

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA BİLİM DALI
ORGANİK KİMYA ANABİLİM DALI

**YAPISINDA TİYOFEN BULUNDURAN YENİ ANTRASEN TÜREVLERİNİN
SENTEZİ VE ELEKTROKİMYASAL, ELEKTROOPTİKSEL
ÖZELLİKLERİN BULUNMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Hatice ÇALIŞ
DANIŞMAN: Doç.Dr. Arif KIVRAK

VAN-2016

T.C.
YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA BİLİM DALI
ORGANİK KİMYA ANABİLİM DALI

**YAPISINDA TİYOFEN BULUNDURAN YENİ ANTRASEN TÜREVLERİNİN
SENTEZİ VE ELEKTROKİMYASAL, ELEKTROOPTİKSEL
ÖZELLİKLERİN BULUNMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Hatice ÇALIŞ
DANIŞMAN: Doç.Dr. Arif KIVRAK


Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **2015-FBE-YL363**
No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Kimya Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Arif KIVRAK danışmanlığında, Hatice ÇALIŞ tarafından sunulan "YAPISINDA TİYOFEN BULUNDURAN YENİ ANTRASEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE ELEKTROKİMYASAL, ELEKTROOPTİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BULUNMASI" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 16/06/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

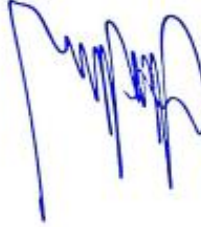
Başkan: Doç. Dr. Nihan ÇELEBİ
ÖLÇÜM

İmza: 

Üye: Doç. Dr. Arif KIVRAK

İmza: 

Üye: Yard. Doç. Dr. Nurettin
MENGEŞ

İmza: 

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hatice ÇALIŞ

ÖZET

YAPISINDA TİYOFEN BULUNDURAN YENİ ANTRASEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ VE ELEKTROKİMYASAL, ELEKTROOPTİKSEL ÖZELLİKLERİN BULUNMASI

ÇALIŞ, Hatice

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Arif KIVRAK

Haziran 2016, 55 sayfa

Organik güneş hücrelerinde kullanılmak üzere Dönör-akseptor (D-A) yapısına sahip yeni 4 türevin sentezi gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda organik güneş hücrelerinde (OGH) ve organik alan etkili transistörlerde (OFET) kullanılmak üzere organik yapıların tasarımı, sentezi oldukça önem kazanmıştır. Özellikle yapısında güçlü elektron çekici gruplar bulunduran organik malzemeler organik güneş hücrelerinde kullanılmakta ve iyi sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışmada yapısında güçlü akseptor grupları bulunduran yeni antrasen türevlerinin sentezi gerçekleştirilerek, elektrokimyasal ve elektro-optiksel özellikleri incelenmiştir. Tasarımı yapılan organik malzemelerin deneysel HOMO, LUMO ve Eg (bant aralığı) değerleri hesaplanmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlara göre tasarladığımız bu yeni nesil türevlerimiz OGH lerinde kullanılabilme potansiyeline sahip küçük moleküllerdir.

Anahtar kelimeler: Antrasen, Tiyofen, Elektron çeken gruplar, Elektrokimyasal özellikleri, Elektro-optik özellikleri, Organik güneş pilleri

ABSTRACT

SYNTHESIS OF THIOPHENYL-SUBSTITUTED UNSYMMETRICAL ANTHRACENE DERIVATIVES AND THEIR PROPERTIES

ÇALIŞ, Hatice

M. Sc., Thesis, Chemistry Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Arif KIVRAK

January 2016,55 pages

Novel thiophenyl-substituted anthracene derivatives (D-A) bearing a variety of electron-withdrawing groups were designed and synthesized for organic solar cells (OSCs). Their electrochemical and electro-optical properties were examined with strong donor-acceptor interaction. The electrochemical properties were found by cyclic voltammograms indicating good agreement between the electrochemical and optical band gaps. After HOMO, LUMO, and E_g values of designed organic materials were calculated, the new generation organic materials were fabricated to find their solar cell performances.

Key words: Anthracene, Thiophene, Electron withdrawing groups, Electrochemical properties, Electro-optical properties, Organic solar cells.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimi yöneten, tez konumun belirlenmesinden başlayarak çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm, gerek teorik gerek pratik açıdan bilgilerini benimle paylaşan, hoşgörü ve ilgisiyle bana her zaman destek veren, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Arif KIVRAK'a, Kimya Bölümü Organik Kimya hocalarıma ve Organik Kimya araştırma laboratuvarında çalışan tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarım esnasında daima yanımda olarak beni destekleyen değerli arkadaşlarıma ve bugünlere gelmemde büyük emek ve çabaları olan anne, babama ve biricik abime teşekkür ederim. Ayrıca projede kullanılan kimyasalların ve cihazların temininde maddi destek veren Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (2015-FBE-YL363) ve TÜBİTAK (113Z249 nolu proje)'a teşekkür ederim .

Haziran 2016
Hatice ÇALIŞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
EKLER DİZİNİ.....	1
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmaya giriş.....	1
1.1.1. Güneş enerjisi.....	1
1.1.2. Fiziksel tanım	2
1.1.3.Güneş pillerinin tarihsel gelişimi	4
1.1.4. Güneş pillerinin sınıflandırılması.....	6
1.1.4.1. Birinci nesil güneş pilleri	7
1.1.4.2. İkinci nesil güneş pilleri (ince film güneş pilleri).....	8
1.1.4.3. Üçüncü nesil güneş pilleri.....	8
1.1.5. Boya duyarlı güneş pilleri	8
1.1.6. Organik güneş pilleri.....	11
1.1.6.1.Yapısına göre organik güneş pilleri.....	15
1.1.6.2. Güneş Pillerinin Kullanım Alanları	17
1.1.6.3. Küçük organik malzemeler.....	20
1.1.7. Antrasen ve uygulama alanları.....	22
1.2. Araştırmanın amacı ve önemi	23
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
2.1. Materyal	24
2.1.1. Deneyde kullanılan kimyasal maddeler	24
2.1.2. Deneyde faydalanılan araç ve cihazlar.....	24
2.2. Yöntem.....	25
2.2.1. Antrasen içeren küçük organik yapıların sentezi	25

	Sayfa
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	27
3.1.1. 9,10-di(tiyofen-2-il) antrasen (2.20)	27
3.1.2. 5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-karbaldehit (2.2).....	27
3.1.3. 1,1' -(antrasen-9,10-diilbis(tiyofen-5,2-diil)) bis(etan-1-one) ve 1-(5-(10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etan-1-one (2.27).....	28
3.1.4. 2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen) malononitril.....	29
3.1.5. (Z)-2-(3-oxo-2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen)- 2,3-dihidro-1H-inden-1-iliden)malononitril	30
3.1.6. 2- (1- (5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etiliden) malononitril.....	31
3.1.7. 2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etiliden)malononitril ...	32
4. BULGULAR	33
4.1.1. Organik yapıların sentezi	33
4.1.2. Elektrokimyasal ve elektrooptiksel özellikleri.....	33
TARTIŞMA VE SONUÇ	39
KAYNAKLAR.....	40
EKLER	45
ÖZGEÇMİŞ.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Cm	Santimetre
Gr	Gram
Mg	Miligram
mL	Mililitre
°C	Santigrat Derece Sıcaklığı
mmol	Milimol
dk	Dakika
H	Saat
T	Sıcaklık
IR	Infraret Spektrumu
NMR	Nükleer Manyetik Rezonans
MW	Mikrodalga

Kısaltmalar	Açıklama
DMF	Dimetil Formamit
DMSO	Dimetil Sulfoksit
KBr	Potasyum Bromür
DCM	Dikloro Metan
NBS	N-Bromosuksinamit
TCNE	Tetrasiyanoeten
THF	Tetrahidro Furan
TMS	Trimetil Silan
Et₃N	Trietil Amin
CuI	Bakır İyodür
MeOH	Metil Hidroksit
KOH	Potasyum Hidroksit
NaHCO₃	Sodyum Bikarbonat

Na₂CO₃	Sodyum Karbonat
Et₂NH	Dietil Amin
POCl₃	Potasyum Oksiklorat
NaOH	Sodyum Hidroksit
NaOAc	Sodyum Asetat
DCE	Dikloro Etan
KI	Potasyum İyodür
KClO₃	Potasyum Klorat
CH₂Cl₂	Dikloro Metan
Au	Altın
CuCl₂	Bakır (II) Klorür

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.3. Ürünlerin (2.31, 2.34,2.38 ve 2.41) elektrokimyasal ve elektrooptiksel özellikleri.....	37
Çizelge 5.2. 7% doping oranı için tüm cihazların güneş pili performansı	38

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Güneş ışınlarını yeryüzüne dağılımı	3
Şekil 1.2. Organik boya esaslı güneş pilinin çalışma esası	10
Şekil 1.3. Fotonun soğurumu ve yük taşıyıcı transferleri.....	15
Şekil 1.4. Tek katlı fotovolttaik hücre	15
Şekil 1.5. İki katlı fotovolttaik hücre	16
Şekil 1.6. Hacim heteroeklem fotovolttaik hücre	17
Şekil 1.7. OGH'ler de kullanılan bazı polimer yapılar	21
Şekil 1.8. OGH'ler de kullanılan bazı organik yapılar.....	21
Şekil 1.9. Antrasen ve naftil içeren bazı polimer malzemeler.....	22
Şekil 1.10. Yapısında antrasen bulunan asimetrik yapılar.....	25
Şekil 3.1. 9,10-di(tiyofen-2-il) antrasen bileşiğinin sentez tepkimesi	27
Şekil 3.2. 5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-karbaldehit.....	27
Şekil 3.3. 1,1'-(antrasen-9,10-diilbis(tiyofen-5,2-diyl))bis(etan-1-one) and 1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etan-1-one(2.27)(2.28).....	28
Şekil 3.4. 2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen) malononitril	29
Şekil3.5.(Z)-2-(3-oxo-2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il) metilen)-2,3-dihidro-1H-inden-1-ilidene) malononitril.....	30
Şekil 3.6. 2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etiliden) malononitril	31
Şekil 3.7. 2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il) etiliden) malononitril.....	32
Şekil 4.1. (a) Karşılaştırmalı Uv-Vis Spektrumu (b) (2.38) nolu ürünün Uv-Vis Spektrumu (c) (2.41) nolu ürünün Uv-Vis Spektrumu(d) Karşılaştırmalı Uv-Vis Spektrumu (e)Karşılaştırmalı Uv-Vis Spektrumu	35
Şekil 4.2. (b) (2.41) nolu maddenin Cv Ölçümü (a) Karşılaştırmalı Cv Ölçümü	37
Şekil 5.1. Bileşiklerin % 7 katkılama oranı için I-V karakteristiği	38

EKLER DİZİNİ

Ek 1. 9,10- di(tiyofen-2-il) antrasen ¹ H NMR Spektrumu	45
Ek 2. 9,10- di(tiyofen-2-il) antrasen ¹³ C NMR Spektrumu	45
Ek 3. 5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-karbaldehit ¹ H NMR Spektrumu	46
Ek 4. 5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-karbaldehit ¹³ C NMR Spektrumu.....	46
Ek 5. 1,1'-(antrasen-9,10-diilbis (tiyofen-5,2-diil))bis(etan-1-one) ¹ H NMR Spektrumu.....	47
Ek 6. 1,1'-(antrasen-9,10-diilbis (tiyofen-5,2-diil))bis(etan-1-one) ¹³ C NMR Spektrumu.....	47
Ek 7. 1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antracen-9-il) tiyofen-2-il)etan-1-one ¹ H NMR Spektrumu.....	48
Ek 8. 1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antracen-9-il)tiyofen-2-il)etan-1-one ¹³ C NMR Spektrumu.....	48
Ek 9. 2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen) malononitril ¹ HNMR Spektrumu.....	49
Ek 10. 2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen) malononitril ¹³ C NMR Spektrumu.....	49
Ek 11. (Z)-2-(3-oxo-2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen)-2,3- dihidro-1H-inden-1-ilidene)malononitril ¹ HNMR Spektrumu.....	50
Ek 12.(Z)-2-(3-oxo-2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen)-2,3- dihidro-1H-inden-1-ilidene)malononitrile ¹³ C NMR Spektrumu.....	50
Ek 13.2 - (1- (5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etiliden) malononitril ¹ H NMR Spektrumu.....	51
Ek 14. 2 - (1- (5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etiliden) malononitril ¹³ C NMR Spektrumu	51
Ek 15.2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etiliden)malononitril. ¹ H NMR Spektrumu.....	52
Ek 16. 2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etiliden)malononitril. ¹³ C NMR Spektrumu	52

1. GİRİŞ

1.1. Araştırmaya giriş

1.1.1. Güneş enerjisi

Bir ülkenin enerji üretimi ve tüketimi, ekonomisinin kalkınmışlık düzeyini yansıtmaktadır. Günümüzde elektrik enerjisi tüketimi gelişmişliğin ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Elektrik enerjisi elde etmek için kullanılan birincil enerji kaynaklarının ekolojik dengeyi bozması ve bu enerji kaynaklarının giderek azalması, değişik enerji kaynaklarını gündeme getirmiştir. Bu enerji kaynaklarından en önemlisi güneş enerjisidir.(<http://www.youthforhab.org.tr/tr/yayinlar/enerji/gunespilleri/giris.html>).

Yaşamın kaynağı olan Güneş, doğal sistem enerjisinin büyük bir bölümünü sağlar. Çapı yaklaşık 1.4 milyon kilometre olup, iç çevresinde çok yoğun gazlar bulunur. Yeryüzünden yaklaşık olarak 151.106 milyon km uzaklıktadır. Nükleer yakıtlar dışında, dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağıdır.

İçinde, sürekli olarak Hidrojenin Helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı, ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Güneşte açığa çıkan enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173.104 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer 1.395 kW'a düşmektedir. Bu şiddet ile dünya çapının kapladığı alana gelen güneş gücü, dünyadaki kurulu elektrik santrallerinin toplam gücünün 100 bin katı düzeyindedir. Yeryüzüne ulaşabilen ışınımın değerinin bu kadar düşük olmasının nedeni, atmosferdeki karbondioksit, su buharı ve ozon gibi gazların ışınımı absorbe etmelerinin yanı sıra kat etmesi gereken yolun uzunluğudur.

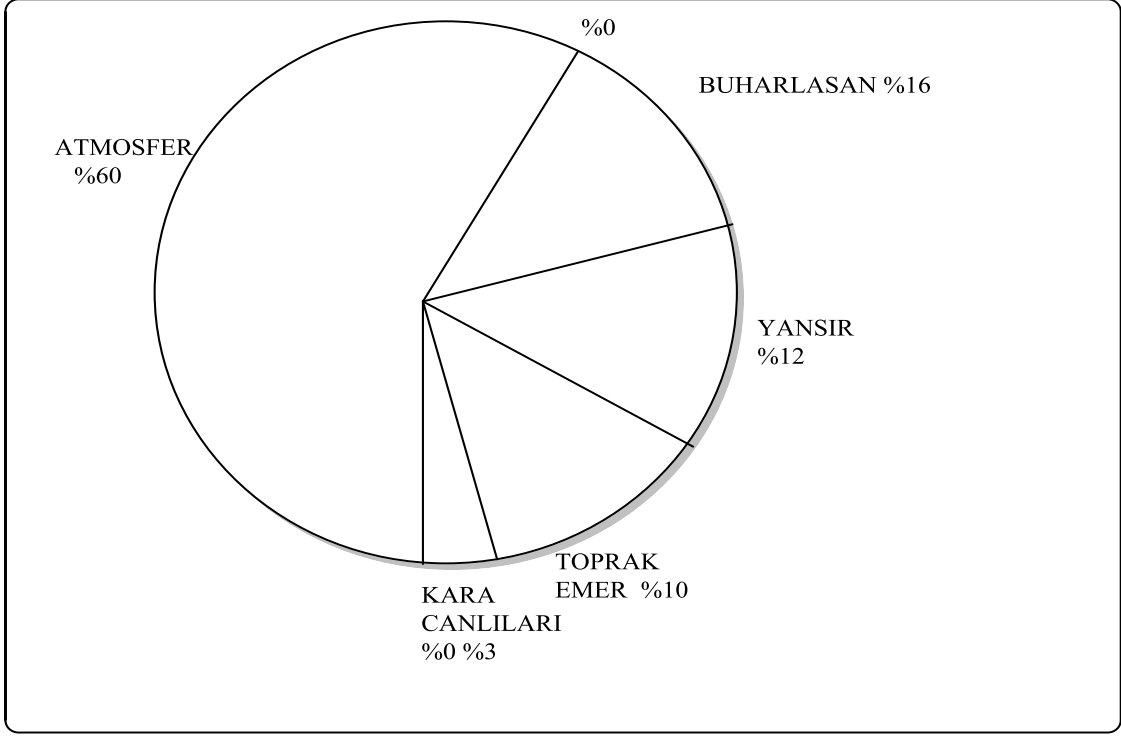
Dış yüzey sıcaklığı 6000 °K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük siyah cisim olan güneşin yaydığı ışınımın yeryüzüne ulaşabilen miktarı %70 kadardır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınım değeri 1367 W/m²dir ve bu değer güneş sabiti olarak 2 alınır. Pratik olarak yeryüzüne ulaşan güneş ışınım değeri 1000 W/m² olarak kabul edilmektedir.

Güneş enerjisi kullanımı için teknolojiler her geçen gün daha verimli ve uygulanabilir hale gelmektedir. Günümüzde bu hususta, bilimsel olarak yapılan çalışmalar, anorganik ve organik bazlı olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Silikon içerikli

olan güneş pilleri anorganik, organik içerikli olan güneş pilleri ise organik güneş pilleri olarak adlandırılır. Anorganik güneş pilleri maliyetinin yüksek olması, güneş pili yapımında kullanılan malzemelerin rezerv sıkıntısının olması, doğaya ve canlı yaşamına zarar veriyor olması gibi dezavantajları sebebiyle bilim dünyası maliyet olarak daha ucuz olmaları ve daha kolay uygulanabiliyor olması açısından organik güneş pillerine yönelmişlerdir. Bu son derece çekici iki özelliğine rağmen günümüzde organik güneş pillerinde, uygulama aşamasına geçilememiştir. Çünkü hava ile kolayca oksitleniyor olması ve güneş ışığını enerjiye dönüştürme yüzdesinin (% 10), silikon bazlı güneş pillerine kıyasla çok daha düşük olmasıdır (Küpeli, 2005; Guerra ve ark., 2010).

1.1.2. Fiziksel tanım

Güneşin ısı enerjisi güneş fırınlarında toplanır. Güneşe doğru yönlendirilmiş büyük bir küresel ayna yardımıyla güneş ışınları küçük bir merkezi potada birikir. Böylece herhangi bir klasik aracın sağlayacağından çok daha yüksek bir sıcaklık elde edilir. Güneş fırınları sayesinde bugüne kadar başarılammış kimyasal tepkimeler ve ergitmeler gerçekleştirilebilir.



Şekil 1.1.Güneş ışınlarını yeryüzüne dağılımı (Larousse).

Güneş ışınlarının;

1. % 60,00'ı atmosferden geri döner
2. % 0 - % 3 kara canlıları
3. % 16,00'si deniz suyuna ulaşarak buharlaşır
4. % 11,50'si yeryüzünden yansır
5. % 9,50'si toprak tarafından emilir
6. % 2,84'ü karadaki canlılara
7. % 0, 16'sı denizdeki canlılara gider.

Bu rakamlar göz önüne alındığında, atmosfer veya deniz vasıtasıyla büyük bir bölümü kullanılmayan güneş ışınlarından faydalanılacak teknolojiler henüz geliştirilemediğine göre, yeryüzünden yansıyan ve toprak tarafından emilen toplam % 21'lik ışınlar, yararlanılabilen potansiyel enerji kaynağıdır.

1.1.3.Güneş pillerinin tarihsel gelişimi

Güneşin ısı enerjisinin, güneş fırınlarında toplandığı bilinmektedir. Güneş fırını ise yüksek sıcaklıklar elde etmek için güneşin ışımaya enerjisinden yararlanan alettir. Lavoisier merkeze doğru çevrilmiş 1,30 metre çapında bir yakınsak mercekle buna benzer ilk düzeni yapmış ve böylece ocağın içine yerleştirilmiş bir demir parçasını eritmeyi başarmıştır. Bugün 3.000 °C' lik yüksek sıcaklıklar elde etmeye yarayan büyük yüzeyli parabolik aynalar kullanılmaktadır. Güneş pili sistemlerinin işletme özelliklerini incelemek üzere EİEİ' nin 300Wgücündeki bir sistemi Aydın-Yeni Hisar' da kurulu bulunmaktadır. Şebekeye bağlı güneş pili sistemleri konusunda bilgi birikimi kazanmak amacıyla 4.7 kW gücünde şebekeye bağlı bir fotovoltaik sistem Didim' de 1998' den beri faaliyet göstermektedir. Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için başlatılan projeler Antalya,izmir ve Didim' de çalışmalar tamamlanmıştır. Ankara, Aydın-Yenihisar, AdanaYumurtalık,Isparta, Kayseri ve Balıkesir'deki çalışmalar sürmektedir.. Fotovoltaik hücreler yeni bir teknoloji olarak kabul edilse de tarihsel gelişimi 1800'lü yıllara kadar uzanmaktadır. Fotovoltaik etki ilk olarak 1839 yılında Fransız fizikçi Alexandre Edmond Becquerel'in elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemlemesiyle keşfedilmiştir (Prevenslik, 2003).

1876 yılında G. W. Adams ve R. E . Day tarafından selenyum (Se) kristallerinde fotovoltaik olayın gözlemlenmesiyle katı maddelerin de fotovoltaik etki oluşturabileceği kanıtlanmıştır (Smith, 1873).

1883 yılında ise Charles Fritts selenyumunu (Se) çok ince bir altın tabakasıyla kaplayarak % 1,1 verime sahip ilk ciddi fotovoltaik hücreyi üretmiştir. İlerleyen yıllarda fotovoltaik etkiler bakır-bakır oksit (Cu-CuO) ince film yapılarda da gözlenmiştir (Würfel, 2005).

1954 yılında Chapin, Fuller ve Pearson tarafından ilk silikon fotovoltaik hücre yapılmış ve bu hücrelerde önceki fotovoltaik hücrelerden 6 kat yüksek olan ve fotovoltaik güç sistemleri için dönüm noktası olarak kabul edilen % 6 verim elde edilmiştir (Würfel, 2005).

Bu tarihi izleyen araştırmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için yapılmıştır. Geleneksel olarak güneş pilleri 1950'lerde icat edilmiş,ticariolarak 1960'larda uzay programlarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir.

O tarihlerden itibaren verimlerinde hızla artma gözlenmiştir. Güneş pillerinin üretim maliyetlerinde önemli bir azalma ile birlikte, bu fotovoltaik hücrelerin güvenilirlikleri endüstride hızla artmaktadır (Tom j. Savaniye). Uzay çalışmalarında kullanımı fotovoltaik hücre teknolojisinin çok hızlı gelişmesini sağlamış ve daha 1960'ların başında verimleri % 15'lere ulaşmıştır. 1985 yılında verimleri artık % 20'yi aşan yüksek verimli silikon güneş pilleri üretildi. 1980'lerden sonra yeni bir yöntem olan çift eklemlili GaAs katkılı güneş hücrelerinin verimi % 22'ye, üç eklemlili tandem güneş pillerinin verimleri ise % 24'lere ulaşmıştır (Ishibashi, 1985).

İlk organik güneş pili ise 1986 yılında Tang ve ark. tarafından Kodak firmasında üretilmiştir (Tang, 1986). Güneşten gelen enerji ile oluşan elektron-boşluk çiftinin ayrımı sadece katmanların arayüzünde gerçekleştiği için % 1 verime sahip olan iki katmanlı bu organik güneş pillerinin keşfinden sonra organik güneş pili araştırmaları adım adım ilerlemiştir. 1995 yılında Yu ve arkadaşları İndiyum Kalay Oksit (ITO) üzerine hazırladıkları ince filmleri poly(2-methoxy-5-(2'ethyl-hexyloxy)-1,4 fenilen vinil) malzemesi kullanarak organik güneş pillerini üretmişlerdir. Ürettikleri güneş pilinde verimi yaklaşık olarak % 2,9 olarak bulmuşlar ve ayrıca pilin açık devre voltajının 0,68 V'dan 0,82 V'a değiştiğini görmüşlerdir (Yu ve diğ., 1995).

2000'li yılların başlarında Alan McDiarmid, Alan Heeger ve Hideki Shirakawa adlı bilim adamlarının iletken polimerleri keşfinden sonra yarıiletken konjuge polimerlerin kullanıldığı organik güneş pili araştırmaları bilim dünyasının bu konu üzerine daha çok yoğunlaşmasına neden olmuştur (Macdiarmid ve ark., 1977). Yine 2000'li yıllarda yapılan başka bir çalışmada ise Takahashi ve arkadaşları, farklı organik malzemeler deneyerek güç dönüşümünü yaklaşık olarak % 3,51 olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca kuantum alanında kısa devre akımını % 42,8 açık devre voltajını 0,34 V, doluluk faktörünü (FF) ise 0,51 olarak hesaplamışlardır. Bu sonuçlarla, üç tabakalı Al/PV/HD/MC/Au yapısının iyi bir güneş pili özelliği gösterdiğini tespit etmiştir (Takahashi ve ark., 2000). Yakimov ve Forrest tarafından 2002 yılında yapılan araştırmada, AM 1.5 güneş ışığının spektral şiddeti altında perylenetetrahidrokarboksilik malzemesi kullanarak tek ve iki katlı organik güneş pili üretmişlerdir. Üretilen tek katlı güneş pilinde verimin % 1,1 iki katlı güneş pillerinde ise yaklaşık olarak % 2.5 olarak ayrıca elde edilen güneş pilinde açık devre voltajını da 0,93 V olarak hesaplamışlardır (Yakimov ve ark., 2002).

2007 yılında esnek yüzeylere kaplanabilen uzunömürlü, geniş kullanım alanlarına sahip poly(3,4-ethylenedioxytiyofen malzemesininipoly(styrenesulfonate) malzemesi ile katkılayarak AM 1.5 güneş ışığının spektral şiddeti altında organik güneş pillerini üretmişlerdir. Elde ettikleri güneş pillerinde güç dönüşümünü % 1,5 ve doluluk faktörünü 0,29 olarak bulmuşlardır (Lungenschmied ve ark., 2007).

Kuwabara ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları çalışmada bir tarafı ITO diğer tarafı ise altın ITO/poly(3-hexyltiyofen)/poly(3,4-etilendioxilenetiyofofen):poly(4-stirene sulfonik asit)/Au şeklinde yapıda 1 cm² alana sahip organik güneş pilini oluşturmuşlardır.Elde ettikleri güneş pili analiz sonuçlarında, açık devre voltajını 0,52 V olarak doluluk faktörü 0,38 ve verimi ise % 2,47 olarak bulmuşlardır (Kuwabara ve ark., 2008).Yakın geçmişte organik malzemelerin çeşitli özellikleri değiştirilerek organik güneş pillerinin verimi yavaşta olsa artmaktadır. Hala yetersiz kalsalar da, farklı organik malzemeler kullanılarak üretilmiş güç dönüşüm verimi arttırılmaya çalışılmaktadır. Son zamanlarda organik fotovoltaiik hücrelerde literatürde kaydedilen en yüksek verimlerden biri By Yongye Liang ve arkadaşları tarafından tiyenol[3,4-b]tiyofen ve benzotiyofen malzemelerini kullanarak yaptıkları çalışmada (laboratuvar ortamında) % 7.4 olarak ölçülmüştür (Liang ve ark., 2010).

2012 yılına geldiğimizde ise Amerika'lı yarıiletken malzeme üretim şirketi olan Polyera, organik tabanlı güneş pilinde polimer malzeme (PEDOT-PSS) kullanarak laboratuvar ortamında verimi % 9.1 olarak bulduklarını duyurmuştur. (www.renewablesinternational.net).

2012 yılındaki bir diğer rekor ise Alman güneş enerjisi teknoloji şirketi olan Heliatek, iki katmanlı soğurucu tabaka kullanarak, organik güneş pili üretiminde %12 gibi yüksek bir verim elde ettiklerini duyurmuşlardır (http://www.heliatek.com). Bu ilerlemelere rağmen organik tabanlı güneş pilleri anorganiklere göre hala ticari pazarda istenilen yere sahip değildir. Bugün fotovoltaiik piyasasının büyük bir yüzdesi anorganik malzemelerle yapılan pillerden oluşmaktadır.

1.1.4. Güneş pillerinin sınıflandırılması

Literatür çalışmaları göz önüne alındığında güneş pilleri; uygulama alanları, kullanılan malzemenin türü, optik karakteristikleri veya teknolojik gelişim aşamaları gibi birçok başlık altında sınıflandırabiliriz. Güneş pillerinin günümüze kadar olan

teknolojik gelişimi göz önüne alarak sınıflandıracak olursak, Birinci Nesil (kristal silisyum, galyum arsenik güneş pilleri) , İkinci Nesil (ince filmler: CuInSe₂, CdTe, a-Si güneş pilleri),Üçüncü Nesil (boya duyarlı güneş pilleri, organik güneş pilleri)olmak üzere üç başlık altında inceleyebiliriz.

1.1.4.1. Birinci nesil güneş pilleri

Bu güneş pillerinin yapımında en yaygın olarak kullanılan malzemeler, silisyum (Si) ve galyum arsenik (GaAs)'tir. İlk defa 1954 yılında Bell labatuvarında kullanılan silisyum,güneş pili yapımında en fazla öne çıkan malzemedir. Rezerv sıkıntısının olmadığı bir hammadde olan silisyumun veriminin ilk üretiminden bu yana oldukça artmış olması,dayanıklı kristal yapısı, zehirli olmaması gibi özellikleri nedeniyle güneş pili kullanımında en popüler malzeme olmasını sağlamıştır. Silisyumun kristal yapısının kolay bozulmaması, optiksel ve elektriksel özelliklerinin kalıcı olmasını sağlar. Bunlara ek olarak kristal silisyum teknolojisi yoğun kullanımı sayesinde oldukça ilerlemiştir (Küpeli, 2005).Tek kristal silisyum güneş pillerinin verimi % 15-20 civarındadır. Maliyetinin karşılanma süresi 4-6 yıl arası ve 20 yıllık bir sürede yaklaşık % 7 lik verim kaybı meydana gelir. Saf kristal gereksinimi yüzünden daha pahalıdır. Erimiş silisyum kalıbı dökülerek soğumaya bırakılmasıyla üretilen ve bu silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen polikristal silisyum güneş pillerinin verimi ise %12-16 civarındadır. Maliyetini karşılama süresi 2-4 yıl civarındadır. Ancak 20 yıllık sürede %14 verim kaybı meydana gelir. Kristal yapısı tam homojen olmadığından üretim süreci ucuzdur (Kelzenberg ve ark., 2008).

Galyum ve arsenik elementlerinden oluşan galyum arsenik (GaAs), polikristal bir yapıya sahiptir ve yasak bant genişliği oda sıcaklığında yaklaşık 1.4 eV'tur. Fotonun soğrulması için gerekli mesafe silisyuma oranla daha kısadır ve bu özelliği GaAs güneş pillerinin daha ince yapılı ve daha az materyalle oluşturulmasını sağlar. Galyum elementi yeryüzünde silisyum kadar bol olmamasından dolayı güneş pili yapımında, silisyuma oranla daha az tercih edilmektedir. GaAs güneş pilleri, daha çok uzay uygulamaları için üretilen optik yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılmaktadır. GaAs'in uzay uygulamalarındaki güneş pillerinde kullanılmasının temel sebebi, silisyuma göre sıcaklığa ve radyasyona karşı daha dayanıklı olmasıdır (Conway ve diğ., 1981). GaAs güneş pillerinin ticari verimi % 22, laboratuvar verimi ise % 25'in üzerindedir. Diğer

yarıiletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemli GaAs pillerde ise % 30 civarında verim elde edilmiştir (Schnitzer ve ark., 1993).

1.1.4.2. İkinci nesil güneş pilleri (ince film güneş pilleri)

İkinci nesil güneş pilleri arasında üç farklı pil öne çıkmaktadır. Bunlar; amorf silisyum (a-Si), kadmiyum ve tellür elementlerinden meydana gelen birleşik yarıiletken kadmiyum tellür (CdTe) ve bakır, indiyum, selenyum elementlerinin birleşimi olan kalkoprit yapılı CuInSe₂ (CIS) bileşik yarıiletkenidir.

1.1.4.3. Üçüncü nesil güneş pilleri

Günümüzde anorganik malzemelerle yapılan güneş pillerinin esnek olmaması, uygulama alanlarının kısıtlı olması, pahalı ve rezerv sıkıntısının olması gibi nedenler bilim dünyasını farklı malzeme arayışlarına sürüklemiştir. Bu arayışlar gerek ucuz olması gerekse iletken ve yüksek molekül ağırlığına sahip olması gibi avantajlarından dolayı, araştırmacıları organik moleküllere yöneltmiştir. Yarıiletken polimerlerin kullanıldığı organik güneş pilleri, iletken polimerlerin keşfinden ve geliştirmesinden sonra önemli bir araştırma konusu olmuştur. Güneş pillerinde anorganik malzemeler yerine organik malzemeler kullanılmasının sağladığı önemli üstünlükler, gelecekte araştırmaların bu yöne kayacağı düşünülmektedir. Yukarıda üstünlükleri belirtilen organik malzemeleri kullanılarak üretilen güneş pillerini boya duyarlı güneş pilleri (BDGP) ve organik güneş pilleri olmak üzere iki sınıfta inceleyebiliriz.

1.1.5. Boya duyarlı güneş pilleri

Boya duyarlaştırıcı güneş pilleri (BDGH), ince film güneş pilleri sınıfında yer alan düşük maliyetli fotovoltaiik sistemlerdir. Boya duyarlaştırıcı güneş pilleri, aynı zamanda Graetzel hücresi olarak da bilinir, ilk olarak 1988 yılında M. Graetzel ve Brian O'Regan tarafından UC Berkley 'de keşfedilmiş ve sonrasında 1991 yılında aynı kişiler tarafından École Polytechnique Fédérale de Lausanne'da (EPFL) geliştirilerek Nature dergisinde yayınlanmıştır. Michael Graetzel , 2010 yılında Millenium Teknoloji Ödülü ile ödüllendirildi. (Zafer, 2013)

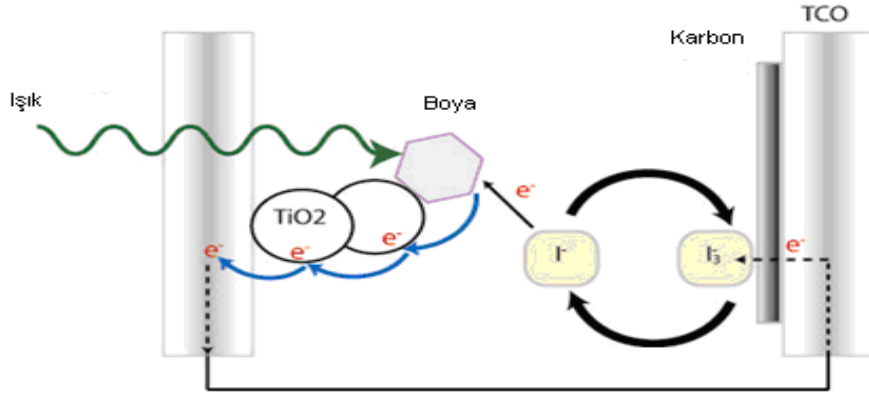
Boya duyarlı güneş pili teknolojisi TiO_2 tabanlı yarıiletken güneş pilleri Üçüncü Nesilgüneş pilleri arasında yer almaktadır. Bu tip güneş pillerinin temelinde ışığa duyarlı organik yapıya sahip boya ve yarıiletken tabaka esastır. Tipik bir BDGP cam veya optik geçirgenliği olan flor katkılı kalay oksit (FTO) gibi iki adet şeffaf iletken oksit (TCO) ile oluşturulur (Hagfeldt ve Gratzel, 1995). İlk TCO nanokristal yarıiletken elektrotun (genellikle nano yapılı TiO_2) yüzeyine adsorblanmış duyarlılaştırıcılardan meydana gelen çalışma elektrotudur. Diğer TCO ise, ince bir tabaka katalizör (genellikle platin) ile fotoinert karşıt elektrot (counter electrode) görevi yapmaktadır. BDGP yapımında kullanılan ve TiO_2 kaplı çalışma elektrotu kadar büyük öneme sahip olan karşıt elektrot, dış devreden gelen elektronların tekrar redoks işlemini sağlayan elektrolit sıvısına iletilmesini sağlamaktır. Elektrolit veya aktarma aracı denilen ve genellikle I_3^-/I^- iyonları içeren çözelti ise bu iki elektrotun arasına enjekte edilir (Polo ve ark., 2004).

Bu tür güneş pilleri için elektronik iletkenliğin meydana gelmesine olanak sağlayan nano boyutta parçacıkları içeren oksit tabaka çok önemlidir. ZnO ve SnO_2 gibi alternatif geniş bant aralığına sahip oksitler araştırılmış olmasına rağmen (Tennakone ve ark., 1999; Sayama ve ark., 1998), TiO_2 maliyetinin düşük olması, elektriksel ve optiksel özelliğinin uygunluğu ve elde edilmesinin basit olması gibi nedenlerden dolayı en çok tercih edilen malzemedir.

Boya duyarlı güneş pilleri en genel ifade ile fotosentez benzeri bir prensip ile çalışmaktadır. Klorofil tarafından absorbe edilen güneş ışınları bitki yapraklarında karbondioksit gazını, su yardımıyla karbonhidrat (glukoz) ve oksijene çevirir. Bu temel fotosentez olayı baz alınarak BDGP sistemler geliştirilmiştir. Işığı soğuran BDGP sistemlerden boyarmaddeler yardımıyla enerji üretimi gerçekleştirilir. Yüzeysel fotosentezde ışık absorbe eden organik ve ya doğal boya molekülleri geniş bant aralığı bulunan yarıiletkenlerde değerlik bandından iletkenlik bandına elektron geçişini sağlarlar, bu da içeride elektron akışı olmasına neden olur. (Matsui, 2004; Polo ve Iha, 2006; Chaoyan ve ark., 2007; Zhang ve ark., 2008; Chang ve Lo, 2010; Zhou ve ark., 2011; Park ve ark., 2013).

Organik boya esaslı güneş pilinin çalışmaya başlaması, ışığın nano-kristal TiO_2 üzerine adsorblanmış olan boya molekülleri tarafından soğurulması ile olmaktadır. Işığı soğuran boya uyarılmış hale geçer ve uyarılan boya molekülü bir elektronunu titanyum

oksidin iletkenlik bandına (CB) iletir. İletilen elektronlar, TiO_2 filmindeki nano-kristal yapıyı ağ boyunca ilerleyerek saydam elektroda ulaşır ve buradan da dış devreye geçer. Bir elektronunu TiO_2 'in iletkenlik bandına aktarmasıyla oluşan boya katyonları, redoks çifti içeren elektrolit tarafından nötral hale indirgenir. Yükseltgenen elektrolit ise dış devre üzerinden platinlenmiş elektroda gelen elektron tarafından indirgenir. Bu şekilde organik boya esaslı güneş pilinin çalışması sırasında net yük her zaman sıfırdır, dolayısı ile kimyasal olarak bir değişme meydana gelmez. Bu elektron aktarım süreçleri sonunda foto-akım meydana gelir. Organik boya esaslı güneş pilinde sürekli akım elde etmek için bu indirgenme-yükseltgenme işlemlerinin sürekli tekrarı gerekir.



Şekil 1.2. Organik boya esaslı güneş pilinin çalışma esası (Matsui ve ark., 2004).

TiO_2 üzerine kaplanmış organik boya temelli güneş pillerinde kullanılacak boyalar ışık enerjisini yüksek verimle elektrik enerjisine dönüştürebilmesi için bazı temel özellikleri barındırmalıdır.

Bunlar;

1. Boya GB'de (400-700 nm) absorpsiyon yapmalıdır.

Bu durumda boya daha çok tercih edilen ve tek tabakalı güneş pilleri için gerekli olan 35 eV bant aralığını sağlamış olur.

2. Boya yarıiletken yüzeyine kuvvetli absorpsiyon yapmalıdır.

3. Boyanın uyarılmış hal enerjisi, TiO_2 'in iletkenlik bandının çok az üzerinde olmalı ve enerji farkı elektron transferine izin verecek yeterlilikte olmalıdır. Ayrıca boyanın temel hal enerjisi de elektrolitin indirgenme-yükseltgenme potansiyelinin biraz altında olmalıdır. Bu durum ışığın elektriğe çevrilmesi ile elde edilen foto-voltajın en yüksek seviyede olması ve enerji kayıplarının minimum seviyede tutulması için gereklidir.

4. Boyanın uyarılmış halinden TiO_2 'in iletkenlik bandına yapılan elektron transferi,

floresans ve fosforesans gibi sönümlenme reaksiyonlarına imkan vermemek için çok hızlı olmalıdır. Molekülün uyarılması tercihen metal-ligant-yük transferi (MLCT) türünde olmalıdır.

5. TiO₂ yüzeyine adsorplanmış olan boya, çalışma koşullarında (yarıiletken-elektrolit ara yüzeyinde) uzun süre kararlı olmalıdır.

6. Boyanın çözünürlüğü iyi olmalıdır ve yarıiletken yüzeyine tutunabilecek bağlayıcı fonksiyonel bir grup içermelidir.

7. Işığın güneş pilinde boya haricinde diğer katmanlar tarafından (yarıiletken veya elektrolit) soğurulması istenmez. Bu durum, pil verimini ve kararlılığını olumsuz etkileyebilecek yan reaksiyonlara sebep olmaktadır.

Organik boya temelli güneş pillerinde (DSCC) çok çeşitli sınıfa ait boyalar kullanılmaktadır. Porfirinler, ftalosiyaninler, polipiridiller, kumarinler, indolinler , trifenilaminler, konjüge polimerler, perilenler bu sınıflar içinde yer almaktadır. En yüksek verim hala rutenyum polipiridil türevleri (Gratzel pillerinin ilk öncüsü) yapılarıdır. Rutenyum polipiridil boyaları bugüne kadar en yüksek verim elde edilen boyalar olmalarına rağmen sistemler için uygun değildirler. Bu boyaları sınırlayan faktörler arasında sentezlerinin zor olması, çıkış maddelerinin pahalı olması, molar soğurma katsayılarının düşük olması ve güneş spektrumunun çok dar bir aralığında soğurma yapmaları sayılabilir. Organik boyalar Rutenyum tabanlı kromoforlara göre daha yüksek molar absorpsiyon katsayısına sahiptirler ve çok modifikasyon alternatifine sahiptirler. Böylece istenilen aralıkta absorpsiyon yapan boyarmaddelerin sentezi mümkündür.

1.1.6. Organik güneş pilleri

Üçüncü nesil fotovoltaik hücre teknolojisi olarak adlandırılan organik güneş pilleri, iki metal elektrot arasına organik tabanlı malzemelerin yerleştirilmesiyle elde edilmektedir. Organik güneş pillerinde organik temelli malzemeler olarak, yarıiletken polimerlerin kullanılması bu pillerin geliştirilme aşamasına ciddi katkılar yapmıştır (Winder ve Sarıçiftçi, 2004). Anorganik benzerlerinin çeşitliliği sınırlı iken organik moleküllerin sayısının milyonlar seviyesinde olması, bu malzemelerden elde edilecek verimin ve kararlılığın artırılmasına da imkan verir. Rezerv sıkıntısının da olmaması nedeniyle, organik malzemeler bu tip çalışmalar için çok ayrıntılı bir şekilde

araştırılmaya başlanmıştır. En sık kullanılan aygıt tipi, biri alıcı (donör, p) diğeri verici (akseptör, n) malzemelerin bir arada kullanıldığı pn eklem şeklinde oluşturulabilen aygıtlardır. Organik malzemelerin diğeri bir avantajı ise kullanılan malzemelerin kimyasal yapılarının kolayca değiştirilebilmesidir. Bu şekilde malzemelerin soğurma aralığının güneş spektrumuna daha uygun hale getirilerek, daha fazla foton enerjisi soğurabilmesi sağlanmaktadır.

Öte yandan, verimleri anorganik malzemelerin kullanıldığı güneş pillerine nazaran daha düşüktür. Organik güneş pillerinde verimi geliştirmekten farklı olarak kararlılık problemi de vardır. Özellikle de ışık altında ve su buharında/oksijende hızlı bir şekilde kalitesi düşmektedir. Uzun ömürlü olarak organik malzemeleri kullanabilmemiz için hava ve nemli ortamlardan saklamamız gerekmektedir (Kroon ve ark., 2007). İlk organik güneş pili Tang ve ark. tarafından Kodak firmasında üretilmiştir (Tang, 1986). Üretilen piller % 1,1 gibi bir verime sahiptir. Verimin düşük olmasının nedeni, iki katmanlı güneş pilinde güneşten gelen enerjinin oluşan elektron-boşluk çiftinin ayrımının sadece katmanların arayüzünde gerçekleşmiş olmasıdır. Başka bir deyişle, elektron-boşluk çiftinin yeterli miktarda ayrılamamasıdır. Güneş enerjisinin soğurulmasıyla ortaya çıkan eksitonlar, yük taşıyıcıların meydana gelmesine olanak sağlamaktadırlar. Foto-akımın oluşabilmesi için eksitonların sorunsuz bir şekilde akması gerekmektedir. Genelde, organik güneş pillerinde, foto-akımın oluşmasına yaşam süresi uzun olan eksitonlar katkıda bulunur. Bu problemi aşip ışığın aktif yüzeyde soğurulmasını arttırabilmek için 1990'ların başında çiftkatlı heteroeklem ve hacim heteroeklem olarak bilinen iki yeni yöntem geliştirilmiştir. Bu sistemlerde donör ve akseptör iki farklı malzeme ve uygun bir çözücü sayesinde karışım halinde bulunmaktadır. Böylece gerekli olan yük ayrımı en yüksek seviyeye çıkarılmıştır. Kullanılan çözücünün yanı sıra üretilen güneş piline sıcaklık uygulanması da önemli bir etkidir. Ancak bu işlem malzemeye göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca filmlerin düzgün olarak oluşması için çeşitli malzemelerle katkılanması da gerekmektedir. Bütün bu etkenler göz önüne alındığında, organik bir malzemenin güneş piller için daha uygun hale getirilmesi istenmektedir.

Hala yetersiz kalsalar da, farklı organik malzemeler kullanılarak üretilmiş güç dönüşüm verimi % 7-8'lerin üzerinde olan pillerin artan bir ivmeyle üretildiği bilinmektedir (Liang ve ark., 2010). Bu nedenle dünyanın ileri gelen araştırma grupları

pek çok farklı polimerle verim artışı çalışmalarını sürdürmekte ve yeni polimerler üretmektedir. Bu sebeptendir ki, organik güneş pillerinin verimini arttırmak için yapılan araştırma-geliştirme çalışmaları polimer üretim teknolojisinin gelişmesine katkı sağlamıştır. Polimerler ilk keşfedildiğinde bugün bilinen özelliğinin aksine elektriksel yalıtkanlığa sahip malzemeler olarak bilinmekteydi.

Bu nedenle, elektriksel yalıtkanlığın gerekli olduğu yerlerde de geniş bir kullanım alanları mevcuttur. 1970'lerde yapılan çalışmalarda ilk iletken polimer olan poliasetilen keşfedildi (Macdiarmid ve ark., 1977).

Organik pillerin çalışma prensibi;

Organik güneş hücresi güneşten gelen ışığı organik molekül tabakası ile absorbe eden ve doğrudan elektrik enerjisine çeviren bir cihazdır. Özetle, güneş pilleri ya da fotovoltaik piller diye anılan cihazlar, yarıiletkenlerin fotovoltaik etki özelliğini kullanarak, güneş ışığından elektrik enerjisi üretirler. Güneş pilleri, kurulan sisteme bağlı olarak bir kaç kW'dan birkaç MW'a kadar elektrik üretebilir. Pil, genellikle yarıiletken, boya ve elektrot gibi üç ayrı katmanı bir araya getirmektedir. Güneş pillerinde kullanılan organik malzemeler arasında iletken polimerler, boyalar, pigmentler ve sıvı kristaller yer almaktadır. Bunların içerisinde iletken polimerler, foto fiziksel özellikleri en iyi bilinen ve çalışılan malzemelerdir. Anorganik kristal malzemelerdeki fotovoltaik özellikler, enerji bandı modeliyle açıklanabilir. Anorganik malzemelerin aksine organik malzemelerde, üç boyutlu kristal yapı bulunmazken, farklı molekül içi ve moleküller arası etkileşimler mevcuttur.

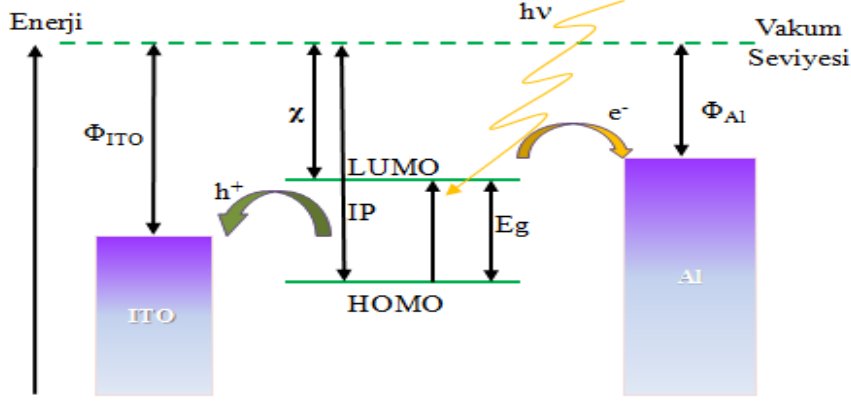
Organik fotovoltaik hücrenin çalışma prensibini anlamak için anorganik p-n eklemi temel alınmaktadır. Organik fotovoltaik hücrelerinde ışığın elektrik akımına dönüştürülme işlemi arka arkaya dört adımda açıklayabiliriz;

- 1) Eksiton (elektron-deşik çifti) oluşturulması için foton soğurulması,
- 2) Alıcı (akseptör) ve verici (donör) ara yüzeyine eksiton difüzyonu (yayılması)
- 3) Bu bölgede yük ayrımının olması,
- 4) Son olarak da doğru akım elde etmek için deşiklerin anotta ve elektronların katottatoplanması (Gregg ve Hanna, 2003). Organik güneş pillerinin çalışma prensibine göre küçük bir mesafe içerisinde eksitonun ayrışması gerekmektedir. Elektron transferi ile gerçekleşen eksiton ayrışması metal kontak ile organik yarıiletken ara yüzeyinde

veya farklı elektron akseptör/donör özellikteki molekül ara yüzeyinde gerçekleşir. Elektron, yüksek elektron ilgisi olan malzeme (akseptör) tarafından, elektron boşluğu ise düşük iyonlaşma potansiyeline sahip malzeme (donör) tarafından kabul edilmektedir.

Ayrıca eksiton, elektron ve elektron boşluğu arasındaki Coulomb çekim kuvvetinden daha güçlü bir elektrik alan tarafından da ayrıştırılabilir. Organik güneş pillerinin büyük çoğunluğunda oluşan elektron ve elektron boşlukları birbirinden farklı bölgelere taşınmaktadır. Bu taşınma işlemi, elektrotların simetrik olmayan (farklı iş fonksiyonları) veya uygulanan potansiyel sebebi ile oluşan elektrik alanda gerçekleşmektedir. Geri yük geçişini önlemek amacı ile elektron ve elektron boşlukları tercihen farklı malzemelerde veya fazlarda taşınmaktadır. Örneğin donör-akseptör hücrelerde, elektron iletkenliği iyi olan akseptör ve boşluk iletkenliği iyi olan donör malzeme kullanımı daha uygundur. Yüksek yük toplama verimliliği yani iyi bir performans için organik yarıiletken malzeme ile metal elektrot arasında herhangi bir enerji bariyeri olmaması gerekmektedir. Bazı durumlarda iki malzeme arasındaki enerji bariyerini gidermek için ilave bir malzeme daha kullanılması yük toplama verimliliğini arttırmaktadır (Zafer, 2006). Bir foton $h\nu$ enerjisine sahiptir ve bu enerjinin bant boşluğu enerjisinden büyük olması halinde foton, yarıiletken malzeme tarafından soğurular ve elektron arkasında bir boşluk bırakarak highest occupied molecular orbital (HOMO) denilen en yüksek işgal edilen molekül orbitali seviyesinden lowest unoccupied molecular orbital (LUMO) olarak adlandırılan en düşük işgal edilemeyen molekül orbitali seviyesine çıkar ve eksiton olarak şekillenir. Enerji seviyesi ve ışığın soğurma yapması sürecindeki işlemler (**Şekil 1.3'te**) gösterilmektedir. Organik güneş pillerinde bu süreç eksitonların ayrılmasıyla devam eder.

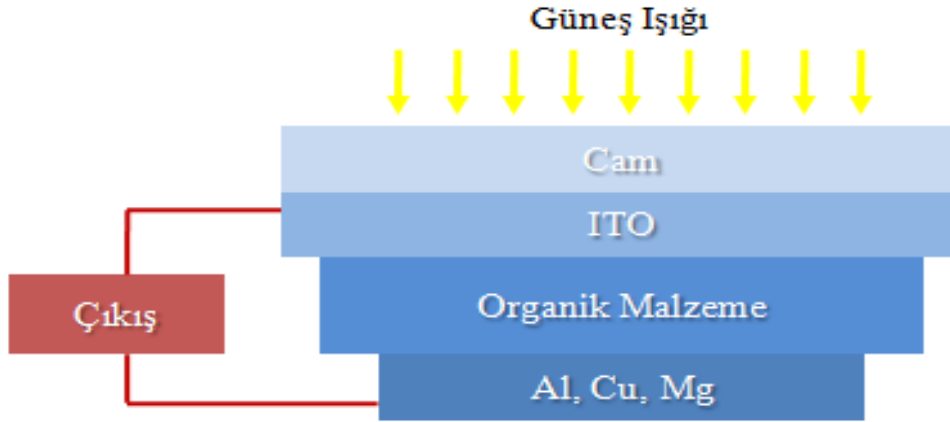
Yük ayrımını yapabilmek için elektriksel alana ihtiyaç vardır. Elektriksel alan ise simetrik olmayan iyonlaşma enerjisi iyonlaşma enerjisi veya iş fonksiyonlarından sağlanır (Spanggaard ve Krebs, 2004).



Şekil 1.3. Fotonun soğurumu ve yük taşıyıcı transferleri (Schilinsky ve ark., 2002).

1.1.6.1.Yapısına göre organik güneş pilleri

Yapısına göre organik güneş pilleri tek tabakalı fotovoltaik hücreler, iki katlı heteroeklem fotovoltaik hücreler ve hacim heteroeklem fotovoltaik hücreler olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Oluşturulan ilk tip fotovoltaik hücre olan tek tabakalı fotovoltaik hücreler, iş fonksiyonu farklı iki farklı metal elektrot arasında sıkıştırılmış yarıiletken polimerlerden oluşmaktadır.(Şekil 1.4)

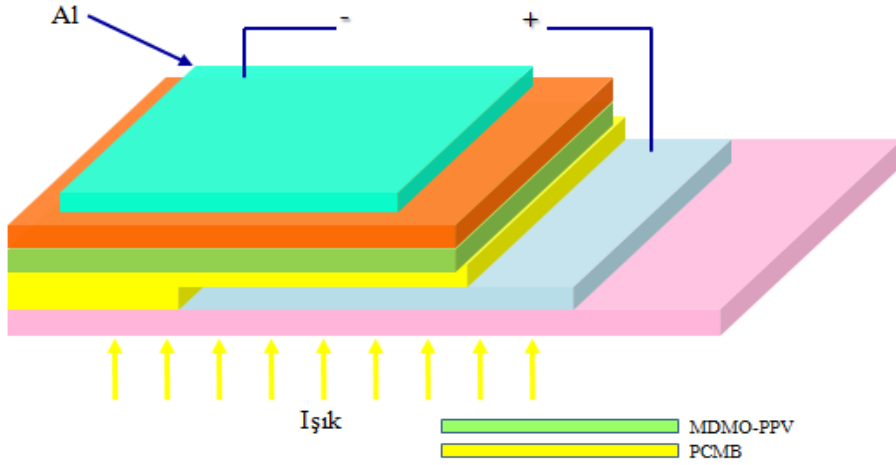


Şekil 1.4. Tek katlı fotovoltaik hücre (Spanggaard ve Krebs, 2004).

Fotovoltaik gereksinimlere göre; organik yarıiletkenlerde oluşan eksitonlar serbest yük taşıyıcılarına dönüşmelidir. Tek başına polimer içeren aygıtlarda, eksitonları ayırmanın en önemli yolu elektrik alan kullanmaktır. Bu tür fotovoltaik hücrelerin çalışma prensipleri MIM olarak anılan metal-iletken-metal ya da düşük çalışma fonksiyonlu metal ile p-tipi organik tabaka arasındaki Schottky bariyerinin oluşumu tarafından açıklanabilir (Sze, 1981). Bu tür fotovoltaik hücrelerin veriminin düşük olmasının nedeni bu aygıtlarda sadece kısıtlı bölgelerde foto-akım yaratılmış olmasıdır (Drechsel ve ark., 2004) Bir diğer yapı olan iki katlı heteroeklem fotovoltaik hücreler

(Şekil 1.5), iki katlı bir aygıt donör ve akseptör malzemeyi üst üste sıkıştırarak oluşturulabilir (Peumans ve ark.,2003; Pettersson ve ark., 1999; Tang, 1986). Donör ve akseptör arasındaki etkileşim ikisinin birbirine temas ettiği geometrik ara yüzeyde sağlanır. Konjuge polimerler ve fullerenler üzerine yapılan foto-fizik çalışmaları, konjuge polimerlerden fullerenlere ultra hızlı yük transferi olduğunu göstermektedir. Bu tür aygıtların verimi, eksitonların sadece güçlü elektrik alan bulunduğu ara yüzeylerde ayrılması sebebiyle kısıtlıdır (Peumanns ve ark., 2000).

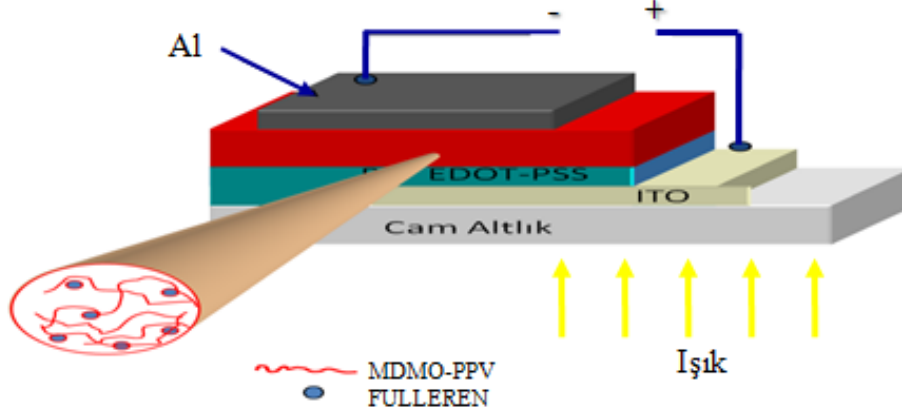
Tek tabakalı yapıya göre avantajı nano-molekül yük geçişinin olmasıdır. Eksitonlar materyalin ara yüzeyine ayrılır ve elektronlar n-tipi akseptörün içine, holler ise p-tipi donör materyalin içine doğru hareket ederler. Bu yüzden, hollerin ve elektronların her biri diğerinden ayrılır ve yeniden birleşme (rekombinasyon) büyük miktarda azalmış olur (Rostalski ve Meissner, 2000; Sarıçiftçi ve ark., 1993; Meissner ve ark., 1992).



Şekil 1.5. İki katlı fotovoltaik hücre (Hoppe ve Sarıçiftçi, 2004).

Yapısına göre organik güneş pillerinden üçüncüsü ise hacim heteroeklem fotovoltaik hücrelerdir (Şekil 1.6). Hacim heteroeklem hücreler, temelde alıcı ve verici kısmının eksiton difüzyon uzunluğundan daha az bir uzunluk içinde hacim boyutunda karışmış halidir (Schilinsky ve ark., 2002). Hacim heteroeklem aygıtları çift katlı aygıtlar ile benzerlik gösterirken, yüklerin ayrılmasının meydana geldiği alan daha büyüktür. Hacim heteroeklemde ara yüzeyin dağılmış olmasından dolayı, beklendiği gibi küçük eksiton difüzyon uzunluğundan dolayı kayıp yoktur. Bu kapsamda, tüm eksitonlar işleyiş süresince ayrılırken, yükler farklı evreler içinde ayrılacaktır. Bu

sebeble, rekombinasyon geniş surette azalacak ve foto-akım sürekli ışık şiddetini lineer olarak takip edecektir. Hacim heteroeklem güneş pilleri çift tabakalı güneş pillerine göre nano-boyut morfolojisine çok daha duyarlıdır (Gebeyehu ve ark., 2004; Yohannes ve ark., 2004).



Şekil 1.6. Hacim heteroeklem fotovoltaik hücre (Hoppe ve Sarıçiftçi, 2004; Yohannes ve ark., 2004).

1.1.6.2. Güneş Pillerinin Kullanım Alanları

Yalnızca bir günde evlerde, işyerlerinde, fabrikalarda tüketilen elektrik miktarını, ısıtmaya harcanan enerjiyi araçların kullandığı akaryakıt miktarını düşünün: milyonlarca araç, enerji harcayan milyarlarca eşya, dönen makineler, yanan ışıklar... Bunları üst üste koyduğumuzda karşımıza inanılmaz büyüklükte bir rakam çıkıyor. Bir de bu tüketimin onlarca yıldır her gün yapıldığını hesaplarsak dünyanın doğal kaynaklarının tükeneceği günlerin uzağımızda olmadığını anlarız. Son yıllara kadar enerji ihtiyacı sadece fosil kaynaklardan karşılanıyordu. Son zamanlarda az da olsa yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı söz konusu olmuştur. Geleneksel enerji kaynakları dediğimiz fosil yakıtları hem gittikçe azalıyor hem de bu enerji türünün beraberinde yoğun çevre kirliliği yaratıyor ve biyolojik dengeyi bozuyor. Artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji gereksiniminin klasik yöntemlerle karşılanamaması ve geleneksel enerji kaynaklarının bir süre sonra tükenmesi araştırmaları yeni kaynaklara yönelmeyi zorunlu hale getirdi (Desteknoloji, 2001).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreyi kirliletmemesinin yanı sıra tercih edilmelerini sağlayan önemli konu başlıkları; ülkelerin dışa bağımlılıklarını azaltması,

yakıt giderlerinin olmaması, amortisman sürelerinin sonunda çok ucuz enerji sağlamalarıdır.

Tüm bu avantajları nedeniyle gün geçtikçe yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi hızla artmaktadır (Başaran, 2013). 2004-2011 yılları arasında dünyada, yenilenebilir enerji alanından yapılan yeni yatırımlar yaklaşık % 81 artışla 54 milyar dolardan 260 milyar dolar seviyesine ulaşmıştır. 2008 yılından beri dünyada ekonomik kriz olmasına rağmen, yenilenebilir enerji alanında dikkate değer yatırım yapılmaya devam edilmiştir (BNEF, 2012). Yenilenebilir enerji alanındaki yeni yatırımlar sektörel bazda incelendiğinde, rüzgâr ve güneş alanında yapılan yatırımların önde geldiği görülmektedir (Başaran ve Börekçi, 2013). Bu yüzden yenilenebilir enerji kullanımı miktarını artırmak için gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyüğü güneştir. Güneş enerjisi temiz bir yakıttır fakat sürekliliğinin olmaması yani kesintili olması en büyük problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı da elektriği üretip depolayabilen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Direkt güneş kaynaklı elektrik üretmenin başlıca yolu “fotovoltaik pil” sistemleridir. Son yıllarda fotovoltaik pil uygulamaları dünyada birçok ülkede giderek yaygınlaştı. Özellikle evsel elektrik tüketiminde güneş pilleri lider konumdadır.

Güneş enerjisinden dolayı ve dolaysız yoldan elektrik üretmek mümkündür. Dolaylı yoldan elektrik üretme yönteminde, yoğunlaştırıcılar ya da yansıtıcı aynalar yardımıyla etkisi arttırılan güneş enerjisi, özel bir sıvıyı buharlaştırıyor ve elde edilen yüksek basınçlı buharla türbin döndürülüyor. Bu türbin bir elektrik jeneratörüne bağlanarak elektrik elde ediliyor. Ayrıca güneş enerjisi ile hidrojen üretip, yakıt hücresi kullanarak hidrojeni elektriğe dönüştürmek de mümkün. Doğrudan elektrik üretme yönteminde ise güneş pili kullanılıyor. Bu alandaki Ar-Ge çalışmaları güneş pillerinin daha verimli kullanımı üzerinde yoğunlaşmış durumda (Desteknoloji, 2001).

Üretilen bu elektrik enerjisi tüketim yerlerinde iki şekilde kullanımı mümkündür. Şebekeye bağımlı ve şebekeden bağımsız sistemlerdir. Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, inverterler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi

olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar.

Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir inverter eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220V, 50Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir (Üstündağ, 2003). Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte-santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir. Şebekeden bağımsız sistemlerde ise sadece üretilen elektriğin depolanıp kullanılması söz konusudur. Güneşin olmadığı gece saatlerinde akü üzerine depolanan elektrik kullanılır (Üstündağ, 2003). Fantidis ve arkadaşları (2013) Yunanistan'ın 46 bölgesi için ortalama günlük küresel güneş ışımasını değerlendirmek için HOMER yazılımı (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable - Elektrik Yenilenebilir Sistemler için Hibrid Optimizasyon) kullanarak yıllık enerji üretimini, ekonomik analizi ve çevresel faktörleri hesaplamışlardır. Akyüz ve arkadaşları (2009) ise ticari bir tavuk çiftliğinin enerji ihtiyacını karşılamak için Balıkesir iline ait güneş radyasyonu verilerini kullanarak hibrit bir sistemin tekno-ekonomik uygulanabilirliğini ve çevresel performansını değerlendirmişlerdir. Bir diğer çalışmada (Engin, 2010) ise Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından 1994-2000 yılları arasında ölçülen meteorolojik veriler kullanılarak Bornova'da bir evin ortalama elektrik ihtiyacını karşılamak üzere bir PV-rüzgar hibrit enerji sistemi HOMER yazılımı kullanılarak incelenmiştir.

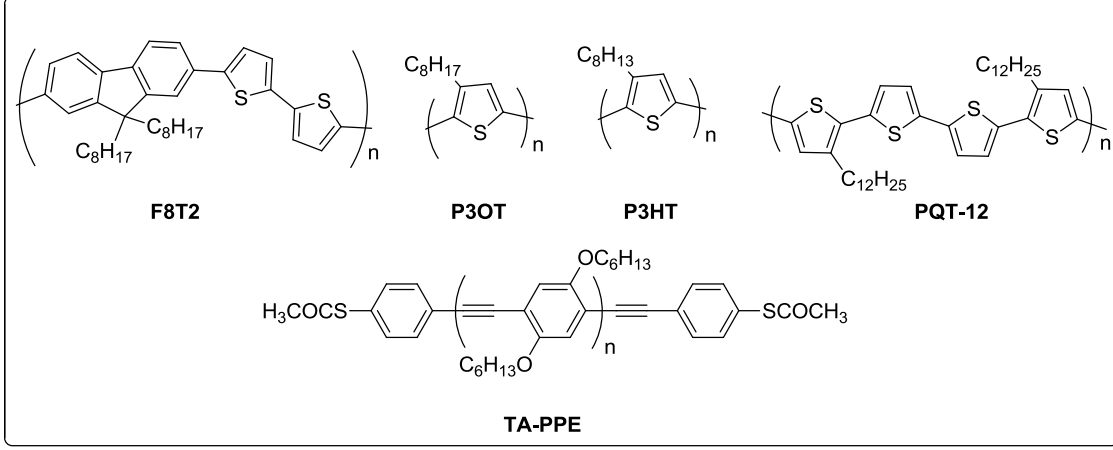
Al-Karaghoulı ve Kazmerski (2010) de Güney Irak'ta yapılacak bir şebekeden bağımsız PV sisteminin analizini yapmış ve sistemin başlangıç maliyetini, jeneratör sisteminin net bugünkü maliyetini ve elektrik maliyetini hesaplamışlardır. (Çiftçi ve ark., 2014) Elektrik hatlarının henüz ulaşmadığı kırsal kesimlerden enerji naklinin olanaksız olduğu haberleşme uydularına kadar geniş bir yelpazede uygulama alanı bulan güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Güneş pillerinin günümüzdeki kullanım alanlarına bakacak olursak; ulaşım araçlarında, çatı sistemlerinde, uydu ve uzay araştırmalarında, aydınlatma sistemlerinde, sulama sistemlerinde, kurutmada, toprak dezenfeksiyonunda, ilkyardım, alarm ve güvenlik sistemlerinde, metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan korunmasında ve buna benzer birçok alanda kullanılabilir (Tsoutsos, 2005).

1.1.6.3. Küçük organik malzemeler

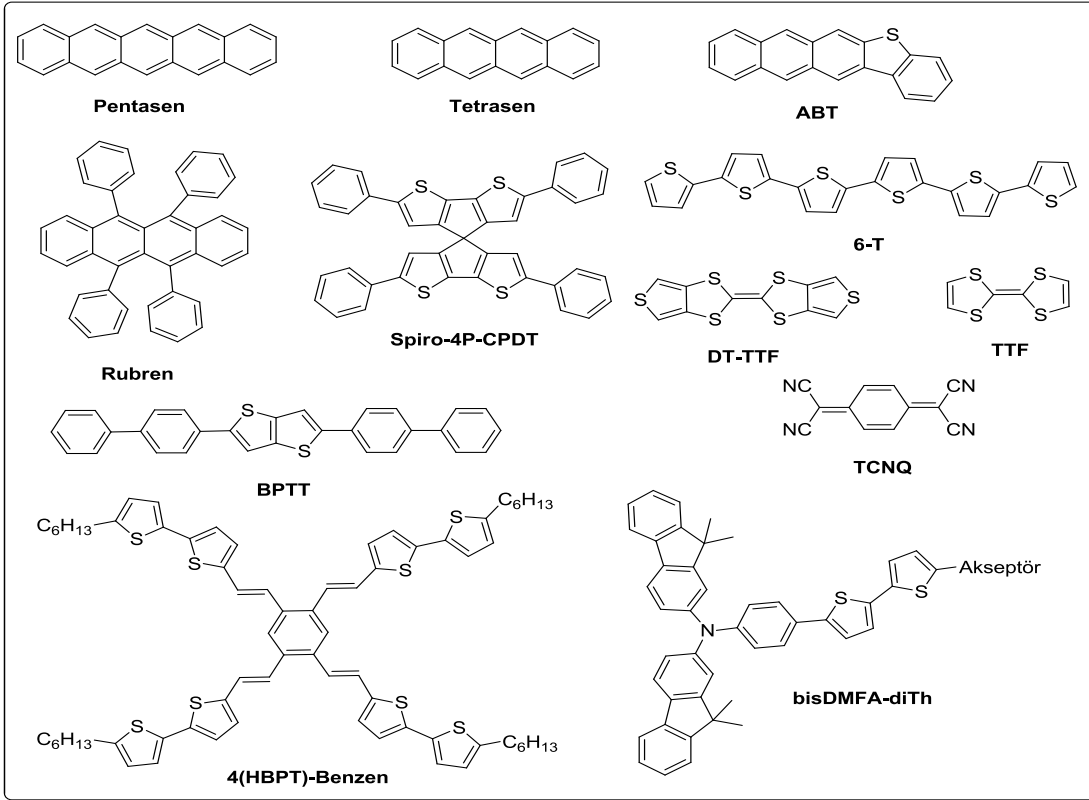
Organik fotovoltaiik (OPVs) olmasından dolayı düşük maliyetli üretim , hafif ve mekanik esneklik de dahil olmak üzere kendilerine özgü özellikleri ile temiz ve rekabetçi yenilenebilir enerji kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. Elektron vericisi olarak küçük moleküllerin kullanılması organik güneş pillerinde büyük ilgi görmüştür. p-type küçük moleküller ve n- tipi fulleren türevleri bugüne kadar küçük moleküllü organik güneş hücreleri (SMOSCs) olarak kullanılmıştır (Lin ve ark., 2011).

Bütün bu gelişmelere rağmen organik materyal kullanılarak yapılan cihazların verimleri anorganiklere göre kıyaslanamayacak kadar düşük olduğundan o yıllarda dünya pazarında istenilen düzeyde yer alamamıştır. Organik güneş hücreleri alanında araştırmalar özellikle 2005 yılından sonra katlanarak artmıştır. Güneş hücrelerinde kullanılan organik yapıların bazıları (Şekil 1.7) ve (Şekil 1.8) da yer almaktadır. Küçük organik moleküller ile birlikte polimerlerde OGH kullanılan malzemelerdir (Brads ve ark., 2004). Bu organik yapılar tek olarak kullanılabildikleri gibi güçlü elektron çekici grup olan floren türevleri ile karışım yapılarak da kullanılabilir (Benanti ve ark., 2006). Araştırma gruplarının ve şirketlerin Ar-Ge bölümlerinin hedefi yüksek etki değerine sahip, kararlı ve uzun yıllar kullanılacak organik malzemeler tasarlayarak yüksek verimlerle elektrik üretmektir. 2012 yılında yapılan bir çalışmada farklı elektron

çekici grupların fotovoltaiik etkiye olan etkisi detaylı olarak gösterilmiş ve yapıda güçlü bir elektron çekici grup bulunması durumunda verimin katlanarak arttığı bulunmuştur (Cho ve ark., 2012).



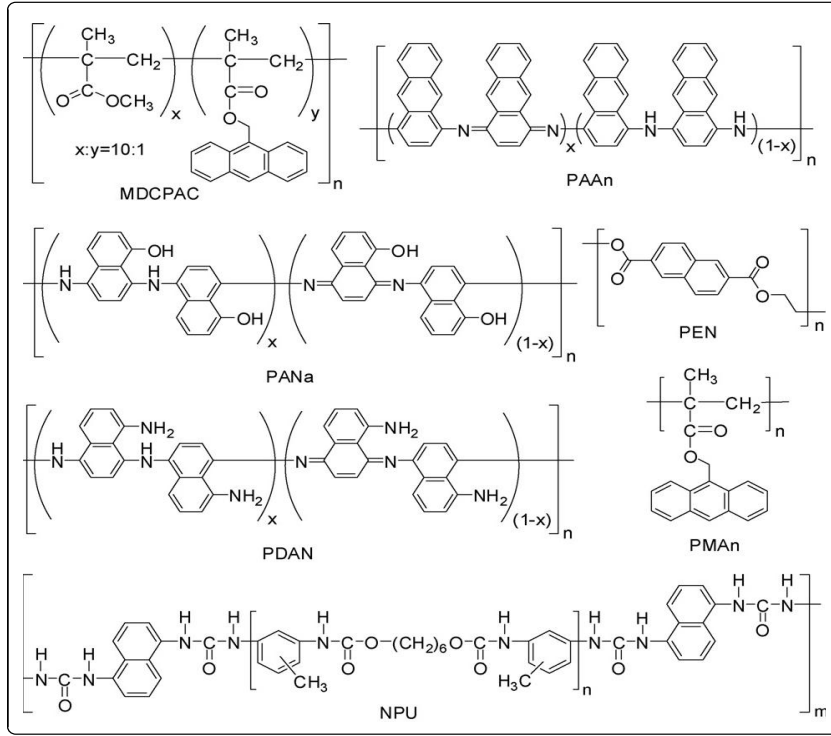
Şekil 1.7. OGH'ler de kullanılan bazı polimer yapılar.



Şekil 1.8. OGH'ler de kullanılan bazı organik yapılar.

1.1.7. Antrasen ve uygulama alanları

Antrasen ve polisiklik organik yapılar yarı iletken malzemeler için oldukça iyi bir adaydır. Sahip oldukları yüksek kimyasal kararlılıklarının yanında ayrıca iyi iletkenliğe de sahiptirler (Kavr ve ark., 2008). Antrasen ve naftalin bulunduran polimer yapıları elektrokromik cihazlarda, floresans uygulamaları gibi çok değişik alanlarda kullanılabilir. Özellikle yapısında antrasen bulunduran yapılar yüksek verimlerle elde edilebilir olmaları, uygulama kolaylığına sahip olmak ve termal kararlılıkları gibi bir çok avantajlara sahiptirler. Ayrıca antrasen ve naftalin bir çok önemli organik malzemenin ana birimi olarak oldukça önemli malzemelerdir (**Şekil 1.9**) (Linga ve ark., 2008).



Şekil 1.9. Antrasen ve naftil içeren bazı polimer malzemeler.

Yapısında antrasen bulunduran küçük organik yapıların tasarımına başka bir örnek olarak da Plater ve araştırma grubu tarafından sentezi yapılan yapılardır. Bu türlerde merkezde antrasen ve iki tarafında donör gruplar bulunmaktadır. Bu çalışmada sadece döngülü voltametri ile birinci ve ikinci yükseltgenme potansiyelleri arasındaki farktan yararlanılarak kuantatif olarak yük taşınımları hesaplanmıştır (Plater ve ark., 2003).

Antrasen türevleri fotovoltaik malzemelerin bulunmasından günümüze kadar önemini korumuş, dayanıklı, kolay türevlendirilebilir ve organik güneş hücrelerinde kullanılan organik yapılardır (Hong ve ark., 2012).

1.2. Araştırmanın amacı ve önemi

Ticari güneş hücreleri 1950 'lerde keşfedilmiş ve ilk olarak 1960 'da NASA nın uzay programında kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonraki yıllarda bu hücrelerin kullanım alanlarının artması ile üretim maliyeti azalmasına rağmen bu hücrelerde inorganik malzemeler kullanılması nedeniyle üretim maliyeti hala yüksektir. Bu yüzden gelişmiş ülkelerde güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisinin maliyeti hala diğer kaynaklardan daha pahalıdır. Bu maliyeti düşürmek için bilim insanları sonsuz enerji kaynağı güneşten düşük maliyete sahip elektrik enerjisi elde etmek için yoğun çalışmalar içerisindeyler. Organik moleküllerin ve bunların polimerlerinin güneş hücrelerinde kullanılmaya başlamasından günümüze kadar çok farklı organik yapılar tasarlanmış ve sentezlenerek bunların fotovoltaik etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmalar özellikle 2000 yılından sonra hızlı bir artış kaydetmiş ve bunun bir sonucu olarak literatür'deki yayın sayısı yılda onbinleri geçmiştir. Organik malzemeler uygun çözücü içerisinde farklı baskı teknikleri kullanılarak (ink-jet baskı, mikro-contact baskı vb.) istenilen yüzeye hızlı bir şekilde kaplanabilmektedir. Böylece düşük maliyet ile hücreler hızlı bir şekilde elde edilebilmektedir. Yeni, dayanıklı, kararlı, kolay uygulanabilir ve ucuz maliyeti olan organik malzemelerin tasarımı ve sentezi gelecek nesil güneş hücreleri için büyük önem arz etmektedir. Bu proje kapsamında tasarımı yaptığımız yeni antresen türevlerinin sentezi gerçekleştirilecektir. Bu organik malzemelerin sentezi için uygun tepkime koşulları en yüksek verimler için bulunarak tepkimeler gerçekleştirilecektir.

Karakterizasyonu yapılan malzemelerin elektrokimyasal ve elektro-optiksel ölçümleri yapılarak HOMO, LUMO, Eg, yükseltgenme potansiyeli, indirgenme potansiyelleri ve absorpsiyon değerleri v.b. bulunacaktır. Son bölümde ise OFET ve OGH uygulamaları için organik malzemelerimiz ile uygun hücreler hazırlanarak gerekli performans testleri (J_{sc} , FF , V_{OC} , η vb.) yapılacaktır. Proje sonunda elde ettiğimiz bütün veriler toplanarak potansiyel olarak OGH kullanılabilir yeni nesil organik türevlerin sentezi gerçekleştirilecektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Deneyde kullanılan kimyasal maddeler

Deneyleerde kullandığımız kimyasalların ticari olarak satılan türevleri Merck, Aldrich-Sigma, TCI ve VWR gibi şirketlerden temin edilmiştir. Ayrıca saflaştırma işlemlerinde (ekstraksiyon, kolon kromatografisi vb.) ve organik preparatların hazırlanmasında, organik kimyada çözücü olarak kullanılan çok çeşitli organik çözücüler denenmiş ve bunlardan birçoğu kullanılmıştır. Deneyleerde kulllanılan cam malzemelerin tamamı aseton ile temizlenerek kurutulmuştur. Ayrıca inert gaz gerektiren deneyleerimiz için Argon gazı kullanılmıştır.

2.1.2. Deneyde faydalanılan araç ve cihazlar

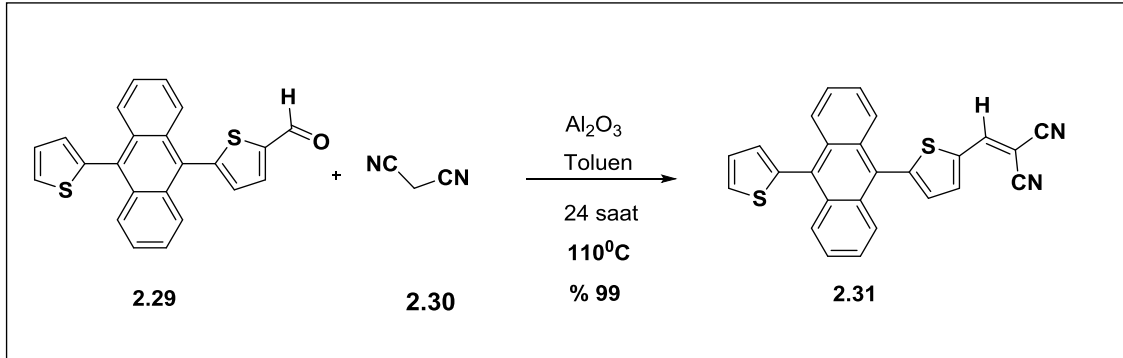
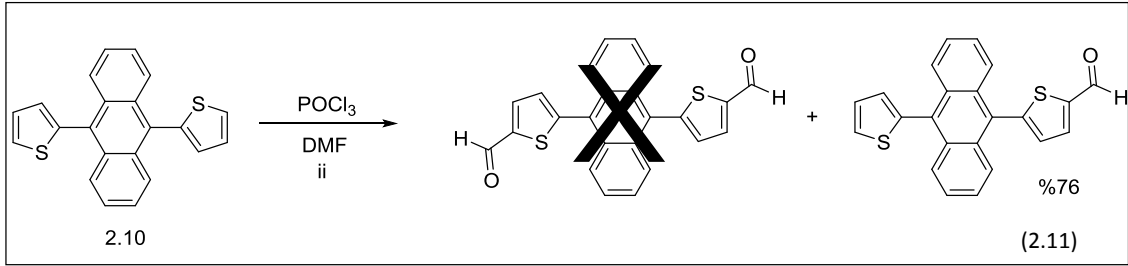
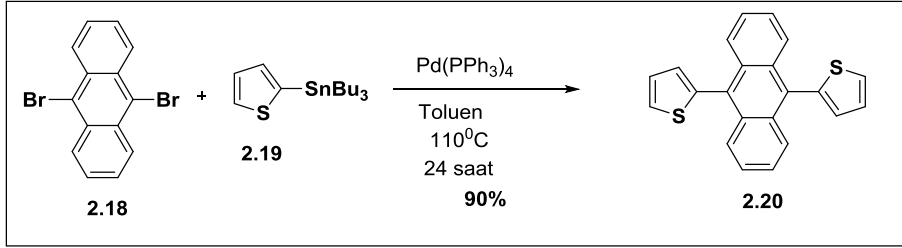
Tepkimeler Heidolph MR-Hei Standart marka magnetik ısıtıcılı karıştırıcılarda gerçekleştirilmiştir. Tepkime ve saflaştırma işlemleri sonunda organik çözücülerin düşük vakum altında uzaklaştırılması için IKA HB10 marka Rotary evaporatör kullanılmıştır. Mikro dalga tepkimeleri Anton Paar Monowave 300 Mikrodalga reaktöründe yapılmıştır. Elektrokimyasal ölçümler için CHI E660 Döngülü voltagramda platin çalışma elektrodu, Ag/AgCl referans elektrodu ve platin tel üçlü sisteminde gerçekleştirilmiştir. Elektrooptiksel ölçümler Thermo Scientific Multiskan GO UV-Vis Spektrometresi kullanılarak absorbans değerleri kesin olarak belirlenmiştir. Yapısal karakterizasyon için Agilent NMR (400 MHz) spektrometresinden yararlanılmıştır. Kimyasal kayma değerleri TMS referans çözücüsüne göre ppm olarak verilmiştir. Yapılardaki yarıлма değerleri Hertz olarak hesaplanmış ve pikler singlet (s), doublet (d), trilet (t), quartet (q) ve multiplet (m) olarak kısaltılmıştır. Flask kolon kromatografisi için Merck 230-400 mesh silika jel kullanılmıştır. Tepkimeler ve saflaştırma sırasında ürünlerin takip edilmesi için ticari olarak satın alınan İnce Tabaka Kromatografisi kullanılmış, kısa dalga boyunda UGVL-58 Handheld UV Lamb ile analiz edilmiştir. Infrared analizleri Yüzüncü Yıl Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır.,

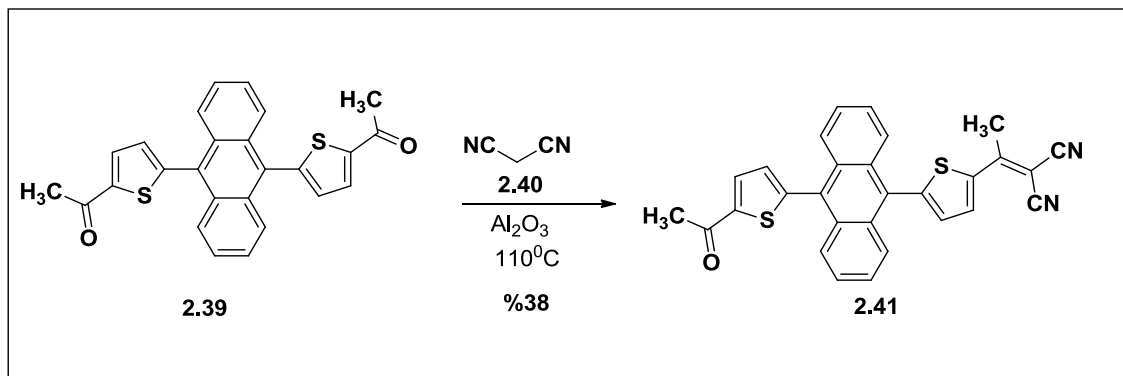
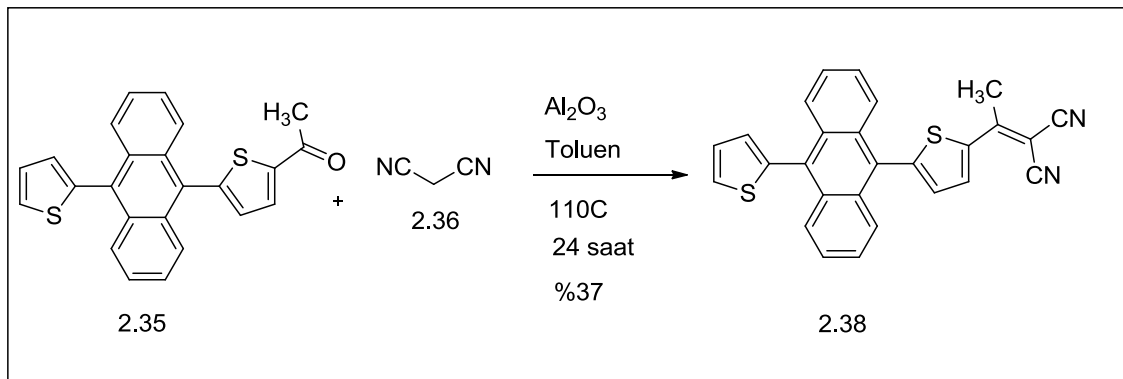
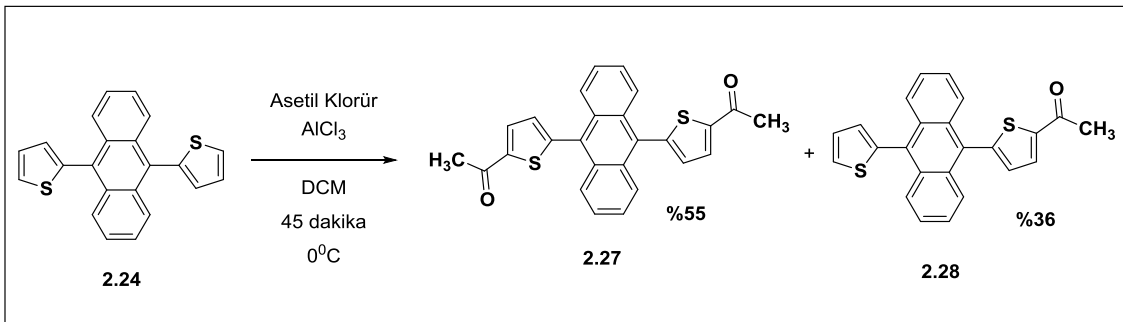
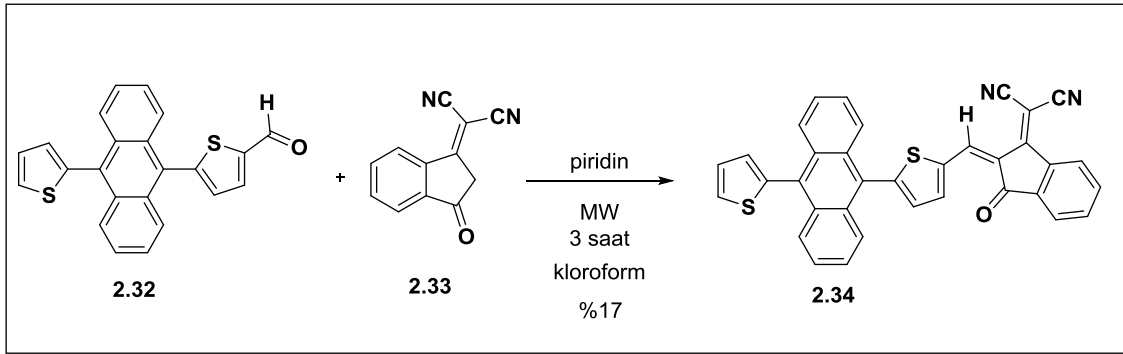
2.2. Yöntem

Çalışmamızda organik güneş pilleri için tasarladığımız antrasen içeren asimetrik küçük moleküllerin sentezi yer almaktadır.

2.2.1. Antrasen içeren küçük organik yapıların sentezi

Yapısında antrasen bulunduran asimetrik yapıların sentezi için ilk olarak 9,10-dibromoantrasen (**2.18**) 2-(tributilstanny) tiyofen (**2.19**) ile tepkimeye sokularak paladyum katalizör eşliğinde stille kenetlenme tepkimesi ile 9,10-di (tiyofen-2-il) antrasen (**2.20**) elde edilmiştir. Daha sonra (**2.10**) maddesiyle phosphorly chloride ile tepkimeye sokularak 5-(10-tiyofen-2il) antrasen-9-il) tiyofen-2-karbalehid (**2.11**) elde edilmiştir. Son olarak (**2.24**) maddesi asetil klorid ile tepkimeye sokularak friedel crafts açillenme reaksiyonu gerçekleştirerek 1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il) tiyofen-2-yl)ethan (**2.28**) ve 1,1'-(5,5'-(antrasen-9,10-diil) bis(tiyofen-5,2-diil)) diethanone (**2.27**) maddeleri sentezlenmiştir.

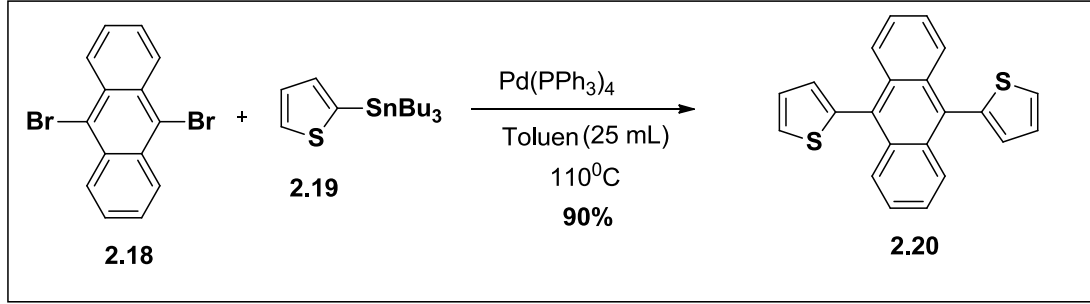




Şekil 1.10. Yapısında antrasen bulunan asimetric yapılar.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

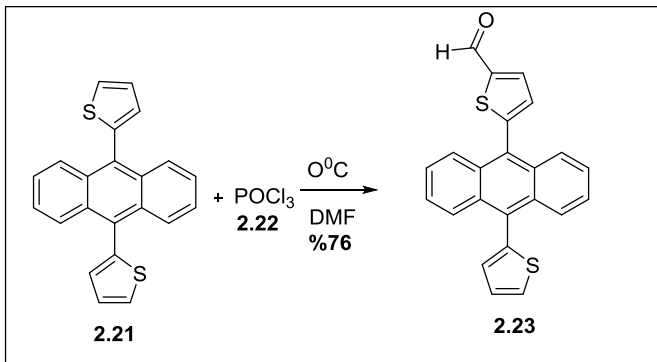
3.1.1. 9,10-di(tiyofen-2-il) antrasen (2.20)



Şekil 3.1. 9,10-di(tiyofen-2-il) antrasen bileşiğinin sentez tepkimesi.

100 mL'lik balonda 3 g (9 mmol) 9,10-dibromoantrasen (**2.18**) 25 mL Toluen içinde inert gaz ortamında çözüldü. Daha sonra karışıma (22.5 mmol, 7.08 mL) 2-(tributilstannil)tiyofen (**2.19**), 396 mg (0.356 mmol) Pd(PPh₃)₄ ilave edildi. Karışım geri soğutucu düzeneği yardımıyla 110 °C' de 24 saat bekletilerek tepkime gerçekleştirildi. Başlangıç maddesinin bitip bitmediği İnce Tabaka Kromatografisi (İTK) ile sürekli kontrol edildi. Başlangıç maddesi bittikten sonra, karışım diklorometan (3x10 mL) ile ekstraksiyona tabi tutuldu ve organik faz MgSO₄ ile kurutulduktan sonra süzülde. Çözücü düşük vakum altında uzaklaştırıldı. Ürünümüz kolon kromatografisinde hekzan/etil asetat (9/1) çözücü sisteminde % 90 verim ile açık sarı renge katı madde olarak alındı (**2.20**). ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) 7.91(m, 4H),7.65 (dt, *J* = 5.1; 1.2 Hz, 2H), 7.43 (m, 4H), 7.34 (m, 2H),7.24(m, 2H). ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃): δ 139.13, 131.68, 130.46, 129.8, 127.43, 127.04, 126.91, 125.90.

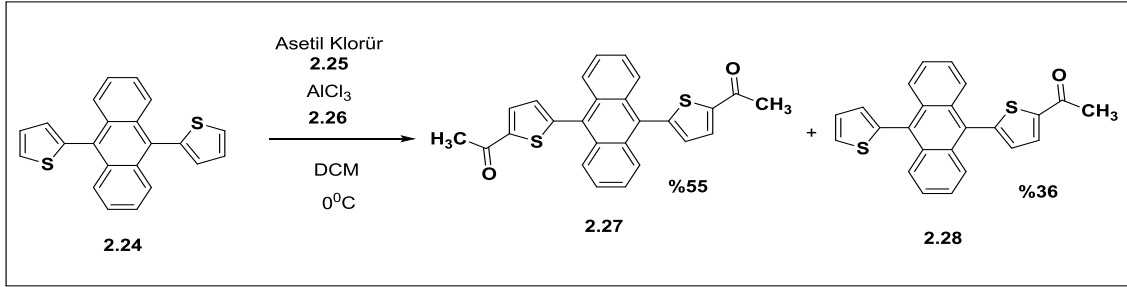
3.1.2. 5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-karbaldehit (2.2)



Şekil 3.2. 5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-karbaldehit.

100 mL'lik balonda 1 g (2.92 mmol) 9,10-di (tiyofen-2-il) antrasen (**2.21**) alınır. 0°C'de 9,10-di (tiyofen-2-il) antrasen DMF (6.7 mL) eklenerek buz banyosunda karıştırılmaya bırakılır. Bu karışımın üzerine (8.76 mmol, 8.1 mL) fosfor oksiklorür (**2.22**) eklenir. Daha sonra 1 saat boyunca oda sıcaklığında karışmaya devam eder. Oda sıcaklığında karıştıktan sonra karışım geri soğutucu düzeneği yardımıyla 85°C 'de 4 saat bekletilir. Başlangıç maddesi bittikten sonra, karışım tekrar oda sıcaklığında 1 saat boyunca bekletilir. Sodyum asetat (200 mL) ile doygun çözelti hazırlanır. Ardından deney sodyum asetat içine dökülerek 1 saat boyunca tekrar karışmaya bırakılır. Karışım (3x10 mL) diklorometan ile ekstraksiyona tabi tutulur ve organik faz MgSO₄ ile kurutulduktan sonra süzülür. Çözücü düşük vakum altında uzaklaştırılarak, ürünümüz kolon kromatografisinde hekzan/etil asetat (4/1) çözücü sisteminde % 76 verim ile elde edilir. ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) 10.07 (s, 1H), 8.00 (m, 1H), 7.90 (m, 2H), 7.79 (m, 2H), 7.65 (m, 1H), 7.44(m, 4H), 7.33 (m, 2H), 7.23 (m, 1H). ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) 183.15, 150.13, 145.31, 138.64, 136.85, 131.69, 131.58, 131.30, 130.95, 129.87, 128.41, 127.49, 127.23, 127.15, 126.56, 126.12, 126.01.

3.1.3. 1,1'-(antrasen-9,10-diilbis(tiyofen-5,2-diil)) bis(etan-1-one) ve 1-(5-(10-(tiyofen-2-il) antrasen-9-yl)tiyofen-2-il)etan-1-one (**2.27**)



Şekil.3.3. 1,1'-(antrasen-9,10-diilbis(tiyofen-5,2-diil)) bis(etan-1-one)ve 1-(5-(10-(tiyofen-2-il) antrasen-9-yl)tiyofen-2-il)etan-1-one(**2.27**)(**2.28**).

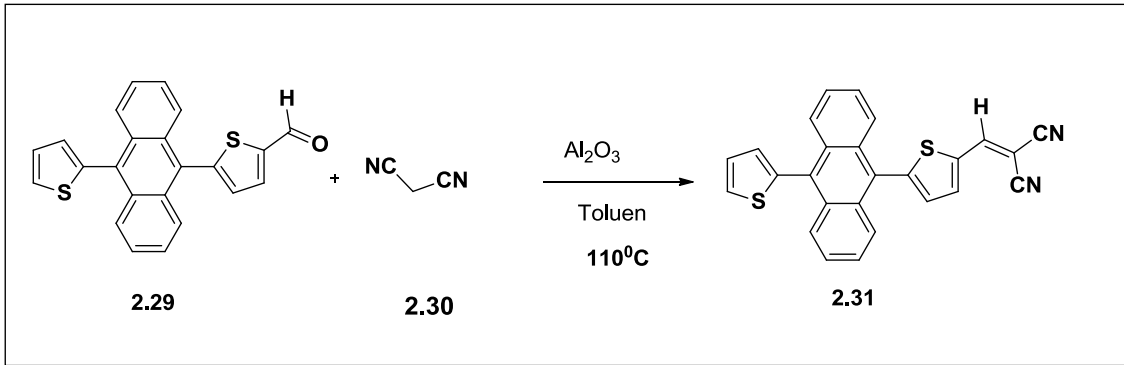
Balon içerişinde, 540 g (4.5 mmol) 9,10-di (tiyofen-2-il) antrasen (**2.24**) (24 ml) diklorometan içinde Argon gazı ortamında çözülür. Daha sonra asetil klorür 1mL (13.5mmol) (**2.25**) elde edilen çözeltiye damla damla ilave edilir. Karışım 30 dk döndükten sonra küçük kısımlar halinde 2.39 g(18 mmol) alüminyum klorür (**2.26**) ilave edildi. Deney sonlandıktan sonra su (4x0.5 ml) ilave edilerek tepkime sonlandırılır. Ardından karışım (3x10 mL) diklorometan ile ekstraksiyona tabi tutuldu ve toplanan

organik ekstrakteler tuzlu su çözeltisi ve % 5'lik NaOH (sodyum hidroksit) çözeltisi ile yıkandı. Organik faz susuz MgSO₄ üzerinde kurutuldu ve süzüldü. Çözücü düşük vakum altında uzaklaştırıldı. Ürünümüz kolon kromatografisinde hekzan/etil asetat (9/1) çözücü sisteminde 1,1 '- (Antrasen-9 10-diilbis (tiyofen-5,2-diil))(etan-1-on) (708 mg,% 55), (**2.27**) ve 1-(bis 5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen- 9-il) tiyofen-2-il) etan-1-on (**2.28**) (413 mg, 36 %) elde edilir.

2.27; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) 7.95 (d, *J* = 3.7 Hz, 2H), 7.85 (m, 4H), 7.47 (m, 4H), 7.28 (d, *J* = 4.1 Hz, 2H), 2.72 (s,6H). ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) 190.97, 148.01, 145.97, 132.92, 131.16, 130.97, 129.76, 126.54, 126.48, 27.16.

2.28; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) 7.92 (m, 3H), 7.84 (m, 2H), 7.64 (dd, *J* = 1.28, 0.8 Hz; 1H), 7.44 (m, 4H), 7.34 (m, 1H), 7.23 (m, 2H), 2.70 (s,3H). ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) 190.9, 148.37, 145.77, 138.66, 132.91, 131.53, 131.33, 131.07, 130.97, 129.79, 128.80, 127.44, 127.14, 127.03, 126.36, 126.23, 126.01, 27.09.

3.1.4. 2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen) malononitril

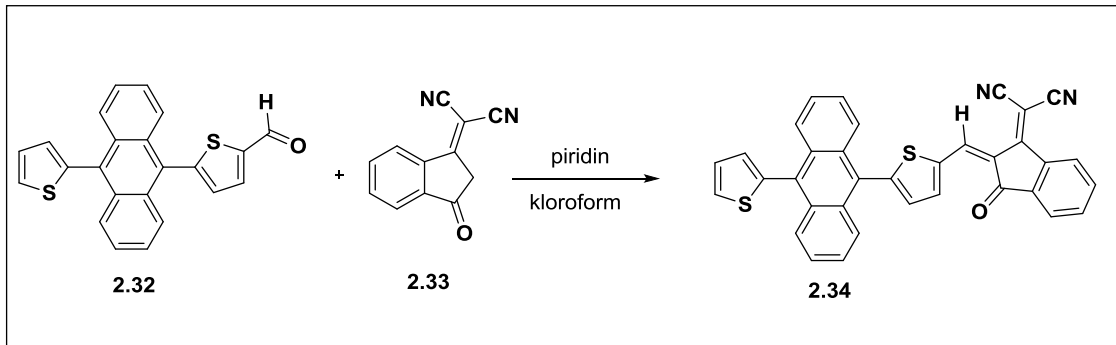


Şekil 3.4. 2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen) malononitril.

100 ml balona 200 mg (0.54 mmol) 5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-karboksialdehit (**2.29**) alınarak (25mL) toluen içinde çözüldü. Üzerine malonitril (**2.30**) 143 mg (2.15 mmol)ilave edildi. Argon gazı altında alüminyum oksit eklenerek geri soğutucu düzeneği yardımıyla 110 °C'de 24 saat bekletilerek tepkime gerçekleştirildi. Başlangıç maddesinin bitip bitmediği İnce Tabaka Kromatografisi (İTK) ile sürekli kontrol edildi. Başlangıç maddesi bittikten sonra, karışım diklorometan (3x10 mL) ile ekstraksiyona tabi tutuldu ve organik faz MgSO₄ ile kurutulduktan sonra süzüldü. Çözücü düşük vakum altında uzaklaştırıldı. Ürünümüz kolon kromatografisinde

hekzan/etil asetat (4/1) çözücü sisteminde % 99 verim ile sarı renkli katı madde olarak alındı. (**2.31**) ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) 7.94 (m, 4H), 7.73 (m, 2H), 7.62 (m, 1H), 7.45 (m, 4H), 7.34 (m, 2H), 7.20 (m, 1H). ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) 152.56, 150.92, 138.87, 138.41, 137.02, 132.35, 132.0, 131.56, 130.91, 129.97, 127.52, 127.33, 127.30, 127.12, 126.92, 126.16, 125.80, 114.41, 113.30. IR (KBr) 3433.3, 2225.8, 1573.9, 1099.4.

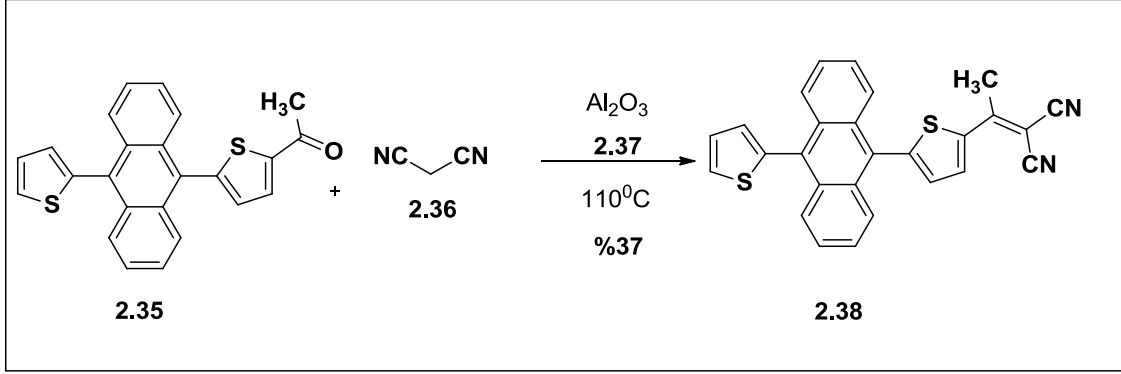
3.1.5. (Z)-2-(3-oxo-2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen)-2,3-dihidro-1H-inden-1-iliden)malononitril



Şekil 3.5. (Z)-2-(3-oxo-2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen)-2,3-dihidro-1H-inden-1-iliden) malononitril.

30 mL'lik mikrodalga tüpünde 5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-karbaldehit (**2.32**) 96 mg(0.26 mmol) kloroform 15mL inert gaz ortamında çözüldü. Daha sonra 2- (3-okso-2,3-dihidro-1 H-inden-1-iliden) malononitril (**2.33**) 100 mg (0.52 mmol) ve piridin 80 mg (0.26 mmol) eklendi. Karışım Anton Paar Monowave 300 Mikrodalga reaktöründe 75°C 'da 3 saat bekletildi. Başlangıç maddesi bittikten sonra, karışım diklorometan (3x30 mL) ile ekstraksiyon yapıldı. Organik faz MgSO_4 ile kurutulduktan sonra süzüldü ve çözücü düşük vakum altında uzaklaştırıldı. Ürünümüz kolon kromatografisinde Kloroform çözücü sisteminde % 17 verim ile katı madde olarak alındı. (**2.34**) ^1H NMR(400 MHz, CDCl_3) 9.39 (d, $J = 3.88$ Hz, 1H), 8.44 (dt, $J = 7.52$; 0.9 Hz, 1H), 7.98 (m, 2H), 7.88 (m, 2H), 7.81 (m, 1H), 7.72 (m, 1H), 7.64 (m, 1H), 7.58 (m, 1H), 7.53 (m, 1H), 7.42 (m, 4H), 7.33 (m,2H), 7.23 (dd, $J = 1.0$; 3.36 Hz,1H). ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) 188.15, 167.77, 160.99, 159.87, 151.38, 146.0, 145.07, 138.73, 138.21, 135.64, 134.09, 133.56, 132.32, 131.67, 131.38, 130.95, 130.90, 130.54, 129.86, 129.54, 128.79, 127.21, 126.71, 126.59, 125.88, 125.75, 123.83, 123.39, 113.79. IR (ATR) 2933.6, 2208.6, 1698.3, 1559.2, 1518.7, 1207.7, 1006.7.

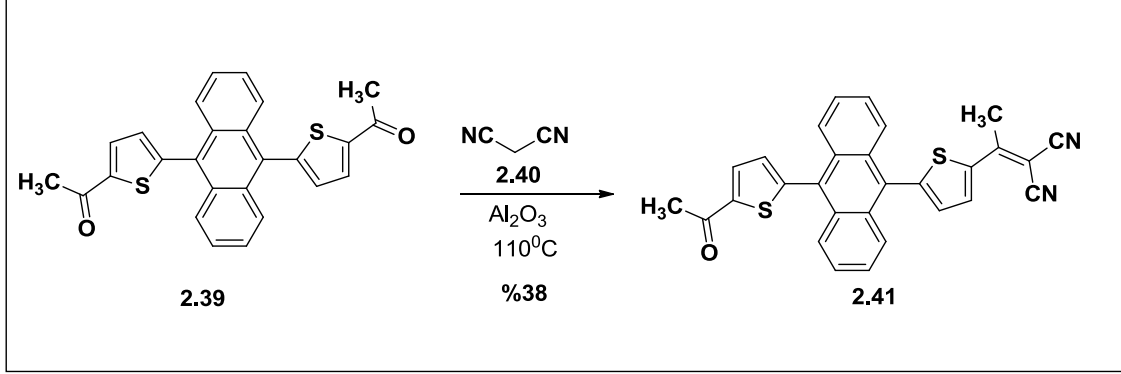
3.1.6. 2- (1- (5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etiliden) malononitril



Şekil 3.6. 2 - (1- (5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etiliden) malononitril.

100 mL'lik balon içerisinde 1-(5- (10-(tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etanon (**2.35**) 200 mg (0.52 mmol) ve 25 mL toluen içerisinde inert gaz ortamında çözüldü. Daha sonra karışıma malonitril (**2.36**) eklendi. Argon gazı altında 577 mg (5.72 mmol) alüminyum oksit (Al₂O₃) (**2.37**) eklenerek geri soğutucu düzeneği yardımıyla 110°C de 24 saat bekletilerek tepkime gerçekleştirildi. Başlangıç maddesinin bitip bitmediği İnce Tabaka Kromatografisi (İTK) ile sürekli kontrol edildi. Başlangıç maddesi bittikten sonra, karışım diklorometan (3x10 mL) ile ekstraksiyona tabi tutuldu ve organik faz MgSO₄ ile kurutulduktan sonra süzüldü. Çözücü düşük vakum altında uzaklaştırıldı. Ürünümüz kolon kromatografisinde kloroform/ hekzan (9/1) çözücü sisteminde % 37 verim ile katı madde olarak alındı. (**2.38**) ¹H NMR (400MHz, CDCl₃) 8.30 (d, *J* = 3.92 Hz, 1H), 7.90 (m, 2H), 7.65 (m, 2H), 7.65 (m, 1H) 7.46 (m, 4H), 7.37 (d, *J* = 3.92 Hz, 1H), 7.33 (m, 1H), 7.22 (m, 1H), 2.80 (s, 3H). ¹³ C NMR (100 MHz, CDCl₃) 162.09, 149.58, 139.48, 138.22, 134.01, 131.90, 131.81, 131.32, 130.76, 129.66, 127.27, 127.06, 127.04, 127.0, 126.52, 125.89, 125.66, 114.21, 113.70, 23.55. IR (ATR) 3066.6, 2960.7, 2921.9, 2861.4, 2221.0, 1669.8, 1647.1, 1618.5, 1440.6, 1269.90, 1136.6, 700.4,644.1.

3.1.7. 2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etiliden)malononitril



Şekil 3.7. 2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etiliden)malononitril.

100 mL'lik balon içerisinde 100 mg (0.26 mmol) 1,1'-(5,5'-(antrasen-9,10-diil) bis (tiyofen-5,2-diil)) diethanoat (**2.39**) alındı. 25 mL toluen içerisinde inert gaz ortamında çözüldü. Daha sonra karışıma 119 mg (1.8mmol) malonitril (**2.40**) eklendi. Argon gazı eşliğine 254 mg (2.49 mmol) alüminyum oksit (Al_2O_3) eklenerek geri soğutucu düzeneği yardımıyla 110°C de 24 saat bekletilerek tepkime gerçekleştirildi. Başlangıç maddesinin bitip bitmediği İnce Tabaka Kromatografisi (İTK) ile sürekli kontrol edildi. Başlangıç maddesi bittikten sonra, karışım diklorometan (3×10 mL) ile ekstraksiyona tabi tutuldu ve organik faz MgSO_4 ile kurutulduktan sonra süzüldü. Çözücü düşük vakum altında uzaklaştırıldı. Ürünümüz kolon kromatografisinde kloroform/hekzan (9/1) çözücü sisteminde $\% 38$ verim ile katı madde olarak alındı. (**2.41**) ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) 8.29 (m, 2H), 7.78 (m, 4H), 7.46 (m, 4H), 7.38 (dd, $J = 3.9, 0.9$ Hz, 2H), 2.80 (s, 3H), 2.69 (s, 3H). ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) 190.7, 161.7, 149.1, 148.7, 147.5, 145.9, 139.5, 129.6, 134.0, 132.6, 131.9, 130.9, 130.7, 130.1, 128.8, 126.8, 126.7, 126.4, 126.0, 125.9, 113.6, 26.9, 23.5. IR (ATR) 2968.26, 2921.43, 2220.91, 1659.84, 1547.06, 1441.39, 765.81.

4. BULGULAR

4.1.1. Organik yapıların sentezi

Organik güneş hücrelerinde (OGH) kullanılma potansiyeline sahip 4 yeni asimetrik molekül sentezlenmiş, saflaştırma işlemleri yapılarak yapılar kesin olarak bulunmuştur. Son yıllarda özellikle D-A (donor-akseptor) yapıları yüksek elektronik özellikleri nedeniyle tercih edilmektedirler. Bu çalışmada donör akseptor yapısına sahip yeni antrasen türevleri yüksek verimler ile sentezlenmişlerdir. Sentezlediğimiz yapıların 4 nin yapısında antrasen bulundurmaktadır. Antrasenin yüksek konjüge yapısı ve kararlılığından dolayı tercih edilmiştir. İlk olarak antrasene tiyofen bağladığımız yapı **2.20** nolu bileşiğimiz % **90** gibi bir verim ile sentezlenmiştir. Ardından tiyofene tek taraflı karbaldehit bağladığımız yapı **2.23** nolu bileşiğimiz % **76** verim ile sentezlenmiştir. Diğer taraftan antrasene bağlı olan tiyofene alüminyum klorür eklenerek friedel graft açılme reaksiyonu ile **2.27** nolu bileşiğimiz % **55** verimle ve **2.28** nolu bileşiğimiz % **36** verim ile sentezlenmiştir. Tek taraftan karbaldehitin bağlı olduğu yapımıza malonitrilleme yaparak **2.31** nolu bileşiğimiz % **99** verim ile sentezlenmiştir. Diğer taraftan tek taraflı karbaldehit farklı bir malonitril türevi ile reaksiyon sonucu **2.34** nolu bileşiği % **17** verim ile sentezlemiştir. Friedel craft açılması ile elde ettiğimiz ürünlere malonitrilleme yaparak **2.38** nolu bileşiği %**37** verim ile ve **2.41** nolu bileşiği % **38** verim ile sentezlenmiştir. Elde ettiğimiz yapıların yapısal karakterizasyonu yapıldıktan sonra elektrooptiksel ve elektrokimyasal özellikleri bulunmuştur.

4.1.2. Elektrokimyasal ve elektrooptiksel özellikleri

Elektro optiksel ölçümler için ilk olarak UV-Vis Spektrometresi kullanılmıştır. Bu ölçüm için **2.31 2.34 2.38 2.41** bileşikleri ayrı ayrı 10^{-5} M çözeltisi klorofom içerisinde hazırlanmışlardır. Hazırlanan çözeltiler ile UV-Vis spektromunda absorpsanları ölçülerek (**Şekil 4.1**) de görülen absorpsan eğrileri elde edilmiştir. Bu tepe noktası kullanılarak sentezlenen bileşiklerin HOMO-LUMO enerji seviyeleri arasındaki band aralığı (Eg) hesaplanması yapılmıştır. Optiksel absorpsiyon farklı enerji seviyeleri ile ilgilidir, bu yüzden elektronik yapının ölçümünde dolaylı olarak kullanılabilir.

Optiksel bant aralığı elektron volt olarak ifade edilir ve Planck eşitliği kullanılarak hesaplanabilir. Bu eşitlikte $E_{g (opt)}$ band aralığı absorpsiyonun sıfır olduğu (onset) dalga boyu alınarak hesaplanır.

$$E_{opt} = hv = hc / \lambda$$

h = Planck sabiti

v = dalga frekansı

(1)

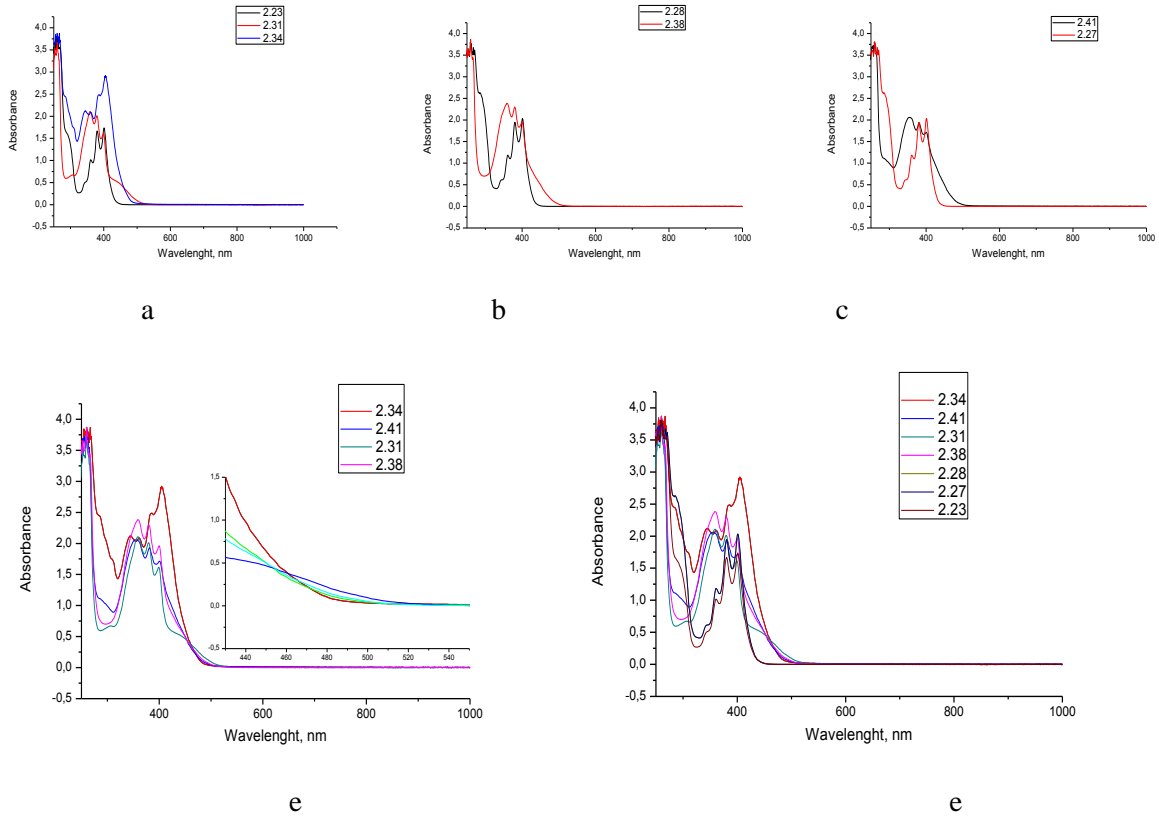
c = ışık hızı

λ = dalga boyu

Planck denklemi kullanılarak elde edilen denklemde Planck sabiti ve ışık hızı gibi sabit değerler yerlerine konulduğunda aşağıdaki gibi bir kısa eşitlik elde edilir.

$$E_{g (opt)} (eV) = \frac{1239.95}{\lambda (nm)} \quad (2)$$

Aşağıda **2.31 2.34 2.38 2.41** nolu ürünlerin UV-Vis spektrumu ve karşılaştırmalı Uv-Vis spektrumları yer almaktadır. (**Şekil 4.1.**) de karşılaştırılmalı olarak verilen sonuca göre tüm türevler karakteristik özellik göstermektedir. Birden fazla banta sahip olan yapılar 300 nm ve 600 nm arasında yoğun bantlarla emme özellikleri, elektron çekici özellikleri ve konjugasyon özelliklerine bağlı olarak küçük farklılıklar göstermektedir. Sentezlenen bileşikler karşılaştırıldığında en uzun dalga boyu maksimumları sırasıyla 361 ,410,358 ve 353nm 'dir. Bantlar arası elektron geçişi dikkate alındığında 350 ve 450 nm arasındaki kayman- π^* olarak söylenebilir. Simetrik olmayan 2- metilenmalonitril grupları ile **2.31, 2.34 ve 2.38** nolu bileşikler görünür bölgeye doğru kaymıştır. **2.34** nolu bileşik **410 nm**'de kuvvetli emilim tepe noktasına sahiptir. **2.31, 2.38, 2.41** başlangıç ile karşılaştırıldığında metil grupları **2.38 ve 2.41** nolu bileşiklerinin başlangıç noktasında azalmasına neden olmaktadır. Bant aralığı hesaplandığı zaman **2.31** nolu bileşiğin **2.43 eV** diğerlerine oranla daha düşük bant aralığına sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer yapıların bant aralıkları ise sırasıyla **2.38** nolu ürün (2.52eV) **2.41** nolu ürün (2.54eV) **2.34** nolu (2.58eV) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1.(a) Karşılaştırmalı Uv-Vis Spektrumu (b) (2.38)nolu ürünün Uv-Vis Spektrumu (c) (2.41) nolu ürünün Uv-Vis Spektrumu(d) Karşılaştırmalı Uv-Vis Spektrumu (e) Karşılaştırmalı Uv-Vis Spektrumu.

Bant aralığı UV-Vis spektrometresinden bulunduktan sonra HOMO ve LUMO değerlerinin bulunması gereklidir. Organik malzemelerin bu enerji değerlerinin bulunmasında kullanılan en önemli metot döngülü voltametridir (CV). Bu yöntemle elde edilen yükseltgenme (E_{ok}) ve indirgenme (E_{in}) potansiyeli değerleri kullanılarak hesaplanır. CV ölçümleri diklorometan içerisinde 10^{-4} M olacak şekilde 2.31 2.34 2.38 2.41 nolu ürünler ve 0.1 M tetrabutylamoniyum fosfor hekzaflorür (TBAPF6) elektrolit ortamında yapılmıştır (Şekil 4.2). Bu ölçüm için Ag/AgCl referans elektrodu, platin tel ve çalışma elektrodu olarak da platin kullanılmıştır. CV ölçümü alındıktan sonra HOMO hesabı ferrosen bileşiğinin enerji değeri referans alınarak hesaplanmaktadır (Eşitlik 2). Ferrosen molekülü elektrokimyasal ölçümlerde en çok kullanılan ve kararlı yükseltgenme ve indirge potansiyeline sahip organik moleküldür. Ferrosen için hesaplanan değer 4.4 eV dur. Bu değere molekülün yükseltgenme potansiyeli eklenerek HOMO hesaplanmaktadır. 2.31 için HOMO değeri **-5.65 eV** dur. HOMO değeri bulunduktan sonra UV-Vis spektrumu yardımı ile bulduğumuz band aralığı olan **2.43**

eV aradaki fark kullanılarak LUMO enerji seviyesi bulunmuştur. Hesaplama sonucuna göre LUMO değeri ise **-3.22 eV** olarak hesaplanmıştır.

$$E_{\text{(HOMO)}} = -e [E_{\text{OkOnset}} + 4.4] \text{ eV}$$

$$E_{\text{(HOMO)}} = -e [510 + 4.40] \text{ ise } E_{\text{(HOMO)}} = -5.65 \text{ eV dur.} \quad (3)$$

$$E_{\text{(LUMO)}} = E_{\text{(HOMO)}} + E_g \text{ ise } E_{\text{(LUMO)}} = -5.65 + 2.43 = -3.22 \text{ eV}$$

2.34 için HOMO değeri **-5.74 eV** dur. HOMO değeri bulunduktan sonra UV-Vis spektrumu yardımı ile bulduğumuz band aralığı olan **2.58 eV** aradaki fark kullanılarak LUMO enerji seviyesi bulunmuştur. Hesaplama sonucuna göre LUMO değeri ise **-3.16 eV** olarak hesaplanmıştır.

$$E_{\text{(HOMO)}} = -e [E_{\text{OkOnset}} + 4.4] \text{ eV}$$

$$E_{\text{(HOMO)}} = -e [1.25 + 4.4] \text{ ise } E_{\text{(HOMO)}} = -5.74 \text{ eV dur.} \quad (4)$$

$$E_{\text{(LUMO)}} = E_{\text{(HOMO)}} + E_g \text{ ise } E_{\text{(LUMO)}} = -5.74 + 2.58 = -3.16 \text{ eV}$$

2.38 için HOMO değeri **-5.62 eV** dur. HOMO değeri bulunduktan sonra UV-Vis spektrumu yardımı ile bulduğumuz band aralığı olan **2.52 eV** aradaki fark kullanılarak LUMO enerji seviyesi bulunmuştur. Hesaplama sonucuna göre LUMO değeri ise **-3.10 eV** olarak hesaplanmıştır.

$$E_{\text{(HOMO)}} = -e [E_{\text{Ok Onset}} + 4.4] \text{ eV}$$

$$E_{\text{(HOMO)}} = -e [1.22 + 4.4] \text{ ise } E_{\text{(HOMO)}} = -5.62 \text{ eV dur.} \quad (5)$$

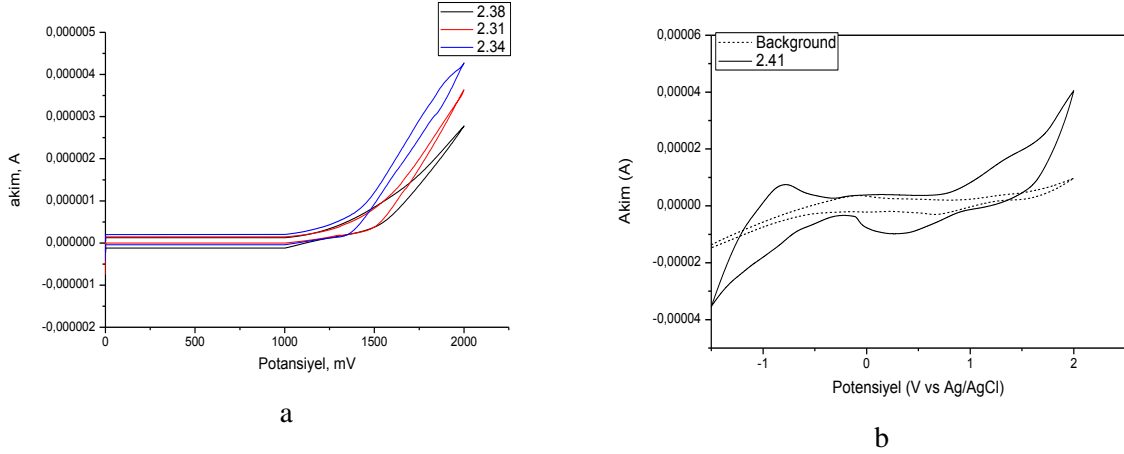
$$E_{\text{(LUMO)}} = E_{\text{(HOMO)}} + E_g \text{ ise } E_{\text{(LUMO)}} = -5.62 + 2.52 = -3.10 \text{ eV}$$

2.41 için HOMO değeri **-5.24 eV** dur. HOMO değeri bulunduktan sonra UV-Vis spektrumu yardımı ile bulduğumuz band aralığı olan **2.54 eV** aradaki fark kullanılarak LUMO enerji seviyesi bulunmuştur. Hesaplama sonucuna göre LUMO değeri ise **-2.70 eV** olarak hesaplanmıştır.

$$E_{\text{(HOMO)}} = -e [E_{\text{OkOnset}} + 4.4] \text{ eV}$$

$$E_{\text{(HOMO)}} = -e [0.84 + 4.4] \text{ ise } E_{\text{(HOMO)}} = -5.24 \text{ eV dur.} \quad (6)$$

$$E_{\text{(LUMO)}} = E_{\text{(HOMO)}} + E_g \text{ ise } E_{\text{(LUMO)}} = -5.24 \text{ eV} + 2.54 = -2.70 \text{ eV}$$



Şekil 4.2. (b) (2.41) nolu maddenin CV Ölçümü (a) Karşılaştırmalı CV Ölçümü.

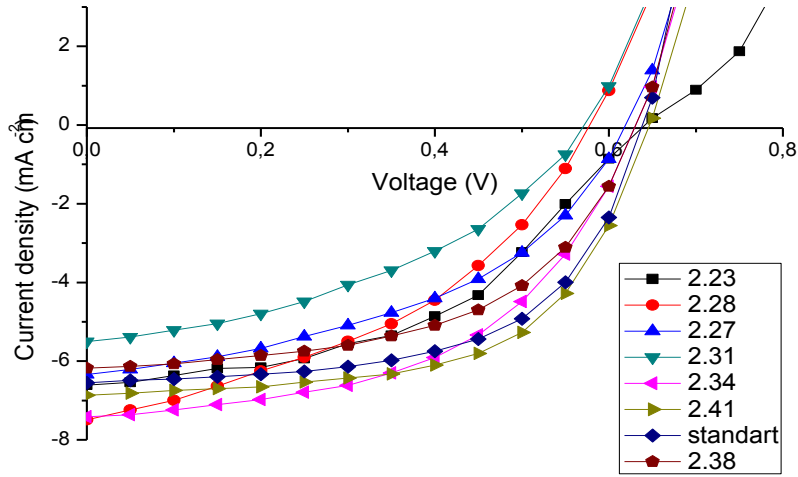
Çizelge 4.3. Ürünlerin (2.31, 2.34, 2.38 ve 2.41) elektrokimyasal ve elektrooptiksel özellikleri

Madde	λ_{\max} nm	λ_{onset} nm	E_{oks} V	E_g eV	HOMO eV	LUMO eV
2.31	361	510	1.25	2.43	-5.65	-3.22
2.34	410	480	1.34	2.58	-5.74	-3.16
2.38	358	492	1.22	2.52	-5.62	-3.10
2.41	353	488	0.84	2.54	-5.24	-2.70

Güneş Hücre Performansı

Biz P3HT: PCBM karışımları için dopant olarak tüm sentezleştirilmiş materyalleri kullandık. Doping oranları yüzde 1, 2, 3, 5, 7, 10 olarak (destek bilgi) ayarlandı. Her materyal için maksimum doping oranını belirledik ve yüzde 7 bulduk. Açık devre voltaj değerleri (v_{oc}) önemli değişim göstermez. Oysa ki kısa devre akımları (I_{sc}) materyal ve de doping oranlarına bağlı olarak farklı değerler gösterir. Bu çalışmada tüm materyaller için en iyi değer yüzde 7 olduğu için sadece sonuçları gösterdik. En iyi performans 2.41 nolu ürün ile elde edildi. Performanstaki yaklaşık yüzde 8 lik artış güneş hücre referansı ile sonuç karşılaştırmasında gözlemlendi. I-V sonuçlar şekil 4 de verildi. Bu moleküler yapıları gözlemledik. Güneş hücrelerin performansı 2.41, 2.34, 2.38, ve 2.31 dizinin de düşer. Metil siyano ve bir metil keton grup dahil olma durumunda performans yükselir. Metil keton ile siyano yer

değiştirdiğimizde performansta zayıf bir azalmaya neden olur. Benzer sonuçlar tiyofen ve siyano ve karbonil grup oluşturan molekülle gözlemlendi. CV sonuçları için aynı zamanda geçerli olan moleküler yapıya bağlı olan bu dizin (Şekil 5.1) te verilmiş. Çizelge 5.2 yüzde 7 dopingli tüm materyaller için sonuçları özetler. Moleküldeki güçlü alıcı durumun da performans artar. Mikro faz ayırım esnasında bu küçük moleküllerin PCBM ve P3FT arasındaki boşlukları doldurduğu öne sürülebilir.



Şekil 5.1. Bileşiklerin % 7 katkılama oranı için I-V karakteristiği.

Çizelge 5.2. 7% doping oranı için tüm cihazların güneş pili performansı

Material	Isc	Voc	FF	verim
2.31	5,50	550	0,427	2,15
2.34	7,41	650	0,498	4,00
2.38	6,17	650	0,526	3,52
2.41	6,86	650	0,589	4,39
2.23	6,61	650	0,452	3,24
2.28	7,48	600	0,396	2,96
2.27	6,33	600	0,463	2,93
Referans	6,55	650	0,578	4,10

TARTIŞMA VE SONUÇ

Enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunması günümüzde çok önemli bir konudur. Gelişen teknoloji ile enerji kullanımımız her geçen yıl biraz daha artmasına rağmen, enerji kaynaklarımız her geçen gün biraz daha azalmaktadır. Özellikle fosil yakıtlardan elde edilen enerjilerin çevreye çok büyük zarar vermesi nedeniyle dünyamız büyük zarar görmektedir. Dünyamızın daha yaşanılabilir bir yer olması için acil olarak temiz enerji kaynaklarından yararlanmamız gerekmektedir. Bunların içerisinde yer alan ve sonsuz enerji kaynağımız olan Güneş enerjisi bizim için çok önemlidir.

Biz bu çalışmamız ile alternatif enerji kaynağı olan güneşten elektrik enerjisi üretiminde kullanılmak üzere organik bazlı güneş hücreleri için yeni nesil organik malzemeler tasarladık. Tasarladığımız bu malzemelerin sentezi ve yapısal karakterizasyonu tamamlandıktan sonra bunların elektrokimyasal ve elektrooptiksel ölçümleri gerçekleştirildi. Elde edilen bulgulara göre sentezlediğimiz moleküller organik güneş hücrelerinde kullanılabilme potansiyeline sahip yapılardır. Daha sonra bunları güneş hücrelerinde test ederek uygulanabilirliği bulunmuştur. Yaptığımız çalışmaya göre % 7 doping sonuçlarının tüm materyaller için en iyisi olduğunu ve **2.41** in uygulamalar için (verimlik: 4.39) en iyi aday olduğunu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre sentezlediğimiz malzemelerimiz gelecek nesil güneş hücrelerinde kullanılabilme potansiyeline sahiptirler.

KAYNAKLAR

- Anonim: 2016, Güneş pilleri, <http://www.youthforhob.org.tr/tr/yayinlar/enerji/gunespilleri/giris.html>. Erişim tarihi: 20.05.2016
- Anonim: 2016 Güneş pilleri, http://www.heliatek.com/newscenter/latest_news/neuer-weltrekord-fur-organische-olarzellenheliatek-behauptet-sich-mit-12-zelleffizienz-als-technologiefuhrer/?lang=en. Erişim tarihi: 20.05.2016.
- Anonim: 2016, Güneş pilleri, <http://www.renewablesinternational.net/new-efficiency-record-for-organic-ell/150/510/33086>. Erişim tarihi: 20.05.2016.
- Başaran, K., 2013. *Bulanık mantık kontrollü otonom ve şebeke bağlantılı rüzgar-güneş hibrid güç sisteminin optimizasyonu ve Adnan Menderes Üniversitesi kampüs alanında uygulanması, (Doktora Tezi Basılmamış)*, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir, 131 s.
- Başaran, K., Börekçi, S., 2013. 150 kW *Şebeke bağlantılı çatı kurulumlu fotovoltaik sistem fizibilitesi, 2. Güneş Sempozyumu*, Antalya.
- Benanti, T. L., Venkataraman, D., 2006. Organic solar cells: An overview focusing on Active layer morphology. *Photosynthesis Research*, **87**; 73–81.
- Bnef., 2012. *The Future of Energy, Result Book, Bloomberg New Energy Finance*, New York, 40 p.
- Bredas, J.L., Beljonne, D., Coropceanu, V., Cornil, J., 2004. *Charge-transfer and energy transfer processes in π -conjugated oligomers and polymers: A molecular picture*, **104**, (11); 4971-5004
- Conway, E.J., Walker, G.H., Heinbockel, J.H., 1981. A thermochemical model of radiation damage and annealing applied to GaAs Solar Cells. *Fifteenth IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, **1**; 38-44.
- Çiftci, A., Kırbaş., İ.B. İşyarlar Makü Febed., 2014. *Solar Cell Usage in a House in Burdur for Meeting Average Electricity Demand*, **1** (5); 4-17.
- Drechsel, J., Mannig, B., Kozłowski F., Gebeyehu, D., Werner, A., Koch, M., Leo, K., Pfeiffer, M., 2004. High efficiency organic solar cells based on single or multiple PIN structures. *Thin Solid Films*, **451**; 515-517.

Dünya Gazetesi 29.03.2011.

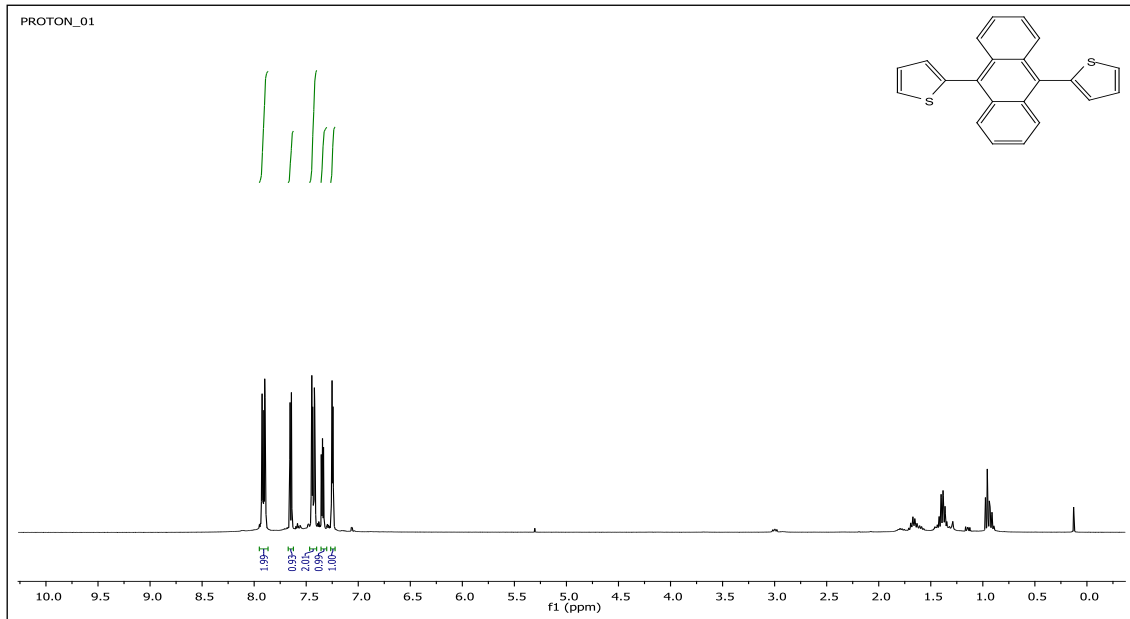
- Gebeyehu, D., Pfeiffer, M., Maennig, B., Drechsel, J., Werner, A., Leo, K., 2004. Highly efficient p-i-n type organic photovoltaic devices. *Thin Solid Films*, **29**; 451–452.
- Gregg, B.A., Hanna, M.C., 2003. Comparing organic to inorganic photovoltaic cells: Theory, experiment, and simulation. *Journal of Applied Physics*, **93**; 3605-3614.
- Guerra, D., Belcari N., Bisogni, M.G., Losa, G., Marcatili, S., Ambros I, G., Corsi F., Marzocca, C., Betta, G. D., Piemonte, C., 2010. Advantages and pitfalls of the silicon photomultiplier (SiPM) as photodetector for the next generation of PET scanners, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, **617**; 223-226.
- Hoppe, H., Sariçiftçi, N.S., 2004. Organic solar cells: an overview, *Journal of Materials Research*, **19**; 1924-1945.
- Ishibashi, A., 1985. Optical properties of (AlAs) n(GaAs)n superlattices grown by metalorganic chemical vapor deposition. *Journal of Applied Physics*, **58**; 2691-2696.
- Kavr, İ., Jia, W., Kopreski, R. P., Selvarasah, S., Dokmeci, M. R., Pramanik, C., Mcgruer, N. E., Miller, G. P., 2008. Substituent effects in pentacenes: Gaining control over Homo-Lumo gaps and photooxidative resistances. *J. Am. Chem. Soc.*, **130**; 16274–16286.
- Kelzenberg, M.D., Daniel L, B., Turner, E., Breandan, M., Micheal, G., Morgan, C., Nathan, L., 2008. Photovoltaic measurements in single-nanowire silicon solar cells. *Nano Letters*, **8**; 710-714.
- Kroon, J.M., Veenstra, S.C., Sloof, L.H., Verhees, W.J.H., koetse, M.M., Sweelssen, J., Schoo, H.F.M., Beek, W.J. E., Wienk, M.M., Janssen, R.A.J., Yang, X., Loos, J., Mihailetschi, V.D., Blom, P.W.M., Knol, J., Hummelen, J.C., 2007.

- Nanocrystalline dye-sensitized solar cells having maximum performance. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, **15**; 1-8.
- Kuwabara, T., Nakayama, T., Uozomi, K., Yamaguchi, T., Takahashi K., 2008. Highly durable inverted-type organic solar cell using amorphous titanium oxide as electron collection electrode inserted between ITO and organic layer. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **92**; 1476-1481.
- Küpel, A.Ö., 2005. Güneş pilleri ve verimleri. Yüksek Lisans Tezi. *Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- Liang, Y., Xu, Z., Xia, J., Tsai, S., Wu, Y., Li, G., Ray, C., Yu, L., 2010. For the bright future-bulk heterojunction polymer solar cell with power conversion efficiency of 7.4%, *Advanced Materials*, **22**; 135-138.
- Linga, Q.D., Liaw, D.J., Zhuc, C., Chanc, D.S.H., Kanga, E.T., Neoha, K.G., 2008. Polymer electronic memories: Materials, devices and mechanisms. *Progress in Polymer Science*, **33**; 917-978.
- Lungenschmied, C., Dennler, G., Neugebauer, H., Sarıçiftçi, S.N., Glathe, M., Meyer, T., Meyer, A., 2007. Flexible, long-lived, large-area, organic solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **91**; 379-382.
- Macdiarmid, A.G., Shirakawa, H., Louis, J., Heeger, L., 1977. Synthesis of electrically conducting organic polymers: halogen derivatives of polyacetylene (CH)_x, *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, **1**; 578-580.
- Matsui, H., 2004. Application of an ionic liquid-based electrolyte to a 100 mm x 100 mm sized dye-sensitized solar cell. *Journal of Photochemistry and Photobiology A :Chemistry*, **164**; 129-135.
- Peumans P., Yakimov, A., Forrest, S.R., 2003. Small molecular weight organic thin-film photodetectors and solar cells. *Journal of Applied Physics*, **93**; 3693-3723.
- Peumans, P., Bulovic, V., Forrest, S.R., 2000. Efficient photon harvesting at high optical intensities in ultrathin organic double-heterostructure photovoltaic diodes. *Applied Physics Letters*, **76**; 2650-2652.

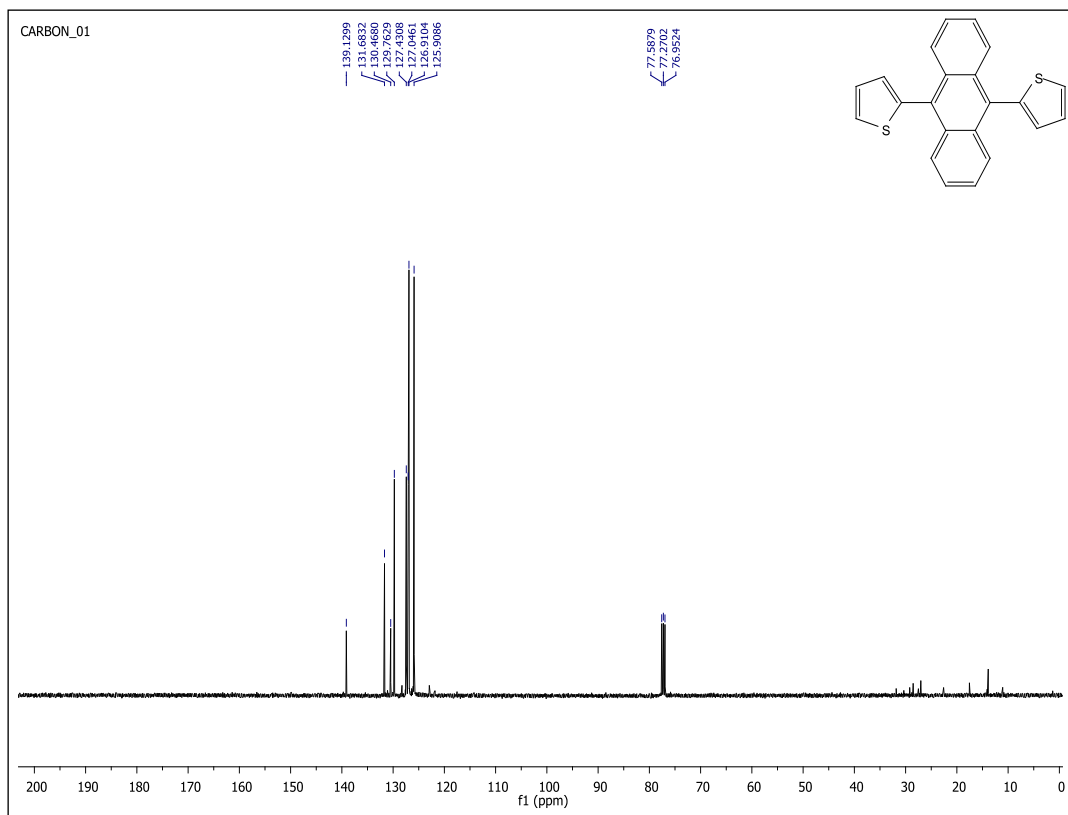
- Plater, M. J., Jackson T., 2003. Polyaromatic amines. Part 4: Synthesis of poly(ethynyl) linked aromatic amines. *Tetrahedron*, **59** (25); 4687-4692.
- Polo, A.S., Itokazu, M.K., Iha, N.Y.M., 2004. Metal complex sensitizers in dyesensitized solar cells. *Coordination Chemistry Reviews*, **248**; 1343-1361.
- Prevenslik, T.A., 2003. Cavitation induced Becquerel effect. *Ultrasonics*, **41**; 323-327.
- Rostalski, J., Meissner, D., 2000. Photocurrent spectroscopy for the investigation of charge carrier generation and transport mechanisms in organic p/n-junction solar cells. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **63**; 37-47.
- Schilinsky, P., Waldauf, C., Brabec, C.J., 2002. Recombination and loss analysis in polythiophene based bulk heterojunction photodetectors. *Applied Physics Letters*, **81**; 3885-3887.
- Schnitzer, I., Yablonovitch, E., Caneau C., Gmitter, T.J., Scherer, A., 1993. 30% external quantum efficiency from surface textured, thin-film light-emitting diodes. *Applied Physics Letters*, **63**; 2174-2176.
- Smith, W., 1873. Effect of light on selenium during the passage of an electric current. *Nature*, **7**; 303-310.
- Spanggaard, H., Krebs, F.C., 2004. A brief history of the development of organic and polymeric photovoltaics. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **83**; 125-146.
- Sze, S.M., 1981. *Physics of semiconductor devices*. John Wiley & Sons, New York.
- Takahashi, K., Kuraya, N., Yamaguchi, T., Komura, T., Murata, K., (2000). Three-layer organic solar cell with high-power conversion efficiency of 3.5%. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **61**; 403-407.
- Tang, C.W., 1986. Layer organic photovoltaic cell, *Applied Physics Letters*, **48**; 183-185.
- Tennakone, K., Kumara, G.R.R., Kottegoda, I.R.M., Perera, V.S.P., 1999. *Chemical communications*, **35**; 15-16.
- Tom j. Savanije. Organic Solar Cells, *Chapter 8. Exciton solar cells* **8**; 1-8.16
- Tsoutsos, T., 2005. Environmental impacts from the solar energy technologies, *Energy Policy*, **33**; 289-296.

- Üstündağ, A., 2003. Güneş enerjisi uygulama alanları, *Lisans Tamamlama Tezi*, Gazi Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü, Ankara.
- Winder, C., Sarıçiftçi, M.S., 2004. Low bandgap polymers for photon harvesting in bulk heterojunction solar cells. *Journal of Materials Chemistry*, **14**; 1077-1086.
- Würfel, P., 2005. *Physics of solar cells: from principles to new concepts*, Wiley, Weinheim.
- Yakimov, A., Forrest R.S., 2002. High photovoltage multiple-heterojunction organicsolar cells incorporating interfacial metallic nanoclusters. *Applied Physics Letters*, **80**; 1667-1670.
- Yu, G., Gao, J., Hummelen, J.C., Wudl, F., Heeger, A. J., 1995. Polymer photovoltaic, Cells: enhanced efficiencies via a network of internal donor-acceptorheterojunctions. *Science*, **270**; 1789-1793.
- Zafer, C., 2006. Organik boya esaslı nanokristal yapılı ince film güneş pili üretimi. doktora tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Zafer, C., 2013 güneş enerji sistemleri *sempozyumu ve sergisi 6-7 aralık* 2013 mersin 3E *Electrotech*, sayı: 83, Nisan 2001, Bileşim Yayıncılık.

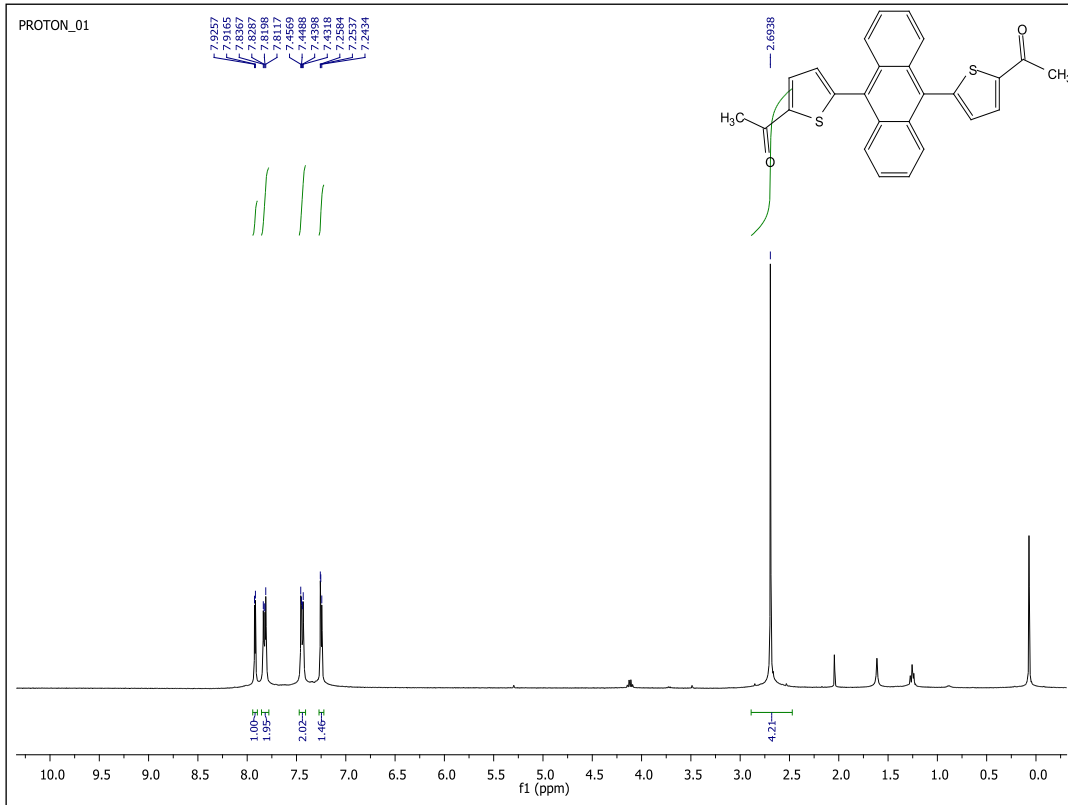
EKLER



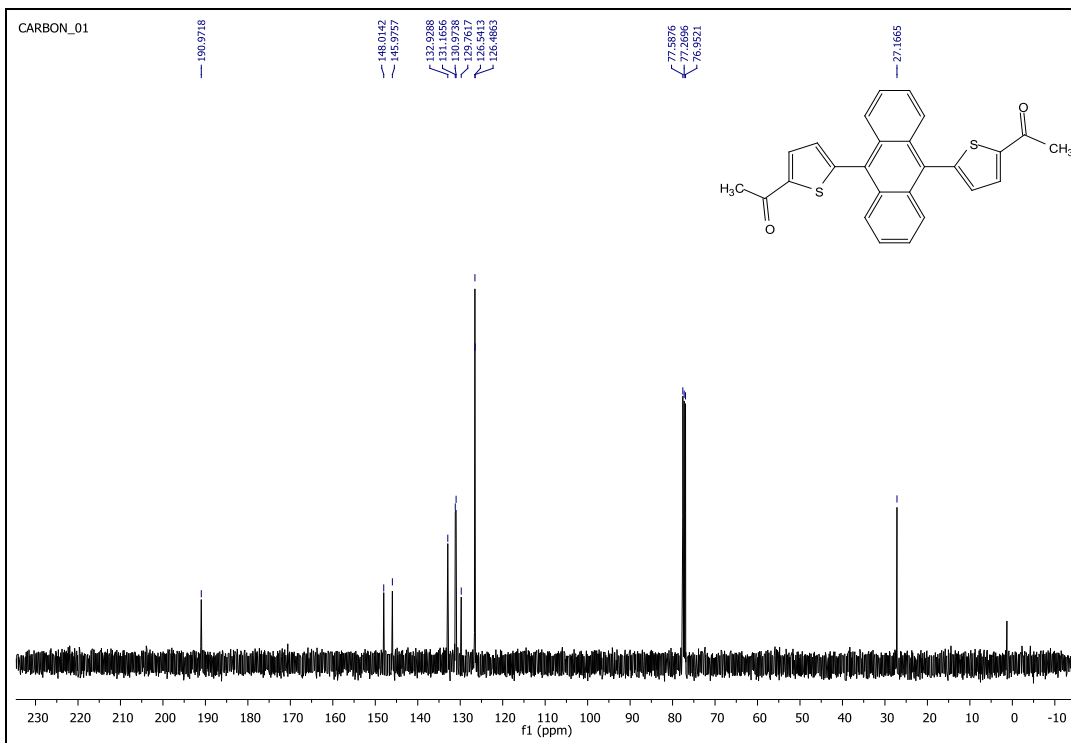
Ek 1. 9,10- di(tiyofen-2-il)antrasen ^1H NMR Spektrumu



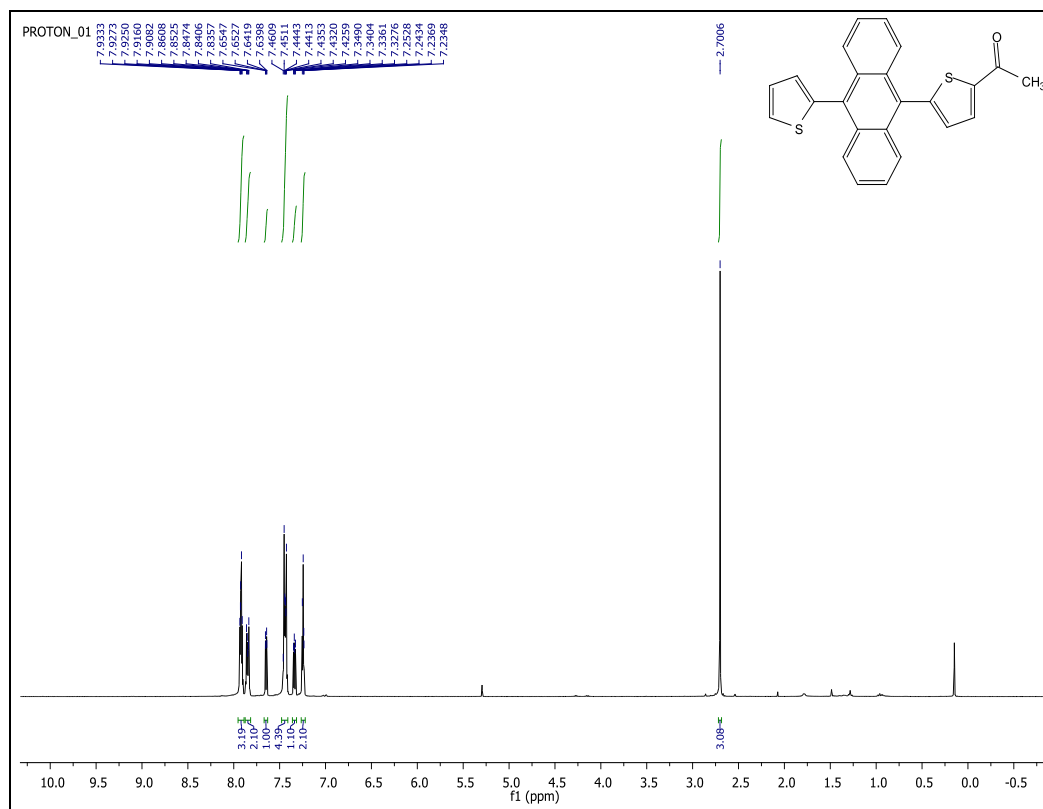
Ek 2. 9,10- di(tiyofen-2-il)antrasen ^{13}C NMR Spektrumu



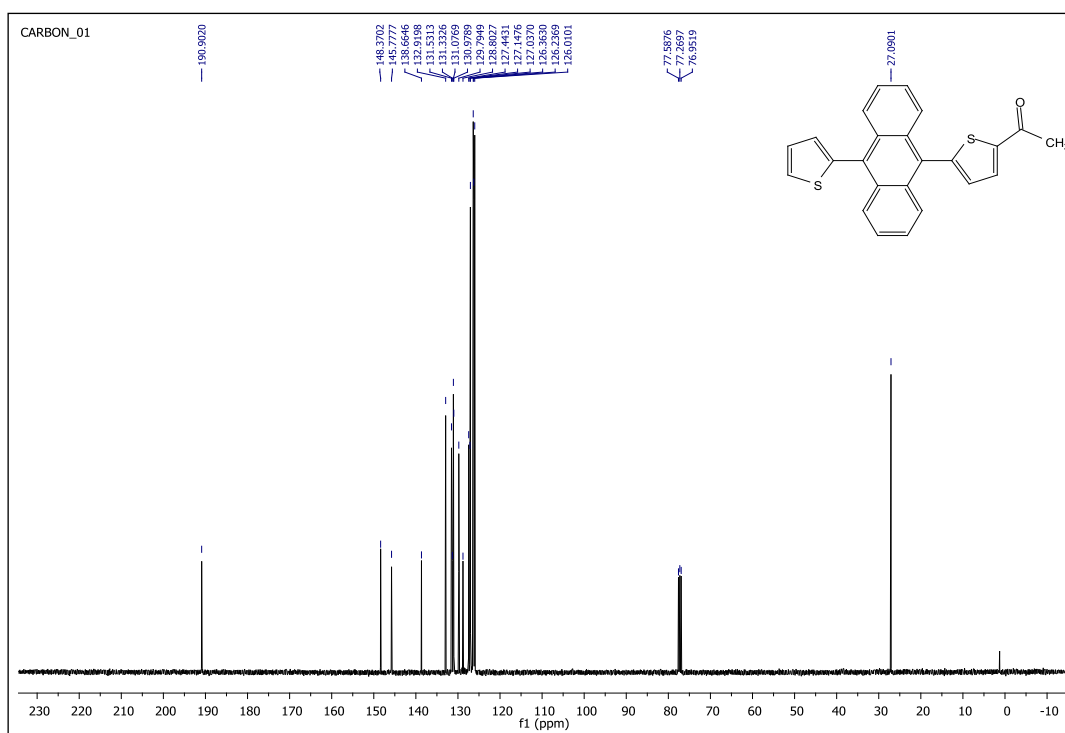
Ek 5. 1,1'-(antrasen-9,10-diilbis(tiyofen-5,2-diil))bis(etan-1-one) ^1H NMR Spektrumu



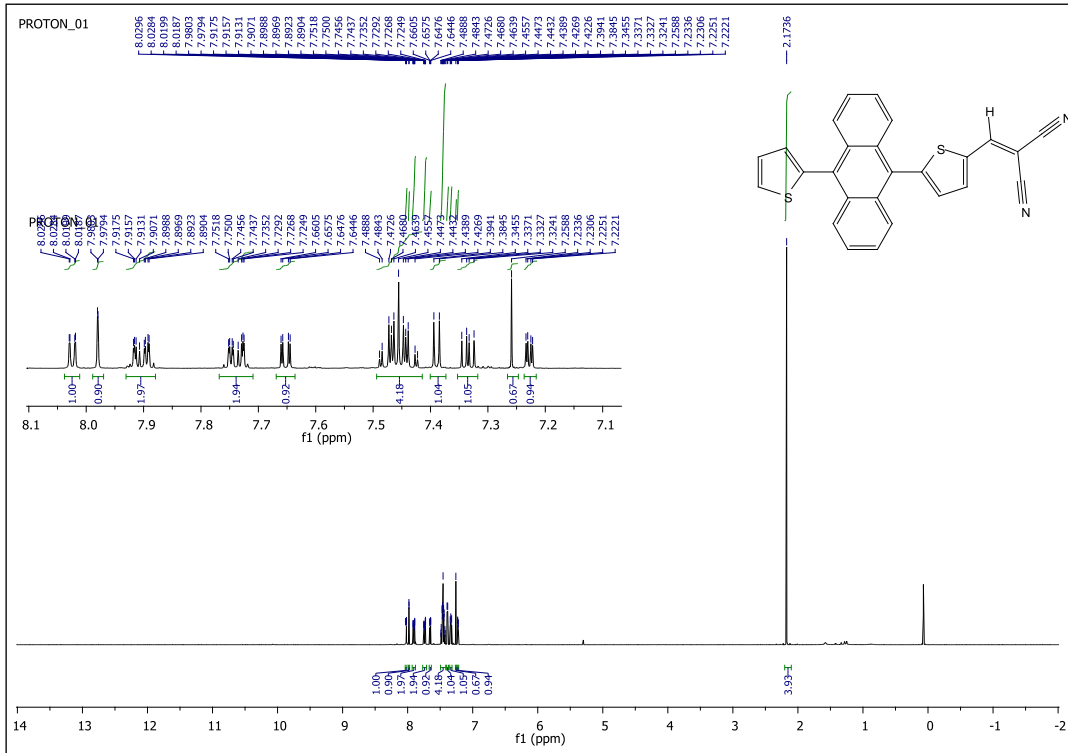
Ek 6. 1,1'-(antrasen-9,10-diilbis(tiyofen-5,2-diil))bis(etan-1-one) ^{13}C NMR Spektrumu



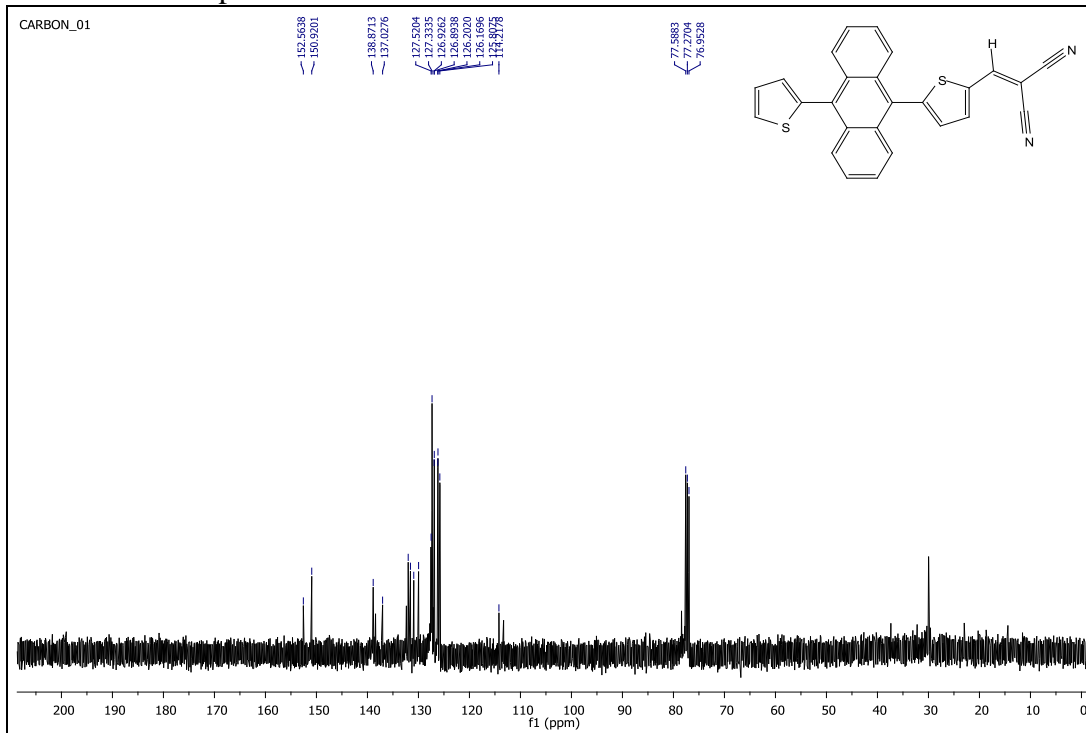
Ek 7. 1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etan-1-one ^1H NMR Spektrumu



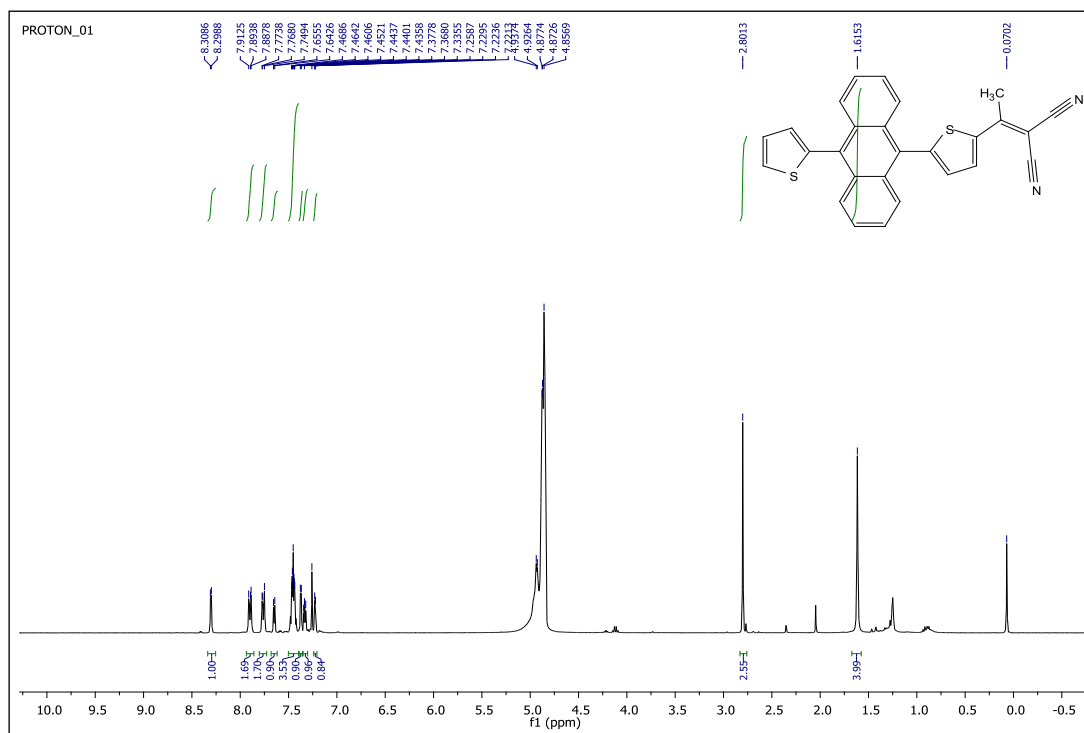
Ek 8. 1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etan-1-one ^{13}C NMR Spektrumu



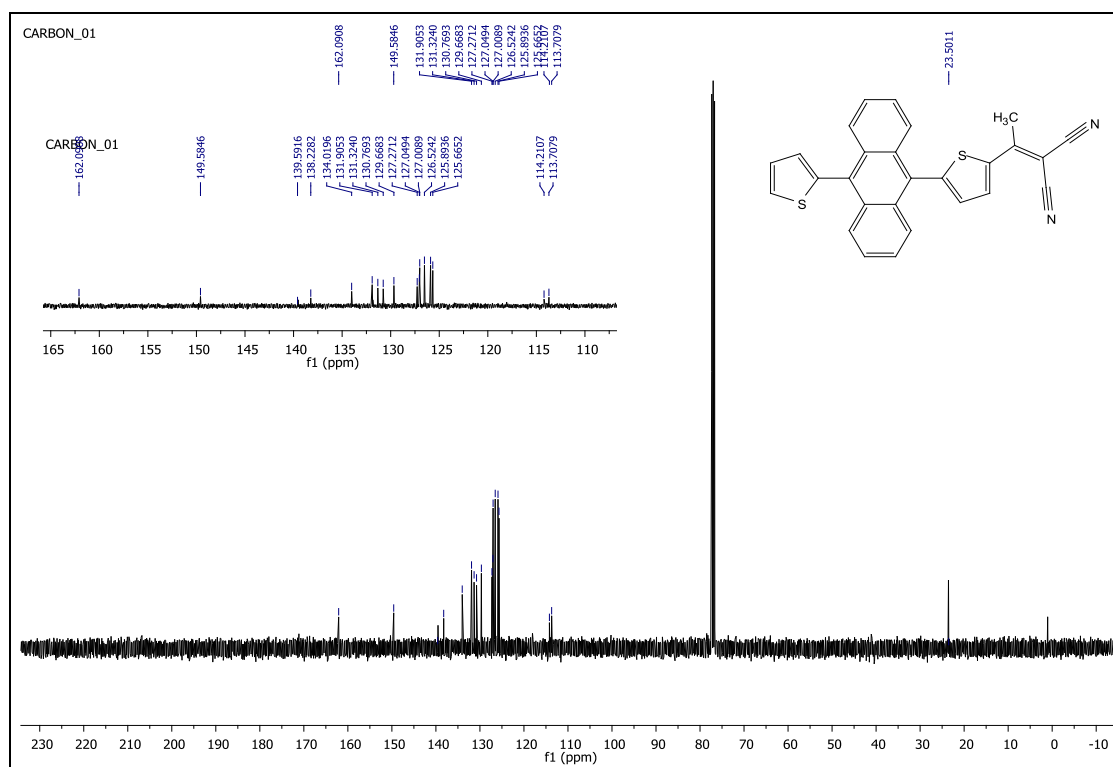
Ek 9. 2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen) malononitril
 ^1H NMR Spektrumu



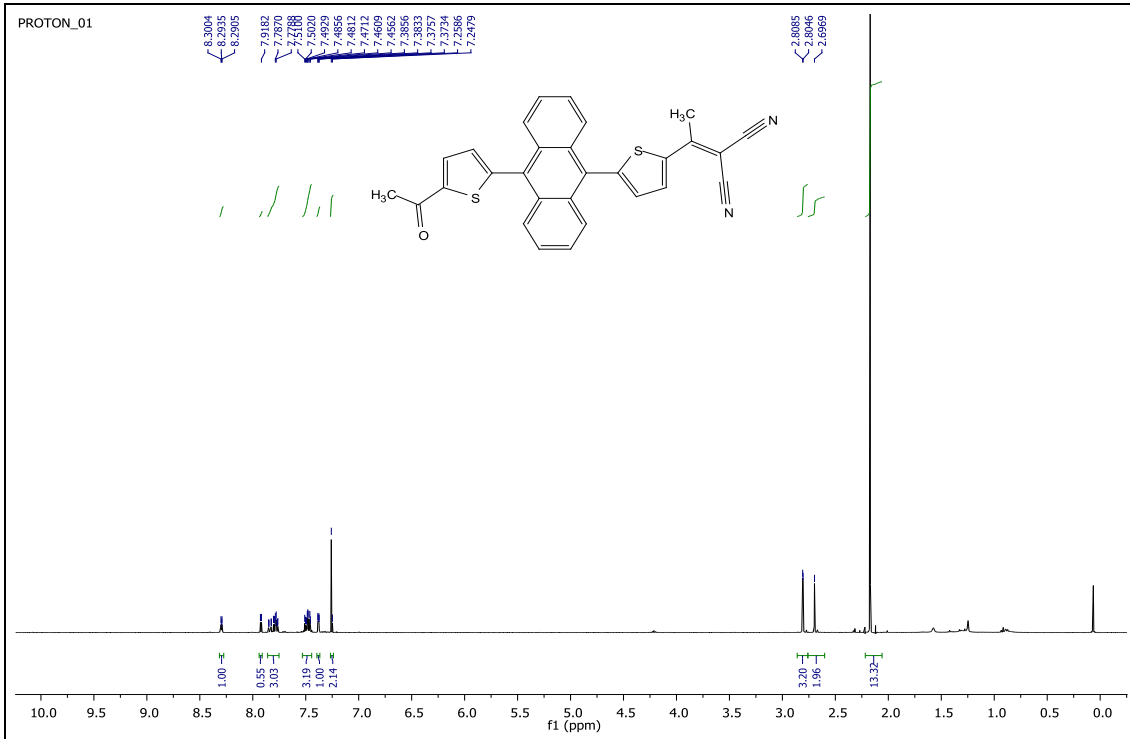
Ek 10. 2-((5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)metilen) malononitril
 ^{13}C NMR Spektrumu



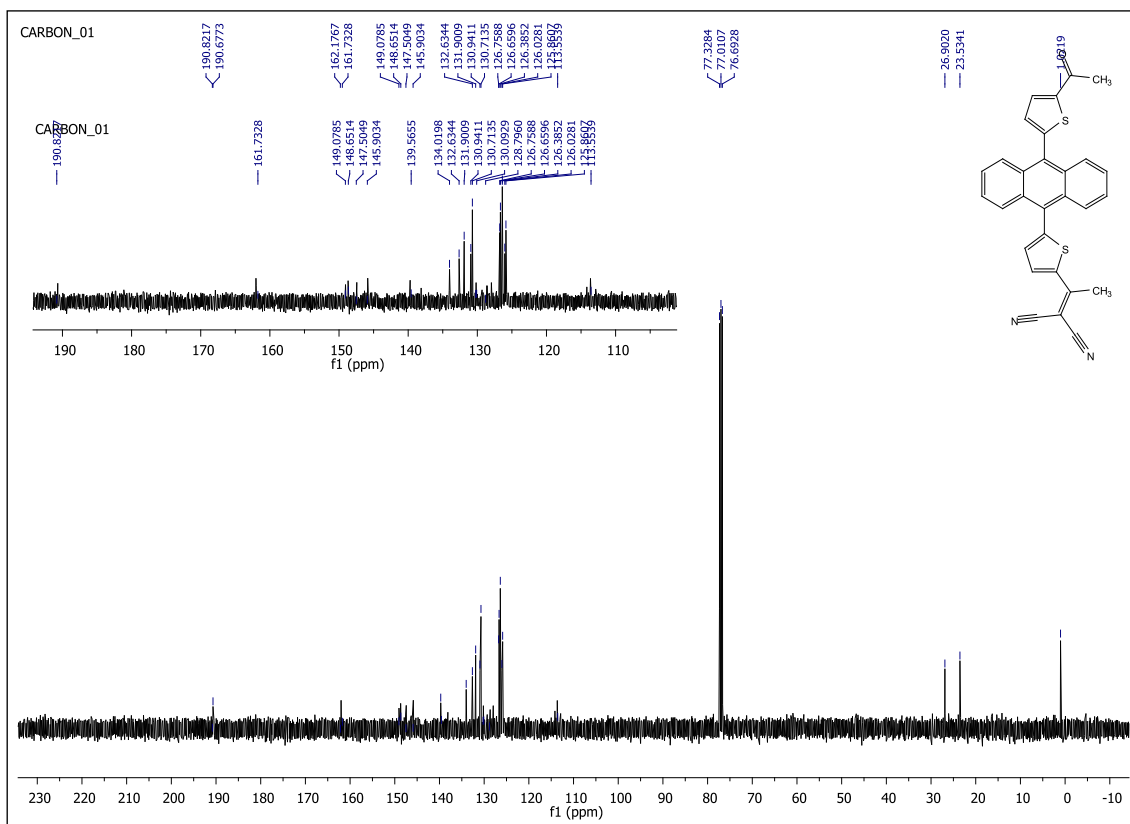
Ek 13. 2 - (1- (5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etiliden) malononitril ^1H NMR Spektrumu



Ek 14. 2 - (1- (5- (10- (tiyofen-2-il) antrasen-9-il) tiyofen-2-il) etiliden) malononitril ^{13}C NMR Spektrumu



Ek 15. 2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etiliden)malononitril.
 ^1H NMR Spektrumu



Ek 16. 2-(1-(5-(10-(tiyofen-2-il)antrasen-9-il)tiyofen-2-il)etiliden)malononitril.

ÖZGEÇMİŞ

15 Mart 1993'te Van'da doğdu. 2010 yılında LYS ile Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nü kazandı. 2014 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nden bölüm üçüncüsü olarak mezun oldu. 2014 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Organik Kimya Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.