



T.C.

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİMYASAL VE ENZİMATİK YOLLA ELDE EDİLMİŞ
2-AMİNOFLUOREN YAPILI POLİMERLERİN
ORGANİK ELEKTRONİK UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HANİFE TOPUKSAK

AĞUSTOS

**KİMYASAL VE ENZİMATİK YOLLA ELDE EDİLMİŞ
2-AMİNOFLUOREN YAPILI POLİMERLERİN ORGANİK ELEKTRONİK
UYGULAMALARI**

Hanife TOPUKSAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Betül CANIMKURBEY

İkinci Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Recep TAŞ

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2020

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,
- aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Hanife TOPUKSAK
26.06.2020

KİMYASAL VE ENZİMATİK YOLLA ELDE EDİLMİŞ 2-AMİNOFLUOREN YAPILI
POLİMERLERİN ORGANİK ELEKTRONİK UYGULAMALARI

(Yüksek Lisans Tezi)

Hanife TOPUKSAK

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AĞUSTOS 2020

ÖZET

Günümüzde artan nüfus ve gelişen teknoloji, enerjiye olan ihtiyacı beraberinde getirmiştir. Enerji elde edilirken yüksek verim ne kadar önemliyse enerjinin yenilenebilir ve temiz olması da bir o kadar önemlidir. Güneş enerjisi dünya ömrüne kıyasla tükenmeyen enerji sınıfında yer alabilir. Aynı zamanda maliyeti az ve çevre dostu enerji kaynağıdır. Güneş pilleri enerji elde etmede son zamanlarda oldukça ilgi gören yapılardır. Bu çalışmada organik polimer olan 2-aminofluoren (polyaminofluoren (PAF)) kullanılarak çeşitli güneş pili aygıtları üretilmiştir. Poly(2-aminofluorene)'nin enzimatik ve kimyasal polimerizasyonu sağlanmıştır. Farklı sentez metadlarıyla elde edilen PAF polimerlerine farklı oranlarda MWCNT eklenerek PAF/MWCNT kompozitleri hazırlanmıştır ve 6 farklı malzeme elde edilmiştir. Bu malzemeler çeşitli solventlerde çözülmüştür. Döngüsel voltametri analizi yapılarak elde edilen voltagram değerlerinden HOMO ve LUMO değerleri elde edilmiştir. UV-VİS analizi yapılarak absorpsiyon grafikleri elde edilmiştir. Eksitasyon ve emisyon ölçümleri floresan spektrofotometresinde çalışılmıştır. Güneş pili aygıt üretiminde PAF aktif tabakada kullanılmıştır. Aygıtların SEM, DSC, XRD, IRD ve TG-DTA analizleri yapılarak verimlilikleri belirlenmiştir.

Sayfa Adedi : 60
Anahtar Kelimeler : Güneş pili, polimer, 2-Aminofluoren, Karbon Nanotüp
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Betül CANIMKURBEY
İkinci Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Recep TAŞ

ORGANIC ELECTRONIC APPLICATIONS OF 2-AMINOFLUORENE BASED
POLYMERS SYNTHESIZED BY CHEMICAL AND ENZYMATIC METHODS

(M. Sc. Thesis)

Hanife TOPUKSAK

AMASYA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

AUGUST 2020

ABSTRACT

The increasing population and developing technology have brought about the need for energy today. As high efficiency is important in obtaining energy, it is also important that energy is renewable and clean. Solar energy can be classified as inexhaustible energy compared to world life. It is also a low cost and environmentally friendly energy source. Solar cells are structures that have been very popular recently in obtaining energy. In this study, various solar cell devices have been produced using organic polymer, 2-aminofluorene (polyaminofluoren (PAF)). Enzymatic and chemical polymerization of poly (2-aminofluorene) was provided. PAF / MWCNT composites were prepared by adding different ratios of MWCNT to PAF polymers obtained with different synthesis methods and 6 different materials were obtained. These materials have been dissolved in various solvents. HOMO and LUMO values were obtained from the voltogram values obtained by performing cyclic voltammetry analysis. Absorption graphics were obtained by performing UV-Vis analysis. Excitation and emission measurements were studied on a fluorescent spectrophotometer. In the production of solar cell devices, PAF was used in the active layer. SEM, DSC, XRD, IRD and TG-DTA analyzes of the devices were determined and their efficiency was determined.

Page Number : 60
Keywords : Solar cell, Polymer, 2-Aminofluoren, Carbonnanotube
Supervisor : Dr. Asst. Prof. Betül CANIMKURBEY
Co-Supervisor : Dr. Asst. Prof. Recep TAŞ

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her zaman yanımda olan, gerek laboratuvarda gerek tezi yazarken daima destek veren, bütün bilgi ve birikimlerini yorulmadan bana anlatan değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Betül CANIMKURBEY'e, tez konumu belirleyip ilerlememde emeklerini esirgemeyen, problem yaşadığımda çözen, tezim boyunca destekleyen, çalışmalara devam etmeme yardım eden ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Recep TAŞ'a, yüksek lisans eğitime başlamamdan bu yana ders döneminde ve tez döneminde daima yanımda olan, bilgisini sabırla ve özenle aktaran, büyük bir fedakarlık ve özveri ile yoğun zamanlarında dahi bana vakit ayıran, cesaretlendiren saygıdeğer hocam Doç. Dr. Melek GÜL'e ve değerli hocam Doç. Dr. Ünal KURT'a teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisansa başlamamda büyük katkısı olan, tez çalışmam boyunca da tüm destekleri üzerimde olan, laboratuvar çalışmalarım boyunca kızıma bakan sevgili ablam Tuğba CEBECİ ve her zaman yanımda olup beni destekleyen eşim Erkan TOPUKSAK'a teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1.Güneş Pilleri Tarihçesi	1
1.2.Organik Elektronik	3
2. GENELBİLGİLER	4
2.1.Polimerlerin Güneş Hücrelerindeki Kullanımları	4
2.1.1. Enzimatik yolla polimer sentezi	5
2.1.2. Kimyasal yolla polimer sentezi	5
2.1.3. 2-Aminofluoren bileşiğinin genel kimyasal ve fiziksel özellikleri	5
2.2.Karbon Nanotüpler	7
2.2.1.MWCNT-SWCNT özellikleri	8
2.3.Organik Elektronik Uygulama Alanları	9
2.3.1.Sensörler	9
2.3.2.Organik ışık yayan diyotlar (OLED)	10
2.3.3.Organik alan etkili transistörler(OFET)	11
2.3.4.Organik güneş pilleri (OSC).....	12

2.4.Organik Elektronik Özelliklerin Belirlenmesi	13
2.4.1.Döngüsel voltametri (CV)	13
2.4.2.UV-VİS spektroskopisi.....	15
2.4.3.Floresans spektrofotometre.....	16
2.4.4.Termogravimetri / diferansiyel termal analiz (TG / DTA).....	17
2.4.5.Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)	19
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1.Kullanılan Kimyasal Maddeler	22
3.2.Kullanılan Cihazlar	23
4.BULGULAR.....	24
4.1.Genel Bakış	24
4.2.Polimerlerin Sentezi	24
4.2.1.Enzimatik yolla elde edilen bileşik.....	25
4.2.2.Kimyasal yolla elde edilen bileşik.....	25
4.2.3.MWCNT kullanılarak elde edilen bileşik.....	25
4.3.Organik Güneş Hücresi Üretimi ve Karakterizasyonu.....	26
4.4.CV Analizleri	29
4.5.UV-VİS Analizleri	31
4.6.Floresan Ölçümleri.....	39
4.7.SEM Sonuçları	40
4.8.XRD Sonuçları	42

4.9.FTIR Sonuçları	45
4.10.TG-TDA Sonuçları.....	46
4.11.DSC Sonuçları.....	47
5.TARTIŞMA	52
6.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	56
6.1.Öneriler.....	57
6.1.1.Araştırma sonuçlarına dayalı öneriler.....	57
KAYNAKLAR	58
ÖZGEÇMİŞ	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
eV	Elektron Volt
e^-	Elektron
h^+	Hole
ϕ	İş fonksiyonu
E_g	Optik band boşluğu
λ	Elektron ilgisi
Li	Lityum
nm	Nano metre
μm	Mikro metre
E	Enerji
V	Volt
Al	Alüminyum
Mg	Magnezyum
η	Güç Dönüşüm Verimi
V_{oc}	Açık devre gerilimi
I_{sc}	Kısa devre akımı
I_{mpp}	Maksimum güç noktasındaki akım
mpp	Maksimum güç noktası
QE	Kuantum Verimi
V_{mpp}	Maksimum güç noktasındaki gerilim
FF	Dolum faktörü
P_{mpp}	Tepe noktasındaki maksimum güç değeri

P_T	Teorik güç çıkışı
J	Akım Yoğunluğu
π	Pi
σ	Sigma
LiF	Lityum florür
TiO_2	Titanyumdioksit

Kısaltmalar**Açıklama**

HOMO	En yüksek enerjili dolu orbital (High occupiedMolecularOrbital)
LUMO	En düşük enerjili boş orbital (LowestUnoccupiedMolecularorbital)
IP	İyonizasyon Enerjisi
ITO	İndiyum Tin Oksit
PEDOT	Polyethylenedioxythiophene
PSS	Polystyrenesulphonate
OPV	Organik FotoVoltaik
PCBM	Pphenyl-C61-butyric acidmethyl ester
PAF	Poly(2-AminoFluoren)
P3HT	Poli3-hexylthiophene
TCO	TransparentConductiveOxide
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskopi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopi (ScanningElectronMicroscopy)

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelgeler	Sayfa
Çizelge 3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasallar.....	22
Çizelge 4.1. Ağırlıkça farklı oranlarda ve farklı yöntemlerle sentezlenen PAF polimerlerinin numune kodlaması	24
Çizelge 4.2.Döngüsel voltametri analizi sonucu hesaplanan değerler.....	29
Çizelge 4.2. Floresan sonuçlarına göre farklı çözücülerden elde edilen kuantum verimleri	39
Çizelge 4.3. Malzemelerin kütle kaybı ve camsı geçiş sıcaklığı ile ilgili değerler.....	46
Çizelge 4.4. Malzemelere ait floresan spektrumu ile eksitasyon ve emisyon dalga boyları	54
Çizelge 4.5.Kuantum verim değerleri	55
Çizelge 4.6.Sentezlenen bileşiklerin enerji bant aralıkları değerleri	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekiller	Sayfa
Şekil 1.1.Fotovoltaik paneller	1
Şekil 1.2. Organik güneş pili.....	2
Şekil 2.1.Fluoren yapısı	6
Şekil 2.2.Polifluoren bileşik yapısı	7
Şekil2.3. Karbon nanotüp	7
Şekil2.4. SWCNT	8
Şekil2.5.MWCNT	8
Şekil 2.6.OLED yapısı	10
Şekil 2.7.Basit bir OFET yapısı	11
Şekil 2.8. OSC yapısı.....	12
Şekil 2.9. Voltagram grafiği.....	15
Şekil 2.10. UV gösterimi	16
Şekil 2.13.DTA cihazının şematik gösterimi.....	19
Şekil 4.2.PAF1 ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu	26
Şekil 4.3.PAF2ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu	27
Şekil 4.4.PAF1-1ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu.....	27
Şekil 4.5.PAF2-2ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu.....	28
Şekil 4.6.PAF2-3ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu.....	28
Şekil 4.7.PAF1-2 örneği üzerinden farklı tarama hızlarında elde edilen voltomogramlar ..	30
Şekil 4.8.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin 10 mVs tarama hızı ile elde edilen C-V grafiği.....	30
Şekil 4.9.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin 10 mVs tarama hızı ile C-V grafiği.....	31
Şekil 4.10.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin UV grafiği(ACN).....	32

Şekil 4.13.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin UV grafiği (Aseton).....	33
Şekil 4.14.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin UV grafiği (DCM).....	34
Şekil 4.15.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin UV grafiği (DCM).....	34
Şekil 4.16.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin UV grafiği (DMF).	35
Şekil 4.17.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin UV grafiği (DMF).	35
Şekil 4.18. PAF1-1 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.....	36
Şekil 4.19. PAF1-2 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.....	36
Şekil 4.20. PAF1-3 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.....	37
Şekil 4.21. PAF2-1 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.....	37
Şekil 4.22. PAF2-2 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.....	38
Şekil 4.24. (a-b) kimyasal sentez (PAF-2) ve (c-d) enzimatik (PAF-1) sentez ile elde edilen PAF' inSEM görüntüleri	40
Şekil 4.25. Kimyasal sentez ile sentezlenen a) PAF-2-1, b) PAF-2-2 ve c) PAF-2-3 polimerlerinin SEM görüntüleri.....	41
Şekil 4.27.PAF1-1 polimerinin XRD spektrumu.....	42
Şekil 4.28. PAF1-2 polimerinin XRD spektrumu.....	42
Şekil 4.29. PAF1-3 polimerinin XRD spektrumu.....	43
Şekil 4.30. PAF2-1 polimerinin XRD spektrumu.....	43
Şekil 4.31. PAF2-2 polimerinin XRD spektrumu.....	44
Şekil 4.32. PAF2-3 polimerinin XRD spektrumu.....	44
Şekil 4.33. AF monomerinin ve PAF(AFP) polimerinin FTIR spektrumları	45
Şekil 4.28. PAF-1 polimerinin DSC eğrisi	47
Şekil 4.29. PAF-1-1 polimerinin DSC eğrisi	48
Şekil 4.30. PAF-1-2 polimerinin DSC eğrisi	48
Şekil 4.31. PAF-1-3 polimerinin DSC eğrisi	49
Şekil 4.32. PAF-2 polimerinin DSC eğrisi	49

Şekil 4.33. PAF-2-1 polimerinin DSC eğrisi	50
Şekil 4.34. PAF-2-2 polimerinin DSC eğrisi	50
Şekil 4.35. PAF-2-3 polimerinin DSC eğrisi	51



1. GİRİŞ

1.1. Güneş Pilleri Tarihçesi

Yüzeylerine gelen güneş ışınlarının bir kısmını emerek elektrik enerjisine dönüştüren sistemlere güneş hücreleri denir. Güneş hücrelerine Yunancada ışık anlamına gelen photo ve gerilim anlamına voltaic kelimelerinin birleşmesinden oluşan fotovoltatik etki ile oluşmasından dolayı fotovoltatik piller de denir. Bu pillerin seri ve paralel olarak bağlanmaları sonucunda oluşan çoklu yapılara ise güneş panelleri ya da fotovoltatik paneller denir. Fotovoltatik panellere örnek Şekil 1.1’de verilmiştir.

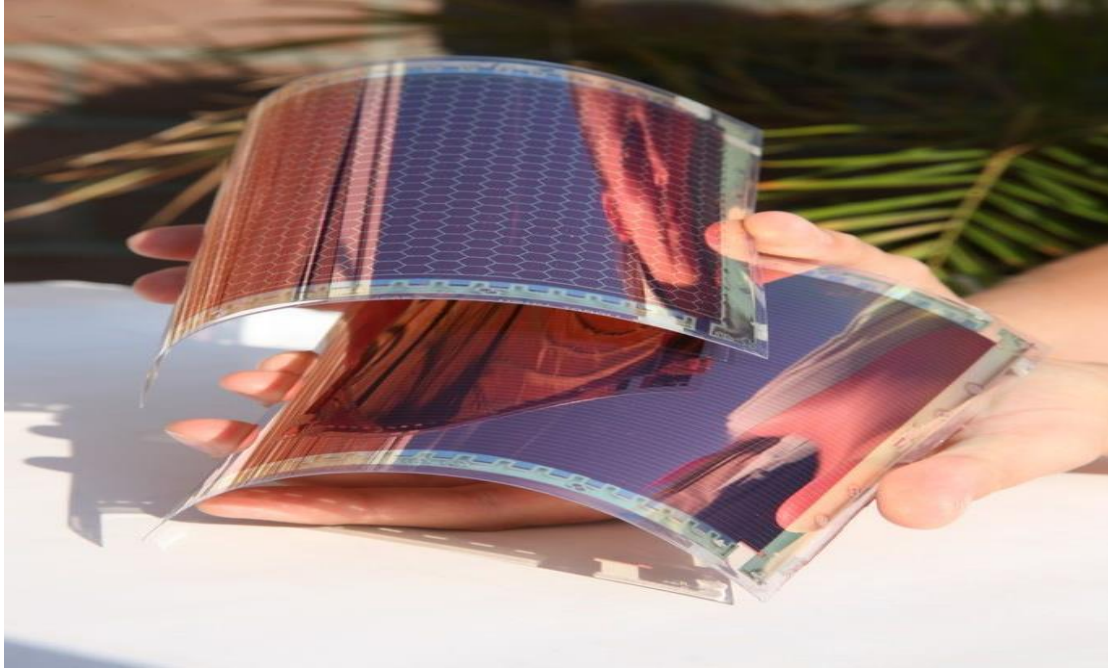


Şekil 1.1. Fotovoltatik paneller

Fransız Fizikçi AlaxandreEdmondBecquerelgüneş enerjisinin fotovoltatik etkisini ilk olarak;elektrolit üzerine düşen ışığınelektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimi etkileğini gözlemlemesiyle1839 yılında keşfetmiştir [1]. Charles Fritts ilk güneş hücresini üretmiştir. 1946 yılında ise RusselOhl modern güneş hücrelerinin patentini almıştır. Güneş pillerinin yeryüzünde de elektriksel güç sistemi olarak kullanılabilmesine yönelik çalışmalar 1954’lerde başlamıştır. Silisyumun 1954 yılında güneş hücreleri üretiminde işlevsel bir madde olduğu bulunmuştur. 1970 yılında ZhoresAlferov Galyum Arsenik katkılı güneş hücresini üretti [2]. İlk organik güneş pili ise 1986 yılında Tangve

arkadaşı tarafından Kodak firmasında üretilmiştir [3]. 1988 yılında ilk olarak tek eklemli güneş pilleri Amerika Bileşik Devletleri tarafından üretilmiştir.

Güneş hücreleri uzay araştırmalarına da büyük katkılar sağlamıştır. 1993 yılında uzay araçlarında çift eklemli güneş pilleri kullanılmıştır. Drechsel ve arkadaşları tarafından 2005 yılında yapılan çalışmada, organik tabanlı tek ve çift katlı güneş pillerini üretmişlerdir [4]. Lungenschmied ve arkadaşları 2007 yılında esnek yüzeylere kaplanabilen uzun ömürlü, geniş kullanım alanlarına sahip organik güneş pillerini üretmişlerdir [5] (Şekil 1.2 organik güneş pili).



Şekil 1.2. Organik güneş pili

Kuwabara ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları çalışmada bir tarafı ITO diğer tarafı ise altın organik güneş pilini oluşturmuşlardır[6]. 2006'da Spectrolab, %40 verimli üç-eklemli PV(fotovoltaik) hücreler geliştirmişlerdir [7]. 2008'de NREL,%40.8 verimli üç-eklemli PV hücre geliştirerek, dünya rekoruna imza atmıştır. 2009'da Spectrolab, %41.6 verimli üç-eklemli PV hücre geliştirerek, rekorun yeniden sahibi olmuştur [8].Güneş pilleri ile ilgili çalışmalara dünyada büyük bir ilgi ile devam edilmektedir.

1.2. Organik Elektronik

Organik elektronik, esnek, polimer elektronik, iletken polimerler ve küçük moleküllerle ilgilenen bir elektronik dalıdır. Organik elektroniklerin geçmişi sadece 20 yıl öncesine dayanmaktadır. Diğer elektroniklere nazaran çok yeni teknolojiler arasında yer alır. Organik elektronikte kullanılan malzemeler karbon temellidir. Organik elektronikler ile gerçekleştirilebilecek yeni uygulamalar arasına akıllı camlar, elektronik gazete, esnek güneş pilleri ve esnek ekranlar sayılabilir. Organik elektronikler organik yarı iletkenlerin yanında ayrıca organik iletkenleri, yalıtkanları, organik alan etkili transistörleri ve organik ışık yayıcıları da içermektedir [9]. Güneş pilleri, yarıiletken tabanlı, güneşten aldığı enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine çeviren aygıtlardır. Bu güneş hücrelerinin, güneş ışınının güneş panellerine gelmesiyle eşit sayıda oluşturdukları pozitif ve negatif yüklerle güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürdüğü yapılan deneylerle kanıtlanmıştır [10].

Birçok güneş hücresi çeşidi vardır. Aktif yüzeyleri kare dikdörtgen veya daire biçiminde olabilirler. Bunlardan yeni gelişim göstermekte olan organik güneş hücreleri önemli bir yer tutmaktadır. Organik güneş pili 1986 yılında Tang ve arkadaşı tarafından Kodak firmasında üretilmiştir [3]. Kim ve arkadaşları, vakum ortamında ITO üzerine hazırladıkları ince filmlerde, soğurmanın yaklaşık %80 olduğunu tespit etmişlerdir [11]. Maliyetinin daha düşük ve taşınabilirliğinin daha kolay olması organik güneş hücrelerini cazip hale getirmiştir. Organik elektroniklerin diğer elektronik malzemelerden farklı olarak türevlendirilerek istenilen özellikte malzeme eldesinin kolay olması ve geniş yüzeylere uygulanabilir olması güneş panellerinde tercih edilmelerinde önemli yer tutmaktadır. Organik güneş hücreleri inorganik güneş hücreleri ile kıyaslanacak olursa verim olarak henüz inorganik hücrelere ulaşamamıştır. Çalışmalar ise organik güneş hücrelerinin geliştirilmesi yönünde ilerlemektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Polimerlerin Güneş Hücrelerindeki Kullanımları

Üçüncü nesil fotovoltaik hücre teknolojisi olarak adlandırılan organik güneş pilleri, iki metal elektrot arasına organik tabanlı malzemelerin yerleştirilmesiyle elde edilmektedir. Yarıiletken polimerlerin kullanılması bu pillerin geliştirilme aşamasına ciddi katkılar sağlamıştır [12]. Güneş hücrelerinde kullanılan polimerlerin kullanılmasında uygulanabilirlik düzeyinin yüksek olması önemli yer tutmaktadır. Molekül ağırlıkları büyük olan organik moleküllerin çeşitliliğinin fazla olması ve doğada kolayca bulunabilmesi bir diğer avantajıdır. Çeşitli olmaları verimi yükseltebilme imkânı sağlamaktadır. Bu polimerler sayesinde düşük maliyetle yüksek verimli enerji elde etmek mümkündür. Polimerler esnek yüzeylerde kullanıma oldukça uygundur. Bu sayede polimerler geniş uygulama alanı sağlamaktadır. Elektriksel iletkenliğin gözlemlenmesi ve dikkat çeken optik özelliklerinin keşfedilmesi gibi iki temel olay, yeni polimerler üzerindeki araştırmaları teşvik etmiştir. Örneğin, geleneksel polimerler, katkılı poliasetilenin elektriksel iletkenlikte üstün değişiklikler gösterdiği görülene kadar yalıtkan malzeme olarak kullanılmıştır.

Doğal elektriksel ve optik özellikleri nedeniyle konjuge edilmiş polimerlere organik yarı iletkenler denir. Ayrıca konjuge polimerler, Friend'in öncü çalışmasından sonra poli (p-fenilen-vinilen) (PPV) 'den yeşil-sarı ışık elde edilirken ilginç optik özellikler gösterdiklerinden Organik Işık Yayan Diyot (OLED) uygulamalarında büyük ilgi görmüşlerdir. Polimerler çözeltiden işlenebilir olduğundan konjuge edilmiş polimerlerin geniş alanlı mikrometre boyutlu cihazlarda kullanımı mümkündür. Şimdiye kadar konjuge polimerler, aydınlatma ve ekran teknolojisine uygulamaları (OLED uygulamaları), güneş pili sistemleri (fotovoltaikler), biyosensörler ve lazerlerde kullanılmıştır.

Birçok organik elektronik için, bant boşluğunun değeri çok önemlidir, çünkü yayılan veya soğurulan ışığın renginde rol oynar. Bant modeline göre, bant boşluğunun büyüklüğü malzemenin özelliklerinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. 1 eV ile 3 eV arasında bir enerji boşluğunun varlığı, görünür dalga boyu aralığındaki fotonların soğurulmasını ve yayılmasını sağlar. Dar bant boşluklu polimerler, güneş pillerinin yanı sıra n-tipi iletkenler ve çok renkli elektrokromik polimerler için umut vadeden adaylardır. Voltaj

uygulandığında renk değiştiren polimelerelektrokromik polimer denir. İlerleyen zamanlarda polimerlerin güneş hücrelerinde kullanılması sayesinde dev ekranları cebimizde taşırken gerekli olan enerjiyi de polimerlerden yapılan kıyafetlerimizden elde edebiliriz.

2.1.1. Enzimatik yolla polimer sentezi

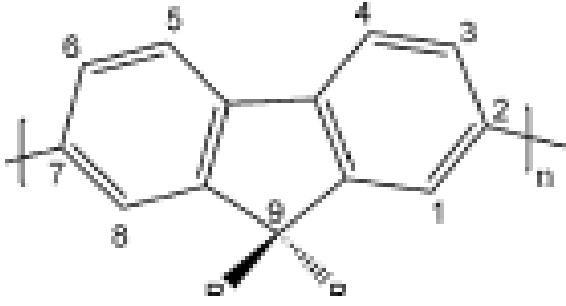
Enzimler substratların kimyasal değişimini hızlandıran ve tepkimededen değişime uğramadan çıkabilen protein molekülleridir. Mikroorganizmalar tarafından üretilir ve stok kaygısı yoktur. Bu nedenle endüstriyel alanda kullanımına çok başvurulur. Aynı zamanda temiz bir kaynak ve çevre dostudur. Enzimler sayesinde elde edilmek istenen polimerler beklenmesi gereken zamandan daha kısa bir sürede elde edilir.

2.1.2. Kimyasal yolla polimer sentezi

İletken polimer sentezinde kullanılan en ucuz ve en yaygın kullanılan sentez şeklidir. Monomerler oksitlenerek polimerin katkılı ve iletken olması sağlanır. Bu yöntemde güçlü kimyasal oksidanlar kullanılır. Büyük miktarda polimer üretimi mümkündür. Bunun yanında düşük kalitede polimer eldesi de olası sonuçlar arasındadır.

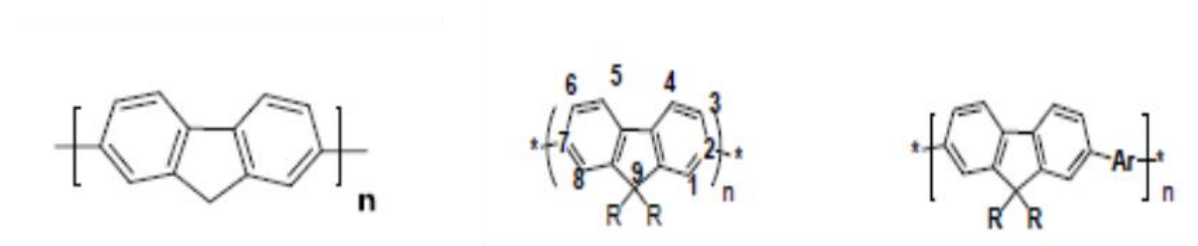
2.1.3. 2-Aminofluoren bileşiğinin genel kimyasal ve fiziksel özellikleri

Polifluorenler sert çubuk polimerlerindendir. Monomerfluoren yüksek derecede bir konjugasyon sağlayan 9 pozisyonunda bir karbon atomu ile köprülenmiş sert düzlemsel bifenil birimlerinden oluşmaktadır. Fotokimyasal kararlılıkları sayesinde ışık yayan diyotlarda kullanımı oldukça avantajlıdır. Polifluoren ve türevleri mavi ışık yayan polimerler olarak kullanılır. Işık yayan diyotlar üzerinde yapılan araştırmalara yardımcı olan polifluorenler, olağanüstü elektro-optik özellikler gösterirler. Flor esaslı polimerler, güçlü mavi floresan, kimyasal ve fotokimyasal kararlık ve iyi sentetik erişilebilirlik sundukları için en çok çalışılan moleküllerdendir. Fluoren yapısındaki 2 ve 7 pozisyonları mavi ışık yayan polimerler olarak kullanılırlar. Fluoren yapısı Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1.Fluoren yapısı

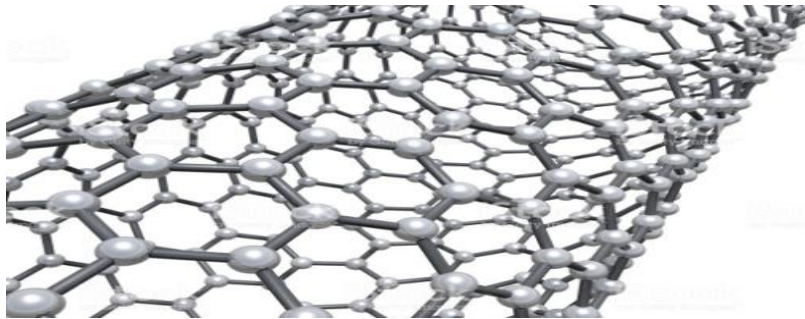
Polifluoren ailesi, yüksek verimlilik ve düşük çalışma voltajı ile tüm görünür aralığı kapsayan tek konjuge polimer ailesidir. Polifluorenler, yüksek bant boşluğuna sahip oldukları ve bant boşluğu farklı renkler üretmek için komonomerler dahil edilerek ayarlanabildiği için mavi ışık emisyonunda kullanılır. İstikrarlı bir mavi emisyon hala araştırılmaktadır. Çünkü, polifluorenler LED'lerde kullanıldıklarında katı halde kararlılıkları yoktur. Polimerlerin çözünürlüğünü azaltan agregatlar (katı kalıntı) oluştururlar. İstenmeyen kırmızı bir kayma gözlenir. Ve sonra C9 pozisyonunda yan zincirlere sahip bazı polifluorenler UV-ışımaya (Excimeremission) gösterir. Uyarıcılar, düşük enerjilerde yayılan uyarılmış durumda dimerize edilmiş birimlerdir. Bu UV emisyonu, ışık yayan diyotların emisyonunun rengini ve ömrünü etkiler. Şekil 2.2'de polifluoren bazlı bir polimerin yapısı gösterilmektedir. C9, polifluoren ailesi için kimyasal bakımdan çok önemlidir. Fluoren yapısındaki metilen köprüsü (C9 pozisyonu), polimerin işlenebilirliğini veya işlevselliğini sağlayan yapılar ile değiştirme fırsatı sunar. Örneğin, değişken H atomunun fluorenlerin C-9 pozisyonunda alkil gruplarıyla değiştirilmesi polifluorenlerin çözünürlüğünü artırır [13]. C9, π bağlarının delokalizasyonunu bozmadan polimerlerin işlenebilirliğini arttıran bazı modifikasyonlara izin verir. C9'da ilave edilen alkil zincirleri, polimeri çeşitli organik çözücüler içinde çözünür hale getirir. Bu, Suzuki, Heck ve Stille birleştirme gibi birleştirme reaksiyonları yoluyla çözünür polimerlerin hazırlanması için önemlidir. Ek olarak, amonyum, sülfonat, fosfonat, karboksilat gibi çözüldürücü gruplar, polimeri çevreye dost suda çözüldürmek için asılı olarak bu alkil zincirine ilave edilebilir. Az enerji ile yüksek verim elde edilebilir. Yüksek bant aralığına sahip bu polimer farklı renkler elde etmek için kullanılabilirler.



Şekil 2.2. Polifluoren bileşik yapısı

2.2. Karbon Nanotüpler

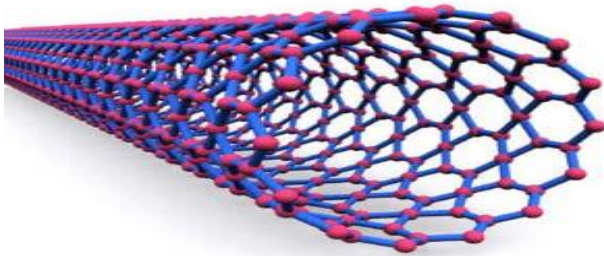
Karbon nanotüpler karbon atomlarından olan grafen moleküllerinin bir araya toplanarak oluşturdukları altıgen şeklindeki içi boş nano yapıdır [14] (Şekil 2.3). Önemli elektronik ve mekanik özelliklere sahip nano yapılardır. Boru şeklindeki olan CNT materyali 1991 yılında fullerenlerin ark boşalması buharlaştırılma yöntemiyle üretilmesi sırasında Iijima [15] tarafından bulunmuştur. Karbon nanotüplerin 1 nm kadar küçük çapları ve birkaç santimetreye kadar uzunlukları vardır. Karbon nanotüpler saç telinden ince olmalarına karşın çelik kadar güçlüdürler. Bükülerek şekilleri değiştirilebilir ancak etki ortadan kalktıktan sonra eski hallerine dönebilirler. Iijima tarafından bulunan ilk karbon nanotüpler, çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) olarak adlandırılmıştır. İki yıl sonra yine Iijima ve arkadaşları tarafından tek duvarlı karbon nanotüpler (SWCNT) sentezlenmiştir [16].



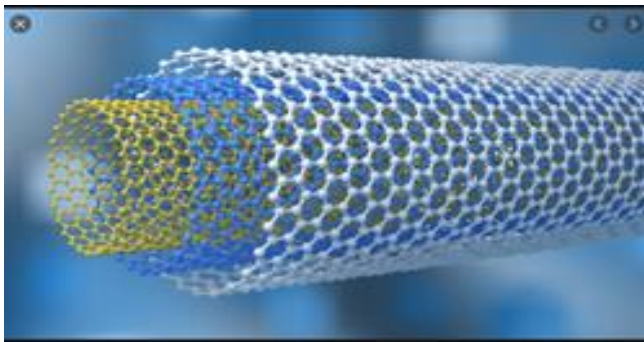
Şekil2.3. Karbon nanotüp

2.2.1. MWCNT-SWCNT özellikleri

Nanometrik aralıkta silindir, mikronun onda biri uzunluğunda olabilir ve her uç fulleren molekülün yarısı ile kapanır. Tek-katmanlı karbon nanotüpler (SWCNT) temel silindirik yapı gibi düşünülebilir ve bu da çok-katmanlı nanotüplerin (MWCNT) yapı taşlarını oluşturur. Nanometrik boyutlardaki ilk karbon teli, 1970'lerde Fransa'da Orleans Üniversitesi'nde doktora tez çalışmasının bir bölümü olarak, Morino ve Endo tarafından hazırlanmıştır [17]. 1996'da Smalley başkanlığında Rice Grubu sıraya konulmuş tek katmanlı karbon nanotüp demetlerini ilk kez sentezlediler [18]. Demetler küçük bir aralıkta değişik çaplı birçok nanotüp içermektedir. SWCNT'lerin çapı genellikle bir nanometredir ve iki ucu da kapalıdır (Şekil 2.4.). Çok duvarlı karbon nanotüplerin (MWCNT) (Şekil 2.5.) her iki katmanı arasındaki mesafe yaklaşık olarak 0,34 nm kadardır. SWCNT'ler karbon nanotüplerin en önemli olanıdır. Özellikle, kendi bant aralığı sıfırdan yaklaşık 2 eV değişebilir ve elektriksel iletkenliği metal veya yarı iletken davranışı gösterebilir [19-21]. MWCNT'ler oldukça iletkenlerdir. Kompozit malzemeleri güçlendirmek için her iki karbon nanotüpü kullanılır.



Şekil 2.4. SWCNT



Şekil 2.5. MWCNT

2.3. Organik Elektronik Uygulama Alanları

Grafenin kendine özgü elektron yapısından dolayı, nanotüplerin yapısı kuvvetli elektriksel özellikleri etkilemektedir. Bir tek grafit levhası yarı metaldir. Teoride metalik karbon nanotüpler, normal metallere 1000 kat daha ($4 \times 10^9 \text{ A/cm}^2$) fazla elektrik akımı taşıyabilmektedir[22]. Daha yüksek akım değeri elde edilmesinin sağlanmasıyla kapasitörlerde elektrot olarak kullanılır. Elektriksel ve mekanik kararlılık açısından şu an kullanılan malzemelere göre daha üstün özelliklere sahiptir[23].

Karbon nanotüpler (CNT) hem yük oluşum yerleri olarak hem de elektronların taşınmasında daha kısa iletim yolları oluşturması nedeniyle organik güneş pillerinde zaman zaman uygulamaya dönük çalışmalar yapılmıştır. Farklı elektriksel özellikleri ve kararlılıklarından dolayı, CNT'ler BHJ (BulkHeterojunction) 'de aktif tabakanın kristalinitesini ve düzenlenmesini de iyileştirebilirler. ITO kontak yerine geçen CNT ağlar ve polimerlerin iletkenliğini artırmak için kullanılan CNT'lerdir. FonksiyonlaştırılmışCNT'ler ise düzgün film elde edilmesini kolaylaştırdığından güneş pili uygulamalarında tercih edilmektedir. BHJ aktif tabaka yapısında SWNT kullanımı, polimer güneş pillerinin fotovoltajik özelliklerini iyileştirdiği de gösterilmiştir [24].

Çelik kadar dayanıklı olmasına karşın ağırlıkları neredeyse çeliğin altıda bir oranında daha hafif olmaları çoğu uygulamalarda tercih edilme nedenlerindedir. Elektrik iletkenliklerinin metaller kadar iyi olması ve fiziksel etkilere karşın dayanıklı olmaları kullanım alanlarını yaygınlaştırmıştır. Termal bakımdan üstün özelliklere sahip olmaları da güneş panellerinde kullanımlarını mümkün kılmıştır. Bununla ilgili çalışmalara devam edilmektedir.

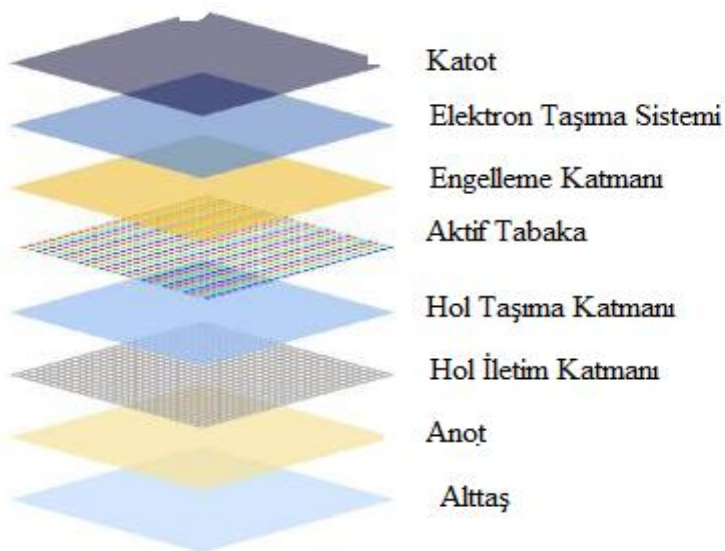
2.3.1. Sensörler

Diğer adı da algılayıcılar yani duyargalardır. Fiziksel ortamla elektrik-elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görmektedirler. İlk olarak 1987 yılında "Steinel" tarafından kullanılan sensörün 1987 yılındaki üretilme amacı aydınlatmaydı [25]. Sensörler hayatımıza girmeden önce insan enerjisi ile yapılan çoğu işlem sensörler sayesinde insana ihtiyaç duyulmadan kolayca yapılıyor. Gaz sensörü, renk sensörü, görüntü sensörü, kızılötesi algılama sensörü (IR Sensörü), basınç sensörü, fotoelektrik sensörü titreşim sensörü, hareket sensörü gibi çeşitli sensörler vardır.

Karbon nanotüpsensörleri yüksek verim, düşük maliyet, düşük güç kullanımı gibi avantajları sağlayan nanosensörlerdir. CNTlerişlevselleştirilebilen, katalizör kullanılarak kısa sürede verim alınan yapılan olup seçiciliği yüksek olan farklı uygulamalarda kullanılan polimelerle karıştırılabilirler. Fotoelektrik sensörışık ve alıcının, ışık yayan kaynak kullanarak ve bu yaydığı ışığı algılayan elektronik devre elemanıdır. Işık kaynağı ile alıcının arasındaki ışık engellendiği anda sensör çıkış verir. Otomatik kapı, otomotiv endüstrisi, makine sektörü, depolama ve konveyör sistemlerine ve paketleme uygulamalarında kullanılır[26].

2.3.2. Organik ışık yayan diyotlar (OLED)

OLED paneller, elektrik verildiğinde ışık yayan karbon bazlı organik materyallerden üretilir. OLED panellerin Sıvı Kristal Ekranlar (LCD-Liquid CrystalDisplay) dan daha tasarruflu, daha ince ve üretmesi daha kolay olmasının nedeni arka aydınlatmaya ve filtreleme ihtiyacı duymamalarıdır. Parlak renkler, hızlı tepki süresi ve geniş görüntüleme açısı sayesinde görüntü kalitesi açısından çok iyi olmalarına rağmen güç tasarrufu sağlayan OLED paneller oldukça verimli panellerdir. OLED'in yapısı Şekil 2.6'da verilmiştir. Bunlar; elektronların yerleştirildiği katot, elektronların çıkarıldığı anot ve yayma tabakasıdır [27].Çoğunlukla düz tabakalarda kullanılır. Genelde cam üzerinde üretilirler ve plastik gibi esnek malzemeler üzerinde kullanılabilirler.

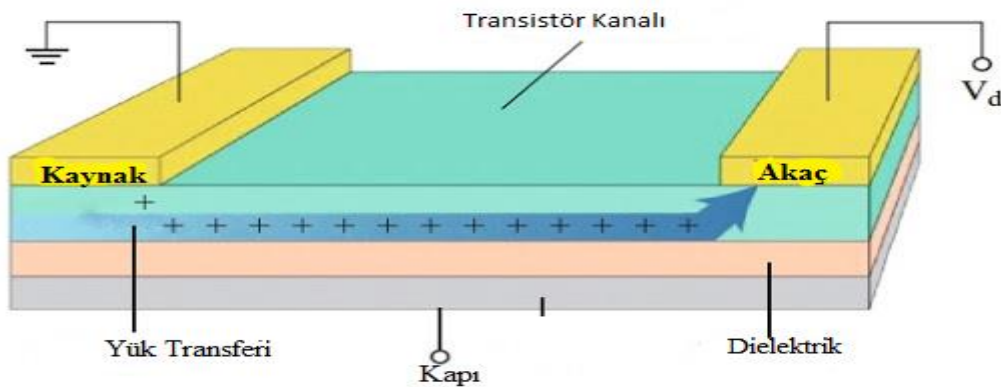


Şekil 2.6. OLED yapısı

Elektriği ışığa daha verimli bir şekilde aktarmak için organik molekül katmanlarından yararlanır. Cihazlarda emisyon meydana geldiğinde, elektriğin kolayca iletilebilmesi için bu tarz ince tabakaların kullanılması gerekiyor. Katmanların aşırı ince olması, çok az miktarda malzemeye ihtiyaç duyulmasını sağlasa da, bu incelikte katmanların kullanılması milyonlarca pikselin güvenli imal edilebilmesini zorlaştırmaktadır. Esnek ekran özeliğine sahip TV'ler, giyilebilir, esnek, şeffaf OLED' ler gibi pek çok alanda bu teknoloji kullanılmaktadır [28].

2.3.3. Organik alan etkili transistörler(OFET)

Organik alan etkili transistörler (OFETs) yeni nesil elektronik cihazlar için umut verici bileşenlerdir. OFET'ler, katlanabilir elektronik devreler ve sensörlerde kullanılabilir. Esnek, ince ve hafif olma potansiyeline sahiptir. Basılı elektronikler, kağıt ve plastik filmler gibi esnek yüzeylerde yüksek yoğunluklu ve büyük devrelerin üretimine olanak tanıyan seri ve düşük maliyetli cihaz üretimleri için yenilikçi bir teknolojidir. OFET aygıtlar, organik bir yarı iletken, bir yalıtkan katman, kaynak-savak ve kapı elektrotları içeren büyük ölçüde basit bir[29] yapıdır (Şekil 2.7.).Taşıyıcı hareketliliği, yarı iletkenin iletkenliği ile doğru orantılıdır ve bu nedenle aygıtın performansı ile doğrudan ilişkilidir. Bazı devrelerde anahtar görevinde bulunabilir. Akıllı kartlar, basit ekranlar, elektronik kağıt gibi uygulamalarda kullanılabilirler.



Şekil 2.7. Basit bir OFET yapısı

2.3.4. Organik güneş pilleri (OSC)

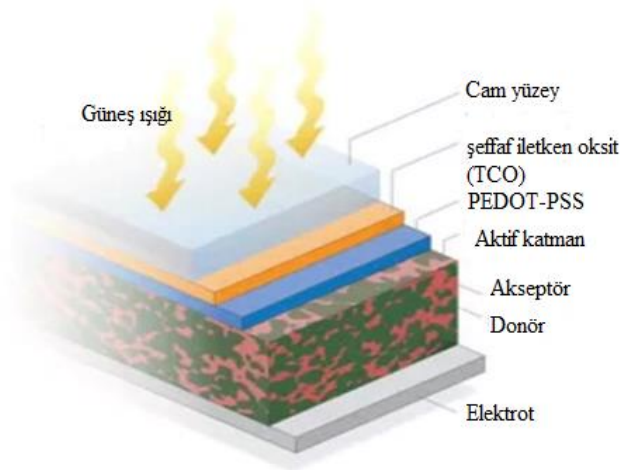
Organik güneş pilleri ışığı soğuran tabaka olarak organik yarı iletken malzeme kullanılan üçüncü nesil güneş pilleridir. İnorganik yarı iletkenlere göre daha ucuz maliyetle elde edimleri sayesinde daha büyük ölçekli enerji üretimi için uygundur. Düşük sıcaklık üretimi, düşük maliyetli, toksit atıkları oldukça az olup temiz enerji üretimine olanak sağlamaktadır. Geniş alanlı yüzeylere uygulanabilmesine rağmen hafif ve esnek panel üretiminde kullanımları mümkündür.

Fullerenler, nanotüpler ve grafen gibi karbon yapıları nano yapılar çok iyi elektronik, optik, termal ve mekanik özellikleri sayesinde birçok uygulamada yer almaya adaydırlar. Bunlar arasında karbon bazlı güneş hücrelerinde en yaygın kullanılan yapılar grafenlerdir. Brabecfotovoltaiklerin öne çıkan özelliklerini; esnek ve yarı saydam olmaları, sürekli baskı tekniğiyle üretilibilmeleri, geniş alanların bunlarla kaplanabilmesi, farklı aygıtlara kolaylıkla entegre edilebilir olmaları, ekolojik ve ekonomik olarak uygunlukları, olarak vurgulamıştır [30]. OSC'nin genel yapısı Şekil 2.8'de verilmiştir.

Organik güneş pillerinde ışığın elektrik akımına dönüşmesi dört basamakta gerçekleşir.

Bunlar[31, 32];

- Fotonların soğurulmasıyla eksitonların oluşumu,
- Eksitonların polimer içerisine difüze olması,
- Yük ayrışımının oluşması,
- Yük ayrıştıktan sonra elektronların katoda, boşlukların da anota taşınması.



Şekil 2.8. OSC yapısı

Güneş hücrelerini kullanılan malzeme türlerine göre sınıflandırmanın yanı sıra fotovoltaik hücreleri teknolojik gelişimlerine göre de sınıflandırma yapmak mümkündür. Birinci nesil, ikinci nesil ve üçüncü nesil (organik boya duyarlı güneş hücreleri, yarıiletken polimer yapılı-organik güneş hücreleri) olmak üzere üç başlık altında incelenebilir.

Organik güneş hücrelerini yapımında kullanılan organik malzeme türüne göre sınıflandıracak olursak organik boya duyarlı güneş hücreleri(DSSC) ve yarı iletken polimer katkılı organik güneş hücreleri şeklinde sınıflandırabiliriz [33].

Şeffaf okside bağlı bir organik yarı iletken boya molekülü tarafından bir fotonun emilmesi ile DSSC mekanizması başlar. Daha sonra boya molekülü, uyarılan elektronu katot elektrodu adı verilen oksit tabakasına hızla verir. Aynı zamanda, uyarılmış elektrondan elektrolitteki iyon yayılması yardımıyla kalan bir boşluk, anot elektroduna geçer. Bu mekanizma ile uyarılan boya molekülü yenilenir ve tüm süreç yeniden başlayabilir.

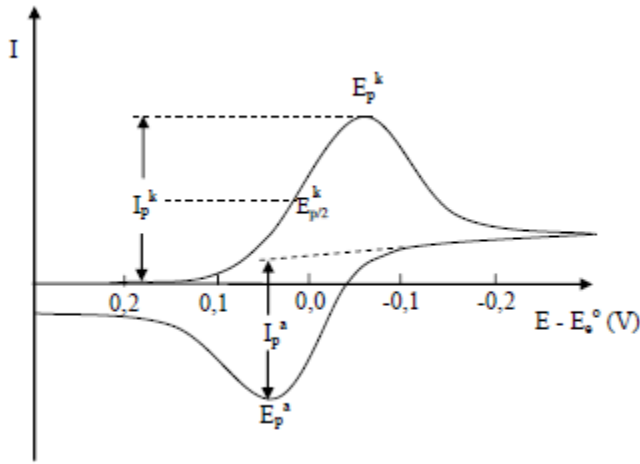
2.4. Organik Elektronik Özelliklerin Belirlenmesi

2.4.1. Döngüsel voltametri (CV)

Döngüsel voltametri (CV) tekniği elektrokimyasal teknikler içinde en yaygın kullanılan tekniktir. Moleküler türlerin indirgenme ve yükseltgenme süreçlerini araştırmak için kullanılır. Kataliz içeren elektron transferi ile başlatılan kimyasal reaksiyonlarının incelenmesinde önemli yeri vardır. Ayrıca adsorbsiyon olayının araştırılmasında ve kinetik çalışmalarda da kullanılan bir tekniktir. Analizi yapılacak maddeden çözelti yani analit hazırlanır ve bu çözeltiye iki elektrot daldırılarak bir devre hazırlanır. Elektrotlardan birinde elektron transferi için gerekli olan elektrik potansiyelini (voltajı) saptamak için değişiklik yapılır. Bu sayede hangi voltaj da akım olduğunu bulabiliriz. Her bir elektrottan geçen voltajı kontrol eden voltametri cihazına bağlanır. Belirli bir analit için akımın termodinamiği ve kinetiği hakkında hassas ölçümler yapan bir tekniktir. Zamanla doğrusal olarak voltaj değiştirilir ve voltajın zamanla değişimi tarama hızı olarak belirlenir.

Voltametricde elektro-etkin madde elektroda üç yolla taşınır [34]:

1. Mekanik karışımlardan (ör. elektrodun dönmesi) ve sıcaklık değişimlerinden dolayı konveksiyon oluşur. Analizin sabit sıcaklık ve durgun ortamda yapılmasıyla konveksiyon önlenir.
2. Elektrostatik çekim (iyon göçü), elektrotlara uygulanan potansiyel elektrotlardan birini pozitif diğerini negatif yüklediği zaman (elektroliz sisteminde anot pozitif, katot ise negatif yüklüdür), çözüldükteki iyonların elektrostatik kuvvet altında elektroda doğru çekilmesi veya itilmesinden meydana gelir. Ortama analizi yapılacak maddeden daha zor indirgenen, iyonik iletkenliği daha fazla olan ve anyon ile katyon hareketlilikleri birbirine yakın olan elektroaktif madde (destek elektrolit) eklenerek elektrostatik çekim engellenebilir.
3. Difüzyon, maddenin derişik olduğu bölgeden seyreltik olduğu bölgeye doğru derişim farkı nedeniyle olan hareketidir. Polarografide maddelerin elektroda yalnızca difüzyon yoluyla ulaşması istenir. Elektroda hızlı bir potansiyel taraması uygulandığı zaman potansiyel, standart indirgenme potansiyeli değerine yaklaşınca madde indirgenmeye başlar. Elektrot yüzeyindeki maddenin indirgenme hızının artması potansiyelin negatifleşmesiyle olur ve buna bağlı olarak da akım artar. Elektrot yüzeyine difüzyonla gelen madde miktarının akımı kontrol etmesi indirgenme hızının yeterince büyük olmasına bağlıdır. Zamanla akım azalmaya başlar bunun sebebi difüzyon tabakasının kalınlaşmasıyla difüzyon hızının azalmasıdır. Asılı olan elektrottan alınan doğrusal taramalı voltamogram grafiğinde pik şeklinde olan bir tarama verisi elde edilir (Şekil 2.9.). CV'de elde edilen pik akımının büyüklüğü elektroaktif maddenin konsantrasyonu, aktarılan elektron sayısı, elektrot yüzey alanı ve difüzyon katsayısı ile değişir[35].



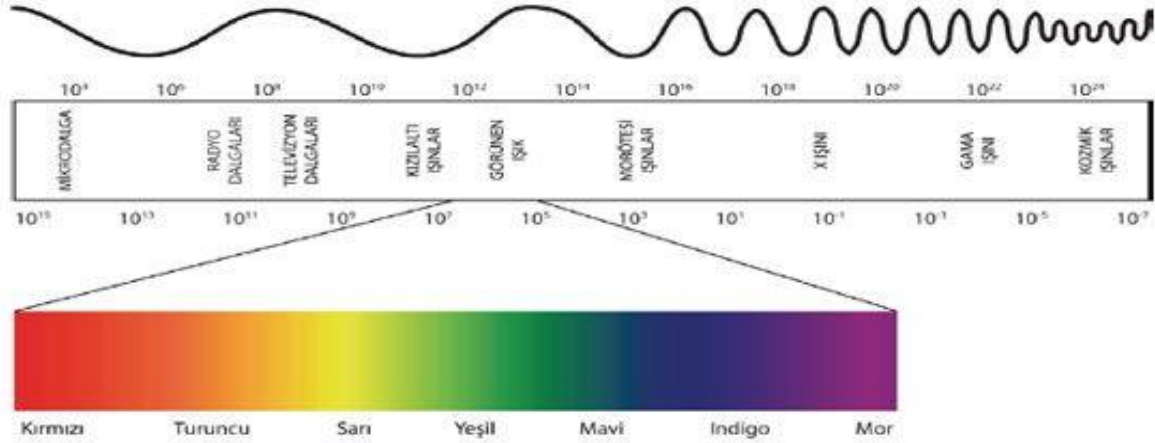
Şekil 2.9. Voltagram grafiği

2.4.2. UV-VİS spektroskopisi

Ultraviyole-görünür (UV-Vis) spektroskopisi, elektromanyetik spektrumun ultraviyole ve görünür aralıkları boyunca ışık emilimini ölçmek için kullanılan bir tekniktir. Gelen ışık yüzeye çarptığında emilebilir, yansıtılabilir veya iletilebilir. UV-Vis aralığındaki radyasyonun absorbansı, moleküllerin düşük enerjili temel halden atomun uyarılmış hale geçişine neden olur.

Bir atomda uyarılma olabilmesi için, elektronların yeterli radyasyon emilmesi sayesinde daha yüksek moleküler yörüngelere taşınması gerekir. Daha küçük bant aralıkları tipik olarak daha düşük ışık dalga boylarının emilimiyle ilişkilidir. Bu nedenle moleküllerin bu geçişlerden geçmesi için gereken enerji elektrokimyasal olarak spesifiktir. Bir UV-Vis spektrofotometre bir numunedeki analitleri emme özelliklerini belirlemek için kullanılabilir. Bu teknikte ışık kaynağı referans alınarak numuneden iletilen ışığın yoğunluğu ölçülür. 190-840 nm dalga boyu aralığında ışıkla örneklerin ölçümünü belirlemek için darbeleri bir flaş lambası kullanır. İletilen ışık optik dedektörü tarafından alınır. Emilen ışık miktarı numunenin konsantrasyonu ve ışığın numuneden geçtiği mesafe ile doğru orantılıdır. Analiz dalga boylarını ve yol uzunluğunu kontrol ederek bir mikro hacimdeki analitlerin konsantrasyonunu belirleyebilir. UV/Vis spektroskopisi çok sayıda organik ve inorganik bileşiğin analizinde kullanılmaktadır. Moleküler absorpsiyon spektroskopisi 160-780 nm dalga boyları arasındaki ışığın (Şekil 2.10.) ışın yoluna sahip bir hücredeki çözeltinin yoğunluğundan kaynaklı geçirgenliğine veya ışığın emilim ölçümüne dayanır. Bu emilim daha çok moleküllerdeki bağ elektronlarının uyarılmasından

kaynaklanır, bunun sonucu olarak moleküler absorpsiyon spektroskopisi bir moleküldeki fonksiyonel grupların tanımlanmasında ve aynı zamanda fonksiyonel grupları taşıyan bileşiklerin nicel tayininde kullanılır [36, 37].



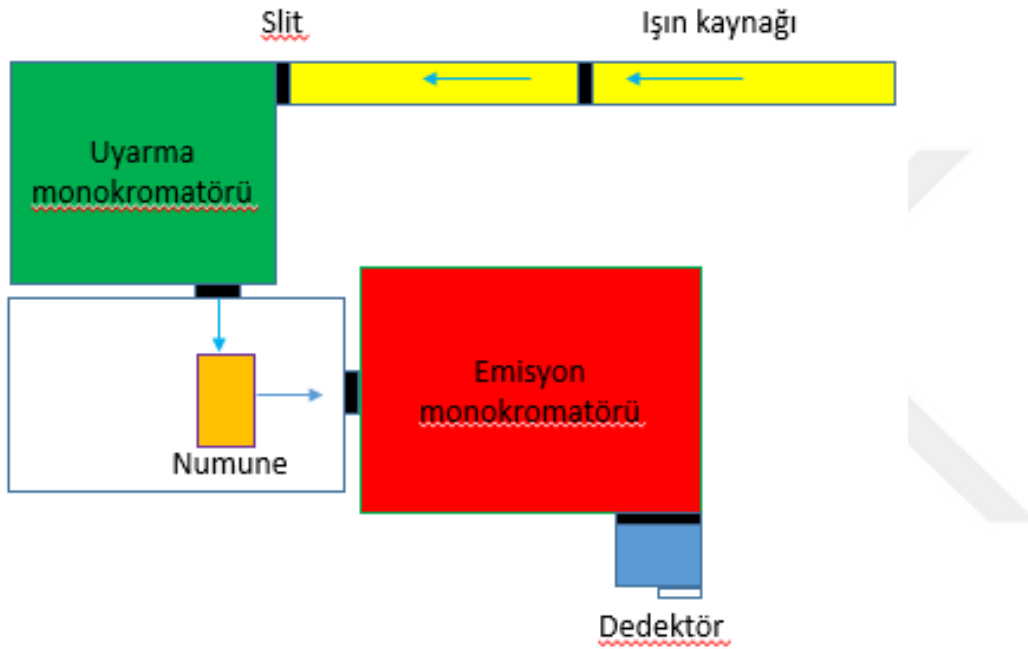
Şekil 2.10. UV gösterimi

Solvatokromik etki birçok kimyasal ve biyolojik araştırma alanlarında bağlanma, konformasyon gibi özelliklerin tespitinde kullanılmaktadır. Solvent kaynaklı yapısal modifikasyonlar, polarizasyon etkileri, çözünürlük, çözünen ile solvent arasındaki hidrojen-bağlanma etkileşimleri ve agregasyon gibi etkilerin absorpsiyon ve floresans özellikleri üzerine etkilerinin açıklanmasına olanak sağlar (Marini, Munoz-Losa, Biancardi, Mennucci, 2010).

2.4.3. Floresans spektrofotometre

Moleküller ve atomların temel halden uyarılmış hale geçerken fazla olan enerjilerini yaklaşık 10 nanosaniye gibi kısa bir sürede ışık halinde yaymalarına floresans denir. Bir maddenin floresansı hakkında fikir elde edebilmek için molekülün floresans emisyonu sırasında çıkardığı ışığın dalga boyundan yararlanmak mümkündür. Maddelerin nitel analizleri hakkında floresans spektroskopisi bilgi sağlayabilir. Floresansın ölçümünün güvenilirliği sıcaklık, pH, ortamdaki oksijenle temas gibi faktörlere de bağlıdır ve floresans şiddetini etkiler.

Numunenin soğurduğu ışınları daha sonra yayması ölçülmek istendiği için dedektör numune haznesine 90° açıyla yerleştirilir. Böylece ışık kaynağından çıkan ve numune tarafından soğurulmayan ışınlar dedektöre ulaşmaz, sadece numune tarafından yayılan floresans ölçülür. Numuneye gidecek ışığın ve numuneden yayılan ışığın dalga boylarını seçmesi için hem numuneden önce hem de numuneden sonra bir dalga boyu seçici (genellikle monokromatör) kullanılır. Bir floresans spektrofotometresinin şematik gösterimi aşağıdaki gibidir. (Şekil 2.11.)



Şekil 2.11. Floresans spektrofotometresinin şematik gösterimi

2.4.4. Termogravimetri / diferansiyel termal analiz (TG / DTA)

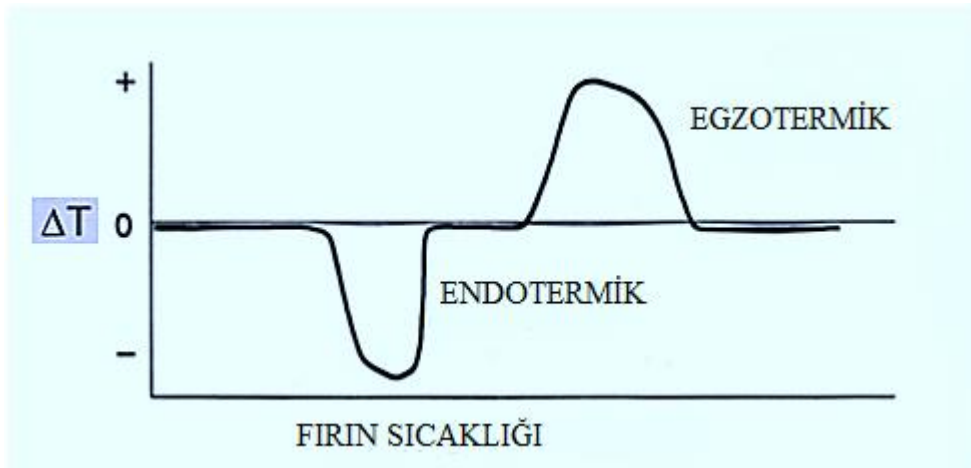
TG / DTA, bir numunenin birden fazla termal özelliğini tek bir deneyde karakterize edebilen eş zamanlı bir termal analiz cihazıdır. TG bileşeni, ayrışma, azalma veya oksidasyonun meydana geldiği sıcaklıkları ölçer. Eş zamanlı olarak ayrışma, oksidasyon ve numune kilo kaybı veya kazanımı ile sonuçlanan diğer fiziksel veya kimyasal değişiklikler ile ilişkili ağırlık değişikliklerini ölçer. DTA bileşeni, ayrışma işlemlerinin endotermik mi yoksa ekzotermik mi olduğunu gösterir. DTA ayrıca erime, kristalleşme ve cam geçişleri gibi hiçbir kütle kaybının olmadığı faz değişikliklerine karşılık gelen sıcaklıkları da ölçer. Bir TG/DTA, kontrol edilen gaz atmosferi ve sıcaklık altında sıcaklığın (ve/veya zamanın) bir fonksiyonu olarak numune ağırlığındaki değişikliği ölçer.

“DTA” diferansiyel termal analiz anlamına gelir. DTA tekniği referans alınan bir sıcaklık (T_r) ile numunenin sıcaklığı(T_s) arasındaki farkı ölçer. Belirlenmiş bir sıcaklık aralığında, termal olayların gerçekleştiği sıcaklıkları gösteren bir dizi tepe noktası veya adım değışikliği gösterecektir. Ortamdaki sıcaklık değışimlerinden dolayı numune tarafından absorbe edilen veya serbest bırakılan ısı miktarı, TG/DTA cihazı tarafından doğru bir şekilde ölçülemez[38].

DTA yöntemi, ısıtma veya soğutma sırasında, numune ve referans malzeme arasındaki sıcaklık farkı ölçümüne dayanır. Bu yöntemde, numune ve referans malzeme aynı koşullarda ısıtılmaktadır. Isıtma sırasında numunede meydana gelen hal değışimi veya kimyasal reaksiyon sonucu sıcaklığı değışir ve böylece aynı koşullarda ısıtılan referans malzemesinin sıcaklığı ile ΔT kadar bir sıcaklık farkı oluşur.

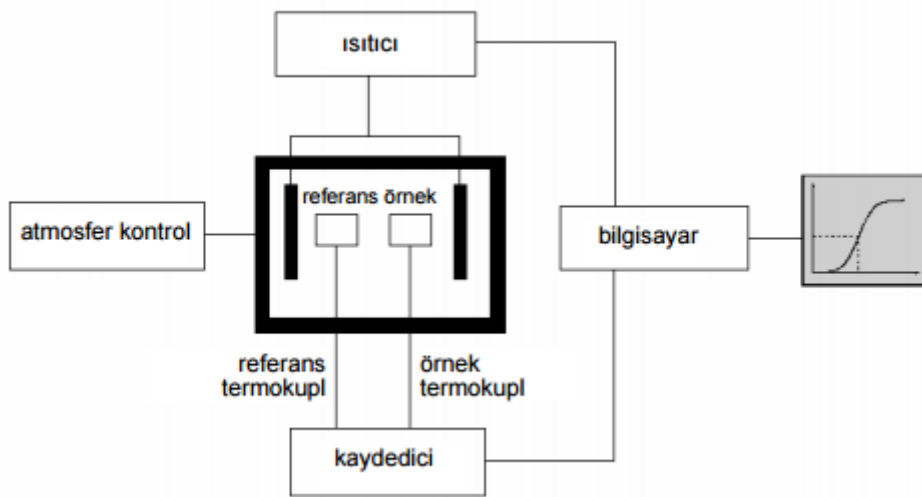
$$\Delta T = T_r - T_s \quad (1)$$

Burada T_s numune sıcaklığı, T_r referans malzemenin sıcaklığıdır. Numunede herhangi bir reaksiyon gerçekleştiği zaman numune ile referans malzeme arasında bir sıcaklık farkı oluşacaktır. Endotermik değışimde, numunenin sıcaklığı referans malzemenin sıcaklığından daha düşüktür ($\Delta T = -$ (endotermik proses için)). Egzotermik değışimde ise, numunenin sıcaklığı referans malzemenin sıcaklığından daha yüksektir ($\Delta T = +$ (egzotermik proses için)). Şekil 2.12’ de, DTA grafiğinde gözlemlenebilecek endotermik ve egzotermik piklerin yönleri gösterilmiştir.



Şekil 2.12. DTA grafiği

Şekil 2.13’ de DTA cihazı şematik olarak gösterilmiştir. Tartılmış miktarlardaki numune ve referans malzemesi küçük potaların içine konur. Sisteme bağlı olan bir programlayıcıdaki kontrol termokuplu, fırının sıcaklığının doğrusal bir hızla yükselmesini kontrol eder. Numune ve referans termokupları seri olarak bağlanmıştır. Numune veya referansın sıcaklıkları arasındaki farklılık bir akım doğmasına neden olur ve yükseltilecek akım programlayıcıdaki kalemin konumunu değiştirir [39].



Şekil 2.13.DTA cihazının şematik gösterimi.

Başarılı bir deney için önemli bilgiler:

1. Hammadde yüksek saflıkta olmalıdır.
2. Yüzey alanını arttırmak için ince öğütülmüş toz kullanılmalıdır.
3. Reaksiyonların tamamlanabilmesi için tüm sıcaklıklarda zaman yeterince uzun olmalıdır.

2.4.5. Diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC)

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) katı, sıvı veya yarı katı numunelerde kantitatifkalorimetrik ölçümler yapan güçlü bir termal analitik araçtır. DSC, bir “ısı akısı” tipi DSC ısıtma bloğunda bulunan sıcaklık sensörlerini kullanarak numuneye giren veya çıkan ısı miktarını ölçer. Bir numuneye ve DSC hücresindeki etkisiz bir referans malzemesine bir sıcaklık programı uygulanır ve sensörler aralarındaki sıcaklık farkını

ölçer. Numune, kristalleşme gibi ısıyı geliştiren bir termal işlemde geçtiğinde, DSC grafiği, ısı akışında bir artış gösterir. Bu, ekzotermik bir olayın göstergesidir çünkü örnek sensör tarafından kaydedilen sıcaklık referans için algılanan sıcaklıktan daha yüksektir. Örnek, referanstan (erime gibi) daha fazla ısı emmesine neden olan bir termal olaya maruz kalırsa, DSC grafiği, ısı akışında bir düşüş gösterir. Buna endoterm denir ve bu durumda sıcaklık sensörü, referans ile karşılaştırıldığında örnek için daha düşük bir sıcaklık ölçer.

Tipik bir DSC taraması, numuneyi dakikada 10 °C gibi kontrollü bir sabit hızda ısıtmayı ve faz geçişlerini karakterize etmek ve/veya artan reaksiyonların bir fonksiyonu olarak reaksiyonları iyileştirmek için ısı akışını izlemeyi içerir. Daha çok ilgili çalışmalar, izotermal tutma bölümlerinin yanı sıra çoklu ısıtma ve / veya soğutma rampalarını da kullanır.

Bu cihazlar mutlak ısı akışını ölçülen ısıtma hızına bölerek bir ısı deney sinyalini doğrudan tek bir deneyde verebilir. Uygulanan deneysel koşulların (bir ısıtma rampası gibi) bir fonksiyonu olarak ısı kapasitesi sinyalinin izlenmesi, bir faz değişikliğine veya kimyasal bir reaksiyona maruz kaldıkça numunenin ısı kapasitesinin nasıl değiştiğini belirleyebilir. Doğrudan ısı kapasitesi ölçümleri, yüksek doğruluk seviyesine sahip izotermal sıcaklıklarda da elde edilebilir.

Kullanım alanları

- En iyi işlem sıcaklıklarını ve maksimum kullanım sıcaklıklarını belirlemek için kullanılabilen ilgili faz geçişlerini (örneğin eritme, kristalleşme, T_g) karakterize etme,
- Saf bileşik ve karışımların ısı kapasitesinin ölçülmesi,
- Füzyon ısısının ve katılaşma ısısının ölçülmesi (delta H -entalpi değişimi),
- Kalitenin karşılaştırılması (Kalite Kontrol, başarısızlık analizi, yeni malzeme değerlendirmesi),
- Bilinmeyen malzemeleri tanımlamak ve safsızlıkların varlığını belirlemek,
- Katkı maddelerinin formülasyonlarını, karışımlarını ve etkilerini değerlendirme,
- Yaşlanmanın etkilerini belirleme,
- Yüzde kristallik tahmini,

- Nispeten saf organiklerin yüzde saflığının belirlenmesi,
- Sertleşme veya kristalleşme kinetiğinin analizi,
- Polimer harmanları ve kopolimerlerin faz ayrılmasının belirlenmesi,
- Kürlenme derecesini tahmin etmek; artık tedavi ölçme,
- Ötektik noktanın değerlendirilmesi ve faz diyagramlarının oluşturulması,
- Polimorfik malzemelerin karakterizasyonu,
- Bileşiklerin termal tarihçesinin değerlendirilmesi,
- İnce, zayıf veya örtüşen faz geçişlerinin hassas ölçümlerini yapma,



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Tez çalışmalarını gerçekleştirmek için kullanılan malzemeler Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasallar.

Madde adı	Firma adı	Katalog no
DMF	Sigma-aldrich	66-99-9
Pd(PPh ₃) ₂ Cl ₂	Sigma-aldrich	89-98-5
ACN	Sigma-aldrich	1122-91-4
ACETONE	Sigma-aldrich	104-88-1
DCM	Sigma-aldrich	3446-89-7
H ₂ O ₂	Sigma-aldrich	7722-82-1
HCl	Sigma-aldrich	1185-53-1
H ₅ IO ₆	Sigma-aldrich	10450-60-9
AF	Sigma-aldrich	153-78-6
Triptofan	Sigma-aldrich	73-22-3
P ₃ HT	Sigma-aldrich	156074-98-5
PCBM	Sigma-aldrich	160848-22-6

3.2. Kullanılan Cihazlar

Infrared spektrumları, Bartın Üniversitesi'ne ait IRAffinity-1 Fourier Transform Infrared Spectrophotometer Shimadzu spektrometresinde alındı.

UV spektrumları, Amasya Üniversitesi Kimya Bölümüne ait "Perkin Elmer, Lambda 35 UV-VIS" spektrofotometresinde alındı.

Floresans spektrumu ölçümleri, Amasya Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında "Agilent Cary Eclipse G9800A" cihazı ile yapıldı.

Döngüsel voltametri ölçümleri Amasya Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında "Gamry Reference 3000" cihazı ile yapıldı.

TG-DTA ölçümleri, Amasya Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.

Yarıiletken Karakterizasyon Sistemi, Amasya Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında 'Keithley 4200 SC' cihazıyla yapılmıştır.

XRD, Bartın Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında 'RIGAKU SMARTLAB' cihazında yapılmıştır.

SEM, Bartın Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında TESCAN / MAIA3 XMU cihazı ile yapıldı.

4.BULGULAR

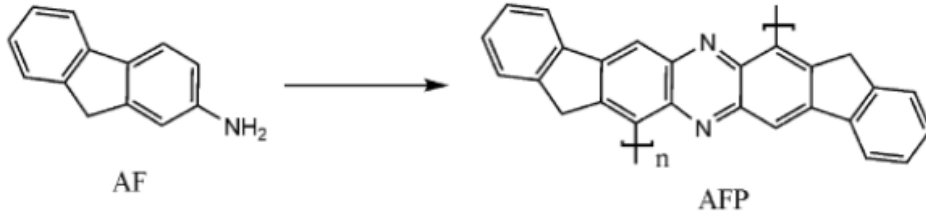
4.1. Genel Bakış

4.2. Polimerlerin Sentezi

Bu çalışmada 2 farklı yöntemle poli(2-aminofluoren) sentezlenmiştir (Şekil 4.1). Kimyasal olarak poli(2-aminofluoren) sentezlemek için periyodik asit (H_5IO_6) yükseltgeni kullanılmıştır. 2-aminofluoren monomeri asidik ortamlarda polimerleştiğinden polimerizasyon ortamının asitlendirilmesinde HClasiti kullanılmıştır. 2-aminofluorenin biyosentezi ise yabanturpu peroksidaz enzimi kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra ayrıca sentez ortamına farklı oranlarda çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) eklenerek sentez tekrarlanmıştır. Bu sentezlenen polimerlere ait numune kodlamaları Çizelge 4.1 'de verilmiştir. Bu polimerlerin bir kısmı, FTIR spektroskopisi, UV-görünür bölge spektroskopisi, iletkenlik ölçüm cihazı, SEM, XRD ve termal analiz yöntemleri (DSC, TGA, DTA) ile karakterizasyonu yapılmıştır. Karakterizasyon, farklı yöntemlerle sentezlenen polimerler arasında karşılaştırmalı olarak yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Ağırlıkça farklı oranlarda ve farklı yöntemlerle sentezlenen PAF polimerlerinin numune kodlaması

Örnek Adı	PAF (Enzimatik)	PAF (Kimyasal)	MWCNT
PAF-1	+	-	-
PAF-2	-	+	-
PAF-1-1	1	-	1
PAF-1-2	1	-	2
PAF-1-3	1	-	0,5
PAF-2-1	-	1	1
PAF2-2	-	1	2
PAF-2-3	-	1	0,5



Şekil 4.1. PAF(AFP) polimerinin genel sentezi

4.2.1. Enzimatik yolla elde edilen bileşik

Biyokimyasal polimerizasyonda; 1,4-dioksan içerisinde belirli oranlarda 2-aminofluoren yabanturpu peroksidaz enzimi ve sodyum fosfat tamponu eklenerek karıştırılmıştır. Daha sonra bu karışımlar üzerine 3 saat boyunca damla damla H_2O_2 eklenerek karıştırılmıştır. Elde edilen polimer çözücü sistemi ile süzülüp, yıkanıp vakum altında kurutulmuştur.

4.2.2. Kimyasal yolla elde edilen bileşik

Kimyasal polimerizasyonda; 2-aminofluoren monomeri, ortamı asitlendirmek için monomerderişimine eşit olacak şekilde HCl eklenmiş ve bu karışım üzerine H_5IO_6 yükseltgenini içeren çözelti damla damla eklenerek poli(2-aminofluoren) sentezlenmiştir. Sentezlenmiş olan bu polimerler mavi bant süzgeç kağıdı ile süzülmüştür. Polimer içerisindeki fazla monomer, HCl ve H_5IO_6 'yı ortamdan uzaklaştırmak için polimer çözücü ile yıkanmıştır. Elde edilen katı vakum altında kurutulmuştur.

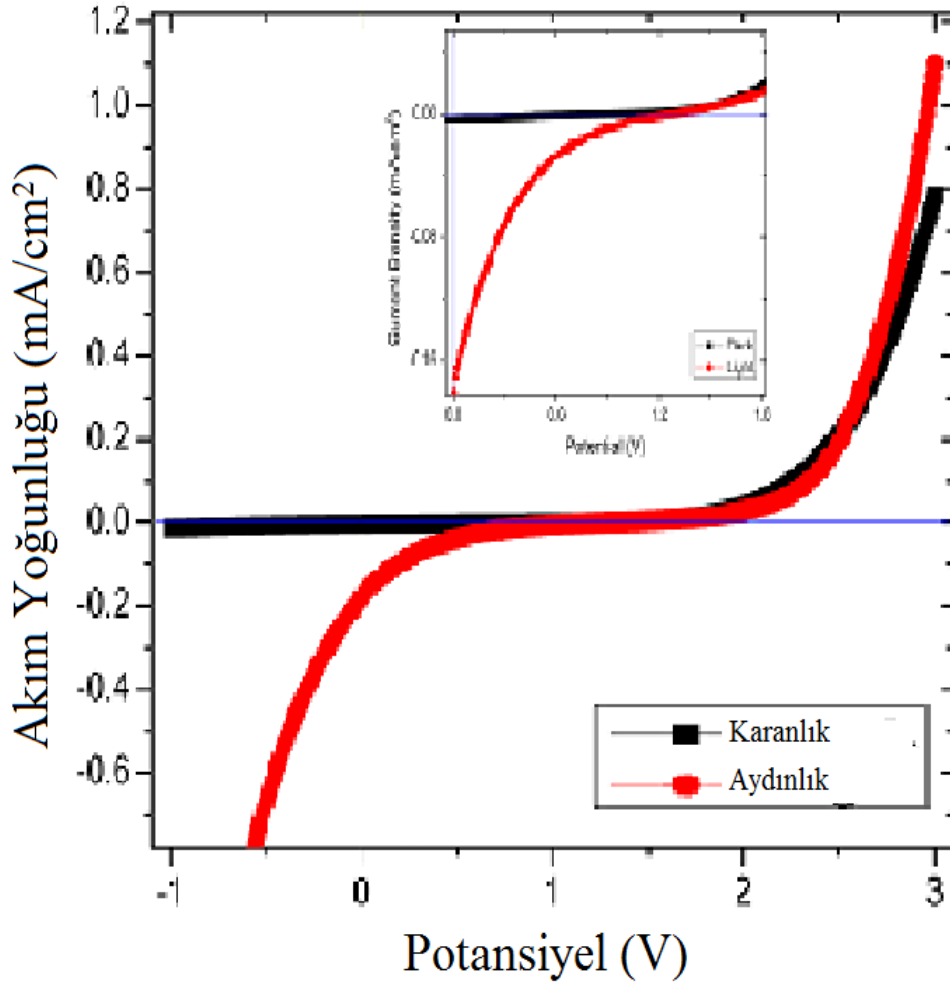
4.2.3. MWCNT kullanılarak elde edilen bileşik

Kimyasal ve enzimatik yolla elde edilen polimerlere farklı oranlarda karbon nanotüp (MWCNT) ilave edilerek farklı polimerler elde edilmiştir. Bu kapsamda önce saf olarak karbon nanotüpkakılamadan kimyasal ve enzimatik yolla PAF polimeri sentezlenmiştir.

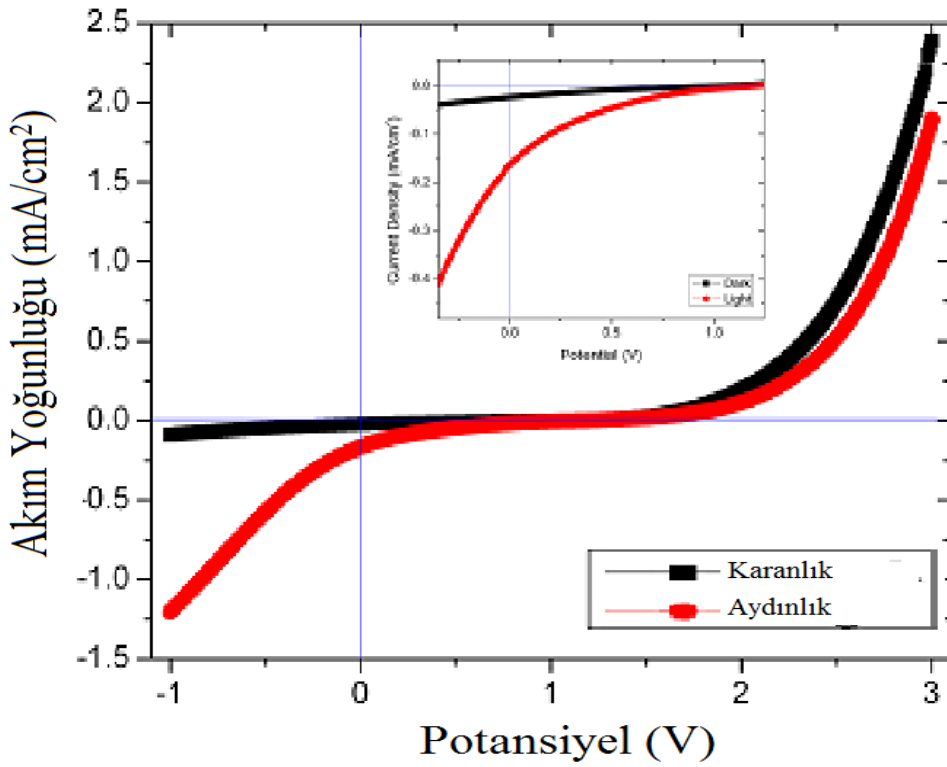
Daha sonra hem kimyasal hem de enzimatik yolla sentezlenen polimerlere kütlece belirli oranlarda çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) eklenerek farklı polimerler elde edilmiştir.

Bu polimerlerin farklı yöntemlerle karakterizasyonu yapılmış ve güneş gözelerinde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

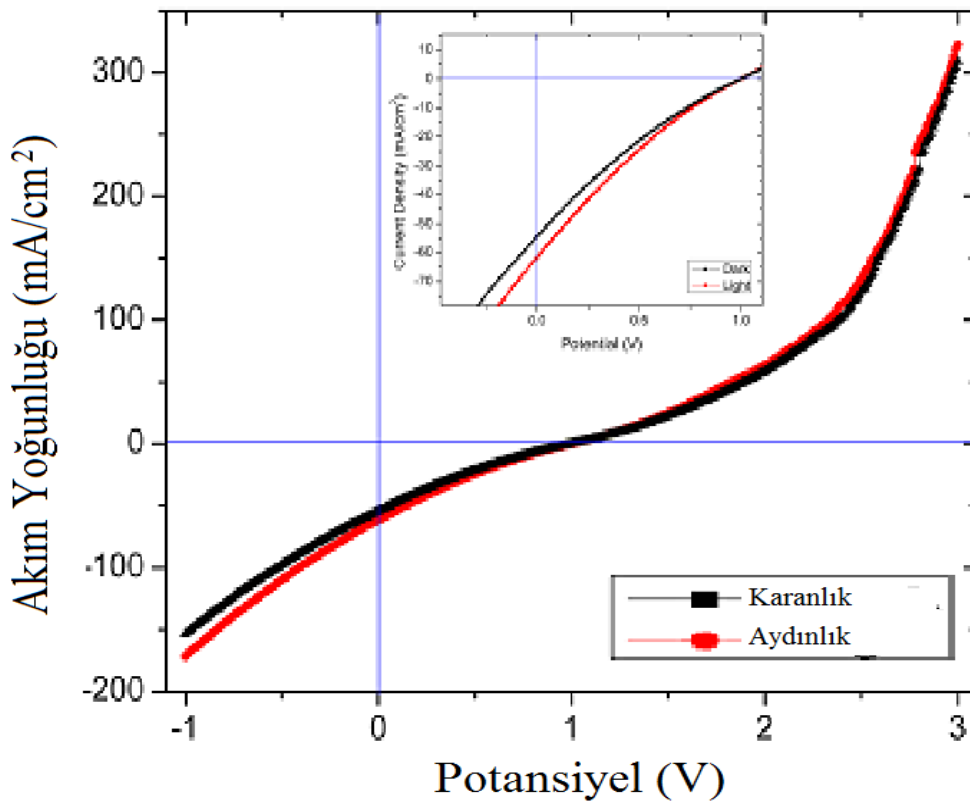
4.3. Organik Güneş Hücresi Üretimi ve Karakterizasyonu



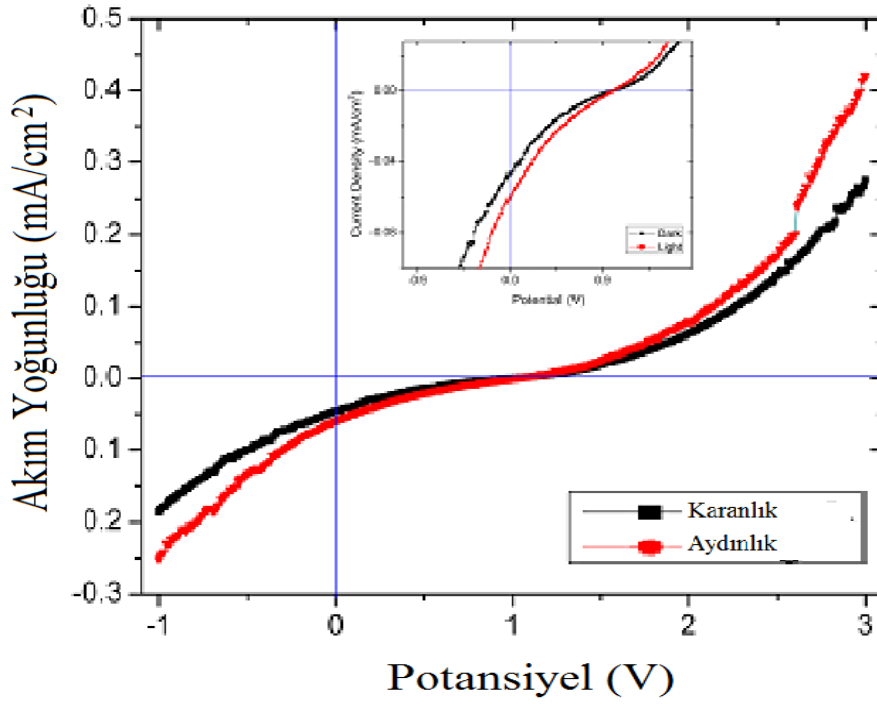
Şekil 4.2.PAF1 ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu



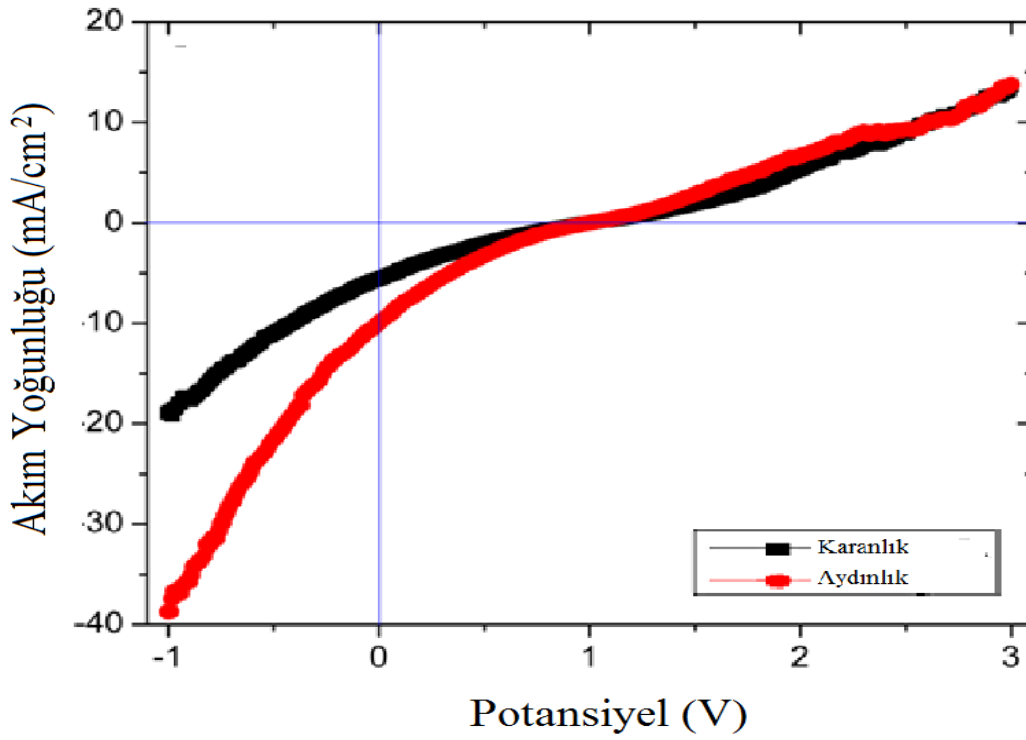
Şekil 4.3.PAF2ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu



Şekil 4.4.PAF1-1ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu



Şekil 4.5.PAF2-2ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu



Şekil 4.6.PAF2-3ile üretilen güneş pili için I-V karakterizasyonu

4.4. CV Analizleri

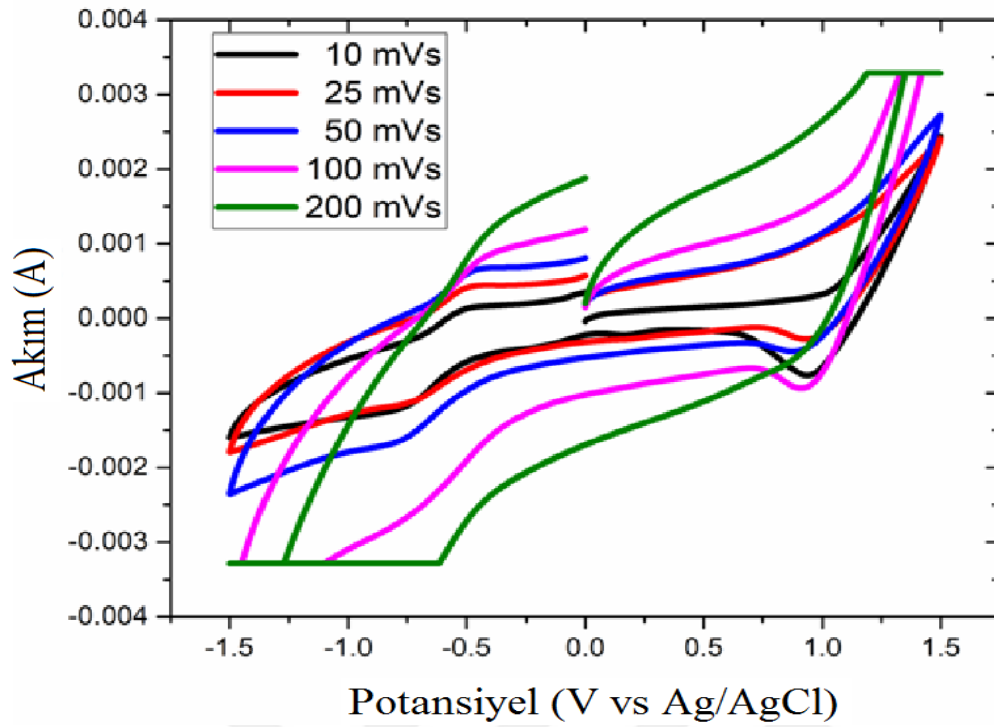
Döngüsel voltametik analizler indirgenme ve yükseltgenme voltajlarına bağlı olarak sınır orbitallerinin enerjilerini hesaplamamızı olanak vererek malzemenin n ya da p tipi olması ile ilgili genel bir fikir verir. Bu çalışmamızda üç elektrotlu sistem kullanılmıştır. Camısı karbon çalışma elektrotu olarak, Ag/AgCl karşıt elektrot, platin ise referans elektrot olarak seçilmiştir. Sentezlediğimiz bileşiklerin 5.10^{-5} M çözeltileri 0.1 M TBAP içeren DMF ile numuneler 40 ppm olacak şekilde hazırlanmıştır. Ölçümler 10, 50, 100, 200 mV /s değerlerinde ölçüm alınarak hızın etkisi -1,5 V-1,5 V aralığı boyunca taranarak tespit edilmiştir. Elde edilen voltagramlar üzerinden E_{ox} ve E_{red} değerlerini bulunur. Okuduğumuz bu değerler ile aşağıda belirtilen formül üzerinden E_{gap} , HOMO ve LUMO değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

$$E(\text{HOMO}) = -e[E_{ox}^{onset} + 4.4], \quad (2)$$

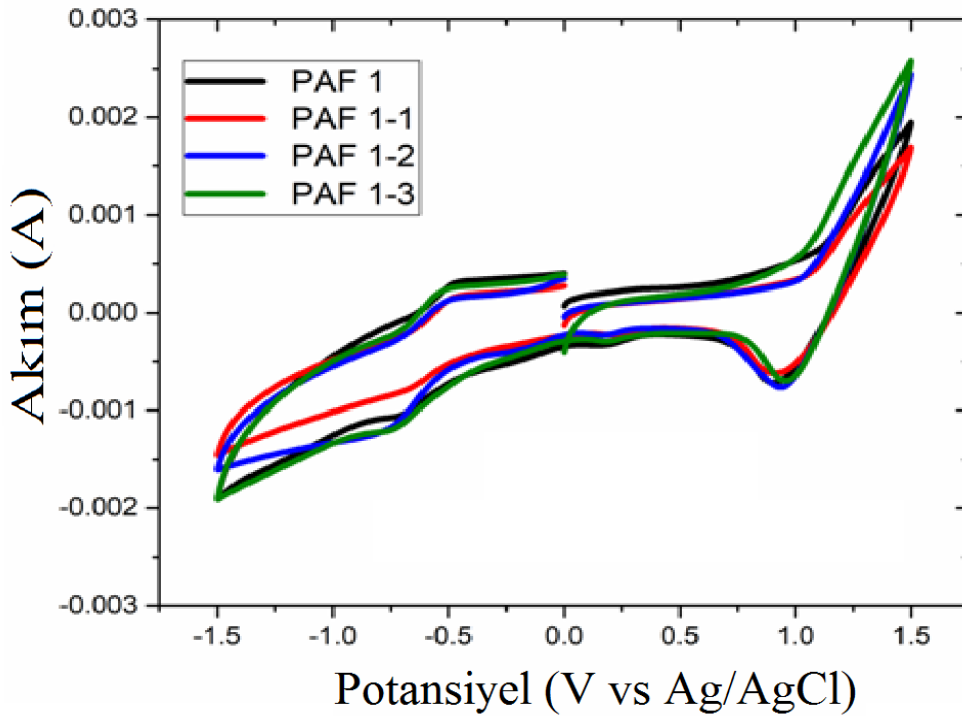
$$E(\text{LUMO}) = -e[E_{red}^{onset} + 4.4] \quad (3)$$

Çizelge 4.2. Döngüsel voltametri analizi sonucu hesaplanan değerler.

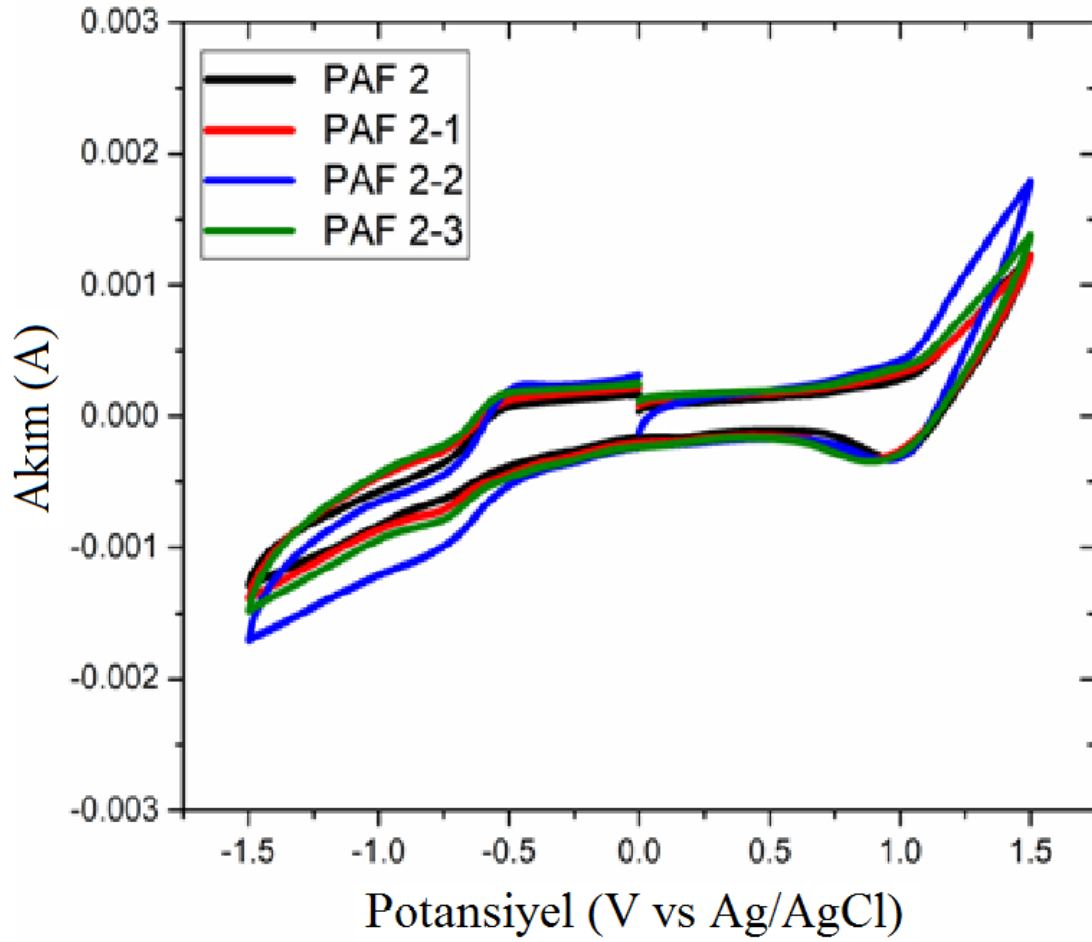
Numune	HOMO(eV)	LUMO(eV)	E_{gap} (eV)
PAF1	7,61	-2,67	10,28
PAF1-1	6,06	-1,59	7,65
PAF1-2	5,99	-3,11	9,10
PAF1-3	7,02	1,51	5,51
PAF2	5,38	1,37	4,01
PAF2-1	5,82	1,38	4,44
PAF2-2	6,74	1,20	5,54
PAF2-3	6,27	1,19	5,08



Şekil 4.7.PAF1-2 örneği üzerinden farklı tarama hızlarında elde edilen voltomogramlar



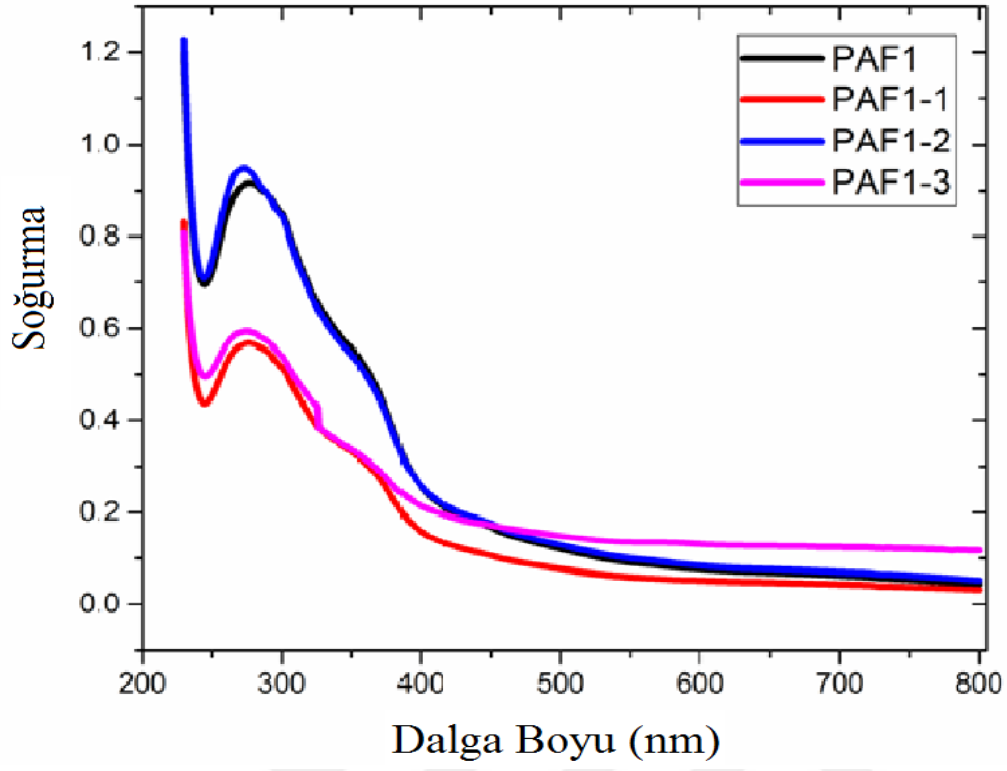
Şekil 4.8.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin 10 mVs tarama hızı ile elde edilen C-V grafiği.



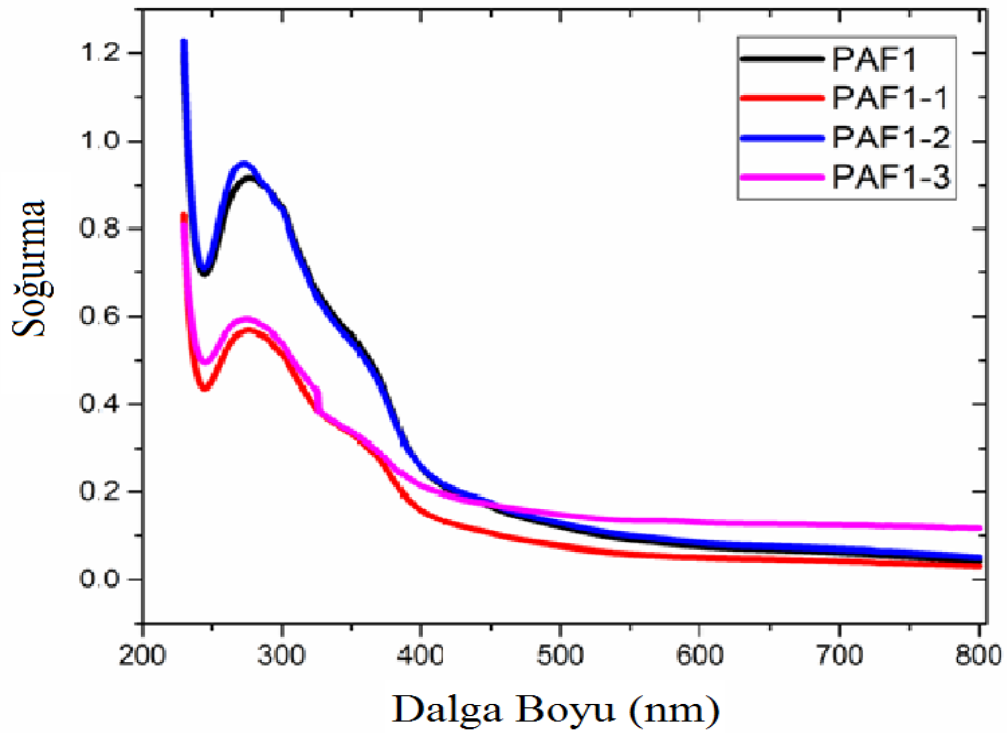
Şekil 4.9.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin 10 mVs tarama hızı ile C-V grafiği.

4.5. UV-VİS Analizleri

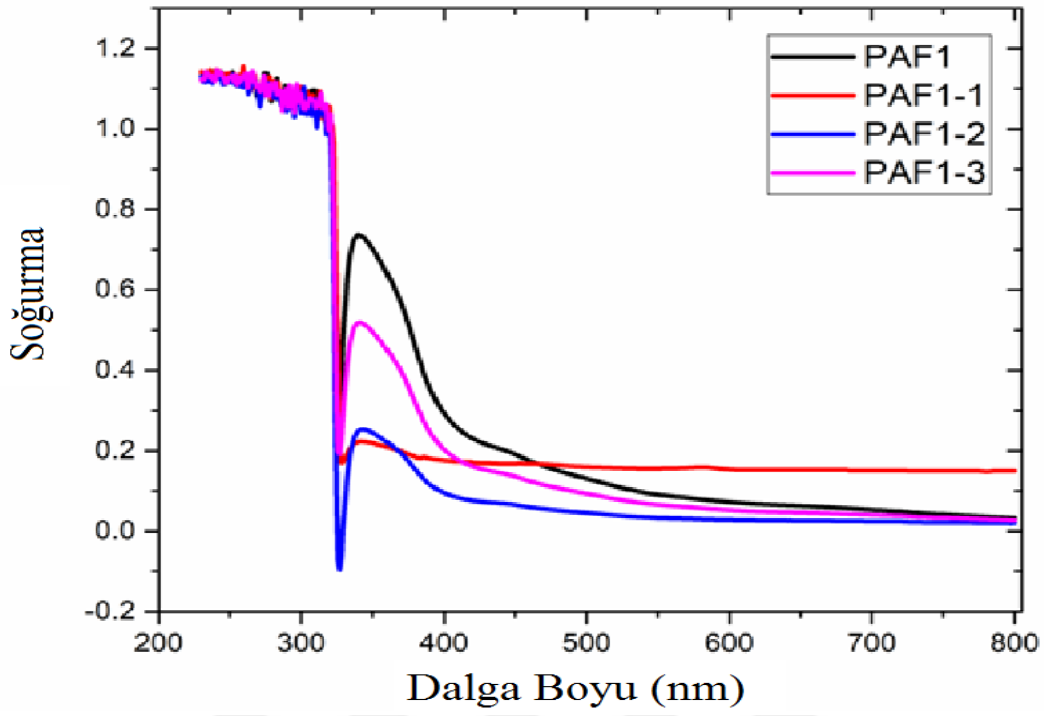
Bu çalışma için 4 farklı polar solvent seçilmiştir. Dietilformamid (DMF), Aseton, asetonitril (ACN), diklorometan (DCM) çözücülerini kullanılarak hazırlanan çözeltilerin konsantrasyona bağlı UV-Vis spektrumları alındı. Eksitasyon ve emisyon spektrumları da aynı solventlerle alınmıştır.



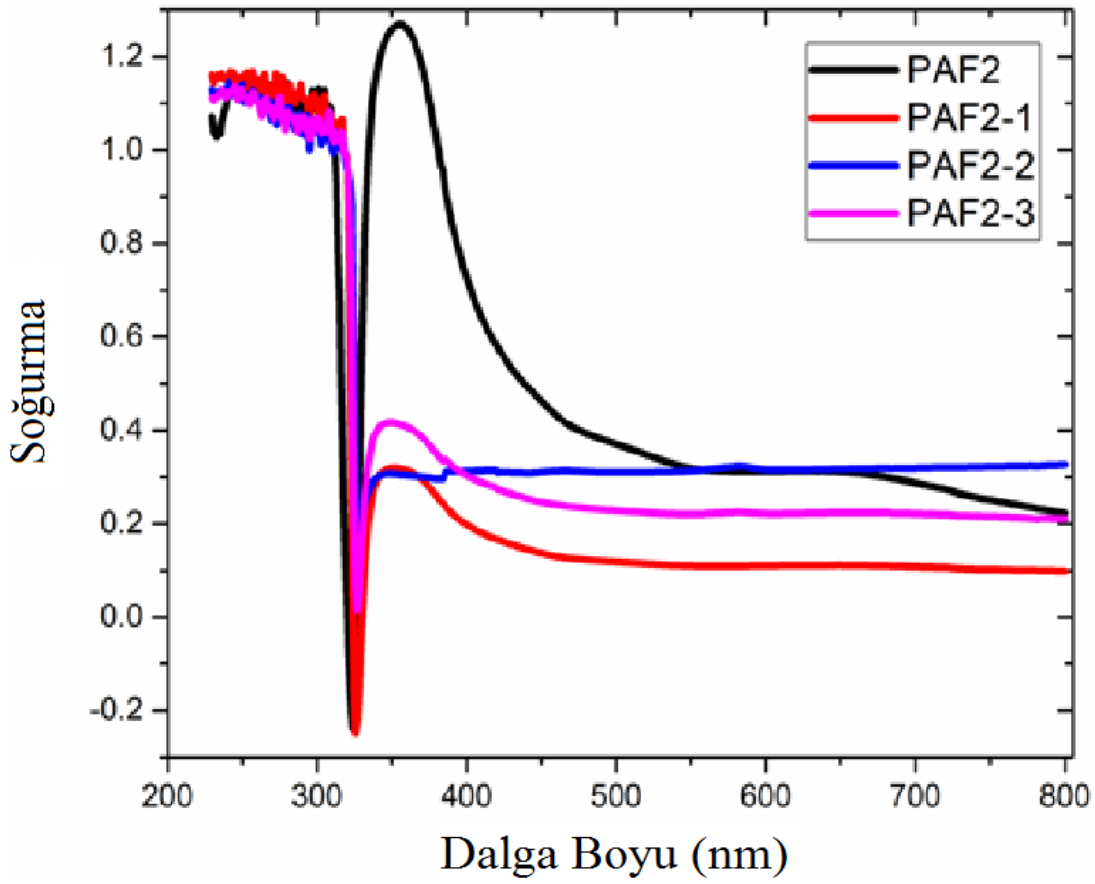
Şekil 4.10.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin UV grafiği(ACN).



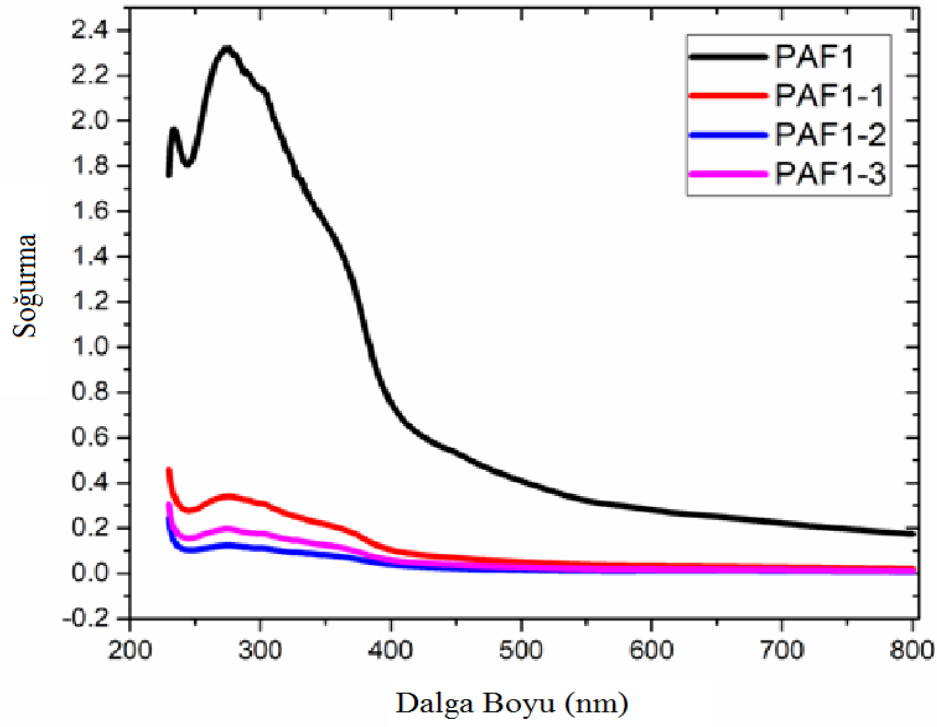
Şekil 4.11.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin UV grafiği (ACN).



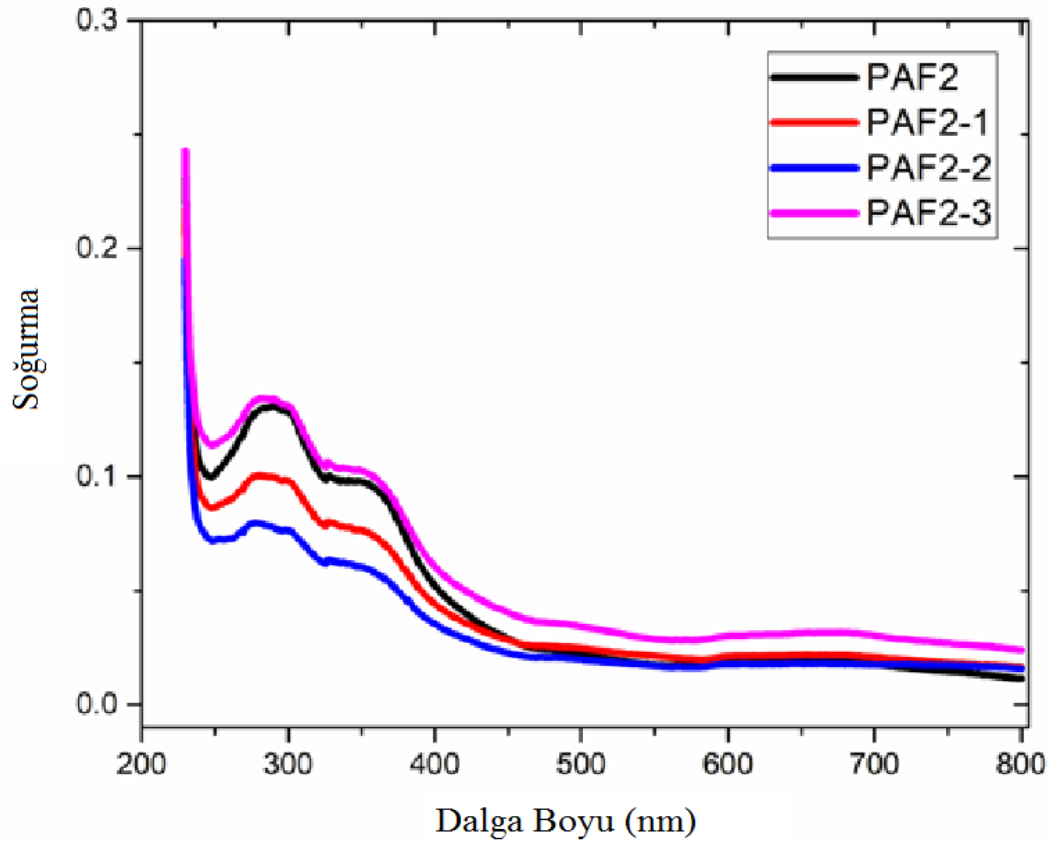
Şekil 4.12.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin UV grafiği (Aseton).



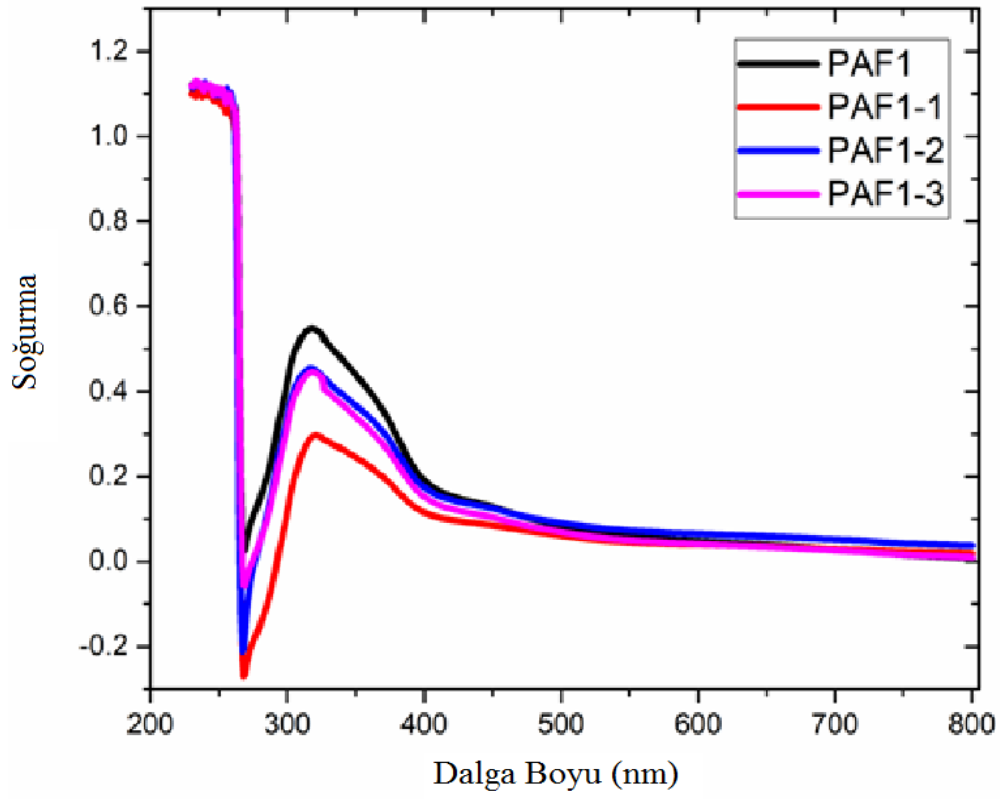
Şekil 4.13.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin UV grafiği (Aseton).



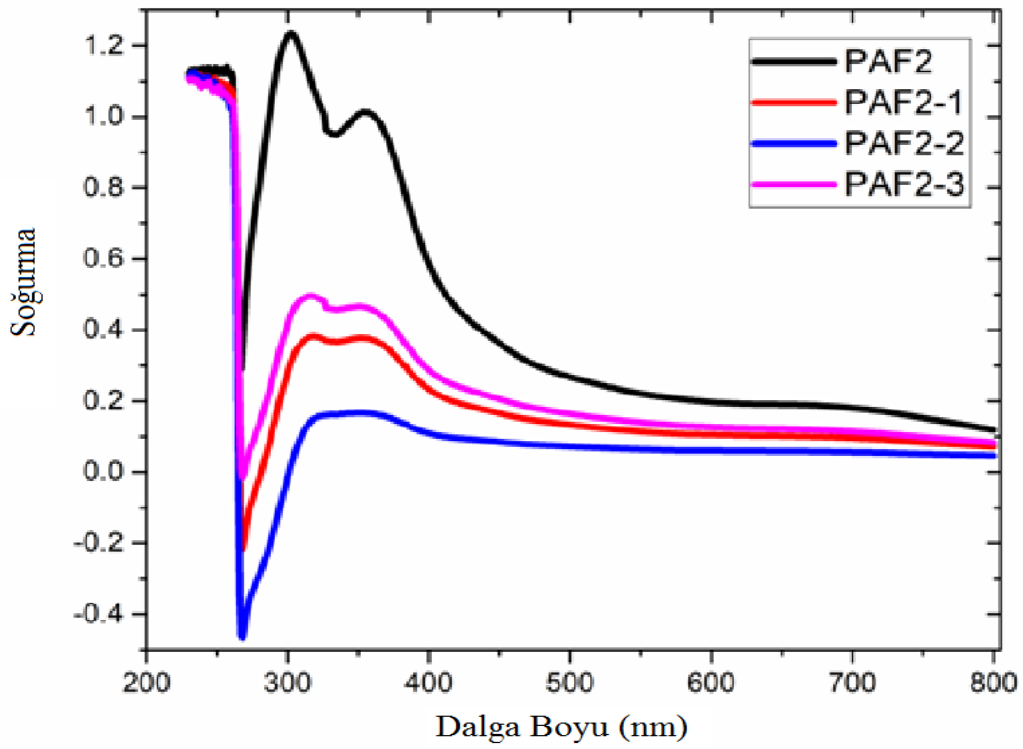
Şekil 4.14.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin UV grafiği (DCM).



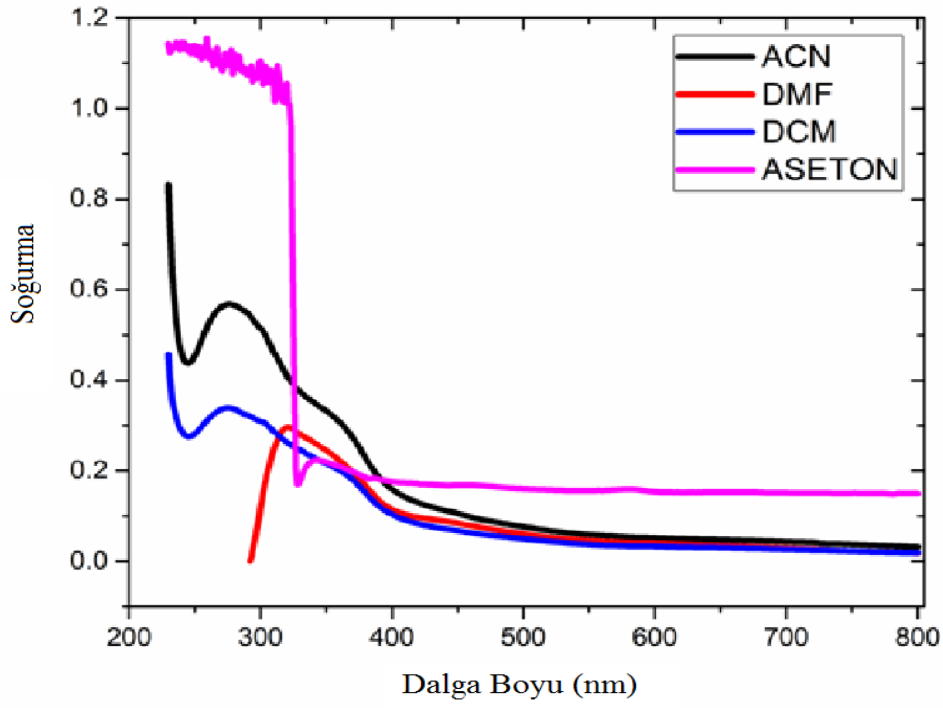
Şekil 4.15.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin UV grafiği (DCM).



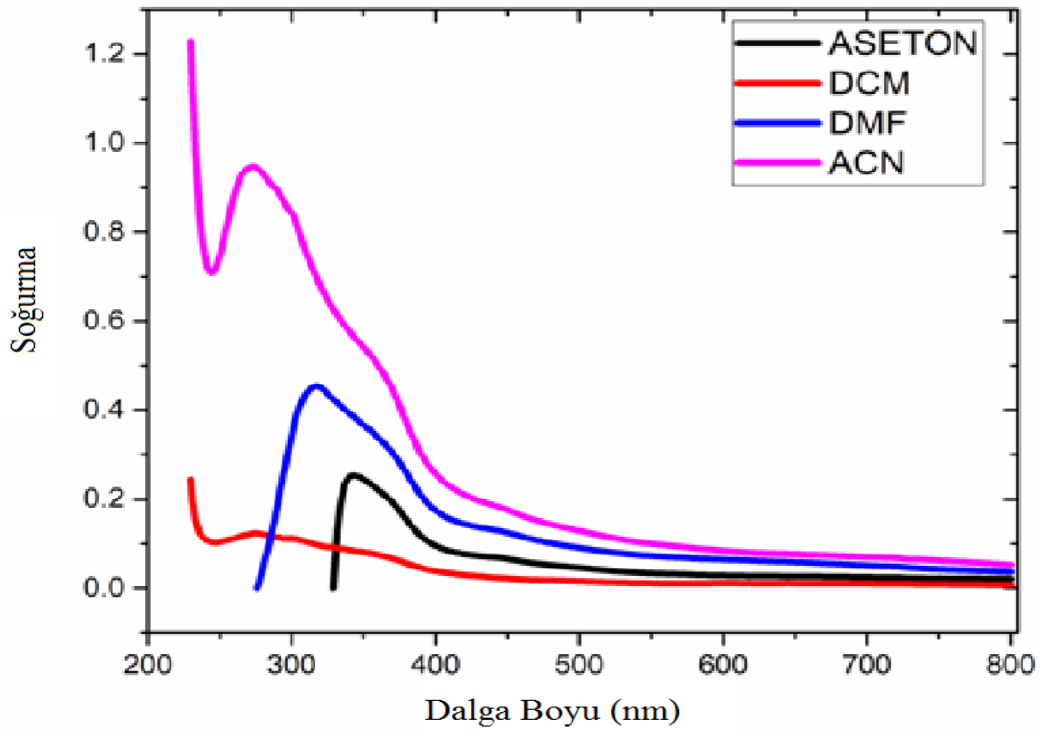
Şekil 4.16.PAF1, PAF1-1, PAF1-2, PAF1-3 polimerlerinin UV grafiği (DMF).



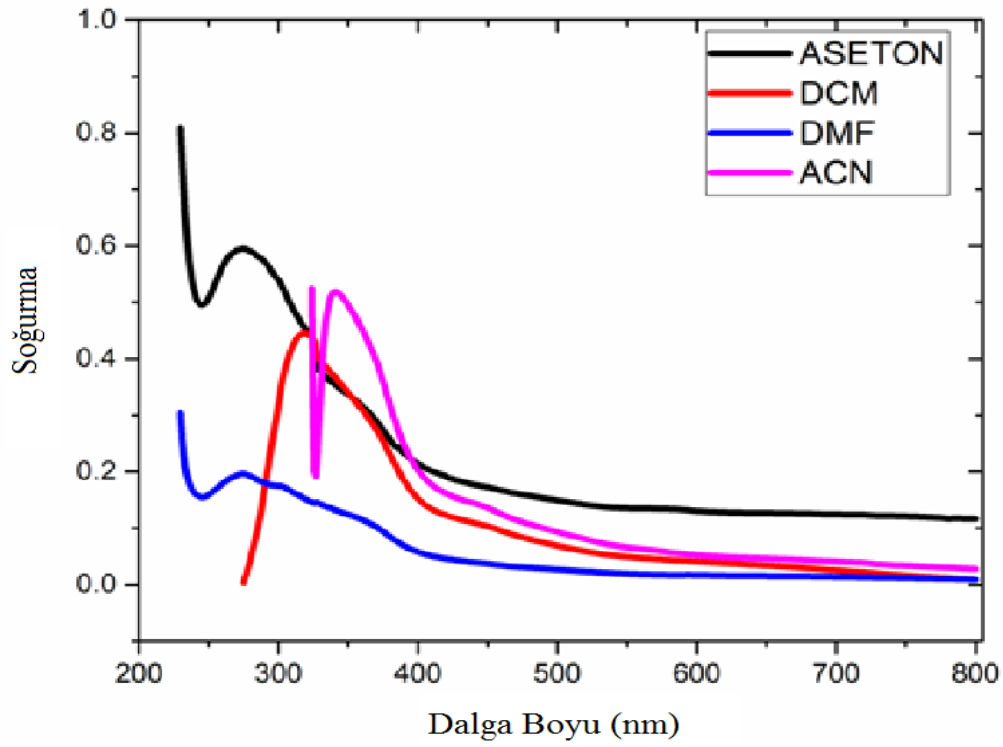
Şekil 4.17.PAF2, PAF2-1, PAF2-2, PAF2-3 polimerlerinin UV grafiği (DMF).



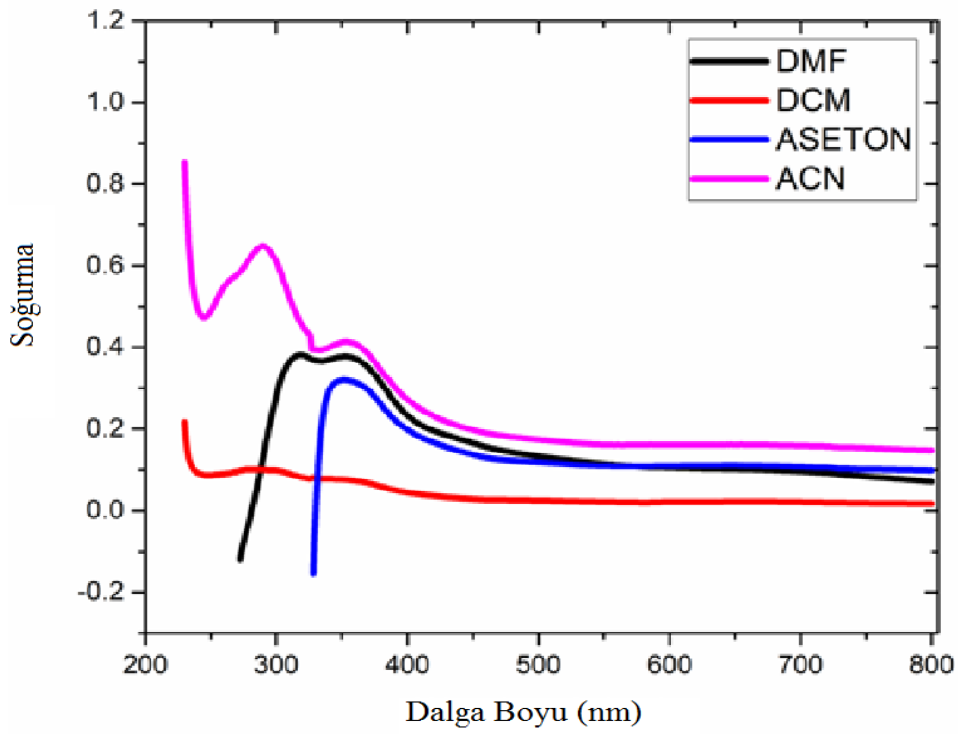
Şekil 4.18. PAF1-1 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.



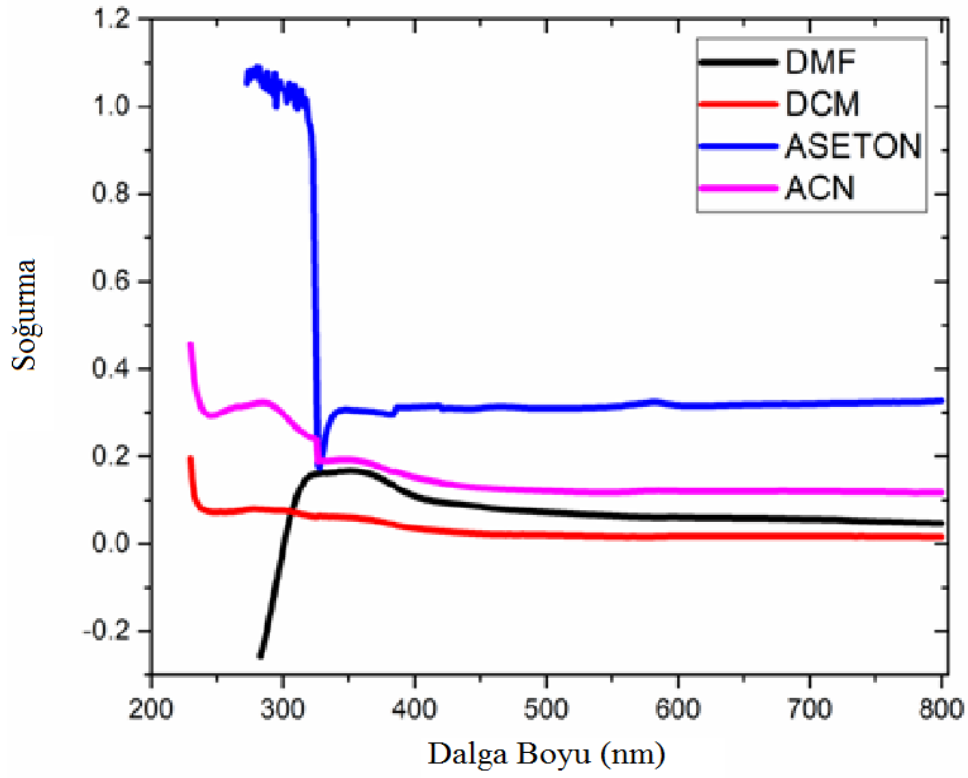
Şekil 4.19. PAF1-2 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.



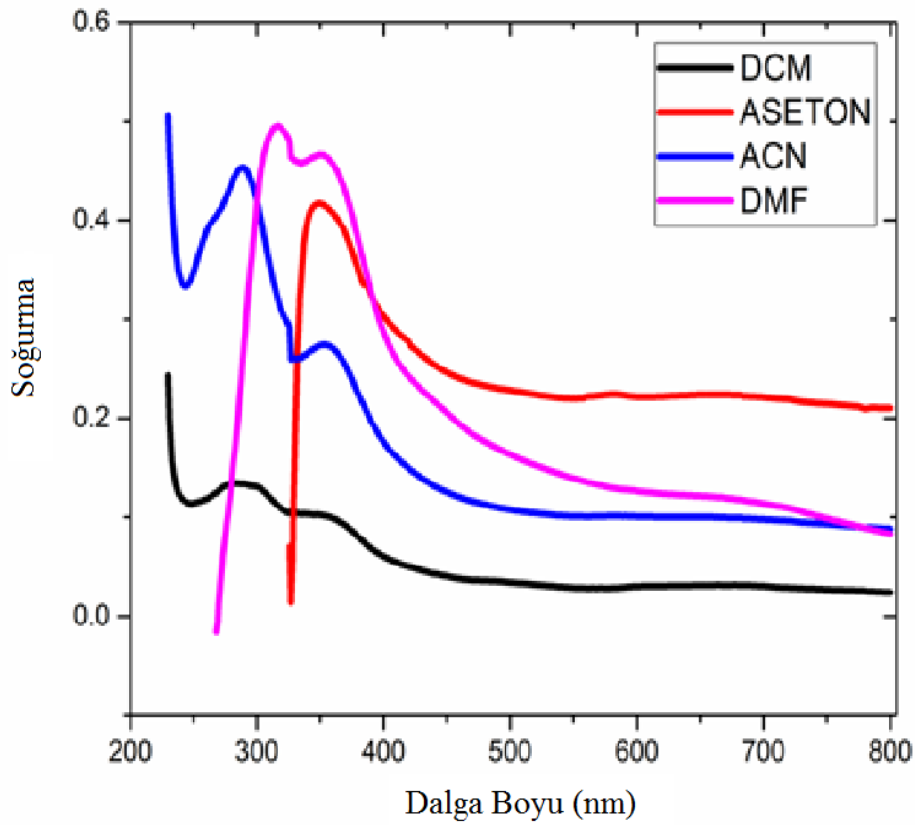
Şekil 4.20. PAF1-3 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.



Şekil 4.21. PAF2-1 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.



Şekil 4.22. PAF2-2 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.



Şekil 4.23. PAF2-3 polimerinde gözlemlenen solvatokromik etki.

4.6. Floresan Ölçümleri

UV-VIS spektrofotometrede yapılan analizler eksitasyon ve emisyon ölçümleri almak için aynı çözeltiler ve belirlenen aynı konsantrasyonlarla floresansspektrofotometresinde çalışılmıştır.

$$E_g = h.c/\lambda_{\max} = 1240/ (\text{eV}) E_{\text{gap}} \quad (4)$$

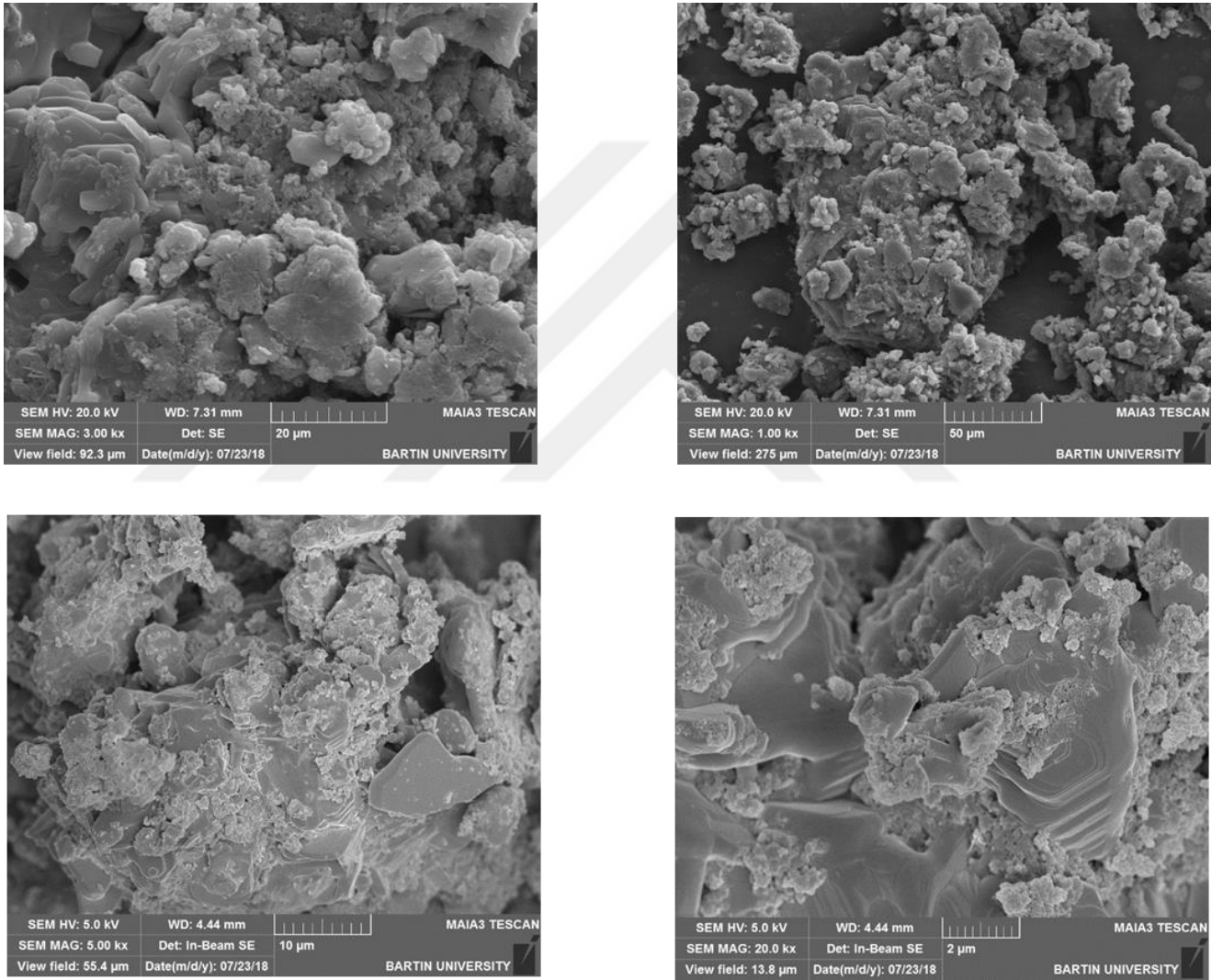
λ_{\max} değeri belirlenirken floresan ölçümleri esnasında bulunan eksitasyon (ex) dalga boyuna en yakın UV de belirlenen dalga boyu seçilmektedir. Çizelge 4.2' de floresan sonuçlarına göre farklı çözücülerden elde edilen kuantum verimleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Floresan sonuçlarına göre farklı çözücülerden elde edilen kuantum verimleri

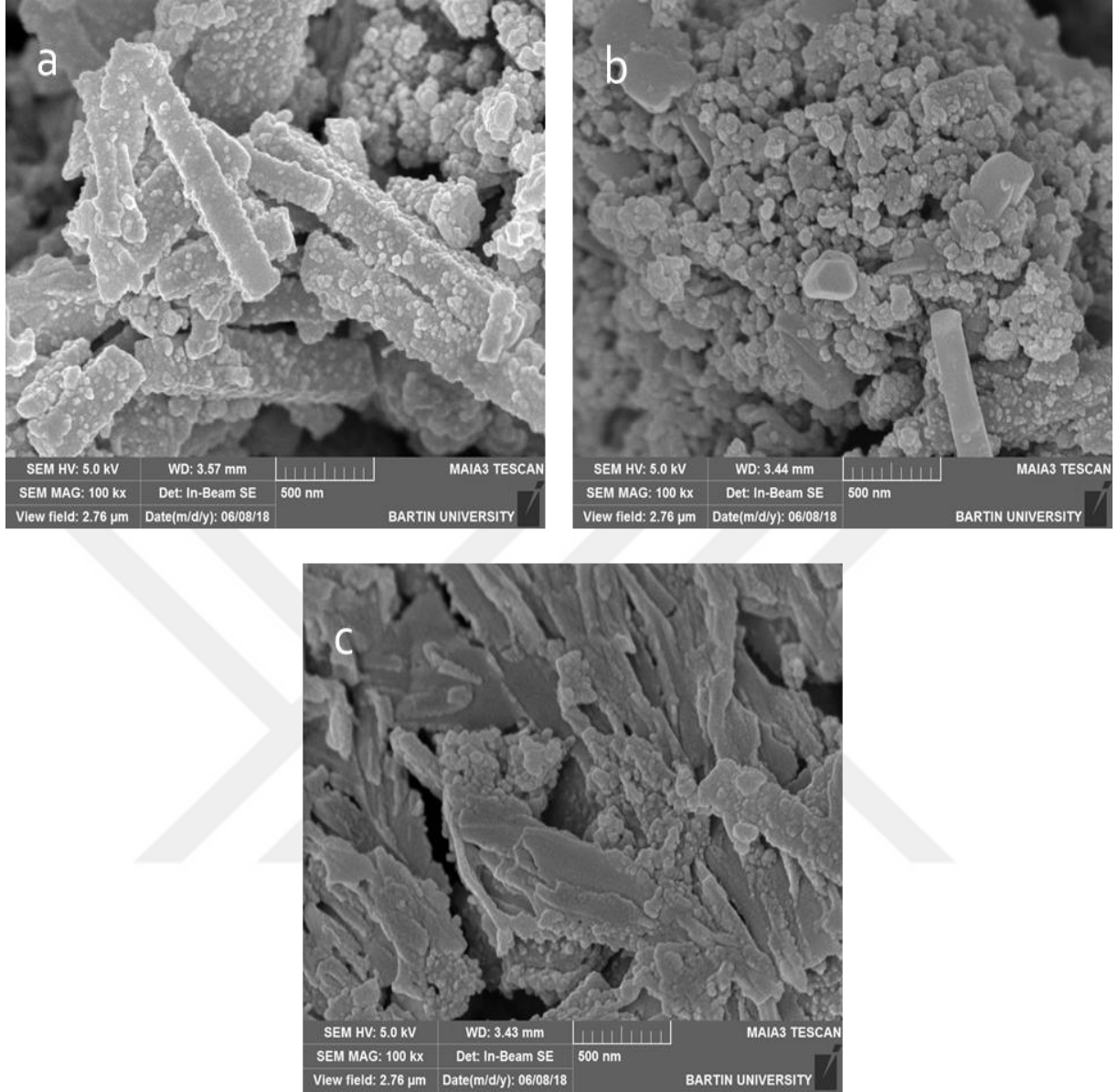
Malzeme	DCM	DMF	ACN	Aseton
PAF1	0,183229	0,274968	0,437017	0,322567
PAF1-1	0,129607	0,307776	0,345287	0,366606
PAF1-2	0,113682	0,448071	0,131197	0,243188
PAF1-3	0,211537	0,738724	0,321474	0,309827
PAF2	0,24268	0,197676	0,242012	0,279923
PAF2-1	0,201377	0,244106	0,10282	0,403611
PAF2-2	0,183229	0,159026	0,153488	0,228501
PAF2-3	0,129607	0,230917	0,321884	0,367754

4.7. SEM Sonuçları

PAF adsorbe edilmiş karbon yüzeyinin taramalı elektron mikrografları (SEM), Şekil 4.24’ de verilmiştir. PAF'ın SEM görüntüleri gözenekli ve pürüzlü bir yüzeydir. Bununla birlikte, oksidan konsantrasyonu, reaksiyon süreleri ve çözücü-tampon bileşimi dahil olmak üzere reaksiyon koşullarını değiştirerek, polimerizasyon reaksiyon hızı azaltılabilir ve iyi düzenlenmiş yapılara sahip polimer elde edilebilir.



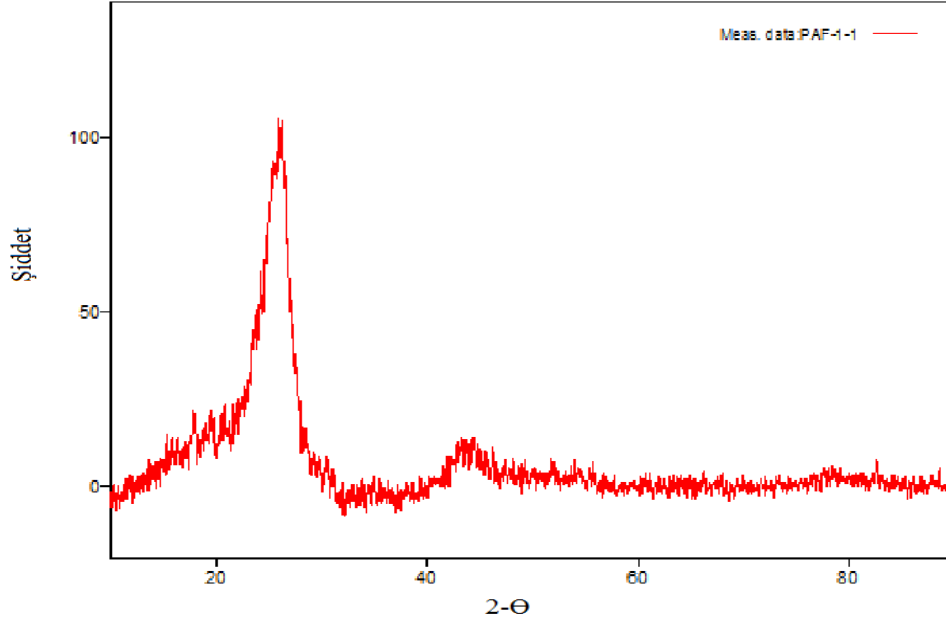
Şekil 4.24. (a-b) kimyasal sentez (PAF-2), (c-d) enzimatik (PAF-1) sentez ile elde edilen PAF'ın SEM görüntüleri



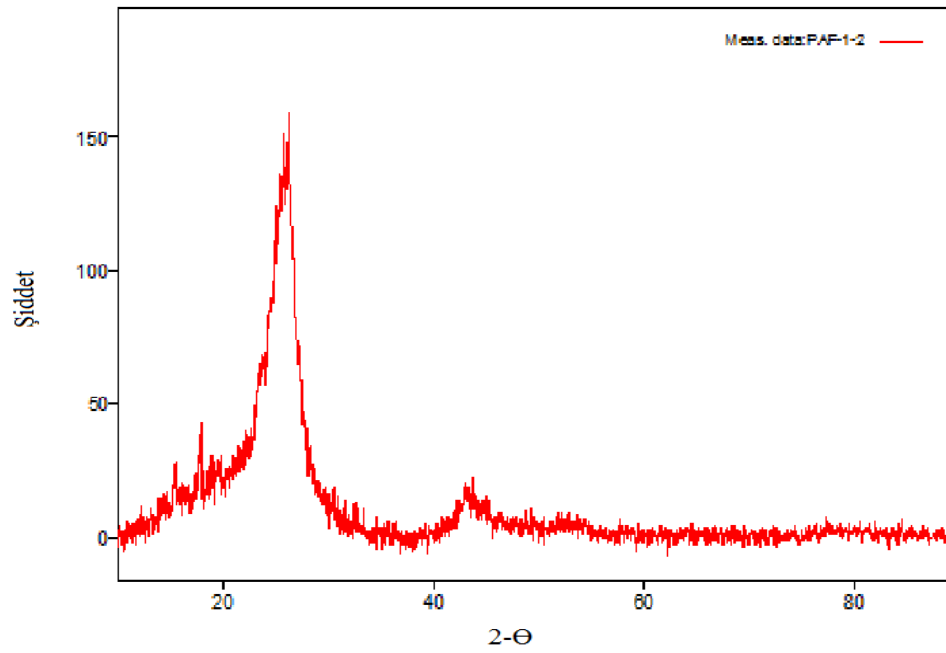
Şekil 4.25. Kimyasal sentez ile sentezlenen a) PAF-2-1, b) PAF-2-2 ve c) PAF-2-3 polimerlerinin SEM görüntüleri

4.8. XRD Sonuçları

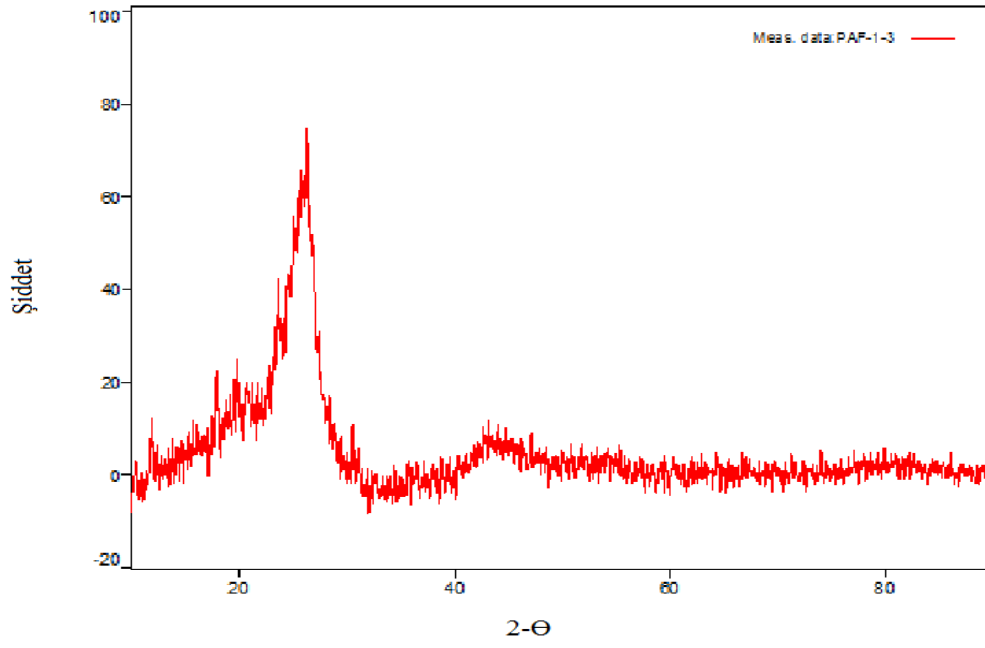
Enzimatik kimyasal ve karbon nanotüp katkılanmış PAF 'lar ile hazırlanan numunelerin XRD analizleri grafiklerde verilmiştir.



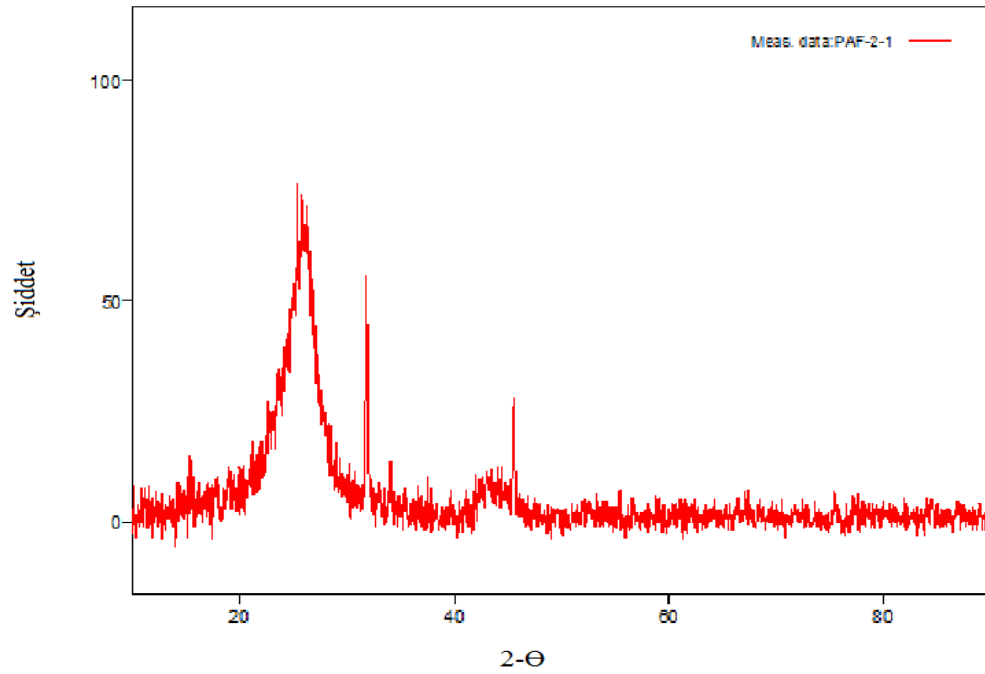
Şekil 4.27.PAF1-1 polimerinin XRD spektrumu



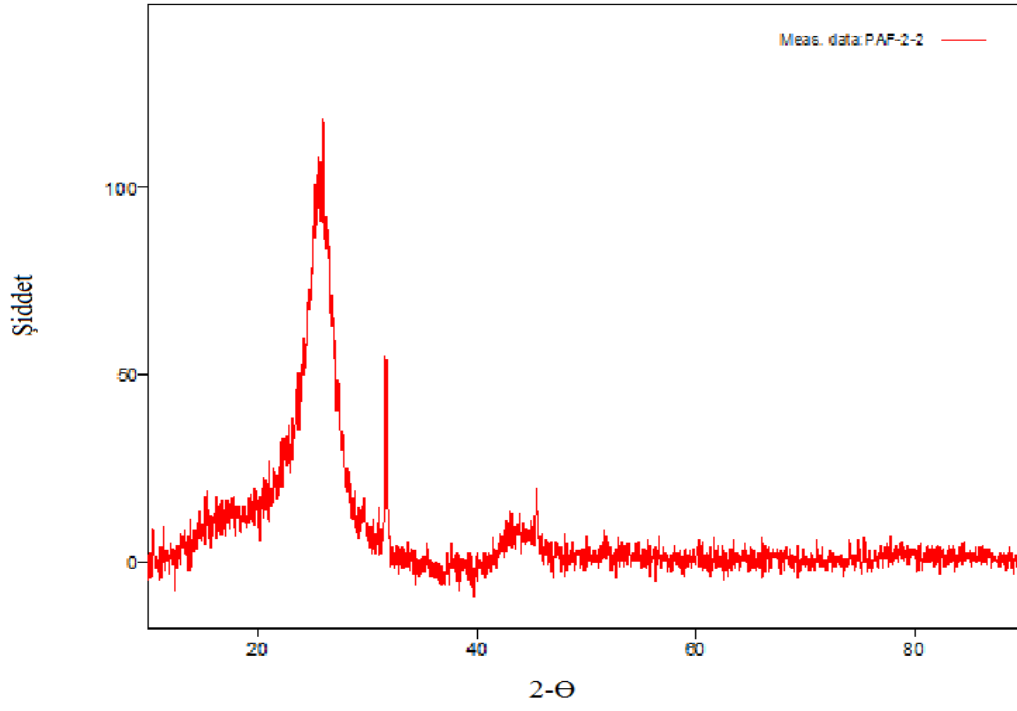
Şekil 4.28. PAF1-2 polimerinin XRD spektrumu



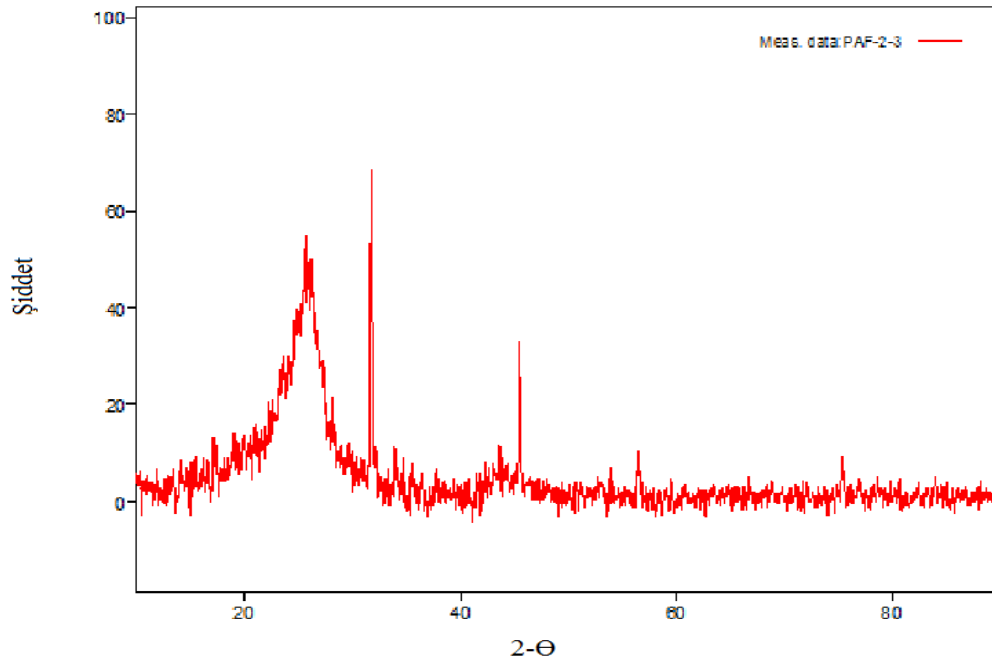
Şekil 4.29. PAF1-3 polimerinin XRD spektrumu



Şekil 4.30. PAF2-1 polimerinin XRD spektrumu



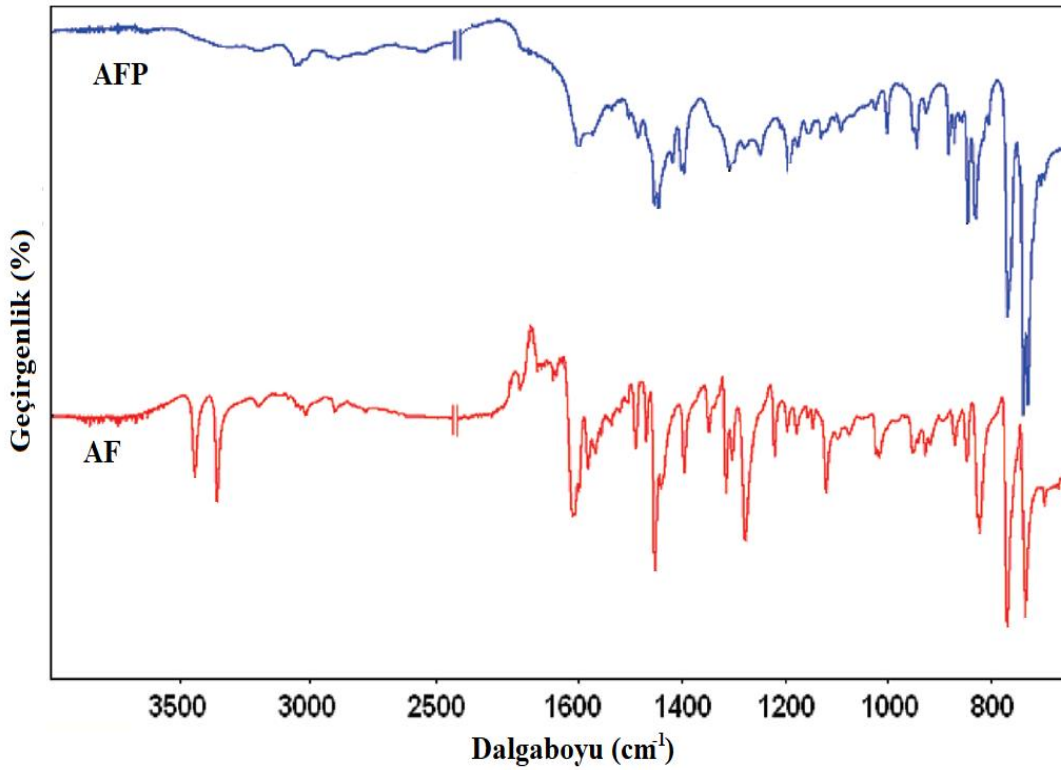
Şekil 4.31. PAF2-2 polimerinin XRD spektrumu



Şekil 4.32. PAF2-3 polimerinin XRD spektrumu

4.9. FTIR Sonuçları

Şekil 4.33 'de AF'in ve PAF' nin FT-IR spektrumu gösterilmektedir. 3445 ve 3358 cm^{-1} 'deki pikler, bir birincil amin grubunun varlığını göstermektedir. İlk bakışta, bu piklerin polimerizasyondan sonra çok zayıf hale geldiği kolayca görülebilir. Polimerizasyon reaksiyonu sırasında birincil amin gruplarından hidrojen eliminasyonunu belirtmektedir. Yaklaşık 3330 cm^{-1} 'deki bu zayıf tepe, polimer zincirlerinde terminal amin gruplarının varlığına atfedilmelidir. AF'nin FTIR spektrumunda gözlemlenen yaklaşık 730 cm^{-1} 'deki tepe yoğunluğu polimerizasyondan sonra büyük ölçüde artar. Bu, fluoren birimleri arasındaki C-C bağlantılarına atfedilebilir. Ek olarak, PAF'nin FT-IR spektrumundaki 1599 cm^{-1} 'deki tepe noktası, polimer zincirlerinde azometinik bağların (-C = N-) varlığını göstermektedir.



Şekil 4.33. AFmonomerinin ve PAF(AFP) polimerinin FTIR spektrumları

4.10. TG-TDA Sonuçları

Enzimatik yol ile elde edilen malzemelerin (PAF1 serisi) en yüksek kütle kaybı iki basamakta gerçekleşmektedir. Dekompozisyon sıcaklığı ilk basamak 200 -229 °C aralığındadır ve ikinci basamak ise 653-906 °C aralığındadır (Çizelge 4.3). Kimyasal yol ile elde edilen malzemelerde iki basamakta dekompoze olmaktadır; 137-176 °C ve 899-928 °C aralıklarıdır.

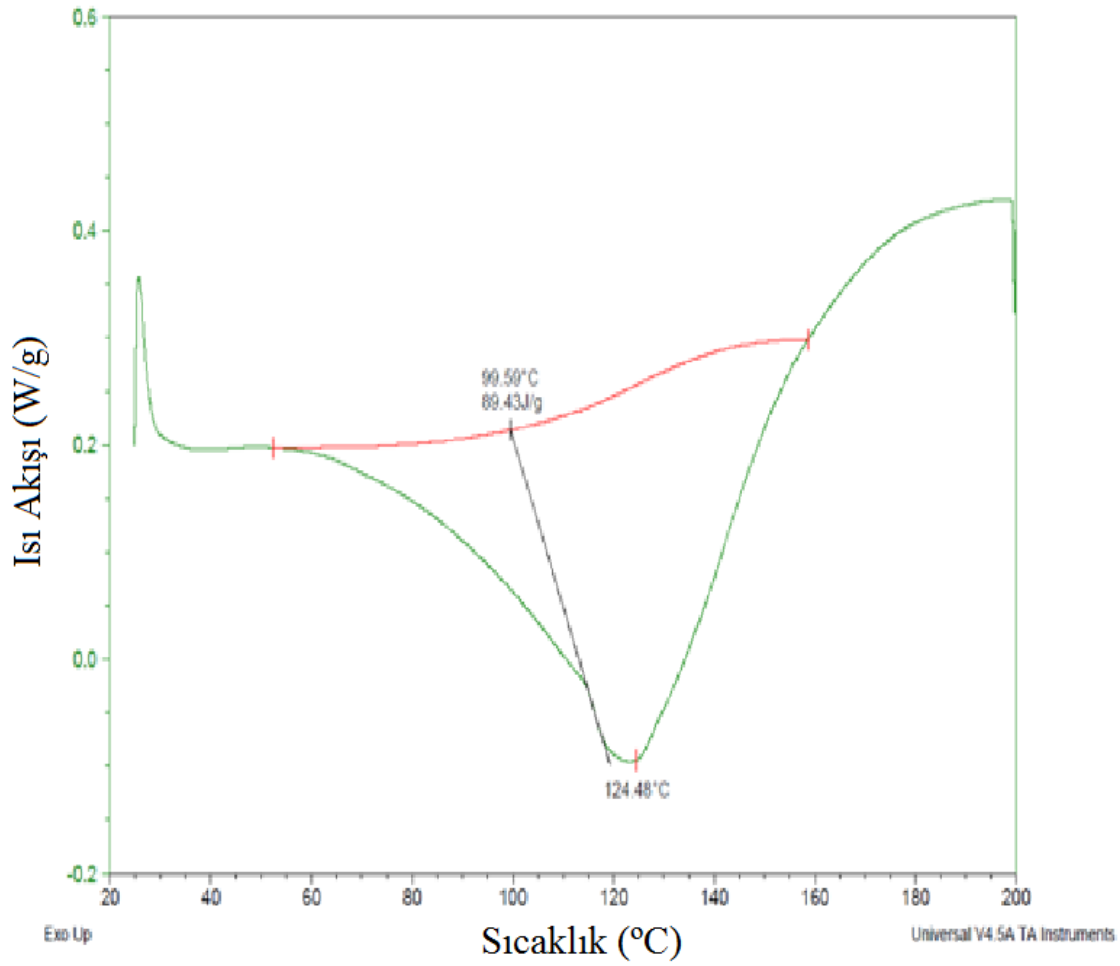
DTG ile belirlenen değerler malzemenin camsı geçiş sıcaklığı ile ilgili bilgi vermektedir. Enzimatik yolla elde edilen malzemelerde 254-268 °C aralığındadır (Çizelge 4.3). Kimyasal yöntemle sentezlenen polimer ile katkılandırılmış MWCNT DTG analiz sonucunda 228-267 °C aralığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3. Malzemelerin kütle kaybı ve camsı geçiş sıcaklığı ile ilgili değerler

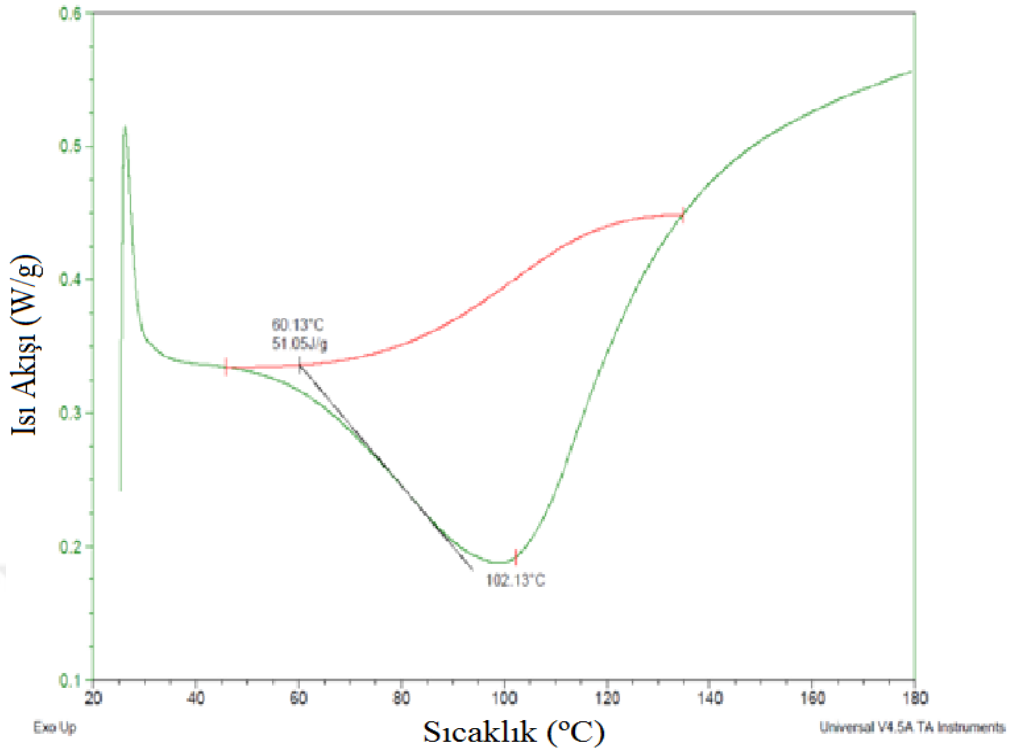
Numune	T _g bağlı decomposition degree	DTG	DSC (Erime sıcaklığı)	DSC (Camsı geçiş sıcaklığı)	DSC (Thermal stability) T _m
PAF1	229,8 – 653,3	254,14	124,48	25,59	-
PAF1-1	208,8-906,3	261,671	102,13	26,14	-
PAF1-2	200,8-911,9	265,91	105,57	25,91	-
PAF1-3	219,9-939,0	268,50	155,60	25,34	-
PAF2	172,6-918,6	267,53; 282,65;95 2,31	123,72	25,54	-
PAF2-1	154,6-913,1	259,8;422 ,2;972,4	100,19	25,65	-
PAF2-2	137,3-899,2	258,2; 432,1;973 ,1	143,95	25,17	146,72
PAF2-3	176,1-928,6	228,1;437 ,1;985,5	86,49-154,27	25,76	158,56

4.11. DSC Sonuçları

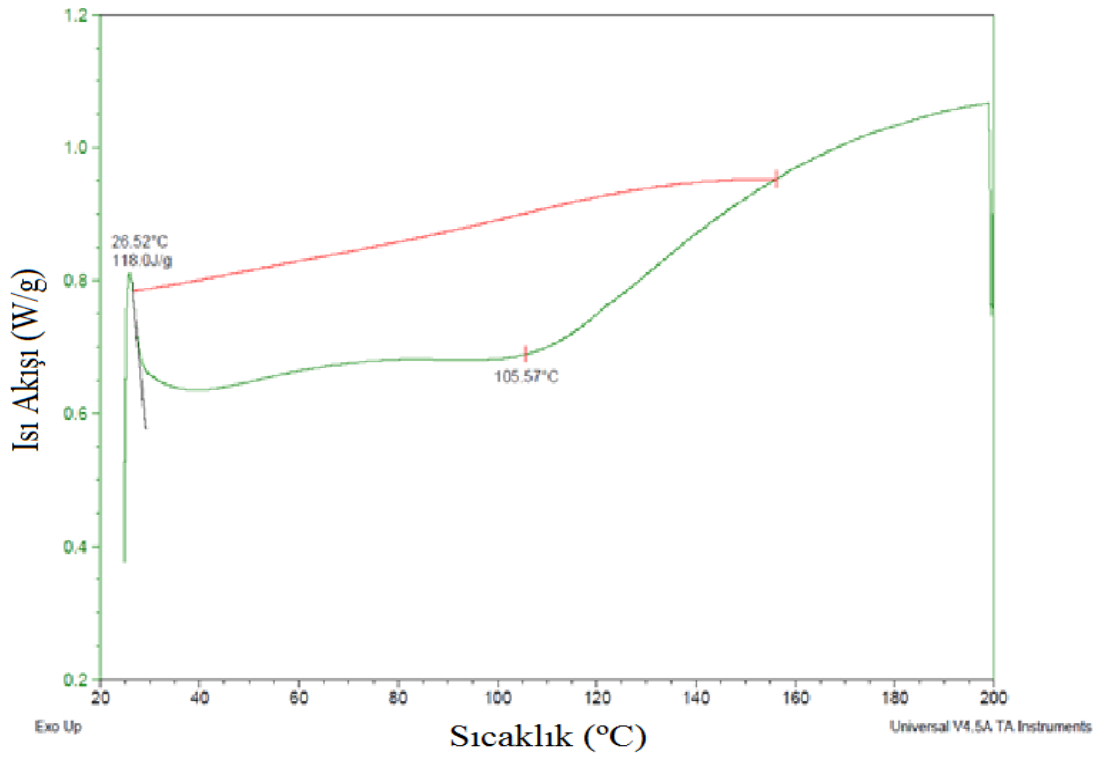
DSC analizine bakıldığında ise enzimatik yolla elde edilen bileşiklerde erime sıcaklığı ortalama 120 başlarken camsı geçişler 25 °C aralığındadır. Kimyasal yol ile elde edilen bileşiklerin DSC sonucunda bir korelasyon gözlenmemiştir. Fakat termal kararlılık açısından kimyasal yöntemle sentezlenmiş polimer üzerinden elde edilen malzemelerde gözlenmiştir ve bu değerler 146,72 ve 158,56 °C'dir.



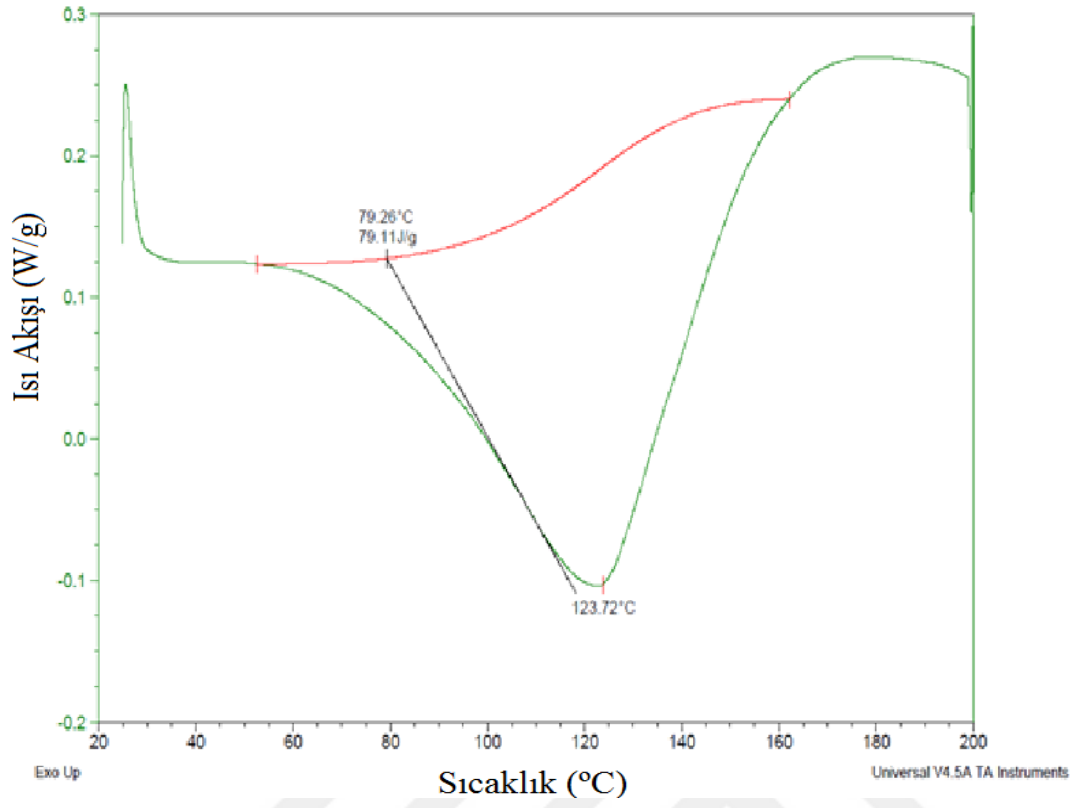
Şekil 4.28. PAF-1 polimerinin DSC eğrisi



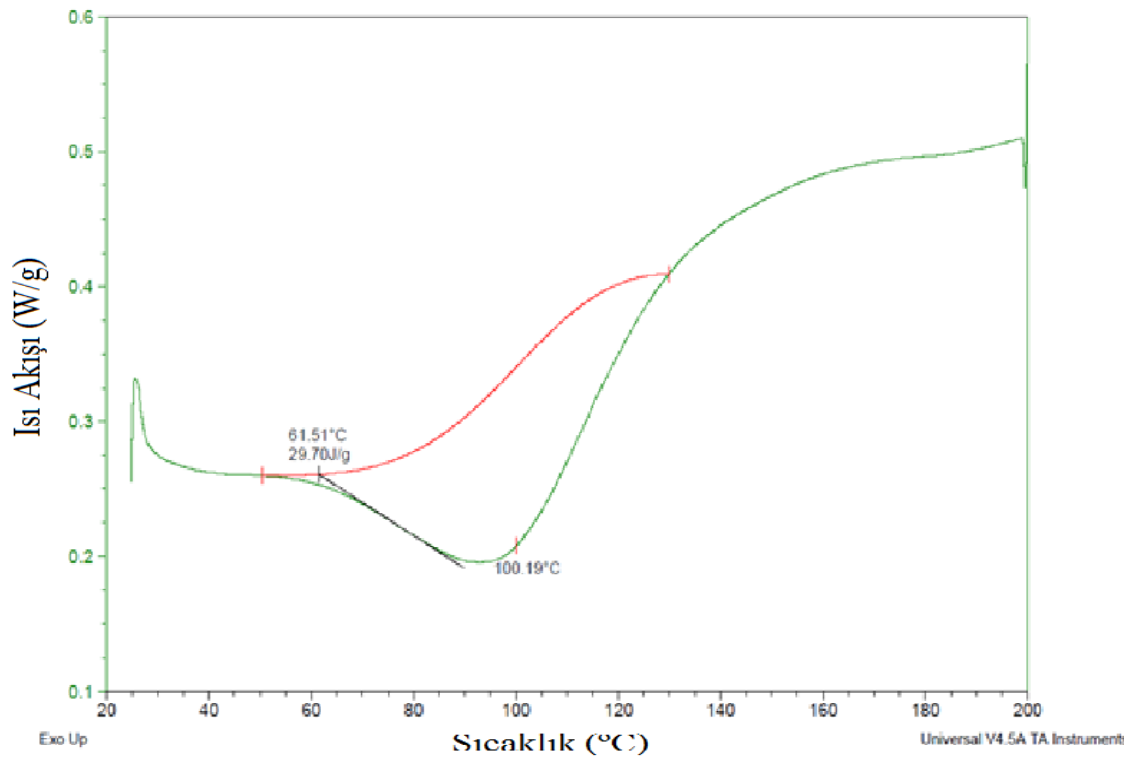
Şekil 4.29. PAF-1-1 polimerinin DSC eğrisi



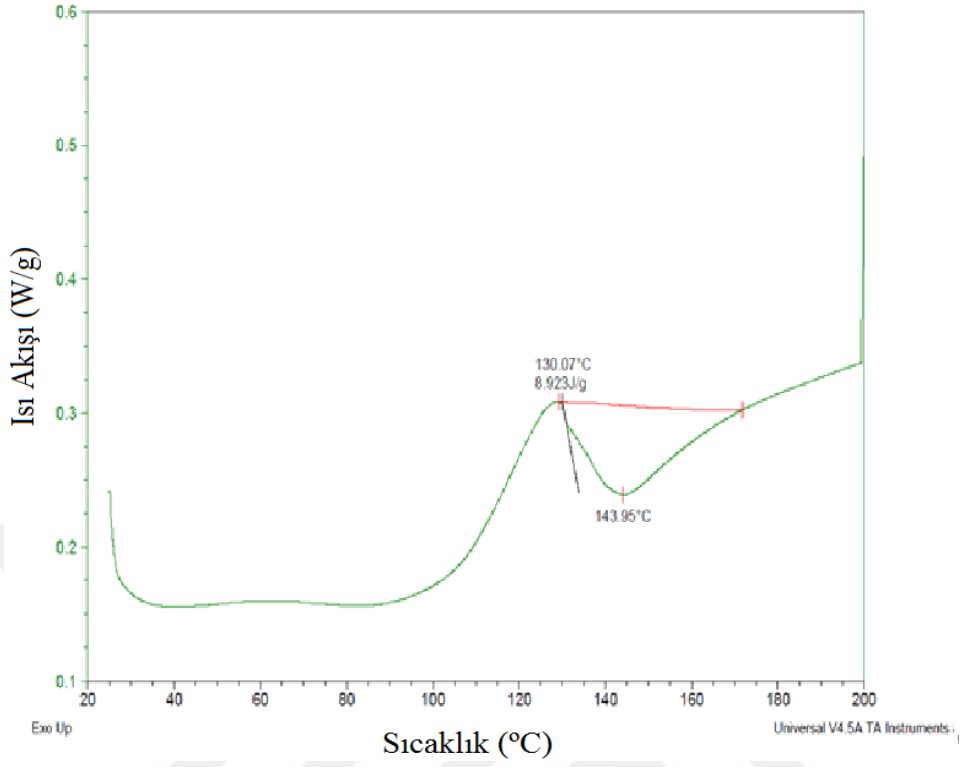
Şekil 4.30. PAF-1-2 polimerinin DSC eğrisi



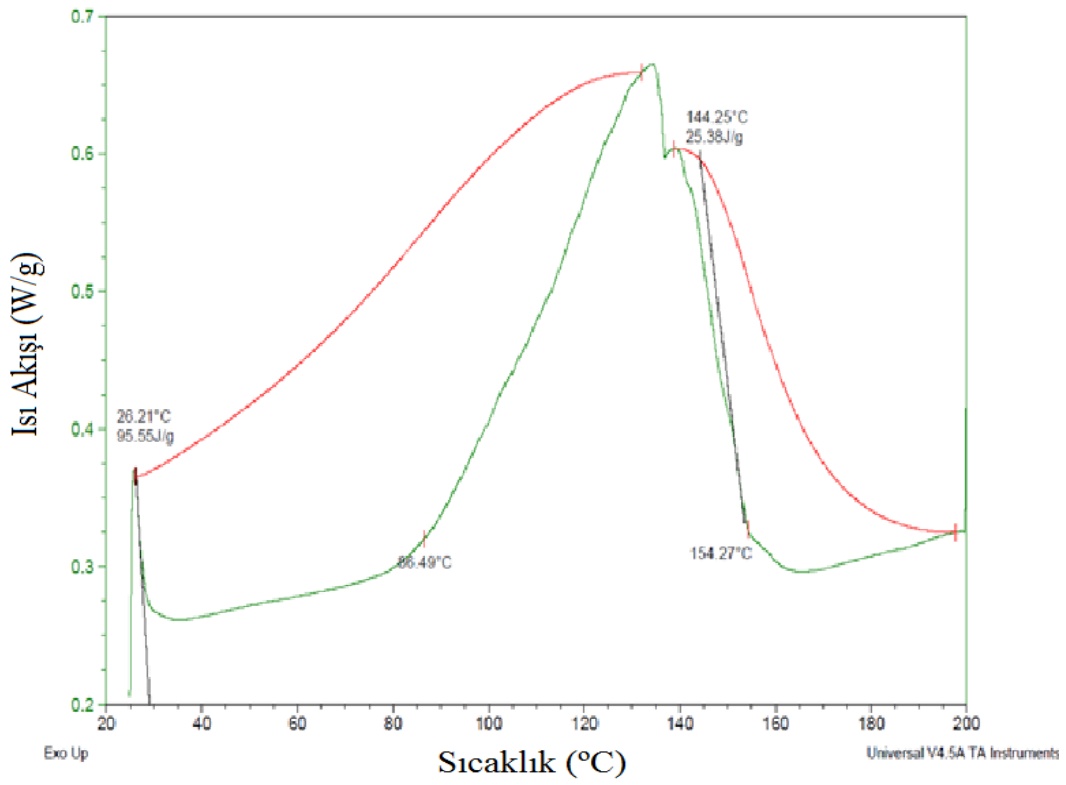
Şekil 4.31. PAF-1-3 polimerinin DSC eğrisi



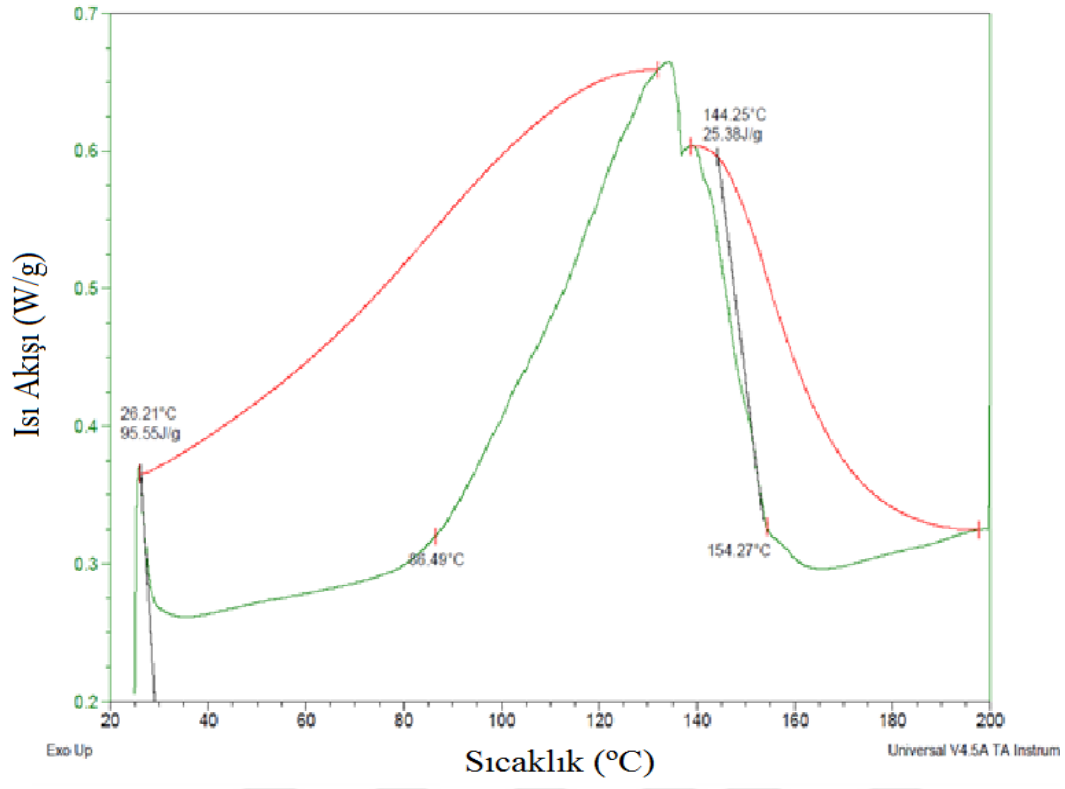
Şekil 4.32. PAF-2 polimerinin DSC eğrisi



Şekil 4.33. PAF-2-1 polimerinin DSC eğrisi



Şekil 4.34. PAF-2-2 polimerinin DSC eğrisi



Şekil 4.35. PAF-2-3 polimerinin DSC eğrisi

5. TARTIŞMA

İki farklı yöntem kullanılarak elde edilen malzemelerin elektrokimyasal olarak karakterizasyonu döngüsel voltametri ile yapılmıştır. Elde edilen voltamogramlar üzerinden anodik ve katodik pikler tespit edilmiştir. Malzemelerin elektron iyonlaşma enerjisi ile HOMO-LUMO enerjileri arasında bağıl bir ilgi kurulmuştur.

Enzimatik ve kimyasal yöntemle elde edilen polimerlerin MWCNT ile katkılandırılmasıyla sonucu güneş pili özellikleri araştırılan malzemelerin elektrokimyasal davranışlarını belirlemek için döngüsel voltametri tekniği kullanılmıştır. Yapılan çalışmada 3 elektrotlu sistemle çalışılmıştır. Elde edilen voltamogramlarda tarama hızı ve potansiyel aralığı değiştirilerek optimize koşullar belirlenmeye çalışılmış ve sonrasında standart maddeye bağlı olarak HOMO ve LUMO enerji düzeyleri belirlenmiştir. Bu enerji düzeyleri ile elde ettiğimiz bilgiler sayesinde malzemenin n/p tipi malzeme olma özelliği araştırılmıştır. Tarama hızının artışına bağlı olarak akımı gösteren pik yüksekliğindeki artış belirlenmiştir. Anodik pik pozitif potansiyele kayarken katodik pik ise negatif potansiyele ivmelenme yönündedir. Tarama hızının logaritması ile akım değerindeki artış uyumludur.

Elde edilen sonuçlar üzerinden hesaplamalar yapıldığında enzimatik yolla elde edilen malzemelerde elektronik boşluğun en küçük değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Enzimatik yolla elde edilen malzemelerde PAF1-3 katkı oranı en düşük elektron boşluğuna sahiptir. Kimyasal yöntem ile elde edilen malzemelerde ise katkılanmamış PAF2 ve PAF2-1 malzemelerinin en düşük enerji boşluk değerine sahip olduğu görülmüştür.

UV-VİS spektrofotometre ile farklı çözücülerde alınan spektrumlar ile malzemelerin absorpsiyon karakteristikleri belirlenmiştir. Farklı polarite ve dipol moment değerlerine sahip olan çözücüler seçilerek solvatokromik etkiye sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Seçilen solventler; diklorometan (DCM) polarite değeri 3,1 -dipol moment 1,14; dimetilformamit (DMF) polarite değeri 6,4- dipol moment 3,86; aseton polarite değeri 5,1- dipol moment 2,69; asetonitril polarite değeri 5,8- dipol moment 3,44 değerlerine sahiptirler. Tüm grafiklerde en belirgin batokromik kayma aseton solvent sisteminde elde edilirken hiperkromik etki ise asetonitril solvent ile yapılan çalışmalarda karşımıza çıkmıştır.

Malzemelerin absorpsiyon, emisyon ve eksitasyon spektrumları alınarak malzemenin ışık ile etkileşimler tespit edilmiştir. Çalışma farklı konsantrasyon aralıkların da ve farklı çözücülerde çalışılmıştır. Uygun absorpsiyon değeri elde edilen konsantrasyon sonrası farklı polaritedeki solvent sistemleri ile çalışılmıştır. Malzemelerin solvatokromik etkileri belirlenmiştir. Dielektrik sabitinin değişikliğine bağlı olarak elde edilen absorpsiyon grafiklerinde belirgin değişiklikler elde edilmiştir.

Elde edilen malzemelere ait floresan spektrumu ile eksitasyon ve emisyon dalga boyları belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Elde edilen sonuçlar ile bağlı kuantum verimleri hesaplanmıştır. Eksitasyon ve emisyon dalga boyları göz önüne alınarak triptofan standart olarak seçilmiştir[40].

Çizelge 4.4. Malzemelere ait floresan spektrumu ile eksitasyon ve emisyon dalga boyları

Bileşik	Çözücü	Literatürdeki kuantum verimi	Emisyon aralığı (nm)
Triptofan	Su, pH 7,2; 25°C	0.14	300-380

Numune	DCM (10 ⁻⁴ ppm)	DMF (10 ⁻⁴ ppm)	ASETON (10 ⁻⁴ ppm)	ASETONİTRİL (10 ⁻⁴ ppm)
PAF 1	(275,84 ; 0,34) (305,42 ; 0,30) (371,25 ; 0,177) (325,7 ; 0,252)	(317,33 ; 0,55) (453 ; 0,121) (597 ; 0,017)	(339,02 ; 0,74) (442,9 ; 0,21)	(276,04 ; 0,92) (360,50 ; 0,4983)
PAF 1-1	(275,88 ; 0,19) (302,1 ; 0,169) (369,55 ; 0,11) (328,23 ; 0,136)	(321,04 ; 0,30A) (389,36 ; 0,131A)	(342,01 ; 0,22) (385,57 ; 0,184)	(276,04 ; 0,57) (361,45 ; 0,297)
PAF 1-2	(275,77 ; 0,12) (301,25 ; 0,11) (328,23 ; 0,092) (368,7 ; 0,068)	(317,65 ; 0,45A) (383,46 ; 0,224)	(343,74 ; 0,25) (384,30 ; 0,125)	(274,91 ; 0,57) (325,14 ; 0,44) (361,34 ; 0,32)
PAF 1-3	(273,50 ; 0,20) (300,83 ; 0,173) (326,12 ; 0,142) (369,13 ; 0,101)	(318,70 ; 0,45) (328,65 ; 0,394) (379,25 ; 0,224)	(341,09 ; 0,52) (445,01 ; 0,139)	(272,50 ; 0,95) (360,50 ; 0,484)
PAF 2	(289,13 ; 0,133) (301,25 ; 0,127) (326,55 ; 0,099) (380,51 ; 0,073)	(5;3 DMF;Numune) (302,67 ; 1,24) (354,21 ; 1,01) (452,60;0,3494)(646,54 ; 0,1301)	(354,93 ; 1,27) (445,86 ; 0,48)	(283,04 ; 0,60) (351,58 ; 0,36)
PAF 2-1	(279,93 ; 0,10) (301,25 ; 0,097) (327,33 ; 0,08) (368,7 ; 0,068)	(317,78 ; 0,38) (352,01 ; 0,378) (436,58 ; 0,1754)	(351,93 ; 0,32)	(283,07 ; 0,65) (353,37 ; 0,41)
PAF 2-2	(277,2 ; 0,08) (301,67 ; 0,075) (326,97 ; 0,062) (366,6 ; 0,054)	(317,58 ; 0,139) (351,35 ; 0,171)	(347,05 ; 0,31)	(285,90 ; 0,32) (324,30 ; 0,244) (355,10 ; 0,188)
PAF 2-3	(281,98 ; 0,13) (299,99 ; 0,129) (326,12 ; 0,106) (369,97 ; 0,095)	(316,48 ; 0,50) (349,35 ; 0,47)	(349,31 ; 0,416)	(289,13;0,45) (352,06 ; 0,27)

Kuantum verimleri değerleri incelendiğinde PAF1-3 DMF içerisinde elde edilen 0,738 en yüksek değerdir en düşük kuantum verimi ise diklorometan çözücüsünde PAF1-2 malzemesine aittir.

Çizelge 4.5.Kuantum verim değerleri

Numune	DCM	DMF	ACN	Aseton
PAF1	0,183229	0,274968	0,437017	0,322567
PAF1-1	0,129607	0,307776	0,345287	0,366606
PAF1-2	0,113682	0,448071	0,131197	0,243188
PAF1-3	0,211537	0,738724	0,321474	0,309827
PAF2	0,24268	0,197676	0,242012	0,279923
PAF2-1	0,201377	0,244106	0,10282	0,403611
PAF2-2	0,157434	0,159026	0,153488	0,228501
PAF2-3	0,238605	0,230917	0,321884	0,367754

Elde edilen absorpsiyon, exitisyon ve emisyon grafikleri incelenmiştir. Absorpsiyon grafiklerine bakıldığında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Çizelge 4.6.Sentezlenen bileşiklerin enerji bant aralıkları değerleri.

	Eox	Ered	HOMO	LUMO	Egap	
PAF1	3,11	-7,17	7,61	-2,67	4,50	10,28
PAF1-1	1,56	-6,09	6,06	-1,59	4,50	7,65
PAF1-2	1,49	-7,61	5,99	-3,11	4,50	9,10
PAF1-3	2,52	-2,99	7,02	1,51	4,50	5,51
PAF2	0,88	-3,13	5,38	1,37	4,50	4,01
PAF2-1	1,32	-3,12	5,82	1,38	4,50	4,44
PAF2-2	2,24	-3,30	6,74	1,20	4,50	5,54
PAF2-3	1,77	-3,31	6,27	1,19	4,50	5,08

Kuantum verimleri değerleri incelendiğinde PAF1-3 DMF içerisinde elde edilen 0,738 en yüksek değerdir en düşük kuantum verimi ise diklorometan çözücüsünde PAF1-2 malzemesine aittir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında elektrokimyasal davranışlarına bağlı olarak hesaplanan HOMO değerlerine bakıldığında kimyasal yöntem ile sentezlenmiş polimerlerin malzemeye dönüşümü sonrası daha yüksek değerler elde edilmiştir. LUMO enerji seviyelerine bakıldığında en düşük değerler yine kimyasal yöntem ile elde edilmiş malzemelerdedir.

UV-Vis spektrofotometre ile farklı çözücülerde alınan spektrumlar ile malzemelerin absorpsiyon karakteristikleri belirlenmiştir. Farklı polarite ve dipol moment değerlerine sahip olan çözücüler seçilerek solvatokromik etkiye sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Seçilen solventler; diklorometan (DCM) polarite değeri 3,1 -dipol moment 1,14; dimetilformamit (DMF) polarite değeri 6,4- dipol moment 3,86; aseton polarite değeri 5,1- dipol moment 2,69; asetonitril polarite değeri 5,8- dipol moment 3,44 değerlerine sahiptir. Tüm grafiklerde en belirgin batokromik kayma aseton çözücü sisteminde elde edilirken hiperkromik etki ise asetonitril çözücü ile yapılan çalışmalarda karşımıza çıkmıştır.

Termal analiz sonuçlarına bakıldığında dekompozisyon sıcaklıkları enzimatik yöntemle elde edilen polimer katkılı MWCNT malzemelerinde daha yüksektir. Buna sebep olan etmenlerin polimer morfolojisi ile ilgili olacağı düşünülmektedir. DSC sonuçlarına göre erime noktaları enzimatik yöntemde daha yüksektir. Hazırlanan malzemeler arasında PAF 2-2 ve PAF 2-3 termal kararlılığa sahiptir. Bu durum, PAF'ın gözenekli ve pürüzlü bir yüzeye sahip olması ancak, oksidan konsantrasyonu, reaksiyon süreleri ve çözücü-tampon bileşimi dahil olmak üzere reaksiyon koşullarını değiştirerek, iyi düzenlenmiş yapılara sahip polimer elde edilebilmesiyle açıklanabilir.

Enzimatik sentezde malzeme eldesi kimyasal senteze göre çok hızlıdır ancak kimyasal sentez daha ucuz bir yöntemdir. Enzimatik sentez çevre dostudur temiz bir yöntem türü iken kimyasal sentez de durum tam tersidir ve kimyasal atıklar açığa çıkar.

6.1. Öneriler

6.1.1. Araştırma sonuçlarına dayalı öneriler

Elde ettiğimiz polimer kompozitlerinin UV ve X-ışını kırınımı analizleri yapılarak hangi çözelti şartlarında ve hangi yöntemde daha kaliteli ince filmlerin oluşturabileceği araştırılabilir. Güneş pili üretimi sonrası verimlilikler kıyaslandığında en yüksek verimle çalışan pilin % 0,047 ile PAF 2-2 tasarımında elektrot içeren güneş pilinden alındığı görülmektedir. Verimliliklerin geliştirilmesi için optimizasyon çalışmaları devam etmektedir. İleri hedeflerimiz ise, bu performans değerlerinin daha da arttırılarak tercih edilecek tasarımlar oluşturmaktır.

KAYNAKLAR

1. Prevenslik T., (2003). The cavitation induced Becquerel effect and the hot spot theory of sonoluminescence. *Ultrasonics*, 41(4), 313-317.
2. Alferov Z. I., (1973), Semiconductor devices with heterojunctions, *Soviet Physics Uspekhi*, 15(6), 834.
3. Tang C. W., (1986). Two layer organic photovoltaic cell. *Applied Physics Letters*, 48(2), 183-185.
4. Drechsel J., Männig B., Kozłowski F., Pfeiffer M., Leo K., Hoppe H., (2005). Efficient organic solar cells based on a double p-i-n architecture using doped wide-gap transport layers. *Applied Physics Letters*, 86(24), 244102.
5. Lungenschmied C., Dennler G., Neugebauer H., Sariciftci S. N., Glatthaar M., Meyer T., Meyer A., (2007). Flexible, long-lived, large-area, organic solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91(5), 379-384.
6. Kuwabara T., Nakayama T., Uozumi K., Yamaguchi T., Takahashi K., (2008). Highly durable inverted-type organic solar cell using amorphous titanium oxide as electron collection electrode inserted between ITO and organic layer. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 92(11), 1476-1482.
7. Spectrolab B., (2006). Boeing Spectrolab terrestrial solar cell surpasses 40 percent efficiency, Dec.
8. Jones R., Hebert P., Pien P., King R., Bhusari D., Brandt R., Al Taher O., Fetzer C., Ermer J., Boca A., (2010). Status of 40% production efficiency concentrator cells at Spectrolab. 2010 35th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 000189-000195.
9. Katz H. E., Huang J., (2009). Thin-film organic electronic devices. *Annual Review of Materials Research*, 39, 71-92.
10. Dincer F., (2011). The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 713-720.
11. Kim S.-K., Cho C.-H., Kim B.-H., Park S.-J., Won Lee J., (2009). Electrical and optical characteristics of silicon nanocrystal solar cells. *Applied Physics Letters*, 95(14), 143120.
12. Winder C., Sariciftci N. S., (2004). Low bandgap polymers for photon harvesting in bulk heterojunction solar cells. *Journal of Materials Chemistry*, 14(7), 1077-1086.
13. Inaoka S., Advincula R., (2002). Synthesis and Oxidative Cross-Linking of Fluorene-Containing Polymers To Form Conjugated Network Polyfluorenes: Poly (fluorene-9, 9-diyl-*l*-alkan- α , ω -diyl). *Macromolecules*, 35(7), 2426-2428.

14. Dai L., Mau A. W., (2001). Controlled synthesis and modification of carbon nanotubes and C60: carbon nanostructures for advanced polymeric composite materials. *Advanced Materials*, 13(1213), 899-913.
15. Iijima S., (1991). Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 354(6348), 56-58.
16. Iijima S., Ichihashi T., (1993). Single-shell carbon nanotubes of 1-nm diameter. *Nature*, 363(6430), 603-605.
17. Endo M., Saito R., Dresselhaus M. S., Dresselhaus G., (1997), From carbon fibers to nanotubes, *Edition, CRC Press*.
18. Dai H., Rinzler A. G., Nikolaev P., Thess A., Colbert D. T., Smalley R. E., (1996). Single-wall nanotubes produced by metal-catalyzed disproportionation of carbon monoxide. *Chemical physics letters*, 260(3-4), 471-475.
19. White C., Robertson D., Mintmire J., (1993). Helical and rotational symmetries of nanoscale graphitic tubules. *Physical Review B*, 47(9), 5485.
20. Dekker C., (1999). Carbon nanotubes as molecular quantum wires. *Physics today*, 52, 22-30.
21. Martel R., Derycke V., Lavoie C., Appenzeller J., Chan K., Tersoff J., Avouris P., (2001). Ambipolar electrical transport in semiconducting single-wall carbon nanotubes. *Physical review letters*, 87(25), 256805.
22. Hong S., Myung S., (2007). A flexible approach to mobility. *Nature nanotechnology*, 2(4), 207-208.
23. Niu C., Sichel E. K., Hoch R., Moy D., Tennent H., (1997). High power electrochemical capacitors based on carbon nanotube electrodes. *Applied Physics Letters*, 70(11), 1480-1482.
24. Jun G. H., Jin S. H., Park S. H., Jeon S., Hong S. H., (2012). Highly dispersed carbon nanotubes in organic media for polymer: fullerene photovoltaic devices. *Carbon*, 50(1), 40-46.
25. Steinel H. W., Nier E., (2001). Pressure and temperature sensor. Google Patents.
26. Blais F., (2004). Review of 20 years of range sensor development. *Journal of electronic imaging*, 13(1), 231-243.
27. Kalyani N. T., Dhoble S., (2012). Organic light emitting diodes: Energy saving lighting technology—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2696-2723.
28. Park J.-S., Chae H., Chung H. K., Lee S. I., (2011). Thin film encapsulation for flexible AM-OLED: a review. *Semiconductor science and technology*, 26(3), 034001.

29. Saxena K., Jain V., Mehta D. S., (2009). A review on the light extraction techniques in organic electroluminescent devices. *Optical Materials*, 32(1), 221-233.
30. Brabec C. J., (2004). Organic photovoltaics: technology and market. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 83(2-3), 273-292.
31. Jäckle S., Mattiza M., Liebhaber M., Brönstrup G., Rommel M., Lips K., Christiansen S., (2015). Junction formation and current transport mechanisms in hybrid n-Si/PEDOT: PSS solar cells. *Scientific reports*, 5, 13008.
32. Schubert G., Huster F., Fath P., (2004). Current transport mechanism in printed Ag thick film contacts to an n-type emitter of a crystalline silicon solar cell. Proceedings of the 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 813-816.
33. Akman E., Akin S., Karanfil G., Sönmezoğlu S., (2013). Organik güneş pilleri. *Trakya University Journal of Engineering Sciences June*, 14(1).
34. Ürkmez İ., Gökçel H. İ., Ertaş F. N., Tural H., (2009). Centrifugation: an efficient technique for preconcentration in anodic stripping voltammetric analysis of mercury using a gold film electrode. *Microchimica Acta*, 167(3-4), 225.
35. Koçak S., Ertaş F. N., (2013), Centri-voltammetric determination of molybdenum, *Analytical Methods*, 5(3), 741-747.
36. Rojas F. S., Ojeda C. B., (2009). Recent development in derivative ultraviolet/visible absorption spectrophotometry: 2004–2008: A review, *Analytica chimica acta*, 635(1), 22-44.
37. Van Den Broeke J., Langergraber G., Weingartner A., (2006). On-line and in-situ UV/vis spectroscopy for multi-parameter measurements: a brief review, *Spectroscopy Europe*, 18(4), 15-18.
38. Collins L., Haws L., (1977), The thermochemistry of explosives: a review, *Thermochemica Acta*, 21(1), 1-38.
39. Skoog D. A., Holler F. J., Crouch S. R., (2017). Principles of instrumental analysis. *Edition*, Cengage learning.
40. Eicke H., Hopmann R., Christen H., (1975). Kinetics of conformational change during micelle formation in apolar media. *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*. 79(8), 667-673.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Hanife TOPUKSAK
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Tarihi ve Yeri : 05.08.1993- Sungurlu

Medeni Hali : Evli

E-posta : hanife.topuksak@gmail.com

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Lise	Haydar Öztaş Anadolu Lisesi (ydil)	2011
Lisans	Necmettin Erbakan Üniversitesi	2015
Yüksek Lisans	Amasya Üniversitesi	Devam ediyor

Yabancı Dili

İngilizce