

T.C.

AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GLİSEROL KARBONAT İÇEREN BORAT ESTER
POLİMER ELEKTROLİT MEMBRAN SENTEZİ**

Esra EREN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA ANABİLİM DALI

KIRŞEHİR 2015

T.C.

AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GLİSEROL KARBONAT İÇEREN BORAT ESTER
POLİMER ELEKTROLİT MEMBRAN SENTEZİ**

Esra EREN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Yunus KARATAŞ

KIRŞEHİR 2015

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafındanAnabilim Dalında YÜKSEK LİSANS
TEZİ / DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan(İmza)
Akademik Ünvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Ünvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Ünvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Ünvanı, Adı-Soyadı

Üye.....(İmza)
Akademik Ünvan, Adı-Soyadı

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../20..

(İmza Yeri)
Akademik Ünvan, Adı-Soyadı
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.

Esra EREN

GLİSEROL KARBONAT İÇEREN BORAT ESTER POLİMER
ELEKTROLİT MEMBRAN SENTEZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Esra EREN

Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

ARALIK 2015

ÖZET

Borik asitin, bir lityum tuzu varlığında etilen glikol bazlı bir diol (poli(etilen glikol) – PEG1000) ve halkalı karbonat içeren bir alkol (gliserol karbonat – GC) ile sentezi sonucunda yeni borat ester bazlı katı polimer elektrolit (KPE) membranlar başarılı bir şekilde hazırlanmışlardır. Bu membranların hazırlanması esnasında diolün stokiyometrik olarak biraz fazla kullanılması polimerin çapraz bağlanmasını garantiye almıştır. Değişen tuz oranlarında (etilen oksit (EO):lityum tuzu (Li) oranı 32, 24, 26 ve 8) ve farklı tuzlarla (LiClO₄, CF₃SO₃Li ve (CF₃SO₂)₂NLi) hazırlanmış membranların kimyasal ve elektrokimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Hazırlanan KPE'lerin T_g değerlerinin oldukça düşük olduğu (hepsi -30 °C altında) ve özellikle yüksek tuz oranlarında hiçbir kristal özellik göstermemişlerdir. TGA termogramları, bu borat ester bazlı membranların LiClO₄ 300 °C ve diğer tuzlarla 350 °C'a kadar dayanıklı olduklarına işaret etmektedir. Sıcaklığa bağlı iyonik iletkenlik ölçümleri, LiClO₄ tuzu ile 2,31 x 10⁻⁵ S/cm, CF₃SO₃Li ile 2,16 x 10⁻⁵ S/cm ve (CF₃SO₂)₂NLi ile 4,09 x 10⁻⁵ S/cm iyon iletkenlik değerlerini açığa çıkarmıştır.

Bilim Kodu: Katı polimer elektrolit (KPE), borat esterler, iyonik iletkenlik.

Sayfa Adedi: 137

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Yunus KARATAŞ

GLYCEROL CARBONATE CONTAINING BORATE ESTER POLYMER
ELECTROLYTE SYNTHESSES

(Master's Thesis)

Esra EREN

Ahi Evran University, Institute of Science

DECEMBER 2015

ABSTRACT

New borate ester based solid polymer electrolyte (SPE) membranes were successfully prepared via synthesis of boric acid with an ethylene glycol based diol (polyethylene glycol - PEG1000) and a cyclic carbonate group containing alcohol (glycerol carbonate – GC) in the presence of a lithium salt. During the preparation of these membranes, a slight stoichiometric excess of diol guaranteed the crosslinking of the polymer. The membranes with different lithium salts (LiClO_4 , $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ ve $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$) with varying ratios (ethylene oxide (EO):lithium cation(Li) ratio of 32, 24, 16 and 8) were prepared and compared in terms of their electrochemical and chemical properties. The prepared SPEs showed rather low T_g values (all below $-30\text{ }^\circ\text{C}$) and no crystallinity especially at higher lithium salt ratios. The TGA thermogram results indicated that these borate ester based membranes were stable at least $300\text{ }^\circ\text{C}$ with LiClO_4 and $350\text{ }^\circ\text{C}$ with the other salts. The temperature dependent ionic conductivity measurements revealed ionic conductivity values of 2.31×10^{-5} S/cm with LiClO_4 , 2.16×10^{-5} S/cm with $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ and 4.09×10^{-5} S/cm with $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ salts.

Science Code: solid polymer electrolyte, borate esters, ionic conductivity.

Number of Pages: 137

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Yunus KARATAŞ

TEŞEKKÜR

Öncelikle lisans eğitimim sırasında engin bilgilerinden ve ufkundan faydalandığım; yüksek lisans çalışmam sırasında kendimi bilimsel alanda geliştirmeme imkan sağlayan; sabrından, fikirlerinden ve tecrübelerinden yararlanırken hoşgörüsünü benden esirgemeyen; büyük desteğini gördüğüm saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Yunus KARATAŞ'a içten teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim sırasında desteklerini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Betül KARATAŞ, Prof. Dr. Orhan ÇAKIRER, Doç. Dr. Harun ÇİFTÇİ ve kimya bölümünün diğer değerli öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım sırasında bana destek olan grup arkadaşlarımdan başta Aysel DEMİRCİ olmak üzere Sümeyye KÖYBAŞI, Didem UÇAN, Yunus Emre ÖZKARA ve Burak GÜNDÜZ'e teşekkür ederim.

Bugün bu teşekkürleri ediyorsam en büyük pay sahibi olan, maddi-manevi fedakarlıkları ile her zaman yanımda olan ve bana inancımı her daim hissettiren canım aileme, yanımda olan dostluklarını her zaman hissettiğim dediğimde, bu cümleyi okur okumaz gülümseyerek kendilerinin olduğunu anlayan o güzel insanlara da teşekkürlerimi sunarım.

Esra EREN

Fikirler, zorla ve şiddetle, top ve tüfekle asla öldürülemez!

Bilim, gerçeęi bilmektir.

Mustafa Kemal ATATÜRK.

(Eşime ve aileme...)

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vii
TABLULARIN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
EKLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxxi
1. GİRİŞ	1
1.1. Li-POLİMER PİLLER.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. KATI POLİMER ELEKTROLİTLER.....	3
2.2. BORAT ESTER İÇEREN KATI POLİMER ELEKTROLİTLER.....	6
2.3. BORAT ESTER PLASTİKLEŞTİRİCİ İÇEREN KATI POLİMER ELEKTROLİTLER.....	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14

3.1. KİMYASALLAR VE CİHAZLAR	14
3.2. SENTEZLENEN MALZEMELER.....	17
3.2.1 Gliserol Karbonat Sentezi	17
3.2.2. Etilen oksit:lityum perklorat oranı 32:1 olan KPE Sentezi	17
3.2.3. Etilen oksit:lityum perklorat oranı 24:1 olan KPE Sentezi	18
3.2.4. Etilen oksit:lityum perklorat oranı 16:1 olan KPE Sentezi	18
3.2.5. Etilen oksit:lityum perklorat oranı 8:1 olan KPE Sentezi	19
3.2.6. Etilen oksit:lityum triflat oranı 32:1 olan KPE Sentezi.....	19
3.2.7. Etilen oksit:lityum triflat oranı 24:1 olan KPE Sentezi.....	20
3.2.8. Etilen oksit:lityum triflat oranı 16:1 olan KPE Sentezi.....	21
3.2.9. Etilen oksit:lityum triflat oranı 8:1 olan KPE Sentezi.....	21
3.2.10. Etilen oksit:lityum bis(triflorometan sülfonimid) oranı 32:1 olan KPE Sentezi	22
3.2.11. Etilen oksit:lityum bis(triflorometan sülfonimid) oranı 24:1 olan KPE Sentezi	22
3.2.12. Etilen oksit:lityum bis(triflorometan sülfonimid) oranı 16:1 olan KPE Sentezi	23
3.2.13. Etilen oksit:lityum bis(triflorometan sülfonimid) oranı 8:1 olan KPE Sentezi	24

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
4.1. KATI POLİMER ELEKTROLİTLERİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONLARI.....	25
4.1.1. KPE'lerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) Ölçümleri	25
4.1.2. KPE'lerin Differansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) Ölçümleri	29
4.1.3. KPE'lerin Termal Gravimetrik Analiz (TGA) Ölçümleri.....	33
4.1.4. KPE'lerin Sıcaklığa Bağlı İletkenlik Ölçümleri.....	36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR.....	43
EKLER:.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	137

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo 1.1. Bazı yaygın kullanılan kullan at ve şarj edilebilir piller	1
--	---

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 1.1. Örnek bir lityum-iyon pili gösterimi.....	2
Şekil 2.1. Polimer elektrolit için polimer matris zincirlerinin temel birimi.....	4
Şekil 2.2. Yaygın olarak incelenen bazı polimer matrisler. (a) çapraz bağlı poli(etilen oksit) PEO (genellikle ışınlanarak çapraz bağlanmıştır), ^{9a} (b) Tipik tarak tipi polimer, MEEP (poli(bis-metoksietoksietoksi fosfazen), ^{10a-c} (c) polieterle çapraz bağlı MEEP, ^{10a-c} (d) PEO/MEEGE (poli(etilen oksit)/poli(2-2-metoksietoksi etil glisidil eter) ^{8c,10d,e} ve (e) tarak tipi silokzanlar ^{11b-d}	6
Şekil 2.3. Poli(etilen glikol) ve borik asit anhidrit kullanılarak PEG-Borat esterlerin hazırlanması.....	7
Şekil 2.4. Borosilokzan polimer elektrolitlerin hazırlanması.	8
Şekil 2.5. PVAPEGX-Y ester kopolimerlerinin hazırlanması.....	8
Şekil 2.6. PEG600 Borat ester plastikleştirici (c) içeren metakrilat bazlı polimer (a) ve çapraz bağlayıcı (b) içeren membran.....	10
Şekil 2.7. Borat esterlerin genel sentez şeması	11
Şekil 2.8. Lewis asit borat ester plastikleştiricilerin elektrot yüzeyindeki etkileşimi	11
Şekil 2.9. Propilen karbonat / Borat ester plastikleştirici karışımının kullanıldığı polimer elektrolit sistemi.	12
Şekil 2.10. Alüminat esterlerin genel sentez şeması	12
Şekil 3.1. Lityum tuzu (LiX) içeren polimer elektrolit membranların genel sentez yöntemi ve örnek bir membran görüntüsü.	16

Şekil 4.1. Farklı oranlarda LiClO_4 tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların FT-IR spektrumları.	26
Şekil 4.2. Farklı oranlarda $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların FT-IR spektrumları.	28
Şekil 4.3. Farklı oranlarda $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların FT-IR spektrumları.	29
Şekil 4.4. Farklı oranlarda LiClO_4 tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların DSC termogramları.	31
Şekil 4.5. Farklı oranlarda $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların DSC termogramları.	31
Şekil 4.6. Farklı oranlarda $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların DSC termogramları.	33
Şekil 4.7. Farklı oranlarda LiClO_4 tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların TGA termogramları.	34
Şekil 4.8. Farklı oranlarda $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların TGA termogramları.	35
Şekil 4.9. Farklı oranlarda $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların TGA termogramları.	35
Şekil 4.10. Farklı oranlarda LiClO_4 tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri.	37
Şekil 4.11. Farklı oranlarda $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri.	38

Şekil 4.12. Farklı oranlarda $(CF_3SO_2)_2NLi$ tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri..... 39

EKLERİN LİSTESİ

- Ek 1.** EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları 47
- Ek 2.** EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları. 47
- Ek 3.** EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları 48
- Ek 4.** EO:Li = 32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları. 48
- Ek 5.** EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları 49
- Ek 6.** EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları. 49
- Ek 7.** EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları 50
- Ek 8.** EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları. 50
- Ek 9.** EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları 51
- Ek 10.** EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları. 51
- Ek 11.** EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları. 52

Ek 12. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	52
Ek 13. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.	53
Ek 14. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.	53
Ek 15. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.	54
Ek 16. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	54
Ek 17. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.	55
Ek 18. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.	55
Ek 19. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.	56
Ek 20. EO:Li = 24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	56
Ek 21. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.	57
Ek 22. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.	57

Ek 23. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	58
Ek 24. EO:Li=24:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	58
Ek 25. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	59
Ek 26. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	59
Ek 27. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	60
Ek 28. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	60
Ek 29. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	61
Ek 30. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	61
Ek 31. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	62
Ek 32. EO:Li =16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	62
Ek 33. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	63

Ek 34. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	63
Ek 35. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	64
Ek 36. EO:Li =16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	64
Ek 37. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	65
Ek 38. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	65
Ek 39. EO:Li=16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	66
Ek 40. EO:Li =16:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	66
Ek 41. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	67
Ek 42. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	67
Ek 43. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	68
Ek 44. EO:Li =8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	68

Ek 45. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	69
Ek 46. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	69
Ek 47. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	70
Ek 48. EO:Li =8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	70
Ek 49. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	71
Ek 50. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	71
Ek 51. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	72
Ek 52. EO:Li =8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	72
Ek 53. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 1. örnek 1. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	73
Ek 54. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 2. örnek 1. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	73
Ek 55. EO:Li=8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 3. örnek 1. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	74

Ek 56. EO:Li =8:1 oranında LiClO ₄ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	74
Ek 57. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	75
Ek 58. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	75
Ek 59. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	76
Ek 60. EO:Li =32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	76
Ek 61. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	77
Ek 62. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	77
Ek 63. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	78
Ek 64. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	78
Ek 65. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	79
Ek 66. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	79

Ek 67. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	80
Ek 68. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	80
Ek 69. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	81
Ek 70. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	81
Ek 71. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	82
Ek 72. EO:Li=32:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	82
Ek 73. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	83
Ek 74. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	83
Ek 75. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	84
Ek 76. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	84
Ek 77. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	85

Ek 78. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	85
Ek 79. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	86
Ek 80. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	86
Ek 81. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	87
Ek 82. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	87
Ek 83. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	88
Ek 84. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. ısıma iletkenlik sonuçları.	88
Ek 85. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	89
Ek 86. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	89
Ek 87. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	90
Ek 88. EO:Li=24:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	90

Ek 89. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	91
Ek 90. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	91
Ek 91. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	92
Ek 92. EO:Li =16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. ısıma iletkenlik sonuçları.	92
Ek 93. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	93
Ek 94. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	93
Ek 95. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	94
Ek 96. EO:Li =16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	94
Ek 97. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	95
Ek 98. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	95
Ek 99. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	96

Ek 100. EO:Li =16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	96
Ek 101. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	97
Ek 102. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	97
Ek 103. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	98
Ek 104. EO:Li=16:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	98
Ek 105. EO:Li=8:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	99
Ek 106. EO:Li=8:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	99
Ek 107. EO:Li =8:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	100
Ek 108. EO:Li=8:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	100
Ek 109. EO:Li=8:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	101
Ek 110. EO:Li=8:1 oranında CF ₃ SO ₃ Li içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	101

Ek 111. EO:Li=8:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	102
Ek 112. EO:Li=8:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	102
Ek 113. EO:Li =8:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	103
Ek 114. EO:Li=8:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	103
Ek 115. EO:Li=8:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	104
Ek 116. EO:Li =8:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	104
Ek 117. EO:Li=32:1 oranında $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	105
Ek 118. EO:Li=32:1 oranında $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	105
Ek 119. EO:Li=32:1 oranında $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	106
Ek 120. EO:Li =32:1 oranında $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	106
Ek 121. EO:Li=32:1 oranında $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	107

Ek 122. EO:Li=32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	107
Ek 123. EO:Li=32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	108
Ek 124. EO:Li =32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	108
Ek 125. EO:Li=32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	109
Ek 126. EO:Li=32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	109
Ek 127. EO:Li=32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	110
Ek 128. EO:Li =32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	110
Ek 129. EO:Li=32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	111
Ek 130. EO:Li=32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	111
Ek 131. EO:Li=32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	112
Ek 132. EO:Li =32:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	112

Ek 133. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	113
Ek 134. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	113
Ek 135. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	114
Ek 136. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	114
Ek 137. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	115
Ek 138. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	115
Ek 139. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	116
Ek 140. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	116
Ek 141. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	117
Ek 142. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	117
Ek 143. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları	118

Ek 144. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	118
Ek 145. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	119
Ek 146. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	119
Ek 147. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	120
Ek 148. EO:Li=24:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	120
Ek 149. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	121
Ek 150. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	121
Ek 151. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	122
Ek 152. EO:Li =16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	122
Ek 153. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	123
Ek 154. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	123

Ek 155. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	124
Ek 156. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	124
Ek 157. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	125
Ek 158. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	125
Ek 159. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	126
Ek 160. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	126
Ek 161. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	127
Ek 162. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	127
Ek 163. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	128
Ek 164. EO:Li=16:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.	128
Ek 165. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	129

Ek 166. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	129
Ek 167. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	130
Ek 168. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.	130
Ek 169. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	131
Ek 170. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	131
Ek 171. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.....	132
Ek 172. EO:Li =8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.	132
Ek 173. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	133
Ek 174. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	133
Ek 175. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları	134
Ek 176. EO:Li=8:1 oranında (CF ₃ SO ₂) ₂ NLi içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.	134

- Ek 177.** EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları..... 135
- Ek 178.** EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları..... 135
- Ek 179.** EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları..... 136
- Ek 180.** EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları. 136

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
B ₂ O ₃	Borikasit anhidrit
B(OH) ₃	Borikasit
CF ₃ SO ₃ Li	Lityum triflat
(CF ₃ SO ₂) ₂ NLi	Lityum bis(triflorometan sülfonimid)
DMK	Dimetil karbonat
DMSO-d ₆	Dötöryumlu dimetil sülfoksit
DSC	Differansiyel Taramalı Kalorimetri
EDS	X-Ray Spektroskopi
EK	Etilen karbonat
EO	Etilen oksit
FT-IR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
GC	Gliserol Karbonat
IS	Empedans Spektroskopisi
KEA	Katı Elektrolit Arayüzeyi
KPE	Katı Polimer Elektrolit
Li-iyon	Lityum iyon

Li-polimer	Lityum polimer
LiClO ₄	Lityum perklorat
LiTrif	Lityum triflat
LiTFSI	Lityum bis(triflorometan sülfonimid)
MEEP	Poli[bis(metoksietoksietoksi fosfazen)]
MEEGE	Poli(2-2-metoksietoksi etil glisidil eter)
NMR	Nükleer Manyetik Rezonans
PAN	Poli(akrilo nitril)
PAS	Poli(alkilen sülfid)
PC	Propilen Karbonat
PDE	Poli(etilen glikol) dimetakrilat
PEG	Poli(etilen glikol)
PEI	Poli(etilen imin)
PEO	Poli(etilen oksit)
PK	Propilen Karbonat
PME	Poli(etilen glikol) monometakrilat
PPO	Poli(propilen oksit)
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu

TGA Termal Gravimetrik Analiz

TMS Tetrametil silan

1. GİRİŞ

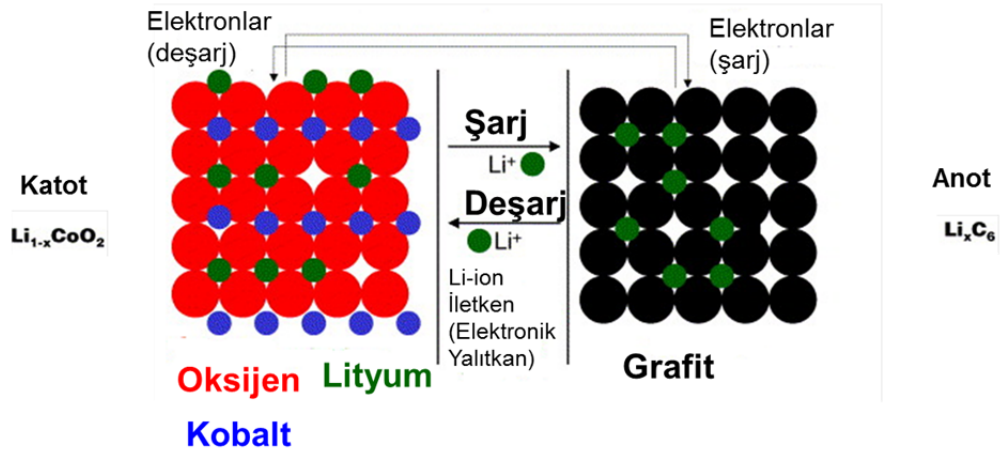
Pil, bilim ve teknolojide kimyasal enerjinin depolanabilmesi ve elektriksel bir forma dönüştürülebilmesi için kullanılan bir cihazdır. Piller, bir veya daha fazla elektrokimyasal hücre, yakıt hücreleri veya akış hücreleri gibi, elektrokimyasal aygıtlardan oluşur. Genel olarak piller, kullanıldıktan sonra atılan ve tekrar şarj edilebilen piller olarak ikiye ayrılır.

Tablo 1.1. Bazı yaygın kullanılan kullan at ve şarj edilebilir piller

Şarj edilmeyen (tekrar kullanılmayan) piller:	Şarj edilebilen (tekrar kullanılabilen) piller:
Alkalın pil	Lityum-iyon pil
Çinko-karbon piller	Kurşun-asit pil
Çinko-klorür piller	Lityum- polimer pil
Gümüş-oksit pil	Sodyum-sülfür piller
Lityum pil	Nikel-demir piller
Çinko-hava pil –	Nikel metal hibrit piller
Isıl (Termal) pil	Nikel-kadmiyum piller
Civa pil	Erimiş tuz pilleri
	Sodyum-metal klorür piller
	Nikel-çinko piller

1.1. Li-POLİMER PİLLER

Her ne kadar Li-polimer piller lityum iyon pilin temel özelliklerini taşıyor olsalar da daha az şarj yoğunluğuna sahiptirler. Fiziksel olarak esnektirler ve çok daha küçük kesitlerde hazırlanabilirler. Fazla şarja dayanıklıdırlar ve elektrolit sızıntısı yapmazlar.



Şekil 1.1. Örnek bir lityum-iyon pili gösterimi

Lityum pillerinde çalışma esnasında en yavaş gerçekleşen olay elektrolit boyunca iyonların transferi olduğundan, pilin performans özelliklerini bu kısmın belirlediği söylenebilir. Birim zamanda polimer elektrolit boyunca ilerleyen iyon sayısı akım yoğunluğunu, dolayısıyla pilin performansını artıracığından, katot ve anot yanında elektrolit kısmı çok geniş bir araştırma potansiyeline sahiptir.

Bu çalışmada Li-polimer pilleri için borat ester içeren katı polimer elektrolitlerin sentezi hedeflenmiştir. Polimer elektrolitler bir polimer matrisi ve lityum tuzlarından oluşur. Organik çözücülerle karşılaştırıldığında polimerler daha güvenlidirler, ayrıca esneklik, kolay manipülasyon ve yüksek sıcaklık kullanımları gibi iyi özelliklerinden dolayı lityum polimer ikincil pilleri olarak her geçen gün daha da artan bir ilgi toplamaktadırlar.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatür özetinde lityum pilleri hakkında kısa bir girişin ardından, literatürde bu konuda çalışılan elektrolitler özetlenmiştir. Lityum pillerinde kullanılan elektrolitleri genel olarak üç ana başlık altında toplamak mümkündür;¹

Çözücülü elektrolitler: Anot ve katot arasında inert, gözenekli bir ayırıcı içerisinde sıvı organik çözücüler (eter, doğrusal veya halkalı karbonat türevleri) ve lityum tuzundan oluşur.

Jel elektrolitler: Polimer elektrolit içerisinde çok miktarda çözücü barındırır. Jel polimer elektrolitlerde polimer matris organik çözücülerin büyük bir kısmını tutucu olarak görev yapmaktadır. İletkenliğe ayrıca katkı sağlayan polimer matrisler de bulunmaktadır.

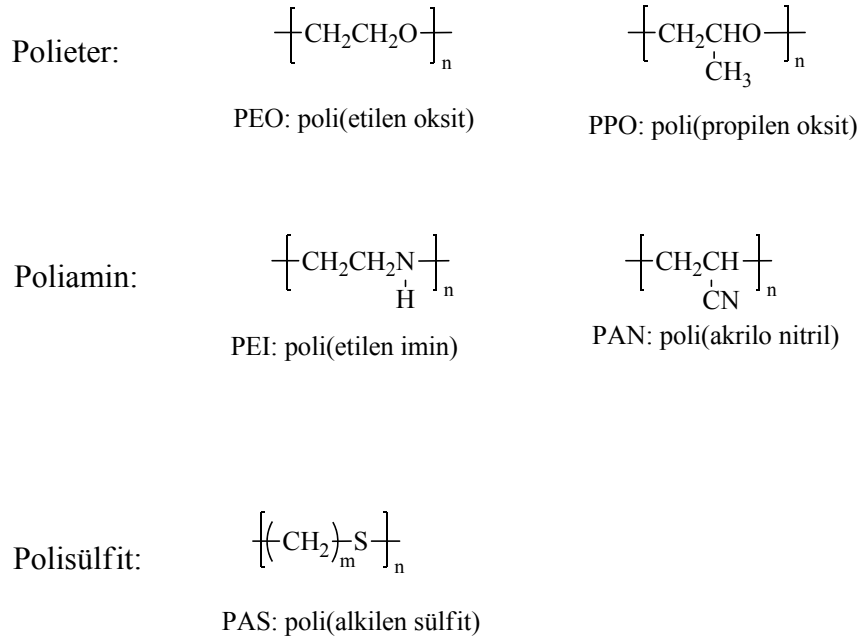
Katı polimer elektrolitler (KPEler): Herhangi bir uçucu çözücü içermeyen polimer elektrolitlerdir. Polimer membran içerisinde çözünen lityum tuzu için hem çözücü hem de anot ve katot arasında ayırıcı olarak çalışmaktadır.

Çalışma konusu yeni bir borat ester içeren KPE sentezini içermektedir. Bu nedenle aşağıdaki bölümlerde ilk olarak KPElerin gelişimi ile ilgili genel bir giriş yapıldıktan sonra borat ester içeren KPEler ve bunların lityum pillerinde elektrolit olarak incelendiği çalışmalar özetlenecektir.

2.1. KATI POLİMER ELEKTROLİTLER

Wright ve Armand'ın poli(etilen oksit) (PEO) ve türevlerinin lityum iletkenlikleri üzerinde yaptıkları çalışmalardan bu yana bu polimer KPE'lerin tipik temsilcisi olarak bilinirler.² Bu PEO bazlı polimerler lityum tuzlarını çözebilirler yani polimer zinciri üzerindeki heteroatomlar (oksijen) elektron verici olarak davranıp lityum iyonlarına koordine olduklarından çözücü rolünü üstlenirler. Benzer etki imid grubunun (-NH-) azot atomları ve kükürt atomlarında (-S-) da gözlenmektedir. Temel polimer elektrolitlerin zincir şekilleri aşağıdaki şekilde

özetlenmiştir. Polimerlerdeki lityum tuzlarının çözünebilmesi için çözünme Gibbs enerjisinin lityum tuzunun örgü Gibbs enerjisinden daha büyük olması gerekmektedir. Çözünme Gibbs enerjisi elektrostatik etkileşimler ve elektron çifti verici-alıcı etkileşimleri gibi iyon-çözücü etkileşimlerine bağlıdır. Yukarıdaki elektron verici gruplar ve lityum iyonları arasında etkileşim şiddeti donör sayısı olarak tanımlanan bir değerle ifade edilir ve heteroatomların üzerindeki kısmi negatif yükü (-O- > -N- > -S-) orantılıdır;³

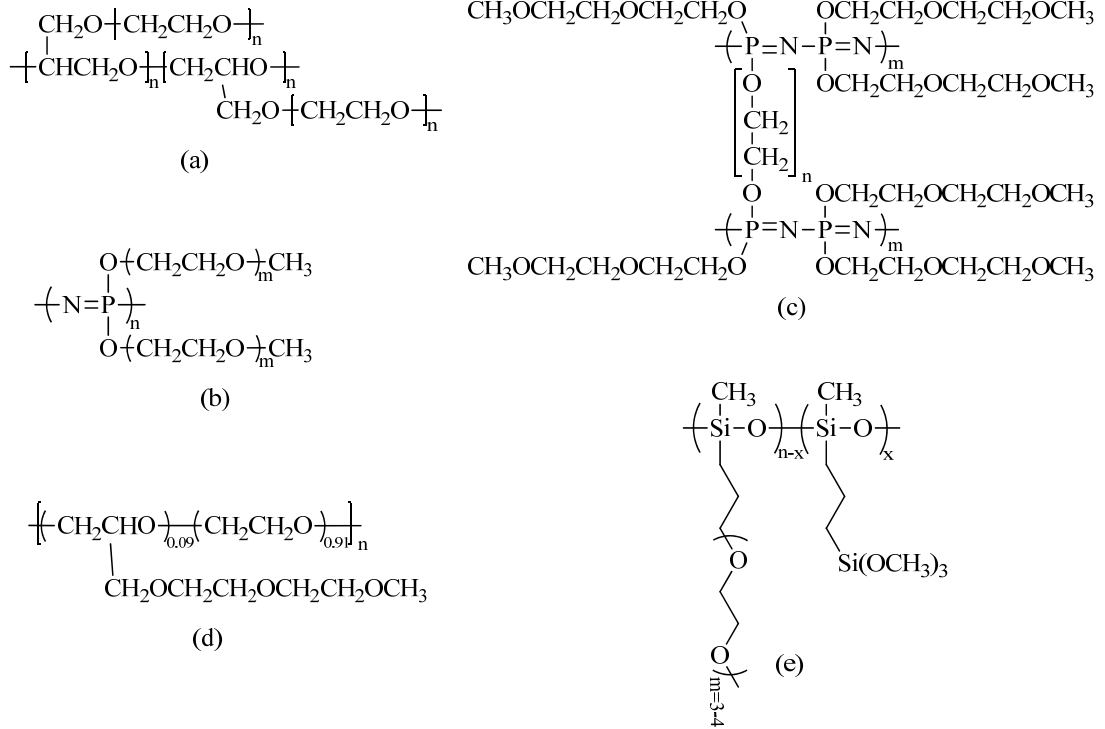


Şekil 2.1. Polimer elektrolit için polimer matris zincirlerinin temel birimi

Etilen glikol (-CH₂CH₂O-) yapısının KPE'ler için öneminin anlaşılmasından sonra, bu yapı baz alınarak iyon iletkenliğinin geliştirilmesi amacıyla çok farklı polimer mimarileri tasarlanmıştır. Yüksek molekül ağırlıklı (>100.000) lineer PEO kullanılarak hazırlanan ilk polimer elektrolitlerin 60 °C üzerinde oldukça yüksek iyonik iletkenlik (>10⁻⁵ S/cm) göstermesine rağmen polimerin kristallenmesinden dolayı 60 °C'den daha düşük sıcaklıklarda iyonik iletkenlik büyük oranda düşmektedir.^{2c,3-4} 1970'li yılların sonunda iletkenliğin bilinen katı hal iletkenlerindeki zıplama (hopping) mekanizmasına benzer bir şekilde polimer zincirlerinin kristal boşlukları arasında lityum iyonlarının zıplamasından kaynaklandığı ortaya atılmıştır.⁵ Fakat bunu takip eden çalışmalar, polimer elektrolitteki amorf bölgelerin iyon taşınımında kristal bölgelerden çok daha fazla

katkı sağladıklarını ortaya çıkarmıştır.⁶ Shriver ve arkadaşları lityum iyonlarının amorf bölgede polimer zincirlerinin segment hareketleri yardımıyla taşındığını önermiştir.⁷ Bu yüzden 1980'li yılların sonunda ve 1990'lı yılların başındaki çalışmalar, polimer zincirlerinin kristallenmesinin bastırılmasıyla oda sıcaklığında iyonik iletkenlikteki düşüşün engellenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda PEO'ya benzer bir yapı olan poli(propilen oksit) (PPO)'nun lityum tuzlarıyla amorf kompleks oluşturduğu bulunmuş ve bunun üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır.⁸ PPO bazlı elektrolitler belirli lityum tuz derişimine kadar oda sıcaklığında PEO bazlı elektrolitlerden daha yüksek iyonik iletkenlik gösterebilirler de PPO içinde yüksek derişimlerde taşıyıcı iyon çözünmemektedir. Bu yüzden KPE'lerin geliştirilme çabaları yeniden PEO bazlı elektrolitlerin kristallenmelerinin bastırılmasına kaymıştır.⁴

Düşük moleköl ağırlıklı PEO'nun çapraz bağlanması veya diğer türevleri polimer kristalliğinin azaltılması ve mekanik mukavemetin sağlanması açısından çok faydalı olmuştur. Bu doğrultuda tasarlanmış polimer yapılarından bazıları Şekil 2.2'de verilmiştir. Hem ışınla⁹ hem de kimyasal^{8c,10} çapraz bağlama yöntemleri, amorf ve mekanik olarak karalı matrislerin üretilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Işınla çapraz bağlama yöntemiyle istenilen şekilde ve kalınlıkta polimer elektrolit filmlerinin elde edilmesi pratikte daha kolaydır çünkü uygulanacağı yerde polimer matris doğrudan çapraz bağlanabilir.⁹ Kimyasal çapraz bağlama yöntemleri olarak; üretan bağı,^{8c,10} ester bağı,^{8c,10d,e} silokzan bağı¹¹ vb. kullanılmıştır.



Şekil 2.2. Yaygın olarak incelenen bazı polimer matrisler. (a) çapraz bağlı poli(etilen oksit) PEO (genellikle ışınlanarak çapraz bağlanmıştır),^{9a} (b) Tipik tarak tipi polimer, MEEP (poli(bis-metoksietoksietoksi fosfazen),^{10a-c} (c) polieterle çapraz bağlı MEEP,^{10a-c} (d) PEO/MEEGE (poli(etilen oksit)/poli(2-2-metoksietoksi etil glisidil eter)^{8c,10d,e} ve (e) tarak tipi silokzanlar^{11b-d}

Buna ek olarak daha yüksek iyon hareketliliği elde etmek açısından polimer zincirlerinin segment hareketlerinin artırılması çalışmaları da yapılmıştır. Bunlardan bazıları; (i) tarak tipi polimer elektrolit sentezi,¹² (ii) seramik dolgu katkısı¹³ ve (iii) plastikleştirici katkısı olarak sıralanabilir.

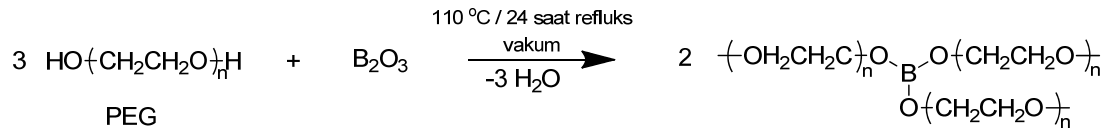
Hedeflenen borat ester içeren KPE'lerin hem polimer elektrolit hem de basit yaklaşımlarla plastikleştirici olarak kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Aşağıdaki bölümlerde bu iki konu başlığında borat ester içeren literatür bilgisi özetlenmiştir:

2.2. BORAT ESTER İÇEREN KATI POLİMER ELEKTROLİTLER

Borate ester içeren KPE'lerin hazırlanmasında farklı yaklaşımlarda bulunulmuştur. Bu bağlamda günümüze kadar borat esterler üzerine yapılmış çalışmalarda hazırlanan polimer matris kullanılarak KPE'ler hazırlandığı gibi, borat

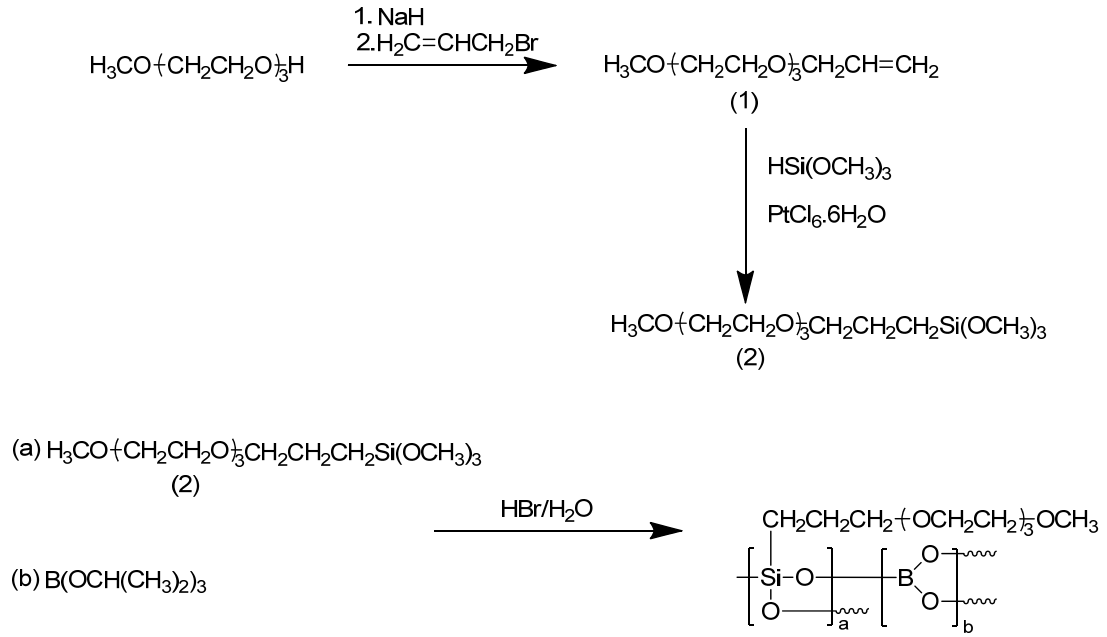
esterlerle farklı kopolimerler de hazırlanmıştır. Konuyla ilgili yapılmış çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmiştir:

Kato ve arkadaşları borikasit anhidriti farklı uzunluklarda PEGlerle (PEG200, 400, 600, 1000 ve 2000) tepkimeye sokarak uygun bir lityum tuzu eşliğinde KPE'ler hazırlamış ve iyonik iletkenliklerini araştırmıştır.¹⁴ En yüksek iletkenlik değeri PEG600'le hazırlanan KPE için 30 °C'de $5,8 \times 10^{-5}$ S/cm olarak ölçülmüştür. Hazırlanan KPE'ler oldukça yüksek termal ve elektrokimyasal kararlılık göstermişlerdir. Bu çalışmanın devamı olarak gerçekleştirilen çalışmada borat ester gruplarının derişimi arttıkça, lityum iyon transfer sayısının da arttığı belirlenmiştir.¹⁵ Yapılan teorik hesaplamalar, borat ester merkezlerinin Lewis asit olarak davrandığı ve özellikle sert bazik anyonlarla (CF_3SO_3^- , ClO_4^- gibi) daha uyumlu çalıştığı hesaplanmıştır. Aynı polimer matris kullanılarak, Mg^{+2} iyonlarının iletkenliği de araştırılmıştır.¹⁶



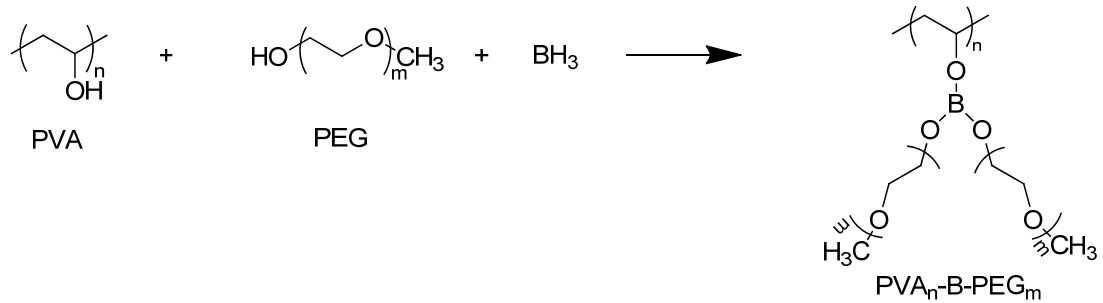
Şekil 2.3. Poli(etilen glikol) ve borik asit anhidrit kullanılarak PEG-Borat esterlerin hazırlanması.

Kurano ve arkadaşları farklı borosiloksan KPE'ler hazırlamışlar, bu KPE'ler ve bunlara farklı oranlarda poli(etilen oksit) karıştırarak hazırladıkları KPE'lerin iletkenliklerini çalışmışlardır.¹⁷ Bunlar arasında en iyi iletkenlik değeri saf borosiloksan KPE'ler için 10^{-5} S/cm civarında bulunmuştur. Borat ester merkezleriyle kullanılan lityum tuzunun anyonunun güçlü etkileşiminden yine yüksek lityum transfer sayısı elde edilmiştir.



Şekil 2.4. Borosilokzan polimer elektrolitlerin hazırlanması.

Aydın ve arkadaşları poli(vinil alkol) zinciri üzerine borat esterleri bağlamış ve uygun bir tuz eşliğinde hazırlanan KPE'lerin iletkenliklerini çalışmışlardır.¹⁸ PEG550 kullanılarak hazırlanmış KPE'lerden etilen oksit (EO)/Lityum (Li) oranı 25 olan KPE için iletkenlik değeri 20 °C'ta $8,9 \times 10^{-5}$ S/cm olarak ölçülmüştür.



Şekil 2.5. PVAPEGX-Y ester kopolimerlerinin hazırlanması

2.3. BORAT ESTER PLASTİKLEŞTİRİCİ İÇEREN KATI POLİMER ELEKTROLİTLER

KPE plastikleştiricilerin tipik örnekleri propilen karbonat (PK) ve etilen karbonat (EK) gibi organik çözücülerdir. Plastikleştirici KPE'ler genelde jel polimer elektrolit olarak adlandırılırlar. Bu tür polimer elektrolitlerde iyonun taşınımının

tamamı organik çözücülerde gerçekleşir. Kullanılan polimerden bu çözücüye tutma ve iki elektrotu birbirinden ayırma görevi dışında başka bir katkı (iyon iletkenliği gibi) beklenmemektedir. Fakat bazı pratik sebeplerden çözücü miktarı ağırlıkça % 80-90 ile sınırlandırılmaktadır. Buna rağmen uçucu organik çözücü kaynaklı problemler hala devam etmektedir.

Buharlaştırma oranı düşük veya hiç olmayan maddelerin az miktarda plastikleştirici olarak eklenmesi pratik kullanımlarda güvenlik problemlerini yeterli seviyeye düşürebilir. Bu şekilde hazırlanan plastikleştiricili KPElerde kullanılan polimerlerin iyon iletkenliklerini geliştirmek için içlerine düşük oranlarda katkı maddeleri eklenmektedir. Burada eklenen katkıyla genelde kullanılan yarı kristal polimerin (örneğin PEO) kristallenme oranını düşürerek veya kristallenmeyi engelleyerek oda sıcaklığında daha kabul edilebilir bir iyon iletkenliği değerine ulaşılması hedeflenmektedir.

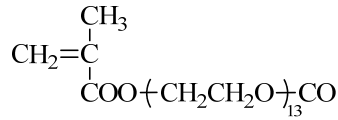
Abraham ve arkadaşları düşük molekül ağırlıklı poli(etilen glikol) (PEG)'i plastikleştirici olarak kullanılmasını önermiş ve bu tür sistemleri "PEO-benzeri" polimer elektrolitler olarak adlandırmıştır.¹⁹ Bu elektrolitlerin termal kararlılıklarından ödün vermeden yüksek iyonik iletkenlikler gösterdiklerini rapor etmişlerdir. Benzer sistemler Morita²⁰ ve Ito²¹ tarafından da çalışılmıştır. Bazı benzer yaklaşımlarda fosfat çözücülerini polimer elektrolitlerde yanmaz plastikleştirici olarak önerilmiştir.²² Kasuya ve arkadaşları fosfat çözücülerin güvenliğini rapor etmiştir.^{22b} Bu tür KPE'lerde sıvı plastikleştirici kristallenmeyi azaltıp polimer zincirlerinin segment hareketlerini arttırdığından iyon iletkenliğini olumlu etkilemektedir.^{22b,c} Fakat plastikleştiricinin düşük dielektrik sabiti, lityum tuzları jel polimer elektrolitlere göre daha az ayrışmaktadır.

Diğer tür plastikleştiriciler yanında, borat ester içeren plastikleştiriciler son zamanlarda büyük ilgi toplamaktadır. B-PEG'in Lewis asitliği lityum tuzlarının ayrışmasını desteklemekte ve dolayısıyla taşıyıcı iyon derişimini arttırmaktadır. Aynı zamanda plastikleştiricinin iyon hareketliliğini artırma fonksiyonu da bulunmaktadır. Burada B-PEG'in yüksek kaynama noktasına ve düşük sıcaklıklarda bile iyi akışkanlığa sahip olduğundan, otomobil fren sistemlerinde kullanılan sıvıların ana

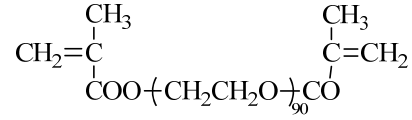
bileşeni olduğunu belirtmekte fayda vardır. Sonuç olarak B-PEG içeren elektrolitlerde düşük sıcaklıklarda daha yüksek iyonik iletkenlik ve daha iyi termal kararlılık beklenmektedir. Kato ve arkadaşları poli(etilen glikol) içeren borat türevlerini (B-PEG) yeni bir tür plastikleştirici olarak önermişlerdir.²³

Konuyla ilgili literatür çalışması aşağıda özetlenmiştir:

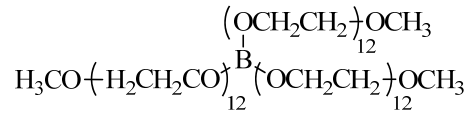
Kato ve arkadaşları poli(etilen glikol) metakrilat türevleri kullanılarak hazırlanan polimer matris içerisine PEG600'den hazırlanmış borat esteri farklı oranlarda plastikleştirici olarak eklemiştir. Lityum bis-triflormetansülfonimid (LiTFSI) tuzu kullanılarak hazırlanan KPE'lerde EO/Li oranı 8 olarak alınmış, en yüksek iletkenlik değeri plastikleştirici oranı 1:5 olduğunda 30 °C'ta $1,9 \times 10^{-4}$ S/cm olarak belirlenmiştir.^{23a}



(a)



(b)

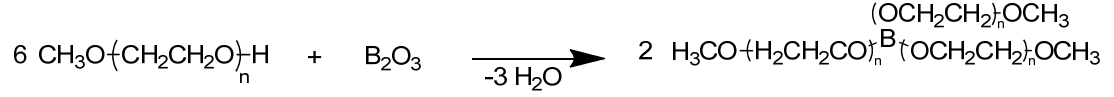


(c)

Şekil 2.6. PEG600 Borat ester plastikleştirici (c) içeren metakrilat bazlı polimer (a) ve çapraz bağlayıcı (b) içeren membran.

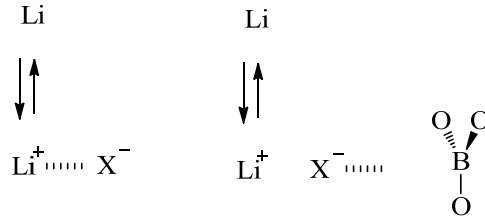
Yine Kato ve arkadaşlarının yukarıdaki çalışmayı tamamlayıcı olarak yaptıkları çalışmalarında, borat ester üzerindeki etilen glikol yinelenen birim sayısının 3, 6 ve 12 olduğu farklı borat esterler aynı matris içerisinde incelenmiş, en iyi iyon iletkenliği değerinin yinelenen birim sayısı 3 olan borat ester için oda sıcaklığında yine 3.3×10^{-4} S/cm'den büyük bir değer olarak ölçülmüştür. Ayrıca

KPE'lerin 300 °C'a kadar termal, +4,5 V'a kadar elektrokimyasal dayanıklılığa sahip oldukları belirlenmiştir.^{23b} Bu polimer matris için yapılan ısıl analizler, iyon iletkenliğindeki artışın iyon hareketliliğinden kaynaklandığını, borat esterlerin lityum tuzunu çözme etkisinin bu olaya pek katkı sağlamadığı düşünülmüştür.^{23c}



Şekil 2.7. Borat esterlerin genel sentez şeması

Yapılan deneysel çalışmalar ve teorik hesaplamalar ayrıca Lewis asit içeren KPE'lerde elektrot yüzeyinde gerçekleşen yük transferinin çok daha yüksek hızda gerçekleştiği, bu amaçla borat esterlerin yüksek akım yoğunluğuna sahip lityum-iyon pillerinin üretilmesine katkı sağlayabileceği bulunmuştur.²⁴

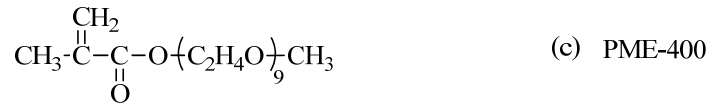
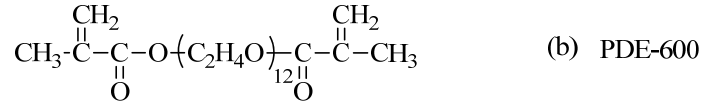
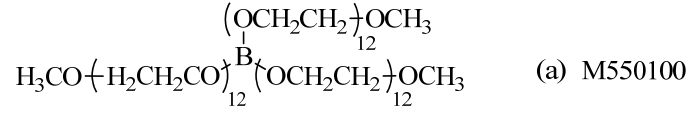


Şekil 2.8. Lewis asit borat ester plastikleştiricilerin elektrot yüzeyindeki etkileşimi

Farklı lityum tuzlarının ($\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, LiClO_4 ve LiCF_3SO_3 gibi) aynı polimer matris içerisinde borat ester varlığında ($n=3$) lityum transfer sayılarına etkisini araştırmak için yapılan çalışmada, borat esterlerin Lewis asit olarak davrandığı ve CF_3SO_3^- , ClO_4^- gibi sert Lewis bazlarıyla daha uyumlu çalıştığı ve daha yüksek lityum transfer sayısı verdiği bulunmuştur.

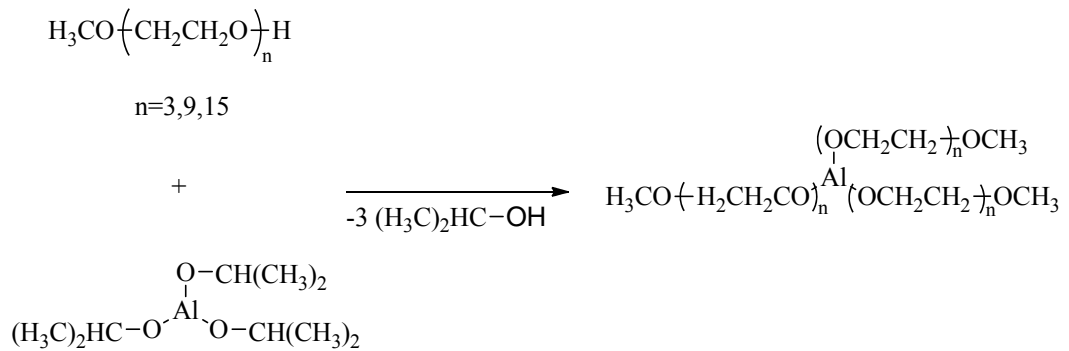
Yapılan çalışmalarda elde edilen iyi sonuçları tamamlayıcı olarak, borat esterlerin gerçek bir pil içerisindeki performansını araştırmak üzere, $\text{LiMn}_{1,8}\text{Co}_{0,2}\text{O}_4$ katot aktif maddesi kullanılarak hazırlanan piller incelenmiş, propilen karbonat (PC) ve borat ester karışımı plastikleştirici olarak kullanılmış, KPE'lerin yeterli ısıl, mekanik ve elektrokimyasal dayanıklılık sergilediği bulunmuştur.²⁵ PC/PEG-borat

ester karışımının plastikleştirici olarak kullanıldığı KPE için 30 °C'ta iyonik iletkenlik $2,5 \times 10^{-4}$ S/cm olarak ölçülmüştür.



Şekil 2.9. Propilen karbonat / Borat ester plastikleştirici karışımının kullanıldığı polimer elektrolit sistemi.

Benzer matris içerisinde ayrıca borat esterlere benzer özellik sergilemesi açısından alüminat esterler ve bunların borat esterlerle karşılaştırılması üzerine de yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.²⁶ Bu çalışmalarda alüminat esterli KPE'lerin elektrokimyasal olarak daha yüksek potansiyellere kadar dayanmasına rağmen, iletkenlik açısından borat esterlerin daha iyi sonuçlar çıkardığı bulunmuştur. Ayrıca borat esterlerin elektrolit-katot yüzeyindeki yük transferini kolaylaştırmasından dolayı yüksek akım yoğunluğuna sahip pillerin yapılabilmesinin önünü açtığı bilgisi de yinelenmiştir.^{26b,c}



Şekil 2.10. Alüminat esterlerin genel sentez şeması

Hazırlanan borat esterli KPE'ler termal, mekanik ve elektrokimyasal dayanıklılık olarak olumlu sonuçlar verse de, plastikleştirici eşliğinde hazırlanan pillerde başlangıç şarj-deşarş sikluslerinde bir problem görünmese de, bu işlem onlarca defa tekrarlandığında kapasitenin çok hızlı bir şekilde düştüğü bulunmuştur.^{26d} Bunun sebebini anlamak için yapılan Nükleer Manyetik Rezonans (NMR), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), X-Ray Spektroskopi (EDS) ve Empedans Ölçümleri (IS) sonucunda katot ve KPE arasındaki yüzeyde oluşması beklenen Katı Elektrolit Arayüzeyi (KEA)'nin çok daha hızlı oluştuğu, bu oluşum sırasında kullanılan lityum bis (triflormetan sülfonimid) (LiTFSI) tuzunun anyonlarının elektrot yüzeyinde bozulduğunu ve bu olayın ortamdaki lityum iyon derişimini ve dolayısıyla da pil kapasitesini dramatik olarak değiştirdiği rapor edilmiştir. Sonuç olarak kullanılacak lityum tuzunun pilin başarısı açısından önemi vurgulansa da kullanılan plastikleştiricinin bu kapasite düşmesiyle bir ilgisi olduğu açıktır. Bu sebeple yapılacak yeni çalışmalarda katot yüzeyinde oluşan ve termodinamik olarak imkansız olan lityum pillerinin pratikte kullanılmasına yol açan KEA'nın daha kontrollü olarak yüzeyde oluşmasını sağlayabilecek yaklaşımlarla KPE'lerin tasarlanması gerekmektedir.

Daha sonra Masuda, Lewis asitliği arttırmak amacı ile poli(etilen glikol) içeren alüminant türevlerini (Al-PEG) yeni bir tür plastikleştirici olarak geliştirmiştir. Bir sonraki kısımda, bu tür plastikleştiriciler kullanılarak hazırlanan KPE filmleri ve bunların fiziksel özellikleri detaylı olarak verilmiştir.

Sonuç olarak borat ester yapısının hem polimer üzerine entegre edildiği hem de plastikleştirici olarak çalışıldığı çeşitli çalışmaları vardır. Yapılan çalışmaları sonucu borat esterlerin Lewis asit yapısından dolayı polimer elektrolit ve pil sistemlerinde çalışmaları yapılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. KİMYASALLAR VE CİHAZLAR

Aksi belirtilmedikçe ticari olarak satın alınan kimyasallar daha fazla saflaştırılmadan kullanılmıştır. Gliserol karbonat sentezinde, gliserol (susuz, Merck), potasyum karbonat (K_2CO_3 , susuz, Merck), kation değiştirme reçinesi (Amberlit IR 120 asit hali, Merck) kullanılmıştır. Borat ester içeren KPE'lerin sentezlerinde poli(etilen glikol) (PEG1000, Aldrich), borik asit ($B(OH)_3$, %99,5, Carlo Erba), lityum perklorat ($LiClO_4$, %99,99, Aldrich), lityum triflat (CF_3SO_3Li , LiTrif, % 99,995, Aldrich), lityum bis(triflorometan sülfonimid) ($(CF_3SO_2)_2NLi$, LiTFSI, %99,95, Aldrich) kullanılmıştır. Yine KPE'lerin sentezinde kullanılan gliserol karbonat (GC) literatüre göre²⁷ yüksek lisans öğrencisi Yunus Emre ÖZKARA tarafından sentezlenmiştir.²⁸ Sentez detayları aşağıdaki bölümde verilmiştir.

1H -NMR ve ^{13}C -NMR spektrumları Bruker Instrument Avance Series-Spectrospin DPX-400 Ultra Shield cihazı ile içerisinde referans miktarda TMS bulunan DMSO- d_6 çözücüsüyle alınmıştır. 1H -NMR sinyalleri kimyasal kayma δ (ppm), yarıma [singlet (s), dublet (d), dubletin dubleti (dd), triplet (t), kuvartet (q), multipler (m) ve broad (br)], yarıma sabiti J (Hz) olarak verilmiştir.

Infrared spektrumları Thermo Scientific Nicolet iS10 FT-IR spektrometrede ATR kullanılarak $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ aralığında ölçülüp bant genişlikleri yine cm^{-1} olarak rapor edilmiştir.

KPE membranların ısı karakterizasyonları, Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) kullanarak yapılmıştır. Camı geçiş sıcaklıkları (T_g 'ler) ve kristal erime sıcaklıkları (T_m 'ler), TA Q20 marka cihazda alüminyum kapsül içerisinde 50 mL/dakika azot gazı altında 10 K/dakika ısıtma ve soğutma hızlarında belirlenmiştir. Bütün örnekler, oda sıcaklığından $+150 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a ısıtılıp sonrasında $-80 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a soğutulup ve son olarak tekrar $+150 \text{ }^\circ\text{C}$ 'a ısıtılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, son ısıtma termogramları rapor edilmiştir.

Termogravimetrik Analiz (TGA) kullanılarak KPE membranların kütle değişimleri belirlenmiştir. Termogramlar TA Q500 cihazı kullanılarak, platin kaplarda 60 mL/dakika azot gazı altında 5°C/dakika ısıtma hızında oda sıcaklığından 600 °C'a kadar kaydedilmiştir.

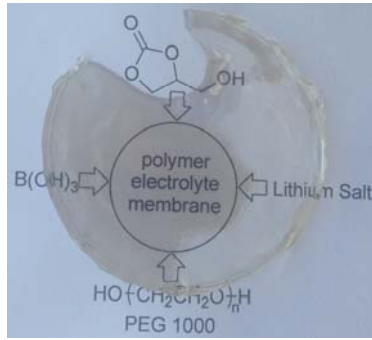
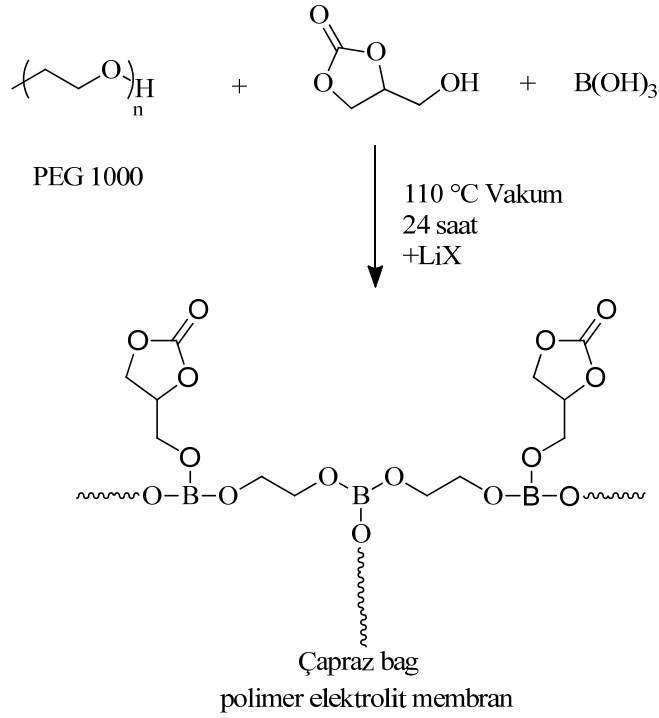
Empedans spektrumları Referans 3000 Potansiyostat/Galvanostat/ZRA Sistemleri kullanılarak 10 µHz – 1 MHz frekans aralığında ölçülmüştür. Sıcaklığa bağlı empedans ölçümleri, Referans 3000 sistemine bağlı TDC4 sıcaklık kontrol ünitesiyle 20 – 90 °C aralığında gerçekleştirilmiştir. Membranlar iki paslanmaz çelik elektrot arasında sıkıştırılıp modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde ölçülmüştür. Ölçümler ısıtma→soğutma→ısıtma→soğutma olarak dört basamakta gerçekleştirilmiştir. Her bir hazırlanan örnekten üç adet farklı ölçüm gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığa bağlı iletkenlik değerleri, son soğutma döngüsünde elde edilen sonuçlar kullanılarak rapor edilmiştir.

Bode diyagramlarında (Eklere bakınız) faz açısının sıfıra yaklaştığı plato sistemin direnci olarak alınmıştır. Bu plato genelde orta frekans aralığında (10 – 10³ Hz) gözlemlenmiştir. İyon iletkenliği ise (σ/cm):

$$\sigma = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{A}$$

formülüyle hesaplanmıştır. Burada R membranın toplam direnci (ohm), l membranın kalınlığı (cm) ve A ise ölçüm yapılan membranın yüzey alanıdır (cm²). Sıcaklığa bağlı empedans spektrumları ve iyonik iletkenlik sayısal değerleri Ekler kısmında ayrıca verilmiştir.

Sıcaklığa bağlı iletkenlik sonuçları, 20 °C ve 90 °C derece aralığında son soğutma ölçümlerinin elde edilen değerler kullanılarak rapor edilmiştir. Bir sonraki sonuçların tartışıldığı bölümde verilen sıcaklığa bağlı iletkenlik değerlerinin grafikleri yapılan üç ölçümde elde edilen iletkenlik değerlerinin ortalamaları şeklinde verilmiştir. Bu üç ölçümden herhangi bir tanesinin sonuçları diğer elde edilen sonuçlardan çok fazla sapma gösterdiği durumlarda da ise ortalamaya katılmamıştır.



Şekil 3.1. Lityum tuzu (LiX) içeren polimer elektrolit membranların genel sentez yöntemi ve örnek bir membran görüntüsü.

Katı polimer elektrolitler, borik asitin PEG 1000 ve GC ile vakum altında sıcaklık yardımıyla esterleşmesi sonucunda elde edilmişlerdir. Çapraz bağlanmayı sağlamak üzere PEG 1000/borik asit stokiyometrik oranı 1,1 olarak alınmıştır. Esterleşme öncesinde istenilen lityum tuzundan (LiX) belirli oranda eklenmiş ve esterleşme sonrasında doğrudan çapraz bağlı polimer elektrolit membranlar elde edilmiştir. Polimer elektrolitlerin genel sentez yöntemi yukarıdaki şekilde verilmiştir. Sentez detayları bir sonraki bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

3.2. SENTEZLENEN MALZEMELER

3.2.1 Gliserol Karbonat Sentezi

40,05 g gliserol (0,435 mol) ve 117,45 g dimetil karbonat (DMK, 1,305 mol) 100 mL'lik bir balon içersinde karıştırıldı ve 1,8 g potasyum karbonat (K_2CO_3 , 13,05 mmol) katalizörü eşliğinde 3 saat boyunca 73-75 °C'de ısıtıldı. Bu süre sonunda tepkimeye girmemiş DMK ve açığa çıkan metanol düşük basınç altında (0,5 mmHg) 40 °C'de ortamdan uzaklaştırıldı. Bu işlem reaksiyon balonu sabit ağırlığa gelinceye kadar devam edildi. Balon içerisindeki karışım katyon değiştirme reçinesi üzerinden geçirilerek K_2CO_3 katalizörü ortamdan uzaklaştırıldı ve elde edilen ürün yine 40 °C'de vakum altında sabit tartıma ulaşıncaya kadar (en az bir gün) kurutuldu. Renksiz, sıvı gliserol karbonat %90 verimle elde edildi. 1H -NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ (ppm): 5,31 (br, 1H, OH), 4.78 (m, 1H, CH), 4.48 (dd, 1H, OCH_2), 4.29 (dd, 1H, OCH_2CH), 3.66 (ddd, 1H, CH_2OH), 3.53 (ddd, 1H, CH_2OH). FT-IR (ATR): 3401 (s. OH), 2931 (CH_2), 1796 (OC(O)O), 1403 (CH_2), 1181 (CH), 1054 (OH).

3.2.2. Etilen oksit:lityum perklorat oranı 32:1 olan KPE Sentezi

0,185 g borik asit ($B(OH)_3$, 3mmol), 3,3 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 3.3 mmol) ve 0,28 g gliserol karbonat (GC, 2,4 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 32:1 olacak şekilde 0,244 g lityum perklorat ($LiClO_4$, 2,3 mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin

yinelenabilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.3. Etilen oksit:lityum perklorat oranı 24:1 olan KPE Sentezi

0,185 g borik asit ($B(OH)_3$, 3mmol), 3,3 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 3.3 mmol) ve 0,28 g gliserol karbonat (GC, 2,4 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 24:1 olacak şekilde 0,327 g lityum perklorat ($LiClO_4$, 3 mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdaki uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.4. Etilen oksit:lityum perklorat oranı 16:1 olan KPE Sentezi

0,185 g borik asit ($B(OH)_3$, 3mmol), 3,3 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 3.3 mmol) ve 0,28 g gliserol karbonat (GC, 2.4 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 16:1 olacak şekilde 0,491 g lityum perklorat ($LiClO_4$, 4,6 mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme

tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.5. Etilen oksit:lityum perklorat oranı 8:1 olan KPE Sentezi

0,185 g borik asit ($B(OH)_3$, 3mmol), 3,3 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 3,3 mmol) ve 0,28 g gliserol karbonat (GC, 2,4 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 8:1 olacak şekilde 0,655 g lityum perklorat ($LiClO_4$, 6,15 mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.6. Etilen oksit:lityum triflat oranı 32:1 olan KPE Sentezi

0,185 g borik asit ($B(OH)_3$, 3mmol), 3,3 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 3,3 mmol) ve 0,28 g gliserol karbonat (GC, 2,4 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 32:1 olacak şekilde 0,36 g lityum triflat (CF_3SO_3Li , 2,3 mmol) eklenmiştir (PEG 1000

için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.7. Etilen oksit:lityum triflat oranı 24:1 olan KPE Sentezi

0,154 g borik asit ($B(OH)_3$, 2,5mmol), 2,75 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 2,75 mmol) ve 0,236 g gliserol karbonat (GC, 2 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 24:1 olacak şekilde 0,4 g lityum triflat (CF_3SO_3Li , 2,5 mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.8. Etilen oksit:lityum triflat oranı 16:1 olan KPE Sentezi

0,154 g borik asit ($B(OH)_3$, 2,5mmol), 2,75 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 2,75 mmol) ve 0,236 g gliserol karbonat (GC, 2 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 16:1 olacak şekilde 0,597 g lityum triflat (CF_3SO_3Li , 3,8 mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.9. Etilen oksit:lityum triflat oranı 8:1 olan KPE Sentezi

0,123 g borik asit ($B(OH)_3$, 2mmol), 2,2 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 2,2 mmol) ve 0,188 g gliserol karbonat (GC, 1,6 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 8:1 olacak şekilde 0,961 g lityum triflat (CF_3SO_3Li , 6,15 mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş

Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.10. Etilen oksit:lityum bis(triflorometan sülfonimid) oranı 32:1 olan KPE Sentezi

0,154 g borik asit ($B(OH)_3$, 2.5 mmol), 2,75 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 2,75 mmol) ve 0,236 g gliserol karbonat (GC, 2 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 32:1 olacak şekilde 0,550 g lityum bis(triflorometan sülfonimid) ($(CF_3SO_2)_2NLi$, 1,9mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdaki uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.11. Etilen oksit:lityum bis(triflorometan sülfonimid) oranı 24:1 olan KPE Sentezi

0,154 g borik asit ($B(OH)_3$, 2.5 mmol), 2,75 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 2,75 mmol) ve 0,236 g gliserol karbonat (GC, 2 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 24:1 olacak şekilde 0,733 g lityum bis(triflorometan sülfonimid) ($(CF_3SO_2)_2NLi$, 2,6mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak

alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.12. Etilen oksit:lityum bis(triflorometan sülfonimid) oranı 16:1 olan KPE Sentezi

0,154 g borik asit ($B(OH)_3$, 2.5 mmol), 2,75 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 2,75 mmol) ve 0,236 g gliserol karbonat (GC, 2 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 16:1 olacak şekilde 0,880 g lityum bis(triflorometan sülfonimid) ($(CF_3SO_2)_2NLi$, 3 mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdan uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

3.2.13. Etilen oksit:lityum bis(triflorometan sülfonimid) oranı 8:1 olan KPE Sentezi

0,123 g borik asit ($B(OH)_3$, 2 mmol), 2,2 g poli(etilen glikol) (PEG1000, 2,2 mmol) ve 0,188 g gliserol karbonat (GC, 1.6 mmol) reaksiyon 20 ml'lik kapaklı bir şişe içerisinde karıştırılmış ve bu karışıma etilen oksit:lityum (EO:Li) oranı 8:1 olacak şekilde 1,760 g lityum bis(triflorometan sülfonimid) ($(CF_3SO_2)_2NLi$, 6.1mmol) eklenmiştir (PEG 1000 için yinelenen EO birim sayısı 22,3 olarak alınmıştır). Bu malzemeler 70 °C sıcaklıktaki yağ banyosu içerisinde homojen hale gelene kadar karıştırılmıştır (yaklaşık 3 saat). Daha sonra bu karışım 5 cm çapındaki teflon bir kalıba boşaltılarak ilk önce oda sıcaklığında kabarcıklar bitene kadar (yaklaşık 1 saat) yağlı vakum pompası kullanılan bir vakum manifolduna takıldı. Sonrasında esterleşme tepkimesinin tamamlanması ve açığa çıkan suyun tamamen ortamdaki uzaklaştığından emin olmak için 110 °C sıcaklıkta en az 1 gün vakum altında bırakıldı. Teflondan çıkartılan membran inert atmosfer altında modifiye edilmiş Swagelok hücre içerisinde paslanmaz çelik elektrotlar arasına yerleştirilerek sıcaklığa bağlı empedans spektroskopisi ölçümleri gerçekleştirildi. Ölçümlerin yinelenebilirliği adına 3 ayrı membran örneğinden ölçümler gerçekleştirildi ve son soğuma ölçümlerinin ortalama değerleri kullanılarak iletkenlik hesaplandı.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. KATI POLİMER ELEKTROLİTLERİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONLARI

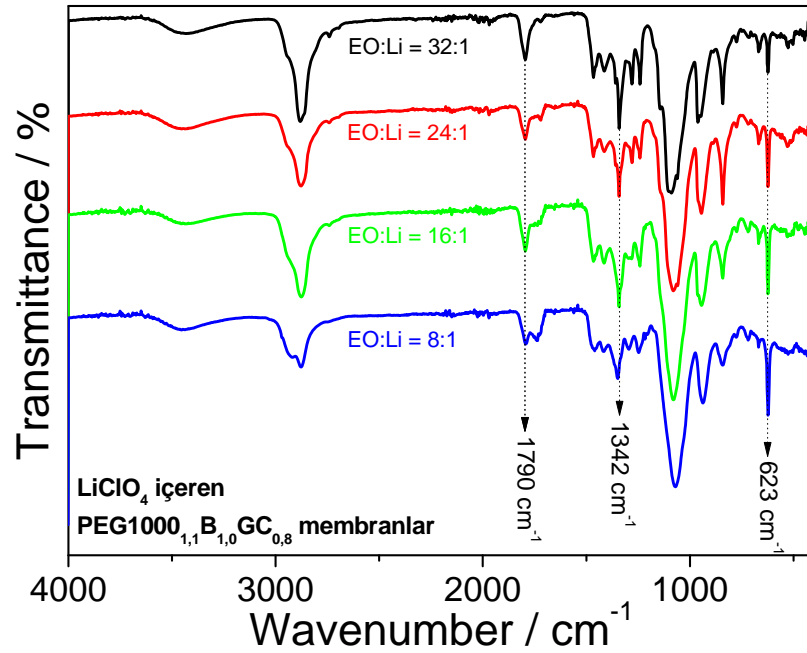
Katı polimer elektrolitlerin hazırlanması esnasında iki fonksiyonel grup içeren PEG ile üç fonksiyonel grup içeren borik asit stokiyometrik oranı 1,1/1,0 olarak seçilmiştir, bu şekilde istatistiksel olarak her on bor merkezinden bir tanesinin PEG ile tamamen tepkime vermesi ve malzemenin çapraz bağlanması diğer bor merkezlerine de GC gruplarının bağlanması hedeflenmiştir (Şekil 3.1'e bakınız). Elde edilen KPE membranlar, bundan sonra PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} olarak ifade edilecektir, burada alt indisler KPE sentezinde kullanılan malzemelerin stokiyometrik oranlarını vermektedir. Bu şekilde farklı oranlarda lityum tuzları (LiClO₄, CF₃SO₃Li ve (CF₃SO₂)₂NLi) içeren yeni KPE membranlar hazırlanmış ve membranların temel kimyasal ve elektrokimyasal karakterizasyon sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

4.1.1. KPE'lerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) Ölçümleri

Hazırlanan KPE membranlar Şekil 3.1'de resimde de görüldüğü gibi membran halinde elde edilmişlerdir ve genel çözücülerde çözünmemektedirler. Fakat polimer membran uzun süre çözücüde kaldığında veya açık havada neme maruz kaldığında esterleşme tepkimesi geriye dönmekte ve membran özelliğini kaybetmektedir.

Farklı oranlarda lityum perklorat (LiClO₄) tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranlarının FT-IR spektrumları Şekil 4.1'de verilmiştir. Burada membran içerisindeki lityum tanecik miktarı etilen oksit (EO) yinelenen birimlerine oran olarak verilmiştir. EO:Li oranı 32, 24, 16 ve 8 olacak şekilde dört farklı KPE membran hazırlanmış ve FT-IR ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Yine Şekil 3.1’de gösterildiği üzere, membranların sentezleri esnasında borik asit ile diğer alkol türevleri arasında esterleşme tepkimesi sonucunda ortaya çıkan su uzaklaştırılmakta ve borat ester (B-O-C) grupları oluşmaktadır. Tepkime takibi kaybolan alkol ve borik asit grupları ve yeni oluşan borat ester gruplarının incelenmesiyle yapılmıştır. Öncelikle membranların FT-IR spektrumları incelendiğinde, 3000-3400 cm^{-1} arasında kuvvetli olarak görülmesi gereken PEG1000 ve GC’ye ait –OH gruplarının titreşimleri görülmemektedir, bunun yerine çok zayıf olarak görünen sinyalin, istatistiksel olarak çok az miktarda polimer üzerinde kalması gereken –OH gruplarına ait olacağı düşünülebilir. Buna ilaveten başlangıç malzemesi olan borik asite ait 1410 cm^{-1} civarında gelmesi beklenen B-O güçlü asimetrik gerilme titreşimleri neredeyse kaybolmuş bunun yerine 1342 cm^{-1} ’de yeni oluşan B-O-C gruplarından kaynaklanan B-O asimetrik gerilme titreşimleri gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, karbonat grubuna ait sinyalin 1790 cm^{-1} ’de gözlemlenmesi, sentez aşamasında GC yapısının korunduğuna da işaret etmektedir.²⁷



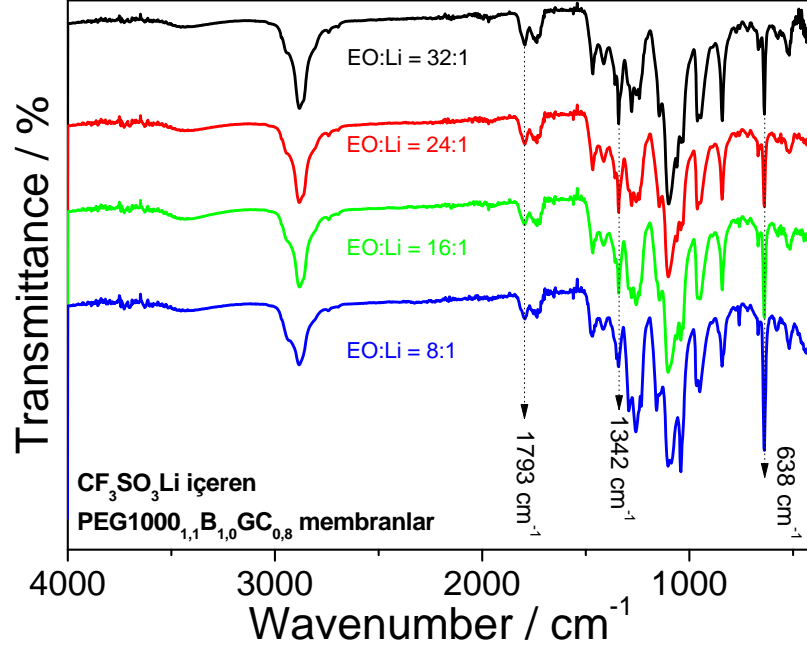
Şekil 4.1. Farklı oranlarda LiClO_4 tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların FT-IR spektrumları.

FT-IR spektrum ölçümleri ayrıca hazırlanan KPE membranlarındaki polimer matris ve tuz arasındaki etkileşimler hakkında da fikir verebilmektedir. Öncelikle

LiClO₄ tuzunun 623 cm⁻¹'deki titreşim frekansındaki sinyal artan tuz oranına göre beklendiği üzere şiddetlenmiştir. Ayrıca normalde 626 cm⁻¹'de gelmesi gereken sinyalin kayması, tuzun polimer matrisiyle etkileştiğine işaret etmektedir. KPE membran içerisinde lityum tuzunun etkileşeceği iki ana bölge bulunmaktadır. Bunlardan birisi borat ester Lewis asit merkezleri, diğeri ise etilen oksit (EO) gruplarıdır. Genelde C-O-C gruplarından kaynaklanan 1160 cm⁻¹'de gözlemlenen güçlü asimetrik ve 1030 cm⁻¹'de görünen güçlü simetrik gerilme titreşimlerinin tuz oranıyla kayması, tuz ile olan etkileşimlerinin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Her ne kadar 1080 cm⁻¹ civarında görünen kümülatif sinyal tuz oranı arttıkça daha düşük frekanslara doğru kayma gösteriyor olsa da, bu sinyal bölgesinde LiClO₄ tuzunun da aktif olması dolayısıyla sağlıklı bir yorum yapılamamaktadır. Fakat EO:Li=32:1 oranında 1342 cm⁻¹'de görünen borat ester Lewis asit merkezinin tuz oranı arttıkça EO:Li=8:1 oranında 1350 cm⁻¹'e kadar kayması tuzun Lewis asit merkeziyle etkileştiğini göstermektedir. Bu sert tuz anyonlarının boron gibi sert bir merkezle daha fazla etkileşmesi gerektiği bilgisiyle de örtüşmektedir.¹

Farklı oranlarda lityum triflat (CF₃SO₃Li) tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranlarının FT-IR spektrumları Şekil 4.2'de verilmiştir. LiClO₄ içeren yukarıdaki FT-IR ölçümleri üzerinde malzemenin sentezi ile ilgili yapılmış olan yorumlar burada da geçerlidir. Yukarıdaki örnekte olduğu gibi lityum tuzu ile polimer matris arasındaki etkileşimler yine FT-IR ölçümlerinden takip edilebilmektedir. 1793 cm⁻¹'deki sinyal yine GC yapısının korunduğuna işaret etmektedir. Öncelikle lityum triflat tuzunun 638 cm⁻¹'deki SO₂ deformasyon bandı artan tuz oranına göre yine beklendiği üzere şiddetlenmiştir. Ayrıca normalde 646 cm⁻¹'de gelmesi gereken sinyalin kayması, tuzun polimer matrisiyle etkileştiğine işaret etmektedir. Lityum tuzunun C-O-C gruplarıyla etkileşmesinin takip edilebileceği 1100 cm⁻¹ civarındaki sinyaller, tuz moleküllerinin bu bölgedeki (1030 cm⁻¹) simetrik SO₃ titreşim sinyaliyle örtüştüğü için sağlıklı bir yorum yapılmasını engellemektedir. Fakat membran içerisindeki tuz oranı arttıkça B-O asimetrik gerilme titreşimlerinin 1342 cm⁻¹'de değişmeden kalması, bu tuzun borat ester merkeziyle çok güçlü bir etkileşim göstermediği şeklinde yorumlanabilir. Bu durum, triflat anyonlarının perklorat anyonlarına göre daha yumuşak olması ve sert bir

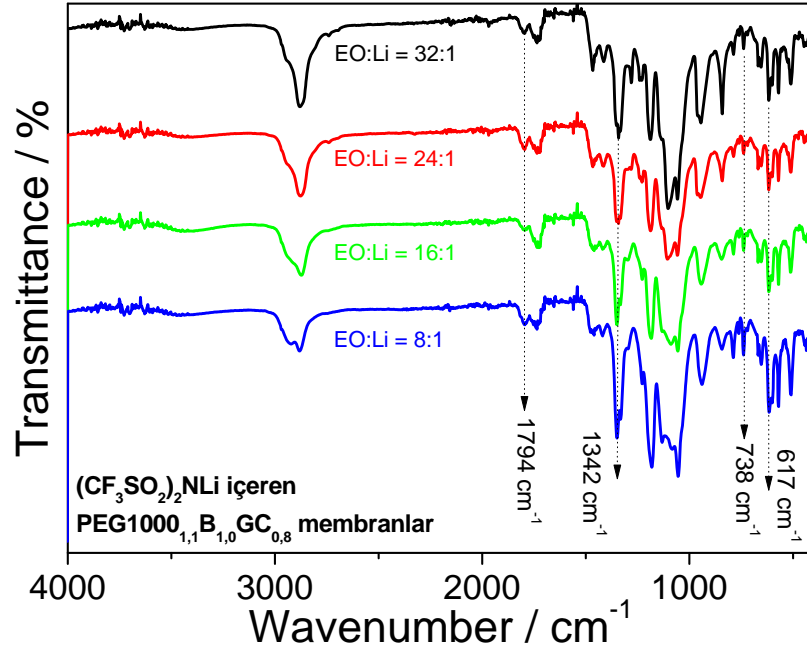
merkez olan boron atomlarıyla daha zayıf etkileşmesi gerektiği bilgisiyle de örtüşmektedir.¹



Şekil 4.2. Farklı oranlarda CF₃SO₃Li tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranların FT-IR spektrumları.

Farklı oranlarda lityum bis(triflorometan sülfonimid) ((CF₃SO₂)₂NLi) tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranlarının FT-IR spektrumları Şekil 4.3'de verilmiştir. LiClO₄ içeren yukarıdaki FT-IR ölçümleri üzerinde malzemenin sentezi ile ilgili yapılmış olan yorumlar burada da geçerlidir. 1794 cm⁻¹'deki halkalı karbonat yapısına ait sinyal yine görülmektedir. (CF₃SO₂)₂NLi tuzunun polimer matrisi ile yapmış olduğu etkileşimler CF₃SO₃Li tuzunun yapmış olduğu etkileşimlere benzerlik göstermektedir. Her iki tuzun da anyonlarının yumuşak olması nedeniyle bu benzerlik beklenen bir durumdur.¹ 1342 cm⁻¹'de görünen sinyalin tuz oranı arttıkça bir değişiklik göstermemesi, triflat örneğinde olduğu gibi Lewis asit merkeziyle olan etkileşimlerin çok kuvvetli olmadığına işaret etmektedir. (CF₃SO₂)₂NLi tuzunun anyonuna ait 617 cm⁻¹'deki deformasyon bandının şiddetinin yine tuz oranıyla arttığı gözlemlenmiştir. Burada diğer tuzlardan farklı olarak 738 cm⁻¹ bandı tuzların polimer matrisi içerisinde agregat olarak değil ama ayrılmış serbest iyonlar olarak bulunduğunu göstermektedir.²⁹ Genelde düşük tuz oranlarında olağan

olan bu durum tuz oranı arttığında (EO:Li=8:1) da kendisini belli etmektedir. Bu durumun başta sıcaklığa bağlı iyon iletkenliği olmak üzere bu tür membranların diğer elektrokimyasal özelliklerinin daha da iyi olabileceğine işaret etmektedir.



Şekil 4.3. Farklı oranlarda $(CF_3SO_2)_2NLi$ tuzu içeren $PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8}$ membranların FT-IR spektrumları.

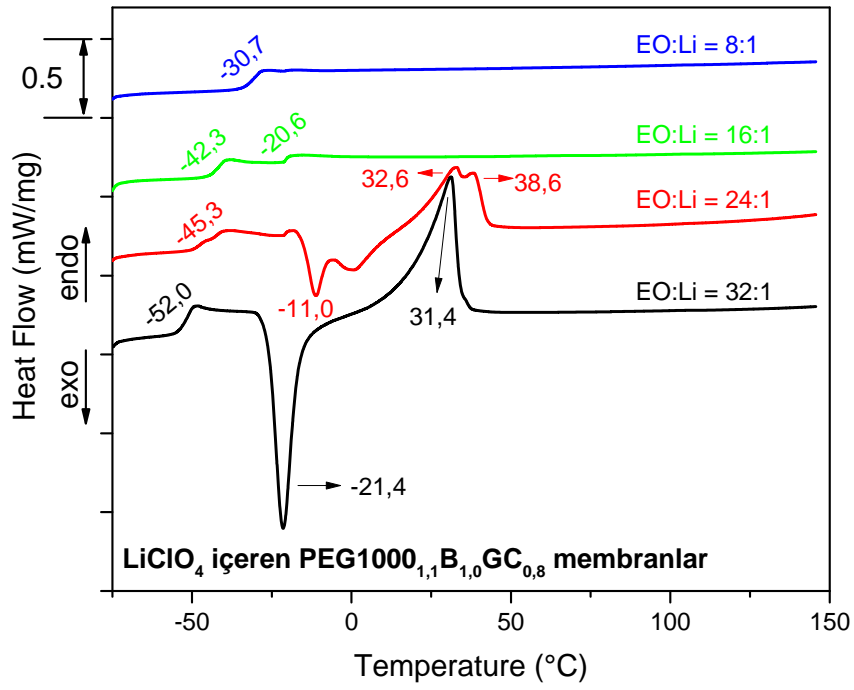
Sonuç olarak FT-IR spektrumları incelendiğinde hedeflenen membranların başarılı bir şekilde sentezlendikleri, eklenen farklı tuzlarla etkileşerek homojen bir dağılım sağladıkları söylenebilir.

4.1.2. KPE'lerin Differansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) Ölçümleri

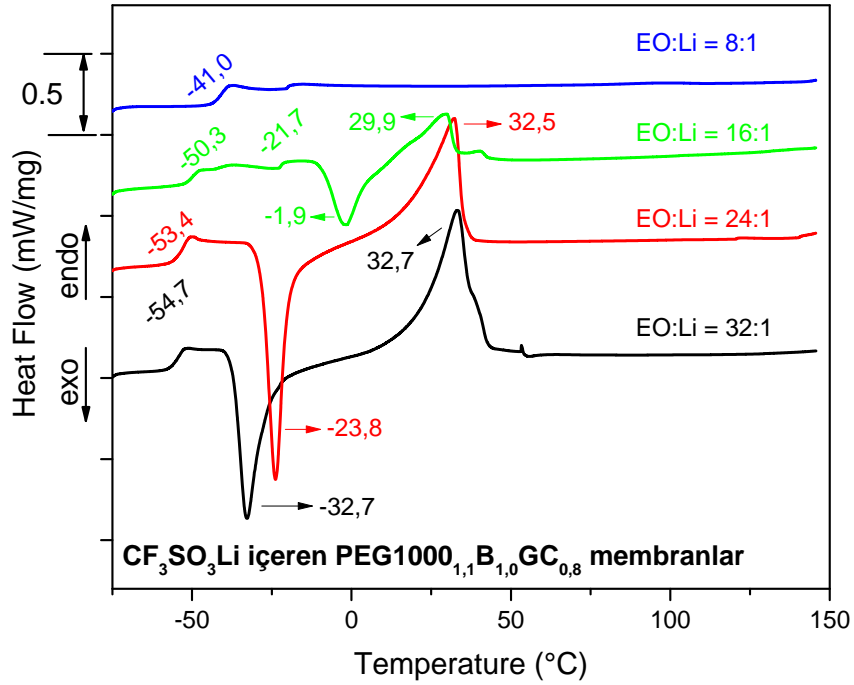
Hazırlanan KPE'lerin ısıl özellikleri $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığında DSC ile incelenmiştir. Farklı oranlarda $LiClO_4$ tuzu içeren $PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8}$ membranlarının DSC termogramları Şekil 4.4'teki gibidir. Membranların düşük tuz oranlarında (EO:Li = 32:1 ve 24:1) kristallenme eğilimi gösterdiği görülmektedir. Bu, doğrusal olan veya uzun yan dallar içeren (PEG1000'in burada etilen oksit grupları) polimerlerde sıkça rastlanan bir durumdur. EO:Li=32:1 için $-21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ta kristallenme gözlenirken, oluşan kristal bölgeler $31,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ tamamen erimektedir.

EO:Li=24:1 için ise -11,0 °C'ta oluşan kristaller 40 °C altında tamamen kaybolmaktadır. Bu sıcaklığın üzerinde ise herhangi bir faz geçişine rastlanmamıştır. Tuz oranı arttıkça, beklendiği üzere homojen olarak matris içerisinde dağılmış tanecikler bu zincirlerin bir araya gelerek kristallenmelerine engel olmakta ve EO:Li=16:1 oranından sonra herhangi bir kristallenmeye rastlanmamaktadır. Bunun yanında, EO:Li=32:1 oranında membran camsı geçiş sıcaklık (T_g) değeri -52 °C olup tuz oranı arttıkça daha yüksek değerlere kaymakta ve EO:Li=8:1 oranında -30,7 °C'a ulaşmaktadır. Bu sürekli artış, ortama eklenen özellikle lityum iyonlarının polimer zinciri üzerindeki koordinasyon merkezleriyle olan etkileşimleri sonucunda zincir içi veya zincirler arası yalancı çapraz bağlar oluşturması ve dolayısıyla zincirlerin seğmen hareketlerini kısıtlamasından kaynaklandığı bilinmektedir. Ayrıca EO:Li=16:1 oranında -42,3 °C ve -20,6 °C'larda iki ayrı T_g değeri gözlemlenmiştir. Bu durumun genelde ortamda bulunun katyonlarla daha yoğun koordine olan ve daha az koordine olan bölgeler bulunduğu görülebilmektedir. Genelde hazırlanan KPE membranlarının tercihen amorf ve düşük T_g değerine sahip olması hedeflenmektedir. Bu nedenle LiClO₄ ile hazırlanan bu membranlardan EO:Li=16:1 ve 8:1 olanların DSC termogram sonuçlarına göre daha ideal bir polimer elektrolit membran olabilecekleri düşünülebilir.

Farklı oranlarda CF₃SO₃Li tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranlarının DSC termogramları Şekil 4.5'te verilmiştir. Membranların yine yukarıda açıklandığı gibi EO:Li = 8:1 oranı haricinde kristallenme eğilimi gösterdiği görülmektedir. EO:Li=32:1 oranında tuz içeren membran -32,7 °C'ta kristallenme göstermiş, oluşan kristal bölgeler 32,7 °C'ta tamamen kaybolmuştur. EO:Li=24:1 için ise -23,8 °C'ta oluşan kristaller 32,5 °C'ta ve EO:Li=16:1 için ise -1,9 °C'ta oluşan kristaller 29,9 °C'ta erimiştir. Bu sıcaklığın üzerinde ise herhangi bir faz geçişine rastlanmamıştır. Tuz oranı EO:Li=8:1 oranına ulaştığında herhangi bir kristallenme gözlenmemiştir.



Şekil 4.4. Farklı oranlarda LiClO_4 tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların DSC termogramları.

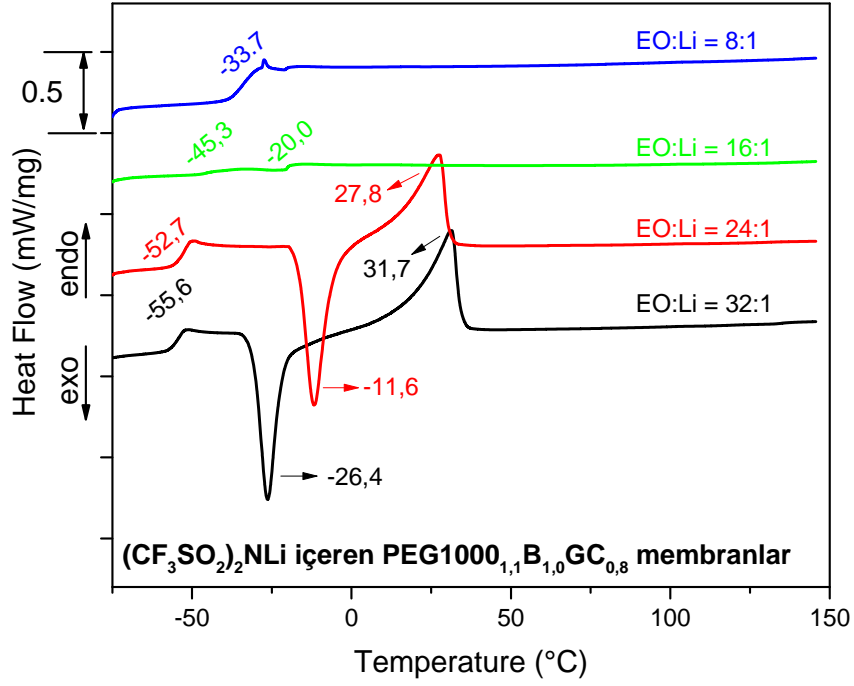


Şekil 4.5. Farklı oranlarda $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların DSC termogramları.

Bunun yanında, EO:Li=32:1 oranında membran T_g değeri $-54,7$ °C olup tuz oranı arttıkça yine yukarıda açıklandığı gibi oluşan yalancı çapraz bağlar nedeniyle daha yüksek değerlere kaymakta ve EO:Li=8:1 oranında $-41,0$ °C'a ulaşmaktadır. Ayrıca EO:Li=16:1 oranında yine $-50,3$ °C ve $-21,7$ °C'larda iki ayrı T_g değeri gözlemlenmiştir. Yine tamamen amorf olması nedeniyle, DSC termogramlarından EO:Li=8:1 olan membranın ideal bir polimer elektrolit olabileceği düşünülebilir.

Farklı oranlarda $(CF_3SO_2)_2NLi$ tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranlarının DSC termogramları Şekil 4.6'da görülmektedir. Membranlar yine düşük tuz oranlarında (EO:Li = 32:1 ve 24:1) kristallenme eğilimi göstermiş yüksek tuz oranlarında ise kristaller oluşmamıştır. EO:Li=32:1 için $-26,4$ °C'ta ve EO:Li=24:1 için ise $-11,6$ °C'ta kristallenme görülmüş, oluşan kristal bölgeler sırasıyla $31,7$ °C ve $27,8$ °C sıcaklıklarda tamamen kaybolmuşlar ve bu sıcaklıkların üzerinde ise herhangi bir faz geçişine rastlanmamıştır. Tuz oranı EO:Li=16:1 ve 8:1 oranlarında ise herhangi bir kristallenme gözlenmemiştir.

Bunun yanında, EO:Li=32:1 oranında membran T_g değeri $-55,6$ °C olup tuz oranı arttıkça yine yukarıda açıklandığı gibi oluşan yalancı çapraz bağlar nedeniyle daha yüksek değerlere kaymakta ve EO:Li=8:1 oranında $-33,7$ °C'a ulaşmaktadır. Ayrıca EO:Li=16:1 oranında yine $-45,3$ °C ve $-20,0$ °C'larda iki ayrı T_g değeri gözlemlenmiştir. Yine tamamen amorf olması nedeniyle, DSC termogramlarından EO:Li=16:1 ve 8:1 olan membranın ideal bir polimer elektrolit olabileceği düşünülebilir.



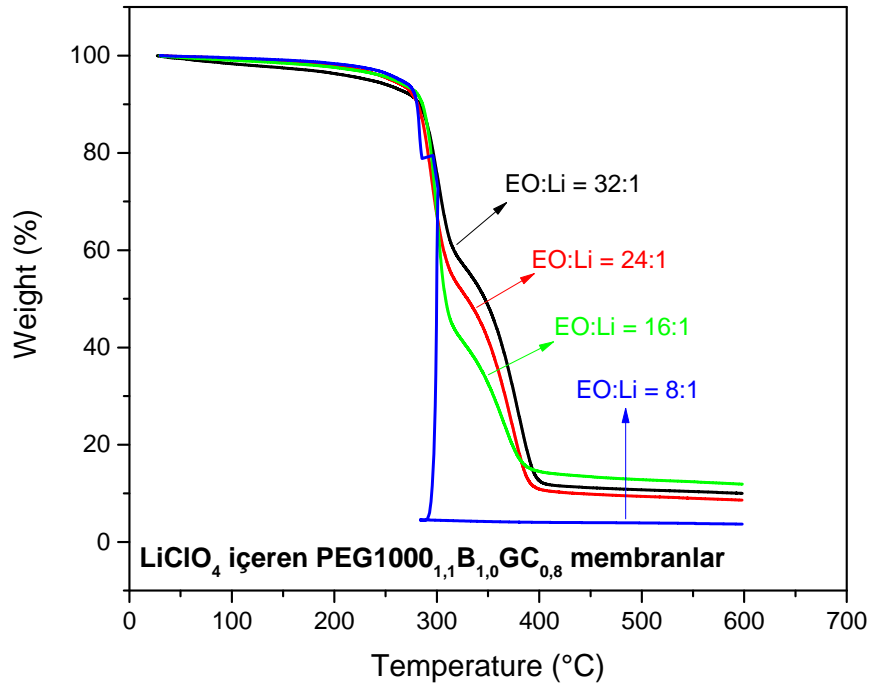
Şekil 4.6. Farklı oranlarda $(CF_3SO_2)_2NLi$ tuzu içeren $PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8}$ membranların DSC termogramları.

Genel olarak üç farklı tuz ile hazırlanmış KPE membranların DSC termogramları birbirine benzer özellikler sergilemiştir. Bunlar arasında düşük tuz oranlarında genelde kristal bölgeler gözlemlenmiş, bu bölgeler oda sıcaklığına yakın bir değerde tamamen kayboldukları gözlemlenmişlerdir. İdeal bir polimer elektrolit membranın genelde tamamen amorf ve T_g değerinin oldukça düşük olması hedeflenmektedir. Burada hazırlanmış membranların özellikle orta ve yüksek oranda tuz içerenleri hedeflenen bu özellikleri sağlıyor görünmektedir.

4.1.3. KPE'lerin Termal Gravimetrik Analiz (TGA) Ölçümleri

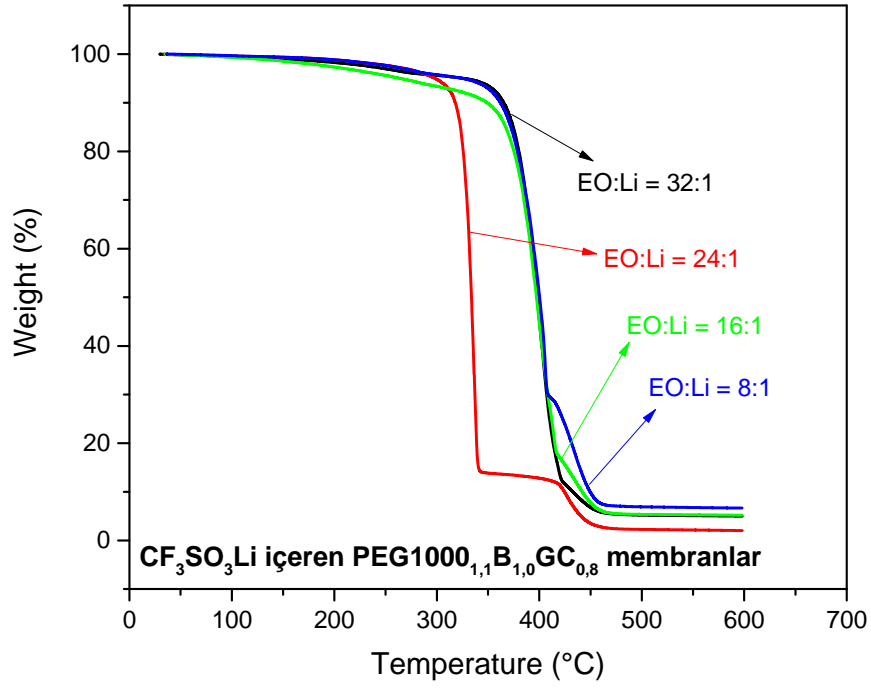
Hazırlanmış KPE membranlarının ısıl davranışları ve bozunmaları incelenmiştir. Farklı oranlarda $LiClO_4$ tuzu içeren $PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8}$ membranlarının TGA termogramları Şekil 4.7'de verilmiştir. Genel olarak membranların ısıl davranışları birbirine benzemektedir. Bütün membranların $250\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığa kadar dayandığı görülmektedir. $270\text{ }^\circ\text{C}$ üzerinde ağırlık kaybı önemli ölçüde artmış ve $330\text{ }^\circ\text{C}$ civarında membranlar ağırlıklarının yaklaşık yarısını ve 400

°C civarında ise yaklaşık %10 kül bırakarak ısıl bozunmanın tamamlandığı görülmüştür. Tuz oranı arttıkça membranların dayanımlarının çok az da olsa arttığı görülse de toplamda tuz oranının belirgin bir katkı sağlamamaktadır. Bunun yanında daha önce literatürde yapılan benzer borat ester içeren membranların TGA ölçümleri incelendiğinde, birçoğunun 200 °C'ta bozunmaya başladığı rapor edilmiştir.^{14,23b} Burada GC katkılı borat ester membranların ise 250 °C'a kadar kararlılıklarını sürdürmeleri dikkat çekicidir.

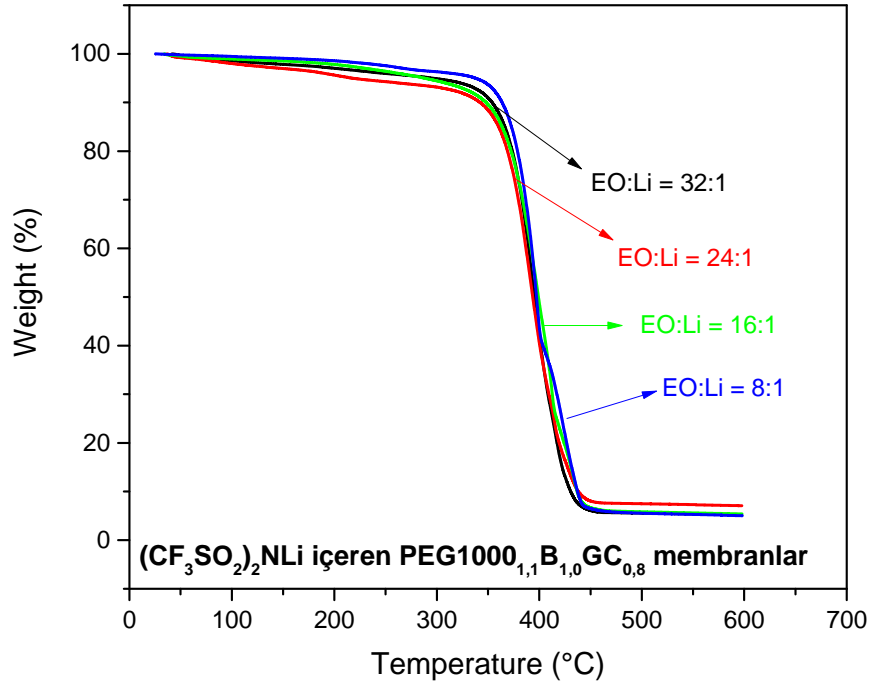


Şekil 4.7. Farklı oranlarda LiClO₄ tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranların TGA termogramları.

Farklı oranlarda CF₃SO₃Li tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranlarının TGA termogramları Şekil 4.8'de verilmiştir. Genel olarak membranların ısıl davranışları birbirine benzemektedir. LiClO₄ tuzu içeren membranların aksine, buradaki membranların genelde 350 °C sıcaklığa kadar dayandığı görülmektedir. Isıl bozunma 450 °C civarında ve yaklaşık % 6 civarında kül bırakarak devam etmiştir. Bu değerler, yukarıda açıklanan literatürde benzer yapılarıdaki diğer membranlardan çok daha yüksek bir değerdir. Burada tuz oranının membranların ısıl dayanımlarına neredeyse hiç etki etmediği de görülmektedir.



Şekil 4.8. Farklı oranlarda $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların TGA termogramları.



Şekil 4.9. Farklı oranlarda $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{NLi}$ tuzu içeren $\text{PEG1000}_{1,1}\text{B}_{1,0}\text{GC}_{0,8}$ membranların TGA termogramları.

Farklı oranlarda $(CF_3SO_2)_2NLi$ tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranlarının TGA termogramları Şekil 4.9'de verilmiştir. Burada da membranlar benzer ısıl davranışlar sergilemiştir. CF_3SO_3Li tuzu içeren membranlara benzer bir şekilde, bu membranlar da 350 °C sıcaklığa kadar dayanmış, ısıl bozunma 450 °C civarında ve yine yaklaşık % 6 civarında kül bırakarak tamamlanmıştır. Bu sonuçlar, CF_3SO_3Li içeren membranlar ile elde edilen sonuçlarla büyük oranda örtüşmektedir.

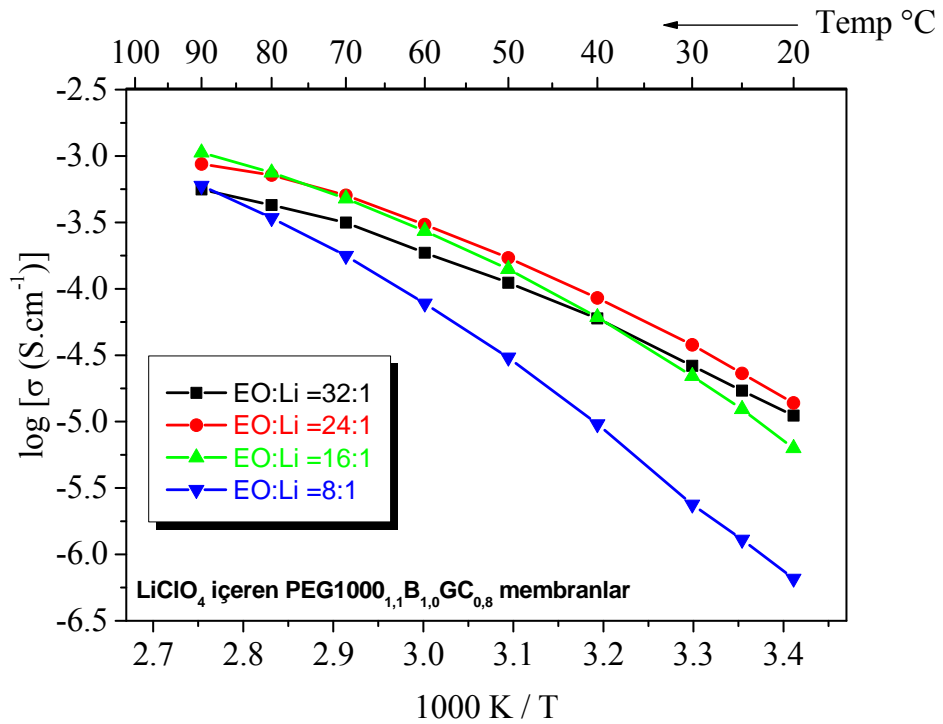
Sonuç olarak burada hazırlanmış bütün KPE membranlar oldukça yüksek sıcaklıklara kadar ısıl kararlılık göstermişlerdir. Normal şartlarda, lityum-iyon pilleri 70 °C sıcaklıkların üzerinde çalışmamaktadır. Bu ve benzeri polimer bazlı elektrolitler ise çok daha yüksek sıcaklıklarda kararlılık göstermekte ve bu nedenle ileride yüksek sıcaklık pil uygulamaları için bir potansiyel barındırmaktadır.

4.1.4. KPE'lerin Sıcaklığa Bağlı İletkenlik Ölçümleri

Hazırlanmış KPE membranların sıcaklığa bağlı iyonik iletkenlikleri empedans spektroskopisi kullanılarak 20 °C ve 90 °C sıcaklık aralığında iki paslanmaz çelik elektrot arasında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler kısa devre ihtimaline karşı örnekler ölçüm sırasında iki elektrot arasına yerleştirilmiş 0,3 mm kalınlığında teflon halkalar içerisine yerleştirilmiştir. Empedans ölçümlerinde, faz açısının sıfıra yaklaştığı değer polimer elektrolitlerin empedansı olarak alınmış ve iletkenlik değeri buradan hesaplanmıştır.

Farklı oranlarda $LiClO_4$ tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri Şekil 4.10'da görülmektedir. Membranların içerisindeki tuz oranı sistematik olarak artırılarak en iyi oda sıcaklığı iletkenlik değerine ulaşılmaya çalışılmıştır. İletkenlik değerleri 20 °C'ta $5,59 \times 10^{-7}$ ve $1,38 \times 10^{-5}$ S/cm ve 90 °C'ta $5,59 \times 10^{-4}$ ve $1,06 \times 10^{-3}$ S/cm arasında değişen iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Bir polimer elektrolit içerisindeki iyon iletkenliği polimer zincirlerinin gevşeme modu ve dolayısıyla tuz derişimi ile doğru orantılıdır. Aşağıdaki grafikte ve diğer birçok polimer elektrolitte de iyon iletkenliği tuz miktarı arttıkça belirli bir maksimum seviyeye ulaşmakta ve sonrasında eklenen tuz miktarıyla iyon iletkenliği yavaşça azalmaktadır. Ortamın viskozitesi iyon iletkenliğini olumsuz yönde

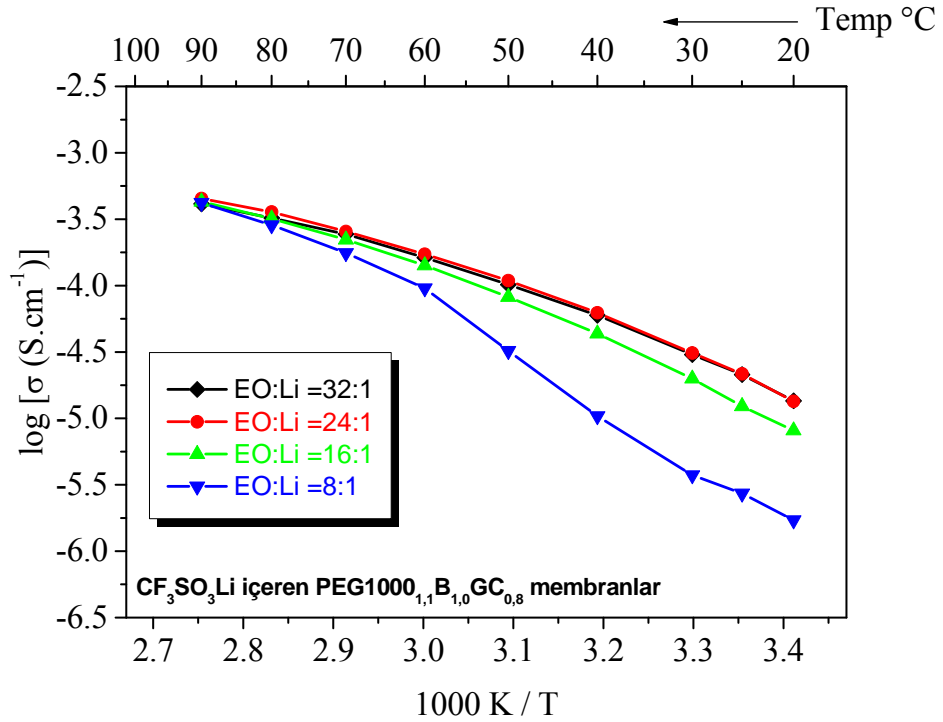
etkileyen faktörlerden en önemlisidir. Düşük tuz oranlarında iyon iletkenliği çok fazla etkilenmiyor olsa da yüksek tuz oranlarında polimer zincirleri içerisinde veya aralarında oluşan koordinasyonlar sonucunda oluşan yalancı çapraz bağlar nedeniyle polimer segment hareketleri yavaşlamaktadır. Bunun sonucunda da belirli bir tuz oranı aşılmıca eklenen tuz miktarı iyon iletkenliğine olumlu katkı sağlamamaktadır. Ayrıca yüksek tuz oranlarında daha yavaş hareket eden iyon agregatlarının oluşması da söz konusudur.



Şekil 4.10. Farklı oranlarda LiClO₄ tuzu içeren PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri.

Şekil 4.10 bu açılardan incelendiğinde EO:Li=32:1 tuz oranından, EO:Li=24:1 tuz oranına ulaşıldığında bu sistem için maksimum oda sıcaklığı iyon iletkenliği olan $2,31 \times 10^{-5}$ S/cm ne ulaşılmıştır. Bu orandan sonra eklenen tuz miktarı oda sıcaklığındaki iyon iletkenliğine olumlu katkı sağlamamıştır. Fakat burada dikkat edilmesi gereken bir durum yine polimer elektrolitlerde genelde rastlanan bir durum olarak yüksek sıcaklıklarda en iyi iletkenlik değeri EO:Li= 16:1 oranında elde edilmiştir. Sıcaklık arttığında elde edilen enerji ile ortamdaki iyon çiftlerin birbirinden ayrılarak serbest halde iyon iletkenliğine katkı sağlamaları bu

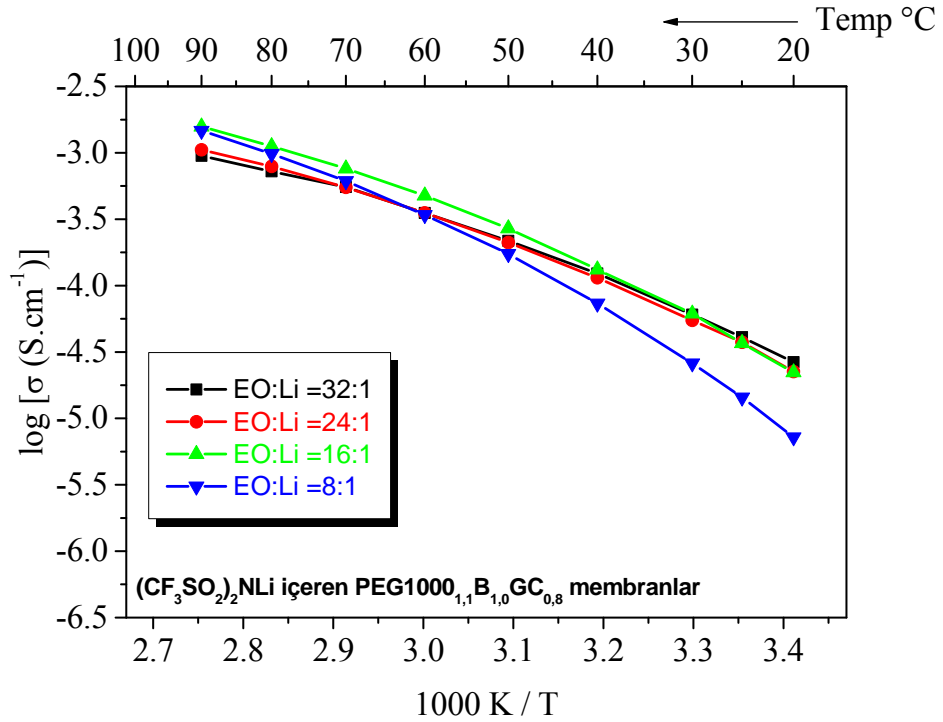
iletkenlik artışının ana sebebidir. Bu durum tuz oranının yüksek olduğu bu membranda daha fazla sayıda iyonun serbest hale gelmesine ve de dolayısıyla iyon iletkenliğinin daha da yüksek olmasına sebep olmaktadır. Sonuç olarak bu sistemde oda sıcaklığında en iyi iletkenlik değerine EO:Li= 24:1 oranında lityum perklorat içeren membranda ulaşılsa da iletkenlik değeri pratik pil uygulamaları için gerekli olan 10^{-3} S/cm iyon iletkenliği değerinin biraz altında kalmaktadır.



Şekil 4.11. Farklı oranlarda CF_3SO_3Li tuzu içeren $PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8}$ membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri.

Farklı oranlarda CF_3SO_3Li tuzu içeren $PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8}$ membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri Şekil 4.11'de görülmektedir. Membranların içerisindeki tuz oranı yine sistematik olarak artırılmış ve en iyi oda sıcaklığı iletkenlik değerine ulaşılmaya çalışılmıştır. İletkenlik değerleri 20 °C'ta $1,71 \times 10^{-6}$ ve $1,36 \times 10^{-5}$ S/cm ve 90 °C'ta $4,13 \times 10^{-4}$ ve $4,53 \times 10^{-4}$ S/cm arasında değişen iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Şekil 4.11 incelendiğinde EO:Li=32:1 ve EO:Li=24:1 tuz oranlarında oda sıcaklığı iyon iletkenlikleri hemen hemen aynı bulunmuştur. EO:Li=24:1 tuz oranında, bu sistem için elde edilen oda sıcaklığı iyon iletkenliği değeri $2,16 \times 10^{-5}$ S/cm olarak belirlenmiştir. Bu orandan sonra eklenen tuz miktarı

yine iyon iletkenliğini olumsuz etkilemiştir. Burada, yine sıcaklıkla birlikte tuz oranı yüksek membranlar içerisindeki serbest iyon sayısı artmış ve üst sıcaklık limitinde neredeyse bütün hepsi benzer iyon iletkenlik değeri göstermişlerdir. Son olarak bu sistemde de en iyi oda sıcaklığı iletkenlik değerine EO:Li= 24:1 oranında lityum triflat içeren membranda ulaşılsa da iletkenlik değeri yine pratik pil uygulamaları için gerekli olan 10^{-3} S/cm iyon iletkenliği değerinin oldukça altında kalmaktadır.



Şekil 4.12. Farklı oranlarda $(CF_3SO_2)_2NLi$ tuzu içeren $PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8}$ membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri.

Farklı oranlarda $(CF_3SO_2)_2NLi$ tuzu içeren $PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8}$ membranların sıcaklığa bağlı iletkenlik ölçümleri Şekil 4.12'de görülmektedir. Membranların içerisindeki tuz oranı yine değiştirilerek en iyi oda sıcaklığı iletkenlik değerine ulaşılmaya çalışılmıştır. İletkenlik değerleri 20 °C'ta $7,21 \times 10^{-6}$ ve $2,65 \times 10^{-5}$ S/cm ve 90 °C'ta $9,49 \times 10^{-4}$ ve $1,57 \times 10^{-3}$ S/cm arasında değişen iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Şekil 4.12 incelendiğinde EO:Li=32:1 oranında bu sistem en yüksek oda sıcaklığı iyon iletkenlik değeri olan $4,09 \times 10^{-5}$ S/cm değeri ölçülmüştür. Bu oranın üzerinde eklenen tuz miktarıyla oda sıcaklığı iyon iletkenlikleri azalarak devam etmiştir. Yine sıcaklıkla birlikte tuz oranı yüksek membranlar içerisindeki

serbest iyon sayısı artmış ve üst sıcaklık limitinde birbirine yakın iyon iletkenlikleri ölçülmüştür. 90 °C'ta en yüksek iyon iletkenliği değeri bu sistem için EO:Li=16:1 tuz oranında bulunmuştur. Bu sistemde elde edilen en yüksek oda sıcaklığı iyon iletkenliği değeri 10^{-3} S/cm iyon iletkenliği sınırının altında kalmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, yeni borat ester bazlı katı polimer elektrolit (KPE) membranlar başarılı bir şekilde hazırlanmıştır. Bu amaçla borik asit, bir lityum tuzu varlığında etilen glikol bazlı bir diol (poli(etilen glikol) – PEG1000) ve halkalı karbonat içeren bir alkol (gliserol karbonat – GC) ile tepkimeye sokulmuş ve doğrudan KPE membranlar elde edilmişlerdir. Bu membranların hazırlanması esnasında, iki fonksiyonel grup içeren PEG ile üç fonksiyonel grup içeren borik asit stokiometrik oranı 1,1 olarak seçilmiştir. Bu şekilde istatistiksel olarak her on bor merkezinden bir tanesinden çapraz bağlanması sağlanmış ve bu sayede PEG1000_{1,1}B_{1,0}GC_{0,8} olarak ifade edilen membranlar hazırlanmıştır.

Farklı tuzlarla hazırlanan (LiClO₄, CF₃SO₃Li ve (CF₃SO₂)₂NLi) KPElerin FT-IR spektrumları incelendiğinde, hedeflenen membranların başarılı bir şekilde sentezlendikleri, eklenen farklı tuzlarla etkileşerek homojen bir dağılım sağladıkları söylenebilir.

KPE membranların DSC termogramları birbirine benzer özellikler sergilemiştir. Bunlar arasında düşük tuz oranlarında genelde kristal bölgeler gözlemlenmiş olsa da bu bölgelerin oda sıcaklığına yakın bir değerde tamamen kayboldukları gözlemlenmişlerdir. Burada hazırlanmış membranların özellikle orta ve yüksek oranda tuz içerenleri hedeflenen bu özellikleri sağlıyor görünmektedir.

KPE membranlar oldukça yüksek sıcaklıklara (300 °C) kadar ısı kararlık göstermişlerdir. Normal şartlarda, ticari lityum-iyon pilleri 70 °C sıcaklıkların üzerinde çalışmamaktadır. Bu ve benzeri polimer bazlı elektrolitler ise çok daha yüksek sıcaklıklarda kararlılık göstermekte ve bu nedenle ileride yüksek sıcaklık pil uygulamaları için bir potansiyel barındırmaktadır.

LiClO₄, CF₃SO₃Li ve (CF₃SO₂)₂NLi tuzları kullanılarak üç farklı KPE membran sistemi hazırlanmış ve sistematik olarak tuz oranlarının iyon iletkenliklerini nasıl etkilediği incelenmiştir. Bu sistemler oda sıcaklığında birbirlerine yakın iletkenlik değerleri sergilese de en iyi iletkenlik değeri

(CF₃SO₂)₂NLi tuzu ile hazırlanan sistemde elde edilmiştir (4,09 x 10⁻⁵ S/cm). Elde edilen değerler pratik uygulamalar için gerekli sınırın altında kalıyor olsa mevcut ticari sistemlerle aynı sınıfta değerlendirilmemeleri gerekmektedir. Mevcut sistemlerde kullanılan organik sıvılar iki elektrot arasında kullanılan bir ayırıcı yardımıyla kullanılırken, bu tarz sistemlerde membran hem ayırıcı hem de elektrolit olarak görev yapmaktadır. Bu tür polimer elektrolit sistemlerinin yüksek sıcaklıklarda pratik uygulama potansiyeline sahip olmaları (klasik sistemler 70 °C üzerinde çalışmamaktadır) ve de elektrot yüzeyinde daha kararlı özellikler sergileyebilmeleri üzerlerindeki ilgiyi korumaktadır. Ayrıca, yüksek akım yoğunluğu gerektirmeyen uygulamalar için burada elde edilen iletkenlik değerleri yeterlidir ve polimer elektrolit bazlı lityum pilleri için bir potansiyel barındırmaktadırlar.

Bu çalışmanın kaynak araştırması bölümünde detaylı olarak açıklandığı üzere, borat ester bazlı polimer elektrolitlerin Lewis asit merkezlerinin lityum tuzlarının anyonlarıyla olan etkileşimlerinin lityum transfer sayısına olumlu katkı sağladığı ve ayrıca elektrot yüzeyinde yük transferini hızlandırdığı bilinmektedir. Bu nedenlerle, bu çalışmada açıklanan veya benzer sistemlerin lityum transfer sayıları ve diğer temel elektrokimyasal özelliklerinin incelenmesi ve gerçek piller içerisinde denenmelerinin, literatüre ve lityum pil çalışmalarına katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Gray, F. M. *Solid Polymer Electrolytes, Fundamentals and Technological Applications*; Wiley-VCH Verlag GmbH: New York, **1997**.
2. (a) Fenton, D. E.; Parker, J. M.; Wright, P. V. *Polymer* **1973**, *14*, 589; (b) Wright, P. V. *Br. Polym. J.* **1975**, *7*, 319-327; (c) Armand, M. B.; Chabagno, J. M.; Duclot, M., Vashishta, P.; Mundy, J. N.; Shenoy, G. K.; Editors, Eds.; North-Holland, **1979**, p 744 pp.
3. Gray, F. M. *Polymer Electrolytes*; Royal Soc. Chem., **1997**, p 175 pp.
4. (a) MacCallum, J. R.; Vincent, C. A.; Editors. *Polymer Electrolyte Reviews, Vol. 1*; Elsevier Applied Science, **1987**, p 351 pp; (b) MacCallum, J. R.; Vincent, C. A.; Editors. *Polymer Electrolyte Reviews-2*; Elsevier Applied Science, **1989**, p 338 pp.
5. Kiukkola, K.; Wagner, C. J. *Electrochem. Soc.* **1957**, *104*, 308-316.
6. (a) Dupon, R.; Papke, B. L.; Ratner, M. A.; Whitmore, D. H.; Shriver, D. F. *J Am Chem Soc* **1982**, *104*, 6247-6251; (b) Minier, M.; Berthier, C.; Gorecki, W. *J Phys-Paris* **1984**, *45*, 739-744.
7. Papke, B. L.; Ratner, M. A.; Shriver, D. F. *J Electrochem Soc* **1982**, *129*, 1694-1701.
8. (a) Watanabe, M.; Nagaoka, K.; Kanba, M.; Shinohara, I. *Polym J* **1982**, *14*, 877-886; (b) Watanabe, M.; Ikeda, J.; Shinohara, I. *Polym J* **1983**, *15*, 65-69; (c) Watanabe, M.; Sanui, K.; Ogata, N.; Inoue, F.; Kobayashi, T.; Ohtaki, Z. *Polym J* **1985**, *17*, 549-555; (d) Fontanella, J. J.; Wintersgill, M. C.; Smith, M. K.; Semancik, J.; Andeen, C. G. *J Appl Phys* **1986**, *60*, 2665-2671; (e) Lindsey, S. E.; Whitmore, D. H.; Halperin, W. P.; Torkelson, J. M. *Abstr Pap Am Chem S* **1989**, *197*, 270-POLY.
9. (a) Maccallum, J. R.; Smith, M. J.; Vincent, C. A. *Solid State Ionics* **1984**, *11*, 307-312; (b) Allcock, H. R.; Austin, P. E.; Neenan, T. X.; Sisko, J. T.; Blonsky, P. M.; Shriver, D. F. *Macromolecules* **1986**, *19*, 1508-1512; (c) Dembek, A. A.; Bennett, J. L.; Allcock, H. R.; Heyen, B. J.; Shriver, D. F. *Abstr Pap Am Chem S* **1989**, *197*, 267-POLY.
10. (a) Cheradame, H.; Souquet, J. L.; Latour, J. M. *Mater Res Bull* **1980**, *15*, 1173-1177; (b) Killis, A.; Lenest, J. F.; Cheradame, H.; Gandini, A. *Makromol Chem* **1982**, *183*, 2835-2845; (c) Killis, A.; Lenest, J. F.; Gandini, A.; Cheradame, H. *Macromolecules* **1984**, *17*, 63-66; (d) Watanabe, M.; Sanui, K.; Ogata, N.; Inoue, F.; Kobayashi, T.; Ohtaki, Z. *Polym J* **1984**, *16*, 711-716; (e) Watanabe, M.; Nagano, S.; Sanui, K.; Ogata, N. *Polym J* **1986**, *18*, 809-817.

11. (a) Fish, D.; Khan, I. M.; Wu, E.; Smid, J. *Brit Polym J* **1988**, *20*, 281-288; (b) Karatas, Y.; Kaskhedikar, N.; Burjanadze, M.; Wiemhofer, H. D. *Macromol Chem Physic* **2006**, *207*, 419-425; (c) Burjanadze, M.; Karatas, Y.; Kaskhedikar, N.; Kogel, L. M.; Kloss, S.; Gentshev, A. C.; Hiller, M. M.; Muller, R. A.; Stolina, R.; Vettikuzha, P.; Wiemhofer, H. D. *Z Phys Chem* **2010**, *224*, 1439-1473; (d) Karatas, Y.; Banhatti, R. D.; Kaskhedikar, N.; Burjanadze, M.; Funke, K.; Wiemhofer, H. D. *J Phys Chem B* **2009**, *113*, 15473-15484.

12. (a) Blonsky, P. M.; Shriver, D. F.; Austin, P.; Allcock, H. R. *Solid State Ionics* **1986**, *18-9*, 258-264; (b) Tonge, J. S.; Shriver, D. F. *J Electrochem Soc* **1987**, *134*, 269-270; (c) Nishimoto, A.; Watanabe, M.; Ikeda, Y.; Kohjiya, S. *Electrochim Acta* **1998**, *43*, 1177-1184; (d) Nishimoto, A.; Agehara, K.; Furuya, N.; Watanabe, T.; Watanabe, M. *Macromolecules* **1999**, *32*, 1541-1548.

13. (a) Weston, J. E.; Steele, B. C. H. *Solid State Ionics* **1982**, *7*, 75-79; (b) Croce, F.; Appetecchi, G. B.; Persi, L.; Scrosati, B. *Nature* **1998**, *394*, 456-458; (c) Capuano, F.; Croce, F.; Scrosati, B. *J Electrochem Soc* **1991**, *138*, 1918-1922; (d) Croce, F.; Scrosati, B. *J Power Sources* **1993**, *43*, 9-19; (e) Borghini, M. C.; Mastragostino, M.; Passerini, S.; Scrosati, B. *J Electrochem Soc* **1995**, *142*, 2118-2121; (f) Matsuo, Y.; Kuwano, J. *Solid State Ionics* **1995**, *79*, 295-299; (g) Kumar, B.; Scanlon, L. G. *J Power Sources* **1994**, *52*, 261-268; (h) Raghavan, S. R.; Riley, M. W.; Fedkiw, P. S.; Khan, S. A. *Chem Mater* **1998**, *10*, 244-251; (i) Kumar, B.; Scanlon, L. G.; Spry, R. J. *J Power Sources* **2001**, *96*, 337-342; (j) Xiong, H. M.; Zhao, X.; Chen, J. S. *J Phys Chem B* **2001**, *105*, 10169-10174; (k) Swierczynski, D.; Zalewska, A.; Wieczorek, W. *Chem Mater* **2001**, *13*, 1560-1564; (l) Gupta, R. K.; Jung, H. Y.; Whang, C. M. *J Mater Chem* **2002**, *12*, 3779-3782; (m) Sun, H. Y.; Sohn, H. J.; Yamamoto, O.; Takeda, Y.; Imanishi, N. *J Electrochem Soc* **1999**, *146*, 1672-1676; (n) Sun, H. Y.; Takeda, Y.; Imanishi, N.; Yamamoto, O.; Sohn, H. J. *J Electrochem Soc* **2000**, *147*, 2462-2467; (o) Wieczorek, W.; Stevens, J. R.; Florjanczyk, Z. *Solid State Ionics* **1996**, *85*, 67-72; (p) Wieczorek, W.; Lipka, P.; Zukowska, G.; Wycislik, H. *J Phys Chem B* **1998**, *102*, 6968-6974; (q) Marcinek, M.; Bac, A.; Lipka, P.; Zalewska, A.; Zukowska, G.; Borkowska, R.; Wieczorek, W. *J Phys Chem B* **2000**, *104*, 11088-11093; (r) Li, Q.; Sun, H. Y.; Takeda, Y.; Imanishi, N.; Yang, J.; Yamamoto, O. *J Power Sources* **2001**, *94*, 201-205.

14. Kato, Y.; Suwa, K.; Yokoyama, S.; Yabe, T.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M. *Solid State Ionics* **2002**, *152*, 155-159.

15. Kato, Y.; Suwa, K.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M.; Yokoyama, S.; Yabe, T.; Yamamoto, M. *J Mater Chem* **2003**, *13*, 280-285.

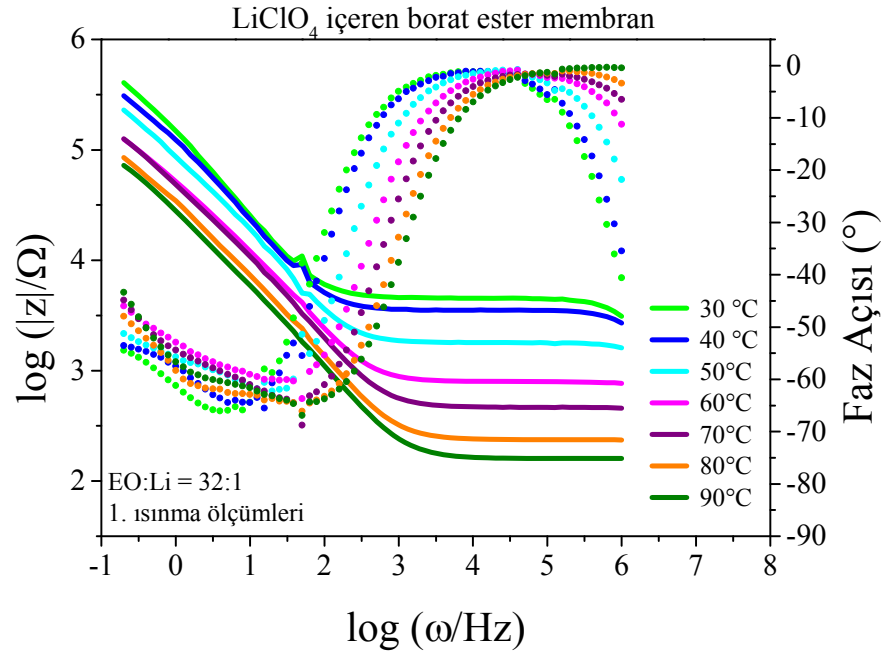
16. (a) Saito, M.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M.; Yokoyama, S.; Yabe, T.; Yamamoto, M. *J Phys Chem B* **2003**, *107*, 11608-11614; (b) Saito, M.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M.; Yokoyama, S.; Yabe, T.; Yamamoto, M. *J Electrochem Soc* **2003**, *150*, A726-A731.

17. Kurono, R.; Mehta, M. A.; Inoue, T.; Fujinami, T. *Electrochim Acta* **2001**, *47*, 483-487.
18. Aydin, H.; Senel, M.; Erdemi, H.; Baykal, A.; Tulu, M.; Ata, A.; Bozkurt, A. *J Power Sources* **2011**, *196*, 1425-1432.
19. (a) Abraham, K. M.; Jiang, Z.; Carroll, B. *Chem Mater* **1997**, *9*, 1978-1988; (b) Abraham, K. M.; Jiang, Z. *J Electrochem Soc* **1997**, *144*, L136-L138.
20. Morita, M.; Fukumasa, T.; Motoda, M.; Tsutsumi, H.; Matsuda, Y. *J Electrochem Soc* **1990**, *137*, 3401-3404.
21. Ito, Y.; Kanehori, K.; Miyauchi, K.; Kudo, T. *J Mater Sci* **1987**, *22*, 1845-1849.
22. (a) Morford, R. V.; Kellam, E. C.; Hofmann, M. A.; Baldwin, R.; Allcock, H. R. *Solid State Ionics* **2000**, *133*, 171-177; (b) Wang, X. M.; Yasukawa, E.; Kasuya, S. *J Electrochem Soc* **2001**, *148*, A1058-A1065; (c) Xu, K.; Ding, M. S.; Zhang, S. S.; Allen, J. L.; Jow, T. R. *J Electrochem Soc* **2002**, *149*, A622-A626.
23. (a) Kato, Y.; Yokoyama, S.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M. *Electrochem Commun* **2001**, *3*, 128-130; (b) Kato, Y.; Hasumi, K.; Yokoyama, S.; Yabe, T.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M. *Solid State Ionics* **2002**, *150*, 355-361; (c) Kato, Y.; Hasumi, K.; Yokoyama, S.; Yabe, T.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M. *J Therm Anal Calorim* **2002**, *69*, 889-896.
24. Kato, Y.; Ishihara, T.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M. *Angew Chem Int Edit* **2004**, *43*, 1966-1969.
25. (a) Kottegoda, I. R. M.; Bakenov, Z.; Ikuta, H.; Wakihara, M. *J Electrochem Soc* **2005**, *152*, A1533-A1538; (b) Kottegoda, I. R. M.; Bakenov, Z.; Ikuta, H.; Uchimoto, Y.; Wakihara, M. *Electrochem Solid St* **2005**, *8*, A30-A33.
26. (a) Masuda, Y.; Seki, M.; Nakayama, M.; Wakihara, M.; Mita, H. *Solid State Ionics* **2006**, *177*, 843-846; (b) Kaneko, F.; Masuda, Y.; Nakayama, M.; Wakihara, M. *Electrochim Acta* **2007**, *53*, 549-554; (c) Masuda, Y.; Nakayama, M.; Wakihara, M. *Solid State Ionics* **2007**, *178*, 981-986; (d) Kaneko, F.; Wada, S.; Nakayama, M.; Wakihara, M.; Koki, J.; Kuroki, S. *Adv Funct Mater* **2009**, *19*, 918-925; (e) Kaneko, F.; Wada, S.; Nakayama, M.; Wakihara, M.; Kuroki, S. *Chemphyschem* **2009**, *10*, 1911-1915.
27. Rokicki, G.; Rakoczy, P.; Parzuchowski, P.; Sobiecki, M. *Green Chem* **2005**, *7*, 529-539.

28. Özkara, Y. E. *Tris((2-okso-1,3-dioksolan-4-il)metil) borat'ın poli[bis(metoksietoksietoksi fosfazen)] içerisinde katkı olarak kullanımı*. Ahi Evran University, Kırşehir **(yazım aşamasında)**.

29. de Zea Bermudez, V.; Silva, M. M. In *Polymer Electrolytes*, Sequeira, C.; Santos, D., Eds.; Woodhead Publishing, **2010**, pp 176-218.

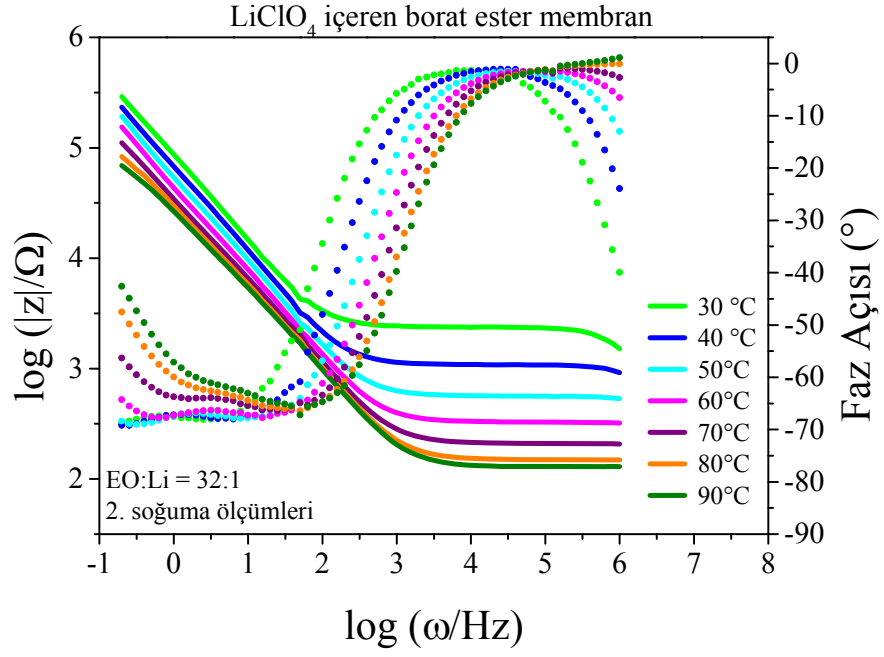
EKLER:



Ek 1. EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 2. EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.

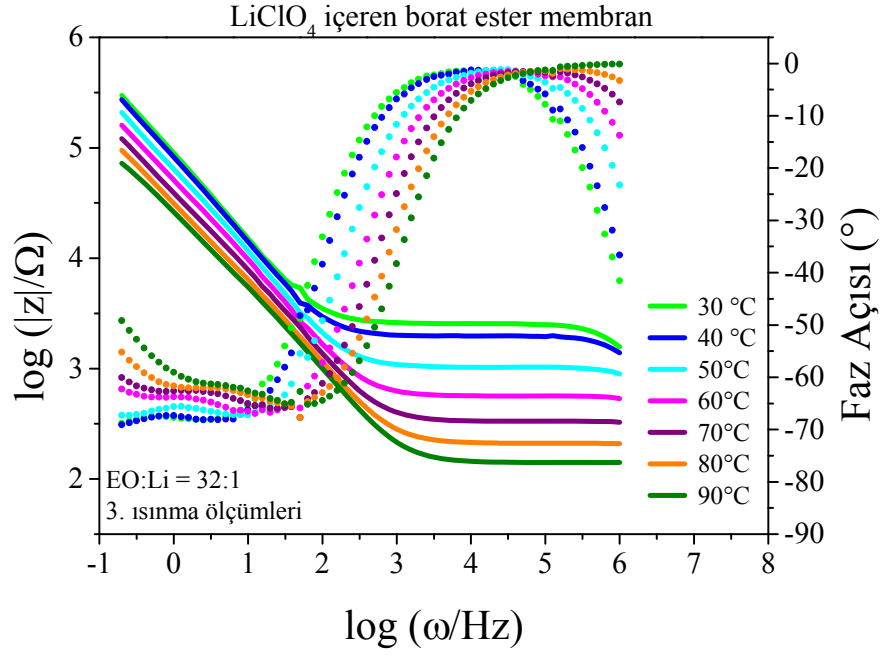
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm
30	1.35E-05	-	-
40	2.01E-05	-	-
50	3.52E-05	-	-
60	7.69E-05	-	-
70	1.33E-04	-	-
80	2.60E-04	-	-
90	3.52E-04	-	-



Ek 3. EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 4. EO:Li = 32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

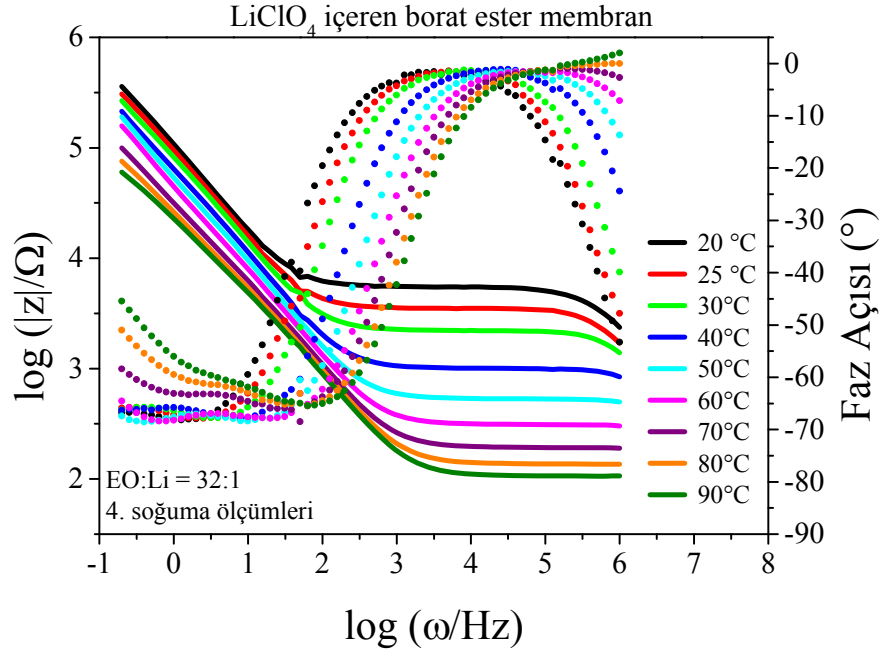
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm
30	2.60E-05	-	-
40	5.98E-05	-	-
50	1.09E-04	-	-
60	1.87E-04	-	-
70	2.99E-04	-	-
80	4.07E-04	-	-
90	4.60E-04	-	-



Ek 5. EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 6. EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

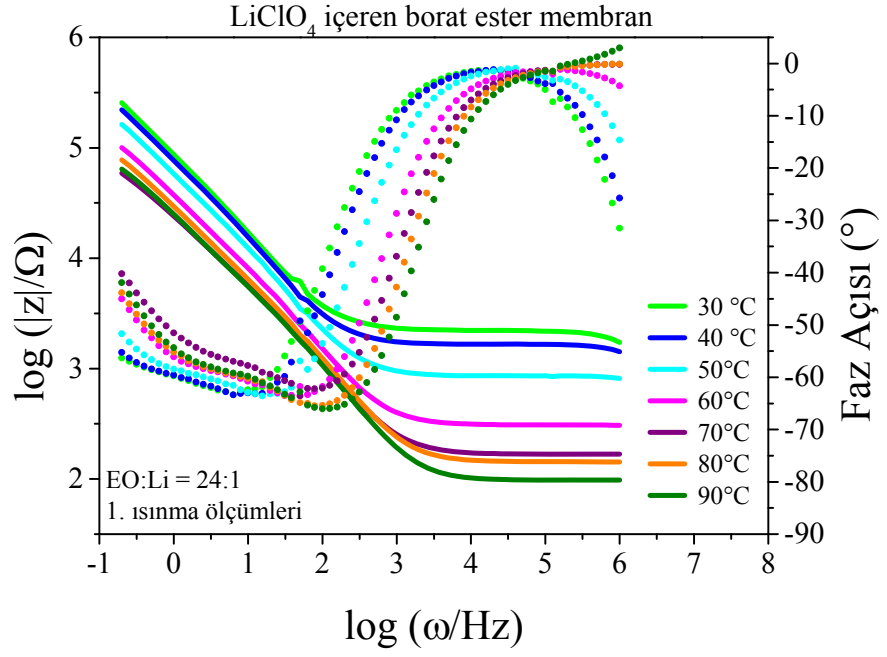
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm
30	2.39E-05	-	-
40	3.15E-05	-	-
50	5.98E-05	-	-
60	1.07E-04	-	-
70	1.81E-04	-	-
80	2.85E-04	-	-
90	4.33E-04	-	-



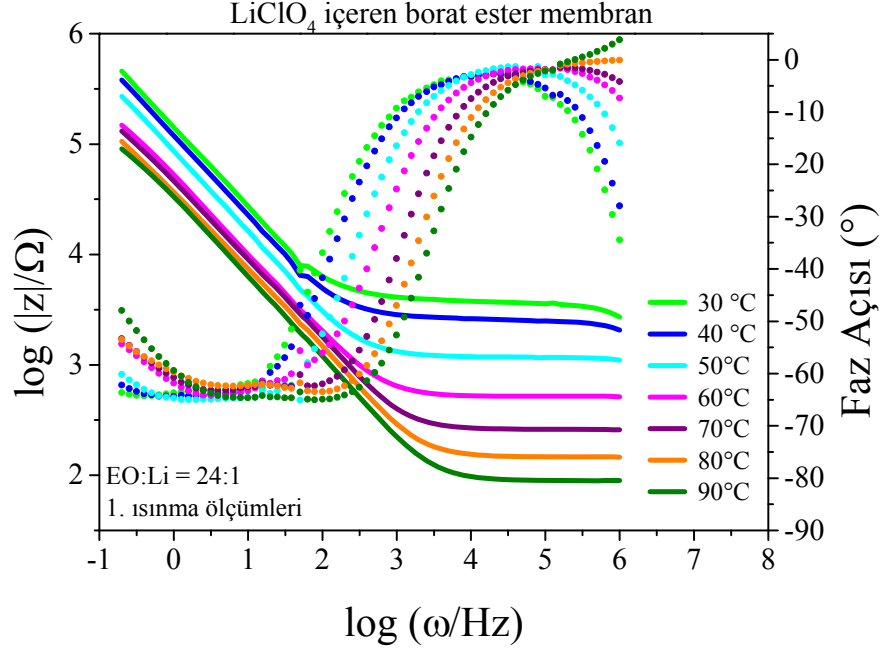
Ek 7. EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 8. EO:Li=32:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

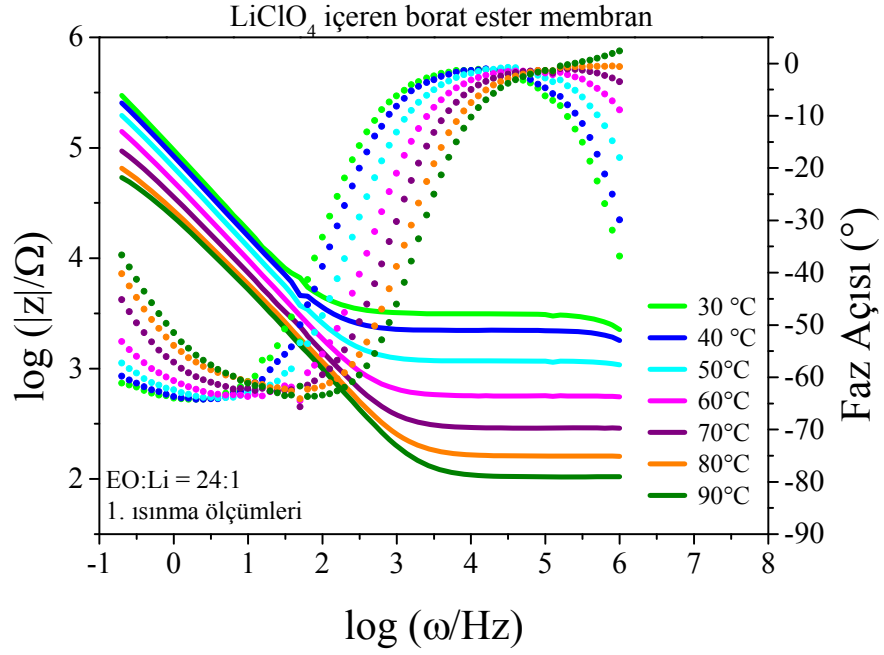
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	1.11E-05	-	-
25	1.71E-05	-	-
30	2.63E-05	-	-
40	5.98E-05	-	-
50	1.11E-04	-	-
60	1.87E-04	-	-
70	3.15E-04	-	-
80	4.27E-04	-	-
90	5.59E-04	-	-



Ek 9. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



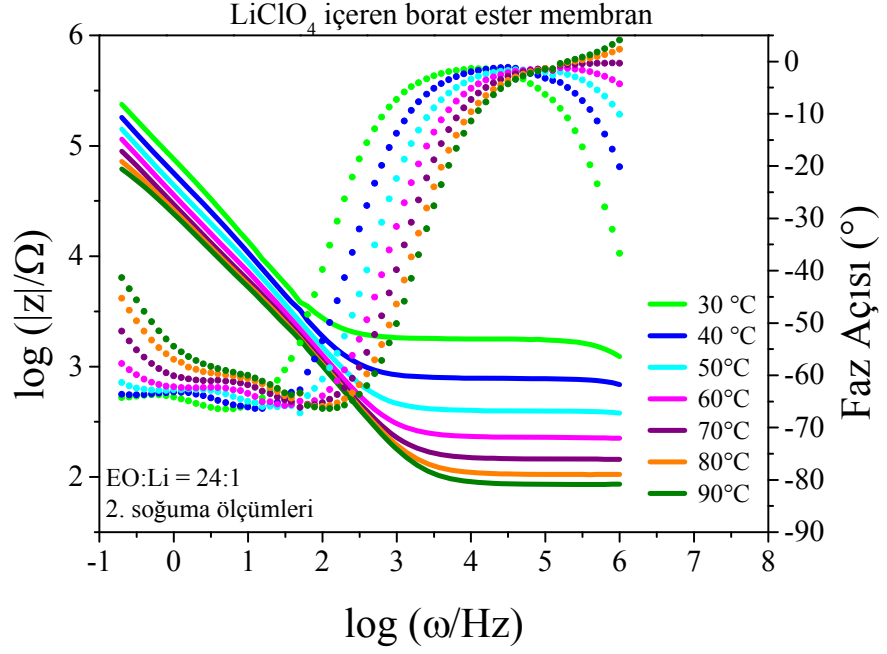
Ek 10. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.



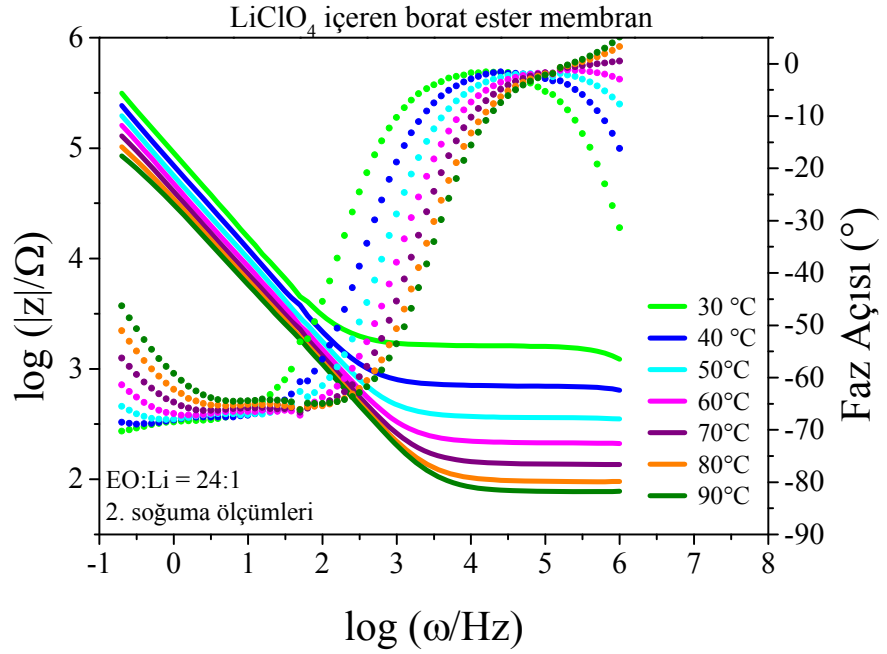
Ek 11. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 1. ısıtma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.

Ek 12. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. ısıtma iletkenlik sonuçları.

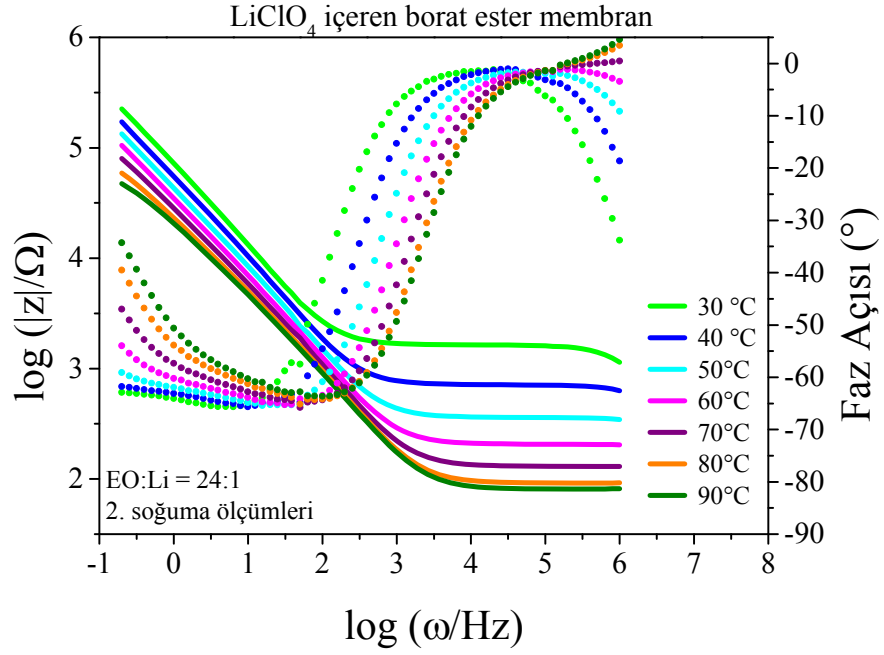
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	2.69E-05	1.57E-05	1.93E-05
40	3.59E-05	2.32E-05	2.72E-05
50	6.95E-05	5.06E-05	5.43E-05
60	1.93E-04	1.15E-04	1.06E-04
70	3.52E-04	2.30E-04	2.06E-04
80	4.15E-04	4.04E-04	3.74E-04
90	5.98E-04	6.64E-04	5.69E-04



Ek 13. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.



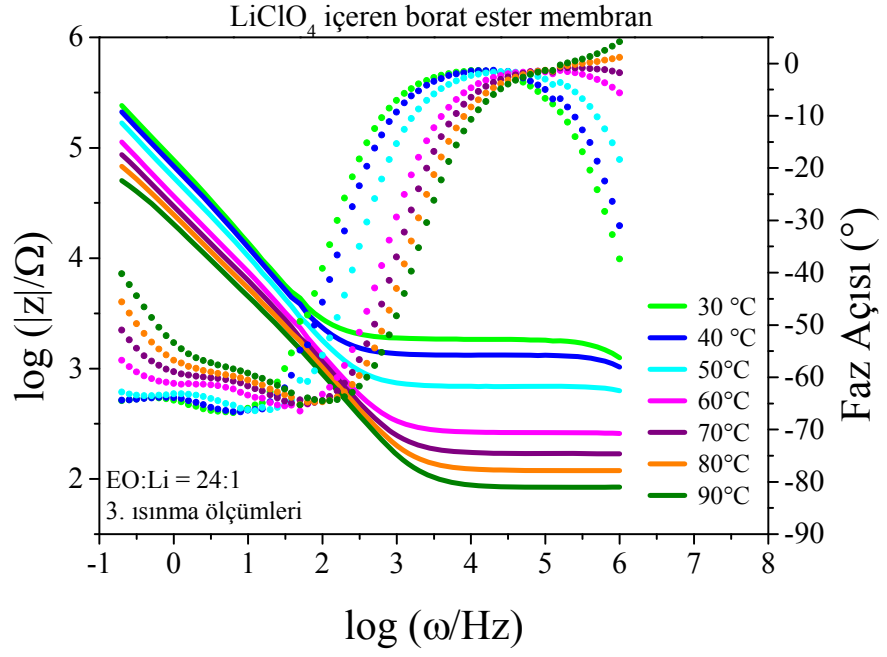
Ek 14. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.



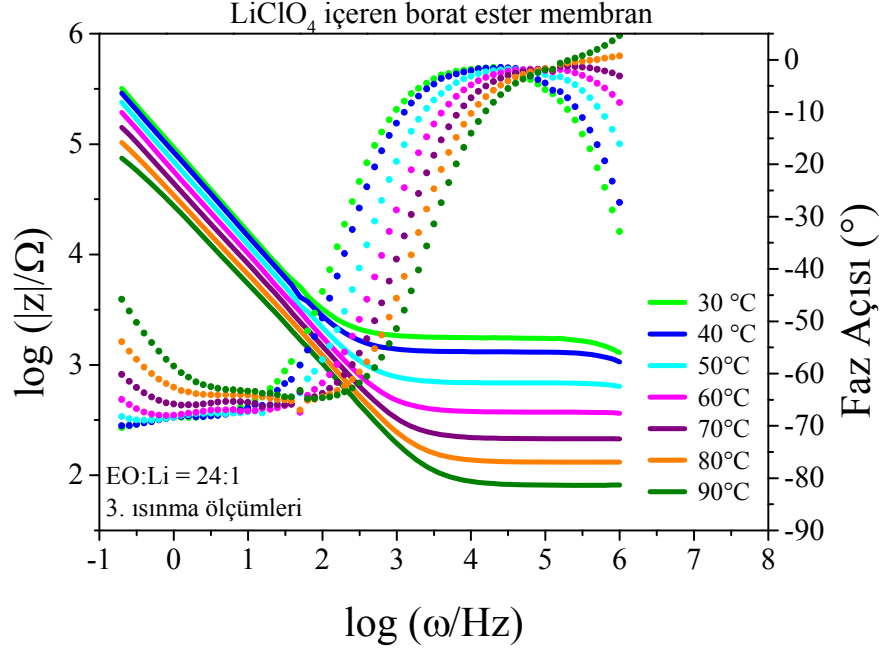
Ek 15. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.

Ek 16. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

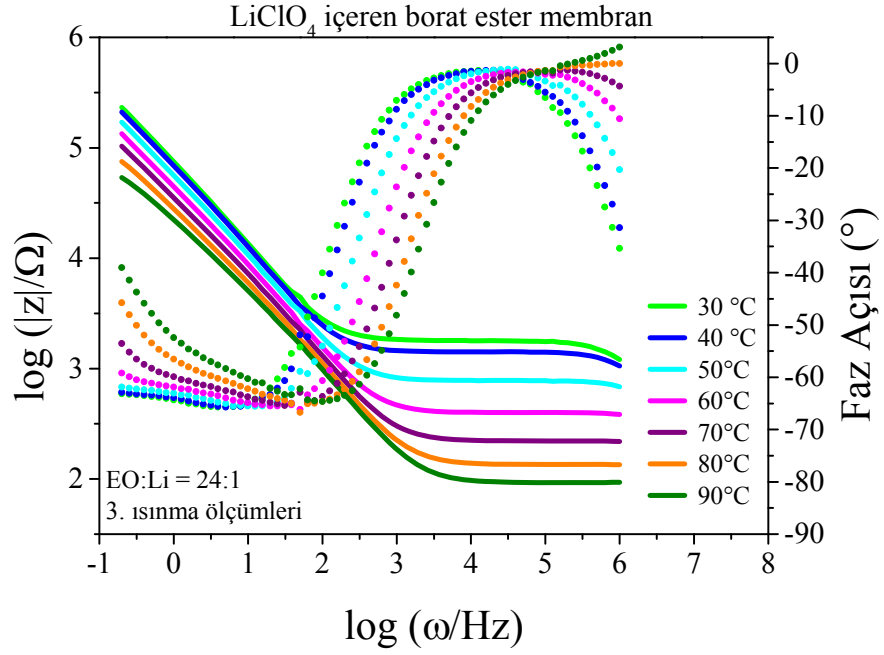
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	3.71E-05	3.78E-05	3.75E-05
40	7.76E-05	8.84E-05	8.65E-05
50	1.49E-04	1.62E-04	1.71E-04
60	2.60E-04	2.72E-04	2.85E-04
70	4.12E-04	4.43E-04	4.67E-04
80	5.98E-04	6.23E-04	6.64E-04
90	7.03E-04	7.47E-04	7.47E-04



Ek 17. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.



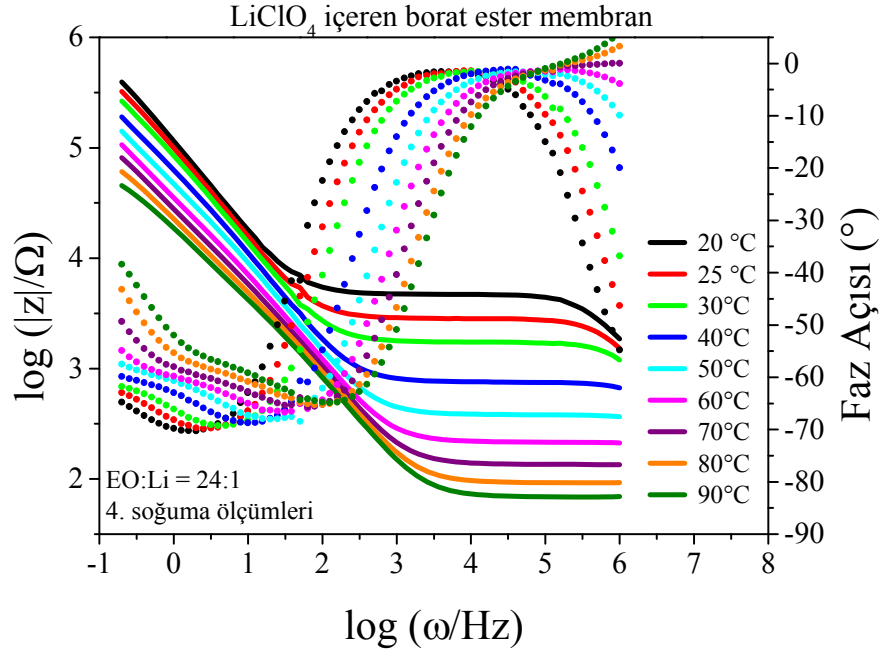
Ek 18. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.



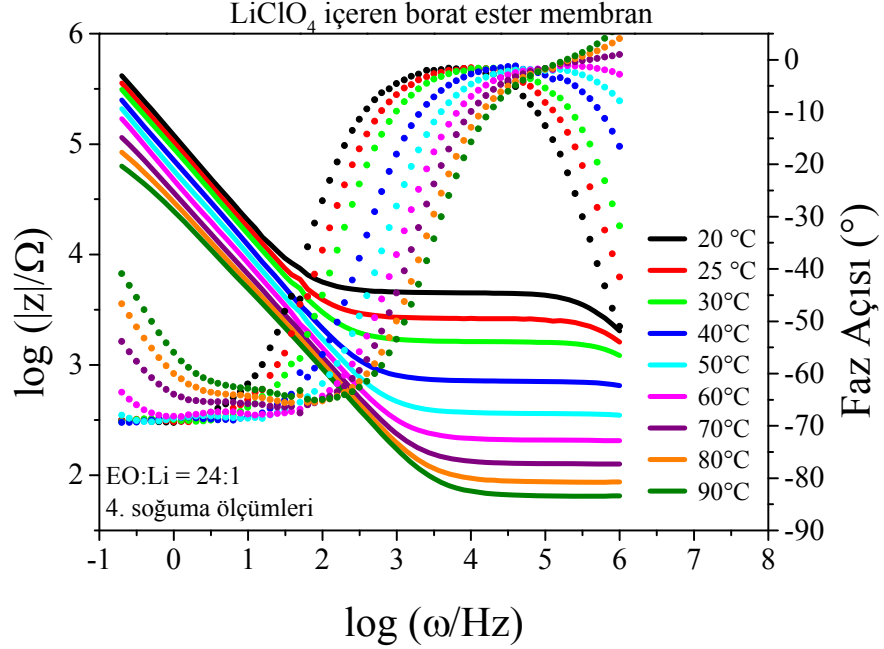
Ek 19. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 3. ısıtma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları.

Ek 20. EO:Li = 24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. ısıtma iletkenlik sonuçları.

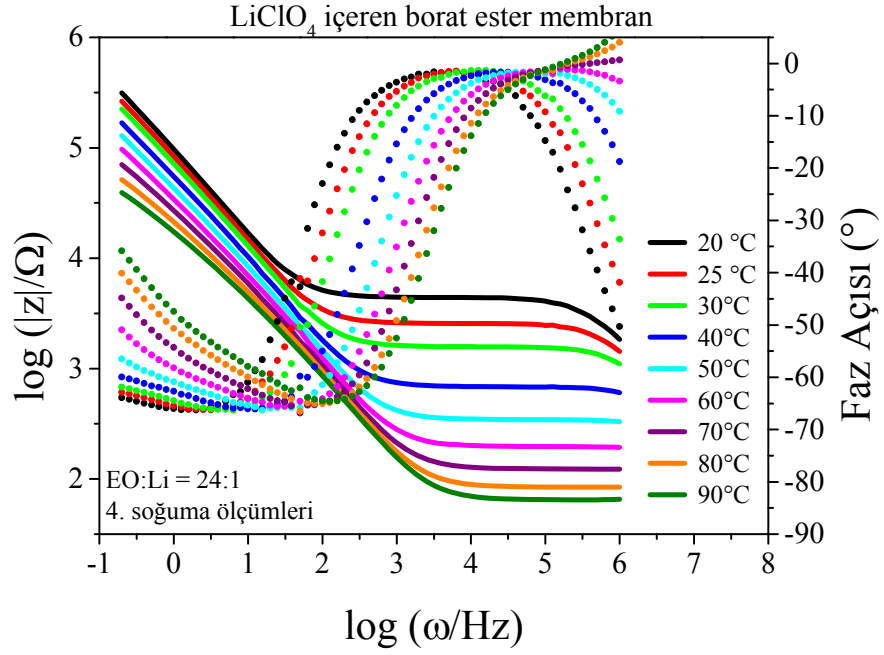
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	3.36E-05	3.41E-05	3.44E-05
40	4.78E-05	4.67E-05	4.28E-05
50	8.72E-05	8.92E-05	7.66E-05
60	2.31E-04	1.59E-04	1.55E-04
70	3.56E-04	2.83E-04	2.78E-04
80	5.06E-04	4.67E-04	4.60E-04
90	7.29E-04	7.66E-04	6.64E-04



Ek 21. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları.



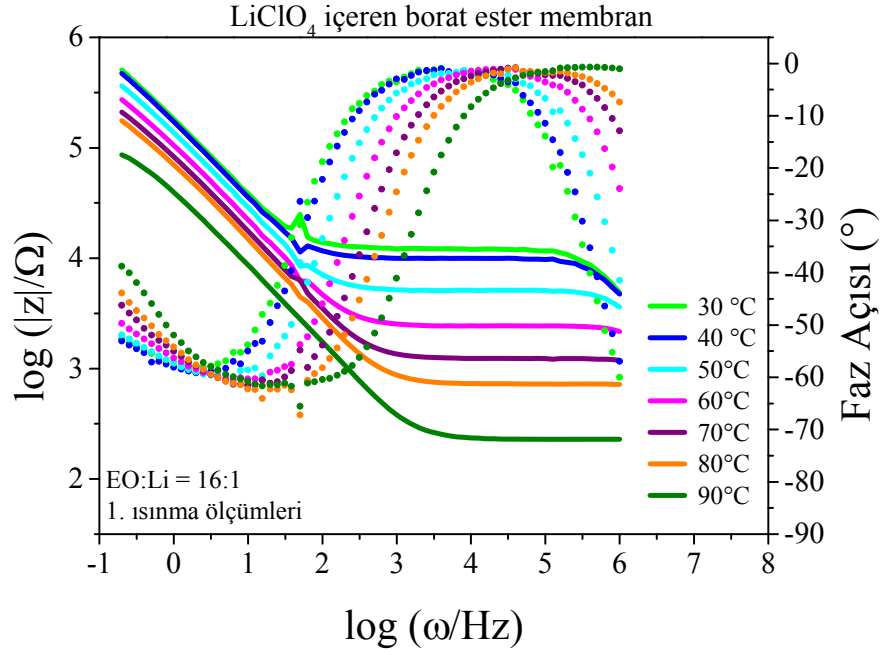
Ek 22. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



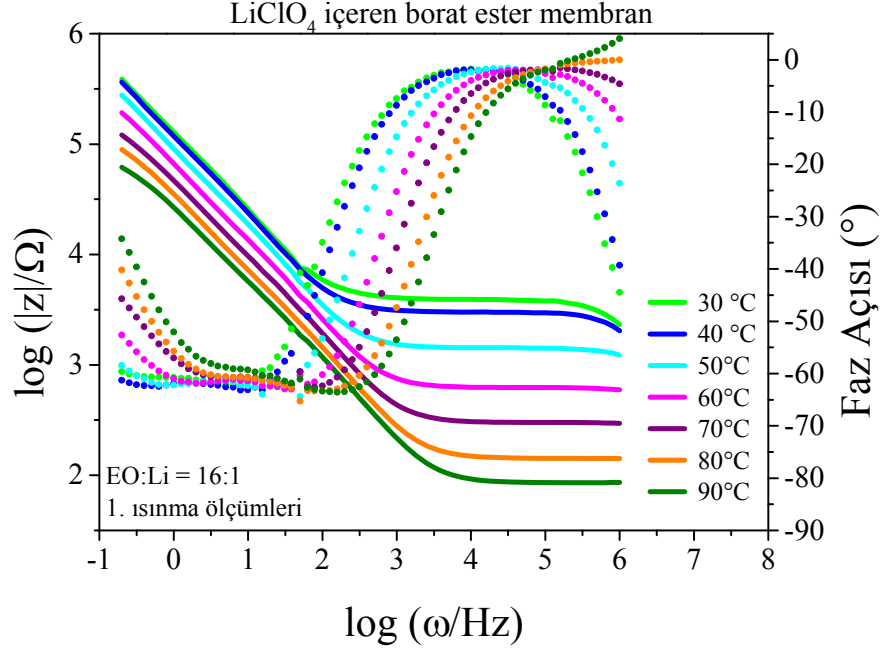
Ek 23. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 24. EO:Li=24:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

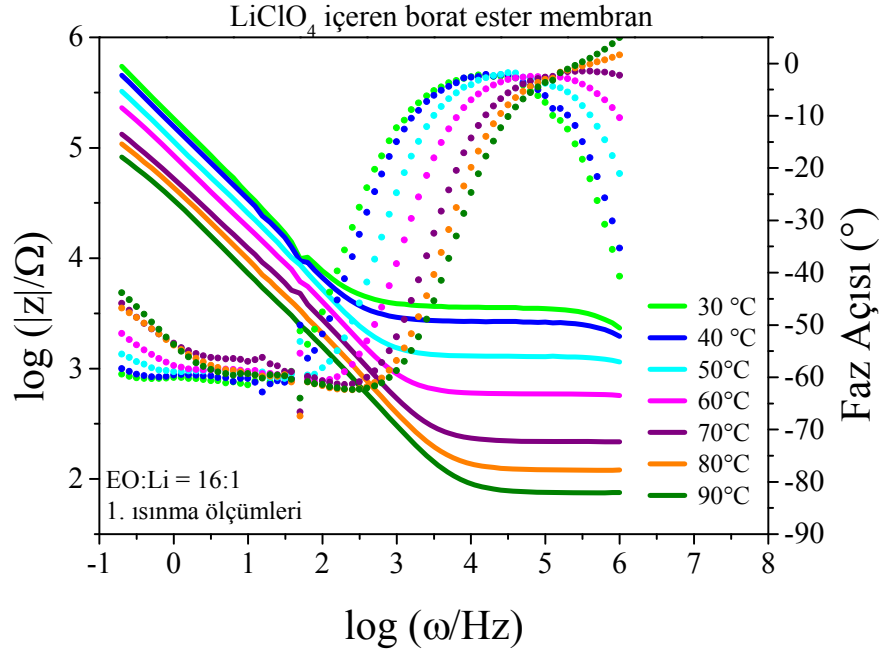
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	1.36E-05	1.30E-05	1.48E-05
25	2.26E-05	2.28E-05	2.38E-05
30	3.49E-05	3.71E-05	4.16E-05
40	8.03E-05	8.54E-05	9.05E-05
50	1.64E-04	1.71E-04	1.78E-04
60	2.92E-04	2.99E-04	3.23E-04
70	4.43E-04	5.43E-04	5.34E-04
80	6.64E-04	7.56E-04	7.38E-04
90	8.66E-04	7.97E-04	9.49E-04



Ek 25. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



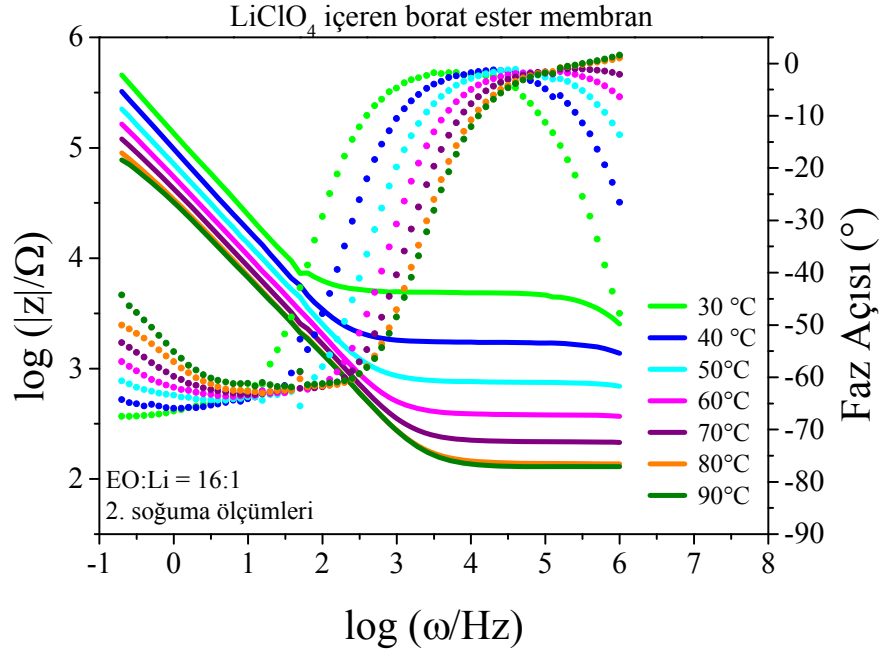
Ek 26. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



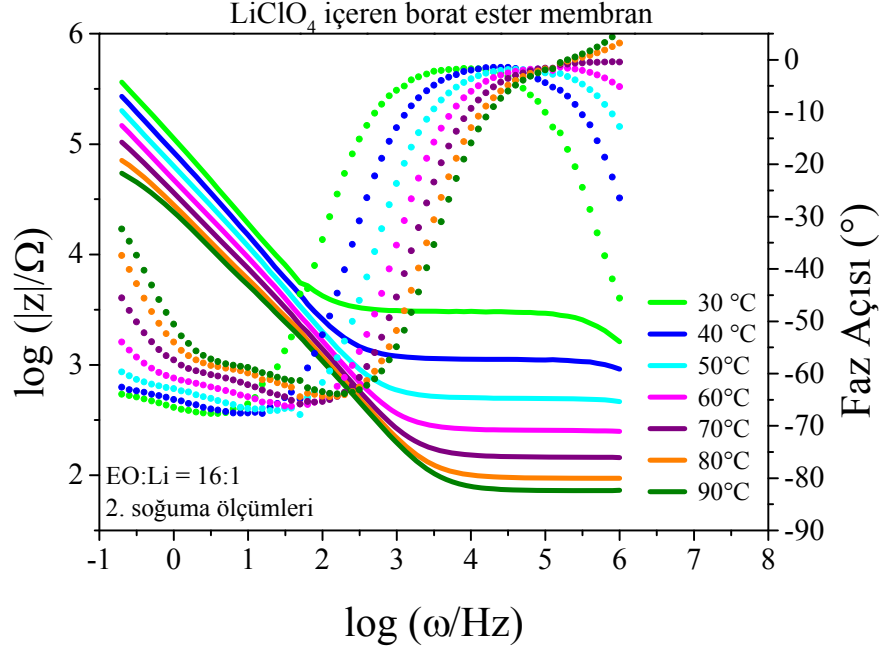
Ek 27. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 28. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.

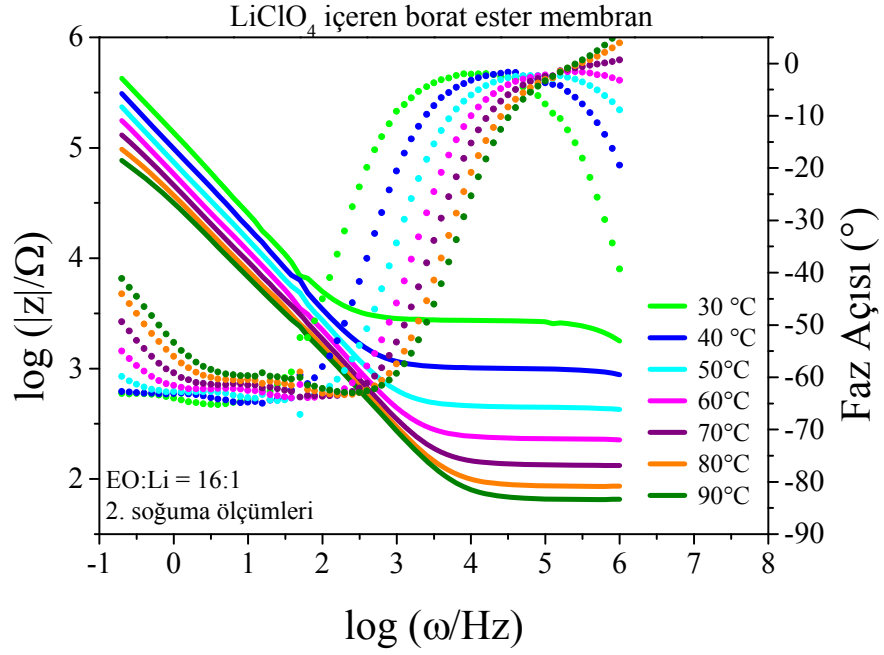
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	5.17E-06	1.57E-05	1.71E-05
40	6.27E-06	2.13E-05	2.34E-05
50	1.17E-05	4.21E-05	4.78E-05
60	2.82E-05	9.80E-05	1.03E-04
70	4.98E-05	1.99E-04	2.85E-04
80	8.30E-05	4.60E-04	4.98E-04
90	2.85E-04	7.03E-04	8.30E-05



Ek 29. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



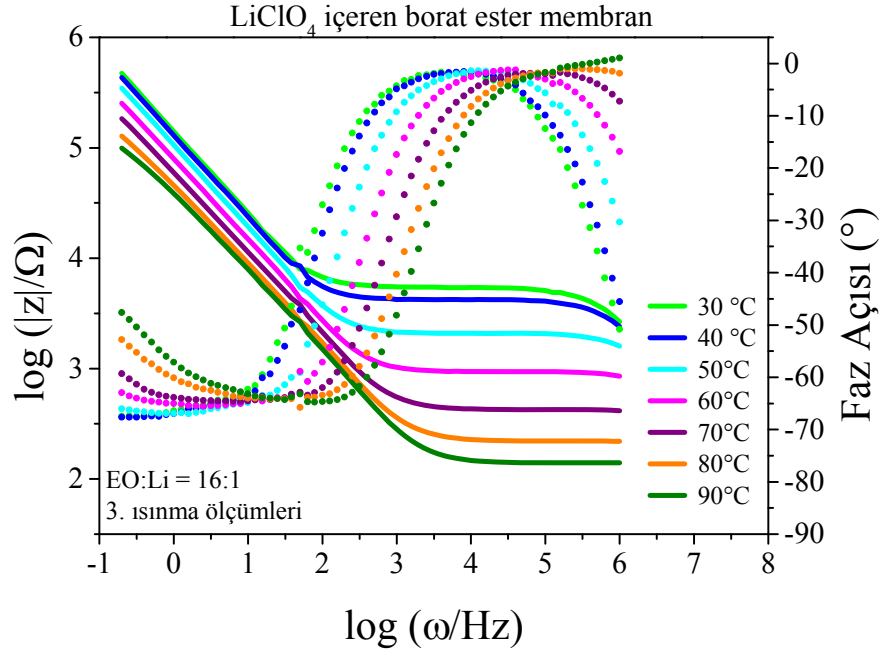
Ek 30. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



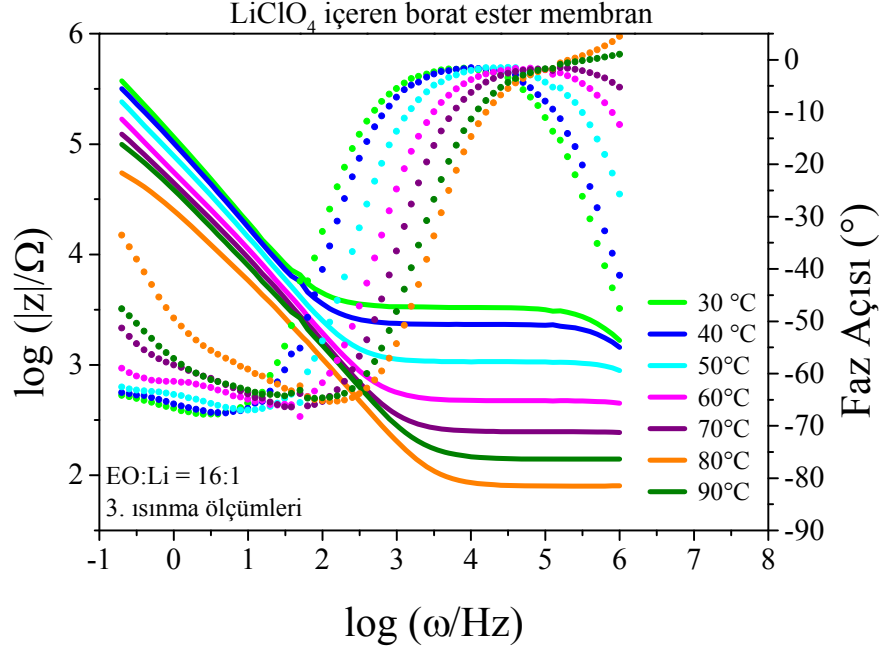
Ek 31. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 32. EO:Li =16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

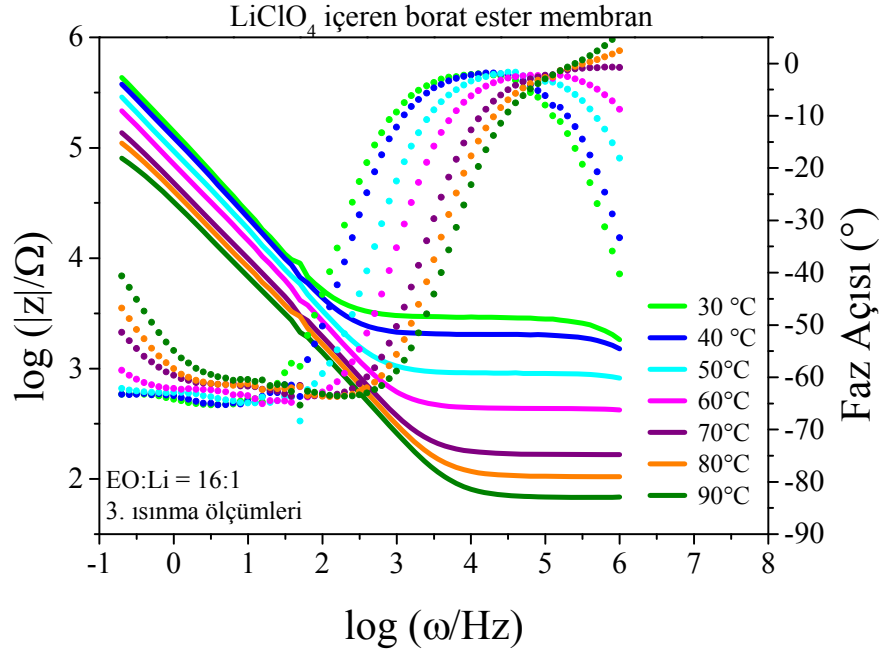
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.26E-05	2.01E-05	2.51E-05
40	3.57E-05	5.53E-05	6.05E-05
50	8.30E-05	1.20E-04	1.73E-04
60	1.62E-04	2.49E-04	2.72E-04
70	2.85E-04	4.24E-04	4.94E-04
80	4.78E-04	6.43E-04	7.03E-04
90	4.98E-04	8.66E-04	9.64E-04



Ek 33. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



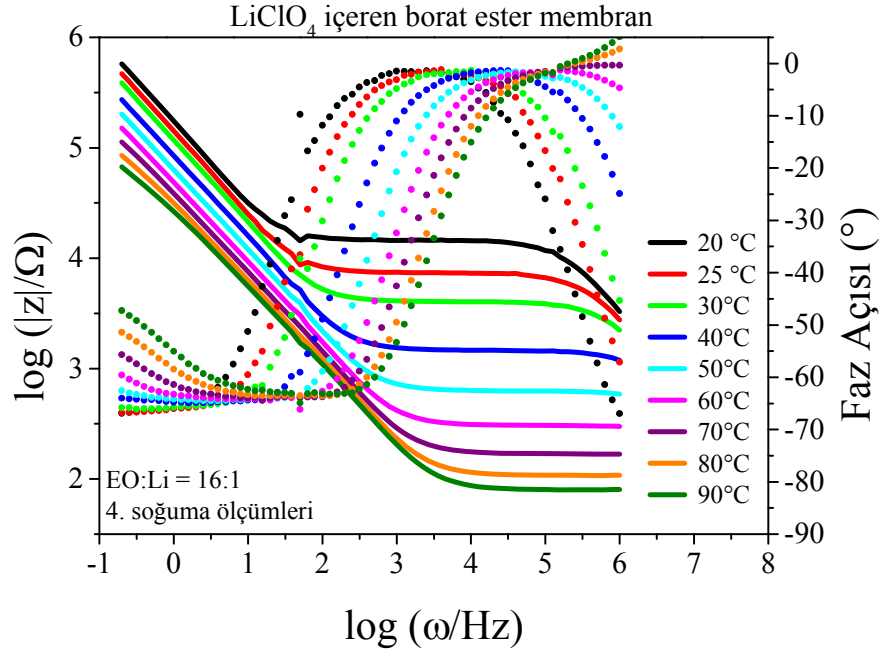
Ek 34. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



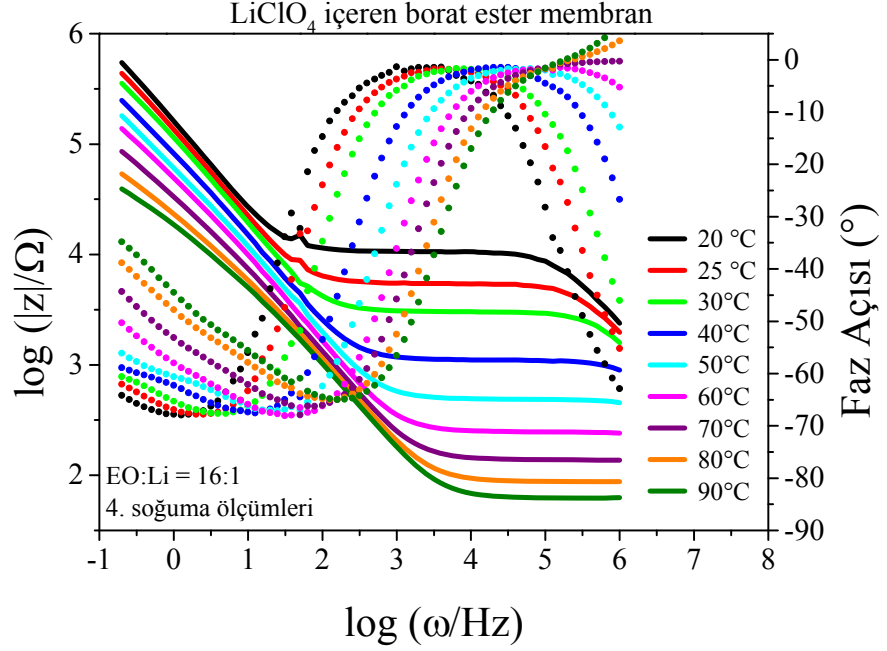
Ek 35. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 36. EO:Li =16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

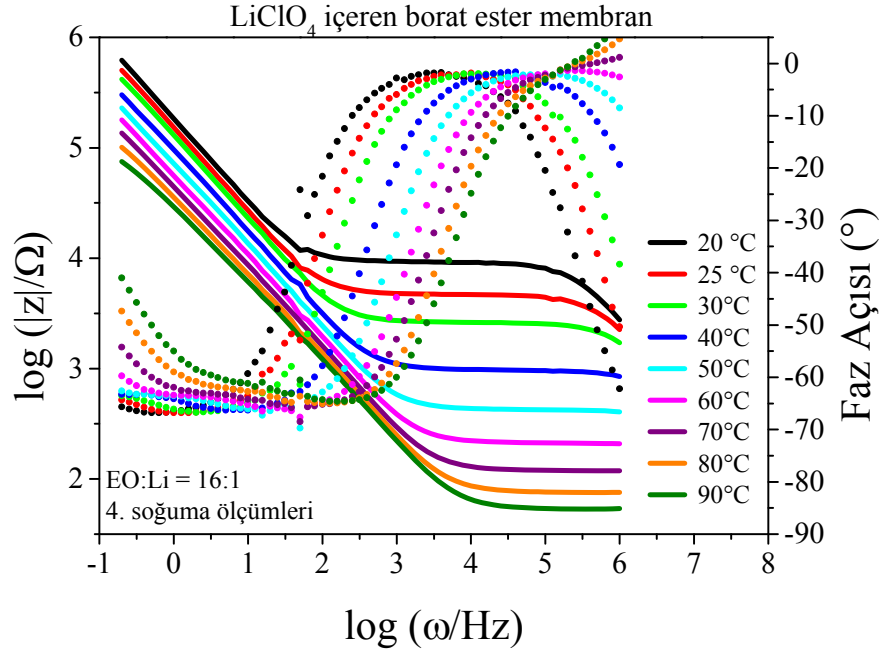
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.13E-05	1.91E-05	2.13E-05
40	1.46E-05	3.02E-05	3.20E-05
50	3.02E-05	6.83E-05	6.87E-05
60	6.50E-05	1.33E-04	1.49E-04
70	1.45E-04	2.68E-04	3.74E-04
80	2.97E-04	5.20E-04	3.86E-04
90	5.34E-04	7.97E-04	9.19E-04



Ek 37. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



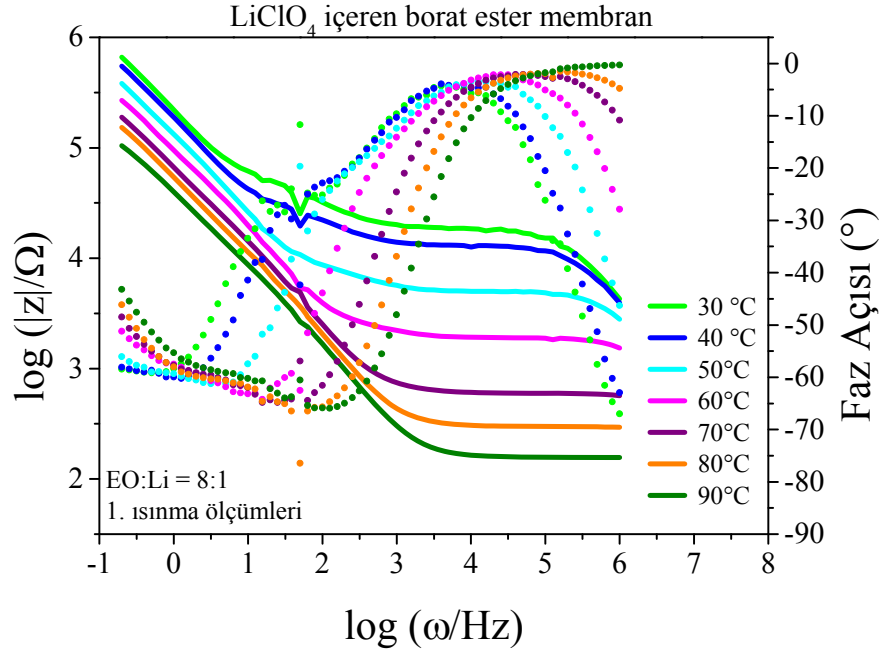
Ek 38. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



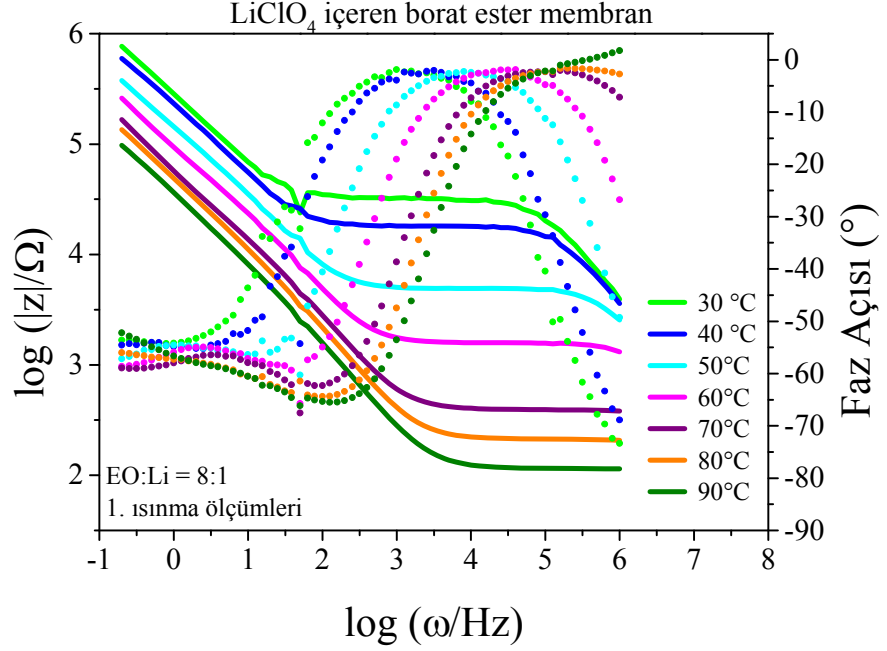
Ek 39. EO:Li=16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 40. EO:Li =16:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

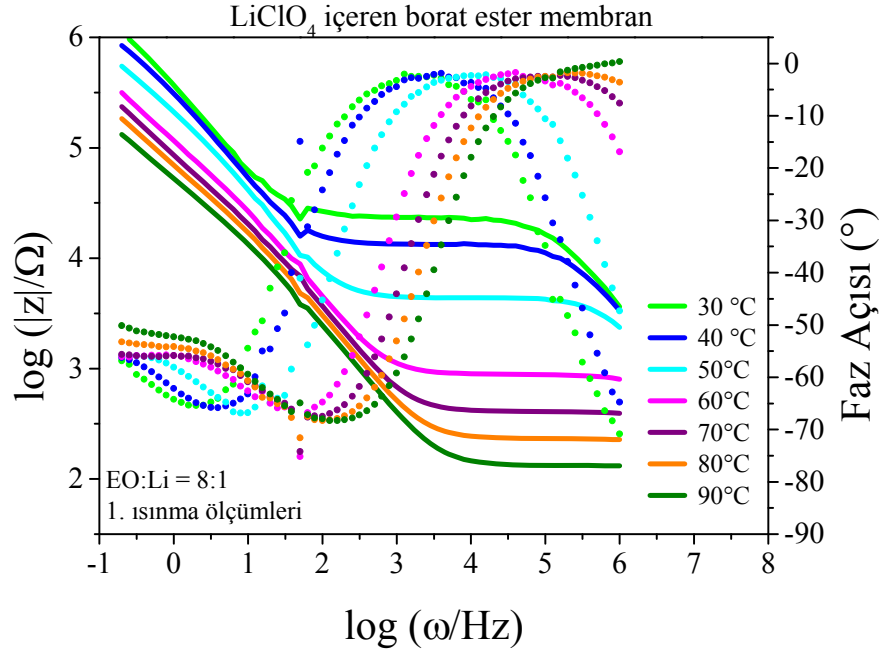
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	4.18E-06	5.98E-06	6.64E-06
25	8.41E-07	1.15E-05	1.33E-05
30	1.51E-05	2.01E-05	2.39E-05
40	4.52E-05	5.98E-05	6.23E-05
50	9.99E-05	1.33E-04	1.49E-04
60	1.99E-04	2.60E-04	2.85E-04
70	3.74E-04	4.60E-04	4.98E-04
80	5.98E-04	7.03E-04	7.97E-04
90	7.47E-04	9.96E-04	1.13E-03



Ek 41. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



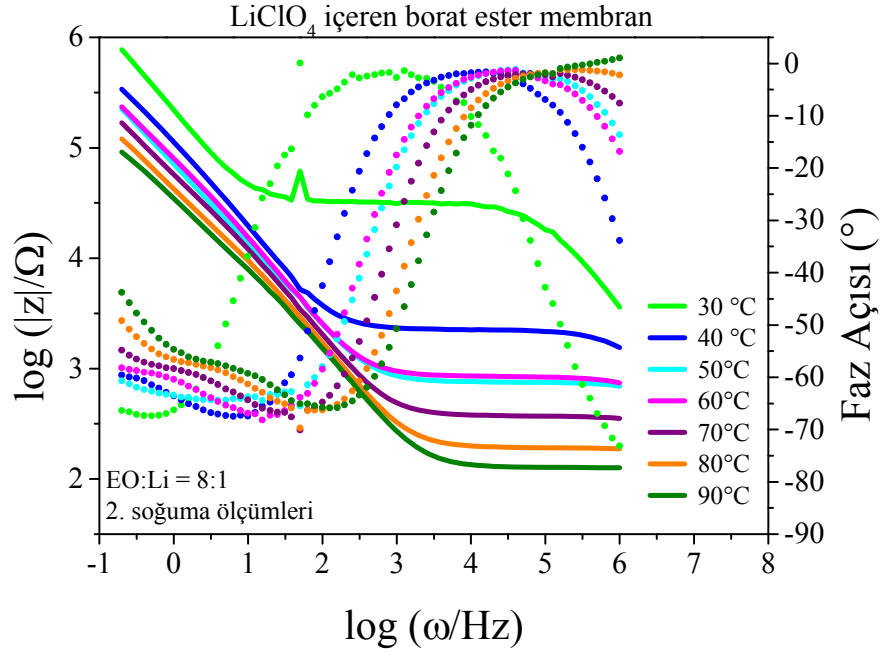
Ek 42. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



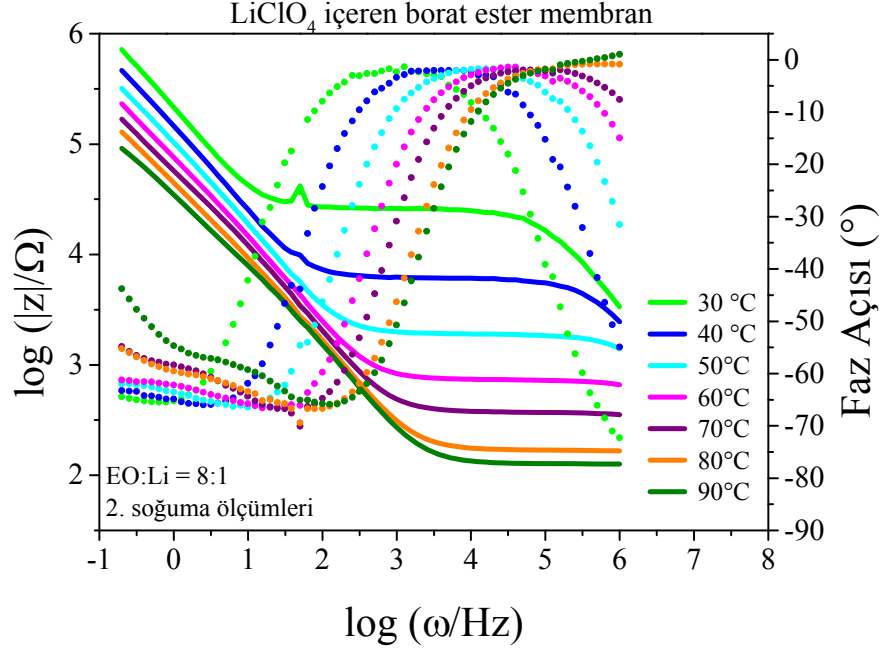
Ek 43. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 44. EO:Li =8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.

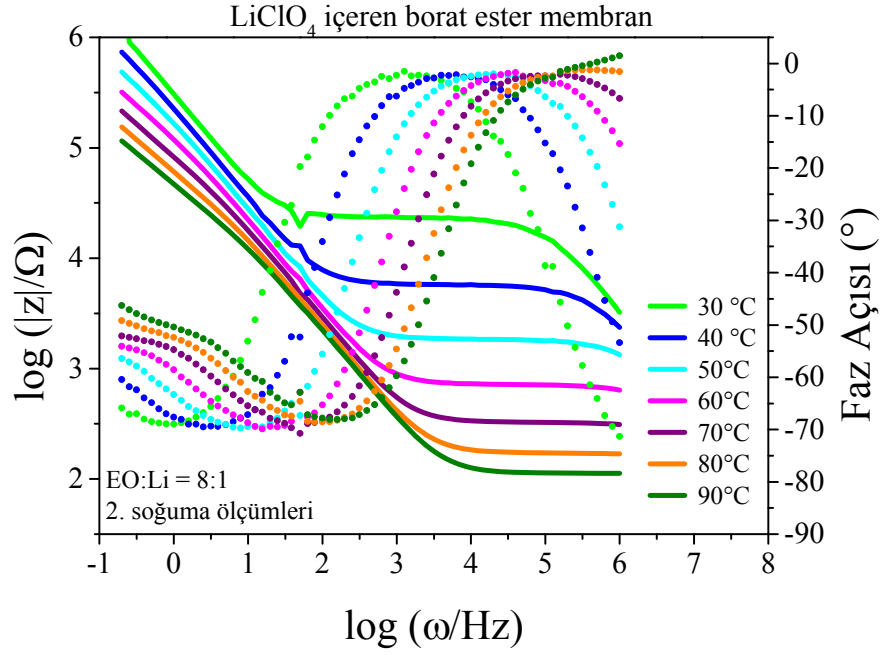
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	3.15E-06	1.99E-06	2.60E-06
40	4.60E-06	3.32E-06	4.60E-06
50	1.20E-05	1.22E-05	1.39E-05
60	3.32E-05	3.98E-05	6.79E-05
70	9.96E-05	1.57E-04	1.49E-04
80	1.99E-04	2.85E-04	2.60E-04
90	3.98E-04	5.43E-04	4.60E-04



Ek 45. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



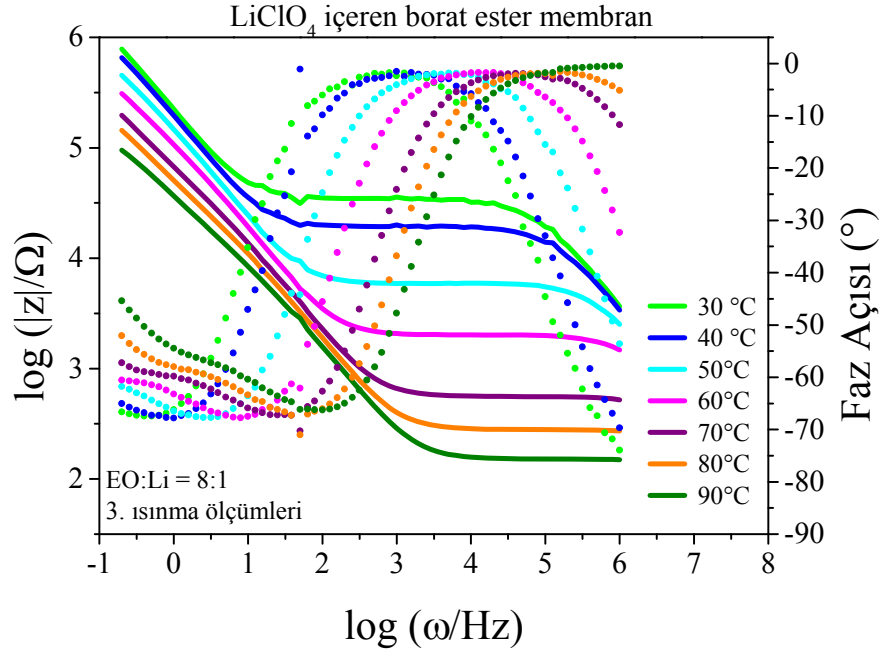
Ek 46. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



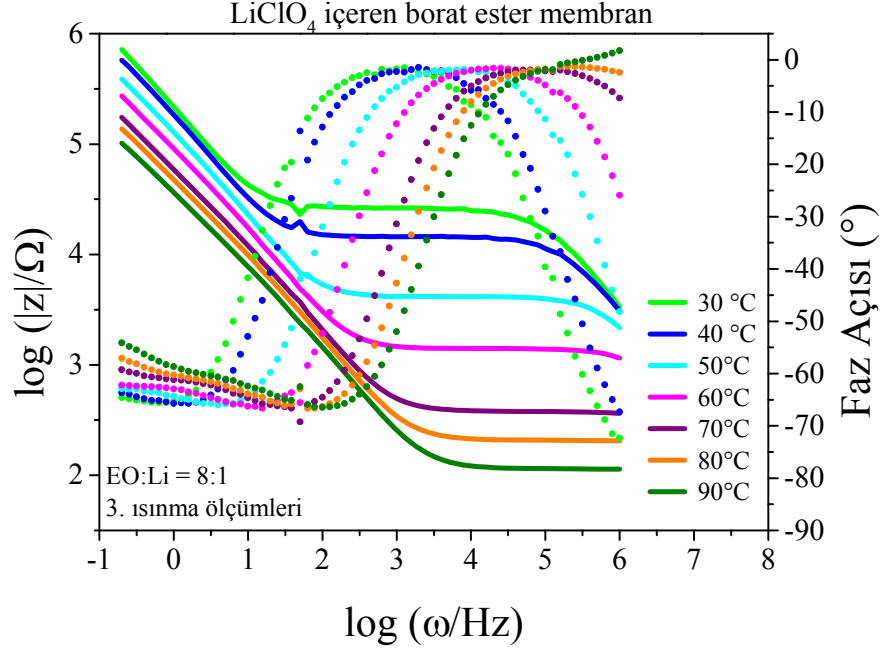
Ek 47. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 48. EO:Li =8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

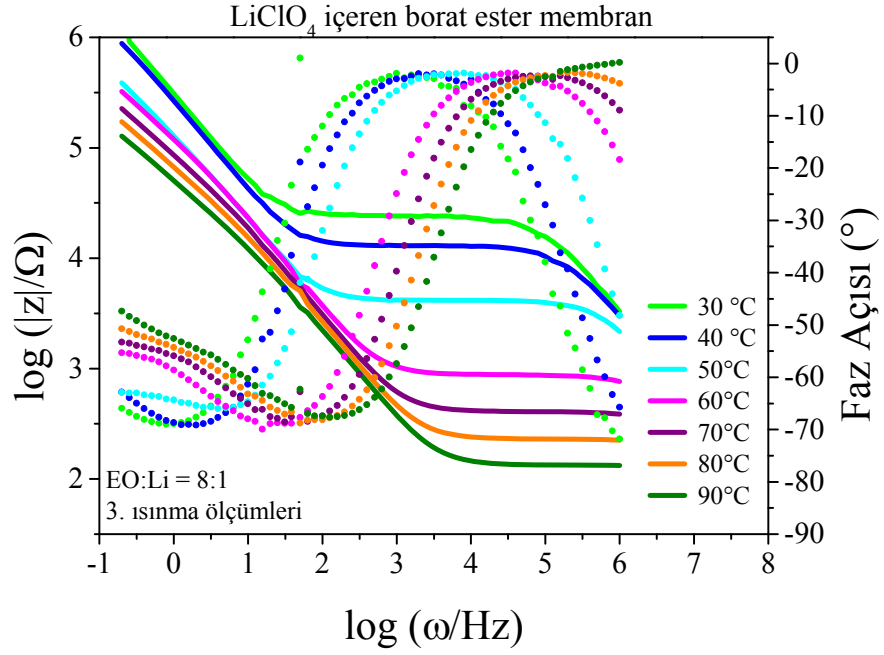
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.99E-06	2.39E-06	2.66E-06
40	8.30E-06	8.79E-06	1.04E-05
50	2.72E-05	3.15E-05	3.32E-05
60	7.03E-05	8.19E-05	8.42E-05
70	1.66E-04	1.81E-04	1.84E-04
80	3.32E-04	3.47E-04	3.62E-04
90	4.98E-04	5.98E-04	5.43E-04



Ek 49. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



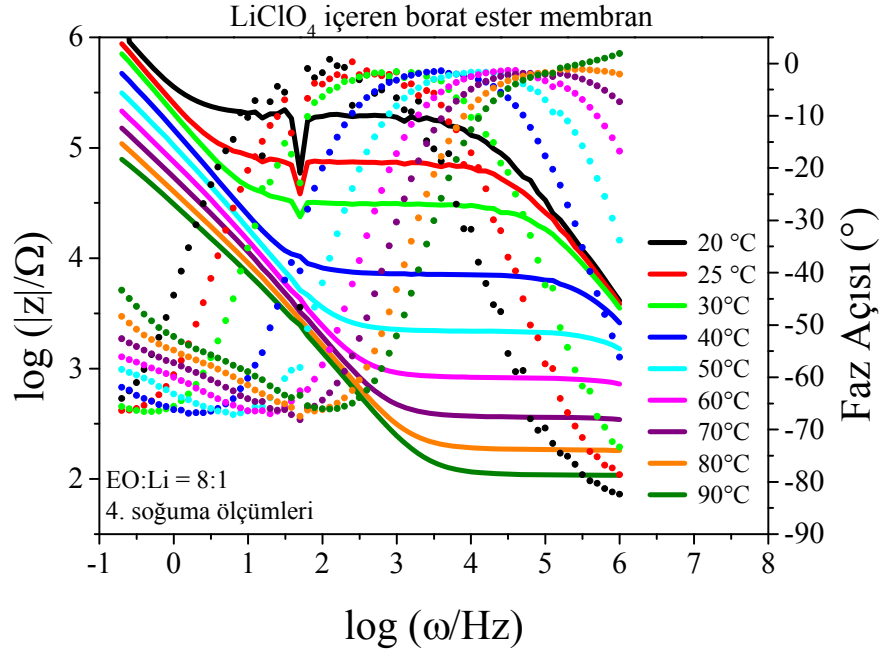
Ek 50. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



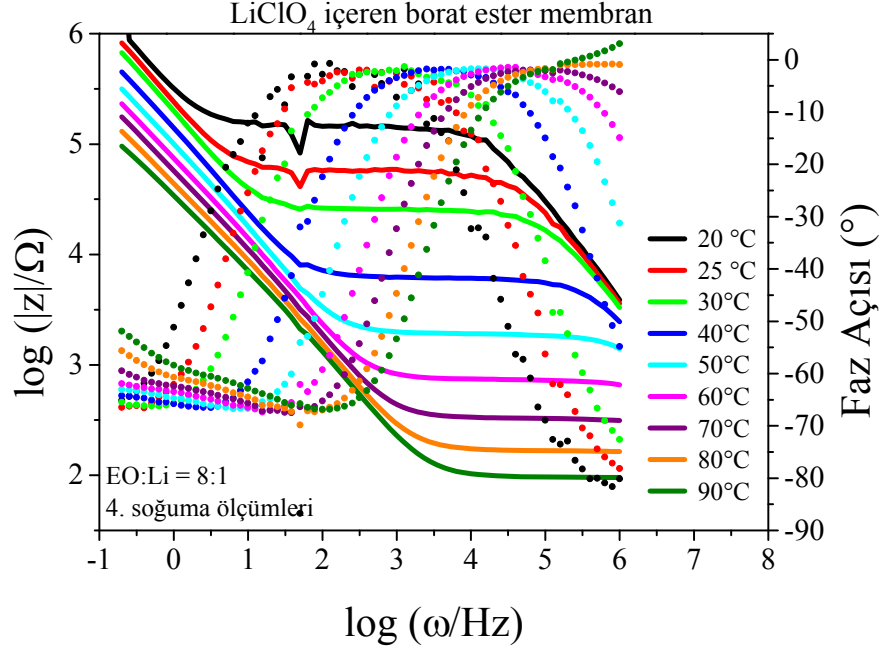
Ek 51. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 52. EO:Li =8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

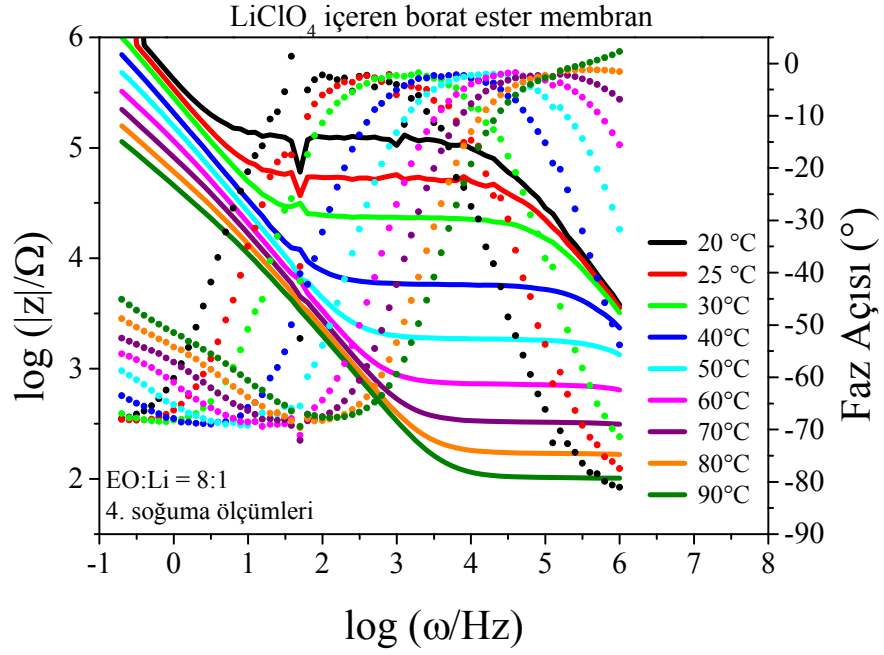
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.78E-06	2.34E-06	2.49E-06
40	3.11E-06	4.21E-06	4.60E-06
50	1.01E-05	1.46E-05	1.42E-05
60	2.99E-05	4.27E-05	6.79E-05
70	1.09E-04	1.59E-04	1.49E-04
80	2.13E-04	2.99E-04	2.60E-04
90	3.98E-04	5.43E-04	4.60E-04



Ek 53. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 1. örnek 1. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



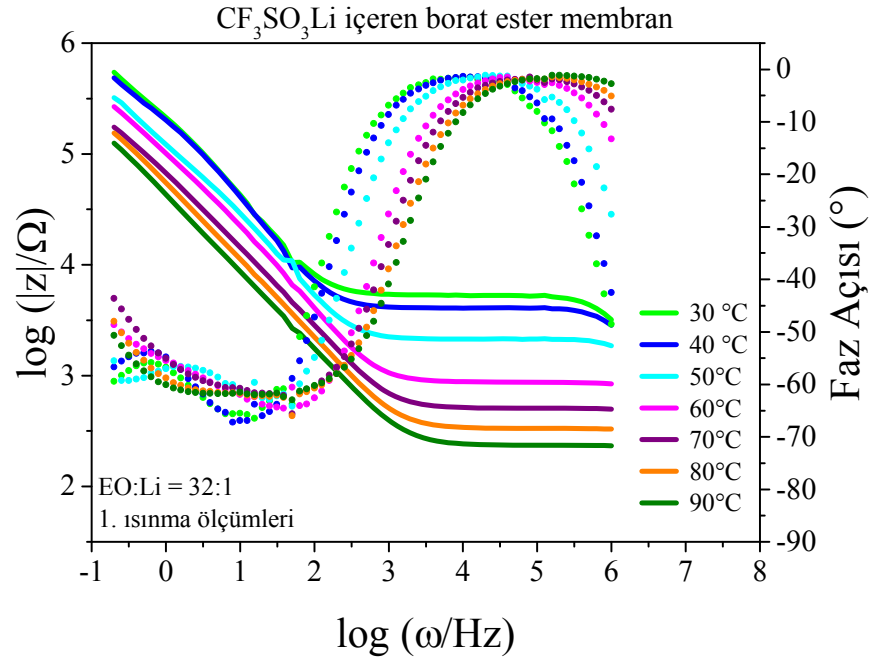
Ek 54. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 2. örnek 1. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



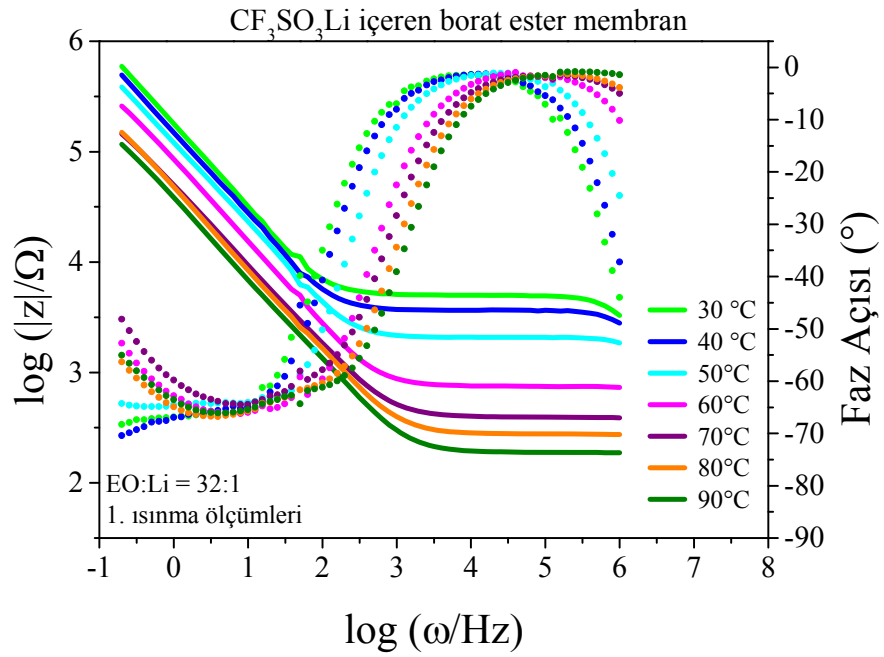
Ek 55. EO:Li=8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 3. örnek 1. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 56. EO:Li =8:1 oranında LiClO₄ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

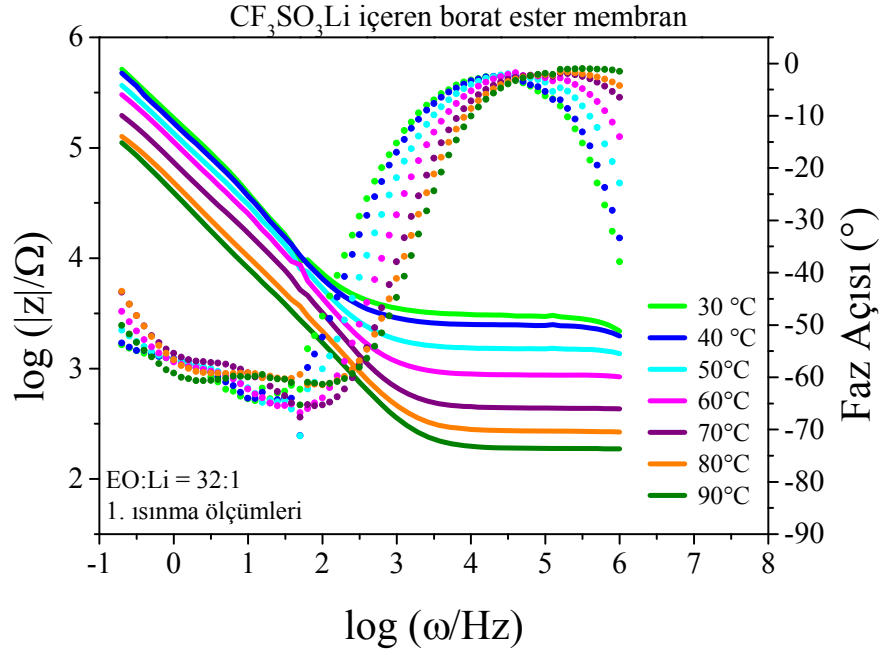
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	6.10E-07	4.94E-07	7.07E-07
25	1.26E-06	1.36E-06	1.33E-06
30	2.10E-06	2.49E-05	2.66E-06
40	8.54E-06	9.96E-06	1.06E-05
50	2.85E-05	3.15E-05	3.23E-05
60	7.24E-05	8.19E-05	8.30E-05
70	1.71E-04	1.84E-04	1.84E-04
80	3.32E-04	3.86E-04	3.52E-04
90	5.98E-04	6.29E-04	5.98E-04



Ek 57. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



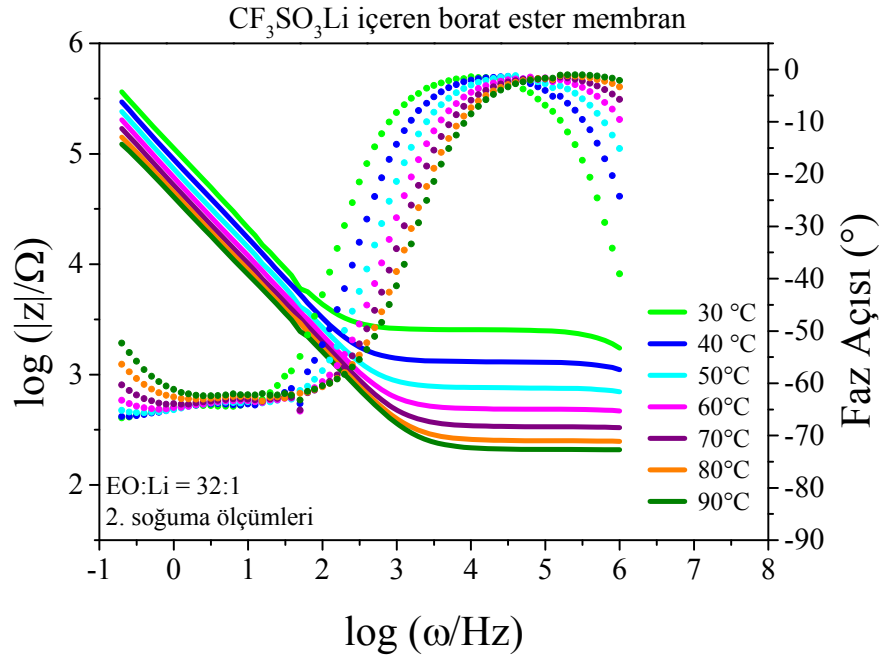
Ek 58. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



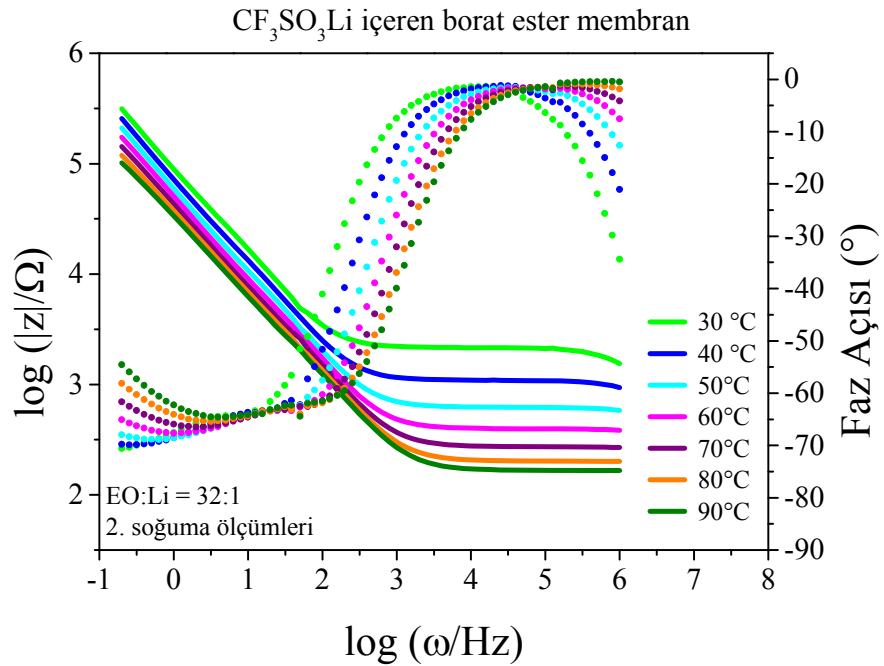
Ek 59. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 1. ısıtma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 60. EO:Li =32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. ısıtma iletkenlik sonuçları.

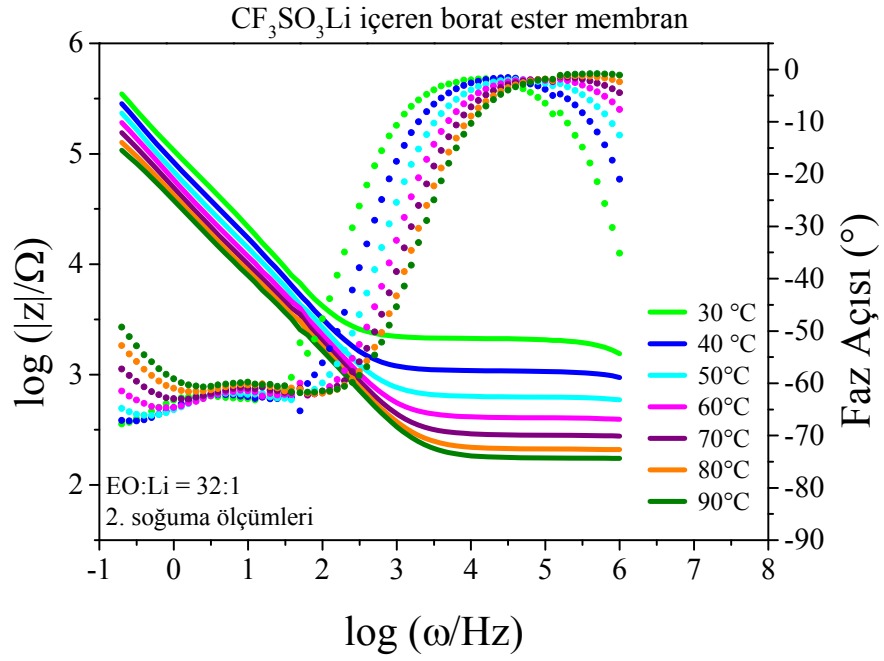
İletkenlik Sonuçları (S/cm)			
Sıcaklık (°C)	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.13E-05	1.21E-05	1.20E-05
40	1.49E-05	1.71E-05	2.45E-05
50	2.85E-05	2.99E-04	3.98E-05
60	6.83E-05	7.97E-05	6.83E-05
70	1.20E-04	1.53E-04	1.36E-04
80	1.81E-04	2.26E-04	2.21E-04
90	2.60E-04	3.23E-04	3.15E-04



Ek 61. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



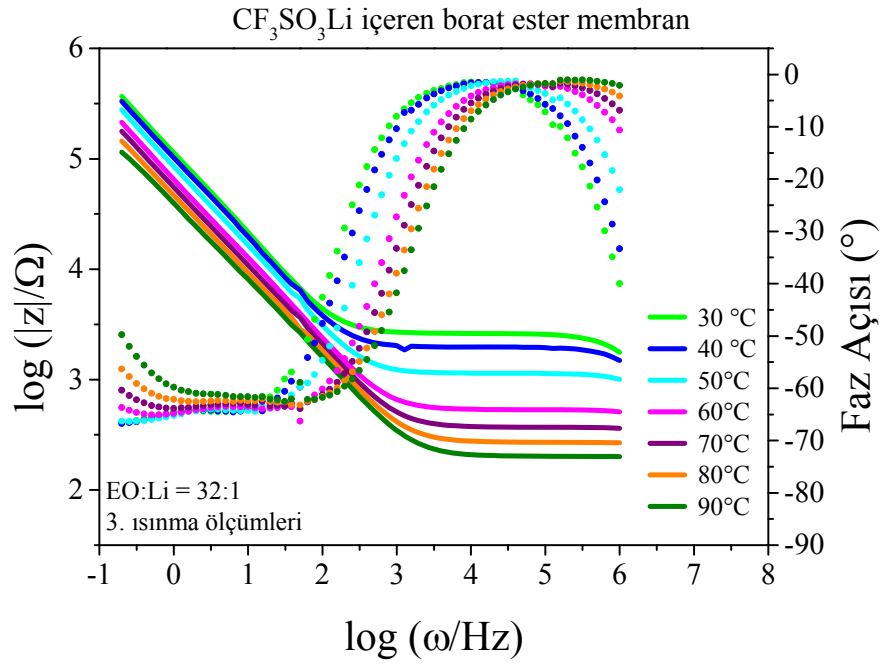
Ek 62. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



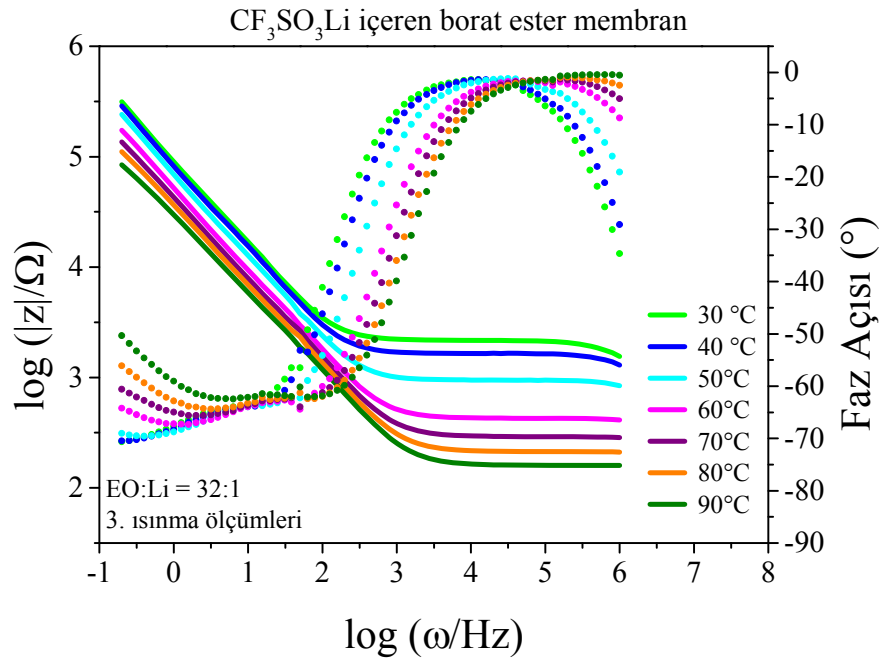
Ek 63. EO:Li=32:1 oranında CF_3SO_3Li içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 64. EO:Li=32:1 oranında CF_3SO_3Li içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

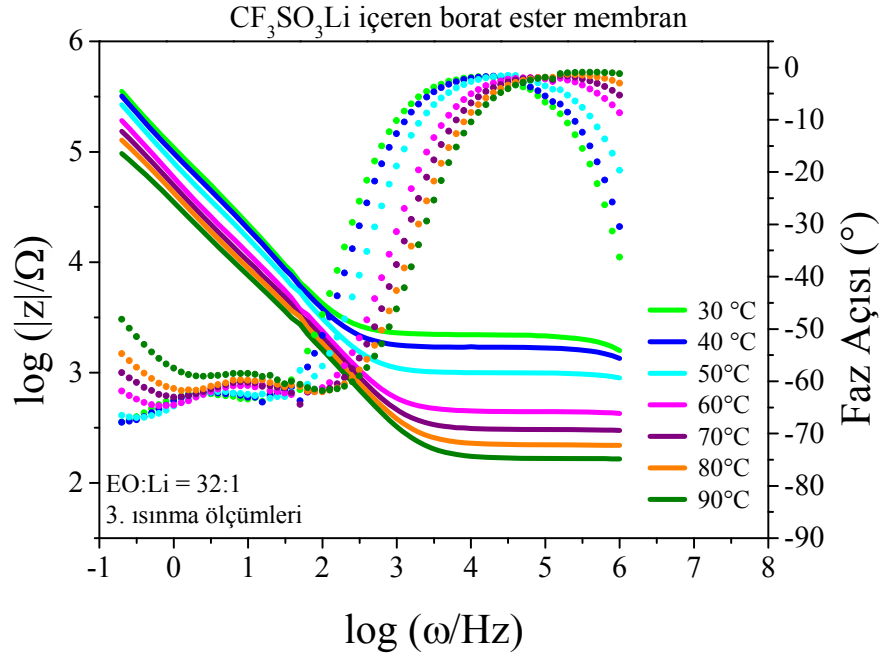
İletkenlik Sonuçları (S/cm)			
Sıcaklık (°C)	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	2.39E-05	2.78E-05	2.83E-05
40	4.60E-05	5.98E-05	5.98E-05
50	7.97E-05	9.64E-05	9.64E-05
60	1.23E-04	1.50E-04	1.48E-04
70	1.78E-04	2.21E-04	2.13E-04
80	2.31E-04	2.99E-04	2.85E-04
90	2.99E-04	3.74E-04	3.41E-04



Ek 65. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



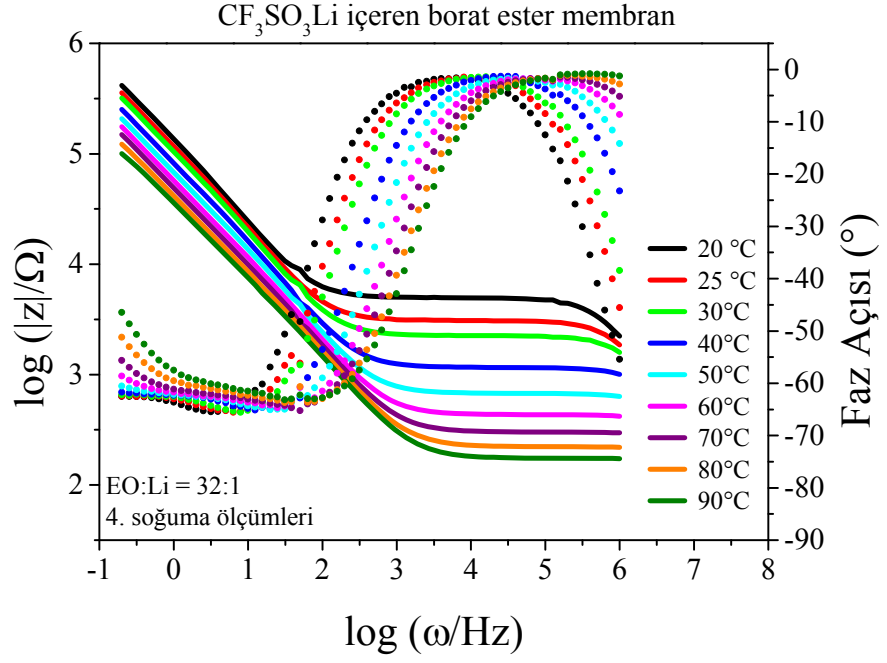
Ek 66. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



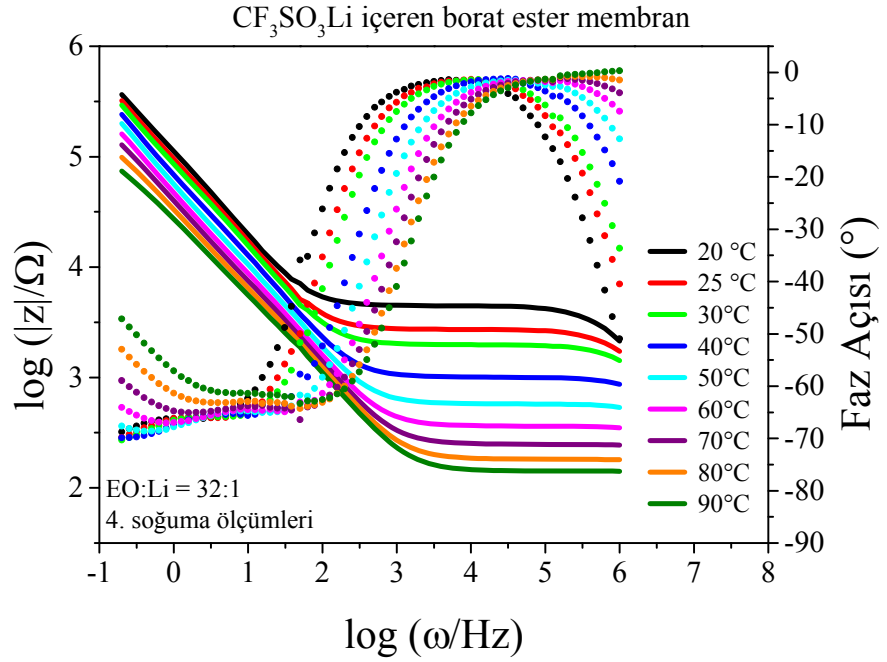
Ek 67. EO:Li=32:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 68. EO:Li=32:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

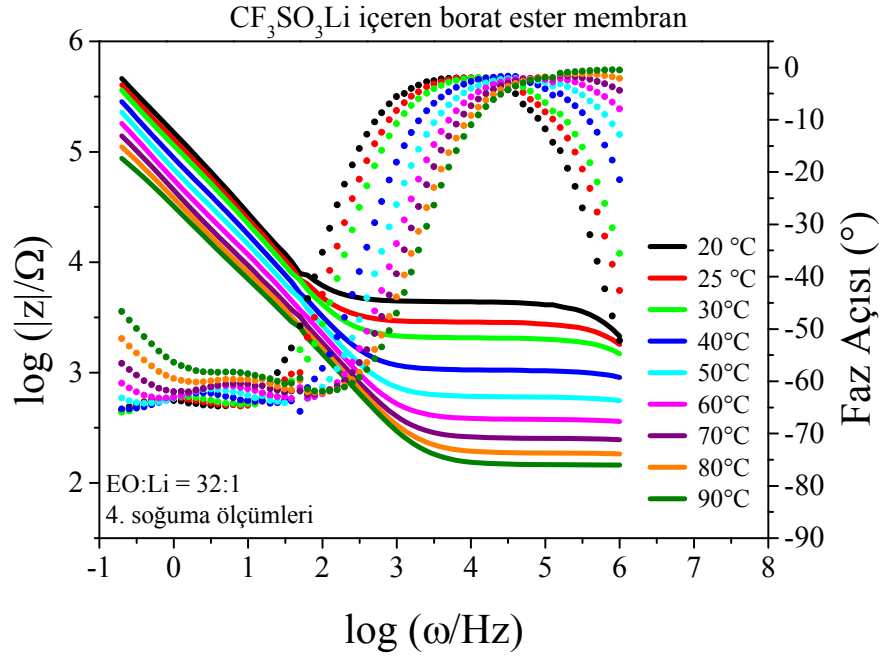
Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	2.30E-05	2.78E-05	2.78E-05
40	3.06E-05	3.74E-05	3.62E-05
50	4.27E-05	6.32E-05	6.07E-05
60	1.13E-04	1.42E-04	1.36E-04
70	1.64E-04	2.13E-04	1.99E-04
80	2.21E-04	2.85E-04	2.72E-04
90	2.99E-04	3.86E-04	3.62E-04



Ek 69. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



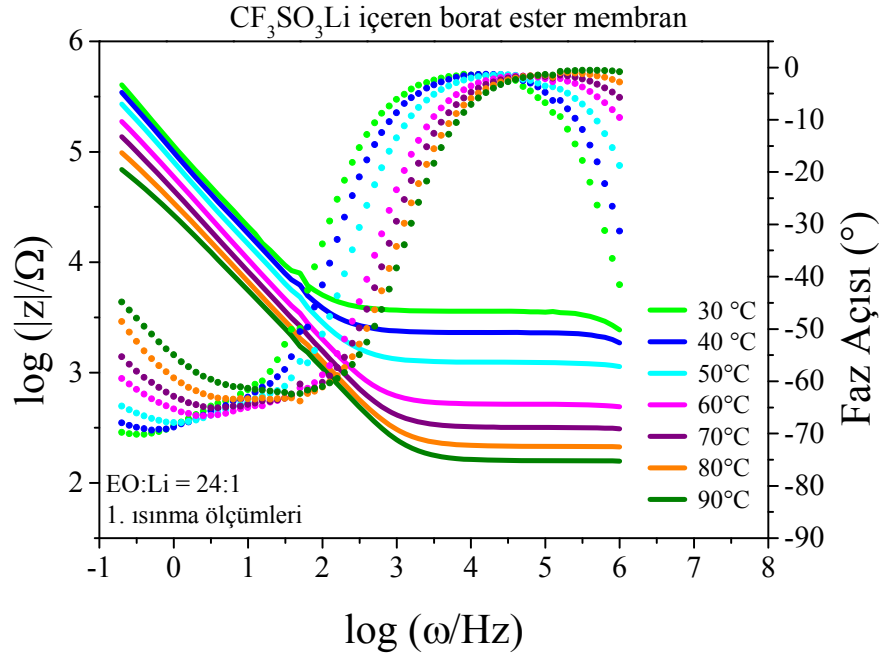
Ek 70. EO:Li=32:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



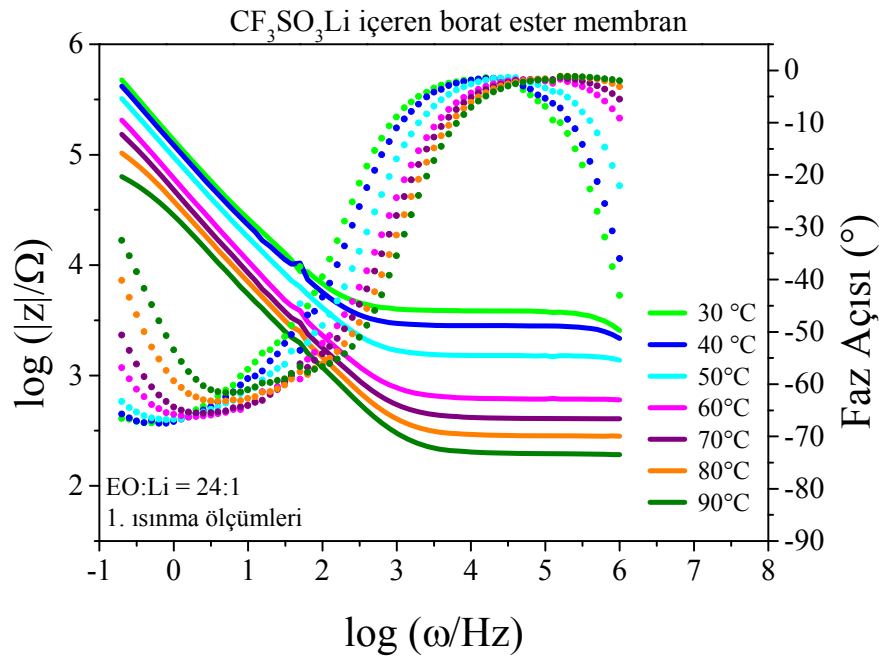
Ek 71. EO:Li=32:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 72. EO:Li=32:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

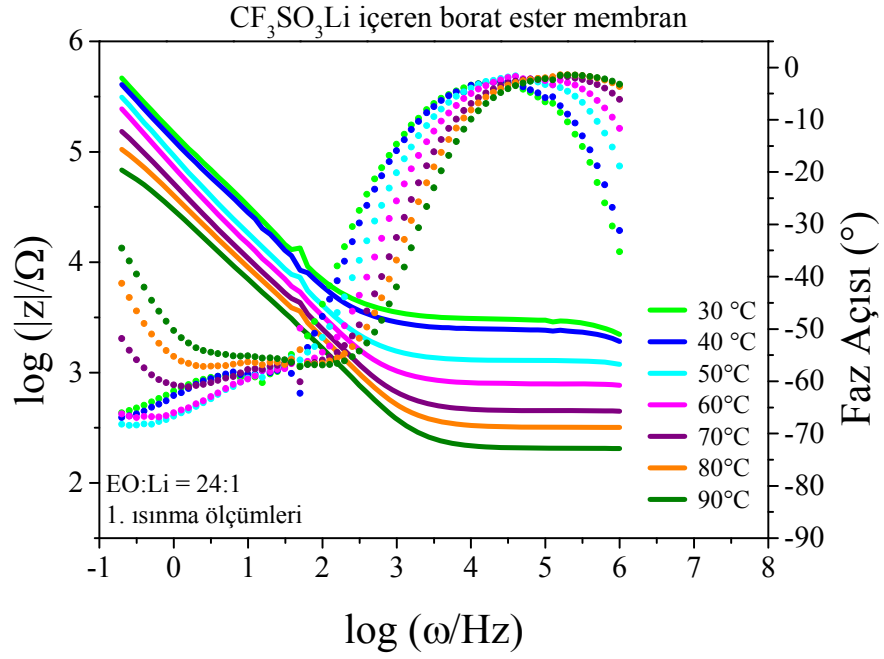
Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	1.21E-05	1.34E-05	1.37E-05
25	1.99E-05	2.66E-05	2.13E-05
30	2.72E-05	3.06E-05	2.99E-05
40	3.74E-05	5.98E-05	5.98E-05
50	8.85E-05	1.04E-04	9.96E-05
60	1.42E-04	1.66E-04	1.59E-04
70	1.99E-04	2.49E-04	2.39E-04
80	2.72E-04	3.23E-04	3.23E-04
90	3.52E-04	4.27E-04	3.98E-04



Ek 73. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



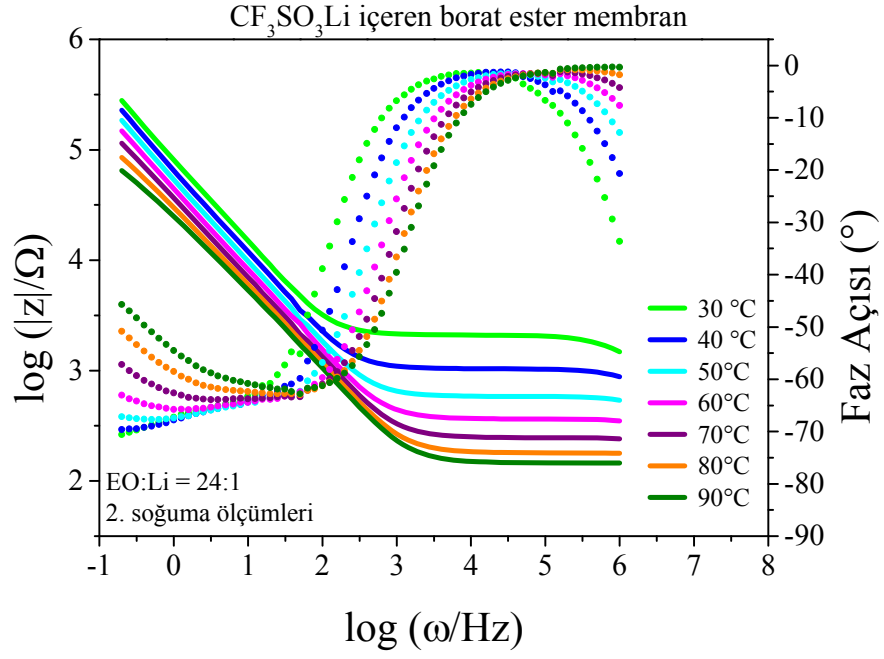
Ek 74. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



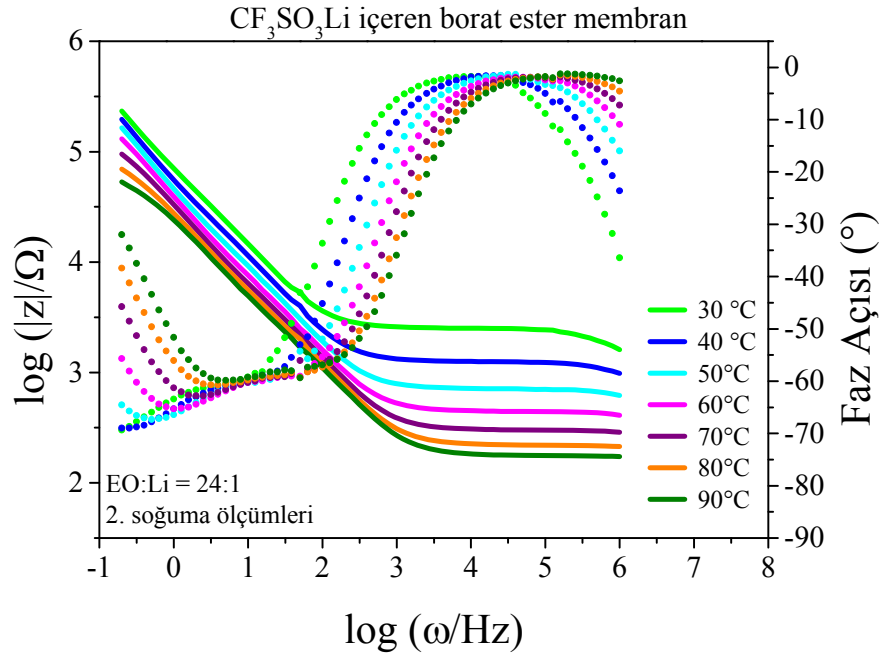
Ek 75. EO:Li=24:1 oranında CF_3SO_3Li içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 76. EO:Li=24:1 oranında CF_3SO_3Li içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.

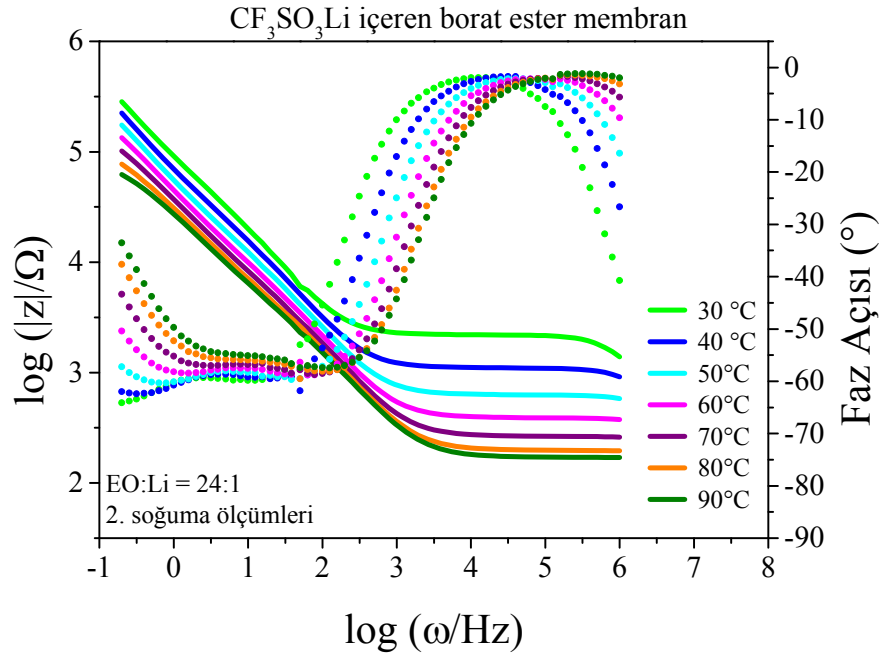
Sıcaklık ($^\circ\text{C}$)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.68E-05	1.58E-05	1.99E-05
40	2.66E-05	2.17E-05	2.56E-05
50	4.88E-05	3.94E-05	4.78E-05
60	1.17E-04	9.72E-05	7.52E-05
70	1.90E-04	1.46E-04	1.33E-04
80	2.78E-04	2.15E-04	1.90E-04
90	3.86E-04	3.06E-04	2.99E-04



Ek 77. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



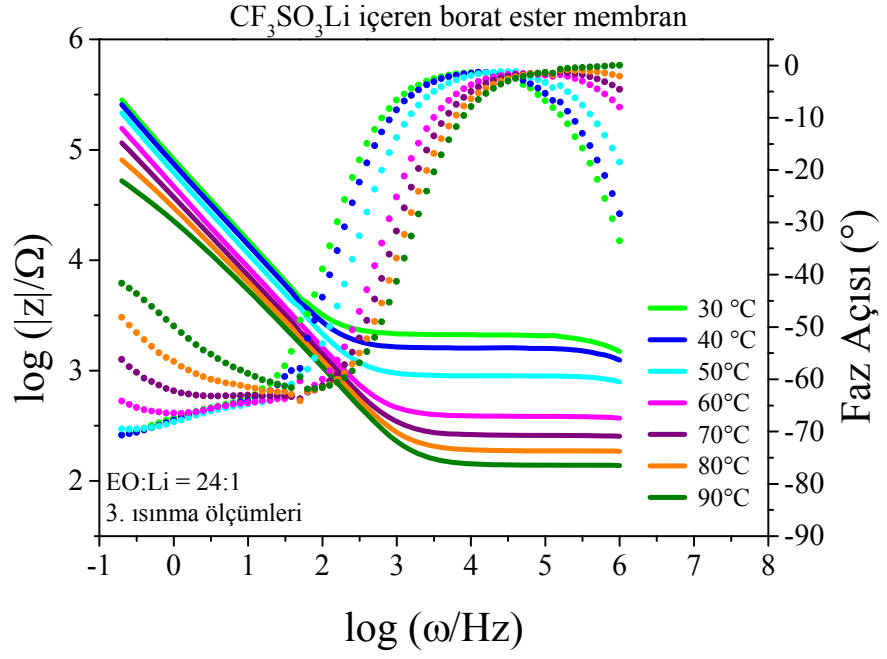
Ek 78. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



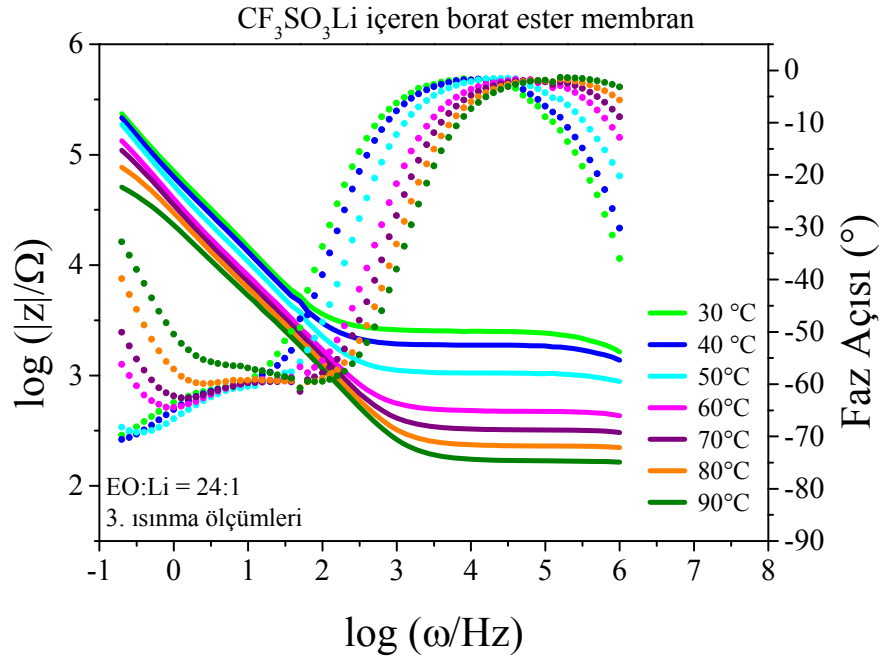
Ek 79. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 80. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

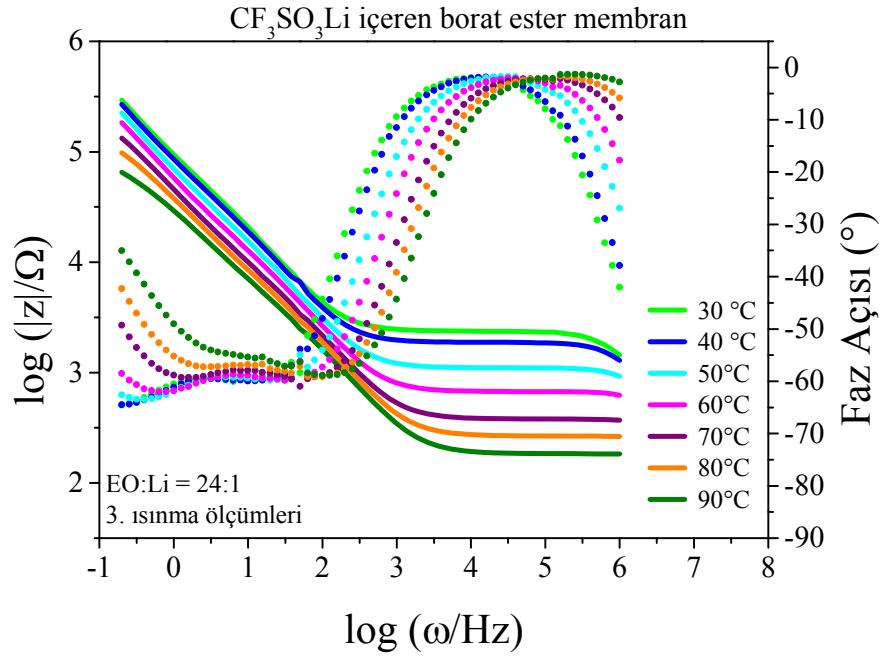
İletkenlik Sonuçları (S/cm)			
Sıcaklık (°C)	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	2.99E-05	2.39E-05	2.72E-05
40	5.98E-05	4.78E-05	5.43E-05
50	1.04E-04	8.42E-05	9.56E-05
60	1.68E-04	1.36E-04	1.55E-04
70	2.44E-04	1.99E-04	2.32E-04
80	3.41E-04	2.78E-04	2.99E-04
90	4.43E-04	3.41E-04	3.47E-04



Ek 81. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



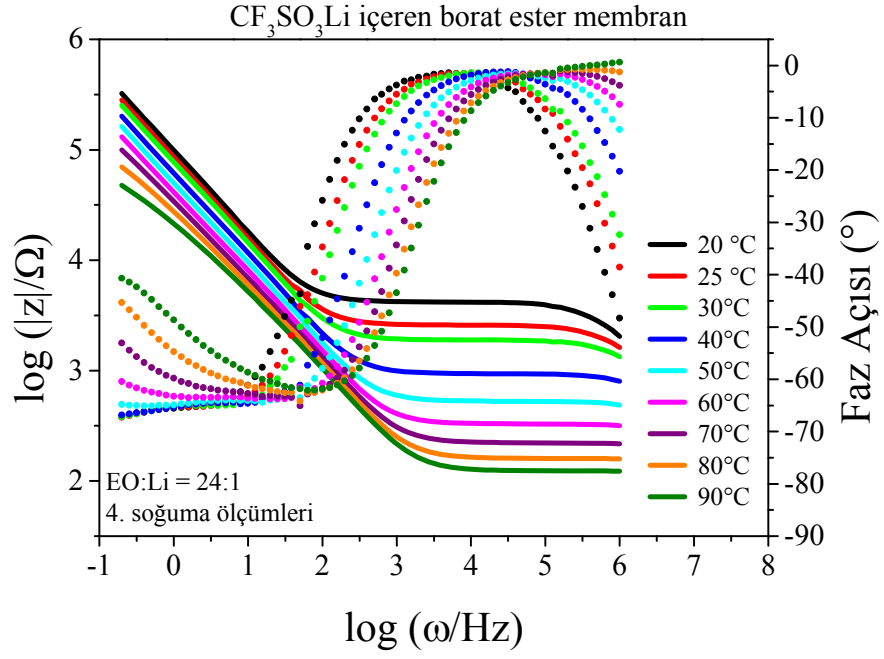
Ek 82. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



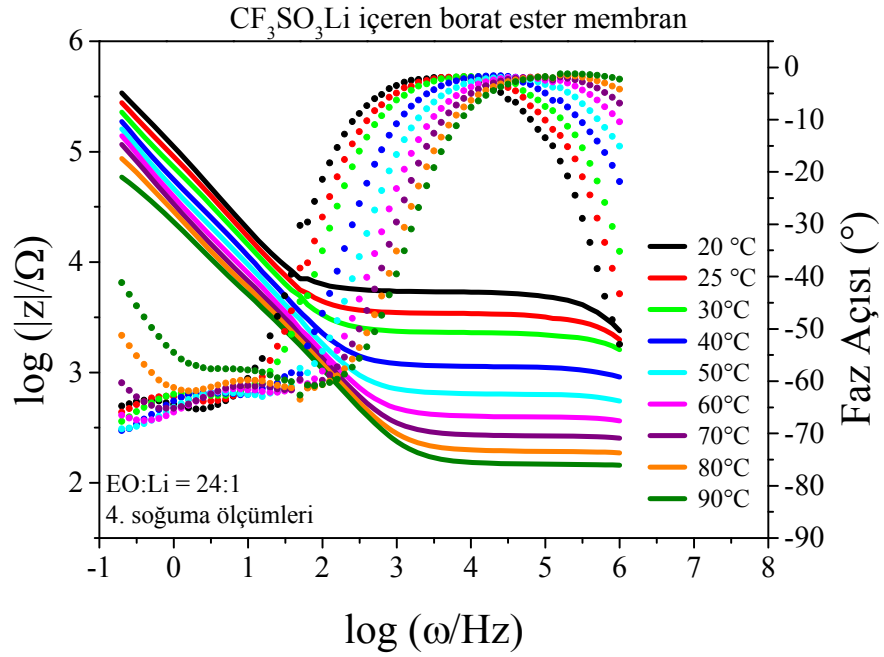
Ek 83. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 84. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

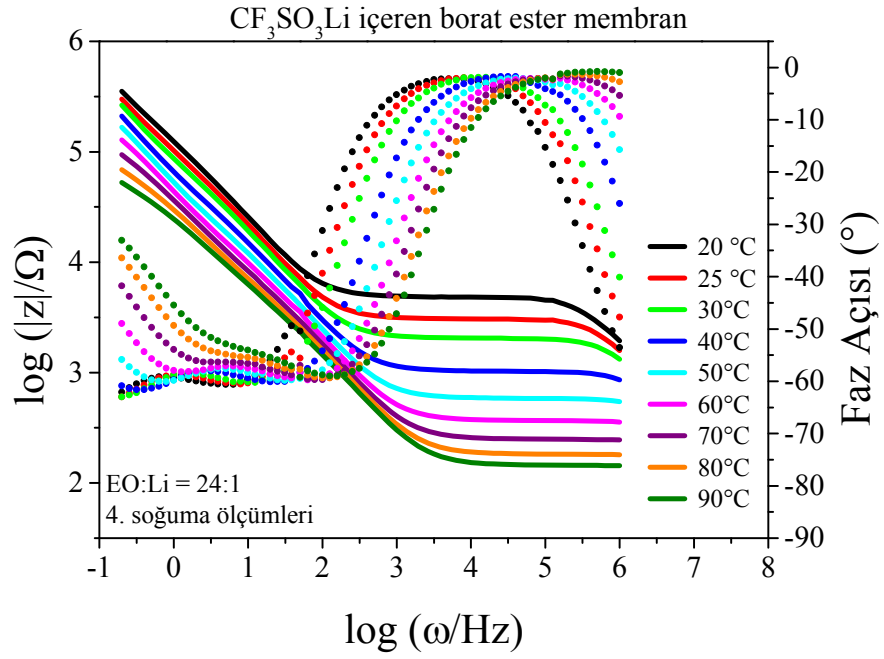
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	2.85E-05	2.39E-05	2.54E-05
40	3.77E-05	3.23E-05	3.23E-05
50	6.68E-05	5.98E-04	5.43E-05
60	1.56E-04	1.29E-04	8.99E-05
70	2.34E-04	1.87E-04	1.59E-04
80	3.23E-04	2.66E-04	2.26E-04
90	4.43E-04	3.62E-04	3.36E-04



Ek 85. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



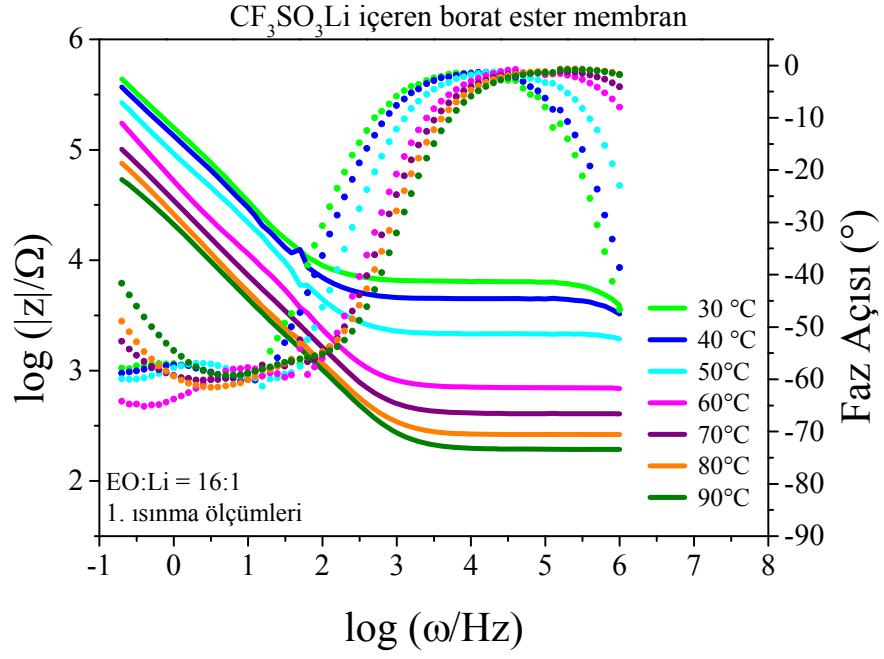
Ek 86. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



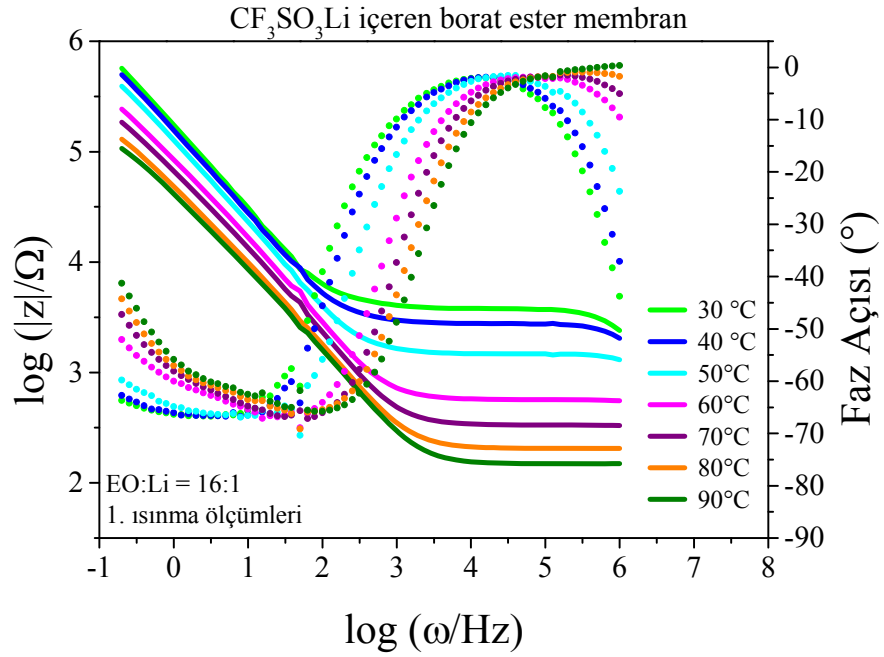
Ek 87. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 88. EO:Li=24:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

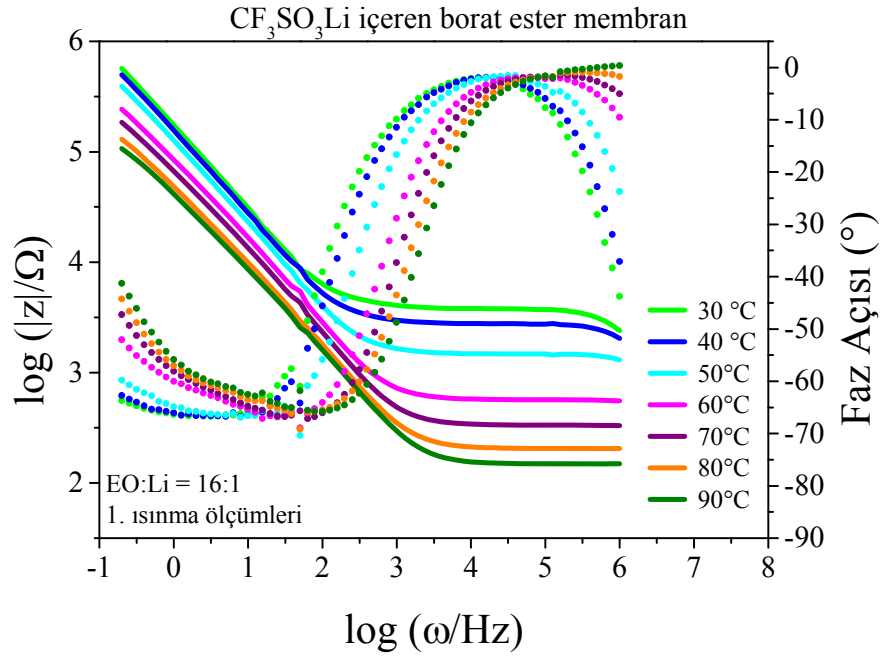
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	1.44E-05	1.12E-05	1.25E-05
25	2.34E-05	1.37E-05	1.99E-05
30	3.23E-05	2.63E-05	2.99E-05
40	6.50E-05	5.31E-05	5.98E-05
50	1.14E-04	9.56E-05	1.04E-04
60	1.81E-04	1.55E-04	1.64E-04
70	2.72E-04	2.26E-04	2.39E-04
80	3.86E-04	3.15E-04	3.32E-04
90	4.78E-04	4.15E-04	4.27E-04



Ek 89. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



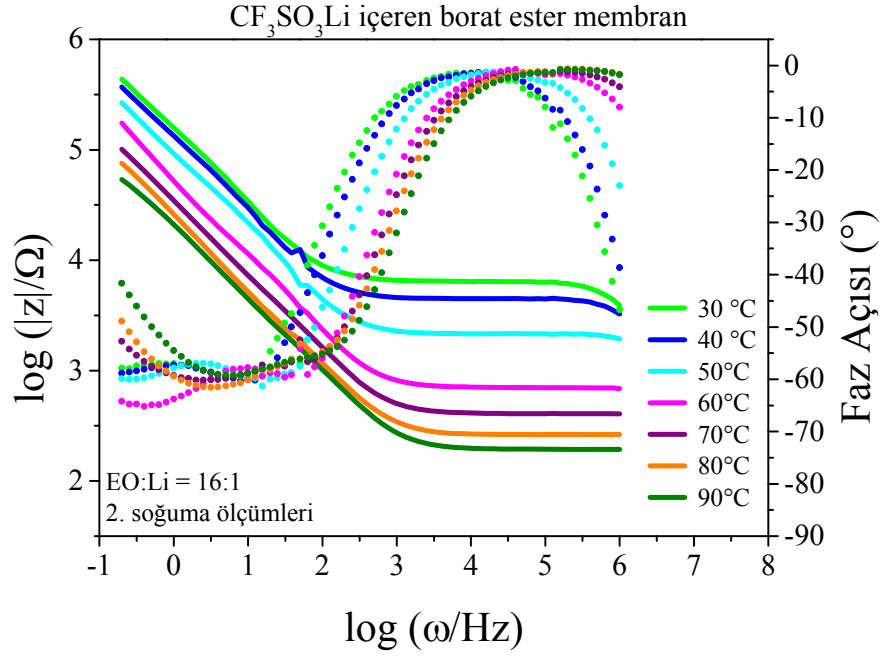
Ek 90. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



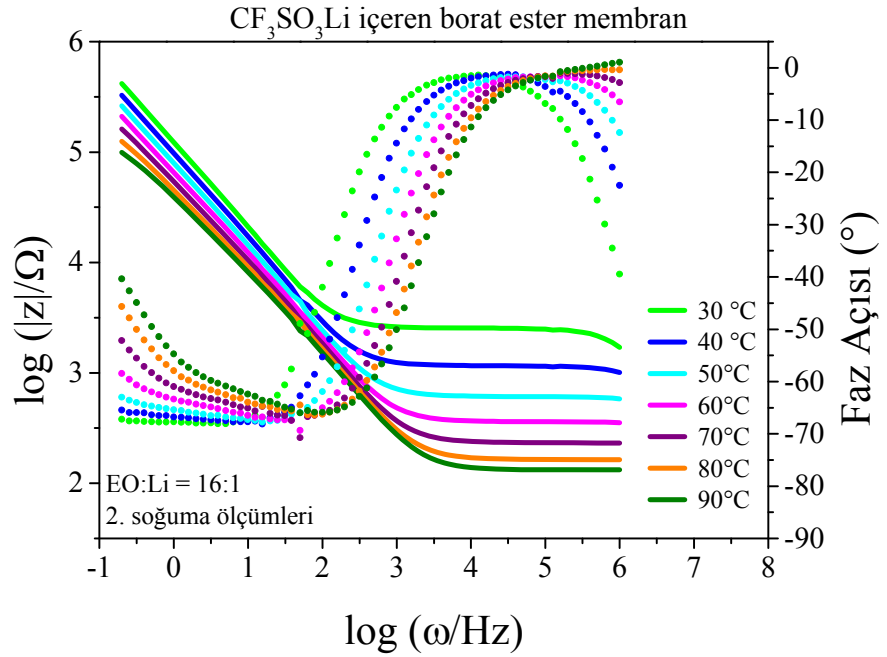
Ek 91. EO:Li=16:1 oranında CF_3SO_3Li içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 92. EO:Li =16:1 oranında CF_3SO_3Li içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.

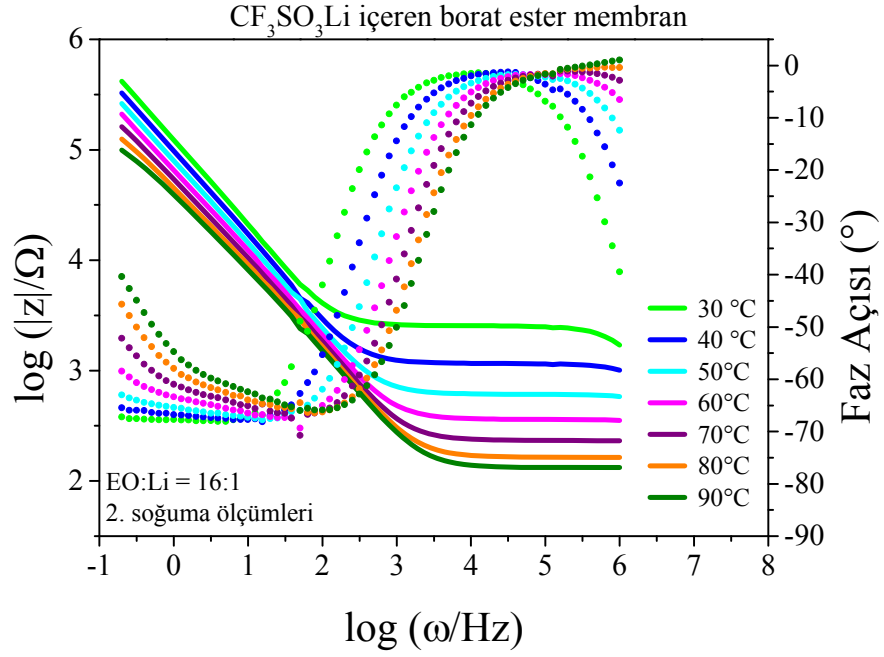
İletkenlik Sonuçları (S/cm)			
Sıcaklık (°C)	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	9.56E-06	1.59E-05	9.80E-06
40	1.34E-05	2.17E-05	1.55E-05
50	2.78E-05	4.11E-05	3.06E-05
60	8.54E-05	1.05E-04	7.61E-05
70	1.49E-04	1.81E-04	1.33E-04
80	2.30E-04	2.99E-04	2.13E-04
90	3.32E-04	3.98E-04	3.32E-04



Ek 93. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



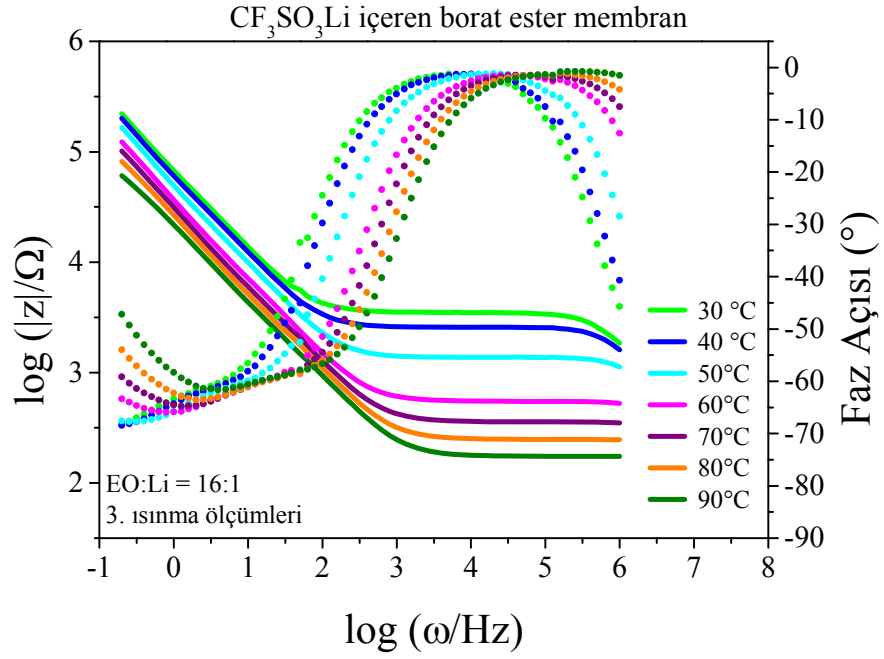
Ek 94. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



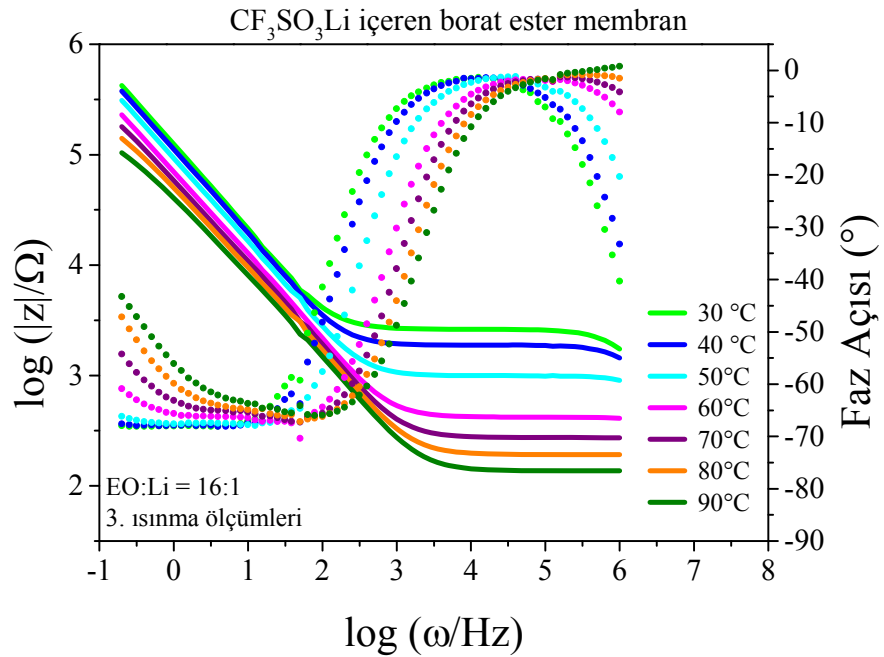
Ek 95. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 96. EO:Li =16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

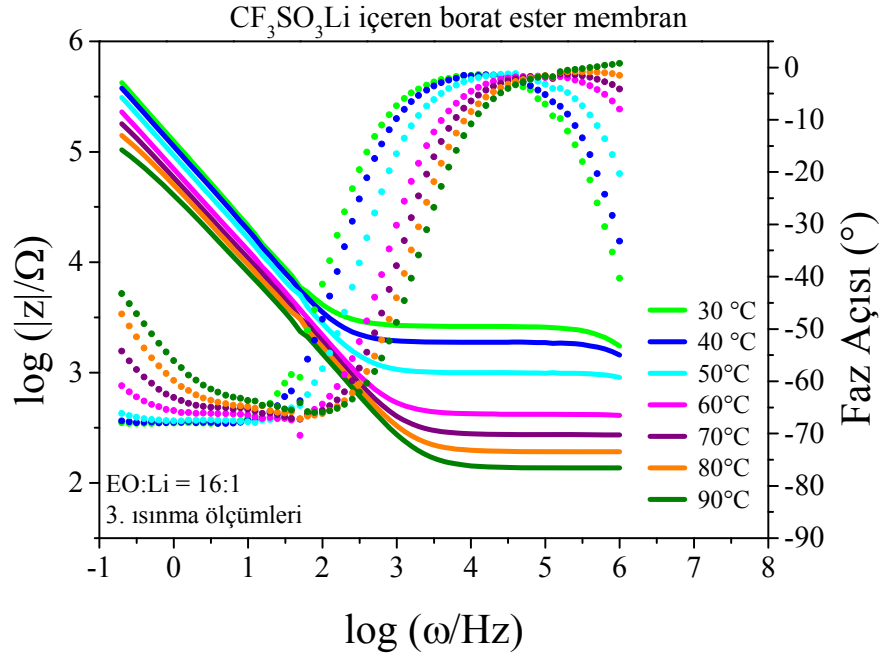
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.62E-05	2.40E-05	2.16E-05
40	4.04E-05	5.20E-05	4.56E-05
50	7.47E-05	9.88E-05	8.54E-05
60	1.29E-04	1.68E-04	1.44E-04
70	1.99E-04	2.66E-04	2.21E-04
80	2.99E-04	3.78E-04	3.16E-04
90	3.62E-04	4.63E-04	3.78E-04



Ek 97. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



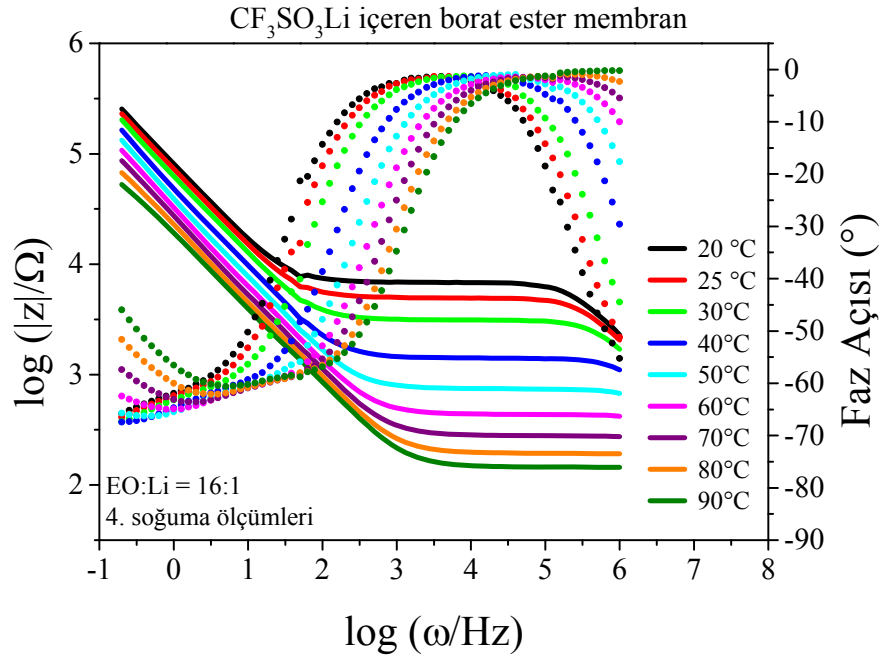
Ek 98. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



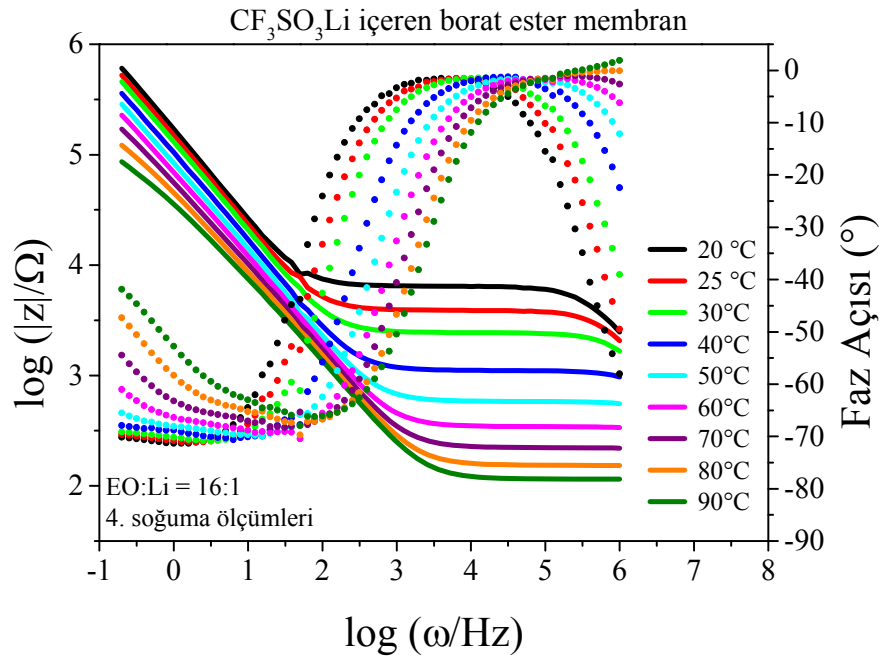
Ek 99. EO:Li=16:1 oranında CF_3SO_3Li içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 100. EO:Li =16:1 oranında CF_3SO_3Li içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

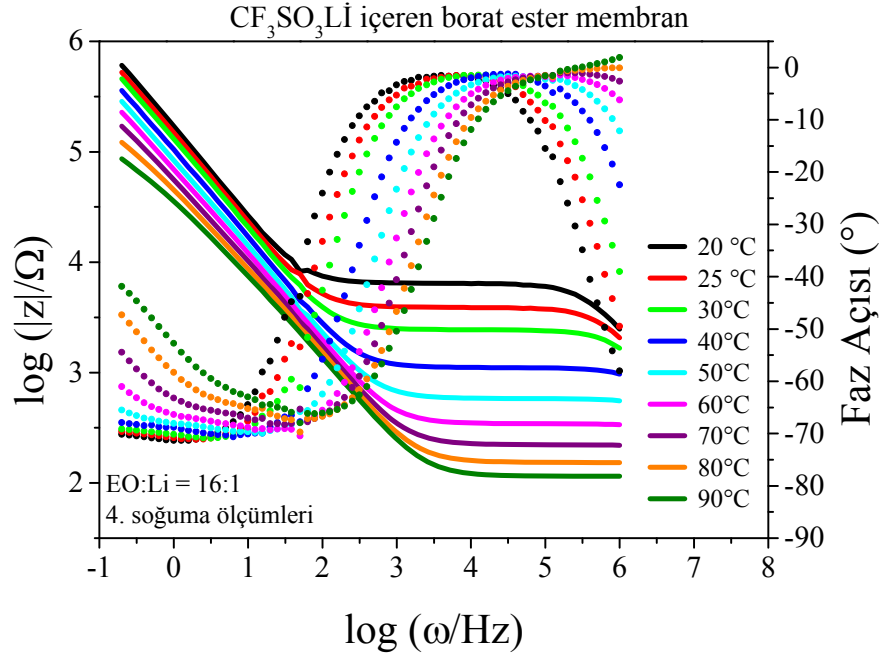
Sıcaklık ($^\circ C$)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.71E-05	2.30E-05	2.01E-05
40	2.37E-05	3.23E-05	2.72E-05
50	4.41E-05	6.04E-05	5.20E-05
60	1.09E-04	1.43E-04	1.22E-04
70	1.72E-04	2.20E-04	1.90E-04
80	2.42E-04	3.18E-04	2.72E-04
90	3.47E-04	4.43E-04	3.76E-04



Ek 101. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



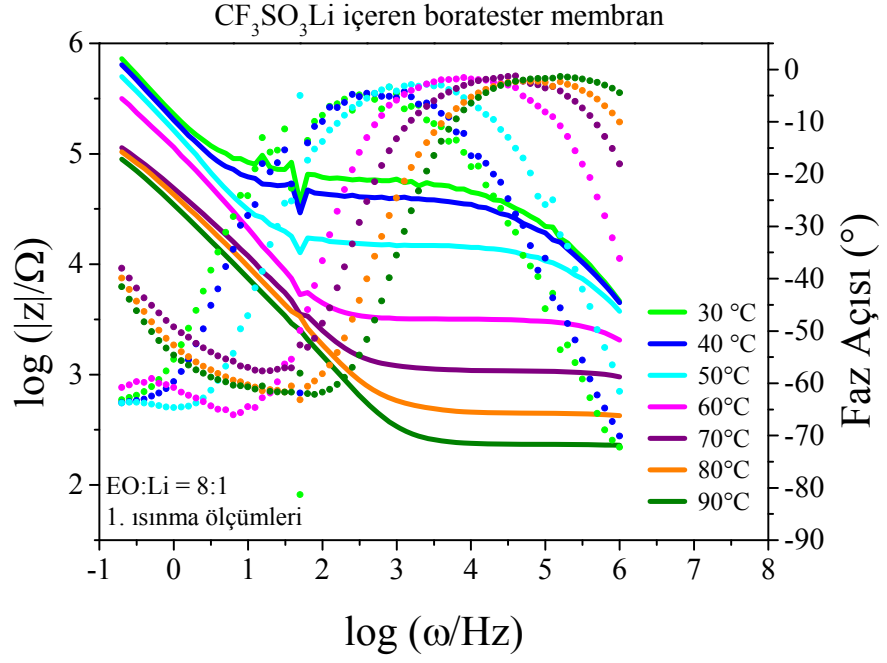
Ek 102. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



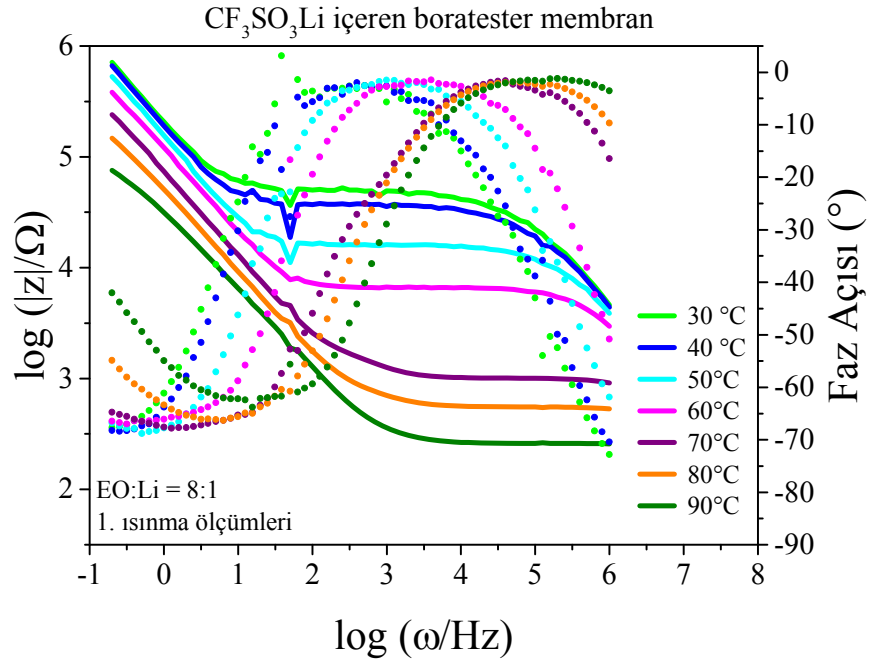
Ek 103. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 104. EO:Li=16:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	8.80E-06	1.42E-05	7.42E-06
25	1.20E-05	1.55E-05	1.27E-05
30	1.99E-05	2.47E-05	1.99E-05
40	4.27E-05	5.43E-05	4.43E-05
50	8.03E-05	1.03E-04	8.42E-05
60	1.42E-04	1.75E-04	1.42E-04
70	2.21E-04	2.72E-04	2.23E-04
80	3.11E-04	3.96E-04	3.28E-04
90	4.21E-04	5.29E-04	4.36E-04



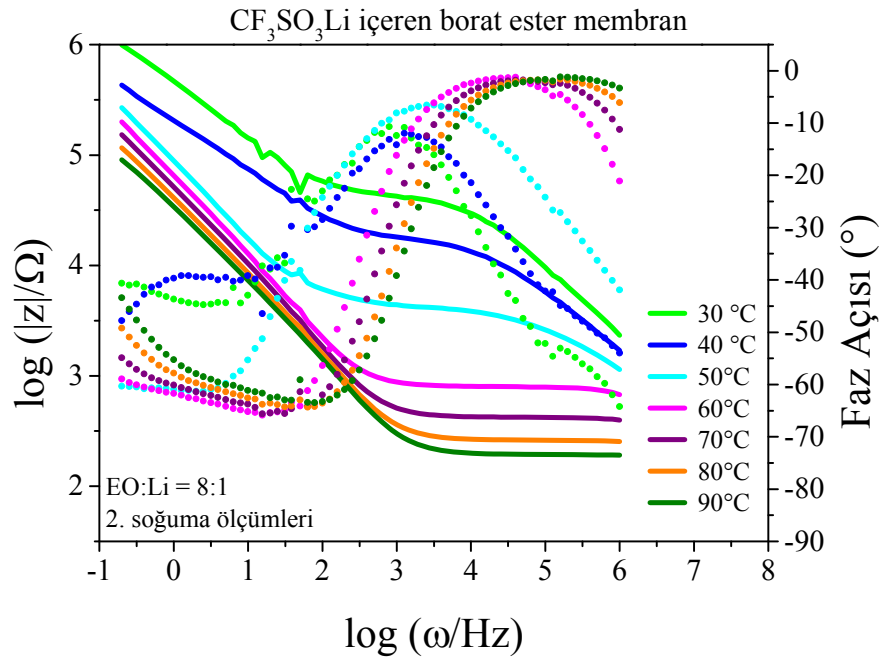
Ek 105. EO:Li=8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



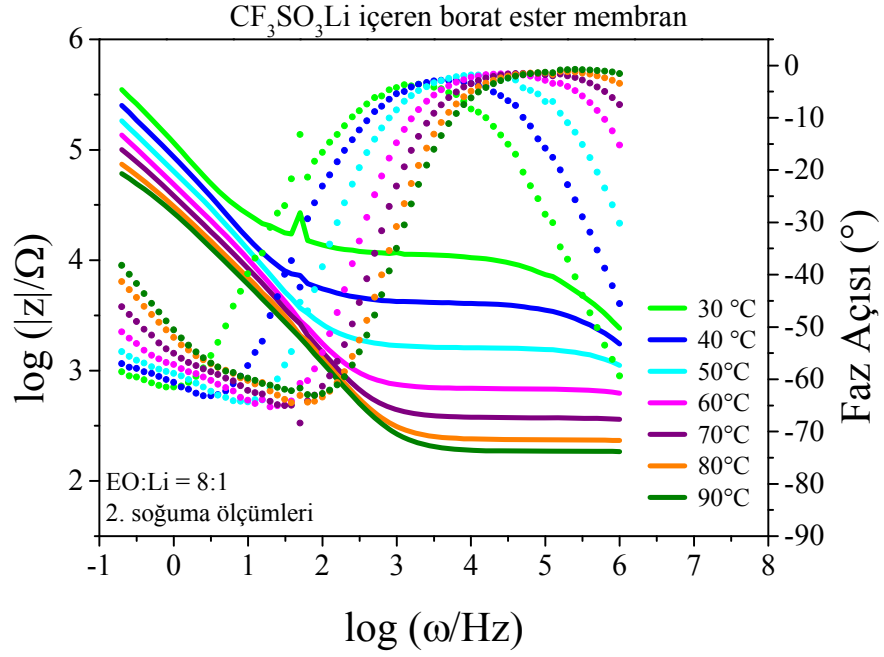
Ek 106. EO:Li=8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 107. EO:Li =8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.

İletkenlik Sonuçları (S/cm)			
Sıcaklık (°C)	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.14E-06	1.92E-06	-
40	1.66E-06	2.12E-06	-
50	4.33E-06	3.74E-06	-
60	1.90E-05	9.19E-06	-
70	5.98E-05	5.98E-05	-
80	1.35E-04	1.08E-04	-
90	2.56E-04	2.32E-04	-



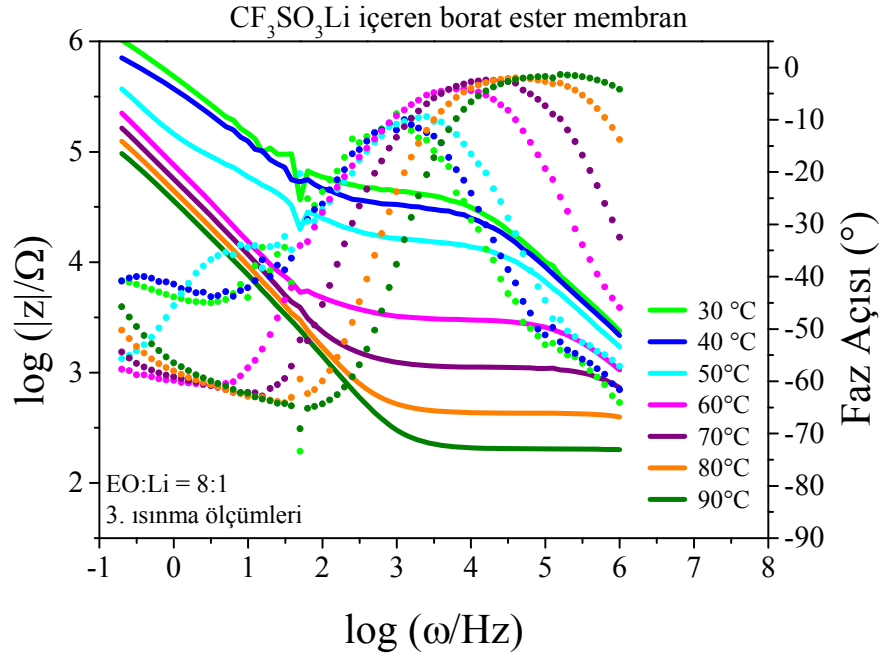
Ek 108. EO:Li=8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



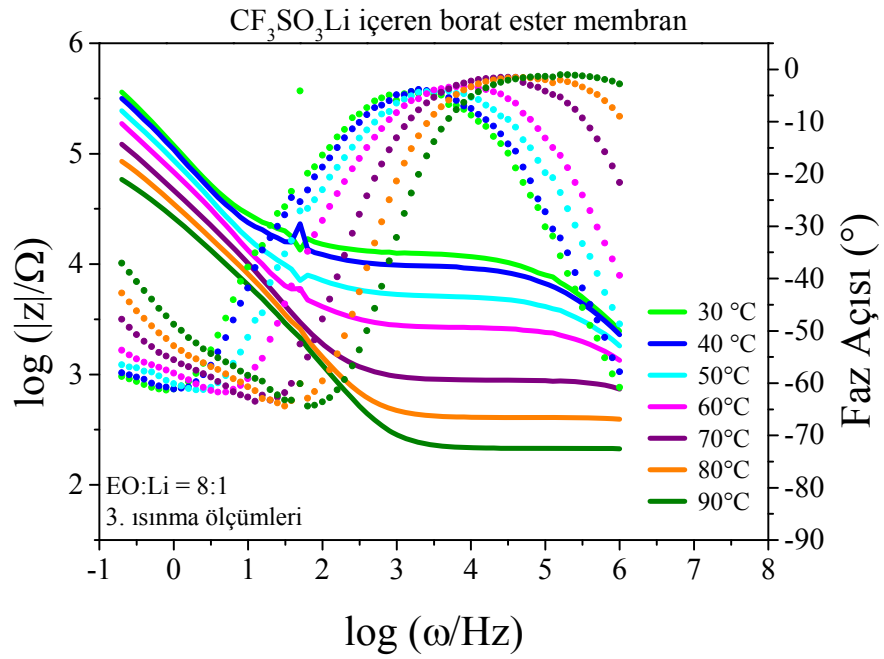
Ek 109. EO:Li=8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 110. EO:Li=8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.64E-06	5.31E-06	-
40	4.75E-06	1.49E-05	-
50	1.48E-05	3.74E-05	-
60	7.47E-05	8.81E-05	-
70	1.43E-04	1.61E-04	-
80	2.31E-04	2.61E-04	-
90	3.23E-04	3.34E-04	-



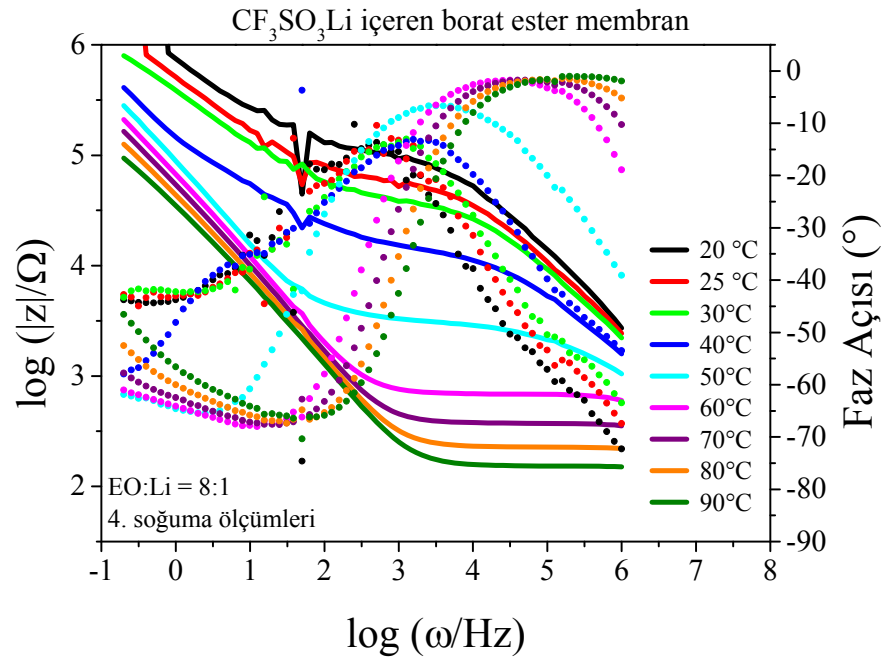
Ek 111. EO:Li=8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



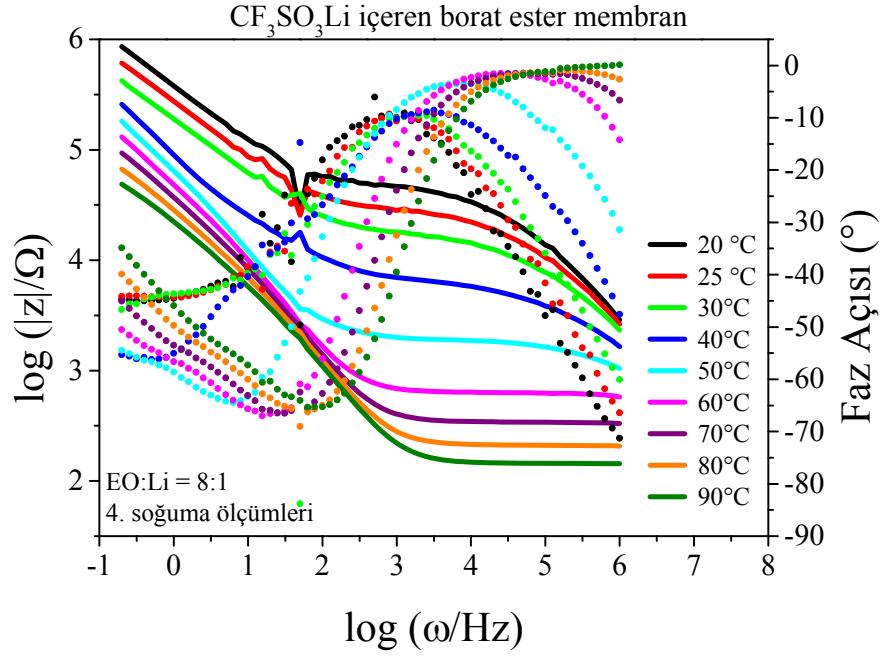
Ek 112. EO:Li=8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 113. EO:Li =8:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

İletkenlik Sonuçları (S/cm)			
Sıcaklık (°C)	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.49E-06	5.17E-06	-
40	1.99E-06	6.25E-06	-
50	4.04E-06	1.20E-05	-
60	1.99E-05	2.33E-05	-
70	5.43E-05	6.73E-05	-
80	1.41E-04	1.49E-04	-
90	2.99E-04	2.85E-04	-



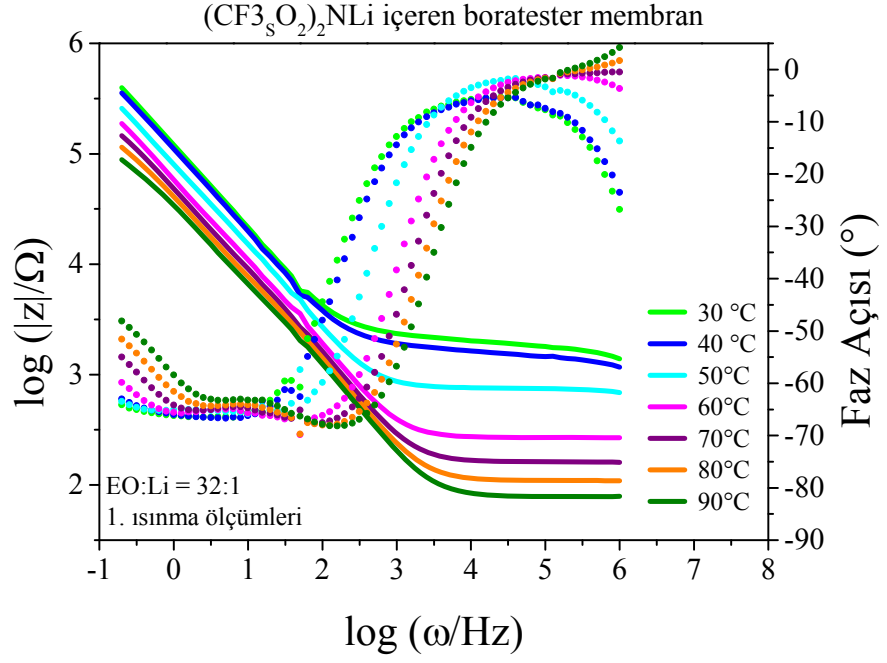
Ek 114. EO:Li=8:1 oranında $\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$ içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



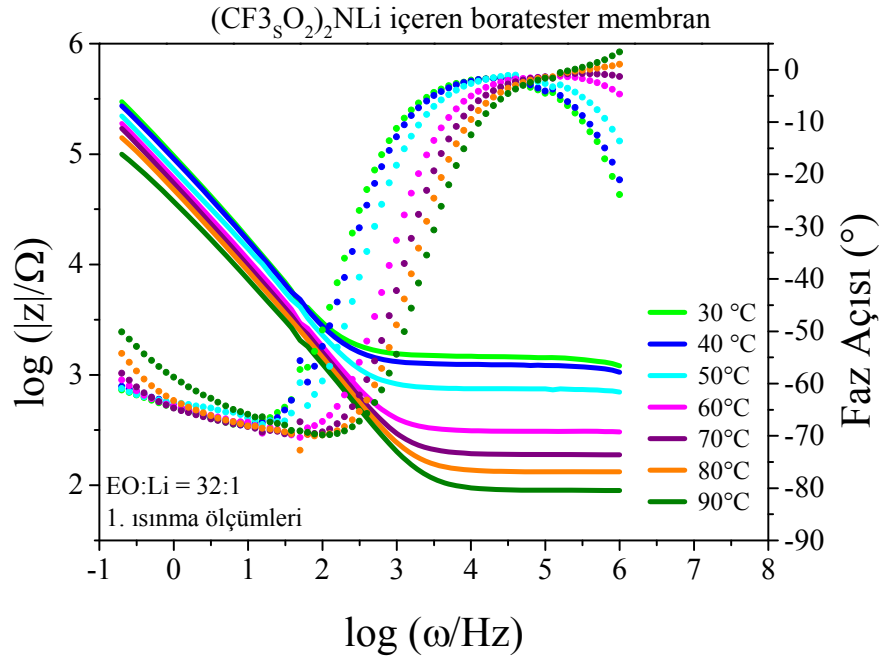
Ek 115. EO:Li=8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 116. EO:Li =8:1 oranında CF₃SO₃Li içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

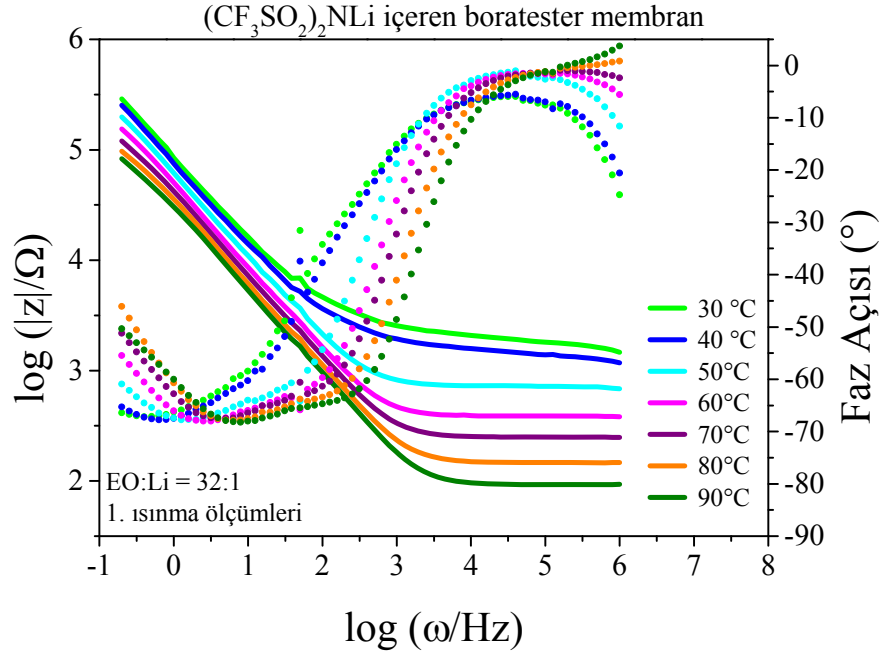
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	6.64E-07	1.71E-06	-
25	1.57E-06	2.72E-06	-
30	2.03E-06	3.74E-06	-
40	4.27E-06	1.04E-05	-
50	1.99E-05	3.23E-05	-
60	8.72E-05	9.56E-05	-
70	1.62E-04	1.76E-04	-
80	2.63E-04	2.85E-04	-
90	3.88E-04	4.21E-04	-



Ek 117. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



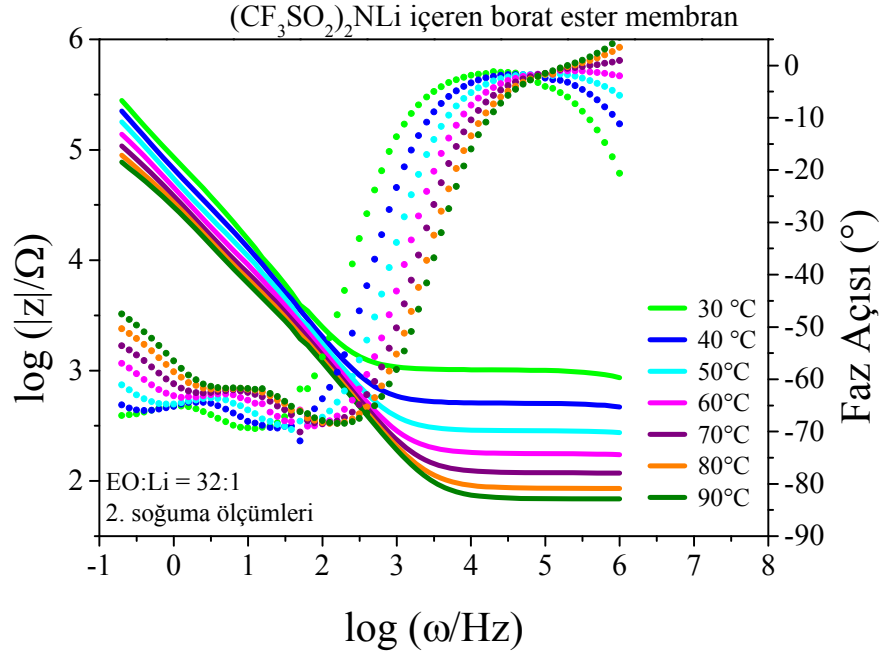
Ek 118. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları



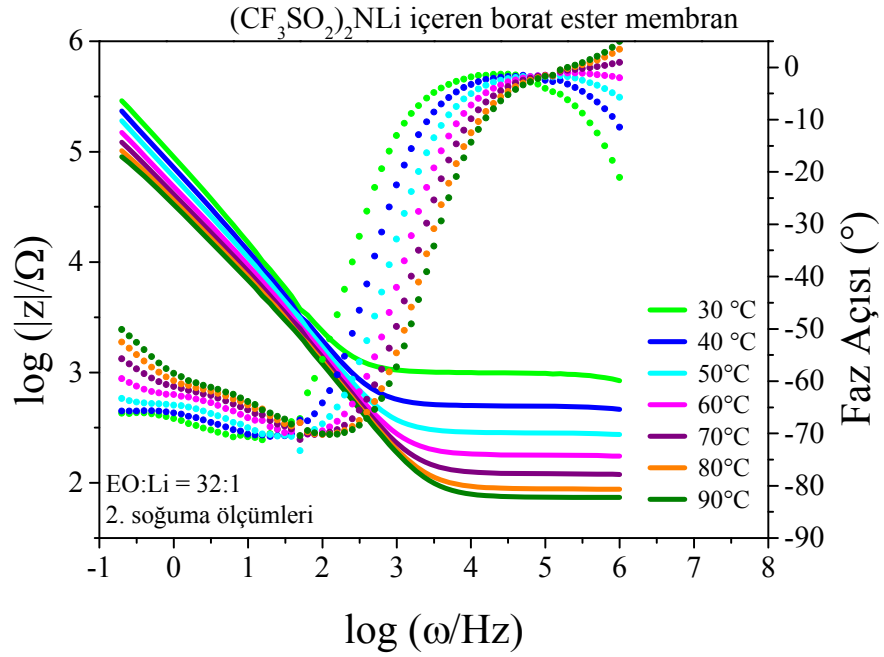
Ek 119. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 120. EO:Li =32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.

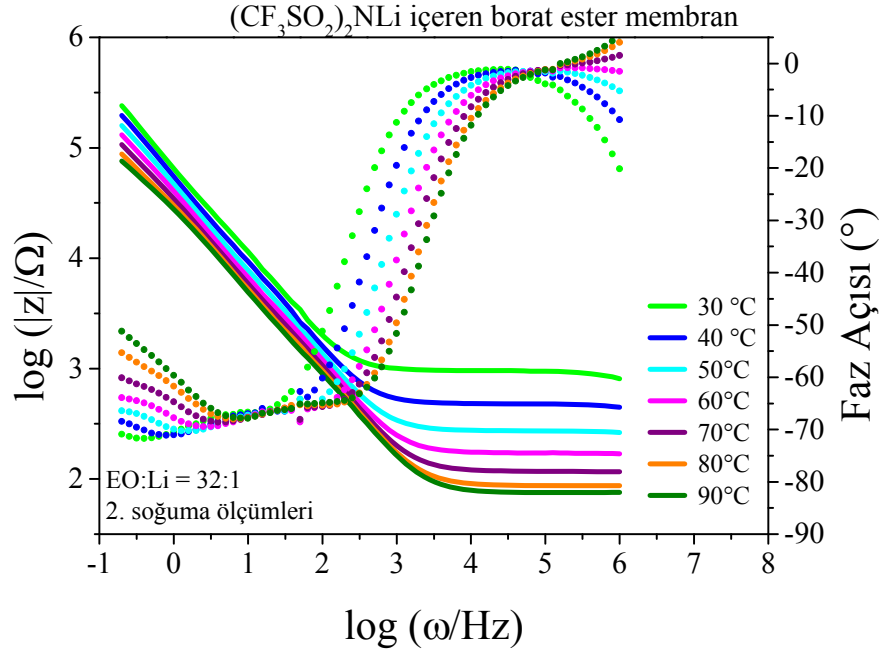
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	2.99E-05	4.38E-05	2.99E-05
40	3.86E-05	5.20E-05	3.86E-05
50	8.08E-05	8.13E-05	8.24E-05
60	2.26E-04	1.99E-04	1.55E-04
70	3.74E-04	3.15E-04	2.39E-04
80	5.98E-04	4.60E-04	4.12E-04
90	7.86E-04	6.64E-04	6.57E-04



Ek 121. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



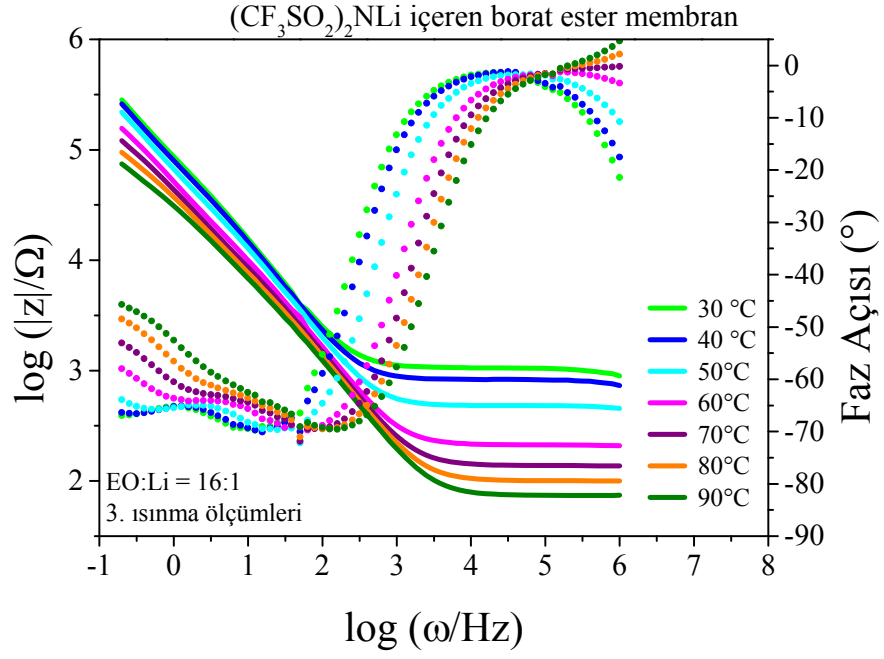
Ek 122. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



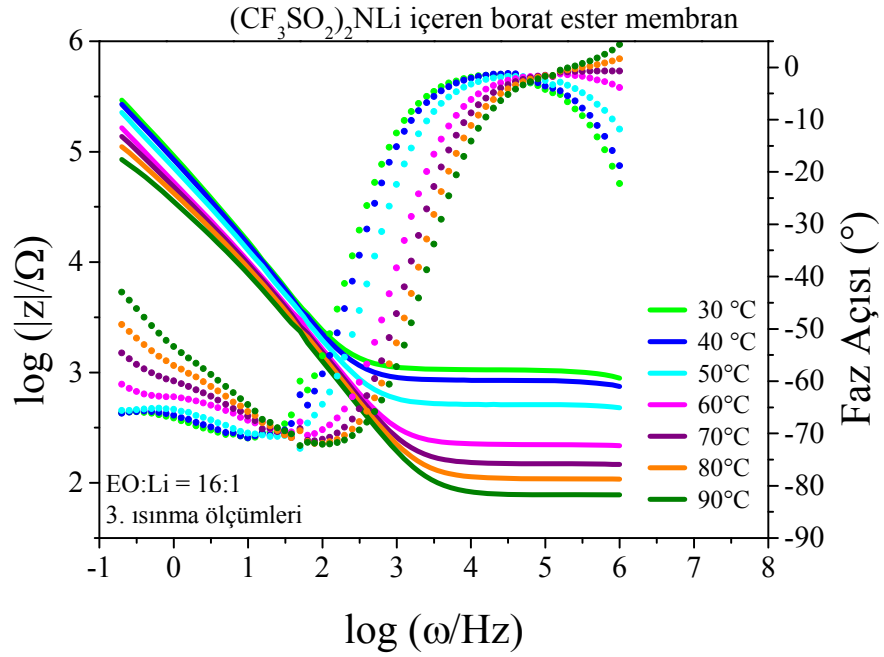
Ek 123. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 124. EO:Li =32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

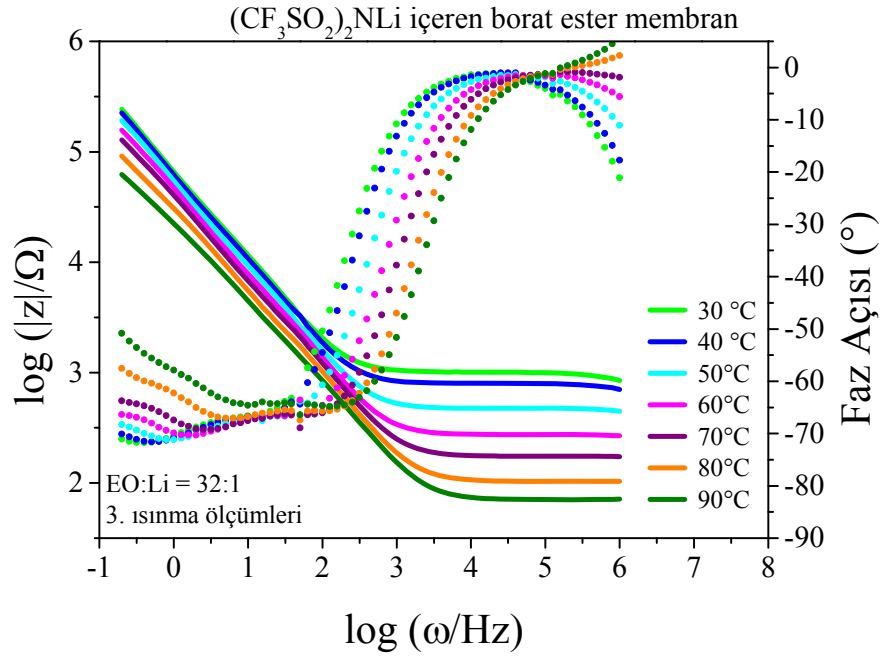
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	5.98E-05	6.04E-05	6.29E-05
40	1.20E-04	1.23E-04	1.26E-04
50	2.13E-04	2.15E-04	2.21E-04
60	3.41E-04	3.41E-04	3.62E-04
70	4.98E-04	4.98E-04	5.20E-04
80	6.95E-04	6.87E-04	7.03E-04
90	8.54E-04	8.30E-04	8.30E-04



Ek 125. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



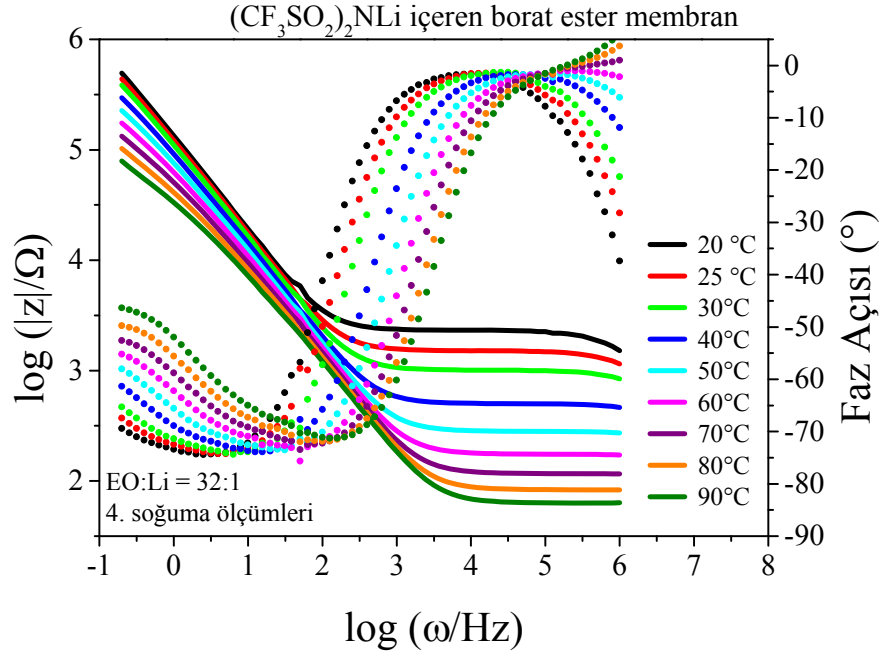
Ek 126. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



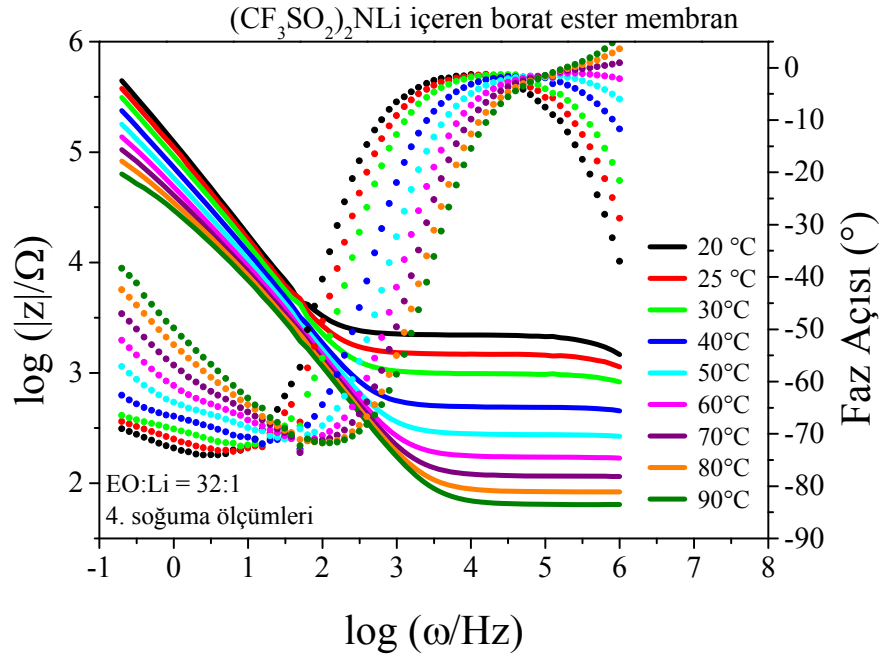
Ek 127. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 128. EO:Li =32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

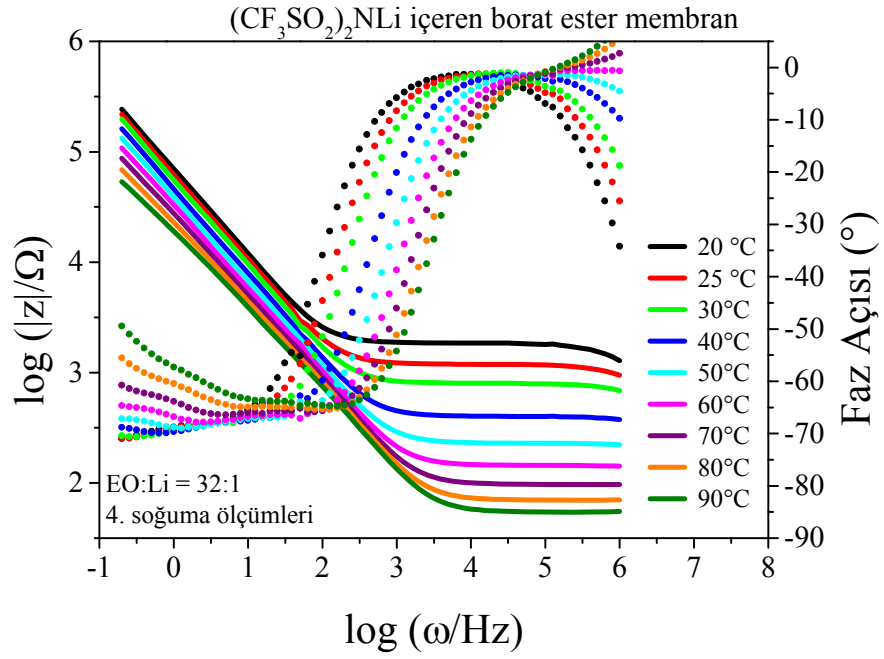
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	5.98E-05	5.98E-05	5.98E-05
40	7.24E-05	7.20E-05	7.47E-05
50	1.25E-04	1.17E-04	1.26E-04
60	2.85E-04	2.72E-04	7.77E-05
70	4.33E-04	4.04E-04	3.45E-04
80	6.04E-04	5.53E-04	5.98E-04
90	8.19E-04	7.76E-04	8.54E-04



Ek 129. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



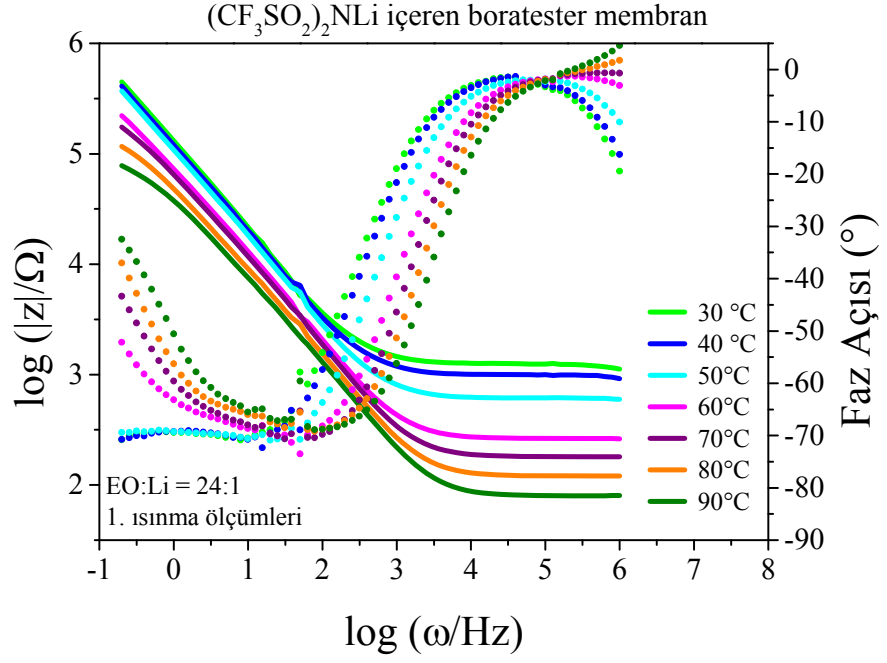
Ek 130. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



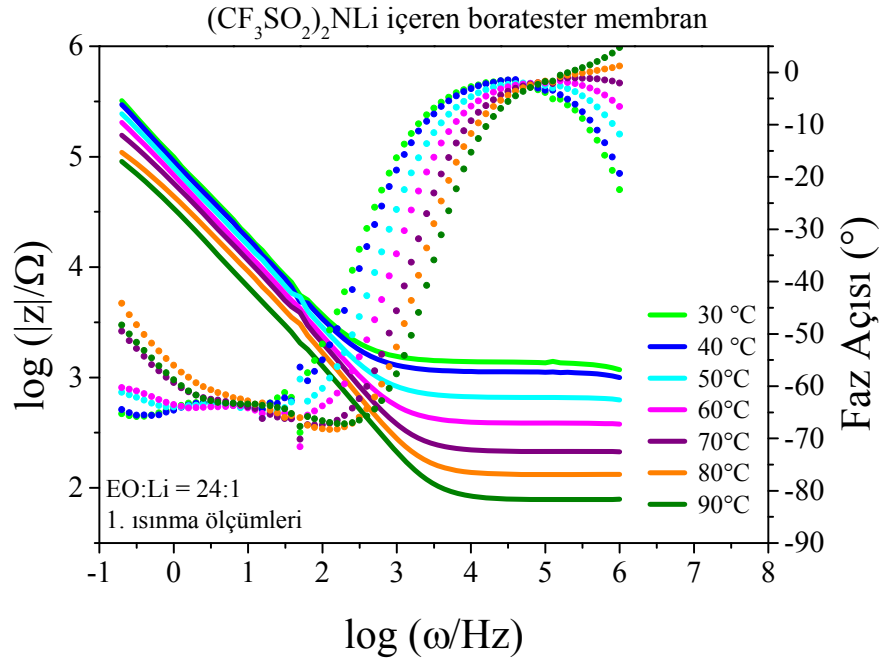
Ek 131. EO:Li=32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 132. EO:Li =32:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

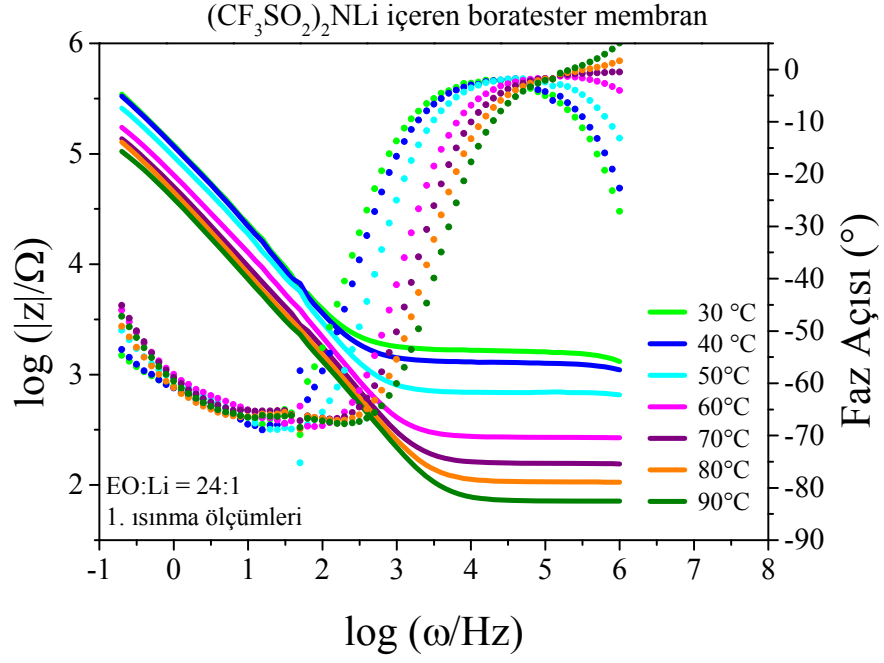
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	2.58E-05	2.72E-05	3.26E-05
25	3.98E-05	4.20E-05	5.34E-06
30	5.98E-05	6.10E-05	7.57E-05
40	1.20E-04	1.27E-04	1.49E-04
50	2.13E-04	2.22E-04	2.74E-04
60	3.41E-04	3.62E-04	4.24E-04
70	5.34E-04	5.69E-04	6.29E-04
80	7.29E-04	7.20E-04	8.66E-04
90	9.49E-04	9.49E-04	1.15E-03



Ek 133. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



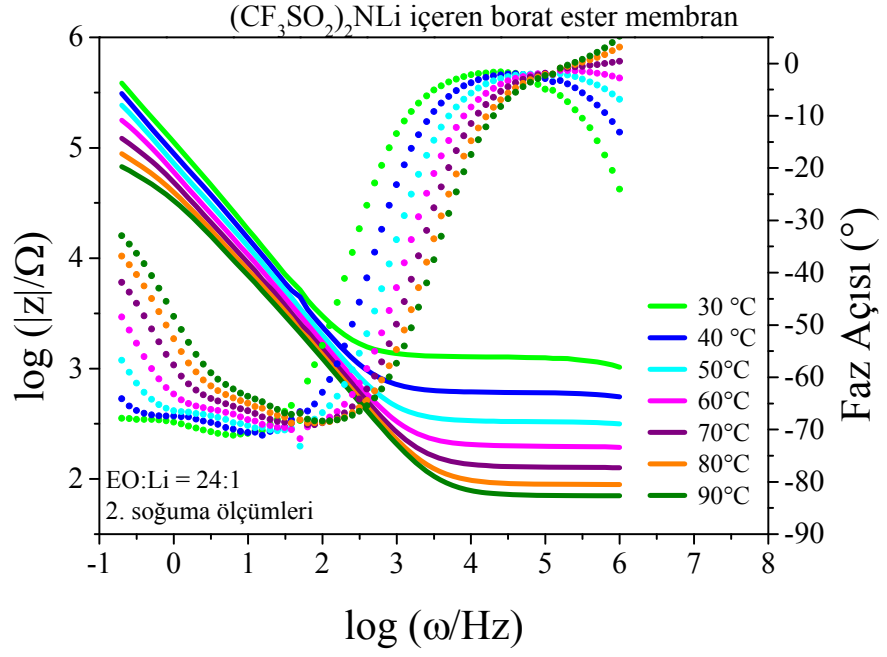
Ek 134. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



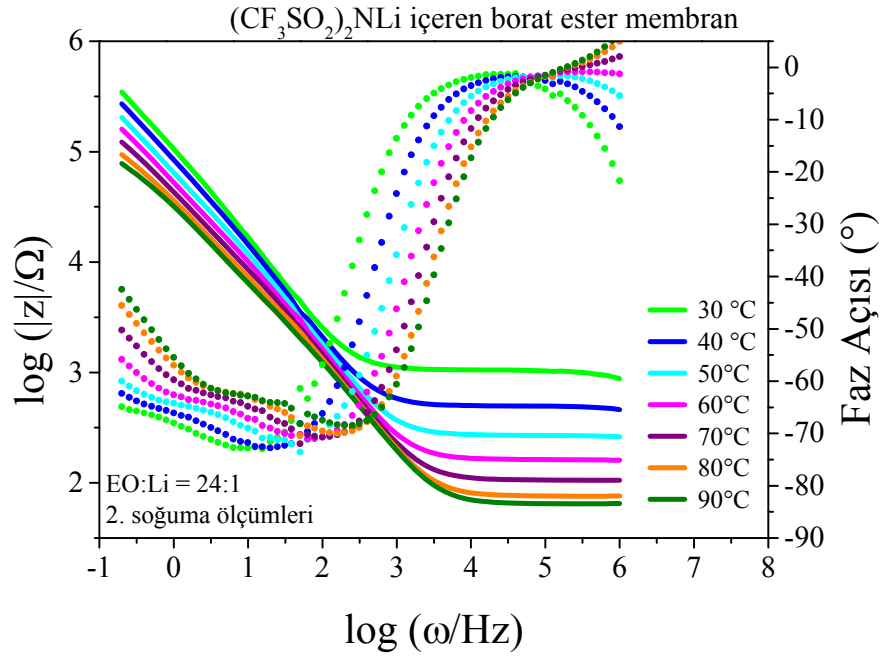
Ek 135. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 1. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 136. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. ısınma iletkenlik sonuçları.

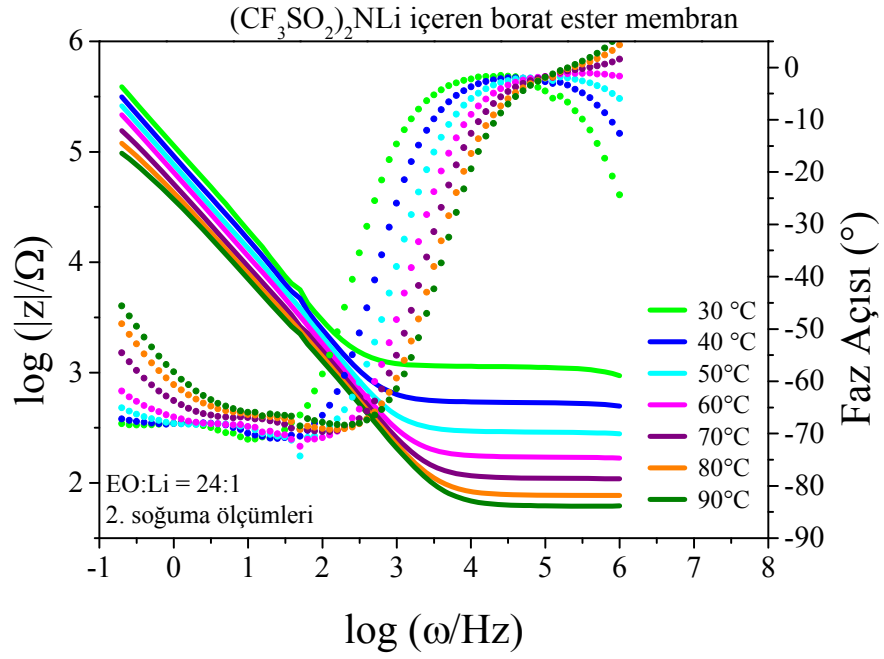
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	4.84E-05	4.35E-05	3.66E-05
40	5.98E-05	5.32E-05	4.86E-05
50	9.72E-05	9.12E-05	8.72E-05
60	2.30E-04	1.55E-04	2.26E-04
70	3.36E-04	2.82E-04	3.91E-04
80	5.20E-04	4.67E-04	5.98E-04
90	7.66E-04	7.47E-04	8.42E-04



Ek 137. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



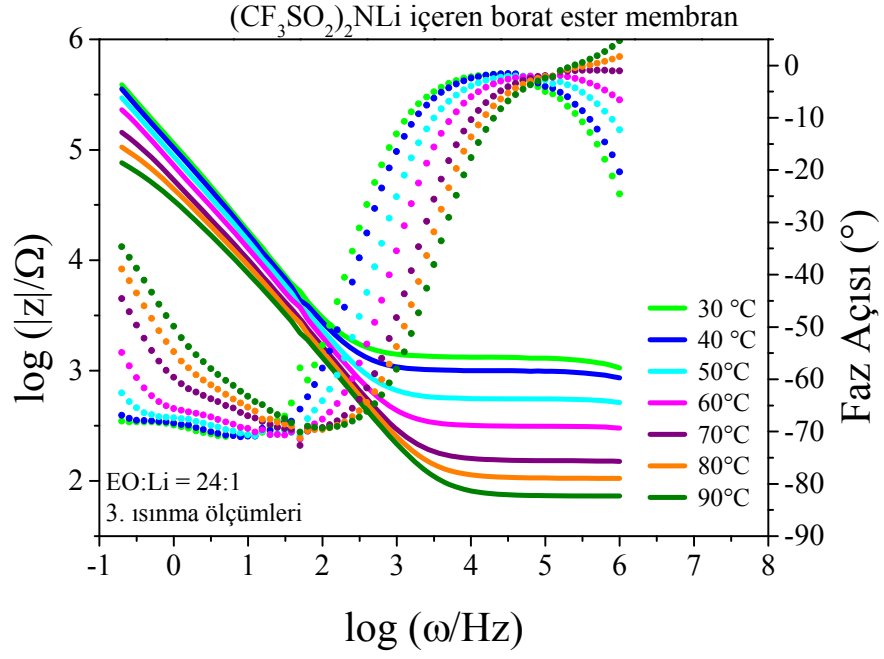
Ek 138. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



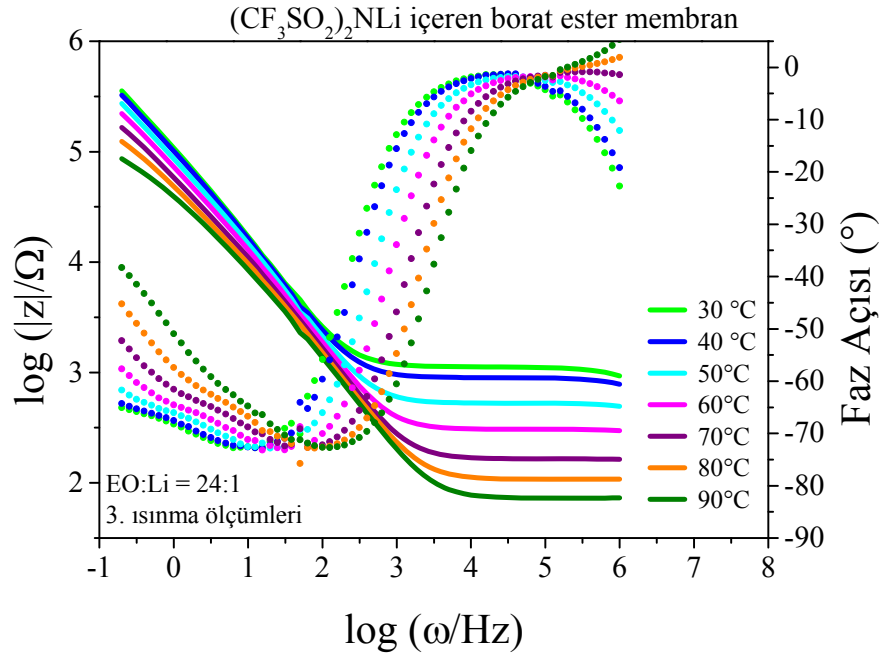
Ek 139. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 140. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

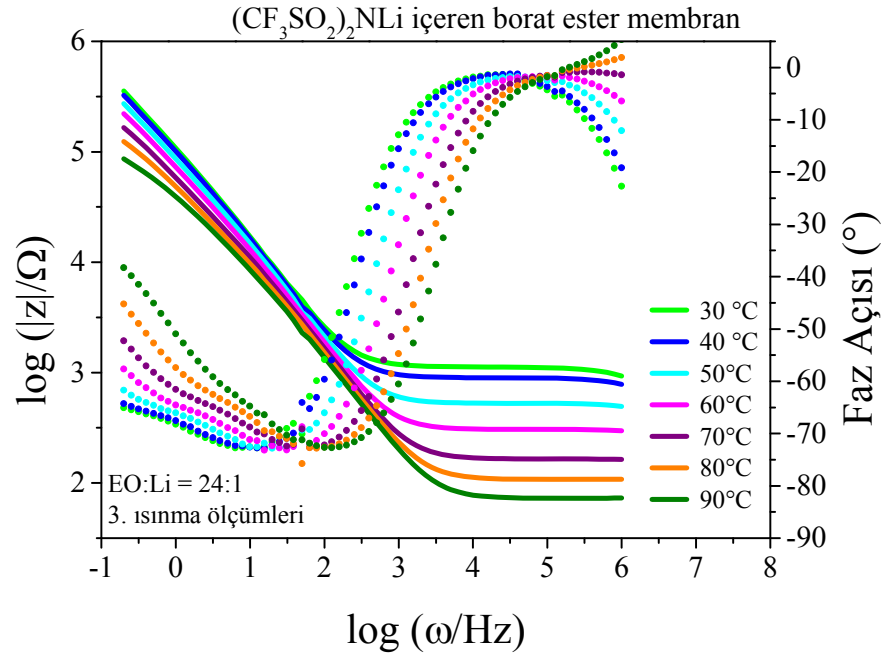
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	4.88E-05	5.98E-05	5.34E-05
40	9.96E-05	1.23E-04	1.12E-04
50	1.87E-04	2.26E-04	2.13E-04
60	2.99E-04	3.74E-04	3.74E-04
70	4.78E-04	5.98E-04	5.43E-04
80	6.64E-04	7.97E-04	7.86E-04
90	8.54E-04	9.34E-04	9.80E-04



Ek 141. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



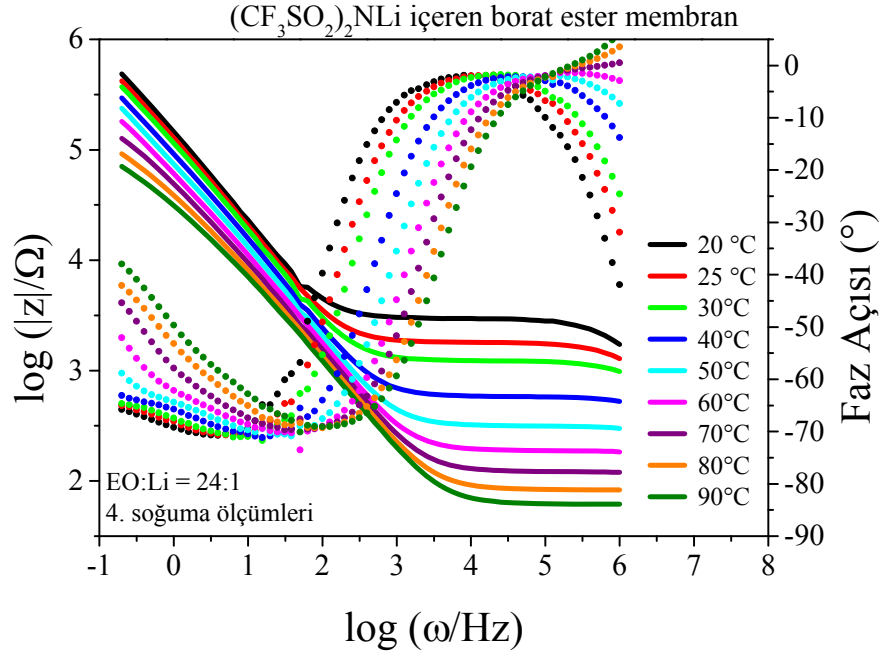
Ek 142. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



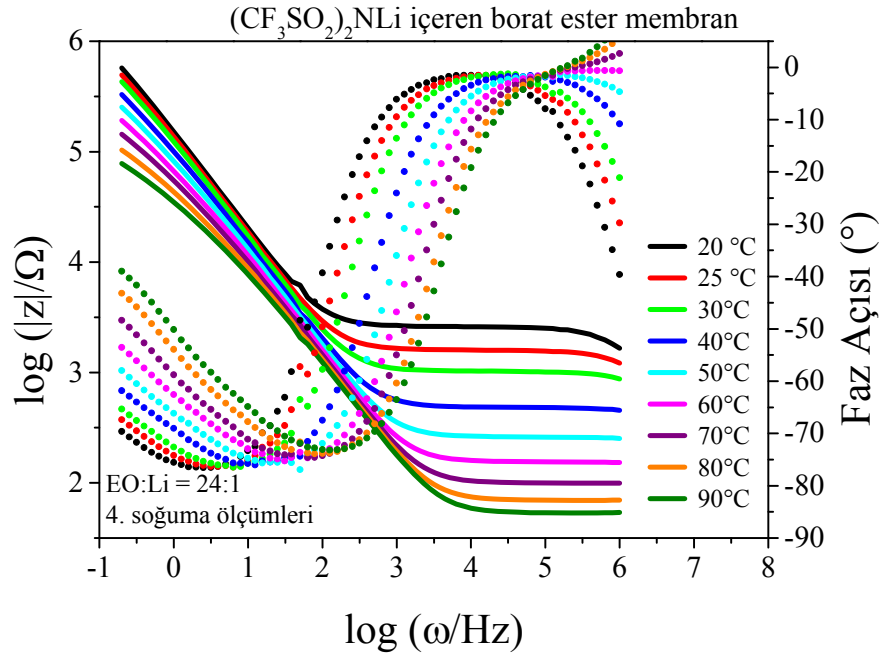
Ek 143. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 144. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

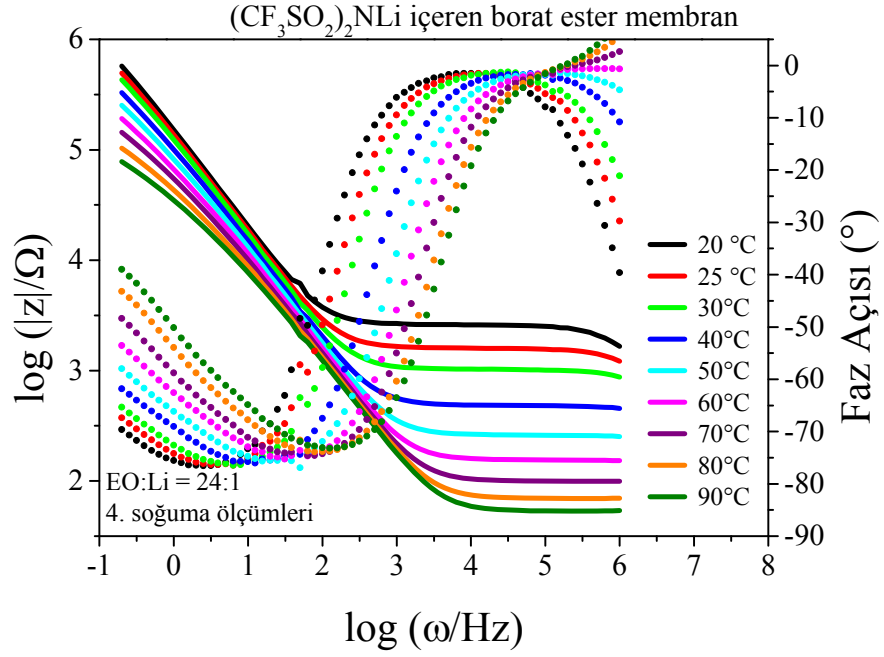
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	4.63E-05	5.34E-05	5.17E-05
40	6.07E-05	6.75E-05	6.71E-05
50	1.09E-04	1.14E-04	1.21E-04
60	1.90E-04	1.99E-04	2.92E-04
70	4.04E-04	3.69E-04	4.78E-04
80	5.69E-04	5.69E-04	6.29E-04
90	8.30E-04	8.42E-04	8.66E-04



Ek 145. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



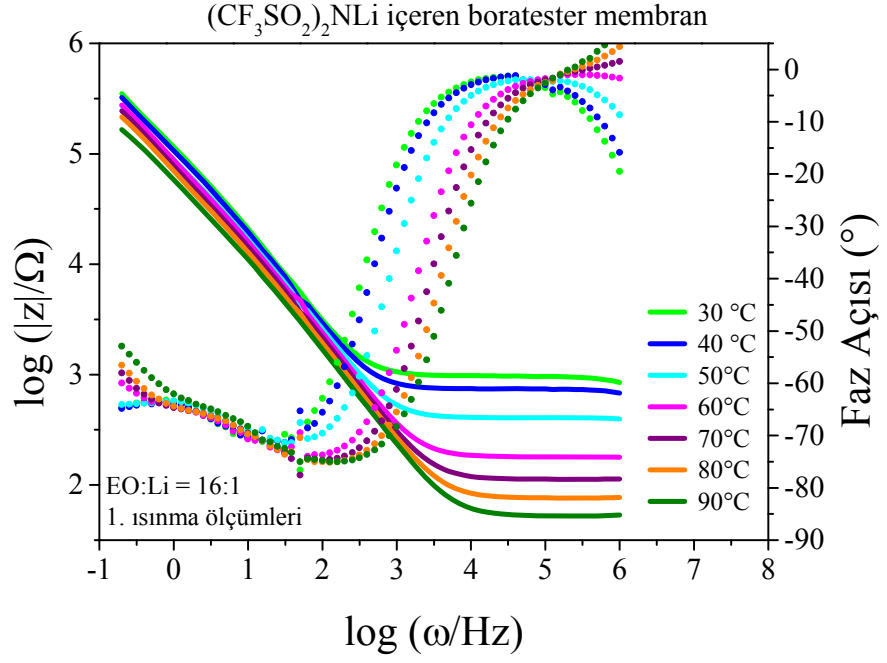
Ek 146. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



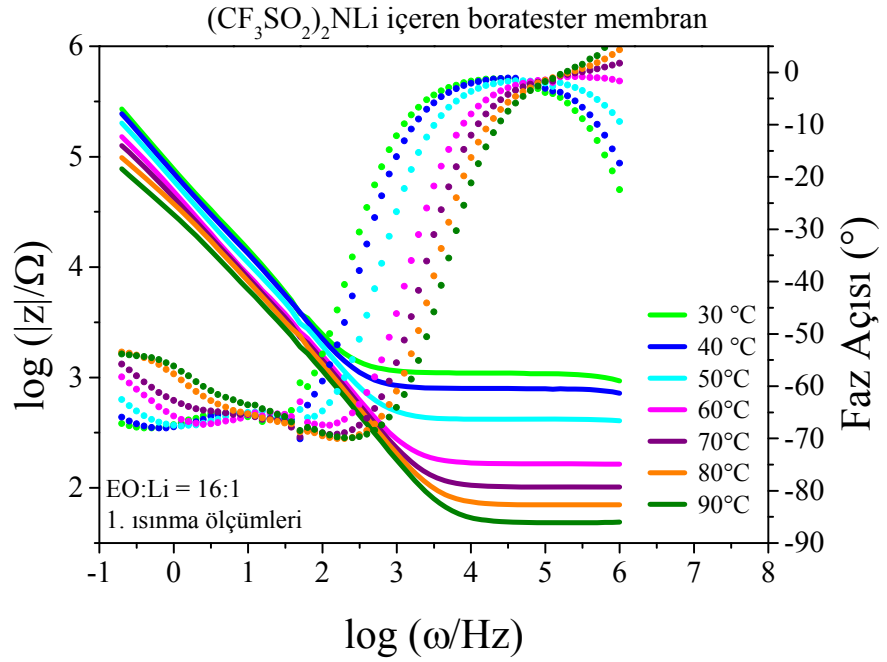
Ek 147. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 148. EO:Li=24:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

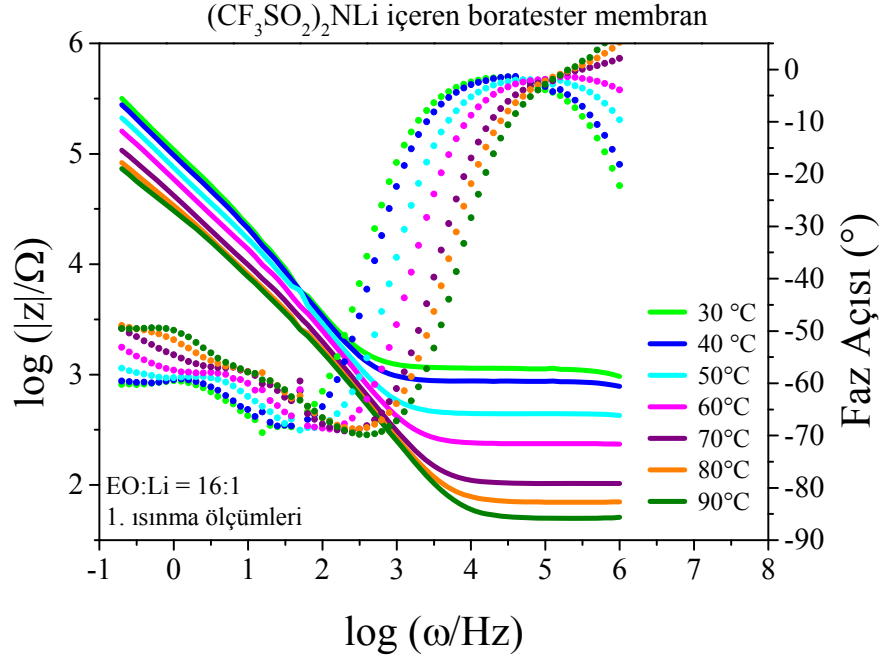
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	2.08E-05	2.41E-05	2.25E-05
25	3.54E-05	3.93E-05	3.75E-05
30	5.02E-05	5.98E-05	5.43E-05
40	1.04E-04	1.25E-04	1.14E-04
50	1.93E-04	2.34E-04	2.06E-04
60	3.20E-04	3.93E-04	3.47E-04
70	5.06E-04	5.98E-04	5.43E-04
80	7.29E-04	8.54E-04	7.86E-04
90	9.80E-04	1.13E-03	1.05E-03



Ek 149. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



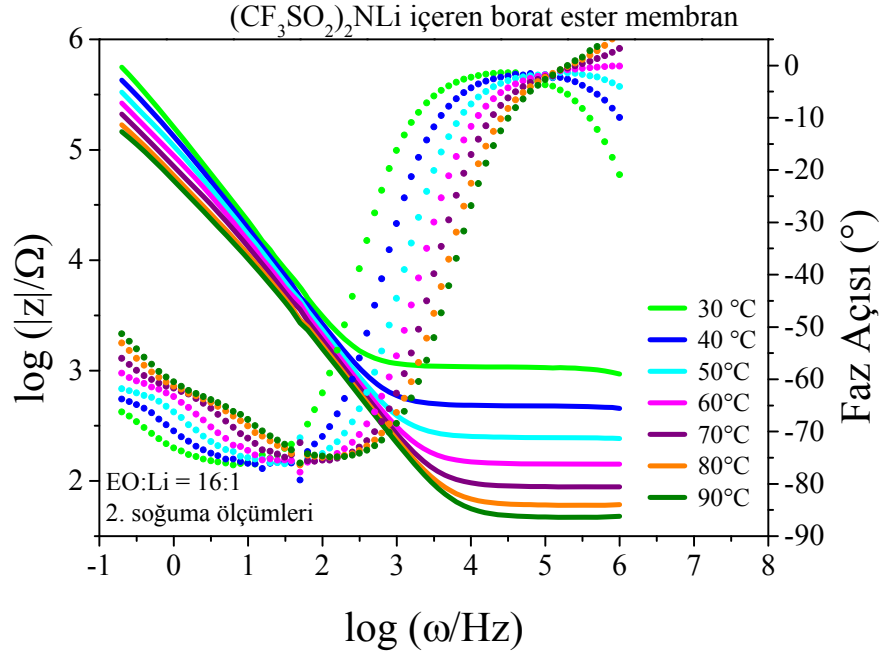
Ek 150. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



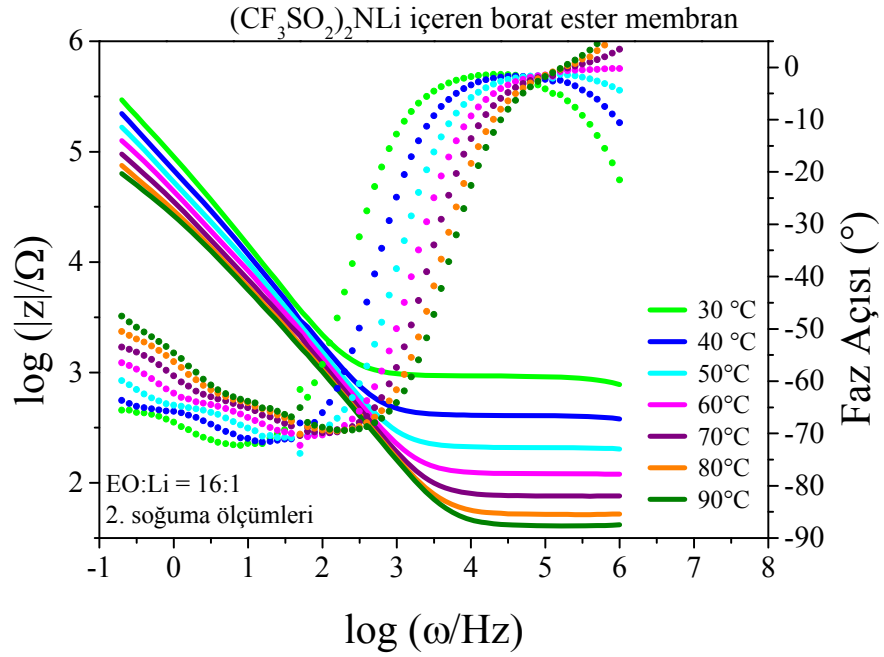
Ek 151. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 1. ısıtma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 152. EO:Li =16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. ısıtma iletkenlik sonuçları.

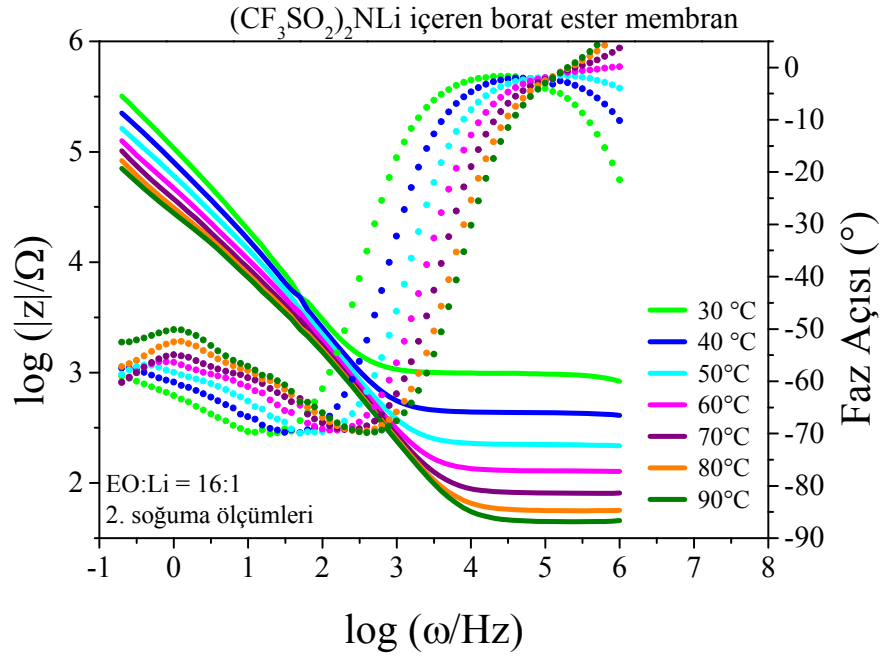
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	6.17E-06	5.69E-05	5.27E-05
40	8.10E-05	7.58E-05	6.88E-05
50	1.49E-04	1.44E-04	1.37E-04
60	3.36E-04	3.67E-04	2.56E-04
70	5.34E-04	5.64E-04	5.98E-04
80	7.97E-04	8.54E-04	8.54E-04
90	1.15E-03	1.33E-03	1.20E-03



Ek 153. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



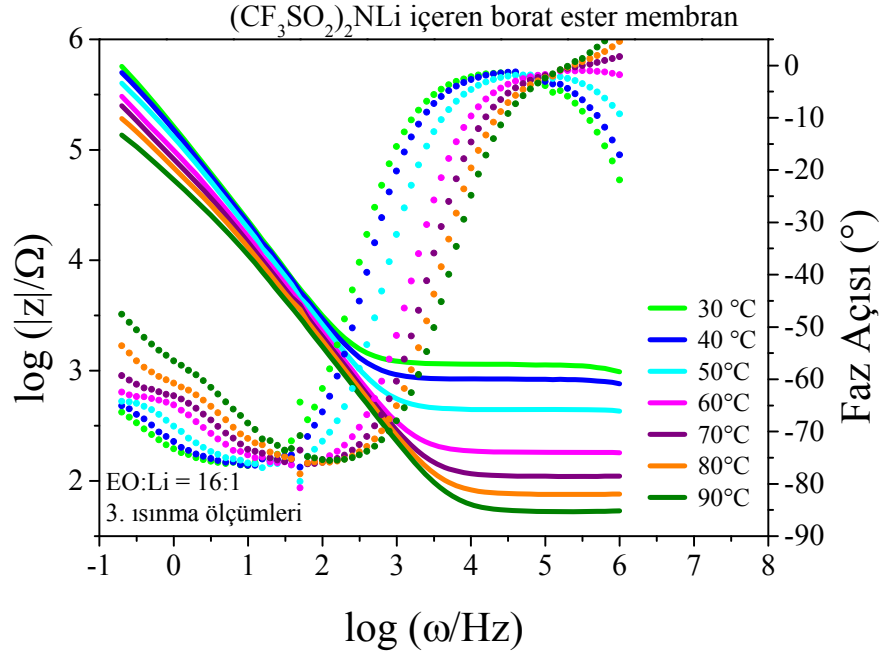
Ek 154. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



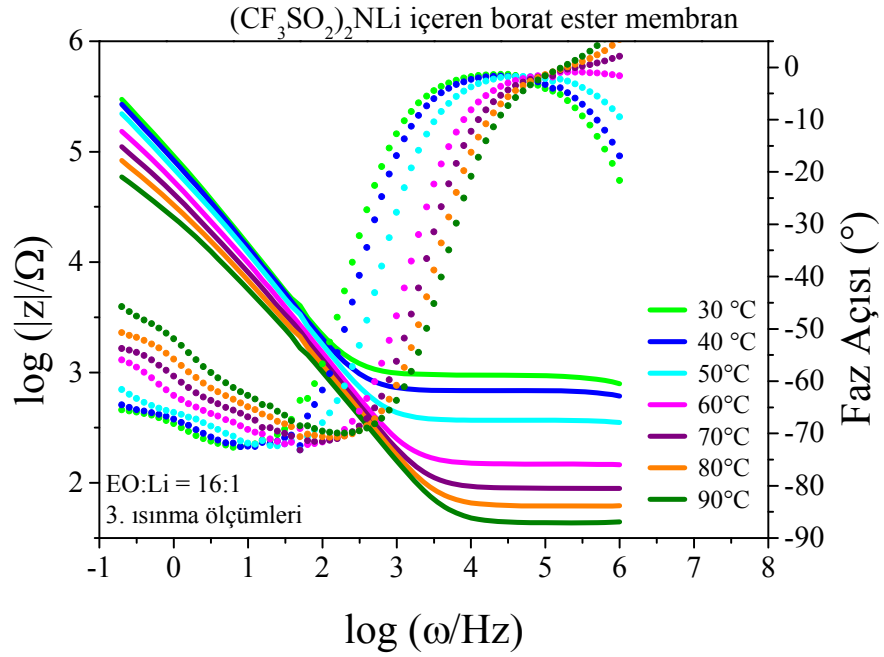
Ek 155. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 156. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

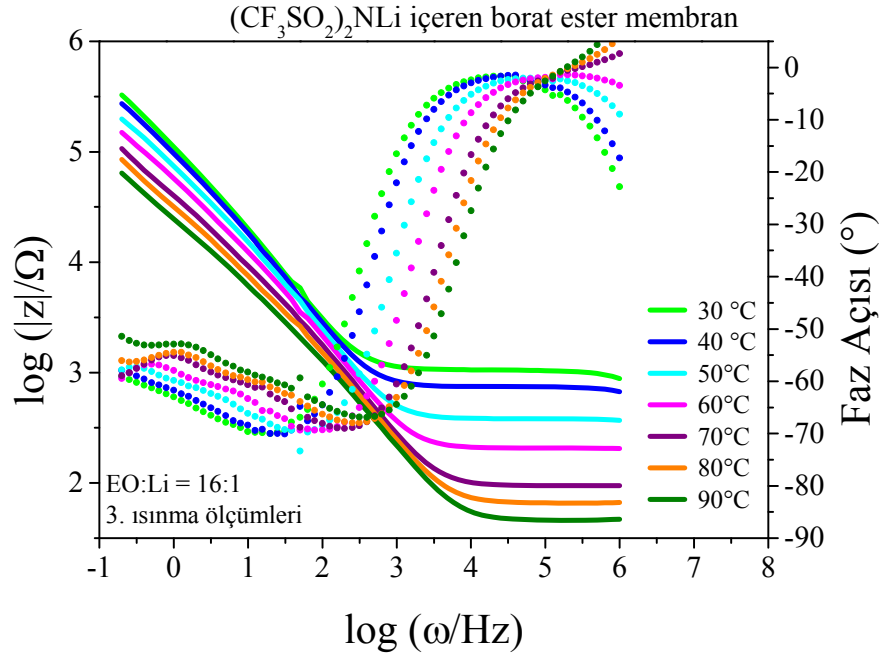
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	5.69E-05	6.46E-05	6.09E-05
40	1.25E-04	1.48E-04	1.37E-04
50	2.44E-04	2.87E-04	2.69E-04
60	4.24E-04	4.98E-04	4.78E-04
70	6.87E-04	7.97E-04	7.47E-04
80	9.96E-04	1.20E-03	1.09E-03
90	1.30E-03	1.49E-03	1.39E-03



Ek 157. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



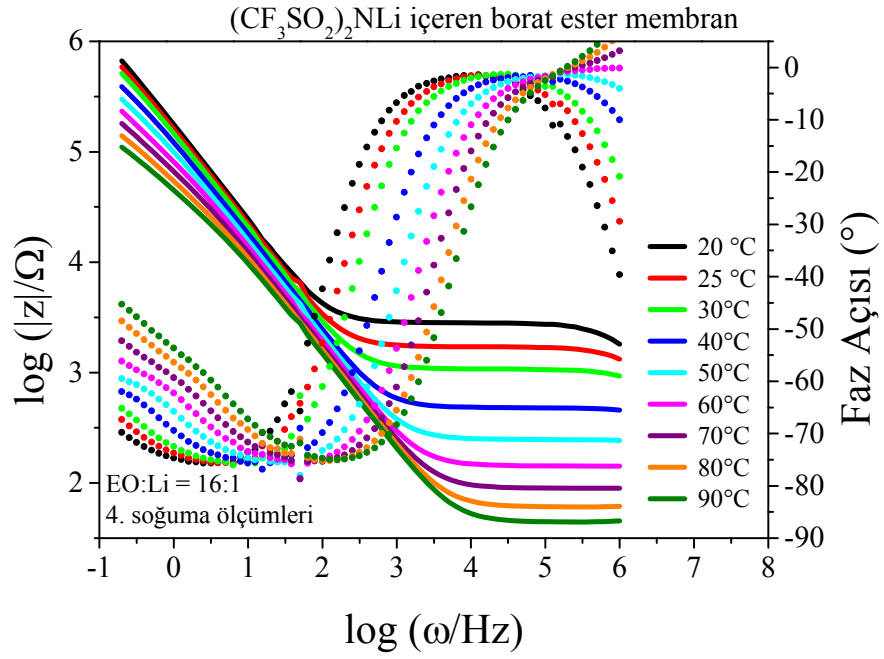
Ek 158. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



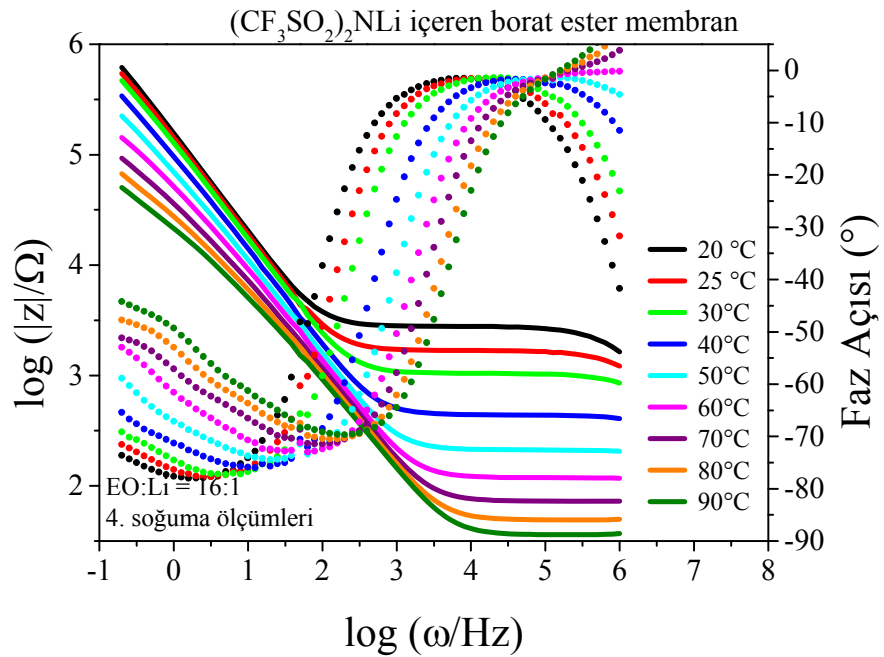
Ek 159. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 160. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

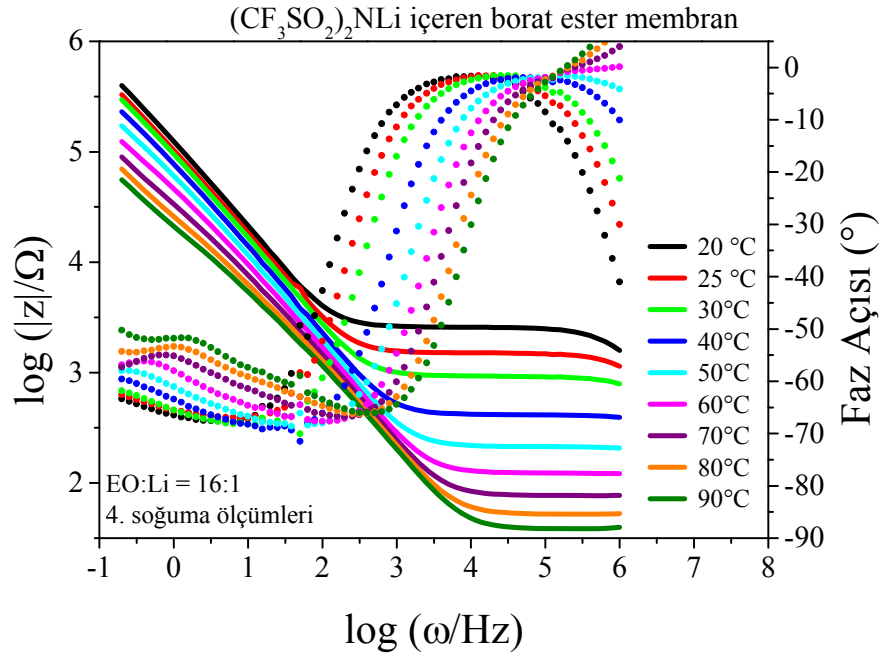
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	5.27E-05	6.34E-05	5.98E-05
40	7.17E-05	8.78E-05	7.97E-04
50	1.35E-04	1.64E-04	1.57E-04
60	3.30E-04	4.07E-04	2.99E-04
70	5.48E-04	6.87E-04	6.43E-04
80	8.08E-04	9.96E-04	9.19E-04
90	1.15E-03	1.42E-03	1.33E-03



Ek 161. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



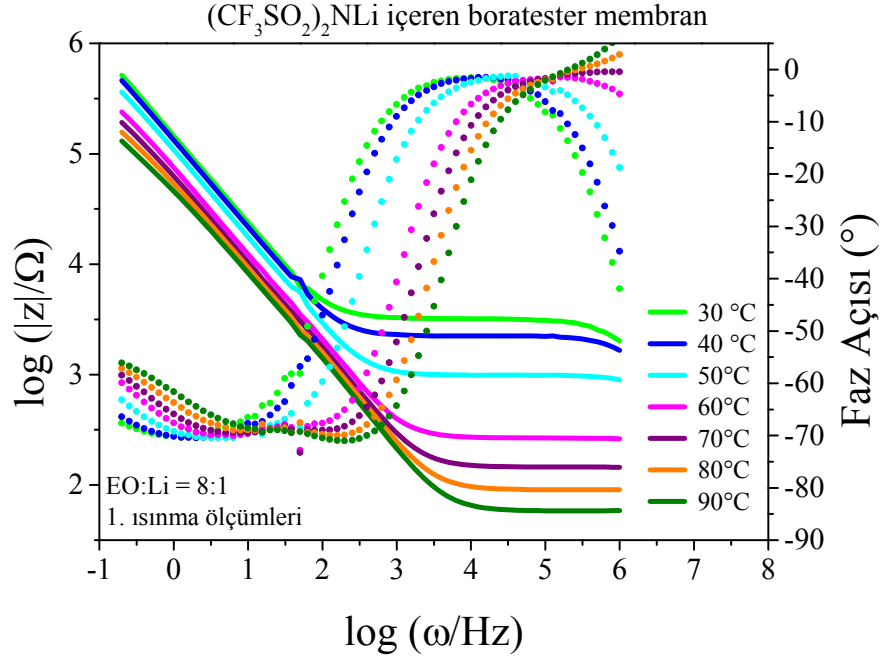
Ek 162. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



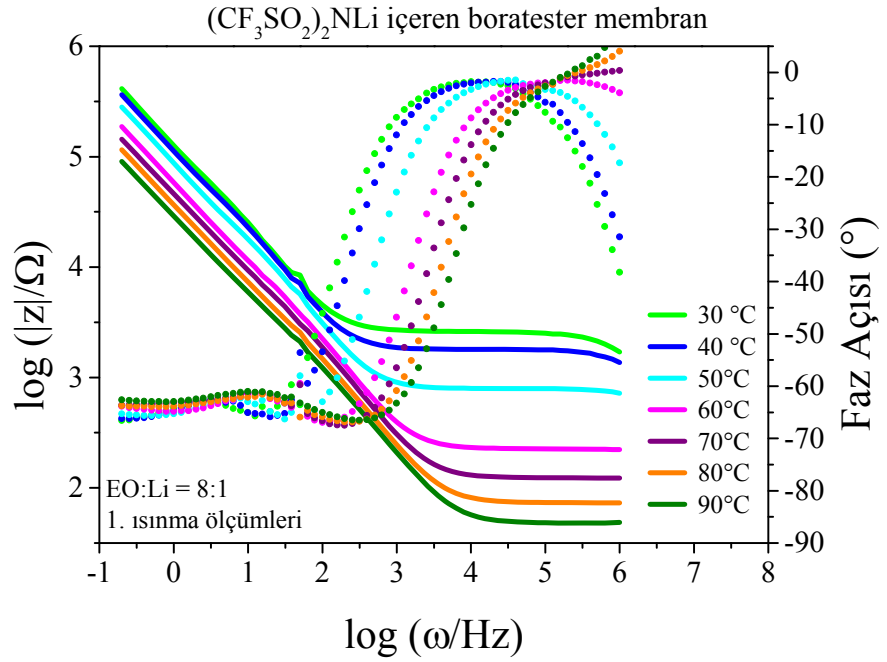
Ek 163. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 164. EO:Li=16:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

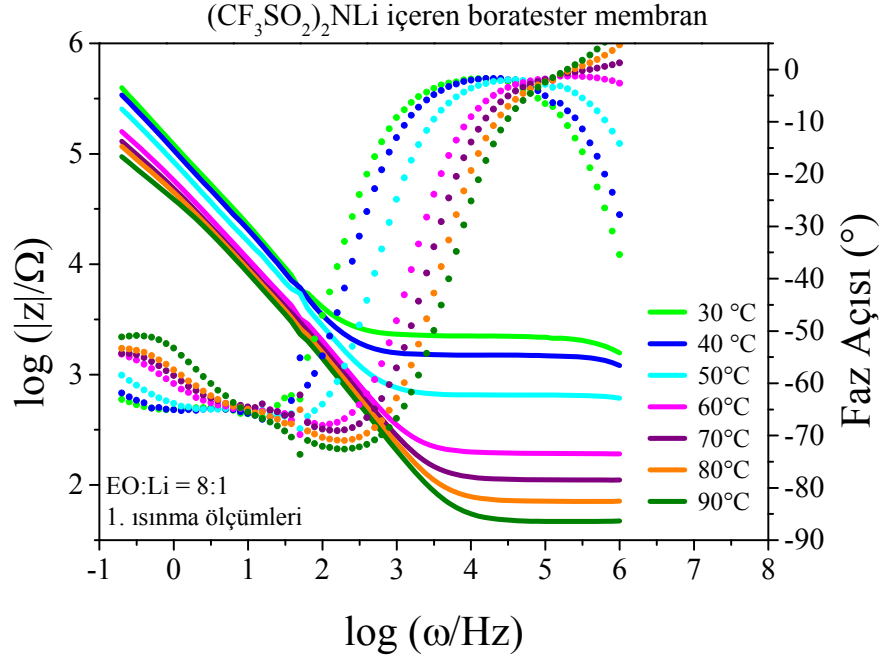
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	2.14E-05	2.17E-05	2.34E-05
25	3.49E-05	3.58E-05	3.98E-05
30	5.98E-05	5.98E-05	6.46E-05
40	1.25E-04	1.38E-04	1.33E-04
50	2.41E-04	2.85E-04	2.82E-04
60	4.27E-04	5.02E-04	4.98E-04
70	6.64E-04	8.42E-04	7.76E-04
80	9.96E-04	1.20E-03	1.17E-03
90	1.39E-03	1.71E-03	1.62E-03



Ek 165. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



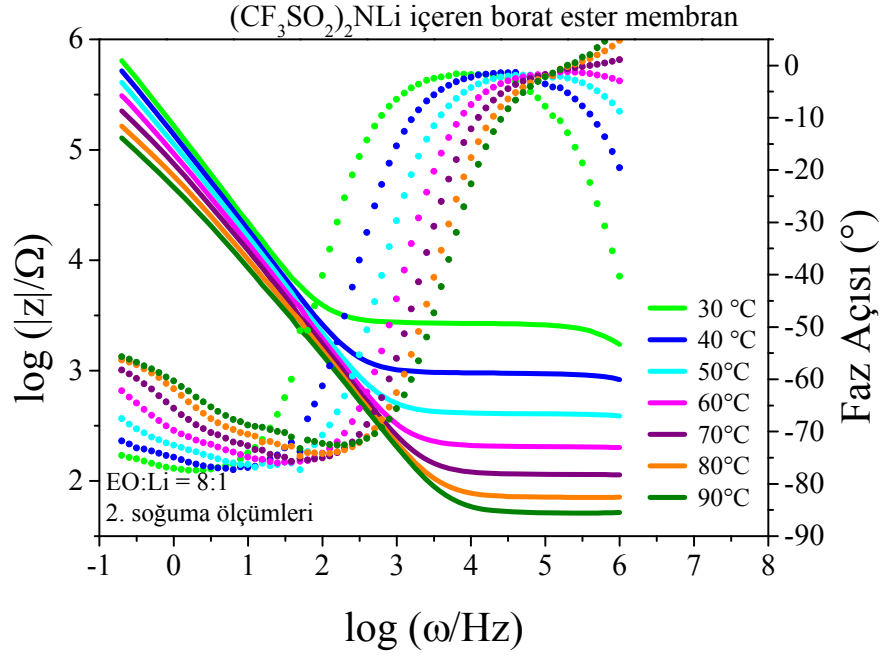
Ek 166. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 1. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



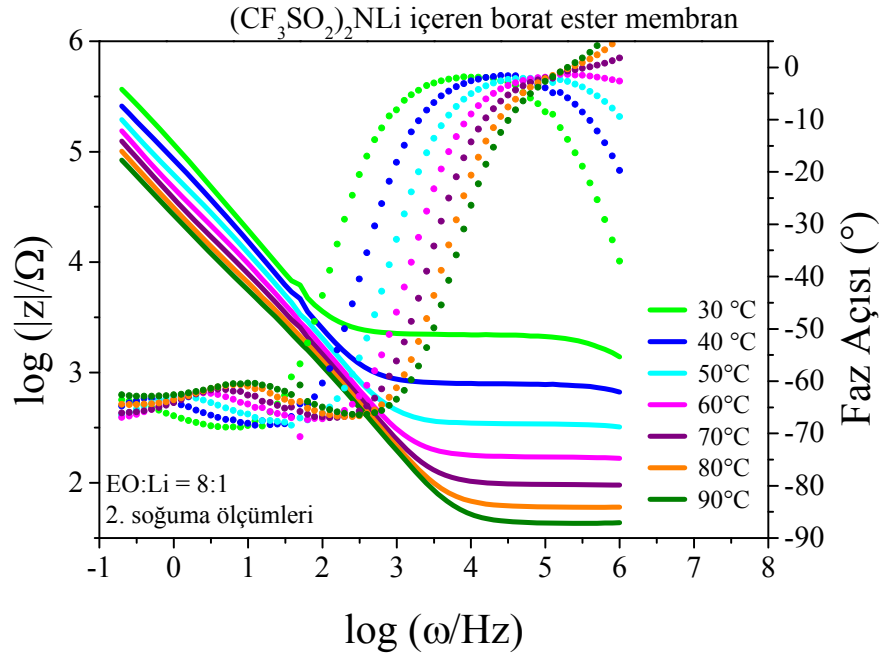
Ek 167. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 1. ısıtma sıcaklığına bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 168. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. ısıtma iletkenlik sonuçları.

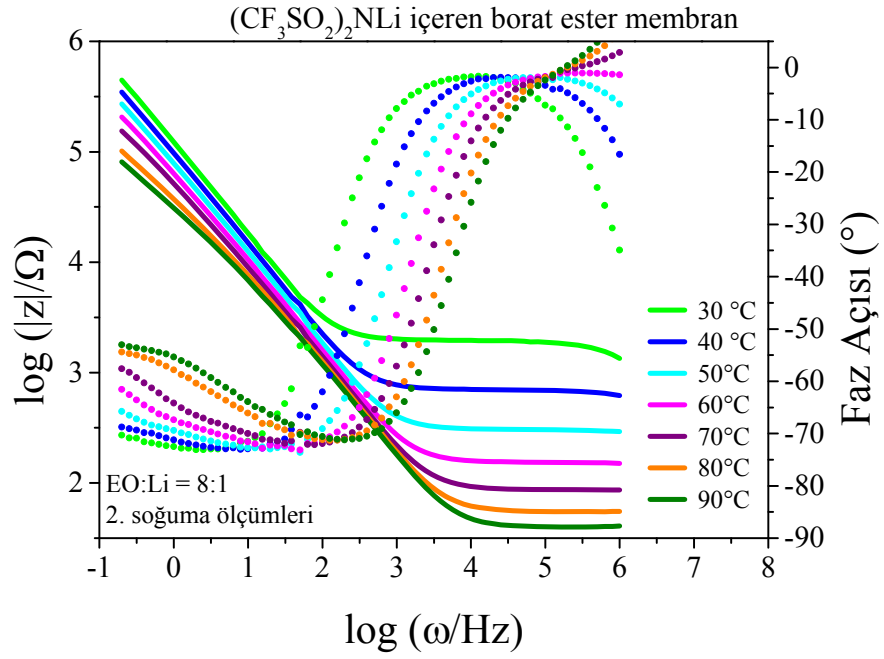
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	1.87E-05	2.30E-05	2.69E-05
40	2.67E-05	3.52E-05	3.98E-05
50	6.04E-05	7.58E-05	9.19E-05
60	2.26E-04	2.72E-04	3.15E-04
70	4.12E-04	4.90E-04	5.43E-04
80	6.64E-04	8.30E-04	8.42E-04
90	1.05E-03	1.27E-03	1.33E-03



Ek 169. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



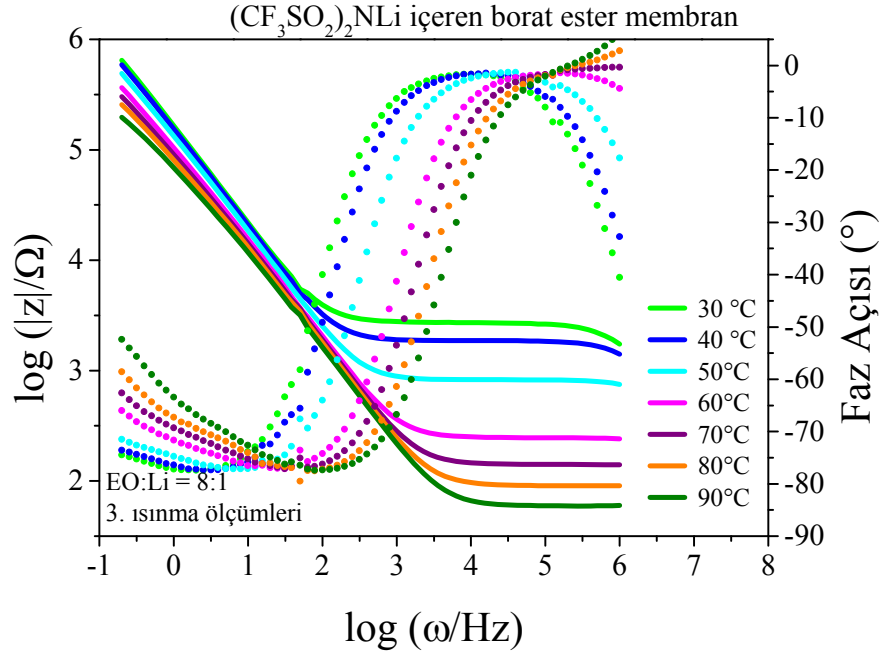
Ek 170. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



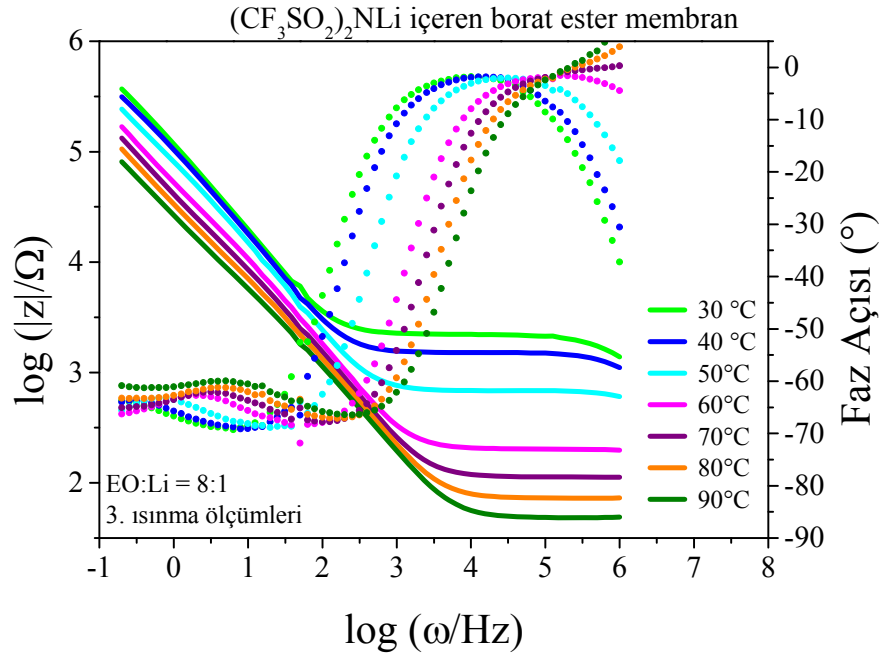
Ek 171. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 2. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 172. EO:Li =8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. soğuma iletkenlik sonuçları.

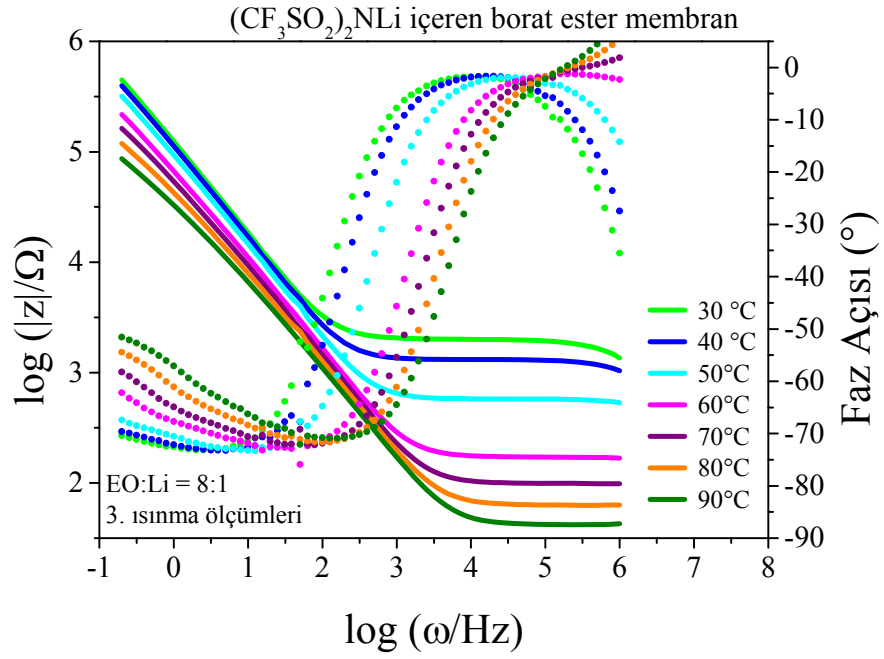
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	2.27E-05	2.74E-05	3.11E-05
40	6.29E-05	7.66E-05	8.66E-05
50	1.49E-04	1.76E-04	1.99E-04
60	2.99E-04	3.52E-04	3.98E-04
70	5.43E-04	6.23E-04	6.95E-04
80	8.54E-04	9.96E-04	1.09E-03
90	1.20E-03	1.42E-03	1.49E-03



Ek 173. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



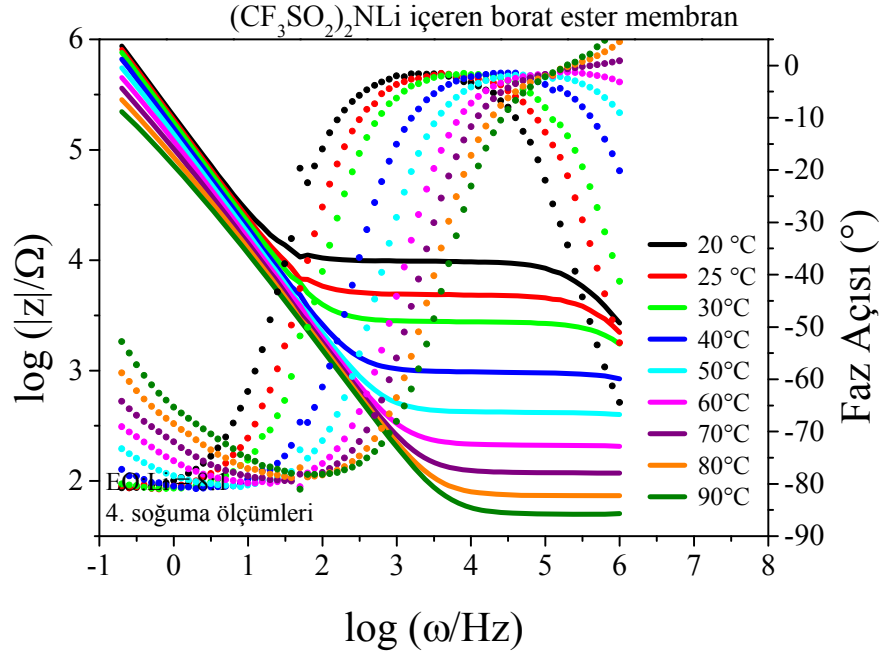
Ek 174. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



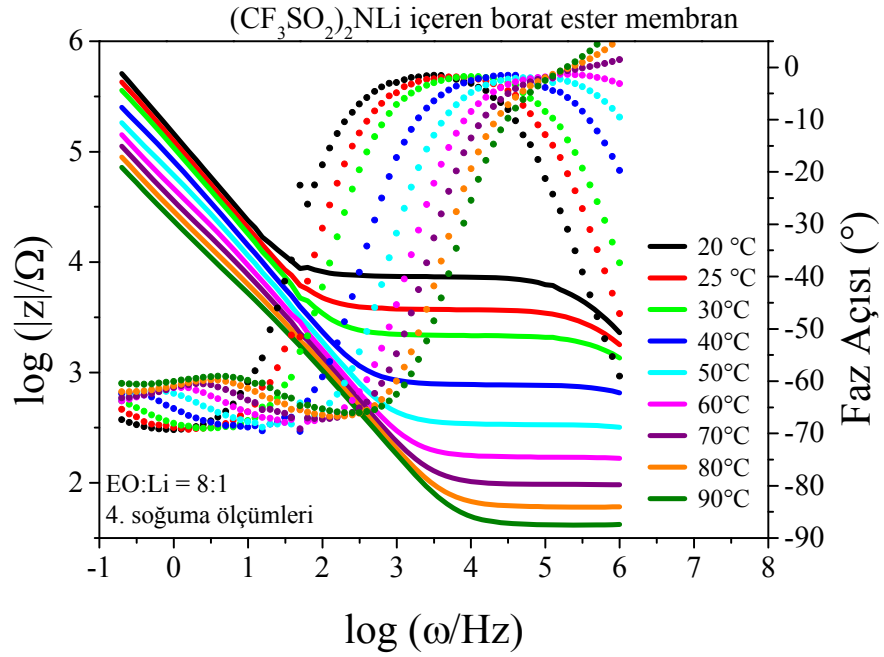
Ek 175. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 3. ısınma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 176. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. ısınma iletkenlik sonuçları.

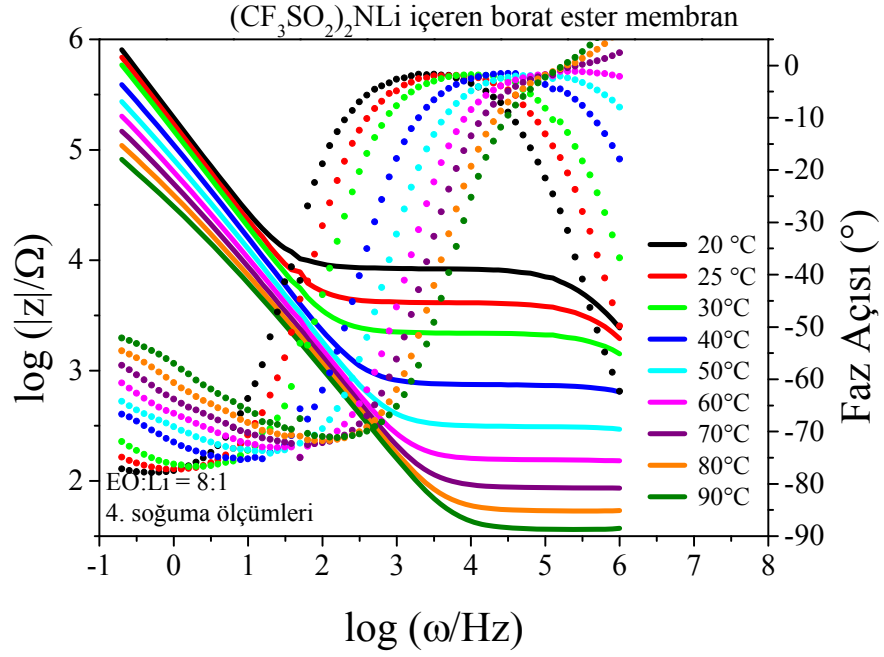
Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
30	2.29E-05	2.72E-05	3.01E-05
40	3.28E-05	3.94E-05	4.94E-05
50	7.29E-05	8.81E-05	1.06E-04
60	2.62E-04	2.99E-04	3.52E-04
70	4.27E-04	5.34E-04	5.98E-04
80	6.64E-04	8.30E-04	9.64E-04
90	1.01E-03	1.27E-03	1.42E-03



Ek 177. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 1. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



Ek 178. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 2. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları



Ek 179. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 3. örnek 4. soğuma sıcaklığa bağlı empedans ölçüm sonuçları

Ek 180. EO:Li=8:1 oranında (CF₃SO₂)₂NLi içeren membranın 4. soğuma iletkenlik sonuçları.

Sıcaklık (°C)	İletkenlik Sonuçları (S/cm)		
	1. Örnek	2. Örnek	3. Örnek
20	6.17E-06	8.21E-06	7.24E-06
25	1.25E-05	1.61E-05	1.46E-05
30	2.16E-05	2.81E-05	2.83E-05
40	6.19E-05	7.81E-05	8.03E-05
50	1.49E-04	1.78E-04	1.93E-04
60	2.85E-04	3.52E-04	3.86E-04
70	5.20E-04	6.23E-04	6.95E-04
80	8.19E-04	9.96E-04	1.13E-03
90	1.20E-03	1.49E-03	1.71E-03

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : EREN, Esra

Uyruğu : T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri: 25.08.1989 Fatih / İSTANBUL

e-mail : ereneseren@gmail.com

Eğitim

Lise : Kadri Yörükoğlu Lisesi

Lisans : Ahi Evran Üniversitesi

Yüksek Lisans : Ahi Evran Üniversitesi

Lisans Tezi : -

Yüksek Lisans Tezi : GLİSEROL KARBONAT İÇEREN BORAT ESTER
POLİMER ELEKTROLİT MEMBRAN SENTEZİ

Yabancı Dil : İngilizce