (2016) 00044.
- [60] V. Prasad, S. Lukose, P. Agarwal, L. Prasad, Role of nanomaterials for forensic investigation and latent fingerprinting—a review, *J. Forensic Sci.*, 65 (2020) 26-36.
- [61] M.J. Choi, A.M. McDonagh, P. Maynard, C. Roux, Metal-containing nanoparticles and nano-structured particles in fingerprint detection, *Forensic science international*, 179 (2008) 87-97.
- [62] C. Champod, C.J. Lennard, P. Margot, M. Stoilovic, *Fingerprints and other ridge skin impressions*, CRC press 2004.
- [63] A. Becue, S. Moret, C. Champod, P. Margot, Use of stains to detect fingerprints, *Biotechnic & Histochemistry*, 86 (2011) 140-160.
- [64] R. Ramotowski, Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology, CRC press 2012.
- [65] A. Becue, C. Champod, P. Margot, Use of gold nanoparticles as molecular intermediates for the detection of fingerprints, *Forensic science international*, 168 (2007) 169-176.
- [66] A.M. Assis, C.V. Costa, M.S. Alves, J.C. Melo, V.R. de Oliveira, J. Tonholo, A.R. Hillman, A.S. Ribeiro, From nanomaterials to macromolecules: Innovative technologies for latent fingerprint development, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science*, (2022) e1475.

- [67] R. Jelly, E.L. Patton, C. Lennard, S.W. Lewis, K.F. Lim, The detection of latent fingerprints on porous surfaces using amino acid sensitive reagents: A review, *Analytica chimica acta*, 652 (2009) 128-142.
- [68] D. Sapse, N.D. Petraco, A step on the path in the discovery of new latent fingerprint development reagents: substituted Ruhemann's purples and implications for the law, *Journal of Molecular Modeling*, 13 (2007) 943-948.
- [69] A.K. Datta, H.C. Lee, R. Ramotowski, R. Gaensslen, *Advances in fingerprint technology*, CRC press 2001.
- [70] M. Taylor, D.H. Kaye, T. Busey, M. Gische, G. LaPorte, C. Aitken, S.M. Ballou, L. Butt, C. Champod, D. Charlton, *Latent print examination and human factors: Improving the practice through a systems approach*, (2012).
- [71] G. Drochioiu, I. Sandu, G.I. Olteanu, I. Mangalagiu, Ninhydrin-Based Forensic Investigations I. Fingerprints, *Int J Crim Investig*, 1 (2011) 37-58.
- [72] S. Great Britain. Home Office. Centre for Applied, Technology, S. Great Britain Home Office. Centre for Applied, Technology, *Fingermark visualisation manual*, 1st ed., Home office, Centre for Applied Science and Technology, Sandridge, Hertfordshire, 2014.
- [73] P. Margot, C. Lennard, *Manual of fingerprint detection techniques*, Universite de Lausanne, Lausanne, (1990).
- [74] E.H. Holder, L.O. Robinson, J.H. Laub, *The fingerprint sourcebook*, US Department. of Justice, Office of Justice Programs, National Institute of ...2011.
- [75] A.V. Maceo, *Anatomy and physiology of adult friction ridge skin*, *The fingerprint sourcebook*, (2011) 2-26.
- [76] D.R. Ashbaugh, *Quantitative-qualitative friction ridge analysis : an introduction to basic and advanced ridgeology*, CRC Press, Boca Raton, Fla, 1999.
- [77] A.K. Jain, A.A. Ross, K. Nandakumar, *Introduction to biometrics*, Springer, New York, 2011.
- [78] G. Berglund, R. Gallagher, E. McNall Jr, *Simulation of the thermal effects of dissolved materials in human sweat*, *Computers and Biomedical Research*, 6 (1973) 127-138.
- [79] J. Hoover, *FBI Guide to Fingerprint Identification*, Magic Lamp Press 2015.
- [80] D. Maltoni, R. Cappelli, *Fingerprint recognition*, *Handbook of biometrics*, Springer 2008, pp. 23-42.
- [81] S.M. Bleay, R. Croxton, M. De Puit, C. Ebook Central Academic, *Fingerprint development techniques : theory and application*, 1st ed., John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey, 2018.
- [82] C.G. Collins, *Fingerprint science : how to roll, classify file and use fingerprints*, Custom Publishing Company 1985.

- [83] S.A. Cole, More than zero: Accounting for error in latent fingerprint identification, *J. Crim. l. & Criminology*, 95 (2004) 985.
- [84] A. Knowles, Aspects of physicochemical methods for the detection of latent fingerprints, *Journal of Physics E: Scientific Instruments*, 11 (1978) 713.
- [85] H. Cummins, C. Midlo, *Finger prints, palms and soles: an introduction to dermatoglyphics*, Dover Publications New York 1961.
- [86] O. Hilton, *Scientific examination of questioned documents*, CRC press 1992.
- [87] R. Saferstein, *Criminalistics : an introduction to forensic science*, 8th ed., Prentice Hall Prentice-Hall International (UK), Upper Saddle River, NJ London, 2004.
- [88] H.M. Daluz, *Fundamentals of fingerprint analysis*, Second edition. ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 2019.
- [89] H. Bandey, S. Bleay, V. Bowman, R. Downham, V. Sears, A. Gibson, C. Selway, J. Ramadani, T. Ciuksza, *Home Office Fingerprint Source Book*, Home Office, 2018.
- [90] C. Lennard, Fingerprint detection: current capabilities, *Aust. J. Forensic Sci.*, 39 (2007) 55-71.
- [91] R.K. Freinkel, D.T. Woodley, *The biology of the skin*, CRC Press 2001.
- [92] M. Wood, *A novel approach to latent fingermark detection using aptamer-based reagents*, 2014.
- [93] A. Langford, J. Dean, R. Reed, D. Holmes, J.D.B. Weyers, A. Jones, *Practical skills in forensic science*, Third edition. ed., Pearson Education, Harlow, United Kingdom, 2019.
- [94] P.R. De Forest, R.E. Gaensslen, H.C. Lee, *Forensic science : an introduction to criminalistics*, McGraw-Hill, New York, 1983.
- [95] H.M. Daluz, *Fingerprint analysis laboratory workbook*, Second edition. ed., CRC Press, Boca Raton, FL, 2019.
- [96] *Scotts Fingerprint Mechanics - Olsen*, Rd, Police Chief, 46 (1979) 64-64.
- [97] J.K.D. Başkanlığı, *Parmak İzi ve Avuç İzi İnceleme Uzmanlık Eğitim Kitabı*, Jandarma Genel Komutanlığı, Ankara, 2021.
- [98] C. Lennard, The detection and enhancement of latent fingerprints, 13th INTERPOL Forensic Science Symposium, Lyon, France, US Department of Justice, 2001, pp. D2-88.
- [99] J. Vanderwee, G. Porter, A. Renshaw, M. Bell, The investigation of a relative contrast index model for fingerprint quantification, *Forensic Science International*, 204 (2011) 74-79.
- [100] B. Gurvinder Singh, R.M. Sharma, O.P. Jasuja, Emerging latent fingerprint technologies: a review, *Research and Reports in Forensic Medical Science*, 6 (2016) 39.

- [101] Kriminalistik, J. Gn. K.lığı Basımevi Müdürlüğü, Ankara, 2021.
- [102] U.S.F.B.I, T.A. Trozzi, R.L. Schwartz, M.L. Hollars, L.D. Leighton, Y.E. Trozzi, C. Wade, Processing guide for developing latent prints, Federal Bureau of Investigation 2001.
- [103] M. Hawthorne, Fingerprints: analysis and understanding, CRC Press 2017.
- [104] S.P. Kasper, Latent print processing guide, Academic Press 2015.
- [105] J. Lee, C.W. Lee, J.-M. Kim, A magnetically responsive polydiacetylene precursor for latent fingerprint analysis, ACS Appl. Mater. Interfaces, 8 (2016) 6245-6251.
- [106] S.P. Wargacki, L.A. Lewis, M.D. Dadmun, Understanding the chemistry of the development of latent fingerprints by superglue fuming, J. Forensic Sci., 52 (2007) 1057-1062.
- [107] G. Miller, G. Patel, Copolymerization of diacetylenes in the crystalline solid state: a method for recording latent fingerprints.[. gamma.-rays], J. Appl. Polym. Sci.:(United States), 24 (1979).
- [108] A. Oig, Review of the FBI's Handling of the Brandon Mayfield Case, Office of the Inspector General, Oversight and Review Division, US Department of Justice, (2006) 1-330.
- [109] T.K. Ghosh, S. Gope, D. Mondal, B. Bhowmik, M.M.R. Mollick, D. Maity, I. Roy, G. Sarkar, S. Sadhukhan, D. Rana, Assessment of morphology and property of graphene oxide-hydroxypropylmethylcellulose nanocomposite films, International journal of biological macromolecules, 66 (2014) 338-345.
- [110] M.T. Taghizadeh, P. Seifi-Aghjekohal, Sonocatalytic degradation of 2-hydroxyethyl cellulose in the presence of some nanoparticles, Ultrasonics sonochemistry, 26 (2015) 265-272.
- [111] M.A. Bajaber, M.N. Anjum, M. Ibrahim, T. Farooq, M.N. Ahmad, Z.u. Abideen, Synthesis and Characterization of Hydroxyethyl Cellulose Grafted with Copolymer of Polyaniline and Polypyrrole Biocomposite for Adsorption of Dyes, Molecules, 27 (2022) 8238.
- [112] H.S.H. Salih, Modifiye Grafen - Polimer Nanokompozitler ve Çeşitli Uygulamalarda Kullanılması, Hacettepe University, Ankara, 2018, pp. 164.
- [113] B.-S. Shen, W.-J. Feng, J.-W. Lang, R.-T. Wang, Z.-X. Tai, X.-B. Yan, Nitric acid modification of graphene nanosheets prepared by arc-discharge method and their enhanced electrochemical properties, Acta Physico-Chimica Sinica, 28 (2012) 1726-1732.
- [114] H. Mianehrow, M.H.M. Moghadam, F. Sharif, S. Mazinani, Graphene-oxide stabilization in electrolyte solutions using hydroxyethyl cellulose for drug delivery application, International journal of pharmaceuticals, 484 (2015) 276-282.
- [115] S.K. Sharma, D.S. Verma, L.U. Khan, S. Kumar, S.B. Khan, Handbook of materials characterization, Springer 2018.

- [116] C. Zhang, R.Z. Zhang, Y.Q. Ma, W.B. Guan, X.L. Wu, X. Liu, H. Li, Y.L. Du, C.P. Pan, Preparation of cellulose/graphene composite and its applications for triazine pesticides adsorption from water, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 3 (2015) 396-405.
- [117] F.Ö. Gökmen, SiO₂ içeren nanokompozit hidrojellerin hazırlanması, karakterizasyonu ve çeşitli uygulamalarda kullanılması, (2016).

