

**İletken Polimer/Kırmızı Çamur Nanokompozitlerinin
Kimyasal Yöntemle Hazırlanması
Ve
Özelliklerinin İncelenmesi
İSA OĞUZ
Yüksek Lisans Tezi
KİMYA ANABİLİM DALI
İSPARTA, 2005**

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İLETKEN POLİMER/KIRMIZI ÇAMUR NANOKOMPOZİTLERİNİN
KİMYASAL YÖNTEMLE HAZIRLANMASI
VE
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

İSA OĞUZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
İSPARTA, 2005**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafından KİMYA ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....

Üye :.....

Üye :.....

ONAY

Bu tez/...../2005 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../2005

Prof. Dr. Çiğdem SAVAŞKAN
ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLGİSİ	3
2.1. Tarihçe	3
2.2. İletkenlik Teorisi	4
2.3. Polimerleşme Yöntemleri	9
2.4. Kompozitler	10
2.5. Uygulama Alanları	13
3. MATERYAL VE METOD	17
3.1. Deneylerde Kullanılan Kimyasal Maddeler, Aletler ve Cihazlar	17
3.1.1. Kimyasal Maddeler	17
3.1.2. Aletler ve Cihazlar	18
3.1.2.1. Binoküler Mikroskop	18
3.1.2.2. Gouy Terazisi	18
3.1.2.3. Fourier Transform İnfrared Spektrometresi (FTIR)	18
3.1.2.4. Ultraviyole-Görünür Bölge Spektrofotometresi (UV-Vis)	18
3.1.2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	18
3.1.2.6. Termogravimetrik Analiz Cihazı (TGA)	19
3.1.2.7. X-ışını Kırınımı Cihazı	19
3.1.2.8. İletkenlik Ölçümleri	19
3.2. Homopolimerlerin Sentezleri	20
3.2.1. Polianilin Sentezi	20
3.2.2. Poli (o-toluidin) Sentezi	20
3.2.3. Poli (2-kloranilin) Sentezi	20
3.2.4. Politiyofen Sentezi	21

3.3. Kompozitlerin Sentezi.....	21
3.3.1. Polianilin/Kırmızı Çamur Nanokompozitinin Sentezi.....	21
3.3.2. Poli (o-toluidin)/Kırmızı Çamur Nanokompozitinin Sentezi.....	22
3.3.3. Poli (2-kloranilin)/Kırmızı Çamur Nanokompozitinin Sentezi.....	24
3.3.4. Politiyofen/Kırmızı Çamur Nanokompozitinin Sentezi.....	25
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	27
4.1. Homopolimer ve Nanokompozitlerin % Bileşim, İletkenlik ve Magnetik Suseptibilite Sonuçları.....	27
4.2. Fourier Transform İnfrared Spektrometresi (FTIR) Sonuçları.....	32
4.3. Ultraviyole-Görünür Bölge Spektrofotometresi (Uv-Vis) Sonuçları.....	39
4.4. Termogravimetrik Analiz (TGA) Sonuçları.....	42
4.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	49
4.6. X-ışını Kırınımı Sonuçları.....	55
5. SONUÇ.....	60
6. KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ÖZET**İletken Polimer/Kırmızı Çamur Nanokompozitlerinin Kimyasal Yöntemle Hazırlanması Ve Özelliklerinin İncelenmesi**

Polianilin/kırmızı çamur (PAn/KÇ), poli(o-toluidin)/kırmızı çamur (POT/KÇ), poli(2-kloranilin)/kırmızı çamur (P2ClAn/KÇ) ve politiyofen/kırmızı çamur (PT/KÇ) nanokompozitleri kimyasal polimerleşme ile sentezlendi. PAn, POT, P2ClAn homopolimerleri ve bu homopolimerlerin kırmızı çamur ile nanokompozitleri, HCl ortamında $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ tuzu ile elde edildi. PT ve nanokompozitlerinin sentezinde ise çözücü olarak CHCl_3 ve yükseltgen tuz olarak FeCl_3 kullanıldı. Kırmızı çamurun miktarı değiştirilerek farklı yüzdelerde kırmızı çamur içeren iletken polimer/kırmızı çamur nanokompozitleri hazırlandı. Homopolimer ve nanokompozitlerin özellikleri FTIR ve Uv-Vis spektrofotometreleri, TGA, SEM, X-ışını kırınımı analizleri, iletkenlik ve magnetik suseptibilite ölçümleri ile incelendi. FTIR spektrumlarından polimerleşmeyi ve nanokompozit oluşumunu destekleyen bandlar elde edildi. PAn, POT ve P2ClAn için Uv-Vis spektrumlarında emeraldin yapısını gösteren karakteristik bandlar görüldü. Nanokompozitlerin termal kararlılıklarının arttığı TGA analizlerinden belirlendi. P2ClAn/KÇ(2) nanokompozitinin 174°C ile en düşük bozunma sıcaklığına; PAn/KÇ(4) nanokompozitinin 295°C ile en yüksek termal kararlılığa sahip olduğu görüldü. SEM analizleri ile nanokompozit ve homopolimerlerin yüzey morfolojileri incelendi. Kırmızı çamurun SEM fotoğraflarından, yapısının $1\ \mu\text{m}$ 'den daha küçük tanecik büyüklüğüne sahip olduğu görüldü. SEM görüntüleri her nanokompozitte farklı yüzey yapıları gösterdi. Homopolimer yapısına kırmızı çamur girdikçe iletkenlik değerlerinin değişimi dört nokta tekniği ile ölçüldü. Gouy terazisi ile yapılan ölçümlerden nanokompozitlerin pozitif magnetik suseptibilite değerlerine sahip olduğu, dolayısı ile iletme mekanizmalarının polaronlar üzerinden yürüdüğü anlaşıldı.

ANAHTAR KELİMELELER: Polianilin, Poli(o-toluidin), Poli (2-kloranilin), Politiyofen, Kırmızı Çamur, Nanokompozit

ABSTRACT**Preparation of Conducting Polymer/Red Mud Nanocomposites by Chemical Method and Investigation of Their Properties**

Polianiline/red mud (PAn/RM), poly(o-toluidine)/red mud (POT/RM), poly(2-chloroaniline)/red mud (P2ClAn/RM) and polythiophene/red mud (PT/RM) nanocomposites were synthesized by chemical oxidation method. PAn, POT, P2ClAn homopolymers and their nanocomposites with RM were obtained using $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ salt in HCl medium. Conducting polymer/red mud nanocomposites including red mud in various percentage were prepared by increasing red mud amount. The properties of homopolymers and nanocomposites were investigated using FTIR and Uv-Vis spectrophotometer, TGA, SEM, X-ray diffraction analysis, conductivity and magnetic susceptibility measurements. The bands supporting polymerization and composite formation were obtained from FTIR spectra. The characteristic bands showing emeraldine structure were observed in Uv-Vis spectra. It was determined from TGA analysis that the thermal stabilities of nanocomposites increased. PAn/RM(4) nanocomposite has the highest thermal stability with 295°C whereas P2ClAn/RM(2) nanocomposite has the least degradation temperature with 174°C. The surface morphologies of nanocomposites and homopolymers were investigated using SEM analysis. From SEM photographs, it is seen that red mud has particules dimensions of less than 1 μm . SEM analysis revealed distinct morphological features of the composites. The conductivity values obtained with changing red mud percentage in homopolymers were measured using four-probe technique. From the Gouy balance magnetic measurements it was found that polymers and nanocomposites were polaron conducting mechanism.

KEY WORD: Polyaniline, Poly(o-toluidine), Poly(2-chloroaniline), Polythiophene, Red Mud, Nanocomposite

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında beni yönlendiren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ayşegül GÖK'e, 04/YL/847 nolu projeye desteklerinden dolayı Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne, X-ışını ölçümleri için Albert Ludwings Üniversitesi'ne (Freiburg/Almanya) teşekkür ederim.

Şekiller Dizini

	Sayfa
Şekil 2.1. Molekül yapısına göre enerji seviyeleri.....	4
Şekil 2.2. Maddelerin band aralığı	5
Şekil 2.3. Poliasetilenin zincir formülü.....	6
Şekil 2.4. Poliasetilen zincirinde iletkenlik olayı.....	6
Şekil 2.5. Değişik maddelerin iletkenlik değerleri	7
Şekil 2.6. Nanokompozit yapıları.....	11
Şekil 3.1. Dört nokta tekniği ile iletkenlik ölçümünün şematik görünüşü.....	19
Şekil 4.1. Polianilin polimerleşme mekanizması.....	27
Şekil 4.2. Poli (o-toluidin) ve poli (2-kloranilin) yapısı.....	28
Şekil 4.3. Politiyofen/kırmızı çamur nanokompozit yapısının gösterimi.....	28
Şekil 4.4. PAn ve nanokompozitlerinin iletkenlik sonuçları grafiği.....	29
Şekil 4.5. POT ve nanokompozitlerinin iletkenlik sonuçları grafiği.....	29
Şekil 4.6. P2ClAn ve nanokompozitlerinin iletkenlik sonuçları grafiği.....	30
Şekil 4.7. PT ve nanokompozitlerinin iletkenlik sonuçları grafiği.....	30
Şekil 4.8. KÇ'un FTIR spektrumu.....	33
Şekil 4.9. PAn'in FTIR spektrumu.....	33
Şekil 4.10. PAn/KÇ(1) nanokompozitinin FTIR spektrumu.....	34
Şekil 4.11. POT'in FTIR spektrumu	35
Şekil 4.12. POT/KÇ(4) nanokompozitinin FTIR spektrumu.....	35
Şekil 4.13. P2ClAn'in FTIR spektrumu.....	36
Şekil 4.14. P2ClAn /KÇ(2) nanokompozitinin FTIR spektrumu.....	37
Şekil 4.15. PT'in FTIR spektrumu.....	38
Şekil 4.16. PT/KÇ(4) nanokompozitinin FTIR spektrumu.....	38
Şekil 4.17. PAn ve PAn/KÇ(4) nanokompozitinin Uv-Vis spektrumları.....	39
Şekil 4.18. POT ve POT/KÇ(2) nanokompozitinin Uv-Vis spektrumları.....	40
Şekil 4.19. P2ClAn'in UV-Vis spektrumu.....	40
Şekil 4.20. P2ClAn / KÇ(2) nanokompozitinin Uv-Vis spektrumu.....	41
Şekil 4.21. KÇ'un TGA eğrisi.....	43
Şekil 4.22. PAn'in TGA eğrisi.....	43
Şekil 4.23. PAn/KÇ(4) nanokompozitinin TGA eğrisi.....	44

Şekil 4.24. POT'in TGA eğrisi.....	44
Şekil 4.25. POT/KÇ(2) nanokompozitinin TGA eğrisi.....	45
Şekil 4.26. P2ClAn'in TGA eğrisi.....	45
Şekil 4.27. P2ClAn/KÇ(2) nanokompozitinin TGA eğrisi.....	46
Şekil 4.28. PT'in TGA eğrisi.....	46
Şekil 4.29. PT/KÇ (4) nanokompozitinin TGA eğrisi.....	47
Şekil 4.30.a. KÇ'un SEM fotoğrafı.....	50
Şekil 4.30.b. KÇ'un SEM fotoğrafı.....	50
Şekil 4.31. PAn'in SEM fotoğrafı.....	51
Şekil 4.32. PAn/KÇ (4) nanokompozitinin SEM fotoğrafı.....	51
Şekil 4.33. POT'in SEM fotoğrafı.....	52
Şekil 4.34. POT/KÇ(2) nanokompozitinin SEM fotoğrafı.....	52
Şekil 4.35. P2ClAn'in SEM fotoğrafı.....	53
Şekil 4.36. P2ClAn/KÇ(2) nanokompozitinin SEM fotoğrafı.....	53
Şekil 4.37. PT'in SEM fotoğrafı.....	54
Şekil 4.38. PT/KÇ(2) nanokompozitinin SEM fotoğrafı.....	54
Şekil 4.39. KÇ'un X-ışınları kırınım eğrisi.....	56
Şekil 4.40.a. PAn'in X-ışınları kırınım eğrisi.....	56
Şekil 4.40.b. PAn/KÇ(4) nanokompozitinin X-ışınları kırınım eğrisi.....	57
Şekil 4.41.a. POT'in X-ışınları kırınım eğrisi.....	57
Şekil 4.41.b. POT/KÇ(2)'nin X-ışınları kırınım eğrisi.....	58
Şekil 4.42.a. PT'in X-ışınları kırınım eğrisi.....	58
Şekil 4.42.b. PT/KÇ(4)'ün X-ışınları kırınım eğrisi.....	59

Çizelgeler Dizini

	Sayfa
Çizelge 2.1. Değişik asitlerle doplanmış polianilin'in iletkenlik değerleri.....	8
Çizelge 3.1. Kırmızı çamurun içeriği.....	17
Çizelge 4.1. İletkenlik ve magnetik suseptibilite sonuçları.....	31
Çizelge 4.2. Polimerlerin maksimum absorban's dalga boyları.....	41
Çizelge 4.3. TGA sonuçları.....	48

1. GİRİŞ

İletken polimerler, metaller ve yarı iletkenlerin elektronik özellikleri ile polimerlerin kimyasal ve mekanik özelliklerini birleştiren sentetik metallerin yeni bir sınıfıdır. Bu yeni polimerler bilimsel çalışmalarda ve elektronik endüstrisinde yoğun bir araştırma alanı oluşturmaktadır. Polianilin (PAn), polipirol (PPy), politiyofen (PT), polifuran (PFu) ve bunların türevleri olan iletken polimerler; şarj edilebilir pil (Maiti, 1994), sensör (Anitha vd., 2003), korozyon inhibitörü (Jain vd., 1986) ve elektronik cihazlar (Anand vd, 1998) gibi birçok uygulama alanlarına sahiptirler.

İletken polimerlerin zayıf çözünürlük ve mekanik özellikleri kullanım alanlarını sınırlandırmaktadır. Bu özellikleri modifiye etmek amacıyla iletken polimerlerin diğer konuk materyaller ile kompozit ve blendleri hazırlanmaktadır. Konuk materyal bir polimer ise, oluşan yapı iletken polimer blendi veya kompozit olarak; polimer olmayan bir materyal ise (metal oksitleri, silika gibi.) kompozit olarak adlandırılır (Anand vd., 1998; Gök vd., 2003; 2004; Sarı vd., 2003). Bu kompozit sınıfı içerisinde iletken polimer nanokompozitleri avantajlı özellikleri ile materyallerin yeni bir sınıfı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Polimer nanokompozitler; nanometre boyutundaki bir yapı ile polimer matriksi birleştiren yapılar olarak tanımlanır (Krishnamoorti vd., 2001). PAn, PPy, PT, PFu gibi iletken polimerlerle nano-yapılar içeren iletken polimer nanokompozitler daha iyi mekanik, termal ve yapısal özelliklere sahip olabilmektedir. SiO₂, V₂O₅, MnO₂, ZrO₂, Al₂O₃, TiO₂ gibi nano-boyutlu inorganik oksitler ve montmorillonit yapısındaki killer nanokompozitlerin sentezinde yoğun olarak kullanılmaktadır (Biswas vd., 1999; Su ve Kuramoto, 2000; Kim vd., 2001; Sinha Ray, 2002; Yang ve Chen, 2003; Anaissi vd.,2003; Yeh ve Chin, 2003; Azevedo vd.,2004; Maity ve Biswas, 2005). Bu nano-yapılar arasında kırmızı çamurun kullanılması oldukça yenidir (Gök ve Oğuz, 2005). Kırmızı çamur boksitten alüminyumun eldesi sırasında elde edilen atık bir üründür ve boksitin yaklaşık %35-40'ını oluşturur. Bu atık ciddi çevre kirliliği ve depolama zorluğundan dolayı alüminyum üretiminde büyük bir problemdir. Kırmızı çamuru değerlendirmek amacıyla yeni metodlar

geliştirilmektedir. Örneğin asitlerin veya ağır metallerin çıkarılması için ucuz bir absorbant (Pradhan vd., 1999) veya polimerleri güçlendirmek için dolgu maddesi olarak (Chad ve Hashmi, 1999) kullanılmaktadır. Park ve arkadaşları (2002) kırmızı çamur yüzeyi ve polimer arasındaki etkileşimleri artırarak mekanik özellikleri iyileştirilmiş epoksi/kırmızı çamur nanokompozitlerini sentezlemişlerdir.

Bu çalışmada kırmızı çamurun bir başka polimer grubu olan iletken polimerlerle nanokompozitlerini hazırlayarak iletken polimerlerin özelliklerini iyileştirmek amaçlanmıştır. Çalışmamız atık bir ürün olan kırmızı çamurun değerlendirilmesi açısından da önem taşımaktadır. Nanokompozitlerin sentezinde kullanılan iletken polimerler polianilin (PAn), poli (2-kloranilin) (P2ClAn), poli (o-toluidin) (POT) ve politiyofen (PT) olup bu alanın büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. İletken polimer/kırmızı çamur nanokompozitleri yerinde (in-situ) kimyasal polimerleşme ile sentezlenmiştir ve karakterizasyonları FTIR, Uv-Vis, TGA, SEM, X-ışını kırınımı, iletkenlik ve magnetik suseptibilite ölçümleri ile gerçekleştirilmiştir. Özellikleri iyileştirilen iletken polimer/kırmızı çamur nanokompozitleri gelecekte yüksek teknoloji endüstrilerinde kullanılacak materyallere aday olabilecektir.

2. KAYNAK BİLGİSİ

2.1. Tarihçe

John HYATT'ın 1868'de nitro selülozu keşfinden beri insanlık, birçok polimer malzemeyle tanıştı (Taubes, 1984). Yalıtkan olan bu malzemelerden iletken olarak yararlanılabileceği ise çok yakın zamanda anlaşılabilir.

H. Shirakawa 1974'te Ziegler-Natta katalizörü kullanarak metalik görünüme ancak yeterince iletken olmayan gümüş renginde poliasetilen filmler hazırlamıştır. 1977 yılında ortak çalışmalarıyla H. Skirakawa, A.J. Heeger, A.G. MacDiarmid; sözü edilen poliasetilen filmlerin iyot, flor veya klor buharlarında tutularak yükseltgendiğinde, iletkenliğin 10^9 kat artarak 10^3 S/cm düzeyine çıktığını gözlemlemişlerdir.

1979'da polipirol, 1982'de politiyofen, 1985'de polianilin'in iletkenliği araştırıldı.

1981 yılında polimer elektrotlu ilk akü, 1988 yılında şarj edilebilir ilk polimer akü uygulama aşamasına geçti (Küçükballı, 1988).

Polimer/kil nanokompozitleri üzerine ilk çalışmalar 1987 yılında rapor edildi (Lochheah ve Boykin, 2000).

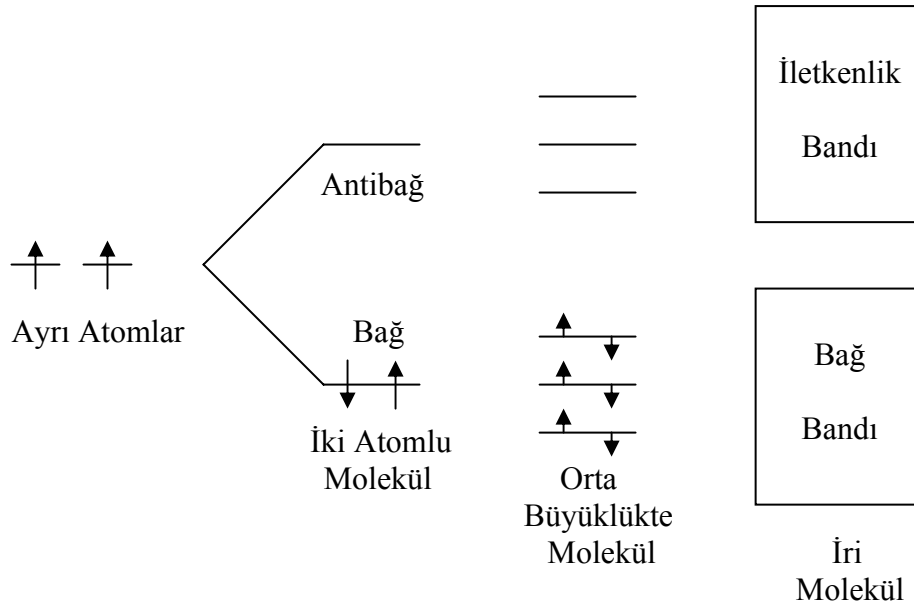
Doksanlı yıllar da ise polimer ışık emisyon diyotu (1990), fotodiyot (1992'de çift tabakalı, 1993'de tek tabakalı) gibi yeni nesil iletken polimer uygulamaları görüldü.

H. Skirakawa, A.J. Heeger, A.G. MacDiarmid iletken polimer üzerine yaptıkları çalışmayla 2000 yılında Nobel Kimya ödülünü kazandı (Norden ve Krutmeijer, 2000; Saçak, 2002).

2.2. İletkenlik Teorisi

İletken polimer kavramı; kendi örgüsü içindeki elektronlarla yeterli düzeyde elektrik iletkenliği sağlayan polimerler için kullanılır. Bu bir elektronik iletkenliktir. Elektronik iletkenliğin mekanizması kesin aydınlatılmamış olmakla birlikte, açıklamaya yönelik kabul edilen yaklaşımların önde geleni band kuramıdır.

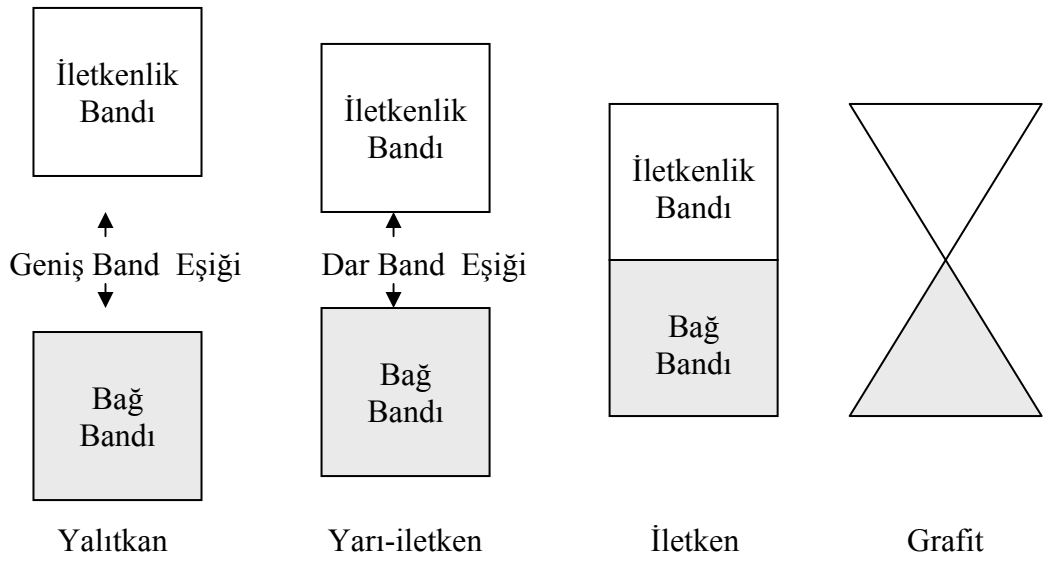
Buna göre; bir elektronlu iki atomdan oluşmuş en basit bir molekülde bile bağ oluşumu sırasında yeni iki enerji düzeyi (elektronların bulunduğu bağ enerji düzeyi ile boş olan anti bağ düzeyi) ortaya çıkarak elektronların enerjisine göre hareket etmeleri sağlandığı kabul edilmektedir. Yapıya katılan her bir atoma göre molekülün elektronik yapısına yeni bir bağ ve anti bağ enerji düzeyleri eklenecektir. Karmaşık moleküller arasındaki bağ oluşumu aynı şekilde açıklanabilir. Ancak molekül büyüklüğü arttıkça bağ orbitallerinin de sayısı artarak aralarındaki enerji farkı azaldığından enerji düzeyleri yerine bir enerji bandı oluşur ki buna bağ bandı (valens bandı) denilir. Buna benzer şekilde sayıları sonsuza yaklaşan anti bağ orbitalleri de bir karşı enerji bandı oluşturur (iletkenlik bandı) (Norden ve Krutmeijer, 2000).



Şekil 2.1. Molekül yapısına göre enerji seviyeleri

İletkenlik; bağ bandında veya eşikte yeni bir enerji düzeyinde bulunan çiftleşmemiş elektronların ortama göre hareketine bağlıdır. Yeterli enerji verilerek belli bir yöne akması sağlanırsa en üst düzeydeki elektronların bağ eşiğini geçerek iletkenlik bandının en alt düzeyine yerleşmesi şeklindeki hareket iletkenliği oluşturacaktır.

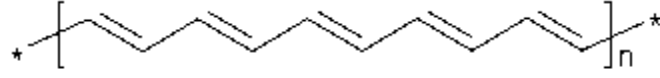
Bu açıklama doğrultusunda düşünüldüğünde iki band arasındaki aralığın (veya eşiğin) ve geçilmesi için gereken enerjinin büyüklüğüne göre maddeler yalıtkan, yarı-iletken ve iletken olarak sınıflandırılabilir (Grafit hariç).



Şekil 2.2. Maddelerin band aralığı

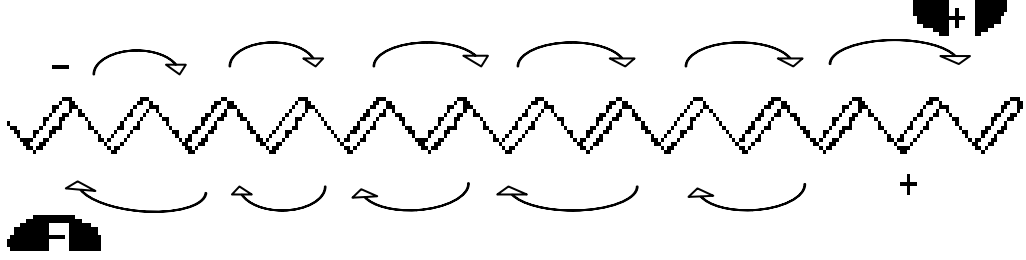
Polimerlerin binlerce atom bulunan yapısında fazla orbital sayısı olmasına rağmen çoğunun yalıtkanlara benzer davranış gösterdikleri bilinir. Ancak band eşiğinin dar olması (1.5 eV) ve örgüsünde elektronların zincir boyunca taşınmasını sağlayan uygun yerlerin bulunması yeni bir sınıfın tanımlanmasını gerektirmektedir.

Bu iki koşulu ana zincirinde konjuge çift bağlar bulunan poliasetilen gibi polimerler sağlar.



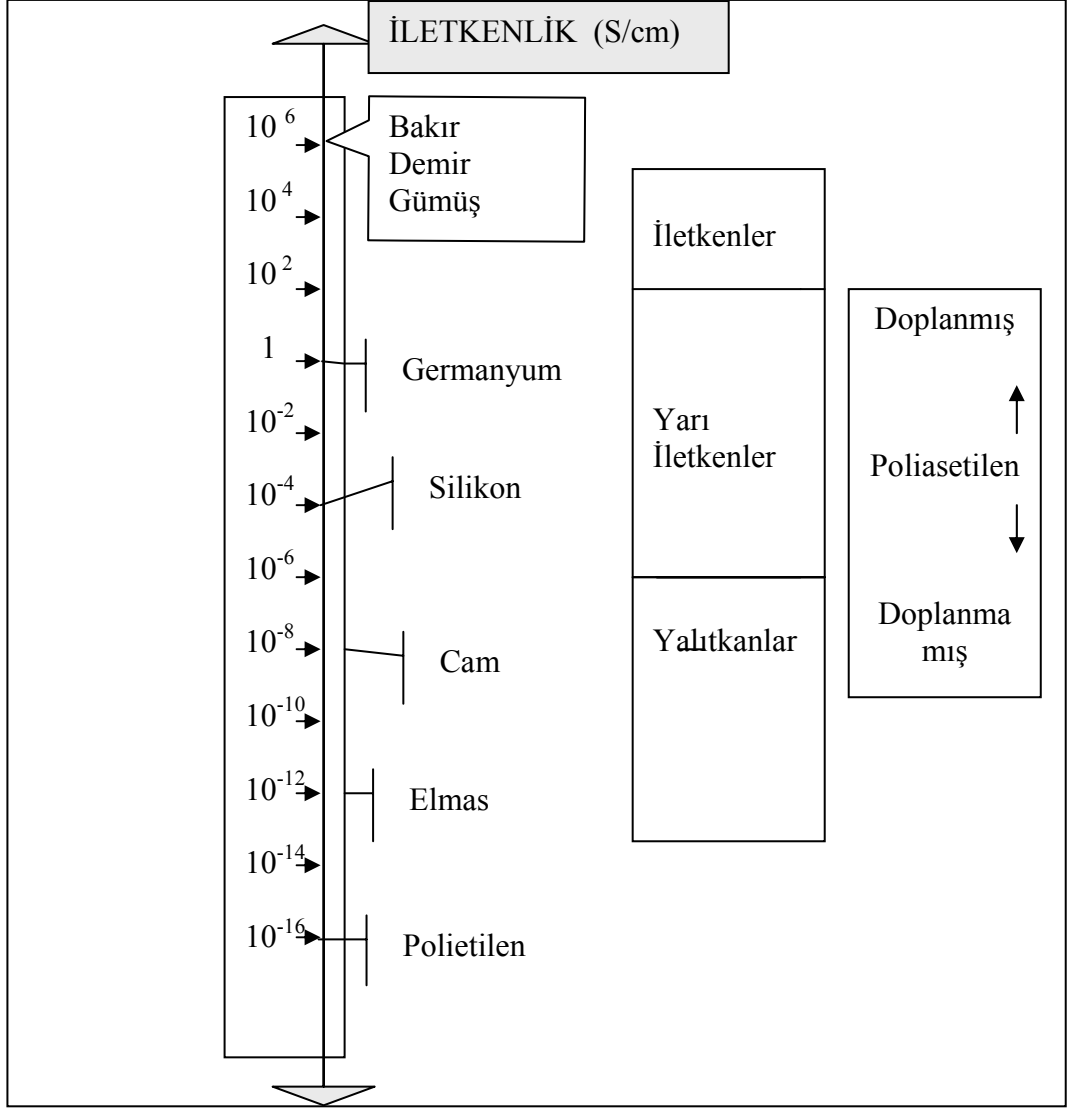
Şekil 2.3. Poliasetilenin zincir formülü

Burada ısı ve ışık etkisiyle serbest elektronlar iletkenlik bandına geçtikten sonra hareket ederek yük taşıyıcı işlevi yaparken bağ bandında kalan artı yük boşluğu da elektrona ters yönde polimer zinciri üzerinde kayar. Böylece oluşan iletkenliğin şiddeti ısı ve ışığın miktarıyla doğru orantılıdır.



Şekil 2.4. Poliasetilen zincirinde iletkenlik olayı

Ancak iletkenliğin metaller seviyesinde olmaması hem konjugasyonun yüksek düzeyde iletkenliğe yeterli olmadığını hem de polimerlerin yarı-iletken sınıfına dahil olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.5. Değişik maddelerin iletkenlik değerleri

Yarı iletkenlerde, değerlik elektronları ile boş enerji düzeyleri arasındaki aralığın (veya eşiğin) yüksek düzeyde iletkenliğe engel olduğu görüldüğünden konjuge çift bağlı polimerler doplanır. Uygun yöntemlerle (ya indirgen veya yükseltgen kimyasal maddeler ya da elektrokimyasal yöntem) bir polimere elektron verilmesine veya polimerden elektron uzaklaştırılmasına doplama veya dop etme denir. Doplama amacıyla kullanılan kimyasal maddelere de dopant denir. Çizelge 2.1.'de çeşitli asitlerle doplanmış polianilin'in iletkenlik değerleri verilmektedir (Saçak, 2002).

Çizelge 2.1. Değişik asitlerle doplanmış polianilin'in iletkenlik değerleri

<u>DOPANT</u>	<u>İLETKENLİK (S/cm)</u>
HCl	$1,7 \times 10^{-1}$
H ₃ PO ₄	$4,5 \times 10^{-2}$
HCOOH	$3,3 \times 10^{-4}$

Konjuge çift bağılı polimerler doplanınca örgüsündeki yük taşıyıcıların sayısı artırılmış olur. Nitekim doplanmış konjuge çift bağılı polimerlerin 100 -1000 S/cm seviyesinde bile iletkenlik gösterdikleri rapor edilmektedir (Inzelt vd., 2000; Vorontyntsev ve Heinze, 2001).

Polimer doplanarak bir elektron koparılmasıyla bir radikal-katyon (artı polaron da denir), ikinci elektronun koparılmasıyla bir dikatyon (artı bipolaron) oluşur. Bunlar dop seviyesine bağılı olarak polimer zinciri boyunca hareket edebilirler.

Polimere bir elektron verilerek doplanırsa; bir radikal-anyon (polaron), iki elektron verilmesiyle bir dianyon (bipolaron) oluşur. Bu elektronlar polimerin band eşiğinde yeni bir enerji düzeyi oluşturarak eşik enerjisinin düşmesini ve iletkenlik bandına daha kolay geçişi sağlar.

Doplama işlemi polimer zincirinde soliton denilen kararlı serbest radikaller de oluşturur. Bunlar tek başına yük taşıyamazlarsa da bir bipolaron (dianyon) tarafından iki ayrı eksi solitona ayrılarak enerji düzeyini düşürür ve ara enerji düzeyinde akım taşıyabilir.

Ayrıca farklı zincirlerin solitonları arasında elektron aktarımı olmasından dolayı da iletkenliğin oluşmasını etkilediği ifade edilmektedir (Saçak, 2002).

2.3. Polimerleşme Yöntemleri

Polimer sentezlemek için genelde kimyasal veya elektrokimyasal polimerleşme, fotokimyasal polimerleşme, emülsiyon polimerleşmesi, katı-hal polimerleşmesi, plazma polimerleşmesi, piroliz, metal bileşikleriyle yapılan polimerleşme yöntemleri kullanılmaktadır.

Elektrokimyasal polimerleşmede; uygun bir çözücü ve destek elektrolitle birlikte polimerleşme hücreğine konan monomerden, iki faz arasındaki yük transferi (metal elektronları ve elektrolit iyonları arasında) ve elektrot tepkimesiyle elektrot yüzeyinde ve çözeltilde polimer oluşumu sağlanır.

Kimyasal yöntemde; uygun dopant ve katalizörün kullanıldığı ortamda monomerlerin radikal katyonlar oluşturarak birbirleriyle birleşmeleri sağlanır.

Fotokimyasal polimerleşme yöntemi güneş ışığında fotobaşlatıcılarla (γ , x ışınları veya hızlandırılmış tanecikler gibi iyonlaştırıcılar) monomer ortamının etkinleştirilmesiyle gerçekleşen bir süreci ifade eder.

Emülsiyon polimerleşmesi; başlıca monomer, su, yüzey gerilimini düşüren yüzey aktif madde (surfactant) ve başlatıcıdan oluşan bir emülsiyon ortamındaki heterojen fazlar arası tepkimelerle gerçekleştirilmektedir. Eklenen zincir transfer ajanları ile molekül kütlesini kontrol edebilme avantajı verir (Anand vd., 1998).

Yüksek sıcaklıklarda veya kuvvetli bir elektromagnetik alanda uyarılmış atomlar, iyonlar ve serbest elektronlardan oluşan plazma ortamında herhangi bir fonksiyonel grup veya çift bağ içermeyen maddelerin polimerleşmesine plazma polimerleşmesi denilmektedir.

2.4. Kompozitler

Polimerlerin iletkenlik ve diğer özelliklerinin geliştirilmesinin veya bunlardan yararlanarak başka maddeleri kullanılabilmenin bir yolu da kompozitlerini oluşturmaktır.

Kompozitler iki veya daha fazla katının iyi özelliklerini bir araya toplayarak makro ya da mikro seviyede oluşturulan yeni karışımlara denilmektedir.

Ancak son yıllarda nanometre (10^{-9} m) ölçeğindeki tanecikli yapıların oluşturduğu kompozitleri anlatan nanokompozit kavramı öne çıkmıştır (Beyer, 2002). Bu süreçte; taşıdığı nano parçacıklar, tabakalı kimyasal yapısı ve benzeri özelliklerinden dolayı killer (genellikle montmorillonit) ve kil-polimer nanokompozitlerinin üzerinde çok çalışıldığı görülmektedir (Hay ve Shaw, 2000).

Kimyasal ve elektrokimyasal polimerleşme kompozit sentezinde en çok kullanılan iki yöntemdir. Bunların da bir çok çeşidi uygulanmaktadır (Sarı ve Talu, 1998; Toshima ve Hara, 1995; Anand vd., 1998).

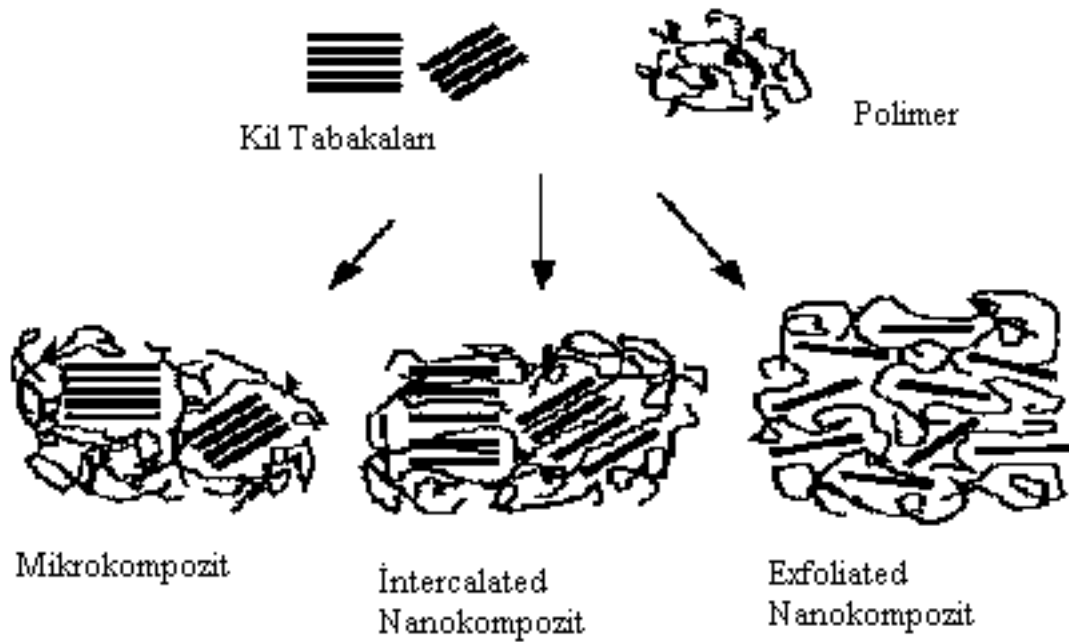
Elektrokimyasal polimerleşme yönteminin film üretiminde kullanımı verimli olmasına rağmen basit monomerlerden seri üretim yapabilme yönünden kimyasal polimerleşme daha verimlidir.

Kil-polimer nanokompozit sentezinde daha çok üç farklı kimyasal yöntem kullanılmaktadır (Gao, 2004):

Sıvı monomer veya monomer çözeltisinde şişirilen kilin üzerine başlatıcının (yükseltgen) ilavesi şeklinde uygulanan yerinde (in situ) polimerleşme; polar bir çözücüde (toluen veya N, N-dimetilformamid gibi) şişirilmiş kilin üzerine polimer ilavesi şeklinde uygulanan çözücü polimerleşmesi ve erimiş polimerin kille karıştırılırken ortamın ısıtılması şeklinde uygulanan erimiş tabakalaşma (melt-intercalation) polimerleşmesi.

Kil tabakaları polimer ortamında dağıldığı zaman üç tip nanokompozit oluşabilir:

Polimer kil tabakaları arasına girmezse ve bağımsız fazlar oluşursa; mikrokompozit elde edilir. Düzgün kil tabakaları (sandviç gibi) arasına polimer zincirleri girerse; ara faz nanokompoziti (intercalated nanokompozit) elde edilir. Polimer zincirleri rastgele dağılmış kil tabakaları arasına karışmış ise; dağılmış tabakalı (exfoliated) nanokompozit elde edilir (Hay ve Shaw, 2000; Beyer, 2002).

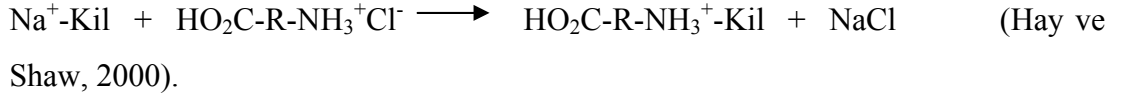


Şekil 2.6. Nanokompozit yapıları

Bu tür nanokompozitlerde genellikle tabakalanmış yapılarından dolayı montmorillonit, hektorit ve sentetik mika gibi smektit tipi killeri kullanılmaktadır (Gao, 2004). Bunların yapısı; tetrahedral iki silisyum yaprağın arasına oktahedral alüminyum yaprağın $[Al(OH_3)$ veya $AlO_6]$ yerleştiği sandviç gibi bir görünümündedir. Bazen alüminyum ile magnezyum yerdeğiştirebilir (Collister, 2002).

Killerin kimyasal bileşimi yapraklarının yüzey ve kenarlarında yüklü zıt iyonlara bağlıdır. Tabaka kalınlığı 1 nm ve yüzey genişliği genellikle 100-1500 nm

olduğundan gram başına yüzlerce m² yüzey alanına sahip olabilir. Ancak başarılı bir polimer/kil nanokompozitini oluşumu için yapılarındaki hidrofilik boşlukların karakteristik iyon değiştirme kapasitesinden yararlanarak organik katyonlarla (Alkil amonyum gibi) iyon değişimi yapıp organofilik hale getirilmesini gerektirmektedir.



2.5. Uygulama Alanları

İletken polimerlerin elektrik iletkenliği, işlenebilirliği ve kütlelerinin hafifliği gibi özellikleri sebebiyle yeni uygulama alanı bulunma potansiyeli yüksektir.

Şarj olabilir pillerde elektrot olarak kullanılabilir. Ticari ilk prototiplerinde Li/polipirol veya Li/polianilin kullanılmıştır (Inzelt vd., 2000). Anilin 1 M HCl’li ortamda $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ ile yükseltgenerek emeraldin-hidroklorür tuzu elde edilip 0,1 M sulu NH_3 çözeltisi ile nötralize edilerek emeraldin baza dönüştürülmüştür. Sonra kütlece % 5 karbon siyahı ile % 5 toz emeraldin karışımı, pil yapısında platin levhalar arasına sıkıştırılarak katot olarak kullanılmıştır.

Polipirol (PPy) polimeri de platin elektrot üzerine sentezlenip PT/PPy elektrodu hazırlanıp katot olarak Li/Ni anodu, Li tuzları (LiClO_4 , LiBF_4 gibi) destek elektroliti ve propilenin çözücüsünün olduğu pil ortamında kullanıldığında 2 V potansiyelde deşarj olayı gözlenmiştir (Arbizzani vd., 1997).

Polimerlerin elektronik iletkenliğinin elektrokimyasal yapıya bağlı olması ve pH faktörünün de bu yapıyla olan ilgisine dayanılarak pH sensörü olarak kullanılması sağlanabilmektedir (Adhikari ve Majumdar, 2004).

Polianilin’in iletkenliği pH artışı ile verilen potansiyelde düşmektedir. Polipirol klorür, polipirol/polivinil sülfonik asit, polianilin/klorür gibi polimer tuzları ile polipirol/polivinil sülfonik asit- polianilin/klorür kompozitinin farklı çözeltilerde ve farklı pH’lerdeki iletkenlikleri ölçülmüştür (Adhikari ve Majumdar, 2004).

Doplanabilme özelliğine sahip olan iletken polimerlerin, filmlerinin ortamındaki bazı organik maddelerin buharlarından da tersinir özellikte etkilendiği gözlemlendiğinden gaz sensörleri yapılmıştır. Bir çalışmada PAn ve kompozitleri NH_3 buharına bırakıldığında iletkenliğin azaldığı, HCl buharına bırakıldığında iletkenliğin arttığı gözlenmiştir (Inzelt vd., 2000). Yine polialkoksitiyofenin Fe^{+3} ve Cu^{+2}

tuzlarıyla doplanarak o-ksilen, n-bütanol, benzen, metanol, n-heptan ve 3-pentanon buharlarına duyarlı sensörleri elde edilmiştir (Gallazzi vd., 2003).

Biyolojik bir çözeltinin pH'sine bağlı olarak onunla etkileşen iletken polimerin iletkenliğindeki değişiklikler sensör amaçlı kullanılmaktadır (biyosensör). 0,1 M anilin, 0,1 M KCl ve üreaz içeren çözelti üç elektrotlu bir sistemde 0,7 V sabit potansiyelde polimerleştirilip elektrolizle üreaz karbon-elyaf elektrota sabitlendikten sonra elektrot saf su ile yıkanmıştır. Ardından O₂ gazı geçiren bir membranla kaplanan elektrot ürik asite duyarlı bir sensör olarak kullanılmıştır (Uchiyama ve Sakamoto, 1997).

Polimerlerin indirgenme ve yükseltgenme özelliklerine bağlı olarak alınan sinyalleri okuyan diyot , ışık emisyon diyotu ve transistör yapılmaktadır. Bir çalışmada PAn'in elektrokimyasal özellikleri ölçülmüştür. İki farklı veya aynı polimerin kontrollü doping yapılması ile üretilen PT, p-toluensülfonat doplanmış, polipirol kaynak ve akıttıcı elektrot olarak kullanılmıştır (Sarı, 1998).

Ayrıca indiyum-titan oksit kaplı bir cam yüzeyde poli-p-fenil çöktürülerek hemen hemen tüm renklerin emisyonunu yapan bir diyot geliştirilebilmektedir (Maiti, 1994).

İnert elektrotlar; üzerilerine film halinde yapılan polimer kaplamayla çeşitli iyonlara karşı seçici geçirgen haline gelebilmektedir. PAn filmlerin gaz seçici olarak hazırlanabilmesi gibi örnekler iletken polimerlerin gözenekli yapısının membran olarak da kullanımına imkan bulunduğu göstermektedir (Inzelt vd., 2000).

Korozyona uğrayan maddelerin kaplanmasıyla inhibitör olarak kullanılmıştır. Tabiatta elektrokimyasal bir olay olan korozyondan korunmanın yolu metali kaplamaktır. Bu da organik bileşiklerle iyi yapılmaktadır. Polietoksianilin ve polimetoksianilin, pirol ve türevlerinin (Alüminyum ve çelik için), PAn, PT ve türevlerinin inhibitör olarak kullanılabilmesi görülmüştür (Stupnisek vd.,1992; Inzelt vd., 2000).

Kimyasal enerji toplayan kapasitörler de kullanılmaktadır (Inzelt vd., 2000). Kapasitörler temelde elektronik devrelerin bir bileşeni olarak elektriği depolama yoluyla akımın akışını ayarlama ve voltaj düzenini sağlama işini yapan cihazlardır. Ancak metal yapraklardan (Alüminyum gibi) ve mangan oksit, mika veya kağıttan yapılmış yapıları ile devrelerindeki erimeden ve küçük patlamalardan kaynaklanan ısıdan dolayı yüksek hızlı elektronik endüstrisinin isteklerini karşılayamamaktadır.

İletken polimer temelli yeni sınıf kapasitörler hem elektriği yürütecek hem de mangan oksidi eleyecektir (Yang , 2000; Aghlara, 2002).

Genies ve arkadaşları propilen karbonat/LiClO₄ ortamında polianilin için yük yoğunluğunu 450 Cg⁻¹ ve sulu asidik ortamda ise 800 Ccm⁻³ olarak belirtmişlerdir (Genies vd., 1988).

Aghlara teflon levhalar arasında ve parafin dielektrik malzeme içinde polianilin filmler kullanarak hava altında 800 pF, vakum altında 620 pF kapasiteye erişmiştir (Aghlara, 2002).

Güneş ışığından elektrik enerjisi üreten yarı iletken devre elemanları olan fotovoltaik hücreler de iletken polimerlerin kullanım alanlarındandır. Elektron alıcı olarak modifiye edilmiş C₆₀ (fullerene) tabakalar ile elektron verici olarak polimer malzeme (poli-3-hekzil tiyofen gibi) kullanımıyla yapılan bir tür hücrede yaklaşık %5 verimle enerji çevrimi gerçekleştirilmiştir (Dingman, 2004). Başka bir çalışmada da PT türevleri/indiyum-titan oksit ile modifiye edilmiş Al/C₆₀ yapıları cihazların sıfır dirençle %15 etkileşim, 2V dirençle %60 etkileşim gösterdiği gözlenmiştir (Inzelt vd., 2000).

Fotokromik yani; ışığın şiddetine göre renk değiştirebilen akıllı cam yapımında kullanılmaktadır (Akbaba, 2003). Cam arasına polimer yapılar yerleştirilerek (sandviç gibi) akıllı pencereler geliştirilmektedir (Inzelt vd., 2000).

Örneğin polianilin rengi renksizlikten yeşil, sarı ve koyu maviye değişim gösterebilmektedir. Polianilin-tungsten trioksit kompozit filmlerinin çok renkli görünüşleri araştırılmıştır. Ayrıca politiyofen, polivinil alkol, hidroksimetil selüloz, karboksimetil selülozun sodyum tuzu, poli sodyum akrilat, ve poli sodyum-4-sitren sülfonatın elektrokromik davranışları araştırılmıştır (Anand vd., 1998).

Düşük frekanslı elektromagnetik radyasyona karşı kalkan olarak kullanılabilir (Anand vd., 1998).

Sonuç olarak; yalnızca PAN'in bile şarj edilebilir batarya, sensör, korozyon inhibitörü, antistatik kalkan, süper kapasitör, elektrokromik devre, ışık emisyon diyotu, yapay maske olarak kullanım önerileri (Sabaite vd., 2004) olduğu bilindiğinden iletken polimerlerin bir çok uygulamaya uygunluğu kabul edilmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Deneylerde Kullanılan Kimyasal Maddeler, Aletler ve Cihazlar

3.1.1. Kimyasal Maddeler

<u>Kimyasal Madde</u>	<u>Temin Edilen Firma</u>
2-Kloranilin (% 98)	Aldrich
Anilin	Aldrich
o-Toluidin	Aldrich
Tiyofen (% 99)	Merck
Amonyum persülfat	Aldrich
Demir (III) klorür	Aldrich
1-metil 2-pirolidon (NMP) (% 99)	Merck
HCl (%37)	Aldrich
Kloroform (% 99)	Aldrich
Kırmızı çamur	Seydişehir Alüminyum Tesisleri

Çizelge 3.1. Kırmızı çamurun içeriği

Mineral	% (kütlece) Miktarı
Al_2O_3	18.71 ± 0.59
Fe_2O_3	39.70 ± 0.67
TiO_2	4.90 ± 0.54
Na_2O	8.82 ± 0.96
CaO	4.47 ± 0.56
SiO_2	14.52 ± 0.37
Diğer	8.15 ± 0.40

3.1.2. Aletler ve Cihazlar

3.1.2.1. Binoküler Mikroskop

Sentezlenen polimerlerin iletkenlik ölçümlerini alabilmek için hazırlanan pelletlerinin kalınlıkları okula mikrometrelili Nikon SMZ645 model stereo mikroskopla ölçüldü.

3.1.2.2. Gouy Terazisi

İnce toz halindeki homopolimer ve nanokompozitlerin magnetik suseptibilite ölçümleri Sherwood Scientific MKI model Gouy terazisi ile yapıldı.

3.1.2.3. Fourier Transform İnfrared Spektrometresi (FTIR)

Örneklerin FTIR spektrumları Perkin Elmer BX model cihaz ile alındı.

3.1.2.4. Ultraviyole-Görünür Bölge Spektrofotometresi (UV-Vis)

Örneklerin UV-Görünür bölge spektrumları 1-metil 2-pirolidon (NMP) içerisinde 0,001 g/20 mL derişiminde çözeltileri alınarak Perkin Elmer BX model spektrofotometre ile alındı.

3.1.2.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Altın kaplı örneklerin yüzey fotoğrafları JEOL 5600-LV model taramalı elektron mikroskobu ile alındı.

3.1.2.6. Termogravimetrik Analiz Cihazı (TGA)

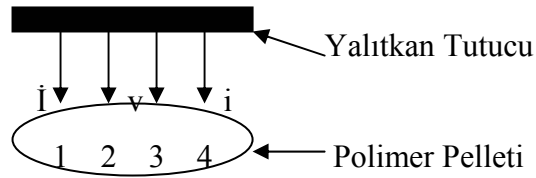
Örneklerin termal bozunmaları ve kütle kayıpları 0-1000 °C sıcaklık aralığında ve 10 °C/da ısıtma hızında General V4.1C Dupont 2000 model termal analiz cihazı ile incelendi.

3.1.2.7. X-ışını Kırınımı Cihazı

Sentezlenen örneklerin X-ışını kırınımı deneyleri $0^\circ \leq 2\theta \leq 30^\circ$ aralığında CuK_α radyasyon kaynağı kullanılan Philips PW 1730 Model cihaz ile yapıldı.

3.1.2.8. İletkenlik Ölçümleri

Örneklerin iletkenlik ölçümleri dört nokta tekniği ile yapılmıştır. Burada preslenerek hazırlanan pelletlere dört adet elektrot batırılarak verilen akım ve uygulanan potansiyel sonucunda iletkenlik değerleri $\sigma = \ln 2 \cdot i / \pi \cdot d \cdot v$ eşitliğine göre hesaplandı (i: pellet içinden geçen akım, d: örneğin kalınlığı, v: uygulanan potansiyel).



Şekil 3.1. Dört nokta tekniği ile iletkenlik ölçümünün şematik görünüşü

3.2. Homopolimerlerin Sentezleri

3.2.1. Polianilin (PAn) Sentezi

0,8 mL (8,76 mmol) anilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü ve su banyosuna ($t = 25^{\circ}\text{C}$) yerleştirildi. Azot (N_2) gazı ortamında 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi, monomer çözeltisine damla damla ilave edildi. 24 saatlik polimerleşme süresinden sonra oluşan katı süzüldü. Katı polimer 1 M HCl çözeltisi ve saf su ile yıkandıktan sonra vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,75 g olarak elde edildi.

3.2.2. Poli (o-toluidin) (POT) Sentezi

1 mL o-toluidin (8,76 mmol) 100 mL 1 M HCl'de çözüldü ve su banyosuna ($t = 25^{\circ}\text{C}$) yerleştirildi. Azot (N_2) gazı ortamında 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi, monomer çözeltisine damla damla ilave edildi. 24 saatlik polimerleşme süresinden sonra oluşan katı süzüldü. Katı polimer 1 M HCl çözeltisi ve saf su ile yıkandıktan sonra vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 1,29 g olarak elde edildi.

3.2.3. Poli (2-kloranilin) (P2ClAn) Sentezi

1 mL (8,76 mmol) 2-kloranilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü ve su banyosuna ($t = 25^{\circ}\text{C}$) yerleştirildi. Azot (N_2) gazı ortamında 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi monomer çözeltisine damla damla ilave edildi. 24 saatlik polimerleşme süresinden sonra oluşan katı süzüldü. Katı polimer 1 M HCl çözeltisi ve saf su ile yıkandıktan sonra vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,21 g olarak elde edildi.

3.2.4. Politiyofen (PT) Sentezi

0,7 mL (8,76 mmol) Tiyofen 100 mL CHCl_3 ' de çözüldü ve su banyosuna ($t=25^\circ\text{C}$) yerleştirildi. Azot (N_2) gazı ortamında 100 mL CHCl_3 ' da çözülmüş 5,68 g FeCl_3 çözeltisi monomer çözeltisine damla damla ilave edildi. 24 saatlik polimerleşme süresinden sonra oluşan katı süzüldü. Katı polimer CHCl_3 ile yıkandıktan sonra vakum etüvünde 70°C 'da 24 saat kurutuldu. Ürün 1,34 g olarak elde edildi.

3.3. Kompozitlerin Sentezi

3.3.1. Polianilin / Kırmızı Çamur Nanokompozitlerinin (PAn/KÇ) Sentezi

3.3.1.a. % 17 Kırmızı Çamur İçeren PAn/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

0,8 mL (8,76 mmol) anilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. Anilin çözeltisinde 0,1 g kırmızı çamur süspansede edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde anilin monomerinin adsorpsiyonu için süspansede karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında anilin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek anilin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra PAn/KÇ nanokompozit kütlesi süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,60 g olarak elde edildi.

3.3.1.b. % 30 Kırmızı Çamur İçeren PAn/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

0,8 mL (8,76 mmol) anilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. Anilin çözeltisinde 0,2 g kırmızı çamur süspansede edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde anilin monomerinin adsorpsiyonu için süspansede karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında anilin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek anilin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra PAn/KÇ nanokompozit kütlesi süzüldü ve 1 M HCl ve saf su

ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,66 g olarak elde edildi.

3.3.1.c. % 32 Kırmızı Çamur İçeren PAn/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

0,8 mL (8,76 mmol) anilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. Anilin çözeltisinde 0,3 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde anilin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında anilin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek anilin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra PAn/KÇ nanokompozit katısı süzülme ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,94 g olarak elde edildi.

3.3.1.d. % 42 Kırmızı Çamur İçeren PAn/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

0,8 mL (8,76 mmol) anilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. Anilin çözeltisinde 0,4 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde anilin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında anilin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek anilin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra PAn/KÇ nanokompozit katısı süzülme ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,96 g olarak elde edildi.

3.3.2. Poli (o-toluidin)/Kırmızı Çamur (POT / KÇ) Nanokompozitlerinin Sentezi

3.3.2.a. % 32 Kırmızı Çamur İçeren POT / KÇ Nanokompozitinin Sentezi

1 mL (8,76 mmol) o-toluidin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. O-toluidin çözeltisinde 0,1 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde o-toluidin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M

HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında o-toluidin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek o-toluidin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra POT/KÇ nanokompozit katısı süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,32 g olarak elde edildi.

3.3.2.b. % 49 Kırmızı Çamur İçeren POT / KÇ Nanokompozitinin Sentezi

1 mL (8,76 mmol) o-toluidin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. O-toluidin çözeltisinde 0,2 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde o-toluidin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında o-toluidin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek o-toluidin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra POT/KÇ nanokompozit katısı süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,41 g olarak elde edildi.

3.3.2.c. % 64 Kırmızı Çamur İçeren POT / KÇ Nanokompozitinin Sentezi

1 mL (8,76 mmol) o-toluidin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. O-toluidin çözeltisinde 0,3 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde o-toluidin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında o-toluidin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek o-toluidin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra POT/KÇ nanokompozit katısı süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,47 g olarak elde edildi.

3.3.2.d. % 72 Kırmızı Çamur İçeren POT / KÇ Nanokompozitinin Sentezi

1 mL (8,76 mmol) o-toluidin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. O-toluidin çözeltisinde 0,4 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde o-toluidin

monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında o-toluidin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek o-toluidin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra POT/KÇ nanokompozit katısı süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,56 g olarak elde edildi.

3.3.3. Poli (2-kloranilin)/Kırmızı Çamur (P2ClAn/KÇ) Nanokompozitlerinin Sentezi

3.3.3.a. % 42 Kırmızı Çamur İçeren P2ClAn/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

1 mL (8,76 mmol) 2-kloranilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. 2-kloranilin çözeltisinde 0,1 g kırmızı çamur süspansiyon edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde 2-kloranilin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında 2-kloranilin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek 2-kloranilin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra P2ClAn/KÇ nanokompozit katısı süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,24 g olarak elde edildi.

3.3.3.b. % 67 Kırmızı Çamur İçeren P2ClAn/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

1 mL (8,76 mmol) 2-kloranilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. 2-kloranilin çözeltisinde 0,2 g kırmızı çamur süspansiyon edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde 2-kloranilin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında 2-kloranilin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek 2-kloranilin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra P2ClAn/KÇ nanokompozit katısı süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,30 g olarak elde edildi.

3.3.3.c. % 77 Kırmızı Çamur İçeren P2ClAn/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

1 mL (8,76 mmol) 2-kloranilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. 2-kloranilin çözeltisinde 0,3 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde 2-kloranilin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında 2-kloranilin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek 2-kloranilin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra P2ClAn/KÇ nanokompozit katısı süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,39 g olarak elde edildi.

3.3.3.d. % 87 Kırmızı Çamur İçeren P2ClAn/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

1 mL (8,76 mmol) 2-kloranilin 100 mL 1 M HCl'de çözüldü. 2-kloranilin çözeltisinde 0,4 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde 2-kloranilin monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL 1 M HCl'de çözülmüş 3,99 g (17,5 mmol) $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ çözeltisi azot (N_2) gazı ortamında 2-kloranilin/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek 2-kloranilin polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra P2ClAn/KÇ nanokompozit katısı süzüldü ve 1 M HCl ve saf su ile yıkandı. Vakum etüvünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,46 g olarak elde edildi.

3.3.4. Politiyofen/Kırmızı Çamur (PT/KÇ) Nanokompozitlerinin Sentezi

3.3.4.a. % 11 Kırmızı Çamur İçeren PT/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

0,7 mL (8,76 mmol) tiyofen 100 mL CHCl_3 ' da çözüldü. Tiyofen çözeltisinde 0,1 g kırmızı çamur süspansiyonu edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde tiyofen monomerinin adsorpsiyonu için süspansiyon karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL CHCl_3 da çözülmüş 5,68 g (35 mmol) FeCl_3 tiyofen/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek tiyofen polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra PT/KÇ nanokompozit

katısı süzöldü ve CHCl_3 ile yıkandı. Vakum etöväünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 0,94 g olarak elde edildi.

3.3.4.b. % 11 Kırmızı Çamur İçeren PT/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

0,7 mL (8,76 mmol) tiyofen 100 mL CHCl_3 ' da çözüldü. Tiyofen çözültisinde 0,2 g kırmızı çamur süspansede edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde tiyofen monomerinin adsorpsiyonu için süspansede karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL CHCl_3 'da çözülmüş 5,68 g (35 mmol) FeCl_3 tiyofen/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek tiyofen polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra PT/KÇ nanokompozit katısı süzöldü ve CHCl_3 ile yıkandı. Vakum etöväünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 1,83 g olarak elde edildi.

3.3.4.c. % 19 Kırmızı Çamur İçeren PT/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

0,7 mL (8,76 mmol) tiyofen 100 mL CHCl_3 ' da çözüldü. Tiyofen çözültisinde 0,3 g kırmızı çamur süspansede edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde tiyofen monomerinin adsorpsiyonu için süspansede karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL CHCl_3 'da çözülmüş 5,68 g (35 mmol) FeCl_3 tiyofen/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek tiyofen polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra PT/KÇ nanokompozit katısı süzöldü ve CHCl_3 ile yıkandı. Vakum etöväünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 1,62 g olarak elde edildi.

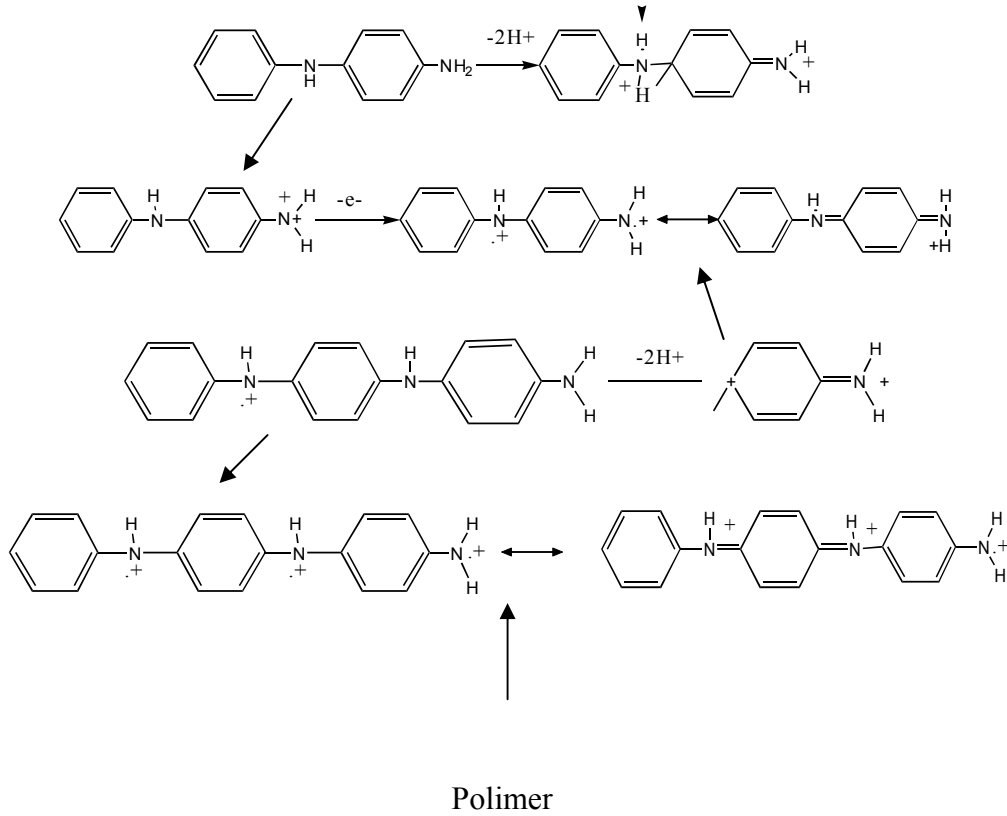
3.3.4.d. % 21 Kırmızı Çamur İçeren PT/KÇ Nanokompozitinin Sentezi

0,7 mL (8,76 mmol) tiyofen 100 mL CHCl_3 ' da çözüldü. Tiyofen çözültisinde 0,4 g kırmızı çamur süspansede edildi. Kırmızı çamur tanecikleri üzerinde tiyofen monomerinin adsorpsiyonu için süspansede karışım 2 saat karıştırıldı. 100 mL CHCl_3 'da çözülmüş 5,68 g (35 mmol) FeCl_3 tiyofen/kırmızı çamur karışımına ilave edilerek tiyofen polimerleştirildi. 24 saatlik polimerleşmeden sonra PT/KÇ nanokompozit katısı süzöldü ve CHCl_3 ile yıkandı. Vakum etöväünde 70°C 'ta 24 saat kurutuldu. Ürün 1.91 g olarak elde edildi.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

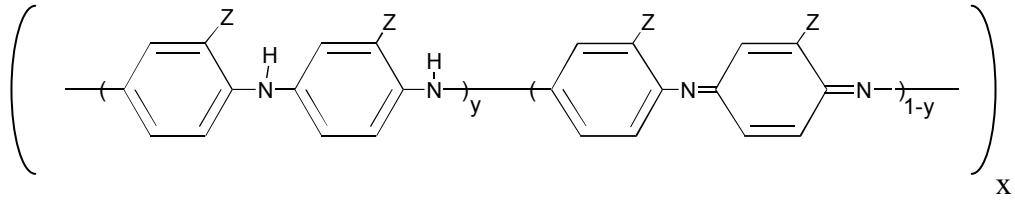
4.1. Homopolimer ve Nanokompozitlerin % Bileşim, İletkenlik ve Magnetik Suseptibilite Sonuçları

Polianilinin polimerleşme mekanizması Şekil 4.1.'de verilmiştir (Trivedi, 1997).



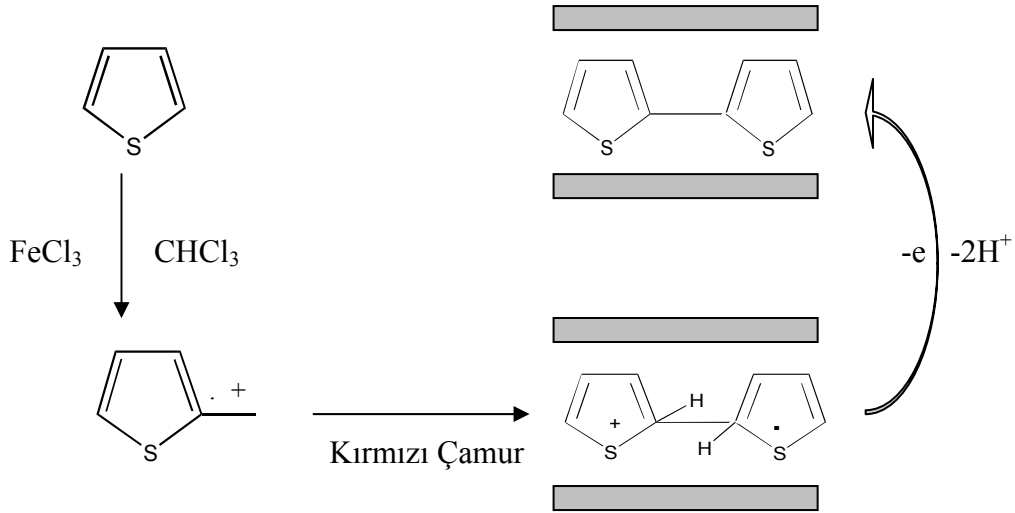
Şekil 4.1. Polianilinin polimerleşme mekanizması

Poli (o-toluidin) ve poli 2-kloranilinin mekanizması polianilinin polimerleşme mekanizmasına benzerdir. Şekil 4.2.'de her iki homopolimerin genel yapısı da verilmiştir (Z: Cl ve CH_3 gruplarını temsil etmektedir).



Şekil 4.2. Poli (o-toluidin) ve poli (2-kloranilin) yapısı

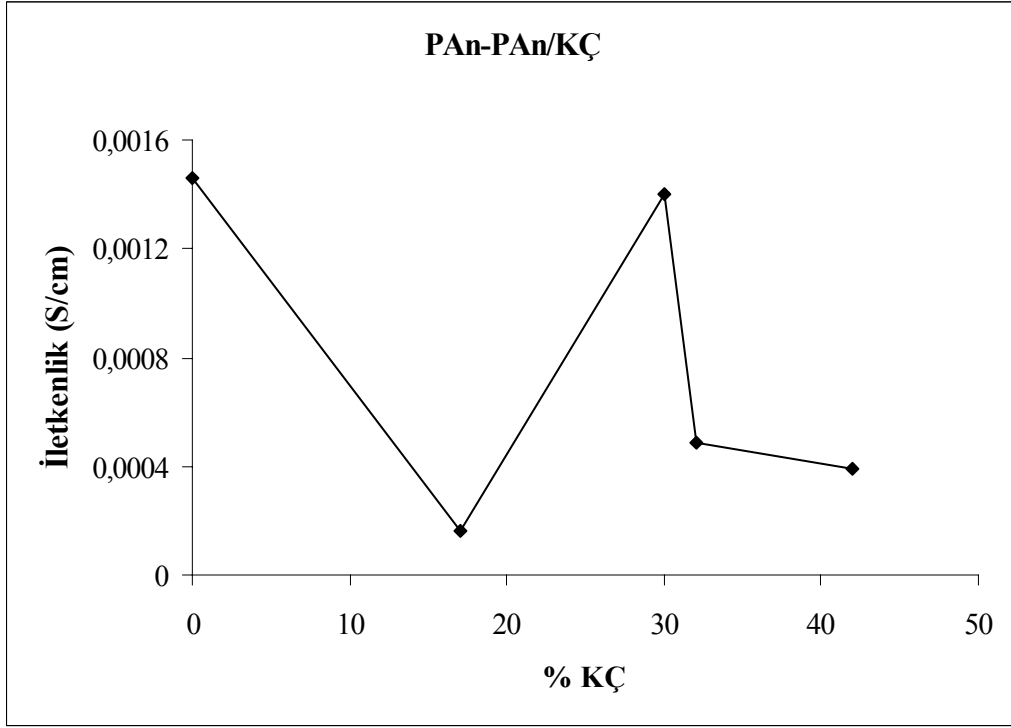
Yerinde polimerleştirilerek sentezlenen iletken polimer/kırmızı çamur nanokompozitleri için genel bir gösterim Şekil 4.3.'de verilmektedir.



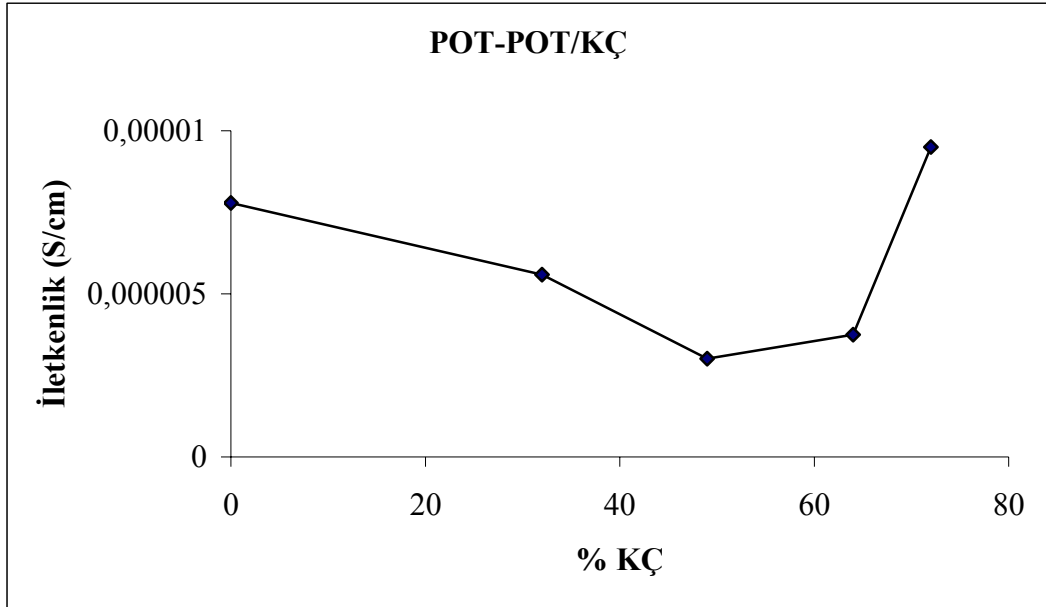
Şekil 4.3. Politiyofen/kırmızı çamur nanokompozit yapısının gösterimi

Sentezlenen homopolimer ve nanokompozitlerin değişen kırmızı çamur miktarına bağlı olarak elde edilen iletkenlik ve magnetik suseptibilite sonuçları Çizelge 4.1.'de görülmektedir. Buna göre; nanokompozit yapılarına giren kırmızı çamur miktarına göre iletkenliklerin değişimler gösterdiği, PT ve nanokompozitleri haricinde birbirine yakın değerlerin oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.4-7).

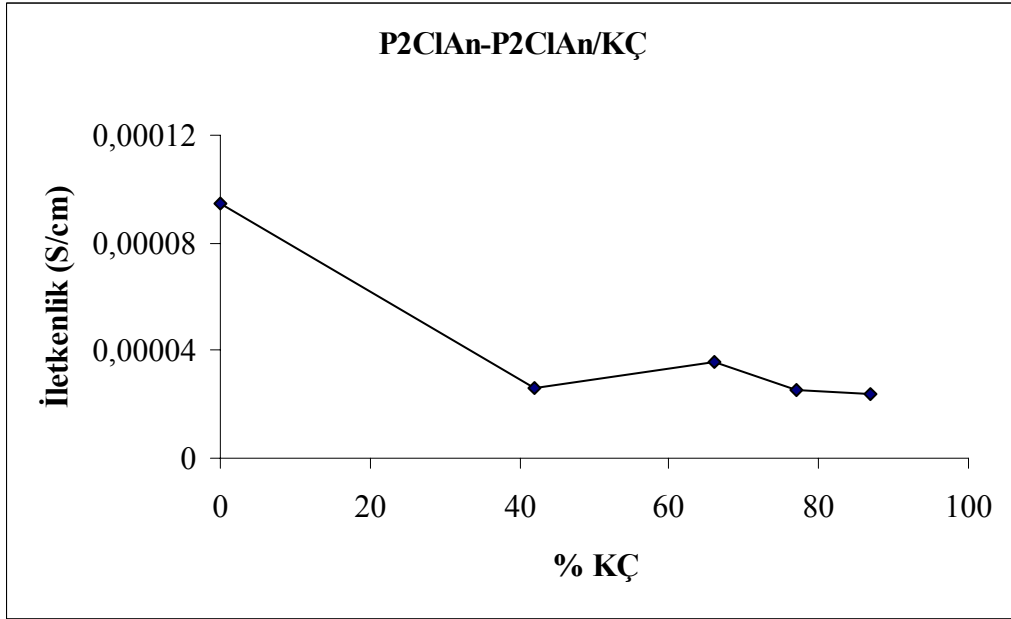
Homopolimer ve nanokompozitlerin magnetik suseptibilite değerleri incelendiğinde kırmızı çamur miktarı arttıkça pozitif değerlere doğru kaymaların olduğu (parametrik yapı), iletme mekanizmalarının polaronlar üzerinden yürüdüğü anlaşıldı.



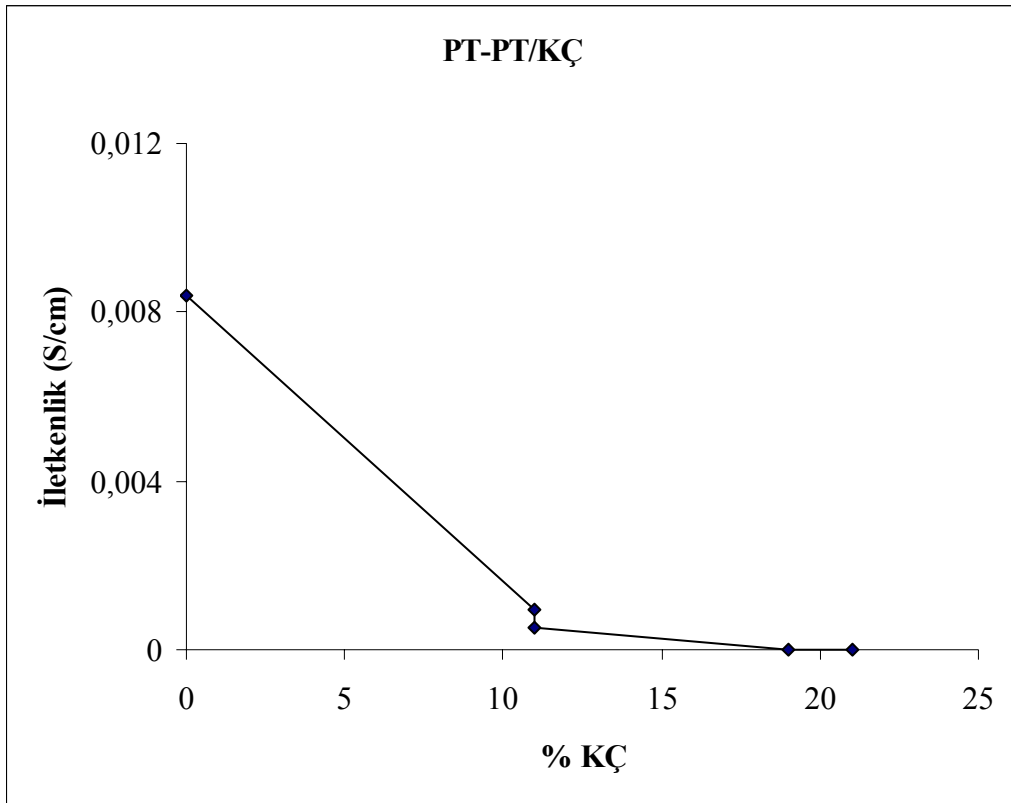
Şekil 4.4. PAn ve nanokompozitlerinin iletkenlik sonuçları grafiği



Şekil 4.5. POT ve nanokompozitlerinin iletkenlik sonuçları grafiği



Şekil 4.6. P2ClAn ve nanokompozitlerinin iletkenlik sonuçları grafiği



Şekil 4.7. PT ve nanokompozitlerinin iletkenlik sonuçları grafiği

Çizelge 4.1. İletkenlik ve magnetik suseptibilite sonuçları

Polimer	Kırmızı Çamur (g)	% polimer dönüşümü	Nanokompozitteki % Kırmızı Çamur	Kompozit Miktarı (g)	İletkenlik (S/cm)	Magnetik Suseptibilite (μ_e)* (BM)
PAn	-	93	-	0,7339	$1,46 \times 10^{-3}$	000
PAn/KÇ(1)	0,1	62	17	0,6031	$1,62 \times 10^{-4}$	002
PAn/KÇ(2)	0,2	57	30	0,6584	$1,40 \times 10^{-3}$	007
PAn/KÇ(3)	0,3	79	32	0,9396	$4,83 \times 10^{-4}$	-
PAn/KÇ(4)	0,4	69	42	0,9585	$3,89 \times 10^{-4}$	037
POT	-	137	-	1,2865	$7,78 \times 10^{-6}$	-001
POT/KÇ(1)	0,1	23	32	0,3145	$5,59 \times 10^{-6}$	017
POT/KÇ(2)	0,2	23	49	0,4115	$3,01 \times 10^{-6}$	058
POT/KÇ(3)	0,3	18	64	0,4690	$3,75 \times 10^{-6}$	019
POT/KÇ(4)	0,4	17	72	0,5547	$9,50 \times 10^{-6}$	024
P2ClAn	-	19	-	0,2115	$9,43 \times 10^{-5}$	-004
P2ClAn/KÇ(1)	0,1	12	42	0,2376	$2,59 \times 10^{-5}$	316
P2ClAn/KÇ(2)	0,2	09	66	0,3002	$3,57 \times 10^{-5}$	227
P2ClAn/KÇ(3)	0,3	08	77	0,3906	$2,56 \times 10^{-5}$	235
P2ClAn/KÇ(4)	0,4	06	87	0,4615	$2,40 \times 10^{-5}$	121
PT	-	182	-	1,3400	$8,40 \times 10^{-3}$	102
PT/KÇ(1)	0,1	113	11	0,9363	$9,70 \times 10^{-4}$	128
PT/KÇ(2)	0,2	221	11	1,8282	$5,09 \times 10^{-4}$	160
PT/KÇ(3)	0,3	179	19	1,6158	$1,25 \times 10^{-5}$	80
PT/KÇ(4)	0,4	205	21	1,9111	$7,21 \times 10^{-6}$	154

μ_e^* : Etkin magnetik moment

BM:Bohr magneton

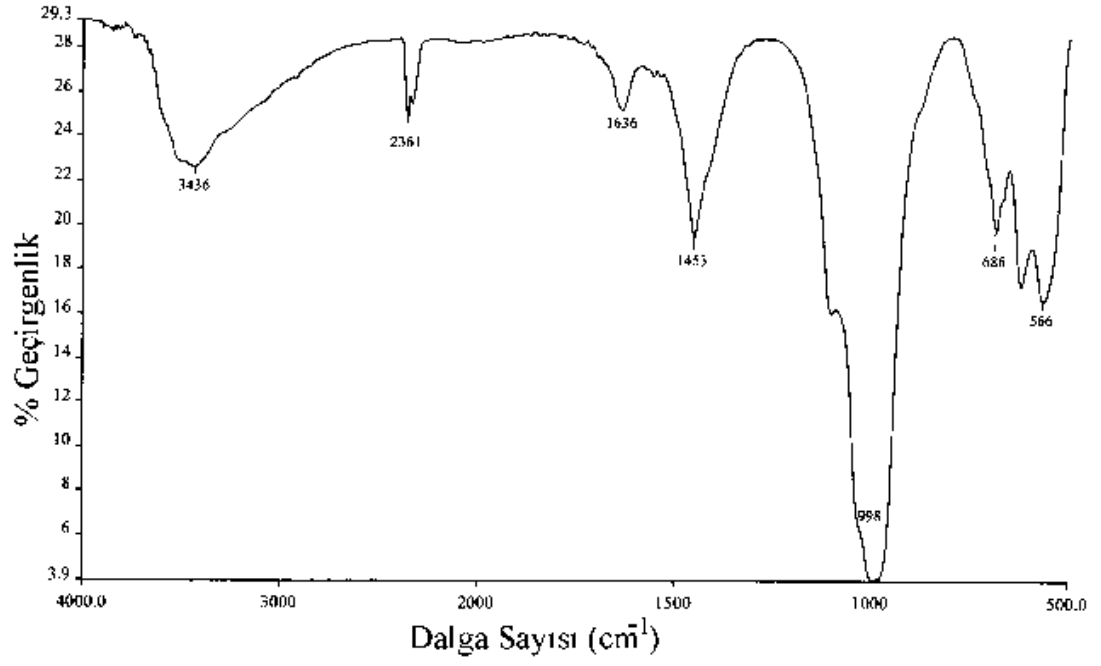
4.2. FTIR Sonuçları

4.2.1. PAn ve PAn/KÇ Nanokompozitlerinin FTIR Sonuçları

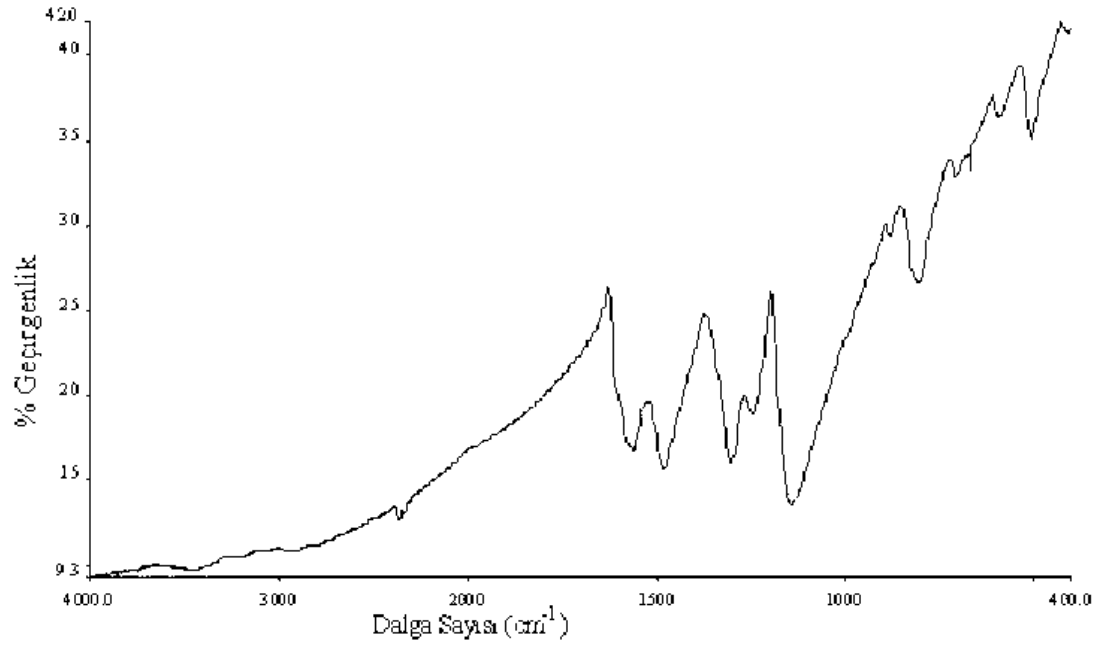
PAn ve PAn/KÇ nanokompozitinin FTIR spektrumu Şekil 4.9-10'da görülmektedir. 804 ve 1143 cm^{-1} 'de görülen bandlar düzlem dışı C – H eğilme titreşimlerini, 1303 cm^{-1} bandı ise düzlem dışı C – N eğilme titreşimi; 1479 cm^{-1} bandı benzen halkalarındaki C = C gerilmesine, 1560 cm^{-1} bandı ise kinon halkalarındaki C = C gerilmesine karşılık gelmektedir (Morales vd., 1997; Paula vd., 2004).

PAn/KÇ(1) nanokompozitinin FTIR spektrumunda görülen 507 cm^{-1} bandı kırmızı çamura aittir. C – H eğilme titreşimleri 804 ve 1147 cm^{-1} , C – N eğilme titreşimi 1302 cm^{-1} 'de olmakla birlikte, nanokompozitte 1479 cm^{-1} bandının 1489 cm^{-1} 'e 1560 cm^{-1} 'deki bandın ise 1568 cm^{-1} 'e kaydığı görülmektedir (Anaissi vd., 2003; Deng vd., 2002).

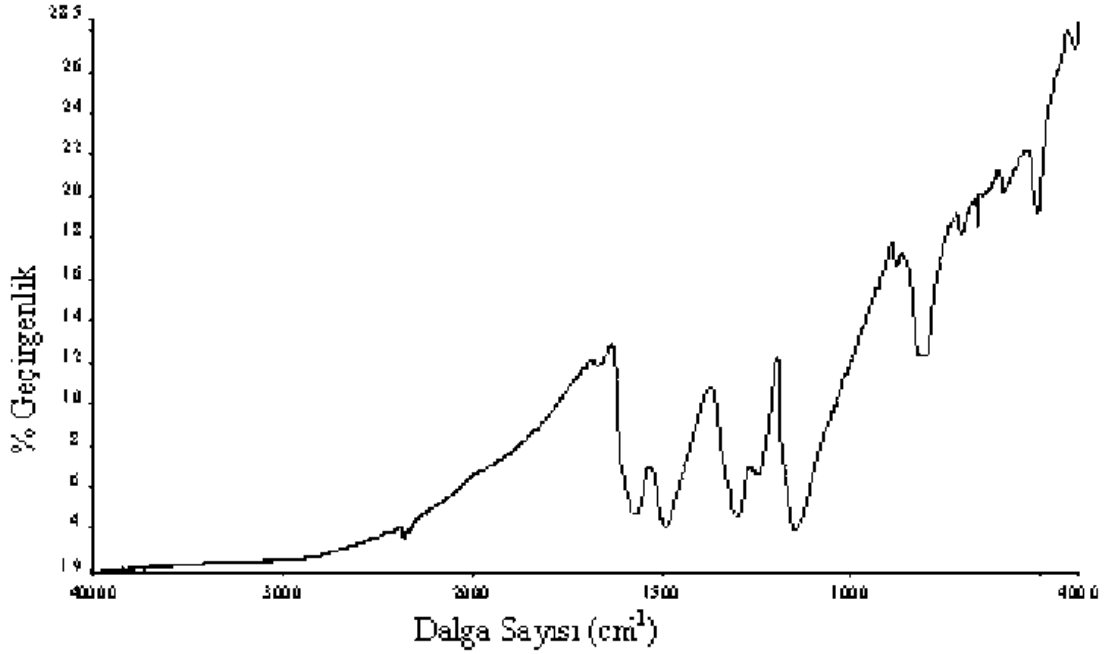
Nanokompozit spektrumunda görülen bandların dalga sayılarının kayması polianilin ile kırmızı çamurun etkileştiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar PAn/CdS ve PAn/FeO₂ nanokompozitlerinin FTIR spektrumlarında da elde edilmiştir (Chandrankanthi, 2002).



Şekil 4.8. KÇ'un FTIR spektrumu



Şekil 4.9. PAn'in FTIR spektrumu



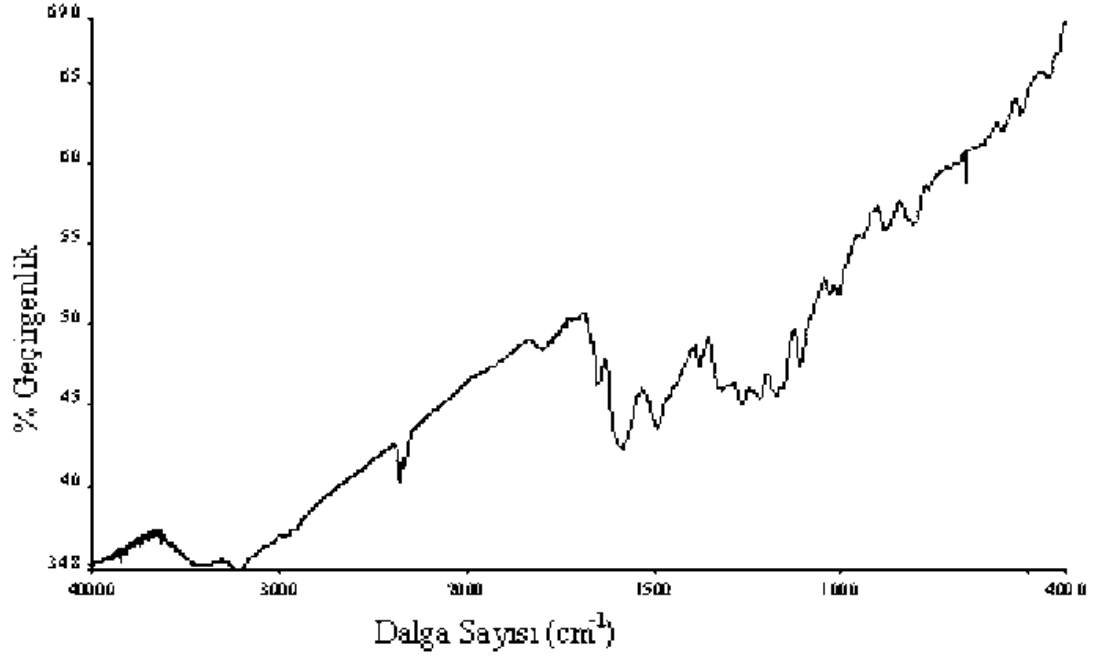
Şekil 4.10. PAn/KÇ(1) nanokompozitinin FTIR spektrumu

4.2.2. POT ve POT/KÇ Nanokompozitlerinin FTIR Sonuçları

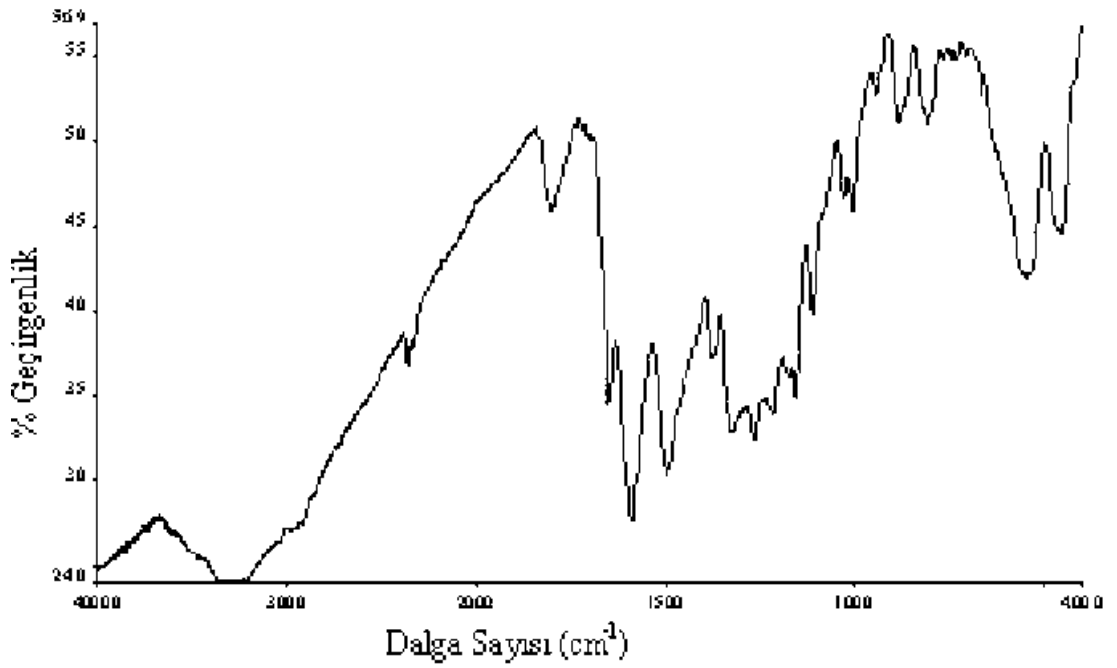
POT ve POT/KÇ nanokompozitinin FTIR spektrumları Şekil 4.11-12'de görülmektedir.

POT'in FTIR spektrumunda 1488 cm^{-1} ve 1586 cm^{-1} 'de görülen pikler sırasıyla benzen ve kinon halkalarındaki $C=C$ gerilmelerini göstermektedir.

POT/KÇ(4) nanokompozitinin spektrumunda bu pikler sırasıyla 1495 ve 1589 cm^{-1} 'e kaymıştır. 454 ve 544 cm^{-1} 'de görülen pikler kırmızı çamurun karakteristik pikleridir ki bu da nanokompozit yapısında hem POT'in hem de kırmızı çamurun varlığını göstermektedir.



Şekil 4.11. POT'in FTIR spektrumu



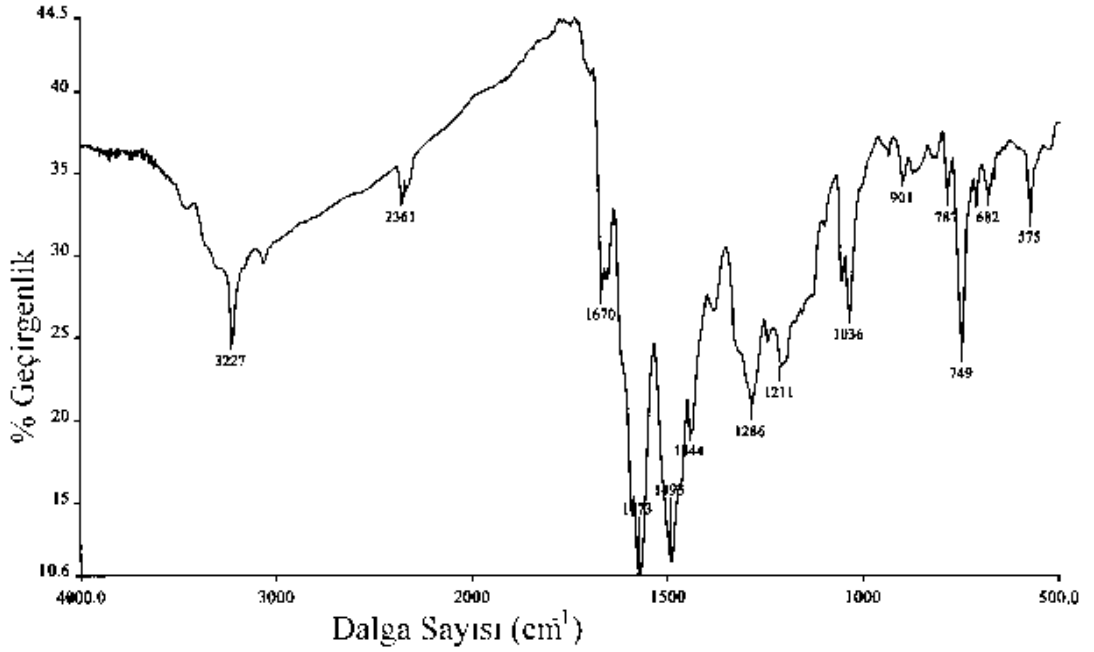
Şekil 4.12. POT/KÇ(4) nanokompozitinin FTIR spektrumu

4.2.3. P2ClAn ve P2ClAn/KÇ Nanokompozitlerinin FTIR Sonuçları

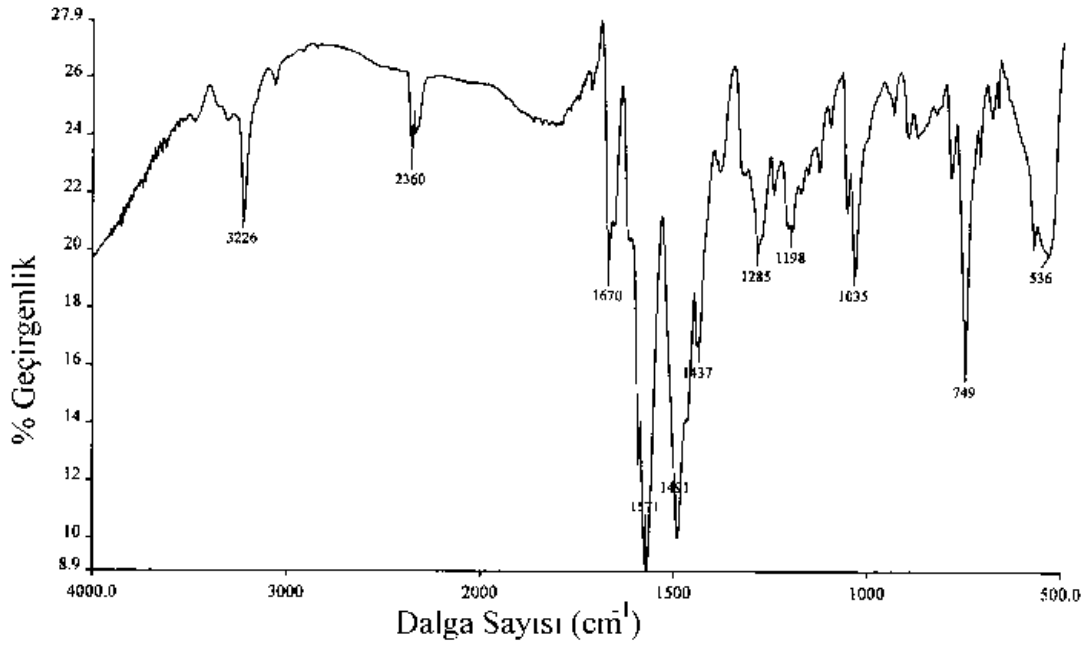
P2ClAn ve P2ClAn/KÇ(2) nanokompozitinin FTIR spektrumları Şekil 4.13-14'de görülmektedir.

FTIR spektrumunda 1286 cm^{-1} 'de C – N gerilme, 1493 ve 1573 cm^{-1} 'de N – H eğilme ve 3227 cm^{-1} 'de N – H gerilme titreşimleri P2ClAn için karakteristiktir.

Nanokompozitte görülen 532 cm^{-1} bandı kırmızı çamur için karakteristiktir. Burada 1211 ve 1573 cm^{-1} 'deki N = Q = N piklerinin sırasıyla 1198 ve 1571 cm^{-1} 'e kaydığı görülmektedir.



Şekil 4.13. P2ClAn'ın FTIR spektrumu



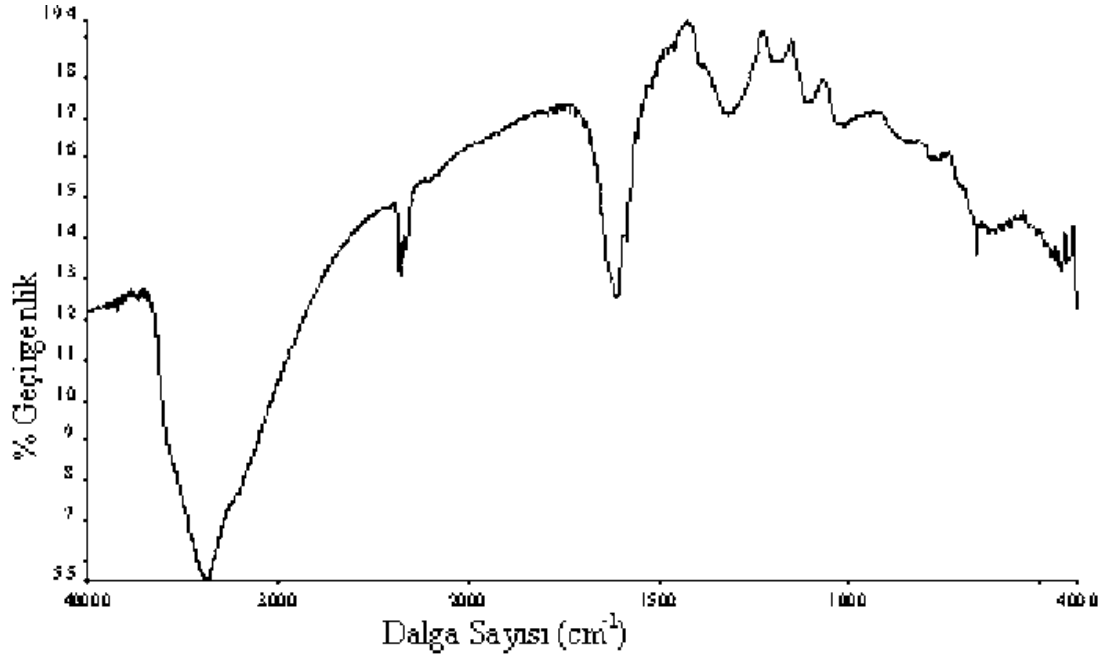
Şekil 4.14. P2ClAn /KÇ(2) nanokompozitinin FTIR spektrumu

4.2.4. PT ve PT/KÇ Nanokompozitlerinin FTIR Sonuçları

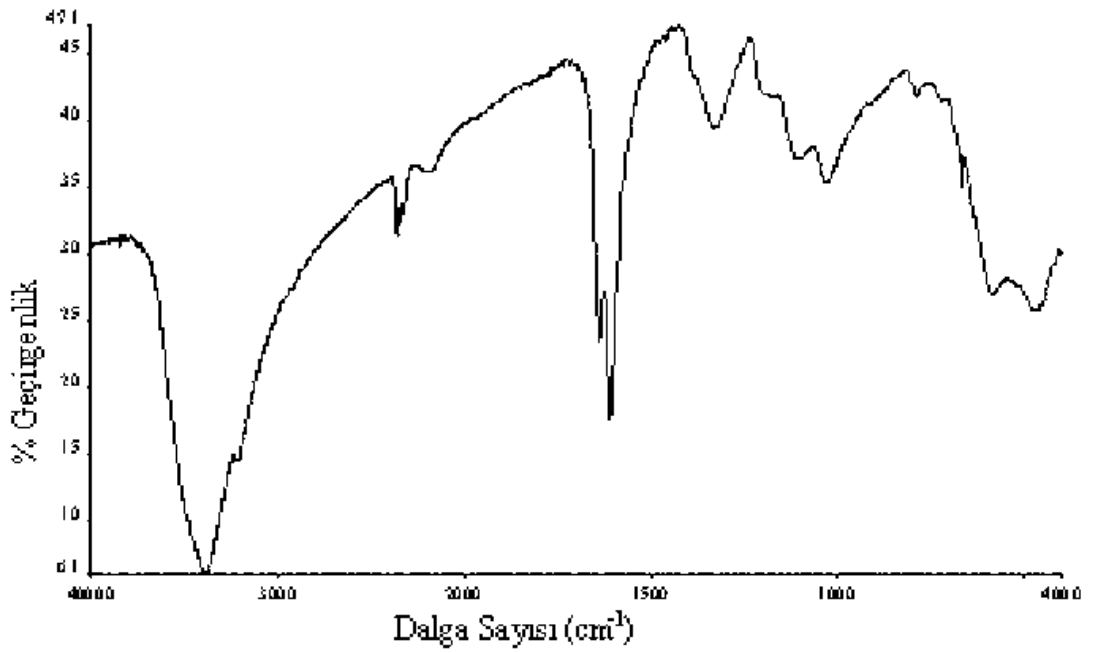
PT ve PT/KÇ(4) nanokompozitinin spektrumuna ait bandlar Şekil 4.15-16'da görülmektedir.

PT'in 661 cm^{-1} 'deki C – S gerilme piki karakteristiktir (Toshima ve Hara, 1995; Ballav vd., 2003). 1609 cm^{-1} 'de görülen band C = C halka eğilme titreşimine, 3391 cm^{-1} bandı ise C – H gerilme titreşimine karşılık gelmektedir.

Nanokompozitin FTIR spektrumunda hem kırmızı çamurdan hem de PT'den gelen piklerin olduğu görülmektedir. Kırmızı çamur piki 470 cm^{-1} 'de, PT pikleri ise 1608 , 1639 ve 3392 cm^{-1} 'de görülmektedir (Şankır, 2001; Şankır vd., 2003).



Şekil 4.15. PT'in FTIR spektrumu



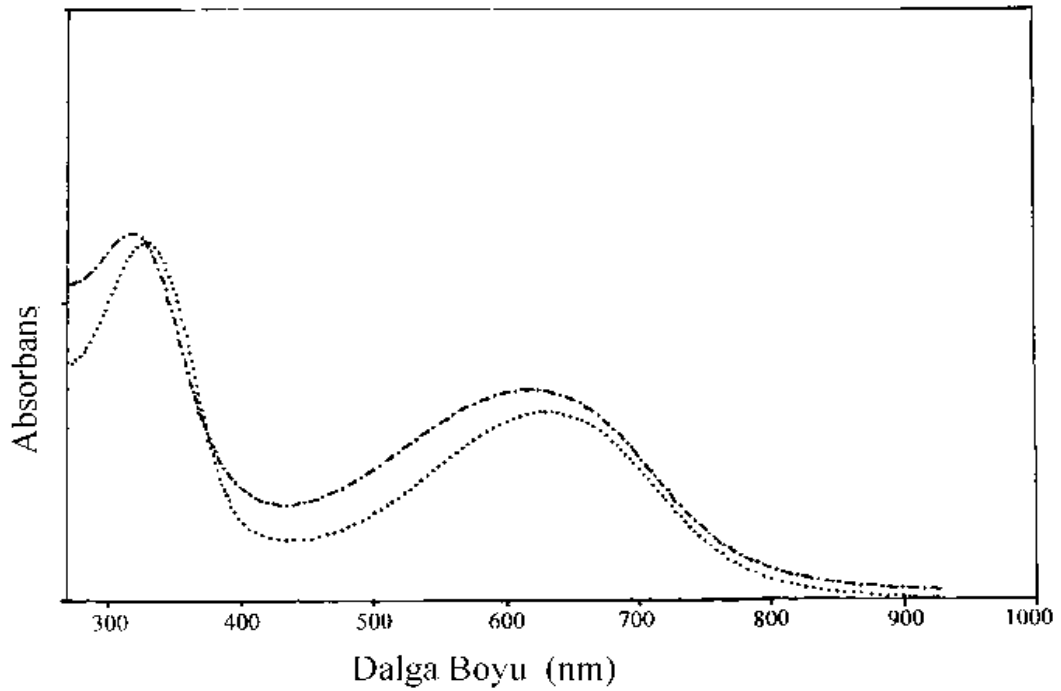
Şekil 4.16. PT/KÇ(4) nanokompozitinin FTIR spektrumu

4.3. Ultraviyole Görünür Bölge Spektrofotometresi (Uv-Vis) Sonuçları

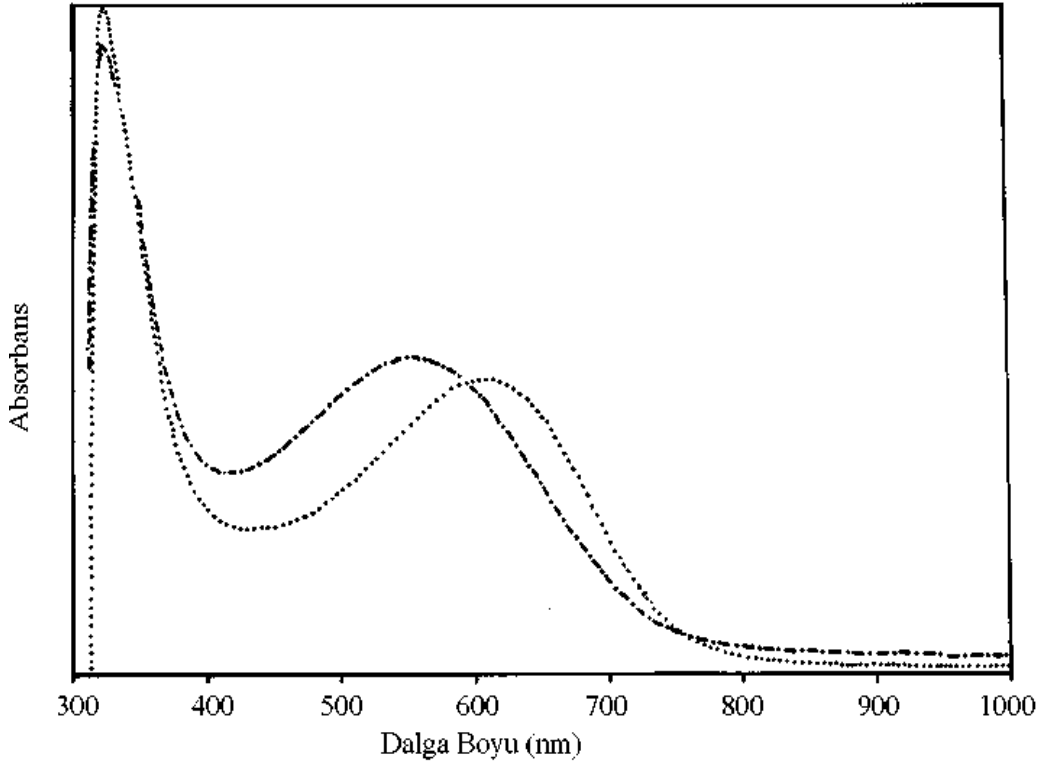
Homopolimer ve nanokompozitlerin Uv-Vis bandları Şekil 4.17-20'de görülmektedir.

Spektrumlarda ilk band (λ_1) benzen halkalarındaki $\pi \rightarrow \pi^*$ geçişlerine, ve ikinci band (λ_2) ise $n \rightarrow \pi^*$ geçişlerine karşılık gelmektedir. Spektrumlardan elde edilen maksimum absorbans dalga boyları Çizelge 4.2.'de listelenmiştir.

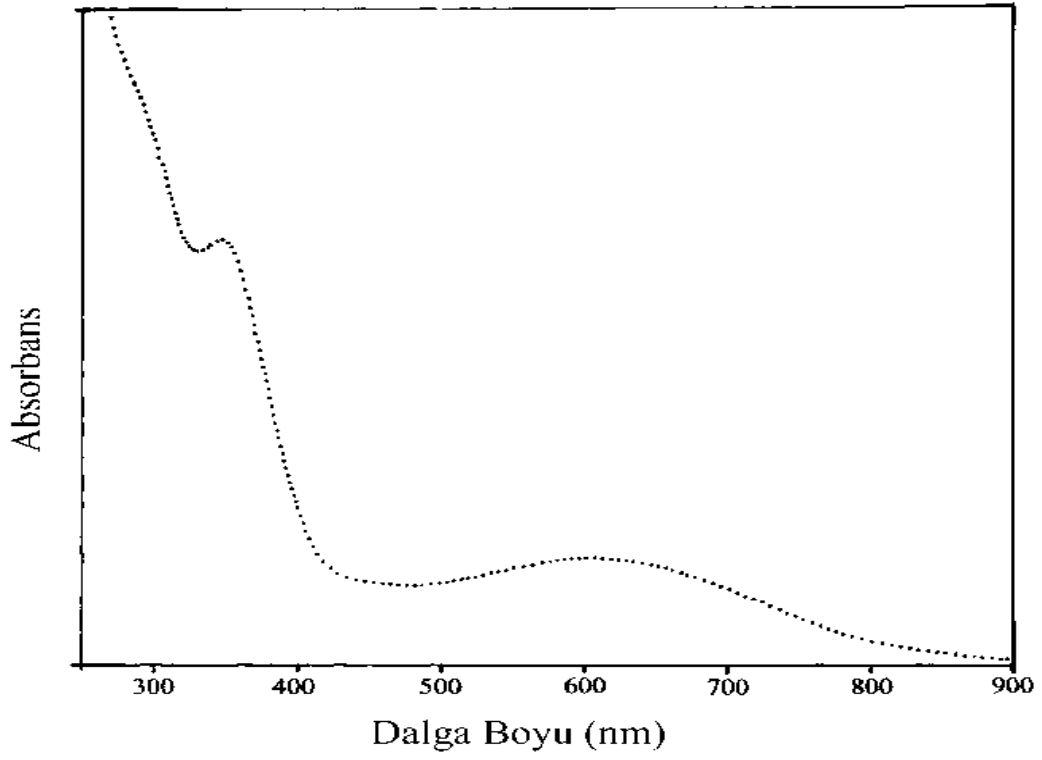
Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi nanokompozitlerde λ_1 ve λ_2 daha kısa dalga boylarına kaymaktadır. Bu da kırmızı çamurun polimer yapısındaki konjugasyon derecesini düşürdüğünü gösterir ki sonuçlar iletkenlik azalışı ile uyumludur (Çizelge 4.1.).



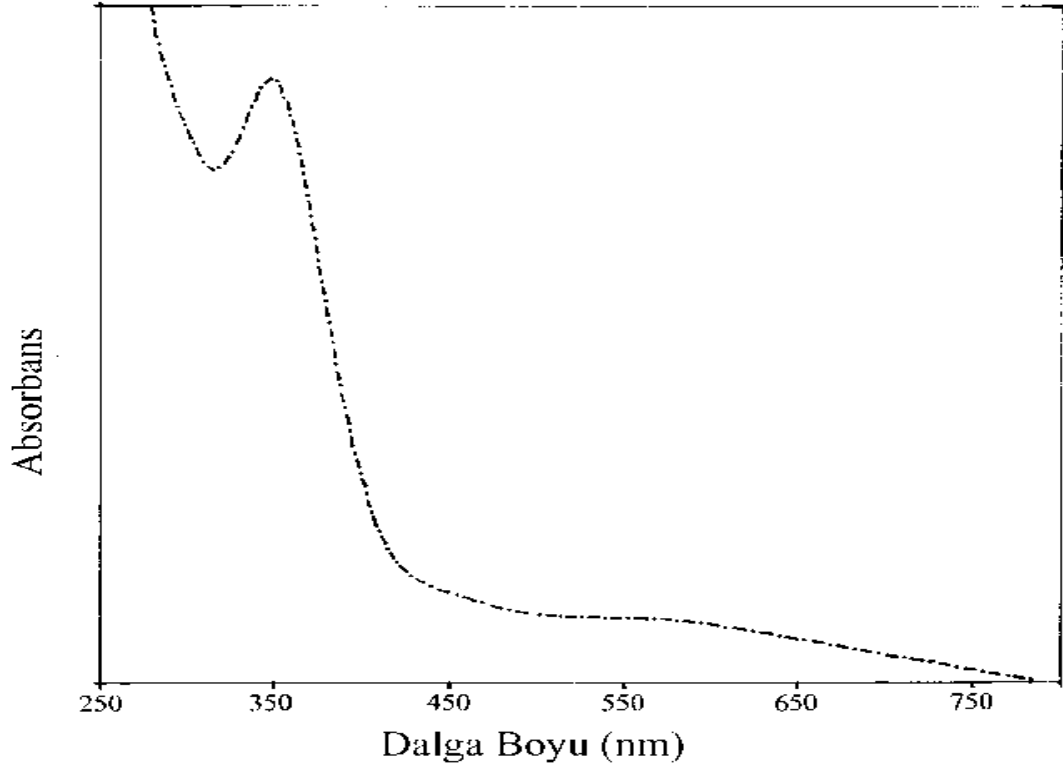
Şekil 4.17. PAn ve PAn/KÇ(4) nanokompozitinin Uv-Vis spektrumları



Şekil 4.18. POT ve POT/KÇ(2) nanokompozitinin Uv-Vis spektrumları



Şekil 4.19. P2ClAn'ın Uv-Vis spektrumu



Şekil 4.20. P2ClAn / KÇ(2) nanokompozitinin Uv-Vis spektrumu

Çizelge 4.2. Polimerlerin maksimum absorbands dalga boyları

Polimer	λ_1 (nm)	λ_2 (nm)
PAn	320	620
PAn/KÇ(4)	313	585
POT	325	607
POT/KÇ(2)	325	550
P2ClAn	348	606
P2ClAn / KÇ(2)	347	574

4.4. TGA Sonuçları

Sentezlenen homopolimer ve nanokompozitlerin termal özelliklerini incelemek amacıyla TGA analizleri yapıldı. TGA eğrileri Şekil 4.21-29'da verilmektedir. Eğrilerden elde edilen bozunma sıcaklıkları da Çizelge 4.3'de verilmiştir.

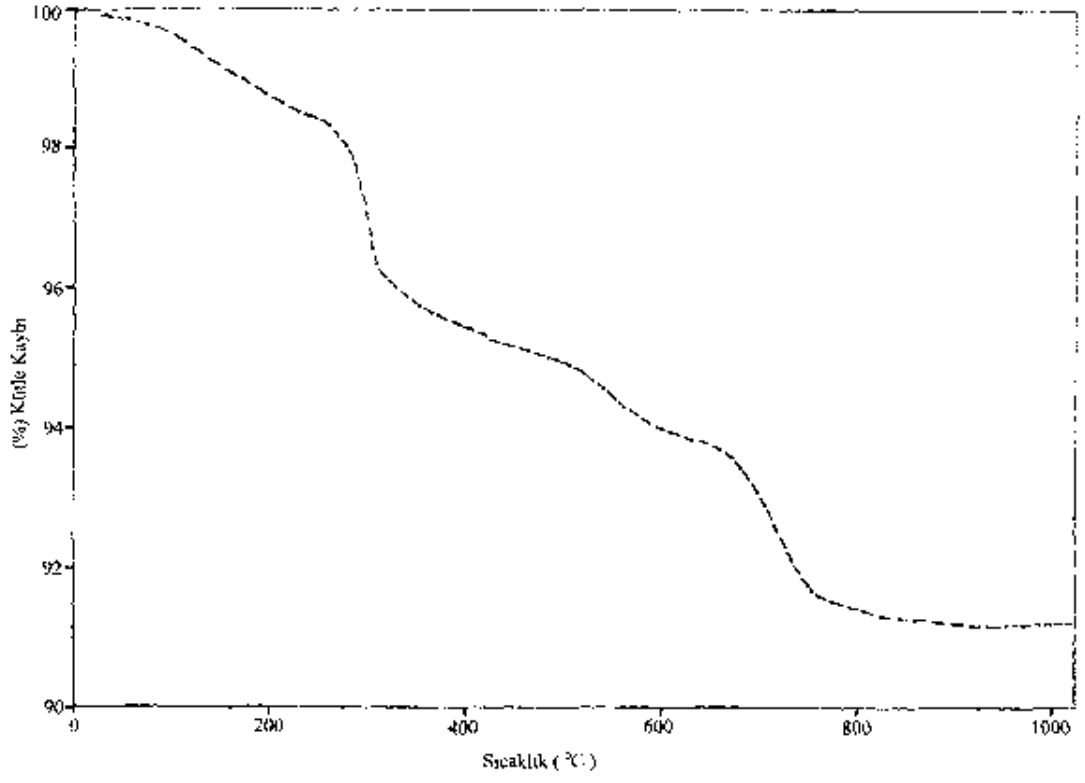
Kırmızı çamurda görülen %9'luk kütle kaybı yapıdaki safsızlıklardan kaynaklanmaktadır (Rao, 2003).

Homopolimer ve nanokompozitlerin bozunma basamakları incelendiğinde PAn ve PAn/KÇ(4), P2ClAn ve P2ClAn/KÇ(2), POT ve POT/KÇ(2)'un iki basamaklı bozunma, PT ve PT/KÇ(4)'ün dört basamaklı bozunma gösterdiği görülmektedir. PAn, PAn/KÇ(4), POT, POT/KÇ(4), P2ClAn ve P2ClAn/KÇ(2) da 52-72°C sıcaklıklarda görülen ilk kütle kaybı polimer yapısında absorblanmış nem, çözücü, monomer gibi düşük mol kütleli birimlerin uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır (Biswas ve Ballav, 2004).

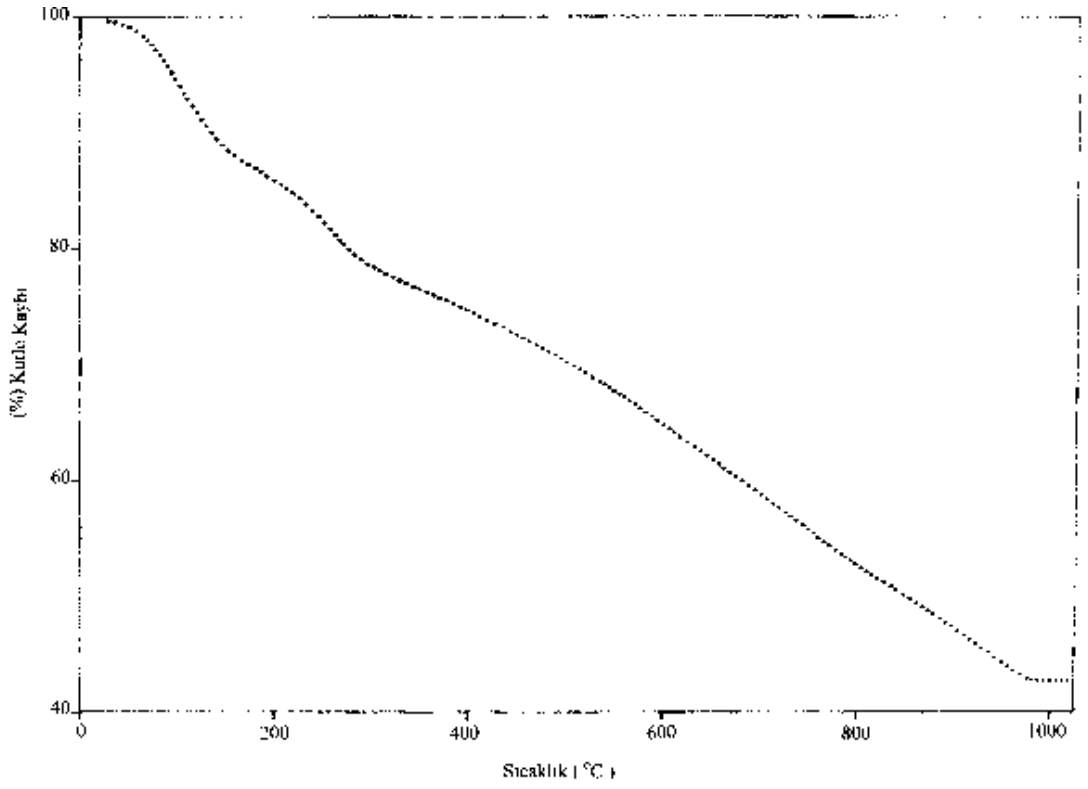
İkinci bozunma sıcaklığında polimer yapısındaki dopant anyonlar uzaklaşarak polimer yapısı bozunmaya başlamaktadır.

PT ve PT/KÇ(4) nanokompozitinin bozunma sıcaklığı incelendiğinde dört basamaklı bir bozunma görünmektedir. Düşük sıcaklıkta (67°C'de) çözücü ve monomer gibi düşük mol kütleli yapılar uzaklaşırken ikinci basamakta dopant anyonları polimer zincirinden uzaklaşmaktadır. Üçüncü ve dördüncü basamakta polimer zincirleri bozunarak polimerin termal parçalanması gerçekleşmektedir (Biswas ve Ballav, 2003).

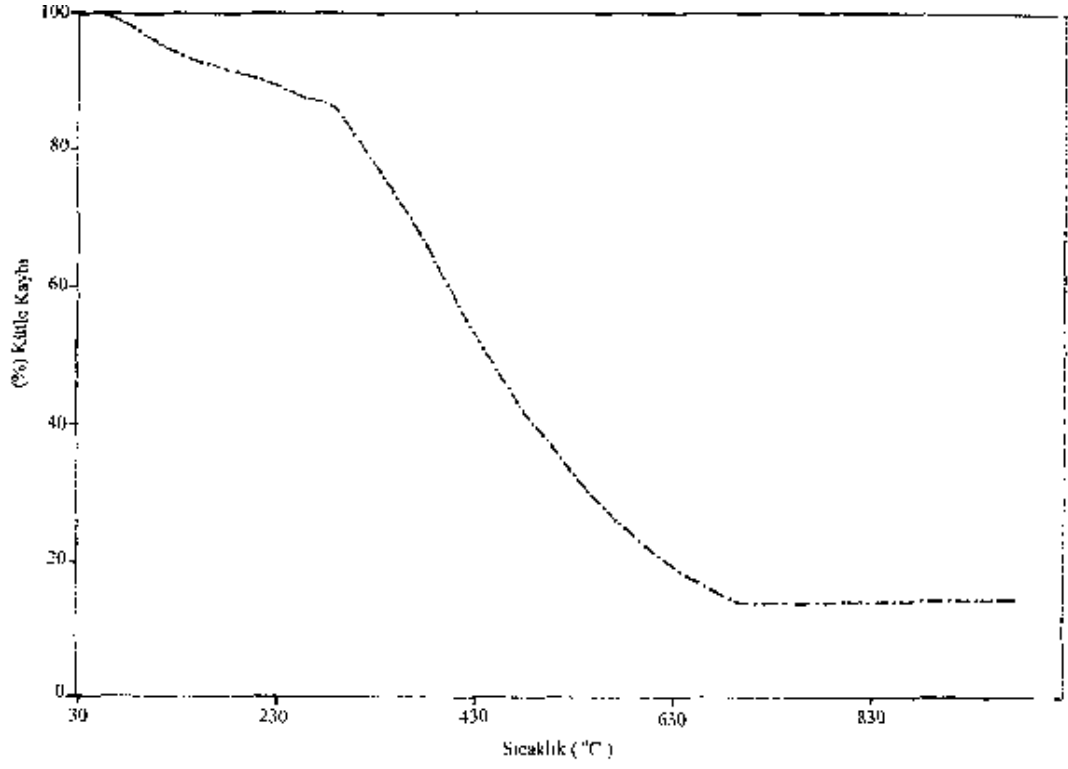
Homopolimer ve kompozitlerin başlangıç bozunma sıcaklıkları karşılaştırıldığında genel olarak nanokompozitlerde termal kararlılığın arttığı görülmektedir (POT ve kompoziti hariç). Bu da kırmızı çamur içerisinde iletken polimerlerin oluştuğunu ve uygun karışımlar verdiğini göstermektedir (Biswas ve Ballav, 2004).



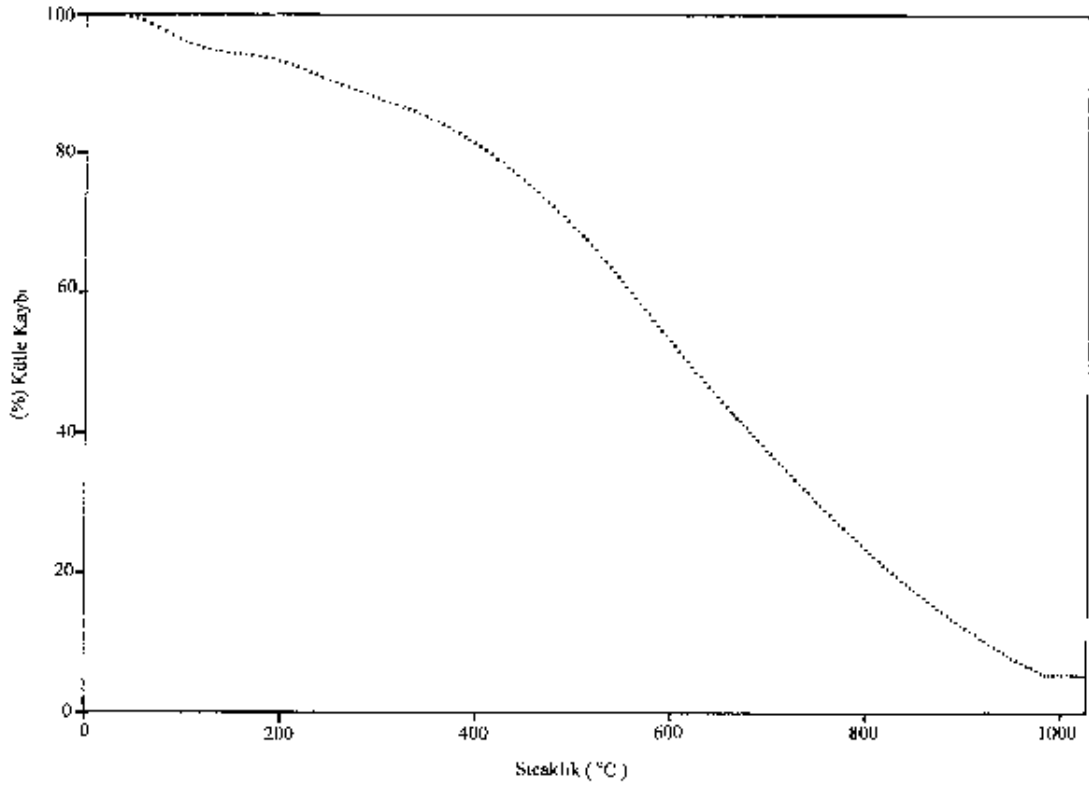
Şekil 4.21. KÇ'un TGA eğrisi



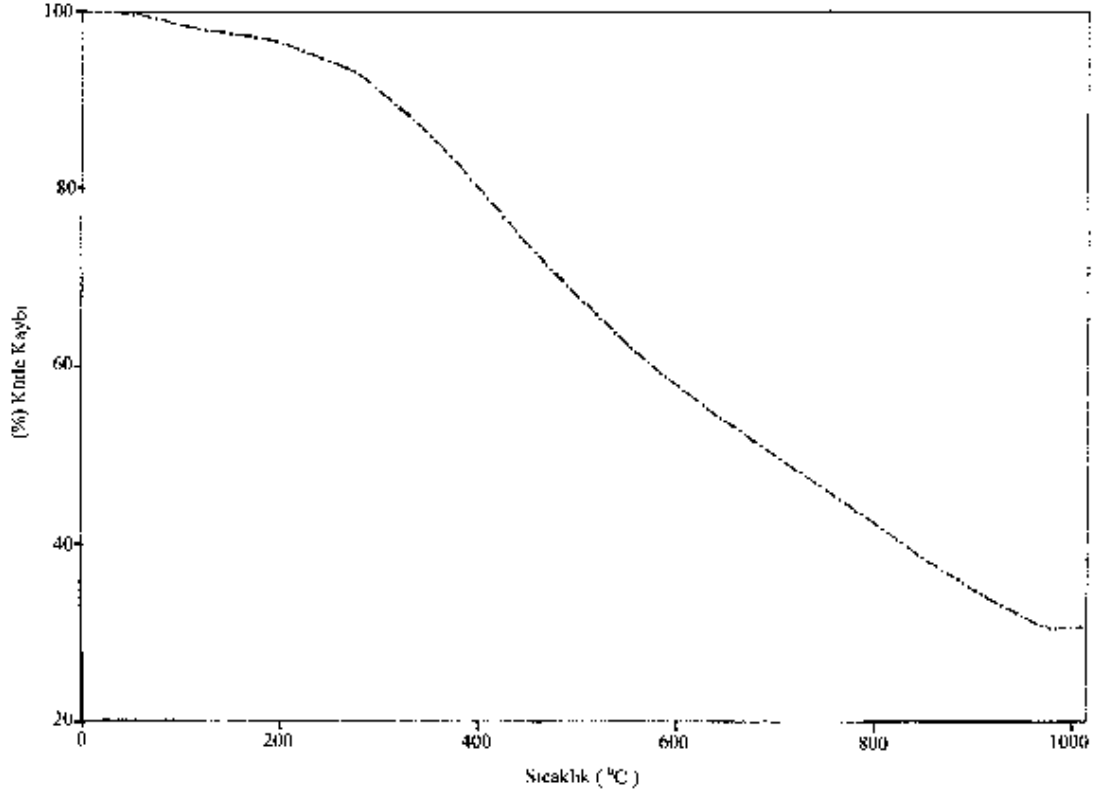
Şekil 4.22. PAn'in TGA eğrisi



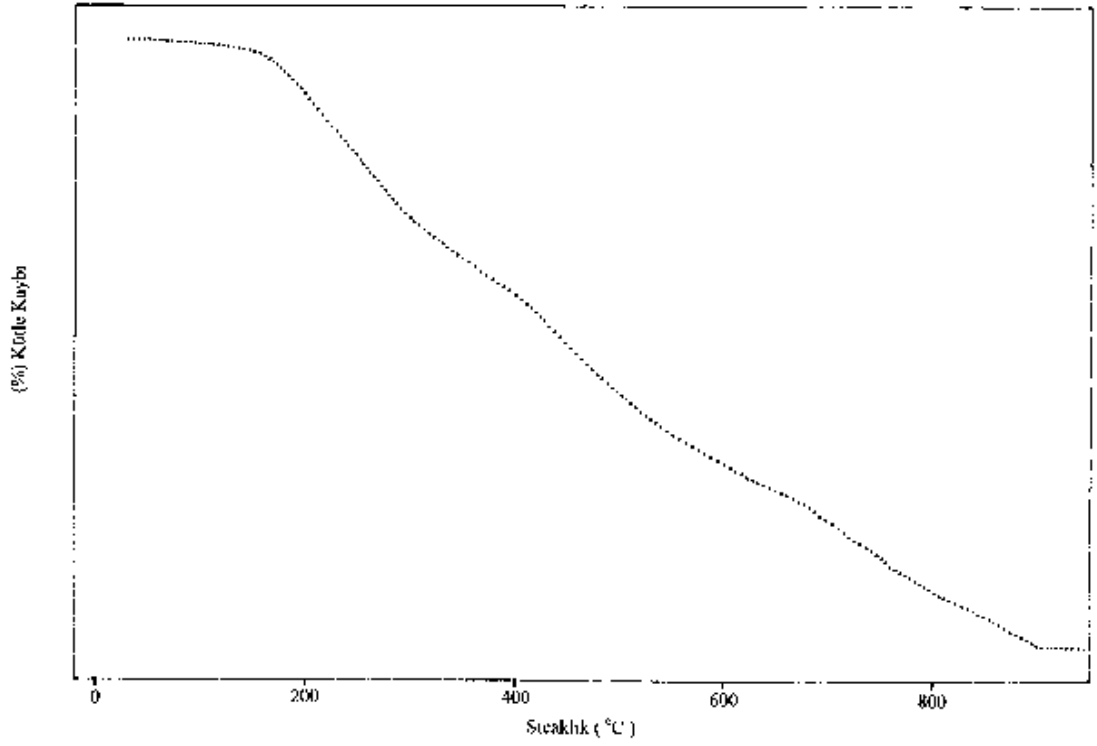
Şekil 4.23. PAN/KÇ(4) nanokompozitinin TGA eğrisi



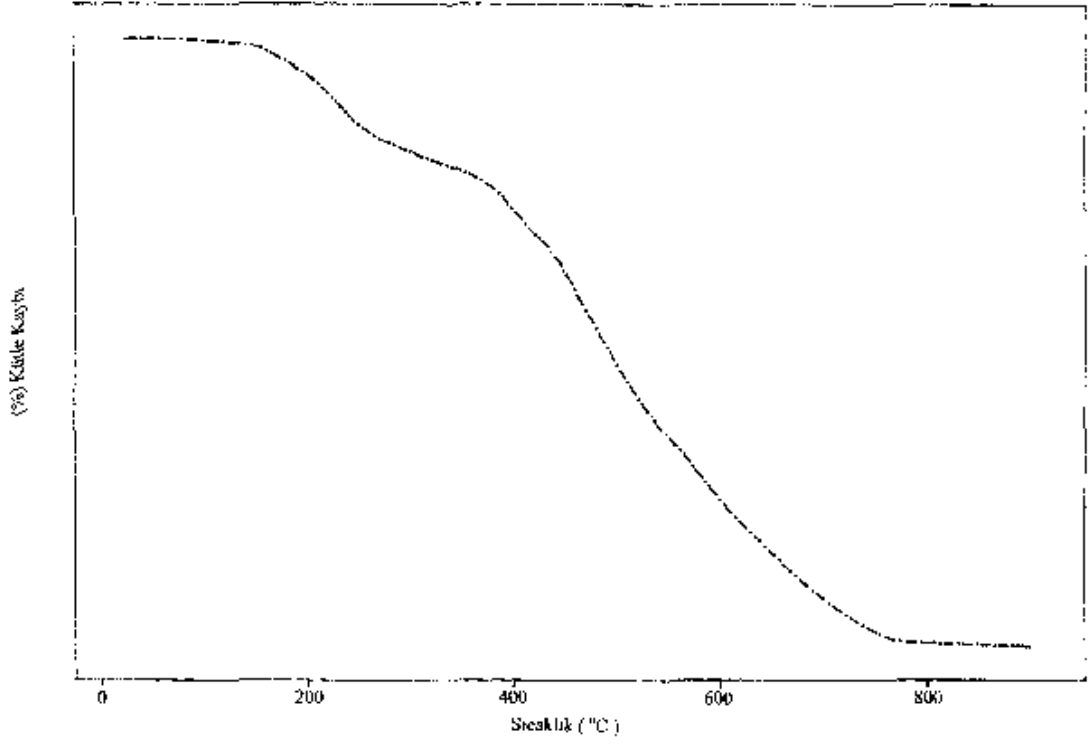
Şekil 4.24. POT'in TGA eğrisi



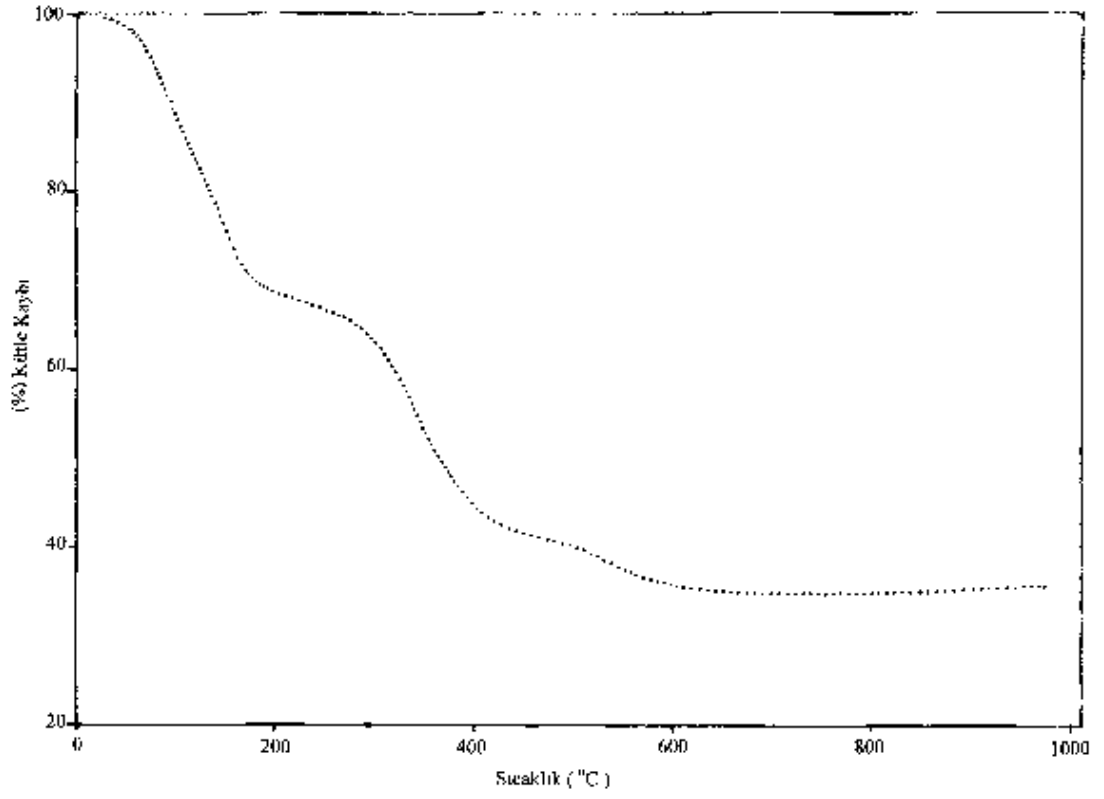
Şekil 4.25. POT/KÇ(2) nanokompozitinin TGA eğrisi



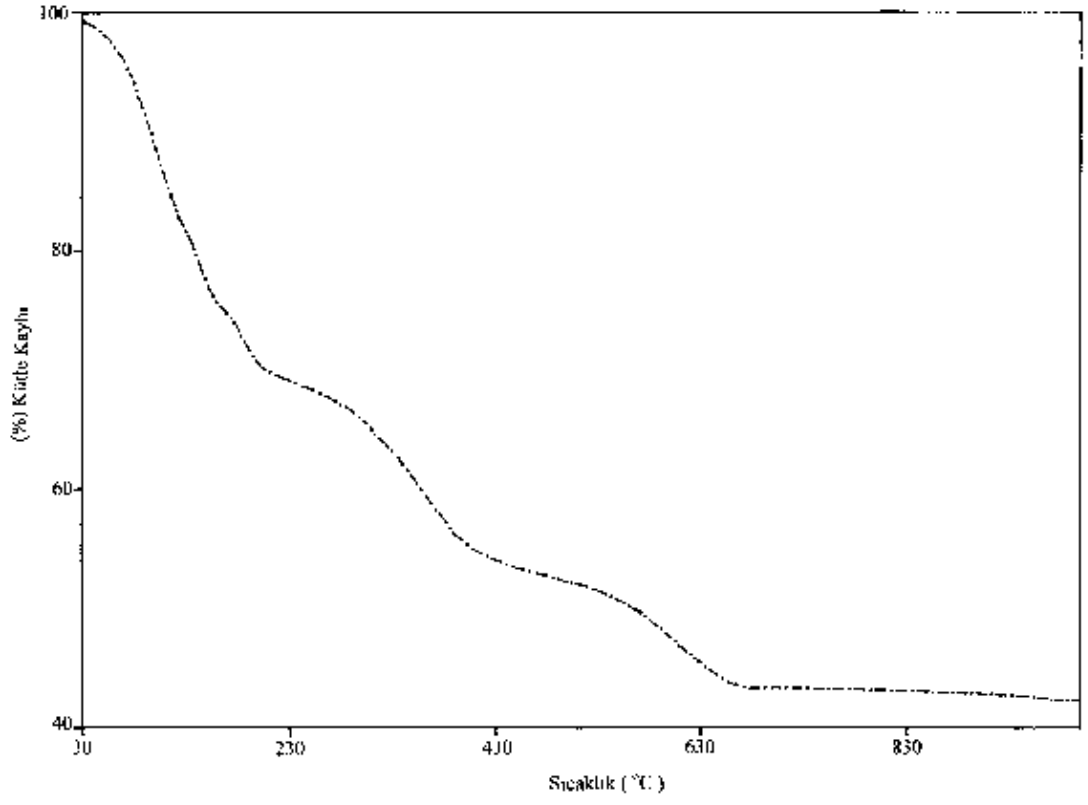
Şekil 4.26. P2ClAn'ın TGA eğrisi



Şekil 4.27. P2ClAn/KÇ(2) nanokompozitinin TGA eğrisi



Şekil 4.28. PT'in TGA eğrisi



Şekil 4.29. PT/KÇ (4) nanokompozitinin TGA eğrisi

Çizelge 4.3. TGA sonuçları

Örnek Adı	Bozunma Sıcaklıkları (°C)				% Kalan
	T _b	T _m	T _s	T _(1/2)	
KÇ	91	157	221	371	91
	276	310	343		
	514	552	588		
	679	721	762		
PAn	67	100	138	381	43
	223	260	279		
PAn/KÇ(4) (58/42) (% m/m)	67	95	118	411	14
	295	491	686		
POT	55	86	114	600	06
	200	576	943		
POT/KÇ(2) (51/49) (% m/m)	72	95	119	526	31
	195	526	948		
P2ClAn	169	235	305	442	38
	429	500	563		
P2ClAn/KÇ(2) (49/51) (% m/m)	174	222	259	490	17
	380	530	693		
PT	67	119	171	271	35
	172	238	302		
	302	352	400		
	400	493	586		
PT/KÇ(4) (79/21) (% m/m)	67	135	204	332	42
	205	304	407		
	407	488	565		
	565	611	658		

T_b: Bozunmanın başlangıç sıcaklığı

T_m: Maksimum bozunma sıcaklığı

T_s: Bozunmanın sonlandığı sıcaklık

4.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Sonuçlar

Kırmızı çamur, PAn, PAn/KÇ(4), POT, POT/KÇ(2), P2ClAn, P2ClAn/KÇ(2)'nin SEM mikrografları Şekil 4.30-38'de görülmektedir.

Şekil 4.30.a-b'de kırmızı çamurun ince tanecikli bir morfolojiye sahip olduğu ve tanecik boyutunun yaklaşık 1µm'den daha küçük olduğu görülmektedir.

PAn homopolimerinin ve PAn/KÇ(4) nanokompozitinin SEM mikrografları incelendiğinde (Şekil 4.31-32) PAn' deki ince sık istiflenmiş küresel yapıların, nanokompozitte oldukça yoğunlaştığı dikkati çekmektedir.

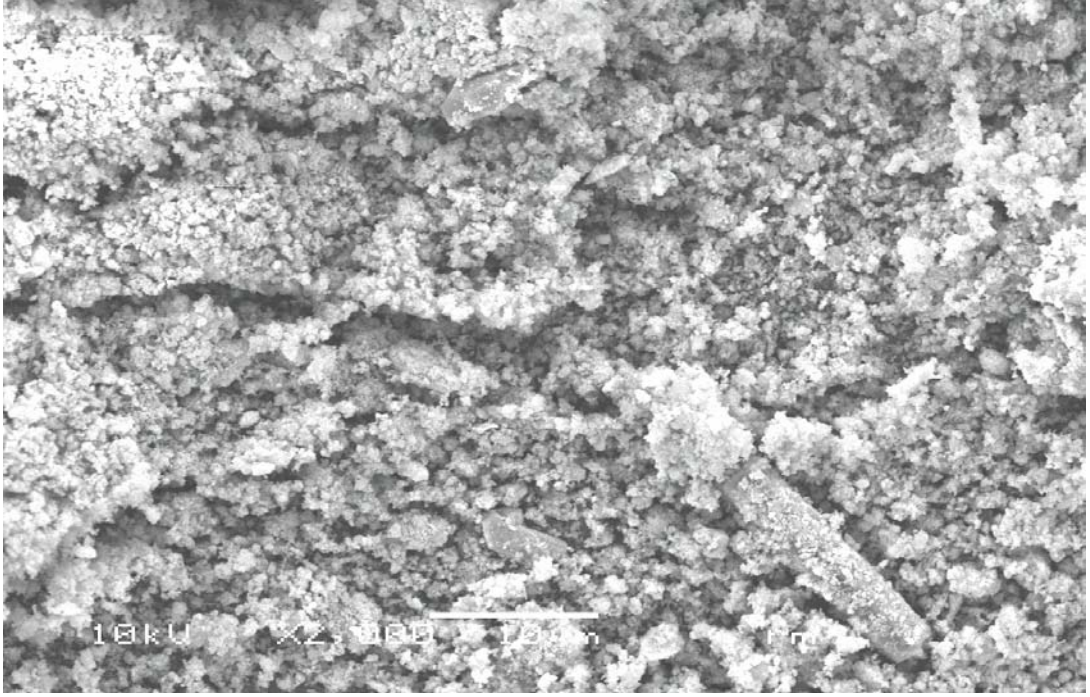
POT ve POT/KÇ(2)'nin SEM fotoğrafları Şekil 4.33-34'de görülmektedir. Yapılar birbirine benzemekle birlikte nanokompozitte daha ince tanecikli yapıların arttığı görülmektedir.

Şekil 4.35-36. P2ClAn ve P2ClAn/KÇ(2)'nin yüzey mikrografını göstermektedir. P2ClAn yapısı farklı boyutlarda parçalanmış tabakalı bir yapıya sahiptir. Nanokompozit yapısında bu tabakalar içine kırmızı çamur taneciklerinin girdiği yüzey fotoğrafından açıkça görülmektedir.

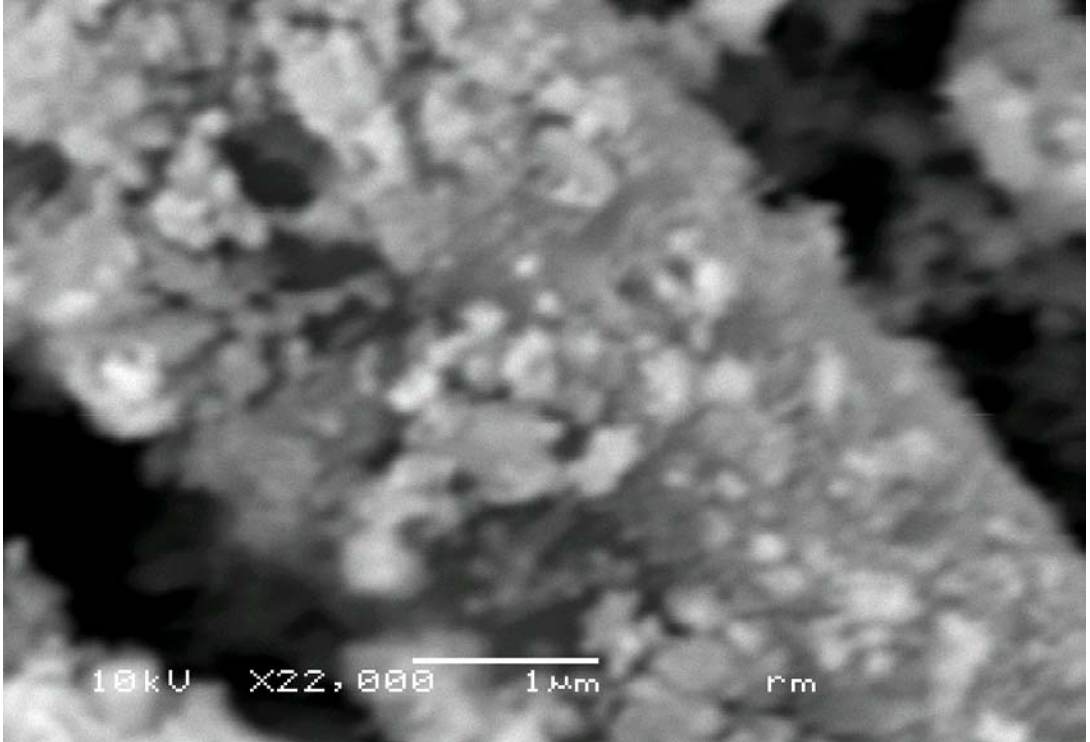
Şekil 4.37'deki PT fotoğrafı da sık istiflenmiş iri tanecikli bir yapı göstermektedir.

Nanokompozitinde ise yapı tamamen değişmektedir. Tabakalı, iğneli bir yapıya dönüşen yüzey yapısı içinde kırmızı çamurdan gelen ince tanecikler görülmektedir. PT/KÇ(2) yapısı hem PT'den hem de KÇ'dan oldukça farklı olduğundan sentezlenen nanokompozitin tamamen yeni bir yapı olduğu söylenebilir.

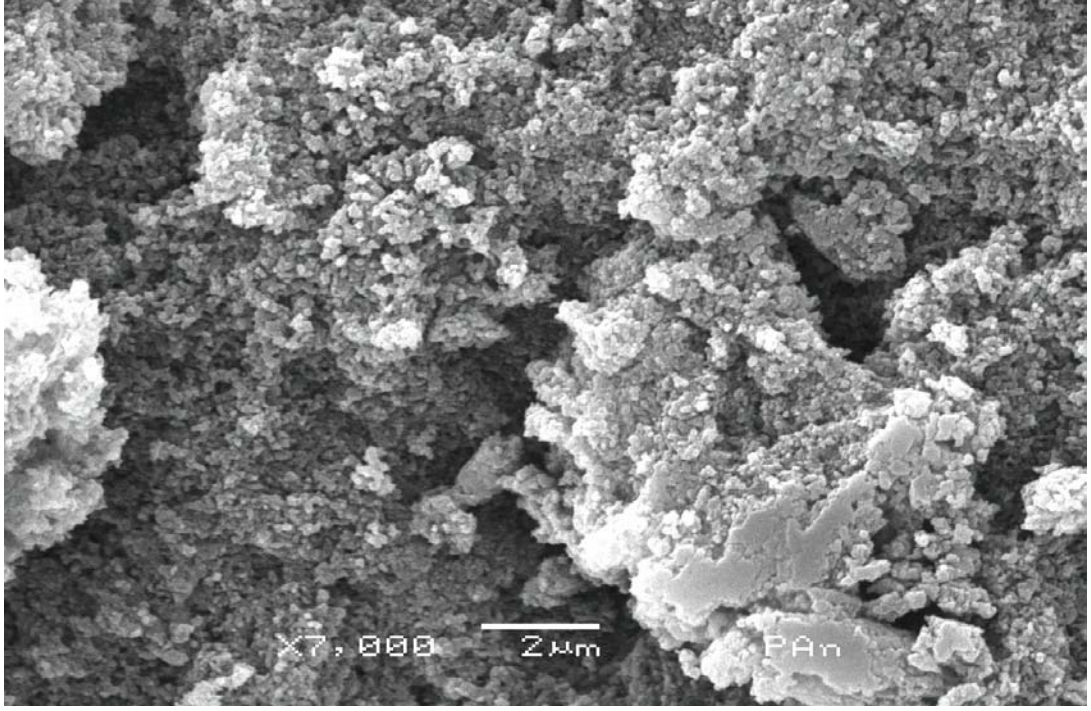
Homopolimer ve nanokompozitlerin iletkenlikleri de özellikle PT ve nanokompozitlerinde, yüzey morfolojilerindeki değişmelere bağlı olarak farklı değerler gösterdi.



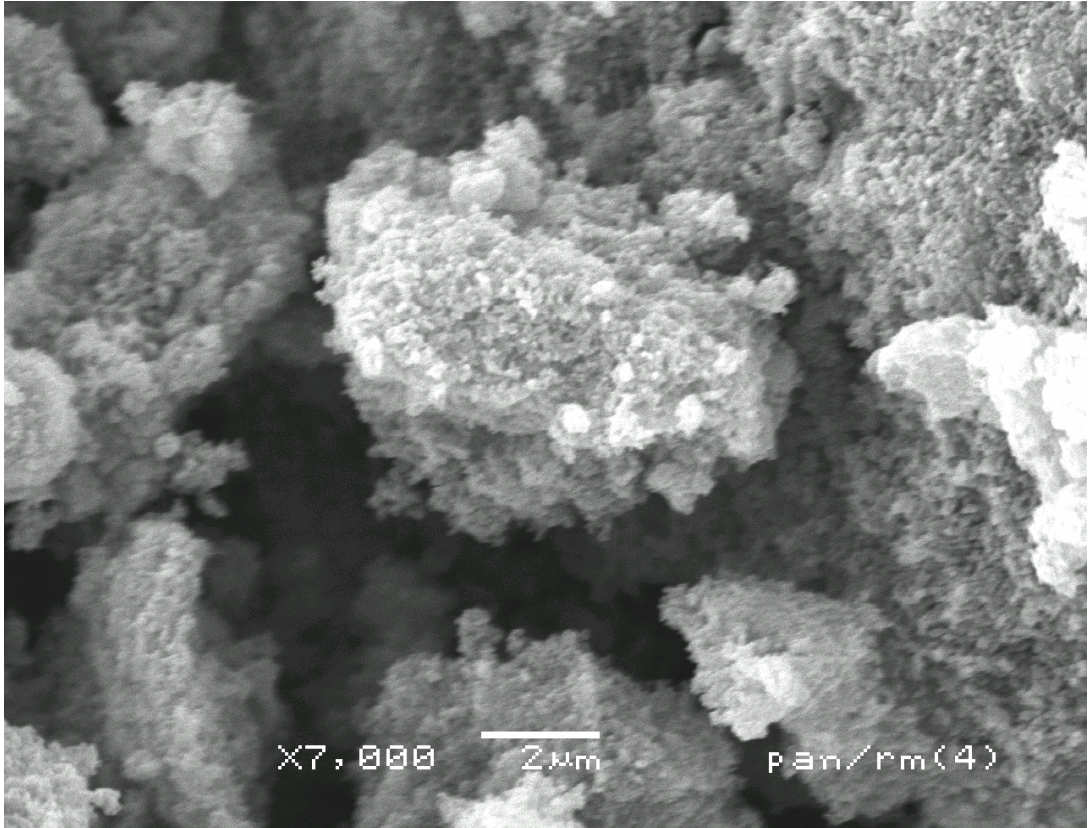
Şekil 4.30.a. KÇ'un SEM fotoğrafı (x 2.000; 10 μ m)



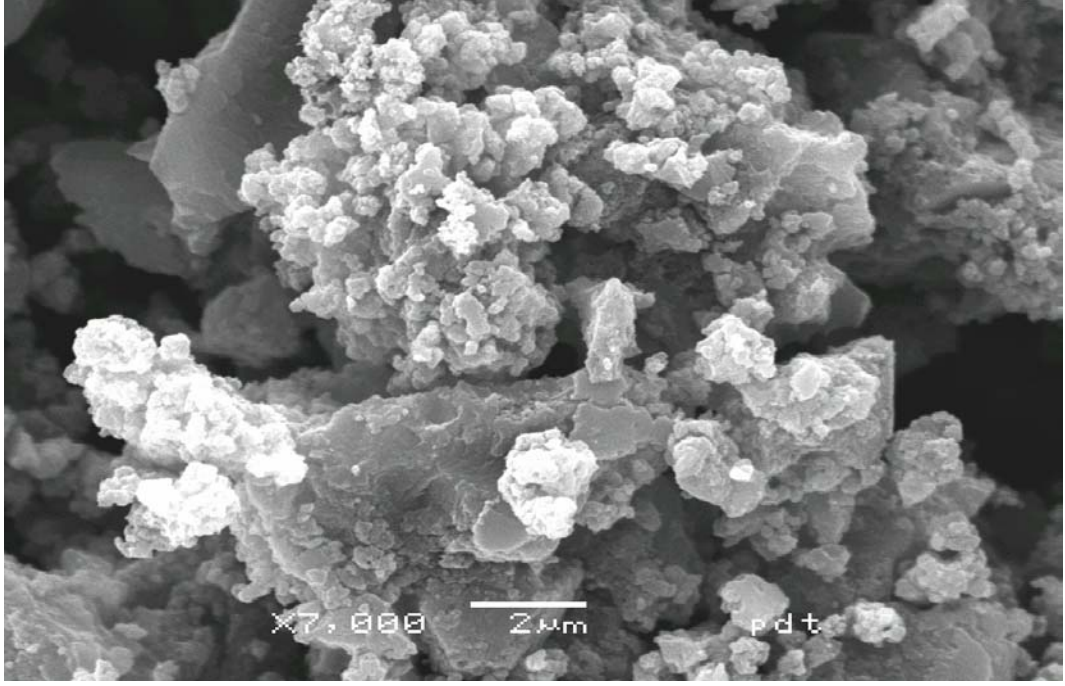
Şekil 4.30.b. KÇ'un SEM fotoğrafı (x 22.000; 1 μ m)



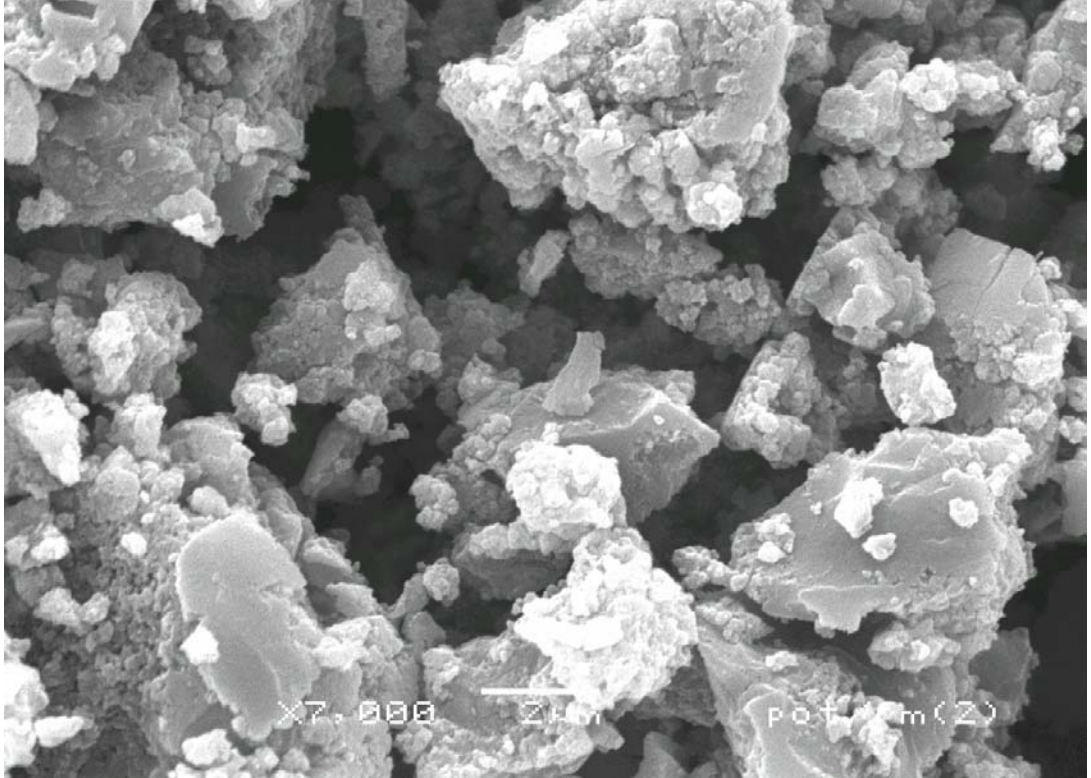
Şekil 4.31. PAN'in SEM fotoğrafı (x 7.000; 2 μm)



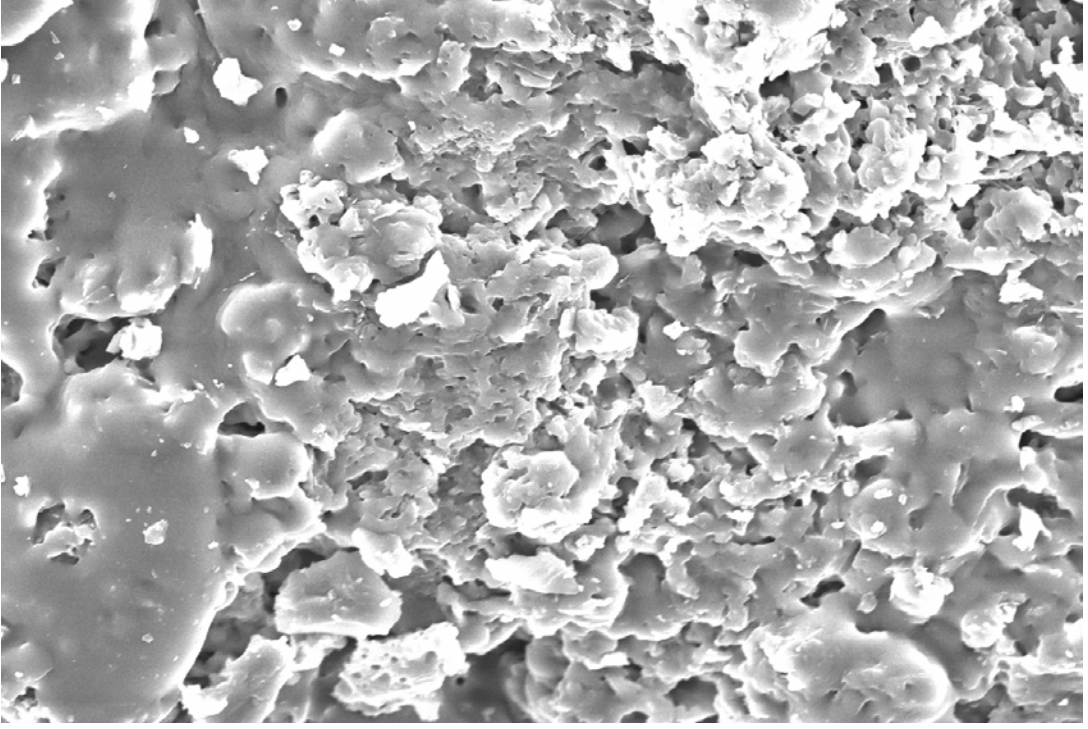
Şekil 4.32. PAN/KÇ (4) nanokompozitinin SEM fotoğrafı (x 7.000; 2 μm)



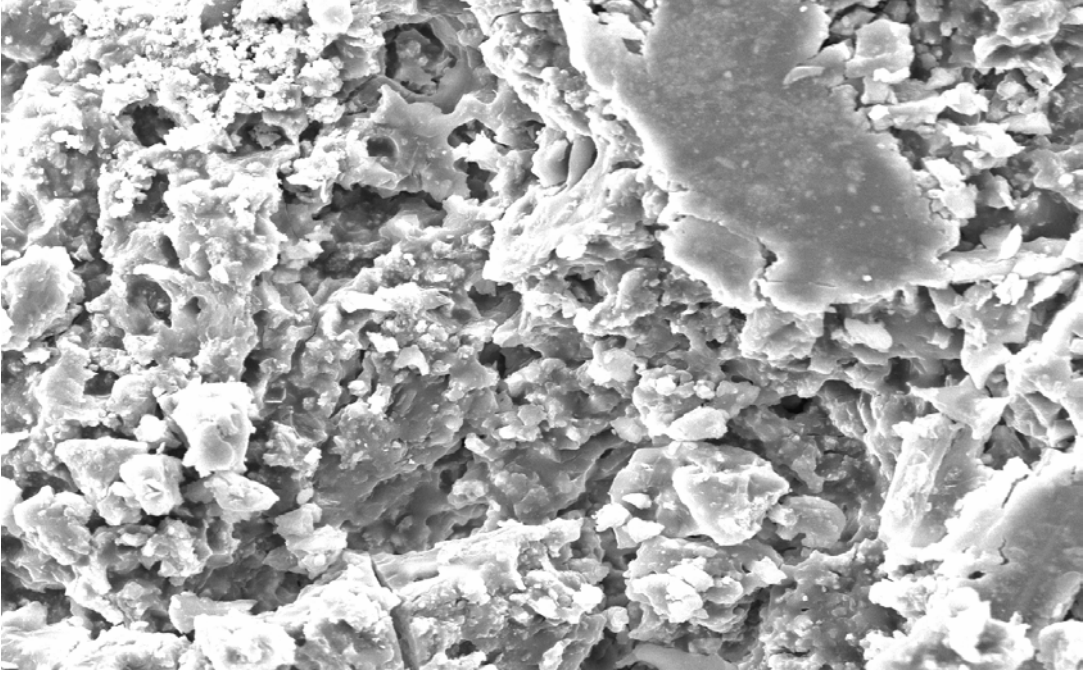
Şekil 4.33. POT'in SEM fotoğrafı (x 7.000; 2 μm)



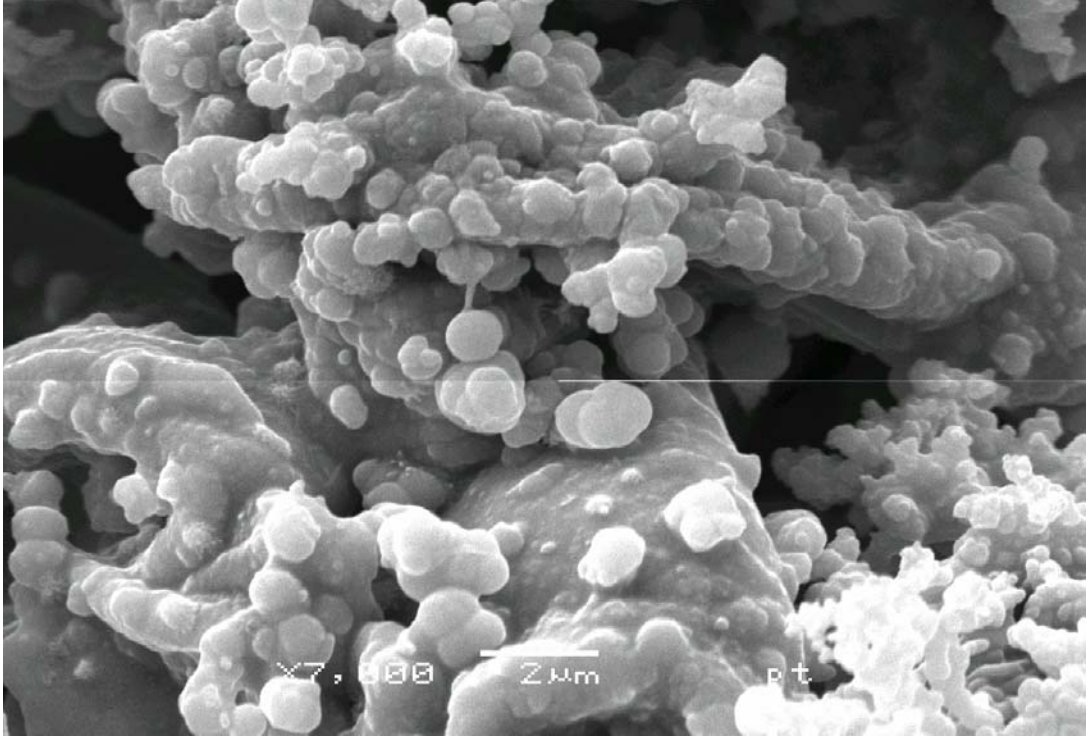
Şekil 4.34. POT/KÇ(2) nanokompozitinin SEM fotoğrafı (x 7.000; 2 μm)



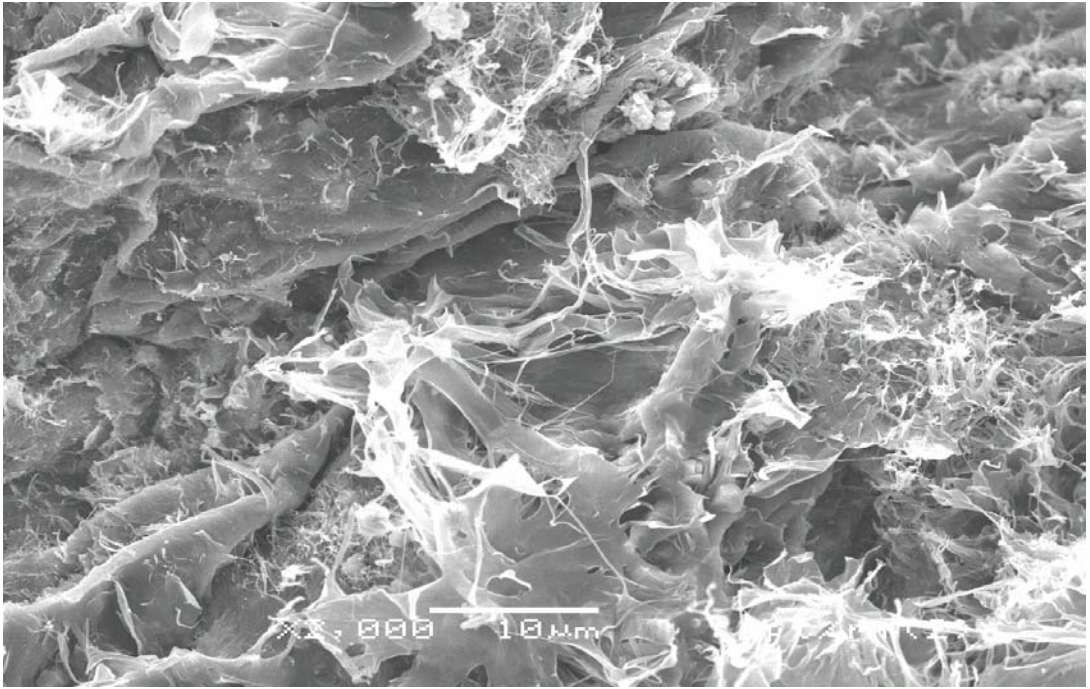
Şekil 4.35. P2ClAn'ın SEM fotoğrafı (x 2.000; 10µm)



Şekil 4.36. P2ClAn/KÇ(2) nanokompozitinin SEM fotoğrafı (x 2.000; 10µm)



Şekil 4.37. PT'in SEM fotoğrafı (x 7.000; 2 µm)



Şekil 4.38. PT/KÇ(2) nanokompozitinin SEM fotoğrafı (x 2.000; 10µm)

4.6. X-Işını Kırınımı Sonuçları

Şekil 4.40.41-42 (a-b) sırasıyla PAn, PAn/KÇ(4), POT, POT/KÇ(2), PT ve PT/KÇ(4) için X-ışını kırınımı difraktometrelerini göstermektedir.

Kırmızı çamur tabakalar içinde iletken polimerin oluşarak polimer zincirinin kırmızı çamur tabakaları boyunca dağıldığı X-ışını kırınımı ile de anlaşılmaktadır. Kırmızı çamurun X-ışını kırınımı Şekil 4.39.'da verilmektedir.

PAn'ın X-ışını difraksiyonunda görülen 2θ : 1,1; 8,6; 14,4; 20,4; 24,4° pikleri karakteristik olup yapı amorf bölgelerden oluştuğu için pikler çok şiddetli değildir. 2θ 'lara karşılık gelen d değerleri Şekil 4.40.a.'daki X-ışını kırınımı difraktogramı üzerinde verilmektedir (Athawale ve Bhagwat, 2003).

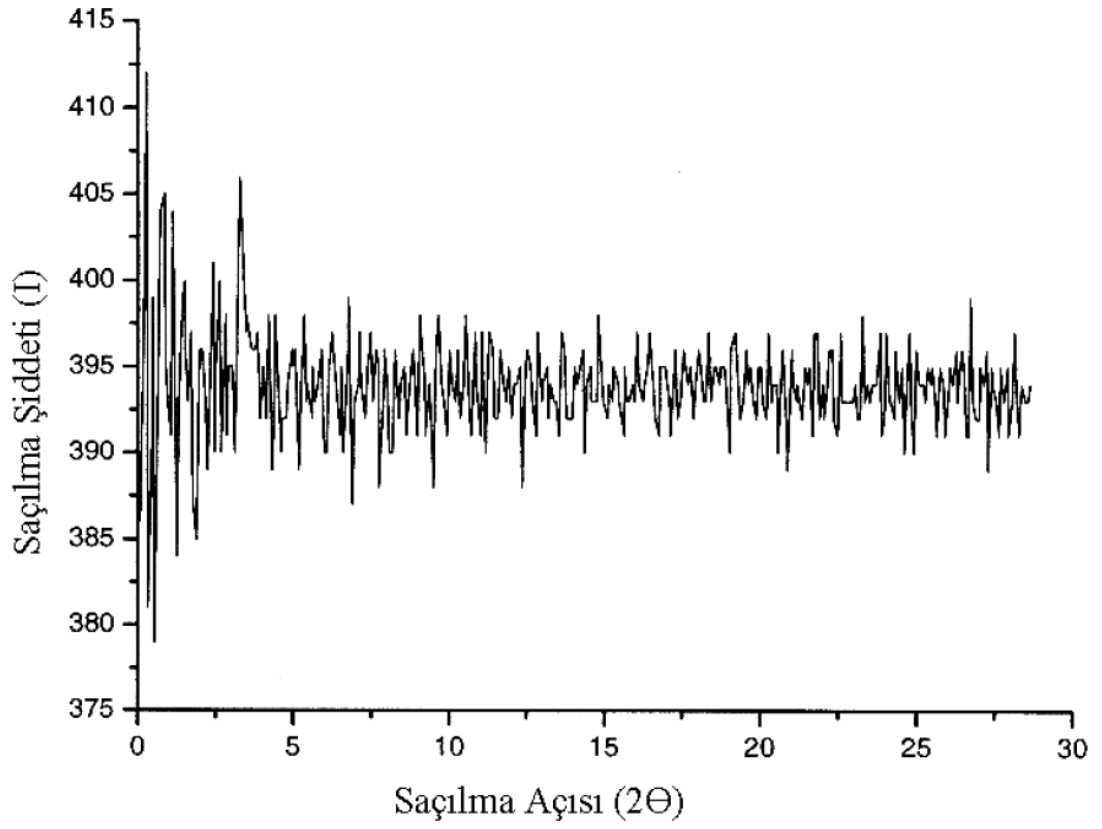
Şekil 4.40.b. PAn/KÇ(4)'ün nanokompozitinin diyagramını göstermektedir. PAn'de 2θ : 1,1° değerine karşılık gelen d : 78,2 Å değeri nanokompozitte 2θ : 1,3° ve d : 66,4 Å'a kaymaktadır. Bu kaymalar kil tabakaları ile polimer yapılarının etkileştiğini göstermektedir.

Şekil 4.41.a-b'de POT ve POT/KÇ(2) nanokompozitinin X-ışını kırınımı verilmektedir.

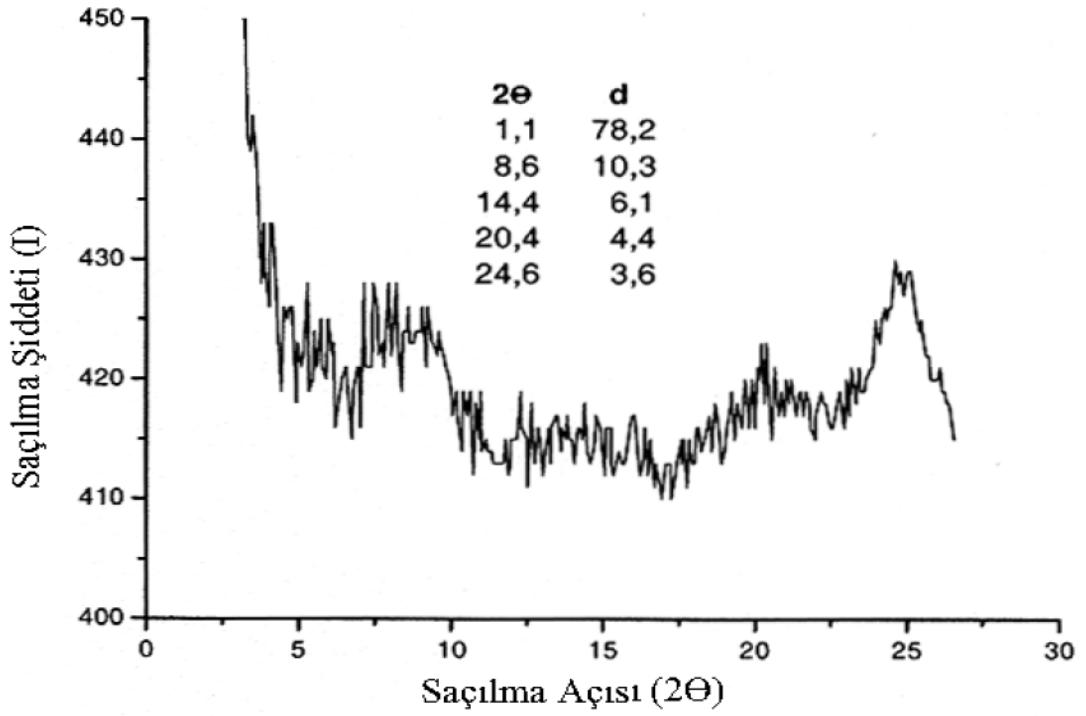
POT için 2θ : 1,4; 8,7; 13,5; 24,5°'de saçılmalar görülmektedir. Kırmızı çamurun iletken polimer yapısına girdiğinde 2θ : 1,4°; d : 65 Å değeri 2θ : 1,3°; d : 70,1'e kaymıştır.

Benzer sonuç PT ve PT/KÇ(4) için de görülmektedir (Şekil 4.42.a-b.). PT 2θ : 14,9; 20,0°'de ve d : 5,95; 4,44 Å karşılık gelen saçılmalar vermiştir.

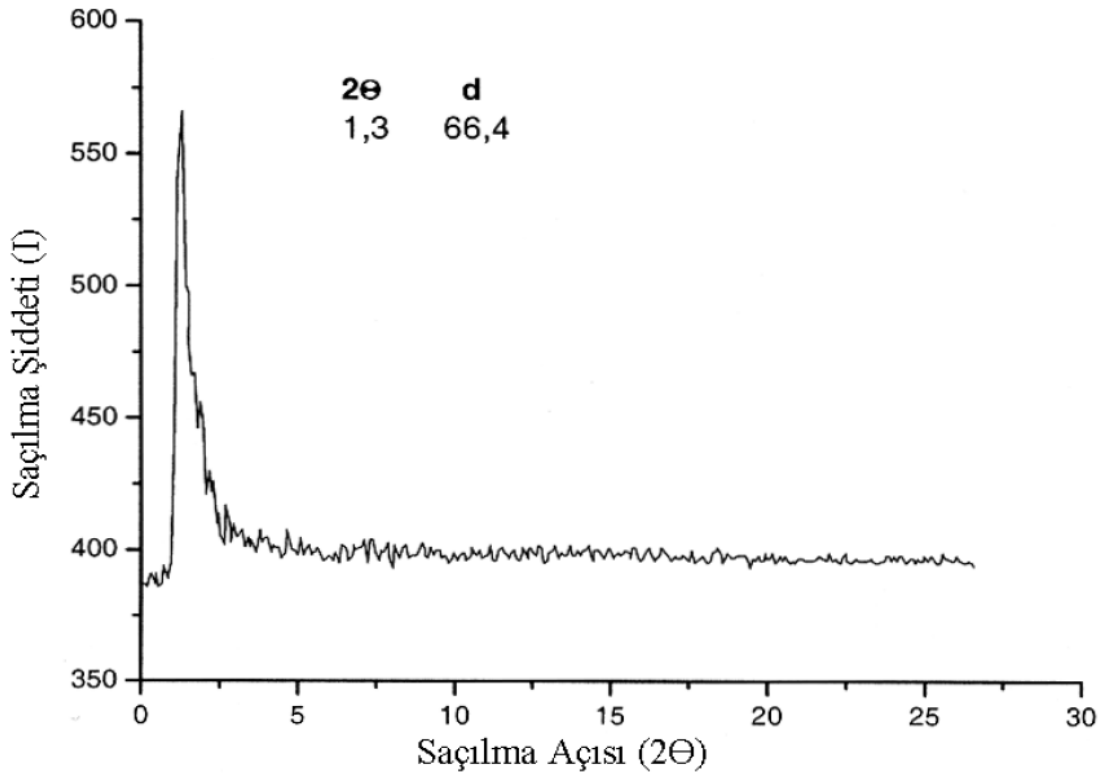
Nanokompozit yapısında bu saçılma açıları daha yüksek açılara kaymıştır. d değerlerindeki ve 2θ 'lardaki kaymalar polimer ile kırmızı çamur yapılarının etkileştiğini göstermektedir (Kim vd., 2003).



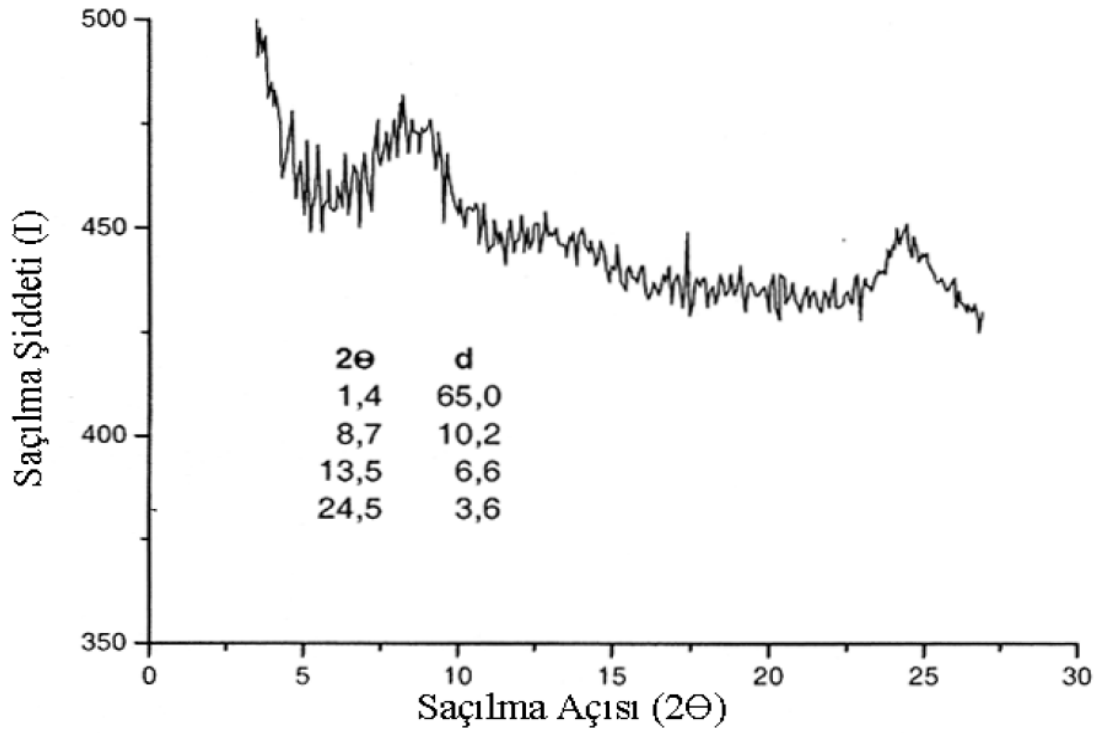
Şekil 4.39. KÇ'un X-ışınları kırınım eğrisi



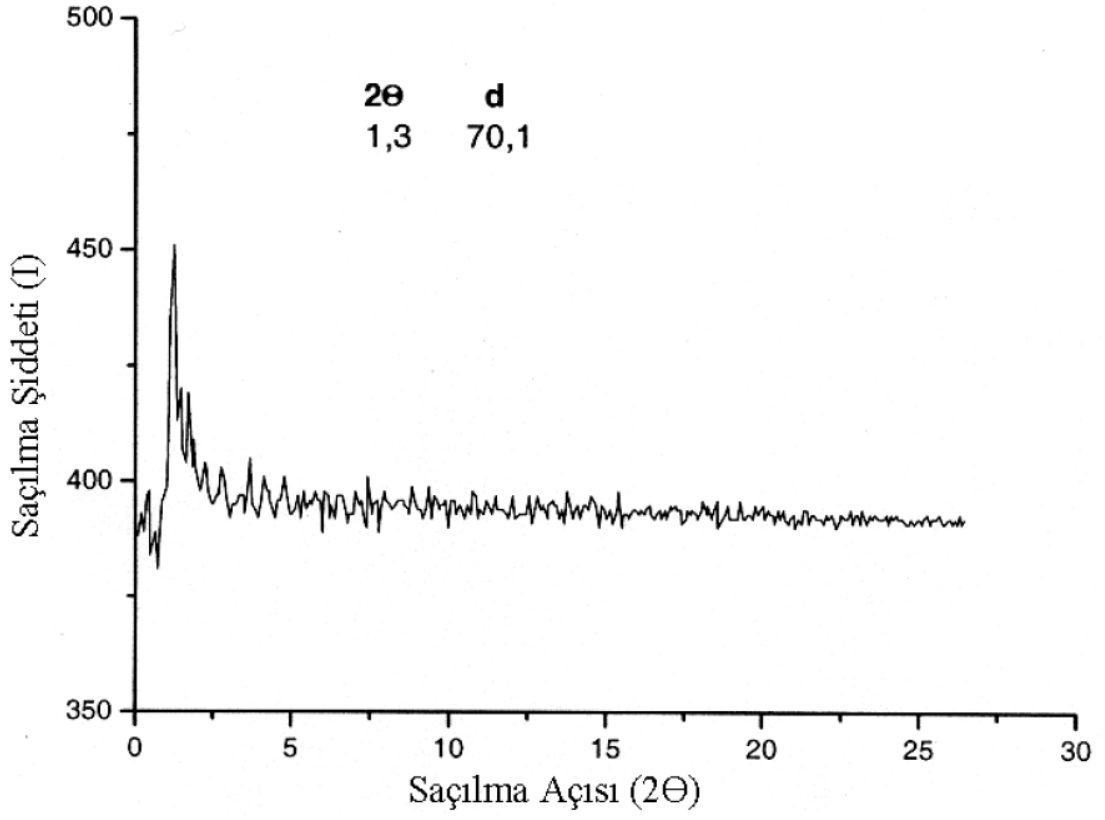
Şekil 4.40.a. PAn'in X-ışınları kırınım eğrisi



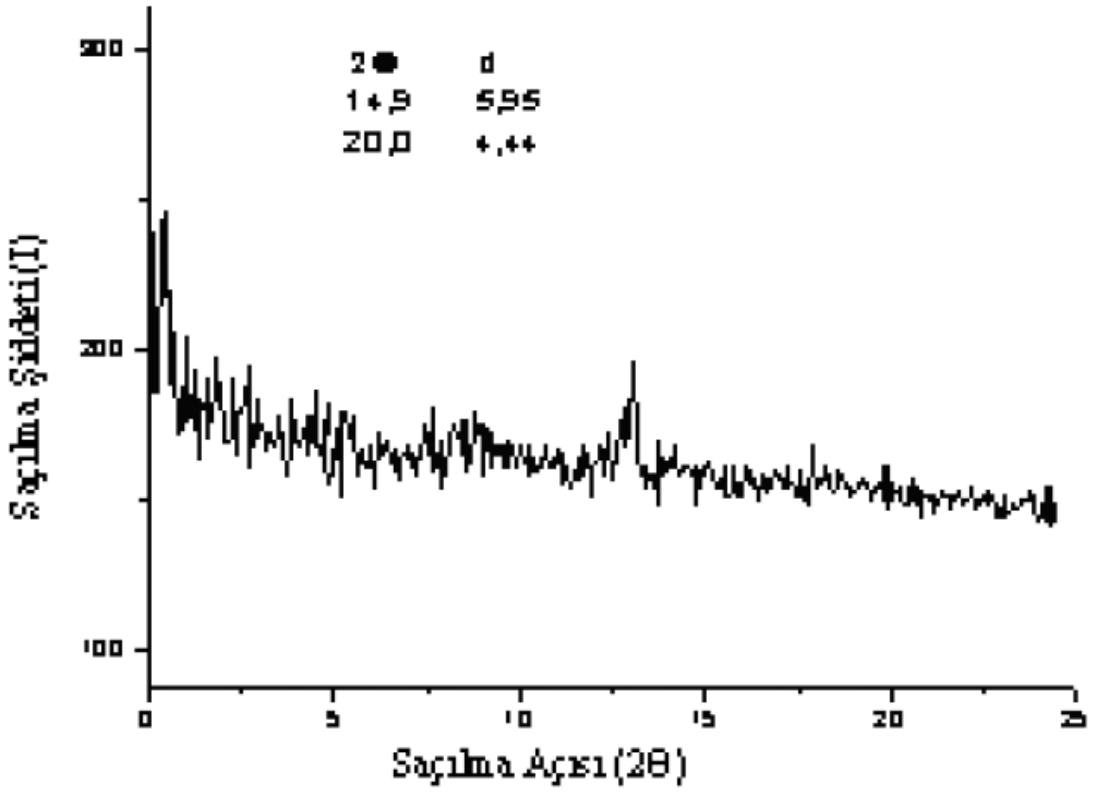
Şekil 4.40.b. PAn/KÇ(4)'ün X-ışınları kırınım eğrisi



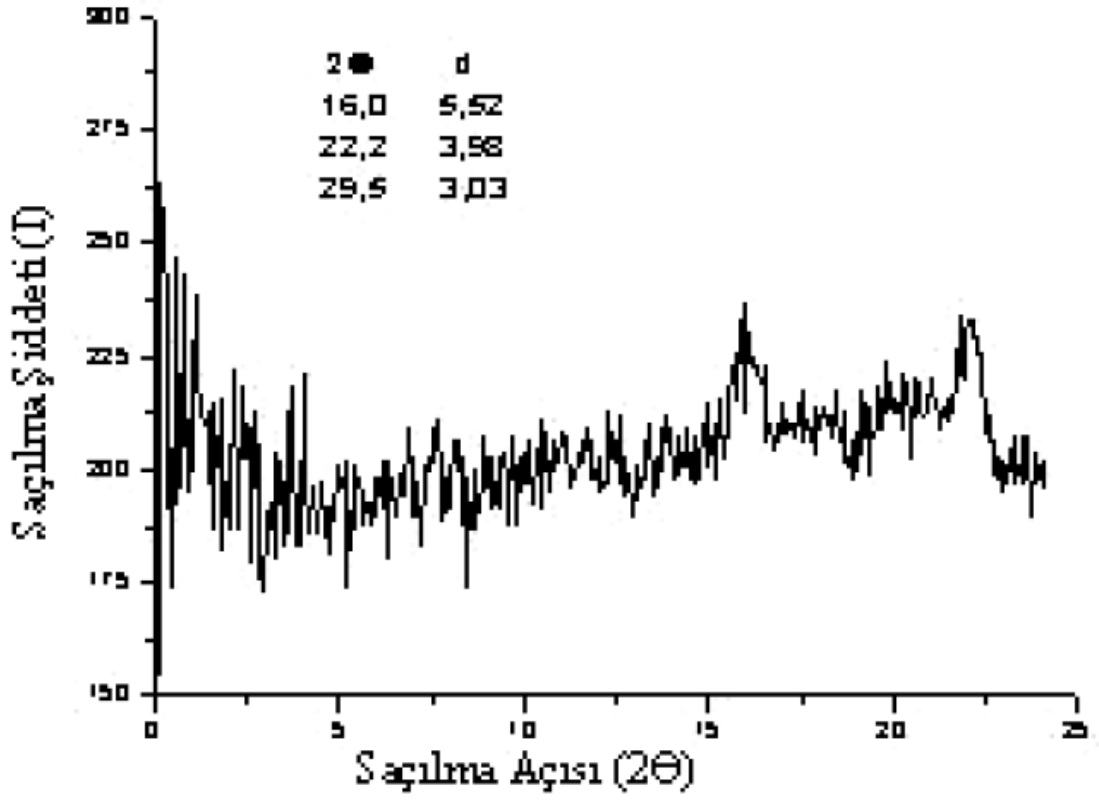
Şekil 4.41.a. POT'in X -ışınları kırınım eğrisi



Şekil 4.41.b. POT/KÇ(2)'nin X-ışınları kırınım eğrisi



Şekil 4.42.a. PT'in X-ışınları kırınım eğrisi



Şekil 4.42.b. PT/KÇ(4)'ün X-ışınları kırınım eğrisi

5. SONUÇ

1-İletken polimer/kırmızı çamur nanokompozitleri kimyasal polimerleşme ile elde edildi. İletken polimer olarak seçilen PAn, POT ve P2ClAn 1 M HCl ortamında $(\text{NH}_3)_2\text{S}_2\text{O}_8$ oksidantı ile sentezlendi. Tiyofen CHCl_3 ortamında FeCl_3 ile polimerleştirildi.

2-Homopolimerlerin içerisinde en yüksek iletkenliğe $8,40 \times 10^{-3}$ S/cm ile PT sahiptir. En düşük iletkenlikler PAn türevi olan POT ve P2ClAn'de gözlemlendi. POT ve P2ClAn'de halkaya bağlı substitüe gruplar halkanın yük yoğunluğunu etkileyerek ve sterik etkiler oluşturarak polimer zincirinin konjugasyon derecesini düşürmüştür. Buna bağlı olarak $1,46 \times 10^{-3}$ S/cm iletkenliğe sahip PAn'ın iletkenliği POT ve P2ClAn'de sırayla 1000 ve 100 kat azalmıştır.

3-Nanokompozitlerde iletken polimer yapısına kırmızı çamur eklendikçe iletkenlik değerleri değişmiştir.

4-FTIR spektrumlarında ve Uv-Vis spektrumlarında polimerleşmeyi destekleyen bandlar ile emeraldin baz yapısını gösteren maksimum absorpsiyonlar elde edilmiştir.

5-Kırmızı çamurun iletken polimerlerin termal kararlılıklarını artırdıkları TGA analizlerinden görülmüştür.

6-Tüm homopolimer ve nanokompozitler farklı morfolojik karakterler göstermişlerdir. Kırmızı çamurun polimer zinciri ile etkileştiği FTIR, Uv-Vis, TGA, SEM ve X-ışını kırınımı sonuçlarından anlaşılmaktadır.

7-Yaptığımız çalışma ile atık bir ürün olan kırmızı çamurun değerlendirilmesi için yeni bir adım atılarak özellikleri incelenen iletken polimer/kırmızı çamur nanokompozitlerinin değişik şekillerde incelenme potansiyellerinin bulunduğu gösterilmiştir.

8-Sonuç olarak; sentezlenen materyallerin özellikle ısıya dayanıklılık gerektiren uygulama alanlarında, elektronik endüstrisinde ve elektroeolojik çalışmalarda kullanımını öneririz.

6. KAYNAKLAR

- Adhikari, B., Majumdar, S., 2004. Polymers in Sensor Applications. Progress in Polymer Science. 29, 699–766.
- Aghlara, H., 2003. Capacitors Based on Conducting Polyaniline Films. Chinese Journal of Physics. 41(2), 185-190.
- Akbaba, G., 2003. Levent Toppare. Bilim-Teknik. Kasım, 86-87.
- Anaissi, F. A., Demets, G. J.-F., Timm, R. A., Toma, H. E., 2003. Hybrid Polyaniline/bentonite-vanadium (V) oxide Nanocomposites. Materials Science And Engineering. A347, 374-381.
- Anand, J., Palaniappan, S., Sathyanarayana, D. N., 1998. Conducting Polyaniline Blends and Composites. Prog. Polym. Sci. 23, 993-1018.
- Anitta G., Subramanian, E., 2003. Dopant Induced Specificity in Sensor Behaviour of Conducting Polyaniline Materials with Organic Solvents. Sensors and Actuators B. 92, 49-59.
- Arbizzani, C., Mastragostino, M., Scrosati, B., 1997. Conducting Polymers for Batteries, Supercapacitors and Optical Devices. Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers. (Nalwa, H.S.,-ed.), 595-619.
- Athawale, A. A., Bhagwat, S. V., 2002. Synthesis and Characterization of Novel Copper/Polyaniline Nanocomposite and Application as a Catalyst in the Wacker Oxidation Reaction. 89, 2412-2417.
- Azevedo, W.M., Schwartz, M. O. E., Nascimento, G.C., Jr.Silva, E.F., 2004. Synthesis and Characterization of Polyaniline/Clay Nanocomposite. Phys. State. Sol. (c)1. s2, 249-255.
- Ballav, N., Biswas, M., 2003. Preparation and Evaluation of a Nanocomposite of Polythiophene with Al₂O₃. Polymer International. 52, 179-184.
- Ballav, N., Biswas, M., 2004. A Conducting Nanocomposite via Intercalative Polymerisation of Thiophene in Montmorillonite Clay. Synthetic Metals. 142, 309-315.
- Ballav, N., Biswas, M., 2004. Preparation and Evaluation of Nanocomposite of Polyfuran with Al₂O₃ and Montmorillonite Clay. Polymer International. 53, 1467-1472.

- Basan, S., 2001. Polimer Kimyası. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları No: 88, 367.
- Beyer, G., 2002. Nanocomposites: A New Class of Flame Retardants for Polymers. *Plastics Additives & Compounding*. October, 22-28.
- Biswas, M., Sinha, R.S., Liu, Y., 1999. Water Dispersible Conducting Nanocomposites of Poly(N-vinylcarbazole), Polypyrrole and Polianiline with Nanodimensional Manganese (IV) oxide. *Synthetic Metals*. 105, 99-105.
- Chad, N., Hashmi, S. A. R., 1999. Effect of Addition of Polycarbonate on Sheared Flow of Red Mufilled Isotactic Polpropylene. *Bulletin Materials Science*. 22, 801.
- Chandrakanthi, R. L. N., Carem, M.A., 2002. Preparation and Characterization of CdS and Cu₂S Nanoparticle/Polianiline Composite Films. *Thin Solid Films*. 417, 51-56.
- Collister, J., 2002. Commercialization of Polymer Nanocomposites. *Polymer Nanocomposites*. (Vaia, R. A.; Krishnamoorti, R.,-eds), 7-14.
- Deng, J., Ding, X., Zhang, W., Peng, Y., Wang, J., Long, X., Li, P., Chan, A. C., 2002. Magnetic and Conducting Fe₃O₄-cross-linked Polianiline Nanoparticles with Core-shell Structure. *Polymer*. 43, 2179-2184.
- Dingman, S., 2004. Nanomaterials in Organic Photovoltaic Devices. *Sigma-Aldrich Chemfiles*. 5(2), 1-12.
- Gao, F., 2004. Clay/Polymer Composites. *Materials Today*. November, 50-55.
- Genies, E. M., Hendy, P, Santier, C., 1988. A Rechargeable Battery of The Type Polyaniline Carbonate-LiClO₄-Li-Al. *J. Appl. Electrochem*. 18, 751-756.
- Gök, A., 2002. Süstitüe Polianilin/Polifuran İletken Kompozitlerinin Sentezi ve Karakterizasyonu. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora. Ankara.
- Gök, A., Sarı, B., Talu, M., 2003. Synthesis and Characterization of Novel Polyfuran/Poly(2-iodoaniline) Conducting Composite. *Journal of Applied Polymer Science*. 89, 2823-2830.
- Gök, A., Sarı, B., Talu, M., 2004. Preparation and Characterization of Polyfuran/ Poly(2-fluoroaniline) Conducting Composites. *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*. 42, 3359-3367.
- Gök, A., Oğuz, İ., 2005. Structural and Thermal Characterization of Poly(2-Chloro-

- aniline)/Red Mud Nanocomposite Materials. *Journal of Applied Polymer Science*. Baskıda.
- Hay, J. N., Shaw, S. J., 2000. A Review of Nanocomposites.
- Inzelt, G., Pineri, M., Sehultce, J. W., Vorotyntsev, M. A., 2000. Electron and Proton Conducting Polymers:Recent Developments and Prospects. *Electrochimica Acta*. 45, 2403-2421.
- Jain, F.C., Rosato, J. J., Kalaria, K.S., Agarwala, V.S., 1986. Formation of an Active Electronic Barrier at Al/Semiconductor Interfaces: A Novel Approach in Corrosion Prevention. *Corrosion*. 42, 700-707.
- Kim, B.H., Jung, J. H., Kim, J.W., Choi, H.J., Joo, J., 2001.Effect of Dopant and Clay on Nanocomposites of Polyaniline (PAn) Intercalated into Na⁺-Montmorillonite (Na⁺-MMT). *Syntetic Metals*. 121, 1311-1312.
- Kim, J. W. ,Liu, F., Choi, H. J., Hong, S.H., Joo, J., 2003. Intercalated Polypyrrole/Na⁺ - Montmorillonite Nanocomposite via an Inverted Emulsion Pathway Method. *Polymer*. 44, 289-293.
- Krishnamoorti, R., Vaia, R.A., 2001. *Polymer Nanocomposites: Synthesis, Characterization and Modeling*. Acs Symposium Series. 804. ISBN 0-8412-3768-9.
- Küçükballı, M., 1988. İletken Plastikler. *Bilim-Teknik*. Ağustos, 15-18.
- Lochhead, R.Y., Boykin, C:M., 2000. An investigative study of polymer adsorption to smectite clay: Polyelectrolytes and Sodium Montmorillonite. *Polymer Nanocomposites*. (Krishnamoorti, R.-ed.), 86-87, American Chemical Society.
- Maiti, S., 1994. Recent Trends in Conducting Polymers: Problems and Promises. *Ind. J. Chem*. 33(A), 524-539.
- Maity, A., Biswas, M.,2005. Preparation and Evaluation of Polyaniline and Polypyrrole Modified Water-Dispersible Conducting Nanocomposites of Polyacrylonitrile with Silica. *Polymer International*. 54, 710-715.
- Morales, G. M., Llusa, M., Miras, M. C., Barbera, C., 1997. Effects of High Hydrochloric acid Concentration on Aniline Chemical Polymerization. *Polymer*. 38(20), 5247-5250.
- Park, S. J., Jun, B.R., 2005. Improvement of Red Mud Polymer-Matrix Nano-

- composites By Red Mud surface Treatment. *Journal of Colloid and Interface Science*. 284, 204-209.
- Park, S. J., Seo, D., Nah, C., 2002. Effect of Acidic Surface Treatment of Red Mud on Mechanical Interfacial Properties of Epoxy/Red Mud Nanocomposites. *J. Coll. And Int. Sci.* 251, 225-229.
- Paula, S., Domingo, H. V., Cesar, B., Maria, C. M., Artur, S. M., 2004. Effect of Electrolyte on The Chemical Polymerization of Aniline. *European Polymer Journal*. 40, 1445-1450.
- Pradhan, J., Das, S.N., Thakur, R. S., 1999. Adsorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Using Activated Red Mud. *Journal Colloid Interface Science*. 217, 137-141.
- Rao, P. S. , Subrahmanya, S., Sathyanarayana, D. N., 2003. Synthesis by Inverse Emulsion Pathway and Characterization of Conductive Polyaniline-Poly(ethylene-co-vinyl acetate) Blends. *Synthetic Metals*. 130, 397-404.
- Saçak, M., 2002. *Polimer Kimyası*. Gazi Kitabevi, 975-8640-27-5, 483 s. Ankara.
- Sarı, B. 1998. Anilin ve Türevlerinin Elektrokimyasal Polimerleşmesi, Bazı Kompozitlerinin Sentezi ve Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora. Ankara.
- Sarı, B., Talu, M., 1998. Electrochemical Copolymerization of Pyrrole and Anilines. *Synthetic Metals*. 94, 221-227.
- Sarı, B., Talu, M., Gök, A., 2003. Synthesis and Characterization of Nylon 6/Polykylaniline Conducting Composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 87, 1693-1701.
- Şankır, M., 2001. Middle East Technical University, M.S. Thesis.
- Şankır, M., Küçükyavuz, Z., Küçükyavuz, S., 2003. Synthesis and Characterization of Poly(dimethylsiloxane)-Polythiophene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 87, 2113-2119.
- Şankır, M., Küçükyavuz, Z., Küçükyavuz, S., 2003. Synthesis and Characterization of Poly(dimethylsiloxane)-Polythiophene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*. 87, 2113-2119.
- Sinha R.S., 2002. Synthesis and Evaluation of Conducting Polypyrrole/Al₂O₃ Nanocomposites in Aqueous and Non-aqueous Medium. *Materials Research Bulletin*. 37, 813-824.

- Stupnisek-Lisac, E., Metikos-Hukovic, M., Lencic, D., Norkapic-Furac, J., Berkovic, K., 1992. Structural Investigation of N-arylpyroles as Iron Corrosion Inhibitors in Hydrochloric Acid. *Corrosion*. 48, 924-929.
- Su, S., J., Kuramoto, N., 2000. Processable Polyaniline-Titanium dioxide Nanocomposite: Effect of Titanium dioxide on the Conductivity. *Synthetic Metals*. 114, 147-153.
- Taubes, G., 1984. Elektriği İleten Plastikler. *Bilim-Teknik*. Eylül, 9-12.
- Trivedi, D. C., 1997. Polianilines. *Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers*. (Nalwa, H.S.,-ed.), 534.
- Toshima, N., Hara, S., 1995. Direct Synthesis of Conducting Polymers from Simple Monomers. *Prog. Polym.Sci.* 20, 155-183.
- Uchiyama, S., Sakamoto, H., 1997. Immobilization of Uricase to Gas Diffusion Carbon Felt by An Enzyme Reactor for Uric Acid Sensor. *Talanta*. 44, 1435-1439.
- Vorotyntsev, M.A., Heinze, J., (2001). Charging Process in Electron Conducting Polymers: Dimerization Model. *Electrochimica Acta*. 46, 3309–3324
- Yang, S., C., 2000. All Charged Up. *Horizons*. Spring, 4-5.
- Yang, S. M., Chen, K. H., 2003. Synthesis of Polyaniline-Modified Montmorillonite Nanocomposite. *Synthetic Metals*. 135-136, 51-52.
- Yeh, J.M., Chin C.P., 2003. Structure and Properties of Poly(o-methoxyaniline)-Clay Nanocomposite Materials. *Journal of Applied Polymer Science*. 88, 1072-1080.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsa OĞUZ
Doğum Yeri : Konya
Doğum Yılı : 1972
Medeni Hali : Bekâr

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise : 1986-1989 Konya Gazi Lisesi
Lisans : 1990-1994 Selçuk Üniversitesi Eğitim Fakültesi Kimya
Öğretmenliği Bölümü
Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi

1995-1999 Milli Eğitim Bakanlığı
1999-2000 Özel Konya Mefkure Dersanesi
2000-2001 Özel Elmas Lisesi (Konya)
2002- Milli Eğitim Bakanlığı