

TC
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

NAFTALEN BİRİMİ İÇEREN POLİ(FENOKSİ-İMİN)LERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Burçin AKYÜZ

Kimya Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

TC
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

NAFTALEN BİRİMİ İÇEREN POLİ(FENOKSİ-İMİN)LERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Burçin AKYÜZ
Kimya Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: **24/01/2020**

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. İsmet KAYA

ÇANAKKALE

Burçin AKYÜZ tarafından Prof. Dr. İsmet KAYA yönetiminde hazırlanan ve **24/01/2020** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan "**Naftalen Birimi İçeren Poli(fenoksi-imin)lerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Elektrokimyasal Özellikleri**" başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Kimya Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Prof. Dr. İsmet KAYA ……
Başkan

Doç. Dr. Ruhan BENLİKAYA ……
Üye

Doç. Dr. Fatih DOĞAN …….
Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ
Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No: ……

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Burçin AKYÜZ

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca, tezimde büyük emeği olan danışman hocam Prof. Dr. İsmet KAYA' ya bana gösterdiği sabırdan, bize sunduğu imkânlardan, olaylara bakış açısı ve bilimsel yönüyle bizler için en doğru modeli teşkil etmesinden, dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin gerçekleştirilme süresince, bana bilgi ve deneyimleriyle destek olan Dr. Kevser TEMİZKAN ve arkadaşlarım Hale SAĞLAM ve Meltem SAKA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince, desteklerini benden esirgemeyen, maddi ve manevi hayatımın her evresinde yanımda olan değerli aileme, sevgisini ve varlığını sürekli hissettiğim her anımda desteğiyle yanımda olan eşim Koray YÜKSEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Burçin AKYÜZ

Çanakkale, Ocak 2020

SİMGELER VE KISALTMALAR

ANAP	8-Amino-2-naftol
ANAPSB	8-Amino-2-naftol (Schiff bazı)
PANAP	Poli(8-Amino-2-naftol)
PANAPSB	8-Amino-2-naftol (Schiff bazı polimeri)
ANAPSA	7-Amino-4-hidroksi-2-naftol sülfonik asit
ANAPSASB	7-Amino-4-hidroksi-2-naftol sülfonik asit (Schiff bazı)
PANAPSA	Poli (7-Amino-4-hidroksi-2-naftol sülfonik asit)
PANAPSB	7-Amino-4-hidroksi-2-naftol sülfonik asit (Schiff bazı polimeri)
ANAPDSA	8-Amino-1-naftol-3,6-di-sülfonik asit
PANAPDSA	Poli (8-Amino-1-naftol-3,6-di-sülfonik asit)
ANAPDSASB	8-Amino-1-naftol-3,6-di-sülfonik asit (Schiff bazı)
PANAPDSASB	8-Amino-1-naftol-3,6-di-sülfonik asit (Schiff bazı polimeri)
%	Yüzde oranı
MeOH	Metanol
MeCN	Asetonitril
DMSO-d_6	Dimetilsülfoksit
DMF	Dimetilformamit
DMAC	Dimetiladetamit
THF	Tetrahidrofuran
FT-IR	Fourier TransformİnfraredSpektroskopisi
SEM	Scanning Electron Microscopy (Taramalı Elektron Mikroskobu)
UV-vis	Ultraviyole-Görünür Bölge Spektroskopisi
CV	CyclicVoltammetry (Döngüsel Voltametri)
TG-DTA	Termogravimetri-Diferansiyel Termal Analiz
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
DTG	Diferansiyel Termogravimetri
GPC	Permeation Chromatography (Jel Geçirgenlik Kromatografisi)
^{1}H-NMR	Proton 1 Nükleer Magnetik Rezonans Spektroskopisi
^{13}C-NMR	Karbon 13 Nükleer Magnetik Rezonans Spektroskopisi
HOMO	Highest Occupied Molecular Orbital (En Yüksek Enerjili Dolu Molekül Orbitali)

LUMO	Unoccupied Molecular Orbital (En Düşük Enerjili Boş Molekül Orbitali)
λ_{Em}	Emisyon piki dalga boyu
λ_{Ex}	Eksitasyon piki dalga boyu
λ_{max}	Maksimum absorpsiyon dalga boyu
λ_{onset}	Absorpsiyon onset (başlama) dalga boyu
M_w	Ağırlıkça ortalama mol kütlesi
M_n	Sayıca ortalama mol kütlesi
PDI	Polidisperslik İndeksi
E_g	Optik bant boşluğu
I_{Em}	Emisyon pik şiddeti
E'_g	Elektrokimyasal bant boşluğu
E_{ox}	Yükseltgenme pik potansiyeli
E_{red}	İndirgenme pik potansiyeli
T_g	Camsı geçiş sıcaklığı
T_{max}	Maksimum bozunma hızına karşılık gelen sıcaklık
T_{on}	Bozunmaya başlama sıcaklığı
T_{20}	%20 kütle kaybının gerçekleştiği sıcaklık
T_{50}	%50 kütle kaybının gerçekleştiği sıcaklık

ÖZET

NAFTALEN BİRİMİ İÇEREN POLİ(FENOKSİ-İMİN)LERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Burçin AKYÜZ
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Prof. Dr. İsmet KAYA
24/01/2020, 46

Bu çalışmada, 8-amino-2-naftol, 7-amino-4-hidroksi-2-naftalen sülfonik asit ve 8-amino-1-naftol-3,6-disulfonik asit ile 4-hidroksi benzaldehitin kondenzasyon reaksiyonuyla Schiff bazı bileşikleri sentezlendi. Elde edilen maddeler alkali ortamda oksidant olarak H_2O_2 ilavesiyle polimerlerine dönüştürüldü. Ardından sentezlenmiş olan bileşiklerin yapıları, UV-Vis, NMR ve FT-IR yöntemleriyle aydınlatıldı. Polimerlerin yüzey morfolojileri SEM analizi ile incelendi. Elde edilen maddelerin termal özellikleri DSC ve TG-DTA ölçümleri ile bulundu. Jel geçirgenlik kromotografisiyle (GPC) polimerlerin Mw, Mn, M_Z, M_P ve PDI değerleri hesaplandı. Sentezlenen bileşiklerin elektrokimyasal, optik ve floresans özellikleri sırasıyla UV-Vis, CV ve Floresans (PL) ölçümleriyle aydınlatıldı.

Anahtar sözcükler: İmin Polimerler, Poli(azometin), Schiff Bazı, Termal Bozunma, Oksidatif Polikondenzasyon.

ABSTRACT

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND ELECTROCHEMICAL PROPERTEIS OF POLY(PHENOXY-IMINES) CONTAINING NAPHTHALENE UNIT

Burçin AKYÜZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry, Thesis of Master Science

Advisor : Prof. Dr. İsmet KAYA

01/24/2020, 46

In this study, the Schiff bases were synthesized by the condensation reactionof 8-amino-2-naphthol, 7-amino-4-hydroxy-2-naphthalene sulfonic acid and 8-amino-1-naphthol-3,6-disulfonic acid with 4-hydroxy benzaldehyde. The obtained bases were converted into their polymers by the method of oxidative polycondensation with the addition of H_2O_2 as an oxidant in aqueous media. After that, the structures of compounds synthesized were highlighted with the analysis of FT-IR, UV-Vis and NMR. The Surface morphologies of polymers were examined by SEM analysis. The thermal features of the obtained substances were found with TG-DTA and DSC measurements. Mn, Mw, M_Z, M_P and PDI values measurements of polymers were measured with gel permeability chromatography (GPC). The features of the synthesized compounds such as electrochemical, optic and fluorescence were highlighted by the measurements UV-Vis, CV and fluorescence (PL).

Keywords: Imine Polymers, Polyazomethine, Schiff Base, Thermal Degradation, Oxidative Polycondensation.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER VE KISALTMALAR v
ÖZET vii
ABSTRACT viii
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
TABLOLAR DİZİNİ xiii
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
2.1. Schiff Bazı ve Polimerleri 3
BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM 11
3.1. Materyal 11
3.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler 11
3.1.2. Kullanılan Cihazlar 11
3.2. Yöntem 12
3.2.1. Schiff Bazı Monomerlerinin Sentezi 12
3.2.2. Sentezlenen Schiff Bazlarının Oksidatif Polimerizasyonu 12
3.2.3. Monomerlerin Oksidatif Polimerizasyonu 13
BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 15
4.1. Sentezlenen Bileşiklerin Yapı Analizleri 15
4.1.1. Sentezlenen Bileşiklerin FT-IR Spektrumları 15
4.1.2. Sentezlenen Bileşiklerin NMR Spektrumları 18
4.2.TermalAnalizler 21
4.2.1.Sentezlenen Schiff Bazı ve Polimerlerin TG, DTG ve DTA Analizleri 21
4.2.2. Sentezlenen Bileşiklerin DSC Analizleri 26
4.3. Optiksel Özellikler 28
4.3.1. Sentezlenen Bileşiklerin UV-Vis Ölçümleri 28
4.3.2 Sentezlenen Bileşiklerin Floresans (PL) Spektrumları 31

4.3.3. Sentezlenen Bileşiklerin Elektrokimyasal Özellikleri.....34
4.5.Sentezlenen Bileşiklerin GPC Analizleri.....37
4.6 Sentezlenen Polimerlerin Yüzey Morfolojisi.....41
4.7. Sentezlenen Bileşiklerin Çözünürlük Tayinleri.....43
BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER.....44
KAYNAKLAR.....45
EKLERİ.....I
EK 1. Tezden Yayınlanan Uluslararası Bildiri.....II
EK 2. Poster.....III
ÖZGEÇMİŞ.....IV

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Schiff Bazının sentez mekanizması 3
Şekil 2. Schiff Bazılarının eldesi 4
Şekil 3. Polimerlerin eldesi 4
Şekil 4. Poli (azometin-kresol) (P-1) ve poli (azometin-pirol) (P-2) sentezleri 5
Şekil 5. Schiff bazı monomerlerinin sentezi 6
Şekil 6. Poli(fenoksi-imin)lerin sentezi 6
Şekil 7. Schiff bazları ve poli (azometinaftalen)lerin sentez aşamaları 7
Şekil 8. 8-amino-2-naftol ve naftalen birimli bileşiklerin polimerizasyonu 8
Şekil 9. 8-amino-2-naftol'un polimerizasyonu için olası aktif merkezler 8
Şekil 10. PANDA'nın reaksiyon şeması 8
Şekil 11. 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalen disülfonik asidin rezonans yapısı 9
Şekil 12. Schiff bazı ve naftol [1,2-d] oksazol'un sentezi 9
Şekil 13. Tetraimin Schiff Bazının oluşum reaksiyonu 10
Şekil 14. 1-{[(4-nitrofenil)imino]metil}2-naftol 10
Şekil 15. 1-{[(2-iyodo-4-nitrofenil) imino] metil}2-naftol 10
Şekil 16. Schiff bazlarının sentezi 12
Şekil 17. Schiff bazlarının oksidatif polimerizasyonu 13
Şekil 18. Monomerlerin oksidatif polimerizasyonu 14
Şekil 19. PANAP , PANAPSB ve ANAPSB bileşiklerinin FT-IR spekturumları 16
Şekil 20. PANAPDSA , PANAPDSASB ve ANAPDSASB bileşiklerinin FT-IR spektrumları 17
Şekil 21. PANAPSA ,PANAPSASB ve ANAPSASB bileşiklerinin FT-IR spektrumları 18
Şekil 22. ANAPDSA ve PANAPDSA bileşiklerinin ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları 19
Şekil 23. ANAPSB ve PANAPSB bileşiklerinin ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları 20
Şekil 24. ANAPSASB ve PANAPSASB bileşiklerinin ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları 21
Şekil 25. ANAPDSA,PANAPDSA,ANAPDSASB ve PANAPDSASB bileşiklerinin termal analiz eğrileri 22
Şekil 26. ANAP, PANAP, ANAPSB ve PANAPSB bileşiklerinin termal analiz eğrileri 24
Şekil 27. ANAPSA, PANAPSA, ANAPSASB ve PANAPSASB bileşiklerinin termal analiz eğrileri 25
Şekil 28. Sentezlenen polimerlerin DSC eğrileri 26
Şekil 29. ANAP ve PANAP bileşiklerinin UV-Vis spektrumları 28
Şekil 30. ANAPSB ve PANAPSB bileşiklerinin ait UV-Vis spektrumları 28
Şekil 31. ANAPDSA ve PANAPDSA bileşiklerinin UV-Vis spektrumları 29
Şekil 32. ANAPDSASB ve PANAPDSASB bileşiklerinin UV-Vis spektrumları 29
Şekil 33. ANAPSA ve PANAPSA bileşiklerinin UV-Vis spektrumları 30
Şekil 34. ANAPSASB ve PANAPSASB bileşiklerinin UV-Vis spektrumları 30
Şekil 35. PANAP çözeltilerinin Floresans spektrumları 32
Şekil 36. PANAPSB çözeltilerinin Floresans spektrumları 32
Şekil 37. PANAPSA çözeltilerinin Floresans Spektrumları 32
Şekil 38. PANAPSASB çözeltilerinin Floresans spektrumları 33
Şekil 39. PANAPDSA çözeltilerinin Floresans spektrumları 33
Şekil 40. PANAPDSASB çözeltilerinin Floresans Spektrumları 33
Şekil 41. ANAPDSA, ANAPDSASB, PANAPDSA, PANAPDSASB bileşiklerinin CV grafikleri 34

Şekil 42. ANAP , ANAPSB, PANAP , PANAPSB bileşiklerinin CV grafikleri 35
Şekil 43. ANAPSA ,ANAPSASB ,PANAPSA ,PANAPSASB bileşiklerinin CV grafikleri 35
Şekil 44. PANAP polimerinin GPC kromatogramı 37
Şekil 45. PANAPSB polimerinin GPC kromatogramı 38
Şekil 46. PANAPDSA polimerinin GPC kromatogramı 38
Şekil 47. PANAPDSASB polimerinin GPC kromatogramı 39
Şekil 48. PANAPSA polimerinin GPC kromatogramı 39
Şekil 49. PANAPSASB polimerinin GPC kromatogramı 40
Şekil 50. PANAPDSA'nın SEM görüntüleri.....41
Şekil 51. PANAP'ın SEM görüntüleri.....41
Şekil 52. PANAPSA'nın SEM görüntüleri.....40
Şekil 53. PANAPDSASB'nin SEM görünümü 42
Şekil 54. PANAPSASB 'nin SEM görüntüleri.....42
Şekil 55. PANAPSB'nin SEM görüntüleri.....43

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Sentezlenen Bileşiklerin FT-IR titreşim bantları.....18
Tablo 2. Monomer ve polimerlerin TG-DTA ve DSC analiz sonuçları 27
Tablo 3. Sentezlenen bileşiklerin UV-VisSpektrumlarına ait değerler 31
Tablo 4. Sentezlenen polimerlere ait floresans ölçüm verileri 34
Tablo 5. Sentezlenen Maddelerin optik ve elektrokimyasal değerleri.....36
Tablo 6. Polimerlerin GPC analizleri 40
Tablo 7. Elde Edilen maddelerin çözünürlük tayini sonuçları.....43

BÖLÜM 1
GİRİŞ

Polimerler küçük moleküllü çok sayıdaki monomerin kovalent bağlarla polimerleşmesi sonucu oluşan makro moleküllerdir. Polimer molekülleri arasındaki çekim kuvvetlerinin büyük olması monomerlere göre erime ve kaynama noktalarının yüksek olduğunu gösterir. Bu özellik ise polimerlere dayanıklılık sağlamlık ve sertlik sağlar (Saçak, 2012). Polimerler hafif, ucuz, kolay şekil verilebilen, kullanıma uygun, kimyasal açıdan inert ve korozyona uğramayan maddelerdir. Bu özellikleri sayesinde yalnız kimya değil tekstil, endüstri, fizik mühendisliği ve makine gibi farklı alanlarda kullanılmaktadırlar. Aynı zamanda polimerler biyofizik, biyokimya, tıp ve moleküller biyoloji açısından da önemli bir yere sahiptir (Kesim, 2002).

Polimerlerin farklı molekül ağırlığına sahip olmasına bağlı olarak birçok özelliğinin değiştiği görülür. Bunlar; termal kararlılık, mekanik dayanım, ışığa gösterilen hassasiyet, film oluşturma yeteneği, zincirler arası etkileşimler, iletkenlik gibi özellikler olup her biri için farklı uygulama alanı vardır.

Polimerlerin genel sentez yöntemleri katılma polimerizasyonu, basamaklı polimerizasyon ve koordinasyon polimerizasyonu şeklindedir (Bailaar, 1998). Polimerler doğada bulunup bulunmamalarına, molekül ağırlıklarına, ısıya karşı göstermiş oldukları davranışlarına, zincir yapısına, sentezlenme şekillerine, zincirin fiziksel ve kimyasal yapısına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir (Pişkin, 1987).

Aromatik halkalarla birleşmiş zincirlerden oluşan poli ve oligofenoller kimyasal reaktiflik, kararlı makro radikallere dönüşme, sıcaklığa karşı dayanıklılık, yarı iletkenlik ve tekstil sanayinde boyar madde kullanımı gibi özelliklerden dolayı polimer kompozitlerin ve yapışkanların hazırlanmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Polifenollerin, yapı birimlerinin birbiri ile aromatik konjuge bağlarla bağlanmasından ve π elektronlarının zincir boyu kayması sonucu iç enerjilerinin düşmesinden dolayı bu tip yapıların büyük kararlılık kazandıkları bilinmektedir. Bu nedenle konjuge polifenollerden hazırlanan, malzemeler, ısıya, radyasyon ve gama ışınlarına karşı dayanıklı olurlar. Bununla birlikte bu tür polifenoller polimerizasyon reaksiyonlarını önleme (inhibitör) ve termostabilizatör özellikler de sahiptirler.

Yapısında imin grubu içeren (-HC=N-) oligofenol türevleri birçok akademik ve teknik problemlerin çözülmesinde; etkin katalizörler, yarı iletkenler, sıcaklığa dayanıklı bileşikler, yeni polimer metal komplekslerinin oluşumunda, analitik amaçlı olarak ve çevre

kirliliğinin önlenmesinde kullanılabilirler (D‟Alelio ve ark.1967, Roncali 1997).

Ana zincirinde karakteristik imin/azometin (-N=CH-) bağı içeren Schiff bazı polimerleri, poliiminler (PIs) ve poliazometinler (PAZ) olarak bilinmektedir (Adams, 1923).Bu polimerler elektronik, termal dayanıklılık, yüksek mekanik güç, boya sanayinde kullanılabilme gibi geniş uygulama alanına sahiptir (Grigoras ve Catanescu, 2004). Konjuge yapılı poli(azometin)ler floresans özellik gösterdiklerinden polimerik ışık saçan diyotların yapımında ve güneş pillerinde kullanılabilirler. (Kaya ve ark., 2011).

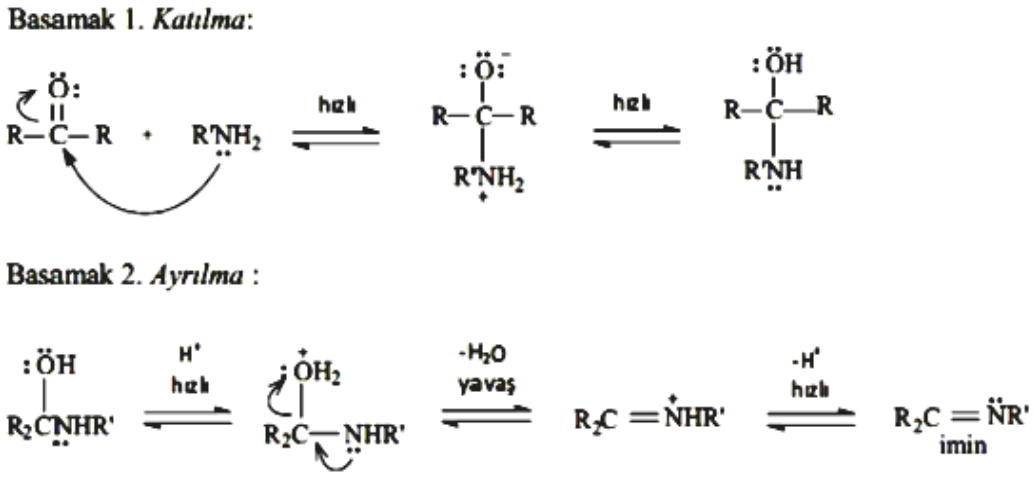
Bu tez çalışması kapsamında, 4-hidroksibenzaldehit ile naftol grubu içeren 8-amino-2-naftol, 7-amino-4-hidroksi-2-naftalen sülfonik asit ve 8-amino-1-naftol-3,6-disulfonik asit maddelerinden Schiff bazları elde edildi ve yapıları spektral yöntemler kullanılarak aydınlatıldı. Alkali ortamda hidrojen peroksit (H_2O_2) yükseltgeyici etkisiyle polimerleri elde edildi. Elde edilen maddelerin karakterizasyonu için termal, elektrokimyasal ve floresans özellikleri incelendi.

BÖLÜM 2
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Schiff Bazı ve Polimerleri

Schiff bazları ilk kez Alman kimyacı Hugo Schiff tarafından elde edilmiştir. Primer amin ve aktif karbonil grubunun kondenzasyonundan elde edilen ve C=N grubu içeren ligantlar Schiff bazları olarak bilinir (Tüzün, 1996). Genel formülleri RCH=NR olarak bilinir. Aldehit ve ketonların primer aminlerle (R-NH2) kondenzasyonları sonucunda elde edililir (Park vd., 1998).

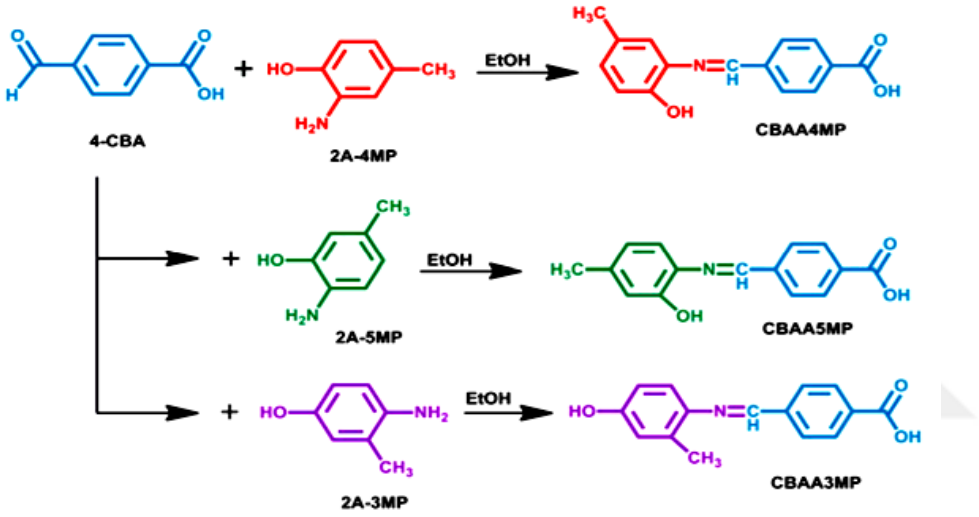
Schiff bazlarının genel reaksiyonu iki ana basamakta gerçekleşir. Bunlar katılma ve ayrılma reaksiyonu şeklindedir. İlk basamakta gerçekleşen katılma tepkimesi primer aminler ile karbonil grubunun kondenzasyonuyla karbonil amin ara bileşiğini oluşturur. Diğer basamak da gerçekleşen ayrılma tepkimesi ise ara bileşiğin dehidratasyonu sonucu Schiff bazını oluşturur (Sığa, 2011). Bu reaksiyon Şekil 1'de verilmiştir.



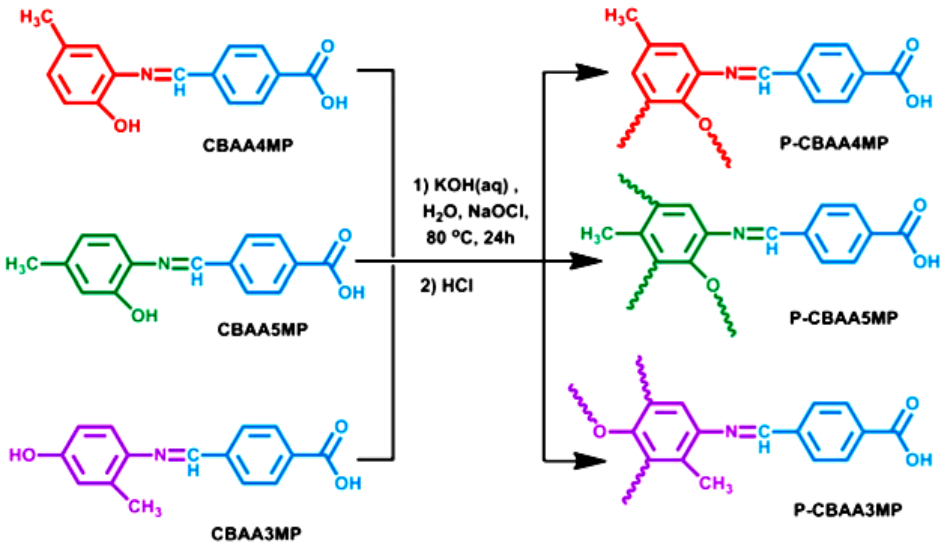
Şekil 1. Schiff Bazının sentez mekanizması

Son yıllarda oligo/polifenoller ve onların Poli(fenoksi-imin) türevli bileşiklerinin sentezi ve karakterizasyonu Kaya ve çalışma grubu tarafından yapılmaktadır. Kaya ve grubu yaptığı çalışmalarda, fenol veya naftol grubu içeren monomerleri hava, H_2O_2 ve NaOCl gibi oksidantlar kullanarak oksidatif polikondenzasyon reaksiyonuyla polimerleştirmiş ve reaksiyon şartlarının polimerizasyon üzerine etkisi, elde edilen polimerlerin ortalama mol kütle dağılımları, termal kararlılıkları, elektriksel iletkenlikleri, optik ve elektrokimyasal gibi özellikleri içine alan detaylı çalışmalar yapmışlardır.

Kaya ve arkadaşları tarafından 2015 yılında, 2-amino-4-metilfenol (2A-4MP), 2-amino-5-metilfenol (2A-5MP), 4-amino-3metilfenol (4A-3MP) bileşikleri 4-karboksi benzaldehit ile reaksiyona sokularak farklı konumlarda Schiff bazı elde edilmiştir. Sentezlenen monomerlerin, oksidatif polimerizasyonu sodyum hipoklorit oksidantı kullanılarak alkali ortamda polimer türevlerine dönüştürülmüştür. Sentezlenen bileşiklerin reaksiyon şemaları Şekil 2 ve Şekil 3 de gösterilmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları FT-IR, ^{1}H-NMR, ^{13} C-NMR ve UV-VİS spektrumlarıyla aydınlatılmıştır. Optik bant boşluğu ve elektrokimyasal değerleri UV-Vis ve Döngüsel voltametri (CV) teknikleri kullanılarak hesaplanmıştır (Kaya ve ark., 2015).



Şekil 2. Schiff Bazılarının eldesi

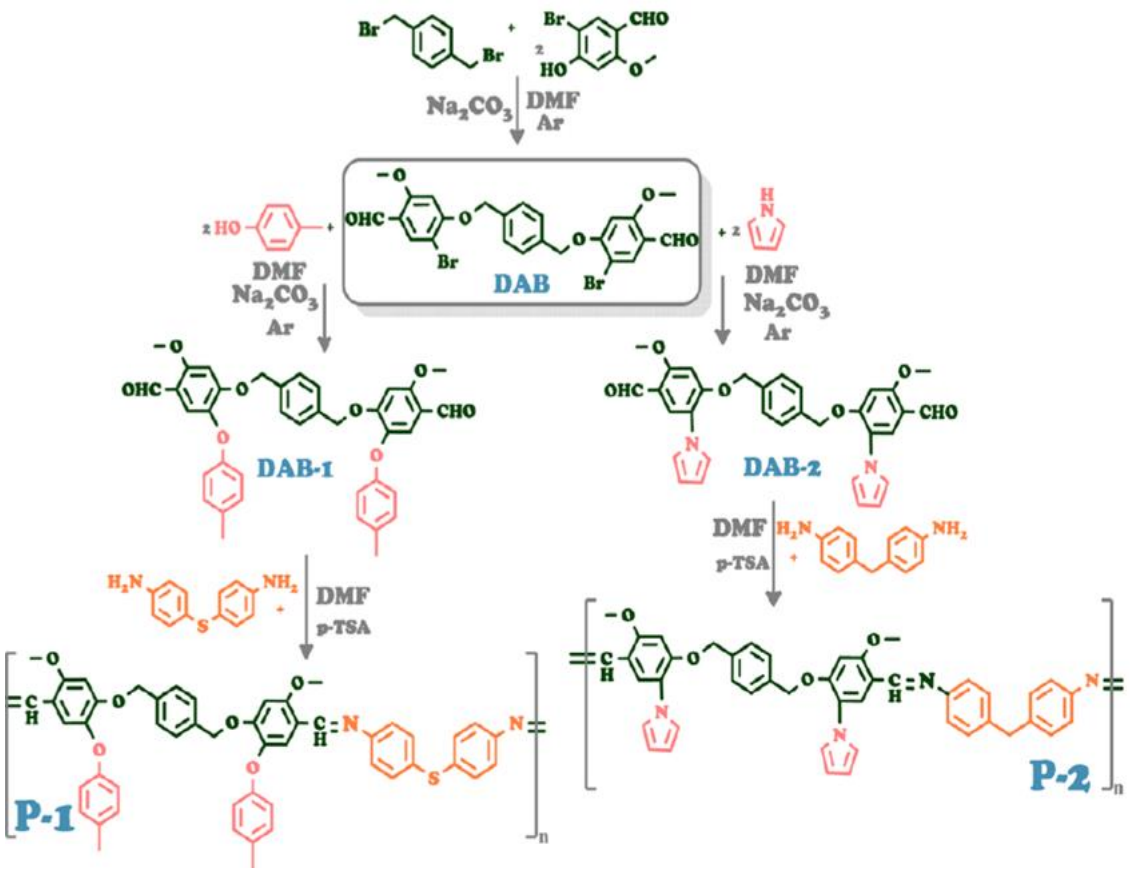


Şekil 3. Polimerlerin eldesi

Sentezlenen polimerlerin termal özellikleri, C – C ile C – O – C bağlanmasından dolayı Schiff baz monomerlerinden daha düşük stabiliteye sahiptir. P-CBAA5MP'nin iletkenliği yüksek çıkmıştır ve elektronik, optoelektronik ve fotovoltaik uygulamalarda yarı iletken polimer olarak kullanılabilir olduğu görülmüştür.

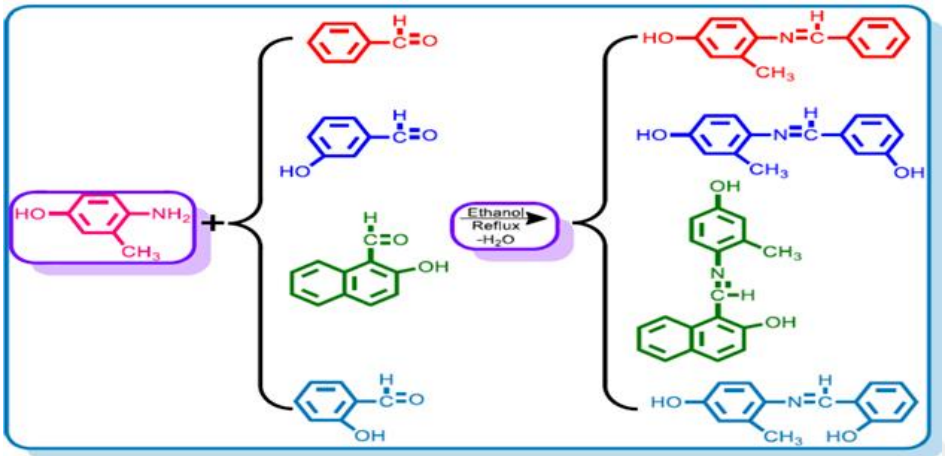
Kaya ve arkadaşları tarafından yapılan başka bir çalışmada oksidatif polimerizasyon yöntemiyle polimer sentezi yapılmıştır. 4-amino-2-metilkinolin bileşiği salisilaldehit ve 4-hidroksibenzaldehit ile reaksiyona sokularak imin bağı içeren polimerleri sentezlenmiş yapı ve özellikleri incelenmiştir (Kaya ve ark.,2015a).

2018 yılında Kaya ve arkadaşları yan zincir birimleri olarak kresol ve pirol içeren poli (azometin) bileşiklerini üç basamak da sentezlenmiştir. Birinci basamak da simetrik dialdehit bromür, ikinci basamak da p-kresol ve pirol kullanarak DAB'nin simetrik türevlerini (DAB-1 ve DAB-2) ve üçüncü basamak da ise poli (azometin kresol) (P-1) ve poli (azometin-pirol) (P-2) reaksiyonu ile elde edilmiştir. Poli (azometin-kresol) ve poli (azometin-pirol) 'ün sentezi Şekil 4'de gösterilmiştir. Sentezlenmiş poli (azometin), hem termal kararlılık hem de kimyasal direnç nedeniyle sıcaklığın önemli olduğu endüstriyel alanlarda kullanılabilir olduğu görülmüştür. (Kaya ve ark., 2018).

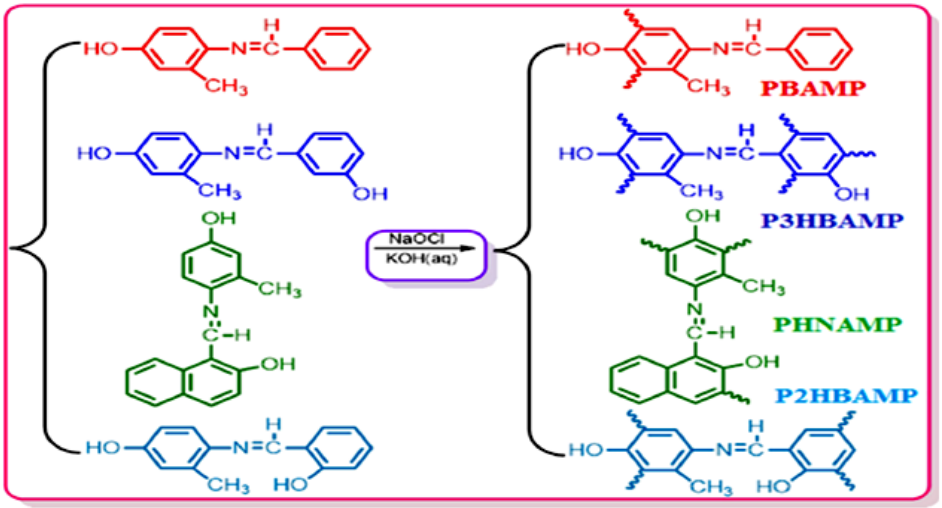


Şekil 4. Poli (azometin-kresol) (P-1) ve poli (azometin-pirol) (P-2) sentezleri

2019 yılında Kaya ve arkadaşının yapmış olduğu bir diğer çalışmada 4-amino-3-metilfenol bileşiği benzaldehit, 2-hidroksibenzaldehit, 3-hidroksibenzaldehit ve 2-hidroksi-1-naftaldehid ile reaksiyona sokularak Schiff bazları elde edilmiştir. Daha sonra Schiff bazları, oksidant olarak NaOCl kullanılarak sulu alkali ortamda oksidatif polikondenzasyon ile poli (fenoksi-imin)lere dönüştürülmüştür. Tüm bileşiklerin yapı, termal ve foto fiziksel özellikleri spektral ve termal analiz teknikleri ile belirlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin reaksiyon şemaları Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir (Kaya, 2019).



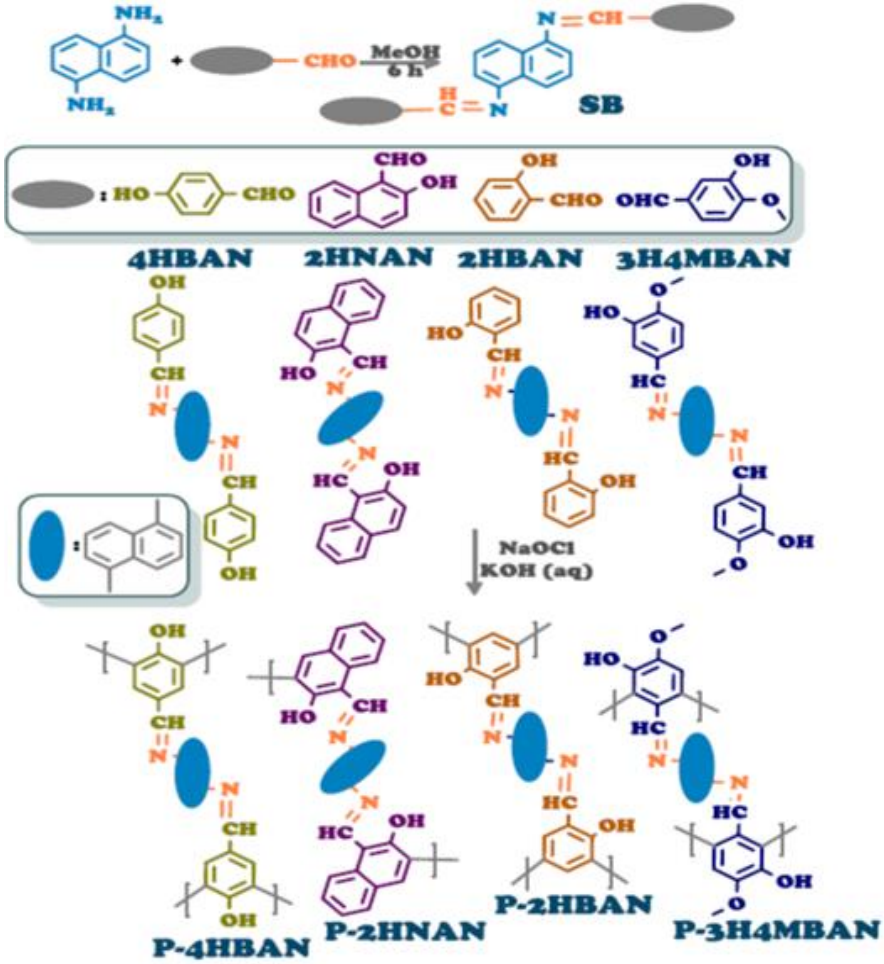
Şekil 5. Schiff bazı monomerlerinin sentezi



Şekil 6. Poli(fenoksi-imin)lerin sentezi

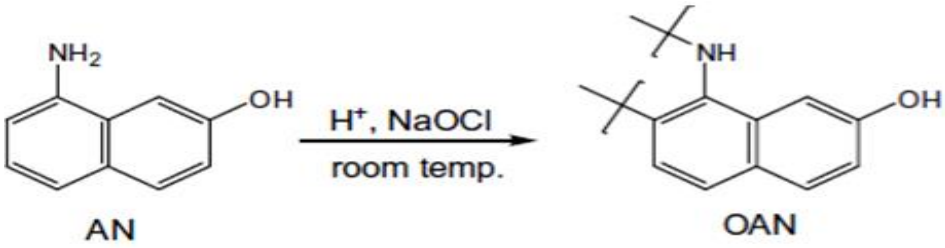
Schiff bazı ile poli (fenoksi-imin)lerin UV-Vis spektrumları karşılaştırıldığında, poli (fenoksi-imin)lerin absorpsiyon bantları Schiff bazı bileşiklerinden daha geniştir ve poli (fenoksi-imin)ler genellikle daha büyük dalga boylarında gözlenmiştir. Poli (fenoksi-imin)ler yarı iletken özellikler göstermiştir.

Yapılan bir diğer çalışmada 1,5-naftalen daimin ile 4-hidroksi benzaldehit, 2-hidroksi-1-naftaldehit, 2-hidroksi benzaldehit ve 3-hidroksi 4-metoksi benzaldehit bileşiklerinin reaksiyonu sonucu polifenol türevleri sentezlenmiştir (Şekil 7). Elde edilen Schiff bazları oksidant olarak NaOCl kullanılarak oksidatif polikondenzasyon reaksiyonları gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen bileşiklerin yapıları FT-IR, ^{1}H-NMR, ^{13} C-NMR ve UV-VİS spektrumlarıyla aydınlatılmıştır. Elde edilen polimerlerin fotovoltaik ve güneş pili uygulamalarının gerçekleştirilebildiği görülmüştür (Kaya, 2019a).

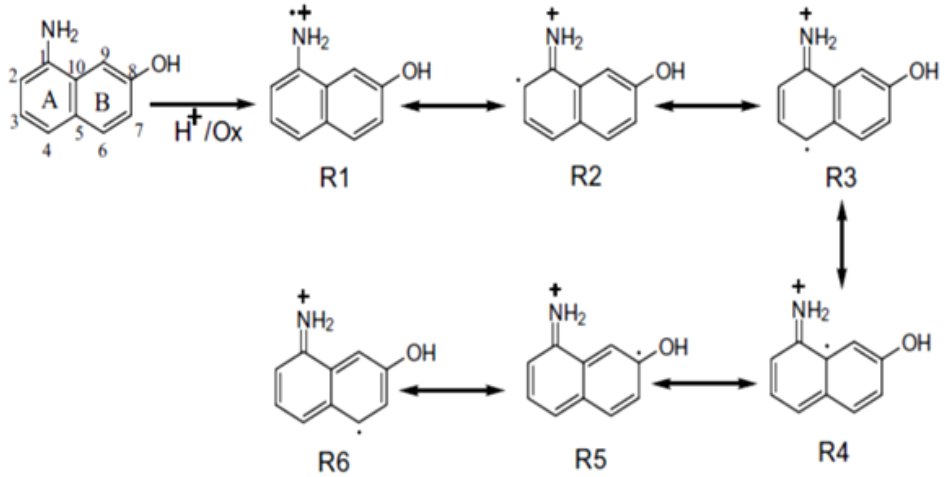


Şekil 7. Schiff bazları ve poli (azometinaftalen)lerin sentez aşamaları

Doğan ve arkadaşları, 8-amino-2-naftol'un oksidatif polikondenzasyon yöntemiyle polimer ve karakterizasyonuyla ilgi çalışma yapmıştır. Polimerizasyon sulu HCI ortamında gerçekleştirilmiş ve oksidant olarak NaOCl kullanılmış (Şekil 8). Buna göre polimerizasyon için olası aktif merkezler, 2, 4, 6, 9 pozisyonları ve naftalen halkası üzerindeki oksitlenmiş amin grubudur (Şekil 9). X-RD, SEM ve DSC teknikleri ile yapılan ölçümler, polimerin (OAN) yarı kristal yapıya sahip bir ürün olduğunu göstermiştir (Doğan ve ark.,2015).



Şekil 8. 8-amino-2-naftol ve naftalen birimli bileşiklerin polimerizasyonu

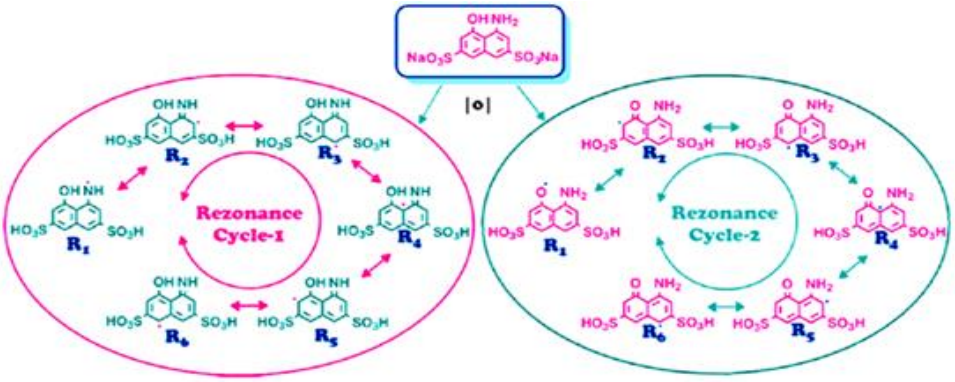


Şekil 9. 8-amino-2-naftol'un polimerizasyonu için olası aktif merkezler

2016 yılında Doğan ve arkadaşlarının yaptığı başka bir çalışmada yüksek kalitede konjuge polimer sentezi yapılmıştır. Poli amino naftol disülfonik asit sulu KOH ortamında reaksiyona sokulmuştur. Şekil 10 monomerin polimerizasyonunu gösterir. Şekil 11 ise monomerin rezonans yapılarını gösterir. Elde edilen bileşiklerin yapısal karakterizasyonu UV-vis, FT-IR, X-RD ve ^{1}H NMR analizi ile aydınlatılmıştır. Polimer DMSO'da 300 nm' de sarı ışık yaydığı görülmüştür. Ayrıca polimer yüksek elektrik iletkenliği göstermiştir. Bununla birlikte, polimerin monomerden daha yüksek termal kararlılığa sahip olduğu görülmüştür (Doğan ve ark., 2016).

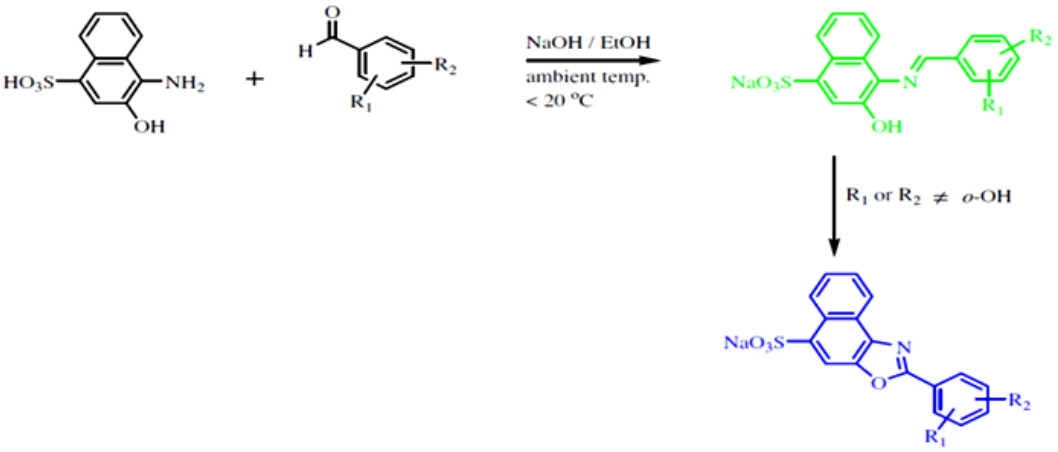


Şekil 10. PANDA'nın reaksiyon şeması



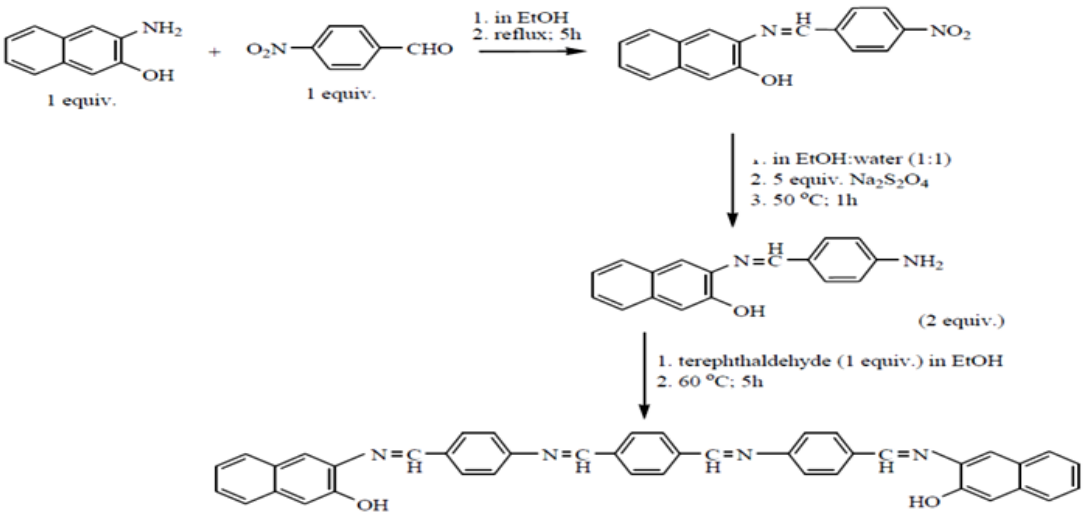
Şekil 11. 4-amino-5-hidroksi-2,7-naftalen disülfonik asidin rezonans yapısı

2015 yılında Atahan ve arkadaşı tarafından Schiff bazı sentezleri yapılmış ve karakterizasyonlarına bakılmıştır. NaOH varlığında 1-amino-2-hidroksi-4-naftalensülfonik asit ve benzaldehit sentezi sonucunda etanol içinde dört Schiff bazı ve on yedi tane naftol [1,2-d] oksazol türevleri elde edilmiştir. Sentezlenen tüm bileşikler ^{1}HNMR, ^{13}CNMR, FT-IR teknikleriyle analiz edilmiştir. Reaksiyon şeması Şekil 12'de gösterilmiştir. Schiff bazları naftol [1,2-d]okzasol ile karşılaştırıldığında kısa dalga boylarında absorpsiyon ve emisyon etkileri göstermiştir (Atahan, 2015).



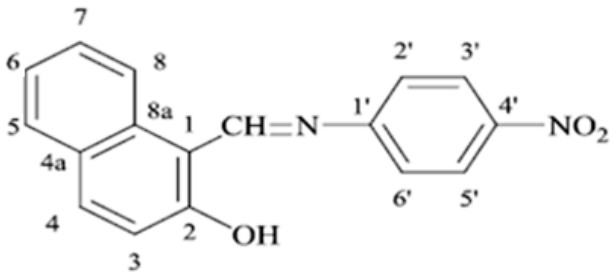
Şekil 12. Schiff bazı ve naftol [1,2-d] oksazol'un sentezi

2017 yılında yapılan bir çalışmada 3-amino-2-naftolun, 4-nitro-benzaldehit ile reaksiyona sokulması durumunda Schiff bazı elde edilmiştir. Schiff bazındaki nitro grubu, sodyum ditionit ($Na_2S_2O_4$) kullanılarak amino grubuna indirgenmiş ve bu amino türevi tereftaldehit ile reaksiyona sokulmuştur. Sentezlenen tüm bileşikler ^{1}HNMR, ^{13}CNMR, FT-IR teknikleriyle analiz edilmiştir. Reaksiyon şeması Şekil 13'de verilmiştir (Güngör,2017).

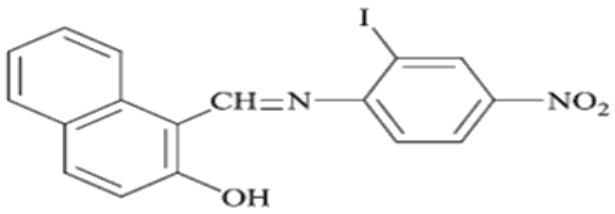


Şekil 13. Tetraimin Schiff Bazının oluşum reaksiyonu

2011 yılında Özöğüt ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada 2-hidroksi-1-naftaldehit ile 4-NO_2 anilin reaksiyonundan naftolik Schiff bazı elde edilmiştir. Elde edilen naftolik Schiff bazı DMSO-I_2-H_2SO_4'li ortamda iyotlanma yöntemiyle reaksiyona sokularak iyot naftolik Schiff bazı elde edilmiştir. Reaksiyon sonucunda iyot; 4NO_2 naftolik Schiff bazının fenil halkasına bağlanmıştır. Naftolik Schiff bazının yapısı ^{13}C-NMR, IR, UV spektrumlarıyla aydınlatılmıştır. Reaksiyon şeması Şekil 14 ve Şekil 15 de gösterilmiştir (Özöğüt, 2011).



Şekil 14. 1-{[(4-nitrofenil)imino]metil}2-naftol



Şekil 15. 1-{[(2-iyodo-4-nitrofenil) imino] metil}2-naftol

BÖLÜM 3
MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

8-amino-2-naftol, 7-amino-4-hidroksi-2-naftalen sülfonik asit, 8-amino-1-naftol-3,6-disülfonik asit ve 4-hidroksi benzaldehit Schiff bazı bileşiklerinin eldesi için temin edildi. Elde edilen Schiff bazlarının çözünmesini sağlamak için NaOH ve oksidant olarak %30'luk hidrojen peroksit Merck firmasından temin edildi. DMF, DMSO, DMAC, Tetrahidrofuran, Kloroform, Aseton, Etanol, Metanol, Dikloretan, Asetonitril kimyasalları çözünürlük tayini için Merck firmasından temin edildi.

3.1.2. Kullanılan Cihazlar

Maddelerin tartmak için Sartorious marka elektronik terazi, sentez için Haidolf markalı manyetik karıştırıcılı ısıtıcılar kullanıldı. Elde edilen maddelerin yapı aydınlatması için Perkin Elmer FT-IR spektrum cihazı kullanıldı. Sentezlenen bileşiklerin ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR ölçümleri25°C sıcaklıkta çözücü olarak DMSO- d_6 kullanılarak Agilent marka 600MHz NMR ile gerçekleştirildi.

Termal özellikleri Perkin Elmer Diamond Thermal Analysis" cihazı ile dakikada 10^{o}C ısıtma hızıyla N_2 atmosferinde 20-1000 ^{0}C arasında ölçümler yapıldı. DSC ölçümleri alüminyum kapsüller içerisinde Perkin Elmer Sapphire DSC cihazı ile 30-400 ^{o}C arasında dakikada 10^{o}C artışla, N_2 atmosferinde gerçekleştirildi. Optik özellikleri çift ışın yollu UV-Vis spektrofotometre (AnalytikJena 210 Plus) ile quartz küvetler kullanılarak yapıldı. Çözücü olarak DMSO kullanıldı.

Floresans ölçümleri RF-5301 PC spektrometre cihazı kullanılarak yapıldı. Sentezlenen türevlerin floresans ölçümleri için DMF de gerçekleştirildi. Uyarım ve ışıma slit aralığı 5 nm'ye ayarlanarak analizler gerçekleştirildi. Sentezlenen polimerlerin morfolojik özellikleri Taramalı Elektron Mikroskobu ile gerçekleştirildi.

Polimer örneklerinin GPC ölçümlerinden elde edilen kromatogramlardan bilgisayar programıyla sayıca ortalama mol kütleleri (Mn), ağırlıkça ortalama mol kütleleri (Mw) ve polidisperslik indeksi (PDI) değerleri belirlendi.

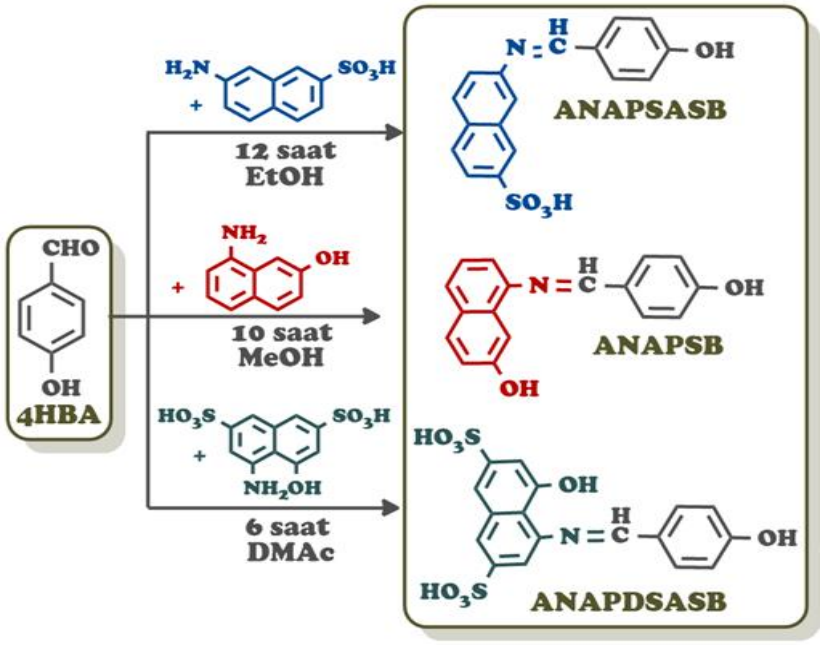
3.2. Yöntem

3.2.1. Schiff Bazı Monomerlerinin Sentezi

Schiff bazlarının sentezi reaksiyon balonlarında geçekleştirildi. Gerçekleştirilen 1.reaksiyonda 7-amino-4-hidroksi-2-naftalen sülfonik asit monomerinden 0.478 g alınarak 40 mL etanol ve NaOH ilavesiyle maddenin çözünmesi sağlandı. 0.244 g 4-hidroksibenzaldehit de 15 mL metanol içinde çözünerek monomere ilave edildi. Reaksiyon oda koşullarında manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak 12 saat reflüks edildi.

2.reaksiyonda 8-amino-2-naftol monomerinden 0.318 g alınarak ve 30 mL metanol ilavesi ile çözünmesi sağlandı. 0.244 g 4-hidroksi benzaldehit de15 mL metanol içinde çözündü ve monomere ilave edildi. Reaksiyon 60 ^{o}C sıcaklıkta manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak 10 saat reflüks edildi.

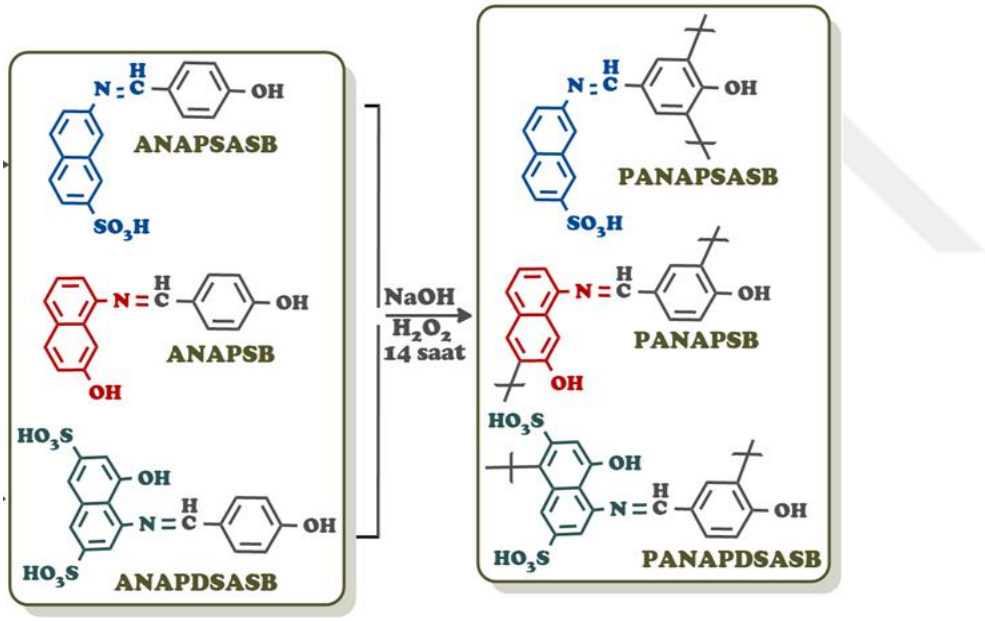
3. reaksiyonda 8-amino-1-naftalen-3,6-disülfonik asit monomerinden 0.718 g alınarak 50 mL DMAC içinde çözünmesi sağlandı. 0.244 g 4-hidroksi benzaldehit 15 mL metanol içinde çözündü ve monomere ilave edildi. Reaksiyon 90 ^{o}C sıcaklıkta manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak 6 saat reflüks edildi. Elde edilen Schiff bazları petri kaplarına alındı ve çözücülerin uçması için beklendi. Daha sonra kristallendirme işlemi gerçekleştirildi. Reaksiyon sonucu oluşan Schiff bazlarının reaksiyon şeması Şekil 16'da verildi.



Şekil 16. Schiff bazlarının sentezi

3.2.2. Sentezlenen Schiff Bazlarının Oksidatif Polimerizasyonu

Reaksiyon sonucunda sentezlenen Schiff bazlarının alkali ortamda H_2O_2 oksidantı varlığında polimer türevleri elde edildi. Reaksiyon balonlarına geri soğutucu takıldı. ANAPSASB Schiff bazından 0.217 g, ANAPSB Schiff bazından 0.345 g ve ANAPDSASB Schiff bazından 0.560 g alınarak 30 mL sulu NaOH çözeltisi ilavesiyle bir balon içerisinde çözdürme işlemi gerçekleştirildi. Sıcaklık 70ºC'ye ayarlanarak belli aralıklarla (30 dakika boyunca) H_2O_2 eklendi. Sentezlenen polimerler oksidant ilavesiyle siyah renge dönüştü.Elde edilen ürünler 14 saat reflüks edildi ve daha sonra eşdeğer miktar 0,1M HCl çözeltisi ile nötralleştirildi. Belli bir süre (48 saat) bekletildikten sonra süzüldü ve etüvde kurutuldu. Oluşan inorganik tuzların yok edilmesi için su ile yıkama işlemi gerçekleştirildi. Reaksiyon sonucunda elde edilen polimerler etüvde 80ºC'de kurutuldu. Schiff bazlarından elde edilen polimerlerin reaksiyon şeması Şekil 17'de gösterildi.

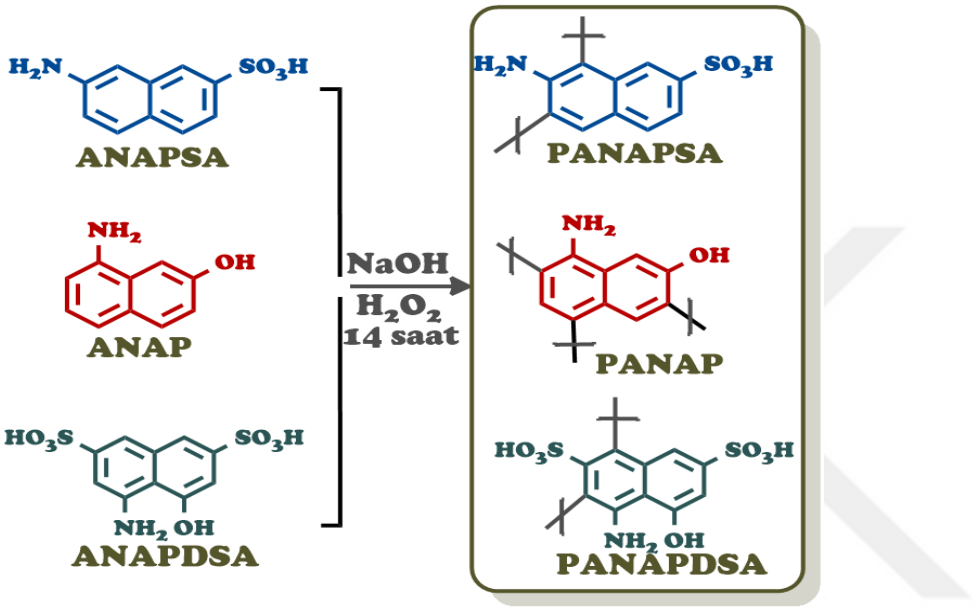


Şekil 17. Schiff bazlarının oksidatif polimerizasyonu

3.2.3. Monomerlerin Oksidatif Polimerizasyonu

Monomerlerden alkali ortamda H_2O_2 oksidantı ile poli naftol türevleri elde edildi. 250 mL'lik balonlara geri soğutucu takıldı. H_2O_2 oksidantı ilavesi için damlatma hunisi kullanıldı.7-amino-4-hidroksi-2-naftalen sülfonik asit monomerinden 0.239 g, 8-amino-2-naftol monomerinden 0.159 g ve 8-amino-1-naftalen-3,6-disülfonik asit monomerinden 0,359 g tartılarak 30 mL sulu NaOH (0,1M) çözeltisi ilavesiyle bir balon içerisinde çözdürme işlemi gerçekleştirildi. Sıcaklık 70 ºC'ye ayarlanarak belli aralıklarla (30 dakika boyunca) H_2O_2eklendi.

Sentezlenen polimerler oksidant ilavesiyle siyah renge dönüştü. Elde edilen ürünler 14 saat reflux edildi ve daha sonra eşdeğer miktar 0,1M HCl çözeltisi ile nötralleştirildi Belli bir süre (48 saat) bekletildikten sonar süzüldü ve etüvde kurutuldu. Oluşan inorganik tuzların ve reaksiyona girmeyen monomerlerin yok edilmesi için su ile yıkama işlemi gerçekleştirildi. Reaksiyon sonucunda elde edilen polimerler etüvde 60^{o}C'de kurutuldu. Monomerlerden elde edilen polimerlerin reaksiyon şeması Şekil 18'de gösterildi.



Şekil 18. Monomerlerin oksidatif polimerizasyonu

BÖLÜM 4
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Sentezlenen Bileşiklerin Yapı Analizleri

4.1.1. Sentezlenen Bileşiklerin FT-IR Spektrumları

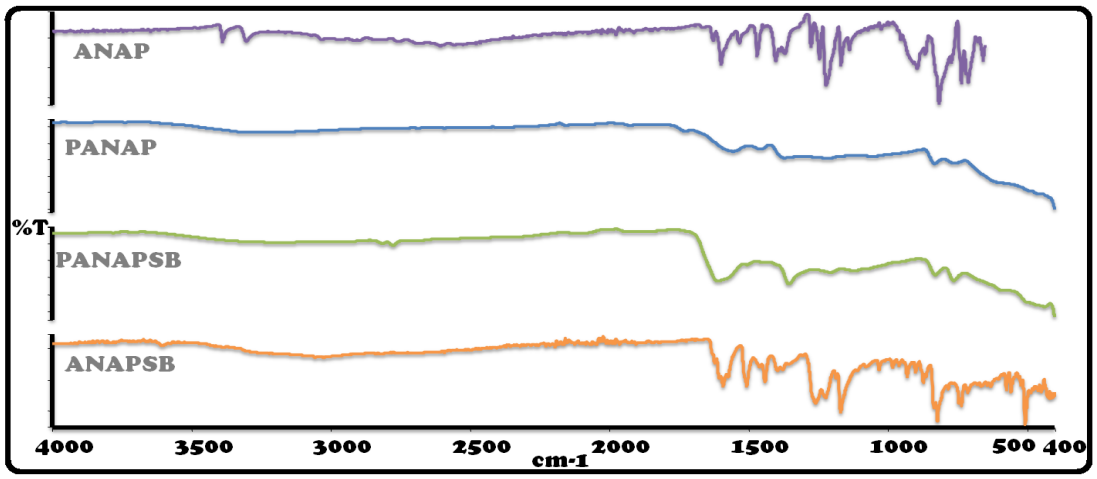
PANAP, ANAPSB ve PANAPSB'nin FT-IR grafikleri Şekil 19'da gösterildi. PANAP'ın IR spektrumunda –OH grubuna ait titreşim sinyali 3150 cm^{-1}'de görüldü. C=C grubuna ait titreşim sinyali 1555 ve 1456 cm^{-1}'de görülürken, C-O grubuna ait sinyal ise 1213 cm^{-1}'de görüldü. N-H titreşim bandı ise 3263 cm^{-1}'de gözlendi. Aromatik C-H sinyali 3068 cm^{-1}'de gözlendi.

ANAPSB' nin FT-IR spektrumunda –OH grubuna ait titreşim sinyali 3240 cm^{-1}'de görüldü. -C=N grubuna ait sinyal 1621 cm^{-1}'de görüldü. C=C grubunda ki sinyal 1591 ve 1506 cm^{-1}'de görülürken, C-O grubuna ait sinyal ise 1169 cm^{-1}'de görüldü. S–O piki 735 cm^{-1}'de görülürken, Aromatik C-H piki 3059 cm^{-1}'de görüldü.

ANAPSB'nin IR spektrumunda aldehit karbonil (-C=O) grubuna ve amin ($-NH_2$) grubuna ait sinyallerin kaybolduğu ve onların yerine imin (CH=N-) grubuna ait gerilme sinyali geldiği görüldü. Böylece ANAP'daki amin grubuyla 4-hidroksibenzaldehitde ki aldehit grubunun tepkimesi sonucu ANAPSB' deki imin bağı gerçekleşti. IR spektrumunda imin bağının görülmesi Schiff bazının oluştuğunun bir göstergesidir.

PANAPSB'ın FT-IR spektrumunda –OH grubuna ait titreşim sinyali 3187 cm^{-1}'de gözlendi. -C=N grubuna ait sinyal 1610 cm^{-1}'de gözlendi. C=C grubuna ait sinyal 1572 ve 1549 cm^{-1}'de gözlenirken, C-O grubuna ait sinyal ise 1213 cm^{-1}'de gözlendi. S–O sinyali 761 cm^{-1}'de gözlenirken, aromatik C-H grubuna ait sinyal 3057 cm^{-1}'de gözlendi.

ANAPSB'nin FT-IR spektrumunda imin (CH=N-) grubuna ait titreşim sinyalinin 1621 cm^{-1}'de, PANAPSB'deki imin (CH=N-) grubunda ki titreşim sinyalinin ise 1610 cm^{-1}'de görülmesi poliimin bileşiğinin oluştuğunun bir göstergesidir. Monomer ve polimer bileşiklerine ait sonuçlar Tablo 1'de verildi.



Şekil 19. PANAP, PANAPSB ve ANAPSB bileşiklerinin FT-IR spekturumları

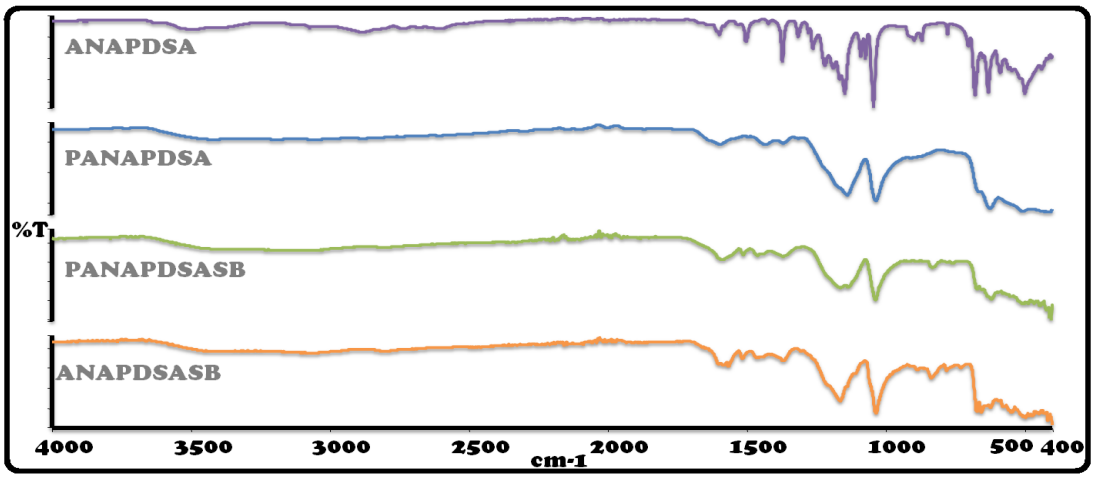
PANAPDSA, ANAPDSASB ve PANAPDSASB'nin FT-IR spektrumları Şekil 20'de gösterildi.

PANAPDSA'nın FT-IR spektrumunda –OH grubuna ait sinyal 3190 cm^{-1}'de görüldü. C=C grubuna ait sinyal 1436 ve 1596 cm^{-1}'de görülürken, C-O grubuna ait ise 1139 cm^{-1}'de görüldü. S–O sinyali 621 cm^{-1}'de görülürken, N-H sinyali ise 3433 cm^{-1}'de görüldü. Aromatik C-H sinyali 3050 cm^{-1}'de görüldü.

ANAPDSASB'nın FT-IR spektrumunda –OH grubuna ait titreşim sinyali 3383 cm^{-1}'de görüldü. -C=N grubuna ait sinyal 1602 cm^{-1}'de gözlendi C=C grubunda sinyal 1583 , 1513 ve 1368 cm^{-1}'de görülürken, C-O grubuna ait sinyal ise 1162 cm^{-1}'de görüldü. S–O sinyali 655 cm^{-1}'de görüldü. Aromatik C-H piki ise 3060 cm^{-1}'de gözlendi. ANAPDSASB'nin FT-IR spektrumunda aldehit karbonil (-C=O) grubuna ve amin ($-NH_2$) grubuna ait sinyallerin kaybolduğu görüldü, yerine imin (CH=N-) grubuna ait gerilme sinyalinin geldiği görüldü. IR ölçümünde imin bağının görülmesi Schiff bazının oluştuğunun bir göstergesidir.

PANAPDSASB'nin FT-IR spektrumunda –OH grubuna ait sinyal 3195 cm^{-1}'de görüldü. -C=N grubuna ait sinyal 1638 cm^{-1}'de gözlendi. C=C grubuna ait sinyal 1586 ve 1463 cm^{-1}'de görülürken, C-O grubuna ait sinyal ise 1168 cm^{-1}'de gözlendi. Aromatik C-H piki 3074 cm^{-1}'de gözlendi.

ANAPDSASB'nin FT-IR spektrumunda imin (CH=N-) grubuna ait titreşim sinyalinin 1602 cm^{-1}'de, PANAPDSASB'deki imin (CH=N-) grubuna ait titreşim sinyalinin ise 1638 cm^{-1}'de görülmesi poliimin bileşiğinin oluştuğunun bir göstergesidir. Monomer ve polimerler bileşiklerinin sonuçları Tablo 1'de verildi.



Şekil 20. PANAPDSA , PANAPDSASB ve ANAPDSASB bileşiklerinin FT-IR spektrumları

PANAPSA, ANAPSASB ve PANAPSASB'nin FT-IR spektrumları Şekil 21'de gösterildi.

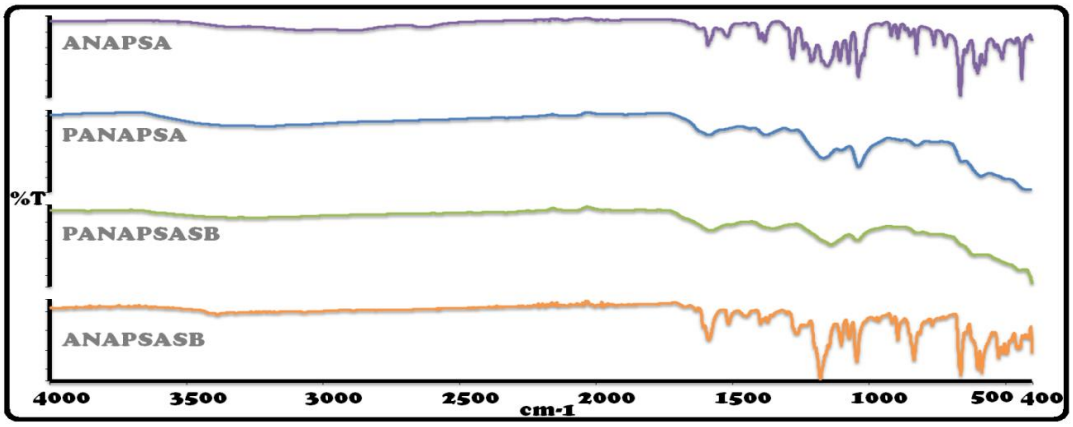
PANAPSA'nın FT-IR spektrumunda –OH grubuna ait titreşim sinyali 3207 cm^{-1}'de görüldü. C=C grubuna ait sinyal 1584 ve 1376 cm^{-1}'de görülürken, C-O grubuna ait sinyal ise 1171 cm^{-1}'de görüldü. N-H piki ise 3332 cm^{-1}'de görüldü. Aromatik C-H sinyal 3080 cm^{-1}'de görüldü.

ANAPSASB Schiff bazının FT-IR spektrumunda –OH grubuna ait titreşim sinyali 3389 cm^{-1}'de görüldü. -C=N grubuna ait sinyal 1605 cm^{-1}'de gözlendi C=C grubuna ait sinyal 1584 , 1513 ve 1395 cm^{-1}'de görülürken, C-O grubuna ait sinyal ise 1177 cm^{-1}'de görüldü. Aromatik C-H sinyali 3065 cm^{-1}'de görüldü. ANAPSASB'nin IR spektrumunda aldehit karbonil (-C=O) grubuna ve amin ($-NH_2$) grubunda ki sinyallerin kaybolduğu görüldü, yerine imin (CH=N-) grubuna ait gerilme sinyali geldiği görüldü. IR ölçümünde imin bağının görülmesi Schiff bazının oluştuğunun bir göstergesidir.

PANAPSASB Schiff bazı polimerinin FT-IR spektrumunda –OH grubuna ait sinyal 3237 cm^{-1}'de görüldü. -C=N grubuna ait sinyal 1582 cm^{-1}'de görüldü. C=C grubuna ait sinyal 1501 ve 1353 cm^{-1}'de görülürken, C-O grubuna ait sinyal ise 1136 cm^{-1}'de görüldü. Aromatik C-H sinyali 3071 cm^{-1}'de görüldü.

ANAPSASB'nin imin (CH=N-) grubuna ait titreşim sinyalinin 1605 cm^{-1}'de, PANAPSASB'deki imin (CH=N-) grubuna ait titreşim sinyalinin ise 1582 cm^{-1}'de görülmesi poliimin bileşiğinin oluştuğunun bir göstergesidir.

Monomer ve polimerler bileşiklerine ait sonuçlar Tablo 1'de gösterildi.



Şekil 21. PANAPSA, PANAPSASB ve ANAPSASB bileşiklerinin FT-IR spektrumları

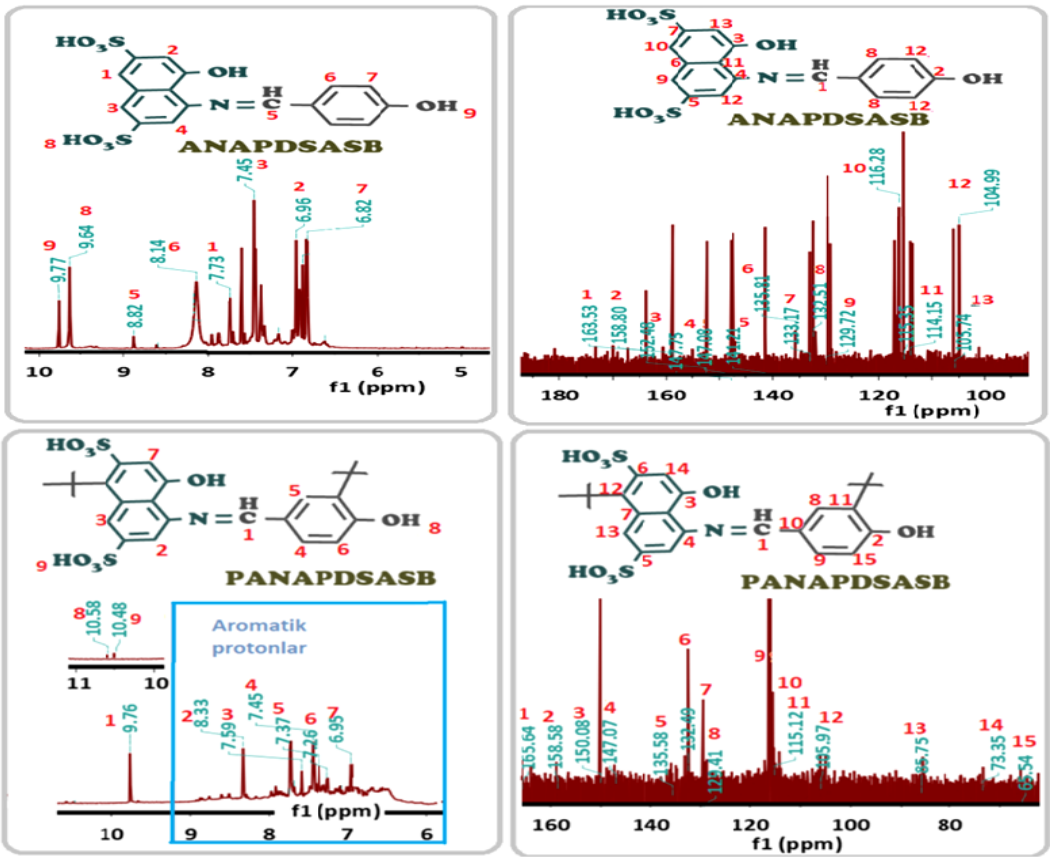
Tablo 1.
Sentezlenen Bileşiklerin FT-IR titreşim bantları

MADDELER	-OH	CH=N	C=C	C-O	S-O	N-H	Ar- C-H
PANAPDSA	3190	-	1436, 1596	1139	621	3433	3050
ANAPDSASB	3383	1602	1583, 1513 1368	1162	655	-	3060
PANAPDSASB	3195	1638	1586, 1463	1168	-	-	3074
PANAP	3150	-	1555, 1456	1213	-	3263	3068
ANAPSB	3240	1621	1591, 1506	1169	735	-	3059
PANAPSB	3187	1610	1572, 1549	1213	761	-	3057
PANAPSA	3207	-	1584, 1376	1171	-	3332	3080
ANAPSASB	3389	1605	1584, 1513 1395	1177	-	-	3065
PANAPSASB	3237	1582	1501,1353	1136	-	-	3071

4.1.2. Sentezlenen Bileşiklerin NMR Spektrumları

ANAPDSASB Schiff bazına ve PANAPDSASB polimerine ait ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları Şekil 22'de gösterildi. ANAPDSASB'nin ^{1}H-NMR spektrumu incelendiğinde 9,64 ile 9,77 ppm arasında gözlenen pikler sırasıyla sülfonil (-SO_3H) ve hidroksil (-OH) gruplarının protonlarıyla ilgili sinyallerdir. -CH=N grubundaki proton sinyali 8.82 ppm' de görüldü. Aromatik proton pikleri 6,82 – 8,14 ppm değerleri arasında görüldü. ^{13}C-NMR spektrumu incelendiğinde –CH=N grubuna bağlı karbon atomu 163.53 ppm'de görüldü. Aromatik karbonlara ait sinyaller ise 165 – 100 ppm değerleri arasında gözlendi.

PANAPDSASB polimerinin ^{1}H-NMR spektrumu incelendiğinde –OH grubuna ait proton sinyalinin 10,58 ppm'de –SO_3H grubuna ait protonun sinyali ise 10,48 ppm de, -CH=N gruplarındaki proton sinyalinin ise 9,76 ppm'de geldiği görüldü. Aromatik proton pikleri 6,95 – 8,33 ppm değerleri arasında görüldü. ^{13}C-NMR spektrumu incelendiğinde –CH=N grubuna bağlı karbon atomu 163,53 ppm'de görüldü. Aromatik karbonlara ait sinyaller ise 160-100 ppm değerleri arasında geldiği görüldü.

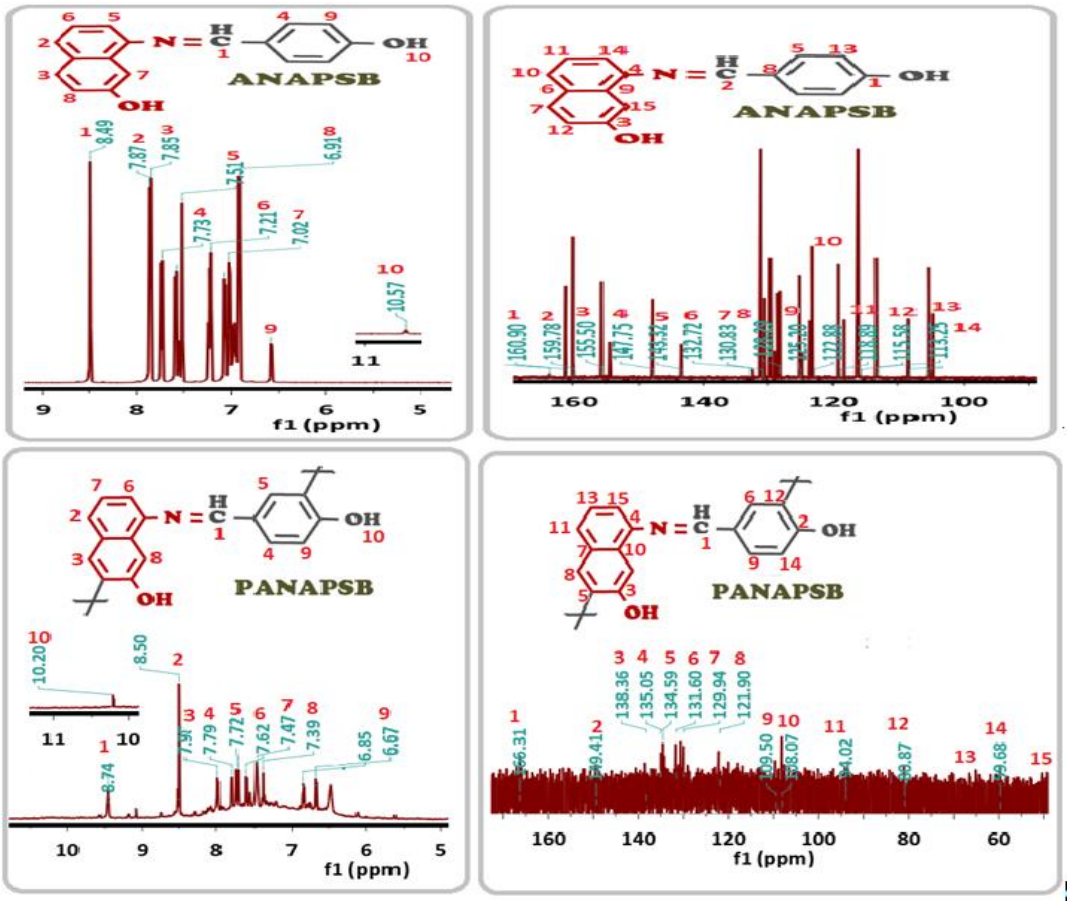


Şekil 22. ANAPDSA ve PANAPDSA bileşiklerinin ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları

ANAPSB Schiff bazına ve PANAPSB polimerine ait ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları Şekil 23'de gösterildi. ANAPSB'nin ^{1}H-NMR spektrumu incelendiğinde hidroksil -OH grubuna ait proton sinyali 10.57 ppm'dir. –CH=N grubundaki protonun sinyali ise 8.49 ppm'de görüldü. Aromatik proton pikleri 6,91 – 7,87 değerleri arasında görüldü. ^{13}C-NMR spektrumu incelendiğinde –CH=N grubuna bağlı karbon atomu 159.78 ppm'de görüldü. Aromatik karbonlara ait sinyaller ise 160 – 100 ppm değerleri arasında gözlendi.

PANAPSB polimerinin ^{1}H-NMR spektrumu incelendiğinde –OH grubuna ait proton sinyalinin 10,20 ppm'de, -CH=N grubundaki protonun sinyalinin ise 8,74 ppm'de geldiği görüldü. Aromatik proton pikleri 6,67 – 8,50 ppm değerleri arasında görüldü. ^{13}C-NMR

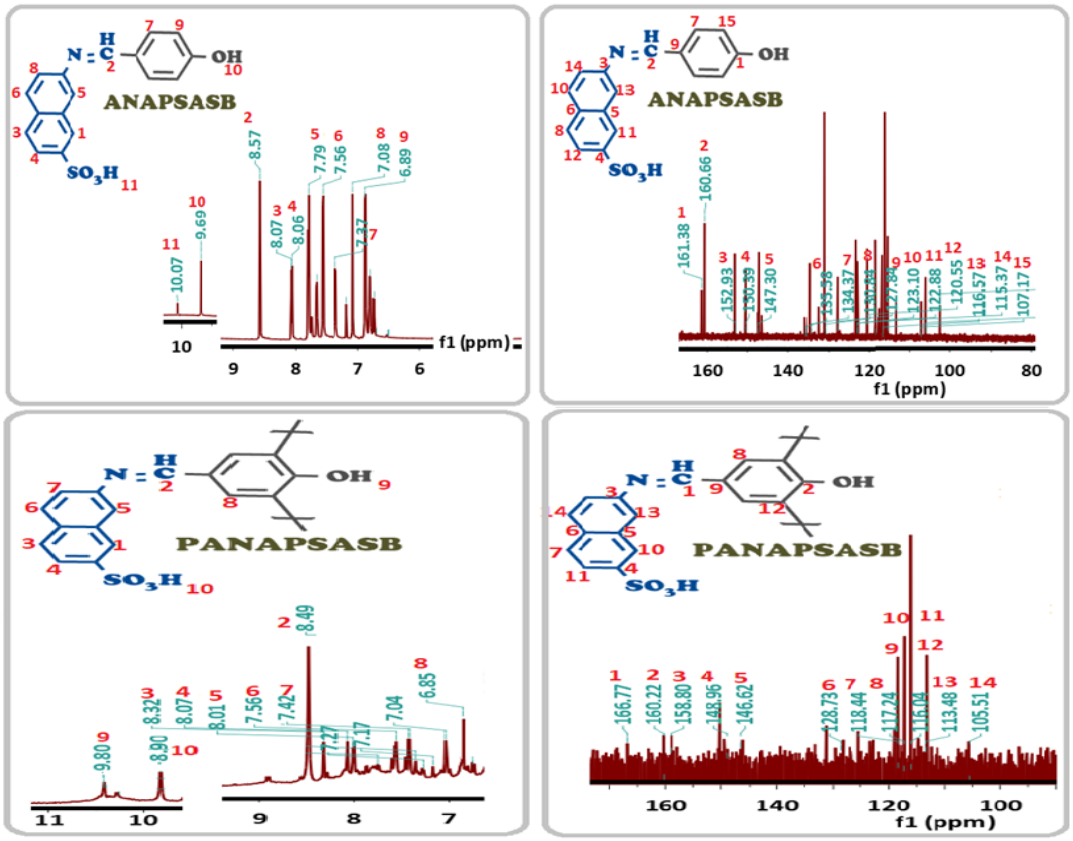
spektrumu incelendiğinde –CH=N grubuna bağlı karbon atomu 166,31 ppm de görüldü. Aromatik karbonlara ait sinyaller ise 150-100 ppm değerleri arasında geldiği görüldü**.**



Şekil 23. ANAPSB ve PANAPSB bileşiklerinin ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları

ANAPSASB Schiff bazına ve PANAPSASB polimerine ait ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları Şekil 24'de gösterildi. ANAPSASB'nin ^{1}H-NMR spektrumu incelendiğinde 10,07 ile 9,69 ppm arasında gözlenen pikler sırasıyla sülfonil (-SO_3H) ve hidroksil (-OH) gruplarının protonlarıyla ilgili sinyallerdir. -CH=N grubundaki protonun sinyali 8.57 ppm' de görüldü. Aromatik proton pikleri 6,89 – 8,07 ppm değerleri arasında görüldü. ^{13}C-NMR spektrumu incelendiğinde –CH=N grubuna bağlı karbon atomu 160.66 ppm'de görüldü. Aromatik karbonlara ait sinyaller ise 155 – 90 ppm değerleri arasında gözlendi.

PANAPSASB polimerinin ^{1}H-NMR spektrumu incelendiğinde –OH grubuna ait protonun sinyali 9,80 ppm'de –SO_3H grubuna ait protonun sinyali 8,90 ppm de, -CH=N grubundaki protonun sinyalinin ise 8,49 ppm'de geldiği görüldü. Aromatik proton pikleri 6,85 – 8,32 ppm değerleri arasında görüldü. ^{13}C-NMR spektrumu incelendiğinde –CH=N grubuna bağlı karbon atomu 166,77 ppm'de görüldü. Aromatik karbonlara ait sinyaller ise 150-100 ppm değerleri arasında geldiği görüldü.



Şekil 24. ANAPSASB ve PANAPSASB bileşiklerinin ^{1}H-NMR ve ^{13}C-NMR spektrumları

4.2.Termal Analizler

4.2.1. Sentezlenen Schiff Bazı ve Polimerlerin TG, DTG ve DTA Analizleri

ANAPDSA, PANAPDSA, PANAPDSASB ve ANAPDSASB bileşiklerinin termal analiz eğrileri Şekil 25'de, termal analiz değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

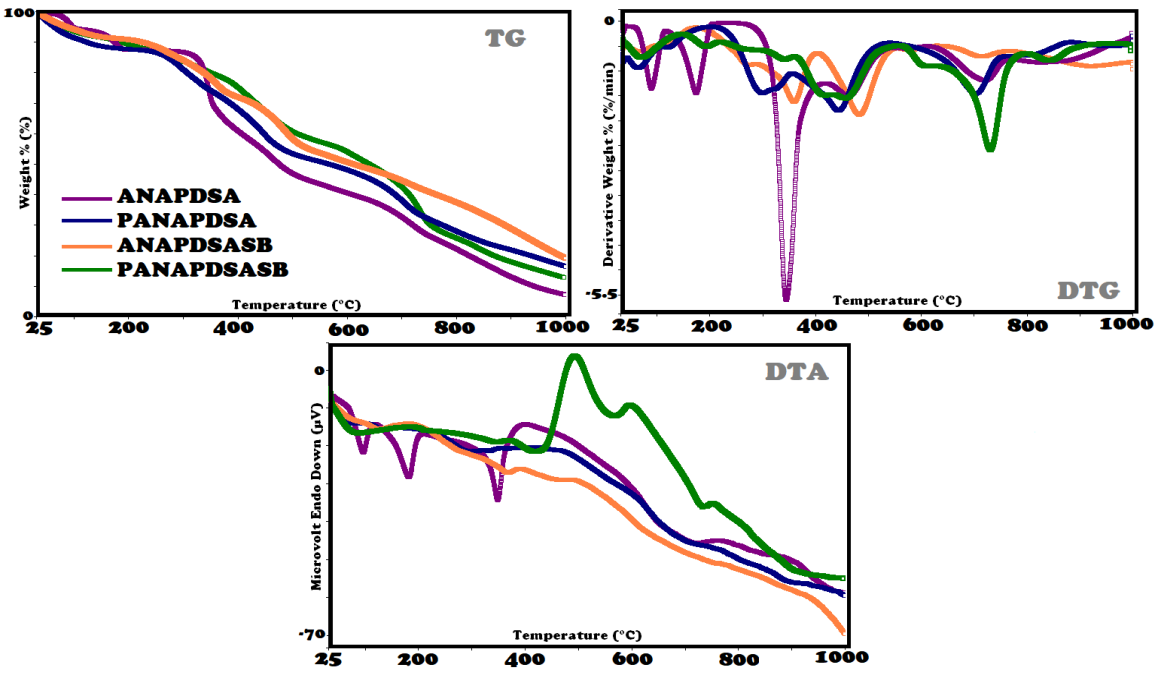
ANAPDSA'nin bozunma sıcaklığı 147^{o}C iken gözlenen T_{max} değerleri ise 173, 344, 460 ve 718 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 346 ve 535^{o}C olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000^{o}C'de %13,13 olarak belirlendi. Nem ve organik çözücüden kaynaklanan 120^{o}C'ye kadar gözlenen kütle kaybı %6' dır. ANAPDSA monomerinin DTA eğrisinde ki endotermik sinyal 182 ve 349^{o}C'de görüldü. Bozunma 4 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 120-250^{o}C arası hesaplanan kalıntı %6,8, II. basamak da 250-420^{o}C arası hesaplanan kalıntı %29,04 , III. basamak da 420-610^{o}C arası hesaplanan kalıntı %18,28 , IV. basamak da ise hesaplanan kalıntı 610-1000^{o}C arası hesaplanan kalıntı olarak %32,76 bulunmuştur.

PANAPDSA'nın bozunma sıcaklığı 258 ^{o}C iken gözlenen T_{max} değerleri ise 299,443 ve 702 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 390 ve 688^{o}C olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000^{o}C'de %27,83 olarak belirlendi. 150^{o}C'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı

%11' dir. Bozunma 3 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 150-360°C arası hesaplanan kalıntı %15,62, II. basamak da 360-540°C arası hesaplanan kalıntı %21,76 , III. basamak da ise 540-1000°C arası hesaplanan kalıntı %34,79 bulunmuştur.

PANAPDSASB'nin bozulmaya başladığı sıcaklık 247°C iken gözlenen T_{max} değerleri ise 433, 730 ve 840°C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 419 ve 702°C olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000°C'de %21,35 olarak belirlendi. 150°C'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %8,14'dür. PANAPDSASB Schiff bazının Diferansiyel Termal Analiz eğrisinde ki ekzotermik sinyal 492°C'de görüldü. Bozunma 3 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 150-560°C arası hesaplanan kalıntı %34,67, II. basamak da ise 560-780°C arası hesaplanan kalıntı %31,01 , III. basamak da ise 780-1000°C arası hesaplanan kalıntı %12,98 olarak bulunmuştur.

ANAPDSASB'nin bozulmaya başladığı sıcaklık 233 °C iken gözlenen T_{max} değerleri ise 359,483 ve 711°C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 406 ve 750°C olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000°C'de %27,5 olarak belirlendi. 150°C'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %8,35'dir. Bozunma 3 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 150-405°C arası hesaplanan kalıntı %20,65 , II. basamakta 405-555°C arası hesaplanan kalıntı %18,28, III. basamak da ise 555-1000°C arası hesaplanan kalıntı %18,28 olarak bulunmuştur.



Şekil 25. ANAPDSA,PANAPDSA,ANAPDSASB ve PANAPDSASB bileşiklerinin termal analiz eğrileri

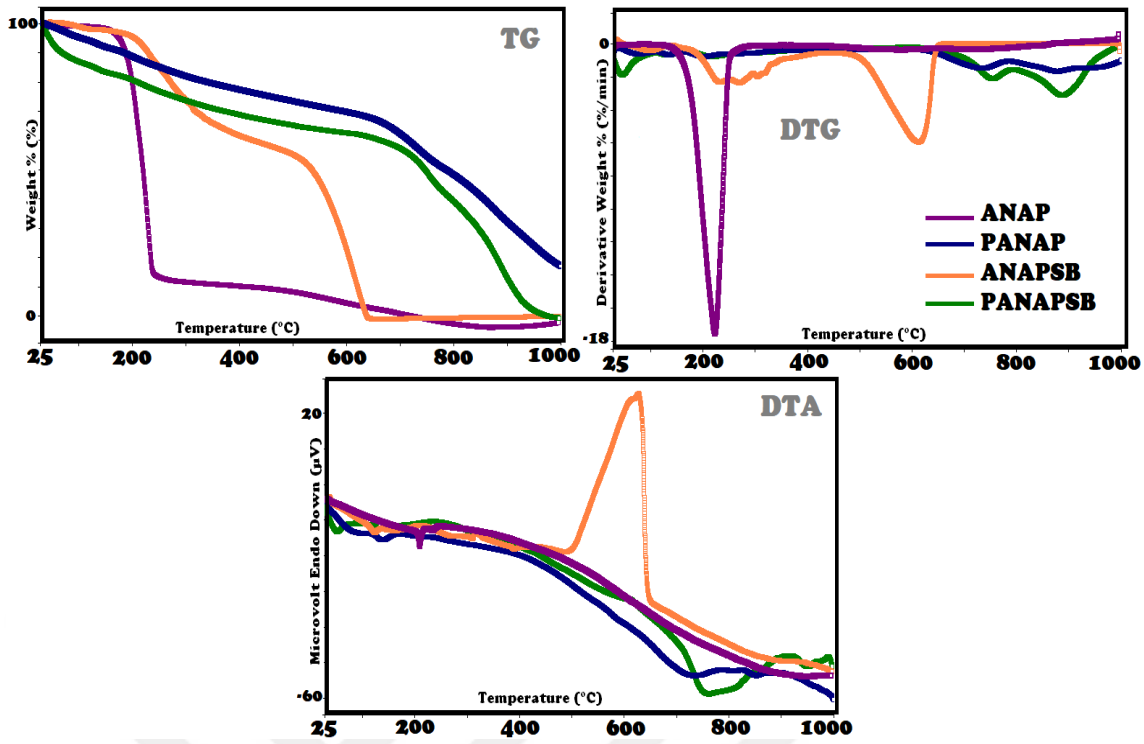
ANAP, PANAP, PANAPSB ve ANAPSB bileşiklerinin termal analiz eğrileri Şekil 26'da, termal analiz değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

ANAP'in bozulmaya başladığı sıcaklık 186 ^{o}C iken T_{max} değeri ise 223 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 200 ve 220^{o}C'de olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 720^{o}C'de %0 olarak belirlendi. 120^{o}C'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %6'dır. ANAP monomerinin Diferansiyel Termal Analiz eğrisinde ki endotermik sinyal 210 ve 235^{o}C'de görüldü.

PANAP'ın bozulmaya başladığı sıcaklık 179 ^{o}C iken T_{max} değerleri ise 201, 734 ve 878 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 536 ve 822^{o}C'de olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000 ^{o}C'de %25,09 olarak belirlendi. 150^{o}C'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %8'dir. Bozunma 3 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 150-580^{o}C arası hesaplanan kalıntı %21,53 , II. basamak da ise 580-790^{o}C arası hesaplanan kalıntı %20,79 , III. basamak da ise 790-1000^{o}C arası hesaplanan kalıntı %32,58 olarak bulunmuştur.

PANAPSB'nin bozulmaya başladığı sıcaklık 183 ^{o}C iken T_{max} değerleri ise 217, 753ve 886 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 562 ve 830^{o}C olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 975^{o}C'de %0,00 olarak belirlendi. 150^{o}C'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %16,65'dir. Bozunma 3 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 150-600^{o}C arası hesaplanan kalıntı %20,88 , II. basamak da 600-795^{o}C arası hesaplanan kalıntı %22,30 , III. basamak da ise 795-1000^{o}C arası hesaplanan kalıntı %40,16 olarak bulunmuştur.

ANAPSB'nin bozunmaya başladığı sıcaklık 203 ^{o}C iken T_{max} değerleri ise 250 ve 612 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 276 ve 536^{o}C olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 660 ^{o}C'de % 0,00 olarak bulundu. 120^{o}C'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %1,28'dir. ANAPSB Schiff bazının Diferansiyel Termal Analiz eğrisinde ki ekzotermik sinyal 627^{o}C'de gözlendi. Bozunma 2 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 120-450^{o}C arası hesaplanan kalıntı %39,49, II. basamak da ise 450-640^{o}C arası hesaplanan kalıntı %58,49 olarak bulunmuştur.



Şekil 26. ANAP, PANAP, ANAPSB ve PANAPSB bileşiklerinin termal analiz eğrileri

ANAPSA, PANAPSA, ANAPSASB ve PANAPSASB bileşiklerinin termal analiz eğrileri Şekil 27'de, termal analiz değerleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

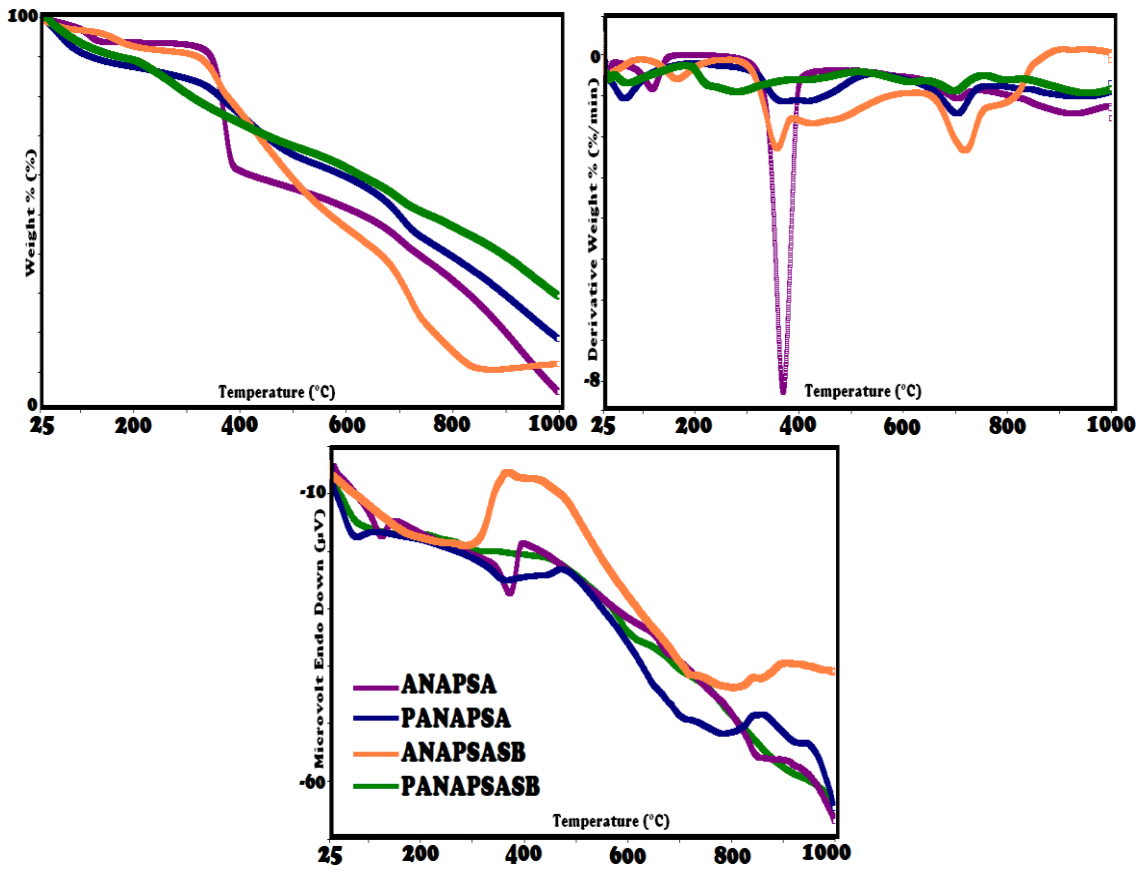
verilmiştir. ANAPSA'nın bozunmaya başladığı sıcaklık 350 ^{o}C iken T_{max} değeri ise 369 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 372 ve 690^{o}C olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000 ^{o}C'de %10,57 olarak belirlendi. 130^{o}C'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %5,8'dir. ANAPSA monomerinin Diferansiyel Termal Analiz eğrisinde ki endotermik sinyal 372^{o}C'de gözlendi. Bozunma 2 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 130-590^{o}C arası hesaplanan kalıntı %42,03 , II. basamak da ise 590-1000^{o}C arası hesaplanan kalıntı %47,40 olarak bulunmuştur.

PANAPSA'nın bozunmaya başladığı sıcaklık 314 ^{o}C iken T_{max} değerleri ise 369 ve 703 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 461 ve 811^{o}C olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000 ^{o}C'de %30,55 olarak belirlendi. Nem ve organik çözücüden kaynaklanan 180^{o}C'ye kadar gözlenen kütle kaybı %12'dir. Bozunma 2 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 180-540^{o}C arası hesaplanan kalıntı %24,65 , II. basamak da ise 540-1000^{o}C arası hesaplanan kalıntı %44,50 olarak bulunmuştur.

ANAPSASB'nn bozunmaya başladığı sıcaklık 136 ^{o}C iken T_{max} değerleri ise 166, 357 ve 717 ^{o}C'dir. %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 392 ve

587ºC'de olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000 ºC'de %15,40 olarak belirlendi. 110ºC'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %3.2'dir. Bozunma 3 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 110-275ºC arası hesaplanan kalıntı %5,30 , II. basamak da 275-625ºC arası hesaplanan kalıntı %47,30 , III. basamak da ise 625-1000ºC arası hesaplanan kalıntı %32,00 olarak bulunmuştur.

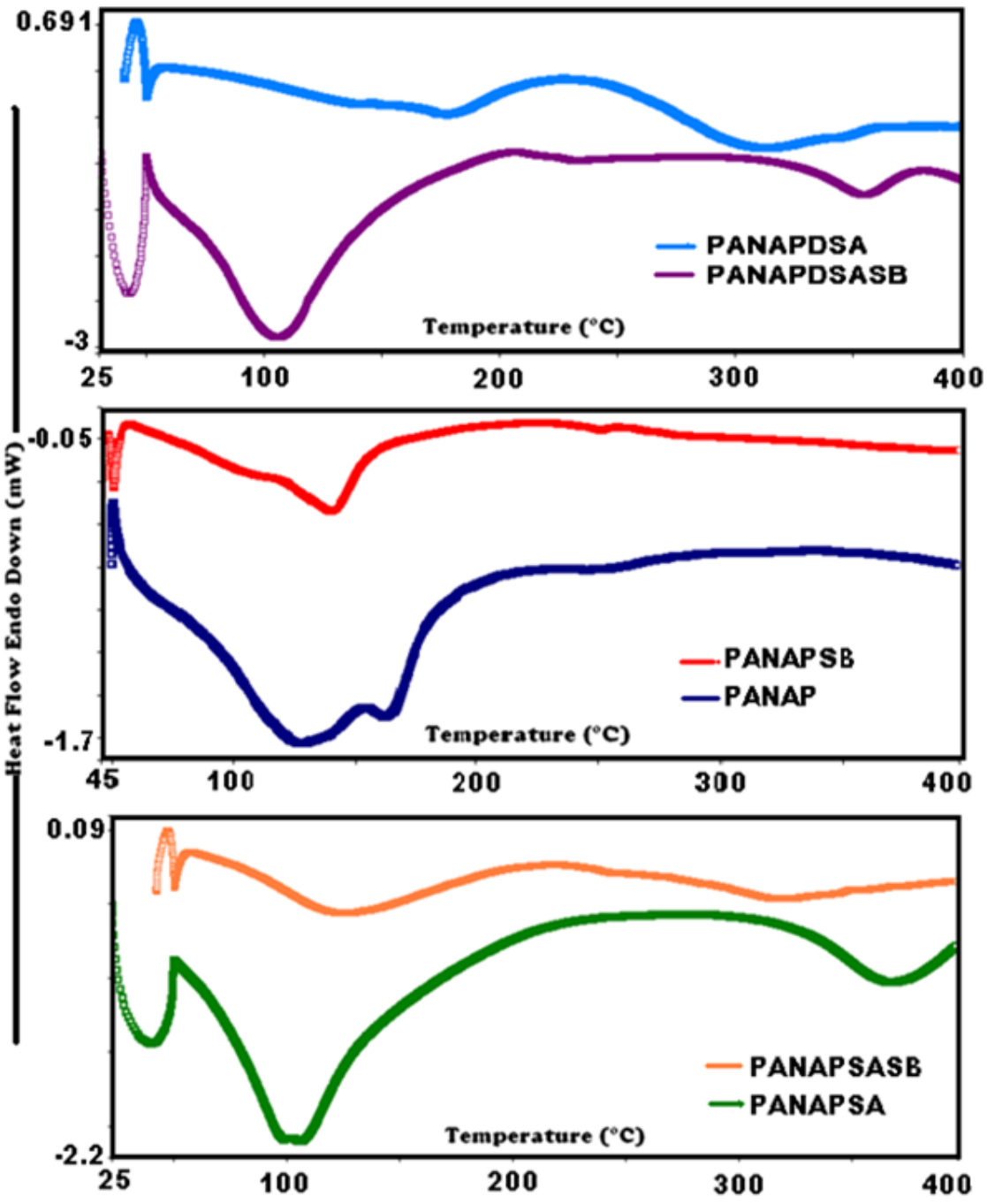
PANAPSASB'nn bozunmaya başladığı sıcaklık 212 ºC iken T_{max} değerleri ise 279, 698 ve 952ºC'dir . %20 ve %50'lik kütle kayıplarının gerçekleştiği sıcaklıklar 446 ve 894ºC olarak bulundu. Analiz sonunda hesaplanan kalıntı miktarı 1000 ºC'de % 39,19 olarak belirlendi. 170ºC'ye kadar gözlenen nem ve organik çözücüden kaynaklanan kütle kaybı %10'dur. Bozunma 3 basamakta gerçekleşmiştir. I. basamak da 170-515ºC arası hesaplanan kalıntı %23,45 , II. basamak da 515-760ºC arası hesaplanan kalıntı %17,09 , III. basamak da ise 760-1000ºC arası hesaplanan kalıntı %20,32 olarak bulunmuştur.



Şekil 27. ANAPSA, PANAPSA, ANAPSASB ve PANAPSASB bileşiklerinin termal analiz eğrileri

4.2.2. Sentezlenen Bileşiklerin DSC Analizleri

Elde edilen polimerlerin DSC eğrileri Şekil 28'de gösterilmiş olup, eğrilerden elde edilen camsı geçiş sıcaklığı (T_g) ve ısı değişimi (ΔC_p) değerleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 28. Sentezlenen polimerlerin DSC eğrileri

Tablo 2.
Monomer ve polimerlerin TG-DTA ve DSC analiz sonuçları

Bileşikler	T_{on}	T_{max} (°C)	%20 bozunma sıcaklığı	%50 bozunma sıcaklığı	1000 °C'deki kalıntı miktarı	DTA		DSC	
						Ekzo	Endo	T_g (°C)	ΔC_p J/g °C
ANAPDSA	147	173, 344 460, 718	346	535	13,13	-	182, 349	-	-
PANAPDSA	258	299, 443 702	390	688	27,83	-	-	169	0,029
ANAPDSASB	233	359, 483 711	406	750	27,5	-	-	-	-
PANAPDSASB	247	443, 730 840	419	702	21,35	492	-	218	0,019
ANAP	186	223	200	220	- (720°C)	-	210, 235	-	-
PANAP	179	201, 734 878	536	822	25,09	-	-	159	0,0080
ANAPSB	203	250, 612	276	536	- (660°C)	627	-	-	-
PANAPSB	183	217, 753 886	562	830	- (975°C)	-	-	150	0,1015
ANAPSA	350	369	372	690	10,57	-	372	-	-
PANAPSA	314	369,703	461	811	30,55	-	-	140	0,267
PANAPSASB	212	279, 698 952	446	894	39,19	-	-	165	0,093
ANAPSASB	136	166, 357 717	392	587	15,40	-	-	-	-

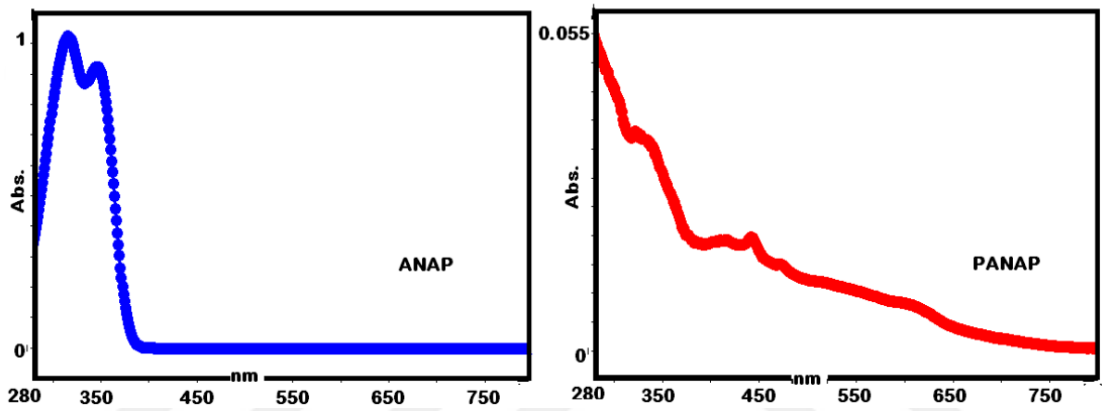
Beklenildiği gibi Tg sıcaklıkları, T_{on} sıcaklıklarının altındır ve camsı geçiş sıcaklığının (T_g) en fazla PANAPDSASB polimerinde olduğu görülmüştür. Polimerlerin camsı geçiş sıcaklıkları sırasıyla PANAPDSASB > PANAPDSA > PANAPSASB > PANAP > PANAPSB > PANAPSA olarak değiştiği gözlendi.

4.3. Optiksel Özellikler

4.3.1. Sentezlenen Bileşiklerin UV-Vis Ölçümleri

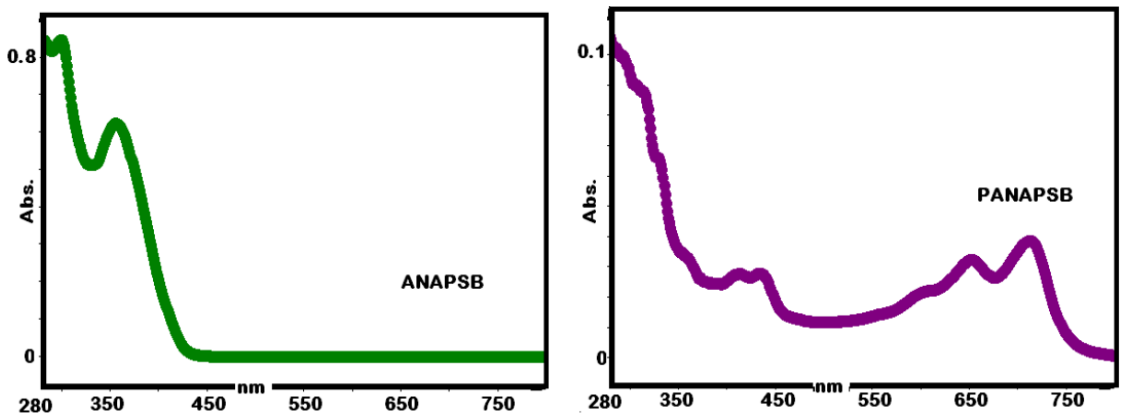
ANAP ve PANAP bileşiklerinin UV-Vis spektrumları Şekil 29'da gösterildi. UV-Vis spektrum ölçümler alınırken ANAP ve PANAP polimeri için DMSO çözücüsü kullanıldı. $E_g=1242/\lambda_{onset}$ formülüne göre optik bant boşluğu hesaplandı. Elde edilen bileşiklerin UV-Vis Spektrumlarına ait λmax, λonset ve Eg sonuçları Tablo 3'de gösterilmiştir.

ANAP için λ_{onset} =382 nm bulundu ve $E_{g=}$ 3,25 eV olarak hesaplandı. PANAP için ise λ_{onset} =645 nm bulundu ve $E_{g=}$ 1,92 eV olarak hesaplandı.



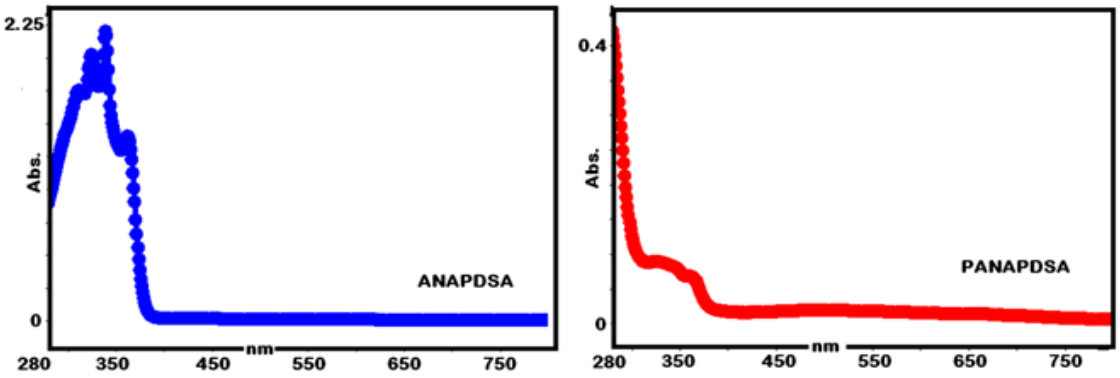
Şekil 29. ANAP ve PANAP bileşiklerinin UV-Vis spektrumları

ANAPSB Schiff bazı ve polimerinin UV-Vis spektrumları Şekil 30'da gösterildi. UV-Vis spektrum ölçümler alınırken ANAPSB Schiff bazı ve PANAPSB polimeri için DMSO kullanıldı . Schiff bazı için λ_{onset} = 444 nm bulundu ve $E_{g=}$ 2,79 eV olarak hesaplandı. Polimeri için ise λ_{onset} = 755 nm bulundu ve $E_{g=}$ 1,65 eV olarak hesaplandı.



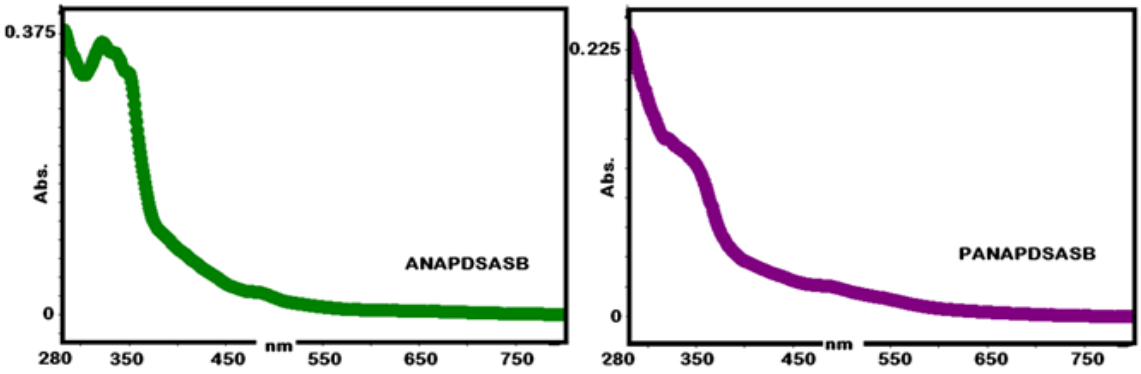
Şekil 30. ANAPSB ve PANAPSB bileşiklerinin ait UV-Vis spektrumları

ANAPDSA ve PANAPDSA bileşiklerinin UV-Vis spektrumları Şekil 31'de gösterildi. UV-Vis spektrum ölçümleri alınırken ANAPDSA ve PANAPDSA polimeri için DMSO kullanıldı. ANAPDSA için λ_{onset} =340 nm bulundu ve $E_{g=}$ 3,65 eV olarak hesaplandı. Polimeri için ise λ_{onset} =380 nm bulundu ve $E_{g=}$ 3,27 eV olarak hesaplandı.



Şekil 31. ANAPDSA ve PANAPDSA bileşiklerinin UV-Vis spektrumları

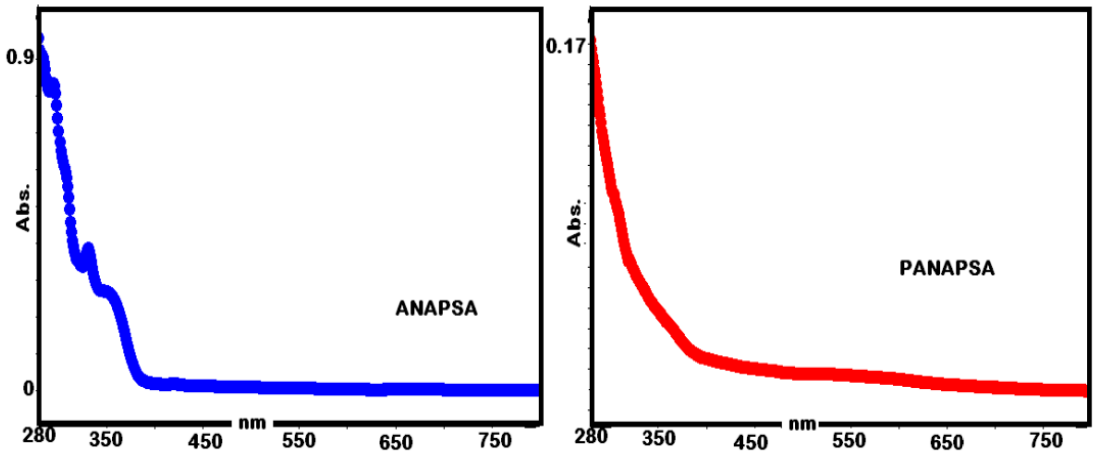
ANAPDSASB Schiff bazı ve polimerinin UV-Vis spekturumları Şekil 32' de gösterildi. UV-Vis spektrum ölçümleri alınırken ANAPDSASB Schiff bazı ve PANAPDSASB için DMSO kullanıldı. ANAPDSASB için λ_{onset} =430 nm bulundu ve $E_{g=}$ 2,89 eV olarak hesaplandı. Polimeri için ise λ_{onset} =450 nm bulundu ve $E_{g=}$ 2,76 eV olarak hesaplandı.



Şekil 32. ANAPDSASB ve PANAPDSASB bileşiklerinin UV-Vis spektrumları

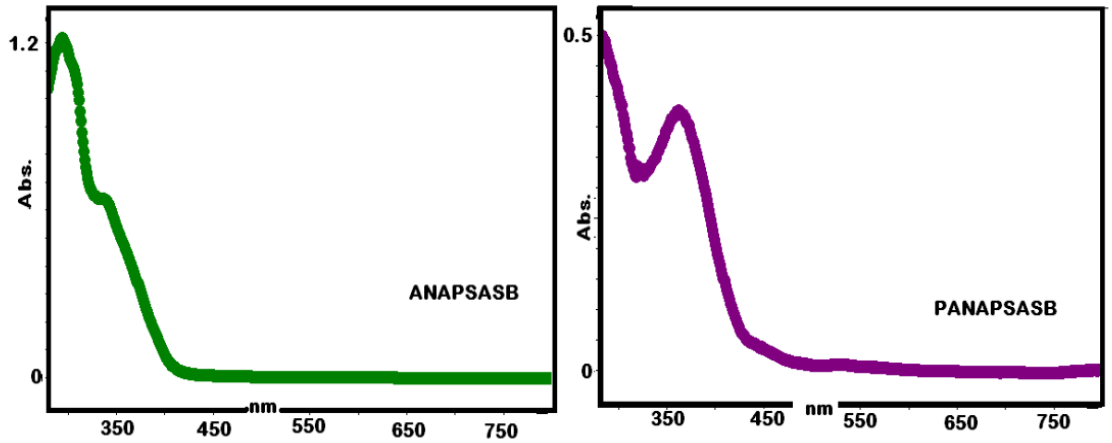
ANAPSA ve PANAPSA bileşiklerinin UV-Vis spektrumları Şekil 33'de gösterildi.

UV-Vis spektrum ölçümleri alınırken ANAPSA ve PANAPSA'nın DMSO'da ki çözeltisi kullanıldı. ANAPSA için λ_{onset} =376 nm bulundu ve $E_{g=}$ 3,30 eV olarak hesaplandı. PANAPSA için ise λ_{onset} =389 nm bulundu ve $E_{g=}$ 3,19 eV olarak hesaplandı.



Şekil 33. ANAPSA ve PANAPSA bileşiklerinin UV-Vis spektrumları

ANAPSASB Schiff bazı ve polimerinin UV-Vis spektrumları Şekil 34'de gösterildi. UV-Vis spektrum ölçümleri alınırken ANAPSASB Schiff bazı ve PANAPSASB'nin DMSO'da ki çözeltileri kullanıldı. ANAPSASB için λ_{onset} =420 nm bulundu ve $E_{g=}$ 2,95 eV olarak hesaplandı. PANAPSASB için iseλ_{onset} =455 nm bulundu ve $E_{g=}$ 2,73 eV olarak hesaplandı.



Şekil 34. ANAPSASB ve PANAPSASB bileşiklerinin UV-Vis spektrumları

UV-Vis spektrumları incelendiğinde, polimerlerdeki absorpsiyon bantlarınının Schiff bazlarına göre daha geniş olduğu ve dalga boylarının daha büyük olduğu görülmektedir. Absorpsiyon bantlarının geniş olması polimerleşmenin olduğunu doğrulamaktadır.

$E_g \leq 3$ eV olan polimerlerin elektriği ilettiği görülmüştür. Literatürde E_g değeri 3 eV' den küçük olan polimerler yarı iletken, E_g değeri 3 eV' den büyük olan polimerler ise yalıtkan olarak bilinir. (Turton, 2005). Buna göre PANAP, ANAPSB, PANAPSB,

ANAPDSASB, PANAPDSASB, ANAPSASB, ve PANAPSASB yarı iletken, ANAP, ANAPDSA, PANAPDSA, PANAPSA ve ANAPSA ise yalıtkan özelliktedir.

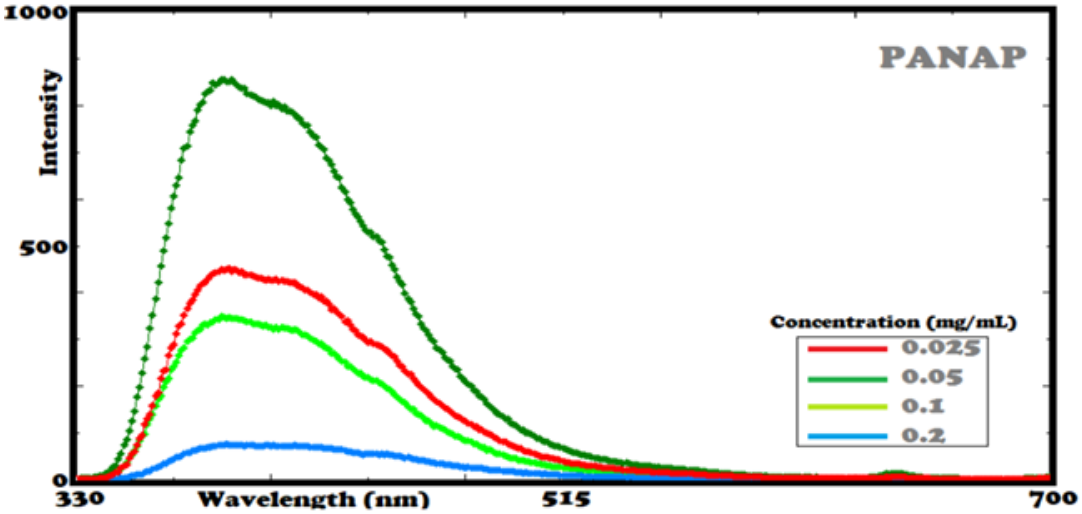
$E_g \leq 2,5$ eV olan polimerler güneş pili olarak kullanılabilir. Buna göre PANAP ve PANAPSB maddeleri güneş pili uygulamalarında kullanılabilirler.

Tablo 3.
Sentezlenen bileşiklerin UV-Vis Spektrumlarına ait değerler

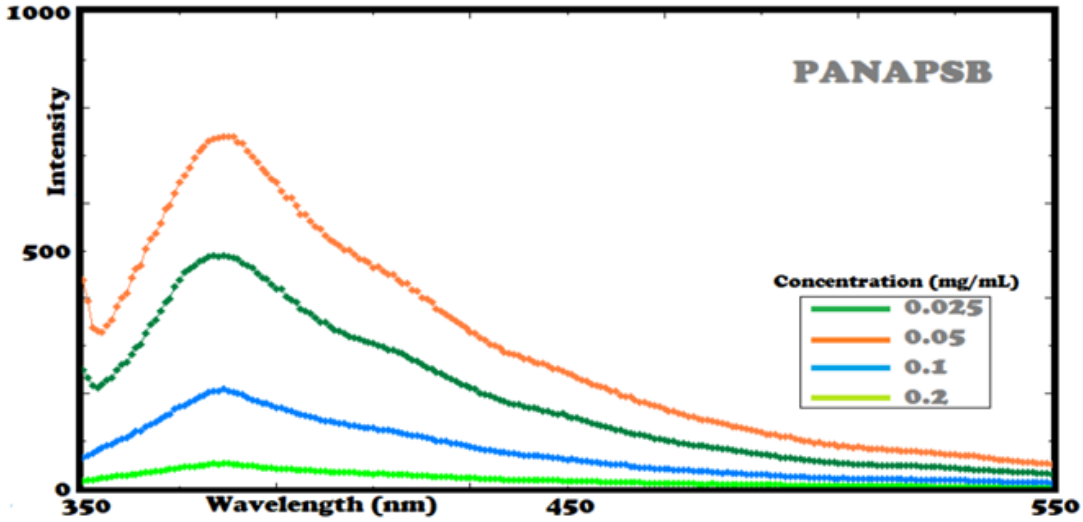
Maddeler	λ_{max}(nm)	λ_{onset}(nm)	E_g(eV)
ANAP	315,347	382	3,25
PANAP	329,440,612	645	1,92
ANAPSB	298,356	444	2,79
PANAPSB	315,438,712	755	1,65
ANAPDSA	337,360	340	3,65
PANAPDSA	333,363,489	380	3,27
ANAPDSASB	282,322,488	430	2,89
PANAPDSASB	345,491	450	2,76
ANAPSA	294,332,359	376	3,30
PANAPSA	302,528	389	3,19
ANAPSASB	294,336	420	2,95
PANAPSASB	283,363,528	455	2,73

4.3.2 Sentezlenen Bileşiklerin Floresans (PL) Spektrumları

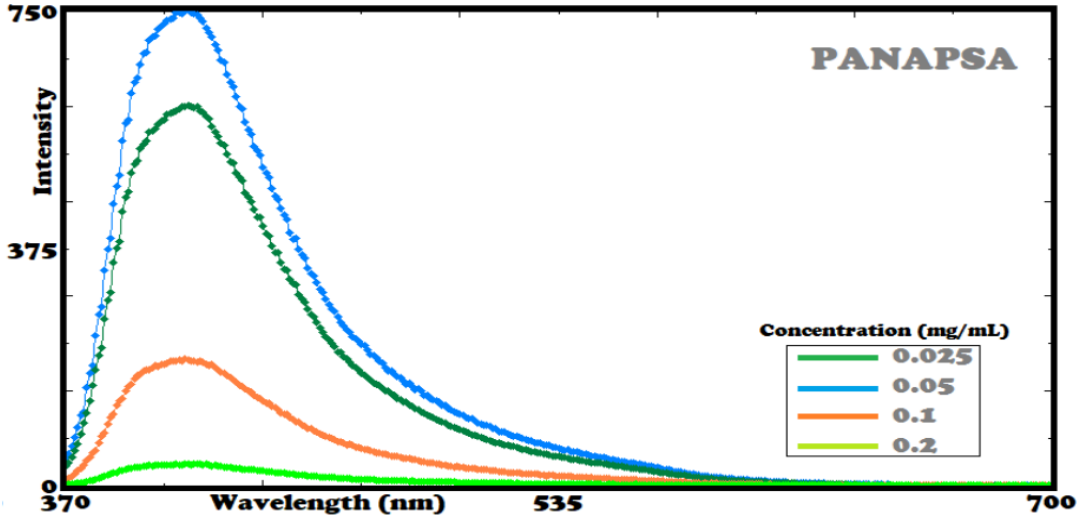
Sentezlenen bileşiklerin Floresans spektrumları Şekil 35, 36, 37, 38, 39 ve 40'da gösterildi. Polimerlerin Floresans ölçümleri DMF çözücüsünde farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanarak yapıldı. Gerçekleştirilen analizlerde silit aralığı 5 nm olarak belirlendi. Sentezlenen bileşiklerin floresans verileri Tablo 4'de verildi.



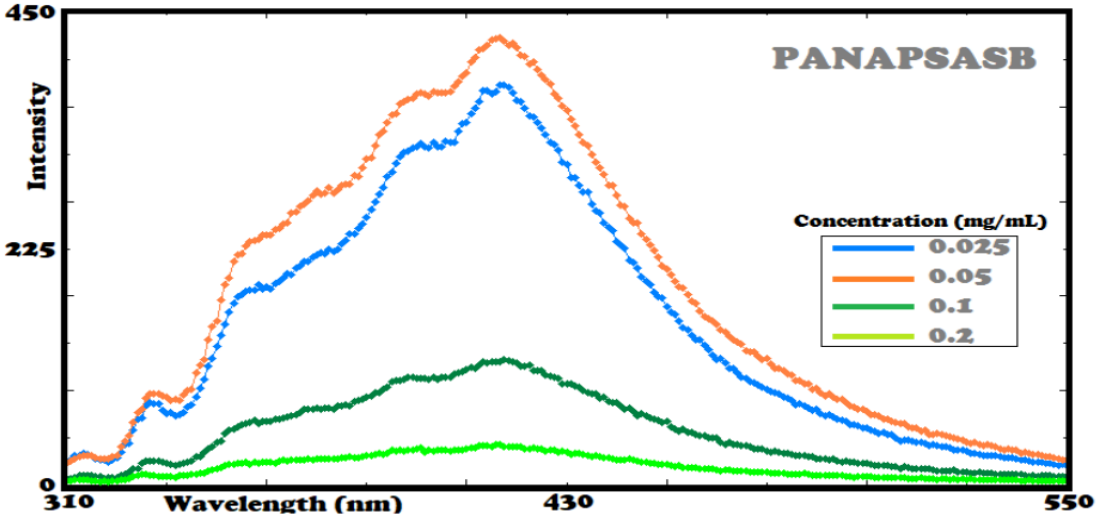
Şekil 35. PANAP çözeltilerinin Floresans spektrumları



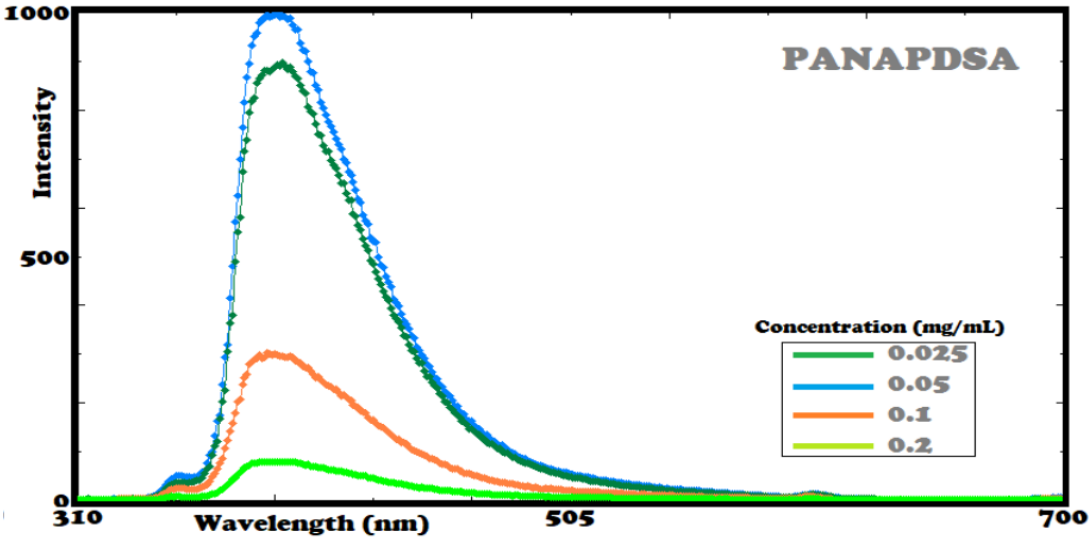
Şekil 36. PANAPSB çözeltilerinin Floresans spektrumları



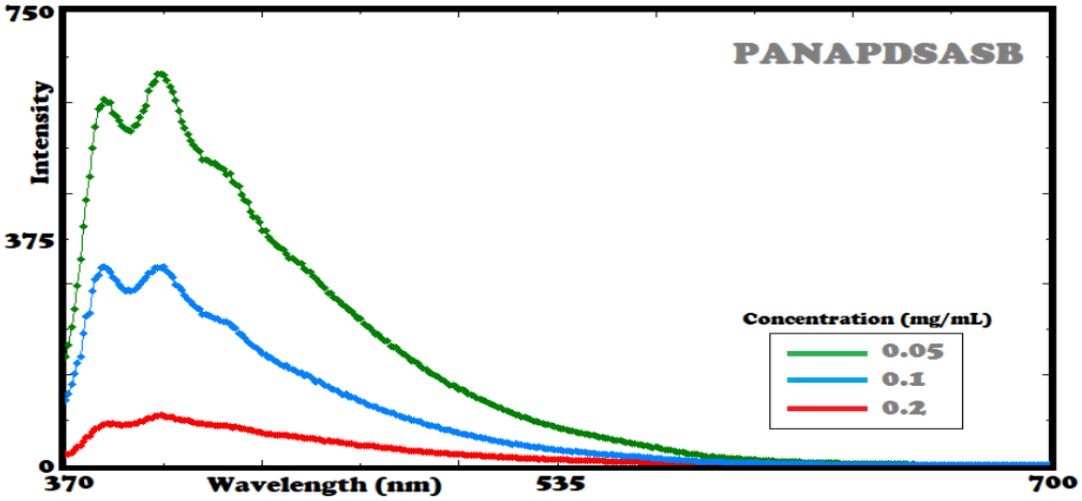
Şekil 37. PANAPSA çözeltilerinin Floresans Spektrumları



Şekil 38. PANAPSASB çözeltilerinin Floresans spektrumları



Şekil 39. PANAPDSA çözeltilerinin Floresans spektrumları



Şekil 40. PANAPDSASB çözeltilerinin Floresans Spektrumları

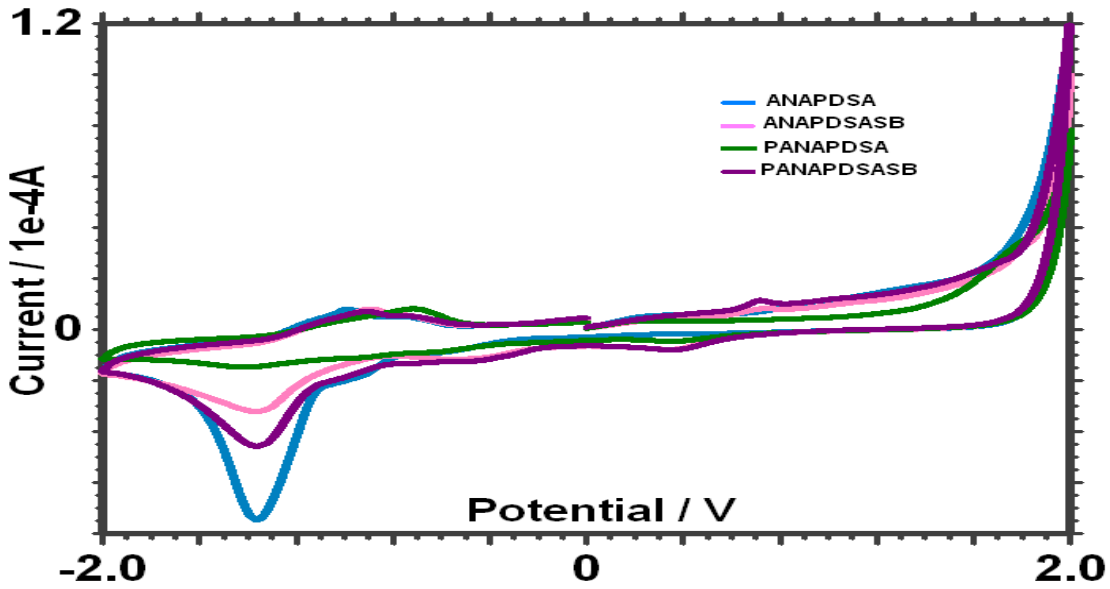
Tablo 4.
Sentezlenen polimerlere ait floresans ölçüm verileri

Maddeler	Kons	$\lambda_{max(Ex)}$	$\lambda_{max\ (Em)}$	I_{Em}
PANAPSB	0,05	340	380	739
PANAPSA	0,05	360	410	753
PANAPSASB	0,05	300	412	426
PANAPDSA	0,05	300	389	1000
PANAPDSASB	0,05	360	402	650

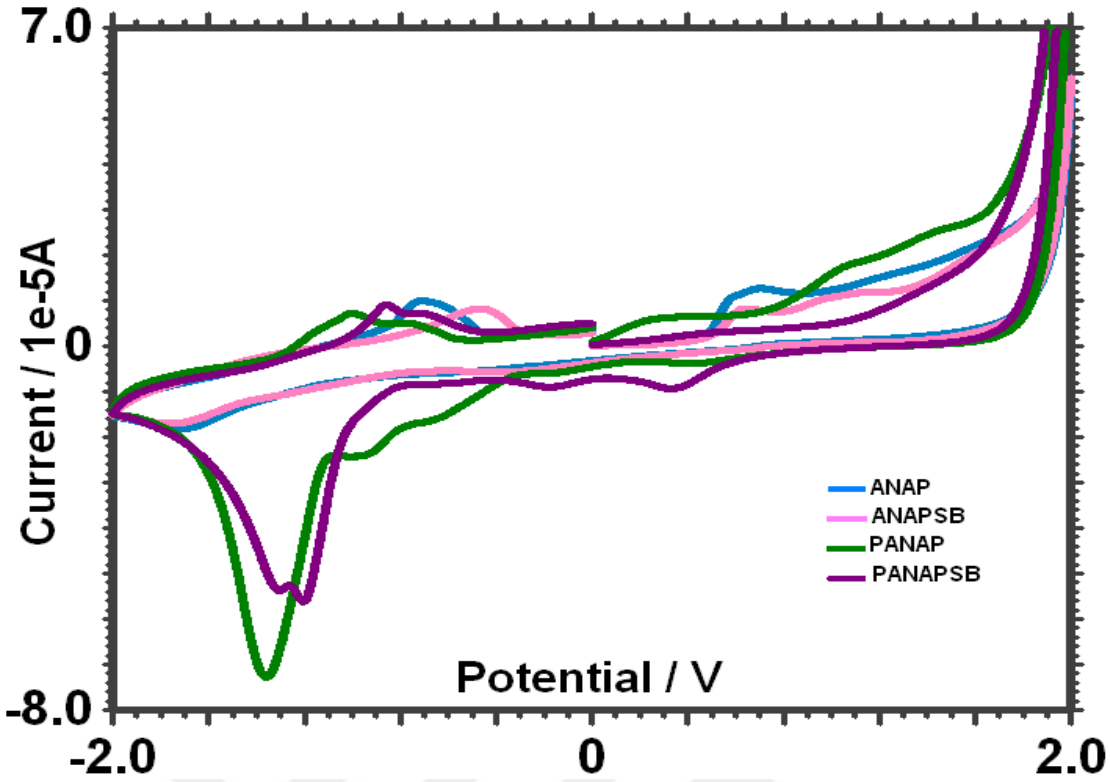
PANAPSB, PANAPSA, PANAPSASB, PANAPDSA, PANAPDSASB için derişime göre 0,05 g L^{-1} konsantrasyonunda maksimum emisyon dalga boyları sırasıyla 380, 410, 412, 389 ve 402 nm'de gözlendi ve PANAPDSA'nın floresans yoğunluğunun diğer polimerlerden daha iyi olduğu görüldü.

4.3.3. Sentezlenen Bileşiklerin Elektrokimyasal Özellikleri

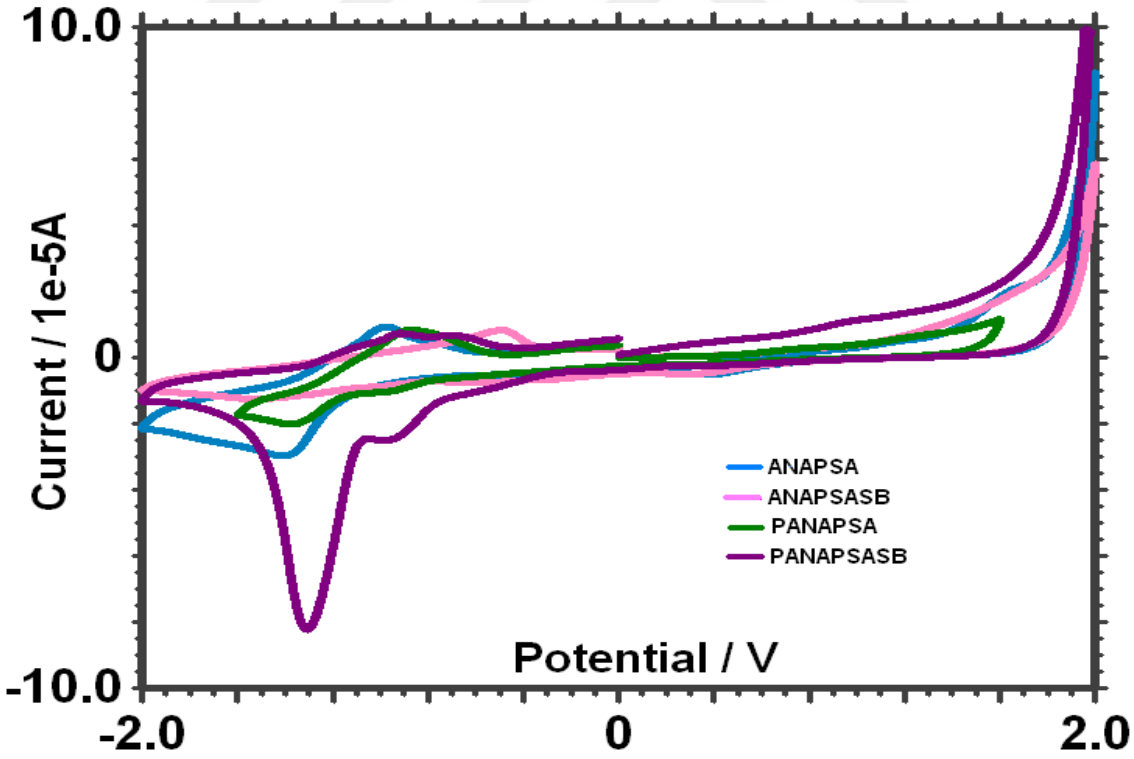
Elde edilen bileşiklerin elektrokimyasal özelliklerini incelemek için döngüsel voltamogramları alındı ve grafikler Şekil 41, Şekil 42 ve Şekil 43'de verildi. Sentezlenen maddelerin optik ve elektrokimyasal değerleri Tablo 5'de gösterilmiştir. $E_{HOMO} = - (4.39 + E_{ox})$ ve $E_{LUMO} = - (4.39 + E_{red})$ eşitlikleri Tablo 5'deki hesaplamalar için kullanıldı. Ayrıca elektrokimyasal bant boşluğu $E'_g = E_{LUMO} - E_{HOMO}$ formülünden bulundu.



Şekil 41. ANAPDSA, ANAPDSASB, PANAPDSA, PANAPDSASB bileşiklerinin CV grafikleri



Şekil 42. ANAP , ANAPSB, PANAP , PANAPSB bileşiklerinin CV grafikleri



Şekil 43. ANAPSA ,ANAPSASB ,PANAPSA ,PANAPSASB bileşiklerinin CV grafikleri

Tablo 5.
Sentezlenen bileşiklerin optik ve elektrokimyasal değerleri

Bileşikler	$E_{ox.}$ (V)	[a]HOMO (eV)	E_{red} (V)	[b]LUMO(eV)	[c]E'_g(eV)
ANAPDSA	1,3845	-5,7745	-0,9442	-3,4458	2,33
	0,9157	-5,3057	-1,3643	-3,0257	2,28
PANAPDSA	0,6112	-5,0012	-0,6224	-3,7676	1,23
			-0,9659	-3,4241	1,58
			-1,4032	-2,9868	2,01
ANAPDSASB	0,7285	-5,1185	-0,4896	-3,9004	1,22
	1,1079	-5,4979	-1,3568	-3,0332	2,46
	1,7826	-6,1726			
PANAPDSASB	1,6608	-6,0508	-0,9893	-3,0407	2,65
	0,7083	-5,0983	-1,3568	-3,0332	2,06
ANAP	1,5630	-5,953	-1,7157	-2,6743	3,28
	1,2535	-5,6435			2,97
	0,6823	-5,0723			2,40
PANAP	1,4560	-5,846	-0,6747	-3,7153	2,13
	1,0512	-5,4412	-0,9424	-3,4476	2,42
			-1,3675	-3,0225	
ANAPSB	1,5952	-5,9852	-1,2939	-3,0961	2,89
		-5,4775	-1,7472	-2,6428	2,83
		-5,0247			
PANAPSB	1,3776	-5,7676	-1,2160	-3,174	2,59
			-1,3019	-3,0881	2,68

Tablo 5'in devamı

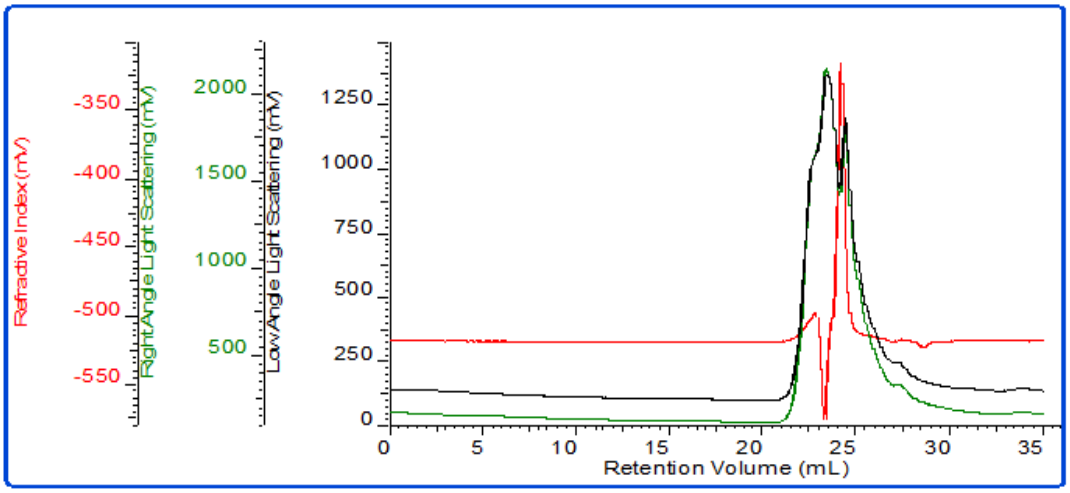
ANAPSA	1,6341	-6,0241	-1,4112	-2,9788	3,04
	1,1893	-5,5793		-2,6428	2,94
PANAPSA	1,2698	-5,6598	-0,9728	-3,4172	2,24
	0,7825	-5,1725	-1,3790	-3,011	2,16
ANAPSASB	1,5797	-5,9697	-1,0443	-3,3457	2,62
		-5,4779	-1,5285	-2,8615	2,62
PANAPSASB	0,9791	-5,3691	-0,9584	-3,4316	1,94
			-1,3173	-3,0727	2,30

Voltametrik ölçümden bulunan bant boşluğu (E'_g) değeri ile UV-Vis analizinden hesaplanan optik bant boşluğu (E_g) değerleri kıyaslandığında birbirleriyle uyumlu olduğu tespit edildi.

4.5.Sentezlenen Bileşiklerin GPC Analizleri

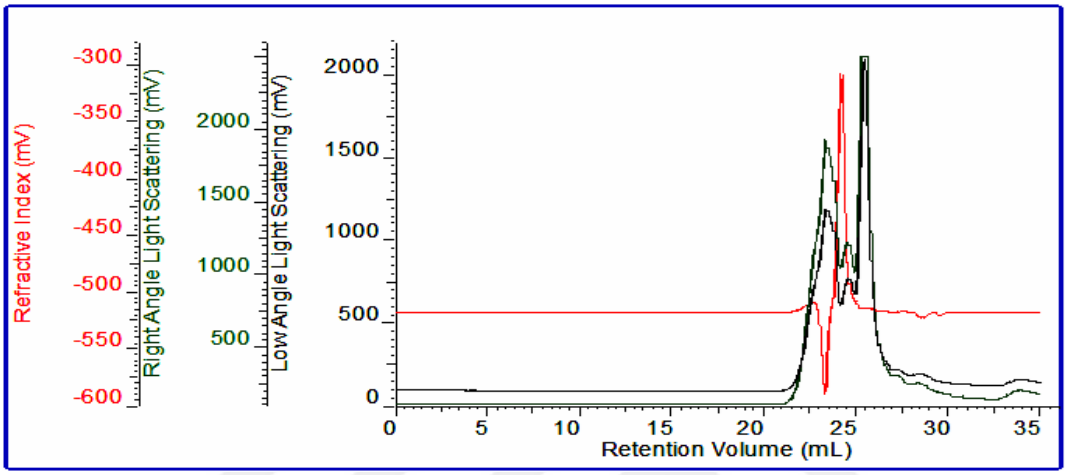
Oksidatif polikondenzasyon ile elde edilen PANAP polimerinin jel geçirgenlik kromatografisi Şekil 44'de verilmiştir. Tüm bileşiklerin analiz sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

PANAP'ın belirlenen ağırlıkça ortalama mol kütlesi değeri (Mw):9800 ve sayıca ortalama mol kütle değeri (Mn): 9250'dir. Polidispersite indeksini (PDI) belirleyen molekül ağırlığı dağılımları ise (Mw/Mn): 1,06 olarak bulunmuştur.



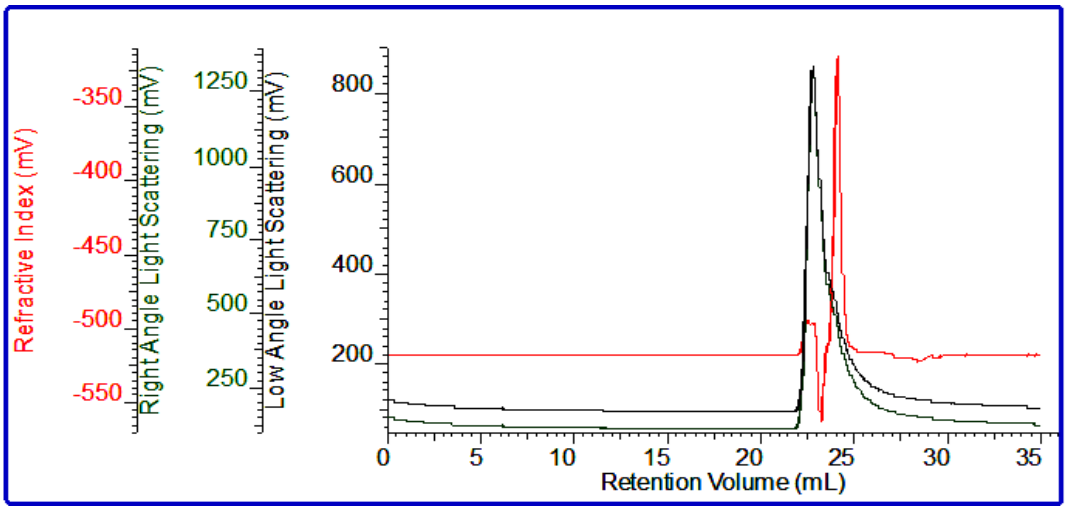
Şekil 44. PANAP polimerinin GPC kromatogramı

Oksidatif polikondenzasyon ile elde edilen PANAPSB polimerinin jel geçirgenlik kromatografisi Şekil 45'de verilmiştir. PANAPSB'nin belirlenen ağırlıkça ortalama mol kütlesi değeri (Mw):10350 ve sayıca ortalama mol kütle değeri (Mn): 9900'dir. Polidispersite indeksini (PDI) belirleyen molekül ağırlığı dağılımları ise (Mw/Mn): 1,05 olarak bulunmuştur.



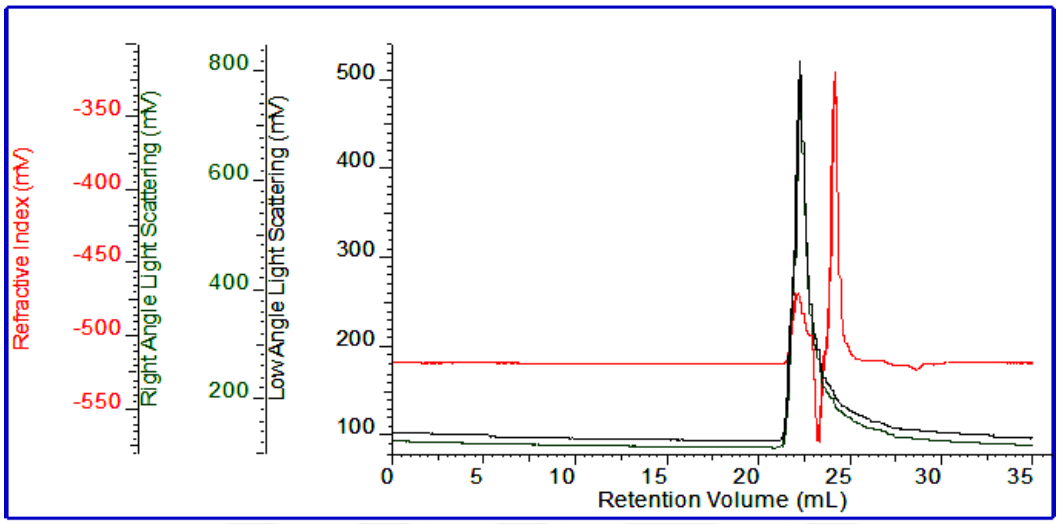
Şekil 45. PANAPSB polimerinin GPC kromatogramı

Oksidatif polikondenzasyon ile elde edilen PANAPDSA polimerinin jel geçirgenlik kromatografisi Şekil 46' da verilmiştir. PANAPDSA'nın belirlenen ağırlıkça ortalama mol kütlesi değeri (Mw):9000 ve sayıca ortalama mol kütle değeri (Mn): 8800'dir. Polidispersite indeksini (PDI) belirleyen molekül ağırlığı dağılımları ise (Mw/Mn): 1,02 olarak bulunmuştur.



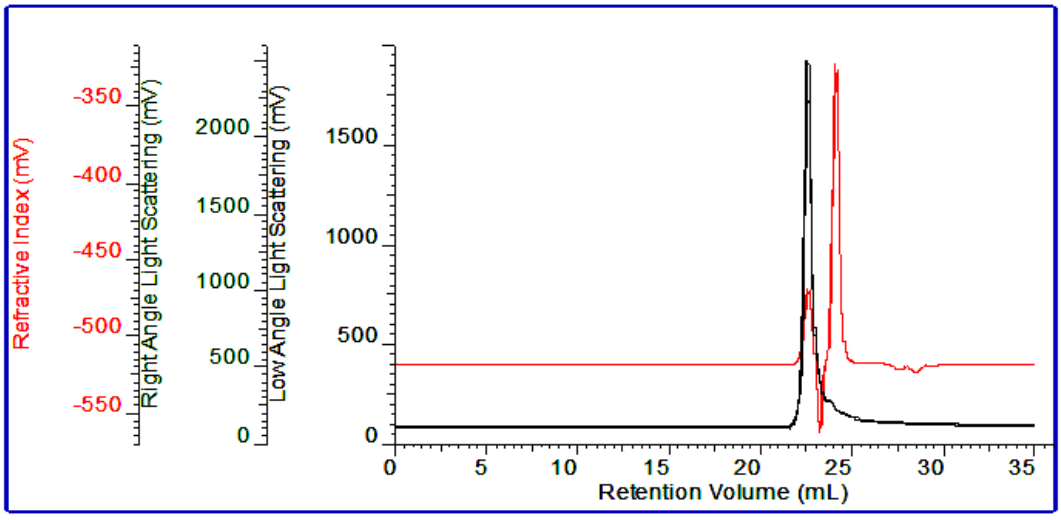
Şekil 46. PANAPDSA polimerinin GPC kromatogramı

Oksidatif polikondenzasyon ile elde edilen PANAPDSASB polimerinin jel geçirgenlik kromatografisi Şekil 47'de verilmiştir. PANAPDSASB'nın belirlenen ağırlıkça ortalama mol kütlesi değeri (Mw):11000 ve sayıca ortalama mol kütle değeri (Mn)10600'dir. Polidispersite indeksini (PDI) belirleyen molekül ağırlığı dağılımları ise (Mw/Mn): 1,04 olarak bulunmuştur.



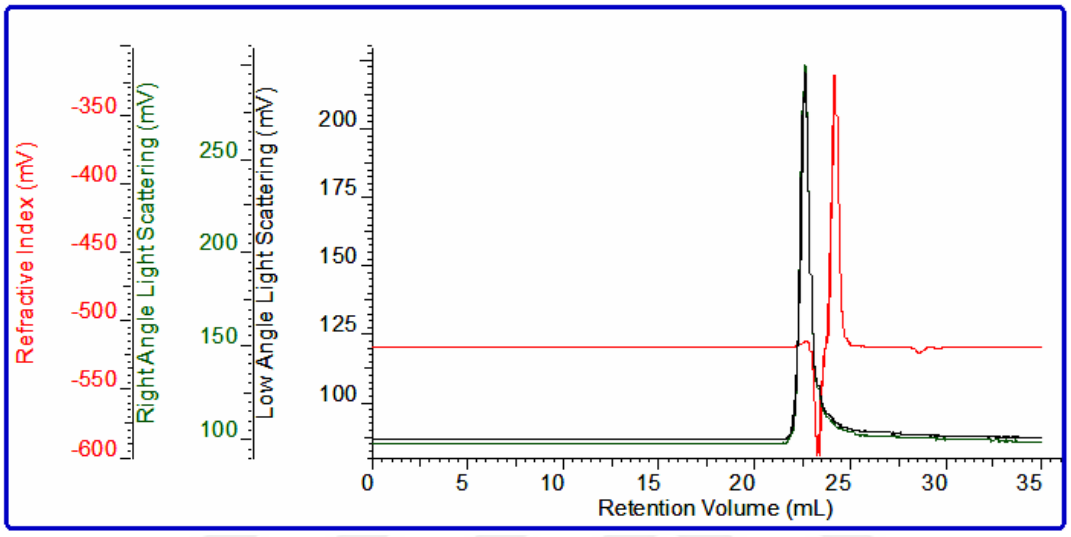
Şekil 47. PANAPDSASB polimerinin GPC kromatogramı

Oksidatif polikondenzasyon ile elde edilen PANAPSA polimerinin jel geçirgenlik kromatografisi Şekil 48' de verilmiştir. PANAPSA'nın belirlenen ağırlıkça ortalama mol kütlesi değeri (Mw):9250 ve sayıca ortalama mol kütle değeri (Mn)9000 'dir. Polidispersite indeksini (PDI) belirleyen molekül ağırlığı dağılımları ise (Mw/Mn): 1,05 olarak bulunmuştur.



Şekil 48. PANAPSA polimerinin GPC kromatogramı

Oksidatif polikondenzasyon ile elde edilen PANAPSASB polimerinin jel geçirgenlik kromatografisi Şekil 49'da verilmiştir. PANAPSASB'nin belirlenen ağırlıkça ortalama mol kütle değeri (Mw):8900 ve sayıca ortalama mol kütle değeri (Mn):8750 'dir. Polidispersite indeksini (PDI) belirleyen molekül ağırlığı dağılımları ise (Mw/Mn): 1,02 olarak bulunmuştur.



Şekil 49. PANAPSASB polimerinin GPC kromatogramı

Tablo 6.
Polimerlerin GPC analizleri

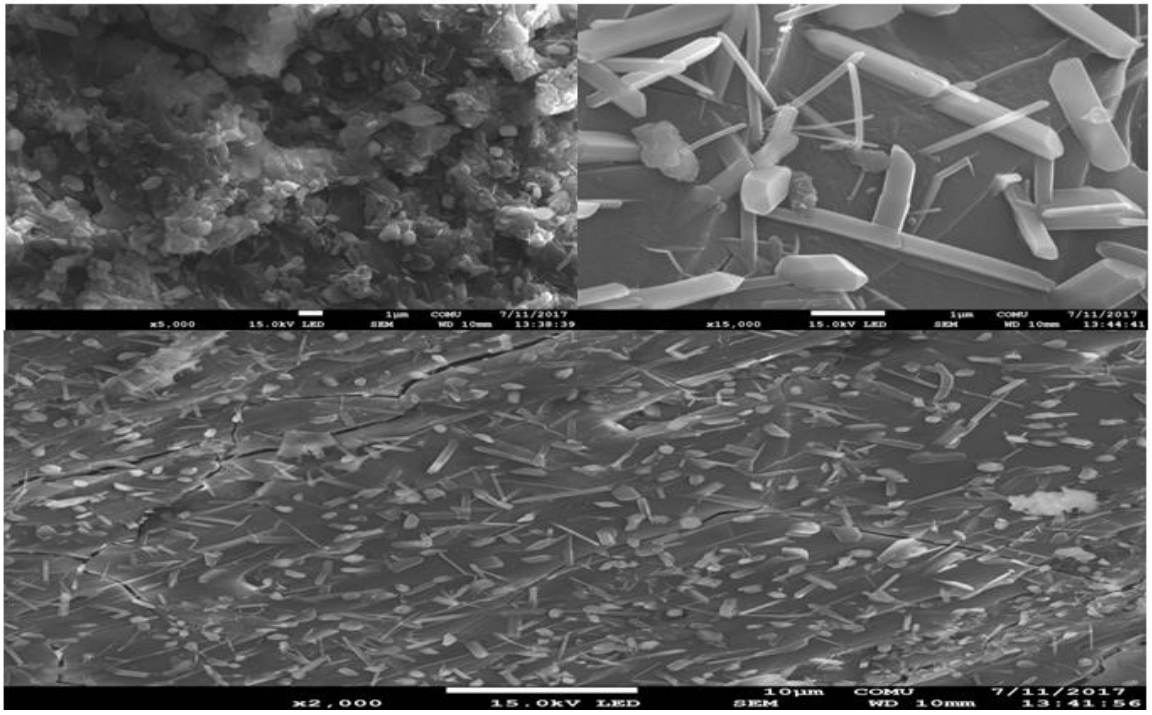
MADDELER	Mn	Mw	PDI	Mz	Mp
PANAP	9250	9800	1,06	10300	7800
PANAPSB	9900	10350	1,05	10900	8350
PANAPDSA	8800	9000	1,02	9200	9400
PANAPDSA	10600	11000	1,04	11300	11750
PANAPSA	9000	9250	1,05	9450	9000
PANAPSASB	8750	8900	1,02	9000	8400

Polimerlerin M_w değerleri 8900-11000 arasında değişti. PDI değerleri ise 1,02-1,06 arasında bulundu. PDI değerlerinin 1'e yakın olması polimerlerin zincir uzunluklarının birbirine yakın olduğunu gösterir.

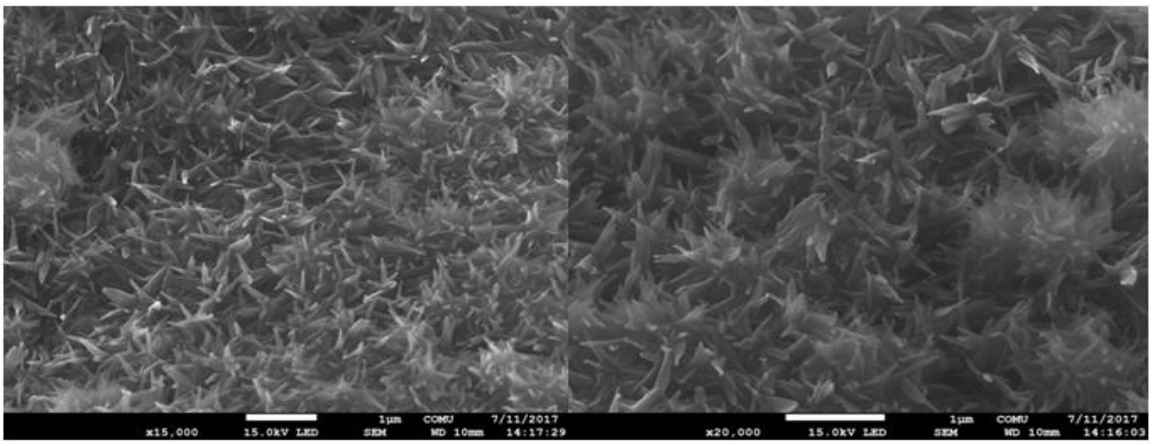
4.6 Sentezlenen Polimerlerin Yüzey Morfolojisi

PANAPDSA, PANAP, PANAPSA, PANAPDSASB, PANAPSB, PANAPSASB bileşiklerinin SEM fotoğrafları Şekil 50, Şekil 51, Şekil 52, Şekil 53, Şekil 54 ve Şekil 55'de verildi.

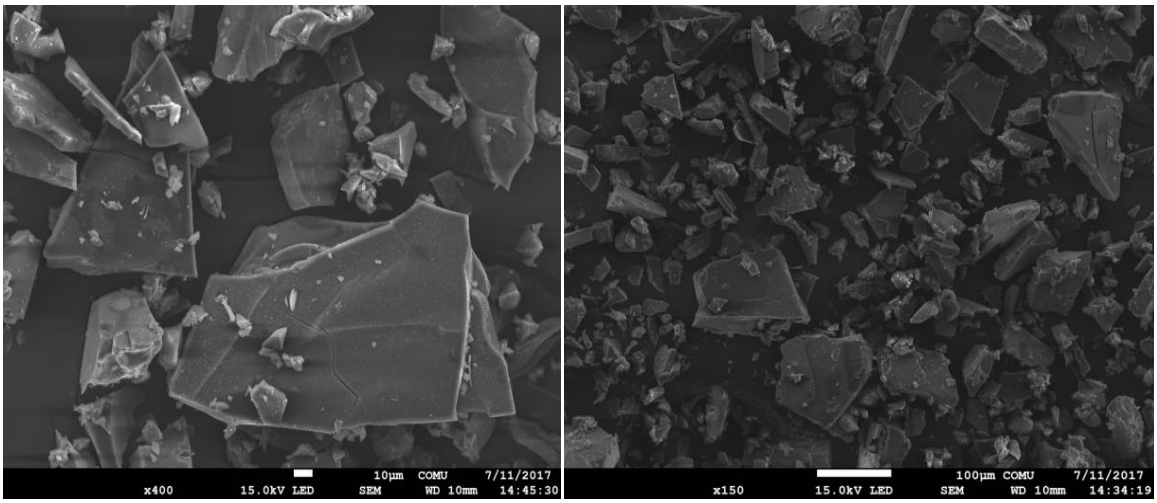
Sentezlenen PANAPDSA bileşiğinin 15000x'deki SEM görüntüsü incelendiğinde bileşiğin çubuk şeklinde morfolojiye sahip olduğu gözlendi. Sentezlenen PANAP bileşiğinin SEM görüntüsü incelendiğinde bileşiğin kristal yapıda olduğu gözlendi. Sentezlenen PANAPDSASB ve PANAPSB bileşiğinin SEM görüntüsü incelendiğinde ise bileşiğin süngerimsi yapıya sahip olduğu gözlendi.



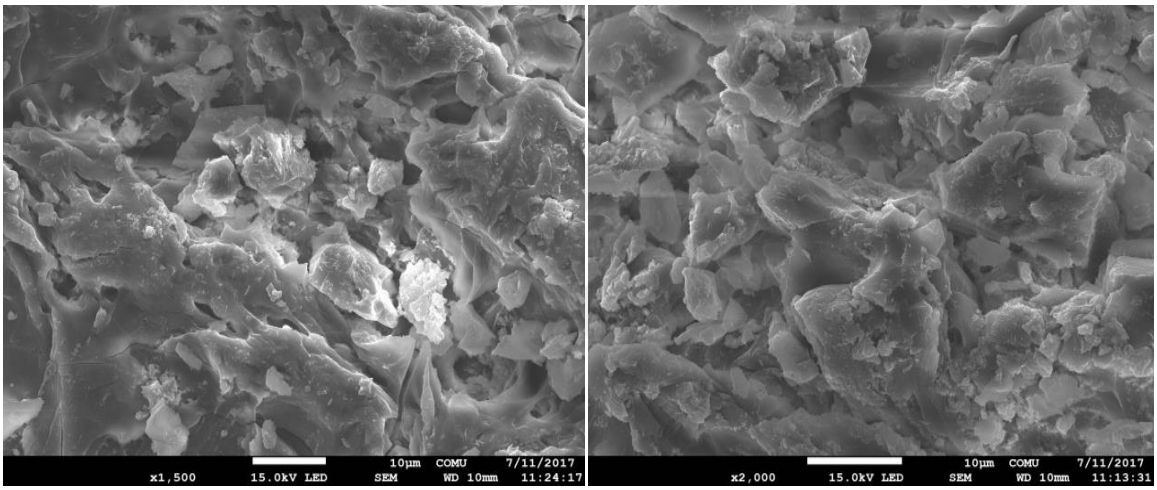
Şekil 50. PANAPDSA'nın SEM görüntüleri



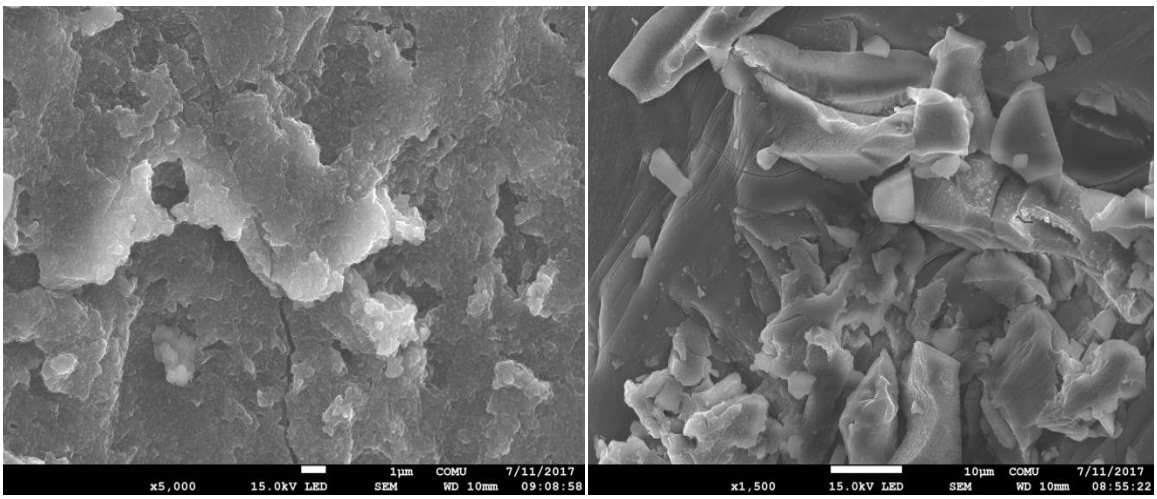
Şekil 51. PANAP'ın SEM görüntüleri



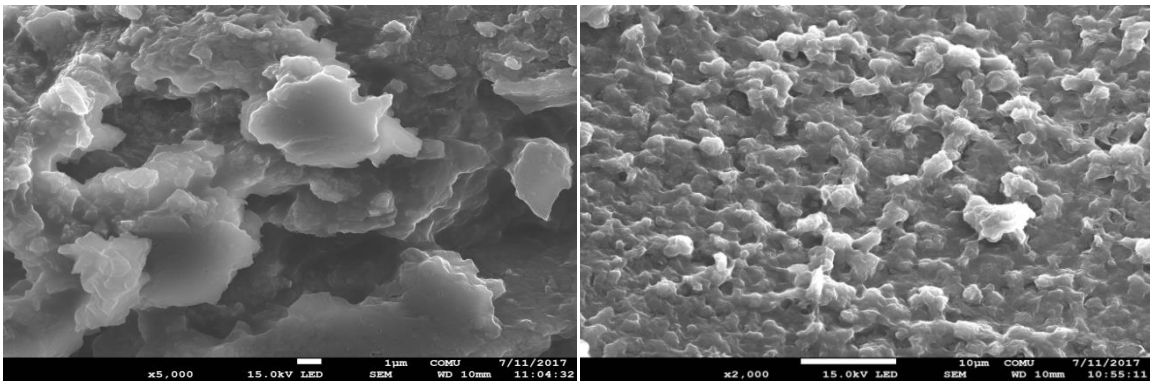
Şekil 52. PANAPSA'nın SEM görüntüleri



Şekil 53. PANAPDSASB'nin SEM görünümü



Şekil 54**.** PANAPSASB 'nin SEM görüntüleri



Şekil 55. PANAPSB'nin SEM görüntüleri

4.7. Sentezlenen Bileşiklerin Çözünürlük Tayinleri

Elde edilen bileşiklerin çözünürlük tayinleri oda sıcaklığında deney tüplerinde 1 mg/1mL olacak şekilde ölçümler gerçekleştirildi. Elde edilen maddelerin çözünürlük tayini sonuçları Tablo 7'de gösterildi. Elde edilen bileşikler methanol, DMF, DMSO ve DMAC gibi kuvvetli polar çözücülerde çözünürken, zayıf polar özellik gösteren kloroform ve dikloroetan da ise çözünmediler.

Tablo 7.
Elde edilen maddelerin çözünürlük tayini sonuçları

	ÇÖZÜCÜLER									
Bileşikler	Aseton	Etenol	Metanol	DMF	DMSO	DMAC	THF	Kloroform	Asetonitril	Dikloroetan
ANAP	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
PANAP	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
ANAPSB	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
PANAPSB	-	⊥	⊥	+	+	+	-	-	-	-
ANAPSA	⊥	-	⊥	+	+	+	-	-	-	-
PANAPSA	-	-	+	⊥	+	⊥	-	-	-	-
ANAPSASB	-	⊥	+	+	+	+	⊥	-	-	-
PANAPSASB	-	-	⊥	⊥	+	-	-	-	-	-
ANAPDSA	-	-	⊥	+	+	+	-	-	-	-
PANAPDSA	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
ANAPDSASB	-	⊥	⊥	+	+	+	-	-	-	-
PANAPDSASB	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-

+: Çözünür, -: Çözünmez, ⊥: Kısmen çözünür

BÖLÜM 5
SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen bu çalışmada, aldehit ve amin grupları içeren farklı sübstitüe yapıdaki aromatik bileşiklerin Schiff bazları ve polimerleri elde edildi. Yapısında İmin bağı içeren bileşikler Schiff bazları aynı zamanda hidroksi veya sülfonik grupları da içermektedir. Oksidatif polikondenzasyon yöntemiyle, Schiff bazlarının sulu bazik ortamda polimerleri elde edildi. Aynı zamanda amin bileşiklerinin de polimerleri elde edildi.

Sentezlenen Schiff bazı ve polimer bileşiklerinin yapıları FT-IR, UV-Vis, H-NMR ve C-NMR teknikleriyle aydınlatıldı. Polimerlerin molekül kütlesi tayini için jel geçirgenlik kromatografisi (GPC), termal analiz için DTA-TG ve DSC teknikleri kullanıldı. Elektrokimyasal HUMO-LUMO seviyeleri ve bant boşlukları döngüsel voltametri (CV) metoduyla, optik bant boşlukları ise UV-Vis spektrumlarından hesaplandı. Hesaplanan optik ve elektrokimyasal bant boşluğu değerlerine göre PANAP ve PANAPSB bileşikleri güneş pili uygulamalarında kullanılabilirler.

Yine sentezlenen tüm maddelerin floresans ölçümleri DMF çözücüsü kullanılarak farklı derişimler de gerçekleştirildi. Floresans analizinin sonucuna göre, PANAPDSA'nın floresans yoğunluğunun diğer polimerlerden daha iyi olduğu görüldü.

Bulunan termal değerlere göre; polimerler ısıya karşı hem dayanıklı hem de 1000 ^{o}C de yeteri kadar kalıntı bırakmaktadırlar. Bu özelliklerinden PP ve PE mühendislik polimerlerinin mukavemetini arttırmak için katkı maddesi olarak kullanılabilirler.

Polimerlerin M_w değerleri 8900-11000 arasında değişti. PDI değerleri ise 1,02-1,06 arasında bulundu. Bu sonuçlara göre zincir uzunlukları birbirine yakın ve dar molekül dağılımlı polimerler elde edildi. PDI değerlerinin 1'e yakın olması endüstriyel polimer olduğunu gösterir ve endüstri alanında kullanılabilirler.

KAYNAKLAR

Adams, R., Bullock, J.E. ve Wilson, W.C. (1923). Contribution to the Structure of Benzidine. Journal of American Chemical Society. 45(2), 521-527.

Atahan, A. ve Durmuş, S.(2015).1-Amino-2-hydroxy-4-naphthalenesulfonic acid based Schiff bases or naphtho[1,2-d]oxazoles:Selective synthesis and photophysical properties, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 144, 61–67. Erişim adresi: http://dx.doi.org/10.1016/j.saa.2015.01.085

Bailar, J. C., Zin, W. C. (1998). "Solubilization of n-alkanes into polyazomethines having flexible (n-alkyloxy)methyl side chains: 2. Theoretical model for the estimation of solubility limit", Polym. J., 39, 2977.

D"Alelio G.F., Crivello J.V., Schoeing R.K., Huemmer T.F., (1967). Polymeric Schiff Bases. I. The Synthesis and Evaluation of Polymeric Schiff Bases Prepared by Schiff Base Exchange Reactions. J. Macromol. Sci. Chem., A1: 1161-1249. Erişim adresi: https://doi.org/10.1080/10601326708053766

Doğan, F., Kaya, İ., Bilici, A., Yıldırım, M. (2015). Chemical oxidative polymerization, optical, electro chemical and kinetic studies of 8-amino-2-naphthol, J Polym Res 22, 104.

Doğan, F., Kaya, İ., Temizkan, K.(2016). Regioselectively functionalized synthesis of poly(amino naphthalene disulfonic acid), Synthetic Metals 215, 77–85. Erişim adresi: http://dx.doi.org/10.1016/j.synthmet.2016.02.010

Güngör, Ö.Ö., (2017). Intramolecular Proton Transfer Equilibrium in Salicylidene- and Naphthalene-based Tetraimine Schiff Bases, GU J Sci 30(1), 191-214. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/290228

Grigoras, M., Catanescu, C.O. (2004). Imine Oligomers and Polymers. Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews, 44(2), 131-173

Kaya, İ., Kartal, E., Bahçeci, D., (2015). Synthesis and characterization of polyphenol derived from Schiff bases containing methyl and carboxyl groups in thestructure,Designed Monomers and Polymers, 18(6), 524-535. Erişim adresi: http://dx.doi.org/10.1080/15685551.2015.1041084

Kaya, İ., Kolcu F., Demiral, G., Ergül, H., Kiliç, E. (2015a). Synthesis and characterization of imine polymers of aromatic aldehydes with 4-amino-2-methylquinoline via oxidative polycondensation. Designed Monomers and Polymers, 18(1), 89-104. Erişim adresi: http://dx.doi.org/10.1080/15685551.2014.971395

Kaya, İ., Yıldırım, M., Aydın, A. 2011. A new Approach to the Schiff base-substituted Oligophenols: The Electrochromic Application of 2-[3-thienylmethylene] aminophenol Based co-polythiophenes.Organic Electronics, 12(1), 210–218. Erişim adresi: https://doi.org/10.1016/j.orgel.2010.10.020

Kaya, İ., Kolcu, F., Arıcı, G.T., Çölekoğlu, E. (2018). Poly(azomethine)s Anchored by Cresol and Pyrrole Units: Synthesis, Characterization and Spectroscopy Studies. Macromol. Res., 27(2), 164-174.

Kaya, İ., Yetgin, Z.F. (2019). Synthesis, Characterization, and Optical, Electrical and Thermal Stabilities of Poly(phenoxy-imine)s Containing Methyl and Hydroxyl Groups. Journal of Elektronıc Materıals, Vol. 48(1), 425-437. Erişim adresi: https://doi.org/10.1007/s11664-018-6719-2

Kaya, İ., Yener, Z.F. (2019a). Synthesis, Electrochemical and Fluorescence Properties of Poly(azomethine-naphthalene)s. Arabian Journal for Science and Engineering 44, 6339–6349. Erişim adresi: https://doi.org/10.1007/s13369-019-03777-y

Kesim, H. (2002). Poli(N-İzopropilakrilamid/Maleik Anhidrit) / polietilen glikol /polietilenimin esaslı suda çözünür polimerik taşıyıcıların sentezi ve karakterizasyonu (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Özöğüt, D., Bilgiç, S., Açıkkalp, E. (2010). 1-{[(2-İyodo-4-Nitrofenil) İmino] Metil}2-Naftol'ün Sentezi ve Yapısının Tanımlanması, Özöğüt, Bilgiç ve Açıkkalp AKÜ Fen Bilimleri Dergisi 02, 99-104. Erişim adresi: https://fenbildergi.aku.edu.tr/1002/1002(99-104).pdf

Park, S., Mathur, V.K., Planalp, R.P. (1998). Synthesis, Solubilities and Oxygen Absorption Properties of New Cobalt (II) Schiff Base Complexes, Polyhedron, 17(2-3), 325-330 Synthetic Metals 159, 1572–1582.

Pişkin, E. (1987). "Polimer Teknolojisine Giriş, 2nd ed", İnkılap Kitapevi, s. 1-199, Ankara.

Saçak M. (2012). "Polimer kimyası" Gazi Kitabevi, s.2-3, Ankara.

Sığa, F.(2011). Yeni polimerik ligandlı metal komplekslerinin sentezi, karakterizasyonu, katalitik etkisi ve elektriksel özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). Erişim adresi: https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp

Turton, R. 2005. Katıların Fiziği (Çeviri). Aktif Yayınevi, 98-154, İstanbul.

Tüzün, C., (1996). Organik Kimya (9. baskı). Palme Yayınevi, Ankara, 545-547

EKLERİ

EK 1. Tezden Yayınlanan Uluslararası Bildiri

3rd International Conference on Organic Electronic Material Technologies (OEMT2018)
Sep 20-22, 2018, Kırklareli / TURKEY

BOOK OF ABSTRACT PROCEEDINGS

3rd International Conference on Organic Electronic Material Technologies
(OEMT2018)

EK 2. Poster

3rd International Conference on Organic Electronic Material Technologies (OEMT2018)
Sep 20-22, 2018, Kirklareli / TURKEY

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF POLY (PHENOXY-IMINE)S CONTAINING NAPHTHALENE UNIT

B. Akyüz[1], İ. Kaya[1]

[1]*Department of Chemistry, Faculty of Art and Science, Çanakkale Onsekiz Mart University, TR-17020,* Çanakkale, Turkey,

E-mail: kayaismet@hotmail.com

The oxidative polymerization of phenoxy naphthalene derivatives constitutes a class of interesting research topic [1]. Polyphenols or phenoxy naphthalene have been received much more attention because of their thermal and mechanical properties [2]. Polyphenols or poly (phenoxy naphthalene) are used to prepare composites, graphite materials, epoxy polymers and materials resistable to high temperature. Thermogravimetric analysis (TGA) has been widely used to investigate the thermal stability characteristic of various substances, including polymer pyrolysis [3].

Schiff base of phenoxy naphthalene were synthesized by condensation reaction of 8-amino-2-naphthol with 4-hydrxybenzaldehyde. Then, the polymers of phenoxy naphthalene containing imine bonding and 8-amino-2-naphthol were synthesized via oxidative polycondensation by sodium hypochlorite and H_2O_2 as oxidant [1]. The solubility tests of Schiff bases polymer and poly (8-amino-2-naphthol) were performed in acetone, THF, chloroform, acetonitrile, methanol, ethyl acetate, n-hexane and DMSO.

The structures of synthesized compounds were confirmed by FT-IR, UV-vis, ^{1}H-NMR, ^{13}C-NMR measurements. In addition, thermal properties of Schiff bases and poly (phenoxy naphthalene)s were determined by TGA-DTG, DTA and DSC techniques. Photoluminescence properties of the synthesized compounds were determined in solution forms in DMF. The number-average molecular weight (Mn), weight average molecular weight (Mw) and polydispersity index (PDI) values of the synthesized compounds were determined by the gel permeation chromatography.

[1] İ. Kaya and T. Yılmaz, Preparation and characterization of poly (azomethines) containing ether and methylene bridges: Photophysical, electrochemical, conductivity and thermal properties, Journal of Fluorescence. 27, 379 (2017).

[2] F. Doğan, İ. Kaya and K. Temizkan, Multi-response behavior of aminosulfonaphthole system, Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic. 133, 234 (2016).

[3] F. Doğan, İ. Kaya and K. Temizkan, Synthesis route to regioselectively functionalized bifunctional polyarene, Polymer International. 64, 1639 (2015).

POSTER PRESENTATION
159

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Burçin AKYÜZ

Doğum Yeri: Zonguldak

Doğum Tarihi: 14.04.1992

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı 2020

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLER

1-B. AKYÜZ, İ. KAYA, 2018. Synthesis, Characterization and Electrochemical Properties of Poly (phenoxy-imine)s Containing Naphthalene Unit, p.p.159. 3rdInternational Conference on Organic Electronic Material Technologies (OEMT 2018), Sep 20-22, 2018, Kırklareli/TURKEY

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Işıkveren Ortaokulu Fen Bilimleri Öğretmeni, Eylül 2017-2018
Işıkveren Ortaokulu Fen Bilimleri Öğretmeni, Eylül 2018-2019
Işıkveren Ortaokulu Fen Bilimleri Öğretmeni, Eylül 2019-2020

İLETİŞİM

E-posta Adresi: burcin.akyuz13@hotmail.com