

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

**ELEKTROKİMYASAL TEKNİK TEKSTİL
MEMBRANLARIN İNCELENMESİ**

Çiler ÇAKIR

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA-2012**

© 2012 [Çiler ÇAKIR]

TEZ ONAYI

Çiler ÇAKIR tarafından hazırlanan “ Elektrokimyasal Teknik Tekstil Membranların İncelenmesi" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç. Dr. Reşat SELBAŞ
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Feyza AKARSLA
Süleyman Demirel Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Cengiz KAYACAN

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Çiler ÇAKIR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Elektrokimya	1
1.2. Membranların Tanımı ve Çeşitleri	2
1.3. Membran Teknolojisi	4
1.4. Yakıt Hücrelerinde Kullanılan Membran	4
1.4.1. Nafion.....	5
1.4.2. Non-nafion membranlar	5
1.5. Teknik Tekstiller	6
1.5.1. Taşımacılık teknik tekstilleri	6
1.5.2. Hijyen ve tıbbi teknik tekstiller.....	7
1.5.3. Jeo tekstiller	7
1.5.4. Endüstriyel tekstiller	7
1.5.5. Koruyucu giysiler.....	7
1.5.6. Bina ve inşaat teknik tekstilleri.....	8
1.5.7. Tarım teknik tekstilleri	8
1.5.8. Aktif spor ve boş zaman teknik tekstilleri	8
1.5.9. Ev teknik tekstilleri	8
1.5.10. Ambalaj teknik tekstilleri	9
1.5.11. Giyim teknik tekstilleri.....	9
1.5.12. Ekolojik ve çevre teknik tekstilleri	9
1.5.13. Gıda teknik tekstilleri	10
1.5.14. Akıllı tekstiller	10
1.5.15. Elektronik tekstiller	10
1.6. Yakıt Hücreleri	11
1.6.1. Yakıt hücresi.....	11
1.6.2. Yakıt hücresi çalışma prensibi	12
1.6.3. Yakıt hücresi çeşitleri.....	15
1.6.3.1. Alkalın yakıt hücresi (AFC).....	16
1.6.3.2. Katı oksit yakıt hücresi (SOFC).....	17
1.6.3.3. Fosforik asit yakıt hücresi (PAFC)	18
1.6.3.4. Erimiş karbonat yakıt hücresi (MCFC).....	19
1.6.3.5. Direkt metanol yakıt hücresi (DMFC).....	20
1.6.3.6. Polimer elektrolit membran yakıt hücreleri (PEMFC)	21
1.6.4. Yakıt hücrelerinin uygulama alanları	22
2. KAYNAK BİLGİSİ	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1. Materyal.....	26
3.1.1. Vakum pompası	26

3.1.2. Hassas terazi	26
3.1.3. Yağ banyosu (Isıtıcı)	27
3.1.4. Etüv	27
3.1.5. Isıtıcı-karıştırıcı.....	28
3.1.6. Çeker ocak.....	28
3.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler	29
3.3. Yöntem.....	31
3.3.1. Yer değiştirme (displacing) comonomer (Dm-APNTCDI) sentezi	31
3.3.2. Dm-Naf ⁺ sentezi.....	33
3.3.3. Açılı (angled) comonomer (m-BbNIA) sentezi.....	36
3.3.4. DA-NTDA sentezi.....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	40
4.1. Sentezlenen Maddelerin FT-IR Analiz Sonuçları	40
4.1.1. Dm-Naf ⁺ ın FT-IR analiz sonucu.....	40
4.1.2. DA-NTDA'nın FT-IR analiz sonucu.....	42
4.2. Sentezlenen Maddelerin TGA Ve DSC Analiz Sonuçları.....	43
4.2.1. Dm-Naf ⁺ ın TGA ve DSC analiz sonucu.....	44
4.2.2. DA-NTDA' nın TGA ve DSC analiz sonucu	45
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ	53

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ELEKTROKİMYASAL TEKNİK TEKSTİL MEMBRANLARIN İNCELENMESİ

Çiler ÇAKIR

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL

Günümüzde, yakıt pilleri; verimli, ekonomik ve çevreyle uyumlu bir enerji üretim teknolojisi olarak uygulama ve kullanım alanı bulmaktadır. Proton iletken bir malzeme olan proton değişim membranı, PEMFC' lerin kalbidir ve genellikle Dupont'un Nafion' u PEM olarak kullanılmaktadır. Nafion' un yüksek maliyeti, yüksek sıcaklıklardaki iletkenlik kaybı ve yüksek metanol geçirgenliği gibi bazı dezavantajlarının olması PEMFC' lerde kullanımlarını sınırlamaktadır. Bu nedenle Nafion yerine kullanılabilecek daha düşük maliyetli ve yüksek sıcaklıklarda iletkenlik özelliği daha iyi olan membranlar araştırılmaktadır.

Bu çalışmada, PEM yakıt pillerinde kullanılan Nafion membranlara alternatif olarak Non-Nafion membran üretimi denenmiştir. Gözenekli, aromatik ve sülfolamaya uygun yapılarından dolayı Dm-Naf ve DA-NTDA polimerleri sentezlenmiştir. Sentezlenen bu polimerlerin yapısal analizleri FT-IR, TGA ve DSC ile yapılmıştır. Ardından üretilen bu polimerler dokusuz tekstil yüzeyine aktarılmış, PEM yakıt pilinde uygulanmaya ve elektriksel güç miktarı ölçülmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: PEM, polimer, membran, Nafion, Non-Nafion.

2012, 53 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL TECHNICAL TEXTILE MEMBRANS

Çiler ÇAKIR

**Suleyman Demirel University
Graduated School of Applied and Natural Sciences
Department of Textile Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. İbrahim ÜÇGÜL

Today, fuel cell technology is known as a environment friendly, economic and efficient technology. Proton electron membrane is the main part of fuel cells technology and Nafion polymer from Dupont is the major membrane employed in fuel cells as a PEM. Some disadvantages of Nafion such as high-cost, conductivity decreasing at higher temperatures and high methanol permeability restrict the common application of Nafion. Therefore polymer electron membranes having better physical and chemical properties than Nafion are researched.

In this study, it is tried to syntheses alternative Non-Nafion membranes. Dm-Naf and DA-NTDA are these Non-Nafion membranes which are aromatic, having porous and able to sulfonate texture. Synthesed polymers are analyzed with FT-IR, TGA and DSC. Moreover, the polymers are applied on non-woven textile surface which is the new membrane of fuel-cells. The obtained current is measured.

Keywords: PEM, polymer, membran, Nafion, Non-Nafion.

2012, 53 pages

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca beni yönlendiren, değerli yardım ve katkılarını esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL'e, teknik destekleri için Uzm. M. Ziya YAKUT'a, deneylerimde yardımlarını eksik etmeyen Uzm. Dr. Gökçen AKGÜL ve Filiz GÜNEY'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin ilk gününden bu yana en zor anlarımda beni sürekli destekleyen, maddi manevi yardım ve fedakarlıklarını esirgemeyen anne ve babama çok teşekkür ederim.

Bu çalışmada SDÜ-BAP 2502-M-10 nolu projenin olanaklarından faydalanılmıştır.

Çiler ÇAKIR
Isparta, 2012

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Yakıt hücresinin şematik resmi.....	14
Şekil 1.2. Alkalin yakıt hücresi (AFC)	17
Şekil 1.3. Katı oksit yakıt hücresi (SOFC).....	18
Şekil 1.4. Fosforik asit yakıt hücresi (PAFC)	19
Şekil 1.5. Erimiş karbonat yakıt hücresi (MCFC).....	20
Şekil 1.6. Direkt metanol yakıt hücresi (DMFC).....	21
Şekil 1.7. Polimer elektrolit membran yakıt hücresi (PEMFC).....	22
Şekil 3.1. Rocker vakum pompası (Yekarum laboratuvarı).....	26
Şekil 3.2. Vibra Aj hassas terazi (Yekarum laboratuvarı)	26
Şekil 3.3. Yağ banyosu (ısıtıcı) (Tekstil mühendisliği bölüm laboratuvarı).....	27
Şekil 3.4. Etüv (Yekarum laboratuvarı)	27
Şekil 3.5. Isıtıcı-karıştırıcı (Yekarum laboratuvarı).....	28
Şekil 3.6. Çeker ocak (Yekarum laboratuvarı).....	28
Şekil 3.7. Dm-APNTCDI sentezi	31
Şekil 3.8. Dm-APNTCDI comonomerinin toz haldeki görünümü	32
Şekil 3.9. Dm-APNTCDI comonomerinin üretimi (karıştırma işlemi)	32
Şekil 3.10. Dm-APNTCDI comonomerinin üretimi (süzme işlemi)	33
Şekil 3.11. Dm-Naf sentezi	34
Şekil 3.12. Dm-Naf polimerinin üretimi (süzme işlemi)	35
Şekil 3.13. Dm-Naf polimerinin toz haldeki görünümü	35
Şekil 3.14. m-BbNIA sentezi	36
Şekil 3.15. m-BbNIA comonomerinin toz haldeki görünümü	37
Şekil 3.16. Tepkimeye girmeyen NTDA	37
Şekil 3.17. DA-NTDA sentezi	38
Şekil 3.18. DA-NTDA polimerinin üretimi (vakumlu desikatörde bekletme işlemi).....	39
Şekil 3.19. DA-NTDA polimerinin toz haldeki görünümü.....	39
Şekil 4.1. (a) Dm-Naf’ ın Kimyasal Yapısı (b) Dm-Naf ‘ ın FT-IR Analiz Sonucu	41
Şekil 4.2. (a) DA-NTDA’ ın Kimyasal Yapısı (b) DA-NTDA’ ın FT-IR Analiz Sonucu	42
Şekil 4.3. (a) Dm-Naf’ ın TGA analiz sonucu (b) Dm-Naf’ ın DSC analiz sonucu.....	44
Şekil 4.4. (a) DA-NTDA’ ın TGA analiz sonucu (b) DA-NTDA’ ın DSC analiz sonucu	45
Şekil 5.1. Nafion membranlı yakıt hücresi stağı	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Yakıt hücresi çeşitleri ve özellikleri	15
Çizelge 3.1. Kimyasal maddelerin açık formülleri	29

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1, 5 DAN	1, 5-Diaminonaftalen
AFC	Alkalın Yakıt Hücresi
Ag ⁺¹	Gümüş İyonu
CH ₃ OH	Metanol (Metil Alkol)
CO ₂	Karbondioksit
CO ₃ ⁻²	Karbonat İyonu
COO ⁻	Karboksil İyonu
Cu ⁺²	Bakır İyonu
DAPS	2, 2-Benzidindisülfonik Asit
DMFC	Direkt Metanol Yakıt Hücresi
DMSO	Dimetilsülfoksit
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
e ⁻	Elektron
FT-IR	Fourier transform infrared spectroscopy
GA	Gluteraldehit
H ⁺	Hidrojen İyonu
H ₂ O	Su
IEC	İyon Değişirme Kapasitesi
K ₂ CO ₃	Potasyum Karbonat
KOH	Potasyum Hidroksit
Li ₂ CO ₃	Lityum Karbonat
m-PDA	m-Fenilendiamin
MCFC	Erimiş Karbonat Yakıt Hücresi
N ₂	Azot Gazı
NTDA	1, 4, 5, 8-Naftelentetrakarboksilikdianhidrit
O ₂	Oksijen
OH ⁻	Hidroksit İyonu
PAFC	Fosforik Asit Yakıt Hücresi
PEMFC	Proton Dönüşüm Zarlı Yakıt Hücresi
PSSA-MA	Poli(stiren sülfonik asit-ko-maleik asit)
PVA	Polivinil Alkol
RTG	Radioisotope Thermal Generator (Radyoizotoplu Isıl Üreteç)
SO ₃ ⁻²	Sülfat İyonu
SO ₃ H ⁻	Hidrojen Sülfat İyonu
SOFC	Katı Oksit Yakıt Hücresi
SPA	Sülfonlanmış poli(ftalazin eter keton)
SSA	Sülfosüksinik Asit
TFMB	2, 2 Bis (triflora metil) Benzidin
TGA	Termogravimetrik Analiz
ZrO ₂	Zirkonyum Oksit

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve buna bağlı olarak duyulan enerji ihtiyacı giderek artmakla birlikte, günümüzde kullanılan odun, kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtların zamanla tükenme tehlikesi ve enerji dönüşümü sırasında açığa çıkardıkları atık gazların doğaya ve insan sağlığına olan zararları gibi dezavantajlarının olması bu yakıtlara alternatif olabilecek enerji kaynaklarının araştırılmasına sebep olmaktadır. Bu açıdan çağın ve geleceğin bir numaralı enerji kaynağı olacağına inanılan hidrojenin enerjisi diğer yakıtlara göre daha yüksek ve aynı zamanda çevre dostu temiz bir enerjidir. Günümüzde yaygın olarak çalışılan bir konu, hidrojeni yakıt olarak kullanan yakıt hücreleridir. Yakıt hücreleri kullanılan elektrolite göre sınıflandırılırlar. Polimer Elektrolit Yakıt Hücreleri (PEMFC) işletimlerinin kolay olması, zararlı emisyonlarının olmaması, verimlerinin içten yanmalı motorlara göre çok yüksek olması, yüksek enerji yoğunlukları gibi avantajlara sahiptirler.

Yakıt hücresinin performansının artışıdaki en büyük etken membran yapısıdır. Proton iletken bir malzeme olan proton değişim membranı PEMFC'lerin kalbidir ve genellikle Dupont'un Nafion'u PEM olarak kullanılmaktadır. Nafion'un yüksek maliyeti, yüksek sıcaklıklardaki iletkenlik kaybı ve yüksek metanol geçirgenliği gibi bazı dezavantajlarının olması PEMFC'lerde kullanımlarını sınırlamaktadır. Bu nedenle Nafion yerine kullanılabilecek daha düşük maliyetli ve yüksek sıcaklıklarda iletkenlik özelliği daha iyi olan membranlar araştırılmaktadır.

Bu çalışmada Nafion yerine kullanılabilecek farklı Non-Nafion ve teknik tekstil destekli membranlar üretilmeye çalışılmıştır.

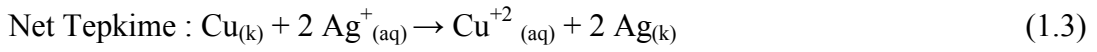
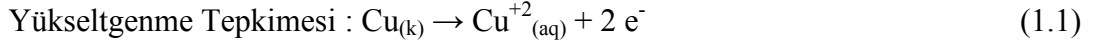
İlgili olarak elektrokimya, membran teknolojisi ve teknik tekstiller hakkında temel bilgiler verilmiştir.

1.1. Elektrokimya

Elektrokimya, elektrik enerjisi üreten veya elektrik enerjisiyle yürüten yükseltgenme indirgenme (redoks) reaksiyonlarının tümünü içine alan bir bilim dalıdır. Elektrokimya elektrik akımının kimyasal reaksiyonlarla olan ilişkisini açıklar.

Bir elektrokimyasal olay mutlaka bir redoks reaksiyonudur. Elektrik üretir veya elektrik akımı yardımıyla bir reaksiyon oluşur. Her redoks reaksiyonu indirgenme yarım reaksiyonu ve yükseltgenme yarım reaksiyonu olmak üzere iki yarım reaksiyondan meydana gelir.

Örnek bir redoks tepkimesi (Evcin, 2011);



şeklinde gösterilebilir.

Kendiliğinden yürüyen (istemli) bir redoks reaksiyonunda (yani elektron alışverişi olan istemli bir reaksiyonda), indirgen tarafından salınan elektronlar yükseltgen olarak davranan maddeye bir tel (veya iletken) üzerinden iletilirse; ortaya reaksiyon enerjisi olarak elektrik enerjisi çıkar. Yani reaksiyon enerjisinin bir kısmı elektrik enerjisine dönüşür. Kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklere **“elektrokimyasal hücre”** veya **“pil”** denir.

Bir pilde iyon akımının sağlandığı çözeltiye **“elektrolit”**, bu çözeltiye daldırılan ve elektrik akımının sağlandığı metal veya grafit çubuğa **“elektrot”** adı verilir.

Her türlü elektrokimyasal pilde yükseltgenme yarım reaksiyonunun olduğu elektrota **“anot”**, indirgenme yarım reaksiyonunun olduğu elektrota ise **“katot”** adı verilir (Evcin, 2011).

1.2. Membranların Tanımı ve Çeşitleri

Genel olarak membran, katı veya sıvı film halinde, belli bir kalınlığı olan bir faz ya da engel olarak tanımlanır. Bu engel katı, sıvı ve gaz olabilmektedir. Katı membranlar daha çok kullanılır. Pil veya elektrokimyasal sistemlerdeki membran, iki çözelti arasında bir ayırma bölgesi olarak da ifade edilebilir. Membranlar, birbirinden

ayırdıkları fazlar arasında moleküler ve iyonik taneciklerin hareketine seçimli olarak engel olurlar.

Membranlar özelliklerine göre iki sınıfa ayrılır:

1. Doğal membranlar
2. Sentetik membranlar

Doğal membranlar biyolojik sistemlerde bulunur ve incelenmeleri daha çok biyokimya kapsamına girer. Sentetik membranlar ise inorganik, polimer ve sıvı membranlar olmak üzere 3 gruptur.

Membranlar:

1. Membran yapısının homojenliğine göre,
2. Simetrik ve asimetrik oluşuna göre de ikiye ayrılır.

Membran yapısının homojenliğine göre de;

- a) Homojen membranlar
- b) Heterojen membranlar şeklinde ikiye ayrılır (Osada, 1992).

Homojen membranlar, paralel ve düşey bir yüzey yapısına sahiptir. Homojen membranların yüzeyinde herhangi bir destek maddesi bulunmaz. Homojen membranlar bir çeşit simetrik membranlardır. Heterojen membranlarda yüzeyde destekli bir grup vardır. Heterojen yapılı membranlar için polisülfon yapıdaki bir membrana poliester kaplanması veya teknik tekstile uygulanması örnek olarak verilebilir.

Membranın simetrik ve asimetrik olması ise, membranın her iki yüzeyindeki fonksiyonel grupların aynı ya da farklı olmasına göre değişmektedir. Poroz bir membranın her iki tarafına aynı grup bağlanırsa simetrik membran, farklı bir grup bağlanırsa asimetrik membrandır (Alkan, 2006).

1.3. Membran Teknolojisi

Günümüzde membran teknolojisi ayırmalarda oldukça fazla uygulama alanı bulmakta ve uygulama kolaylığı bakımından tercih edilmektedir. Özellikle su arıtmada ve ayırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Bir membran prosesinde iki fazı fiziksel olarak ayıran üçüncü bir faz olan membrana ihtiyaç vardır. Yani membran, iki faz arasında bir ara fazdır. Membran homojen bir faz olabildiği gibi fazların heterojen bir toplamı da olabilir. Membran fazı diğer fazlarla karşılaştırıldığında en azından iki boyut olarak daha incedir (Alkan, 2006).

Bir membran prosesinde iki faz arasına yerleştirilen membran fazı, bu iki faz arasındaki kütle değişimini kontrol eder. Bir membran ayırma prosesindeki fazlar karışımlardır. Bu sebeple ayırma prosesinde karışımdaki bileşenlerden birisinin diğerine tercihen değişimine izin verilir, yani membran diğer bileşenlere karşı seçici davranır. Bu yüzden bir fazda bileşenlerden birisi zenginleşirken diğer fazda ise hızla azalır (Gürler, 2007).

Bu açıklamalar kapsamında membran prosesi; bir bileşenin membran tarafından ayrılan bir fazdan diğer faza seçici ve kontrollü olarak taşınması şeklinde tanımlanabilir. Herhangi bir türün membran üzerinden hareketine bir veya iki yürütücü kuvvet (itici güç) sebep olur. Bu yürütücü kuvvetler bir kimyasal potansiyel veya elektrik potansiyel değişiminden kaynaklanır (Gürler, 2007).

Membran proseslerinin kullanıldığı başlıca endüstri alanları şunlardır: Kimya sanayi, eczacılık, petrol endüstrisi, hidrometalurji, elektrodializ, çevre, gıda teknolojisi, ekstraksiyon, diyaliz, ultrafiltrasyon, genetik, tekstil ve elektronik endüstrisi vb. Son zamanlarda tekstil alanındaki en çok kullanım yeri ise yakıt (pilleri) hücreleridir (Alkan, 2006).

1.4.Yakıt Hücrelerinde Kullanılan Membran

Günümüzde özellikle PEM yakıt pillerinde membran olarak Nafion kullanılmaktadır. Ama bazı dezavantajları nedeniyle Non-Nafion malzemeler araştırılmaktadır.

1.4.1. Nafion

Nafion 1960'ların sonunda Dr. Walter Grot at Dupont de Nemours tarafından bulunmuş, sülfona tetraflor etilen kopolimeridir. İyonomerler olarak adlandırılan iyonik özellikli sentetik polimer sınıfının ilkidir. Molekül formülü $C_7HF_{13}O_5S.C_2F_4$ 'dür. Nafionun eşsiz iyonik özellikleri, sülfonat gruplarıyla sonlanmış perflorovinil eter gruplarının bir tetrafloroetilen ($CF_2=CF_2$) omurgası üzerine aşılmasının bir sonucudur. Nafion mükemmel termal ve mekanik kararlılığa sahip olması nedeniyle, proton değişim membran (PEM) yakıt hücrelerinde proton iletken olarak önemli ölçüde kullanılmaktadır (Turhan, 2010).

Bu zar ticari olarak değişik ebatlarda olmak üzere 0.05 mm ile 0.18 mm arasında değişen kalınlıklarda bulunabilmektedir. Bu zarların yüksek kimyasal dirence, mekanik sağlamlığa ve iyi proton iletkenliğe sahip olmaları açısından yaygın bir kullanımı vardır. En basit haliyle proton değişim zarlı yakıt hücresi, platin kaplanmış gözenekli elektrotlar arasına sandviçlenmiş, perflorosülfonik asit gibi bir proton değişim zarından meydana gelmektedir. Elektrotların gözenekli oluşu gaz geçirgenliğini sağlamakta olup karbon dokumalar kullanılabilmektedir. Bu elektrotların platinle kaplı (yükü) olması, proton değişim zarlı yakıt hücresinin çalışması esnasında meydana gelen elektro-kimyasal tepkimenin ekzotermik olması nedeniyle aktivasyon enerjisinin düşürülmesini amaçlamaktadır. Sonuç olarak elektrotlarla proton değişim zarının bir araya getirilerek birleştirilmiş yapısına elektrot-zar yapısı adı verilmektedir. Bu yapı proton değişim zarlı yakıt hücresinin kalbini teşkil etmektedir (Kellegöz, 2005; Grubb, 1957; Grune,1992; Liu,1996).

1.4.2. Non-nafion membranlar

PEM yakıt hücrelerinin ticari boyutta yaygın olarak kullanılmalarındaki en önemli problem yüksek maliyetleridir. Bu yüksek maliyetinin nedeni membran sentezinde kullanılan karmaşık yöntemlerdir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan Nafion membran yüksek maliyeti, üretim işlemlerinin karmaşıklığı, yüksek metanol geçirgenliği, su kaybından dolayı 80 °C'den yüksek sıcaklıklardaki zayıf performansı gibi dezavantajları, kendisine alternatif olabilecek Non-Nafion olarak adlandırılan birçok membran üzerinde çalışılmıştır (Turhan, 2010).

1.5. Teknik Tekstiller

Özel olarak tasarlanan, herhangi bir üründe, süreç dâhilinde veya yalnız başına belirli bir özelliği yerine getirmek amacıyla kullanılan malzemelere “**teknik tekstil**” denir (İTKİB Genel Sekreterliği, 2005). Bu malzemeler yüksek teknik ve kalite gereksinimlerini (mekanik, termal, elektriksel, dayanıklılık vb.) karşılayabilme kapasitesine sahiptirler. Teknik tekstiller bu terimlerden başka, endüstriyel tekstiller, yüksek performanslı tekstiller, yüksek teknik tekstiller, geleneksel olmayan tekstiller, mühendislik tekstilleri diye de isimlendirilebilir (Emek, 2004).

Teknik tekstillerin kullanım alanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Taşımacılık teknik tekstilleri (mobitech)
2. Hijyen ve tıbbi teknik tekstiller (medtech)
3. Jeotekstiller (geotech)
4. Endüstriyel tekstiller (indutech)
5. Koruyucu giysiler (protech)
6. Bina ve inşaat teknik tekstilleri (bultech)
7. Tarım teknik tekstilleri (agrotech)
8. Aktif spor ve boş zaman teknik tekstilleri (sporttech)
9. Ev teknik tekstilleri (hometech)
10. Ambalaj teknik tekstilleri (packtech)
11. Giyim teknik tekstilleri (clothtech)
12. Ekolojik ve çevre teknik tekstilleri (ecotech)
13. Gıda teknik tekstilleri (foodtech)
14. Akıllı tekstiller (smarttech)
15. Elektronik tekstiller (e-tech)

1.5.1. Taşımacılık teknik tekstilleri

Taşımacılıkta kullanılan teknik tekstiller dekorasyon, izolasyon, filtreleme gibi işlevlerin yanı sıra araçlarda konfor da sağlamaktadır. Ayrıca, tekstil malzemeleri taşıtların zırh kaplamalarında da yoğun olarak kullanılmaktadır. Taşımacılıkta kullanılan teknik tekstil ürünlerini emniyet kemerleri, hava yastıkları, koltuk

kumaşları, oto aksesuarları, oto kılıfları, koltuk kılıfları, filtreler, halı tabanları, kord bezi, kompozit takviyeleri, hortum ve kayış takviyeleri gibi ürünler oluşturmaktadır (Tekstil Teknik, 2009).

1.5.2. Hijyen ve tıbbi teknik tekstiller

Günümüzde cerrahi ürünlerden sargı bezlerine, yapay organlardan damar greftlerine kadar çok farklı ürünlerde teknik tekstil ürünleri kullanılmaktadır. Günümüzde tıbbi tekstil sektörü tekstil endüstrisinin önemli ve gelişen bir bölümüdür. Polimer teknolojisine bağlı olarak mevcut liflerin geliştirilmesi, yeni liflerin üretilmesi ve tekstil yapılarının çeşitlenmesi sonucu, tıp ve cerrahinin pek çok alanında kullanılmaya uygun tıbbi tekstiller olarak adlandırılan bu ürünler insanların ve hayvanların tıbbi bakımı ve hijyeni için kullanılırken, personelin ve teçhizatın korunmasına da yardım ederler (Cireli vd., 2007).

1.5.3. Jeo tekstiller

Jeotekstiller; binalarda temel malzemesi, toprak, kaya, yer ile insan ürünü projelerin, yapıların ve sistemlerin entegre bir parçası olarak ilgili maddelerle birlikte herhangi bir jeoteknik mühendisliğinde kullanılan tekstil ürünleridir. Jeo tekstiller pamuk, yün gibi doğal elyaflardan ziyade sentetik elyaflardan üretilen tekstil ürünleridir (Turhan, 2010).

1.5.4. Endüstriyel tekstiller

Endüstriyel tekstiller doğrudan endüstriyel işlemlerde kullanılan filtreler, taşıma bantları ve aşındırma bantları, baskılı devre plakeleri, temizlik bezleri, contalar, sızdırmazlık elemanları ve diğer endüstriyel ekipmanlar gibi endüstriyel ürünlerin içine dâhil edilen tekstil ürünlerini kapsamaktadır (Tekstil Teknik, 2009).

1.5.5. Koruyucu giysiler

Koruyucu giysiler kişinin çeşitli tehlikelerden korunmasını sağlamak veya bu riski azaltmak için giyilen giysilerdir. İtfaiyeci giysileri, kaynakçılar için erimiş metallere

karşı koruma giysileri, kurşun geçirmez yelekler vb. için ısı ve radyasyona karşı koruma yüksek performanslı liflerden yapılmış teknik tekstiller ile sağlanmaktadır (Turhan, 2010).

1.5.6. Bina ve inşaat teknik tekstilleri

Günümüzde hava alanları, stadyumlar, spor salonları, fuar ve gösteri salonları, askeri ve endüstriyel depolar gibi yerlerde bu malzemeler oldukça sık kullanılmaktadır. Betonların kuvvetlendirilmesi, kopma ve eğilme mukavemetlerinin artırılması amacıyla lif kullanmak (fiber-reinforced concrete) artık tüm inşaat sektöründe yaygın olarak başvurulmuş bir yöntemdir. Bu malzemeler kompozit olarak adlandırılmaktadır (Turhan, 2010).

1.5.7. Tarım teknik tekstilleri

Balıkçılıkta, tarımsal ürünlerin paketlenmesinde, bitkilerin büyüme sürecinin hızlandırılmasında, ürünlerin UV ışınlarından korunmasında, besicilikte hayvanların hava şartlarından korunmasında, tarımsal alanların ilaçlanmasında, yabancı otların büyümesinin önlenmesinde, erozyon ve drenaj gibi birçok uygulamada tarım teknik tekstilleri kullanılmaktadır (İTKİB Genel Sekreterliği, 2005).

1.5.8. Aktif spor ve boş zaman teknik tekstilleri

Tekstil malzemeleri hemen hemen bütün spor aktivitelerinde kullanılır hale gelmiştir. Spor giysileri olarak kullanılan tekstiller yüksek performans özelliği olan lif ve kumaşlardan oluşmaktadır. Örneğin yüzücü mayoları, jimnastik ve kayak giysileri, orijinal boylarının 5 katı daha fazla uzama özelliğine sahip Spandex, Lycra ve Elastan olarak isimlendirilen poliüretan köpük liflerinden yapılmaktadır (Tekstil Teknik, 2009).

1.5.9. Ev teknik tekstilleri

Kumaşlar, nonwoven ürünler ve kompozit takviyeleri dışındaki diğer tekstiller için en büyük kullanım alanı ev tekstilleri, döşemelikler, özellikle votka ve dolgu lifi

uygulamalarındaki serbest liflerin kullanımlarını kapsamaktadır. Mükemmel yalıtım özellikleri bulunan içi boş lifler geniş çapta yatak ve uyku tulumlarında kullanılmaktadır. Diğer tipteki lifler ise yangın ve sağlık problemleri nedeniyle hızla mobilyalardaki köpüklerin yerini almaya başlamıştır. Dokuma kumaşlar halen halı ve mobilya altlıklarında ve perde bantları gibi daha özel ve daha küçük alanlarda kullanılmaktadır (Turhan, 2010).

1.5.10. Ambalaj teknik tekstilleri

Ambalaj piyasasının hızla büyüyen bir bölümü dahi, özellikle gıda endüstrisinde, birçok sarma ve koruma uygulamalarında hafif ağırlıklı nonwoven ve örme yapılarını kullanmaktadır. Çay ve kahve poşetleri ıslak serimli nonwoven ürünlerinden yapılmaktadır. Etler, sebzeler ve meyveler sıvıların emilmesi için nonwoven seralarla paketlenmektedir. Diğer meyveler ve sebze ürünleri örme ağ paketlerde satışa sunulmaktadır (Tekstil Teknik, 2009).

1.5.11. Giyim teknik tekstilleri

Giyim teknik tekstilleri hazır giyim ve ayakkabı sektörlerinde kullanılan telalar, vatkalı, dikiş iplikleri, ayakkabı bağı ve izolasyon malzemelerinden oluşmaktadır. Tekstil ve hazır giyim ürünlerine su geçirmezlik, leke tutmazlık, buruşmazlık, anti mikrobiyalite, anti statiklik, UV koruyuculuk, yanmazlık veya güç tutuşurluk ve daha iyi boyanabilirlik gibi özellikler kazandıran nanoteknoloji tabanlı ürünler geliştirilmiş ve kullanımları yaygınlaşmaya başlamıştır (Üreyen, 2006).

1.5.12. Ekolojik ve çevre teknik tekstilleri

Ekolojik ve çevre teknik tekstilleri taşıt araçlarında ve sanayide kullanılan filtreler, erozyonu önlemede kullanılan jeo tekstiller gibi diğer alanlarda kullanılan ürünlerden oluşmaktadır (Tekstil Teknik, 2009).

1.5.13. Gıda teknik tekstilleri

Gıda ürünlerinin üretim ortamında taşınması, raflarda bekletilmesi işlemlerinde, artık kolay temizlenebilir teknik tekstiller tercih edilmektedir. Gıdaların ısıtılması, kaynatılması ve servis edilmesi safhalarında da koruma amaçlı non-woven ve teknik tekstil ürünlerinin ilk örnekleri büyük ilgi görmüştür. Çok yeni bir kategori olması ve hijyenik faydaları bu teknik tekstillerin önemini artırmaktadır (Turhan, 2010).

1.5.14. Akıllı tekstiller

Akıllı materyaller ve yapılar, mekanik, ısı, kimyasal, manyetik ve diğer çevresel kaynaklardan gelen etkileri algılayan ve bunlara tepki gösteren yapılar ve materyaller olarak tanımlanır. Akıllı tekstil materyalleri elektrik iletme özelliklerine, yumuşak tutuma ve sıcak tutma özelliğine sahiptirler.

Akıllı giysi uygulamaları şunlardır (Özbek, 2006):

- Biyolojik, kimyasal etkileri algılama ve bunlara cevap verme
- Bilgisayardan bilgi ve polimer pilden enerji iletimi
- RF sinyallerinin gönderilmesi ve alınması, kimyasal ve biyolojik kirlenme olduğunda sesle otomatik uyarı sistemi
- Kendini onarma, yüksek mukavemetli lifler ile takviye edilen kumaşlar kişiyi darbeye karşı korumak amacıyla kullanılmakta
- Bariyer tabakaları içeren kumaşlar kişiyi zehirli maddelerden koruyabilir.
- Yer bildirme
- Işık yayma
- Güneş enerjisini depolama ve kullanma
- Optik kamuflaj
- Isıya göre uzayıp kısılma

1.5.15. Elektronik tekstiller

Gelecekte giysiler sadece gerektiği gibi kişileri sıcak veya serin tutmakla kalmayacak, aynı zamanda yetenekleri sayesinde dış etkiler ve tehlikeler konusunda

kişileri uyarabilecek, tedavi amaçlı kullanılacak, herhangi biri kaybolduğunda bulunduğu yeri saptayabilecek ve fiziksel olarak herhangi bir aktivite yerine getirilemediği durumlarda başkaları ile iletişim kurulmasını sağlayabilecektir (Tekstil Teknik, 2009). Son altı yıl içinde elektriği iletebilen polimerlerin ve giysilerin birleştirilmesine yönelik çalışmalar sonucu, sporculara yaptıkları hareketlerin yanlış olduğunu bildiren, zamanla doğru refleksleri kazanmalarına yardımcı olan akıllı bir dizlik geliştirilmiştir (Turhan, 2010).

Elektronik tekstillerin giyim dışında bir kullanım alanı da yakıt hücrelerindedir. Hücre membranının gaz difüzyon tabakasına destek malzeme olarak kullanılabilirler. Yakıt hücreleri kimyasal enerjiyi doğrudan elektrik enerjisine çeviren güç iletim elemanlarıdır. Genel olarak bir yakıt hücresi şöyle çalışır. Anotta hidrojen molekülü elektron verir ve H^+ şekline dönüşür. Elektronlar dış hat ile katoda doğru ilerlerken, bizim ihtiyacımız olan elektrik enerjisini üretirler. Hidrojen iyonları yakıt hücresinin tipine göre farklılık gösteren elektrolitten geçerek katoda ulaşır. Katoda geçen hidrojen iyonu ve havada bulunan oksijen dış hattan gelen elektronlarla birleşerek su oluşturur (Şengül, 2007). Yakıt hücresinin temel bileşenleri olan bu hidrojen yakıtı ve oksijen oksitleyicinin, iletkenliği sağlayan membrana ulaşması gaz difüzyon tabakaları sayesinde. Bu nedenle gaz difüzyon tabakasında kullanılan destek malzemenin yapısı oldukça önemlidir. Bu destek malzemenin iletkenliği, iyi iletkenlik gösteren bir elektronik tekstil materyalinden oluşması, yakıt hücresinin verimini arttıracaktır (Turhan, 2010).

1.6. Yakıt Hücreleri

1.6.1. Yakıt hücresi

Yakıt hücresi (pili), enerji üretiminde kullanılan verimli, sessiz, çevre ile uyumlu ve elektrokimyasal prensipte yakıt enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren güç üretim elemanıdır. İlk gerçek uygulaması NASA tarafından yapılmış, alkali yakıt hücreleriyle, Gemini ve Apollo uzay programları boyunca enerji sağlamada kullanılmıştır (Tarcan, 2007).

Klasik çevirim teknolojisinde, kimyasal (iç) enerji yanma tepkimesi ile ısıya, ısı da bir güç çevirimi ile (Rankine çevirimi) mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Mekanik enerji jeneratörlerle elektriğe dönüştürülürken de yeni kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıplar sistemin verimini düşürmekte ve kalabalık bir makine topluluğu gerektirmektedir. Oysa yakıt hücreleri, tipine göre 25-1000 °C arasında değişik sıcaklıklarda, çok az gürültü ile çalışabilen ideal çevirim araçlarıdır. (Blomen et al, 1993; Özdemir ve Kılıçaslan 1995; Tüsiad 1998)

Yakıt hücrelerinin diğer ikincil (sekonder) pillerle benzerlikleri olsa da, onlardan farklı olarak sürekli çalışırlar, tekrar şarj edilme gibi bir sorunları yoktur, elektrot tepkimelerinden elektrotların ve elektrolitin bileşimleri etkilenmez, ayrıca kullanım ömrü sonunda atılması söz konusu değildir. Yakıt beslemesi yapıldığı sürece akım verebilmeleri yakıt hücrelerinin en önemli avantajlarından biridir. Ayrıca çevresel kirlilik oranı çok düşüktür. Hidrojen yakıt olarak kullanıldığında ortaya sadece enerji ve saf su çıkar, bu sebeple onlara sıfır emisyonlu makineler de denilebilir. Yakıt hücrelerinde sadece elektron alışverişi olduğundan, yani kimyasal enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesine gerek olmadığından yüksek verimle çalışırlar. Ayrıca düşük sıcaklıklarda çalışabilmesi yakıt hücrelerinin önemli bir avantajıdır (Tarcan, 2007).

1.6.2. Yakıt hücresi çalışma prensibi

Bir yakıt hücresi, elektrolit tabakasının iki yanına yerleştirilen bir anot (negatif elektrot) ve bir de katot (pozitif elektrot) olmak üzere iki elektrottan meydana gelir. Elektrotlar gözenekli metal veya karbondan yapılmış olup, aradaki elektrolit sadece iyonların içerisinden geçişine izin veren bir yapıdadır. Bu elektrolit; sodyum veya potasyum gibi bir bazik çözelti, erimiş karbonat, seramik veya polimerik bir katı olabilmektedir. Elektrolitin kullanılma amacı; elektronik bir ayırma sağlamak ve elektrokimyasal potansiyelleri farklı olduğu düşünülen iki elektrot arasındaki iyonik bağlantıyı sağlamaktır. Anot ve katot arasındaki potansiyel farkı (daha doğru bir deyimle kimyasal aktivite farkı), kimyasal enerjinin doğrudan elektrik enerjisine dönüşmesini sağlamaktadır.

Yakıt hücresinin çalışması kısaca şu şekilde özetlenebilir; Sistem içerisinde bulunan anoda yakıt gönderilir. Bu yakıt hidrojen, etanol veya metanol olabilir. Katoda ise hava veya oksijen gönderilir. Yakıttan ayrılan elektronlar, bir dış devre üzerinden katoda doğru devam ederken, iyonlar da elektrolit üzerinden katoda doğru hareket eder. İyonlar burada katottan gelen elektronlar ve hava ile reaksiyona girer ve devre tamamlanır. Böylelikle dış devreden dolaştırılan elektronların bulunduğu akım kolunda elektrik akımı oluşur. Yakıt hücresinde tek bir hücre gerilimi 1 volttan az olduğundan, gerekli elektrik enerjisini üretmek için birden fazla yakıt hücresinin seri halde bağlanılarak kullanılması yoluna gidilmektedir.

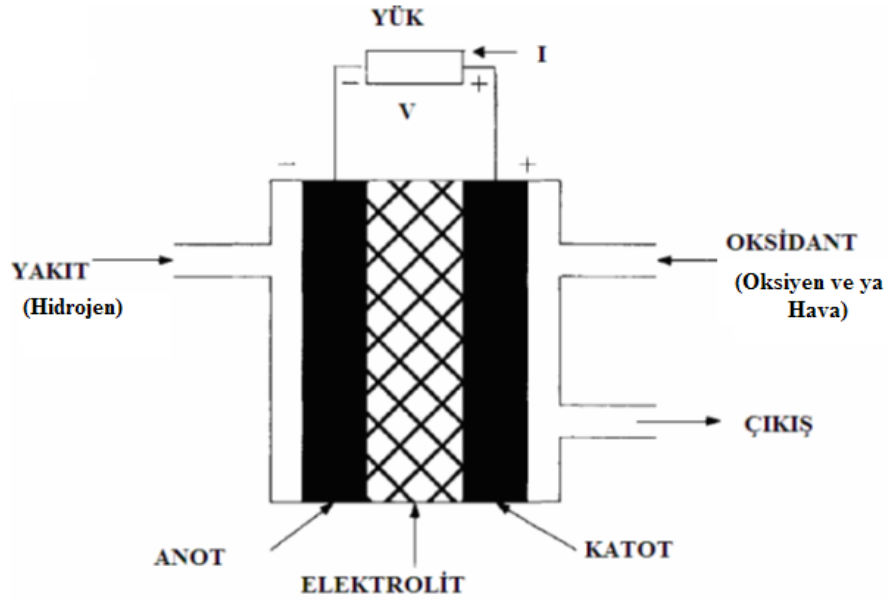
Hidrojen yakıt hücresinde, anot ve katot tabakasındaki reaksiyonlar en temel haliyle aşağıdaki şekilde verilebilir;



Toplam reaksiyon;



Anottaki tepkime hidrojenin yükseltgenme tepkimesi, katottaki tepkime ise oksijenin indirgenme tepkimesidir. Anot ve katodu ayıran elektrolit, içerisinden sadece iyonların geçişine izin veren bir yapıdadır. Kullanılan elektrolit tipine bağlı olarak yakıt hücresinin tipi, çalışma sıcaklığı, iletilen iyonun türü ve aktarım yönü değişiklik göstermektedir. Bir yakıt hücresinin şematik resmi Şekil 1.1’de gösterilmiştir (Tarcan, 2007)



Şekil 1.1. Yakıt hücresinin şematik resmi (V=Volt, I=Akım) (Tarcan, 2007)

Yakıt hücrelerinin tiplerine göre çalıştırılma koşulları değişmektedir. Bu koşulların değişmesi her bir hücre türüne bazı avantaj ve dezavantajlar sağlamaktadır. Genel olarak, yakıt hücrelerinin diğer enerji üreteçlerine göre avantajları aşağıdaki gibi sayılabilir;

- Enerji doğrudan elektrik enerjisine dönüşür. Sadece elektron alışverişi olması sebebiyle yüksek verim elde edilir.
- Enerji dönüşümü sırasında hareket eden parça yoktur. Bu da enerji kayıplarının oluşmasını engeller.
- Sessizdir.
- Düşük sıcaklıklarda yüksek kullanılabilirlik sağlar.
- Kolay yerleştirilebilir ve kullanılabilir.
- Yakıt türü değiştirilebilir.
- Düşük sıcaklıkta çalışabilmesi sebebiyle güvenlidir.
- Boyutları değiştirilebilir.
- Hızlı bir şekilde yükleme yapılabilir.
- Çevresel kirlilik oranı çok düşüktür. (Blomen et al, 1993; Dicks and Larminie, 2001; Kadırgan ve Fıçıoğlu, 1992; Fuel Cell Handbook 2002).

1.6.3. Yakıt hücresi çeşitleri

Yakıt hücreleri çalışma sıcaklık aralığına göre; düşük ve yüksek sıcaklık yakıt pilleri olarak sınıflandırılabilirler (Pakalapati, 2003; Carrette 2000). Fakat günümüzde daha çok bu sınıflandırma yerine yakıt hücreleri elektrolit kısmını oluşturan malzeme cinsine göre farklı tiplere ayrılır. Bu çeşitlilik temel çalışma prensibini etkilemez, ancak performansların, çalışma koşullarının ve uygulama alanlarının farklılaşmasına yol açar (Mugikura, 2002).

Uygulamada en sık karşılaşılan yakıt hücresi tipleri şunlardır (Carrette, 2000; Acres, 2001):

- Alkalin Yakıt Hücresi (AFC)
- Katı Oksit Yakıt Hücresi (SOFC)
- Fosforik Asit Yakıt Hücresi (PAFC)
- Erimiş Karbonat Yakıt Hücresi (MCFC)
- Direkt Metanol Yakıt Hücresi (DMFC)
- Proton Dönüşüm Zarlı Yakıt Hücresi (PEMFC)

Yakıt hücresi çeşitleri ve özellikleri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Yakıt hücresi çeşitleri ve özellikleri (Oral, 2005)

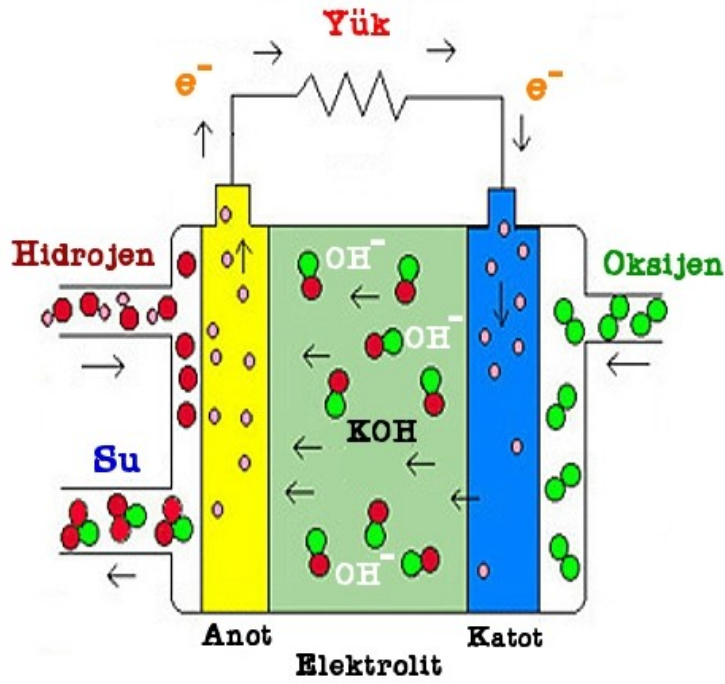
Yakıt (Pili) Hücresi	Elektrolit	Çalışma Sıcaklığı	Elektriksel Verim	Yakıt/Oksitleyici
Alkalin	Potasyum hidroksit çözeltisi	Oda sıcaklığı-250 °C	% 60-70	H ₂ /O ₂
Katı Oksit	Erimiş alkali metal karışımı	800-1000 °C	% 60-65	Doğalgaz, biogaz, kömür gazı, H ₂ /O ₂ , hava
Fosforik Asit	Sıvı fosforik asit	160-220 °C	% 55	Doğalgaz, biogaz, H ₂ /O ₂ , hava
Erimiş Karbonat	Alkali karbonatlar	620-660 °C	% 65	Doğalgaz, biogaz, kömür gazı, H ₂ /O ₂ , hava
Direkt Metanol	Polimer membran	Oda sıcaklığı-130 °C	% 20-30	CH ₃ OH/O ₂ , hava
PEM	Proton dönüşüm zar (membran)	Oda sıcaklığı-80 °C	% 40-60	H ₂ /O ₂ , hava

1.6.3.1. Alkalın yakıt hücresi (AFC)

Geliştirilen ilk yakıt (pili) hücresi tipi olup, NASA uzay programlarında geniş kullanım olanağı bulmuştur. Bu tip yakıt hücrelerinde elektrolit olarak potasyum hidroksit kullanılır. Kullanılan potasyum hidroksitin derişimine bağılı olarak çalışma sıcaklığı 120 °C'den az ya da 250 °C'nin üzerinde olabilmektedir. Fakat çoğunlukla kullanılan alkalın yakıt hücreleri düşük çalışma sıcaklığında (23 °C–70 °C) çalışacak tarzda dizayn edilmektedir. Verimleri ise % 60'lara kadar çıkmaktadır (Veziroğlu, 1998).

Alkalın yakıt hücresi oksitleyici ya da yakıtta yer alan karbondioksit'e karşı oldukça duyarlıdır. Çünkü karbondioksit, elektrolitte yer alan potasyum hidroksit ile tepkimeye girebilmekte ve elektroliti tükettiğı gibi, elektrotları da olumsuz yönde etkilemektedir (Veziroğlu, 1998).

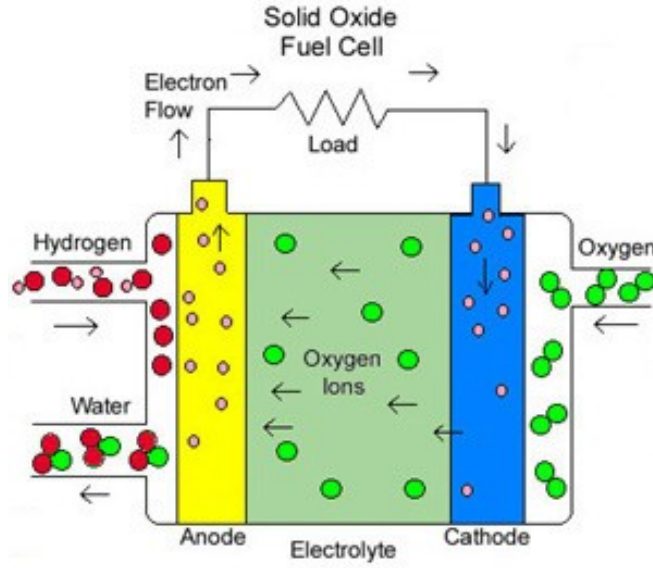
Alkalın yakıt hücresinin çalışması ise genel olarak farklılık göstermez. Yakıt olarak gönderilen hidrojen molekülleri anotta elektron vererek, hidrojen iyonlarına dönüşür. Bu iyonlar potasyum hidroksit elektrolitten yoluna devam ederken, elektronlar ise bir dış devre üzerinden katoda ulaşır. Burada hidrojen iyonları, katoda gönderilen oksijen ve dış devreden gelen elektronlar reaksiyona girerek devre tamamlanır. Reaksiyon sonunda su açığa çıkar. Çoğu alkali yakıt hücresinin düşük çalışma sıcaklığında olması nedeni ile kojeneratif dönüşüm imkânı sınırlıdır. Alkalın yakıt hücresinin şematik gösterimi Şekil 1.2'de verilmiştir (Oğuz, 2006).



Şekil 1.2. Alkalın yakıt hücresi (AFC) (Oğuz, 2006)

1.6.3.2. Katı oksit yakıt hücresi (SOFC)

Yapısı ve kullanılan malzemeler açısından geliştirilme aşamasındadır. Bu tip yakıt hücrelerin çalışma sıcaklığı yaklaşık 1000 °C olduğu için, hücre elektrotu yüksek sıcaklığa dayanıklı olan seramikten yapılır. Elektrolit olarak ZrO_2 kullanılmakla beraber buna molar % 8-9 kadar Y_2O_3 şeklinde tanımlanabilecek metal oksit (Y, +3 değerlikli bir metalin oksitini belirtir.) ilavesi ile yalıtkan olan zirkonya ya iletkenlik kazandırılmaktadır (Tübitak, 2001). Elektrolit olarak katı elementler kullanıldığından elektrolit buharlaşması veya azalması meydana gelmez ve elektrolit besleme mekanizmasına ihtiyaç göstermez. Genellikle endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır ve verimleri % 50-60 civarındadır. Kojeneratif uygulamalar halinde ise verimde % 80-85 seviyelerine ulaşılmaktadır. Katı oksit yakıt hücresinin şematik gösterimi Şekil 1.3'te verilmiştir (Oğuz, 2006).

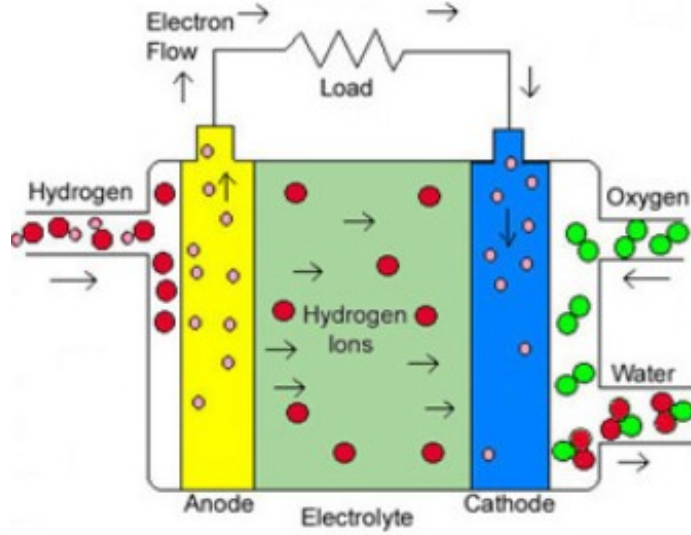


Şekil 1.3. Katı oksit yakıt hücresi (SOFC) (Oğuz, 2006)

1.6.3.3. Fosforik asit yakıt hücresi (PAFC)

Elektrolit olarak sıvı fosforik asit çözeltisi, katalizör olarak ise genellikle platinyum kullanılır. Çoğunlukla stasyonær güç üretiminde kullanılırlar. Bazı taşıt uygulamalarında da kullanımı söz konusudur. Tipik çalışma sıcaklığı 150–220 °C aralığındadır. Normal çalışma durumunda verimleri % 37-42 aralığındaki bu yakıt hücrelerinde, kojeneratif uygulamalar ile verim % 85'lere kadar çıkabilmektedir. Fosforik asit yakıt hücrelerinde güç yoğunluğu diğær yakıt hücresi tiplerine göre daha azdır. Bu ise daha ağır olmalarına ve daha fazla hacim kaplamalarına yol açar. Fosforik asit yakıt hücreleri karbondioksitten etkilenmediğı için, kullanılan yakıtta karbondioksitin bulunması sorun çıkarmaz (Veziroğlu, 1998).

Çalışmasında anoda gönderilen hidrojen moleküllerinden elektronların ayrılması ile oluşan hidrojen iyonları fosforik asit elektrolitten, elektronlar ise dış devreden katoda ulaşır. Burada oksijen ile bir araya gelen hidrojen iyonları ve elektronların reaksiyonu ile devre tamamlanır. Fosforik asit yakıt hücresi şematik gösterimi Şekil 1.4'te verilmiştir (Oğuz, 2006).

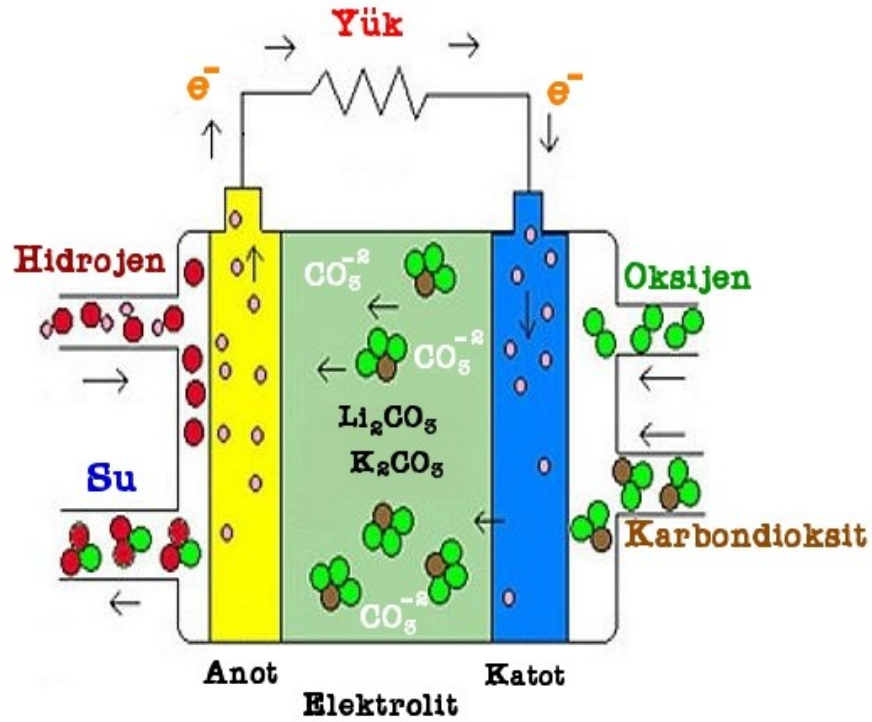


Şekil 1.4. Fosforik asit yakıt hücresi (PAFC) (Oğuz, 2006)

1.6.3.4. Erimiş karbonat yakıt hücresi (MCFC)

Bu tip yakıt hücrelerinin elektroliti; lityum, sodyum ve potasyum karbonatların kombinasyonundan oluşur. Daha çok yakıt olarak doğal gaz kullanılır ve özellikle enerji santrali, endüstriyel ve askeri uygulamalarda tercih edilir. Çalışma sıcaklığı 600-700 °C aralığındadır ki bu seviyede elektrolitin iyonik iletkenliği oldukça yüksektir. Yüksek çalışma sıcaklıkları nedeni ile katalist olarak soy metallere ihtiyaç duyulmaz (Veziroğlu, 1998). Verimleri normal koşullarda % 60'lara ulaşmaktadır. Kojeneratif uygulamalar halinde ise bu % 80'lere çıkabilmektedir. Erimiş karbonat yakıt hücrelerinin önemli bir özelliği ise diğer yakıt hücrelerinde gerek duyulan harici yakıt işlemcisine ihtiyaç duyulmamasıdır. Çünkü yüksek sıcaklıkta bu işlem yakıt hücresi içinde yapılmakta, yakıttan hidrojen ayrışmaktadır. Bu ise prosesleri ve maliyetleri olumlu yönde etkilemektedir.

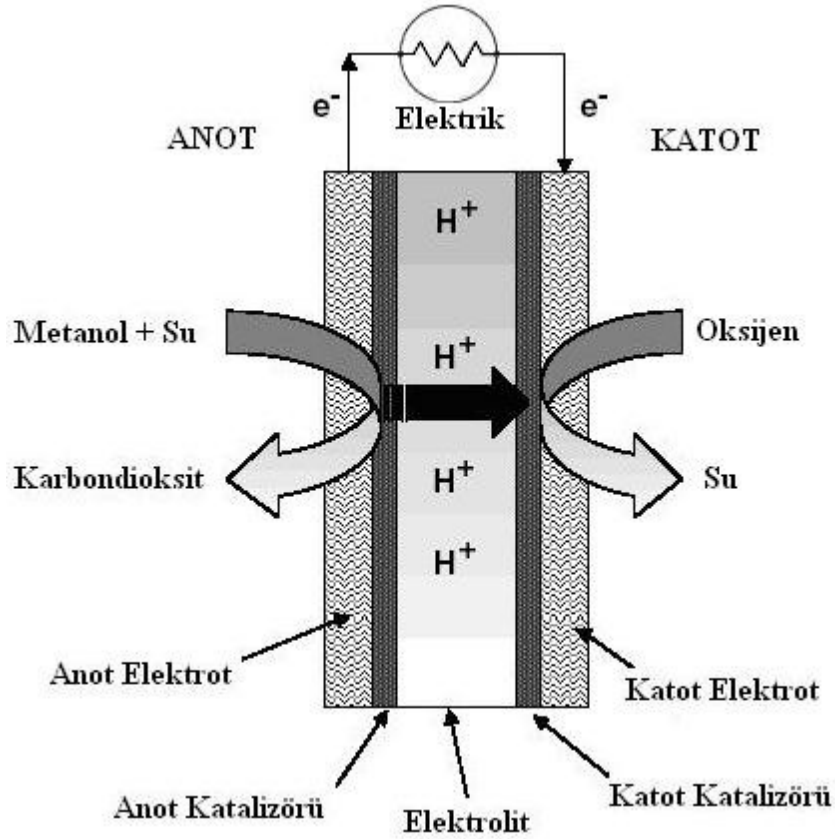
Erimiş karbonat yakıt hücresi karbonmonoksit ve karbondioksit duyarlı değildir ve yakıtta bu gazların bulunmasından etkilenmez. Bu tür kirliliğe karşı oldukça dirençlidir. En önemli dezavantajları ise dayanıksızlıklarıdır. Yüksek sıcaklıkta çalışıyor olması korozyon elektrolitleri nedeni ile performans düşüşü, korozyon oluşumu yakıt hücresi ömrünü azaltır. Erimiş karbonat yakıt hücresi şematik gösterimi Şekil 1.5'te verilmiştir (Oğuz, 2006).



Şekil 1.5. Erimiş karbonat yakıt hücresi (MCFC) (Oğuz, 2006)

1.6.3.5. Direkt metanol yakıt hücresi (DMFC)

Çalışma prensibi olarak PEM yakıt hücresine benzerlik gösteren direkt metanol yakıt hücrelerinde, sıvı yakıt kullanılmakta olup, yakıt işleme ünitesi yoktur. Elektrolit olarak katı polimer membranın kullanıldığı bu tip yakıt hücrelerinde, temel olarak tüm organik moleküller enerji dönüşümünde kullanılabilir. Bu noktada metanol tercih nedeni olabilecek özelliklere sahiptir. Bu özelliklerden birisi ise (hidrojen ile karşılaştırıldığında düşük olsa da) yüksek dönüşüm hızıdır. PEM yakıt hücrelerinden temel farklılığı, dönüştürücü gerektirmeksizin metanolün yakıt olarak kullanılabilmesidir. Genellikle sisteme metanol su karışımı gönderilir ve böylelikle hem membranın nemlendirilmesi hem de soğutulması aynı anda gerçekleştirilir. Çalışma sıcaklığı PEM yakıt hücrelerine göre biraz yüksektir, 80-130 °C aralığındadır. Verimleri ise % 40 seviyesindedir. PEM yakıt hücrelerine göre daha fazla katalist kullanımı gerekliliği vardır. Direkt metanol yakıt hücresi şematik gösterimi Şekil 1.6'da verilmiştir (Oral, 2005).



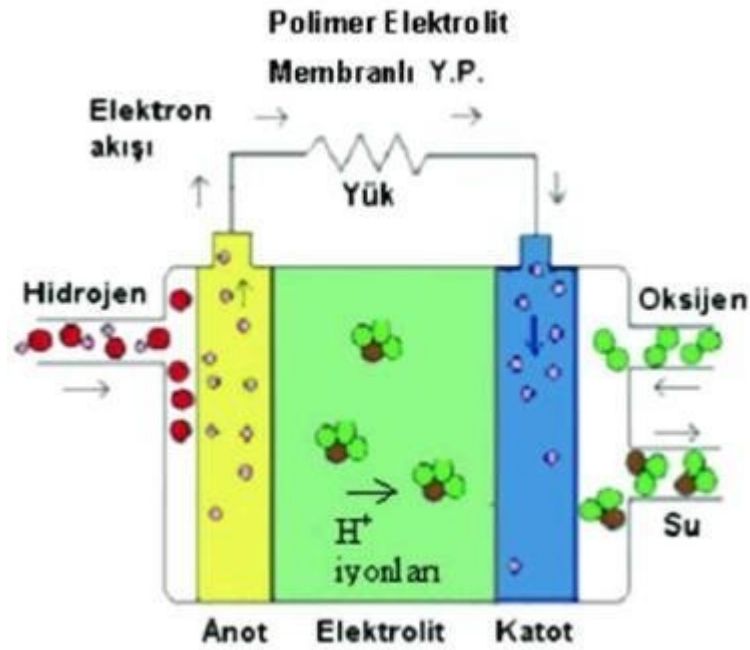
Şekil 1.6. Direkt metanol yakıt hücresi (DMFC) (Yıldızbilir,2006)

1.6.3.6. Polimer elektrolit membran yakıt hücreleri (PEMFC)

Polimer elektrolit membran yakıt hücreleri yüksek enerji yoğunluğu ile teknolojik olarak durağan ve hareketli uygulamalar için dikkat çekmektedir. Bu alanlarda kabul görmesindeki başlıca faktörler ağırlığı, hacmi ve maliyetidir. Diğer yakıt hücrelerine göre daha fazla güç yoğunluğu, düşük hacim ve düşük ağırlığa sahiptir. Çalışma sıcaklıkları 100 °C'nin altında olup genellikle 60-80 °C aralığındadır. PEM yakıt hücresinin verimi yaklaşık % 40-50 arasındadır. PEM yakıt hücresi, katı haldeki bir polimer elektrot kullanılmasından dolayı diğer türlerden ayrılır. Elektrolit olarak da ince polimer bir zar kullanılır. Mikron düzeyinde kalınlığa sahip olan membran, proton geçirgen bir yapıdadır. Hücre elektroliti diğer türlere oranla daha az kompleks yapıdadır, korozyona sebep olacak asit ve bazlar bu sistemde elimine edilmiştir.

PEM yakıt hücreleri için en fazla tercih edilen membran tiplerinden biri de DuPont tarafından üretilen Nafion polimerik membranlardır. Nafion; karbon, flor ve sülfonik

asit gruplarının bağlı olduğu oksijen atomlarının oluşturduğu zincirlerden meydana gelir. Polimer elektrolit membranın iyon seçiciliği, membranın kendine özgü yapısında bulunan SO_3H gruplarından kaynaklanır. Membran tamamen suyla doyurulduğunda, negatif olarak yüklenmiş olan SO_3^- grupları, pozitif hidrojen iyonlarını çeken sabit şarj alanları olarak hizmet ederler. Protonların, membran gözeneklerinde gerçekleştirdikleri hareketleri boyunca bir negatif taraftan diğerine sıçradıklarına inanılır. PEM yakıt hücrelerinin temel çalışma prensibi su-hidroлиз reaksiyonunun ters çevrilmesinden ibarettir. Polimer elektrolit membran yakıt hücresi şematik gösterimi Şekil 1.7’de verilmiştir (Gözütok, 2007).



Şekil 1. 7. Polimer elektrolit membran yakıt hücresi (PEMFC) (Gözütok, 2007)

1.6.4. Yakıt hücrelerinin uygulama alanları

Yakıt hücrelerinin kullanım alanı oldukça geniştir ve bugün bilinen birçok elektrik üreticinin yerini alabilirler. Yakıt hücrelerinden çok büyük miktarda güç üretebilen üreteçler kurulabilir ve gerek endüstri sahasında gerekse evlerde istenen akım temin edilebilir. Ayrıca hava kirliliğini asgariye indirmede büyük yararları vardır. Tek dezavantajları dalgalı akım yerine doğru akım üretmeleridir ve bu durum da doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesini gerektiren dönüştürücülerin kullanılmasını

gerektirir. Bu üreteçlerin bu dezavantajına rağmen küçük elektrik istasyonlarının kurulmasına başlanmıştır. Özellikle şehir elektriğinin ulaşamadığı uçra köşelerde bu tür üreteçler rağbettedir.

Yakıt hücrelerinin sessiz ve çevre kirliliğine yol açmadan çalışmaları, enerjiyi daha etkili bir biçimde kullanılmasını sağlamaları sebebiyle, bu teknoloji ile çalışabilecek araçlara olan ilgiyi arttırmaktadır. Son zamanlarda petrolle çalışan arabaların hava kirliliğine olan katkısından dolayı yakıt hücresi ile çalışan araçlar dikkat çekmektedir. Yakıt hücreli araçlar, zamanla dizel veya benzin ile çalışan araçların yerini almaya başlayacaktır. Dünyadaki birçok araba üreticisi yakıt hücresi sistemlerini incelemekte ve prototiplerle çalışmaktadır. Yakıt hücreleri otomobiller ve otobüsler dışında, traktör ve kamyonlar gibi büyük araçlarda da kullanılabilmektedir. Bu sayede hem petrol kökenli yakıtlar konusunda tasarruf sağlanmış olacak, hem de çevre kirliliğine yol açan emisyonlar engellenmiş olacaktır. Uzay araçları için gerekli olan elektrik enerjisi güneş panelleri, aküler ya da RTG (radioisotope thermal generator- radyoizotoplu ısı üreteç) olarak bilinen nükleer bir aygıtla üretilebilir (Tarcan, 2007).

2. KAYNAK BİLGİSİ

Hem Nafyon 117 hem de Dow XUS 13204.10 membranları günümüzde sınırlı kalınlıklarda ve belirli iyon dirençlerinde üretilmekte olup, üretim maliyetleri de çok yüksektir. Bu membranlar iyi sayılabilecek performans ve kararlılık göstermelerine rağmen, bu dezavantajlarından dolayı alternatif maddelerden üretim için araştırmalar yürütülmektedir (Wilkinson, 1997).

Rhim ve ark. (2004), yakıt hücrelerinde kullanılmak üzere, sülfonik asit grupları (SO_3H) içeren, farklı miktarlarda (%5-30) sülfosüksinik asit (SSA) kullanarak polivinil alkol bazlı membranlar elde etmişlerdir. Elde edilen membranlar farklı sıcaklıklarda (120, 125, 130 °C) ısıtılma tabi tutulmuştur. Bu membranların iyon değiştirme kapasitelerinin (IEC) 0,5-2,24 mmol/gr, proton iletkenliklerinin 10^{-3} - 10^{-2} S/cm, su tutmalarının %10-80 ve metanol geçirgenliklerinin 10^{-7} - 10^{-6} cm²/sn arasında olduğu bulunmuştur. Farklı çapraz bağlama koşullarında üretilen bu membranların test edilen değerlerinin kullanılan SSA miktarıyla ve çapraz bağlama sıcaklığıyla ilgili olduğu ve metanol geçirgenliklerinin Nafyon 117'den daha düşük olduğu rapor edilmiştir.

Higa ve ark. (2005), sıcaklığa duyarlı membranlar hazırlamışlardır. Membranlar farklı koşullarda çapraz bağlanmıştır. Çapraz bağlama koşullarında hazırlanan membranlarda sıcaklığın su içeriğine etkisi ve sıcaklığın yük yoğunluğuna etkisi incelenmiştir. Farklı koşullarda çapraz bağlama yapılan membranlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar çapraz bağlayıcı kullanarak çapraz bağlamanın yüksek sıcaklıklarda duyarlı membran hazırlamak için en iyi yöntem olduğunu göstermiştir. Çünkü bu yöntem membrana heterojen bir yapı kazandırmaktadır.

Savadogo (2005), yaptığı çalışmada polimer elektrolit membran yakıt hücreleri (PEMFC) uygulamaları için geliştirilen kompozit membranlarla ilgili çalışmaları incelemiştir. Perflorlanmış polimer elektrolitlerin düşük sıcaklıklarda (80 °C) PEMFC uygulamalarının eksik yönleri tartışılmıştır. Alternatif proton iletken membranların yüksek sıcaklıklarda PEMFC uygulamaları gösterilmiştir. Son dönemlerde araştırmaların 150 °C'de kararlılığını koruyan, ucuz, proton iletken kompozit membranlar üzerinde yoğunlaştığı rapor edilmiştir.

Meng ve ark. (2007), çapraz bağlı poli(arileneter)leri sülfonlanmış poli(ftalazin eter keton) (SPA) içine çapraz bağ yapabilen grup ekleyerek ve termal çapraz bağ reaksiyonuyla üretmişlerdir. Çapraz bağlama sülfonasyon derecesini ve boyutsal kararlılığı arttırmıştır. Gerilme dayanımı ve kırılma noktasından uzama sülfonik asit içeriğinin artmasıyla azalmıştır. Bunun nedeni sülfonik asit gruplarının, kovalent yapıyı azaltıp iyonik karakteri arttırmasıdır. Sülfonik asit grupları arttıka proton iletkenlik artmış, fakat mekanik özellikler bozulmuştur. SPA'ların gerilme dayanımının Nafyon 117'den yüksek, fakat kırılma noktasındaki uzamalarının düşük olduğu görülmüştür. Sülfonasyon derecesi yükseldikçe sülfonik asit gruplarının hidrofilik olması nedeniyle su tutma artmıştır. Sülfonlanmış membranların su tutmaları, diğerlerinden düşüktür.

Kang ve ark. (2005), proton değişim membranları (PEM) elde etmek amacıyla suda zneabilen poli (vinil alkol) (PVA) ile poli (stiren sülfonik asit-ko-maleik asit) (PVA/PSSA-MA) polimer karışımlarını kullanmışlar ve gluteralehit (GA) ile çapraz bağlama yapmışlardır. Nafyon'la karışılaştırıldığında bu membranların metanol geçirgenlikleri daha düşük fakat proton iletkenliklerinin oda sıcaklığında 0,1 S/cm' den büyük olduğu görülmüştür. Membranların su tutmaları karışım oranı değiştirilerek ve çapraz bağlama ile kontrol edilmiştir. PVA iyi bir metanol bariyeri olmasına rağmen PSSA-MA değildir. Yüksek asidik polimer olan PSSA-MA oranı arttıka proton iletkenlik artmış fakat mekanik dayanım düşmüştür. Sonuçlar PVA/PSSA-MA membranlarının DMFC uygulamalarına çok uygun olmadığını göstermiştir. Yinede PEM'ların geliştirilmesinde suda zneabilen polimer karışımların kullanılması, zararlı organik çözücü kullanılmadığı için çevreye dost ve daha düşük maliyetli çözüm olacağı savunulmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Vakum pompası

Deneysel çalışmalarda yağ içermeyen, sessiz, güvenli ve kolay kullanımı olan Rocker marka vakum pompası kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Rocker vakum pompası (Yekarum laboratuvarı)

3.1.2. Hassas terazi

Deneysel çalışmalardaki kimyasal madde miktarlarını ölçebilmek için 0.01 hassasiyetli Vibra Aj marka hassas terazi kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Vibra Aj hassas terazi (Yekarum laboratuvarı)

3.1.3. Yağ banyosu (Isıtıcı)

Deneyisel çalışmalar için gerekli olan yeterli sıcaklığa ulaşabilmek için Elektro–Mag yağ banyosu (ısıtıcı) kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Yağ banyosu (ısıtıcı) (Tekstil mühendisliği bölüm laboratuvarı)

3.1.4. Etüv

Yapılan deneyler sonucu elde edilen malzemelerin kurutulması için etüv kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Etüv (Yekarum laboratuvarı)

3.1.5. Isıtıcı–karıştırıcı

Kimyasal işlemlerin homojen olması için Shin Saeng marka ısıtıcı–karıştırıcı kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Isıtıcı–karıştırıcı (Yekarum laboratuvarı)

3.1.6. Çeker ocak

Tüm kimyasal işlemlerin güvenli bir ortamda yapılabilmesi için Esenmed Çeker Ocak kullanılmıştır.



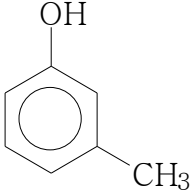
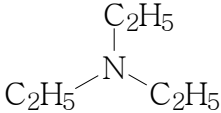
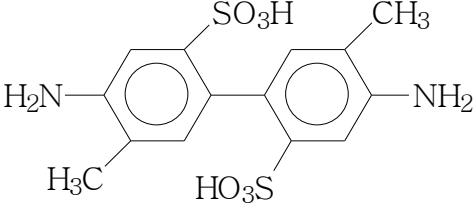
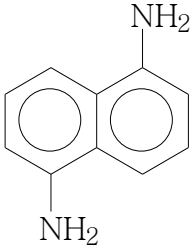
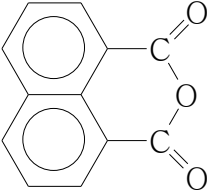
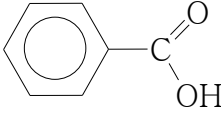
Şekil 3.6. Çeker ocak (Yekarum laboratuvarı)

3.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışmada; m-fenilendiamin (m-PDA), 1,4,5,8'-naftelen tetrakarboxilikdianhidrit (NTDA), 2,2'-benzidin disülfonik asit (DAPS), 2,2'-bis (triflora metil) benzidin (TFMB), dimetil sülfoksit (DMSO), 4,4'-diamin-5,5'-dimetile-2,2'-bifenildisülfonik asit, 1,8'-naftalik asit, 1,5'-diamino naftalen (1,5-DAN), hidroklorik asit (HCl), m-kresol, metanol, benzoik asit, ve trietilamin kullanılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 3.1'de bu kimyasalların açık formülleri ACD/ChemSketch (Freeware) Version Copyright © 1994-2010 programı kullanılarak çıkarılmıştır.

Çizelge 3.1. Kimyasal maddelerin açık formülleri

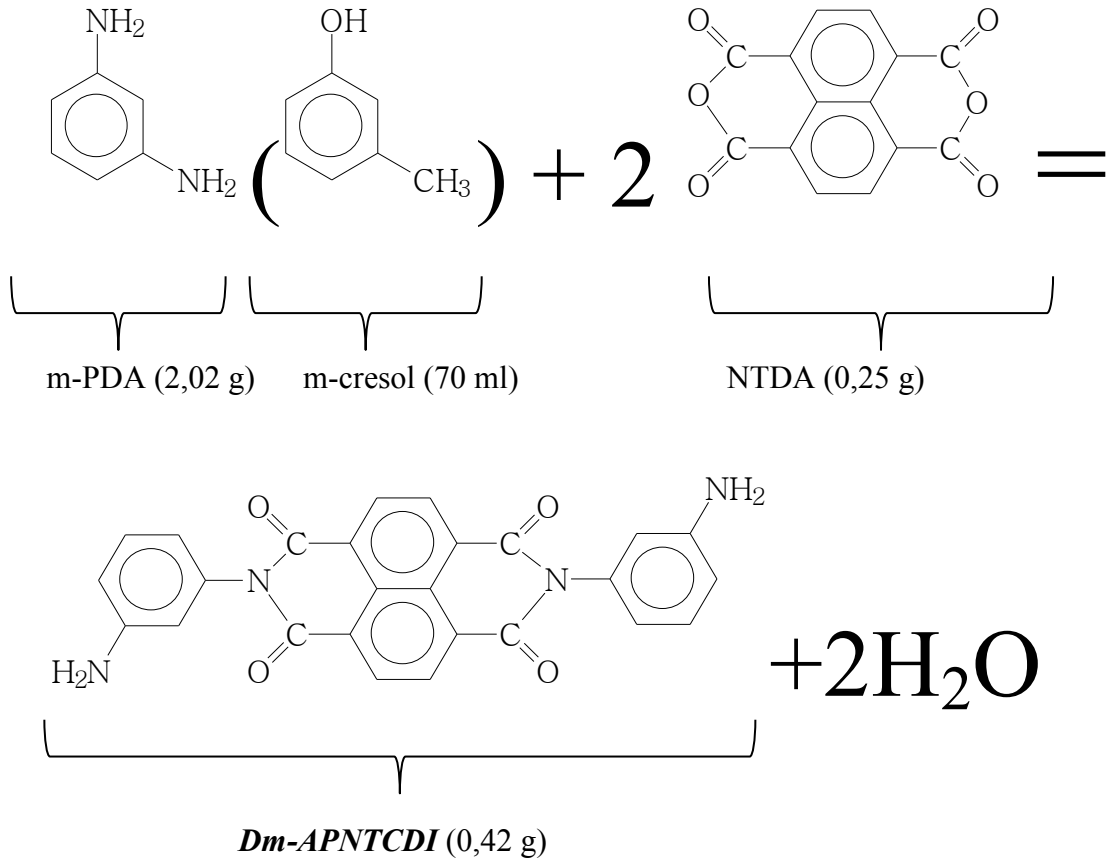
m-Fenilendiamin (m-PDA)	
Naftalik dianhidrit (NTDA)	
2,2'- benzidin disülfonik asit (DAPS)	
2,2'-bis(triflorometil) benzidin (TFMB)	
Dimetilsulfoksit (DMSO)	

m-cresol	
Trietilamin,	
4,4'-diamin- 5,5' dimetile- 2,2'- bifenildisülfonik asit	
1,5 DAN (1,5 diamino naftalen)	
1,8-Naftalik anhidrit	
Metanol	CH ₃ OH
Benzoik asit	
Hidroklorik asit	HCl

3.3. Yöntem

3.3.1. Yer değıştirme (displacing) comonomer (Dm-APNTCDI) sentezi

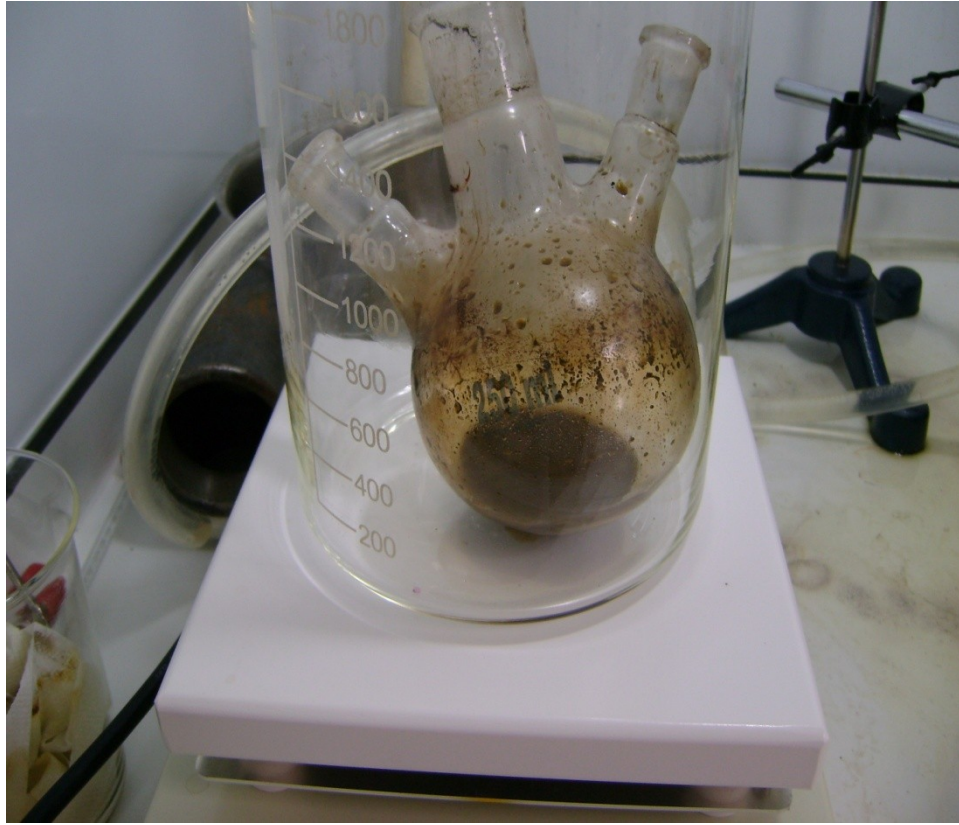
Tek basamaklı sentez yöntemi ile sentezlenir. 250 mL'lik üç boyunlu balona 2 g m-PDA ve 70 mL m-cresol konularak iyice karıştırılır ve diamin çözülür. 170 °C' ye azot atmosferinde ısıtılır. Daha sonra 0,25 g NTDA çözeltiye eklenir ve azot atmosferinde 200 °C' de 6 saat karıştırılarak ısıtılır. Isıtma işlemi sonucunda kalan katı 600 mL metanolde iyice çözülür ve gri çökelek elde edilir. Elde edilen çökelek metanolla birkaç kez yıkanıp tekrar süzülür ve 50 °C' de desikatörde 24 saat kurumaya bırakılır. Bu işlemler sonucunda 0,42 g katı elde edilir. (Bu reaksiyonda NTDA sınırlayıcı reaktiftir). Şekil 3.7'de reaksiyon molekül yapıları ile birlikte verilmiştir.



Şekil 3.7. Dm-APNTCDI sentezi



Şekil 3.8. Dm-APNTCDI comonomerinin toz haldeki görünümü



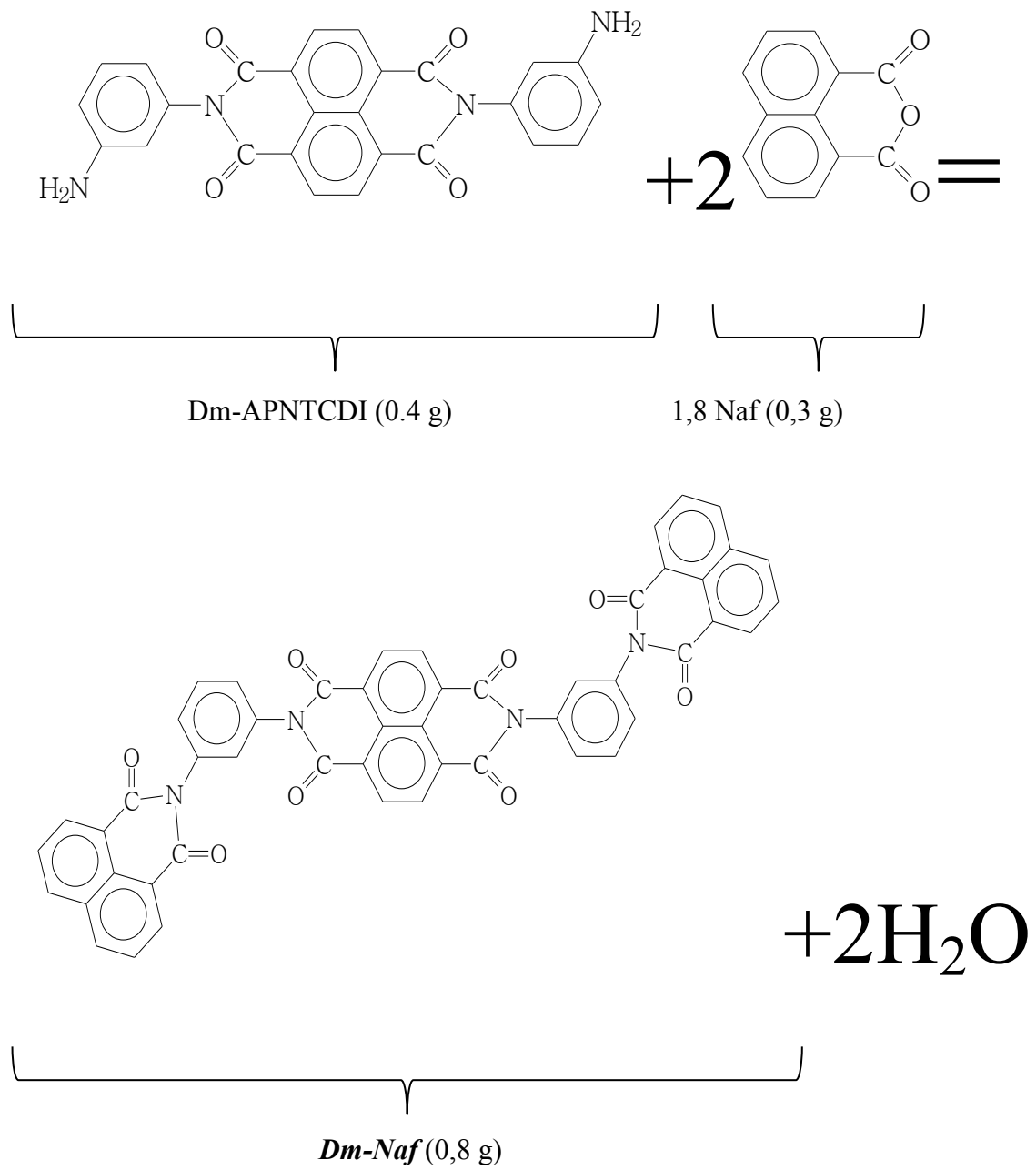
Şekil 3.9. Dm-APNTCDI comonomerinin üretimi (karıştırma işlemi)



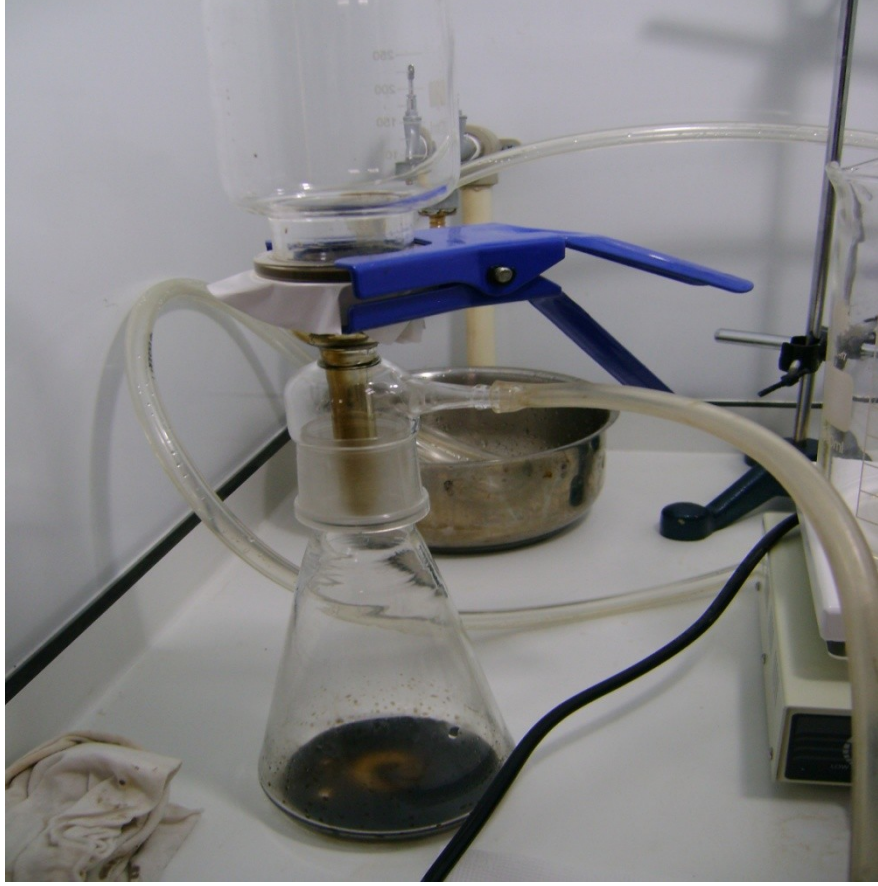
Şekil 3.10. Dm-APNTCDI comonomerinin üretimi (süzme işlemi)

3.3.2. Dm–Naf sentezi

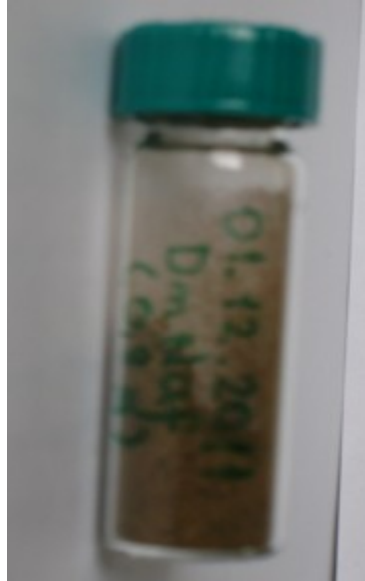
Tek basamaklı sentez yöntemi ile sentezlenir. 0,4 g Dm-APNTCDI 10 mL m-cresol içerisinde, 0,3 g 1,8 Naftalik Anhidrit 50 mL m-cresol içerisinde ayrı kaplarda iyice çözülür. Daha sonra bu çözeltiler bir araya konarak üzerine de 1 g Trietilamin ve 1 g Benzoik asit eklenir (katalizör olarak). Karışım 250 mL'lik üç boyunlu balonda, azot atmosferinde 200 °C'de 7 saat karıştırılarak ısıtılır. Isıtma işlemi sonucunda kalan katıya 200 mL HCl ve 500 mL metanol eklenir. Karışım oda sıcaklığında 14 saat karıştırılır ve süzülür. Elde edilen çökelek metanolle birkaç kez yıkanıp tekrar süzülür ve 50 °C'de desikatörde 24 saat kurumaya bırakılır. Bu işlemler sonucunda 0,8 g katı elde edilir. Şekil 3.11'de reaksiyon moleköl yapıları ile birlikte verilmiştir.



Şekil 3.11. Dm-Naf sentezi



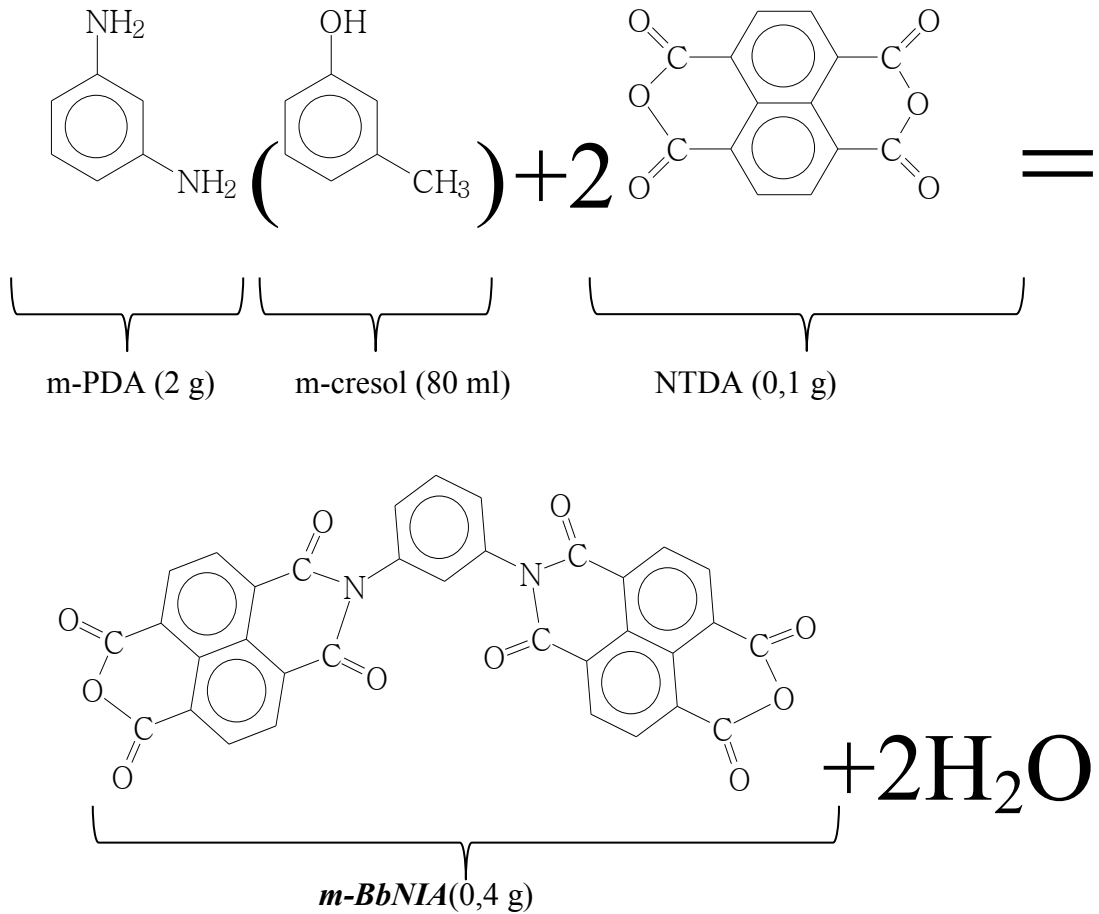
Şekil 3.12. Dm-Naf polimerinin üretimi (süzme işlemi)



Şekil 3.13. Dm-Naf polimerinin toz haldeki görünümü

3.3.3. Açılı (angled) comonomer (m-BbNIA) sentezi

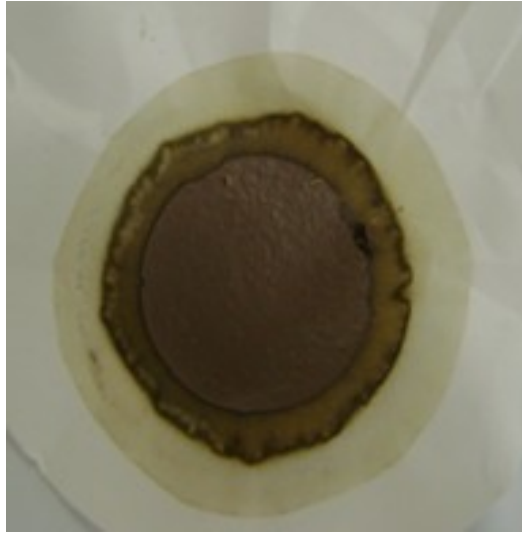
Tek basamaklı sentez yöntemi ile sentezlenir. Yaklaşık 2 g NTDA ve 80 mL m-cresol, 250 mL'lik üç boyunlu balona konularak iyice karıştırılır. 170 °C'ye azot atmosferinde ısıtılır. Ayrı bir kaptaki 0,1 g m-PDA, 10 mL m-cresol'de çözülür. Daha sonra ısınmış çözeltiye damla damla eklenir ve azot atmosferinde 200 °C'de 7 saat karıştırılarak ısıtılır. Tepkimeye girmeyen NTDA süzülerek karışımdan uzaklaştırılır. Geride kalan çözelti 10 mL DMSO'da iyice karıştırılarak çözülür. Filtrasyon ile çözünmeyen kısım uzaklaştırılır. Elde edilen çözelti, 200 mL metanole dökülür. Gri bir çökelek oluşur. Çökelek metanolle birkaç kez yıkanır ve tekrar süzülür ve 50 °C'de desikatörde 24 saat kurumaya bırakılır. Bu işlemler sonucunda 0,4 g katı elde edilir. (Bu reaksiyonda m-PDA sınırlayıcı reaktiftir.) Şekil 3.14'te reaksiyon molekül yapıları ile birlikte verilmiştir.



Şekil 3.14. m-BbNIA sentezi



Şekil 3.15. m-BbNIA comonomerinin toz haldeki görünümü

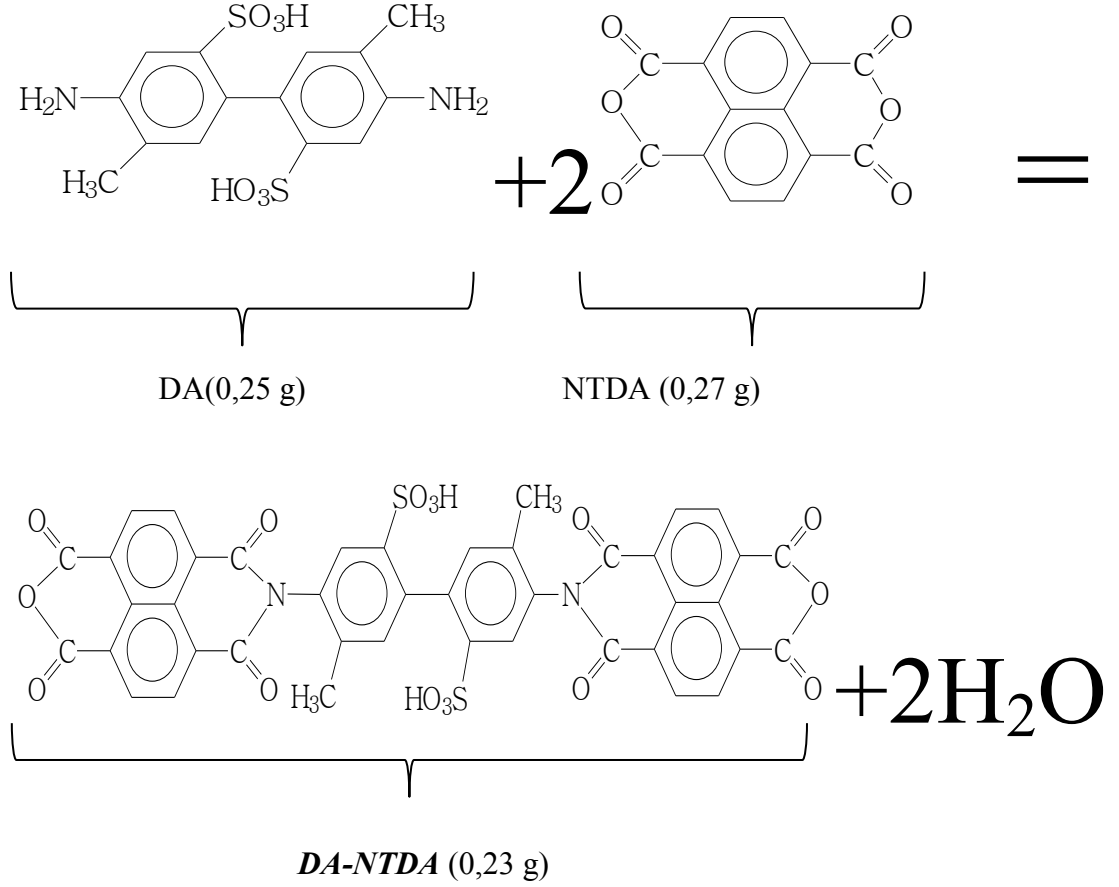


Şekil 3.16. Tepkimeye girmeyen NTDA

3.3.4. DA-NTDA sentezi

Tek basamaklı sentez yöntemi ile sentezlenir. 0.25 g DA, 0,52 g Trietilamin ve 10 mL m-cresol 250 ml'lik üç boyunlu balonda azot atmosferinde 140 °C'ye ısıtılır. Karışıma 0.27 g NTDA ve 0,52 g Benzoik asit eklenir. 200 °C' de azot atmosferinde 7 saat karıştırılarak ısıtılır. Daha sonra oda sıcaklığına soğutulur. 50 mL HCl ve 125 mL metanol karışıma eklenir. Süzülerek elde edilen çökelek oda sıcaklığında vakumlu desikatörde kurutulur. Kuruyan çökelek 25 mL DMSO'da iyice çözünür.

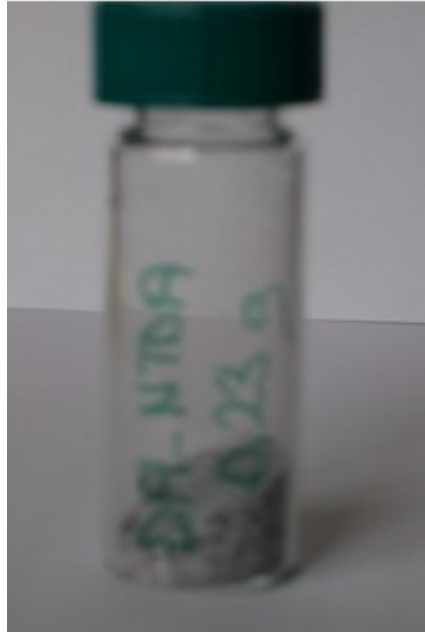
Bu çözelti 50 mL HCl ve 125 mL metanole eklenir. Çözelti 3 saat karıştırılır ve metanolle iyice yıkanarak süzülür. 50 °C’de desikatörde 24 saat kurumaya bırakılır. Bu işlemler sonucunda 0,23 g katı elde edilir. Şekil 3.17’de reaksiyon molekül yapıları ile birlikte verilmiştir.



Şekil 3.17. DA-NTDA sentezi



Şekil 3.18. DA-NTDA polimerinin üretimi (vakumlu desikatörde bekletme işlemi)



Şekil 3.19. DA-NTDA polimerinin toz haldeki görünümü

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

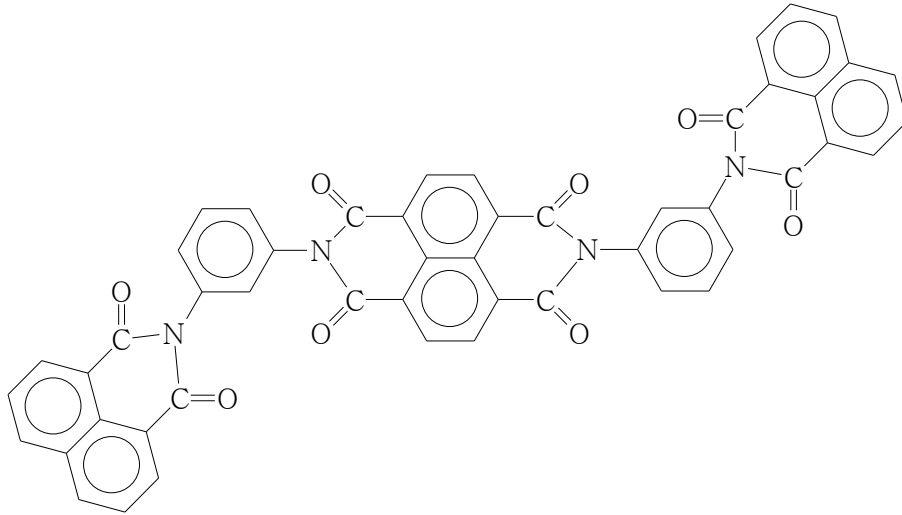
Sentezlenen maddelerin FT-IR, TGA ve DSC analiz sonuçları aşağıda yer almaktadır.

4.1. Sentezlenen Maddelerin FT-IR Analiz Sonuçları

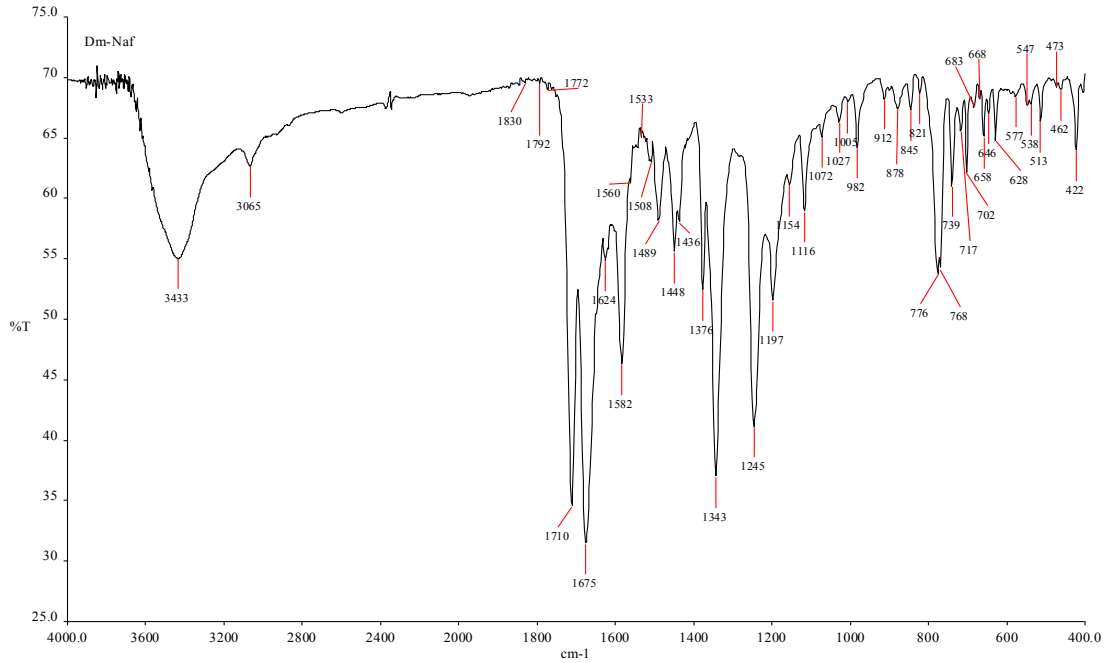
Kızılötesi (IR) absorpsiyon spektroskopisi bir tür titreşim spektroskopisidir; IR ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından soğurulmaktadır. Bu yöntem ile moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz veya çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik ya da alifatik olup olmadığı belirlenebilir.

4.1.1. Dm-Naf' ın FT-IR analiz sonucu

Sentezlenen Dm-Naf maddesinin kimyasal yapısı ve FT-IR Analiz sonuç grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.



(a)



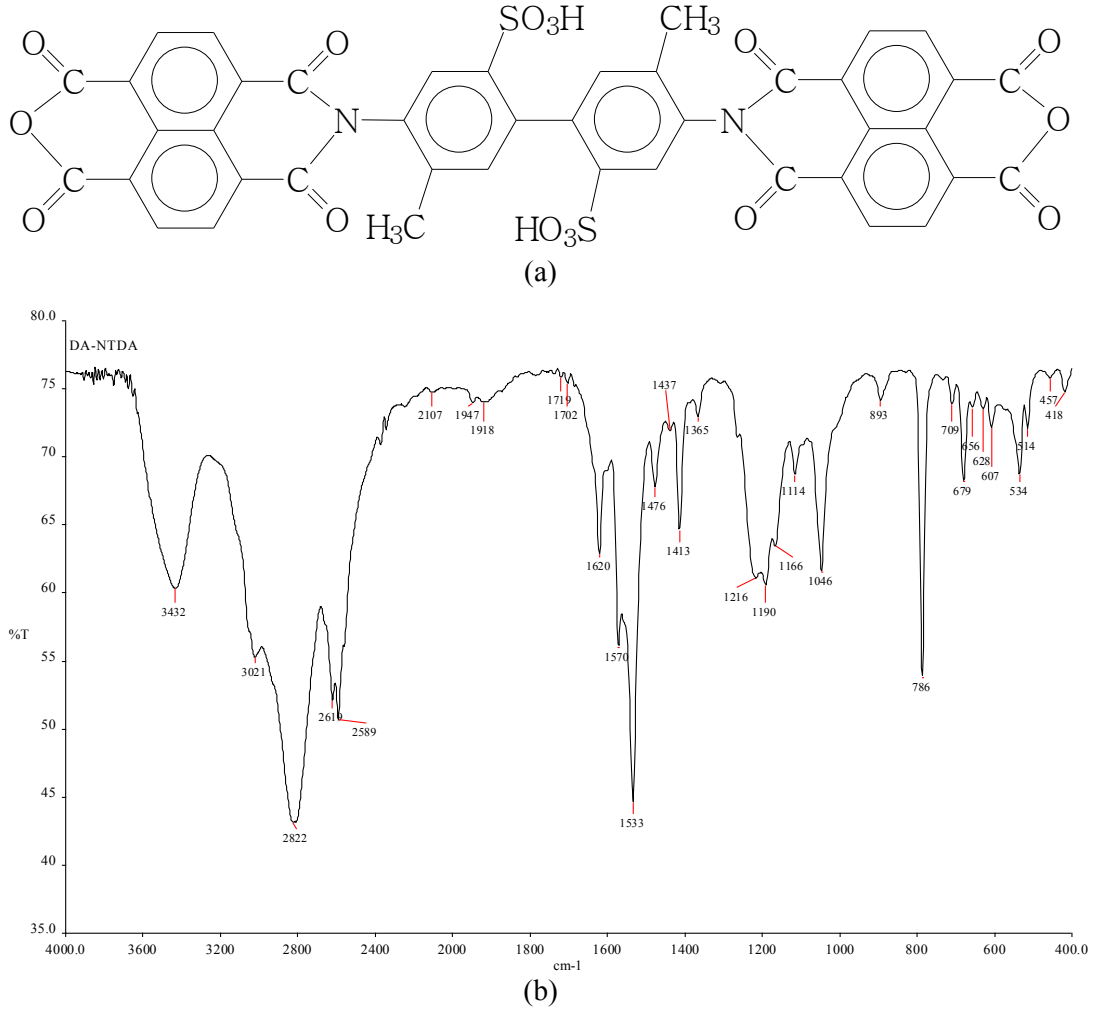
(b)

Şekil 4.1. (a) Dm-Naf'ın Kimyasal Yapısı (b) Dm-Naf'ın FT-IR Analiz Sonucu

Buna göre; molekül yapısına uygun olarak beklenen bölgelerde gerilimler gözlenmiştir. 3433 cm^{-1} dalga boyundaki pik O-gerilimini, 1675 cm^{-1} dalga boyundaki pik ise simetrik C=O gerilimini vermektedir. 1710 cm^{-1} dalga boyundaki pik Dm-Naf'ta imit gruplarının olduğunu göstermektedir. Ayrıca 1000 cm^{-1} ve daha aşağısındaki dalga boylarında yoğun olarak görülen pikler “Parmak İzi Bölgesi” olarak adlandırılıp, yapının aromatik olduğunu da vermektedir.

4.1.2. DA-NTDA'nın FT-IR analiz sonucu

Sentezlenen DA-NTDA maddesinin kimyasal yapısı ve FT-IR Analiz sonuç grafiği Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4. 2. (a) DA-NTDA'nın Kimyasal Yapısı (b) DA-NTDA'nın FT-IR Analiz Sonucu

Buna göre; molekül yapısına uygun olarak beklenen bölgelerde gerilimler gözlenmiştir. 3432 cm⁻¹ dalga boyundaki pik O- gerilimini, 3000 cm⁻¹ ve 2500 cm⁻¹ dalga boyları arasındaki pikler simetrik C-H gerilimini, 1533 cm⁻¹ dalga boyundaki pik C=C gerilimini, 1046 cm⁻¹ dalga boyundaki pik S=O gerilimini ve 786 cm⁻¹ dalga boyundaki pik ise S-O gerilimini vermektedir. Ayrıca 1000 cm⁻¹ ve daha aşağısındaki dalga boylarında yoğun olarak görülen pikler “Parmak İzi Bölgesi” olarak adlandırılıp, yapının aromatik olduğunu da vermektedir. Perdeleme

etkilerinden veya sterik engellerden dolayı imit ve C=O pikleri net olarak görülememektedir.

4.2. Sentezlenen Maddelerin TGA Ve DSC Analiz Sonuçları

TGA, numunede sıcaklığa bağlı olarak meydana gelecek ağırlık değişikliklerini tanımlamaya yarayan bir test biçimidir. Bu analiz ağırlık, sıcaklık ve sıcaklık değişiminin yüksek kesinlikli ölçümlerine bağlıdır. Birçok ağırlık kayıp eğrisi birbirine benzediğinden ağırlık kayıp eğrisinin sonuçları yorumlanmadan önce bir dönüşüme ihtiyaç duyulabilir. Ağırlık kayıp eğrisinin türevi hangi noktalarda ağırlık kaybının daha belirgin olduğunu anlatmak için kullanılabilir.

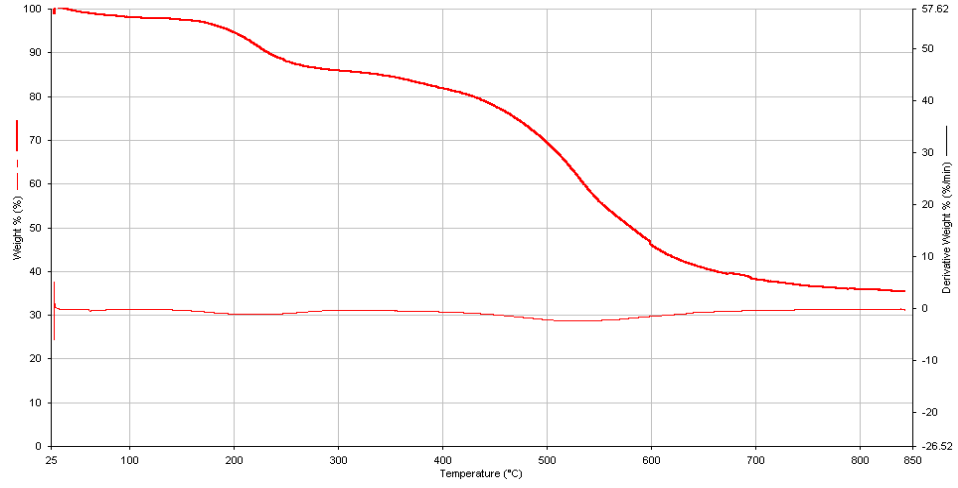
TGA, polimer gibi materyallerin karakteristiklerinin belirlendiği araştırma ve testlerde bozunma sıcaklığı, materyal tarafından emilmiş nem, materyal içindeki inorganik ve organik komponent seviyesi, patlayıcıların ayrışma noktaları ve çözücü tortularının tanımlanması için kullanılır.

DSC, termal analizde kullanılan termoanalitik bir yöntemdir. Numune ve referansın sıcaklığını artırmak için verilmesi gereken ısı miktarı sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ölçülür. Numune ve referans, deney süresince aynı sıcaklıkta tutulmaya çalışılır. DSC analizi için sıcaklık programı genellikle numune tutucunun sıcaklığının zamana karşı lineer olarak artacak şekilde dizayn edilmiştir. Referans malzemenin ısı kapasitesinin taranan sıcaklık aralığı üzerinde iyi bir şekilde tanımlanmış olması gerekir.

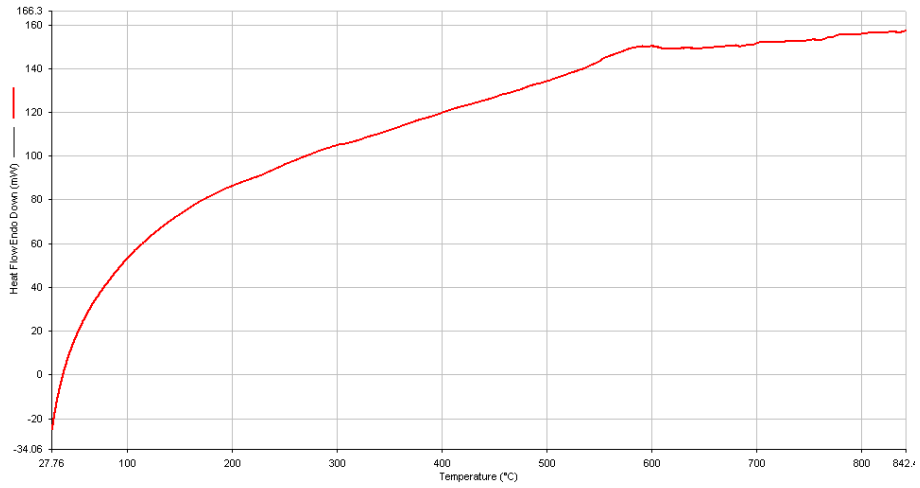
DSC deneylerinden ısı akışının zamana veya sıcaklığa göre çizilen eğrisi elde edilir. Numunedeki egzotermik reaksiyonlar deney yapmak için kullanılan ölçüm cihazlarında uygulanan farklı teknolojilere bağlı olarak negatif veya pozitif tepe noktası olarak gösterilir. Bu eğri, hal değişimlerinin entalpilerini hesaplamak için kullanılabilir.

4.2.1. Dm-Naf' ın TGA ve DSC analiz sonucu

Analiz 25 °C-850 °C sıcaklık arasında, 10 °C/dk hızla yapılmıştır. Şekil 4.3'te görülen TGA ve DSC analiz grafikleri gösteriyor ki; Dm-Naf molekülü sıcaklıkla çok yavaş bozunmakta ve bu bozunma zincir yapısının kopması şeklinde gerçekleşmektedir.



(a)

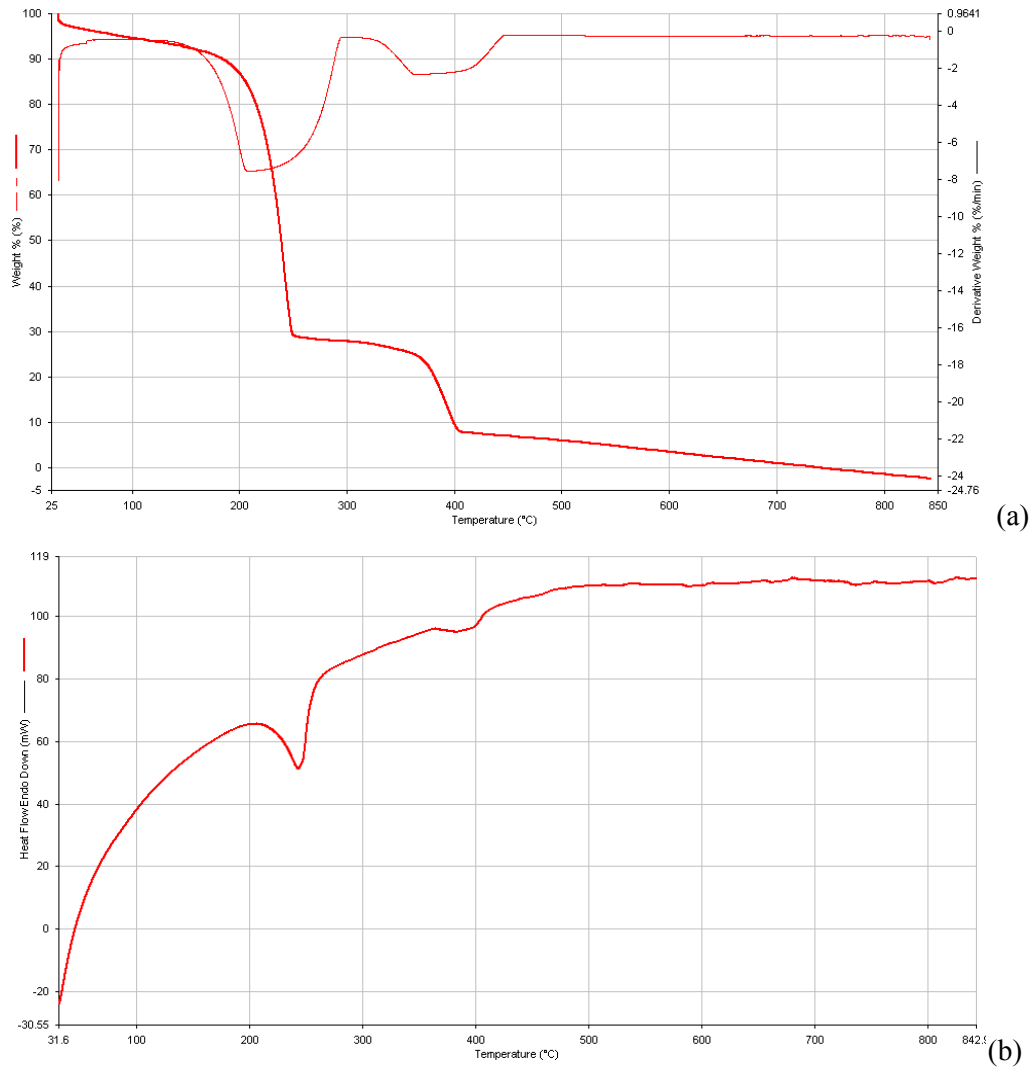


(b)

Şekil 4.3. (a) Dm-Naf' ın TGA analiz sonucu (b) Dm-Naf' ın DSC analiz sonucu

4.2.2. DA-NTDA'nın TGA ve DSC analiz sonucu

Analiz 25 °C-850 °C sıcaklık arasında, 10 °C/dk hızla yapılmıştır. Şekil 4.4'te görülen TGA ve DSC analiz grafikleri gösteriyor ki; zincir yapısında SO₃H gruplarının bulunması zincirin bozunma hızını arttırmaktadır. Yapılan literatür incelemelerinde, yapıdan ilk önce SO₃H gruplarının ayrıldığı ve sıcaklık artışıyla geri kalan zincir yapısının bozunduğu görülmektedir. Bu durumu yukarıdaki grafiklerde doğrulamaktadır.



Şekil 4.4. (a) DA-NTDA'nın TGA analiz sonucu (b) DA-NTDA'nın DSC analiz sonucu

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde fosil yakıtların hızla tükenmesi nedeniyle, temiz enerji kaynaklarına olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Bunlardan bazıları; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biokütle, hidrojen ve jeotermaldir. Son zamanlarda araştırılan teknolojilerin başında da hidrojen enerjisini kullanan “yakıt pilleri” gelmektedir. Yakıt pili teknolojisi, elektrolit kısmını oluşturan malzeme cinsine göre çeşitlere ayrılır. Bunlar; Alkalın Yakıt Hücresi (AFC), Katı Oksit Yakıt Hücresi (SOFC), Fosforik Asit Yakıt Hücresi (PAFC), Erimiş Karbonat Yakıt Hücresi (MCFC), Direkt Metanol Yakıt Hücresi (DMFC) ve Proton Dönüşüm Zarlı Yakıt Hücresi (PEMFC)’dir. PEM yakıt pili, katı haldeki bir polimer elektrot kullanılmasından dolayı diğer türlerden ayrılır ve elektrokimyasal teknik tekstil membranların incelenmesi için uygundur.

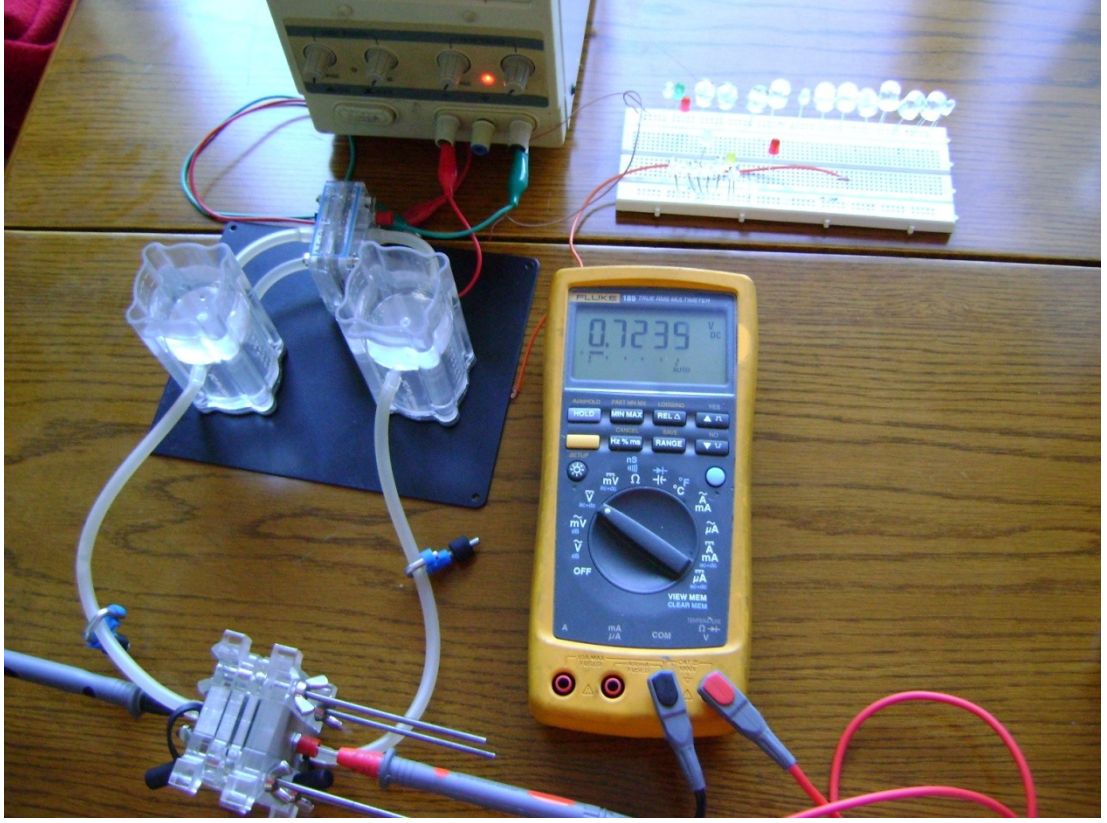
Yakıt hücresinin performansının artışıındaki en büyük etken membran yapısıdır. PEM yakıt pilleri için en fazla tercih edilen membran tiplerinden biri de DuPont tarafından üretilen Nafion polimerik membranlardır. Nafion’un yüksek maliyeti, yüksek sıcaklıklardaki iletkenlik kaybı ve yüksek metanol geçirgenliği gibi bazı dezavantajlarının olması PEMFC’lerde kullanımlarını sınırlamaktadır. Bu nedenle Nafion yerine kullanılabilecek daha düşük maliyetli ve yüksek sıcaklıklarda iletkenlik özelliği daha iyi olan membranlar araştırılmaktadır.

Bu çalışmada, kimyasal yöntemler kullanılarak, PEM yakıt pillerindeki Nafion’a alternatif olabilecek elektrokimyasal özelliğe sahip polimerler üretilmiştir. Bunlar sırası ile Dm-Naf ve DA-NTDA’dır. Üretilen bu polimerlerin yapısal analizleri FT-IR, TGA ve DSC ile yapılmıştır. Yapılan FT-IR analizine göre; beklenen bölgelerdeki gerilimler ve yine beklenen bölgelerdeki kimyasal bağların gözlenmesi sonucu istenen yapıda polimerler sentezlenmiştir.

Yapılan analizlerin ardından bu polimerler dokusuz tekstil yüzeyine aktarılarak membran haline getirilmiştir. Membranlar yakıt pili stağındaki Nafion membranın yerine yerleştirilerek ürettiği enerji miktarı ölçülmeye çalışılmıştır.

Yapılan ölçümlere göre Nafion'un membran olarak kullanıldığı bir yakıt hücresi stağı;

$$0.72 \text{ V} * 0.003 \text{ mA} = 0.0021 \text{ watt (2.1 mwatt) enerji üretmektedir.} \quad (5.1)$$



Şekil 5.1. Nafion membranlı yakıt hücresi stağı

Ancak elde edilen Non-Nafion membranlar çok düşük molekül ağırlığına sahip olduklarından, yakıt pili stağının eldeki koşullarla vakumlu olarak kapatılamamasından dolayı gerekli ölçüm değerleri alınamamıştır. Polimerler daha yüksek molekül ağırlıklarında çalışıldığı ve uygun yakıt pili stağı bulunması halinde istenen ölçümler başarıyla alınıp, Nafion membranların enerji üretimleri ile kıyaslanabilir.

İstenen özellikteki polimerlerin elde edilebilmesi, yeterli molekül ağırlıklarında çalışıldığı takdirde Nafion membrana alternatif olarak PEM yakıt pillerinde kullanılıp kullanılmayacağı konusunda incelemelere imkân sağlayacaktır.

Kullanılabilirlikleri ispatlandığında üretim maliyetleri Nafion'dan düşük olduğunda, PEM yakıt pili üretimi ucuzlayacaktır. Böylece temiz enerji kaynağı olarak PEM yakıt pillerinin kullanım alanları da genişleyecektir.

Bu tür membranların üretimi teknik tekstil alanında yeni oluşumlara imkân verecektir.

KAYNAKLAR

- Alkan, E., 2006. İyon Değiştirici Membranlar Kullanarak Sudaki Florur İyonunun Uzaklaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 79 s., Isparta.
- Acres, G.J.K., 2001. Recent, Journal of Power Sources, 100, 60.
- Bedir, F., Alniak, M.O., 2004. Yakıt Hücre Sistemlerinin Çalışma Prensipleri Ve Denizaltı Sistemlerdeki Tasarımı. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3, 31-37.
- Blomen, L.J.M.J., Mugerva, M.N., 1993. Fuel Systems, Plenum Press, New York.
- Carrette, L., Andreas Friedrich, K., 2000. Ulrich Stimming. ChemPhysChem, 1, (No.4) 162.
- Cireli, A., Kılıç, B., Sarıışık, M., Okur, A., 2007. Tıbbi Tekstiller ve Test Yöntemleri, Paketleme Malzemelerinde TSE Standartları. Uluslararası Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, İzmir.
- Coşkun, K., 2009. Kimyasal Ve Elektrokimyasal Yöntemlerle İletken Polimerlerin Sentezi Ve Membran Uygulamaları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, 120 s., Isparta.
- Dicks, A., Larminie, J., 2000. Fuel Cell Systems Explained. John Wiley & Sons, Ltd, West Sussex, İngiltere.
- Emek, A., Kuyumcu, O., 2004. Teknik Tekstiller Dünya Pazarı. Türkiye'nin Üretim ve İhracat İmkanları, Ankara.
- Erkan, Y., 2006. Proton Geçiren Membranlı Bir Yakıt Hücresinin Katot Tarafının 1-B Modelinin Analitik Çözümü. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 131 s., Ankara.
- Evcin, A., 2011. Elektrokimya Ders Notları. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- Fuel Cell Handbook, Sixth Edition, 2002. EG&G Technical Services, Inc. Science Applications International Corporation, 56-97.
- Gözütok, B., 2007. Poli(Vinil Alkol) (PVA) Bazlı Membranların Yakıt Hücrelerine Uygulanabilirliğinin İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 131 s., Ankara.

- Gürler, B., 2007. İyon Değiştirici Membranlar Kullanılarak Sulu Ortamdan Bor'un Uzaklaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69 s., Isparta.
- Grubb, W.T., 1957, Proceedings of the 11th Annual Battery and Development Conference. PSC Publications Committee, Red Bank, NJ, p. 5.
- Grune, H., 1992, 1992 Fuel Cell Seminar Program and Abstracts. The Fuel Cell Seminar Organizing Committee, Tucson, Arizona, p. 161.
- Higa, M., Yamakawa, T., Ishida, S., 2005. Transport Properties of Ions Through Temperature-Responsive Charged Membranes Using Poly (vinyl alcohol) / poly (Nisopropylacrylamide) / poly (vinyl alcohol-co-2-acrylamido-2-methylpropane sulfonic acid), Journal of Membrane Science, 27, 411-417.
- İtkib, 2005. İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri Web sitesi. <http://www.itkib.org.tr>. Erişim Tarihi: 18.02.2006.
- Kadırgan, F., Fıçıcıoğlu, N.D., 1992. Yakıt Pilleri ve Uygulamaları, Etilen Glikol Hava Yakıt Pilini Geliştirme Çabaları. Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 22-26 Ekim, Ankara.
- Kang, M. S., Kim., J. H., Moon, S. H., Kang, Y. S., 2005. Highly Charged Proton Exchange Membranes Prepared By Using Water Souble Polymer Blends for Fuel Cells. Journal of Membrane Science, 247, 127-135.
- Kellegöz, M., 2005. Farklı Özelliklerdeki Proton Değişim Zarlı Yakıt Hücresi Tasarımı ve Ölçümleri. Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 150 s., Eskişehir.
- Liu, H.T., Barbir, F., Kazım, A., Kakaç, S., 1996, Fuel Cells-The Clean Energy Converter. Proceedings of the First International Energy and Environment Symposium, Karadeniz Technical University, Trabzon, 3-16.
- Meng, Y. Z., Ding, F. C., Wang, M. X., 2007. Cross-linked Sulfonated Poly (Phatholazinone ether ketone)s for PEM fuel Cell Application As Proton-Exchange Membrane. Journal of Power Sources, 164, 488-495.
- Miyoshi, H., 1998. Diffusion Coefficients of Ions through Ion Exchange Membrane in Donnan Dialysis using Ions of Different Valance. J. Membr. Sci., 141, 101-110.
- Mugikura, Y., Asano, K., 2002. Electrical Engineering in Japan, 138, 24.
- Oğuz. A.E., 2006. Hidrojen Yakıt Pilleri ve PEM Yakıt Pilinin Analizi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 98 s., Ankara.

- Oral, E., 2005. Hidrojen Yakıtlı Proton Dönüşüm Zarlı Yakıt Pili ve Modellemesi. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 112 s., Kırıkkale.
- Osada, Y., Nakogava, T.(edtrs)., 1992. Membrane Science and Technology. Marcel Dekker Inc. USA., 3-57.
- Özbek, A., 2006. Akıllı Giysiler. Nonwoven Technical Textiles Technology, 70-77.
- Özdemir E., Kılıçaslan, İ., 1995. Yakıt Hücreli Güç Sistemlerinin Bugünkü Durumu ve Geleceğine İlişkin Beklentiler. Elektrik Mühendisliği 6. Ulusal Kongresi Oturum Tebliğleri, 190- 197, 11- 17 Eylül, Bursa.
- Pakalapati, S. R., 2003. A Numerical Study of Current Distribution Inside the Cathode and Electrolyte of A Solid Oxide Fuel Cell. West Virginia University, Master Thesis, West Virginia.
- Rhim, J. W., Park, H. B., Lee C. S., Jun, J. H., Kim, D. S., Lee, Y. M., 2004. Crosslinked Poly(vinyl alcohol) Membranes Containing Sulfonic Acid Group: Proton and Methanol Transport Through Membranes. Journal of Membrane Science , 238, 143-151.
- Savadago, V., 2005. Influence of Swelling on Water Transport Through PVAbased Membrane, Journal of Molecular Structure. Journal of Molecular Structure, 739, 207-212.
- Şengül, E., 2007. In Partial Fulfilment of The Requirements. Middle East Technical Universty, Master Thesis, 141 p., Ankara.
- Tekstil Teknik, 2009. Teknik Tekstil Web Sitesi. <http://www.tekstilteknik.com>.
- Tarcan, D., 2007. Doğrudan Metanollü Yakıt Hücrelerinin Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Metotlarıyla Modellenmesi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107 s., Gebze.
- Turhan, İ., 2010. Proton Değişim Yakıt Pili (PEMFC) Membranlarının Ve Teknik Tekstil Desteklerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 118 s., Isparta.
- Tübitak Mam, 2001. Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Hidrojen Yakıt Pilleri. Otomotiv Endüstrisindeki Uygulamalar ve Geleceği, Rapor No: KM 367, Proje No: 5015403, Ekim 2001.
- Tüsiad, 1998. 21. Yüzyıla Gिरerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. TY/172/1998.
- Üreyen, M.E., 2006. Nanoteknoloji ve Türk Tekstil ve Hazır Giyim Sektörleri. Bilim ve Teknik, 40-41.

- Veziroğlu, T. N., Frano, B., 1998. Hydrogen Energy Technologies. UNIDO, A 1400 Vienne, Austria.
- Wilkinson, D., Steck, A., 1997. General Progres in the Research of Solid Polymer Fuel Cell Technology as Ballard. Proceeding of the 2nd International Symposium on New Materials for Fuel Cell and Modern Battery Systems, eds. O. Savadogo and P. R. Roberge, Canada, 6-10, 27.
- Yıldızbilir, F., 2006. Yakıt Pili İle Elektrik Enerjisi Üretimi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.Yüksek Lisans Tezi, 57 s., Elazığ
- Zhang, L., Zhou, J., Zhou, D., Tang, Y., 1999. Adsorption of Cadmium and Strantium ob Cellulose / Alginic Acid Ion-Exchange Membrane. J. Membr. Sc., 162, 103-109.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Çiler ÇAKIR

Doğum Yeri ve Yılı : Bursa, 1988

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : ciler_cakir@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Bursa Osmangazi Gazi Anadolu Lisesi, 2006

Lisans : SDÜ, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, 2010

Lisans II : Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi, İşletme Bölümü

Yüksek Lisans : SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği, 2012

Mesleki Deneyim

SDÜ Teknik Bilimler MYO, 2010-2011

Bursa, Biessecei Tekstil, 2012

Yayınları

Çakır, Ç., Üçgül, İ., Laka, S., Selbaş, R., 2011, Tekstil İklimlendirme Sistemlerinde Yenilenebilir Enerji Kullanımı. İklim 2011 Sempozyumu, 491-500.

Üçgül, İ., Çakır, Ç., Sağlam, T., 2011, Enerji Yönetimi Sistemleri ve Tekstil Sektöründe Enerji Yönetimi. Tekstil İşveren Dergisi, Aralık 2011, 40-43.