

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARBOKSİL VE *tert*-BÜTİL SÜBSTİTÜE DENDRİTİK ASİMETRİK  
FTALOSİYANİNLERİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU**

**Seçil ÜSTÜN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**MALATYA  
Temmuz 2019**

**Tezin Başlığı:** Karboksil ve *tert*-Bütıl Sübstitüe Dendritik Asimetrik Ftalosiyanınların Sentezi ve Karakterizasyonu

**Tezi Hazırlayan:** Seçil ÜSTÜN

**Sınav Tarihi:** 01.07.2019

Yukarıda adı geçen tez, jürimizce değeriendirilerek, KİMYA Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Sınav Jüri Üyeleri**

**Tez Danışmanı:**

Prof. Dr. Mustafa SÜLÜ  
İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Sinan SAYDAM  
Fırat Üniversitesi

Prof. Dr. Sedat YAŞAR  
İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Halil İbrahim ADIGÜZEL  
Enstitü Müdürü

## ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Karboksil ve *tert*-Bütil Sübstitüe Dendritik Asimetrik Ftalosiyanınların Sentezi ve Karakterizasyonu” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlâk ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Seçil ÜSTÜN

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

## KARBOKSİL VE tert-BÜTİL SÜBSTİTÜE DENDRİTİK ASİMETRİK FTALOSİYANİNLERİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU

Seçil ÜSTÜN

İnönü Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Anabilim Dalı

viii + 43 sayfa

2019

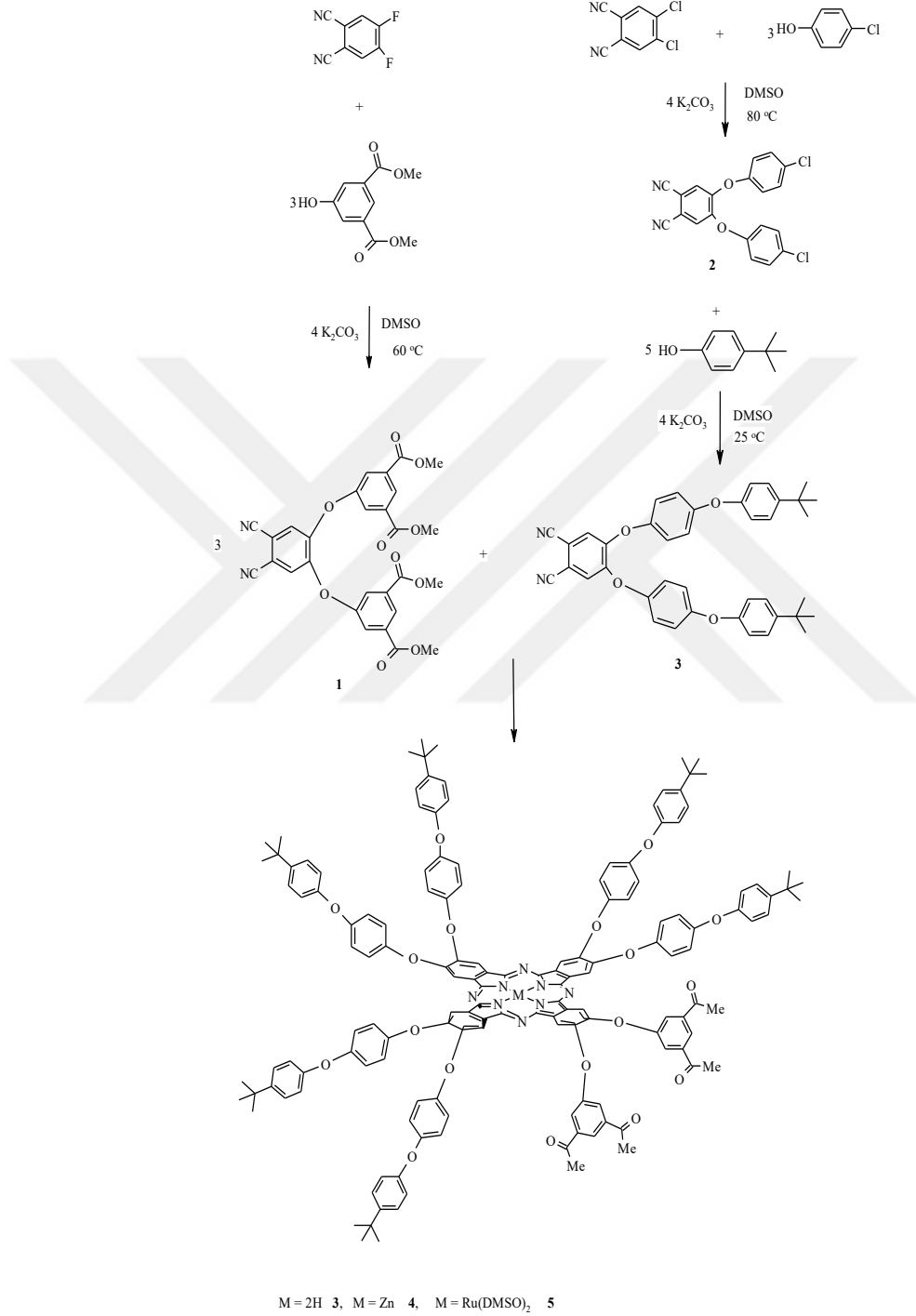
Danışman: Prof. Dr. Mustafa SÜLÜ

Ftalosiyanimler yapılan bilimsel çalışmalarda ve ileri teknolojik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan makrosiklik bileşikler sınıfından biridir. Ftalosiyanimlerin özellikle, fotodinamik kanser tedavisi, güneş pilleri, optiksel veri toplama ve katalizör olarak kullanımı giderek öne çıkmaktadır. Elektron sağlayıcı *tert*-bütilfenoksi ve elektron çekici karboksil sübstitüe dendritik asimetrik ftalosiyanim türevlerinin hazırlanması ve karakterize edilmesiyle önemli sonuçlar elde edilecektir. Katalitik, fotofiziksel ve fotokimyasal özelliklerinden dolayı hazırlanacak yeni bileşikler farklı alanlarda, özellikle güneş pili yapımında, kullanılabilme potansiyeline sahip olacaklardır.

4,5-diflororftalonitril ve dimetil-5-hidroksiizoftalatın DMSO'da  $K_2CO_3$  varlığında tepkimesiyle **1** bileşiği elde edildi. DMSO'da  $K_2CO_3$  varlığında, 4,5-diklororftalonitrilin p-klorofenol ile tepkimesi sonucu **2** bileşiği elde edildi. Bu bileşiğin oda sıcaklığında, p-*tert*-butil fenolle etkileşmesiyle dendritik ftalonitril türevi **3** hazırlandı. **1** ve **3** bileşikleri ile Li metalinin tepkimesiyle lityum ftalosiyanim türevi hazırlandı ve bu bileşiğin derişik HOAc ile hidrolizi sonucu metalsiz dendritik ftalosiyanim **4** elde edildi. **1** ve **3** bileşiklerinin  $Zn(OAc)_2$  ve  $[RuCl_2(DMSO)_4]$  ile DMF de, DBU varlığında tepkimesi sonucunda ise sırasıyla dendritik çinko ftalosiyanim

türevi **5** ve dendritik rutenyum ftalosiyanın türevi **6** sentezlendi. Hazırlanan ftalosiyanınlar  $\text{CHCl}_3$ , aseton çözünmektedir.

Sentezlenen bileşikler  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$  UV-VIS ve IR spektroskopi yöntemleriyle karakterize edildi.



**Anahtar Kelimeler:** Ftalosiyanınlar, t-butil Sübstitüye Ftalosiyanınlar, Karboksilik Ester Sübstitüye Ftalosiyanın, Dendritik Asimetrik Ftalosiyanın, Çinko Ftalosiyanın, Rutenyum Ftalosiyanın.

## ABSTRACT

Master Thesis

### SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF CARBOXYL AND tert-BUTHYL SUBSTITUTED DENDRITIC ASSYMETRIC PHTHALOCYANINES

Seçil ÜSTÜN

Inönü University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Chemistry

viii + 43 sayfa

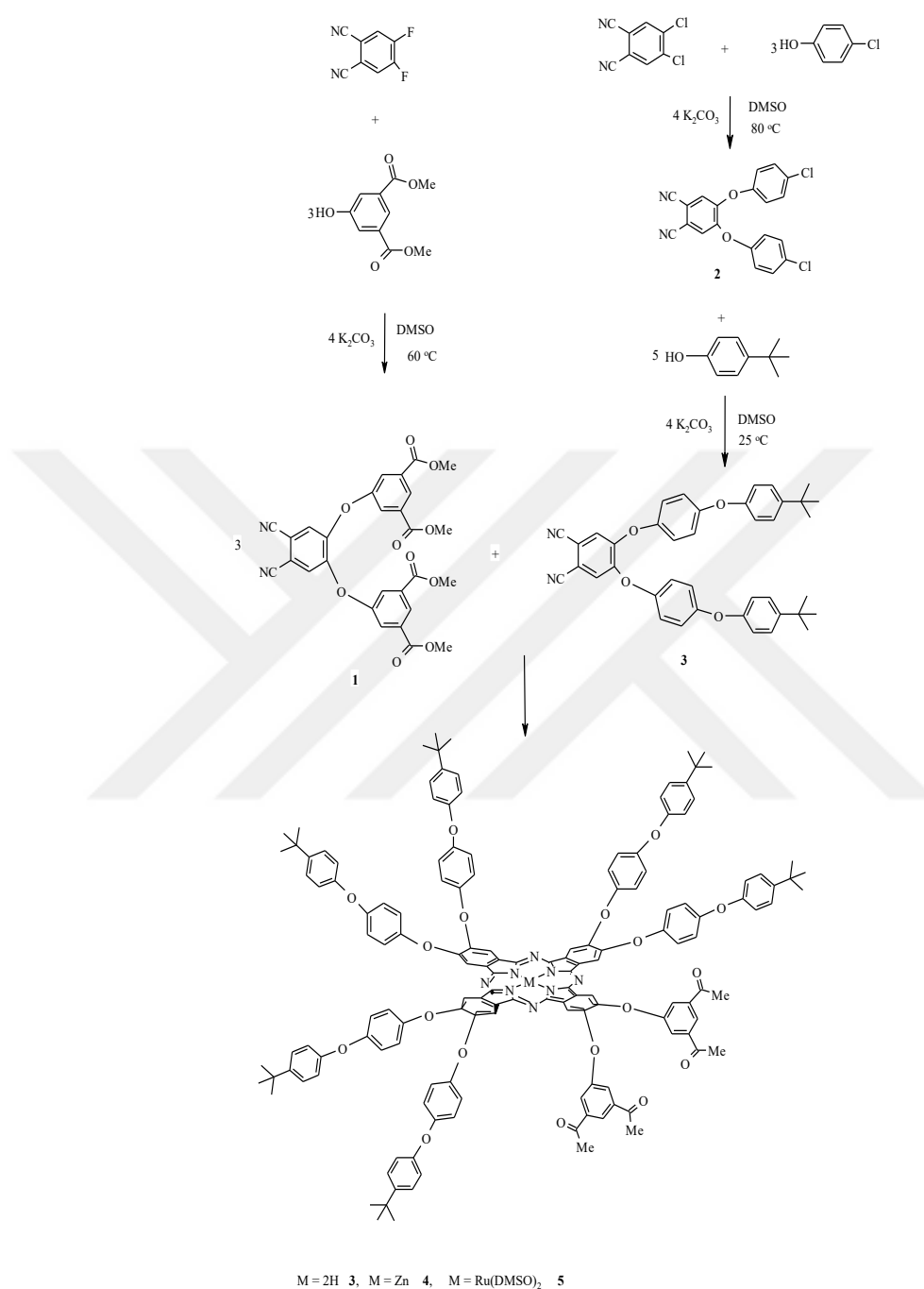
2019

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa SÜLÜ

Phthalocyanines are one of the class of macrocyclic compounds widely used in scientific studies and advanced technological applications. Those of phthalocyanines as photodynamic cancer therapy, solar cells, optical data collection and catalyst is becoming more and more important. Significant results will be obtained by the preparation and characterization of electron-donor tert-butylphenoxy and electron-attractive carboxyl-substituted dendritic asymmetric phthalocyanine derivatives. Because of their catalytic, photophysical and photochemical properties, new compounds will have the potential to be used in different areas, especially in solar cell construction.

Reaction of 4,5-difluoro phthalonitrile and dimethyl-5-hydroxyisophthalate in DMSO in the presence of  $K_2CO_3$  yielded compound **1**. In the presence of  $K_2CO_3$  in DMSO, the reaction of 4,5-dichloro-phthalonitrile with p-chlorophenol yielded the compound **2**. Dendritic phthalonitrile derivative **3** was prepared by interaction of this compound with p-tert-butylphenol at room temperature. The lithium phthalocyanine derivative was prepared by reaction of the compound **1** and **3** with Li metal, and hydrolysis of the compound with concentrated HOAc yielded metal-free dendritic phthalocyanine **4**. The reaction of compound **1** and **3** with  $Zn(OAc)_2$  and  $[RuCl_2(DMSO)_4]$  in DMF and in the presence of DBU resulted in the synthesis of dendritic zinc phthalocyanine derivative **5** and dendritic ruthenium phthalocyanine derivative **6**, respectively. Prepared phthalocyanines are dissolved in  $CHCl_3$ , acetone.

The synthesized compounds were characterized by  $^1\text{H-NMR}$ ,  $^{13}\text{C-NMR}$  UV-vis and IR spectroscopy methods.



**KeyWords:** Phthalocyanines, tert-buthyl Substituted Phthalocyanines, Carboxylic Ester Substituted Phthalocyanines, Dendritic Assymmetric Phthalocyanine, Zinc Phthalocyanine Ruthenium Phthalocyanine.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın seçiminde, planlanmasında ve yürütülmesinde bana yön veren, çalıőmam boyunca yakın desteğini ve bilimsel yardımlarını bir an olsun eksiltmeyen, yerinde yaptığı uyarılar ve engin bilgileri ile yol göstererek bana güç ve moral veren çok değerli hocam Prof.Dr. Mustafa SÜLÜ'ye;

Çalıőmam boyunca bilgileri ve manevi destekleriyle yanımda olan çalışma arkadaşlarım Derya PERKTAŐ, İnci İLKER GÖRÜR ve İsmail GÜREL'e;

IR ve NMR ölçümlerini yapan Emine Özge Karaca ve Enes Evren'e,

Hayatım boyunca aldığım bütün kararlarımda ve çalıőmalarımda yanımda olacaklarını bilmenin verdiği güvenle maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili AİLEM'e

**teşekkür ederim...**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. KURAMSAL TEMELLER</b>	2
2.1. Güneş Pilleri	2
2.2. Porfirin ve ftalosiyanınların Güneş Hücresinde Kullanımı	3
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b>	15
3.1. Kullanılan Cihazlar	15
3.2. Kimyasal Maddeler	15
3.3. Bileşiklerin Sentezi	15
3.3.1. 4,5-bis(dimetil-5-oksifthalat)ftalonitril, <b>1</b> , Sentezi	15
3.3.2. 4,5-bis(p-klorofenoksi)ftalonitril, <b>2</b> , Sentezi	16
3.3.3. 4,5-bis(p- <i>tert</i> -butilfenoksifenoksi)ftalonitril, <b>3</b> , Sentezi	17
3.3.4. Metalsiz DendritikFtalosiyanınin, <b>4</b> , Sentezi	17
3.3.5. Çinko Dendritik Ftalosiyanınin, <b>5</b> , Sentezi	18
3.3.6. Rutenyum Dendritik Ftalosiyanınin, <b>6</b> , Sentezi	19
<b>4. SONUÇ VE TARTIŞMA</b>	20
4.1. Ftalonitril Türevlerinin Sentezi	20
4.2. Dendritik Asimetrik Rutenyum Ftalosiyanıninlerin Sentezi	26
<b>5. KAYNAKLAR</b>	35
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	43

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Güneş pili	2
Şekil 2.2.	Gratzel boya duyarlı güneş hücresi	2
Şekil 4.1.	1 bileşiğinin $^1\text{H}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	20
Şekil 4.2.	1 bileşiğinin $^{13}\text{C}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	21
Şekil 4.3.	1 bileşiğinin IR spektrumu	21
Şekil 4.4.	2 bileşiğinin $^1\text{H}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	22
Şekil 4.5.	2 bileşiğinin $^{13}\text{C}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	23
Şekil 4.6.	2 bileşiğinin IR spektrumu	23
Şekil 4.7.	3 bileşiğinin $^1\text{H}$ -NMR spektrumu ( $\text{DMSO-d}_6$ )	24
Şekil 4.8.	3 bileşiğinin $^{13}\text{C}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	25
Şekil 4.9.	3 bileşiğinin IR spektrumu	25
Şekil 4.10.	LiPc bileşiğinin UV-Vis spektrumu (DMF)	27
Şekil 4.11.	4 bileşiğinin UV-Vis spektrumu ( $\text{CHCl}_3$ )	27
Şekil 4.10.	LiPc bileşiğinin UV-Vis spektrumu (DMF)	27
Şekil 4.11.	4 bileşiğinin UV-Vis spektrumu ( $\text{CHCl}_3$ )	27
Şekil 4.12.	4 bileşiğinin $^1\text{H}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	28
Şekil 4.12.	4 bileşiğinin $^1\text{H}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	28
Şekil 4.13.	4 bileşiğinin IR spektrumu	28
Şekil 4.14.	5 bileşiğinin UV-Vis spektrumu ( $\text{CHCl}_3$ )	30
Şekil 4.15.	5 bileşiğinin $^1\text{H}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	30
Şekil 4.16.	5 bileşiğinin IR spektrumu	31
Şekil 4.17.	6 bileşiğinin UV-Vis spektrumu ( $\text{CHCl}_3$ )	33
Şekil 4.18.	6 bileşiğinin $^1\text{H}$ -NMR spektrumu ( $\text{CDCl}_3$ )	33
Şekil 4.19.	6 bileşiğinin IR spektrumu	34

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### NMR

s	Singlet
d	Dublet
t	Triplet
m	Multiplet
br	Geniş

### IR

s	Keskin
m	Orta şiddet
w	Zayıf
br	Geniş

### Kimyasallar

DMF	Dimetilformamid
DMSO	Dimetilsülfoksit
THF	Tetrahidrofuran
EtOH	Etanol
Pcs	Ftalosiyanimler
H <sub>2</sub> Pc	Metalsiz ftalosiyanim
DBU	1,8-Diazabisiklo[5.4.0]undek-7-en
OMe	Metoksi
EtOAc	Etil asetat
HOAc	Asetik asit
Zn(OAc) <sub>2</sub>	Çinko asetat

### Kavramlar

HOMO	En yüksek enerjili dolu moleküler orbital
LUMO	En düşük enerjili boş moleküler orbital
UV-Vis	Ultraviyole görünür bölge
UV-Nır	Yakın kızılötesi bölge

## 1. GİRİŞ

Günümüz ve geleceğimizin en önemli sorunu enerjidir. Dünyanın ve ülkemizin, enerjinin doğal kaynaklarından, iklim özelliklerinden dolayı güneşten maksimum oranda faydalanması oldukça önemlidir. Bu nedenlerden dolayı daha ucuz ve çevreci enerji üretmek ancak güneş enerjisi ile mümkündür. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren hücrelerdeki temel sorun dönüşüm oranıdır. Dönüşüm oranını yukarı çekebilmenin en önemli basamağı yeni moleküllerin tasarımı ve sentezi ile mümkündür.

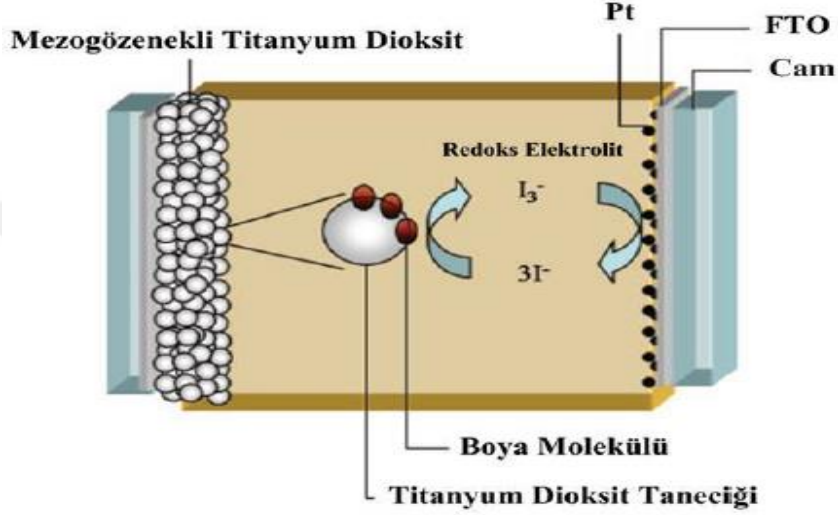
Bu amaçla kullanılacak moleküllerin görünür bölgede şiddetli soğurum yapmaları önemlidir. Ftalosiyanimler görünür bölgede kuvvetli soğurum yapmaları nedeniyle güneş pili yapımında kullanılan önemli bir gruptur[1-5]. Yapılan çalışmalarda en önemli iki problem, ftalosiyanimlerin agregasyonu ve boya molekülünün tutunmasıdır [6-14]. Birçok porfirin ve ftalosiyanim türevi hazırlanmış ve bu türevlerin güneş pili yapımında kullanılmış olduğunu literatürde görmek mümkündür [15-26]. Yapılan çalışmalarda genellikle alkil, aril, karboksil, sülfonat grupları ve fullerenler süstitüent olarak ftalosiyanimlere ve porfirinlere bağlanmıştır [27-33]. Diğer yandan birçok ftalosiyanim ve porfirin merkezi içeren dendrimerler hazırlanmış ve farklı uygulama alanlarında özellikle, katalizör, gaz sensör ve fotodinamik tedavide kullanımı çalışılmıştır [34-41].

Yapılan literatür çalışmasında dendritik ftalosiyanim [42-44] türevlerinin güneş pili yapımında kullanımı ile ilgili çalışmaların çok az olduğu gözlenmiştir [45-46]. Bu amaçla minimum agregasyon [47-50] özelliği gösterebilecek ve birçok organik çözücüde çözünebilirlik özelliği sağlayacak *tert*-bütil [51-54] ve TiO<sub>2</sub> yüzeyine tutunabilirlik özelliği olan [55-58] karboksil grupları içeren yeni dendritik ftalosiyanimler hazırlanacak ve karakterize edilecektir. Hazırlanan yeni ftalosiyanimlerden bazılarının güneş pili yapımında kullanımı ve katalitik aktivitelerinin incelenmesi sonraki çalışma olarak planlanmaktadır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

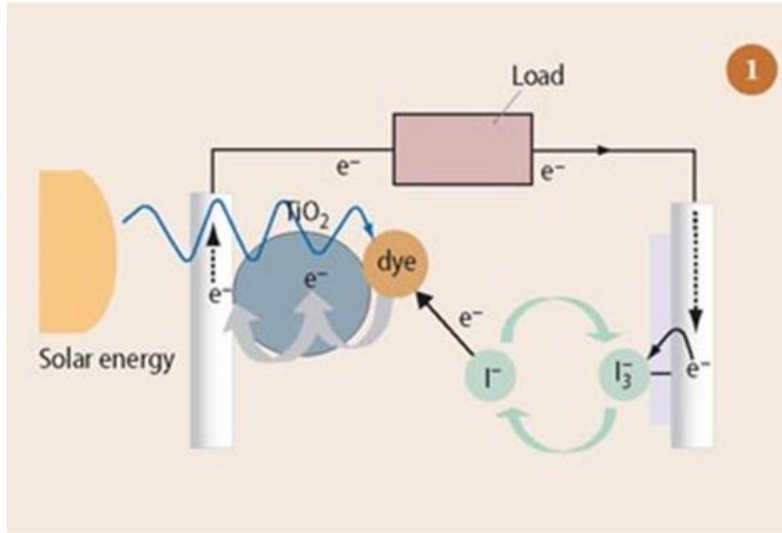
### 2.1. Güneş Pilleri

Örnek bir güneş pili sırayla iletken cam levha, nano titanyum dioksit,boya maddesi, triiyodür elektrolit, grafit tabaka ve iletken cam levhadan oluşmaktadır (Şekil 2. 1) [7].



Şekil 2.1. Güneş pili

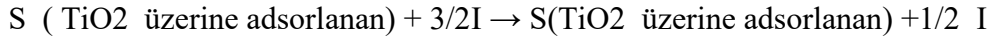
Şekil 2.2.'de Gratzel boya duyarlı güneş hücresi görülmektedir [17].



Şekil 2.2. Gratzel boya duyarlı güneş hücresi

Gratzel boya duyarlı güneş hücresinin çalışması beş basamakta özetlenebilir:

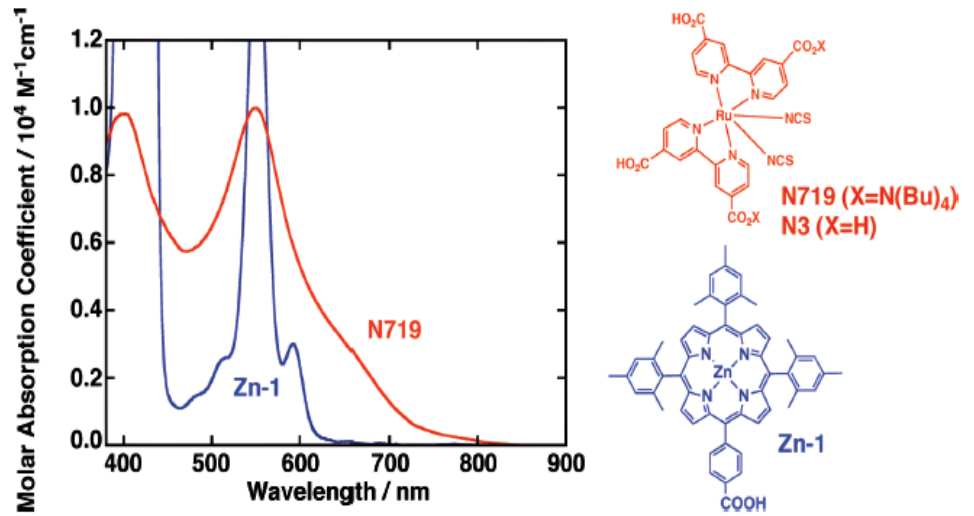
1. Işık fotonları boya moleküllerinde moleküler orbital arasında elektronların transferi ile uyarılmış molekül oluşturur.
2. Uyarılan elektronlar boya molekülünü terkeder.
3. Serbest elektronlar TiO<sub>2</sub> iletkenlik bandından anoda hareket eder ve sonra dış yükleyici üzerinden karşıt elektroda elektrik akımı akmaya başlar.
4. Yükseltgenen boya molekülü (S<sup>+</sup>) iyodür/tri-iyodür içeren redoks sistemi ile orjinal forma (S) indirgenir ve iyodür tri-iyodüre yükseltgenir.



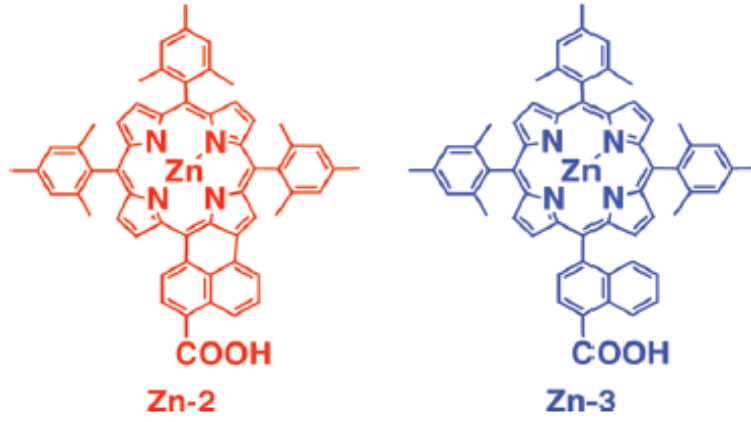
5. Grafit elektrodaki serbest elektron triiyodürü indirger ve tekrar iyodür oluşturur. Boya molekülü sonraki uyarılma, yükseltgenme ve indirgenme çevrimine hazır olur.

## 2.2 Porfirin ve Ftalosiyaninlerin Güneş Hücresinde Kullanımı

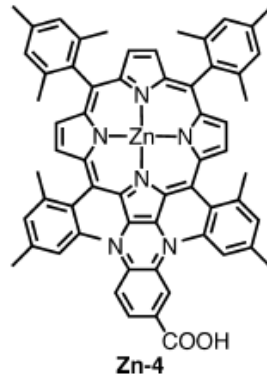
Literatürde fotovoltaiik hücre yapımında birçok porfirin ve ftalosiyanin türevleri ışığa duyarlı organik boya olarak kullanımı görülmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir. 800 nm'ye dayanan bir absorbands değeri gösteren N719 molekülünde ışığın elektrik enerjisine dönüşüm oranı %6.5 iken absorbands değeri 650 nm civarında olan Zn-1 molekülünde ise bu dönüşüm oranı %4.6'dır [1,59-61].



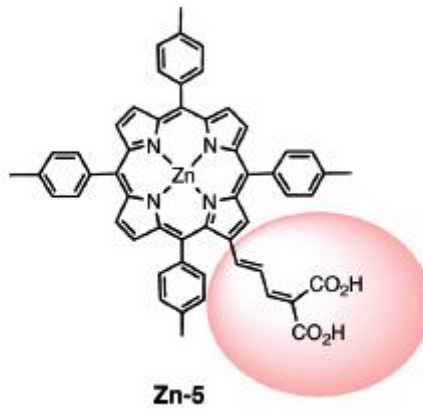
Yüksek absorbans değeri gösteren Zn-2 molekülünde dönüşüm oranı %4.1 iken daha düşük bir absorbans değeri gösteren Zn-3 molekülünde ise bu değer %2.8'dir [59,62,63].



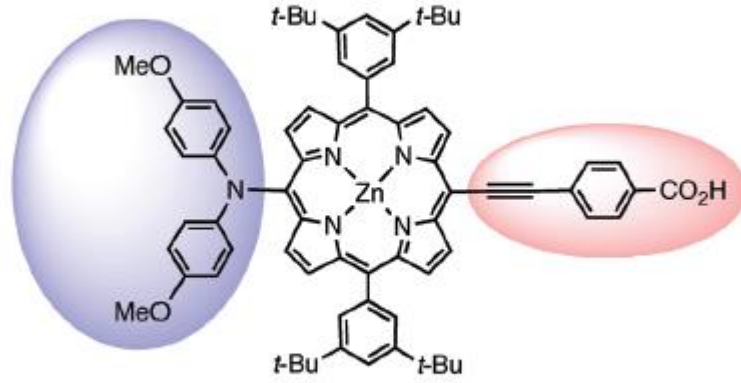
HOMO-LUMO orbitalleri arasındaki enerji farkı düşük olan bu molekülle hazırlanan güneş hücresinin ışığın elektrik enerjisine dönüşüm oranı %6.3'dür [59].



Etenil köprüsüyle karboksilat grubunun bağlı olduğu porfirin türeviden ışığın elektrik enerjisine dönüşüm oranı %7.1 olarak bulunmuştur [16,59].

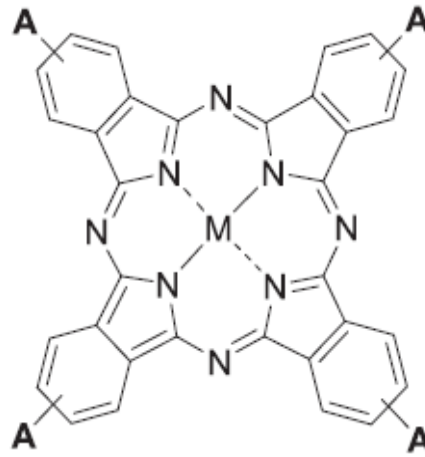


Bağlayıcı kol olarak etinil köprüsüyle karboksilik asit ve elektron sağlayıcı diarilamino gruplarının bağlandığı porfirin türevinin hazırlanan güneş hücresindeki verimi %6 'dır [1,59,64].



**Zn-6**

Metalli ftalosiyanine bağlanan karboksilli gruplar incelendiğinde merkeze olan uzaklık arttıkça dönüşüm oranı azalmaktadır. 1-4 nolu bileşiklerin dönüşüm oranaları sırasıyla 1.0, 0.42, 0.59 ve 0.40 olarak gözlenmiştir [1, 65].



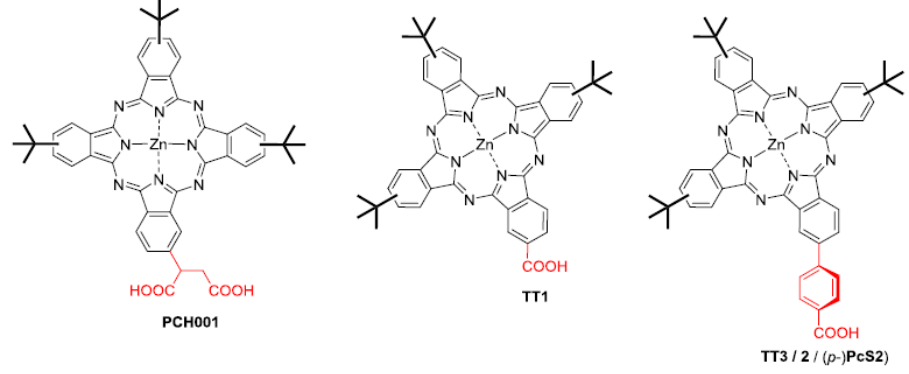
1 A = COOH, M = Zn

2 A = COOH, M = Al(OH)

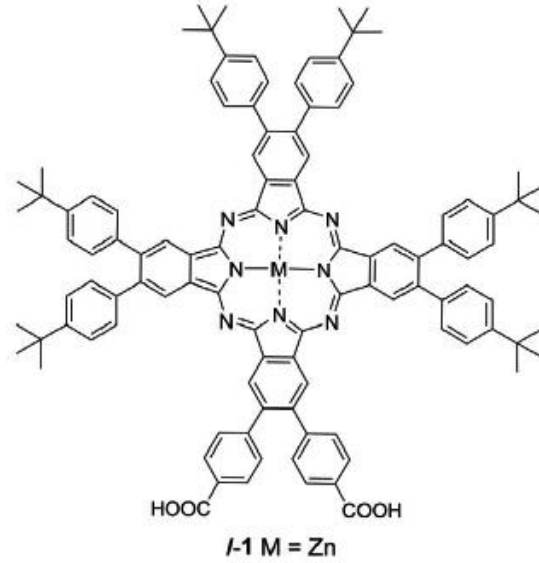
3 A = ---O---C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>---COOH, M = Zn

4 A = ---O---C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>---CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>---COOH, M = Zn

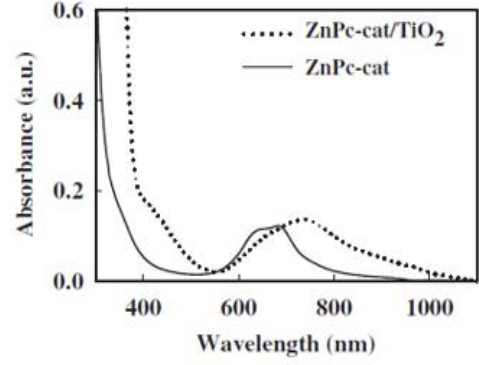
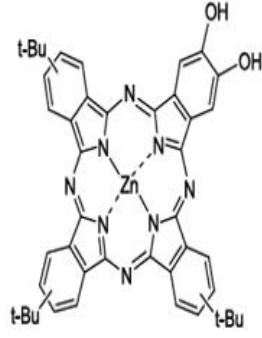
Üç tert-bütül grubu ve farklı karboksilat grupları içeren ftalosiyanın moleküllerinden, ikinci molekülde dönüşüm oranı %3.52 iken birinci molekülde bu oran %3.05 ve üçüncü molekülde bu oran %2.20'dir. Bunun nedeni ikinci molekülde karboksilik asidin halkaya direk bağlanması nedeniyle elektron transferinin daha kolay gerçekleşmesidir [1,66-67].



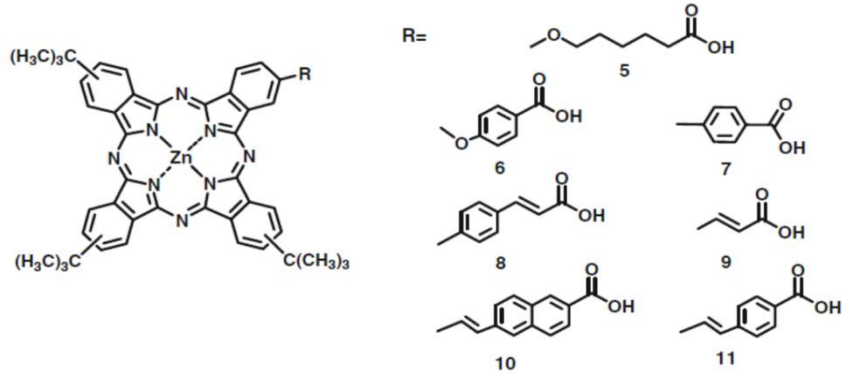
Altı tert-bütülfenil grupları ile aromatik karboksilik asit grupları içeren ftalosiyandan hazırlanan güneş hücresinde, ışığın enerjiye dönüşüm oranı % 0.57'dir [1,59,68].



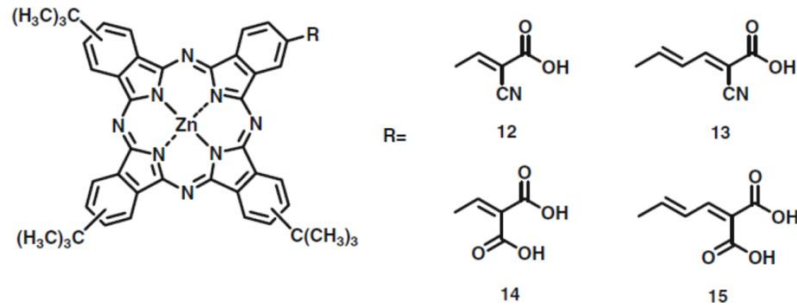
Tersiyer süstitüe ftalosiyanın ile ilgili yapılan çalışmada katekolden dolayı silika yarıiletken tabakaya güçlü bir bağlanma olduğu gözlenmiştir. Bu bileşiğin UV spektrumuna bakıldığında 800 nm'ye kadar dayanan bir soğurum bandı görülmektedir [1,8].



Farklı karboksilik asit türevleri ve tert-bütül grupları içeren asimetrik ftalosiyanimoleküllerinin dönüşüm oranları 0.40-3.28 arasında değişmektedir. En yüksek dönüşüm oranı 9 nolu bileşiktir ( $\eta = 3.28$ ). Bunun nedeni bu molekülde bulunan çift bağ sayesinde elektron transferinin kolay gerçekleşmesi ve halka ile titanyumdioksit arasındaki mesafenin kısa olmasıdır [1,69].

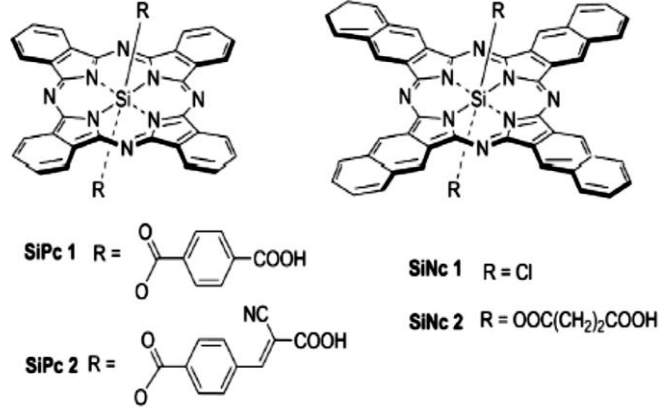


Çinko ftalosiyanine farklı karboksilik asit türevlerinin bağlanmasıyla elde edilen güneş hücresinde dönüşüm oranları 2.55-3.96 aralında ve en yüksek dönüşüm oranı 14 nolu bileşikte görülmektedir ( $\eta = 3.96$ ). Bunun nedeni; karboksilik asit grubunun fazla olmasıdır [1,69,70].

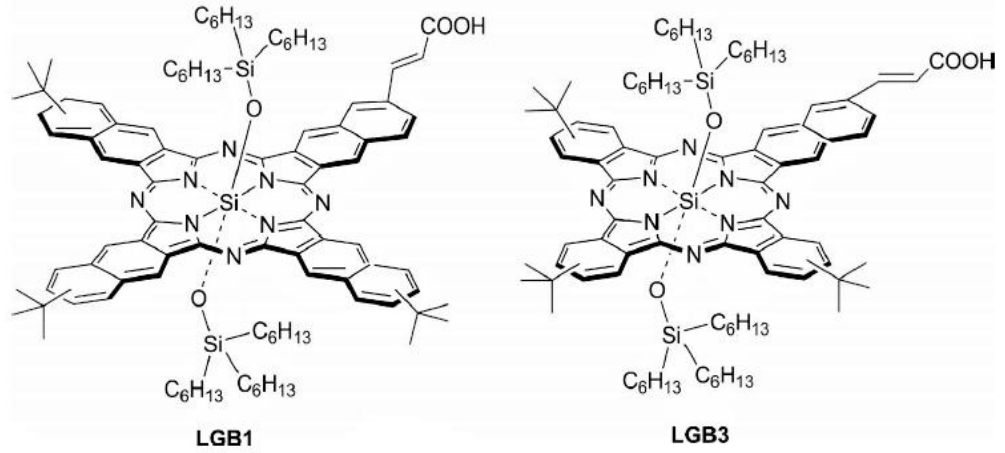


Silisyum ftalosiyaninin aksiyel konumuna siyanoasetik asit ve karboksilik asit türevlerinin bağlanmasıyla elde edilen moleküllerle yapılan çalışmada, siyanoasetik

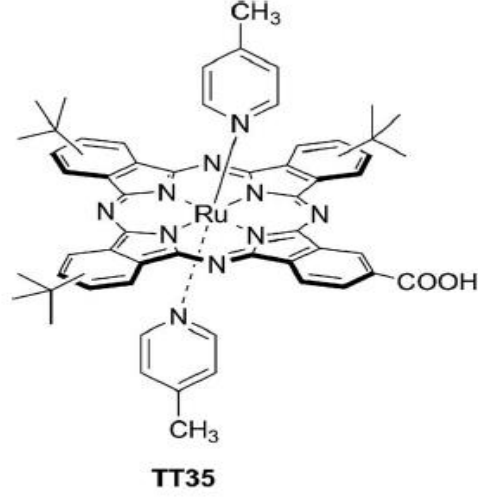
asit grubu içeren ftalosiyanın güneş hücresinde ışığın enerjiye dönüşüm oranı daha yüksek bulunmuştur. Silisyum nafta ftalosiyanın de aksiyel konumuna klor ve dikarboksilik asit türevleri bağlanmış ve klor türevinden hazırlanan güneş hücresinde verim daha yüksektir [1,71-73].



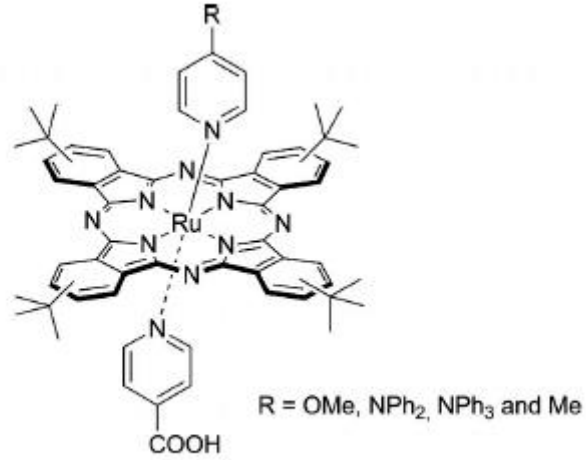
Son zamanlarda Sellinger ve çalışma grubu naftalin türevleri içeren ftalosiyanınler çalışmışlardır. İlk molekülde verim %0.91 iken diğer molekülde bu verim %4.5'dir. Bunun nedeni ter-bütıl gruplarının halkaya direk bağlanmasıdır [1,71,74].



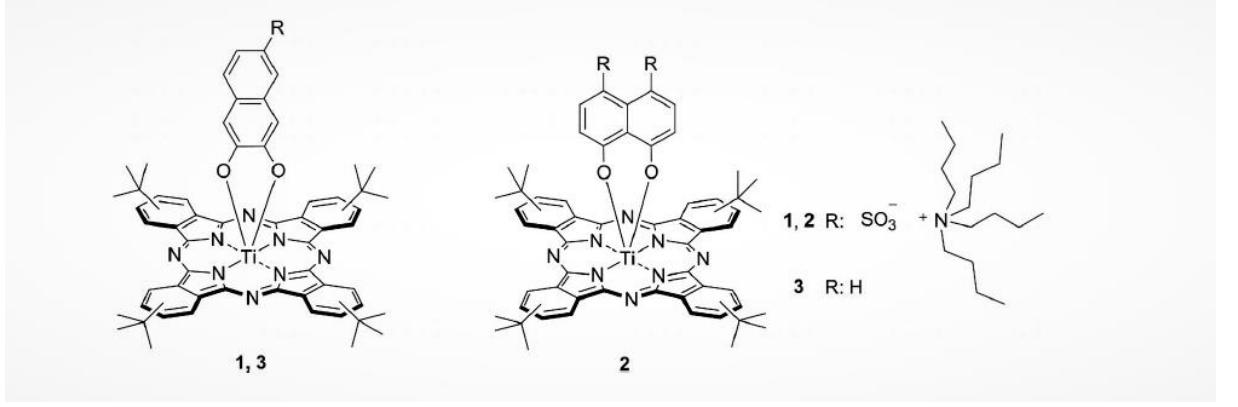
2 piridin halkasının bulunduğu ftalosiyanın molekülünde ışığın elektrik enerjisine dönüşüm oranı %1.01 bulunmuş ve yüksek enjeksiyon verimliliği gözlenmiştir [1,71,75].



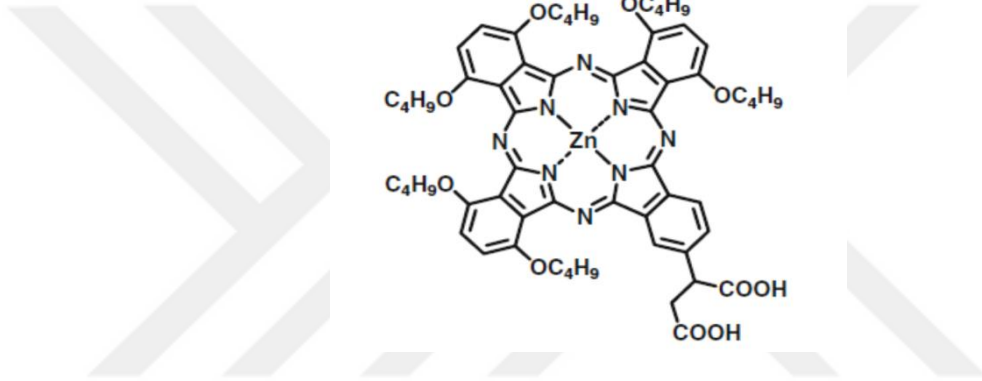
Rutenyum Ftalosiyanınin aksiyel konumuna elektron sağlayıcı ve elektron verici gruplar bağlanmış ve bunların güneş hücresinin özelliği incelendiğinde önemli bir fotovoltajik performans gözlenmemiştir. Ayrıca, çalışma sırasında boyaya enjeksiyonu çok yavaş gerçekleşmiştir. Bu performans düşüklüğünün nedeninin zayıf elektron transferi olduğu sonucuna varılmıştır [1,71,76].



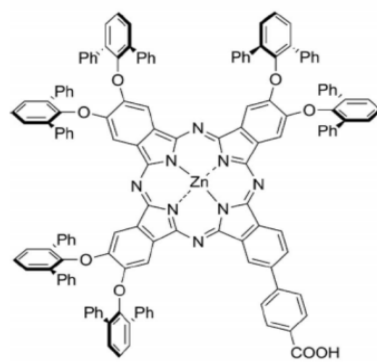
Periferal konumunda hacimli tert-bütül grupları içeren titanyum ftalosiyanine aksiyel konumda karboksi katekol grup bağlanmış ve yapılan çalışmada agregasyon gözlenmemesine rağmen etkin elektron transferi de gözlenmemiştir [1,71,77]. Titanyum ftalosiyanınin aksiyel konumuna farklı oranlarda trialkil amin naftalendiol grupları ve farklı oranda sülfonat grupları bağlanarak hazırlanan güneş hücrelerinde de düşük verim elde edilmiştir [1,71,77].



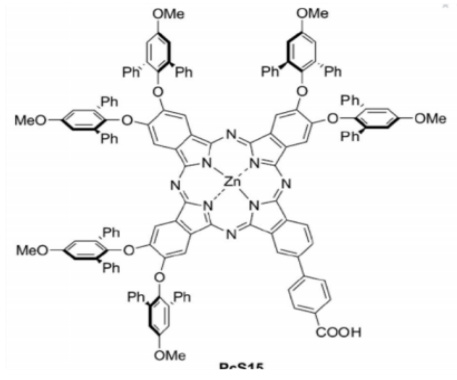
Altı güçlü elektron sağlayıcı n-bütoksi grupları içeren ftalosiyanınle yapılan güneş hücresinde  $\eta$  değeri %1.10 bulunmuştur. Bunun nedeni n-bütoksi gruplarının sterik etkisinin olmamasından dolayı agregasyonun önlenememesidir [1,58,71].



Ftalosiyanın molekülüne elektron sağlayıcı sterik etkisi büyük gruplar bağlandığında dönüşüm oranının yükseldiği gözlenmiştir [1, 71,78].



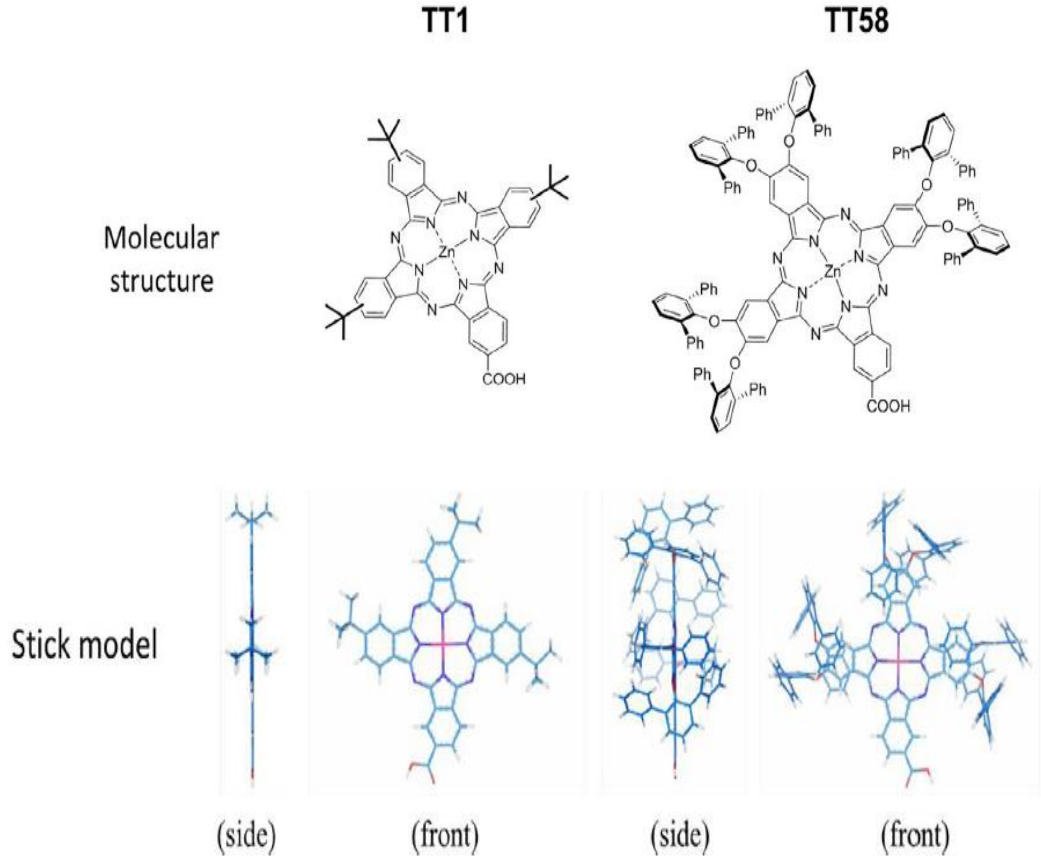
$n=\%4.6$



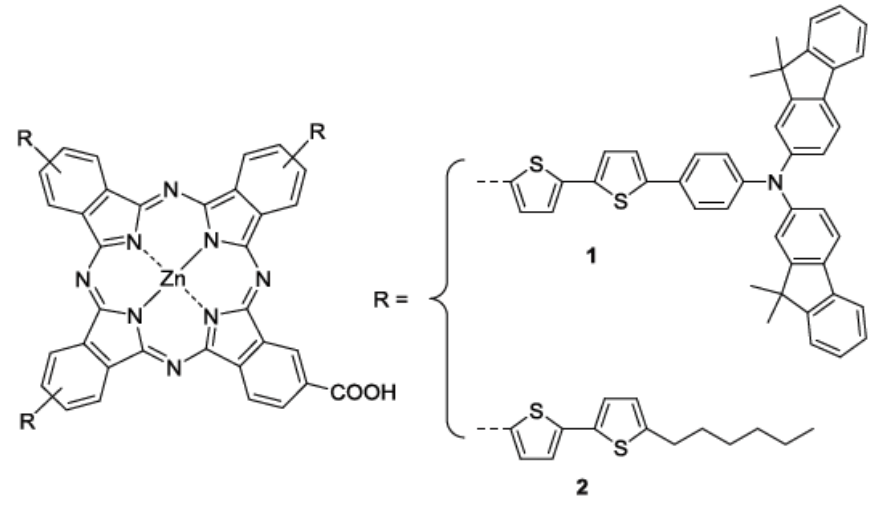
$n=\%5.3$

TT58 numaralı ftalosiyanın molekülünde altı 2,6-difenilfenoksi grubu TT1 numaralı ftalosiyanın molekülünde ise üç tert-bütül grubu bulunmaktadır. Moleküllerin çubuk modelinde de görüleceği gibi TT58 molekülüne bağlı gruplar yığılmayı daha iyi

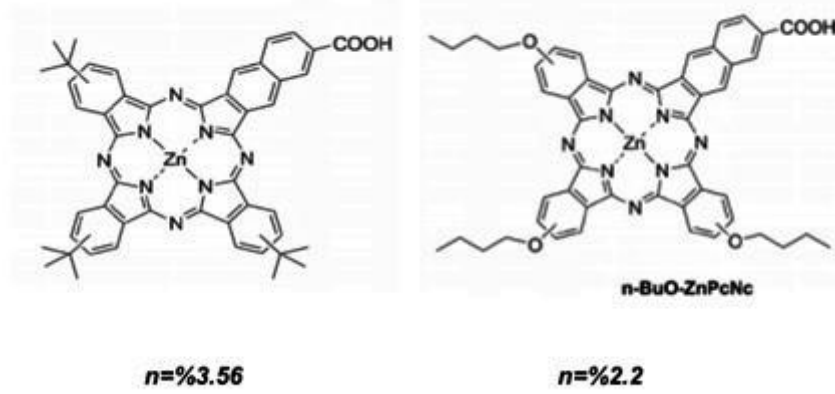
bertaraf edecek bir konumdadır. Bu özelliği sonucunda TT58 molekülünde dönüşüm oranı %6.05 iken TT1 molekülünde bu oran %3.5'dir. Ayrıca şimdiye kadar yapılan çalışmalarda TT58 ftalosiyanınin boya tabanlı en iyi dönüştürücülerden biri olduğu bulunmuştur [1,71,79]. TT-1 ve TT-58 ftalosiyanıninlerin çubuk modeli aşağıda görülmektedir.



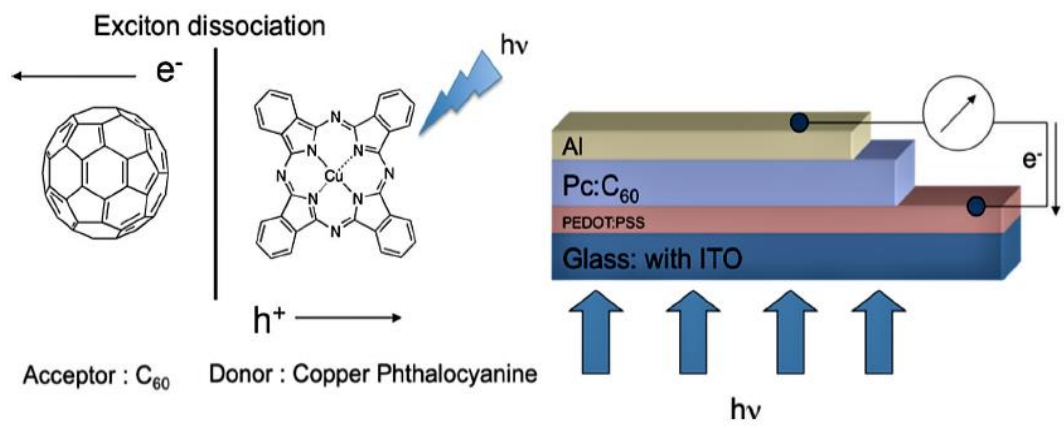
Yüksek absorbans özelliği olan ve agregasyonu engelleyen triarilamin süstitüe ve bistiyofer süstitüe ftalosiyanınlerde ışığın enerjiye dönüşüm verimi %2.70 olarak gözlenmiştir [1, 5, 71].



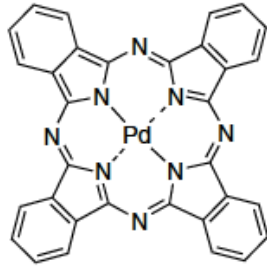
n-bütoksi grubunun bağlandığı ftalosiyanın halkasında verim %2.2 gibi düşük bir değerde bulunmuştur. Bunun nedeni n-bütoksi grubunun agregasyonu engelleyememesidir [1, 71].



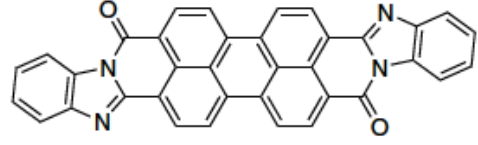
Bakır ftalosiyanın ile karbon 60 moleküllerinin 1:1 oranında karıştırılmasıyla elde edilen güneş hücresinde verim %3.6 olarak bulunmuştur [80,81]. PEDOT:PSS ile güneş pili yapımı aşağıda görülmektedir.



Yukarıdaki aynı yöntemin kullanıldığı palladyum ftalosiyanın molekülünde karbon 60 yerine perilen kullanılmasıyla elde edilen güneş hücresinde verim %2.2 olarak bulunmuştur [80,82].

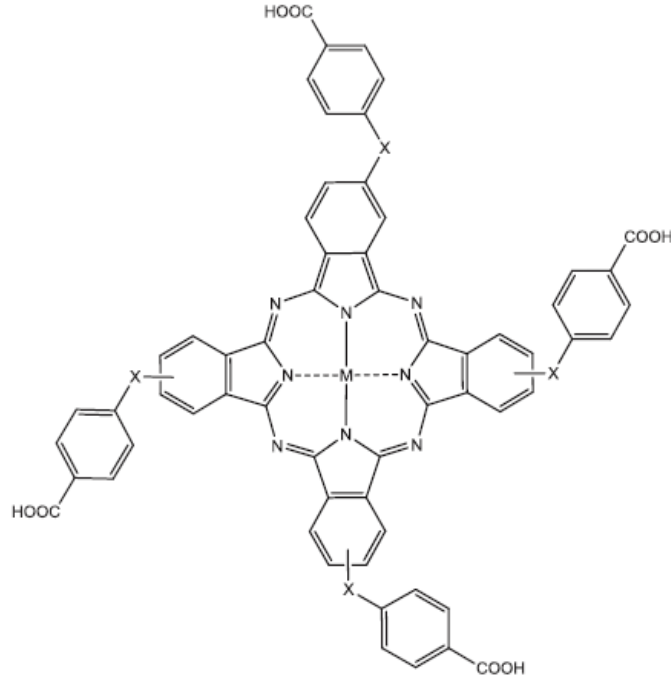


Palladium phthalocyanine (donor)



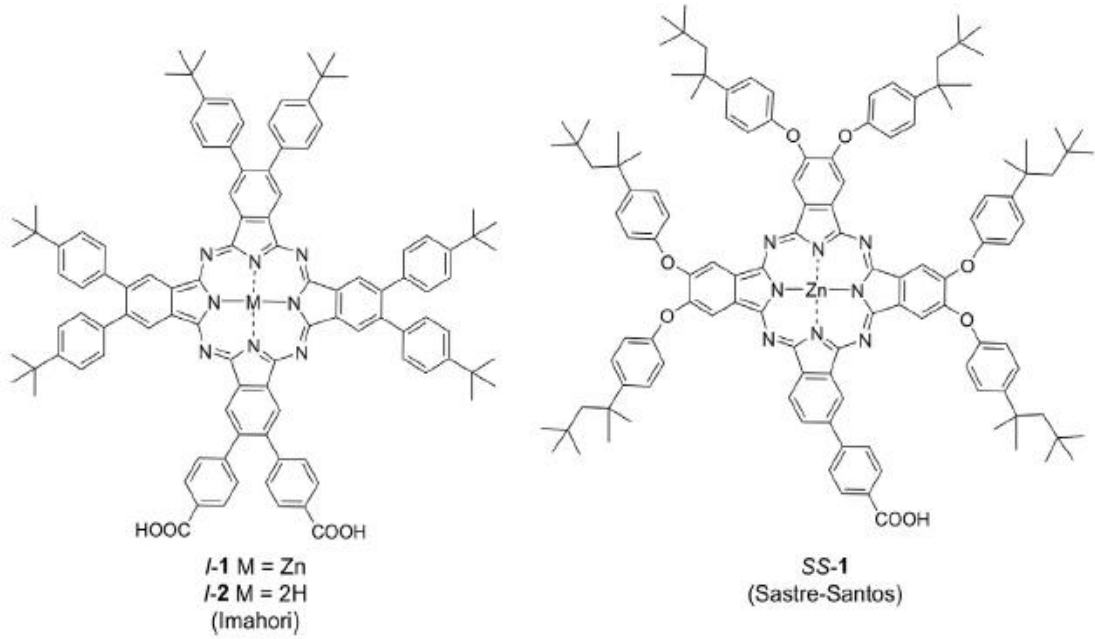
3,4,9,10-perylene tetracarboxylic bisbenzimidazole (acceptor)

Aşağıda çalışılan ftalosiyanın molekülü verilerine göre S atomu O atomuna göre daha yüksek güneş pili verimi vermiştir. Ayrıca Co merkezi metalli ftalosiyanın Zn merkezli ftalosiyana göre daha yüksek dönüşüm oranı elde edilmiştir. 4-HBa-ZnPc, 4-HBa-CoPc ve 4-MKBa-CoPc bileşiklerinin dönüşüm oranları sırasıyla 2.99, 3.70, 4.18 ve standart olarak kullanılan N719 un dönüşüm oranı ise 7.95 dir [1, 20].



4-HBa-ZnPc	M=Zn(II), X=O
4-HBa-CoPc	M=Co(II), X=O
4-MKBa-CoPc	M=Co(II), X=S

Aşağıda çalışılan ftalosiyanın enerji dönüşümü oranları arasındaki farkın nedeninin oksijen köprüsünün agregasyonu engellemesi ve streik etki olduğu gözlemlenmiştir. I-1 ve SS-1 bileşiklerinin dönüşüm oranları sırasıyla 0.57 ve 0.73 [1,66,68].



### ***Sonuç olarak:***

Porfirin ve ftalosiyanınlerden yapılan güneş hücrelerinde, rutenyum polipiridilden yapılan güneş hücreleri (%7) kadar dönüşüm oranı gözlenmese de bu moleküller bu amaçla kullanılan birçok boyalardan daha yüksek bir verime sahiptir. Bu moleküllerin yapılarında gerçekleştirilecek modifikasyon ile ışık duyarlılık özelliklerinin daha yüksek bir potansiyele sahip olacağı düşünülmektedir.

Yeni ışık duyarlı maddelerin çalışılmasında dikkat edilmesi gereken noktalar:

1. Ftalosiyanın ve porfirin moleküllerinin  $TiO_2$  tabakayla çok daha kuvvetli etkileşim yapabilme özelliğinin kazandırılması [1,13,55].
2. Elektron transferinin daha kolay gerçekleşmesi için boya molekülüne asimetrik olarak farklı grupların bağlanması ile bu özelliğın geliştirilmesi [1, 4,67].
3. Agregasyon elektron transferini engellemektedir. Bu nedenle; agregasyonu azaltmak için molekülün aksiyel konumuna, periferel konumuna sterik etkisi büyük yeni grupların bağlanması ve yüksek absorpsiyon yapabilen farklı grupların çalışılması [47, 48, 78].

### 3.MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1.Kullanılan Cihazlar

<sup>1</sup>H-NMR ve <sup>13</sup>C NMR spektrumları, Bruker 400 MHz spektrometresinde oda sıcaklığında alındı. Kimyasal kaymalar ppm olarak verildi. Infrared spektrumları, Perkin Elmer Spektrum 100 spektrometresinde ATR yöntemiyle 4000-400 cm<sup>-1</sup> aralığında alındı. UV/ Vis spektrumları, SHIMADZU UV/ Vis ve Ocean Optics HR4000 CG UV- Nır UV- Vis spektrometrelerinde ölçüldü.

#### 3.2.Kimyasal Maddeler

4,5-dikloroftalonitril [83] ve [RuCl<sub>2</sub>(DMSO)<sub>4</sub>] [84] literatürdeki yöntemlerle sentezlendi.

#### 3.3.Bileşiklerin Sentezi

Tüm reaksiyonlar argon atmosferi altında yapıldı. Reaksiyonlar belirtilmedikçe, vidalı kapaklı, teflon musluklu, basınca dayanıklı şilenk kullanılarak gerçekleştirildi. Çözücüler moleküler eleklerle veya literatürde ki uygun yöntemle [85] kurutulup kullanıldı.

##### 3.3.1 4,5-bis(dimetil-5-oksifthalat)ftalonitril, 1, Sentezi

20 mL DMSO'deki dimetil-5-hidroksifthalat (1.9 g 9.04mmol) ve 4,5-difloroftalonitrilin (500.0 mg 3.04mmol) çözeltisine K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (1.7 g 12.04 mmol) 60 dakikada azar azar eklendi. Açık sarı karışım 60°C de 5 gün ısıtıldı ve rengi değişmeyen karışım 100 mL buzlu suya döküldü. Çok ince tanecikli katı santrifüjle ayrıldı, sırasıyla 3x10mL su ve 2x5 mL teknik alkol ile yıkandı havada kurutuldu. Krem katı CHCl<sub>3</sub>, aseton, THF de çözünmektedir. Verim: 1.2g (% 73 ).

#### Karakterizasyon



(544.11 gmol<sup>-1</sup>)

**<sup>1</sup>H-NMR:** (400.13 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)

δ8.23 brs(2H, Ftalat- aromatik) 7.78 s(2H, Ftalonitril) 7.74 d(4H, Ftalat-aromatik) 3.78 s (12H, Ftalat-OMe)

**<sup>13</sup>C-NMR:** (100.613 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)

δ164 (COO), 132, 126, 125, 123, 114 (CN), 112, 52(OMe)

**IR:** (ATR, cm<sup>-1</sup>)

v(CN-C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>) 2224 m

### 3.3.2 4,5-bis(p-klorofenoksi)ftalonitril, 2, Sentezi

20 mL DMSO' deki p-klorofenol (1.0 g 7.78 mmol) ve 4,5-dikloroftalonitrilin (510.6 mg 2.59mmol) çözeltilisine K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (1.4 g 10.37 mmol) 30 dakikada azar azar eklendi. Ekleme esansında oluşan sarı karışım 80°C de 4 gün ısıtıldı. Oluşan Kırmızı karışım 150 mL buzlu suya döküldü ve katı süzüldü, sırasıyla 2x30 mL doygun NaHCO<sub>3</sub> çözeltilisi, 4x30 mL su ile yıkanarak havada kurutuldu. Katı 3x20 mL alkol ve 2x20 mL Et<sub>2</sub>O ile yıkanarak saflaştırıldı. Açık sarı katı CHCl<sub>3</sub>, aseton, THF de çözünmektedir. Verim: 630 mg (% 64 ).

### Karakterizasyon

**C<sub>20</sub>H<sub>10</sub>O<sub>2</sub>N<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>**

(381 gmol<sup>-1</sup>)

**<sup>1</sup>H-NMR:** (400.13 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)

δ7.67 s(2H, Ftalonitril) 7.36 d (4H, Fenoksi-aromatik) 7.09 d(4H, Fenoksi-aromatik)

**<sup>13</sup>C-NMR:** (100, 613 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)

δ154, 151, 130, 129, 124, 120, 114(CN), 111

**IR:** (ATR,cm<sup>-1</sup>)

v(CN-C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>) 2226 m

### 3.3.3 4,5-bis(p-*tert*-butilfenoksifenoksi)ftalonitril, 3, Sentezi

30 mL DMSO'deki p-*tert*-bütilfenol (3.45 g 22.96 mmol) ve 4,5-bis(p-klorofenoksi)ftalonitril, 2, (1.75 g 4.59 mmol) çözeltisine K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (2.54 g 18.36 mmol) 90 dakikada azar azar eklendi. Oluşan kırmızı karışım oda sıcaklığında 10 gün karıştırıldı. Koyu kırmızı karışım 200 mL buzlu suya döküldü ve yağimsı karışım 4x40 mL EtOAc ile ekstrakte edildi. Organik faz sırasıyla 3x30 mL doygun NaHCO<sub>3</sub> çözeltisi, 3x30 mL su ile yıkandı, MgSO<sub>4</sub> ile kurutuldu. Sarı çözeltinin çözücüsü döner buharlaştırıcı da kuruluğa kadar uzaklaştırıldı. Yağısı katı 2x10 mL petrol eteri ile ekstrakte edildi, çözelti soğutulunca oluşan kristaller süzüldü, 5 mL petrol eteri ile yıkandı ve havada kurutuldu. Açık sarı katı petrol eteri, eter, CHCl<sub>3</sub> da çözünmektedir. Verim: 1.48g (% 53).

### Karakterizasyon

**C<sub>40</sub>H<sub>36</sub>O<sub>4</sub>N<sub>2</sub>**

(608 g mol<sup>-1</sup>)

**<sup>1</sup>H-NMR:** (400.13 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)

δ 7.91 s(2H, Ftalonitril) 7.08 dxd(8H, Fenoksi-aromatik) 6.62 dxd(8H, Fenoksi-aromatik) 1.13 s(18H, Fenoksi-butil)

**<sup>13</sup>C-NMR:** (100,613 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)

δ154, 141, 125, 114 (CN), 33(Butil-Cq), 31(Bütil-CH<sub>3</sub>)

**IR:** (ATR, cm<sup>-1</sup>)

v(CN-C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>) 2226 m v(Alifatik) 2961s, 2869s

### 3.3.4. Metalsiz Dendritik Ftalosiyininin, 4, Sentezi

**1** (59.8 mg 0.11mmol) ve **3** (200.0 mg 0.33 mmol) 3 ml pentanoldeki çözeltisine Li (1.5 mg 0.22 mmol) eklendi, bu karışım 190 °C de 60 dakika ısıtıldı. Oluşan koyu yeşil karışıma 5 mL DMF ve 5 damla derişik HOAc eklendi ve 60 dakika karıştırıldı.

Hidroliz UV-vis spektroskopisi ile takip edildi. Koyu yeşil çözeltinin çözücüsü vakumda uzaklaştırıldı. Kalıntı 20 mL n-hekzanda çözüldü, çözelti soğutuldu, oluşan katı ayrıldı. Koyu yeşil n-hekzan çözeltisinin çözücüsü vakumda uzaklaştırıldı. Yeşil yağimsı ürün n-hekzan, eter, CHCl<sub>3</sub>, çözünüyor. Verim: 23 mg (%9,1)

### **Karakterizasyon**

**C<sub>148</sub>H<sub>130</sub>O<sub>8</sub>N<sub>8</sub>**

(2306 g mol<sup>-1</sup>)

**IR:** (ATR, cm<sup>-1</sup>)

v(Alifatik) 2959s, 2885m

**UV-Vis:** (CHCl<sub>3</sub>, λ<sub>Max</sub> / nm)

356 (1,1.423), 607 (0.473), 640 (0.742), 665 (1.385), 699 (1.423)

**<sup>1</sup>H-NMR:** (400.13 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)

δ 8.3 – 6.6 (130H, ftalosiyenin)

### **3.3.5. Çinko Dendritik Ftalosiyaninin, 5, Sentezi**

**1** (59.8 mg 0.11 mmol), **3** (200.0 mg 0.33 mmol) ve Zn(OAc)<sub>2</sub> (20.1 mg 0.11 mmol) 3 mL DMF çözeltisi DBU (3 damla) varlığında 190 °C de 120 dakika ısıtıldı. Koyu yeşil çözeltinin çözücüsü vakumda uzaklaştırıldı. Kalıntı 3x15 mL eter ile yıkandı, katı vakumda kurutuldu. Koyu yeşil ürün CHCl<sub>3</sub>, aseton, çözünüyor. Verim: 109 mg (%42)

### **Karakterizasyon**

**C<sub>148</sub>H<sub>128</sub>O<sub>18</sub>N<sub>8</sub>Zn**

(2369,91 g mol<sup>-1</sup>)

**IR:** (ATR, cm<sup>-1</sup>)

v(Alifatik) 2931s, 2965m

**UV-Vis:** (CHCl<sub>3</sub>, λ<sub>Max</sub> / nm)  
361 (0,913), 611 (0,521), 676 (1,584)

**<sup>1</sup>H-NMR:** (400.13 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)  
δ 8.6 – 6.6 ( 128 H, ftalosiyenin )

### 3.3.6. Rutenyum Dendritik Ftalosiyenin, 6, Sentezi

**1** (59.8 mg 0.11 mmol), **3** (200.0 mg 0.33 mmol) ve [RuCl<sub>2</sub>(DMSO)<sub>4</sub>] (53.3mg 0.11mmol ) 3 mL DMF çözeltisi DBU (3 damla) varlığında 190 °C de 4 saat ısıtıldı. Koyu yeşil çözeltinin çözücüsü vakumda uzaklaştırıldı. Kalıntı 3x15 mL eter ile yıkandı, katı vakumda kurutuldu. Koyu yeşil ürün CHCl<sub>3</sub>, aseton, çözünüyor. Verim: 160 mg (%57)

#### Karakterizasyon

**C<sub>152</sub>H<sub>140</sub>O<sub>20</sub>N<sub>8</sub>S<sub>2</sub>Ru**  
(2561,1 gmol<sup>-1</sup>)

**IR:** (ATR ,cm<sup>-1</sup>)  
ν(Alifatik) 2934s, 2983m

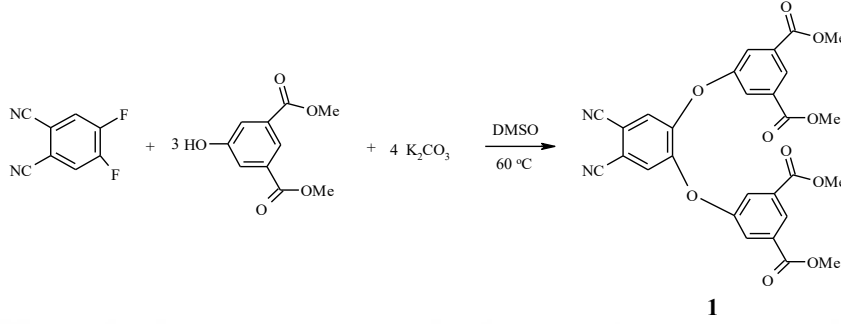
**UV-Vis:** (CHCl<sub>3</sub>, λ<sub>Max</sub> / nm)  
322 (1.404), 577 (0,429) , 631 (0,547)

**<sup>1</sup>H-NMR:** (400.13 MHz, Aseton-d<sub>6</sub>, 25°C, δ ppm)  
δ 8.2 – 6.8 ( 140 H, ftalosiyenin )

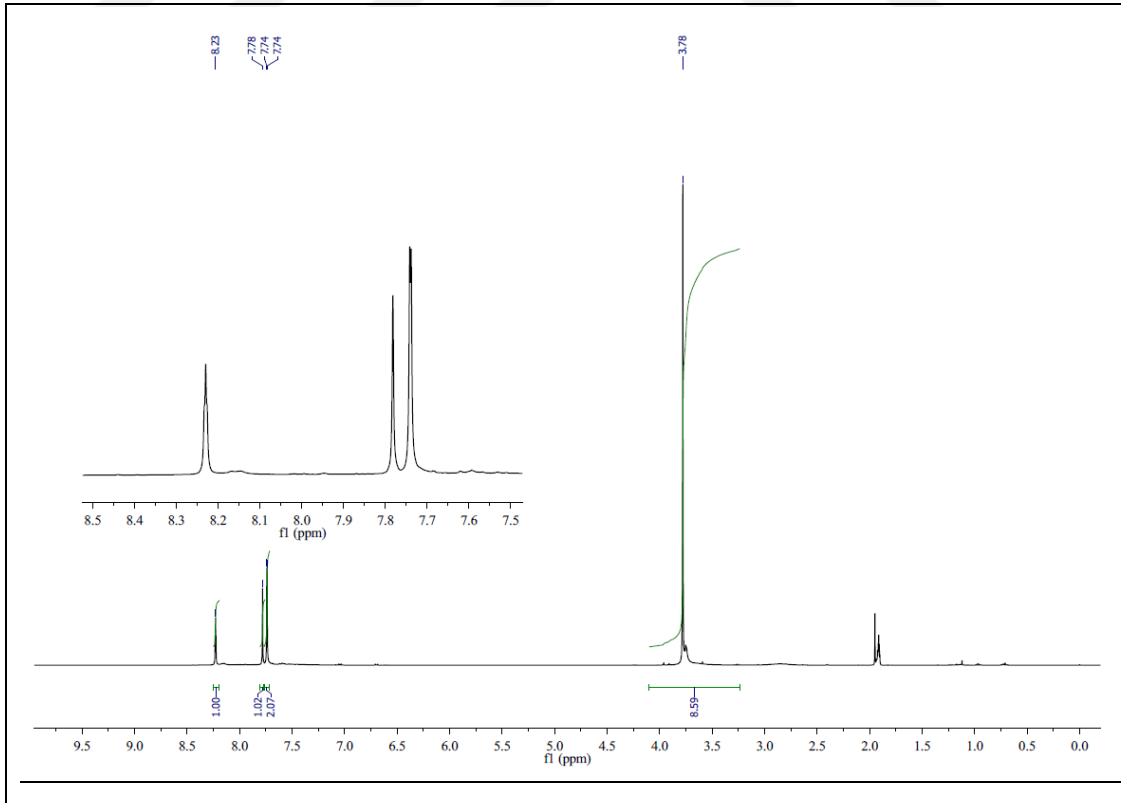
## 4.SONUÇ VE TARTIŞMA

### 4.1.Ftalonitril Türevlerinin Sentezi

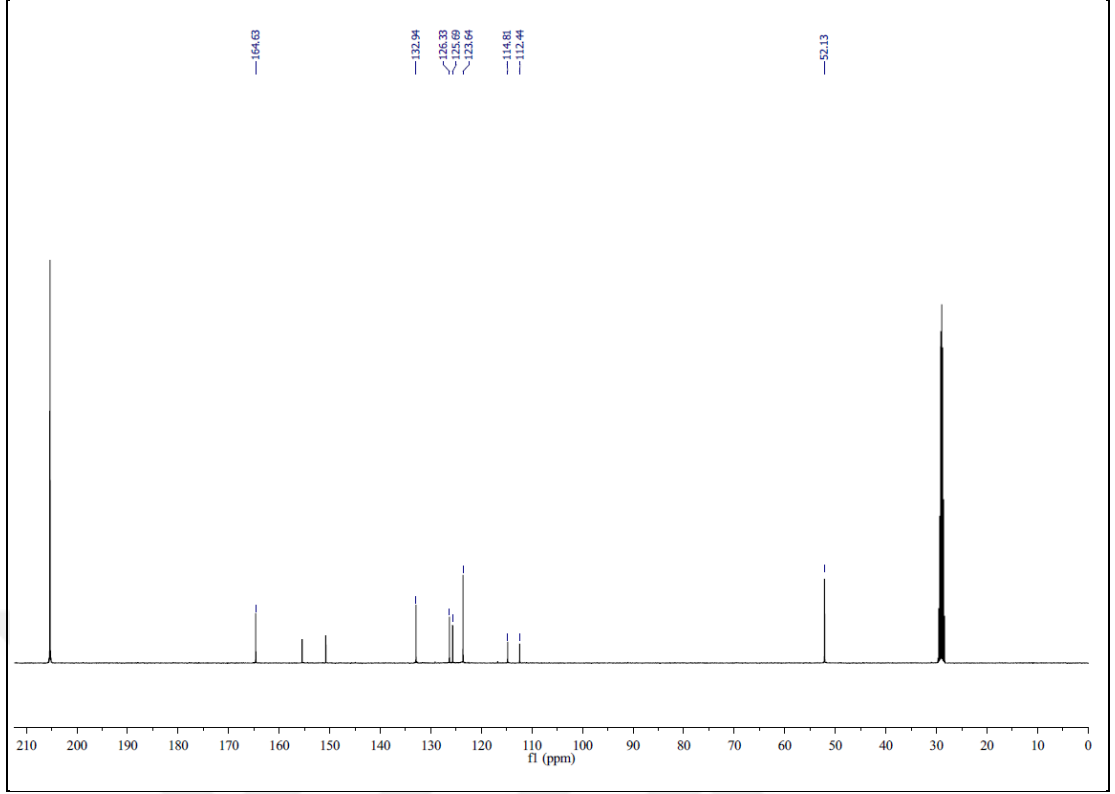
4,5-diflororftalonitril ve dimetil-5-hidroksiizoftalatın DMSO'da  $K_2CO_3$  varlığında tepkimesi sonucu krem katı **1** bileşiği elde edildi.



**1** bileşiğinin oda sıcaklığında Aseton- $d_6$  de ölçülen  $^1H$ -NMR spektrumunda (Şekil 4.1), 8.23 ppm(br s, ftalat-aromatik) , 7.78 ppm (s, ftalonitril) 7.74 ppm (d, ftalat-aromatik) 3.78 ppm (s, ftalat-OMe) gözlemlendi. **1** bileşiğinin oda sıcaklığında Aseton- $d_6$  de ölçülen  $^{13}C$ -NMR spektrumunda (Şekil 4.2), 164 ppm karboksilat karbonu, 114 ppm nitril karbonu, 52 ppm metoksi karbonu gözlenirken, 132, 126, 125, 123, 112 ppm de ise ftalonitril ve ftalat türevinin aromatik karbonları gözlemlendi.

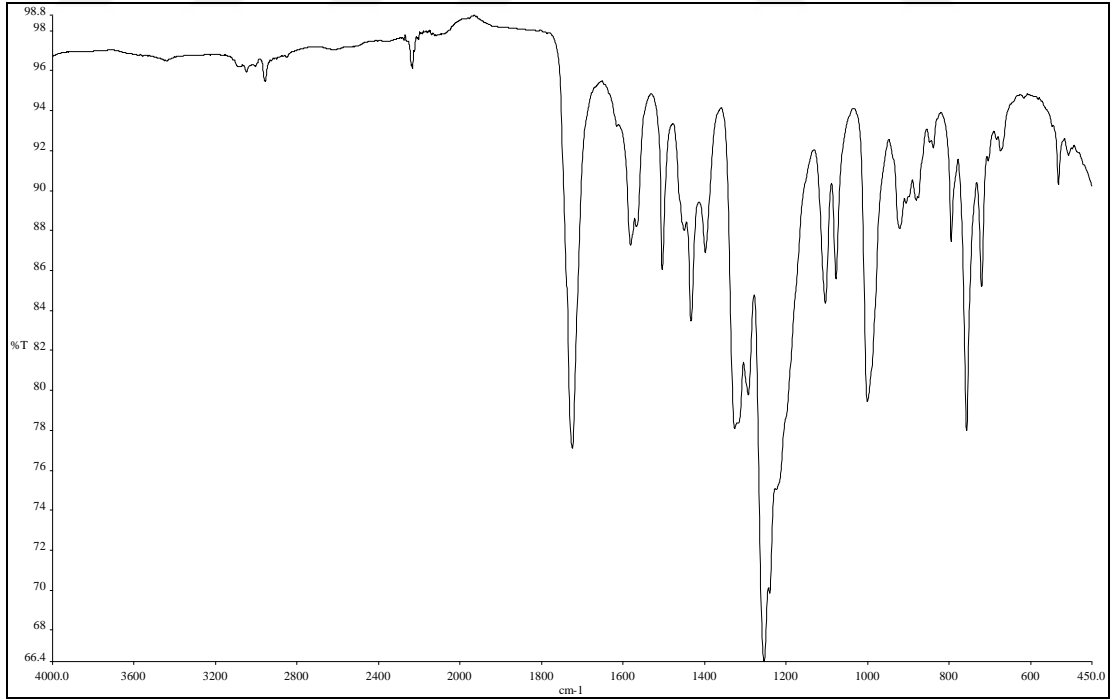


Şekil 4.1. **1** bileşiğinin  $^1H$ -NMR spektrumu (Aseton- $d_6$ )



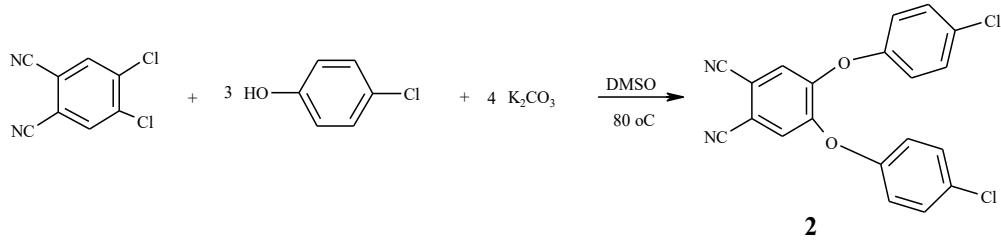
Şekil 4.2. 1 bileşiğinin  $^{13}\text{C}$ -NMR spektrumu (Aseton- $\text{d}_6$ )

1 bileşiğinin IR spektrumunda (Şekil 4.3),  $2224\text{ cm}^{-1}$  de CN titreşim bandı gözlemlendi.

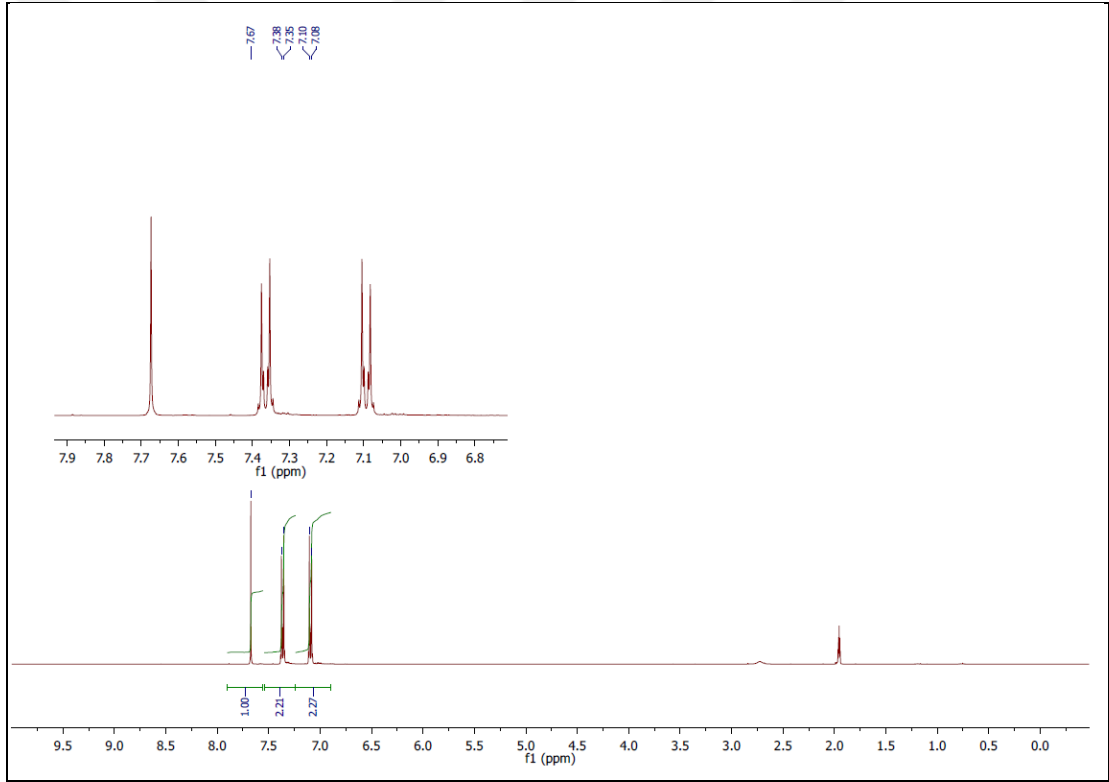


Şekil 4.3. 1 bileşiğinin IR spektrumu.

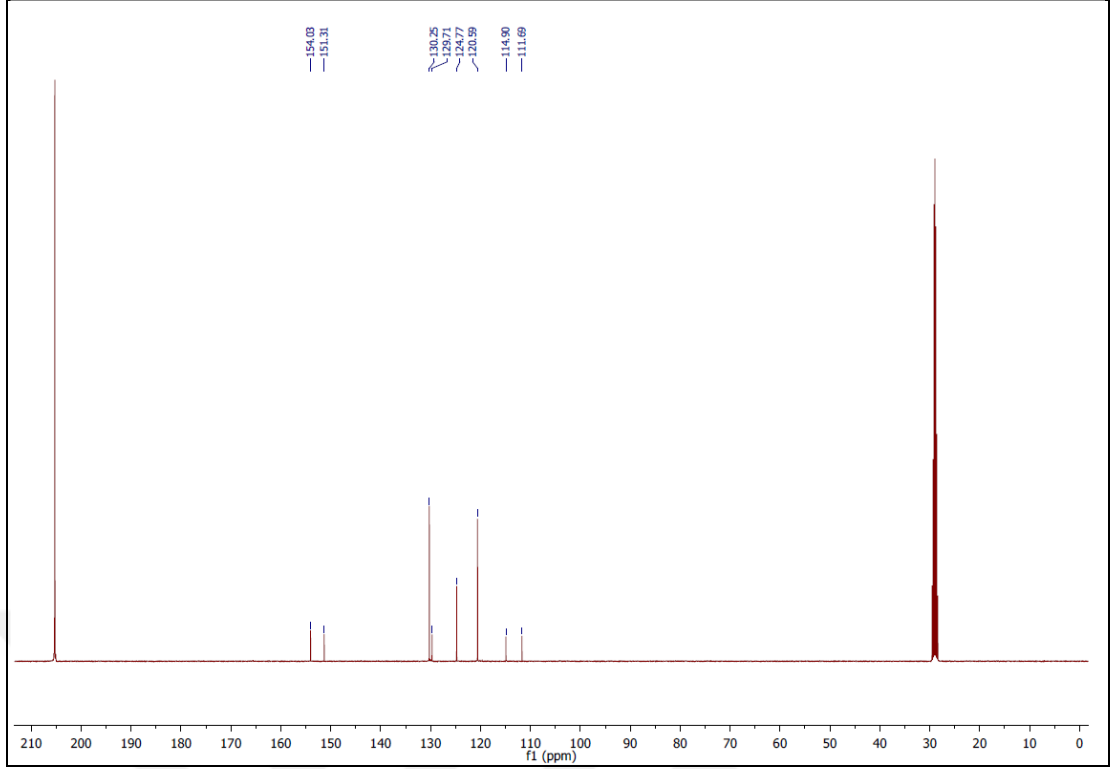
4,5-dikloroftalonitril ve p-klorofenolün DMSO da  $\text{K}_2\text{CO}_3$  varlığında tepkimesi sonucu açık sarı katı 2 bileşiği elde edildi.



**2** bileşiminin oda sıcaklığında Aseton-d<sub>6</sub> da ölçülen <sup>1</sup>H-NMR spektrumunda (Şekil 4.4), 7.67 ppm (s, ftalonitril-aromatik) 7.36 ppm (d, fenoksi-aromatik) 7.09 ppm (d, fenoksi-aromatik) gözlemlendi. **2** bileşiminin oda sıcaklığında Aseton-d<sub>6</sub> da ölçülen <sup>13</sup>C-NMR spektrumunda (Şekil 4.5), 114 ppm nitril karbonu, 154, 151, 130, 129, 124, 120, 111 ppm de ise ftalonitril ve fenoksi türevinin aromatik karbonları gözlemlendi.

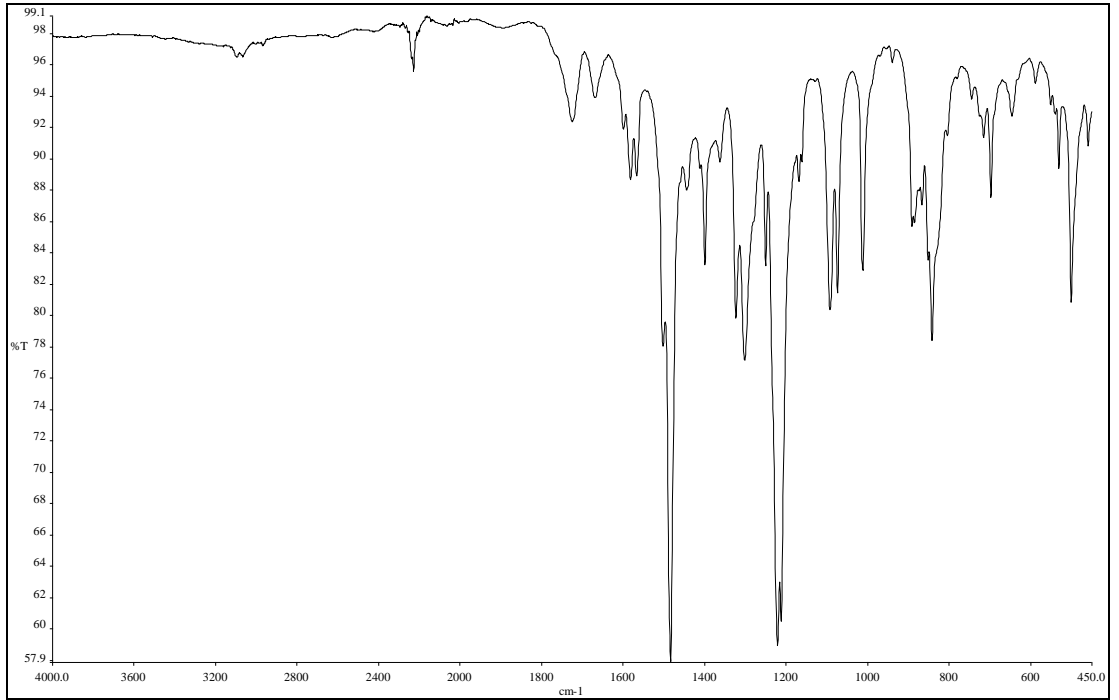


**Şekil 4.4.** **2** bileşiminin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu (Aseton-d<sub>6</sub>)



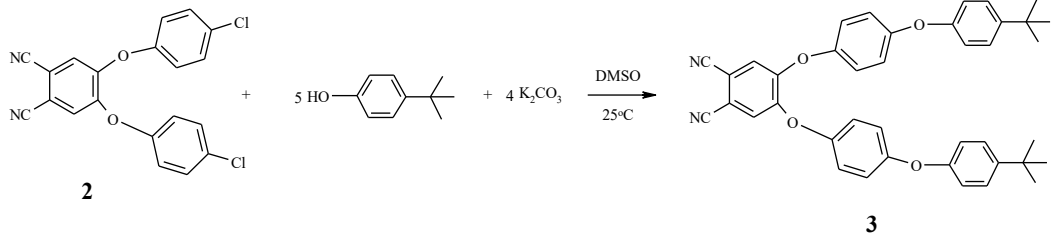
Şekil 4.5. 2 bileşiğinin  $^{13}\text{C}$ -NMR spektrumu (Aseton- $\text{d}_6$ )

2 bileşiğinin IR spektrumunda (Şekil 4.6),  $2226\text{ cm}^{-1}$  de CN titreşim bandı gözlemlendi.

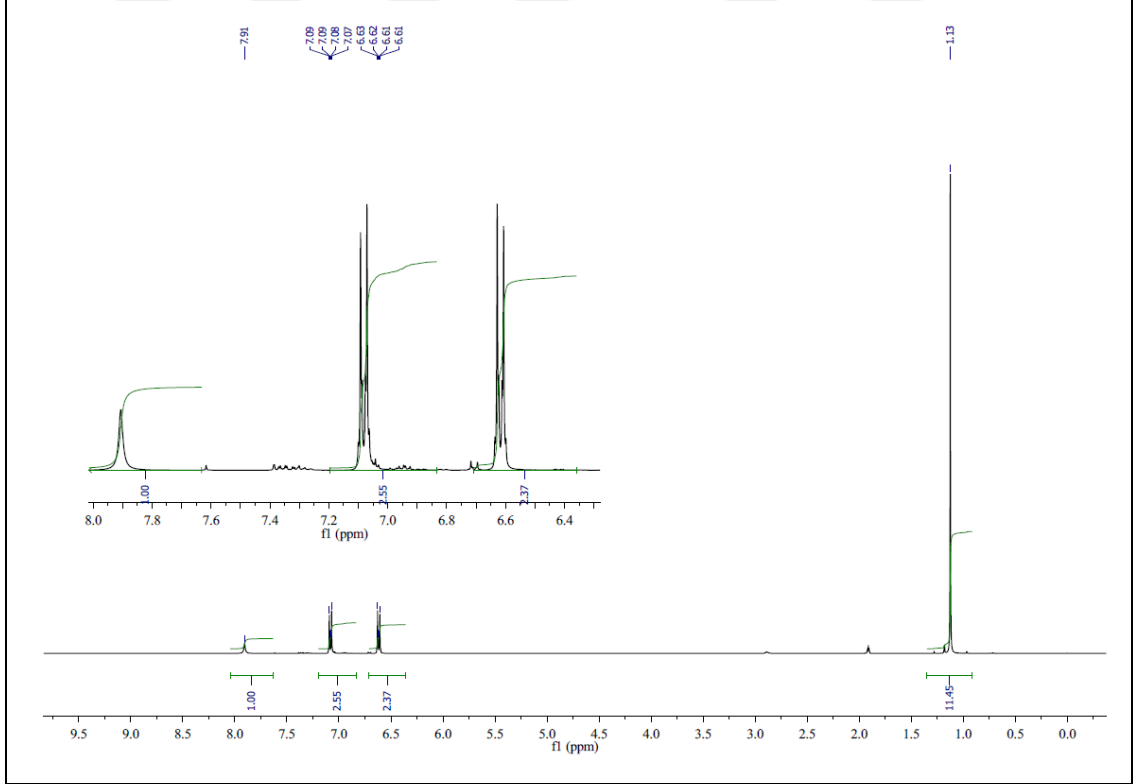


Şekil 4.6. 2 bileşiğinin IR spektrumu

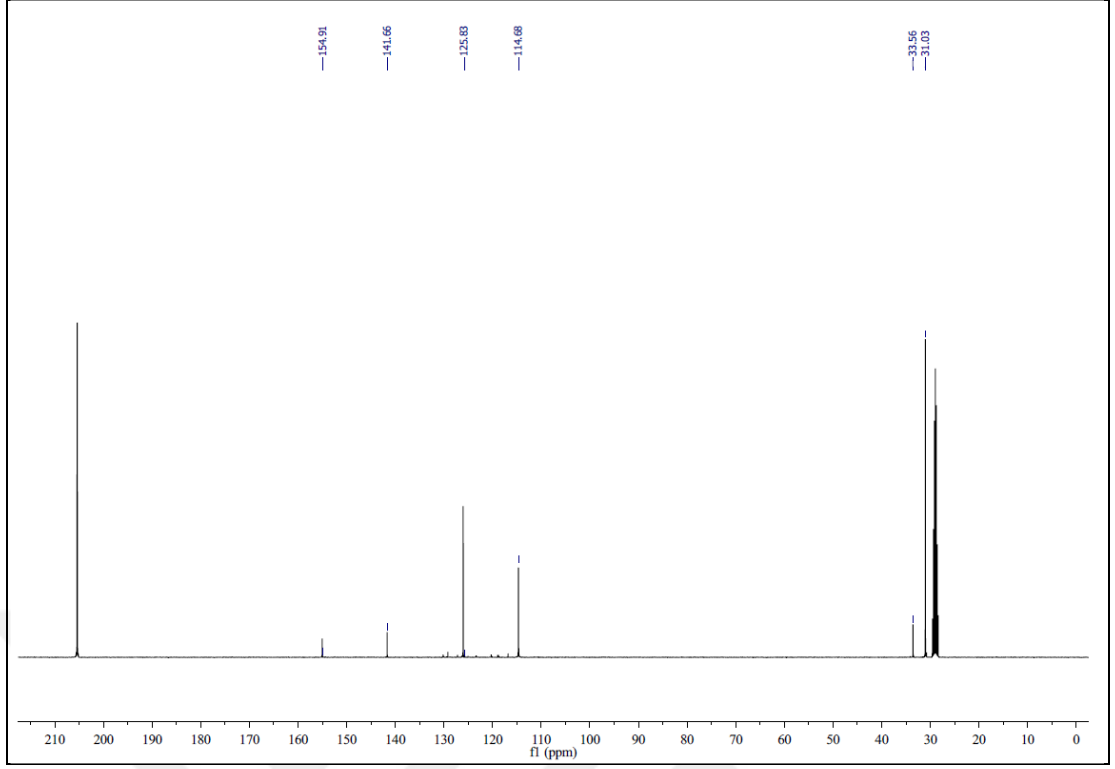
2 ve p-tert-bütilfenolün DMSO de  $K_2CO_3$  varlığında tepkimesi sonucu açık kahve rengi katı 3 elde edildi. Ürün farklı çözügenlerle yıkanarak saflaştırıldı.



3 bileşiğinin oda sıcaklığında Aseton- $d_6$  da ölçülen  $^1H$ -NMR spektrumunda (Şekil 4.7), 7.91 (s, Ftalonitril) 7.08 (dxd, Fenoksi-aromatik) 6.62 (dxd, Fenoksi-aromatik) 1.13 (s, Fenoksi-butil) gözlemlendi. 3 bileşiğinin oda sıcaklığında Aseton- $d_6$  da ölçülen  $^{13}C$ -NMR spektrumunda (Şekil 4.8), 114 ppm nitril karbonu, 33 ppm bütil grubunun quartener karbonu, 31 ppm de bütil grubunun metil karbonu gözlenirken, 154, 141, 125, 114, 33, 31ppm de ise ftalonitril ve fenoksi türevlerinin aromatik karbonları gözlemlendi.

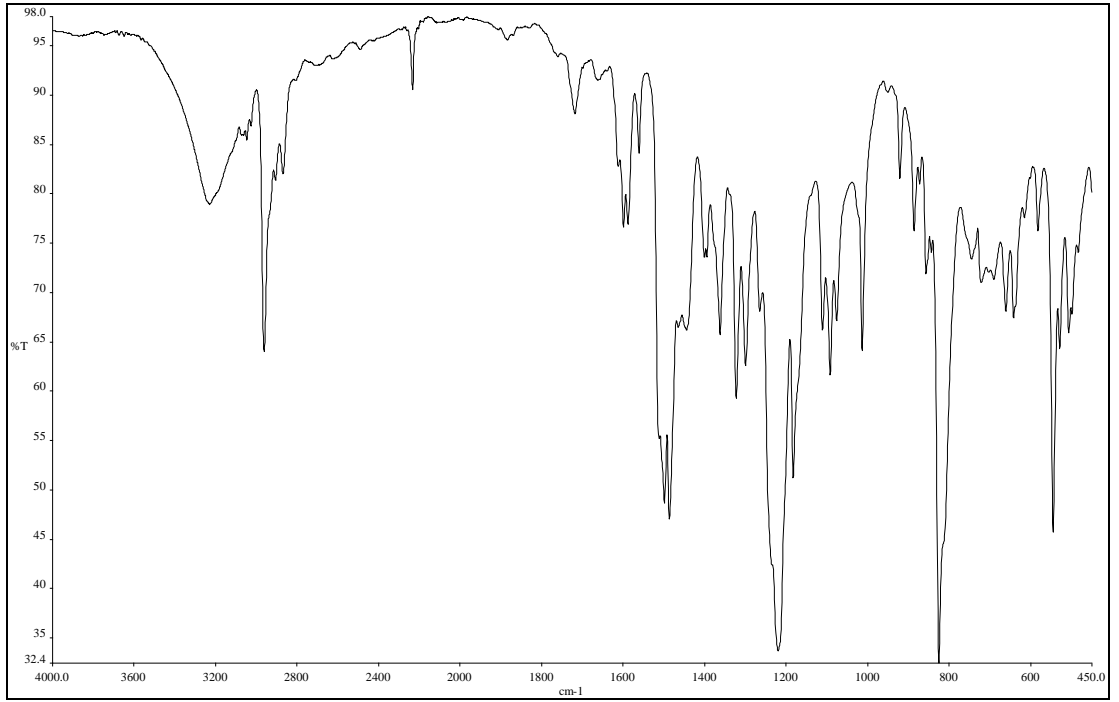


Şekil 4.7. 3 bileşiğinin  $^1H$ -NMR spektrumu (Aseton- $d_6$ ).



Şekil 4.8. 3 bileşiğinin  $^{13}\text{C}$ -NMR spektrumu (Aseton- $\text{d}_6$ ).

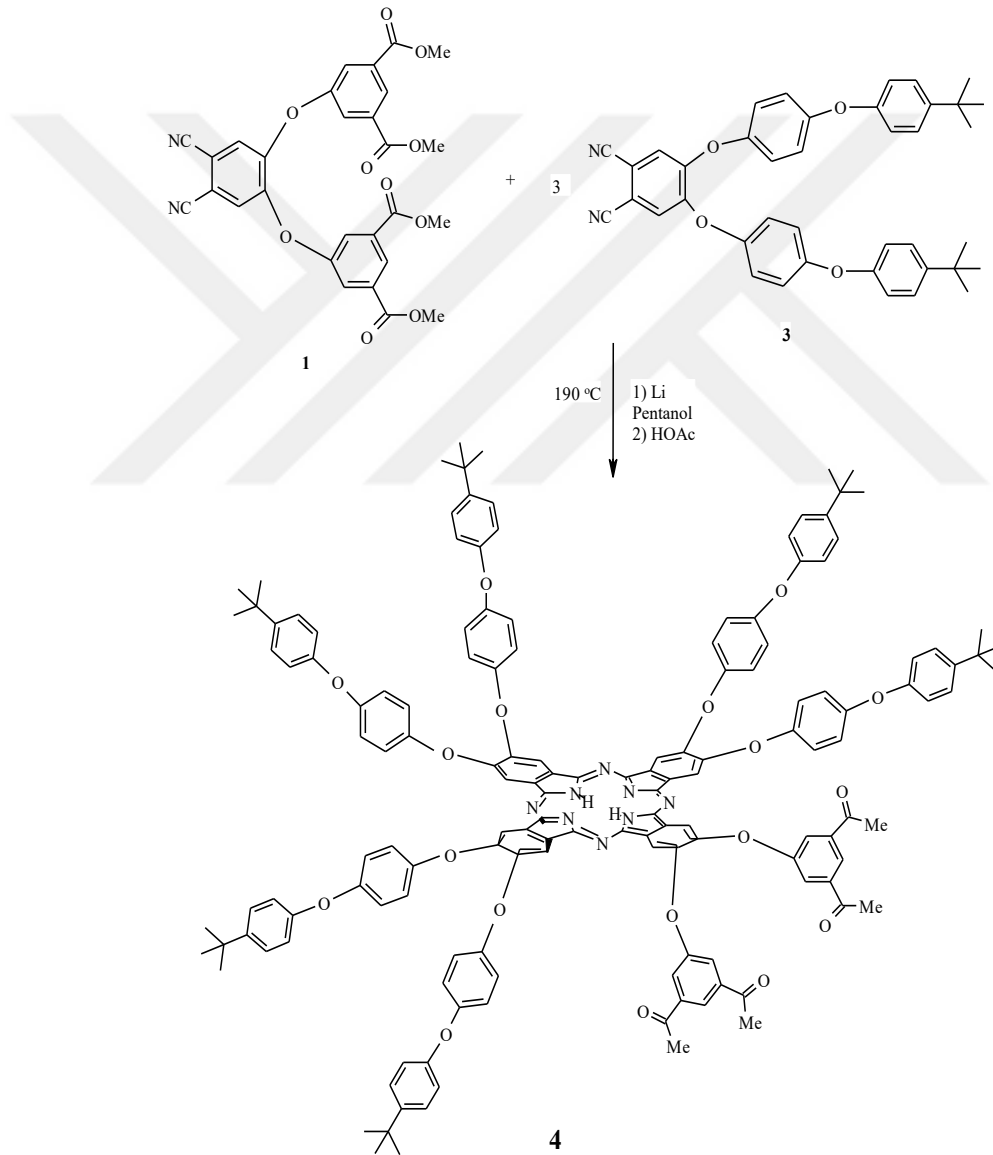
3 bileşiğinin IR spektrumunda (Şekil 4.6),  $2226\text{ cm}^{-1}$  CN titreşim bandı,  $2961$  ve  $2885\text{ cm}^{-1}$  de alifatik titreşim bandları gözlemlendi.



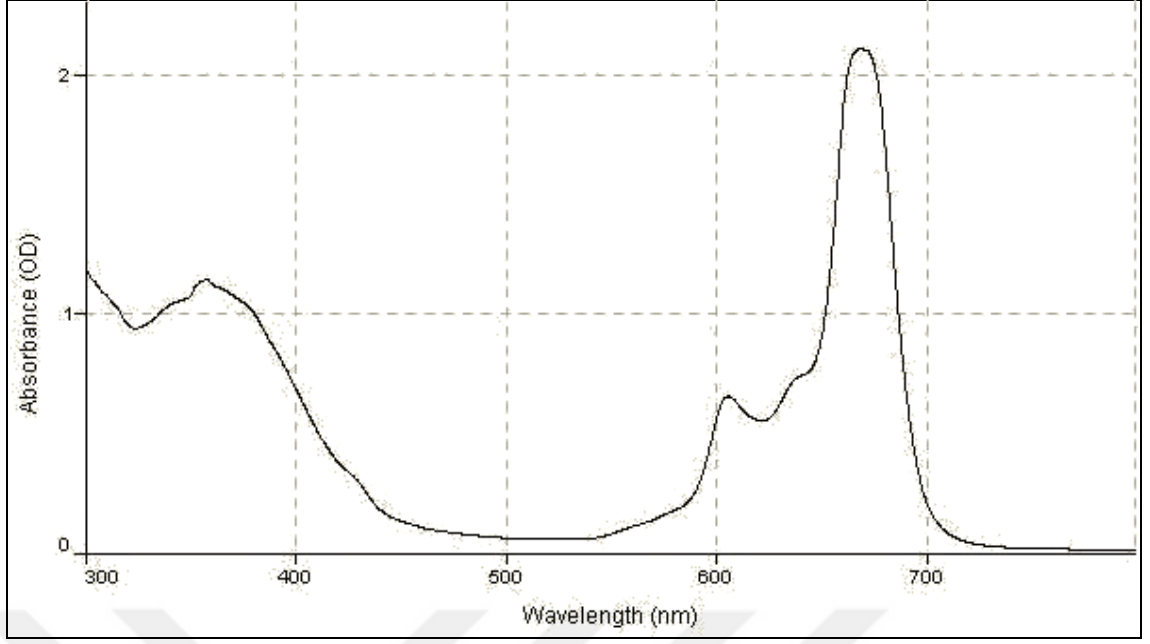
Şekil 4.9. 3 bileşiğinin IR spektrumu.

## 4.2.Dendritik Asimetrik Ftalosiyanın Sentezi

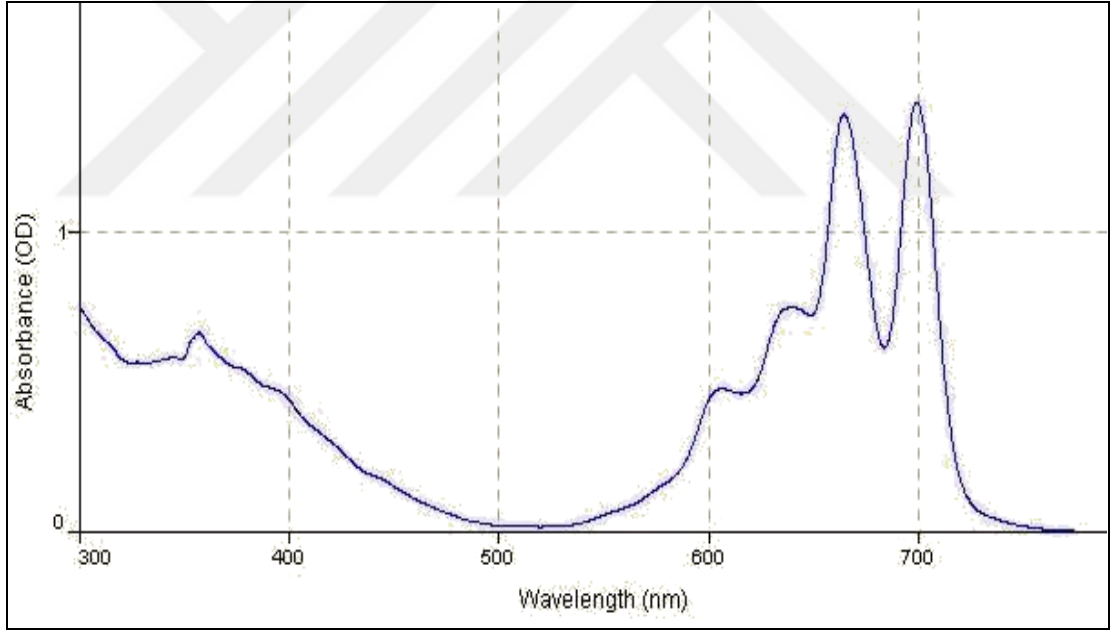
**3** ve **1** bileşiklerinin DMF’de lityum varlığında siklotetramerizasyonu sonucu dendritik lityum asimetrik ftalosiyanın sentezlendi ve bu bileşiğin DMF de ölçülen Uv-vis spektrumunda 668 nm de Q bandı 605 nm de bir omuz ve 357 nm de B bandı, gözlemlendi (Şekil.4.10). Lityum ftalosiyanın türevinin derişik HOAc ile tepkimesi sonucu koyu yeşil metalsiz ftalosiyanın türevi elde edildi. Yağımsı ürün n-hekzan ve eter de çözünmektedir ve yeterince saflaştırılmadı.



Dendritik ftalosiyanın **4** bileşiğinin CHCl<sub>3</sub>’da ölçülen elektronik spektrumunda (Şekil 4.11), ftalosiyanın için karakteristik olan 699 nm, 665nm, 640 nm ve 606 nm de Q bandları ve 356 nm de B bandı gözlemlendi.

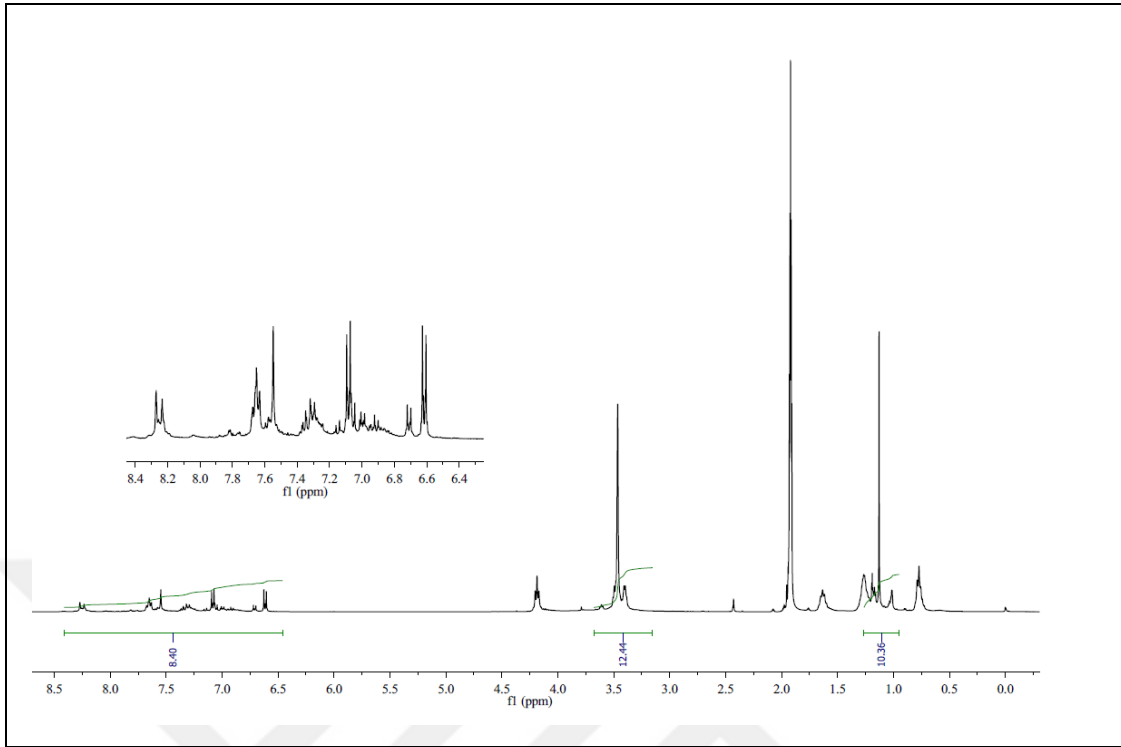


Şekil 4.10. LiPc bileşiğinin UV-Vis spektrumu ( $\text{CHCl}_3$ )



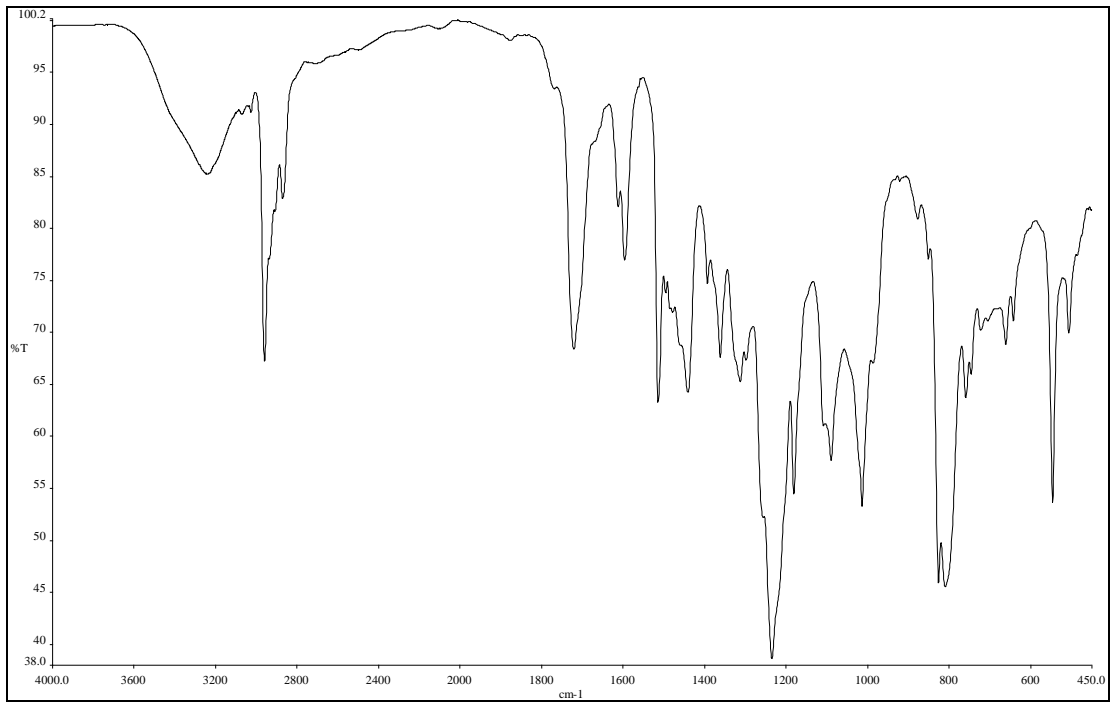
Şekil 4.11. 4 bileşiğinin UV-VIS spektrumu ( $\text{CHCl}_3$ )

4 bileşiğinin Aseton- $d_6$  ölçülen  $^1\text{H-NMR}$  spektrumunda (Şekil 4.14) 8.3 - 6.6 ppm aralığında yayvan ftalosiyanın halkası protonları ve başlangıç maddelerinin protonları gözlenirken, 3.5 ppm de metoksi ve 1.3 ppm de bütil gruplarının protonları gözlemlendi.



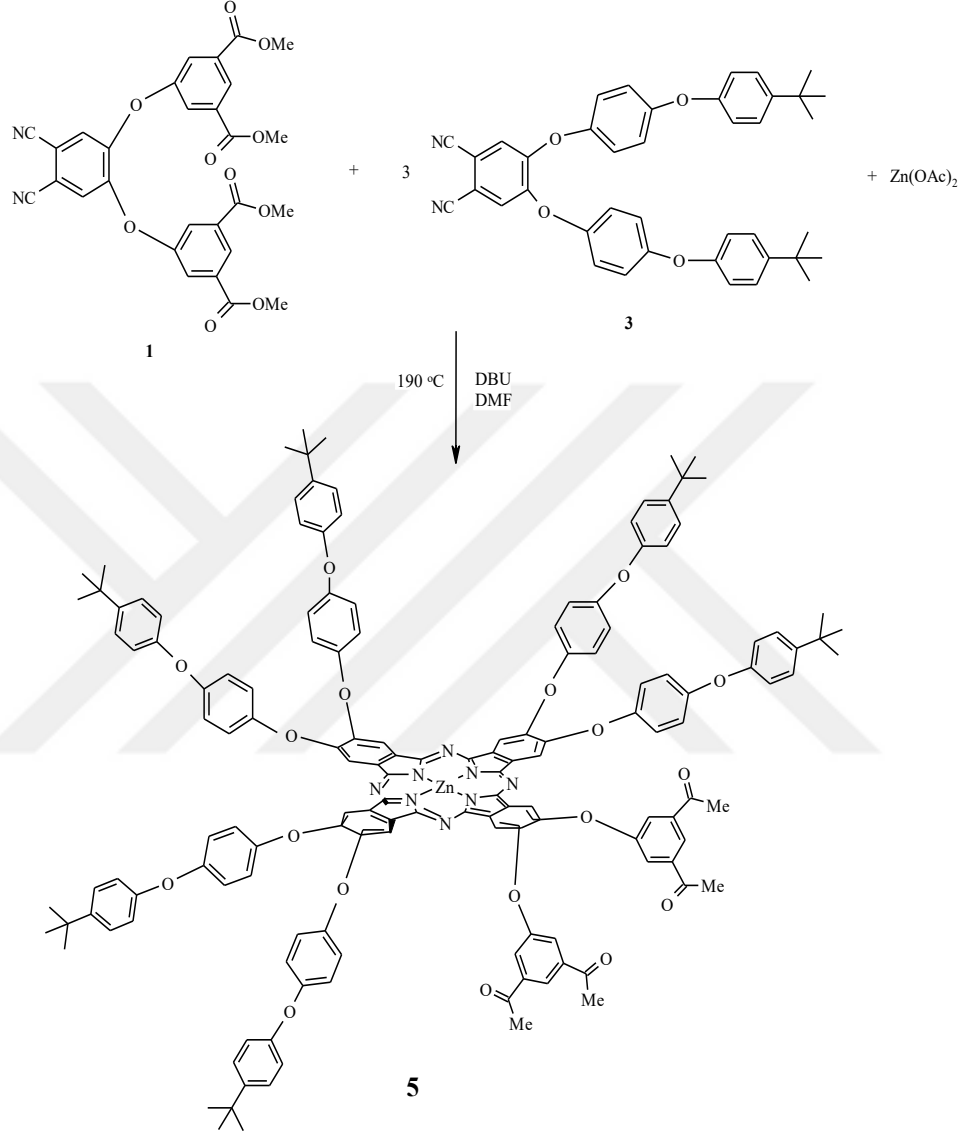
Şekil 4.12. 4 bileşiğinin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu (Aseton-d<sub>6</sub>)

4 bileşiğinin IR spektrumunda (Şekil 4.13), CN-titreşim banları yok olurken, 2959 ve 2885 cm<sup>-1</sup> alifatik gruplara ait pikler gözlemlendi. 4 bileşiğinin <sup>1</sup>H-NMR, UV-Vis, IR spektrumları birbirlerini desteklemekte ve 4 bileşiğinin yapısını doğrulamaktadır.

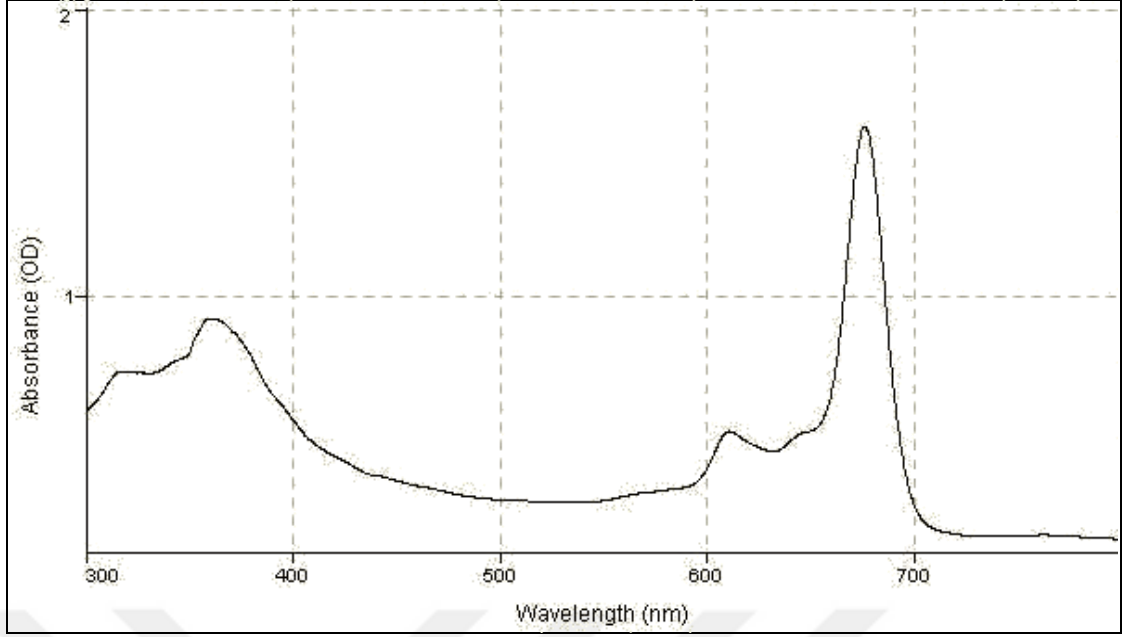


Şekil 4.13. 4 bileşiğinin IR spektrumu

**1** ve **3** bileşiklerininve  $Zn(OAc)_2$  DMF’de DBU varlığında siklo tetramerizasyonu sonucu dendritik asimetrik çinko ftalosiyanın sentezlendi. Koyu yeşil ürün  $CHCl_3$  ve asetonunda çözünmektedir.

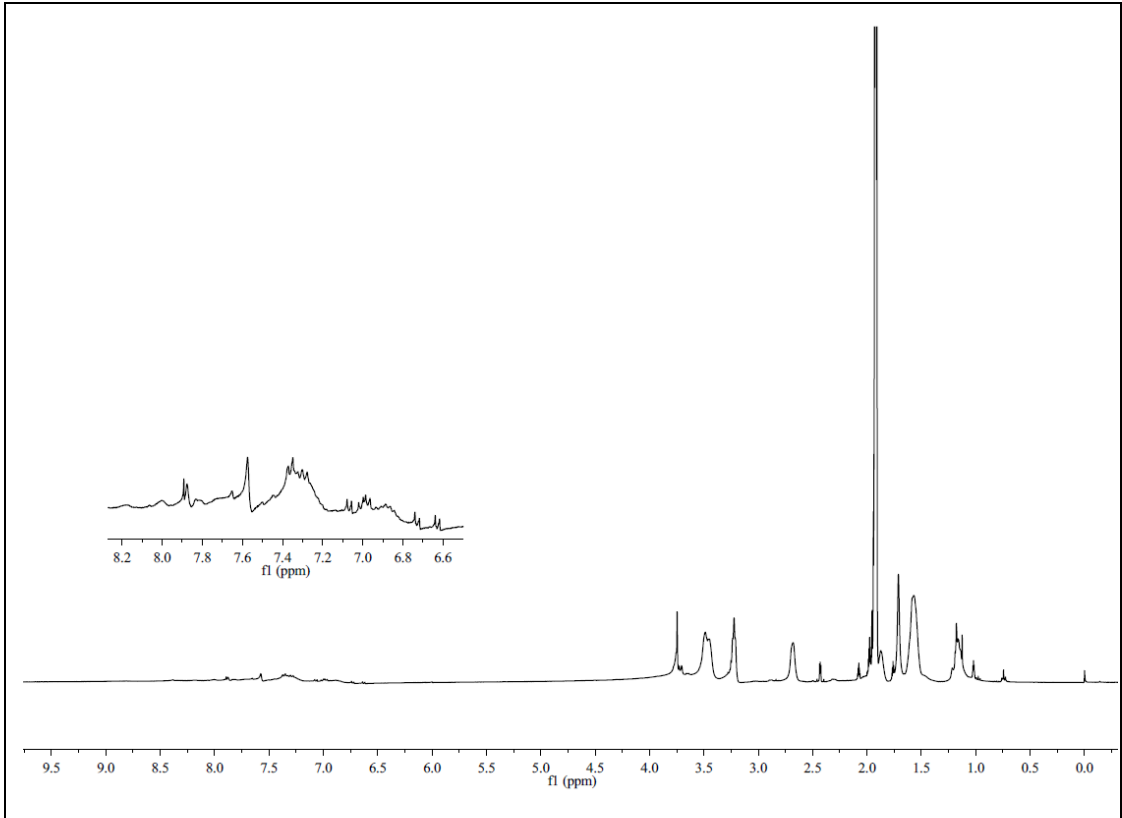


Dendritik ftalosiyanın **5** bileşiğinin  $CHCl_3$ ’da ölçülen elektronik spektrumunda (Şekil 4.14), ftalosiyanınlar için karakteristik olan 676 ve 611 nm de Q bandları ve 361 nm de B bandı gözlemlendi.



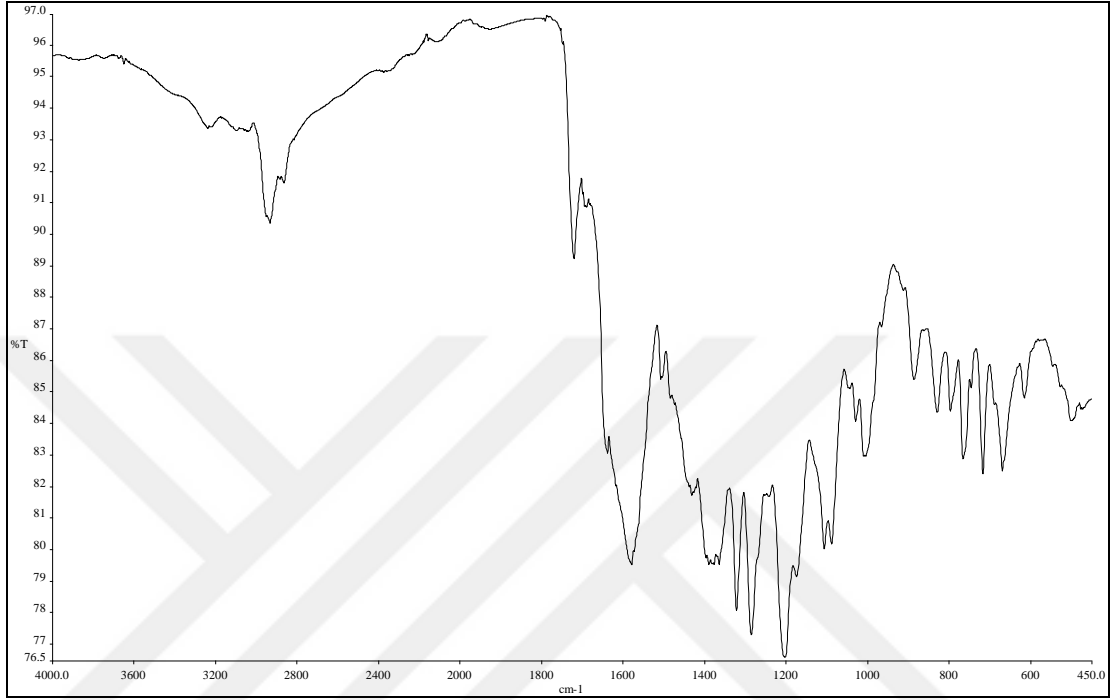
Şekil 4.14.5 bileşiğinin UV-VIS spektrumu ( $\text{CHCl}_3$ )

5 bileşiğinin Aseton- $d_6$  ölçülen  $^1\text{H}$ -NMR spektrumunda (Şekil 4.15) 8.2-6.6 ppm aralığında yayvan ftalosiyanın halkası protonları gözlenirken, 3.5 ppm de metoksi ve 1.3 ppm de bütil gruplarının protonları gözlemlendi. Ayrıca bazı çözgen proton pikleride görülmektedir.



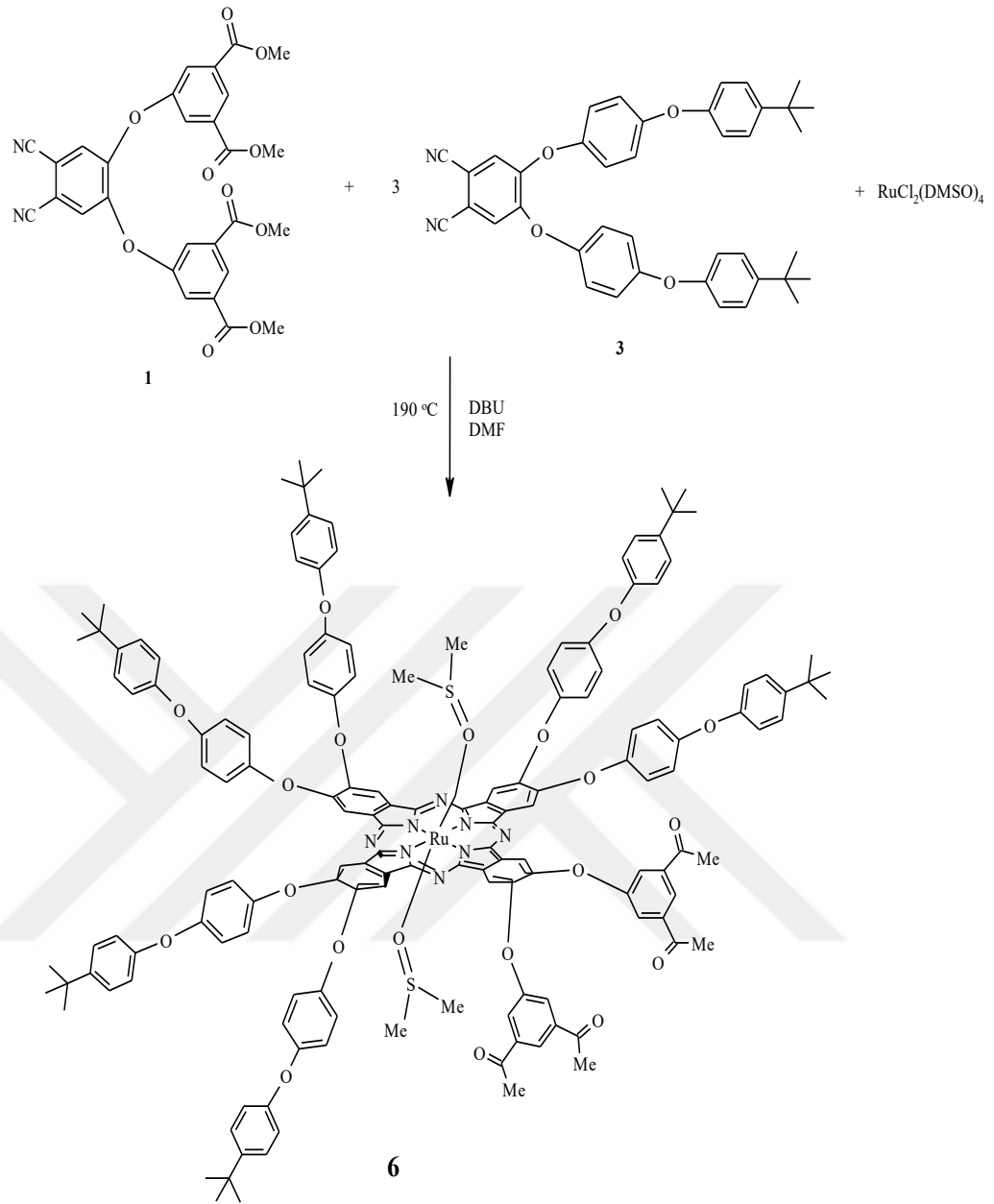
Şekil 4.15. 5 bileşiğinin  $^1\text{H}$ -NMR spektrumu (Aseton- $d_6$ )

**5** bileşiminin IR spektrumunda (Şekil 4.16), CN-titreşim banları yok olurken, 2931 ve 2869  $\text{cm}^{-1}$  alifatik gruplara ait pikler gözlemlendi. **5** bileşiminin UV-VIS, IR spektrumları birbirlerini desteklemekte ve **5** bileşiminin yapısını doğrulamaktadır.

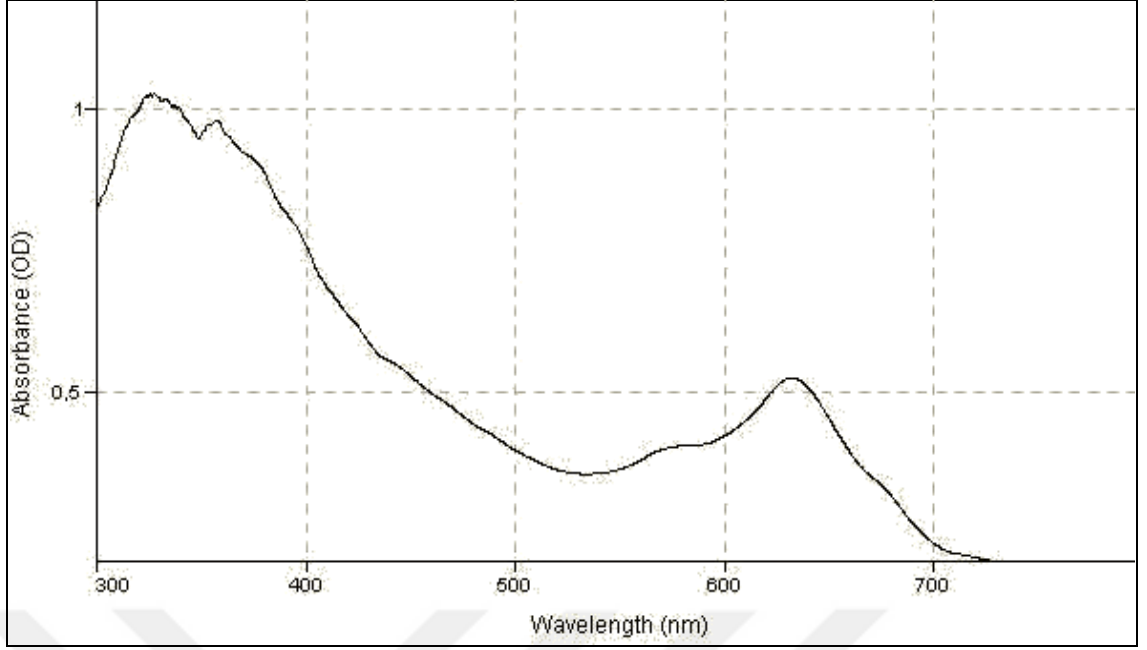


**Şekil 4.16.** **5** bileşiminin IR spektrumu

**1** ve **4** bileşiklerinin ve  $[\text{RuCl}_2(\text{DMSO})_4]$  DMF’de DBU varlığında siklotramerizasyonu sonucu dendritik rutenyum ftalosiyanın sentezlendi. Koyu yeşil ürün  $\text{CHCl}_3$  ve aseton çözünmektedir.

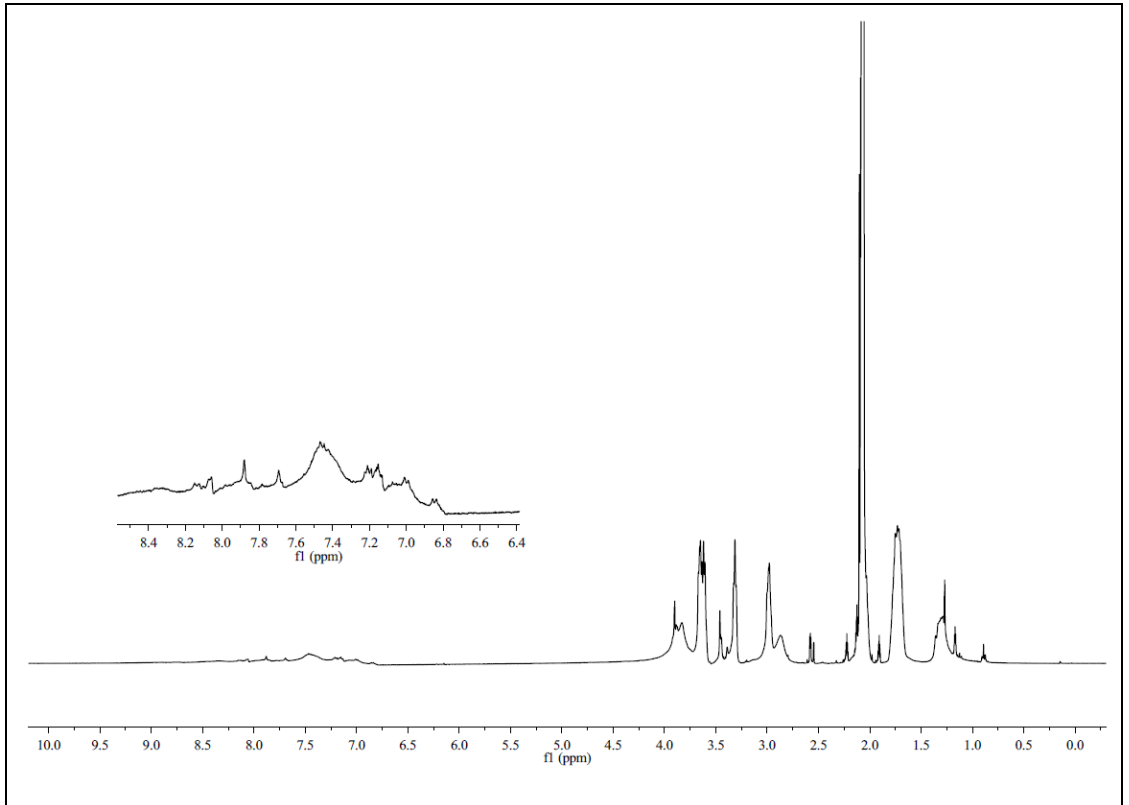


Dendritik ftalosiyenin **6** bileşiminin  $\text{CHCl}_3$ 'da ölçülen elektronik spektrumunda (Şekil 4.17), ftalosiyaninler için karakteristik olan 631 nm ve 577 nm de Q bandları ve 323 nm de B-bandı gözlemlendi.



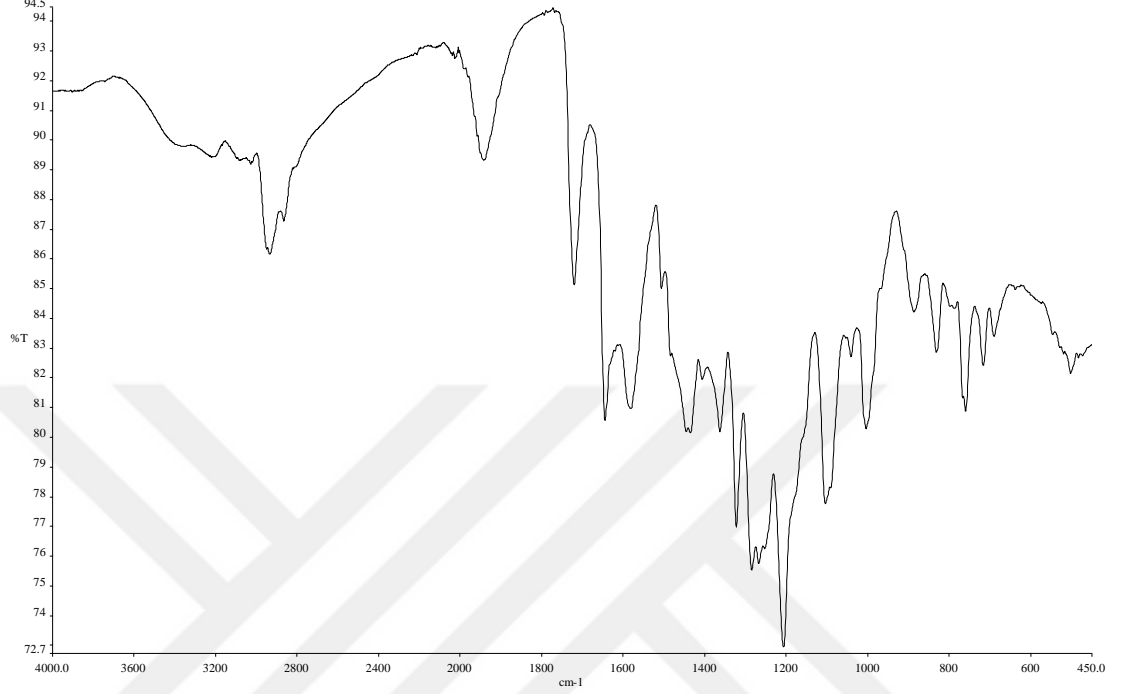
Şekil 4.17.6 bileşiğinin UV-VIS spektrumu ( $\text{CHCl}_3$ )

6 bileşiğinin Aseton- $d_6$  ölçülen  $^1\text{H}$ -NMR spektrumunda (Şekil 4.18) 8.2-6.8 ppm aralığında yayvan ftalosiyanın halkası protonları gözlenirken, 3.5 ppm de metoksi ve 1.3 ppm de bütil gruplarının protonları gözlendi. Ayrıca bazı çözen proton piklerinde görülmektedir.



Şekil 4.18. 6 bileşiğinin  $^1\text{H}$ -NMR spektrumu (Aseton- $d_6$ )

**6** bileşiminin IR spektrumunda (Şekil 4.19), CN-titreşim bandları yok olurken, 2934 ve 2864  $\text{cm}^{-1}$  alifatik gruplara ait pikler gözlemlendi. **6** bileşiminin  $^1\text{H-NMR}$ , UV-Vis, IR spektrumları birbirlerini desteklemekte ve **6** bileşiminin yapısını doğrulamaktadır.



**Şekil 4.19.** **6** bileşiminin IR spektrumu

Hazırlanan yeni bileşiklerin diğer tekniklerle karakterizasyonu, katalitik, özellikle oksidasyon tepkimelerinde, gaz sensör, güneş hücresi, fotofiziksel ve fotokimyasal özelliklerinin incelenmesi sonraki çalışmalar olarak yapılacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] M. Urbani, M. E. Ragoussi, M. K. Nazeeruddin, T. Torres, *Phthalocyanines for dye-sensitized solar cells*, **Coord. Chem. Rev.**, 381 (2019) 1–64
- [2] R. Bechara, J. Petersen, V. Gernigon, P. Leveque, T. Heiser, V. Toniazzi, D. Ruch, M. Michel, *PEDOT:PSS-free organic solar cells using tetrasulfonic copper phthalocyanine as buffer layer*, **Solar Energy Materials and Solar Cells**, 98 (2012) 482.
- [3] S. Yamamoto, A. Zhang, M. J. Stillman, N. Kobayashi, M. Kimura, *Low-Symmetry W-Shaped Zinc Phthalocyanine Sensitizers with Panchromatic Light-Harvesting Properties for Dye-Sensitized Solar Cells*, **Chem. Eur. J.**, 22 (2016) 18760 – 18768
- [4] M. Kimura, H. Nomoto, H. Suzuki, T. Ikeuchi, H. Matsuzaki, T. N. Murakami, A. Furube, N. Masaki, M. J. Griffith and S. Mori, *Molecular Design Rule of Phthalocyanine Dyes for Highly Efficient Near-IR Performance in Dye-Sensitized Solar Cells*, **Chem. Eur. J.**, 19 (2013) 7496 – 7502.
- [5] M. Ince, F. Cardinali, J. Yum, M. V. Martinez-Diaz, M. K. Nazeeruddin, M. Gratzel, T. Torres, *Convergent Synthesis of Near-Infrared Absorbing, “Push–Pull”, Bisthiophene-Substituted, Zinc(II) Phthalocyanines and their Application in Dye-Sensitized Solar Cells*, **Chem. Eur. J.**, 8 (2012) 16343 – 6348
- [6] Y. Amao, T. Komori, *Dye-Sensitized Solar Cell Using a TiO<sub>2</sub> Nanocrystalline Film Electrode Modified by an Aluminum Phthalocyanine and Myristic Acid Coadsorption Layer*, **Langmuir**, Vol. 19, No. 21 (2003) 8873.
- [7] A. Hagfeldt, M. Gratzel, *Molecular Photovoltaics*, **Accounts Of Chemical Research**, 33 (2000) 269-277.
- [8] A. K. Sarker, M. G. Kang, J. D. Hong, *A near-infrared dye for dye-sensitized solar cell: Catecholate-functionalized zinc phthalocyanine*, **Dyes and Pigments**, 92 (2012) 1160-1165.
- [9] M. E. Ragoussi, J. J. Cid, J. H. Yum, G. Torre, D. D. Censo, M. Gratzel, M. K. Nazeeruddin and T. Torres, *Carboxyethynyl Anchoring Ligands: A Means to Improving the Efficiency of Phthalocyanine-Sensitized Solar Cells*, **Angew. Chem. Int. Ed.**, 51 (2012) 4375 –4378.
- [10] M.C. Larciprete, R. Ostuni, A. Belardini, M. Alonzo, G. Leahu, E. Fazio, C. Sibilia, M. Bertolotti, *Nonlinear optical absorption of zinc-phthalocyanines in polymeric matrix*, **Photonics and Nanostructures – Fundamentals and Applications**, 5 (2007) 73–78

- [11] T. Wang, XF. Zhang, X. Lu, *Metal-free phthalocyanine aggregation and binding with amines: Specific and general solvent effects on absorption and fluorescence properties*, **Journal of Molecular Structure**, 1084 (2015) 319–325.
- [12] M. Anghelone, D. Jembrih-Simbürger, M. Schreiner, *Influence of phthalocyanine pigments on the photo-degradation of alkyd artists' paints under different conditions of artificial solar radiation*, **Polymer Degradation and Stability**, 134 (2016) 157-168.
- [13] P. Balraju, M. Kumar, M.S. Roy, G.D. Sharma, *Dye sensitized solar cells (DSSCs) based on modified iron phthalocyaninenanostructured TiO<sub>2</sub> electrode and PEDOT: PSS counter electrode*, **Synthetic Metals**, 159 (2009) 1325–1331.
- [14] M. Kimura, H. Nomoto, N. Masaki and S. Mori, *Dye Molecules for Simple Co-Sensitization Process: Fabrication of Mixed-Dye-Sensitized Solar Cells*, **Angew. Chem. Int. Ed.**, 51 (2012) 4371–4374.
- [15] W. M. Campbell, A. K. Burrell, D. L. Officer, K. W. Jolley, *Porphyryns as light harvesters in the dye-sensitized TiO<sub>2</sub> solar cell*, **Coord. Chem. Rev.**, 248 (2004) 1363–1379.
- [16] W. M. Campbell, K. W. Jolley, P. Wagner, K. Wagner, P. J. Walsh, K. C. Gordon, L. Schmidt-Mende, M. K. Nazeeruddin, Q. Wang, M. Gratzel and D. L. Officer, *Highly Efficient Porphyrin Sensitizers for Dye-Sensitized Solar Cells*, **J. Phys. Chem. C**, Vol. 111 (2007) 11760-11762.
- [17] M. Gratzel, *Dye-sensitized solar cells*, **Journal of Photochemistry and Photobiology C:Photochemistry Reviews**, 4 (2003) 145–153.
- [18] J. Fang, L. Su, J. Wu, Y. Shen, Z. Lu, *Sensitization of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> electrode with quantum sized CdSe and ZnTCPC molecules*, **Chemical Physics Letters**, 270 (1997) 145-151.
- [19] B. O' Regan, M. Gratzel, *A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO<sub>2</sub> films*, **Nature**, 353 (1991)737–740.
- [20] A. M. Sevim, S. Çakar, M. Özacar, A. Gül, *Electrochemical and photovoltaic properties of highly efficient solar cells with cobalt/zinc phthalocyanine sensitizers*, **Solar Energy**, 160 (2018) 18–24.
- [21] Q. Sun, L. Dai, X. Zhou, L. Li, Q. Li, *Bilayer- and bulk-heterojunction solar cells using liquid crystalline porphyrins as donors by solution processing*, **Appl. Phys. Lett.**, 91 (2007) 253505.
- [22] S. Mori, M. Nagata, Y. Nakahata, K. Yasuta, R. Goto, M. Kimura, M. Taya, *Enhancement of Incident Photon-to-Current Conversion Efficiency for Phthalocyanine-Sensitized Solar Cells by 3D Molecular Structuralization*, **J. Am. Chem. Soc.**, 132 (2010) 4054–4055.

- [23] P.A. Lane, J. Rostalski, C. Giebeler, S.J. Martin, D.D.C. Bradley, D. Meissner, *Electroabsorption studies of phthalocyanine/perylene solar cells*, **Solar Energy Materials & Solar Cells**, 63 (2000) 3-13.
- [24] J. W. Kim, H. J. Kim, TM Kim, T. G. Kim, JH Lee, J. W. Kim, JJ. Kim, *High performance organic planar heterojunction solar cells by controlling the molecular orientation*, **Current Applied Physics**, 13 (2013) 7-11.
- [25] T. T. T Luong, Z. Chen, H. Zhu, *Flexible solar cells based on copper phthalocyanine and buckminsterfullerene*, **Solar Energy Materials & Solar Cells**, 94 (2010) 1059–1063.
- [26] F. Liang, F. Shi, Y. Fu, L. Wang, X. Zhang, Z. Xie, Z. Su, *Donor–acceptor conjugates-functionalized zincphthalocyanine: Towards broad absorption and application inorganic solar cells*, **Solar Energy Materials & Solar Cells**, 94 (2010) 1803–1808.
- [27] G. de la Torre, G. Bottari and T. Torres, *Phthalocyanines and Subphthalocyanines: Perfect Partners for Fullerenes and Carbon Nanotubes in Molecular Photovoltaics*, **Adv. Energy Mater.**, 7 (2017) 1601-700.
- [28] Y. Liu, J. Qi, X. Peng, Y. Cao, *Alcohol soluble porphyrin for the cathode buffer layers of fullerene/perovskite planar heterojunction solar cells*, **Organic Electronics**, 59 (2018) 414–418
- [29] T. B. Ogunbayo, T. Nyokong, *Photophysical and photochemical properties of Ni (II), Pd (II) and Pt (II) aryloxo and alkylthio derivatised phthalocyanine*, **Journal of Molecular Structure**, 973 (2010) 96–103.
- [30] H. Li, N. Nguyen, F. R. Fronczek, M. G. H. Vicente, *Syntheses and properties of octa-, tetra-, and di-hydroxy-substituted phthalocyanines*, **Tetrahedron**, 65 (2009) 3357–3363.
- [31] B. Yıldız, E. Güzel, N. Menges, İ. Şişman, M. K. Şener, *Pyrazole-3-carboxylic acid as a new anchoring group for phthalocyanine-sensitized solar cells*, **Solar Energy**, 174 (2018) 527–536.
- [32] S. Cogal, S. Erten-Ela, K. Ocakoglu, A. Uygun Oksuz, *Asymmetric phthalocyanine derivatives containing 4-carboxyphenyl substituents for dye-sensitized solar cells*, **Dyes and Pigments**, 113 (2015) 474-480.
- [33] Ö. Birel, S. Nadeem, H. Duman, *Porphyrin-Based Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs): a Review*, **J Fluorescent**, 27 (2017) 1075–1085.
- [34] G. Bottari, G. de la Torre, T. Torres, *Phthalocyanine–Nanocarbon Ensembles: From Discrete Molecular and Supramolecular Systems to Hybrid Nanomaterials*, **Acc. Chem. Res.**, 48 (2015) 900–910.
- [35] K. Alenezi, A. Tovmasyan, I. Batinic-Haberle, L. T. Benov, *Optimizing Zn porphyrin-based photosensitizers for efficient antibacterial photodynamic therapy*, **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, 17 (2017) 154–159.

- [36] S. M. Banerjee, A. J. MacRobert, C. A. Mosse, B. Periera, S. G. Bown, M. R. S. Keshtgar, *Photodynamic therapy: Inception to application in breast cancer*, **The Breast**, 31 (2017) 105-113
- [37] J. Dobson, G. F. Queiroz, J. P. Golding, *Photodynamic therapy and diagnosis: Principles and comparative aspects*, **The Veterinary Journal**, 233 (2018) 8–18.
- [38] A. B. Sorokin, *Phthalocyanine Metal Complexes in Catalysis*, **Chem. Rev.**, 113 (2013) 8152–8191.
- [39] A. Sindelo, N. Kobayashi, M. Kimura, T. Nyokong, *Physicochemical and photodynamic antimicrobial chemotherapy activity of morpholine-substituted phthalocyanines: Effect of point of substitution and central metal*, **Journal of Photochemistry & Photobiology A: Chemistry**, 374 (2019) 58–67.
- [40] E. Yabaş, M. Sülü, F. Dumludag, B. Salih, Ö. Bekaroglu, *Imidazole octasubstituted novel mono and double-decker phthalocyanines: Synthesis, characterization, electrical and gas sensing properties*, **Polyhedron**, 153 (2018) 51–63.
- [41] Z. Dong, X. Kong, Y. Wu, J. Zhang, Y. Chen, *High-sensitive room-temperature NO<sub>2</sub> sensor based on a soluble n-type phthalocyanine semiconductor*, **Inorganic Chemistry Com.**, 77 (2017) 18–22.
- [42] N. Kobayashi, *Phthalocyanines*, **Current Opinion in Solid State and Materials Science**, 4 (1999) 345–353.
- [43] M. Sülü, A. Altındal, Ö. Bekaroglu, *Synthesis, characterization and electrical and CO<sub>2</sub> sensing properties of triazine containing three dendritic phthalocyanine*, **Synthetic Metals**, 155 (2005) 211–221.
- [44] M. Kimura, Y. Sugihara, T. Muto, K. Hanabusa, H. Shirai and N. Kobayashi, *Dendritic Metallophthalocyanines Synthesis, Electrochemical Properties and Catalytic Activities*, **Chem. Eur. J.**, 5 (1999) 3595-3600.
- [45] M. K. R. Fischer, I. Lopez-Duarte, M. M. Wienk, M. V. Martinez-Diaz, R. A. J. Janssen, P. Bauerle and T. Torres, *Functionalized Dendritic Oligothiophenes: Ruthenium Phthalocyanine Complexes and Their Application in Bulk Heterojunction Solar Cells*, **J. Am. Chem. Soc.**, 131 (2009) 8669–8676.
- [46] F. Spanig, Ismael Lopez-Duarte, M. K. R. Fischer, M. V. Martinez-Diaz, P. Bauerle, T. Torres and D. M. Guldi, *Charge and energy transfer processes in ruthenium (II) phthalocyanine based electron donor–acceptor materials—implications for solar cell performance*, **J. Mater. Chem.**, 21 (2011) 1395-1403.
- [47] F. J. Ramos, M. Ince, M. Urbani, A. Abate, M. Gratzel, S. Ahmad, T. Torres and M. K. Nazeeruddin, *Non-aggregated Zn (II)octa(2,6-diphenylphenoxy) phthalocyanine as a hole transporting material for efficient perovskite solar cells*, **Dalton Trans.**, 44 (2015) 10847–10851.

- [48] J. Wang, L. Pan, X. Zhou, K. Jia, X. Liu, *Dendritic copper phthalocyanine with aggregation induced blue emission and solid-state fluorescence*, **Chemical Physics Letters**, 660 (2016) 143–148.
- [49] Z. Bıyıklıoğlu, D. akır, *Novel axially disubstituted non-aggregated silicon phthalocyanines*, **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, 98 (2012) 178–182.
- [50] C. A. Kernag, D. V. McGrath, *Non-aggregating octasubstituted dendritic phthalocyanines*, **Chem. Commun.**, (2003) 1048-1049.
- [51] M. S. Ağırtaş, *Highly soluble phthalocyanines with hexadeca tert-butyl substituents*, **Dyes and Pigments**, 79 (2008) 247–251.
- [52] Y. Chen, L. R. Subramanian, M. Barthel, M. Hanack, *Synthesis and Characterization of Soluble Axially Substituted Tetra-(tertbutyl) gallium (III) phthalocyanines*, **Eur. J. Inorg. Chem.**, (2002) 1032-1034.
- [53] M. Hanack, T. Schneider, M. Barthel, J. S. Shirk, S. R. Flom, R. G. S. Pong, *Indium phthalocyanines and naphthalocyanines for optical limiting*, **Coord. Chem. Rev.**, 219 (2001) 235–258.
- [54] E. Kırba, G. Yasa Atmaca, A. Erdoğmuş, *Novel highly soluble fluoro, chloro, bromo-phenoxy-phenoxy substituted zinc phthalocyanines; synthesis, characterization and photophysical properties*, **J. Organometallic Chem.**, 752 (2014) 115-122.
- [55] G. Liu, A. Klein, A. Thissen, W. Jaegermann, *Electronic properties and interface characterization of phthalocyanine and Ru-polypyridine dyes on TiO<sub>2</sub> surface*, **Surface Science**, 539 (2003) 37–48.
- [56] A. Morandeira, I. Lopez-Duarte, MV. Martinez-Dıaz, B. O’ Regan, C. Shuttle, N. A. Haji-Zainulabidin, T. Torres, E. Palomares, J. R. Durrant, *Slow Electron Injection on Ru-Phthalocyanine Sensitized TiO<sub>2</sub>*, **J. Am. Chem. Soc.**, 129 (2007) 9250-9251.
- [57] J. He, A. Hagfeldt, SE Lindquist, *Phthalocyanine-Sensitized Nanostructured TiO<sub>2</sub> Electrodes Prepared by a Novel Anchoring Method*, **Langmuir**, 17 (2001) 2743-2747.
- [58] L. Giribabu, Ch. V. Kumar, V. G. Reddy, P. Y. Reddy, Ch. S. Rao, SR. Jang, JH Yum, Md. K. Nazeeruddin, M. Gratzel, *Unsymmetrical alkoxy zinc phthalocyanine for sensitization of nanocrystalline TiO<sub>2</sub> films*, **Solar Energy Materials & Solar Cells**, 91 (2007) 1611–1617.
- [59] H. Imahori, T. Umeyama, S. Ito, *Large  $\pi$ -Aromatic Molecules as Potential Sensitizers for Highly Efficient Dye-Sensitized Solar Cells*, **Accounts Of Chemical Research**, 1809-1818 November 42 (2009) 1809-1818.
- [60] H. Hayashi, T. Higashino, Y. Kinjo, Y. Fujimori, K. Kurotobi, P. Chabera, V. Sundström, S. Isoda, H. Imahori, *Effects of Immersion Solvent on Photovoltaic*

*and Photophysical Properties of Porphyrin-Sensitized Solar Cells*, **ACS Appl. Mater. Interfaces**, 7 (2015) 18689–18696.

- [61] S. Hayashi, Y. Matsubara, S. Eu, H. Hayashi, T. Umeyama, Y. Matano, H. Imahori, *Fused Five-Membered Porphyrin for Dye-Sensitized Solar Cells*, **Chem. Lett.**, 37 (2008) 846–847.
- [62] M. Tanaka, S. Hayashi, S. Eu, T. Umeyama, Y. Matano, H. Imahori, *Novel unsymmetrically  $\pi$ -elongated porphyrin for dye-sensitized TiO<sub>2</sub> cells*, **Chem. Commun.**, (2007) 2069–2071.
- [63] S. Hayashi, M. Tanaka, H. Hayashi, S. Eu, T. Umeyama, Y. Matano, Y. Araki, H. Imahori, *Naphthyl-Fused  $\pi$ -Elongated Porphyrins for Dye-Sensitized TiO<sub>2</sub> Cells*, **J. Phys. Chem., C** 112 (2008) 15576–1585
- [64] CW Lee, HP Lu, CM Lan, YL Huang, YR Liang, WN Yen, YC Liu, YS Lin, E. WG Diau, CY Yeh, *Novel Zinc Porphyrin Sensitizers for Dye-Sensitized Solar Cells: Synthesis and Spectral, Electrochemical, and Photovoltaic Properties*, **Chem. Eur. J.**, 15 (2009) 1403 – 1412.
- [65] M.K. Nazeeruddin, R. Humphry-Baker, M. Gratzel, D. Wöhrle, G. Schnurpfeil, G. Schneider, A. Hirth, N. Trombach, *Efficient Near-IR Sensitization of Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> Films by Zinc and Aluminum Phthalocyanines*, **J. Porphyrins Phthalocyanines**, 3 (1999) 230–237.
- [66] L. Martín-Gomis, C. Parejo, J. C. Alvarez, F. Fernandez-Lazaro, A. Sastre-Santos, *Dye sensitized solar cells (DSSCs) based on bulky tert-octylphenoxy-carboxyphenyl substituted phthalocyanine without the presence of co-adsorbents*, **Inorganica Chimica Acta**, 468 (2017) 327–333.
- [67] JJ. Cid, M. Garcia-Iglesias, JH Yum, A. Forneli, J. Albero, E. Martinez-Ferrero, P. Vazquez, M. Gratzel, M. K. Nazeeruddin, E. Palomares, T. Torres, *Structure-function relationships in unsymmetrical zinc phthalocyanines for dyesensitized solar cells*, **Chem. Eur. J.**, 15 (2009) 5130–5137.
- [68] S. Eu, T. Katoh, T. Umeyama, Y. Matano, H. Imahori, *Synthesis of sterically hindered phthalocyanines and their applications to dye-sensitized solar cells*, **Dalton Trans.**, (2008) 5476–5483.
- [69] M. V. Martinez-Diaz, M. Ince, T. Torres, *Phthalocyanines: colorful macroheterocyclic sensitizers for dye-sensitized solar cells*, **Monatsh Chem** 142 (2011) 699–707.
- [70] M. Garcia-Iglesias, JJ. Cid, JH. Yum, A. Forneli, P. Vazquez, M.K. Nazeeruddin, E. Palomares, M. Gratzel, T. Torres, *Increasing the efficiency of zinc-phthalocyanine based solar cells through modification of the anchoring ligand*, **Energy Environ. Sci.**, 4 (2011) 189–194.
- [71] ME Ragoussi, M. Ince, T. Torres, *Recent Advances in Phthalocyanine-Based Sensitizers for Dye-Sensitized Solar Cells*, **Eur. J. Org. Chem.**, (2013) 6475–6489.

- [72] L. Macor, F. Fungo, T. Tempesti, E. N. Durantini, L. Otero, E. M. Barea, F. Fabregat-Santiago, J. Bisquert, *Near-IR sensitization of wide band gap oxide semiconductor by axially anchored Si-naphthalocyanines*, **Energy Environ. Sci.**, 2 (2009) 529–534.
- [73] L. Martin-Gomisa, E.M. Barea, F. Fernandez-Lazaroa, J. Bisquert, A. Sastre-Santos, *Dye sensitized solar cells using non-aggregated silicon phthalocyanines*, **J. Porphyrins Phthalocyanines**, 15 (2011) 1004–1010.
- [74] B. Lim, G. Y. Margulis, JH Yum, E. L. Unger, B. E. Hardin, M. Gratzel, M. D. McGehee, A. Sellinger, *Silicon-Naphthalo/Phthalocyanine-Hybrid Sensitizer for Efficient Red Response in Dye-Sensitized Solar Cells*, **Org. Lett.**, 15 (2013) 784–787.
- [75] A. Listorti, I. Lopez-Duarte, M. V. Martinez-Dia, T. Torres, T. DosSantos, P. R. F. Barnes, J. R. Durrant, *Zn (II) versus Ru (II) phthalocyanine-sensitized solar cells. A comparison between singlet and triplet electron injectors*, **Energy Environ. Sci.**, 3 (2010) 1573–1579.
- [76] A. Morandeira, I. Lopez-Duarte, B. O’ Regan, M. V. Martinez-Diaz, A. Forneli, E. Palomares, T. Torres, J. R. Durrant, *Ru (II)-phthalocyanine sensitized solar cells: the influence of co-adsorbents upon interfacial electron transfer kinetics*, **J. Mater. Chem.**, 19 (2009) 5016–5026.
- [77] M. S. Rodriguez-Morgade, L. Pelleja, T. Torres, E. Palomares, *Ti (IV) phthalocyanines for dye sensitized solar cells*, **Journal of Porphyrins and Phthalocyanines**, 17 (2013) 814-820.
- [78] H. Matsuzaki, T. N. Murakami, N. Masaki, A. Furube, M. Kimura, S. Mori, *Dye Aggregation Effect on Interfacial Electron-Transfer Dynamics in Zinc Phthalocyanine-Sensitized Solar Cells*, **J. Phys. Chem., C** 118 (2014), , 17205–17212.
- [79] ME Ragoussi, JH Yum, A. K. Chandiran, M. Ince, G. Torre, M. Gratzel, M. K. Nazeeruddin, Tomas Torres, *Sterically Hindered Phthalocyanines for Dye-Sensitized Solar Cells: Influence of the Distance between the Aromatic Core and the Anchoring Group*, **ChemPhysChem**, 15 (2014) 1033 – 1036.
- [80] M. G. Walter, A. B. Rudine, C. C. Wamser, *Porphyrins and phthalocyanines in solar photovoltaic cells*, **J. Porphyrins Phthalocyanines**, 14 (2010) 760–792.
- [81] X. Chen, D. Taguchi, T. Manaka, M. Iwamoto, *Interfacial charging of copper phthalocyanine/C60 double-layer organic solar cells induced by photoillumination: Effect of photoconductivity change*, **Thin Solid Films**, 554 (2014) 158–161.
- [82] I. Kim, H. M. Haverinen, Z. Wang, S. Madakuni, Y. Kim, J. Li, G. E. Jabbour, *Efficient Organic Solar Cells Based on Planar Metallophthalocyanines*, **Chem. Mater.**, 21 (2009) 4256–4260.

- [83] D. Wöhrle, M. Eskes, K. Shigehara, A. Yamada, *A simple Synthesis of 4,5-Disubstituted 1,2-Dicyanobenzenes and 2,3,9,10,16,17,23,24-Octasubstituted Phthalocyanines*, **Synthesis**, 2 (1993) 194-196.
- [84] B.R. James, E. Ochiai, G.L. Rampel, *Ruthenium (II) halide dimethylsulphoxide complexes from hydrogenation reactions*, **Inorganic and Nuclear Chemistry Letters**, 7 (1971) 781-784.
- [85] W. L. F. Armarego, C. L. L. Chai, *Purification of Laboratory Chemicals*, Butterworth/Heinemann, Tokyo, 2003.



# ÖZGEÇMİŞ

**Ad Soyad:** Seçil ÜSTÜN

**Doğum Yeri ve Tarihi:** 19.05.1988 / İZMİR

**E-Posta:** [secilustun88@gmail.com](mailto:secilustun88@gmail.com)

**Lisans:** İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü

**Mesleki Deneyim:** 2014 yılında Milli Eğitim Bakanlığı'na kimya öğretmeni olarak atandım ve halen kimya öğretmeni olarak görevime devam etmekteyim.