

**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KİMYA ANABİLİM DALI  
KİM-DR-2011-0001**

**JELATİN, AKRİLAMİD, POLİ(ETİLEN GLİKOL) VE  
POLİ(VİNİL ALKOL) ESASLI YENİ POLİMERİK  
TAŞIYICI VE SOĞURUCULARIN BİYOPOTANSİYEL  
KULLANIM KAPASİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Semiha KUNDAKCI**

**Tez Danışmanı:  
Prof. Dr. Erdener KARADAĞ**

**AYDIN**



## ÖZET

### **JELATİN, AKRİLAMİD, POLİ(ETİLEN GLİKOL) VE POLİ(VİNİL ALKOL) ESASLI YENİ POLİMERİK TAŞIYICI VE SOĞURUCULARIN BİYOPOTANSİYEL KULLANIM KAPASİTELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Semiha KUNDAKCI

Doktora Tezi, Kimya Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Erdener KARADAĞ  
2011, 245 sayfa

Bu çalışmada, ana bileşenler olarak çapraz bağlı polimer üretiminde yaygın kullanılan akrilamid ve doğal bir polimer olan jelatin kullanılması ile yeni polimerik taşıyıcı/soğurucu yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin üretimi amaçlanmıştır. Yarı-IPN'ler ve hidrojeller, yardımcı monomer olarak sodyum akrilat ve sodyum stiren sülfonat, çapraz bağlayıcı olarak poli(etilen glikol) diakrilat'ın kullanılmasıyla çözelti ortamında serbest radikal polimerleşmesi ile hazırlanmıştır. Yarı-IPN yapının hazırlanması için doğal polimer jelatin ile yapay polimerler poli(vinil alkol) ve poli(etilen glikol) kullanılmıştır. Hazırlanan kimyasal çapraz bağlı polimerlerin yapısal ve ısıl karakterizasyonu Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (FT-IR) ve Termogravimetrik Analiz (TG)/Diferansiyel Termogravimetri (DTG) kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yüzey gözenekliliği hakkında bilgi edinebilmek için SEM mikrografları alınmıştır. Çapraz bağlı kopolimerlerin şişme özelliklerini araştırmak amacıyla 25°C'da dinamik şişme testleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler yardımıyla şişme kinetiği ve difüzyon mekanizması ile ilgili parametreler hesaplanmıştır. Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin soğurum özelliklerinin araştırılması amacıyla model molekül olarak metil viyole gibi katyonik bir boyarmadde seçilmiştir. Çapraz bağlı kopolimerlerin sulu çözeltilerden metil viyole boyarmaddesini yüksek oranda soğurdıkları belirlenmiştir. Salınım çalışmaları için etkin madde olarak resorsinol seçilmiştir. Resorsinol, yarı-IPN'lere ve hidrojelere polimerleşme sırasında yüklenmiştir. Resorsinol taşıyan yarı-IPN'lerden ve hidrojellerden etkin madde salınımı sabit sıcaklıkta araştırılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Akrilamid, jelatin, iç içe geçmiş ağ yapılı polimer, hidrojel, poli(vinil alkol), poli(etilen glikol), soğurum, metil viyole, salınım, resorsinol.



**ABSTRACT****INVESTIGATION OF BIOPOTENTIAL USING CAPACITIES OF NEW POLYMERIC CARRIERS AND SORBENTS BASED GELATIN, ACRYLAMIDE, POLY(ETHYLENE GLYCOL) AND POLY(VINYL ALCOHOL)**

Semiha KUNDAKCI

Ph.D. Thesis, Department of Chemistry Sciences  
Supervisor: Prof. Dr. Erdener KARADAĞ  
2011, 245 pages

In this study, it was aimed that produce a new polymeric carrier/sorbent semi-IPNs and hydrogels by using acrylamide which is commonly used to produce crosslinked polymer and gelatin which is natural polymer as main components. Semi-IPNs and hydrogels were prepared by free radical polymerization in aqueous solution using of sodium acrylate and sodium styrene sulfonate as comonomers, poly(ethylene glycol) diacrylate as crosslinker. Gelatin as natural polymer, poly(vinyl alcohol) and poly(ethylene glycol) as synthetic polymers were used to prepare semi-IPN structure. Structural and thermal characterization of prepared chemically crosslinked polymers were tried to determine by using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) and Thermogravimetric Analysis (TG)/Differential Thermogravimetry (DTG). Scanning Electron Microscopy (SEM) micrographs were taken for determination of surface porosity of semi-IPNs and hydrogels. Dynamic swelling tests were applied at 25°C for the purpose of investigation of swelling properties of crosslinked copolymers. According to obtained data, parameters concerning swelling kinetics and diffusion mechanism were calculated. A cationic dye such as methyl violet was selected as model molecule to investigate of adsorption properties of semi-IPNs and hydrogels. It was determined that crosslinked copolymers adsorbed dye of methyl violet from aqueous solutions in high level. Resorcinol was selected as active substance for release study. Resorcinol was loaded into semi-IPNs and hydrogels during polymerization. Release of active substance from semi-IPNs and hydrogels carrying resorcinol was investigated at constant temperature.

**Key words:** Acrylamide, gelatin, interpenetrating polymer network, hydrogel, poly(vinyl alcohol), poly(ethylene glycol), sorption, methyl violet, release, resorcinol.



## İÇİNDEKİLER

<b>KABUL VE ONAY SAYFASI</b> .....	iii
<b>BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI</b> .....	v
<b>ÖZET</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>ÖNSÖZ</b> .....	xi
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	xvii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	xix
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xxvii
<b>EKLER DİZİNİ</b> .....	xxix
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	7
<b>2.1 Polimerlerin Genel Özellikleri</b> .....	7
<b>2.1.1 Polimerleşme Tepkimeleri</b> .....	9
<b>2.1.1.1 Kondenzasyon (basamaklı) Polimerleşmesi</b> .....	9
<b>2.1.1.2 Katılma (zincir) Polimerleşmesi</b> .....	10
<b>2.1.2 Çapraz Bağlanma</b> .....	12
<b>2.2 Hidrojeller</b> .....	13
<b>2.3 İç İç Geçmiş Ağ Yapılı Polimerler (IPN)</b> .....	15
<b>2.3.1 IPN’lerin Sınıflandırılması</b> .....	15
<b>2.3.2 Yarı-IPN Oluşumunda Kullanılan Polimerler</b> .....	16
<b>2.3.2.1 Jelatin</b> .....	17
<b>2.3.2.2 Poli(vinil alkol)</b> .....	18
<b>2.3.2.3 Poli(etilen glikol)</b> .....	19
<b>2.4 IPN ve Hidrojel Üretimi</b> .....	19
<b>2.4.1 Kimyasal Çapraz Bağlanma ile IPN ve Hidrojel Üretimi</b> .....	21
<b>2.4.2 Suyun Konumu</b> .....	22
<b>2.5 IPN ve Hidrojel Karakterizasyonu</b> .....	22
<b>2.5.1 Spektroskopik Karakterizasyon</b> .....	22
<b>2.5.2 Isısal Karakterizasyon</b> .....	23
<b>2.5.2.1 Termogravimetrik Analiz (TG)</b> .....	23
<b>2.5.3 SEM Analizi</b> .....	24
<b>2.5.4 Şişme Karakterizasyonu ve Difüzyon Türü</b> .....	25

<b>2.6 IPN'lerin ve Hidrojellerin Kullanım Alanları .....</b>	<b>27</b>
<b>2.6.1 IPN ve Hidrojellerin Adsorban Olarak Kullanımı .....</b>	<b>28</b>
<b>2.6.2 Potansiyel Su Kirliliği .....</b>	<b>29</b>
<b>2.6.3 Su Kirliliğinin Giderilmesi .....</b>	<b>29</b>
<b>2.6.4 Adsorpsiyon .....</b>	<b>30</b>
<b>2.6.5 Adsorpsiyon İzotermleri .....</b>	<b>31</b>
<b>2.6.6 Denge Adsorpsiyon Çalışmaları .....</b>	<b>32</b>
<b>2.6.7 Boyarmadde Uzaklaştırması .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.8 Etkin Madde Salınımı .....</b>	<b>33</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1 Kullanılan Kimyasallar .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2 Polimerik Örneklerin Hazırlanması .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.1 Yarı-IPN ve Hidrojel Üretimi .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.2 PVA İçeren yarı-IPN ve Hidrojellerin Üretimi .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.2.1 Değişik JEL içeren AAm/SA/PVA/JEL Üretimi .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.2.2 Değişik JEL içeren AAm/SSS/PVA/JEL Üretimi .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.3 PEG İçeren Yarı-IPN ve Hidrojellerin Üretimi .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3 Yarı-IPN ve Hidrojel Karakterizasyonu .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.1 Spektroskopik Analiz .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.2 Isısal Analiz .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.3 SEM Analizi .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3.4 Şişme Karakterizasyonu .....</b>	<b>50</b>
<b>3.4 Boyarmadde Soğurumu .....</b>	<b>51</b>
<b>3.5 Etkin Madde Salınımı .....</b>	<b>51</b>
<b>3.5.1 Polimerik Örnekler Resorsinol Yüklenmesi .....</b>	<b>51</b>
<b>3.5.2 Polimerik Örneklerden Resorsinol Salınımının İncelenmesi .....</b>	<b>52</b>
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1 Çapraz Bağlı Polimerlerin Hazırlanması .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2 Spektroskopik Karakterizasyon .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3 Isısal Karakterizasyon .....</b>	<b>70</b>
<b>4.4 Şişme Karakterizasyonu .....</b>	<b>79</b>
<b>4.4.1 Denge Şişme Değerleri .....</b>	<b>79</b>
<b>4.4.2 Denge Su İçeriği .....</b>	<b>103</b>
<b>4.4.3 Şişme Kinetiği .....</b>	<b>107</b>
<b>4.4.4. Suyun Difüzyonu .....</b>	<b>129</b>



<b>4.5 SEM Çalışmaları</b> .....	151
<b>4.6 Yüzeye Soğurum</b> .....	155
<b>4.7 Etkin Madde Salınımı</b> .....	182
<b>5. SONUÇ</b> .....	193
<b>KAYNAKLAR</b> .....	199
<b>EKLER</b> .....	217
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	219



## SİMGELER DİZİNİ

AAm	Akrilamid
AAm/JEL	Akrilamid/jelatin
AAm/JEL/PEG	Akrilamid/jelatin/poli(etilen glikol)
AAm/JEL/PVA	Akrilamid/jelatin/poli(vinil alkol)
AAm/PEG	Akrilamid/poli(etilen glikol)
AAm/PVA	Akrilamid/poli(vinil alkol)
AAm/SA	Akrilamid/sodyum akrilat
AAm/SA/JEL	Akrilamid/sodyum akrilat/jelatin
AAm/SA/JEL/PEG	Akrilamid/sodyum akrilat/jelatin/poli(etilen glikol)
AAm/SA/JEL/PVA	Akrilamid/sodyum akrilat/jelatin/poli(vinil alkol)
AAm/SA/PEG	Akrilamid/sodyum akrilat/poli(etilen glikol)
AAm/SA/PVA	Akrilamid/sodyum akrilat/poli(vinil alkol)
AAm/SSS	Akrilamid/sodyum stiren sülfonat
AAm/SSS/JEL	Akrilamid/sodyum stiren sülfonat/jelatin
AAm/SSS/JEL/PEG	Akrilamid/sodyum stiren sülfonat/jelatin/poli(etilen glikol)
AAm/SSS/JEL/PVA	Akrilamid/sodyum stiren sülfonat/jelatin/poli(vinil alkol)
AAm/SSS/PEG	Akrilamid/sodyum stiren sülfonat/poli(etilen glikol)
AAm/SSS/PVA	Akrilamid/sodyum stiren sülfonat/poli(vinil alkol)
APS	Amonyum persülfat
%Ads	Yüzde adsorpsiyon
C	Çözeltilinin başlangıç derişimi
C <sub>b</sub>	Hidrojel tarafından adsorplanan çözünenin derişimi
cm	Santimetre
D	Difüzyon katsayısı
dak	Dakika
dS/dt	Şişme hızı
DSİ	Dengede sıvı içeriği
DTG	Türevsel Termogravimetri
F	Şişme kesri
FT-IR	Fourier Transform İnfrared Spektroskopisi
g	Gram
g <sub>d</sub>	Denge anında çözeltide bulunan resorsinol kütlesi
g <sub>o</sub>	Resorsinol'ün başlangıç kütlesi
IPN	İç içe geçmiş ağ yapılı polimer (Interpenetrating Polymer Networks)
JEL	Jelatin
k	Difüzyon sabiti
KBr	Potasyum bromür
K <sub>d</sub>	Dağılma katsayısı
k <sub>s</sub>	Şişme hız sabiti
m	Hidrojinin kütlesi
M <sub>d</sub>	Dengedeki jelin içerdiği çözücü kütlesi

mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mmol	Milimol
$M_n$	Sayıca ortalama mol kütlesi
$M_t$	t anında jelin içerdiği çözücü kütlesi
MV	Metil viyole
n	Difüzyon üsteli
nm	Nanometre
PEG	Poli(etilen glikol)
PEGDA	Poli(etilen glikol) diakrilat
PVA	Poli(vinil alkol)
q	1.0 g hidrojel tarafından soğurulan madde miktarı
$q_s$	1,0 g kopolimerden salınan etkin madde miktarı
r	Şişmiş jelin yarı çapı
$r_o$	Başlangıç şişme hızı
RS	Resorsinol
S	t anındaki şişme değeri
SA	Sodyum akrilat
SEM	Taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscopy)
$S_{mak}$	Jelin denge anındaki (teorik) şişme değeri
SSS	Sodyum stiren sülfonat
%S	Yüzde şişme
%Sal	Yüzde salınım
% $S_d$	Denge yüzde şişme
t	Süre (dakika)
TEMED	N,N,N',N' - Tetrametiletildiamin
$T_f$	Tepkime sonu sıcaklığı
TG	Termogravimetrik analiz
$T_h$	Tepkime yarı ömür sıcaklığı
$T_i$	Tepkime başlama sıcaklığı
$T_{mak}$	Maksimum hız sıcaklığı
v	Hacim (L)
$W_d$	Dengedeki (şişmiş) polimerin kütlesi
$W_t$	t süre sonraki şişmiş polimerin kütlesi
$W_o$	Kuru polimer kütlesi
$\lambda_{mak}$	Maksimum dalga boyu
$\pi$	pi sayısı, (3,141592654)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Monomer moleküllerinin polimerleşme tepkimesi ile polimer molekülünü oluşturması.....	7
Şekil 2.2. Kondenzasyon polimerlerinin oluşum mekanizmasının şematik gösterimi.....	9
Şekil 2.3. Vinil monomeri için katılma polimerleşmesinin büyüme basamağı mekanizmaları.....	10
Şekil 2.4. Çapraz bağlanma tepkimeleri.....	13
Şekil 2.5. Çapraz bağlı hidrojinin yapısı .....	14
Şekil 2.6. IPN ve SIN sentezinin şematik gösterimi .....	15
Şekil 2.7. Jelatin'in kimyasal yapısı.....	18
Şekil 2.8. Poli(vinil alkol)'ün kimyasal yapısı .....	18
Şekil 2.9. Poli(etilen glikol)'ün kimyasal yapısı .....	19
Şekil 2.10. Çapraz bağlı polimerlerin sentezinde görülen üç durumun şematik gösterimi.....	20
Şekil 2.11. Polimerlerde karşılaşılan tipik TG ve DTG eğrileri.....	24
Şekil 2.12. Etkin madde salınım sistemlerinde görülen bazı uygulamalar .....	35
Şekil 3.1. Çapraz bağlı kopolimerlerin hazırlanması, şişme, soğurum ve etkin madde salınım çalışmalarında kullanılmaları.....	53
Şekil 4.1. Monomerlerin ve kopolimerlerin kimyasal yapısı .....	56
Şekil 4.2. Poli(etilen glikol) diakrilat'ın kimyasal yapısı ve bağlanma noktaları.....	56
Şekil 4.3. Yarı-IPN ve hidrojel yapılarının şematik gösterimi.....	57
Şekil 4.4. AAm/SA hidrojellerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları .....	58
Şekil 4.5. AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları .....	59
Şekil 4.6. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları .....	59
Şekil 4.7. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları .....	60
Şekil 4.8. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	60
Şekil 4.9. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları .....	61
Şekil 4.10. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	61
Şekil 4.11. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları .....	62
Şekil 4.12. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	62
Şekil 4.13. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	63
Şekil 4.14. AAm/SSS hidrojellerinin ve AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	64

Şekil 4.15. AAm/SSS/PVA ve AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	64
Şekil 4.16. AAm/SSS/PEG ve AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	65
Şekil 4.17. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	65
Şekil 4.18. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	66
Şekil 4.19. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	66
Şekil 4.20. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	67
Şekil 4.21. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	67
Şekil 4.22. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	68
Şekil 4.23. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları.....	68
Şekil 4.24. Yardımcı monomer içermeyen AAm hidrojellerinin TG ve DTG eğrileri .....	70
Şekil 4.25. Yardımcı monomer içermeyen AAm/JEL yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	71
Şekil 4.26. Yardımcı monomer içermeyen AAm/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	71
Şekil 4.27. Yardımcı monomer içermeyen AAm/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	72
Şekil 4.28. 80 mg yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SA hidrojellerinin TG ve DTG eğrileri .....	73
Şekil 4.29. 80 mg yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	73
Şekil 4.30. 80 mg yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	74
Şekil 4.31. 80 mg yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	74
Şekil 4.32. 80 mg yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SSS hidrojellerinin TG ve DTG eğrileri .....	76
Şekil 4.33. 80 mg yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	76
Şekil 4.34. 80 mg yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	77
Şekil 4.35. 80 mg yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri .....	77
Şekil 4.36. AAm/SA hidrojellerinin şişme izotermi .....	80
Şekil 4.37. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin şişme izotermi .....	80
Şekil 4.38. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi .....	81
Şekil 4.39. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi .....	81

Şekil 4.40. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	82
Şekil 4.41. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	82
Şekil 4.42. AAm/SA hidrojellerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri.....	84
Şekil 4.43. AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri.....	85
Şekil 4.44. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri.....	85
Şekil 4.45. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	86
Şekil 4.46. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	86
Şekil 4.47. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	87
Şekil 4.48. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	87
Şekil 4.49. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	89
Şekil 4.50. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	89
Şekil 4.51. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	90
Şekil 4.52. AAm/SSS hidrojellerinin şişme izotermi.....	92
Şekil 4.53. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	92
Şekil 4.54. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	93
Şekil 4.55. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	93
Şekil 4.56. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	94
Şekil 4.57. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	94
Şekil 4.58. AAm/SSS hidrojellerinin ve AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri.....	96
Şekil 4.59. AAm/SSS/PVA ve AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri.....	96
Şekil 4.60. AAm/SSS/PEG ve AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri.....	97
Şekil 4.61. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	98
Şekil 4.62. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	98
Şekil 4.63. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	99
Şekil 4.64. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	99
Şekil 4.65. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	101
Şekil 4.66. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	101

Şekil 4.67. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri .....	102
Şekil 4.68. AAm/SA hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri .....	108
Şekil 4.69. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	108
Şekil 4.70. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	109
Şekil 4.71. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	109
Şekil 4.72. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	110
Şekil 4.73. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	110
Şekil 4.74. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	113
Şekil 4.75. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	113
Şekil 4.76. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	114
Şekil 4.77. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	114
Şekil 4.78. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	116
Şekil 4.79. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	116
Şekil 4.80. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	117
Şekil 4.81. AAm/SSS hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri.....	119
Şekil 4.82. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	119
Şekil 4.83. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	120
Şekil 4.84. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	120
Şekil 4.85. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	121
Şekil 4.86. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	121
Şekil 4.87. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	124
Şekil 4.88. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	124
Şekil 4.89. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	125
Şekil 4.90. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	125
Şekil 4.91. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	127
Şekil 4.92. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	127
Şekil 4.93. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri .....	128
Şekil 4.94. AAm/SA hidrojellerinde lnF-lnt eğrileri .....	130
Şekil 4.95. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri.....	130
Şekil 4.96. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	131
Şekil 4.97. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	131



Şekil 4.98. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	132
Şekil 4.99. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri.....	132
Şekil 4.100. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	135
Şekil 4.101. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	135
Şekil 4.102. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	136
Şekil 4.103. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	136
Şekil 4.104. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	138
Şekil 4.105. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	138
Şekil 4.106. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	139
Şekil 4.107. AAm/SSS hidrojellerinde lnF-lnt eğrileri .....	140
Şekil 4.108. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri.....	140
Şekil 4.109. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	141
Şekil 4.110. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri.....	141
Şekil 4.111. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri.....	142
Şekil 4.112. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	142
Şekil 4.113. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	145
Şekil 4.114. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	145
Şekil 4.115. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	146
Şekil 4.116. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	146
Şekil 4.117. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	148
Şekil 4.118. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	148
Şekil 4.119. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnt eğrileri .....	149
Şekil 4.120. Yardımcı monomer içermeyen yarı-IPN ve hidrojellerin SEM mikrografları .....	152
Şekil 4.121. 80 mg SA içeren yarı-IPN ve hidrojellerin SEM mikrografları.....	153
Şekil 4.122. 80 mg SSS içeren yarı-IPN ve hidrojellerin SEM mikrografları .....	154
Şekil 4.123. AAm/SA hidrojellerine MV soğurumu.....	156
Şekil 4.124. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerine MV soğurumu .....	156
Şekil 4.125. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerine MV soğurumu.....	157
Şekil 4.126. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerine MV soğurumu .....	157
Şekil 4.127. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerine MV soğurumu .....	158
Şekil 4.128. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerine MV soğurumu.....	158

Şekil 4.129. AAm/SA hidrojjlerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	159
Şekil 4.130. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	159
Şekil 4.131. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	160
Şekil 4.132. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	160
Şekil 4.133. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	161
Şekil 4.134. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	161
Şekil 4.135. AAm/SSS hidrojjelerine MV soğurumu .....	162
Şekil 4.136. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerine MV soğurumu .....	162
Şekil 4.137. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerine MV soğurumu .....	163
Şekil 4.138. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerine MV soğurumu .....	163
Şekil 4.139. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine MV soğurumu .....	164
Şekil 4.140. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerine MV soğurumu .....	164
Şekil 4.141. AAm/SSS hidrojjelerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	165
Şekil 4.142. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	165
Şekil 4.143. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	166
Şekil 4.144. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri.....	166
Şekil 4.145. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	167
Şekil 4.146. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çöztisindeki görünümüleri.....	167
Şekil 4.147. AAm/SA hidrojjelerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin kuru, suda şişmiş ve sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	178
Şekil 4.148. AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin kuru, suda şişmiş ve sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	178
Şekil 4.149. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin kuru, suda şişmiş ve sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	179
Şekil 4.150. AAm/SSS hidrojjelerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin kuru, suda şişmiş ve sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	180
Şekil 4.151. AAm/SSS/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin kuru, suda şişmiş ve sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	180
Şekil 4.152. AAm/SSS/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin kuru, suda şişmiş ve sulu MV çöztisindeki görünümüleri .....	181
Şekil 4.153. AAm/SA hidrojjeleri ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin q <sub>s</sub> -t grafiği .....	183
Şekil 4.154. AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin q <sub>s</sub> -t grafiği .....	183

Şekil 4.155. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin q <sub>s</sub> -t grafiği.....	184
Şekil 4.156. AAm/SSSS hidrojelleri ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin q <sub>s</sub> -t grafiği.....	185
Şekil 4.157. AAm/SSS/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin q <sub>s</sub> -t grafiği.....	185
Şekil 4.158. AAm/SSS/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin q <sub>s</sub> -t grafiği.....	186
Şekil 4.159. RS taşıyan AAm/SA hidrojellerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve salınım sonrası görünüşleri.....	188
Şekil 4.160. RS taşıyan AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve salınım sonrası görünüşleri .....	188
Şekil 4.161. RS taşıyan AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve salınım sonrası görünüşleri .....	189
Şekil 4.162. RS taşıyan AAm/SSS hidrojellerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve salınım sonrası görünüşleri.....	190
Şekil 4.163. RS taşıyan AAm/SSS/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve salınım sonrası görünüşleri .....	190
Şekil 4.164. RS taşıyan AAm/SSS/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve salınım sonrası görünüşleri .....	191



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Etkin madde salabilen polimerik sistemlerin sınıflandırılması.....	34
Çizelge 3.1. Yarı-IPN üretiminde kullanılan maddelerin kimyasal formülleri ve kısaltmaları.....	37
Çizelge 3.2. Soğurum çalışmalarında kullanılan metil viyole'nin bazı özellikleri .....	38
Çizelge 3.3. Denetimli salınım çalışmalarında kullanılan resorsinol'ün bazı özellikleri .....	38
Çizelge 3.4. JEL içeren AAm/SA ve AAm/SSS yarı-IPN ve hidrojellerinin bileşimi.....	41
Çizelge 3.5. PVA içeren polimerik örneklerin bileşimi .....	45
Çizelge 3.6. PEG içeren polimerik örneklerin bileşimi.....	49
Çizelge 3.7. RS içeren polimerik örneklerin bileşimi .....	52
Çizelge 4.1. AAm/SA hidrojellerinin ve AAm/SA/PVA ve AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin JEL içeriği ile %S <sub>d</sub> değerlerinin değişimi.....	83
Çizelge 4.2. SA içeren yarı-IPN'lerde %S <sub>d</sub> değerlerinin PVA ve PEG miktarı ile değişimi .....	88
Çizelge 4.3. AAm/SA/JEL, AAm/SA/JEL/PVA ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde %S <sub>d</sub> değerlerinin JEL miktarı ile değişimi .....	90
Çizelge 4.4. AAm/SSS hidrojellerinin ve AAm/SSS/PVA ve AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin JEL içeriği ile %S <sub>d</sub> değerlerinin değişimi.....	95
Çizelge 4.5. SSS içeren yarı-IPN'lerde %S <sub>d</sub> değerlerinin PVA ve PEG miktarı ile değişimi .....	100
Çizelge 4.6. AAm/SSS/JEL, AAm/SSS/JEL/PVA ve AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde %S <sub>d</sub> değerlerinin JEL miktarı ile değişimi.....	102
Çizelge 4.7. SA içeren yarı-IPN ve hidrojellerin DSİ değerleri.....	104
Çizelge 4.8. Farklı PVA ve PEG içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerleri .....	104
Çizelge 4.9. Farklı JEL içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerleri	105
Çizelge 4.10. SSS içeren yarı-IPN ve hidrojellerin DSİ değerleri .....	105
Çizelge 4.11. Farklı PVA ve PEG içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerleri .....	106
Çizelge 4.12. Farklı JEL içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerleri .....	106
Çizelge 4.13. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler .....	111
Çizelge 4.14. Farklı PVA içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	115
Çizelge 4.15. Farklı PEG içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	115
Çizelge 4.16. Farklı JEL içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	117
Çizelge 4.17. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler .....	122

Çizelge 4.18. Farklı PVA içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler .....	126
Çizelge 4.19. Farklı PEG içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler .....	126
Çizelge 4.20. Farklı JEL içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler .....	128
Çizelge 4.21. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon üsteli ve difüzyon sabiti değerleri .....	133
Çizelge 4.22. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon katsayıları .....	134
Çizelge 4.23. Farklı PVA içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri .....	137
Çizelge 4.24. Farklı PEG içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri .....	137
Çizelge 4.25. Farklı JEL içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri .....	139
Çizelge 4.26. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon üsteli ve difüzyon sabiti değerleri .....	143
Çizelge 4.27. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon katsayıları .....	144
Çizelge 4.28. Farklı PVA içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri .....	147
Çizelge 4.29. Farklı PEG içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri .....	147
Çizelge 4.30. Farklı JEL içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri .....	149
Çizelge 4.31. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin $q$ , %Ads ve $K_d$ değerleri .....	169
Çizelge 4.32. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin $q$ , %Ads ve $K_d$ değerleri .....	171
Çizelge 4.33. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin $q$ , %Ads ve $K_d$ değerleri .....	171
Çizelge 4.34. Farklı JEL içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin $q$ , %Ads ve $K_d$ değerleri .....	172
Çizelge 4.35. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin $q$ , %Ads ve $K_d$ değerleri .....	173
Çizelge 4.36. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin $q$ , %Ads ve $K_d$ değerleri .....	174
Çizelge 4.37. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin $q$ , %Ads ve $K_d$ değerleri .....	175
Çizelge 4.38. Farklı JEL içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin $q$ , %Ads ve $K_d$ değerleri .....	175
Çizelge 4.39. Çapraz bağlı kopolimerler ile MV arasındaki etkileşimler .....	177
Çizelge 4.40. Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin %Sal değerleri .....	187

## **EKLER DİZİNİ**

Ek 1.1. Metil viyole çözeltilerinin denge derişimlerinin hesaplanmasında kullanılan çalışma eğrisi.....	217
Ek 1.2. Resorsinol çözeltilerinin derişimlerinin hesaplanmasında kullanılan çalışma eğrisi.....	218





## 1. GİRİŞ

Makromoleküller olarak da adlandırılan polimerler, yaşantımızın vazgeçilmez bileşenleri olmalarının yanı sıra yeni malzemelerin de temel unsurlarından biridir. İnsanoğlu ilk çağlardan bu yana polimerik doğal ürünleri kullanmaktadır. Doğada lif halinde bulunan yün, doğal ipek, pamuk ve keten türü polimerler giyim amacı ile kullanılırken, doğada en bol bulunan polimer olan selüloz (ağaç, bitkiler) yine en çok kullanılan polimerlerden birisi olmuştur. 20. yüzyılın ortalarından itibaren polimer kimyasındaki gelişmelere bağlı olarak değişik plastik, lif, elastomer türlerinin sentetik olarak üretilmesi ve kullanıma sunulması ile polimerler insan hayatını kolaylaştıran önemli malzemeler haline gelmiştir (Gooch, 2007; Mark, 2007; Gnanou ve Fontanille, 2008; Paul ve Robeson, 2008; Peng vd., 2008; Saçak, 2008; Chu ve Hsiao, 2009; Schexnailder ve Schmidt, 2009; Antonietti ve Fratzl, 2010; Liu ve Urban, 2010; Ozay vd. 2010; Patrickios, 2010; Shoichet, 2010; Tokarev ve Minko, 2010; Özkahraman vd., 2011).

Polimerler; hafif, ucuz, mekanik özellikleri çoğu kez yeterli, kolay şekillendirilebilen, değişik amaçlarda kullanıma uygun, dekoratif, kimyasal açıdan inert ve korozyona uğramayan maddelerdir. Günümüzde polimerler bu üstün özelliklerinden dolayı pek çok alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarında her bilim dalından araştırmacının ilgisini çeken malzemelerdir. Tıp, biyokimya, biyofizik, biyoteknoloji, nanoteknoloji, veterinerlik, ilaç bilimi ve moleküler biyoloji açısından da polimerlerin önemi büyüktür (Bajpai ve Kankane, 2007; Gooch, 2007; Mark, 2007; Paul ve Robeson, 2008; Peng vd., 2008; Chu ve Hsiao, 2009; Ozay vd. 2009; Schexnailder ve Schmidt, 2009; Antonietti ve Fratzl, 2010; Elnashar, 2010; Patrickios, 2010; Shoichet, 2010; Wojnarovits vd., 2010; Wu vd., 2010).

Polimerler, çok sayıda monomerin kovalent bağlarla birbirine bağlanması sonucu elde edilen uzun zincirlerden oluşmuş dev moleküller topluluğudur. Polimeri oluşturan monomerlerin aynı türden olması ile “Homopolimer” oluşurken, değişik monomerlerden oluşan polimerler “Kopolimer” olarak nitelendirilir. Polimerler, polimerleşme tepkimesine ya da elde edilme tekniğine göre doğrusal ve dallanmış yapıda olduğu gibi çapraz bağlı ağ yapıda da olabilmektedir. Çapraz bağlı polimerler, üç boyutlu-ağ yapıda oldukları ve güçlü kovalent bağlarla birbirlerine

bağlandıkları için hiçbir çözücüde çözünmezler (Rubinstein ve Colby, 2004; Orakdögen ve Okay, 2006; Gooch, 2007; Mark, 2007; Kundakcı vd., 2008; Üzüm vd., 2008b; Elnashar, 2010; Patrickios, 2010; Shoichet, 2010).

Hidrojeller, sulu ortam ile temas ettiğinde çözünmeyen, suyun büyük miktarını bünyesinde tutarak şişme özelliği gösteren, çok sayıda hidrofilik gruplar içeren, üç boyutlu-ağ yapılı polimerlerdir. Yüksek su tutabilme özelliklerinden dolayı “aç ağ yapılar” olarak da adlandırılırlar. Ayrıca hidrojellerin şişme özellikleri, pH, sıcaklık, elektrik alan, morötesi ışınım gibi dış etkenlere bağlı olarak değişim gösterdiği için “akıllı polimerler” de denilmektedir. Değişik geometrik şekillerde hazırlanma kolaylığı, yüksek su içeriği, yumuşak ve kauçuğumsu yapısı, biyolojik sıvılar ile uyumlu olması ve etrafındaki dokulara maksimum uyum göstermesi gibi eşsiz özelliklere sahip olmaları hidrojellerin biyomateryal olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı çok yönlü malzemeler olan hidrojeller, biyotıp ve eczacılık alanındaki çalışmalarda geniş bir uygulama alanına sahiptir. (Rubinstein ve Colby, 2004; Bajpai ve Sharma, 2005; Gooch, 2007; Lee ve Lee, 2007; Mark, 2007; Paul ve Robeson, 2008; Pawde ve Deshmukh, 2008; Peng vd., 2008; Saçak, 2008; Chu ve Hsiao, 2009; Li vd., 2009a; Lyons vd., 2009; Tomic vd., 2009; Antonietti ve Fratzl, 2010; Ganji vd., 2010; Jagur-Grodzinski, 2010; Patrickios, 2010; Shoichet, 2010; Humelnicu vd., 2011).

Mekanik olarak dayanıklı polimerik malzemelerin geliştirilmesi için etkili bir yöntem, iki polimerin ağ yapısı oluşturmak üzere birleşmesi olarak tanımlanan “iç içe geçmiş ağ yapılı polimerler”in (Interpenetrating Polymer Networks, IPN) hazırlanmasıdır. IPN’i oluşturan yapılardan bir tanesi ağ yapılı olmak yerine düz zincirli yapıda bulunursa bu tür yapılar yarı-IPN olarak adlandırılırlar. IPN’ler iki karakteristik özelliğe sahip olmalıdırlar: birincisi; polimerlerden birisi diğerinin varlığında sentezlenmeli ya da çapraz bağlanmalıdır, ikincisi; polimerlerin birleşmesi ile yeni ve gelişmiş özelliklere sahip çok bileşenli polimerik sistemler elde edilmelidir (Lopes ve Felisberti, 2003; Mishra vd., 2007; Yue vd., 2008; Hoare ve Kohane, 2008; Li vd., 2009a; Üzüm ve Karadağ, 2011).

İç içe geçmiş ağ yapılar, kompozit malzemelerin özel bir sınıfıdır. Doğal ve yapay polimerlerin birlikte kullanılması ile istenilen özelliğe sahip IPN yapılar oluşturulabilir. Doğal ve yapay polimerler kullanılarak elde edilmiş IPN’ler, yapay bileşenin mekanik özelliği ile doğal bileşenin biyolojik özelliğinin birleştirilmesi

ile elde edilen yapılardır (Lopes ve Felisberti, 2003; Ekici ve Saraydın, 2007; Peng vd., 2008; Bajpai vd., 2008; Tang vd., 2008; Moraes vd., 2009; Rahman vd., 2010)

Doğal polimerler, biyoyumluluk, biyobozunurluk, toksik olmama ve çevresel koşullara kolay uyum sağlama özelliklerinden dolayı araştırmacıların yoğun bir şekilde ilgisini çeken yapılar olmuşlardır. Son yıllarda çoğu araştırmacı, jelatin, nişasta, kitin, kitosan, aljinat, karboksimetil selüloz, dextran gibi doğal polimerler üzerinde çalışmalar yapmaya odaklanmışlardır (Kosmala vd., 2000; Khurma vd., 2006; Klouda ve Mikos, 2008; Farris vd., 2009; Martinez-Ruvalcaba vd., 2009).

Jelatin, kollojenin asit veya baz hidrolizi ile üretilen biyobozunur bir doğal polimerdir. Çok sayıda fonksiyonel yan gruba sahip olan jelatin, jelleşme özelliğine sahiptir ve oldukça kolay bir şekilde çapraz bağlanabilir. Sahip olduğu bu özellikler, biyomateryal olarak kullanımı için jelatine oldukça önemli bir avantaj sağlamaktadır. Jelatin, biyoyumlu, toksik olmama, biyoetkin ve biyobozunur olma gibi özelliklere sahip olması nedeni ile önemli bir biyomedikal malzemedir. İlaç kapsülleme, kan durdurucu etkin madde, yara örtü zarı ve ilaç salınım sistemlerinde yaygın olarak kullanılır (Kosmala vd., 2000; Lee ve Yuk, 2007; Lee ve Lee, 2007; Yu ve Xiao, 2008; Kumari vd., 2010; Zhang vd., 2010; Kabiri vd., 2011).

Poli(vinil alkol) (PVA), suda çözünebilen, doğrusal yapıya sahip yapay bir polimerdir. Toksik ve kanserojen olmama, mekanik olarak dayanıklı, sıcaklık ve pH kararlılığının yüksek olması gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca su ve biyolojik sıvılarda yüksek oranda şişme özelliği göstermesi, elastik yapısı; kontak lensler, deri, yapay kıkırdak ve ilaç salınım sistemleri gibi çeşitli uygulamalarda biyomateryal olarak kullanımına olanak sağlamaktadır (Hassan vd., 2000; Mohan vd., 2005a; Pal vd., 2007; Yue vd., 2008; Lyons vd., 2009; Yang vd., 2011; Wei vd., 2011)

Poli(etilen glikol) (PEG), farklı amaçlarla pek çok biyomedikal uygulamada kullanılan, su ve organik çözücülerde çözünebilen yapay bir polimerdir. Biyoyumluluk, toksik özellik göstermeme ve hidrofilik olma gibi üstün fizikokimyasal ve biyolojik özellik göstermesi nedeniyle kontrollü salınım teknolojilerinde oldukça fazla ilgilenilen bir polimer olmuştur (Lee ve Lin, 2006;

Khurma ve Nand, 2008; Karadağ vd., 2010; Öztürk ve Hazer, 2010; Kundakcı vd., 2011; Sun vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2010, 2011)

Çapraz bağlı polimerlerin karakterizasyonu için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en temel olanları spektroskopik ve ısısal özelliklerin tanımlanmasına ve şişme özelliklerinin araştırılmasına yönelik yöntemlerdir.

Polimerik yapıların aydınlatılmasında en çok kullanılan spektroskopik yöntem Fourier Transform Infrared Spektroskopisidir (FT-IR). FT-IR spektroskopisi ile polimerlerin yapısal analizleri yapılmaktadır (Rabek, 1980; Braun, 1987; Skoog ve Leary, 1992; Lyons vd., 2009; Wei vd., 2011).

Isısal kararlılık, polimerik bir maddenin ısıtıldığında özelliklerini hiç değiştirmeden koruyabilme yeteneği olarak tanımlanır. Polimerlerin ısısal özelliklerinin araştırılmasında oldukça fazla kullanılan yöntemlerden birisi Termogravimetrik Analiz (Thermogravimetric analysis, TG) yöntemidir (Rabek, 1980; Braun, 1987; Eid vd., 2009; Abdelrazek vd., 2010; Nunes vd., 2010).

Şişme davranışı gösteren ağ yapılı polimerlerin karakterizasyonunda şişme kinetiğinin incelenmesi, difüzyon türü ve mekanizmasının aydınlatılması ve dengede sıvı içeriğinin (DSİ) belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla öncelikle şişme eğrilerinin oluşturulması gerekir. Şişme eğrileri, uygun çözücüye konulan polimerin kütleindeki ya da hacmindeki değişikliklerin zamanla değişiminin izlenmesi ile oluşturulur (Dolbow vd., 2004; Karadağ vd., 2009; Üzüm ve Karadağ, 2010, 2011).

Elde edilen veriler yardımıyla, denge yüzde şişme, difüzyon üsteli, difüzyon sabiti, başlangıç şişme hızı, şişme hız sabiti ve teorik denge yüzde şişme gibi değerler hesaplanarak ağ yapılı polimerlerin şişme kinetiği ve difüzyon türü belirlenebilir (Üzüm vd., 2008b; Karadağ vd., 2009, 2010; Kundakcı vd., 2009; Üzüm ve Karadağ, 2010, 2011).

Karakterizasyon için kullanılan bu yöntemlere ek olarak, ağ yapılı polimerlerin yüzey gözenekliliğinin izlenebilmesi amacıyla taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscopy, SEM) ile elde edilen görüntülerin kullanımı son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır (Sahiner ve Jia, 2008; Aouada vd., 2011; Koul vd., 2011; Sun vd., 2011).

Ağ yapılı polimerik sistemler yüksek oranda su tutma yeteneklerinden ötürü, adsorpsiyon için çok uygundur. Ağır metal iyonlarının ve boyarmaddelerin yüzeye soğurum yöntemiyle sulu ortamlardan uzaklaştırılmasında kullanılabilirler. Bu amaçla kullanılacak ağ yapılı polimerlerin soğurum özellikleri, sabit sıcaklıkta yürütülen adsorpsiyon çalışmaları ile belirlenir. Oluşturulan adsorpsiyon izotermi yardımıyla adsorpsiyon kapasitesi, yüzde adsorpsiyon ve dağılma katsayısı gibi parametreler hesaplanabilir (Karadağ vd., 2009; Kundakcı vd., 2009; Li, vd., 2009; Wang vd., 2010; Üzümlü ve Karadağ, 2011)

Etkin maddelerin bir sistem içerisinde istenen süre boyunca, belirlenmiş bir hızla ve gereken miktarda salınımının sağlanmasıyla oluşturulan sistemler “Denetimli Salınım Sistemleri” olarak bilinirler. Denetimli salınım sistemlerinde kullanılan etkin maddeler, tıp, dişçilik, ziraat, veterinerlik gibi alanlarda kullanılan ilaçlar, proteinler, enzimler vb. maddeler olabilir. Taşıyıcı olarak ise çok yönlü olmaları nedeniyle genellikle polimerik malzemeler ve hidrojel kullanılır (Tao ve Desai, 2003; Liechty vd., 2010; Percosolido vd., 2011; Yerriswamy vd., 2011).

Bu çalışmada öncelikle doğal bir polimer olan jelatin ile çapraz bağlı polimer üretiminde yaygın kullanılan akrilamidin ana yapı olarak birlikte oluşturacakları yeni bir polimerik taşıyıcı/soğurucu üretimi, karakterizasyonu ve biyopotansiyel kullanım (model molekül soğurum ve model molekül salınım alanlarında) kapasitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Ana yapıya sodyum akrilat ve sodyum stiren sülfonat gibi yardımcı monomerler ve yeni IPN yapı oluşturmak amacı ile poli(vinil alkol) ve poli(etilen glikol) gibi yapay polimerler eklenerek oluşturulan yeni polimerik taşıyıcı/soğurucu sistemlere bu polimerlerin katkısı da araştırılmıştır.

Yarı-IPN’lerin ve hidrojellerin karakterizasyonları için spektroskopik, ısısal ve şişme karakterizasyonu yöntemleri kullanılmıştır. Yüzey gözenek yapısının aydınlatılması amacıyla SEM görüntüleri elde edilmiştir. Yarı-IPN’lerin ve hidrojellerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılması amacıyla “Metil viyole” boyarmaddesi kullanılarak sabit sıcaklıkta soğurum çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, etkin madde olarak “Resorsinol” seçilerek, etkin madde taşıyan yarı-IPN’lerin ve hidrojellerin üretimleri gerçekleştirilmiştir. Resorsinol taşıyan yarı-IPN’lerden ve hidrojellerden etkin madde salınımı sabit sıcaklıkta araştırılmıştır.

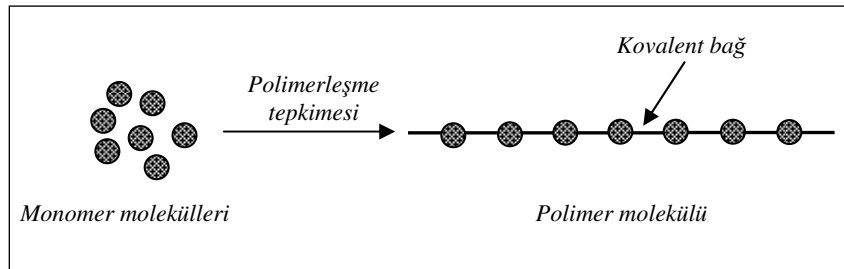


## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Polimerlerin Genel Özellikleri

Polimerler, çok sayıda yinelenen yapısal birimlerden oluşan, polimerleşme tepkimeleri ile üretilen dev moleküllerdir. Makromoleküller olarak da adlandırılan polimer molekülünde bulunan yapısal birimler, monomer olarak adlandırılırlar ve birbirlerine kovalent bağlarla bağlanarak büyük moleküller oluşturabilen küçük mol kütleli kimyasal maddelerdir (Sperling, 2006; Gooch, 2007; Gnanou ve Fontanille, 2008; Patrickios, 2010).

Monomer molekülleri, Şekil 2.1’de basit olarak gösterilen polimerleşme tepkimeleri üzerinden birbirlerine bağlanırlar ve polimer molekülünü oluştururlar.

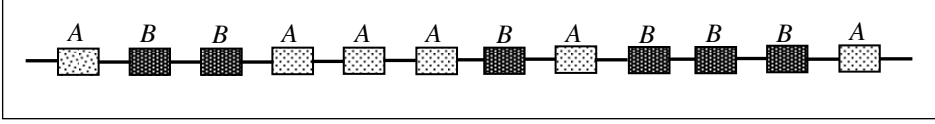


Şekil 2.1. Monomer moleküllerinin polimerleşme tepkimesi ile polimer molekülünü oluşturması

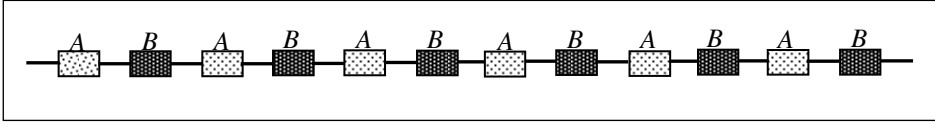
Tek tür monomerden çıkılarak sentezlenen polimerlere “Homopolimer” adı verilirken, zincirlerinde kimyasal yapısı farklı iki monomer bulunduran polimerler “Kopolimer” olarak adlandırılır (Sperling, 2006; Saçak, 2008).

Monomer moleküllerinin kopolimer zincirlerindeki diziliş biçimi sentez yönteminden ve polimerleşme mekanizmasından etkilenir. Kopolimerin hazırlanmasında A ve B gibi iki farklı monomer kullanıldığında elde edilecek polimerin ana zincirinde, genel olarak aşağıda verilen üç düzenlenme beklenir (Sperling, 2006; Saçak, 2008).

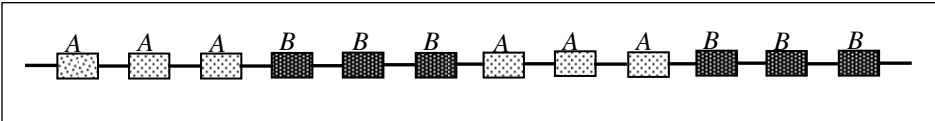
**a) Rastgele kopolimer:** Bu tip kopolimerlerde, A ve B monomer birimlerinin zincir boyunca sıralanmalarında belli bir düzen yoktur. Olefinlerin radikalik kopolimerleşmeleri genelde rastgele kopolimer verir. Rastgele kopolimerlerin özellikleri genellikle kendisini oluşturan homopolimerlerin özelliklerinden farklıdır.



**b) Ardışık kopolimer:** Ardışık kopolimerlerde, A ve B monomer birimleri polimer zinciri boyunca bir A bir B olacak şekilde sıralanmışlardır. Ardışık kopolimerlerin özellikleri homopolimerlerinin özelliklerinden farklıdır.



**c) Blok kopolimer:** Blok kopolimerler kimyasal yapısı farklı iki homopolimer zincirinin uçlarından birbirine bağlanması ile oluşur. İki farklı monomerin verdiği iki bloklu kopolimerde, zincirin bir parçasında A monomer bloğu, diğer kısmında B monomer bloğu bulunur. Blok kopolimerlerin birçok özelliği kendisini oluşturan homopolimerlerin özellikleri arasındadır. Blok kopolimerlerin özel bir türü de aşı (graft) kopolimerleridir. Bu tip kopolimerlerde kimyasal yapıları farklı iki polimer zinciri, zincir sonları dışından bir yerden birbirlerine bağlanmışlardır.





### 2.1.1. Polimerleşme Tepkimeleri

Polimerler, çok sayıda aynı veya farklı grupların kimyasal bağlarla az veya çok düzenli bir biçimde bağlanarak oluşturduğu uzun zincirli ve yüksek mol kütleli moleküller topluluğudur. Kopolimer ya da homopolimer oluşturulurken, doğrusal ya da dallanmış zincirler yanında, seçilen tekniğe uygun olarak çapraz bağlı kopolimerik ya da homopolimerik yapılar da elde edilmektedir. Çapraz bağlı polimerler, üç boyutlu olarak ağ yapıda buldukları ve güçlü kovalent bağlar ile birbirlerine bağlandıkları için hiçbir çözücüde çözünmezler.

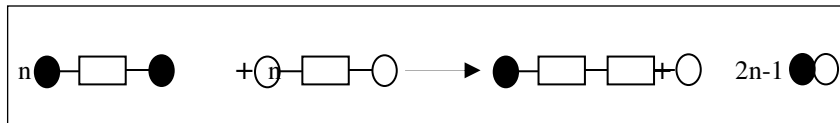
Polimerlerin sentezinde kullanılan yöntemler mekanizmaları göz önüne alınarak temelde kondenzasyon (basamak) polimerleşmesi ve zincir (katılma) polimerleşmesi olmak üzere iki grup altında incelenebilir (Billmeyer, 1984; Odian, 1991; Saçak, 2008; Patrickios, 2010).

#### 2.1.1.1. Kondenzasyon (basamaklı) polimerleşmesi

Kondenzasyon polimerleri benzer veya farklı yapıdaki polifonksiyonel monomerlerin, genellikle küçük bir molekül çıkararak tepkimeye girmesiyle elde edilir.  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-NH_2$ , vb. gibi fonksiyonel gruplardan en az iki tane taşıyan monomerler, esterleşme ve amidleşme gibi tepkimelerle genellikle  $H_2O$ ,  $NH_3$ , gibi küçük moleküller çıkararak kondenzasyon polimerlerini oluştururlar.

Poliüretanların elde edildiği üretan oluşumu ve naylon 6'nın elde edildiği kaprolaktam halka açılması gibi küçük molekül çıkışı olmadan doğrudan monomerlerin katılması şeklinde yürüyen polimerleşme tepkimeleri de genellikle bu grup içinde değerlendirilir.

Kondenzasyon polimerlerinin oluşum mekanizması Şekil 2.2'de şematik olarak gösterilmiştir.

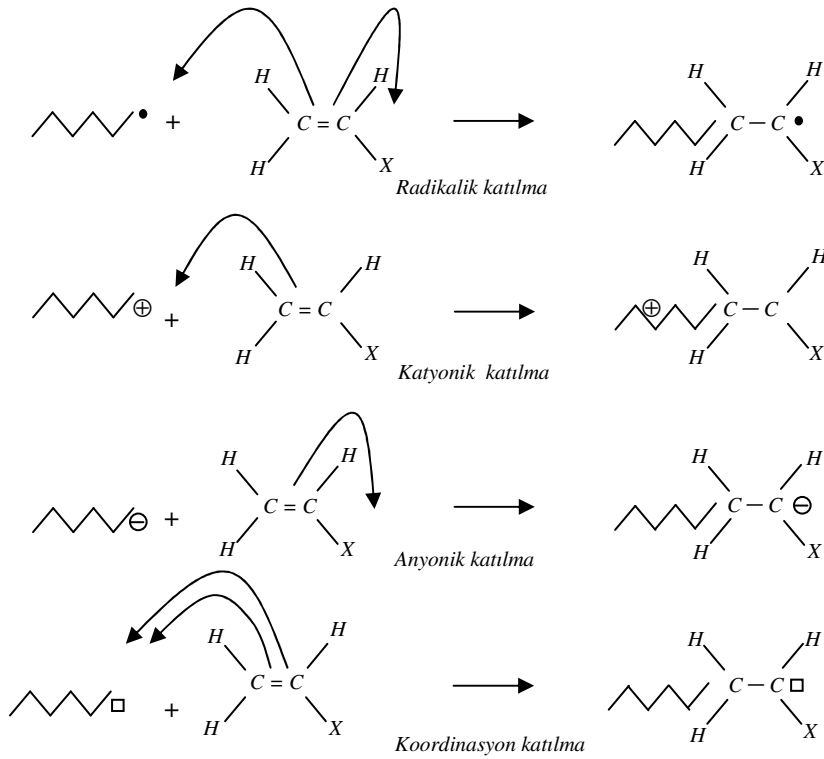


Şekil 2.2. Kondenzasyon polimerlerinin oluşum mekanizmasının şematik gösterimi

### 2.1.1.2. Katılma (zincir) polimerleşmesi

Katılma polimerleşmesinde, monomerler doğrudan birbirlerine katılarak polimer zincirini oluştururlar. Katılma polimerleşmesi serbest radikaller, iyonlar (kasyon ve anyon) ya da koordinasyon kompleks sistemler üzerinden yürüyebilir.

Bir vinil monomeri ( $\text{CH}_2=\text{CHX}$ ) için katılma polimerleşmesinin büyüme basamağı mekanizması Şekil 2.3'deki gibi gösterilebilir (Campbel, 1994; Gnanou ve Fontanille, 2008).

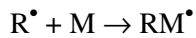
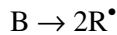


Şekil 2.3. Vinil monomeri için katılma polimerleşmesinin büyüme basamağı mekanizmaları

- $\rightarrow$  ; elektron yoğunluğunun yönünü,  $\bullet$  ; çiftlenmemiş elektronu,  
 $\square$  ; bir çift elektron için boşluğu göstermektedir

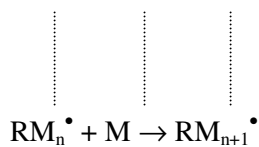
Serbest bir elektron taşıyan kimyasal türlere radikal adı verilir. Serbest radikal polimerleşmesi; radikallerle yürütülen katılma polimerleşmesi olup, başlama, büyüme ve sonlanma olmak üzere üç basamakta gelişir.

Başlama basamağında, monomer molekülleri, kimyasal (başlatıcılar) ya da fiziksel (UV, yüksek enerjili ışınlar, ısı, ışık, ses dalgaları gibi) yollarla etkileştirilerek radikal haline dönüştürülür. Bu amaçla izlenen en yaygın yöntem, sisteme dışarıdan kimyasal başlatıcıların eklenmesidir. Başlatıcılar; ısı ile kolaylıkla parçalanıp radikal oluşturan maddelerdir. Başlatıcı olarak; inorganik ya da organik başlatıcılar (hidrojen peroksit, benzoil peroksit, amonyum persülfat, vb), diazo bileşikleri (azobisizobutironitril, trifenil azo benzen, vb) ve redoks başlatıcıları (alkil peroksit, aril peroksit ya da hidroperoksitler ile yükseltgenebilen metal iyonları) kullanılmaktadır (Kaewpirom ve Boonsang, 2006; Lin ve Metters, 2006; Kopecek ve Yang, 2007; Martinez-Ruvalcaba vd., 2009; AL-Sabagh ve Abdeen, 2010; Rafat, 2010; Koul vd., 2011). Başlama basamağı tepkimeleri;

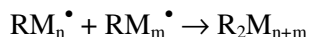


biçiminde gösterilebilir. B; başlatıcıyı,  $R^{\bullet}$ ; radikali, M; monomeri ve  $RM^{\bullet}$ ; monomer radikalini göstermektedir.

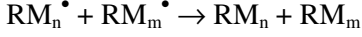
Büyüme basamağında, monomer radikaline çok sayıda çarpışmalarla diğer monomerler katılır ve polimer zinciri hızla büyür;



Sonlanma basamağı, büyüyen polimer zincirinin etkinliğini yitirerek ölü polimer haline geçtiği basamaktır. Sonlanma, birleşmeyle ya da orantısız olabilir;



Birleşmeyle sonlanma



Orantısız sonlanma

Katılma polimerleşmesi serbest radikaller üzerinden olduğu kadar iyonlar (anyon ve katyon) ve koordinasyon kompleks yapıcı maddeler üzerinden de yürüyebilir. Bir monomerin hangi iyonik mekanizma üzerinden polimerleştirileceği, vinil monomerindeki yan gruba bağlıdır. Yan grup, elektron çekici ise polimerleşme anyonik, elektron itici ise polimerleşme katyonik mekanizma üzerinden yürür.

İyonik polimerleşme de serbest radikal polimerleşmesi gibi başlama, büyüme ve sonlanma basamaklarından oluşmaktadır. İyonik polimerleşmeyi başlatmak üzere bazik ya da asidik başlatıcılar kullanılır.

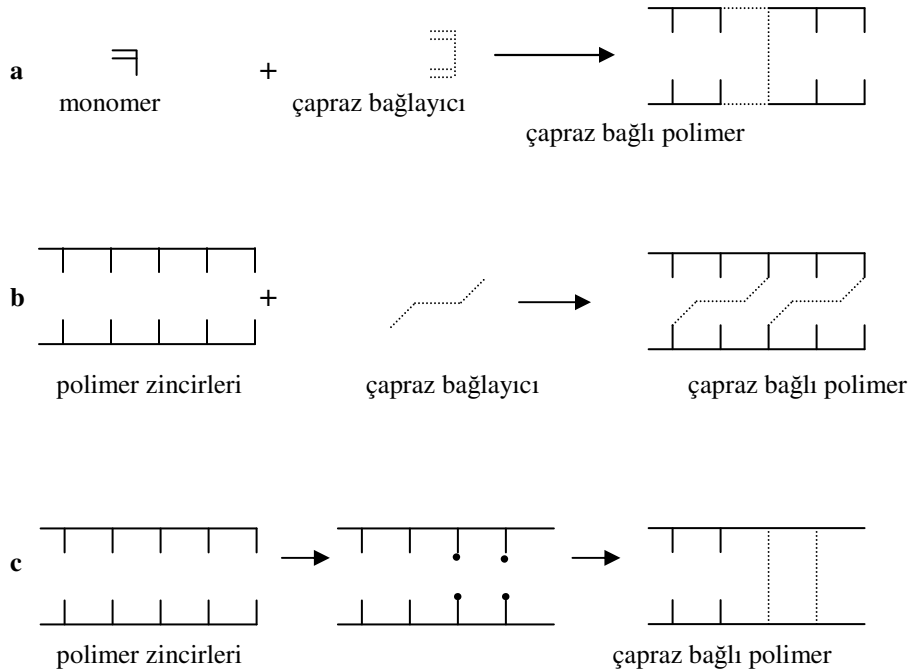
### 2.1.2. Çapraz Bağlanma

Homopolimerik ya da kopolimerik zincirler; doğrusal, dallanmış ve çeşitli oranlarda çapraz bağlanmış durumda olabilirler. Çapraz bağ bulunduğu ana zincire benzer türde ya da kullanılan çapraz bağlayıcı nedeniyle farklı türde olabilir.

Polimerlerde çapraz bağlanma tepkimesi çapraz bağlayıcı kullanılarak monomerden polimer oluşumu sırasında çapraz bağlayıcının ana zincirde yer alması şeklinde olabildiği gibi (Şekil 2.4a), oluşmuş polimer zincirlerinin çapraz bağlayıcı ile kovalent bağlarla bağlanması şeklinde de (Şekil 2.4b) olabilmektedir. Ayrıca yüksek enerjili iyonlaştırıcı ışınlarla çapraz bağlayıcı kullanılmadan çapraz bağlanma gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 2.4c).

Çapraz bağlı polimerlerde zincirler üç boyutlu olarak birbirlerine bağlandıklarında ağ yapılı polimerleri oluştururlar. Çapraz bağlı ya da ağ yapılı polimerler; kütle, çözelti, süspansiyon ve emülsiyon polimerleşme tepkimeleriyle elde edilebilirler.

Doğrusal ya da dallanmış polimerler, zincir yapılarına göre polar ya da apolar çözücülerde çözünürler. Dallanmış polimerlerde her dal bir zincire ait iken çapraz bağlı polimerlerde dallar birden fazla zincire aittir ve bu zincirler birbirlerine güçlü kovalent bağlarla bağlanmıştır. Bu nedenle çapraz bağlı polimerler çözücülerde çözünmeyip şişerler.



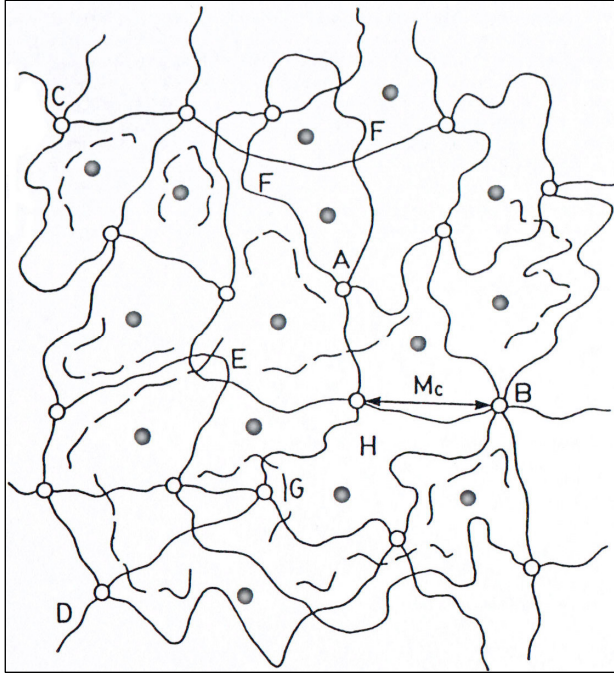
Şekil 2.4. Çapraz bağlanma tepkimeleri

## 2.2. Hidrojeller

Hidrojeller, sulu ortamda bırakıldıklarında çözünmeyen, suyun büyük miktarını bünyesinde tutarak şişme özelliği gösteren, çok sayıda hidrofilik gruplar içeren, üç boyutlu-ağ yapılı polimerlerdir. Kütlelerinin %20'sinden daha fazla çözücüyü bünyelerine alarak şişme yeteneğine sahip çapraz bağlı homopolimerler veya kopolimerler kserojel (xerogel) olarak adlandırılırlar. Çözücü su olduğunda ise çapraz bağlı bu yapılar hidrojel adını alır. Hidrojeller, süssever olmaları nedeniyle hidrofil polimerler olarak da adlandırılırlar. Üç boyutta çapraz bağlanmalarla oluşan ağ yapıda bağlar kovalent ya da iyoniktir. Bir hidrojinin çapraz bağlı yapısı Şekil 2.5'de verilmiştir (Hoffman, 2002; Lin ve Metters, 2006; Üzüm, 2008a; Ganji vd., 2010).

Kimyasal ve fiziksel yapılarına bağlı olarak nötral hidrojjeller, iyonik hidrojjeller, iç içe geçmiş ağ yapılar olmak üzere üç tip hidrojel vardır. Bir polimerin hidrojel özelliği gösterebilmesi için ana zincir ya da yan dallarında hidroksil, karboksil,

karbonil, amin ve amid gibi hidrojen bağı oluşturabilme yeteneğine sahip susever grupların bulunması gerekir. Bu gruplardan dolayı bağılı duruma geçen su nedeniyle çapraz bağı polimer hacim ve kütle artışıyla şişmeye başlar. Çapraz bağı polimerdeki susever grupların fazla sayıda olması daha fazla şişmeye sebep olur.



Şekil 2.5. Çapraz bağı hidrojel yapı. A; Dört fonksiyonlu, B; Çok fonksiyonlu çapraz bağı göstermektedir. C ve D; Zincir uçlarıdır. E; Dolaşmış ve birbirine karışmış zincirleri göstermektedir. F; İki zincir takılmasını göstermektedir. G; Çapraz bağlanmamış küçük zincirleri gösterir.  $M_c$ ; İki çapraz bağı merkezi arasındaki zincirin molekül kütesidir. H; difüzyon için uygun olan çapraz bağı arasındaki boşluk. •; Çapraz bağı arasındaki boşluklara difüzyonlanan çözücü

### 2.3. İç İçe Geçmiş Ağ Yapılı Polimerler (IPN)

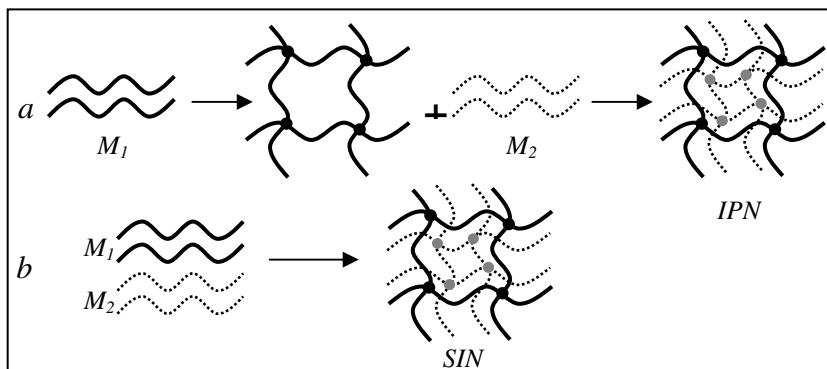
“İç içe geçmiş ağ yapılı polimerler” (Interpenetrating Polymer Network, IPN) kendisini oluşturan polimerlerden birisinin ya da tümünün çapraz bağlı olduğu, üç boyutlu ağ yapılarıdır. IPN’i oluşturan her bir ağ yapısı aynı anda ya da sonradan oluşturulabilir. IPN’deki ağ yapıları kimyasal olarak birbirlerine bağlanabilirler. IPN’lerden hazırlanan materyaller içerdikleri her bir polimerik ağ yapısının özelliklerini gösterirler. IPN’i oluşturan polimerlerden bir tanesi ağ yapılı olmak yerine düz zincirli yapıda bulunursa bu tür yapılar yarı-IPN olarak adlandırılırlar (Mishra vd., 2007; Bajpai vd., 2008; Yue vd., 2008; Hoare ve Kohane, 2008; Li vd., 2009a; Karadağ vd., 2009; Koul vd., 2011; Üzümlü ve Karadağ, 2011).

#### 2.3.1. IPN’lerin Sınıflandırılması

IPN’ler sentez yöntemine göre iki alt gruba ayrılmıştır.

**a) Ardışık iç içe geçmiş ağ yapılı polimerler:** Ağ yapılı polimeri oluşturacak bileşenlerden ilki çapraz bağlı olarak sentezlenir. Diğer bileşenin monomeri, çapraz bağlayıcısı ve başlatıcısı eklenerek ilk polimer içinde sentezlenir. Bu şekilde elde edilen IPN’ler; ardışık IPN’ler olarak adlandırılır (Şekil 2.6a).

**b) Eş zamanlı iç içe geçmiş ağ yapılı polimerler (SIN):** Eş zamanlı iç içe geçmiş ağ yapılı polimerlerde (Simultaneous Interpenetrating Polymer Networks), her iki bileşenin monomerleri, çapraz bağlayıcıları ve başlatıcı eklenerek aynı anda polimerleşmeleri sağlanır. Oluşan polimerler, eş zamanlı IPN’ler olarak adlandırılır (Şekil 2.6b).



Şekil 2.6. IPN ve SIN sentezinin şematik gösterimi

İç içe geçmiş ağ yapıları polimerler yapılarına göre;

i. Yarı-IPN (semi-IPN)

ii. Tam IPN

iii. Termoplastik IPN

iv. Lateks IPN

v. Gradient IPN

olarak sınıflandırılmaktadır.

Yarı-IPN'ler; yalnızca bileşenlerden birisinin çapraz bağlı olduğu yapılardır ve her iki yöntemle de sentezlenebilirler. Tam IPN yapıda ise; tüm bileşenler ağ yapıdadır. Termoplastik IPN'ler fiziksel çapraz bağların kimyasal çapraz bağlardan daha çok olduğu IPN türleridir. Lateks IPN'ler; çekirdek-kabuk yapısını gösteren lateks parçacıkları şeklinde elde edilen yapılardır. Gradient IPN'ler ise; çapraz bağ yoğunluğunun ya da bileşiminin, bir bölgeden diğerine geçildiğinde sırasıyla her bir bileşenin özelliğini gösterdiği yapılar olarak tanımlanmaktadır (Bischoff ve Cray, 1999; Bajpai vd., 2008; Karadağ vd, 2009; Kundakcı vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2011).

İç içe geçmiş ağ yapıları, kompozit malzemelerin özel bir sınıfıdır. Doğal ve yapay polimerlerin birlikte kullanılması ile istenilen özelliğe sahip IPN yapıları oluşturulabilir. Doğal ve yapay polimerler kullanılarak elde edilmiş IPN'ler, yapay bileşenin mekanik özelliği ile doğal bileşenin biyolojik özelliğinin birleştirilmesi ile elde edilen yapılardır (Lopes ve Felisberti, 2003; Peng vd., 2008; Bajpai vd., 2008; Yang vd., 2008; Carvalho vd., 2009; Moraes vd., 2009; Rahman vd., 2010).

### **2.3.2. Yarı-IPN Oluşumunda Kullanılan Polimerler**

IPN'lerin üretiminde jelatin, karboksimetil selüloz, kitin, kitosan, alginat gibi doğal polimerler, poli(vinil alkol), poli(etilen glikol), poliakrilamid, poli(N-izopropil alkol), gibi yapay polimerler kullanılmaktadır. Kullanım amacı ve yerine göre sözü edilen polimerlerin bir araya getirilmesi ile değişik fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip IPN sistemleri oluşturulabilir (Ekici ve Saraydın, 2007; Eid vd., 2009; Hong vd., 2009; Abdelrazek vd., 2010; Aouada vd., 2011; Koul vd., 2011).

Doğal polimerler, biyoyumluluk, biyobozunurluk, toksik olmama ve çevresel koşullara kolay uyum sağlama özelliklerinden dolayı IPN oluşumunda oldukça



yoğun bir şekilde kullanılan yapılar olmuşlardır. Son yıllarda çoğu araştırmacı, jelatin, nişasta, kitin, kitosan, aljinat, karboksimetil selüloz, dextran gibi doğal polimerler üzerinde çalışmalar yapmaya odaklanmışlardır. (Kosmala vd., 2000; Khurma vd., 2006; Klouda ve Mikos, 2008; Farris vd., 2009; Martinez-Ruvalcaba vd., 2009; Zhang vd., 2010; Kabiri vd., 2011).

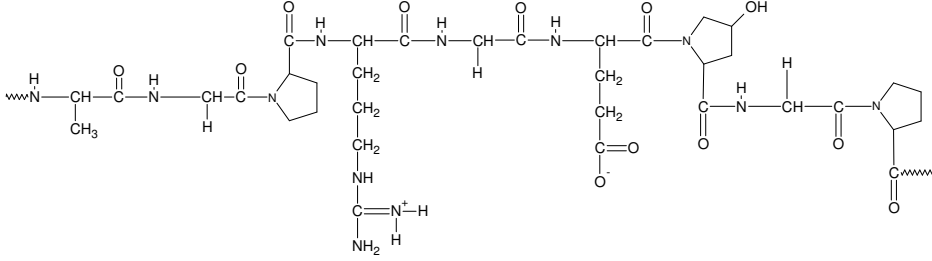
Bu çalışmada IPN yapının oluşumu için doğal polimer olarak jelatin seçilmiştir.

### **2.3.2.1. Jelatin**

Jelatin, yarı saydam, kırılğan, kokusuz ve suda çözünebilen bir proteindir. Deri, kemik gibi bağ dokularında en bol bulunan kollajenin fiziksel, kimyasal veya ısıl bozunması ile elde edilen hayvansal kaynaklı doğal bir polimerdir. Jelatin, ısıtıldığında erir ve soğutulduğunda tekrar katı hale gelir. Su ile temas ettiğinde koloidal jel oluşturur. (Rokhade vd., 2006; Lee ve Lee, 2007; Pawde ve Deshmukh, 2008; Abou Taleb vd., 2009; Eid vd., 2009; Kumari vd., 2010; Kabiri vd., 2011).

Çok sayıda fonksiyonel yan gruba sahip olan jelatin, jelleşme özelliğine sahiptir ve oldukça kolay bir şekilde çapraz bağlanabilir. Jelatin, kollajenin asidik veya bazik hidrolizi ile elde edilebilir. (Bigi vd., 2004; Rokhade vd., 2006; Peng vd., 2008; Eid vd., 2009; Moraes vd., 2009; Rahman vd., 2010).

Jelatin, biyouyumlu, toksik olmama, biyoetkin ve biyobozunur olma gibi özelliklere sahip olması nedeni ile önemli bir biyomedikal malzemedir. İlaç kapsülleme, kan durdurucu etkin madde, yara örtü zarı ve ilaç salınım sistemlerinde yaygın olarak kullanılır (Kosmala vd., 2000; Bigi vd., 2004; Lee ve Yuk, 2007; Lee ve Lee, 2007; Yu ve Xiao, 2008; Moraes vd., 2009; Kumari vd., 2010; Kabiri vd., 2011).

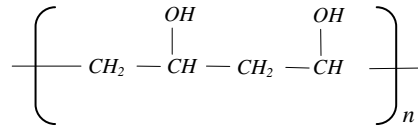


Şekil 2.7. Jelatin'in kimyasal yapısı (Kumari vd., 2010)

Doğal polimerlerin özelliklerini geliştirebilmek amacı ile IPN yapılar oluşturulurken yapay polimerler eklenebilir. Bu çalışmada IPN yapıların oluşturulabilmesi için PVA ve PEG gibi iki yapay polimer seçilmiştir.

### 2.3.2.2. Poli(vinil alkol)

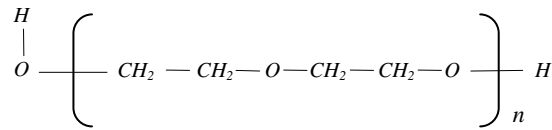
Poli(vinil alkol), PVA suda çözünebilir, doğrusal yapıya sahip yapay bir polimerdir (Şekil 2.8). Poli(vinil asetat)'ın metanol veya su ile kısmi veya tam hidrolizi ile elde edilir. Toksik ve kanserojen olmama, mekanik olarak dayanıklılık, elastik yapıya sahip olma, sıcaklık ve pH kararlılığının yüksek olması gibi özelliklere sahiptir. Hidrofilik doğası nedeni ile su ve biyolojik sıvılarda yüksek oranda şişme özelliği gösterir. Bu özellikleri, kontak lensler, deri, yapay kıkırdak, göz tedavisi ile ilgili malzemeler, ilaç salınım sistemleri, boyarmadde içeren atık sular için soğurucu olma ve sensör çalışmaları gibi çeşitli biyomedikal ve endüstriyel uygulamalarda PVA'nın kullanımına olanak sağlamaktadır. (Hassan vd., 2000; Mohan vd., 2005a; Bajpai ve Sharma, 2005; Mishra vd., 2007; Pal vd., 2007; Pawde ve Deshmukh 2008; Yue vd., 2008; Lyons vd., 2009; Moraes vd., 2009; Yang vd., 2008; Yang vd., 2011; Wei vd., 2011).



Şekil 2.8. Poli(vinil alkol)'ün kimyasal yapısı

### 2.3.2.3. Poli(etilen glikol)

Poli(etilen glikol), PEG farklı amaçlarla pek çok biyomedikal uygulamada kullanılan, su ve organik çözücülerde çözünebilen yapay bir polimerdir (Şekil 2.9). Biyouyumluluk, toksik özellik göstermeme ve hidrofilik olma gibi üstün fizikokimyasal ve biyolojik özellik göstermesi nedeniyle kontrollü salınım teknolojilerinde oldukça fazla ilgilenilen bir polimer olmuştur. PEG kullanılarak üretilen polimerik sistemler için su tutma yetenekleri, boyarmadde ve ağır metal iyonlarının yüzeye soğurum özelliklerinin incelendiği pek çok çalışma bulunmaktadır (Lee ve Lin, 2006; Kaihara vd., 2008; Khurma ve Nand, 2008; Karadağ vd., 2009; Lin ve Fu, 2009; Karadağ vd., 2010; Kundakcı vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2010, 2011)



Şekil 2.9. Poli(etilen glikol)'ün kimyasal yapısı

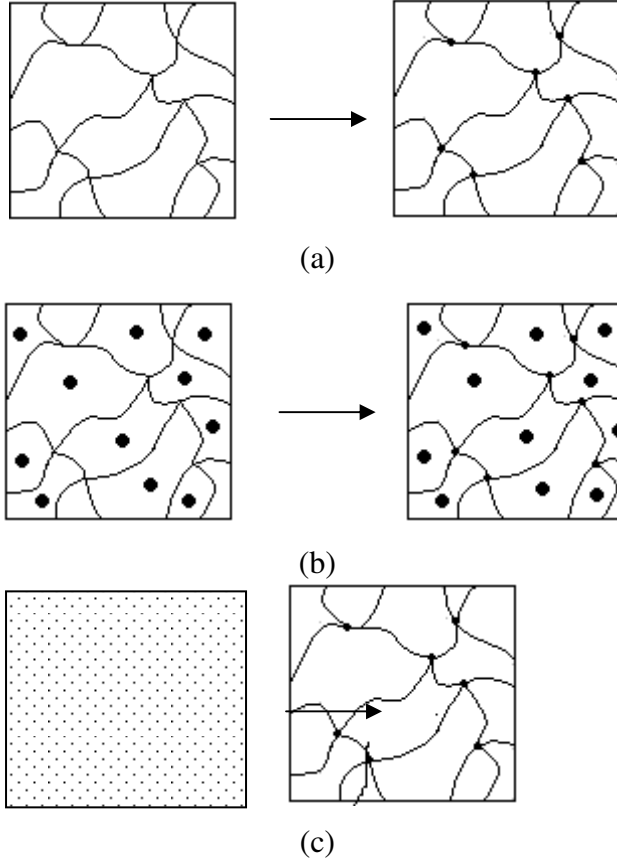
## 2.4. IPN ve Hidrojel Üretimi

Şişmiş ve hidrofilik gruplar içeren ağ yapılı polimerlerin sentezinde aşağıdaki teknikler izlenebilir (Tanaka, 1981; Gombotz ve Hoffmann, 1986; Peppas ve Mikos, 1986; Güven vd., 1999; Hennink ve Van Nostrum, 2002; Saraydın vd., 2004; Karadağ vd., 2010; Koul vd., 2011; Kundakcı vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2010, 2011).

❖ Çözelti veya katı haldeki kopolimer ya da homopolimerin çapraz bağlanması ve sonradan su veya uygun bir biyolojik sıvı veya çözücüde şişmeye bırakılması.

❖ Bir veya daha çok, tek fonksiyonlu veya çok fonksiyonlu monomerlerin birlikte kopolimerleşme ve çapraz bağlanmasının sonrasında uygun bir ortamda şişmeye bırakılması.

Anlatılan bu durumları daha iyi açıklamak için Şekil 2.10 düzenlenmiştir.



Şekil 2.10. Çapraz bağlı polimerlerin sentezinde görülebilen üç durumun şematik gösterimi

- Katı bir polimerin çapraz bağlanması.
- Çözelti halindeki bir polimerin çapraz bağlanması.
- İki monomerin birlikte kopolimerleşmesi ve aynı zamanda da çapraz bağlanması. (Monomerlerden birisi çapraz bağlayıcı olarak davranabilmektedir).

### 2.4.1. Kimyasal Çapraz Bağlanma ile IPN ve Hidrojel Üretimi

IPN ve hidrojellerin hazırlanmasında kullanılan iki temel teknikten birisi çok az çapraz bağlı madde kullanımı ile doğrusal ya da dallanmış homopolimer ya da kopolimerin doğrudan çapraz bağlanması tekniğidir. Çözeltide yürütülen bu tepkimelerde genellikle sulu çözeltiler kullanılır. Bununla birlikte çok küçük tanecikli olan hidrojellerin üretiminde süspansiyon polimerleşmesi de kullanılabilir.

Hidrofilik polimerlerin büyük çoğunluğunda, iki ya da çok fonksiyonlu çapraz bağlayıcı madde kullanılır. Formaldehit, asetaldehit, ve glutaraldehit gibi aldehitler, maleik ve okzalik asit, etilen glikol dimetakrilat, 1,4-bütandiol dimetakrilat, trimetilol propan triakrilat, N,N'-metilenbisakrilamid, poli(etilen glikol) diakrilat, poli(etilen glikol) dimetakrilat, triallil amin, divinil sülfat ve seryum yükseltgenme-indirgenme sistemleri çapraz bağlayıcı maddeler olarak bu tür hidrojel hazırlama tekniğinde kullanılır (Tanaka, 1981; Gombotz ve Hoffmann, 1986; Alvarez-Lorenzo ve Concheiro, 2002; Hennink ve Van Nostrum, 2002; Karadağ vd., 2002; Saraydın vd., 2004; Kaşgöz vd., 2005, 2006; Kaihara vd., 2008; Kundakçı vd., 2008; Üzüm ve Karadağ, 2010, 2011).

Hidrojel üretiminde kullanılan kopolimerleşme/çapraz bağlanma tepkimelerinde başlatıcı bir madde ile tepkime başlatılır. Bu tür tepkimelerde anyonik ve radikalik başlatıcıların her ikisi de kullanılabilir. En çok kullanılan başlatıcılar, azobisisobutironitril, amonyum persülfat, potasyum persülfat, benzoil ve kumil peroksit gibi peroksitlerdir (Rudin, 1982; Murthy vd., 2006; Üzüm vd., 2008b; Karadağ vd., 2010; Üzüm ve Karadağ, 2011).

### 2.4.2. Suyun Konumu

Çapraz bağlı homopolimerik veya kopolimerik yapıların hidrojel olarak tanımlanabilmesi için yapısında  $-OH$ ,  $-NH_2$ ,  $-COOH$ ,  $-COOR$  vb. gibi hidrofilik grupların bulunması gerekir. Bu gruplar su ile etkileşerek hidrojen bağları oluştururlar. Bağlı duruma geçen su moleküllerinin varlığı ile hidrofilik fonksiyonel gruplar çevresinde kütsel bir büyüme olur ve çapraz bağlı polimer şişmeye başlar. Hidrofilik grupların fazlalığı ile şişmenin miktarı arasında bir ilişki vardır. Şişmiş bir hidrojelde üç tür su bulunmaktadır (Peppas ve Mikos, 1986; Roorda vd., 1986; Ratner, 1987; Hoffman, 2002; Hamidi vd., 2008; Ganji vd., 2010; Özkahraman vd., 2011).

- ❖ Bağlı su: Polimerin polar grupları ile hidrojen bağları yapan sudur.
- ❖ Ara yüzey suyu: Polimerin susevmez grubu çevresinde toplanan ve sıkıca bağlı olmayan sudur.
- ❖ Serbest ya da kütle su: Polimerin gözeneklerini dolduran sudur. Bir bağ olmaksızın su molekülleri fiziksel olarak gözenek içinde yer alır.

## 2.5. IPN ve Hidrojel Karakterizasyonu

Çapraz bağlı polimerlerin karakterizasyonu için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan en temel olanları spektroskopik, ısısıl, yapısal özellikler ve şişme özelliklerinin araştırılmasına yönelik yöntemlerdir.

### 2.5.1. Spektroskopik Karakterizasyon

Polimerik yapıların aydınlatılmasında en çok kullanılan spektroskopik yöntem infrared (IR) spektroskopisidir. IR spektroskopisi ile polimerlerin nitel ve nicel analizleri yapılmaktadır. Günümüzde bilgisayar bağlantılı fourier transform infrared spektrofotometreleri (FT-IR) ile daha duyarlı analizler yapılmaktadır. Dalgaboyu ayırıcısı yerine bir interferometrenin kullanıldığı bu teknikte, tüm dalgaboylarında yayılan ışınımın bilgisayar yardımıyla her dalgaboyunda ayrı ayrı çözümlenerek soğurumlar toplanmaktadır. Böylece düşük derişimlerdeki örneklerle çalışılabilmekte ve en zayıf soğurum değerleri bile büyük duyarlılıkla ölçülebilmektedir (Braun, 1987; Skoog ve Leary, 1992).

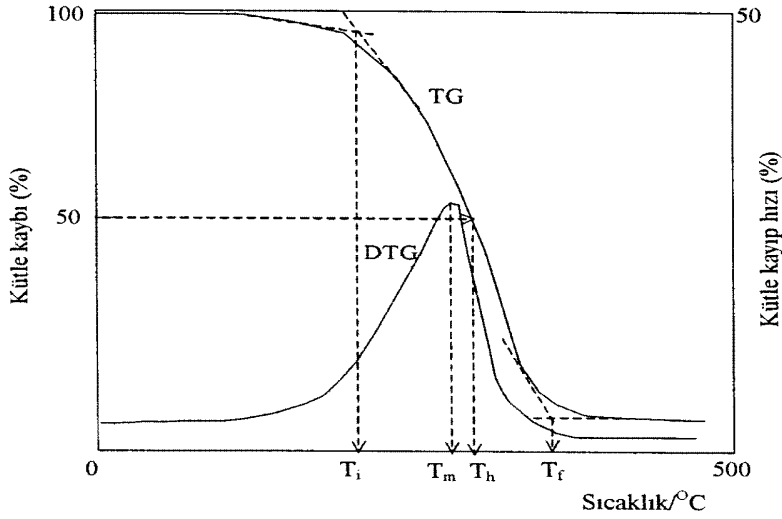
## 2.5.2. Isısal Karakterizasyon

Isısal kararlılık, polimerik bir maddenin ısıtıldığında özelliklerini hiç değiştirmeden koruyabilme yeteneği olarak tanımlanır. Polimerlerin ısısal özelliklerinin araştırılmasında kullanılan yöntemlerden biri termogravimetrik analiz (TG) yöntemidir (Rabek, 1980; Braun, 1987).

### 2.5.2.1. Termogravimetrik analiz (TG)

Polimerler kullanım sırasında sık sık yüksek sıcaklıklarla karşı karşıya kaldıkları için, kullanım yerlerini belirlemek veya kullanım sırasında ısıya karşı davranışını önceden tahmin edebilmek amacı ile ısısal kararlılıklarının bilinmesi çok önemlidir. Polimerler ısıtıldıklarında ısı etkisi ile fiziksel veya kimyasal birçok değişimlere uğrarlar. Isısal bozunma tepkimesi sırasında polimerlerde genellikle kütle kaybı ve ısı alışverişleri olur. Isısal bozunma sırasında oluşan uçucu ürünler nedeni ile kütle kayıpları termogravimetri ile izlenir (Rabek, 1980; Braun, 1987).

Termogravimetri, ısıtılan bir maddenin ısısal bozunma nedeni ile oluşan kütle kaybını zamanın veya sıcaklığın bir fonksiyonu olarak kaydeden ısısal analiz tekniğidir. Kütle kayıp hızını kaydeden termogravimetriye türevsel termogravimetri (DTG) denir. Tipik bir TG ve DTG eğrisi Şekil 2.11'de sunulmuştur (Rabek, 1980; Ewing, 1985; Ekici, 2003a).



Şekil 2.11. Polimerlerde karşılaşılan tipik TG ve DTG eğrileri

Polimerlerin ısıl bozunma sıcaklıkları, ısıl bozunma tepkimesinin ilk başladığı sıcaklık (tepkimenin başlama sıcaklığı);  $T_i$ , tepkime hızının maksimum olduğu sıcaklık (maksimum hız sıcaklığı);  $T_{mak}$ , tepkimenin sona erdiği sıcaklık (tepkime sonu sıcaklığı);  $T_f$ , başlangıçtaki örnek kütlesinin %50'sinin kaybolduğu sıcaklık (yarı ömür sıcaklığı);  $T_h$  değerleridir. Tüm bu ısıl bozunma sıcaklıkları, dinamik termogravimetri ile kaydedilen ve Şekil 2.11'de görülen bir termogram üzerinden hesaplanabilmektedir (Rabek, 1980; Singh vd., 2007; Eid vd., 2009; Abdelrazek vd., 2010).

TG eğrilerinden, daha önceden elde edilmiş standart termogramlarla karşılaştırarak polimer türünün genel olarak belirlenmesi, bazı kimyasal madde ve ilaçların saklanma koşullarının belirlenmesi ve kalite kontrol işlemlerinde yararlanılmaktadır.

### 2.5.3. SEM Analizi

Üretimleri gerçekleştirilen polimerik yapıların yüzey özelliklerinin incelenmesi, polimerlerin karakterizasyonu açısından oldukça önemlidir. Polimerik örneklerin yüzey özellikleri ve gözenekliliği hakkında fikir edinebilmek amacı ile en sık kullanılan yöntemlerden biri taramalı elektron mikroskopi (Scanning Electron Microscopy, SEM) yöntemidir (Gutierrez vd., 2007; Yu ve Xiao, 2008; Abou



Taleb vd., 2009; Eid vd., 2009; Hong vd., 2009; Nunes vd., 2010; Zhang vd., 2010; Wei vd., 2011).

#### 2.5.4. Şişme Karakterizasyonu ve Difüzyon Türü

Çapraz bağlı, ağ yapılı polimerler uygun çözücü ortamına konulduktan sonra, çözücünün yapıya girmesi ile şişme başlar. Belirli bir süre sonra çözücünün jele girme hızı ile jelden salım hızı birbirine eşit olur. Bu durum; en büyük şişme değerine ulaşıldığı denge durumudur (Peppas ve Mikos, 1986; Kulicke ve Nottelmann, 1989; Kim vd., 1992; Saraydın vd., 2004; Karadağ vd., 2010; Kundakcı vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2010, 2011).

Şişme davranışı gösteren ağ yapılı polimerlerin karakterizasyonunda şişme kinetiğinin incelenmesi, difüzyon türü ve mekanizmasının aydınlatılması da önemlidir. Bu amaçla öncelikle şişme eğrilerinin oluşturulması gerekir. Şişme eğrileri, uygun çözücüye konulan polimerin kütleindeki ya da hacmindeki değişikliklerin zamanla değişiminin izlenmesi ile oluşturulur (Evmenenko vd., 1999; Dolbow vd., 2004; Kundakcı vd., 2009; Ganji vd., 2010; Karadağ vd., 2010; Üzüm ve Karadağ, 2010, 2011; Kundakcı vd., 2011).

% Şişme (%S);

$$\%S = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100 \quad (1)$$

eşitliği ile verilir. Bu eşitlikte  $W_0$ ; başlangıçtaki kuru polimer kütlesi,  $W_t$ ; t süre sonraki şişmiş polimerin kütlesidir. Denge durumuna ulaşıldığında şişmiş hidrojel en büyük şişme değerine sahiptir. Çözücüyle dengede bulunan hidrojel için dengede sıvı içeriği (dengede su içeriği) (DSİ);

$$DSİ = \frac{W_d - W_0}{W_d} \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte  $W_d$ ; dengedeki (şişmiş) polimerin kütlesini,  $W_0$ ; kuru polimerin kütlesini göstermektedir.

Dinamik şişme testleri sonucu oluşturulan şişme kinetiği eğrileri ikinci dereceden varsayılır ve;

$$\frac{dS}{dt} = k_s (S_{\text{mak}} - S)^2 \quad (3)$$

eşitliği uygulanır. Eşitlikte  $dS/dt$ ; şişme hızını,  $S_{\text{mak}}$ ; jelin denge anındaki ( $t_{\text{den}}$ ) şişme değerini,  $S$ ;  $t$  anındaki şişme değerini ve  $k_s$ ; şişme hız sabitini göstermektedir.

Eşitliğin  $t=0$  için  $S=0$  ve  $t=t_{\text{den}}$  için  $S=S_{\text{mak}}$  sınır koşullarında matematiksel düzenlenmesi sonucu;

$$\frac{t}{S} = A + Bt \quad (4)$$

eşitliği elde edilir. Eşitlikte  $A(=1/S_{\text{mak}}^2 k_s)$ ; başlangıç şişme hızının ( $1/r_0$ ) tersi,  $B(=1/S_{\text{mak}})$  ise en büyük şişme değerinin tersidir. (Peniche vd., 1997; Azizian, 2004; Üzümlü ve Karadağ, 2010; Kundakcı vd., 2011).

Polimerik ve kopolimerik yapıların şişme kinetiği ve difüzyon türünün açıklanmasında kullanılan en temel yasalar Fick yasalarıdır (Peppas ve Franson, 1983; Ende ve Peppas, 1996, 1997; Ganji vd., 2010). Şişme özelliği gösteren polimerlerin şişme kinetiği;

$$F = \frac{M_t}{M_d} = kt^n \quad (5)$$

eşitliği yardımıyla incelenmektedir (Peppas ve Franson, 1983; Ende ve Peppas, 1996, 1997; Saraydın vd., 2004; Ganji vd., 2010; Karadağ vd., 2010; Üzümlü ve Karadağ, 2010; 2011). Bu eşitlikte  $M_t$ ;  $t$  anında jelin içerdiği çözücü kütlesi,  $M_d$ ; dengedeki jelin içerdiği çözücü kütlesi,  $n$ ; çözücünün difüzyon türünü gösteren difüzyon üsteli,  $k$ ; difüzyon sabitini göstermektedir.  $F$ ; jelin  $t$  anında aldığı çözücü miktarının dengede alınan çözücü miktarına oranıdır ve şişme kesri olarak tanımlanır. Difüzyon türünün belirlenebilmesi için  $n$  parametresinin bilinmesi gerekir. Difüzyon üsteli  $n$ , şişmenin henüz dengeye ulaşmadığı bölgede ve çözücü kütlesinin %60'lık kesiminin ( $F<0,60$ ) jele girmesi için geçen zaman aralığında  $\ln F - \ln t$  doğrusunun eğiminden bulunabilmektedir. Bu doğrunun kesim noktası ise

k değerini vermektedir. Bulunan bu değerler aynı zamanda difüzyon katsayısının hesaplanmasında da kullanılır.

Çözücünün difüzyon hızı ve hidrojel çözücü sisteminin durulma hızı hidrojellerde şişmeyi denetleyen iki önemli parametredir. Difüzyon türü ve mekanizması bu parametrelere bağlı olarak aşağıdaki sınıflandırmaya göre yapılmaktadır (Peppas ve Mikos, 1986; Ende ve Peppas, 1996, 1997; Karadağ vd., 2009; Ganji vd., 2010; Karadağ vd., 2010; Üzüm ve Karadağ, 2010; 2011).

i. Fick tipi difüzyon (Durum I): Durulma hızının difüzyon hızından daha büyük olduğu ve denge şişme değerine kısa sürede ulaşıldığı difüzyon türüdür. Bu durumdaki şişme, difüzyon olayı ile denetlenir ve polimerik yapıya giren ya da yapıdan çıkan türün miktarı zamanın karekökü ile orantılı olarak artar ( $n=0,5$ ).

ii. Süper durum II (Durum II): Difüzyon hızının durulma hızından daha büyük olduğu difüzyon türüdür ( $n=1$ ).

iii. Fick tipi olmayan ya da anormal tip difüzyon (Durum III): Şişme üzerinde difüzyon ve durulmanın aynı anda etkin olduğu difüzyon türüdür ( $0,5 < n < 1$ ).

Şişme kinetiğinin incelenmesinde önemli olan parametrelerden birisi de difüzyon katsayısıdır. Silindirik geometrideki yapılar için difüzyon katsayısı D, Fick'in II. yasasının düzenlenmesi ve kısa zaman aralığında çözülmesi ile elde edilen Eşitlik 6 yardımıyla bulunabilir (Dengre vd., 2000; Ganji vd., 2010; Üzüm ve Karadağ, 2011).

$$D = \pi r^2 \left( \frac{k}{4} \right)^{1/n} \quad (6)$$

Eşitlikte yer alan n ve k değerleri  $\ln F - \ln t$  grafiklerinden hesaplanan difüzyon üsteli ve difüzyon sabiti değerleridir. r değeri şişmiş hidrojinin cm cinsinden yarıçapıdır.

## 2.6. IPN'lerin ve Hidrojellerin Kullanım Alanları

IPN'ler ve hidrojeller, çok iyi su tutabilme/suda-sulu ortamlarda şişebilme yeteneklerinden dolayı biyoteknoloji, biyomühendislik, biyomedikal bilimler, eczacılık, tarım, veterinerlik, yiyecek endüstrisi, telekomünikasyon gibi alanlarda

yoğun olarak kullanılmaktadır. Biyomateryal özelliğe sahip hidrojel, biyotıp, eczacılık, veterinerlik gibi alanlarda; denetimli salınım sistemleri, yapay organ yapımı, kontakt lens yapımı, enzim tutuklama sistemleri, ilaç taşıyıcı sistemler, yapay kornea, kemik hastalıkları tedavisi için materyal, kulak içi uygulamalar, sentetik kırık, safra kesesi ve yemek borusu yapımında, yara örtü/zarı-ameliyat ipliği ve buna benzer pek çok uygulamada etkin olarak kullanılırlar (Rosso vd., 2003; Ekici ve Saraydın, 2004; Magnin vd., 2004; Moradi vd., 2004; Verestiuc vd., 2004; Bajpai vd., 2008; Kundakcı vd., 2008; Üzümlü vd., 2008b, 2009; Karadağ vd., 2009, 2010; Patrickios, 2010; Üzümlü ve Karadağ, 2010, 2011).

IPN'ler ve hidrojel yüksek oranda su tutma yeteneklerinden ötürü, adsorpsiyon için çok uygundur. Bu sebeple hidrojel; su saflaştırma, ağır metal/boyarmadde uzaklaştırılması, tarımda gübre ve tarım ilaçlarının çevreye denetimli salınımları, iyon değişim uygulamaları, kromatografik uygulamalar, çözücü ekstraksiyon işlemleri, petrol ve yağ içerikli endüstriyel atık karışımlardan suyun uzaklaştırılması, su içerikli hastane atıklarının, boya ve ağır metal içerikli endüstriyel atıksuların denetlenmesi, telekomünikasyonda korozyonun önlenmesi gibi alanlarda adsorban olarak kullanılırlar.

### **2.6.1. IPN'lerin ve Hidrojellerin Adsorban Olarak Kullanımı**

Çoğu yapay ve doğal polimerin bazı monomerlerle uygun koşullarda kopolimerleşme tepkimesi ile suda çözünmeyen çapraz bağlı ürünler elde edilerek ağır metallerin uzaklaştırılmasında kullanıldığı bilinmektedir. Çapraz bağlı poli(N-vinilpirrolidon) bazı anyonik boyarmaddeler ve bazı herbisitler ile tekstil endüstrisinde kullanılan bazı boyaların tutulmasında, sentetik inorganik silikajel olan Trisyl ise katyonik boyarmaddelerin tutulmasında kullanılmıştır (Saraydın ve Karadağ, 1996, 2000; Karadağ vd., 1997, 1998a, b; Moraes vd., 2009; Rahman vd., 2010; Kundakcı vd., 2011).

Ağ yapılı, çapraz bağlı polimerik sistemler olan hidrojel çok iyi su tutucu olmalarının yanı sıra bazı uygulamalarda adsorpları olarak kullanıldığı da bilinmektedir. Süper su tutucu olan akrilamid esaslı hidrojel bazı ağır metal iyonlarını ve bazı boyarmaddeleri, bu maddelerin sulu çözeltilerinden soğurumu araştırılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Karadağ vd., 2007; Üzümlü vd., 2007; Kundakcı vd., 2008, 2009; Li vd., 2009b; Özkahraman vd., 2011).

### 2.6.2. Potansiyel Su Kirliliği

Akarsu, göl ve denizlerdeki canlı yaşamın ya da ekolojik dengenin zaman içerisinde değişmesi, sularda kirlenme olgusunun oluşmasına neden olur. İçme ve kullanma amacı ile kullanılan su kaynaklarının doğal bileşimlerinde oluşan değişimler çevre ve canlı sağlığı açısından zararlı olabilecek seviyelere ulaştığında kullanım alanlarında daralmalar oluşur. Bu nedenle, kirli suların mutlaka temizlenmesi gerekir. Değişik su kirleticileri vardır. Bunların başlıcaları, organik kirleticiler, mikroorganizmalar, endüstriyel atıklar (petrol kökenli, plastikler, elyaflar, elastomerler, ilaçlar, deterjanlar, pestisitler, besin katkı maddeleri-gübreler, çözücüler, değişik kökenli boyalar) ve radyoaktif kirleticilerdir (Rıfı vd., 1995; Kioussis vd., 2000; Li vd., 2002; Manju vd., 2002; El-Hag Ali vd., 2003; Hull vd., 2004; Kara vd., 2004; Crini, 2005; Üzüm vd., 2007; Kundakcı vd., 2008; Chu ve Hsiao, 2009; Üzüm ve Karadağ, 2010; Wojnarovits vd., 2010).

### 2.6.3. Su Kirliliğinin Giderilmesi

Yeryüzü ve yer altı sularının kirlenmesini önlemek için kirlenmiş suların arıtılması gereklidir. Bu amaçla üç temel yöntem kullanılır;

- i. mekanik arıtma (çöktürme, süzme)
- ii. biyolojik arıtma (oksijenli, oksijensiz ortamda fermentasyon)
- iii. kimyasal arıtma (çöktürme, nötrleştirme, yüzeye soğurma, vb)

Mekanik olarak yapılan arıtmadan sonra uygunluğuna göre biyolojik ya da kimyasal arıtma yapılabilir. Kimyasal arıtma yine kirlenmiş suyun niteliğine uygun olarak seçilebilecek çeşitli yöntemlerle yapılır.

Bu yöntemlerin en çok kullanılanları;

- ❖ yükseltgenme – indirgenme ve nötrleştirme
- ❖ çöktürme
- ❖ adsorpsiyon (yüzeye soğurma)
- ❖ özütleme
- ❖ yüzdürme
- ❖ iyon değişimi

Önemli bir arıtma yöntemi olan yüzeye soğurma, özellikle boyarmadde ve ağır metal iyonlarının sulu ortamlardan uzaklaştırılarak kirli suların temizlenmesinde kullanılır. Bu yöntemde, yüzeye tutucu maddelerden (aktif karbon, kok, cüruf, turba, kil, yapay iyon değıştiriciler ve hidrojel) yapılan süzgeçten kirli su yavaş yavaş geçirilebileceği gibi bu maddelerle kirli su bir süre etkileştirilerek sudaki kirliliğin uzaklaştırılması sağlanabilir (Crini, 2006; Kundakcı vd., 2009; Li vd., 2009b; Wang vd., 2010; Humelnicu vd., 2011).

#### **2.6.4. Adsorpsiyon**

Adsorpsiyon, bir maddenin yüzeye tutunması olayıdır. Hareketli sıvı ya da gaz molekülleri ile sabit bir yüzey arasında oluşur. Bir başka tanımla, karışmayan iki faz etkileştirildiğinde ara yüzeyde türlerden birisinin bir fazdaki derişimi artarken diğer fazda azalmasıdır. Adsorpsiyon olayında yüzeye soğurulan maddeye adsorplanan, soğurumun gerçekteştiği yüzeye ise adsorplayıcı (adsorban) adı verilir. Farklı tipte ara yüzeylerde gerçekteşen farklı adsorpsiyon türleri kullanıldıkları alanlar için oldukça büyük öneme sahiptir.

Yüzeye tutunma, fiziksel kuvvetlerle (van der Waals kuvvetleri) gerçekteşirse fiziksel adsorpsiyon (van der Waals adsorpsiyonu), adsorplanan ve adsorplayıcı arasında kimyasal bağ oluşumu ile bir tutunma gerçekteşirse kimyasal adsorpsiyon olarak tanımlanır.

Yüzey ile tutunan madde arasındaki dispersiyon ve polar etkileşimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkan fiziksel adsorpsiyon enerjisi en çok  $-20 \text{ kJ mol}^{-1}$ 'dür. Fiziksel adsorpsiyonda tutunma zayıf kuvvetlerle olduğu için ortaya çıkan enerji miktarı düşüktür ve bu enerji miktarı, tutunan maddenin yapısındaki bağları kırmaya yeterli değildir. Bu nedenle fiziksel adsorpsiyonda yüzeye tutunan türlerin özellikleri tamamen korunur.

Kimyasal adsorpsiyonda adsorplayıcı ile yüzey arasında sürekli bir yük aktarımı söz konusudur. Bu nedenle kimyasal adsorpsiyon tek tabakalıdır. Kimyasal adsorpsiyon enerjisi çok yüksek olup  $-200 \text{ kJ mol}^{-1}$  civarındadır.

### 2.6.5. Adsorpsiyon İzotermi

Sabit sıcaklıkta yürütülen adsorpsiyon çalışmalarından elde edilen denge derişimine karşı adsorplanan madde miktarının grafiğe geçirilmesi ile adsorpsiyon izotermi elde edilmektedir. Kimyasal adsorpsiyonda yüzey ile adsorplanan maddenin doğrudan teması sonucu olay tek tabakalı olarak tamamlanmaktadır. Fakat uygun basınç ve sıcaklık koşulları sağlandığında fiziksel adsorpsiyon çok tabakalı olabilmektedir.

Gazların katılar tarafından adsorpsiyonuna ait beş tip adsorpsiyon izotermi gözlenmiştir. Brauner, Emet ve Teller tarafından geliştirilen bu beş adsorpsiyon izotermi tipi gazların katılar tarafından adsorpsiyonunda doğru sonuçlar vermektedir. Ancak bu izotermelerde, çözücü etkisi ve çözünenlerin kendi aralarındaki etkileşimler yok sayıldığından çözelti adsorpsiyonunda elde edilen izotermilerin açıklanmasında eksiklikler görülmektedir.

Çözeltiden ya da sıvı karışımlardan istenmeyen bir türün ortamdaki uzaklaştırılmasına dönük çalışmalar yaygın bir biçimde devam etmektedir. Çevre kirliliğinin azaltılmasına dönük bu işlemlerde polimerler ve türevleri de yoğun olarak kullanılmaktadır (Matsuda vd., 1988; Manju vd., 2002; Kilislioglu, 2003; Zhang vd., 2003; Karadağ vd., 2007; Üzüm vd., 2007; Kundakcı vd., 2008; Li vd., 2009b; Wang vd., 2010; Wojnarovits vd., 2010; Humelnicu vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2011).

Çözelti adsorpsiyon izotermelerinin sınıflandırılmasında ve adsorpsiyon mekanizmalarının açıklanmasında Giles sınıflandırılması kullanılmaktadır (Giles vd., 1974a, b). Giles adsorpsiyon sınıflandırmasının, özellikle boyarmadde ve benzer organik moleküllerin yoğun bulunduğu ortamlardan adsorpsiyonlarının incelendiği çalışmalarda somut sonuçlar verdiği bilinmektedir.

### 2.6.6. Denge Adsorpsiyon Çalışmaları

Denge adsorpsiyon uygulamalarında sıkça kullanılan bir yöntem 1,0 g çapraz bağlı polimer tarafından soğurulan madde miktarının, yani adsorpsiyon kapasitesinin hesaplanmasıdır. Farklı derişimde çözeltiler ile çapraz bağlı polimerin etkileştirilmesi sonucu, sabit sıcaklıkta derişimin adsorpsiyona etkisi araştırılır. Bu amaçla aşağıdaki eşitlik yoğun biçimde kullanılmaktadır (Ekici vd., 2003b; Li vd., 2009b; Humelnicu vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2011).

$$q = \frac{C - C_s}{m} \times v \quad (7)$$

Burada q, 1,0 g hidrojel tarafından soğurulan madde miktarıdır. Eşitlikte, C; çözeltilenin başlangıç derişimi, C<sub>s</sub>; çözeltilenin denge derişimi, v; çözeltili hacmi ve m; hidrojinin kütlesidir. Bu şekilde hesaplanan q değerlerinin çözeltilenin son derişimine karşı grafiğe geçirilmesi ile elde edilen izoterm, çapraz bağlı polimer ve çözeltideki çözünen madde arasında gerçekleşen adsorpsiyon hakkında bilgi verir.

Çözeltili ile dengedeki çapraz bağlı polimer ve çözücü arasında gerçekleşen adsorpsiyon için hesaplanabilecek bir diğer parametre çapraz bağlı polimerin adsorpsiyon yüzdesidir. %Ads aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$\%Ads = \frac{C_b}{C} \times 100 \quad (8)$$

Eşitlikte C<sub>b</sub>; hidrojel tarafından adsorplanan çözünenin derişimi verir.

Çözünenlerin, bir sulu faz ve adsorplayıcı arasındaki dağılımları genellikle dağılım katsayısı ile tanımlanabilir. Çözünenin toplam derişimi ve soğurulan türlerin toplam derişimi ile ilişkili olan dağılım katsayısı, K<sub>d</sub>, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Schwarte ve Peppas, 1998; Sahiner vd., 1998; Missana vd., 2003; Kundakcı vd., 2008; Li vd., 2009b; Humelnicu vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2011).

$$K_d = \frac{C_b}{C_s} \quad (9)$$



Burada  $K_d$ ; dengedeki dağılma katsayısı,  $C_s$ ; çözeltiliye ait denge derişimi,  $C_b$ ; çapraz bağı polimer tarafından adsorplanan çözünenin derişimidir.

### 2.6.7. Boyarmadde Uzaklaştırılması

Boyarmaddeler uygulandığı malzemeye kalıcı biçimde rengini veren yoğun renkli ve karmaşık yapılı organik bileşiklerdir. Bu tür maddeler kağıt, deri, kürk, plastik, kozmetik, mürekkep, gıda ve özellikle tekstil endüstrisinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Boyarmaddelerin hem üretim hem de uygulama sürecinde oluşan atıklar suyu kirletmektedir.

Boyarmaddeler, çok değişik sınıf ve türlere ayrılmış asidik, bazik ya da nötral organik bileşiklerdir. Bu maddelerin sulara oluşturabilecekleri nötralleşme ya da yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri sonucunda, suda çözünmüş olarak bulunan oksijen, gereksiz yere harcanır. Böylece suyun kimyasal oksijen gereksinimi artar. Kimyasal oksijen gereksinimi sulara bulunan organik maddelerin tümünün yükseltgenmesi için gereken oksijen gereksinimi olarak tanımlanır. Bu da suda yaşayan canlı organizmaların oksijen gereksiniminin karşılanmamasına ve ölümlerine neden olur.

Su kirliliğinin giderilmesinde kullanılan adsorpsiyon oldukça önemli bir yöntemdir. Yüzeğe soğurma tekniği ile boyarmadde uzaklaştırılması yönteminde akrilamid esaslı çapraz bağı polimerlerin kullanıldığı çok sayıda çalışma vardır (Karadağ vd., 1996a, b; Karadağ vd., 1998a, b; Saraydın vd., 2001; Üzüm ve Karadağ, 2006; Karadağ vd., 2007; Kundakcı vd., 2008; Ozay vd., 2009; Li vd., 2009b; Wang vd., 2010; Wu vd., 2010; Humelnicu vd., 2011; Karadağ vd., 2009; Kundakcı vd., 2009; Üzüm ve Karadağ, 2011).

### 2.6.8. Etkin Madde Salınımı

Etkin maddelerin katı polimer taşıyıcılarla birlikte kullanılması çalışmalarına 1950'lerde tarım ilaçları ile başlanmıştır. Gübreler ve böcek öldürücüler denetimli salınım yapan sistemlerde doğaya zarar vermeden düşük miktarlarda kullanılarak etkili sonuçlar alınmıştır. 1960'ların ortalarında bu denemeler tıp alanına da girmiştir. İlk çalışmalarda, etkin madde diyaliz tüpü veya silikon kauçuk tüp içine yerleştirilmiş ve bir polietilen matriks içinde homojen dağıtılmıştır. Etkin madde salınımı için çapraz bağı polimerlerin kullanıldığı oldukça fazla çalışma

bulunmaktadır (Savaş ve Güven, 2001; Ekici ve Saraydın, 2004, 2007; Bajpai vd., 2008; Satarkar ve Hilt, 2008; Luo vd., 2009; Ma vd., 2009; Sharma vd., 2009; Liechty vd., 2010; Tokarev ve Minko, 2010; Pescosolido vd., 2011; YerriSwamy vd., 2011).

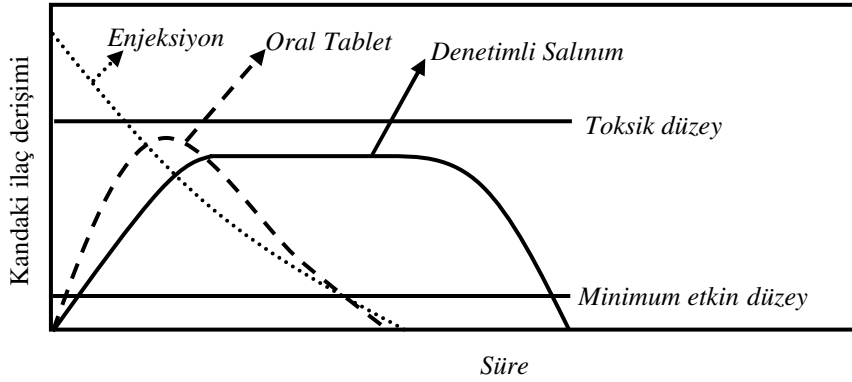
Etkin madde salınımı için polimerler kullanıldığında, salım işlemi; etkin maddenin difüzyonu (difüzyon denetimli sistemler), polimer ile çözünme ortamı ara yüzeyinde katı fazın bozunmasına yol açan kimyasal tepkime (kimyasal denetimli sistemler) ya da polimer içine çözücü girmesiyle yapının şişmesi ve ters yönde etkin madde difüzyonu (şişme denetimli sistemler) şeklinde olabilir. Etkin maddenin salınım mekanizması ve uygulama alanı göz önüne alınarak yapılan sınıflandırma Çizelge 2.1'de sunulmuştur (Gürsoy vd., 1989; Bajpai vd., 2008; Hamidi vd., 2009; Liechty vd., 2010).

Çizelge 2.1. Etkin madde salabilen polimerik sistemlerin sınıflandırılması

Salınım Mekanizmasına Göre	Uygulama Yerine Göre
<u>Difüzyon denetimli sistemler</u>	İmplant sistemler
Membran sistemler	Oküler sistemler
Matriks sistemler	Transdermal sistemler
<u>Kimyasal denetimli sistemler</u>	Oral sistemler
Vücutta aşınan sistemler	Nazal sistemler
Zincire takılı sistemler	Bukal sistemler
<u>Çözücünün harekete geçirdiği sistemler</u>	Rektal sistemler
Şişme denetimli sistemler	Vajinal sistemler
Ozmotik denetimli sistemler	
<u>Diğer sistemler</u>	
Manyetik sistemler	
Ultrasonik sistemler	
Ortama duyarlı sistemler (pH, sıcaklık, iyonik şiddet, vb.)	

Enjeksiyon ve tablet şeklindeki geleneksel ilaç kullanım yöntemlerinde kandaki ilaç seviyeleri önce maksimum seviyeye ulaşır, çok kısa bir süre sabit kalır ve daha sonra hızla minimum düzeye iner. Etkin madde taşıyan polimerik sistemlerin

geliştirilmesindeki en önemli amaçlardan biri, ilaç seviyesinin tek bir doz ile maksimum ve minimum düzeyler arasında kalmasını sağlamaktır (Şekil 2.12). Polimer tarafından taşınan etkin maddenin salınım hızı, sıcaklık, pH, iyonik şiddet ve manyetik alan gibi dış etkenlerle kontrol edilerek bu amaca ulaşmak mümkündür.



Şekil 2.12. Etkin madde salınım sistemlerinde görülen bazı uygulamalar

Çapraz bağlı kopolimerler kullanılarak gerçekleştirilen etkin madde salınımı çalışmalarında hesaplanması gereken önemli bir parametre, 1,0 g kopolimerden salınan etkin madde miktarıdır ve aşağıdaki eşitlikte  $q_s$  ile gösterilmiştir.

$$q_s = \frac{C_i}{m} \times v \quad (10)$$

Bu eşitlikte,  $C_i$ ; çözeltideki RS derişimi,  $m$ ; RS taşıyan kuru kopolimer kütlesi,  $v$ ; çözelti hacmidir.

Kopolimerlere sentez sırasında yüklenen RS'nin başlangıç kütlesi kullanılarak salınan RS için %Sal ile gösterilen yüzde salınım değerleri hesaplanabilir.

$$\%Sal = \frac{g_d}{g_o} \times 100 \quad (11)$$

Eşitlikte  $g_d$  denge anında çözeltide bulunan RS kütlesi,  $g_o$  ise RS'nin başlangıç kütlesidir.



### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Kullanılan Kimyasallar

Bu çalışmada, çapraz bağlı kopolimerlerin üretiminde monomer olarak akrilamid (AAm) (Merck, Schuchardt, Almanya), yardımcı monomerler olarak sodyum akrilat (SA) (Aldrich, Steinhelm, Almanya) ve sodyum stiren sülfonat (SSS) (Aldrich, Steinhelm, Almanya) kullanılmıştır. Çapraz bağlayıcı olarak poli(etilen glikol) diakrilat (PEGDA) ( $M_n=700$ ) (Aldrich, Steinhelm, Almanya), yarı-IPN oluşturmak üzere doğal bir polimer olan jelatin (JEL) (250 g Bloom) (Fluka, Steinhelm, Almanya), düz zincirli polimerler poli (vinil alkol) (PVA) ( $M_w=13000-23000$ ) (Aldrich, Steinhelm, Almanya) ile poli(etilen glikol) (PEG) ( $M_n=4000$ ) (Fluka, Steinhelm, Almanya) kullanılmıştır. Başlatıcı olarak amonyum persülfat (APS) (Merck, Darmstadt, Almanya) ve hızlandırıcı olarak N,N,N',N'-tetrametiletilediamin (TEMED) (Merck, Schuchardt, Almanya) kullanılarak çapraz bağlı kopolimer üretimi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan bu kimyasalların formülleri ve kısa gösterimleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

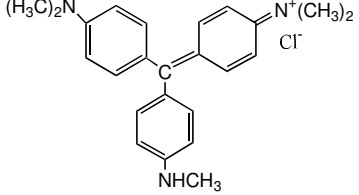
Çizelge 3.1. Yarı-IPN üretiminde kullanılan maddelerin kimyasal formülleri ve kısaltmaları

Madde	Formül	Kısa gösterim
Akrilamid (propen amid)	$H_2C=CHCONH_2$	AAm
Sodyum akrilat	$CH_2=CHCOONa$	SA
Sodyum stiren sülfonat	$CH_2=CHC_6H_4SO_3Na$	SSS
Jelatin	$(C_4H_7O_2N_3R_2^-)_n$	JEL
Poli(vinil alkol)	$(-CH_2CHOH-)_n$	PVA
Poli(etilen glikol)	$H(OCH_2CH_2)_nOH$	PEG
Poli(etilen glikol) diakrilat	$CH_2=CHCO[OCH_2CH_2]_nOCOCH=CH_2$	PEGDA
Amonyum persülfat	$(NH_4)_2S_2O_8$	APS

N,N,N',N'- Tetrametyletilendiamin	$(\text{CH}_3)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2$	TEMED
--------------------------------------	---	-------

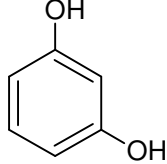
Yarı-IPN'lerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılması için boyarmadde olarak katyonik özellikteki monovalent bir boya olan "metil viyole" (MV) seçilmiştir. Soğurum çalışmalarında kullanılan boyarmaddenin kimyasal formülü, kısa gösterimi ve bazı özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Soğurum çalışmalarında kullanılan metil viyole'nin bazı özellikleri

İsim	Kimyasal Formül	Mol Kütlesi (g mol <sup>-1</sup> )	$\lambda_{\text{mak}}$ (nm)	Renk İndeks No
Metil Viyole (Basic Violet 1) (MV)		393,5	584	42535

İç içe geçmiş ağ yapılı polimerlerin denetimli salınım potansiyelleri ilaç etkin maddesi olarak seçilen resorsinol (RS) kullanılarak araştırılmıştır. Resorsinol'un bazı özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Denetimli salınım çalışmalarında kullanılan resorsinol'un bazı özellikleri

Madde	Kimyasal Formül	Mol Kütlesi (g mol <sup>-1</sup> )	$\lambda_{\text{mak}}$ (nm)
Resorsinol (RS) (1,3-benzendiol)		110,11	273,6

## 3.2. Polimerik Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada kullanılan akrilamid esaslı anyonik yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin üretimi serbest radikalik polimerleşme tepkimesi ile sulu çözelti ortamında gerçekleştirilmiştir. Çapraz bağlı yapıların sentezlenmesinde çapraz bağlayıcı olarak PEGDA kullanılmıştır. Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin üretimleri için kullanılan yöntem aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### 3.2.1. Yarı-IPN ve Hidrojellerin Üretimi

AAM/SA ve AAM/SSS esaslı anyonik yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin üretimleri sırasında iki farklı yardımcı monomer seçilmiştir. Doğal bir polimer olan jelatin içeren polimerik yapıların üretiminde %10,0'luk jelatin çözeltisi kullanılmıştır. 40°C'de hazırlanan jelatinin sulu çözeltisinden belirli hacimde alınarak polimerik yapıların %5,0 jelatin içeriğine sahip olmaları sağlanmıştır.

**AAM/SA/JEL üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAM monomerinin, 0,5 mL jelatin çözeltisi ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL sulu jelatin çözeltisine 0 mg, 10 mg (0,106 mmol), 20 mg (0,213 mmol), 30 mg (0,319 mmol), 40 mg (0,425 mmol), 50 mg (0,532 mmol), 60 mg (0,638 mmol), 70 mg (0,744 mmol), 80 mg (0,851 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla 0,25 mL (0,004 mmol) %1'lik PEGDA, 5 g/100 mL APS çözeltisinden 0,2 mL (0,044 mmol) ve 0,25 mL (0,017 mmol) %1'lik TEMED eklenmiştir. İyiye karıştırılarak hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan örnekler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek, polimerleşmeyen monomerlerin ortamdaki uzaklaştırılması için saf su içerisine bırakılmışlardır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

JEL miktarının değişimi ile yarı-IPN yapının özelliklerinin nasıl bir değişim gösterdiğini araştırabilmek amacı ile 60 mg (0,638 mmol) SA miktarı sabit tutularak, %2,5; %7,5 ve %10,0 JEL içeriğine sahip iç içe geçmiş ağ yapılı polimerler üretilmiştir. Farklı JEL içeriğine sahip AAM/SA/JEL yarı-IPN'lerin üretilmeleri için kullanılan yöntem aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.



**Değişik JEL içeren AAm/SA/JEL üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,25; 0,75 ve 1,0 mL jelatin çözeltisi ve sırasıyla 0,75; 0,25 ve 0 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltisine, 60 mg (0,638 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**AAm/SA üretimi:** Jelatin içermeyen polimerik örneklerin hazırlanmaları aşamasında 1,0 g AAm monomerinin 1,0 mL sudaki çözeltisi kullanılmıştır.

**AAm/SSS/JEL üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,5 mL jelatin çözeltisi ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltisine 0 mg, 10 mg (0,0485 mmol), 20 mg (0,0970 mmol), 30 mg (0,145 mmol), 40 mg (0,194 mmol), 50 mg (0,242 mmol), 60 mg (0,291 mmol), 70 mg (0,339 mmol), 80 mg (0,388 mmol) SSS eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla 0,25 mL (0,004 mmol) %1'lik PEGDA, 5 g/100 mL APS çözeltisinden 0,2 mL (0,044 mmol) ve 0,25 mL (0,017 mmol) %1'lik TEMED eklenmiştir. İyiçe karıştırılarak hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan örnekler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek, polimerleşmeyen monomerlerin ortamdan uzaklaştırılması için saf su içerisine bırakılmışlardır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik JEL içeren AAm/SSS/JEL üretimi:** JEL miktarının değişimi ile yarı-IPN yapının özelliklerinin nasıl bir değişim gösterdiğini araştırabilmek amacı ile 60 mg (0,291 mmol) SSS miktarı sabit tutularak, %2,5; %7,5 ve %10,0 JEL içeriğine sahip iç içe geçmiş ağ yapılı polimerler üretilmiştir.

**AAm/SSS üretimi:** Jelatin içermeyen polimerik örneklerin hazırlanmaları aşamasında 1,0 g AAm monomerinin 1,0 mL sudaki çözeltisi kullanılmıştır.

AAM/SA/JEL, AAM/SA, AAM/SSS/JEL ve AAM/SSS polimerik örneklerin içeriklerinin hazırlanmasında aşağıdaki çizelgeye uyulmuştur.

Çizelge 3.4. JEL içeren AAM/SA ve AAM/SSS yarı-IPN ve hidrojellerinin bileşimi

Hidrojinin kısa adı	Yardımcı monomer (mg)	JEL (%mL)
AAM/SA/JEL	10-80	5,0
AAM/SA/JEL (JEL değişimi)	60	2,5-10,0
AAM/SA	10-80	-
AAM/SSS/JEL	10-80	5,0
AAM/SSS/JEL (JEL değişimi)	60	2,5-10,0
AAM/SSS	10-80	-

### 3.2.2. PVA İçeren Yarı-IPN ve Hidrojellerin Üretimi

Poli(vinil alkol) içeren yarı-IPN yapıların üretiminde %20'lik PVA çözeltisi kullanılmıştır. 80°C'de hazırlanan PVA'nın sulu çözeltisinden belirli hacimde alınarak polimerik yapıların %5,0 PVA içeriğine sahip olması sağlanmıştır.

**AAM/SA/JEL/PVA üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAM monomerinin, 0,5 mL JEL çözeltisi, 0,25 mL (0,0028 mmol) PVA çözeltisi ve 0,25 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltisine 0 mg, 10 mg (0,106 mmol), 20 mg (0,213 mmol), 30 mg (0,319 mmol), 40 mg (0,425 mmol), 50 mg (0,532 mmol), 60 mg (0,638 mmol), 70 mg (0,744 mmol), 80 mg (0,851 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla 0,25 mL (0,004 mmol) %1'lik PEGDA, 5 g/100 mL APS çözeltisinden 0,2 mL (0,044 mmol) ve 0,25 mL (0,017 mmol) %1'lik TEMED eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik PVA içeren AAM/SA/JEL/PVA üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAM monomerinin, 0,5 mL JEL çözeltisi ve 0,125 mL (0,0014 mmol); 0,375 mL (0,0042 mmol) ve 0,5 mL (0,0056 mmol) PVA çözeltisi ile sırasıyla 0,375 mL;

0,125 mL ve 0 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 60 mg (0,638 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

### 3.2.2.1. Değişik JEL içeren AAm/SA/PVA/JEL üretimi

**AAm/SA/PVA/%2,5 JEL:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,25 mL JEL çözeltisi, 0,25 mL (0,0028 mmol) PVA çözeltisi ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 60 mg (0,638 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**AAm/SA/PVA/%7,5 JEL:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,75 mL JEL çözeltisi, 0,25 mL (0,0028 mmol) PVA çözeltilisinden oluşan 1,0 mL çözeltilisine 60 mg (0,638 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden eklenerek yukarıda bahsedildiği gibi hazırlanmıştır.

**AAm/SA/PVA/%10,0 JEL:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 1,0 mL JEL ve PVA'dan oluşan çözeltilisine 60 mg (0,638 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden eklenerek yukarıda bahsedildiği gibi hazırlanmıştır.

**AAm/SA/PVA üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,25 mL (0,0028 mmol) PVA çözeltisi ve 0,75 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 0 mg, 10 mg (0,106 mmol), 20 mg (0,213 mmol), 30 mg (0,319 mmol), 40 mg (0,425 mmol), 50 mg (0,532 mmol), 60 mg (0,638 mmol), 70 mg (0,744 mmol),

80 mg (0,851 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik PVA içeren AAm/SA/PVA üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,125 mL (0,0014 mmol); 0,375 mL (0,0042 mmol) ve 0,5 mL (0,0056 mmol) PVA çözeltisi ile sırasıyla 0,875 mL, 0,625 mL ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 60 mg (0,638 mmol) SA eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**AAm/SSS/JEL/PVA üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,5 mL JEL çözeltisi, 0,25 mL (0,0028 mmol) PVA çözeltisi ve 0,25 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 0 mg, 10 mg (0,0485 mmol), 20 mg (0,0970 mmol), 30 mg (0,145 mmol), 40 mg (0,194 mmol), 50 mg (0,242 mmol), 60 mg (0,291 mmol), 70 mg (0,339 mmol), 80 mg (0,388 mmol) SSS eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla 0,25 mL (0,004 mmol) %1'lik PEGDA, 5 g/100 mL APS çözeltisinden 0,2 mL (0,044 mmol) ve 0,25 mL (0,017 mmol) %1'lik TEMED eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik PVA içeren AAm/SSS/JEL/PVA üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,5 mL JEL çözeltisi ve 0,125 mL (0,0014 mmol); 0,375 mL (0,0042 mmol) ve 0,5 mL (0,0056 mmol) PVA çözeltisi ile sırasıyla 0,375 mL, 0,125 mL ve 0 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 60 mg (0,291 mmol) SSS

eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

### 3.2.2.2. Değişik JEL içeren AAm/SSS/PVA/JEL üretimi

**AAm/SSS/PVA/%2,5 JEL:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,25 mL JEL çözeltisi, 0,25 mL (0,0028 mmol) PVA çözeltisi ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 60 mg (0,291 mmol) SSS eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**AAm/SSS/PVA/%7,5 JEL:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,75 mL JEL çözeltisi, 0,25 mL (0,0028 mmol) PVA çözeltisinden oluşan 1,0 mL çözeltilisine 60 mg (0,291 mmol) SSS eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden eklenerek yukarıda bahsedildiği gibi hazırlanmıştır.

**AAm/SSS/PVA/%10,0 JEL:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 1,0 mL JEL ve PVA'dan oluşan çözeltilisine 60 mg (0,291 mmol) SSS eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden eklenerek yukarıda bahsedildiği gibi hazırlanmıştır.

**AAm/SSS/PVA üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,25 mL (0,0028 mmol) PVA çözeltisi ve 0,75 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 0 mg, 10 mg (0,0485 mmol), 20 mg (0,0970 mmol), 30 mg (0,145 mmol), 40 mg (0,194 mmol), 50 mg (0,242 mmol), 60 mg (0,291 mmol), 70 mg (0,339 mmol), 80 mg (0,388 mmol) SSS eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS ve

TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik PVA içeren AAm/SSS/PVA üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 0,125 mL (0,0014 mmol), 0,375 mL (0,0042 mmol) ve 0,5 mL (0,0056 mmol) PVA çözeltisi ile sırasıyla 0,875 mL, 0,625 mL ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltilisine 60 mg (0,291 mmol) SSS eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

AAm/SA/JEL/PVA, AAm/SA/PVA, AAm/SSS/JEL/PVA ve AAm/SSS/PVA polimerik örneklerin içeriklerinin hazırlanmasında aşağıdaki çizelgeye uyulmuştur.

Çizelge 3.5. PVA içeren polimerik örneklerin bileşimi

Hidrojelın kısa adı	Yardımcı Monomer (mg)	JEL (%mL)	PVA (%mL)
AAm/SA/JEL/PVA	10-80	5,0	5,0
AAm/SA/JEL/PVA (PVA değişimi)	60	5,0	2,5-10,0
AAm/SA/PVA/JEL (JEL değişimi)	60	2,5-10,0	5,0
AAm/SA/PVA	10-80	-	5,0
AAm/SA/PVA (PVA değişimi)	60	-	2,5-10,0
AAm/SSS/JEL/PVA	10-80	5,0	5,0
AAm/SSS/JEL/PVA (PVA değişimi)	60	5,0	2,5-10,0
AAm/SSS/PVA/JEL (JEL değişimi)	60	2,5-10,0	5,0
AAm/SSS/PVA	10-80	-	5,0
AAm/SSS/PVA (PVA değişimi)	60	-	2,5-10,0

### 3.2.3. PEG İÇEREN YARI-IPN ve HİDROJELLERİN ÜRETİMİ

**AAM/SA/JEL/PEG üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomeri, 0,5 mL JEL çözeltisi ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL karışım içerisine 0 mg, 10 mg (0,106 mmol), 20 mg (0,213 mmol), 30 mg (0,319 mmol), 40 mg (0,425 mmol), 50 mg (0,532 mmol), 60 mg (0,638 mmol), 70 mg (0,744 mmol), 80 mg (0,851 mmol) şeklinde değişen oranlarda SA ve 0,25 g (0,0625 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla 0,25 mL (0,004 mmol) %1'lik PEGDA, 5 g/100 mL APS çözeltisinden 0,2 mL (0,044 mmol) ve 0,25 mL (0,017 mmol) %1'lik TEMED eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik PEG içeren AAm/SA/JEL/PEG üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomeri, 0,5 mL JEL çözeltisi ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL karışım içerisine 60 mg (0,638 mmol) SA ve 0,125 g (0,0313 mmol), 0,375 g (0,0938 mmol) ve 0,500 g (0,125 mmol) şeklinde değişen oranlarda PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Hazırlanan bu karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik JEL içeren AAm/SA/PEG/JEL üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerininin, 0,25; 0,75 ve 1,0 mL jelatin çözeltisi ve sırasıyla 0,75; 0,25 ve 0 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltisine, 60 mg (0,638 mmol) SA ve 0,25 g (0,0625 mmol) PEG eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli

olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**AAM/SA/PEG üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 1,0 mL saf su içerisinde çözülmesi ile hazırlanan karışıma 0 mg, 10 mg (0,106 mmol), 20 mg (0,213 mmol), 30 mg (0,319 mmol), 40 mg (0,425 mmol), 50 mg (0,532 mmol), 60 mg (0,638 mmol), 70 mg (0,744 mmol), 80 mg (0,851 mmol) şeklinde değişen oranlarda SA ve 0,25 g (0,0625 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemini için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik PEG içeren AAM/SA/PEG üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 1,0 mL saf su içerisinde çözülmesi ile hazırlanan karışıma 60 mg (0,638 mmol) SA ve 0,125 g (0,0313 mmol), 0,375 g (0,0938 mmol) ve 0,500 g (0,125 mmol) g şeklinde değişen oranlarda PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Hazırlanan bu karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemini için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**AAM/SSS/JEL/PEG üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomeri, 0,5 mL JEL çözeltisi ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL karışım içerisine 0 mg, 10 mg (0,0485 mmol), 20 mg (0,0970 mmol), 30 mg (0,145 mmol), 40 mg (0,194 mmol), 50 mg (0,242 mmol), 60 mg (0,291 mmol), 70 mg (0,339 mmol), 80 mg (0,388 mmol) SSS ve 0,25 g (0,0625 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla 0,25 mL (0,004 mmol) %1'lik PEGDA, 5 g/100 mL APS çözeltisinden 0,2 mL (0,044 mmol) ve 0,25 mL (0,017 mmol) %1'lik TEMED eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin



tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik PEG içeren AAm/SSS/JEL/PEG üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomeri, 0,5 mL JEL çözeltisi ve 0,5 mL saf sudan oluşan 1,0 mL karışım içerisine 60 mg (0,291 mmol) SSS ve 0,125 g (0,0313 mmol), 0,375 g (0,0938 mmol) ve 0,500 g (0,125 mmol) şeklinde değişen oranlarda PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Hazırlanan bu karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik JEL içeren AAm/SSS/PEG/JEL üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerininin, 0,25; 0,75 ve 1,0 mL jelatin çözeltisi ve sırasıyla 0,75; 0,25 ve 0 mL saf sudan oluşan 1,0 mL çözeltisine, 60 mg (0,291 mmol) SSS ve 0,25 g (0,0625 mmol) PEG eklenerek hazırlanan karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**AAm/SSS/PEG üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerininin, 1,0 mL saf su içerisinde çözülmesi ile hazırlanan karışıma 0 mg, 10 mg (0,0485 mmol), 20 mg (0,0970 mmol), 30 mg (0,145 mmol), 40 mg (0,194 mmol), 50 mg (0,242 mmol), 60 mg (0,291 mmol), 70 mg (0,339 mmol), 80 mg (0,388 mmol) şeklinde değişen oranlarda SA ve 0,25 g (0,0625 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla PEGDA, APS ve TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi

için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

**Değişik PEG içeren AAm/SSS/PEG üretimi:** 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin, 1,0 mL saf su içerisinde çözülmesi ile hazırlanan karışıma 60 mg (0,291 mmol) SSS ve 0,125 g (0,0313 mmol), 0,375 g (0,0938 mmol) ve 0,500 (0,125 mmol) g şeklinde değişen oranlarda PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Hazırlanan bu karışıma sırasıyla PEGDA, APS TEMED çözeltilerinden belirli miktarlarda eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında polimerleşmeye bırakılmıştır. Tepkimenin tamamlanması ile oluşan IPN'ler 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen polimerik örnekler bu süre sonunda önce açık havada daha sonra vakumda kurutulmuşlardır.

AAm/SA/JEL/PEG, AAm/SA/PEG, AAm/SSS/JEL/PEG ve AAm/SSS/PEG polimerik örneklerin içeriklerinin hazırlanmasında aşağıdaki çizelgeye uyulmuştur.

Çizelge 3.6. PEG içeren polimerik örneklerin bileşimi

Hidrojelın kısa adı	Yardımcı Monomer (mg)	JEL (%mL)	PEG (g)
AAm/SA/JEL/PEG	10-80	5,0	0,250
AAm/SA/JEL/PEG (PEG değişimi)	60	5,0	0,125-0,500
AAm/SA/PEG/JEL (JEL değişimi)	60	2,5-10,0	0,250
AAm/SA/PEG	10-80	-	0,250
AAm/SA/PEG (PEG değişimi)	60	-	0,125-0,500
AAm/SSS/JEL/PEG	10-80	5,0	0,250
AAm/SSS/JEL/PEG (PEG değişimi)	60	5,0	0,125-0,500
AAm/SSS/PEG/JEL (JEL değişimi)	60	2,5-10,0	0,250
AAm/SSS/PEG	10-80	-	0,250
AAm/SSS/PEG (PEG değişimi)	60	-	0,125-0,500

### **3.3. Yarı-IPN ve Hidrojel Karakterizasyonu**

Hazırlanan yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin karakterizasyonları için spektroskopik karakterizasyon, ısısız karakterizasyon ve şişme karakterizasyonu yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca çapraz bağlı yapıların yüzey özellikleri hakkında bilgi vermesi amacıyla taramalı elektron mikroskopu (Scanning electron microscopy, SEM) mikrografları alınmıştır.

#### **3.3.1. Spektroskopik Analiz**

Hidrojellerin spektroskopik karakterizasyonlarının yapılabilmesi için çapraz bağlı kopolimerlerin KBr kullanılarak hazırlanmış tabletlerinin FT-IR spektrumları alınmıştır. Spektrumların alınması için Adnan Menderes Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan VARIAN FTS 800 FT-IR Fourier Transform Infrared Spektrofotometresi kullanılmıştır.

#### **3.3.2. Isısız Analiz**

Hidrojellerin ısısız karakterizasyonlarının yapılabilmesi için çapraz bağlı polimerik örneklerin termogravimetrik analizleri (TG) yapılarak ısısız davranışları karakterize edilmeye çalışılmıştır. TG termogramları, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde bulunan Seiko SII TG/DTA 6300 cihazı kullanılarak alınmıştır.

#### **3.3.3. SEM Analizi**

Bu çalışmada hazırlanan çapraz bağlı kopolimerlerin yüzey gözenekliliği hakkında bilgi edinebilmek amacıyla SEM mikrografları çekilmiştir. SEM mikrograflarının çekiminde İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE), Malzeme Araştırma Merkezi'nde (MAM), bulunan Phillips XL-30S FEG, FEI QUANTA 250 FEG cihazı kullanılmıştır. Polimerik örneklerin SEM görüntüleri alınmadan önce Emitech K550X marka kaplama cihazı kullanılarak 1 dakika süreyle altın kaplanmıştır.

#### **3.3.4. Şişme Karakterizasyonu**

Hazırlanan çapraz bağlı kopolimerlere 25°C'da dinamik şişme testleri uygulanmıştır. Bu amaçla kuru haldeki bir kopolimer 0,0001 g duyarlılıkla tartım

yapabilen DENVER TP-214 elektronik terazi yardımıyla tartılarak MEMMERT WB 29 su banyosunda  $25 \pm 0,1$  °C sabit sıcaklıkta, içerisinde damıtık su bulunan behere konularak şişmeye bırakılmıştır. Polimerik örneğin suya bırakıldığı an  $t=0$  olarak alınmış ve belirli zaman aralıklarında sudan çıkarılan hidrojel dış yüzeyindeki su kurularak aynı duyarlılıkla tartılmıştır. Zamanla değişmeyen kütle değerleri elde edilene dek düzenli olarak tartıma devam edilmiş ve değişmeyen değerler elde edildiğinde şişmenin dengeye geldiği kabul edilerek deney sonuçlandırılmıştır.

### 3.4. Boyarmadde Soğurumu

Kuru haldeki çapraz bağlı polimerik örnekler boyarmadde çözeltilerinde bir süre bekletildiklerinde çözeltilere uygun renklenmeler göstermişlerdir. Yapılan bu ön denemelerle yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin MV'yi soğurabileceği görülmüş ve yüzeye soğurum çalışmalarında kullanılmıştır. Boyarmadde soğurumunu nicel olarak açıklayabilmek için  $0,75 \times 10^{-5}$  M –  $3,75 \times 10^{-5}$  arasında değişen derişimlerde sulu boyarmadde çözeltileri ile 60 mg yardımcı monomer içeren çapraz bağlı kopolimerler dengeye gelene kadar 25°C'da etkileştirilmişlerdir. Ayrıca yardımcı monomer içeriğinin soğuruma etkisini araştırabilmek için  $2,5 \times 10^{-5}$  M sabit derişimde boyarmadde çözeltileri ile 0-80 mg yardımcı monomer içeren çapraz bağlı kopolimerlerin etkileşmeleri sağlanmıştır. Dengeye gelen hidrojeller dekantasyonla çözeltiden ayrılmış ve çözeltilerin absorbanları SHIMADZU UV-1601 model UV-VIS spektrofotometre kullanılarak 584 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Wang vd. 2010). Ölçümler sırasında referans olarak saf su kullanılmıştır. Daha önce hazırlanan ve EK 1'de sunulan çalışma eğrisi yardımıyla ölçülen absorban değerlerinin derişim karşılıkları hesaplanmıştır.

### 3.5. Etkin Madde Salınım Çalışmaları

#### 3.5.1. Polimerik Örneklere Resorsinol Yüklenmesi

Resorsinol (RS), salınım çalışmaları için hazırlanan çapraz bağlı kopolimerlerin üretimi sırasında polimerleşme ortamına eklenmiştir. Bölüm 3.2'de ayrıntılı olarak anlatılan yöntem kullanılarak gerçekleştirilen üretim sırasında monomer çözeltilisini hazırlamak için su yerine 0,35 M RS çözeltilisi kullanılmıştır. Bu şekilde hazırlanan RS taşıyıcı hidrojel sistemler önce açık havada sonra vakumda kurutularak salınım

çalışmaları için saklanmışlardır. Polimerik örneklerin içeriklerinin hazırlanmasında aşağıdaki çizelgeye uyulmuştur.

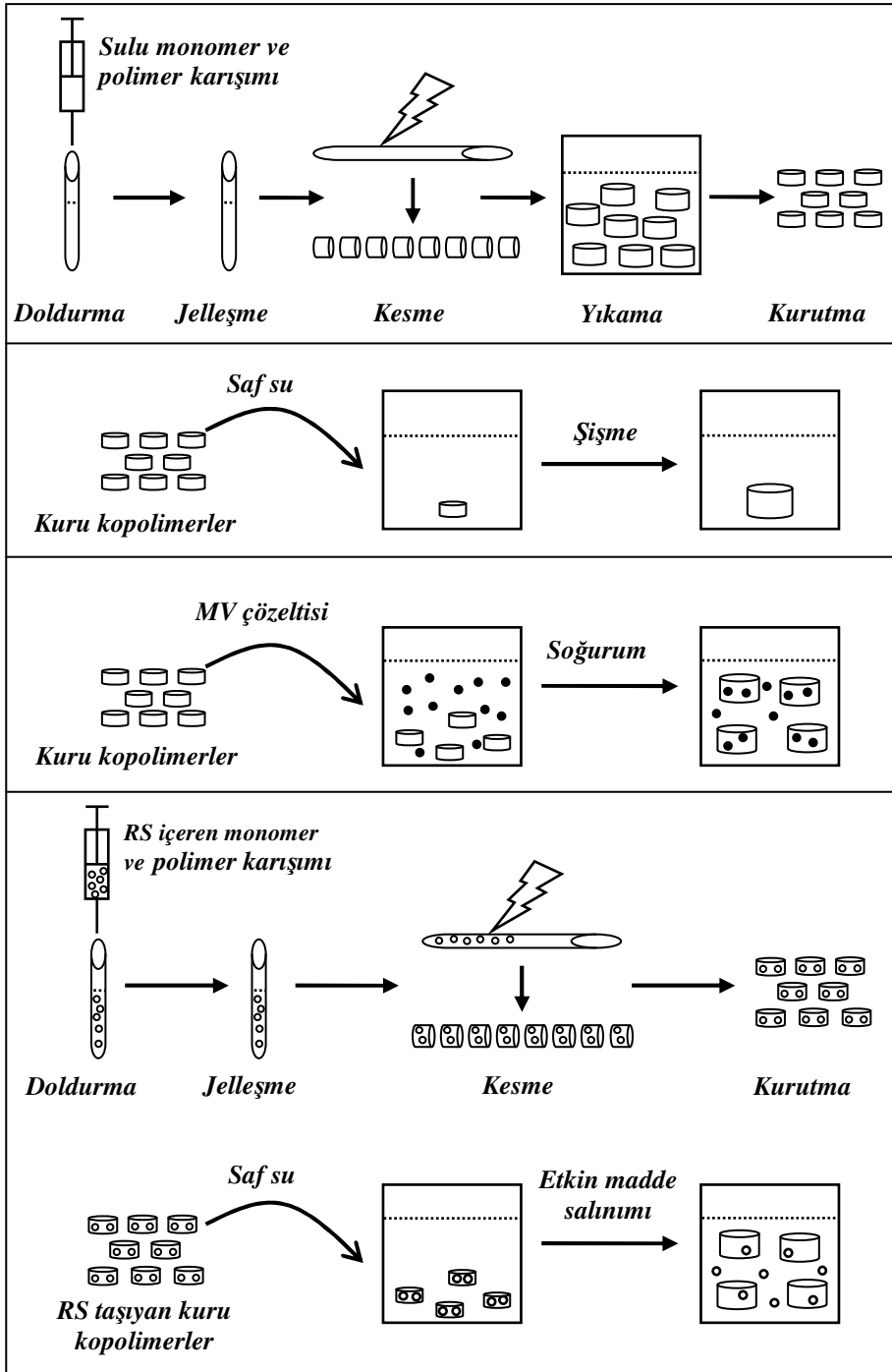
Çizelge 3.7. RS içeren polimerik örneklerin bileşimi

Hidrojelın kısa adı	Yardımcı Monomer (mg)	JEL (%mL)	PVA (%mL)	PEG (g)
AAm/SA	60	-	-	-
AAm/SA/JEL	60	5,0	-	-
AAm/SA/PVA	60	-	5,0	-
AAm/SA/JEL/PVA	60	5,0	5,0	-
AAm/SA/PEG	60	-	-	0,250
AAm/SA/JEL/PEG	60	5,0	-	0,250
AAm/SSS	60	-	-	-
AAm/SSS/JEL	60	5,0	-	-
AAm/SSS/PVA	60	-	5,0	-
AAm/SSS/JEL/PVA	60	5,0	5,0	-
AAm/SSS/PEG	60	-	-	0,250
AAm/SSS/JEL/PEG	60	5,0	-	0,250

### 3.5.2. Polimerik Örneklerden Resorsinol Salınımının İncelenmesi

Kütlesi bilinen kuru haldeki RS taşıyan sistemler, 25 mL saf su içerisine bırakılarak etkin madde salınımı izlenmiştir. Salınım çalışmaları MEMMERT WB 29 su banyosunda  $25 \pm 0,1$  °C sabit sıcaklıkta ve MEMMERT SV 2945 çalkalama aparatı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Etkin madde salınımı SHIMADZU UV-1601 model UV-VIS spektrofotometre kullanılarak zamana bağlı olarak izlenmiştir. Belirli zaman aralıklarında çözeltilerden alınan 3 mL'lik örneklerin absorbansları 273,6 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Savaş ve Güven, 2001). Çözeltinin toplam derişiminin değişmesini önlemek amacıyla ölçümden sonra 3 mL'lik örnekler tekrar aynı çözeltiliye eklenmiştir. Ölçümler sırasında referans olarak saf su kullanılmıştır. Daha önce hazırlanan ve EK 2'de sunulan çalışma eğrisi yardımıyla ölçülen absorbans değerlerinin derişim karşılıkları hesaplanmıştır.

Çapraz bağlı kopolimerlerin hazırlanmaları, şişme, soğurum ve etkin madde salınım çalışmaları kullanılmaları Şekil 3.1'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Çapraz bağlı kopolimerlerin hazırlanması, şişme, soğurum ve etkin madde salınımı çalışmalarında kullanılmaları

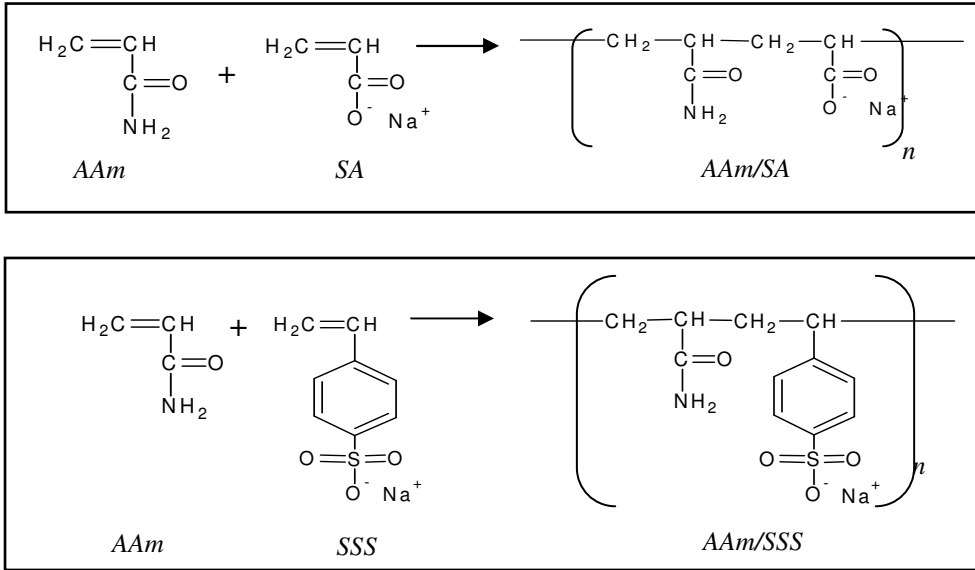
## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Çapraz Bağlı Polimerlerin Hazırlanması

Bu çalışmada, SA ve SSS gibi hidrofilik gruplar taşıyan yardımcı monomerler kullanılarak, akrilamid esaslı anyonik yarı-IPN'ler ve hidrojeller üretilmiştir. Yarı-IPN yapıların elde edilmesi için doğal bir polimer olan jelatin ile yapay polimerler PVA ve PEG, çapraz bağlayıcı olarak PEGDA kullanılmıştır. Spektroskopik karakterizasyon, ısısız karakterizasyon ve şişme karakterizasyonu yöntemleri kullanılarak çapraz bağlı kopolimerlerin karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca polimerik örneklerin yüzey özellikleri hakkında fikir edinebilmek amacı ile SEM mikrografları alınmıştır. Üretilen çapraz bağlı kopolimerlerin, çevre kirliliğinin önemli bir sorunu olan boyarmadde kirliliğinin giderilmesinde adsorban olarak ve biyomedikal uygulamalar için büyük önem taşıyan bir alanda etkin madde salınımı için taşıyıcı olarak kullanımı araştırılmıştır.

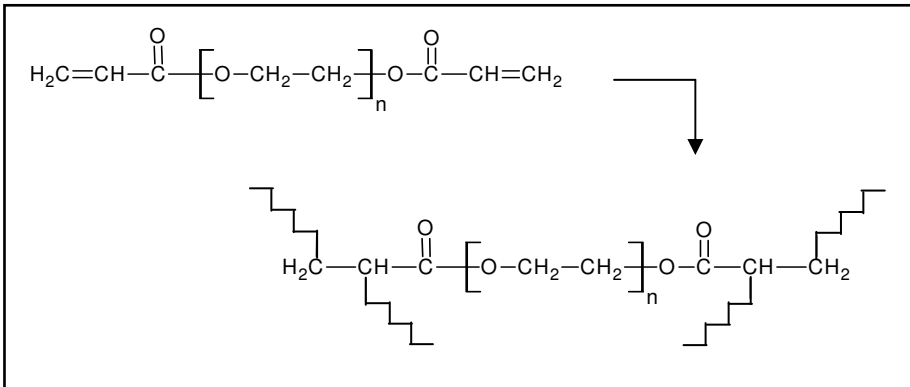
Jelatin içeren ve jelatin içermeyen yarı-IPN ve hidrojeller, kimyasal çapraz bağlayıcı kullanılarak çözelti ortamında serbest radikalik polimerleşme tepkimesi ile üretilmişlerdir. AAm monomerinin su ve jelatin çözeltisine, farklı özelliklerde polimerik örnekler elde edebilmek amacıyla değişen miktarlarda SA ve SSS yardımcı monomerleri ile PVA ve PEG gibi iki farklı polimer eklenmiş, çapraz bağlayıcı, başlatıcı ve hızlandırıcı yardımıyla çapraz bağlı kopolimerlerin üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.1'de monomerlerin ve üretilen kopolimerlerin kimyasal yapıları gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Monomerlerin ve kopolimerlerin kimyasal yapısı

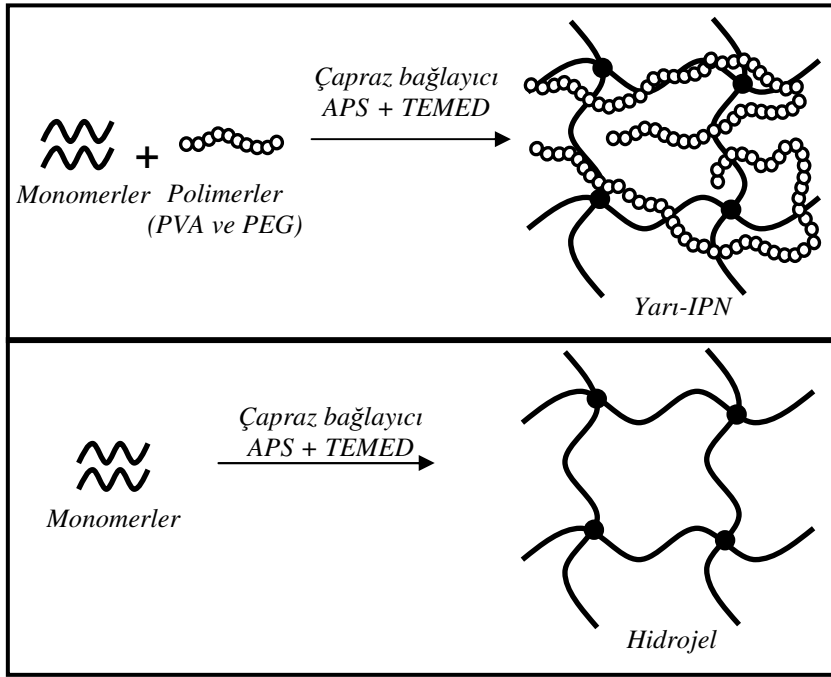
Üretim sırasında çapraz bağlanmayı sağlamak üzere iki fonksiyonlu bir çapraz bağlayıcı olan PEGDA kimyasal çapraz bağlayıcı olarak kullanılmış ve kimyasal çapraz bağlı yarı-IPN'ler ve hidrojeller elde edilmiştir. Kullanılan PEGDA'nın kimyasal yapısı ve çapraz bağlanmanın şematik gösterimi Şekil 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Poli(etilen glikol) diakrilat'ın kimyasal yapısı ve bağlanma noktaları



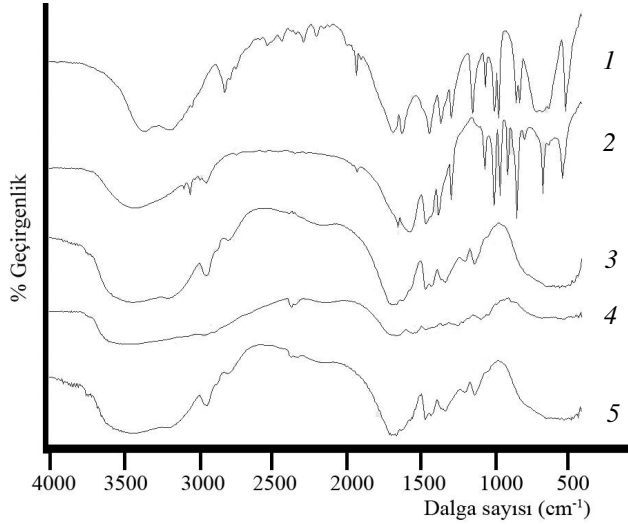
Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yapısal düzenleme ve olası bağlanma mekanizmasının aydınlatılması için Şekil 4.3'deki düzenleme oluşturulmuştur. Şekilde görüldüğü gibi yarı-IPN yapıda PVA ve PEG zincirleri, çapraz bağlar arasındaki boşluklarda, herhangi bir bağlanma olmaksızın dolaşmış durumda bulunur.



Şekil 4.3. Yarı-IPN ve hidrojel yapılarının şematik gösterimi

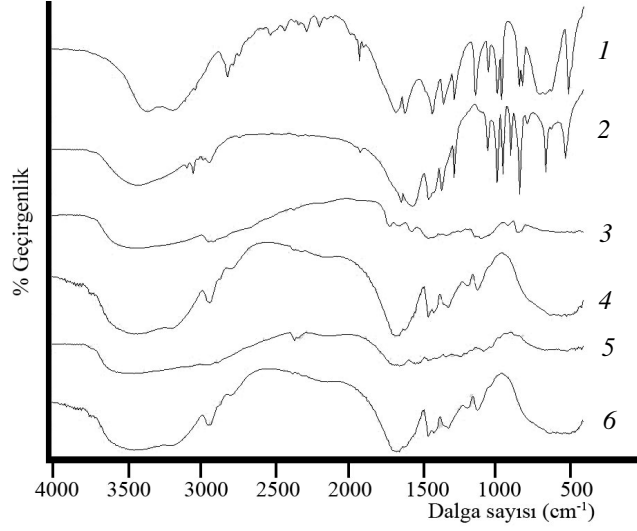
## 4.2. Spektroskopik Karakterizasyon

Hazırlanan kopolimerik örneklerin kimyasal yapısını aydınlatmak için gerekli spektroskopik incelemeler FT-IR spektrofotometresi ile yapılmıştır. Bu amaçla PEGDA ile çapraz bağlanmış kopolimerlerin spektrumları alınmıştır. 500-4000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısı aralığında alınan spektrumlar aşağıda sunulmuştur.



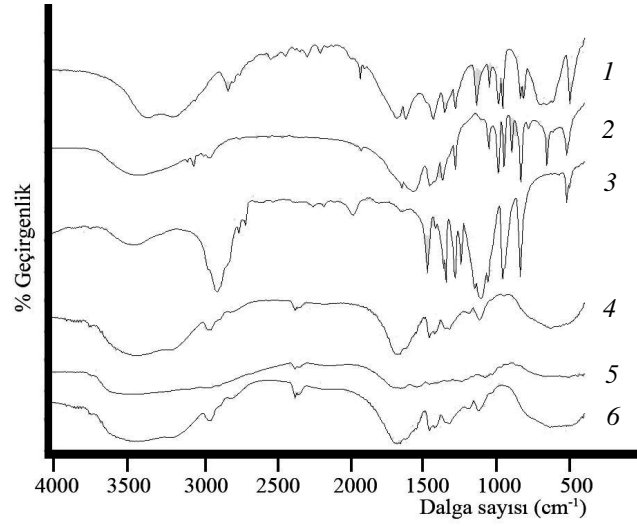
Şekil 4.4. AAm/SA hidrojenlerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- AAm; 2- SA; 3- AAm/SA; 4- JEL; 5- AAm/SA/JEL



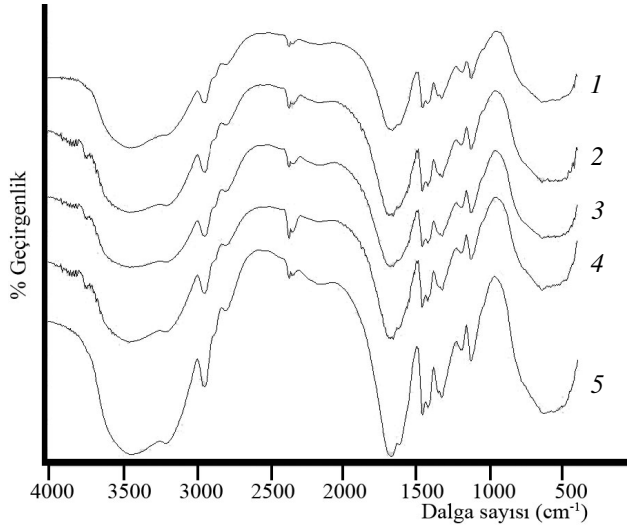
Şekil 4.5. AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- AAm; 2- SA; 3- PVA; 4- AAm/SA/PVA; 5- JEL; 6- AAm/SA/JEL/PVA



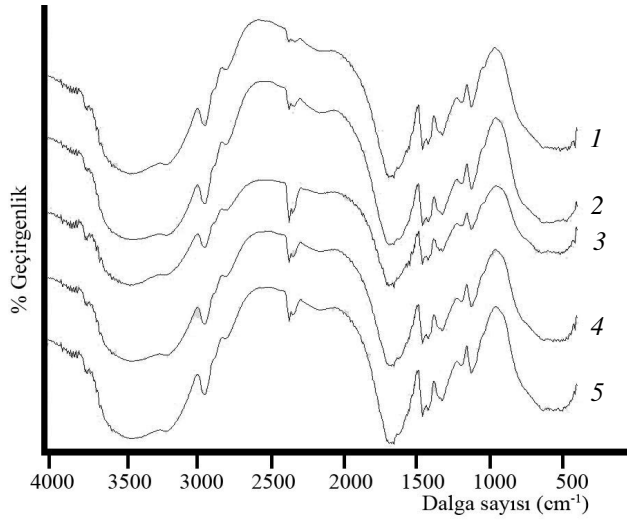
Şekil 4.6. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- AAm; 2- SA; 3- PEG; 4- AAm/SA/PEG; 5- JEL; 6- AAm/SA/JEL/PEG



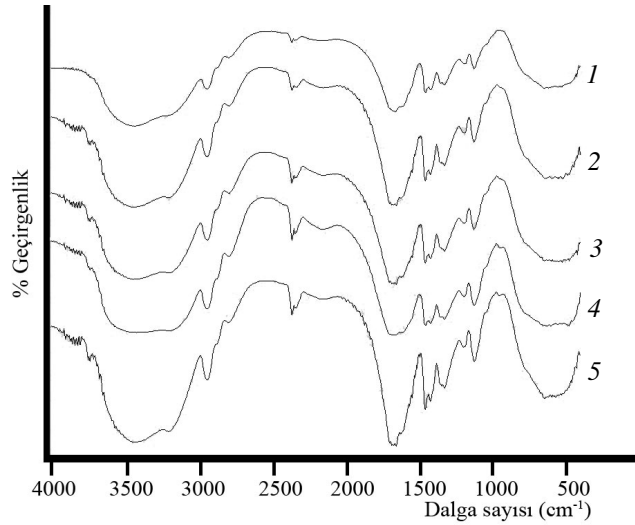
Şekil 4.7. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- %0 PVA; 2- %2,5 PVA; 3- %5,0 PVA; 4- %7,5 PVA; 5- % 10,0 PVA



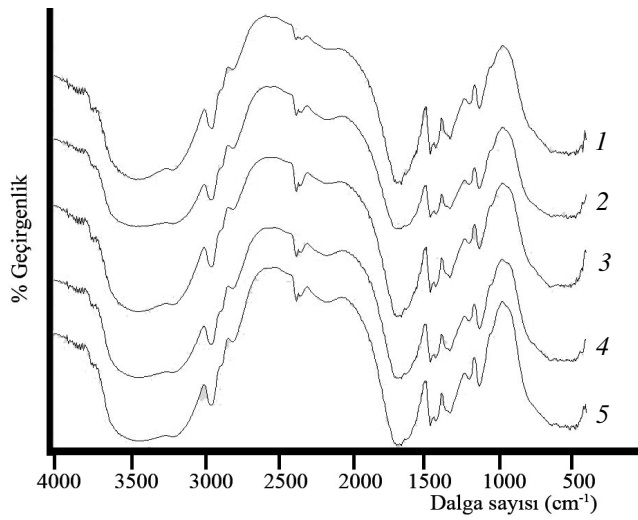
Şekil 4.8. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- %0 PVA; 2- %2,5 PVA; 3- %5,0 PVA; 4- %7,5 PVA; 5- % 10,0 PVA



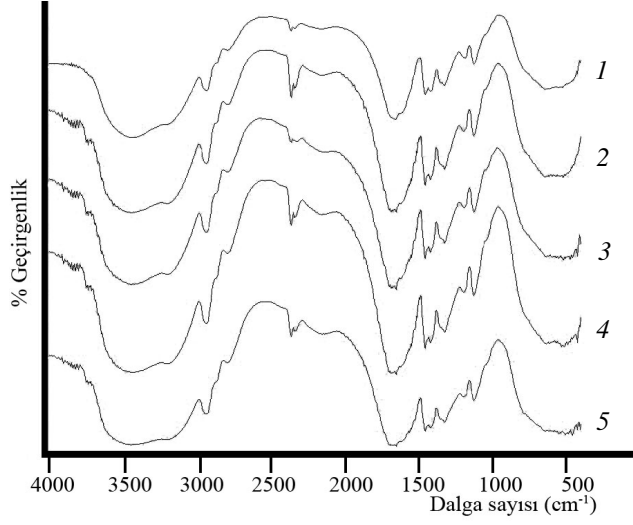
Şekil 4.9. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- 0 PEG; 2- 0,125 PEG; 3- 0,250 PEG; 4- 0,375 PEG; 5- 0,500 PEG



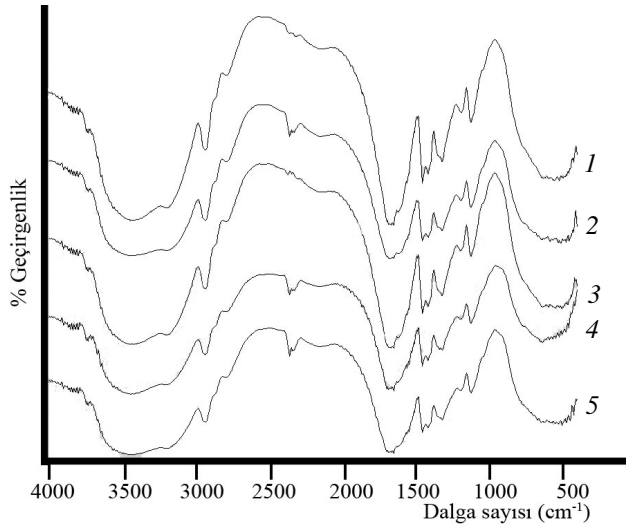
Şekil 4.10. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- 0 PEG; 2- 0,125 PEG; 3- 0,250 PEG; 4- 0,375 PEG; 5- 0,500 PEG



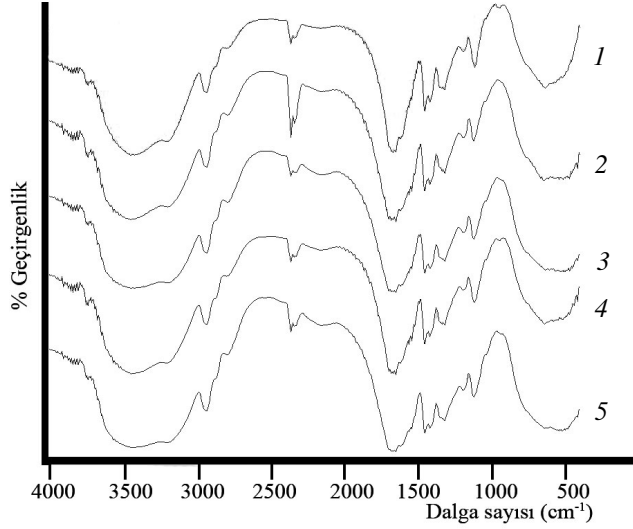
Şekil 4.11. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- %0 JEL; 2- %2,5 JEL; 3- %5,0 JEL; 4- %7,5 JEL;5- % 10,0 JEL



Şekil 4.12. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

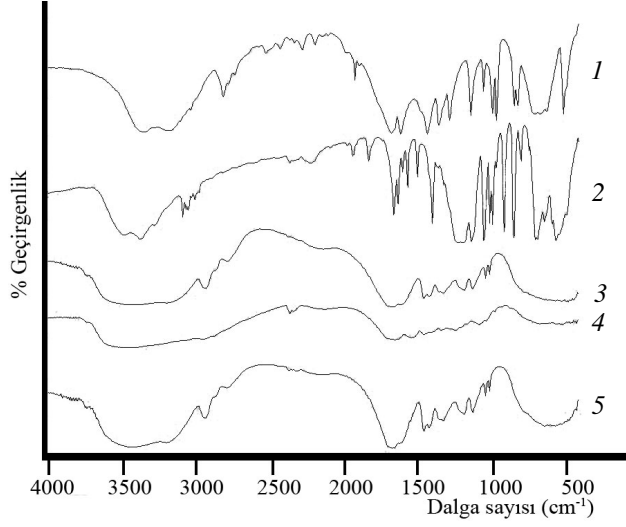
1- %0 JEL; 2- %2,5 JEL; 3- %5,0 JEL; 4- %7,5 JEL;5- % 10,0 JEL



Şekil 4.13. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

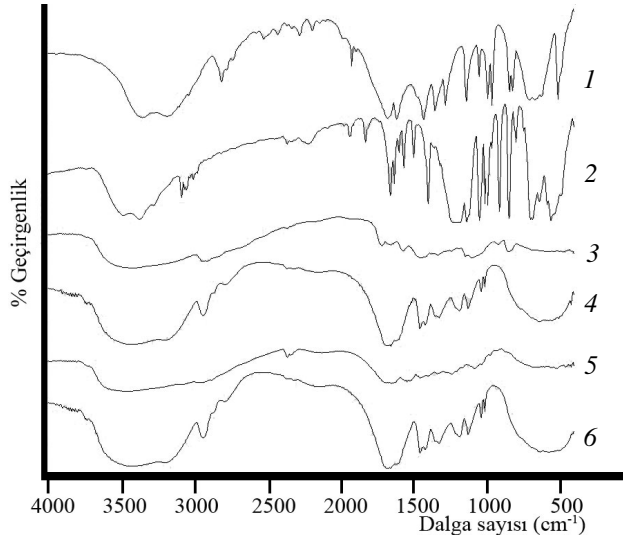
1- %0 JEL; 2- %2,5 JEL; 3- %5,0 JEL; 4- %7,5 JEL;5- % 10,0 JEL

Şekil 4.4- 4.13'de sunulan spektrumlar incelendiğinde, 3000-3600  $\text{cm}^{-1}$  arasında görülen geniş band, AAm ve JEL'e ait N-H gerilmeleri ile PVA ve PEG'in yapısında bulunan O-H gerilmelerinin üst üste çakışması olarak açıklanabilir. Ayrıca 1600-1700  $\text{cm}^{-1}$  arasında gözlenen bandlar SA'da bulunan COO-gruplarının varlığını göstermektedir. Yine 1600-1700  $\text{cm}^{-1}$  arasındaki band incelendiğinde gözlenen omuz oluşumu amid varlığını göstermektedir. 2900  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında yer alan pik C-H gerilmelerine aittir ve tüm spektrumlarda gözlenmektedir. 1400- 1500  $\text{cm}^{-1}$  arası bandlar,  $\text{CH}_2$  gerilme titreşimleri olabilir. PVA'ya ait C-H gerilmeleri 2900  $\text{cm}^{-1}$ 'de, C-C gerilmeleri ise 1200  $\text{cm}^{-1}$ 'de görülmektedir. PEG'de bulunan eter grubuna ait C-O-C gerilmeleri 1100  $\text{cm}^{-1}$  civarında gözlenmektedir. (Mohan vd., 2005b; Kaewpirom ve Boonsang, 2006; Karadağ vd., 2010; AL-Sabagh ve Abdeen, 2010; Zhang vd., 2010; Sun vd., 2011; Kabiri vd., 2011; Kundakçı vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2011; Wei vd., 2011).



Şekil 4.14. AAm/SSS hidrojenlerinin ve AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

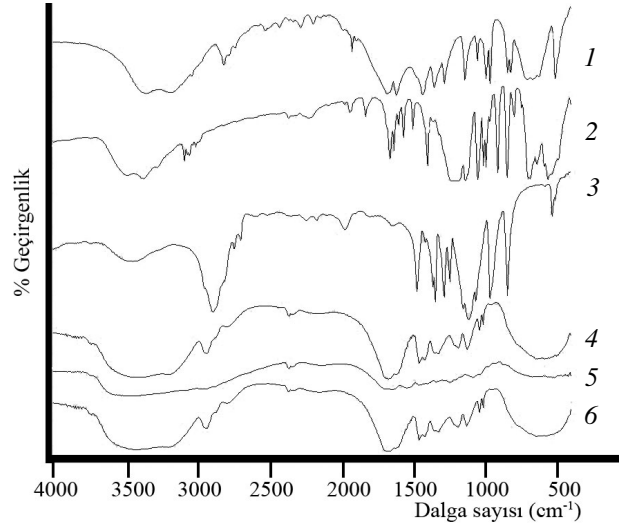
1- AAm; 2- SSS; 3- AAm/SSS; 4- JEL; 5- AAm/SSS/JEL



Şekil 4.15. AAm/SSS/PVA ve AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

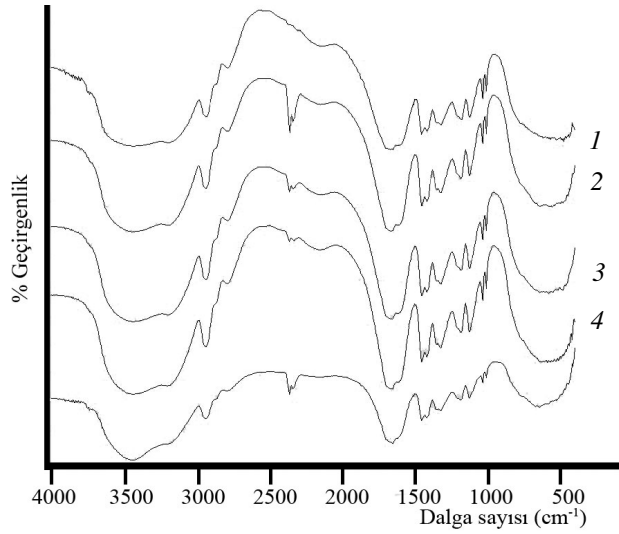
1-AAm; 2- SSS; 3- PVA; 4- AAm/SSS/PVA; 5- JEL; 6-AAm/SSS/JEL/PVA





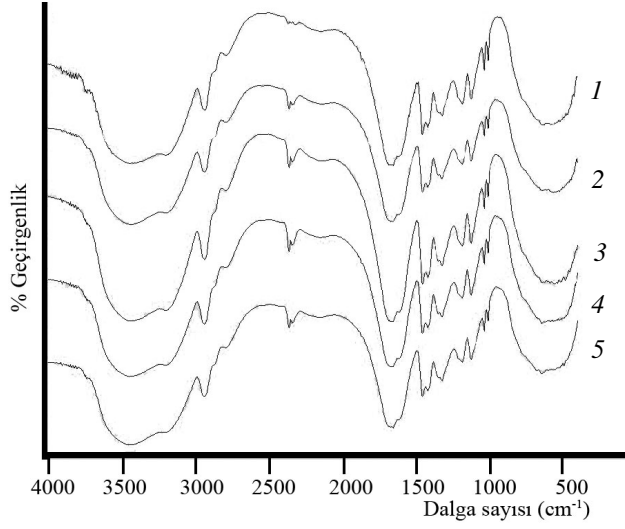
Şekil 4.16. AAm/SSS/PEG ve AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- AAm; 2- SSS; 3- PEG; 4- AAm/SSS/PEG; 5- JEL; 6- AAm/SSS/JEL/PEG



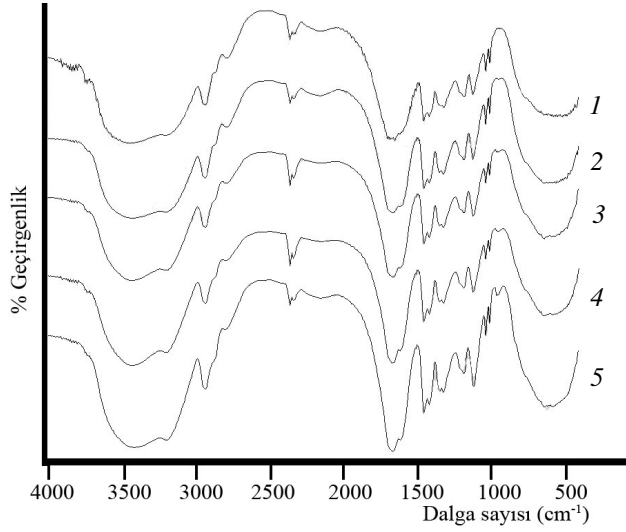
Şekil 4.17. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- %0 PVA; 2- %2,5 PVA; 3- %5,0 PVA; 4- %7,5 PVA; 5- % 10,0 PVA



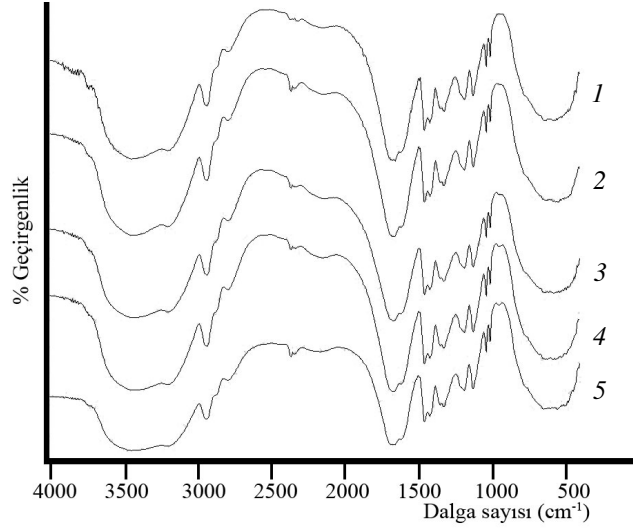
Şekil 4.18. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- %0 PVA; 2- %2,5 PVA; 3- %5,0 PVA; 4- %7,5 PVA; 5- % 10,0 PVA



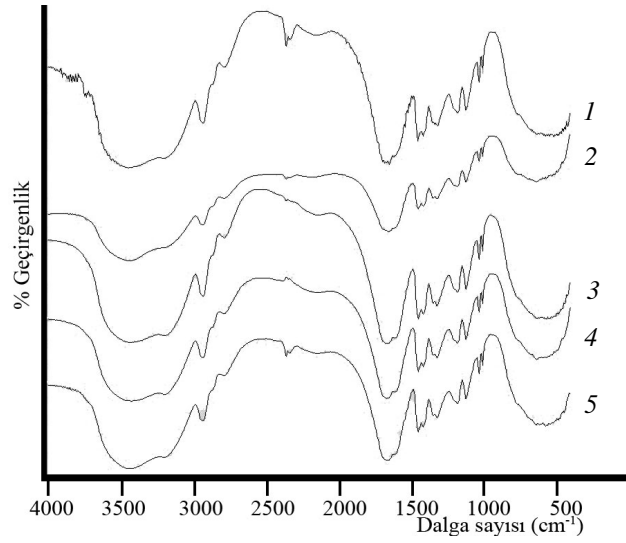
Şekil 4.19. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- 0 PEG; 2- 0,125 PEG; 3- 0,250 PEG; 4- 0,375 PEG; 5- 0,500 PEG



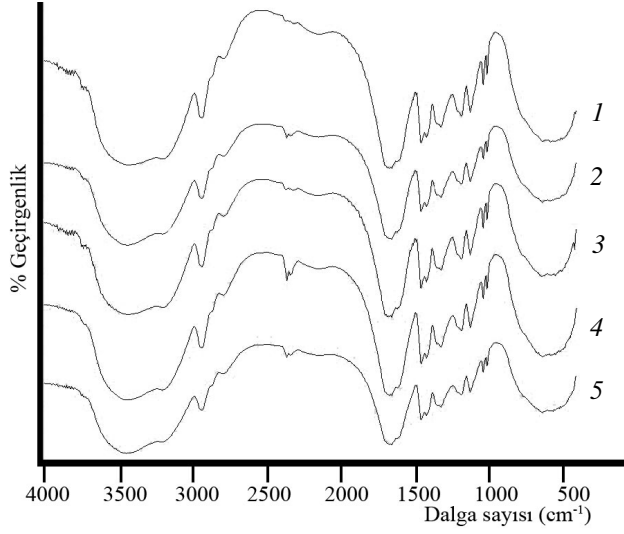
Şekil 4.20. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- 0 PEG; 2- 0,125 PEG; 3- 0,250 PEG; 4- 0,375 PEG; 5- 0,500 PEG



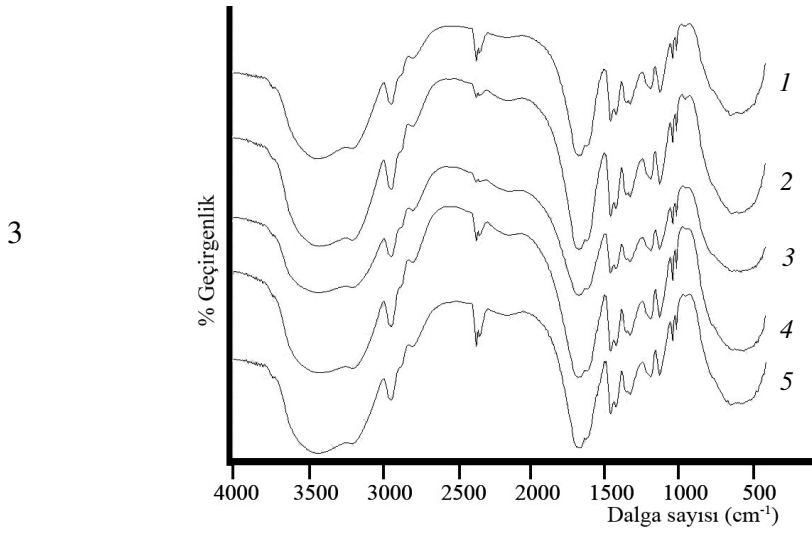
Şekil 4.21. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- %0 JEL; 2- %2,5 JEL; 3- %5,0 JEL; 4- %7,5 JEL; 5- % 10,0 JEL



Şekil 4.22. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- %0 JEL; 2- %2,5 JEL; 3- %5,0 JEL; 4- %7,5 JEL;5- % 10,0 JEL



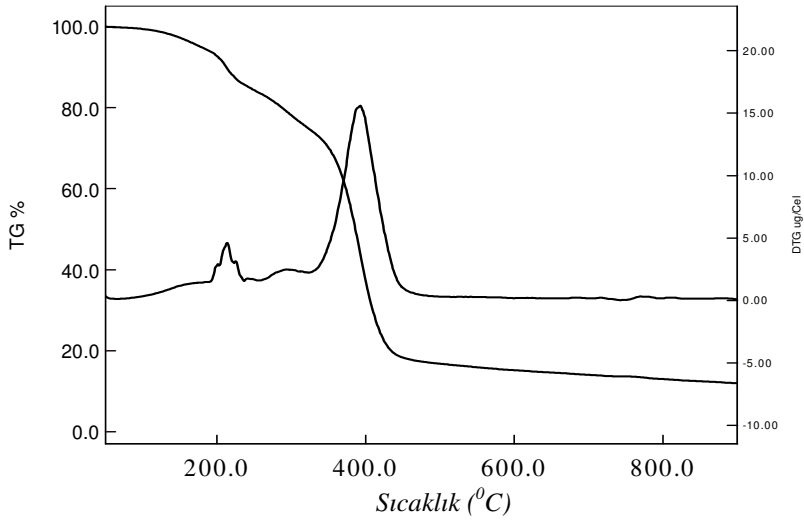
Şekil 4.23. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumları

1- %0 JEL; 2- %2,5 JEL; 3- %5,0 JEL; 4- %7,5 JEL;5- % 10,0 JEL

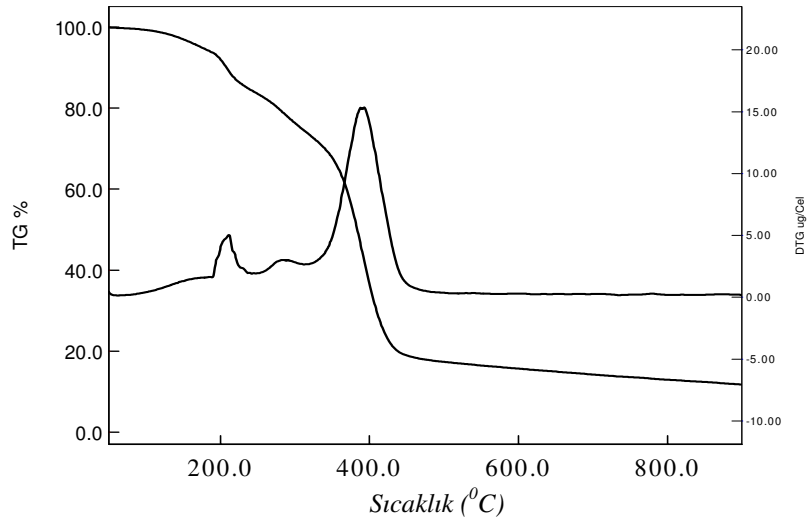
Şekil 4.14-4.23'de sunulan spektrumlar incelendiğinde, diğer spektrumlarda olduğu gibi, AAm ve JEL de bulunan N–H gerilmeleri ile PVA ve PEG'in yapısında bulunan O–H gerilmelerinin 3000-3600  $\text{cm}^{-1}$  arasında üst üste çakışması olarak açıklanabilir. SSS içeren kopolimerlerin spektrumlarında göze çarpan bandlar, 900-1000  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında yer alan bandlardır. Aromatik yapıya para konumunda iki süstitüent bağlı olduğunda bu tür bandlar gözlenmektedir. SSS'nin kimyasal yapısı incelendiğinde bu bandlar oldukça önemlidir. Ayrıca, SO gruplarına ait bandlar 1040  $\text{cm}^{-1}$  civarında gözlenmektedir. 1600-1700  $\text{cm}^{-1}$  arasında C=O gruplarına ait bandlar yer almaktadır. Diğer spektrumlarda olduğu gibi, 2900  $\text{cm}^{-1}$  dalga sayısında C–H gerilmelerine ait bandlar, 1100  $\text{cm}^{-1}$  civarında ise PEG'de bulunan eter grubuna ait C–O–C gerilmeleri gözlenmektedir. (Mohan vd., 2005b; Kaewpirom ve Boonsang, 2006; Üzüm, 2008a; Al-Sabagh ve Abdeen, 2010; Kabiri vd., 2011; Sun vd., 2011; Karadağ vd., 2010; Zhang vd., 2010; Kundakçı vd., 2011; Üzüm ve Karadağ, 2011; Wei vd., 2011).

### 4.3. Isısal Karakterizasyonu

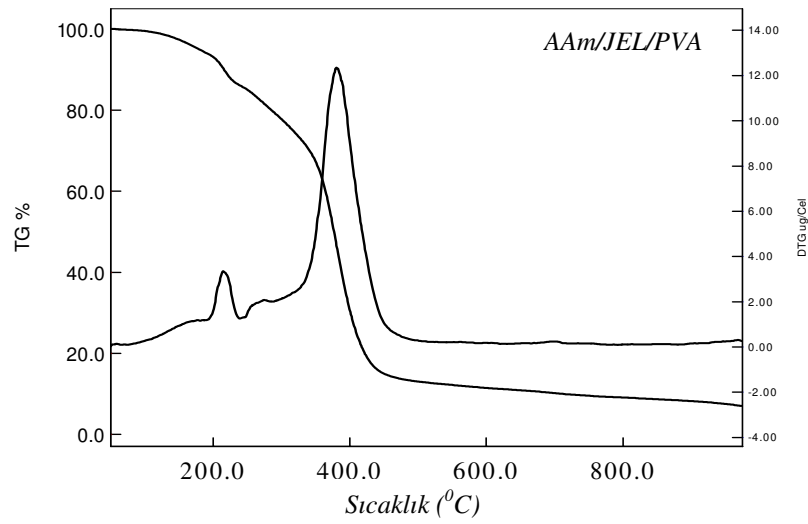
Polimerik örneklerin ısısal davranışlarının incelenmesi; polimerlerin kullanım amacı ve yerine göre seçilmeleri açısından önemlidir. Üretimleri gerçekleştirilen polimerlerde ısı etkisi ile oluşan değişimleri izleyebilmek için termogravimetrik analiz (TG)/diferansiyel termogravimetri (DTG) yöntemi kullanılmıştır. yaklaşık 3 mg polimerik örnek alumina kroze kullanılarak, 50-1100 °C arasında, 10 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızında ve 100 mL dak<sup>-1</sup> azot atmosferi altında, TG termogramları çekilmiş ve Şekil 4.24-4.35’de sunulmuştur.



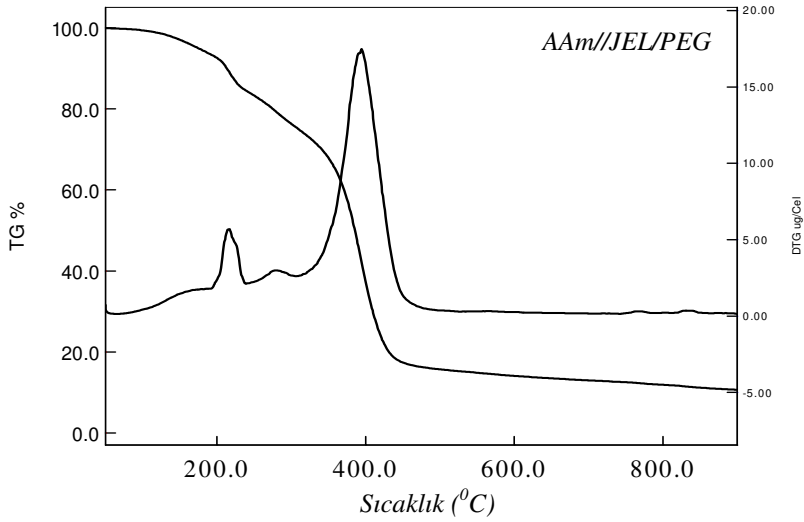
Şekil 4.24. Yardımcı monomer içermeyen AAm hidrojenlerinin TG ve DTG eğrileri



Şekil 4.25. Yardımcı monomer içermeyen AAm/JEL yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri



Şekil 4.26. Yardımcı monomer içermeyen AAm/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri

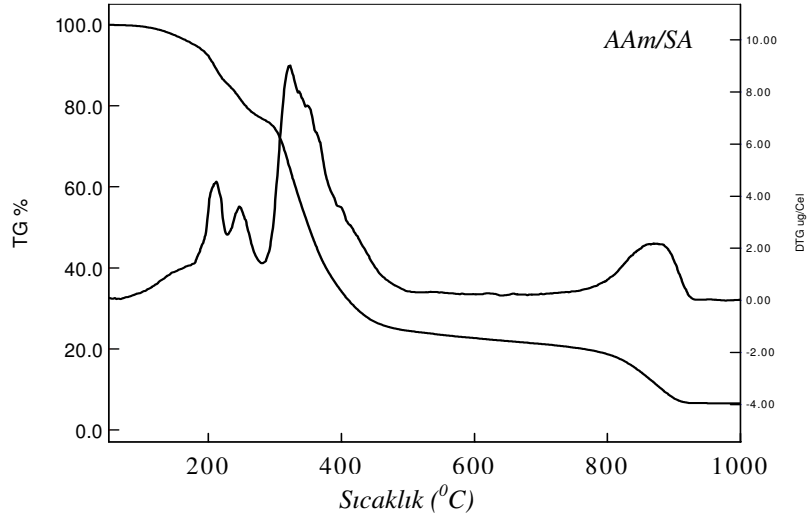


Şekil 4.27. Yardımcı monomer içermeyen AAm/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri

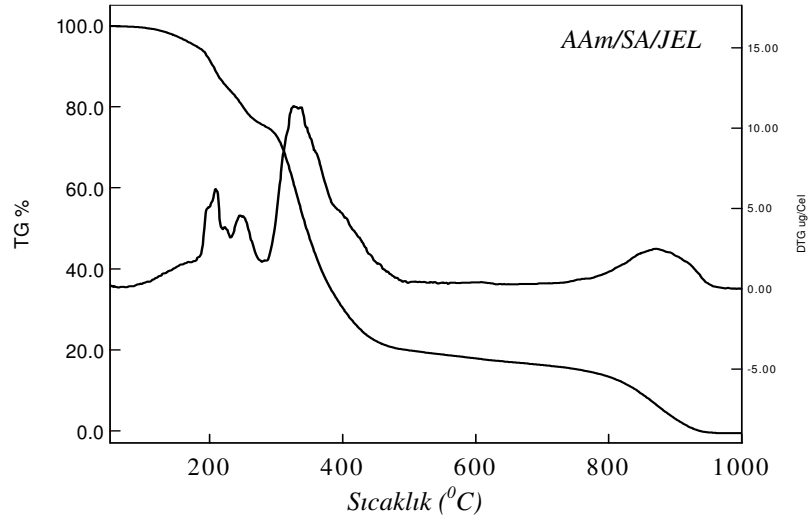
Yardımcı monomer içermeyen hidrojel ve yarı-IPN'lere ait Şekil 4.24-4.27 incelendiğinde; polimerik örneklerin iki basamaklı ısıl bozunma tepkimesi verdiği görülmektedir. 200 °C'ye kadar olan sıcaklıklardaki oluşan kütle kaybının, polimerik örneklerin yapısında bulunan suyun buharlaşmasından kaynaklandığı ileri sürülebilir. 200-340 °C sıcaklık aralığındaki ilk ısıl bozunma, JEL'in yapısında bulunan hidrojen bağlarının kırılması ile ısıl bozunmanın meydana gelmesi (Singh vd., 2007; Abou Taleb vd., 2009; Rahman vd., 2010), PVA'da bozunmanın başlaması (Yang vd., 2008; Yang vd., 2011) ve ana yapıdaki dehidrasyon nedeni ile oluşan NH<sub>3</sub> kaybı ile ilgilidir (Ekici, 2003a; Eid vd., 2009). 340-450 °C arasında meydana gelen kütle kaybı ise ana zincirin ayrılması ile yapısal bozunmanın meydana geldiğini göstermektedir (Ekici, 2003a; Eid vd., 2009; Abdelrazek vd., 2010).

Jelatin eklenmesi ile üretilen AAm/JEL yarı-IPN'nine ait termogram incelendiğinde bozunmanın başladığı sıcaklığın daha düşük olduğu, PVA ve PEG eklenen yapıların ise daha yüksek sıcaklıklarda bozunmaya başladığı görülmektedir.

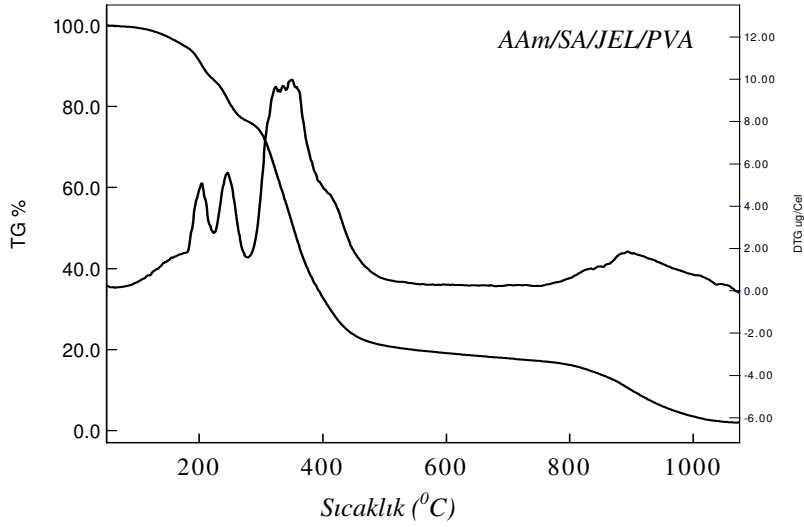




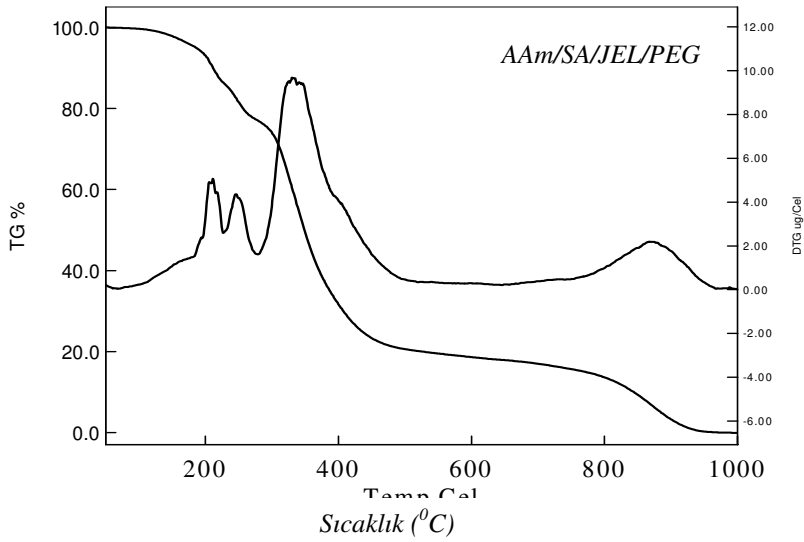
Şekil 4.28. 80 mg SA yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SA hidrojjellerinin TG ve DTG eğrileri



Şekil 4.29. 80 mg SA yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri



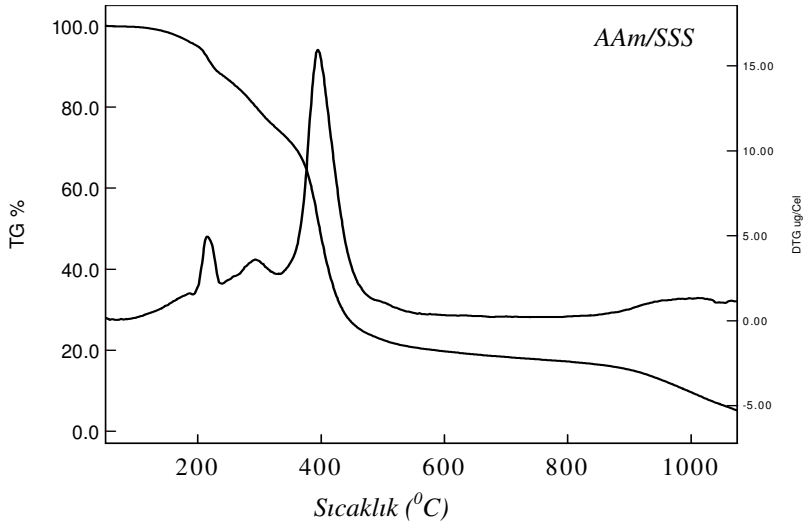
Şekil 4.30. 80 mg SA yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri



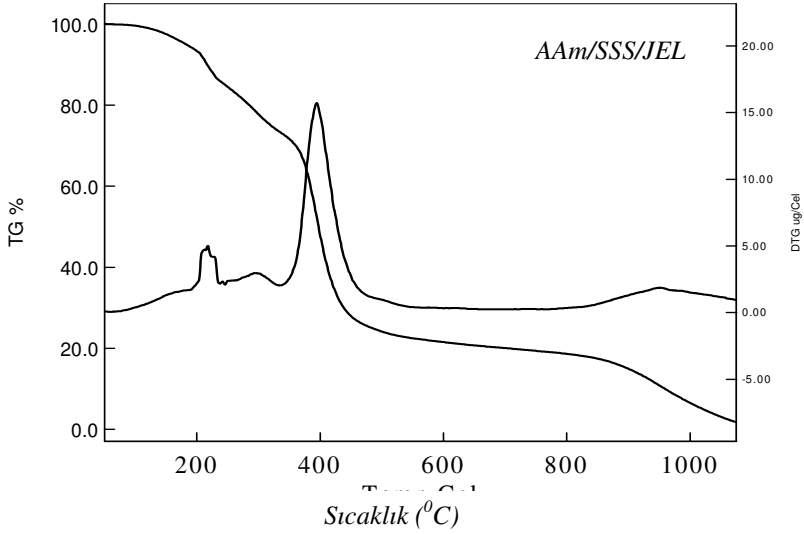
Şekil 4.31. 80 mg SA yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri

Şekil 4.28-4.31'de SA içeren hidrojel ve yarı-IPN'lere ait termogramlar incelendiğinde; polimerik örneklerin yine basamaklı bozunma tepkimesi verdiği görülmektedir. 200 °C'ye kadar olan sıcaklıklardaki ilk kütle kaybı, polimerik örneklerin yapısındaki su kaybı ile ilgilidir. 200-340 °C sıcaklık aralığındaki ilk ısıl bozunma sürecinde, karboksil gruplarının bozunması gerçekleşmektedir. JEL'in yapısında bulunan hidrojen bağlarının kırılması ile ısıl bozunmanın meydana gelmesi (Singh vd., 2007; Abou Taleb vd., 2009; Rahman vd., 2010) ve PVA'nın ilk bozunma süreci bu sıcaklık aralığında başlar (Yang vd., 2011; Wei vd., 2011). Ana yapıdaki dehidrasyon nedeni ile oluşan NH<sub>3</sub> kaybı ve SA'nın yapısında bulunan karboksil gruplarının yapıdan ayrılması bu sıcaklık aralığında gerçekleşir (Ekici, 2003a; Eid vd., 2009). 340-450 °C arasında meydana gelen kütle kaybı ise ana zincirin ayrılması ile yapısal bozunmanın meydana geldiğini göstermektedir (Abdelrazek vd., 2010).

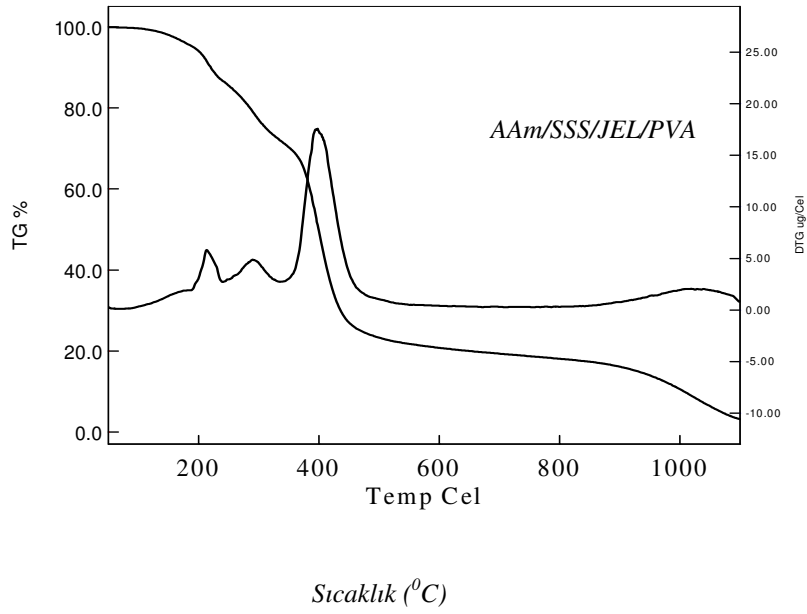
Jelatin eklenmesi ile üretilen AAm/SA/JEL yarı-IPN'nine ait termogram incelendiğinde bozunmanın başladığı sıcaklığın daha düşük olduğu, yapıya PVA ve PEG eklenmesi ile daha yüksek sıcaklıklarda bozunmanın başladığı görülmektedir.



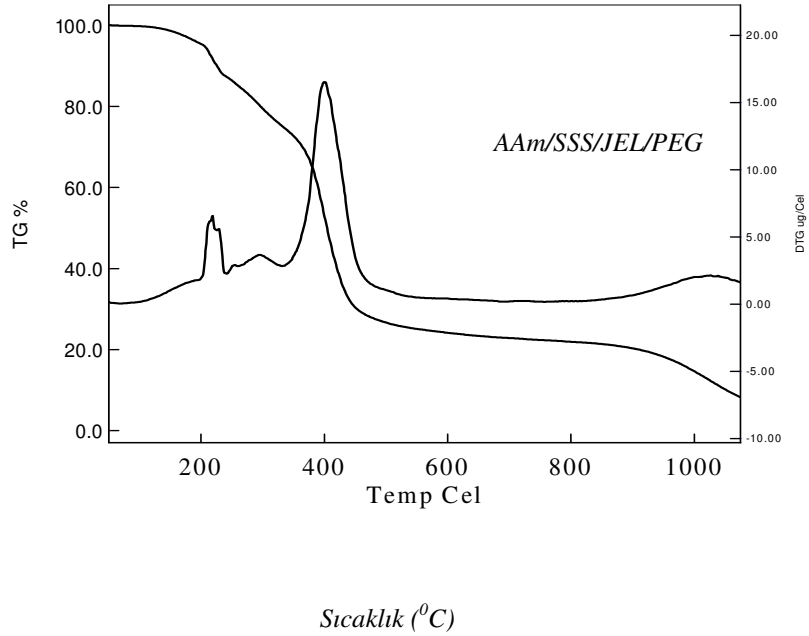
Şekil 4.32. 80 mg SSS yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SSS hidrojenlerinin TG ve DTG eğrileri



Şekil 4.33. 80 mg SSS yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri



Şekil 4.34. 80 mg SSS yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri



Şekil 4.35. 80 mg SSS yardımcı monomer içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin TG ve DTG eğrileri

Şekil 4.32-4.35'de SSS içeren hidrojel ve yarı-IPN'lere ait termogramlar incelendiğinde, önceki polimerik örneklere benzer tarzda ısısal bozunma davranışı izlenmektedir. 200 °C'ye kadar olan sıcaklıklardaki ilk kütle kaybı, polimerik örneklerin yapısında bulunan su kaybı ile ilgilidir. 200-340 °C sıcaklık aralığında, JEL'in yapısında bulunan hidrojen bağlarının kırılması ile ısısal bozunmanın meydana gelmesi, ana yapıdaki dehidrasyon nedeni ile oluşan NH<sub>3</sub> kaybı, PVA'nın bozunmaya başlaması gerçekleşmektedir. 340-450 °C arasında meydana gelen kütle kaybı ise ana zincirin ayrılması ile yapısal bozunmanın meydana geldiğini göstermektedir (Ekici, 2003a; Singh vd., 2007; Abou Taleb vd., 2009; Eid vd., 2009; Abdelrazek vd., 2010; Rahman vd., 2010; Yang vd., 2011; Wei vd., 2011).

Jelatin eklenmesi ile AAm/SSS/JEL yarı-IPN'nine ait bozunmanın başladığı sıcaklığın daha düşük olduğu, PVA ve PEG eklenen yapıların ise daha yüksek sıcaklıklarda bozunmaya başladığı görülmektedir.

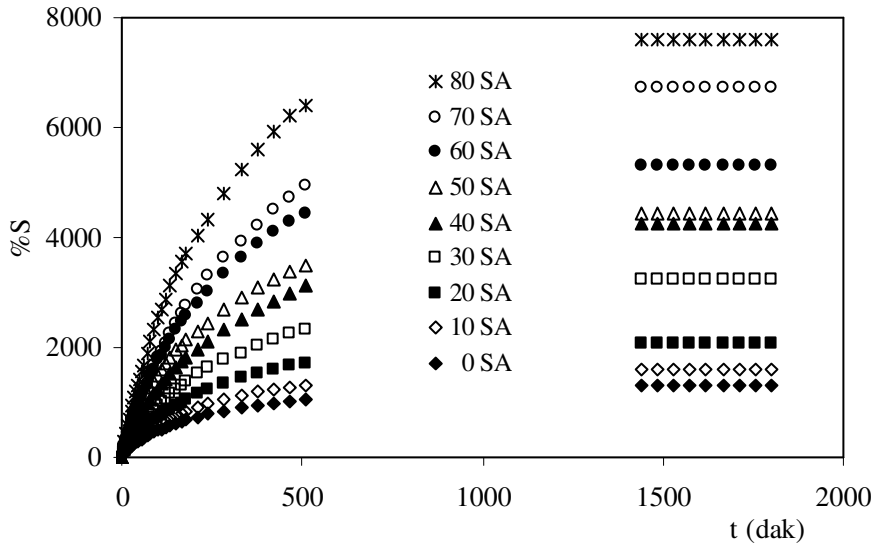
Isısal bozunma davranışlarının tümü bir arada değerlendirildiğinde, farklı bozunma karakterleri, AAm'in yanı sıra sisteme eklenen yardımcı monomerler SA ve SSS'nin varlığının kanıtlarıdır. Diğer yandan örnek hazırlamada kullanılan PEG ve PVA'nında yapıya girmiş olduğu bozunma piklerinde izlenmektedir.

#### **4.4. Şişme Karakterizasyonu**

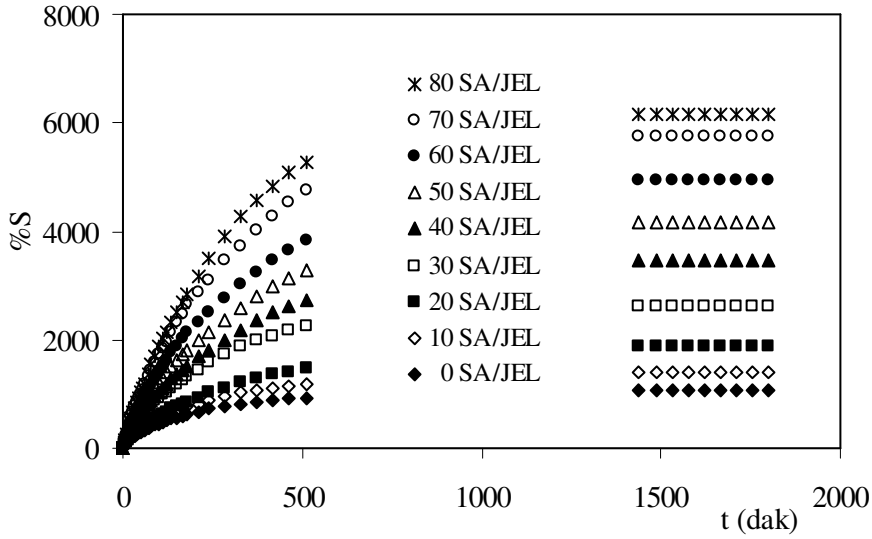
Çapraz bağlı polimerlerin karakterizasyonunda oldukça önemli olan şişme davranışının ve difüzyon özelliklerinin incelenmesi için PEGDA ile çapraz bağlı yarı-IPN ve hidrojellere sabit sıcaklıkta dinamik şişme testleri uygulanmıştır. Bu amaçla kuru çapraz bağlı yarı-IPN ya da hidrojel, duyar tartım yapan bir terazide tartılmıştır. Kuru polimerik ürünün damıtık suya konulma anı “0” olarak alınmıştır ve belirli süre aralıklarında sudan alınan örneklerin yüzeyindeki su kurulandıktan sonra tartılmıştır.

##### **4.4.1. Denge Şişme Değerleri**

Dinamik şişme testleri sonunda çapraz bağlı polimerler dengeye gelerek sabit bir yüzde şişme (%S) değerine ulaşmışlardır. Bu değer denge yüzde şişme (%S<sub>d</sub>) değeri olarak adlandırılır. Elde edilen veriler yardımıyla %S – t grafikleri çizilerek şişme izotermi oluşturulmuştur. Oluşturulan şişme izotermi aşağıda sunulmuştur.

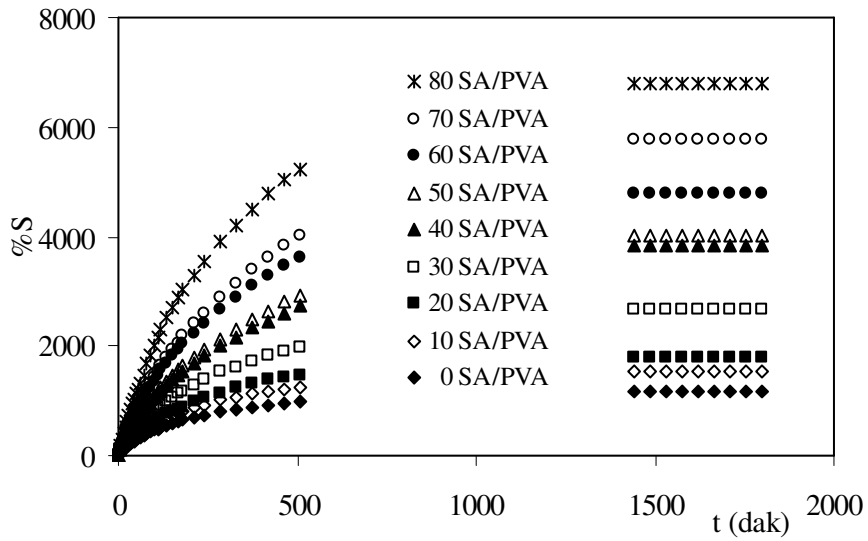


Şekil 4.36. AAm/SA hidrojjlerinin şişme izotermi

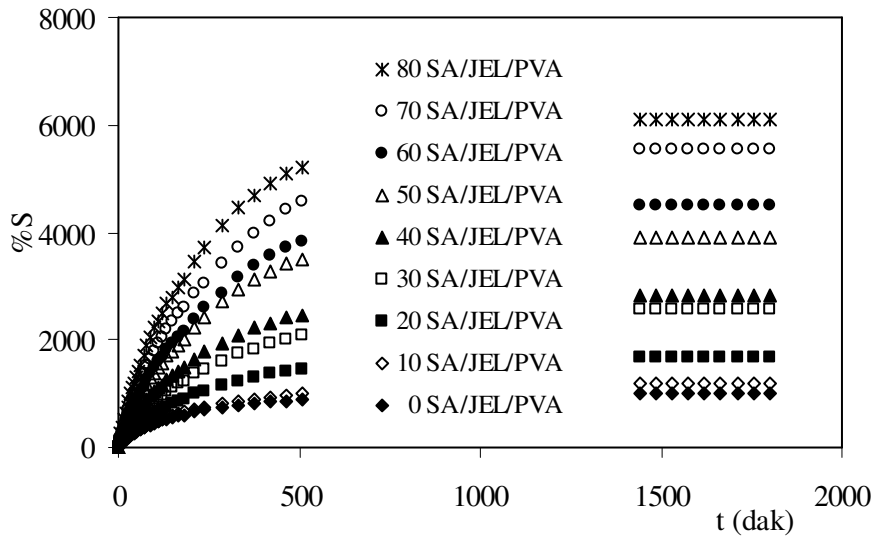


Şekil 4.37. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin şişme izotermi

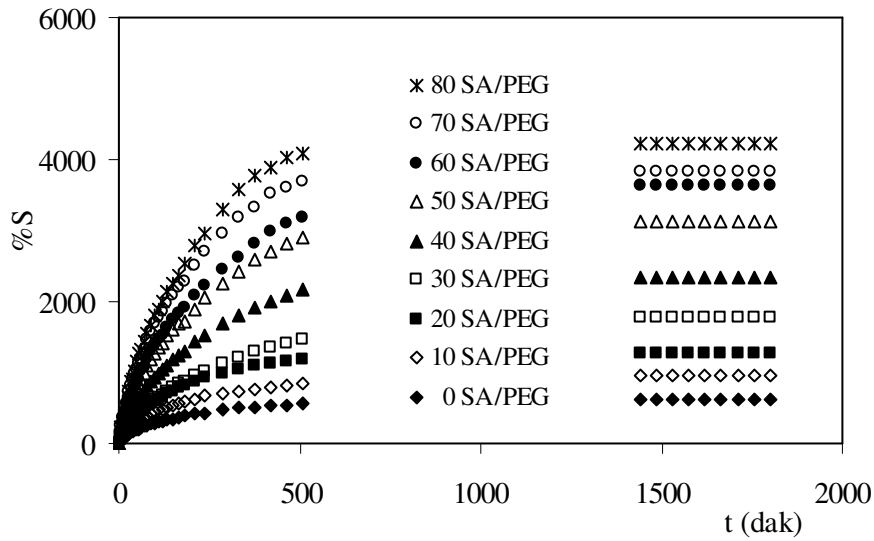




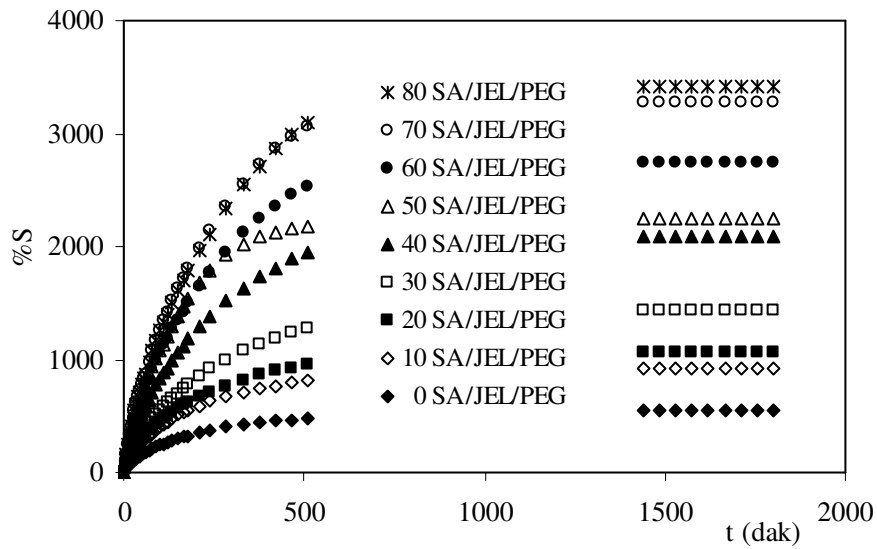
Şekil 4.38. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.39. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.40. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.41. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri

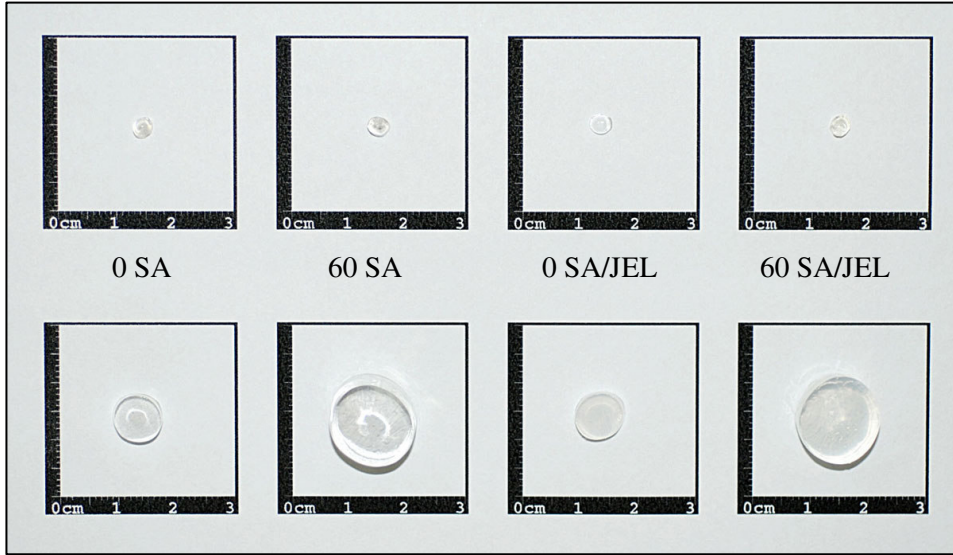
Çizelge 4.1. AAm/SA hidrojjlerinin, AAm/SA/PVA ve AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin JEL içeriği ile %S<sub>d</sub> değerlerinin değişimi

	AAm/SA		AAm/SA/PVA		AAm/SA/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SA/mg	Denge yüzde şişme, %S <sub>d</sub>					
0	1292	1085	1167	1007	624	546
10	1615	1385	1529	1192	964	925
20	2088	1866	1791	1689	1279	1067
30	3235	2620	2655	2570	1771	1432
40	4258	3479	3848	2821	2344	2085
50	4453	4183	4025	3922	3121	2254
60	5320	4923	4798	4514	3625	2752
70	6720	5735	5789	5557	3819	3282
80	7587	6164	6791	6093	4225	3411

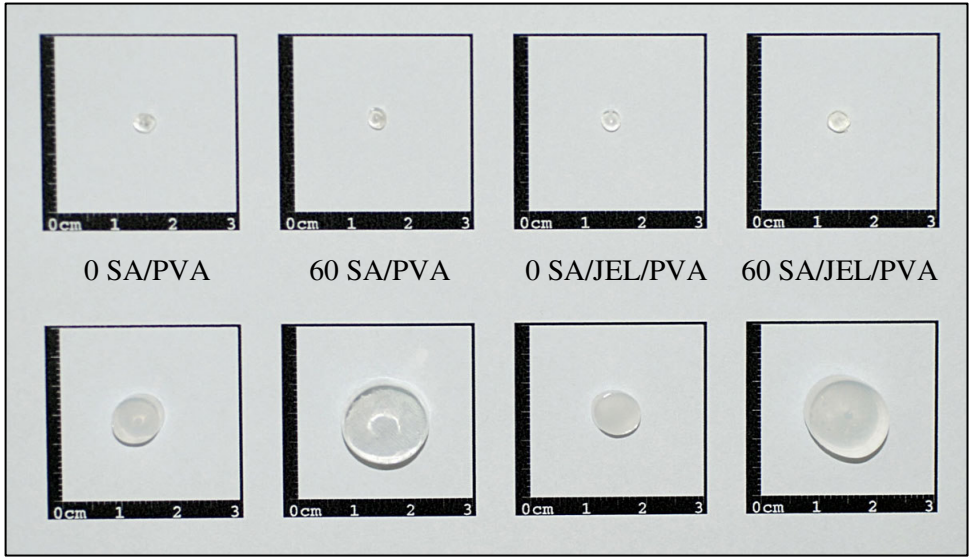
Çizelge 4.1 incelendiğinde, kopolimerdeki SA miktarının artışıyla %S<sub>d</sub> değerlerinde önemli artışlar olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebi, SA molekülünde bulunan hidrofilik grupların artması ile doğru orantılı olarak %S<sub>d</sub> değerleri artmaktadır. JEL içermeyen hidrojjelerin tümünde, JEL içeren yarı-IPN yapılarına oranla daha yüksek şişme değerleri izlenmiştir. Bunun nedeni yarı-IPN'lerin ağ yapısı içerisinde bulunan JEL moleküllerinin, kullanılabilir serbest hacmi azaltması ve bu nedenle şişme değerlerinin azalması olabilir. Ayrıca AAm/SA/PVA ve AAm/SA/PEG yarı-IPN'leri, AAm/SA hidrojjelerine oranla daha düşük şişme değerlerine sahiptir. Bu durum, yarı-IPN'de bulunan PVA moleküllerinin suyun hidrofilik gruplarla etkileşimini engellemesi ve çapraz bağlı yapının gözeneklerinde bulunan PVA nedeniyle suyun difüzlenebileceği boşlukların azalması şeklinde açıklanabilir. Aynı şekilde yarı-IPN yapıda bulunan PEG moleküllerinin suyun difüzlenebileceği boşlukları azaltması nedeni ile denge şişme değerlerinde düşüş gözlenmektedir. PVA ve PEG içeren yapılar karşılaştırıldığında PVA içeren polimerik örneklerde daha yüksek şişme değerleri

izlenmiştir. Bunun nedeni ise PVA'nın daha fazla hidrofilik özelliğe sahip olması olabilir.

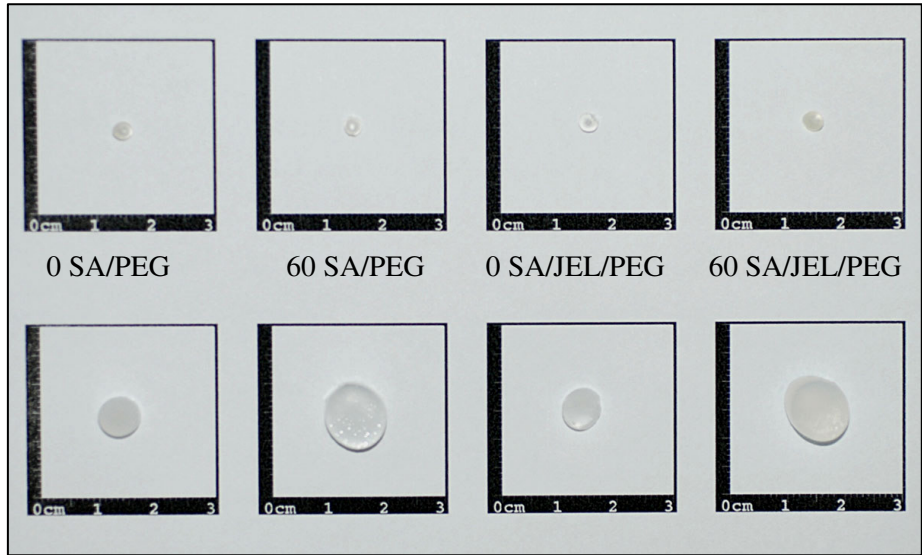
Suda bekletilen yarı-IPN ve hidrojellerin fiziksel olarak nasıl etkilendiğini görsel olarak sunabilmek amacı ile PEGDA ile çapraz bağlı polimerik örneklerin kuru ve suda şişmiş hallerinin fotoğrafları aşağıda sunulmuştur.



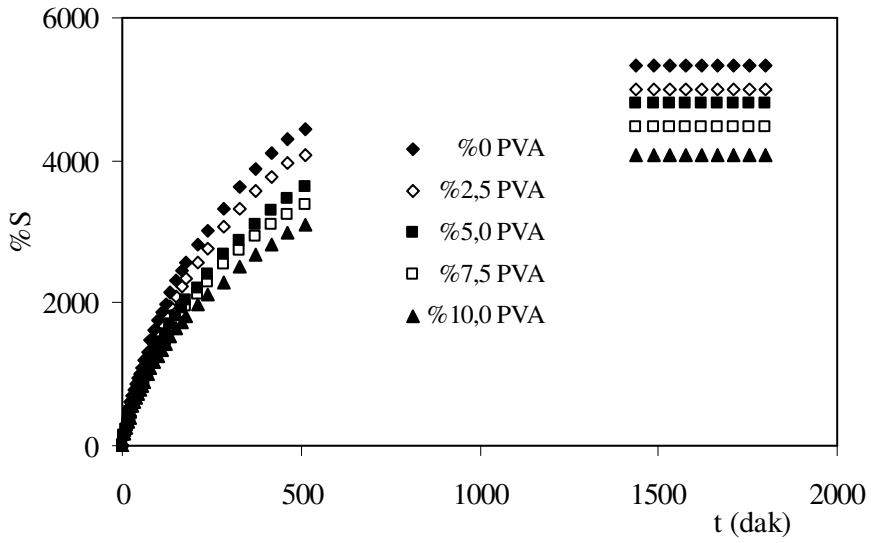
Şekil 4.42. AAm/SA hidrojellerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görüntüleri



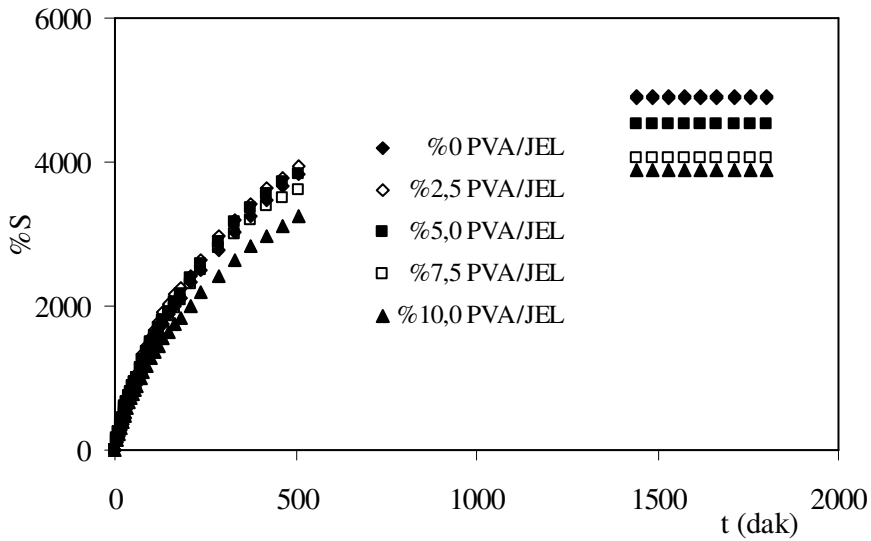
Şekil 4.43. AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri



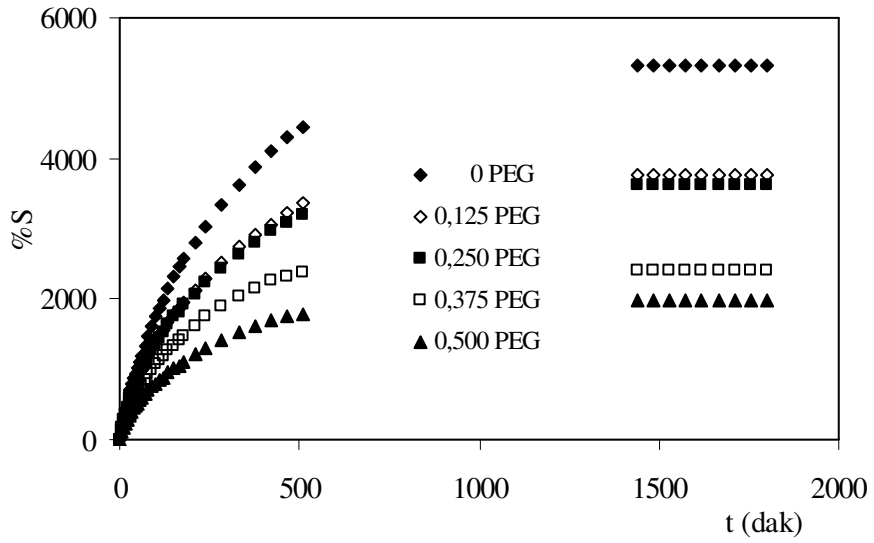
Şekil 4.44. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri



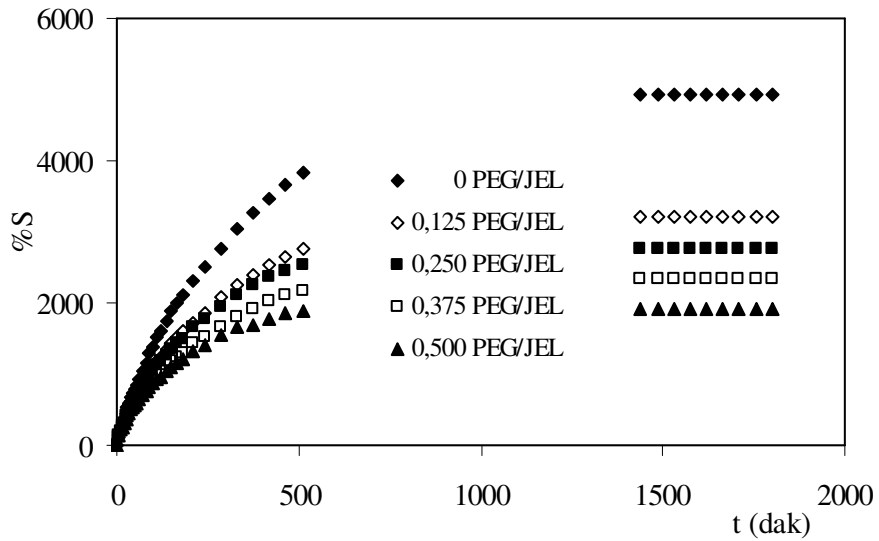
Şekil 4.45. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.46. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.47. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



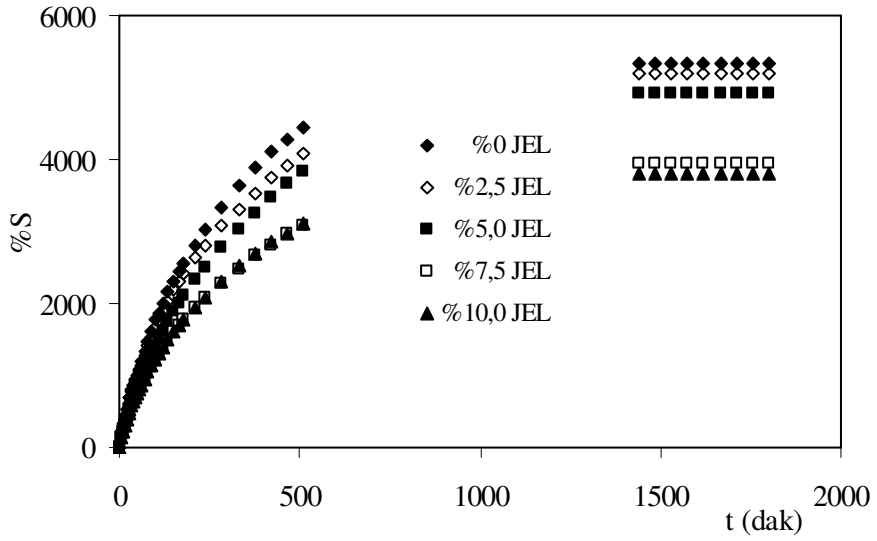
Şekil 4.48. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri

Çizelge 4.2. SA içeren yarı-IPN'lerde %S<sub>d</sub> değerlerinin PVA ve PEG miktarı ile değişimi

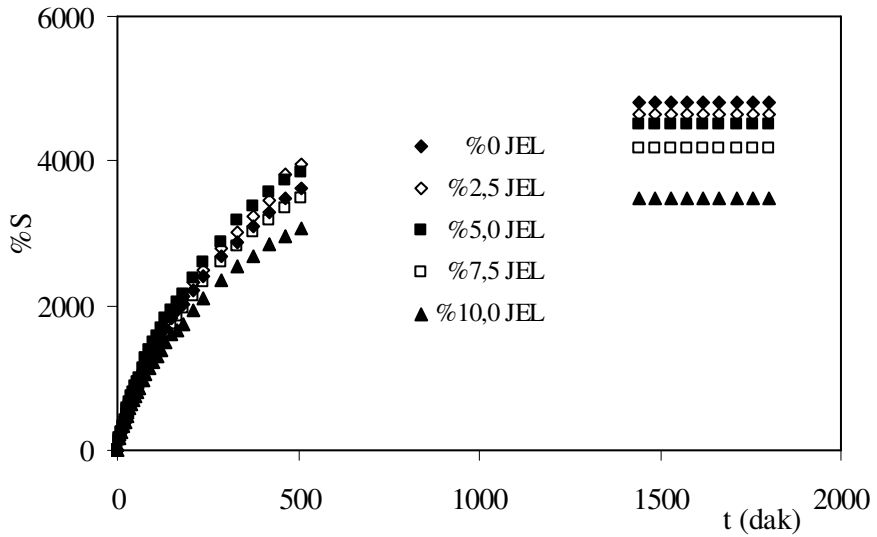
PVA/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SA	Denge yüzde şişme, %S <sub>d</sub>				
	5320	4996	4798	4473	4088
JEL	4923	4885	4514	4057	3892
PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
	5320	3757	3625	2416	1993
JEL	4923	3223	2752	2343	1910

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi, yarı-IPN'de bulunan PVA ve PEG miktarının artması %S<sub>d</sub> değerlerinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu sonuçlar, yarı-IPN'de bulunan PVA ve PEG moleküllerinin suyun hidrofilik gruplarla etkileşimini engellemesi ve çapraz bağlı yapının gözeneklerinde bulunan polimer nedeniyle suyun difüzelebileceği boşlukların azalması şeklindeki açıklamayı doğrulamaktadır.

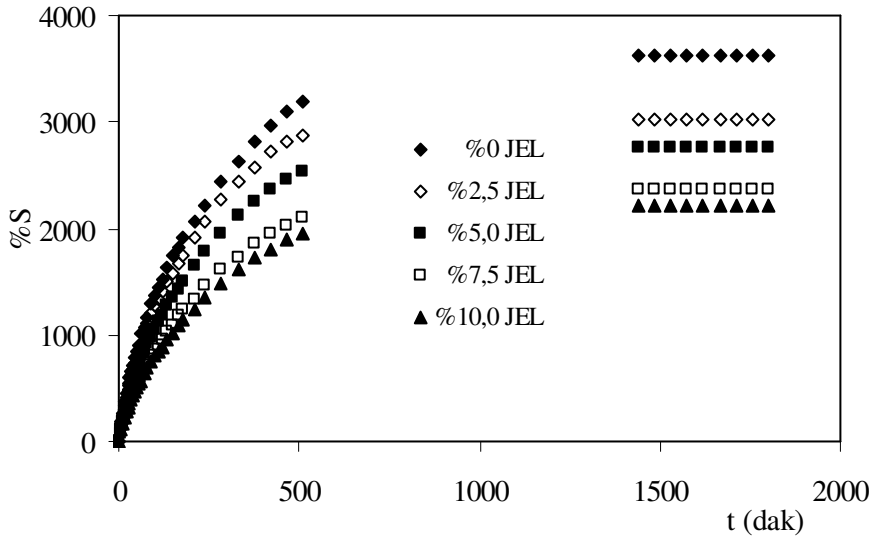




Şekil 4.49. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.50. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.51. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri

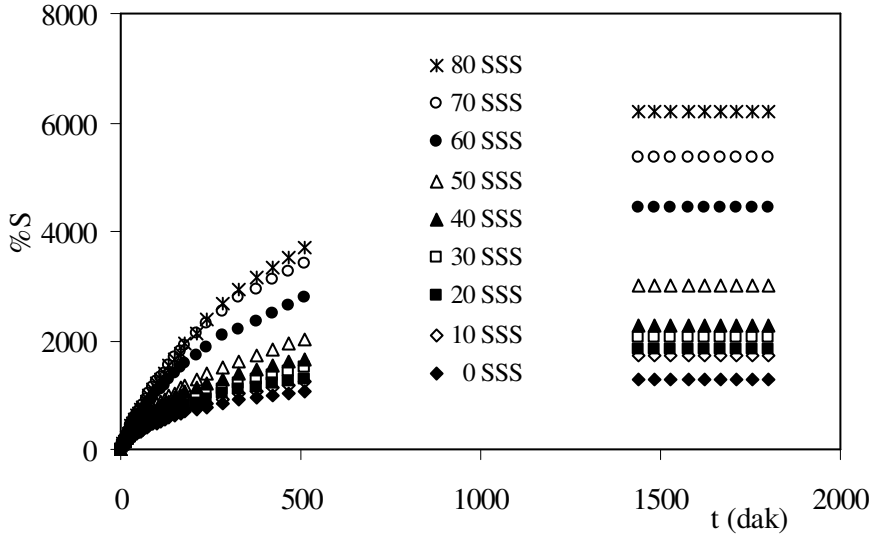
Çizelge 4.3. AAm/SA/JEL, AAm/SA/JEL/PVA ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde  $\%S_d$  değerlerinin JEL miktarı ile değişimi

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SA	Denge yüzde şişme, $\%S_d$				
	5320	5203	4923	3943	3808
PVA	4798	4647	4514	4172	3490
PEG	3625	3017	2752	2364	2213

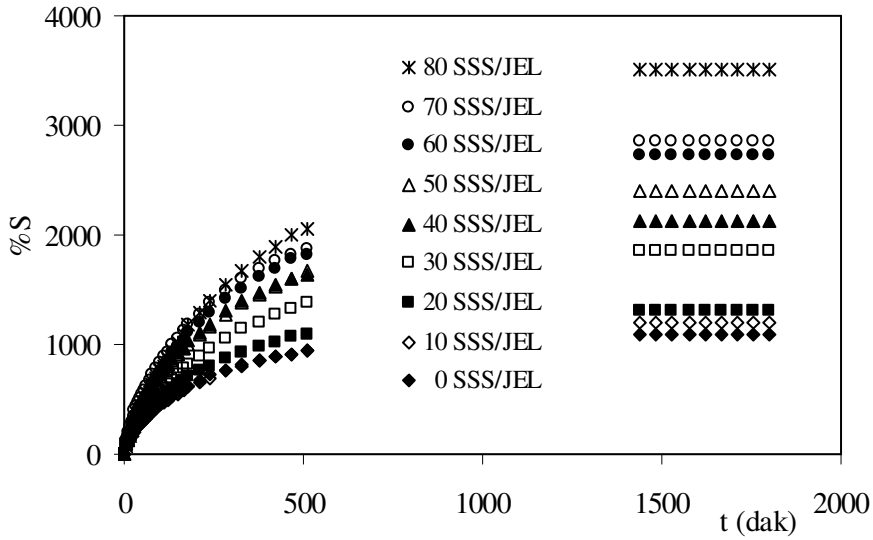
Çizelge 4.3'de görüldüğü gibi, yarı-IPN'de bulunan JEL miktarının artması  $\%S_d$  değerlerinin düşmesine sebep olmaktadır. Bunun nedeni daha önce açıklandığı gibi yarı-IPN'de bulunan JEL moleküllerinin suyla olan etkileşimi azaltması olabilir.

Hidrofilik gruplar taşıyan SA yardımcı monomeri içeren, yarı-IPN ve hidrojellerin sulu ortamdaki şişme davranışları zamana bağlı olarak incelenmiştir. Şekil 4.36-4.41’de çizilen şişme izotermi incelendiğinde, yapıya SA eklenmesi ile tüm yarı-IPN ve hidrojel sistemlerin denge şişme değerleri artış göstermiştir. Yapıya doğal bir polimer olan JEL eklenmesi ile denge şişme değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Şişme davranışı üzerine yapay polimerler olan PVA ve PEG’in etkisi incelendiğinde ise yine tüm polimerik yapılarda %  $S_d$  değerlerinin azaldığı izlenmiştir. Sonuç olarak yüksek şişme değerlerine sahip olan AAm/SA hidrojellerinin şişme değerleri, yapıya yarı-IPN oluşturmak üzere polimer eklenmesi ile azalma göstermiştir.

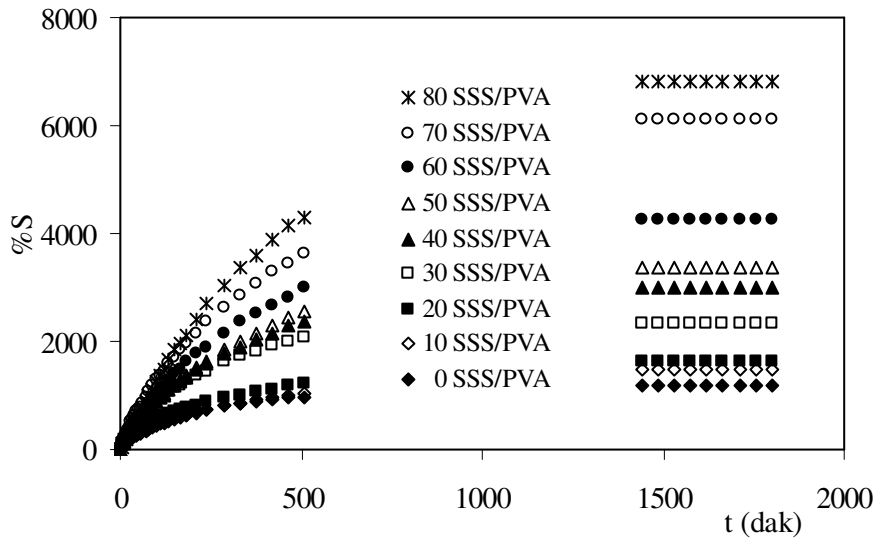
Farklı hidrofilik özelliklere sahip diğer bir yardımcı monomer olarak seçilen SSS kullanılarak üretilen yarı-IPN ve hidrojellerin de şişme davranışları zamana bağlı olarak incelenmiştir. Bu amaçla çizilen şişme izotermi Şekil 4.52- 4.57’de sunulmuştur.



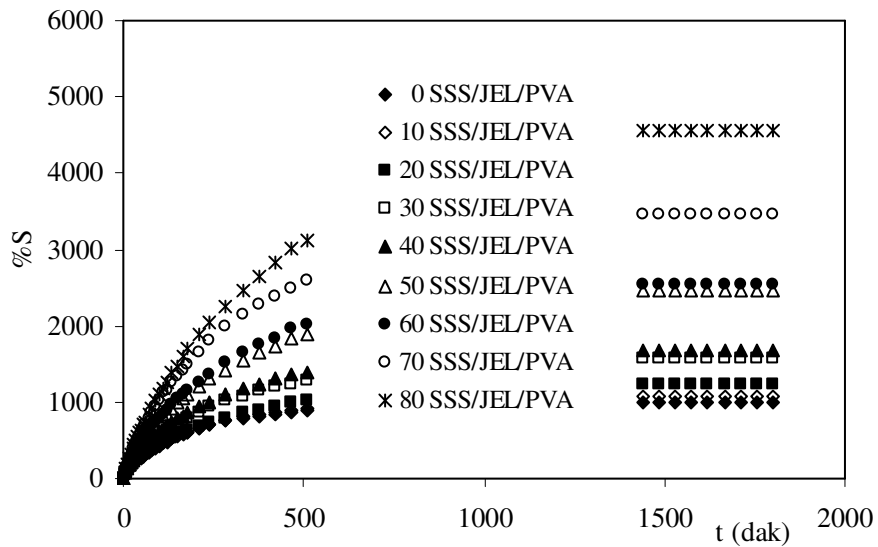
Şekil 4.52. AAm/SSS hidrojellerinin şişme izotermeleri



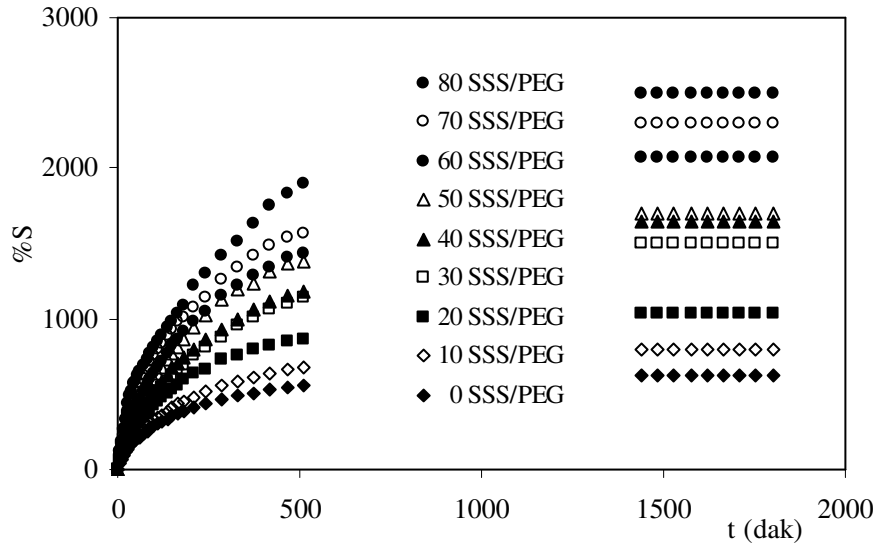
Şekil 4.53. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



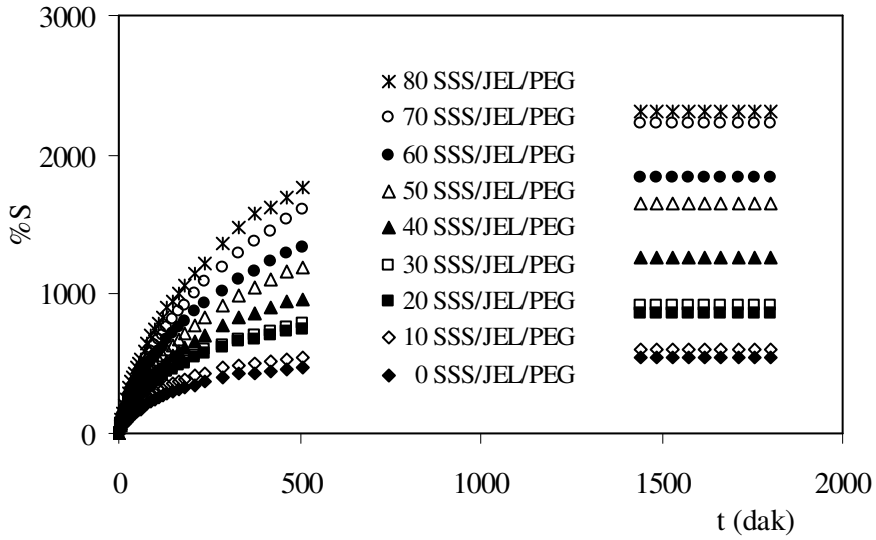
Şekil 4.54. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.55. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.56. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



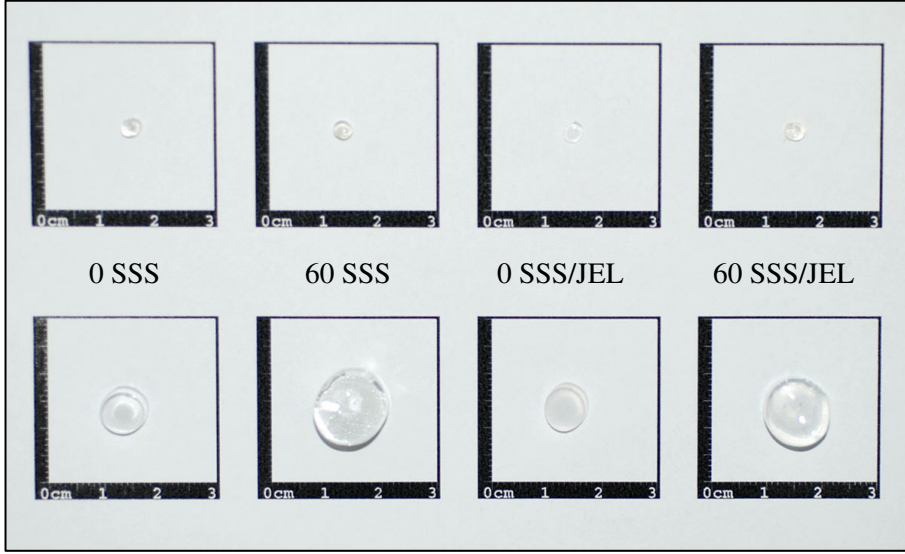
Şekil 4.57. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri

Çizelge 4.4. AAm/SSS hidrojjellerinin ve AAm/SA/PVA ve AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin JEL içeriği ile %S<sub>d</sub> değerlerinin değişimi

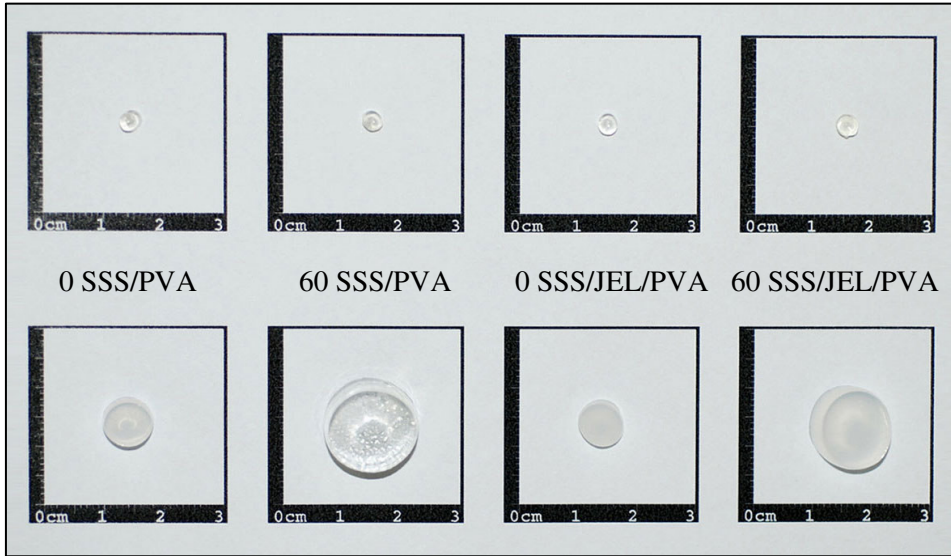
	AAm/SSS		AAm/SSS/PVA		AAm/SSS/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SSS/mg	Denge yüzde şişme, %S <sub>d</sub>					
0	1292	1085	1167	1007	624	546
10	1718	1194	1490	1073	794	598
20	1827	1315	1623	1239	1039	859
30	2071	1859	2350	1576	1500	924
40	2279	2119	2998	1679	1649	1264
50	3008	2405	3358	2474	1705	1647
60	4443	2729	4248	2546	2072	1836
70	5353	2860	6112	3452	2298	2222
80	6188	3507	6826	4551	2501	2317

Çizelge 4.4'de SSS içeren polimerik örneklerin %S<sub>d</sub> değerleri verilmiştir. SSS içeren polimerik örneklerde de, yardımcı monomerde bulunan hidrofilik grupların artması ile doğru orantılı olarak %S<sub>d</sub> değerleri artmaktadır. JEL içermeyen hidrojjellerin tümünde, daha önce açıklandığı gibi JEL içeren yarı-IPN yapılara oranla daha yüksek şişme değerleri izlenmiştir. Diğer yarı-IPN yapılarda olduğu gibi PVA ve PEG içeren polimerik örneklerde denge şişme değerleri yine aynı nedenlerle daha düşüktür.

PEGDA ile çapraz bağlı SSS içeren yarı-IPN ve hidrojjellerin kuru ve suda şişmiş hallerinin fotoğrafları aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.58. AAm/SSS hidrojellerinin ve AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri

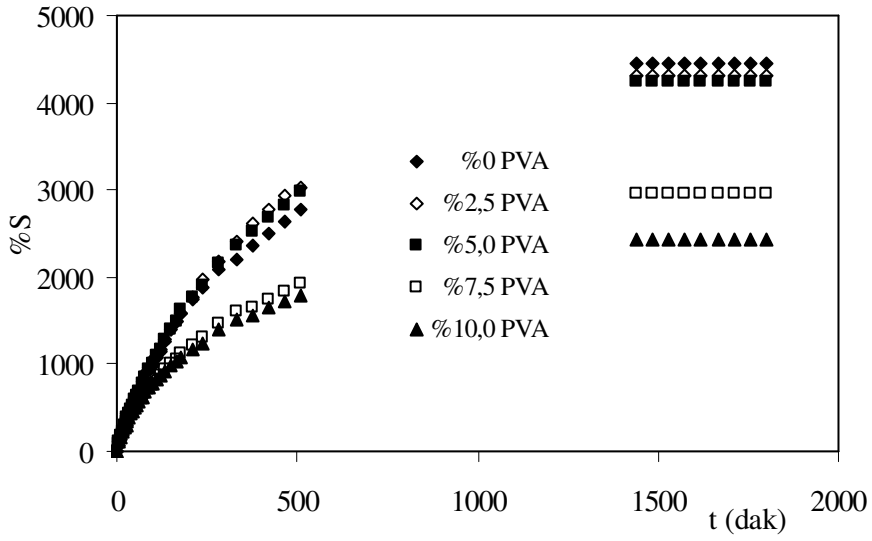


Şekil 4.59. AAm/SSS/PVA ve AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri

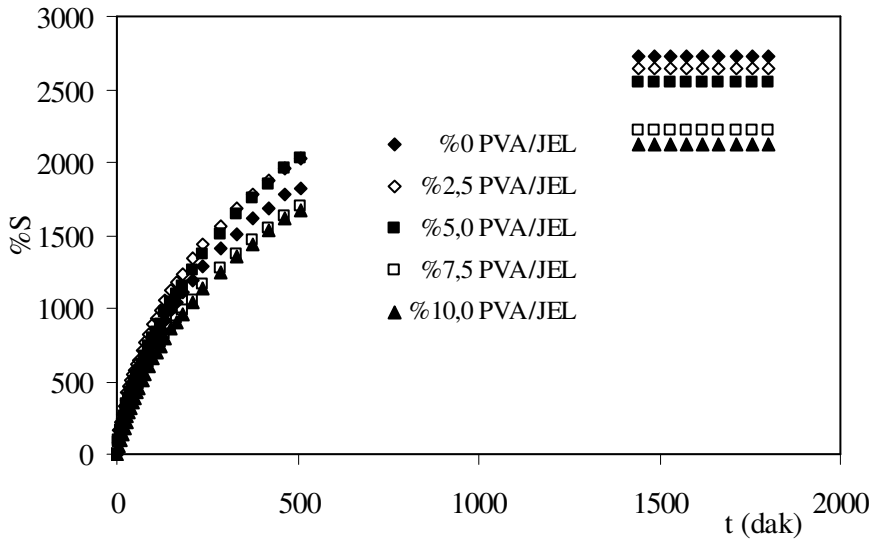




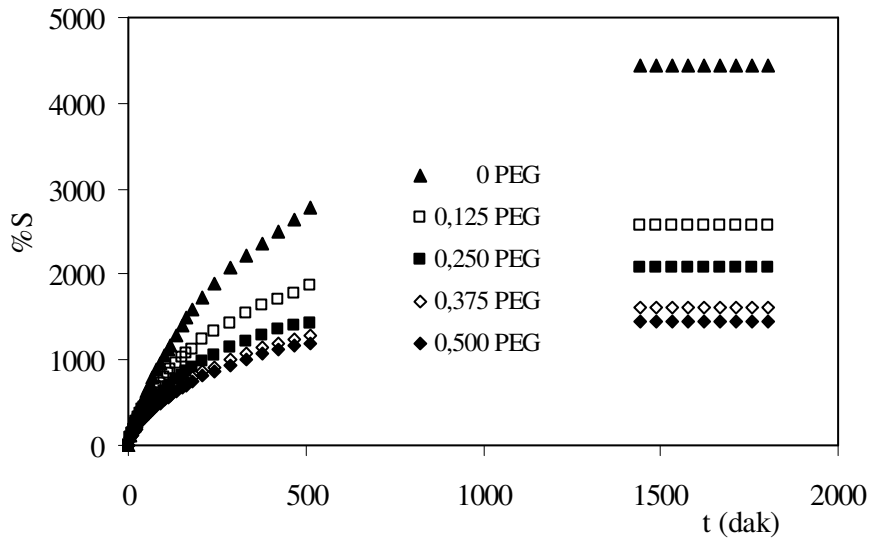
Şekil 4.60. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin kuru ve suda şişmiş görünümleri



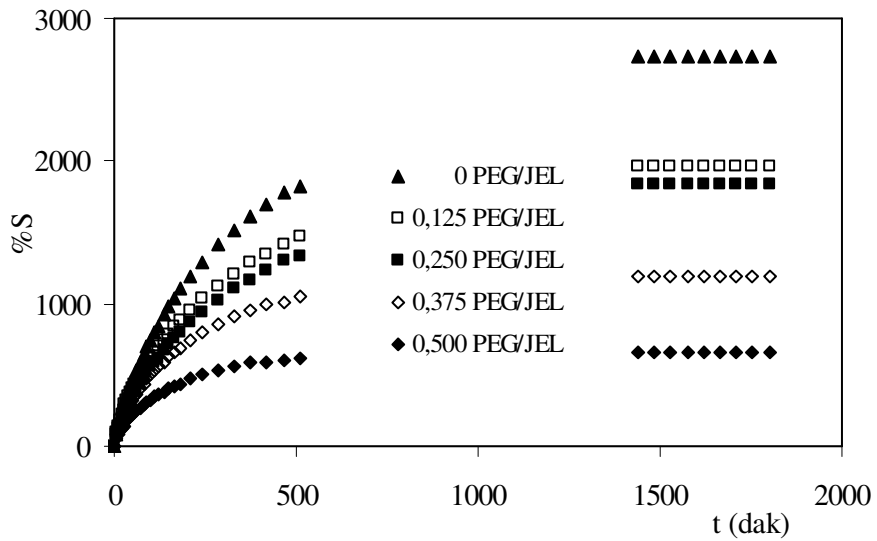
Şekil 4.61. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.62. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.63. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri

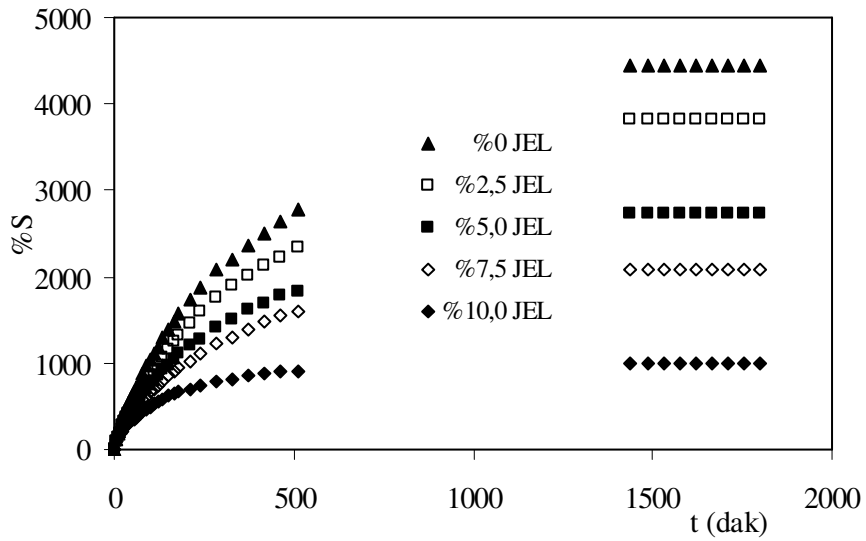


Şekil 4.64. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri

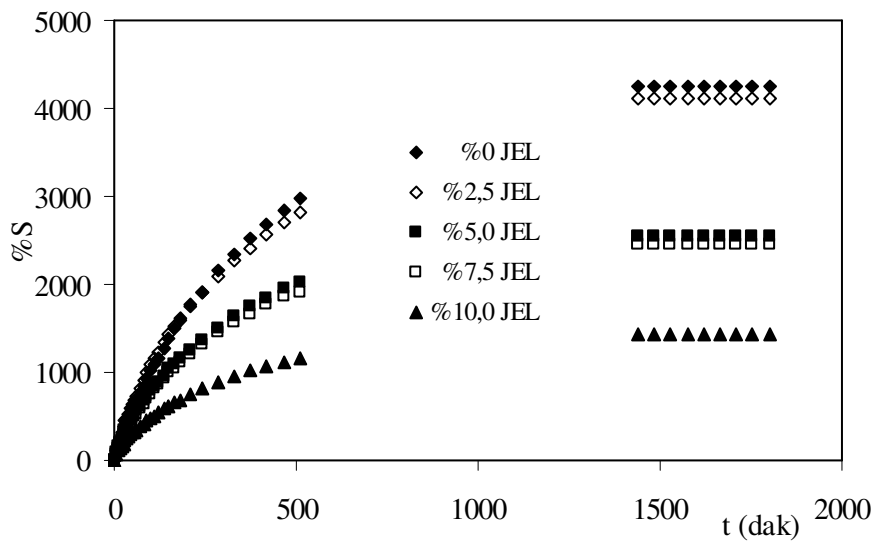
Çizelge 4.5. SSS içeren yarı-IPN'lerde %S<sub>d</sub> değerlerinin PVA ve PEG miktarı ile değişimi

PVA/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SSS	Denge yüzde şişme, %S <sub>d</sub>				
	4443	4322	4248	2957	2420
JEL	2729	2648	2546	2225	2124
PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
	4443	2562	2072	1617	1441
JEL	2729	1969	1836	1189	660

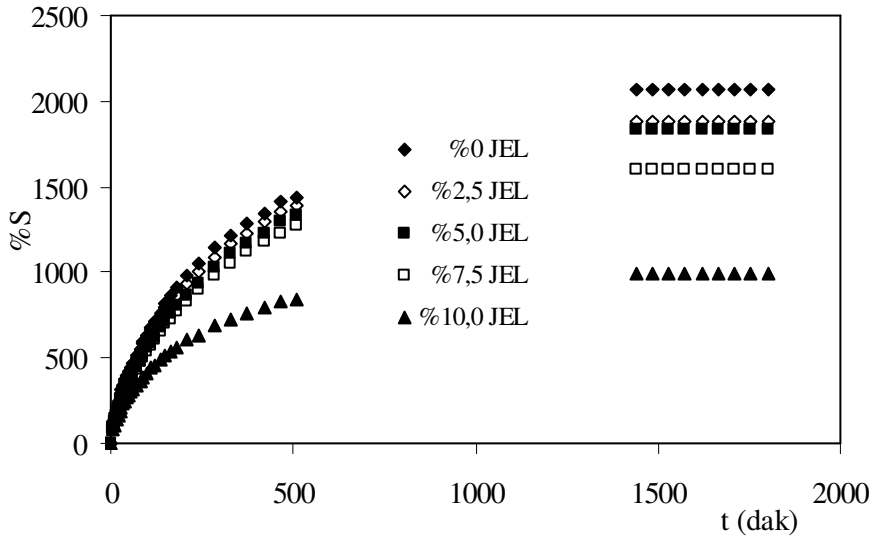
Çizelge 4.5'de, yarı-IPN yapılarında bulunan PVA ve PEG miktarının artışı ile %S<sub>d</sub> değerlerinde meydana gelen değişim görülmektedir. SA içeren yarı-IPN'lerde gözlenen değişime benzer değişim SSS içeren yarı-IPN'lerde de gözlenmektedir. Polimerik örneklere JEL eklenmesi ile %S<sub>d</sub> değerlerinde önemli ölçüde düşüşler meydana gelmiştir. Ayrıca PVA ve PEG miktarının artması ile denge şişme değerlerinde azalmalar meydana gelmiştir.



Şekil 4.65. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.66. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri



Şekil 4.67. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermleri

Çizelge 4.6. AAm/SSS/JEL, AAm/SSS/JEL/PVA ve AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde %S<sub>d</sub> değerlerinin JEL miktarı ile değişimi

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SSS	Denge yüzde şişme, %S <sub>d</sub>				
	4443	3818	2729	2072	1005
PVA	4248	4112	2546	2444	1421
PEG	2072	1879	1836	1604	996

Çizelge 4.6 incelendiğinde, yarı-IPN yapılarında bulunan JEL miktarının artışı ile %S<sub>d</sub> değerlerinde meydana gelen değişim görülmektedir. SA içeren yarı-IPN'lerde izlendiği gibi JEL miktarının artışı ile %S<sub>d</sub> değerlerinde düşüş gözlenmektedir. Ayrıca PEG içeren yarı-IPN'lere ait %S<sub>d</sub> değerlerinde daha fazla düşüş olduğu izlenmiştir. Bunun nedeninin PEG moleküllerinin daha az hidrofilik özelliğe sahip olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

#### 4.4.2. Dengede Su İçeriği

Çapraz bağlı polimerler çözücü ortamına bırakıldıktan belirli bir süre sonra, çözücünün yapıya girme ve yapıdan salınma hızları eşit hale gelir ve dengeye ulaşılır. Bu noktada hidrojel en büyük şişme değerine sahiptir. Denge sıvı içeriği (denge su içeriği, DSİ) bu durumdaki hidrojeller için hesaplanan ve biyoyumluluk için oldukça önemli olan bir parametredir. Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanan DSİ değerleri Çizelge 4.7-4.9'da verilmiştir. Yarı-IPN'ler ve hidrojeller için DSİ değerlerinin 0,60'dan büyük olması, bu yapıların, potansiyel biyoyumluluğunun bir göstergesidir.

Çizelgeler incelendiğinde, hem yarı-IPN'lerde hem de hidrojellerde, yardımcı monomer miktarının artmasıyla DSİ değerleri artış göstermektedir. JEL içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerlerinin, JEL içermeyenlere oranda daha düşük olduğu gözlenmektedir. Yüksek SA içeriklerine ulaşıldığında DSİ değerlerinde önemli bir artış olmadığı izlenmektedir. Yarı-IPN'lerin DSİ değerleri ile hidrojellerin DSİ değerleri karşılaştırıldığında, PVA ve PEG içeren yarı-IPN'lerin daha düşük değerlere sahip olduğu görülebilir. Bu durum %S<sub>d</sub> değerleri için elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir.

Sabit yardımcı monomer içeriğinde JEL, PVA ve PEG değişimi için elde edilen DSİ değerleri de yine %S<sub>d</sub> değerleri ile uyumlu bir şekilde, eklenen polimer miktarının artması ile düşüş göstermektedir.

Çizelge 4.7. SA içeren yarı-IPN ve hidrojellerin DSİ değerleri

	AAm/SA		AAm/SA/PVA		AAm/SA/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SA/mg	Denge su içeriği, DSİ					
0	0,9282	0,9156	0,9211	0,9097	0,8946	0,8451
10	0,9417	0,9326	0,9386	0,9226	0,9060	0,9075
20	0,9543	0,9491	0,9471	0,9441	0,9275	0,9143
30	0,9700	0,9632	0,9637	0,9626	0,9466	0,9347
40	0,9771	0,9721	0,9747	0,9658	0,9591	0,9542
50	0,9780	0,9767	0,9758	0,9751	0,9689	0,9575
60	0,9815	0,9801	0,9796	0,9783	0,9732	0,9649
70	0,9853	0,9829	0,9830	0,9823	0,9745	0,9704
80	0,9870	0,9840	0,9855	0,9839	0,9769	0,9715

Çizelge 4.8. Farklı PVA ve PEG içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerleri

PVA/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SA	Denge su içeriği, DSİ				
	0,9815	0,9804	0,9796	0,9781	0,9761
JEL	0,9801	0,9799	0,9783	0,9759	0,9750
PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
	0,9815	0,9752	0,9732	0,9603	0,9522
JEL	0,9801	0,9699	0,9649	0,9591	0,9503



Çizelge 4.9. Farklı JEL içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerleri

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SA	Denge su içeriği, DSİ				
	0,9815	0,9770	0,9801	0,9753	0,9744
PVA	0,9796	0,9789	0,9783	0,9766	0,9721
PEG	0,9732	0,9679	0,9649	0,9594	0,9568

Çizelge 4.10. SSS içeren yarı-IPN ve hidrojellerin DSİ değerleri

	AAm/SSS		AAm/SSS/PVA		AAm/SSS/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SSS/mg	Denge su içeriği, DSİ					
0	0,9282	0,9156	0,9211	0,9097	0,8620	0,8451
10	0,9450	0,9227	0,9371	0,9147	0,8882	0,8567
20	0,9481	0,9293	0,9419	0,9253	0,9122	0,8957
30	0,9539	0,9489	0,9592	0,9403	0,9375	0,9023
40	0,9580	0,9449	0,9677	0,9438	0,9428	0,9267
50	0,9678	0,9601	0,9711	0,9612	0,9446	0,9428
60	0,9780	0,9646	0,9770	0,9622	0,9540	0,9483
70	0,9817	0,9662	0,9839	0,9718	0,9583	0,9569
80	0,9892	0,9723	0,9856	0,9785	0,9616	0,9586

Çizelge 4.11. Farklı PVA ve PEG içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerleri

PVA/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SSS	Denge su içeriği, DSİ				
	0,9780	0,9774	0,9770	0,9673	0,9603
JEL	0,9646	0,9636	0,9622	0,9570	0,9550
	Denge su içeriği, DSİ				
PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
	0,9780	0,9624	0,9540	0,9418	0,9351
JEL	0,9646	0,9517	0,9483	0,9224	0,8685

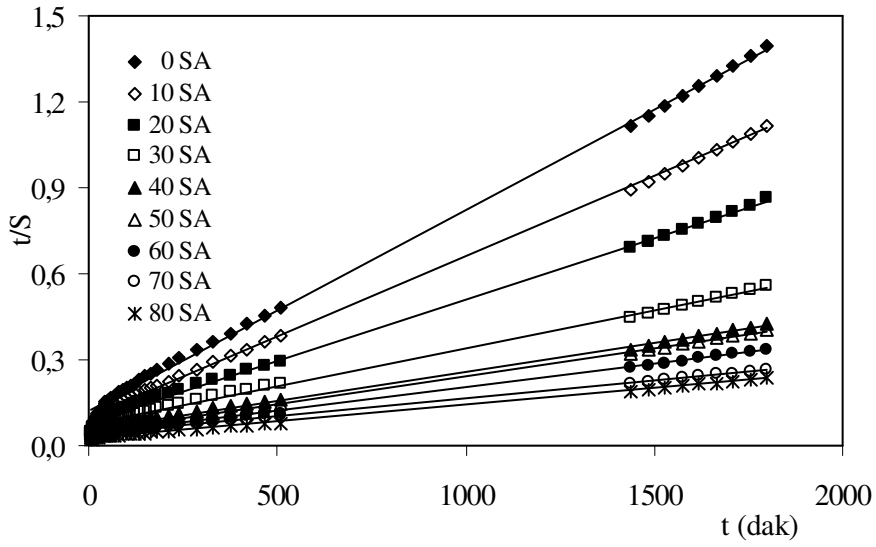
Çizelge 4.12. Farklı JEL içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin DSİ değerleri

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SSS	Denge su içeriği, DSİ				
	0,9780	0,9745	0,9646	0,9540	0,9095
PVA	0,9770	0,9763	0,9622	0,9610	0,9343
PEG	0,9540	0,9495	0,9483	0,9413	0,9088

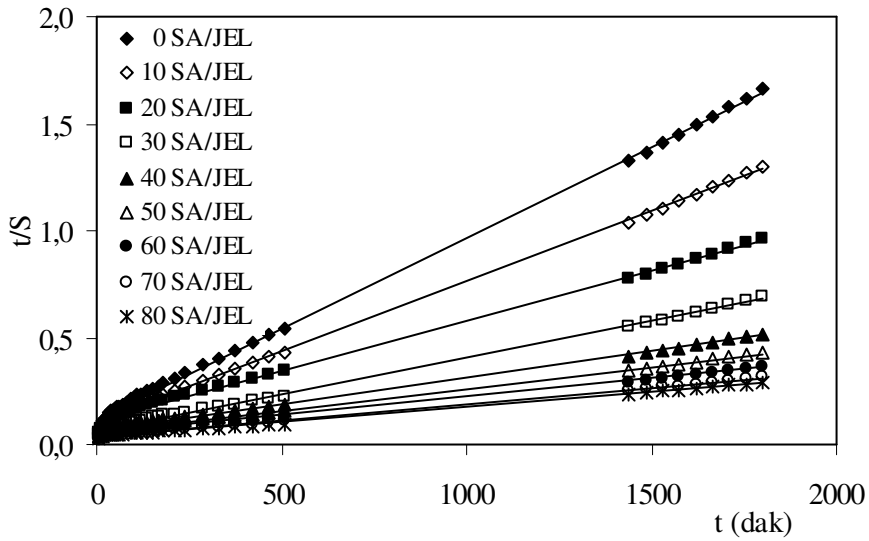
#### 4.4.3. Şişme Kinetiği

Dinamik şişme testleri sonucu oluşturulan şişme kinetiği eğrileri ikinci dereceden varsayılır. Eşitlik 3'de verilen bağıntı değerlendirilerek elde edilen Eşitlik 4 kullanılarak şişme kinetiğinin matematiksel analizi yapılabilir. Bu bağıntı ile bulunan sonuçlar değerlendirilerek çapraz bağlı polimerler için şişme karakterizasyonunun temelleri daha iyi ortaya konabilir.

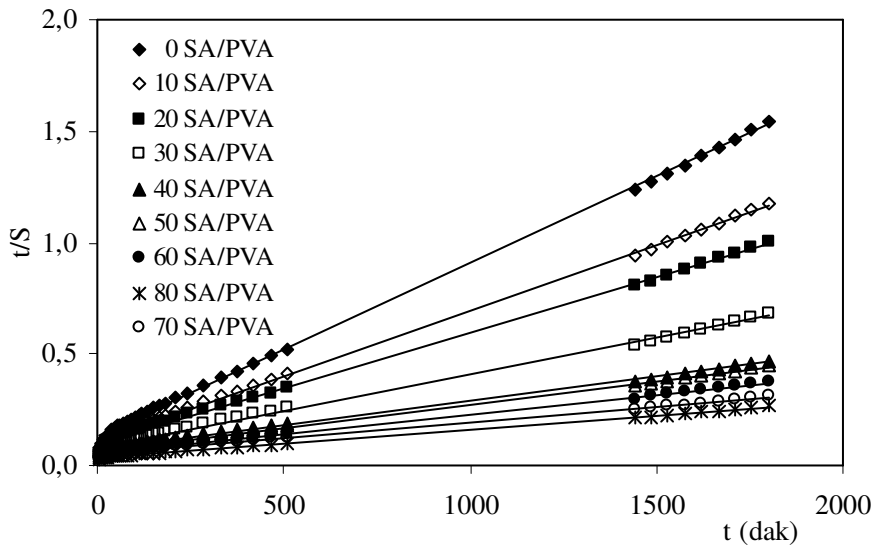
Hazırlanan çapraz bağlı polimerlerin sudaki şişme hızını belirleyen şişme hız sabiti  $k_s$ , başlangıç şişme hızı  $r$  ve teorik denge şişme değeri  $S_{mak}$  Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanmış ve çizelgelerde sunulmuştur. Bu değerlerin hesaplanabilmesi için aşağıda sunulan  $t/S - t$  grafikleri çizilerek elde edilen doğruların eğimleri ve kesim noktaları kullanılmıştır.



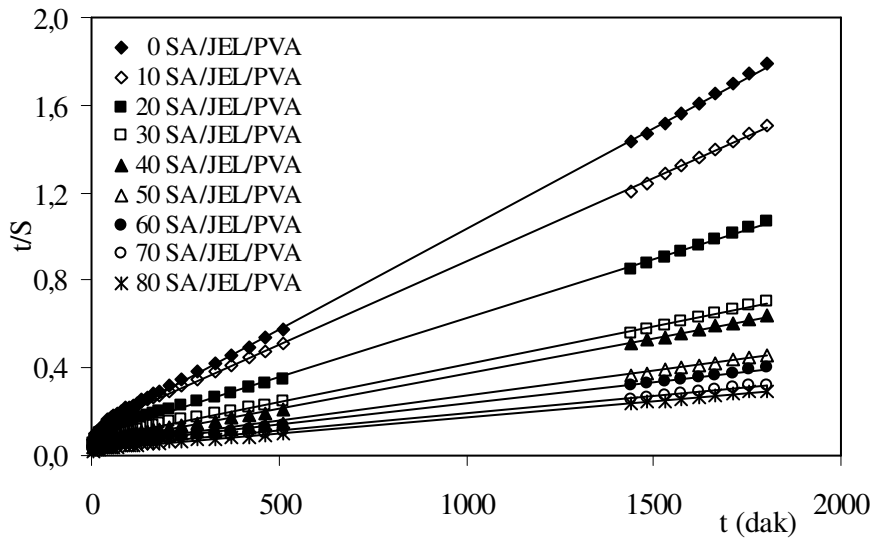
Şekil 4.68. AAm/SA hidrojjlerinin şişme kinetiği eğrileri



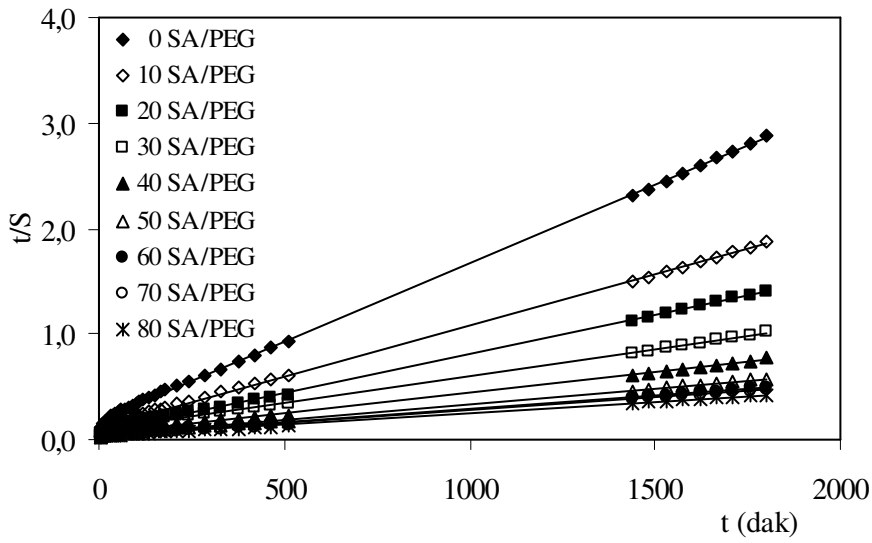
Şekil 4.69. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



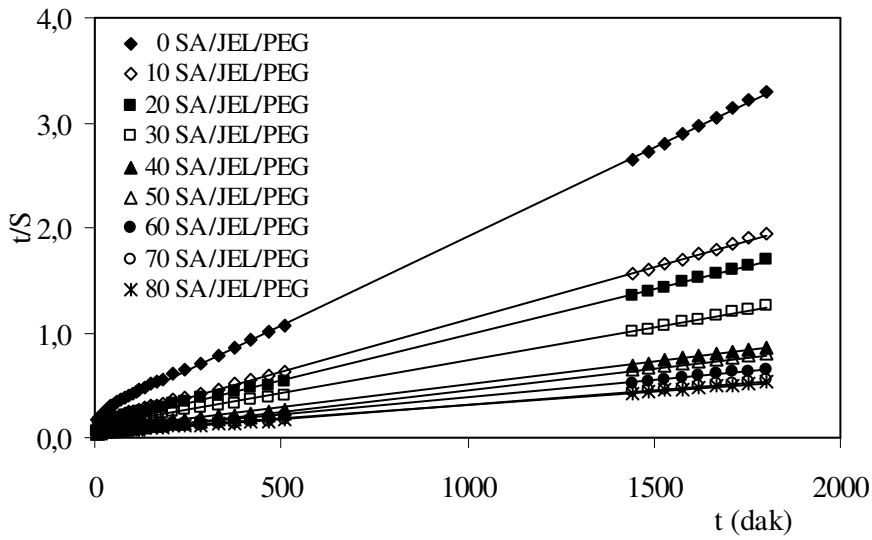
Şekil 4.70. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.71. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.72. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.73. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

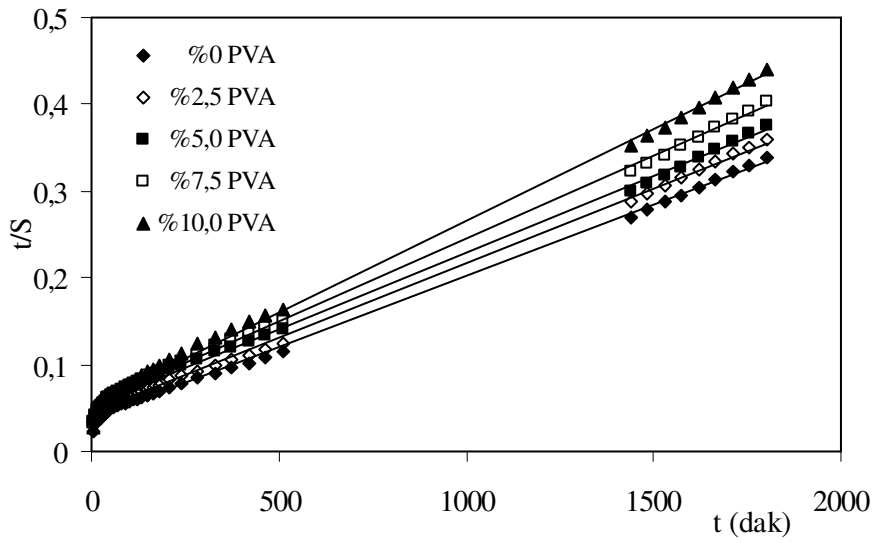
Çizelge 4.13. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

	AAm/SA		AAm/SA/PVA		AAm/SA/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SA/mg	Başlangıç şişme hızı, $r_0(dS/dt)_{0, g_{su}/g_{jel}}$ dak					
0	8,33	8,26	7,87	8,62	5,68	4,48
10	10,00	9,52	9,35	8,13	8,62	7,52
20	11,86	9,26	10,28	10,91	12,39	8,47
30	13,30	14,95	12,02	13,91	10,00	9,62
40	17,70	15,24	14,31	17,36	16,69	14,66
50	22,47	17,61	15,29	22,27	22,27	22,42
60	26,60	19,08	19,01	22,42	22,83	17,64
70	24,21	24,94	19,16	26,53	32,05	22,08
80	37,74	26,46	27,32	34,84	33,11	21,05
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^6, g_{jel}/g_{su}$ dak					
0	4,11	5,94	4,79	7,33	12,61	12,96
10	3,12	4,12	3,24	4,76	8,08	7,52
20	2,17	2,05	2,57	3,13	6,62	6,34
30	0,93	1,73	1,29	1,67	2,54	3,86
40	0,72	0,94	0,68	1,77	2,53	2,79
50	0,87	0,73	0,67	1,15	1,90	3,84
60	0,72	0,56	0,60	0,84	1,42	1,89
70	0,37	0,55	0,39	0,65	1,88	1,68
80	0,50	0,50	0,43	0,74	1,56	1,46

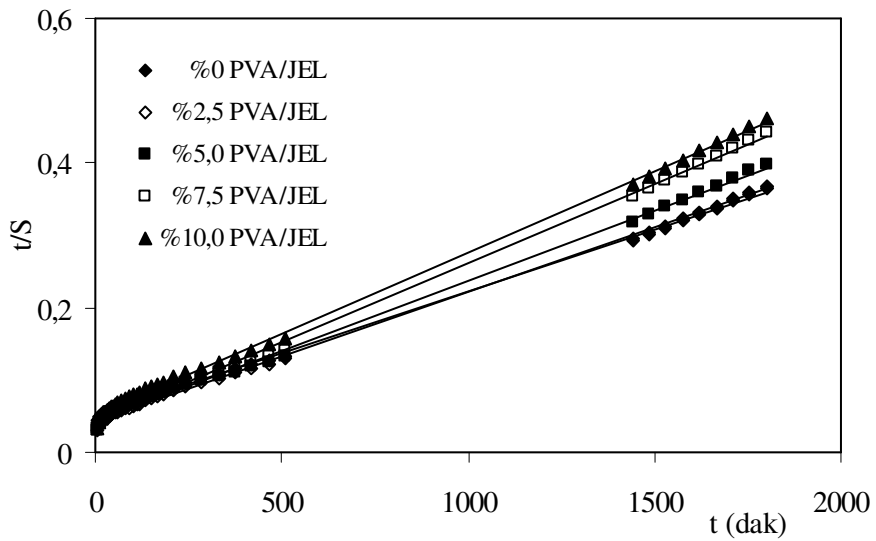
Çizelge 4.13. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler (Devam)

	AAm/SA		AAm/SA/PVA		AAm/SA/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SA/mg	Teorik denge (yüzde) şişme, $S_{mak}$ , $g_{su}/g_{jel}$					
0	1425	1179	1282	1085	671	588
10	1789	1520	1698	1307	1033	1000
20	2336	2123	2002	1866	1368	1156
30	3788	2941	3058	2890	1984	1577
40	4975	4032	4587	3135	2571	2294
50	5076	4902	4785	4405	3425	2415
60	6061	5848	5650	5155	4016	3058
70	8065	6711	7042	6369	4132	3623
80	8696	7246	8016	6849	4608	3802

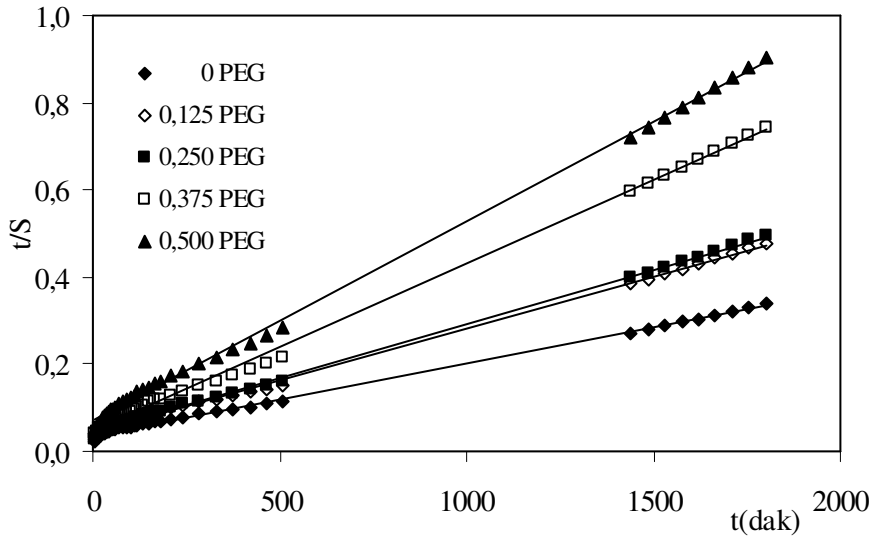




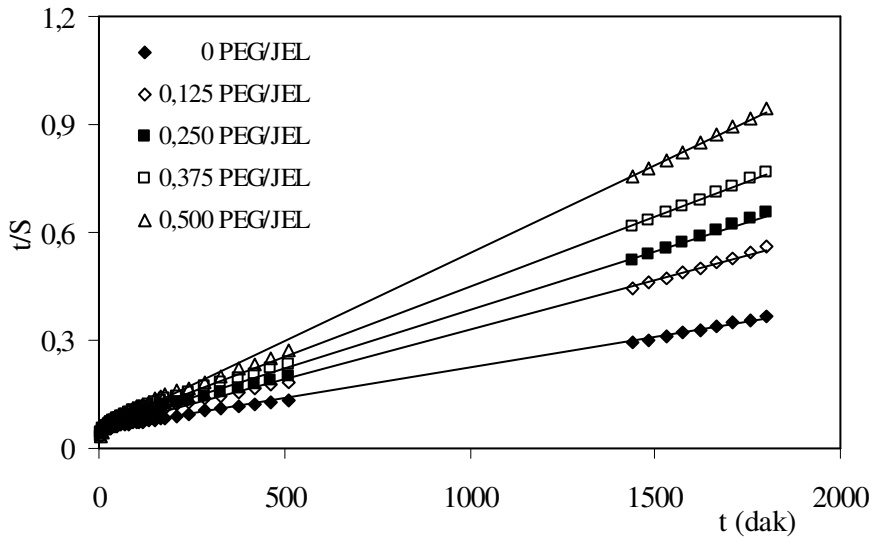
Şekil 4.74. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.75. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.76. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



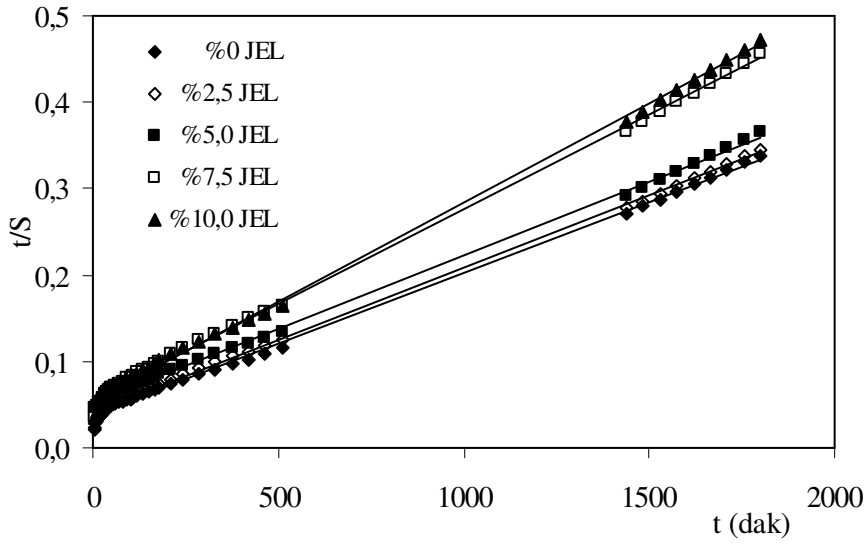
Şekil 4.77. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

Çizelge 4.14. Farklı PVA içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

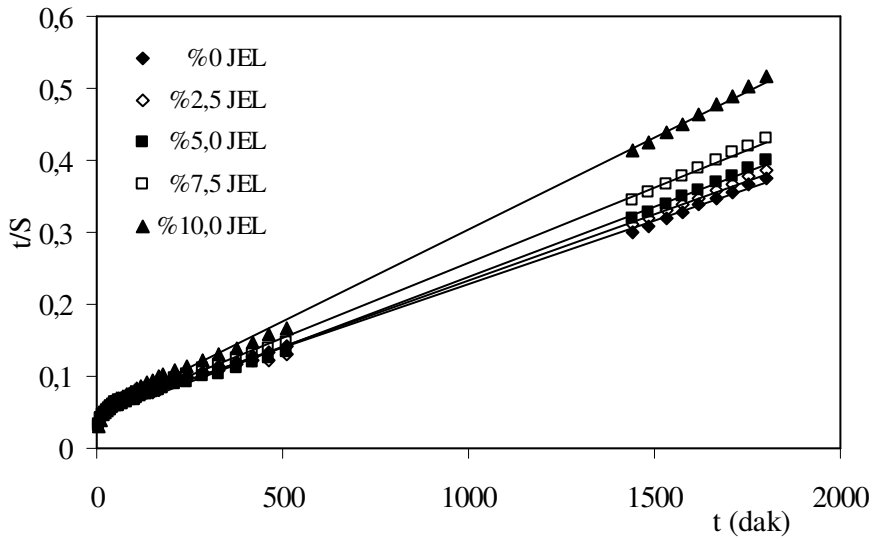
PVA/mL	%0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
	Başlangıç şişme hızı, $r_0(dS/dt)_{0,g_{su}/g_{jel}}$ dak				
	26,60	22,47	19,01	18,80	18,66
JEL	19,08	22,88	22,42	23,58	19,42
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^6$ , $g_{jel}/g_{su}$ dak				
	0,72	0,66	0,60	0,69	0,85
JEL	0,56	0,73	0,84	1,14	0,98
	Teorik denge (yüzde) şişme, $S_{mak}$ , $g_{su}/g_{jel}$				
	6061	5814	5650	5236	4695
JEL	5848	5618	5155	4545	4444

Çizelge 4.15. Farklı PEG içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

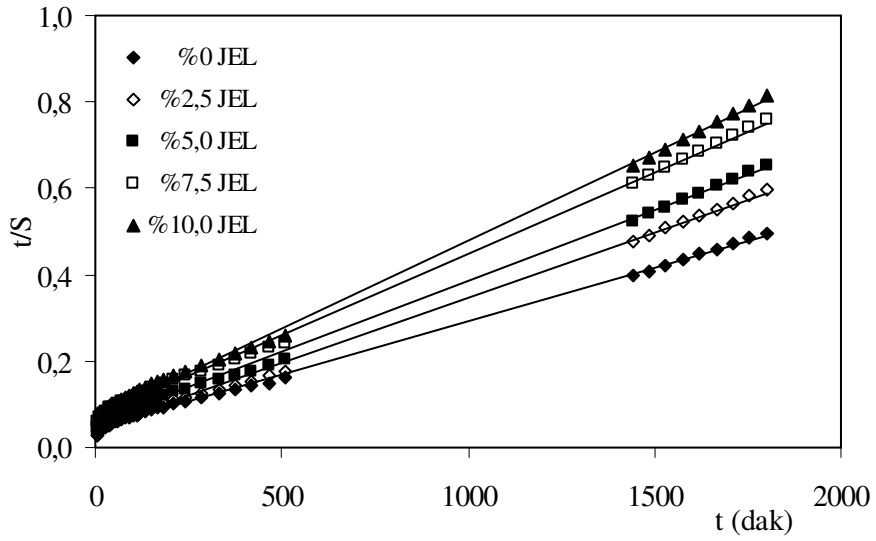
PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
	Başlangıç şişme hızı, $r_0(dS/dt)_{0,g_{su}/g_{jel}}$ dak				
	26,60	21,65	22,83	20,70	14,47
JEL	19,08	17,86	17,64	16,95	18,25
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^6$ , $g_{jel}/g_{su}$ dak				
	0,72	1,22	1,42	3,04	3,05
JEL	0,56	1,36	1,89	2,58	4,35
	Teorik denge (yüzde) şişme, $S_{mak}$ , $g_{su}/g_{jel}$				
	6061	4219	4016	2611	2179
JEL	5848	3623	3058	2564	2049



Şekil 4.78. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.79. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.80. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

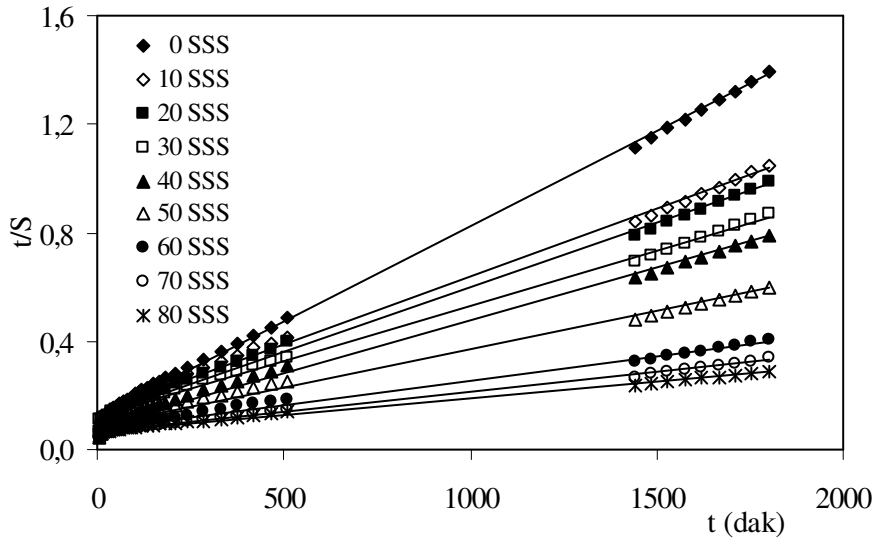
Çizelge 4.16. Farklı JEL içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SA	Başlangıç şişme hızı, $r_0(dS/dt)_0, g_{su}/g_{jel}$ dak				
	26,60	24,81	19,08	17,79	18,73
PVA	19,01	20,92	22,42	20,16	19,96
PEG	22,83	23,20	17,64	13,79	13,48
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^6, g_{jel}/g_{su}$ dak				
	0,72	0,70	0,56	0,86	0,99
PVA	0,60	0,72	0,84	0,88	1,30
PEG	1,42	2,14	1,89	1,97	2,22
	Teorik denge (yüzde) şişme, $S_{mak}, g_{su}/g_{jel}$				
	6061	5952	5848	4545	4348
PVA	5650	5376	5155	4785	3922
PEG	4016	3289	3058	2646	2463

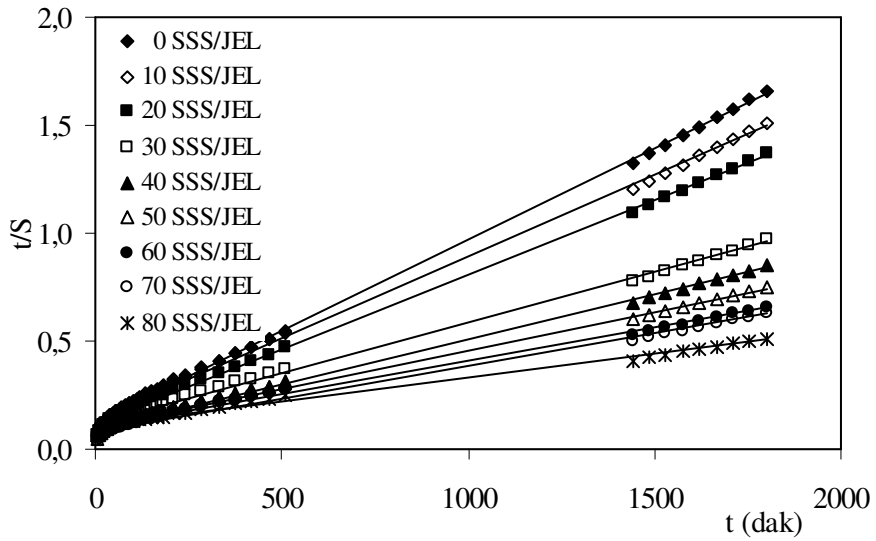
Yarı-IPN ve hidrojeller için sunulan Çizelge 4.13-4.16 incelendiğinde en belirgin özellik,  $S_{\text{mak}}$  değerleri ile daha önceden hesaplanan denge yüzde şişme değerlerinin uyumudur. AAm/SA hidrojelleri dinamik şişme testleri sonunda %1292-7587 şişme değeri gösterirlerken, şişme kinetiği analizleri sonucu bu değerler, %1425-8696 olarak hesaplanmışlardır. AAm/SA/JEL yarı-IPN'leri için dinamik şişme testlerinden elde edilen değerler %1085-6164, kinetik analizden elde edilen değerler ise %1179-7246 arasında değişmektedir. AAm/SA/PVA yarı-IPN'leri için,  $\%S_d$  değeri, %1167-6791 iken,  $S_{\text{mak}}$  değeri % 1282-8016 arasında değişim göstermektedir. AAm/SA/JEL/PVA için,  $\%S_d$  değeri, %1007-6093 iken,  $S_{\text{mak}}$  değeri % 1085-6849, AAm/SA/PEG için,  $\%S_d$  değeri, %624-4225 ve  $S_{\text{mak}}$  değeri, %671-4608 ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'leri için ise  $\%S_d$  değeri, %546-3411 ve  $S_{\text{mak}}$  değeri, %588-3802 arasında değişim göstermektedir.

JEL, PVA ve PEG değişimi için elde edilen  $S_{\text{mak}}$  değerleri de aynı şekilde dinamik şişme testleri sonunda elde edilen değerler ile uyum göstermektedir. Sonuçlardaki bu uyum, şişme kinetiği analizinin doğru temeller üzerine oluşturulduğunun bir göstergesi olabilir.

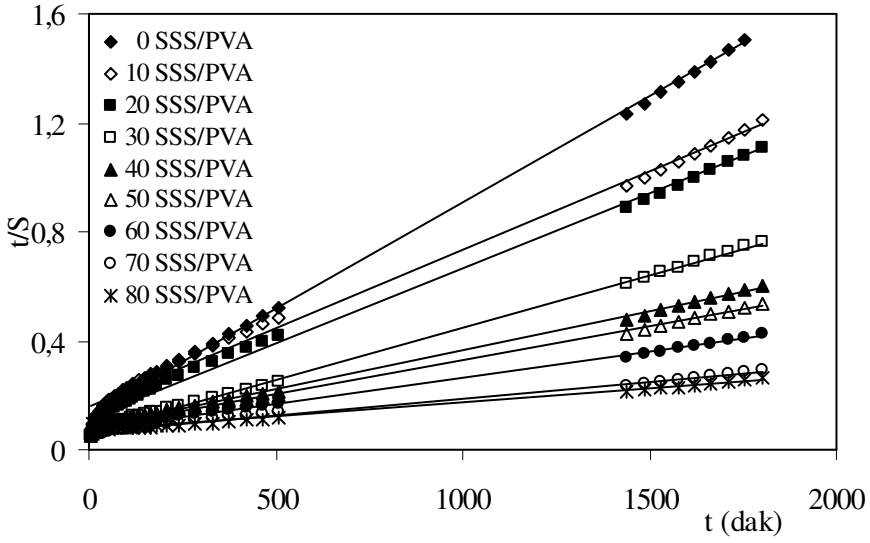
SSS içeren yarı-IPN ve hidrojellere ait şişme kinetiği eğrileri oluşturularak Şekil 4.81-4.93'de sunulmuştur.



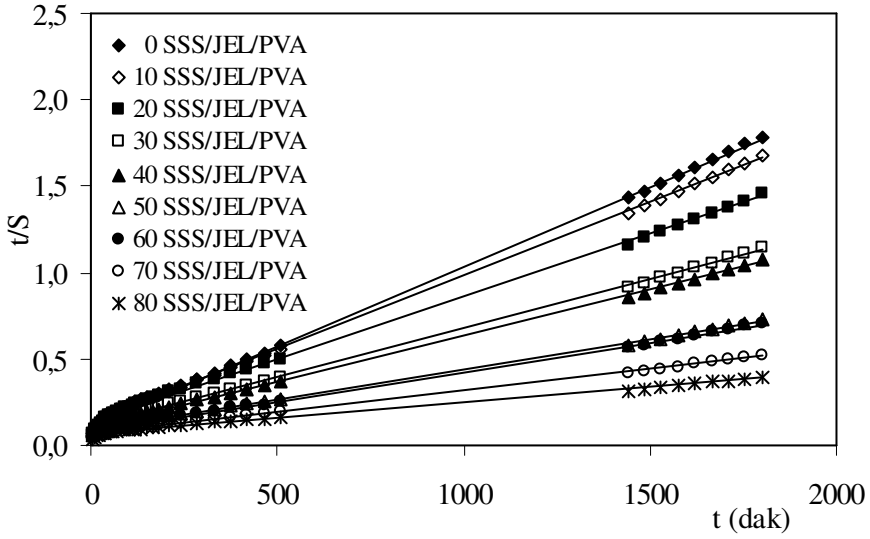
Şekil 4.81. AAm/SSS hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.82. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

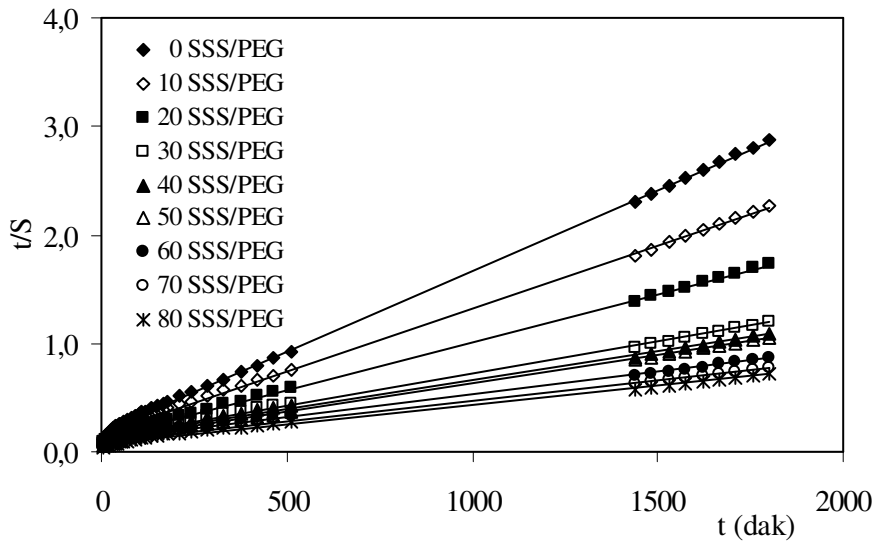


Şekil 4.83. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

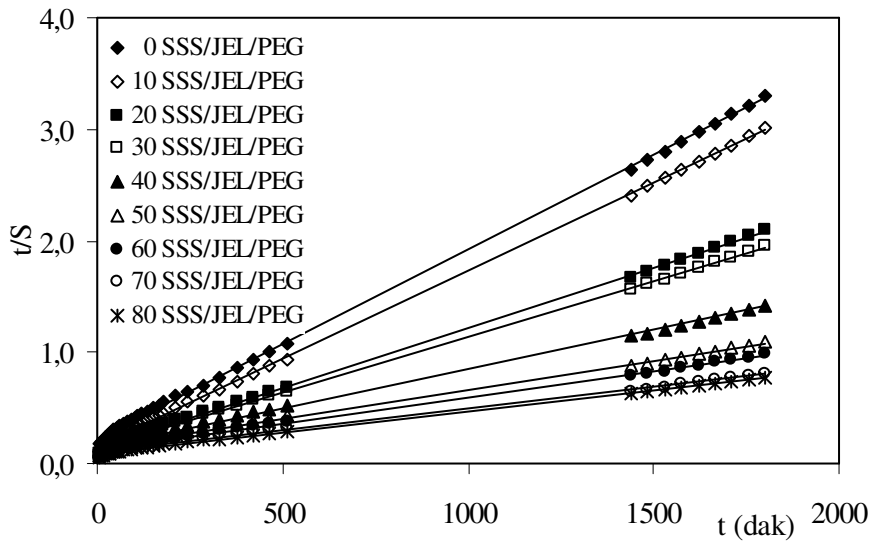


Şekil 4.84. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri





Şekil 4.85. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



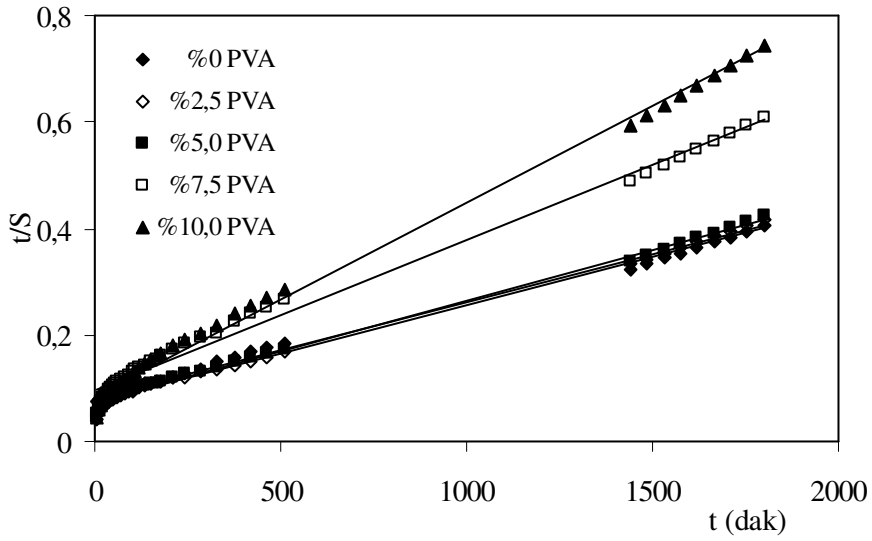
Şekil 4.86. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

Çizelge 4.17. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

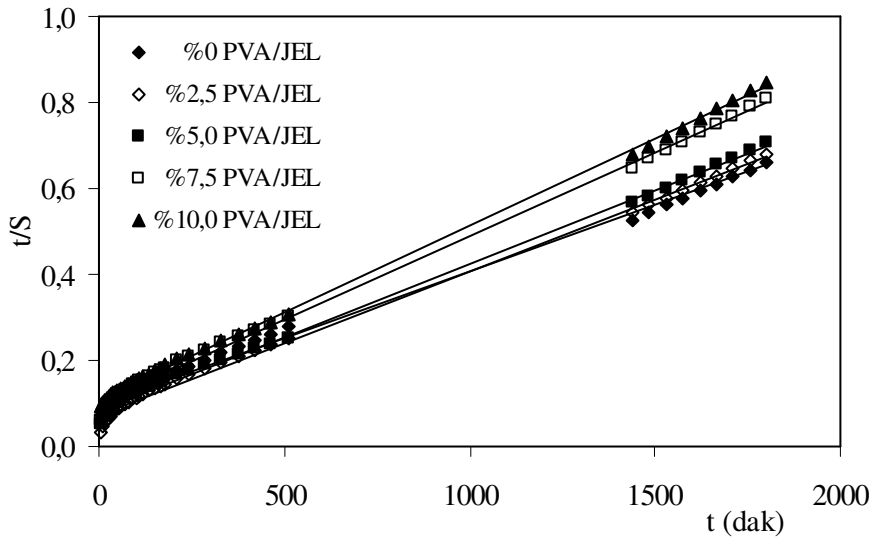
	AAm/SSS		AAm/SSS/PVA		AAm/SSS/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SSS/mg	Başlangıç şişme hızı, $r_0(dS/dt)_0, g_{su}/g_{jel}$ dak					
0	8,33	8,26	7,87	8,62	5,68	4,48
10	7,41	7,46	6,45	7,63	5,99	6,17
20	8,20	8,70	8,93	7,46	7,63	7,14
30	7,94	8,55	14,84	9,10	7,41	6,85
40	11,33	10,76	13,21	9,95	7,87	7,04
50	11,39	10,11	12,58	11,16	9,80	7,25
60	13,54	10,27	13,61	11,98	9,35	8,20
70	15,36	11,92	15,34	14,41	11,15	8,93
80	14,43	9,43	14,10	14,66	12,85	11,15
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^6, g_{jel}/g_{su}$ dak					
0	4,11	5,94	4,79	7,33	12,61	12,96
10	1,87	4,30	2,17	5,54	11,08	15,22
20	1,86	4,15	2,71	3,93	5,97	8,33
30	1,31	1,88	2,19	2,94	2,54	6,78
40	1,70	1,86	1,09	2,85	2,23	3,53
50	0,90	1,30	0,78	1,37	2,70	2,00
60	0,45	0,98	0,50	1,40	1,65	1,83
70	0,34	1,09	0,24	0,89	1,64	1,32
80	0,21	0,47	0,15	0,47	1,61	1,59

Çizelge 4.17. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojenlerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler (Devam)

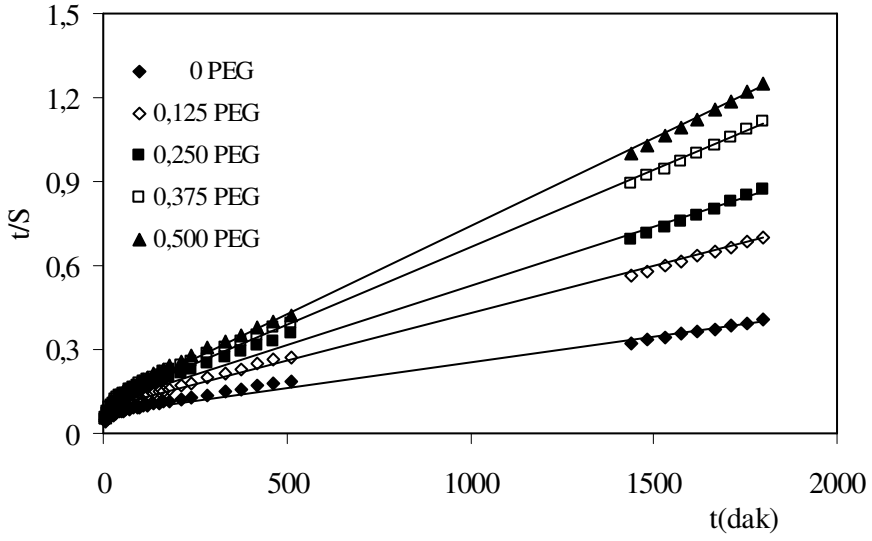
	AAm/SSS		AAm/SSS/PVA		AAm/SSS/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SSS/mg	Teorik denge (yüzde) şişme, $S_{mak}$ , $g_{su}/g_{jel}$					
0	1425	1179	1282	1085	671	588
10	1992	1318	1724	1174	735	637
20	2101	1447	1815	1377	1131	926
30	2457	2132	2604	1761	1706	1005
40	2577	2404	3484	1869	1880	1412
50	3559	2793	4016	2857	1905	1905
60	5504	3236	5236	2924	2381	2114
70	6757	3311	8014	4032	2604	2604
80	8333	4484	9804	5587	2825	2646



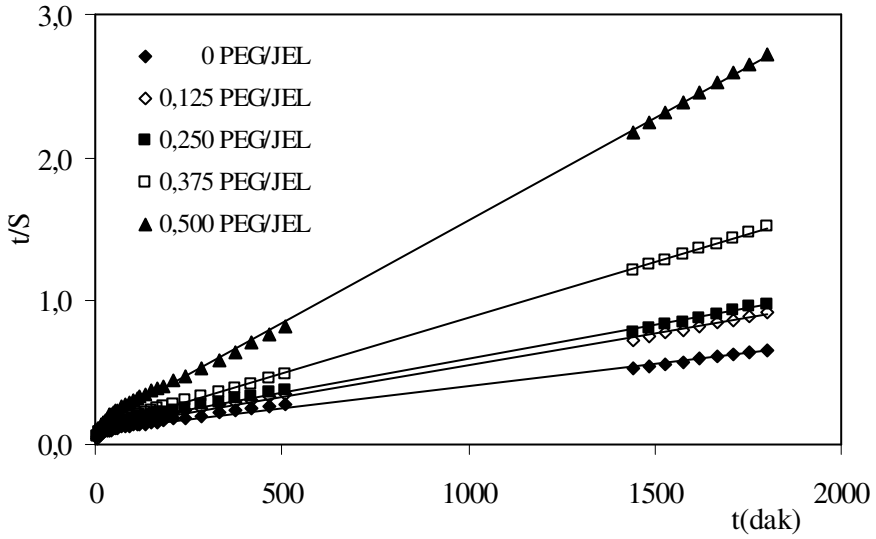
Şekil 4.87. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.88. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.89. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



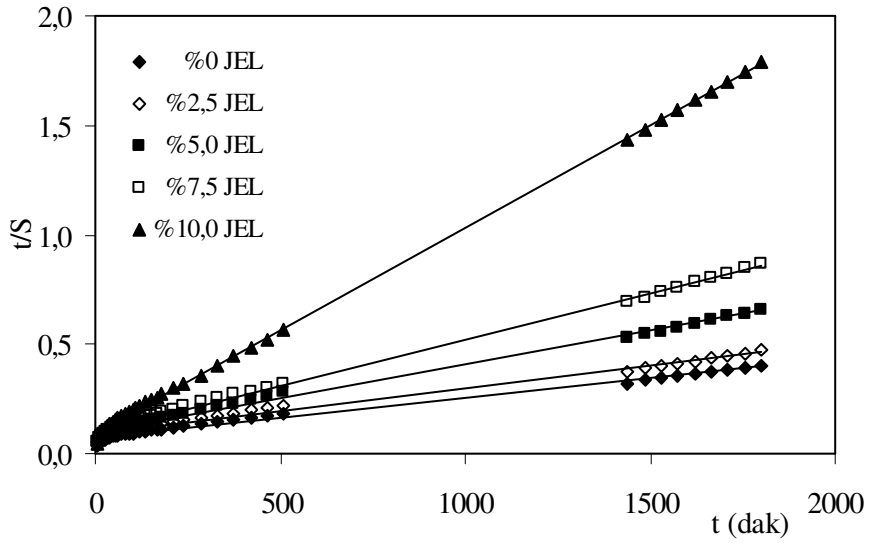
Şekil 4.90. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

Çizelge 4.18. Farklı PVA içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

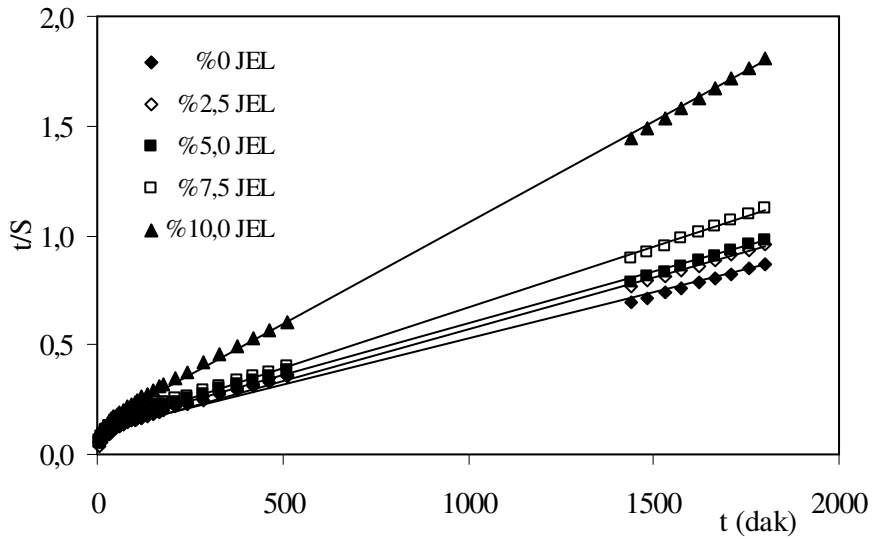
PVA/mL	%0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
	Başlangıç şişme hızı, $r_0(dS/dt)_{0,g_{su}/g_{jel}}$ dak				
	13,54	12,42	13,61	10,36	11,61
JEL	10,27	13,89	11,98	10,00	9,17
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^6, g_{jel}/g_{su}$ dak				
	0,45	0,41	0,50	0,82	1,52
JEL	0,98	1,56	1,40	1,51	1,50
	Teorik denge (yüzde) şişme, $S_{mak}, g_{su}/g_{jel}$				
	5504	5507	5236	3546	2762
JEL	3236	2985	2924	2571	2475

Çizelge 4.19. Farklı PEG içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

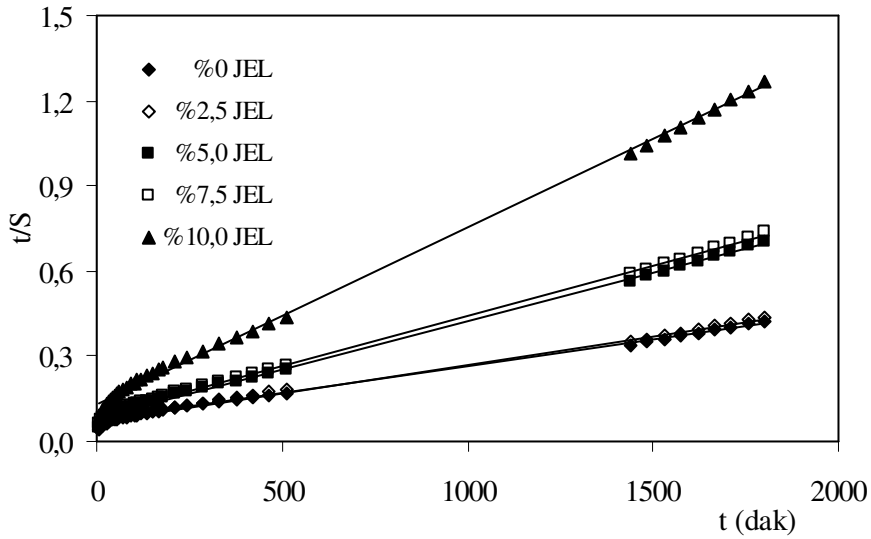
PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
	Başlangıç şişme hızı, $r_0(dS/dt)_{0,g_{su}/g_{jel}}$ dak				
	13,54	11,22	9,35	9,02	8,98
JEL	10,27	9,43	8,20	9,28	7,18
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^6, g_{jel}/g_{su}$ dak				
	0,45	1,27	1,65	2,75	3,53
JEL	0,98	1,88	1,83	5,58	14,60
	Teorik denge (yüzde) şişme, $S_{mak}, g_{su}/g_{jel}$				
	5504	2967	2381	1811	1595
JEL	3236	2242	2114	1290	701



Şekil 4.91. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.92. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.93. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

Çizelge 4.20. Farklı JEL içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SSS	Başlangıç şişme hızı, $r_0(dS/dt)_{0,g_{su}/g_{jel}}$ dak				
	13,54	10,70	10,27	10,00	10,73
PVA	13,61	14,41	11,98	11,05	7,71
PEG	9,35	9,86	8,20	8,70	7,58
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^6, g_{jel}/g_{su}$ dak				
	0,45	0,45	0,98	1,79	9,44
PVA	0,50	0,59	1,40	1,38	3,00
PEG	1,65	2,21	1,83	2,68	6,48
	Teorik denge (yüzde) şişme, $S_{mak}, g_{su}/g_{jel}$				
	5504	4854	3236	2364	1066
PVA	5236	4950	2924	2825	1590
PEG	2381	2113	2114	1802	1081

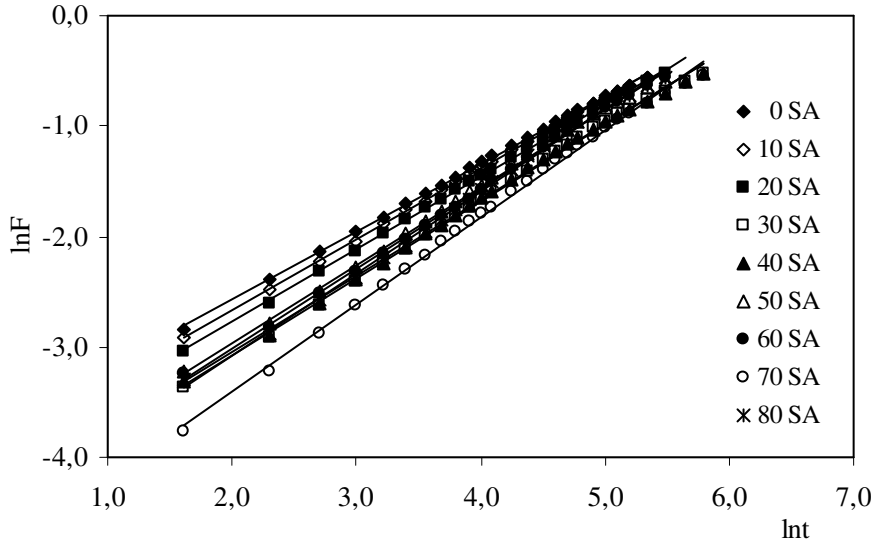


SSS içeren yarı-IPN ve hidrojeller için  $S_{mak}$  değerleri ile  $\%S_d$  değerleri karşılaştırıldığında uyum içerisinde oldukları söylenebilir. AAm/SSS hidrojelleri dinamik şişme testleri sonunda  $\%1292-6188$  şişme değeri gösterirken, şişme kinetiği analizleri sonucu bu değerler,  $\%1425-8333$  olarak hesaplanmışlardır. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'leri için dinamik şişme testlerinden elde edilen değerler  $\%1085-3507$ , kinetik analizden elde edilen değerler ise  $\%1179-4484$  arasında değişmektedir. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'leri için,  $\%S_d$  değeri,  $\%1167-6826$  iken,  $S_{mak}$  değeri  $\%1282-9804$  arasında değişim göstermektedir. AAm/SSS/JEL/PVA için,  $\%S_d$  değeri,  $\%1007-4551$  iken,  $S_{mak}$  değeri  $\%1085-5587$ , AAm/SSS/PEG için  $\%S_d$  değeri,  $\%624-2501$  ve  $S_{mak}$  değeri,  $\%671-2825$  arasındadır. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'leri için ise  $\%S_d$  değeri,  $\%546-2317$  ve  $S_{mak}$  değeri,  $\%588-2646$  arasında değişim göstermektedir.

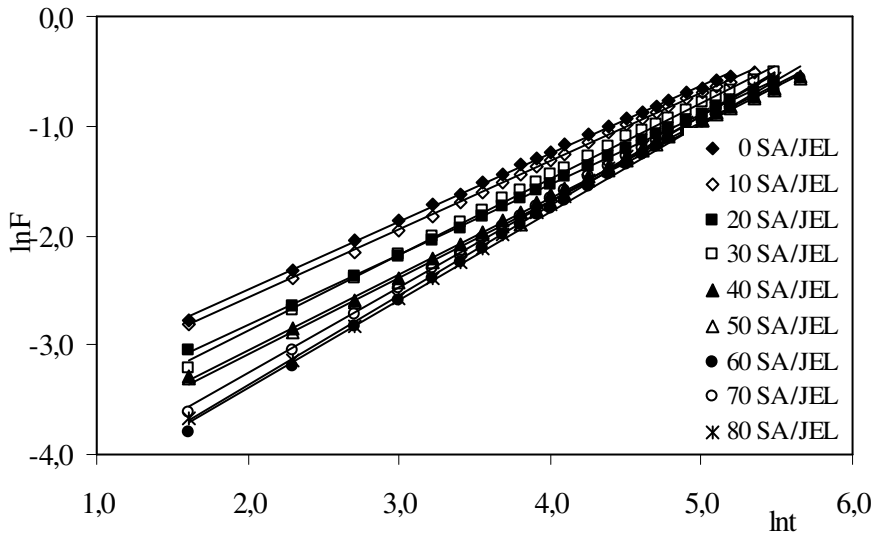
JEL, PVA ve PEG değişimi için elde edilen  $S_{mak}$  değerleri de aynı şekilde dinamik şişme testleri sonunda elde edilen değerler ile uyum göstermektedir.

#### 4.4.4. Suyun Difüzyonu

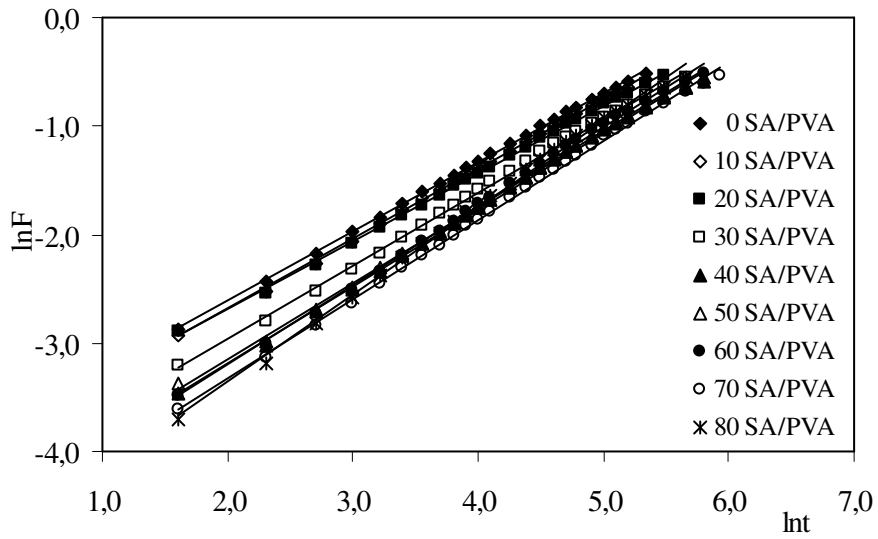
Çapraz bağlı polimerik yapıların temel şişme davranışlarının ve difüzyon türünün açıklanmasında kullanılan en temel yasalar Fick yasalarıdır. Difüzyonun temelleri 1855 yılında Fick tarafından ortaya atılmıştır (Peppas ve Franson, 1983; Ende ve Peppas, 1996, 1997; Ganji vd., 2010; Karadağ vd., 2010; Üzümlü ve Karadağ, 2010; 2011). Şişme özelliği gösteren polimerlerin şişme kinetiği; Eşitlik 5'de sunulan temel bağıntı ile incelenmektedir. Bu amaçla PEGDA ile çapraz bağlanmış kopolimerlere su difüzyonunun incelenmesi için Eşitlik 5'de verilen bağıntının logaritmik formu kullanılarak  $\ln F - \ln t$  grafikleri çizilmiştir. Grafiklerde elde edilen doğruların eğiminden difüzyon üsteli  $n$  ve kesim noktalarından ise difüzyon sabiti  $k$  değerleri hesaplanarak çizelgelerde sunulmuştur.



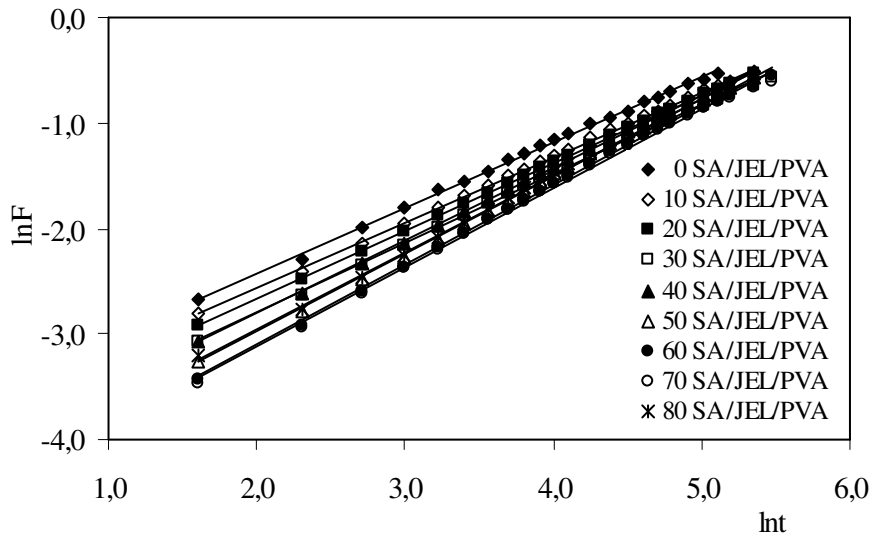
Şekil 4.94. AAm/SA hidrojelinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi



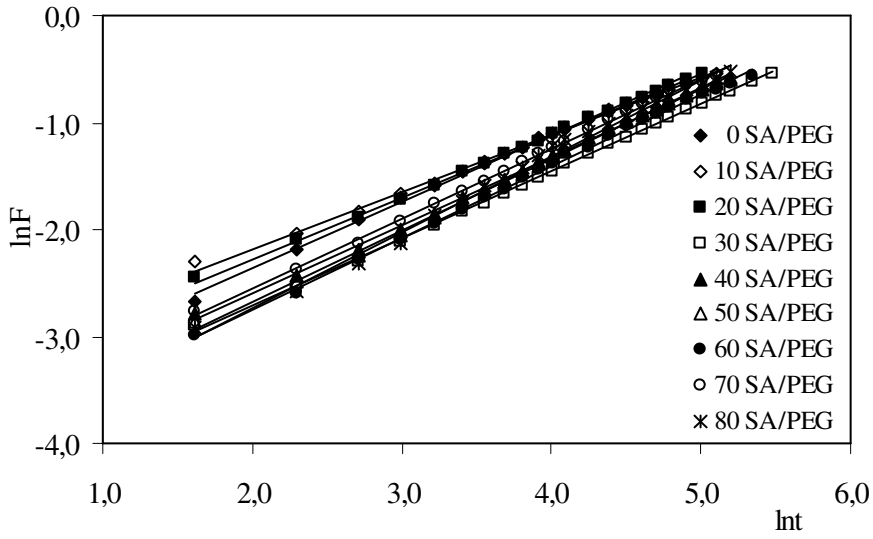
Şekil 4.95. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi



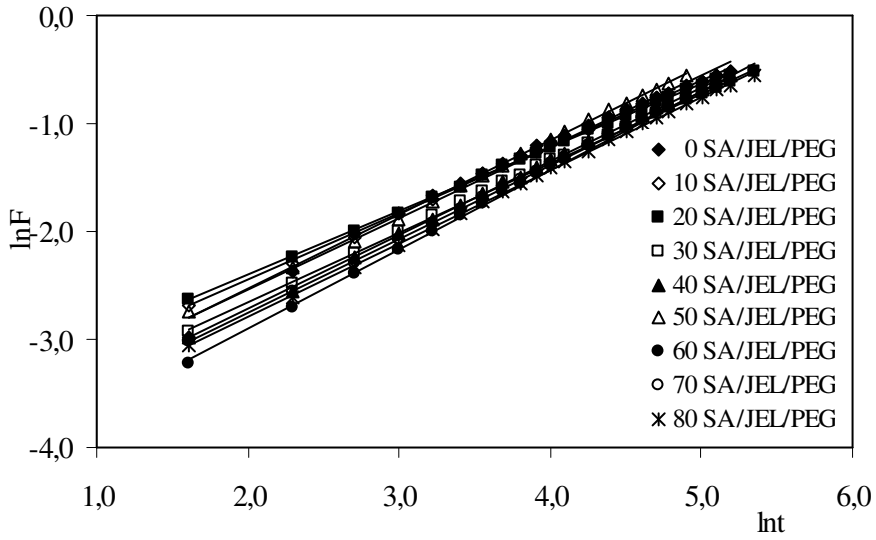
Şekil 4.96. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi



Şekil 4.97. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi



Şekil 4.98. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi



Şekil 4.99. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi

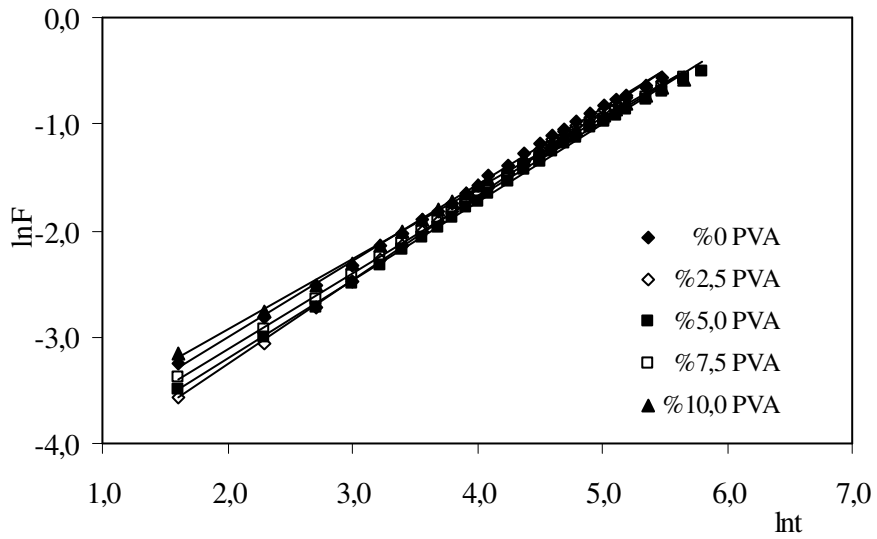
Çizelge 4.21. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojelilerin difüzyon üsteli ve difüzyon sabiti değerleri

	AAm/SA		AAm/SA/PVA		AAm/SA/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SA/mg	Difüzyon üsteli, n					
0	0,61	0,62	0,64	0,62	0,61	0,66
10	0,64	0,63	0,64	0,62	0,53	0,62
20	0,66	0,64	0,63	0,64	0,58	0,59
30	0,70	0,69	0,68	0,65	0,63	0,64
40	0,69	0,70	0,71	0,69	0,64	0,68
50	0,71	0,70	0,70	0,74	0,67	0,69
60	0,72	0,80	0,73	0,75	0,67	0,73
70	0,79	0,78	0,73	0,75	0,66	0,68
80	0,74	0,82	0,80	0,73	0,71	0,68
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^3$					
0	22,45	23,98	20,41	25,51	28,65	21,23
10	19,45	21,78	18,74	22,37	39,12	25,23
20	16,78	16,50	19,30	19,20	32,55	27,63
30	11,33	16,15	13,27	16,49	18,87	19,54
40	11,94	11,82	9,95	15,17	20,88	16,82
50	12,61	11,08	10,43	11,67	18,30	20,17
60	11,70	6,76	9,37	9,96	16,74	12,75
70	6,91	8,03	8,31	9,80	20,97	16,20
80	10,44	6,59	7,05	12,18	15,75	15,62

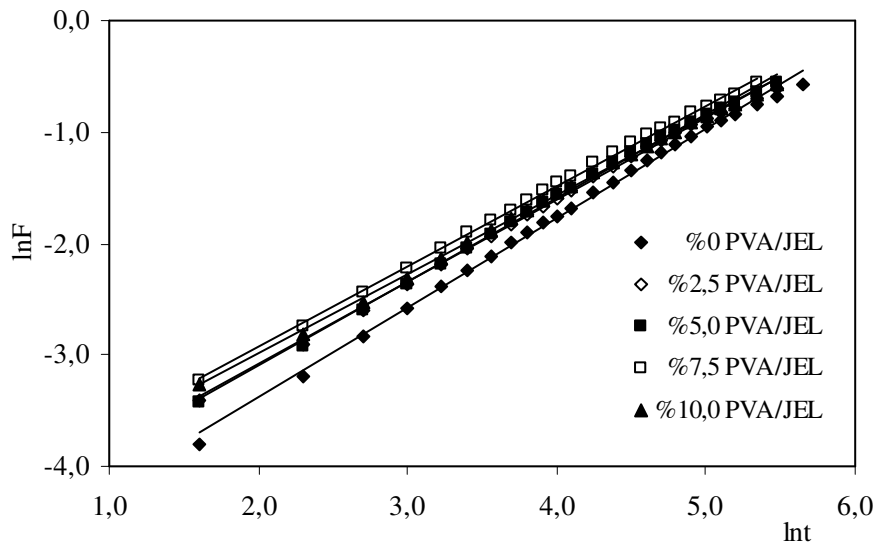
Çizelge 4.22. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojenlerin difüzyon katsayıları

	AAm/SA		AAm/SA/PVA		AAm/SA/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SA/mg	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^5$					
0	8,21	8,64	9,99	8,34	8,12	10,10
10	11,98	13,70	13,85	13,21	6,37	9,06
20	18,94	13,76	14,35	15,94	12,00	9,67
30	21,23	21,04	20,99	16,10	11,25	12,99
40	24,00	30,85	24,30	29,27	16,40	18,92
50	37,71	30,98	25,87	43,91	24,38	25,32
60	45,59	37,04	39,58	46,18	29,90	28,11
70	54,17	63,30	40,39	52,08	31,57	30,51
80	67,10	73,66	56,39	58,80	46,95	33,16

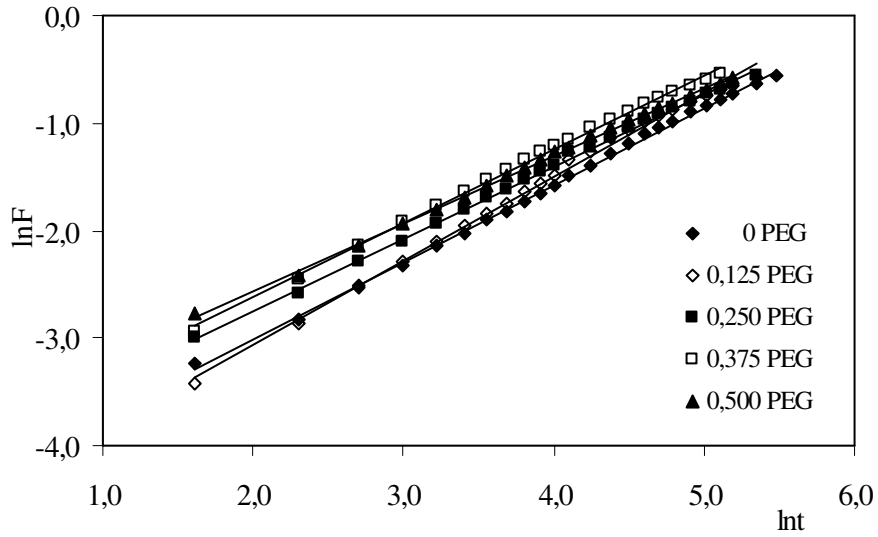
Çizelge 4.22 incelendiğinde difüzyon katsayılarının SA içeriğinin artışı ile uyumlu bir artış gösterdiği söylenebilir. Bu artışın sebebi olarak SA içeriğinin artması ile polimerik yapıya difüzlenen su miktarındaki artış verilebilir.



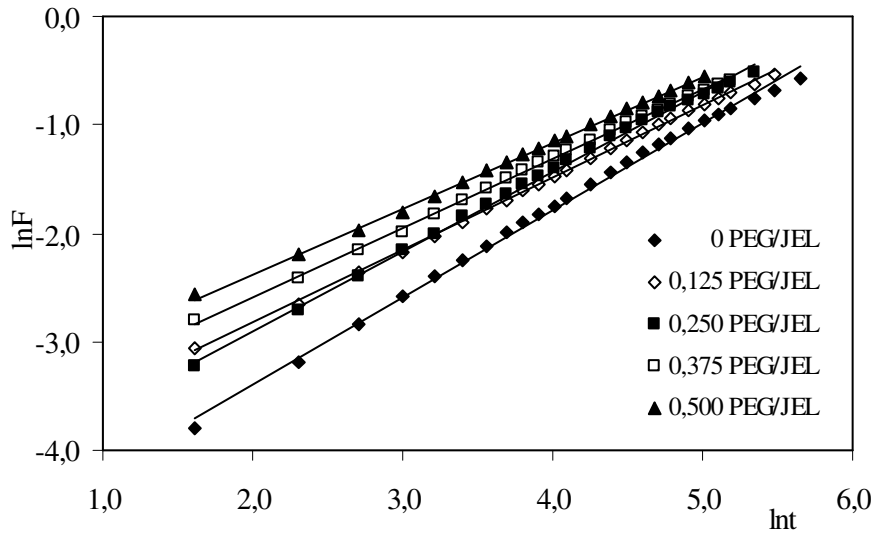
Şekil 4.100. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln I$  değişimi



Şekil 4.101. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln I$  değişimi



Şekil 4.102. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnI değişimi



Şekil 4.103. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnI değişimi

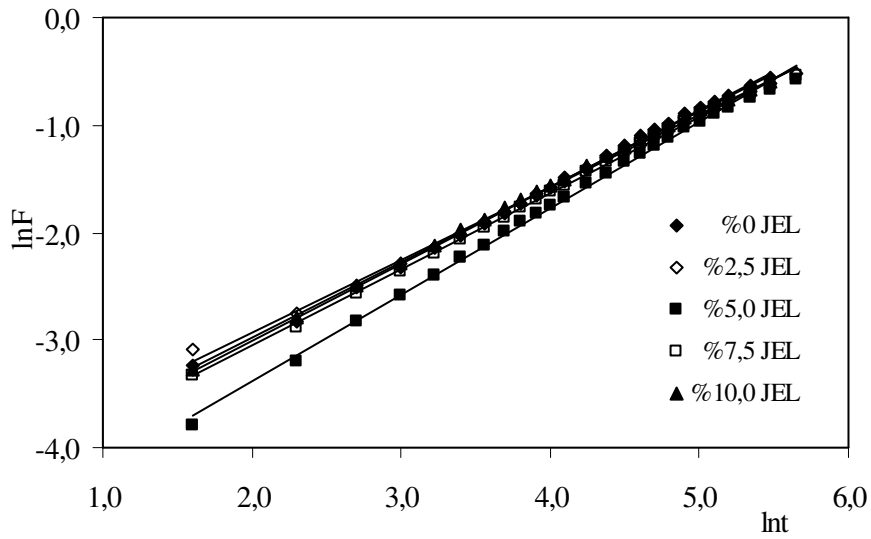


Çizelge 4.23. Farklı PVA içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri

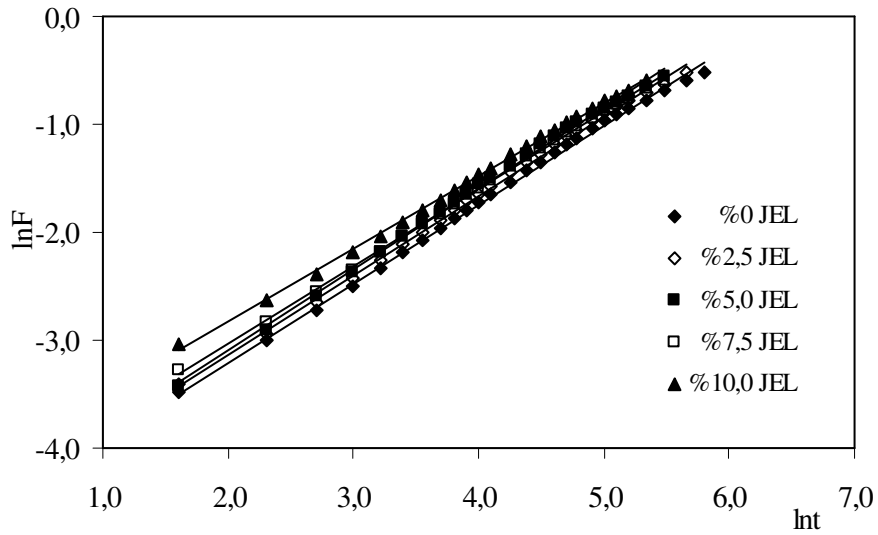
PVA/mL	%0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
	Difüzyon üsteli, n				
	0,72	0,79	0,73	0,72	0,67
JEL	0,80	0,74	0,75	0,72	0,71
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^3$				
	11,70	7,97	9,37	10,59	14,07
JEL	6,76	10,43	9,96	12,62	12,17
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^5$				
	45,59	54,91	39,58	33,37	23,31
JEL	37,04	44,25	46,18	42,17	29,24

Çizelge 4.24. Farklı PEG içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri

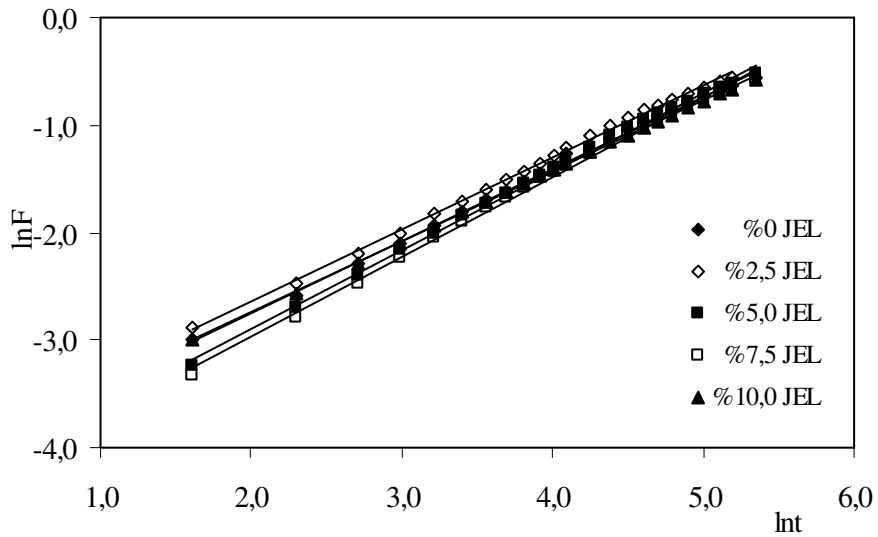
PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
	Difüzyon üsteli, n				
	0,72	0,78	0,67	0,69	0,63
JEL	0,80	0,66	0,73	0,64	0,61
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^3$				
	11,70	9,82	16,74	18,34	22,16
JEL	6,76	15,74	12,75	21,20	27,73
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^5$				
	45,59	50,89	29,90	25,83	12,69
JEL	37,04	24,34	25,23	18,15	15,54



Şekil 4.104. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin  $\ln F$ - $\ln I$  değişimi



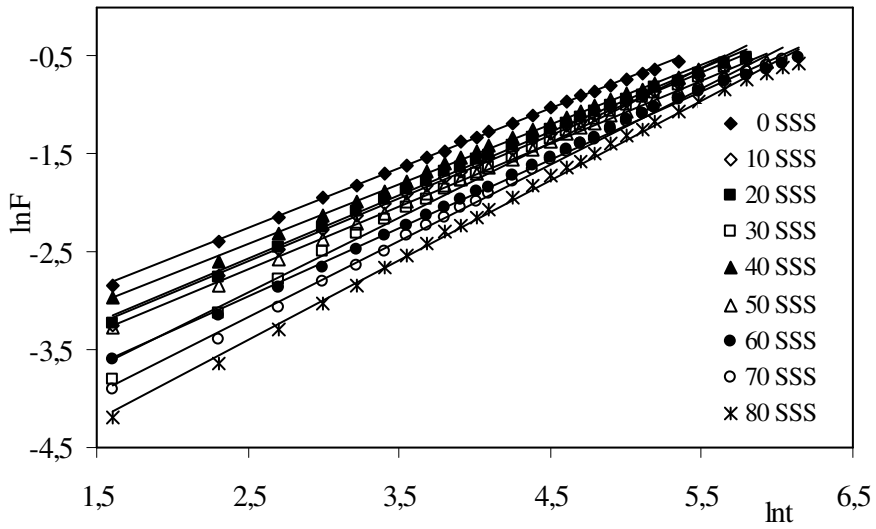
Şekil 4.105. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin  $\ln F$ - $\ln I$  değişimi



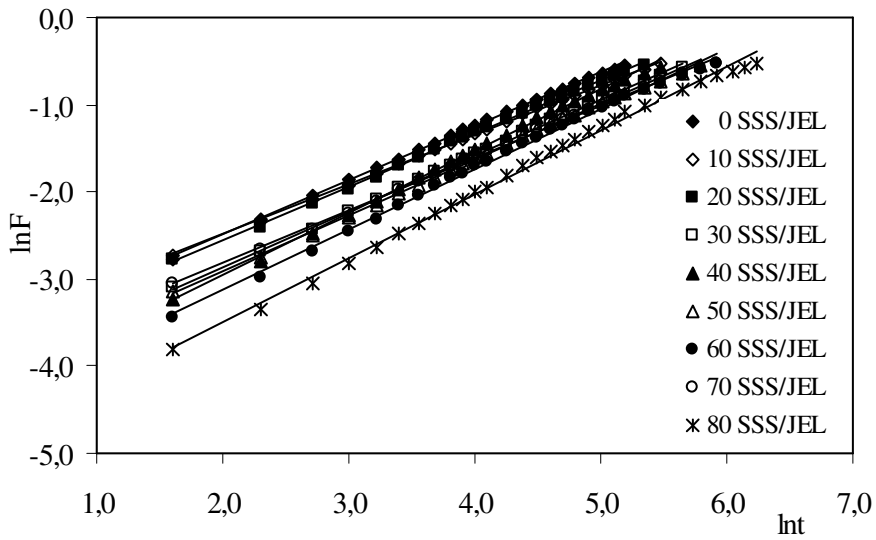
Şekil 4.106. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin lnF-Int değişimi

Çizelge 4.25. Farklı JEL içeriğine sahip SA içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri

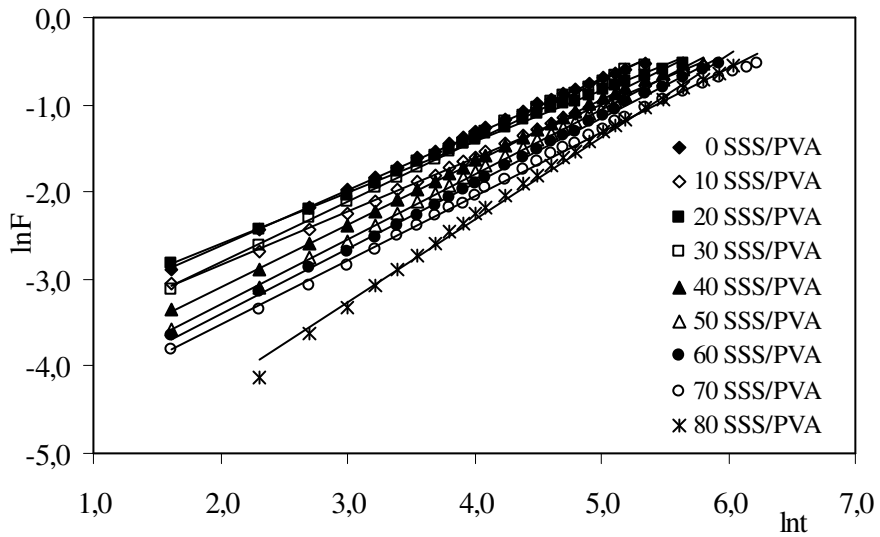
JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SA	Difüzyon üsteli, n				
	0,72	0,67	0,80	0,71	0,70
PVA	0,73	0,74	0,75	0,72	0,68
PEG	0,67	0,67	0,73	0,74	0,66
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^3$				
	11,70	13,87	6,76	11,42	12,56
PVA	9,37	9,90	9,96	11,49	15,23
PEG	16,74	18,56	12,75	11,60	17,49
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^5$				
	45,59	32,21	37,04	29,29	30,33
PVA	39,58	42,33	46,18	29,45	25,25
PEG	29,90	29,27	28,11	24,61	15,94



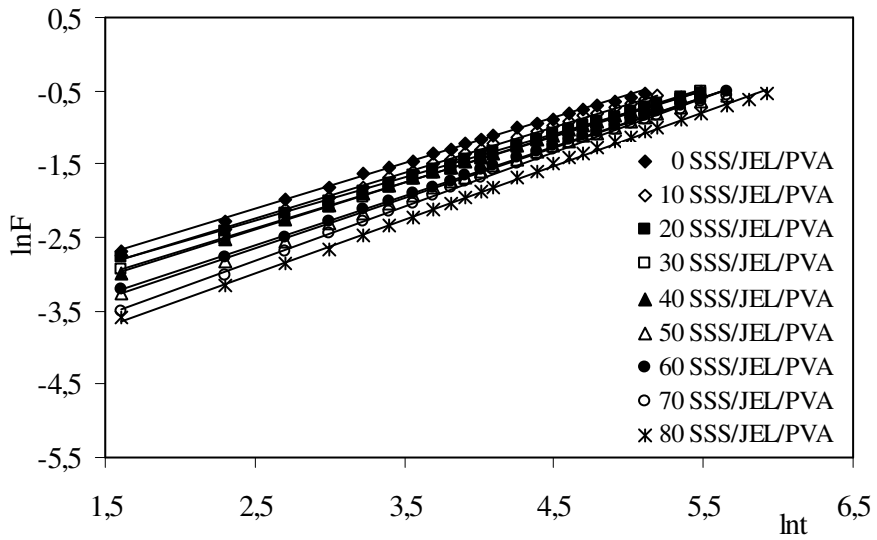
Şekil 4.107. AAm/SSS hidrojellerinde lnF-lnt değişimi



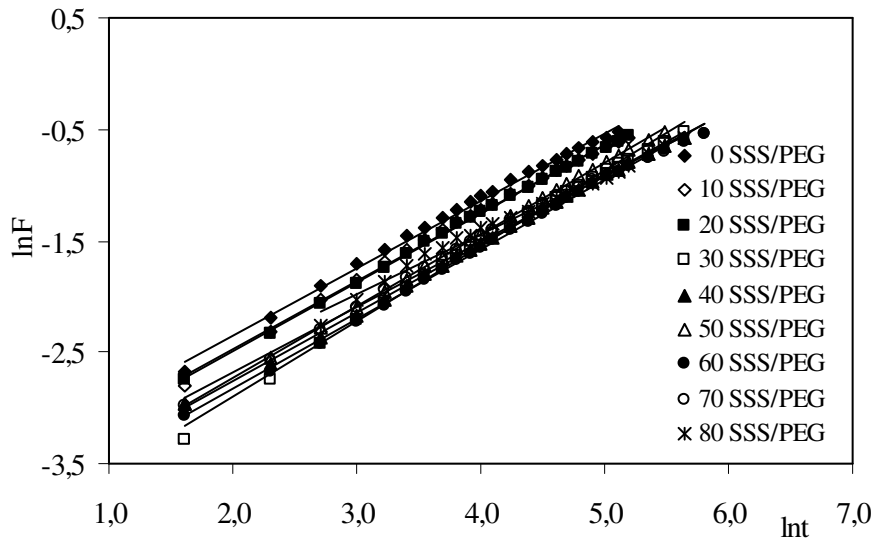
Şekil 4.108. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinde lnF-lnt değişimi



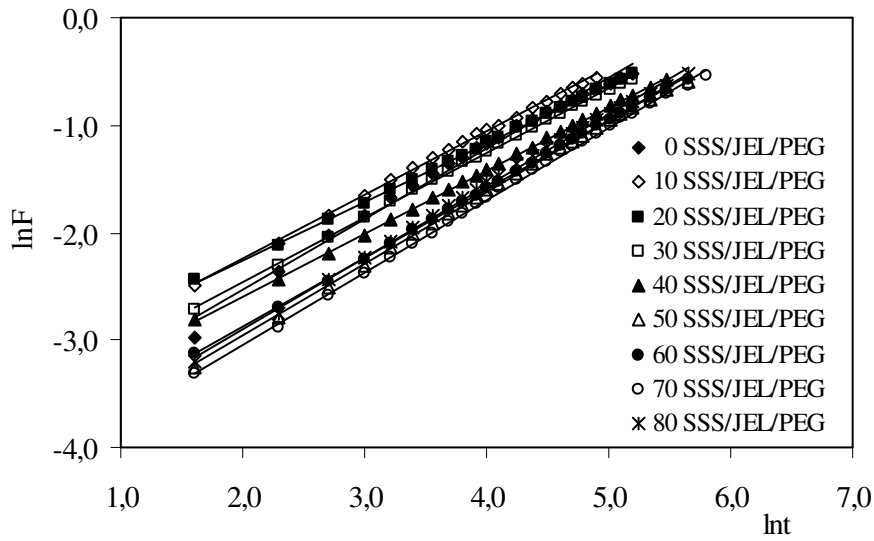
Şekil 4.109. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi



Şekil 4.110. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi



Şekil 4.111. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi



Şekil 4.112. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln t$  değişimi

Çizelge 4.26. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon üsteli ve difüzyon sabiti değerleri

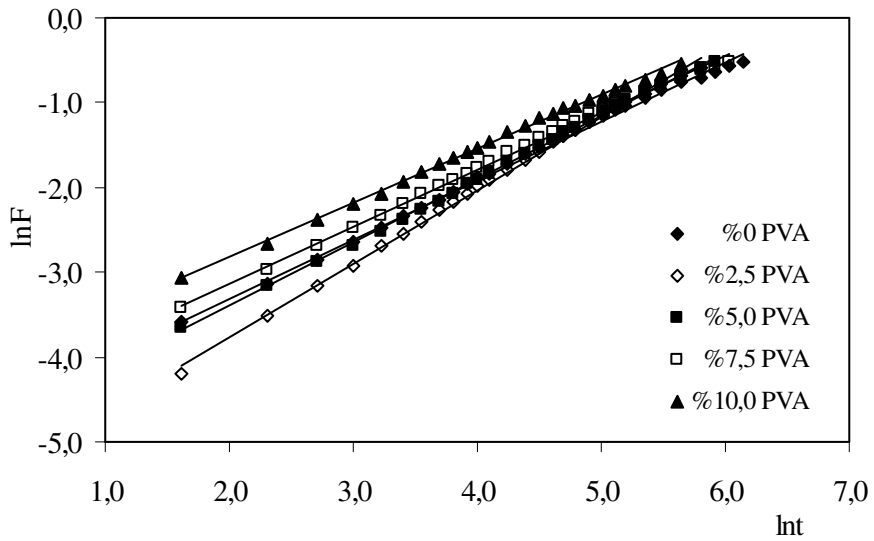
	AAm/SSS		AAm/SSS/PVA		AAm/SSS/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SSS/mg	Difüzyon üsteli, n					
0	0,61	0,62	0,64	0,62	0,61	0,66
10	0,65	0,57	0,62	0,63	0,61	0,59
20	0,65	0,61	0,58	0,59	0,61	0,54
30	0,76	0,64	0,70	0,63	0,68	0,60
40	0,61	0,71	0,71	0,64	0,61	0,59
50	0,64	0,64	0,74	0,69	0,64	0,67
60	0,70	0,69	0,75	0,68	0,62	0,64
70	0,78	0,60	0,73	0,74	0,59	0,67
80	0,82	0,73	0,95	0,73	0,53	0,67
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^3$					
0	22,45	23,98	20,41	25,51	28,65	21,23
10	14,76	26,41	17,13	22,08	24,77	32,59
20	15,16	23,07	23,48	23,21	24,28	35,32
30	8,05	15,96	15,10	19,01	14,31	25,88
40	19,43	12,52	11,02	18,62	18,47	23,09
50	13,96	15,31	8,51	12,61	18,06	13,68
60	9,03	11,10	7,51	13,44	17,05	15,66
70	5,95	17,88	6,85	9,41	21,33	12,38
80	4,29	6,96	2,22	8,08	27,94	14,56

Çizelge 4.27. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojelilerin difüzyon katsayıları

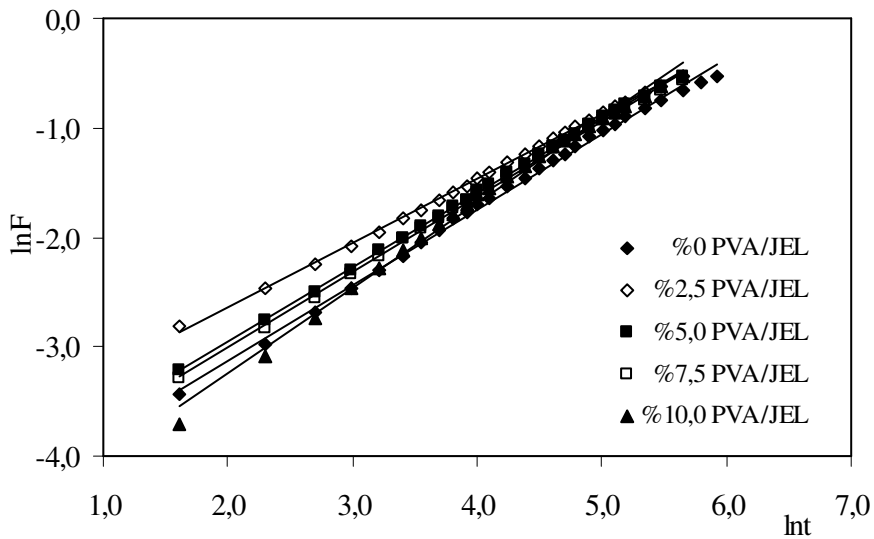
	AAm/SSS		AAm/SSS/PVA		AAm/SSS/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SSS/mg	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^5$					
0	8,21	8,64	9,99	8,34	8,12	10,10
10	11,03	6,88	8,01	9,74	8,32	9,65
20	12,96	10,51	10,50	10,71	8,90	8,36
30	14,75	11,28	25,84	13,46	9,16	11,29
40	15,24	16,75	24,32	17,85	9,94	8,65
50	17,67	17,93	29,07	21,91	5,31	12,62
60	25,11	18,46	29,86	25,45	11,18	13,63
70	37,14	21,90	29,32	38,01	12,71	18,11
80	41,20	44,35	72,81	39,51	13,14	24,67

Difüzyon katsayılarının sunulduğu Çizelge 4.23 incelendiğinde, difüzyon katsayılarının SSS içeriğinin artışı ile uyumlu bir artış gösterdiği söylenebilir. Bu artışın sebebi olarak SSS içeriğinin artması ile polimerik yapıya difüzlenen su miktarındaki artış verilebilir.

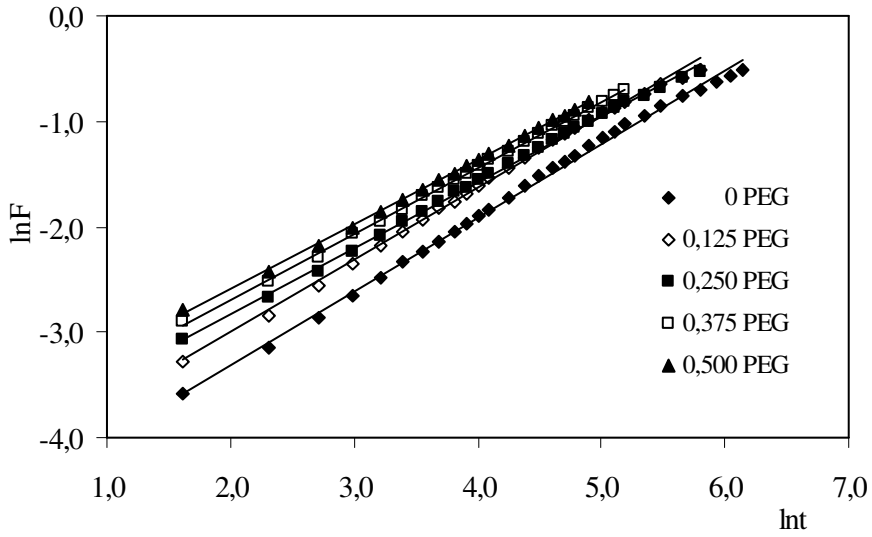




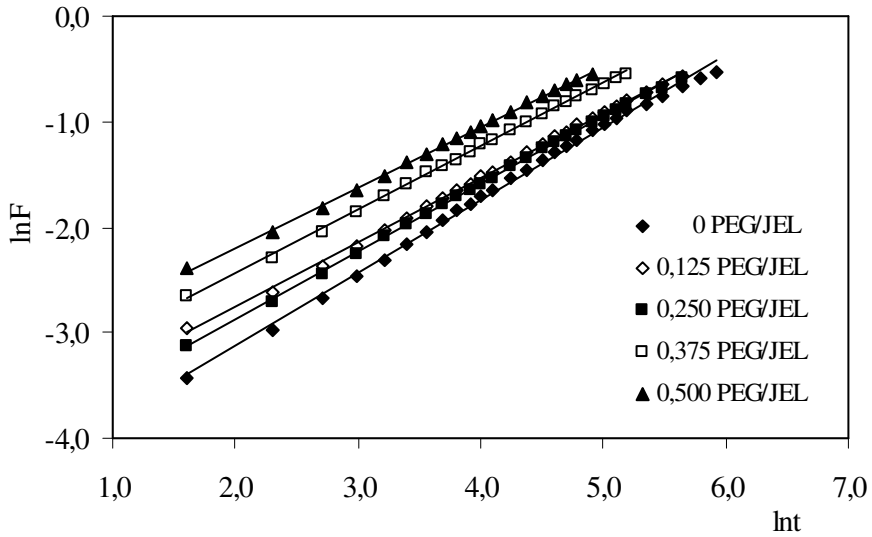
Şekil 4.113. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln I$  değişimi



Şekil 4.114. Farklı PVA içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde  $\ln F$ - $\ln I$  değişimi



Şekil 4.115. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnI değişimi



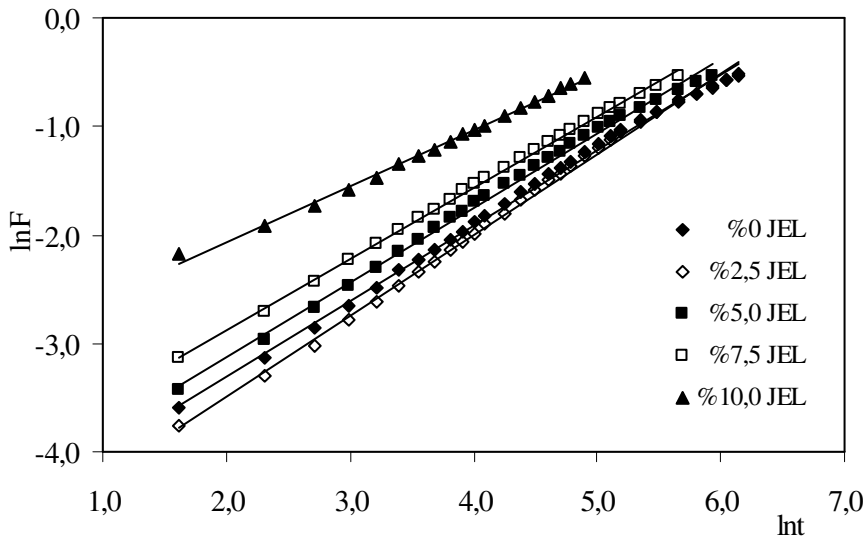
Şekil 4.116. Farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde lnF-lnI değişimi

Çizelge 4.28. Farklı PVA içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli ve difüzyon sabiti değerleri

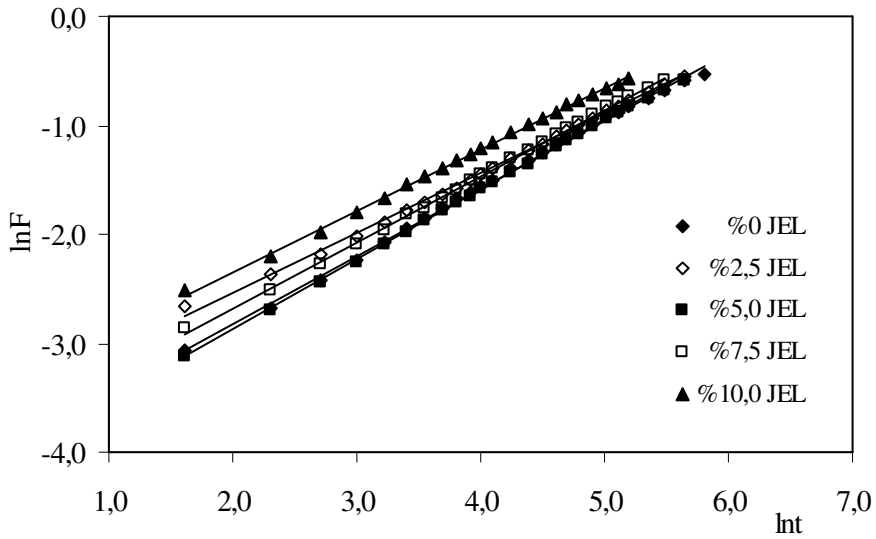
PVA/mL	%0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
	Difüzyon üsteli, n				
	0,70	0,86	0,75	0,67	0,64
JEL	0,69	0,59	0,68	0,69	0,80
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^3$				
	9,03	4,15	7,51	11,39	16,75
JEL	11,10	22,16	13,44	12,69	8,18
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^5$				
	25,11	30,39	29,86	18,25	17,24
JEL	18,46	13,28	25,45	17,77	15,62

Çizelge 4.29. Farklı PEG içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli ve difüzyon sabiti değerleri

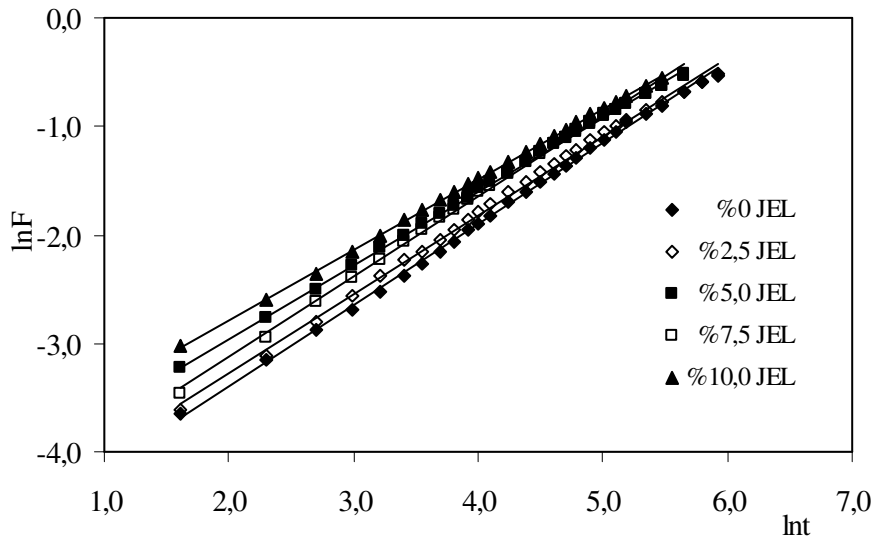
PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
	Difüzyon üsteli, n				
	0,70	0,68	0,62	0,63	0,61
JEL	0,69	0,61	0,64	0,60	0,57
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^3$				
	9,03	12,66	17,05	19,35	22,05
JEL	11,10	18,51	15,66	26,01	35,06
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^5$				
	25,11	24,94	11,18	11,32	10,12
JEL	18,46	13,48	13,63	11,86	11,64



Şekil 4.117. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin lnF-Int değişimi



Şekil 4.118. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin lnF-Int değişimi



Şekil 4.119. Farklı JEL içeriğine sahip AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin lnF-Int değişimi

Çizelge 4.30. Farklı JEL içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayısı değerleri

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SSS	Difüzyon üsteli, n				
	0,70	0,74	0,69	0,66	0,51
PVA	0,75	0,73	0,68	0,74	0,65
PEG	0,62	0,55	0,64	0,61	0,56
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^3$				
	9,03	6,93	11,10	15,18	45,60
PVA	7,51	8,92	13,44	10,15	16,94
PEG	17,05	26,45	15,66	20,32	31,32
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^5$				
	25,11	27,46	18,46	16,15	7,28
PVA	29,86	27,03	25,45	25,83	13,81
PEG	11,18	7,44	13,63	12,01	8,79

Difüzyon üsteli  $n$ , difüzyon türünün belirlenmesi için kullanılan önemli bir parametredir. Hazırlanan çapraz bağlı tüm polimerler için  $n$  değerleri 0,53 ile 0,95 arasında değişim göstermektedir. Bu değerler  $0,5 < n < 1$  aralığındadır. Bu durumda, tüm yarı-IPN'lere ve hidrojellere su difüzyonunun türü Fick tipi olmayan (anormal) difüzyon sınıfına girmektedir. Yani yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişmesi sırasında difüzlenmenin ve durulmanın aynı anda olduğu söylenebilir.

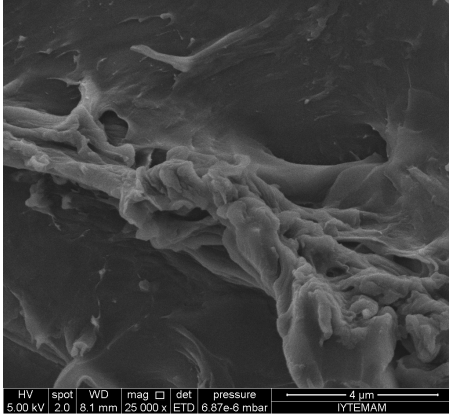
Hidrojellerin şişme karakterizasyonu yapılırken hesaplanması gereken önemli parametrelerden birisi difüzyon katsayısı,  $D$ 'dir. Difüzyon katsayısı hesaplanırken Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 birlikte kullanılır.  $\ln F - \ln t$  grafiklerinin eğim ve kesim noktalarından hesaplanan difüzyon üsteli ve difüzyon sabiti değerleri Eşitlik 6'da kullanılarak difüzyon katsayısı hesaplanır.

Difüzyon katsayısı değerleri incelendiğinde, yardımcı monomer, JEL, PVA ve PEG içeriği ile uyumlu bir değişim gösterdiği söylenebilir. Yardımcı monomer içeriğinin artması ile difüzyon katsayılarında genel bir artış gözlenmiştir. Bu artışın sebebi olarak yardımcı monomer içeriğinin artması ile polimerik yapıya difüzlenen su miktarındaki artış verilebilir. JEL, PVA ve PEG gibi polimerlerin eklenmesi ile difüzyon katsayısı değerlerinde genel bir düşüş izlenmektedir. Bunun nedenin yapıya eklenen iri polimer moleküllerinin suyun difüzyonunu engellemesi olarak düşünülebilir.

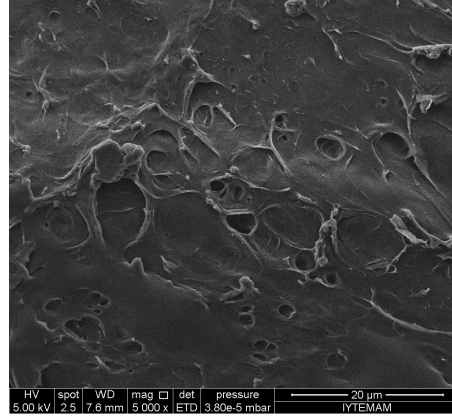
#### 4.5. SEM Çalışmaları

Hazırlanan çapraz bağlı kopolimerlerin yüzey gözenekliliği hakkında bilgi edinebilmek amacıyla SEM mikrografları alınmıştır. SEM mikrograflarının elde edilmesinde kuru haldeki polimerik örnekler kullanılmıştır. Farklı büyütme ölçekleri kullanılarak alınan görüntüler Şekil 4.120-Şekil 4.122'de sunulmuştur. SEM mikrografları, çapraz bağlanmalar sonucunda oluşan gözenekler hakkında görsel fikir vermektedir.

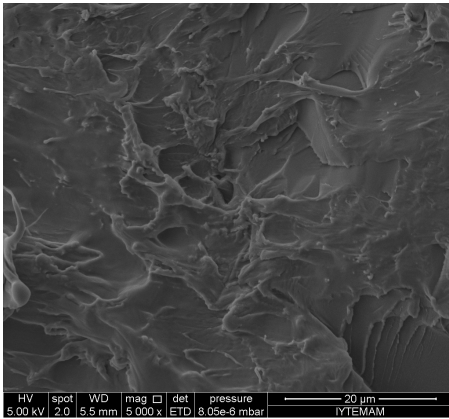
Mikrograflar incelendiğinde yüzeylerde mikrometre ölçeğinde gözenek ve içe doğru ilerleyen kanal ve boşluklar izlenmektedir. Ancak JEL, PVA, PEG ve monomerlerin türüne bağlı olarak ayırt edici bir görsel farklılık izlenmemiştir.



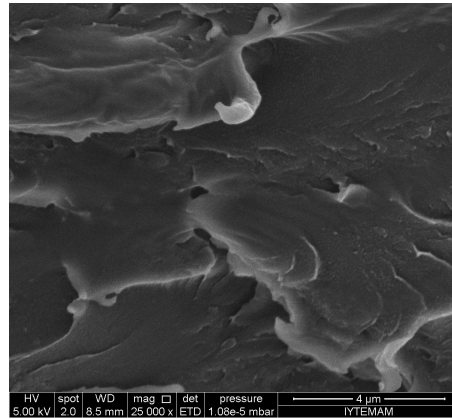
AAm



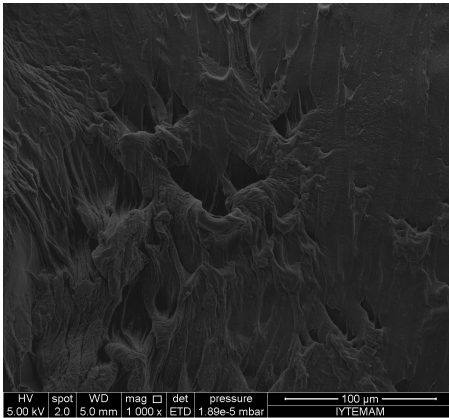
AAm/JEL



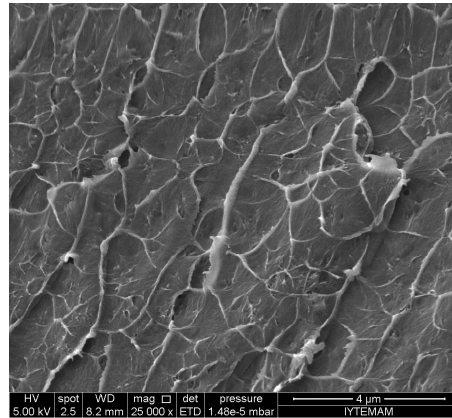
AAm/PVA



AAm/JEL/PVA



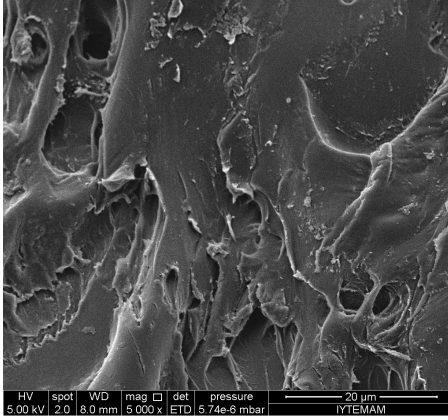
AAm/PEG



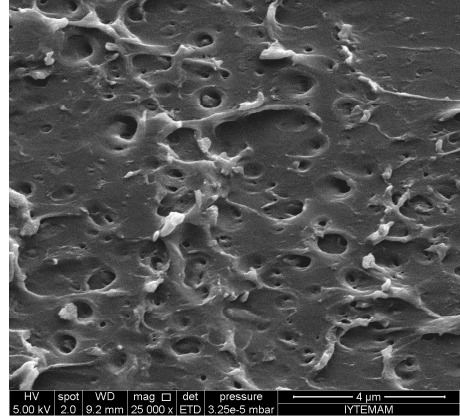
AAm/JEL/PEG

Şekil 4.120. Yardımcı monomer içermeyen yarı-IPN ve hidrojellerin SEM mikrografları

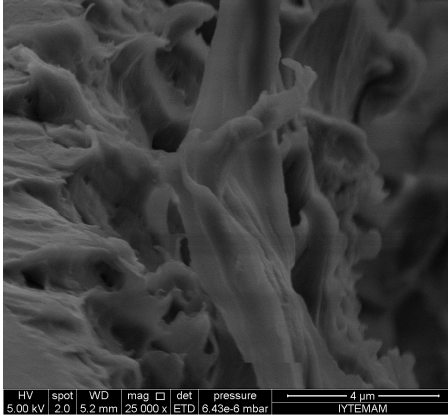




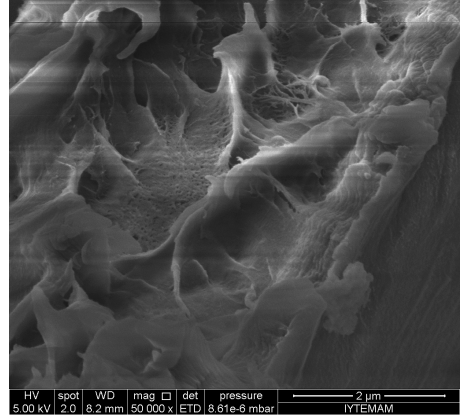
AAm/SA



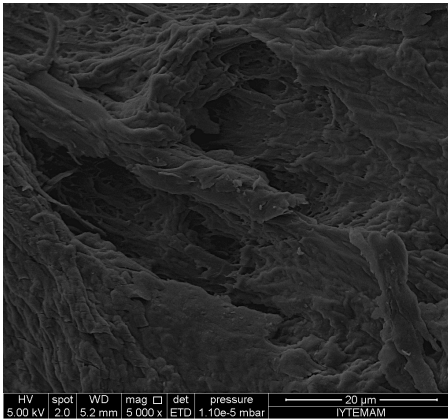
AAm/SA/JEL



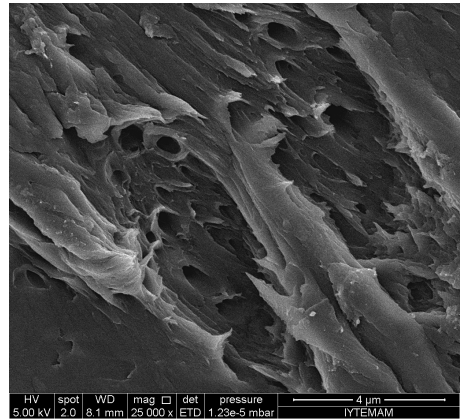
AAm/SA/PVA



AAm/SA/JEL/PVA

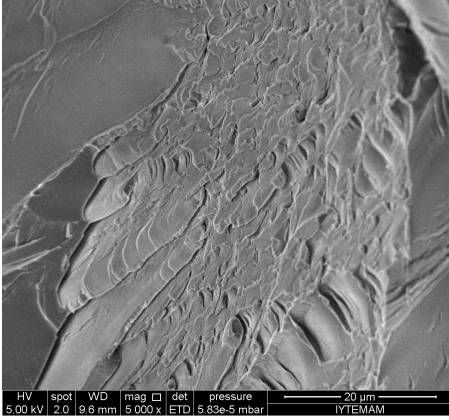


AAm/SA/PEG

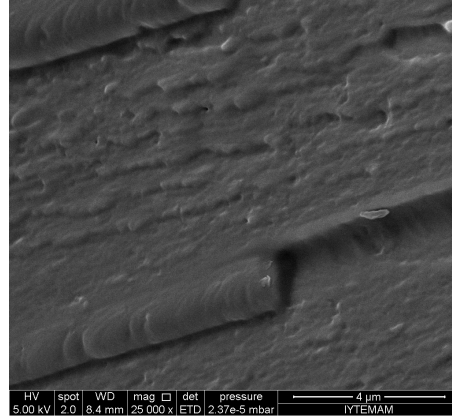


AAm/SA/JEL/PEG

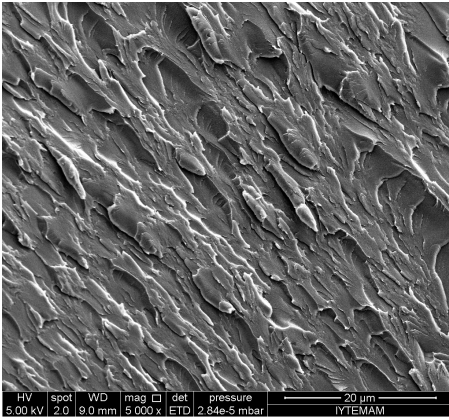
Şekil 4.121. 80 mg SA içeren yarı-IPN ve hidrojelilerin SEM mikrografları



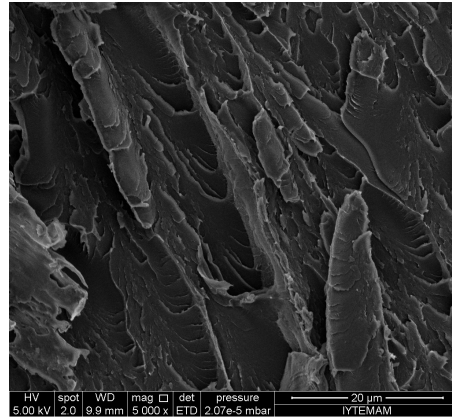
AAm/SSS



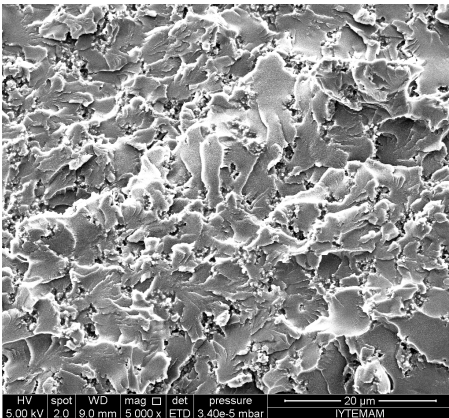
AAm/SSS/JEL



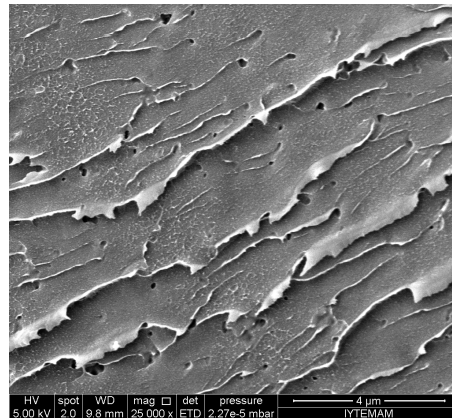
AAm/SSS/PVA



AAm/SSS/JEL/PVA



AAm/SSS/PEG



AAm/SSS/JEL/PEG

Şekil 4.122. 80 mg SSS içeren yarı-IPN ve hidrojelilerin SEM mikrografları

#### 4.6. Yüzeye Soğurum

SA ve SSS yardımcı monomerleri kullanılarak üretilen anyonik özellikteki yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılabilmesi için, sulu ortamlarda katyonik özellik gösteren bir boyarmaddenin model molekül olarak kullanılması amaçlanmıştır. Kimyasal yapısı Çizelge 3.2'de sunulan metil viyole, MV katyonik özellikte bir boyarmaddedir ve anyonik özellikteki çapraz bağlı polimerler ile kuvvetli etkileşim göstermesi beklenmiştir.

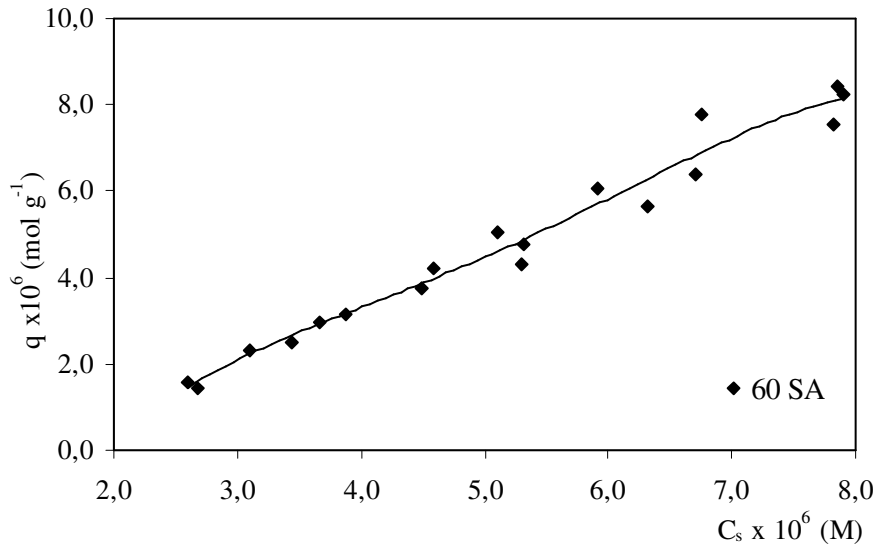
Yüzeye soğurum çalışmalarında temel olarak araştırılması gereken önemli etkenler vardır. Bunlardan ilki, soğuruma çözelti derişiminin etkisidir. Diğer etken ise sabit çözelti derişiminde, polimerik örneklerde bulunan bileşenlerin değişik içeriklerinin soğuruma etkisidir.

Boyarmadde soğurumuna derişimin etkisini araştırabilmek amacıyla, 60 mg sabit kütlede yardımcı monomer içeriğine sahip yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin,  $0,75 \times 10^{-5}$ – $3,75 \times 10^{-5}$  M arasında değişen 21 farklı derişimde MV çözeltileri ile dengeye gelene dek etkileşmeleri sağlanmıştır. 25°C'da gerçekleştirilen soğurum çalışmaları sonucu elde edilen veriler yardımıyla, denge adsorpsiyon izotermi oluşturularak adsorpsiyon kapasitesi olarak adlandırılan, 1,0 g çapraz bağlı polimer tarafından soğurulan boyarmaddenin mol miktarı, q hesaplanmıştır. MV için Eşitlik 7 kullanılarak hesaplanan q değerleri ve çözeltilerin denge derişimi,  $C_s$  kullanılarak çizilen grafikler, Şekil 4.123-4.128 ve Şekil 4.135-4.140'da sunulmuştur.

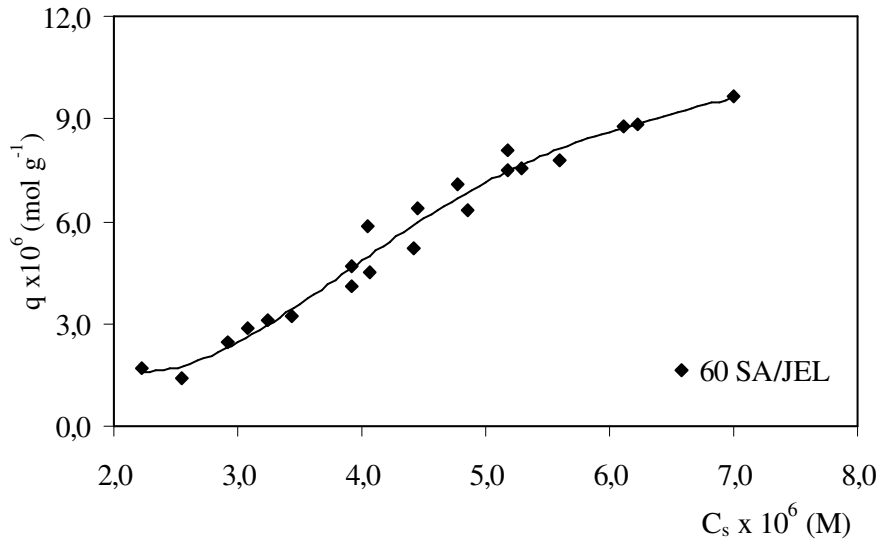
Grafikler incelendiğinde, adsorpsiyon izotermlerinin çözelti derişimlerine paralel olarak aynı karakterde artışlar gösterdiği söylenebilir. Üretilen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin az veya çok yoğun ortamlarda soğurum yapabilme yetenekleri olduğu ileri sürülebilir.

Görsel olarak fikir vermesi amacıyla, 4 farklı derişimde çözelti ile dengeye gelen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin görünümü Şekil 4.129-4.134 ve Şekil 4.141-146'da sunulmuştur.

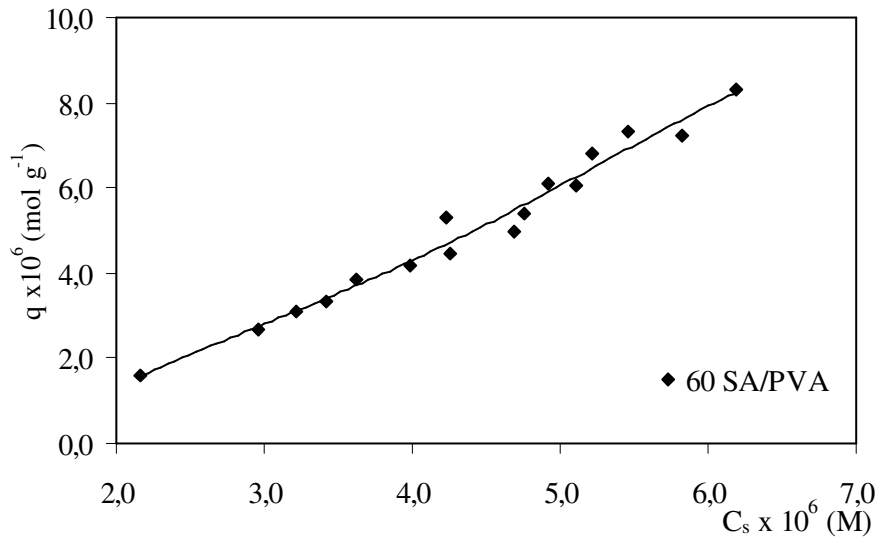
Ayrıca Şekil 4.147-152'de polimerik örneklerin kuru, suda şişmiş ve sulu MV çözeltilerindeki görünümü sunulmuştur.



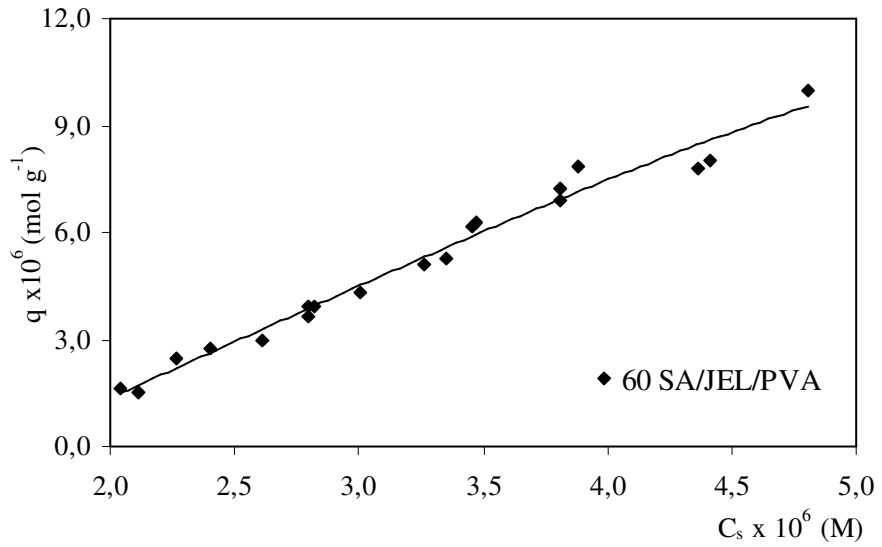
Şekil 4.123. AAm/SA hidrojellerine MV soğurumu



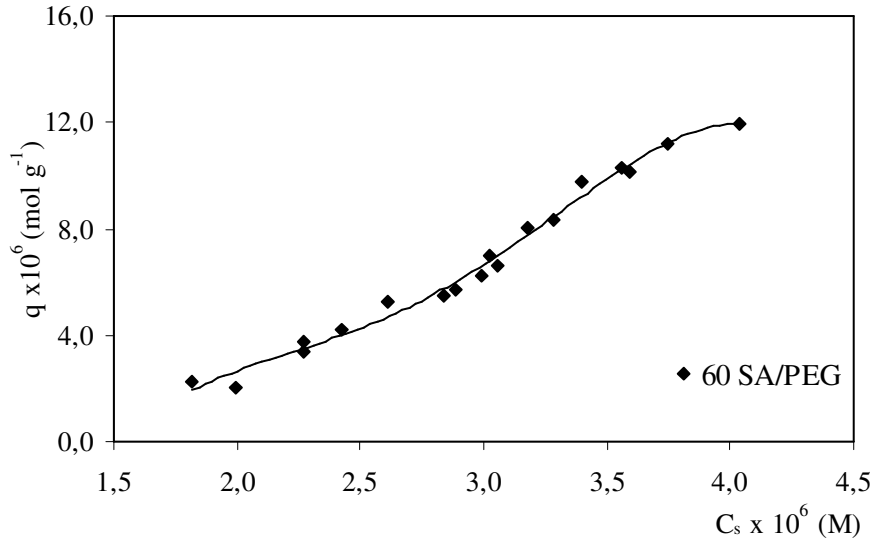
Şekil 4.124. AAm/SA/JELyarı-IPN'lerine MV soğurumu



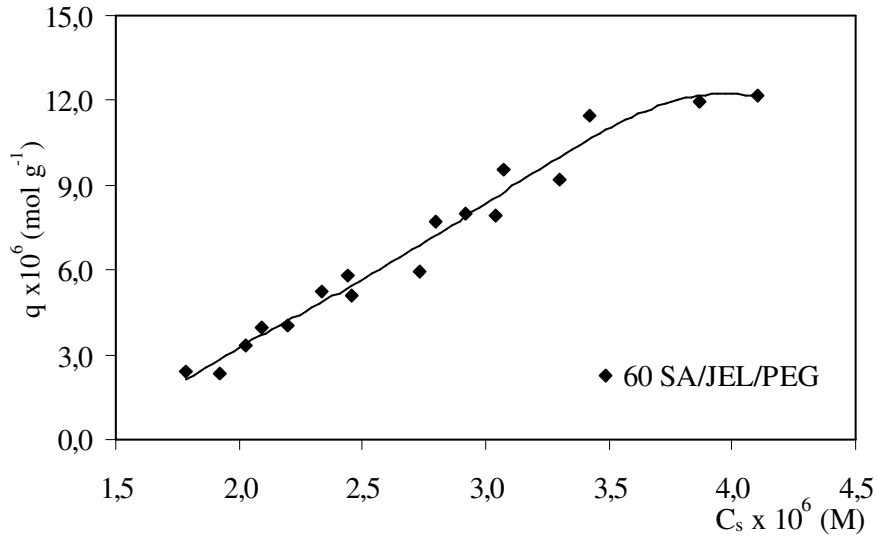
Şekil 4.125. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerine MV soğurumu



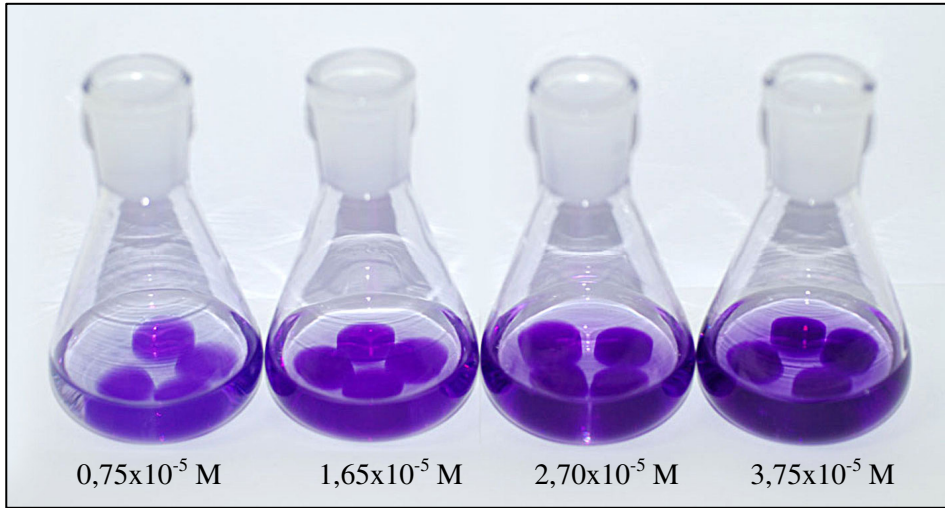
Şekil 4.126. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerine MV soğurumu



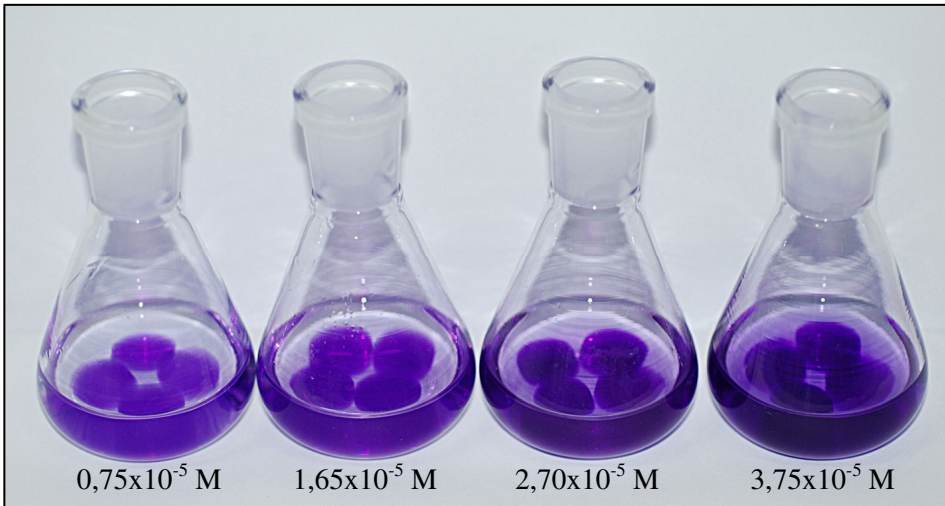
Şekil 4.127. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerine MV soğurumu



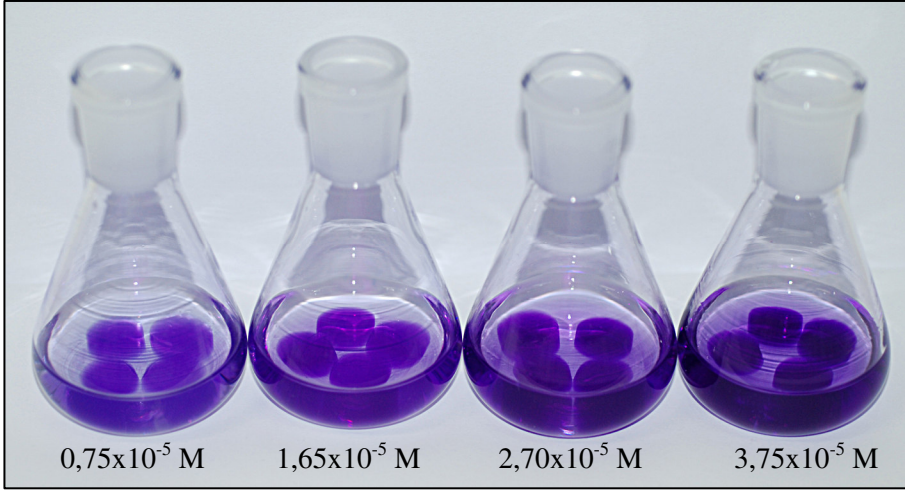
Şekil 4.128. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerine MV soğurumu



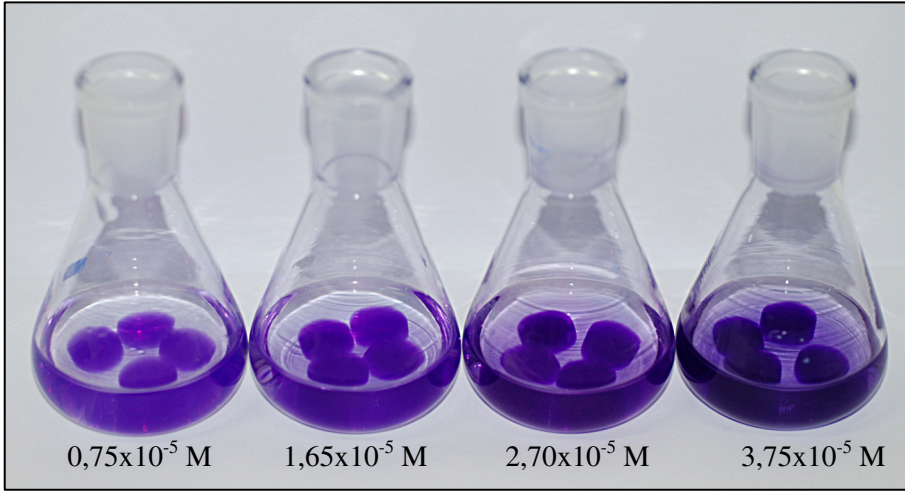
Şekil 4.129. AAm/SA hidrojenlerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünümleri



Şekil 4.130. AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünümleri

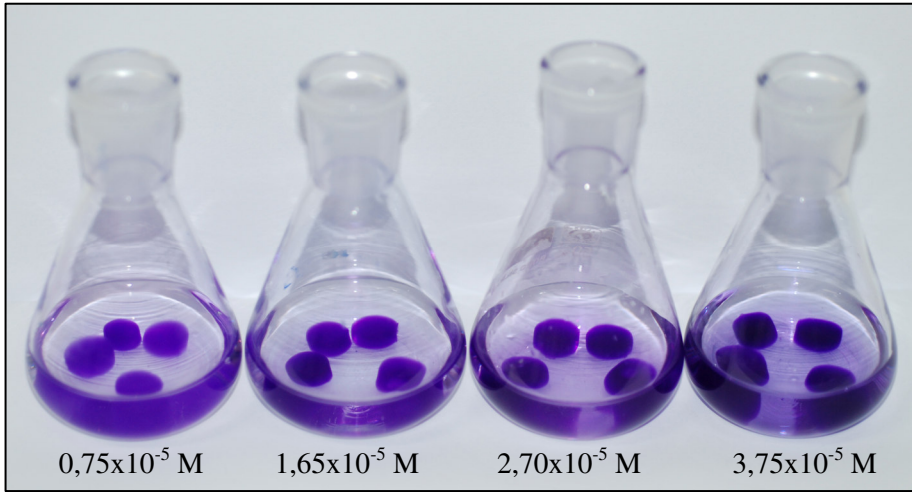


Şekil 4.131. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünümleri

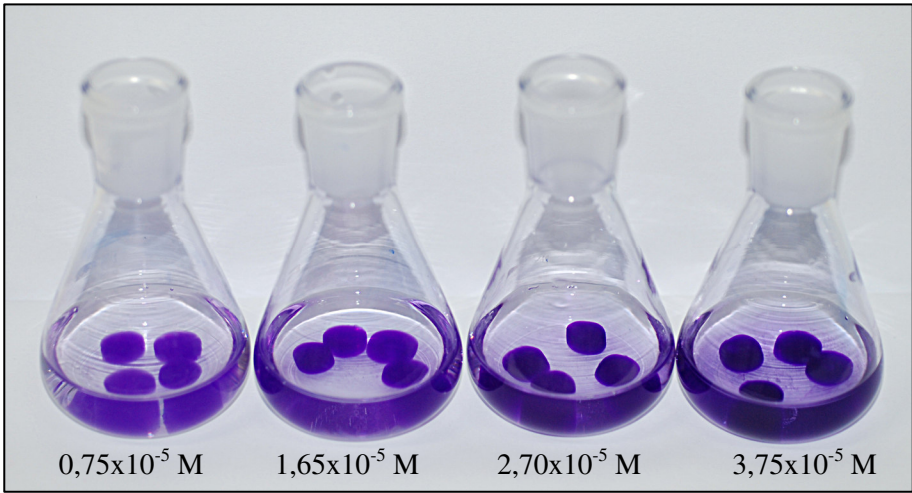


Şekil 4.132. AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünümleri

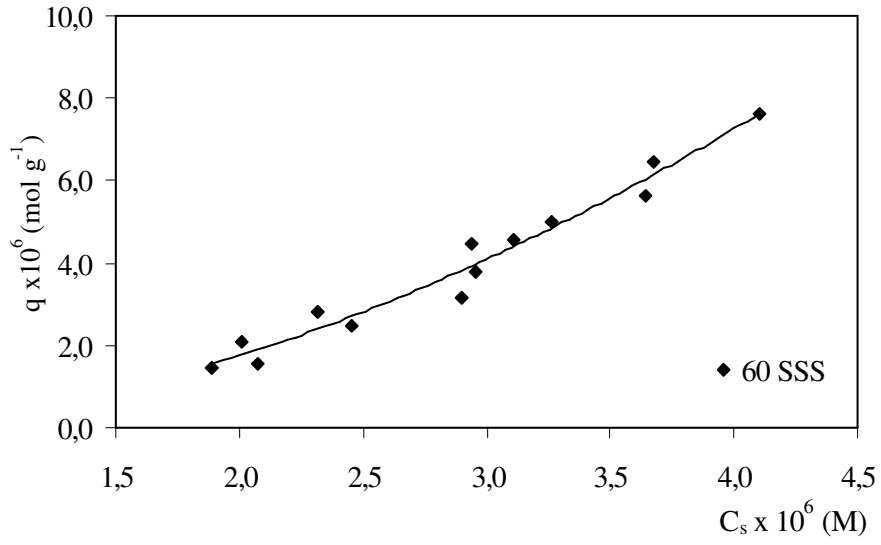




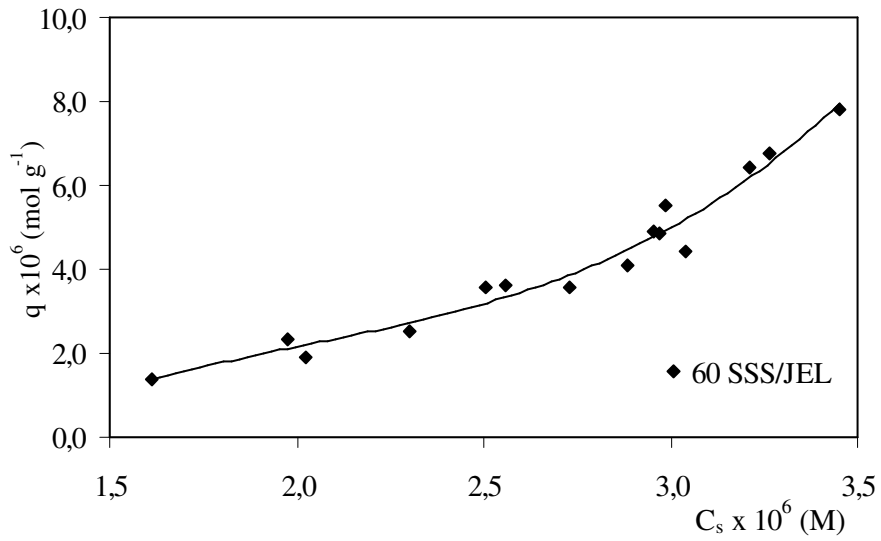
Şekil 4.133. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünümleri



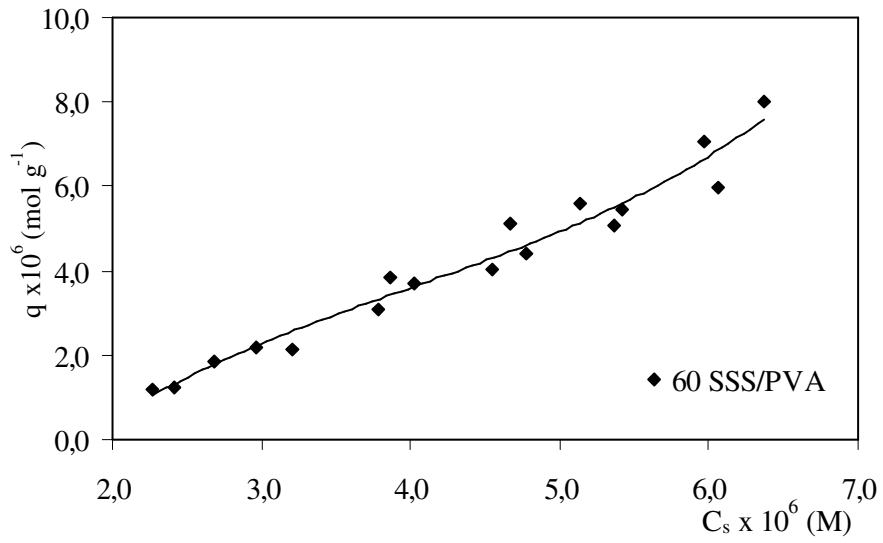
Şekil 4.134. AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünümleri



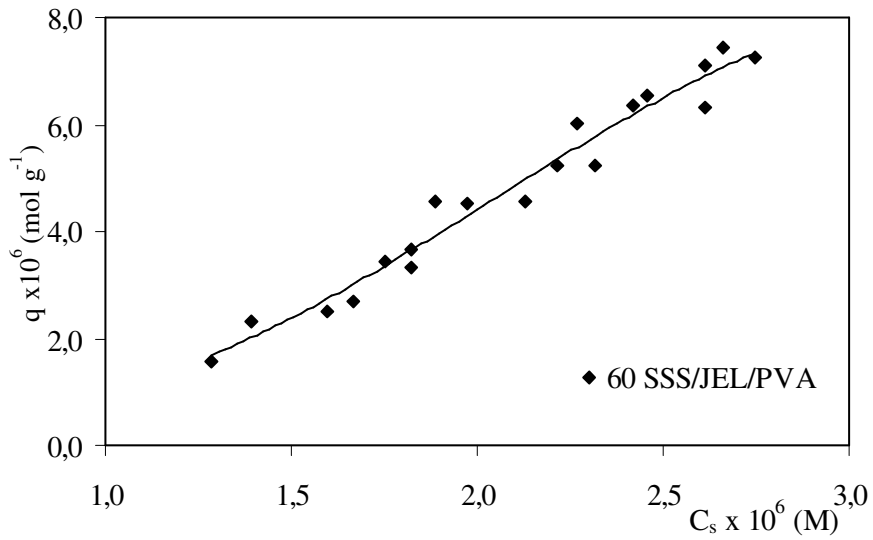
Şekil 4.135. AAm/SSS hidrojellerine MV soğurumu



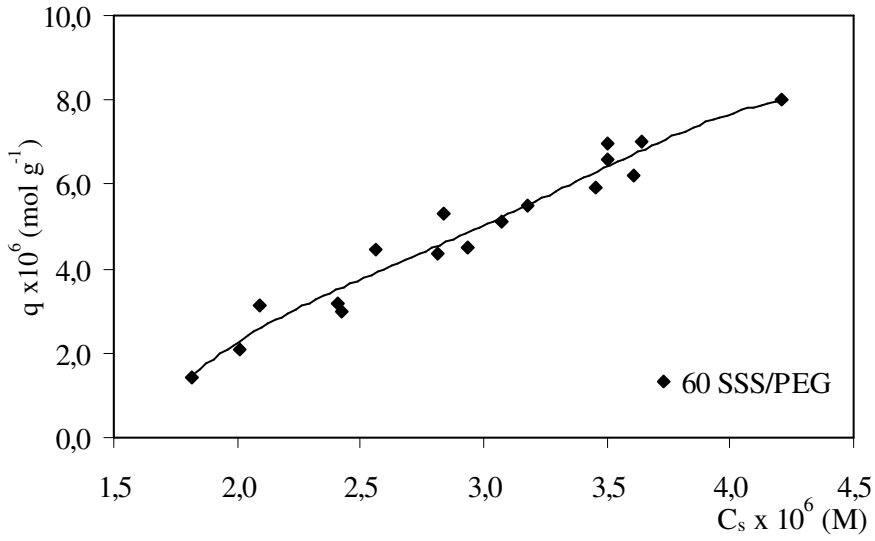
Şekil 4.136. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerine MV soğurumu



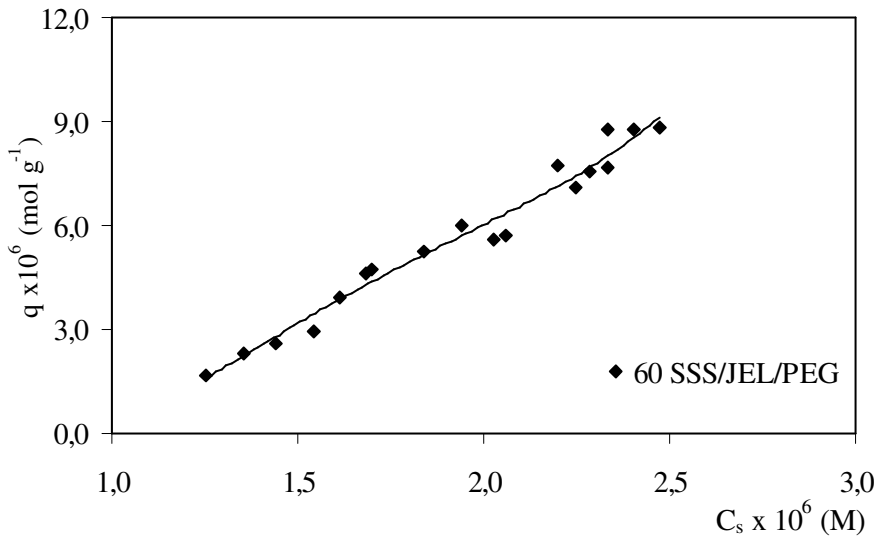
Şekil 4.137. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerine MV soğurumu



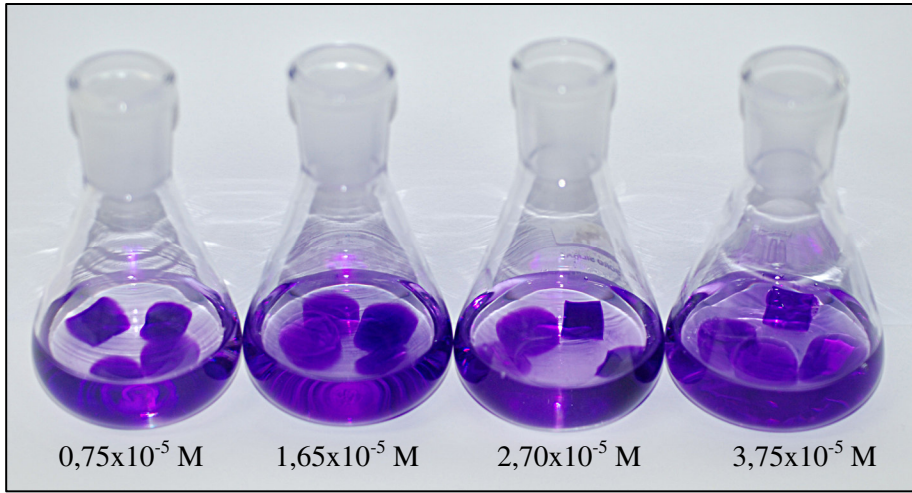
Şekil 4.138. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerine MV soğurumu



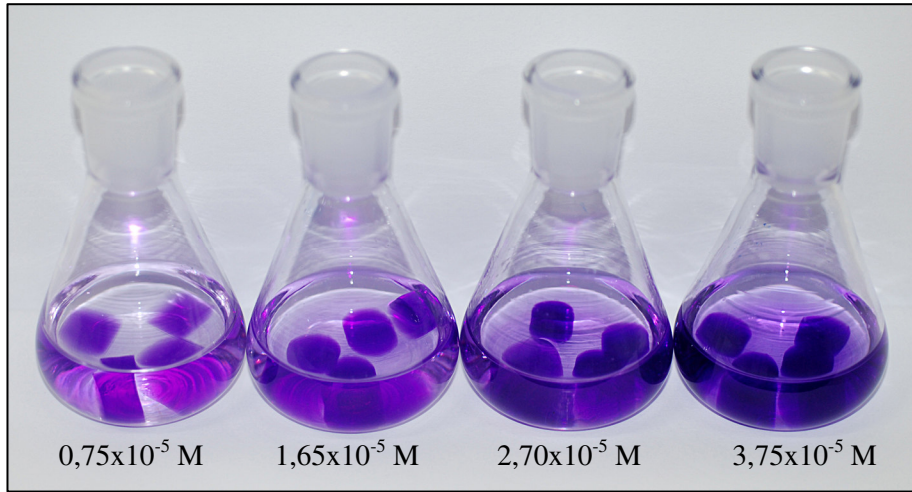
Şekil 4.139. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine MV soğurumu



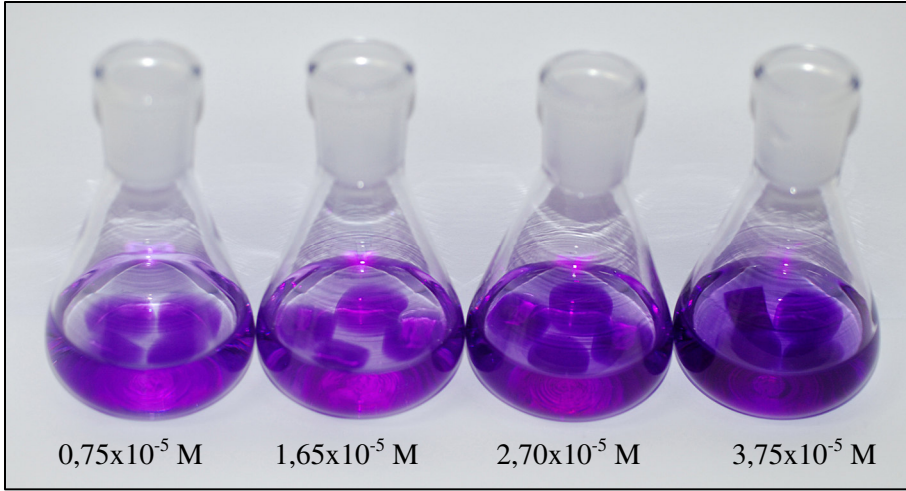
Şekil 4.140. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerine MV soğurumu



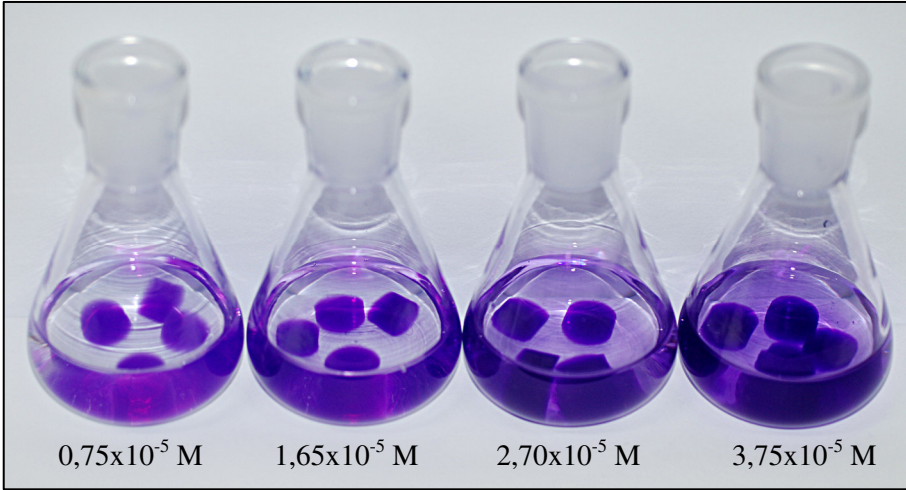
Şekil 4.141. AAm/SSS hidrojenlerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünümleri



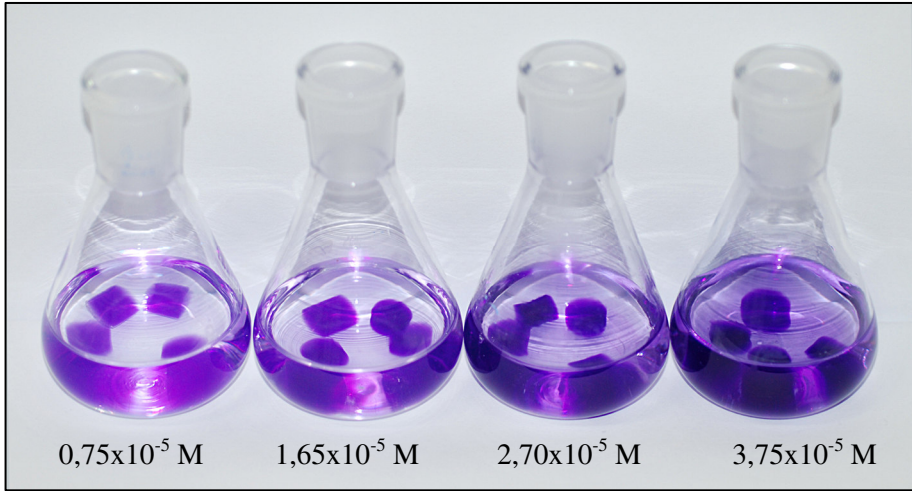
Şekil 4.142. AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünümleri



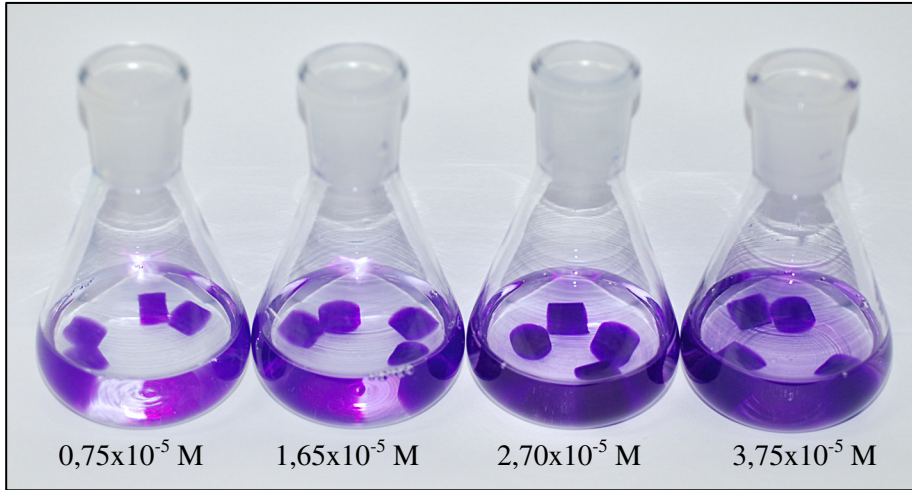
Şekil 4.143. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünüşleri



Şekil 4.144. AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünüşleri



Şekil 4.145. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünüşleri



Şekil 4.146. AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde sulu MV çözeltilisindeki görünüşleri

Yüzeve soğuruma yardımcı monomer etkisinin araştırılması amacıyla  $2,5 \times 10^{-5}$  M sabit çözelti derişimi seçilmiştir. 25°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilen çalışmanın ikinci kısmında, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg yardımcı monomer içeren yarı-IPN'ler ve hidrojeller sabit derişimdeki çözeltiler ile dengeye gelene dek etkileştirilmişlerdir. Ayrıca, yarı-IPN yapıda bulunan JEL, PVA ve PEG miktarının soğuruma etkisini araştırabilmek için değışen oranlarda polimer içeren yarı-IPN'ler sabit derişimde çözeltiler ile etkileştirilmişlerdir. Eşitlik 7, 8 ve 9 yardımıyla hesaplanan q, %Ads ve  $K_d$  değerleri Çizelge 4.31-4.38'de sunulmuştur.



Çizelge 4.31. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojenlerin q, % Ads ve K<sub>d</sub> değerleri

	AAm/SA		AAm/SA/PVA		AAm/SA/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SA/mg	Yüzde adsorpsiyon, %Ads					
10	65,22	66,32	59,24	71,27	65,70	73,82
20	73,82	78,83	72,51	81,58	78,22	81,81
30	74,98	83,37	73,54	83,10	79,04	83,99
40	77,05	83,78	76,77	83,99	81,86	85,09
50	79,73	84,33	77,46	84,27	82,48	86,19
60	77,46	85,02	79,45	84,61	84,68	87,84
70	80,90	85,36	76,15	85,30	86,46	88,46
80	82,82	85,78	80,28	87,15	86,95	88,66
	Adsorpsiyon kapasitesi, q x 10 <sup>6</sup>					
10	4,98	5,62	4,94	5,28	5,87	6,25
20	5,24	6,42	5,15	5,60	6,19	6,34
30	5,79	6,55	5,71	6,28	6,40	7,21
40	5,95	6,75	5,93	6,43	7,06	7,33
50	6,06	6,77	5,98	6,57	7,16	7,86
60	6,14	6,82	6,17	6,61	7,51	7,97
70	6,41	6,90	6,22	6,83	7,64	8,09
80	7,07	6,94	6,54	6,92	7,79	8,28

Çizelge 4.31. SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q, % Ads ve  $K_d$  değerleri  
(Devam)

	AAm/SA		AAm/SA/PVA		AAm/SA/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SA/mg	Dağılım katsayısı, $K_d$					
10	1,88	1,97	1,45	2,48	1,92	2,82
20	2,82	3,72	2,64	4,43	3,59	4,35
30	3,00	5,01	2,78	4,92	3,77	5,25
40	3,36	5,17	3,31	5,25	4,51	5,71
50	3,93	5,38	3,44	5,36	4,71	6,24
60	3,44	5,68	3,87	5,50	5,53	7,22
70	4,23	5,83	3,19	5,80	6,39	7,66
80	4,82	6,03	4,07	6,78	6,66	7,82

Çizelge 4.32. AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinin q, % Ads ve  $K_d$  değerleri

PVA/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SA	Yüzde adsorpsiyon, %Ads				
	77,46	77,73	79,45	76,15	79,73
JEL	85,02	85,30	84,61	83,72	82,34
	Adsorpsiyon kapasitesi, q x 10 <sup>6</sup>				
	6,14	6,07	6,17	6,37	6,45
JEL	6,82	6,24	6,61	6,71	6,91
	Dağılma katsayısı, $K_d$				
	3,44	3,49	3,87	3,88	3,93
JEL	5,68	5,41	5,50	5,71	6,28

Çizelge 4.33. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin q, % Ads ve  $K_d$  değerleri

PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
60 mg SA	Yüzde adsorpsiyon, %Ads				
	77,46	83,99	84,68	88,53	89,56
JEL	85,02	86,81	87,84	88,25	89,15
	Adsorpsiyon kapasitesi, q x 10 <sup>6</sup>				
	6,14	6,08	7,51	7,62	8,77
JEL	6,82	7,58	7,97	8,08	8,16
	Dağılma katsayısı, $K_d$				
	3,44	5,25	5,53	7,72	8,58
JEL	5,68	6,58	7,22	7,51	8,21

Çizelge 4.34. Farklı JEL içeriğine sahip SA içeren hidrojelilerin ve yarı-IPN'lerin q, % Ads ve  $K_d$  değerleri

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SA	Yüzde adsorpsiyon, %Ads				
	77,46	83,72	85,02	85,30	85,71
PVA	79,45	83,99	84,61	85,98	86,05
PEG	84,68	87,15	87,84	88,25	89,83
	Adsorpsiyon kapasitesi, q x 10 <sup>6</sup>				
	6,14	6,22	6,82	6,86	6,90
PVA	6,17	6,26	6,61	6,37	6,43
PEG	7,51	7,60	7,97	7,98	8,07
	Dağılma katsayısı, $K_d$				
	3,44	5,14	5,68	5,80	6,00
PVA	3,87	5,25	5,50	6,13	6,17
PEG	5,53	6,78	7,22	7,51	8,84

Çizelge 4.35. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q, % Ads ve K<sub>d</sub> değerleri

	AAm/SSS		AAm/SSS/PVA		AAm/SSS/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SSS/mg	Yüzde adsorpsiyon, %Ads					
10	74,85	76,22	72,03	75,81	82,89	83,30
20	85,02	86,12	73,54	85,91	87,22	89,97
30	85,36	87,56	74,50	89,83	88,05	90,73
40	85,71	87,98	76,02	90,18	88,94	90,80
50	86,05	88,32	76,84	90,11	89,42	91,28
60	87,29	88,80	84,27	90,59	90,04	91,96
70	87,77	90,86	84,81	90,80	90,73	92,72
80	88,36	91,07	87,15	90,93	91,07	93,41
	Adsorpsiyon kapasitesi, q x 10 <sup>6</sup>					
10	5,25	4,87	4,89	4,47	6,43	5,77
20	5,48	4,90	5,05	4,85	6,47	6,24
30	5,66	5,01	5,14	5,12	6,52	6,39
40	5,72	5,29	5,44	5,16	6,58	6,48
50	5,76	5,34	5,53	5,45	6,75	6,53
60	6,21	5,37	6,02	5,50	6,78	6,55
70	6,35	6,04	6,19	5,56	6,82	6,60
80	6,44	6,57	6,42	5,66	7,11	6,71

Çizelge 4.35. SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q, % Ads ve  $K_d$  değerleri (Devam)

	AAm/SSS		AAm/SSS/PVA		AAm/SSS/PEG	
		JEL		JEL		JEL
SSS/mg	Dağılma katsayısı, $K_d$					
10	2,98	3,21	2,58	3,13	4,84	4,99
20	5,68	6,21	2,78	6,10	6,83	8,97
30	5,83	7,04	2,92	8,84	7,37	9,78
40	6,00	7,32	3,17	9,18	8,04	9,86
50	6,17	7,56	3,32	9,11	8,45	10,46
60	6,87	7,93	5,36	9,63	9,04	11,44
70	7,18	9,95	5,59	9,86	9,78	12,74
80	7,61	10,20	6,78	10,03	10,20	14,17

Çizelge 4.36. AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinin q, % Ads ve  $K_d$  değerleri

PVA/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SSS	Yüzde adsorpsiyon, %Ads				
	87,29	88,05	84,27	89,90	90,04
JEL	88,80	90,45	90,59	91,83	91,90
	Adsorpsiyon kapasitesi, q x 10 <sup>6</sup>				
	6,21	5,26	6,02	6,09	5,80
JEL	5,37	5,74	5,50	6,55	6,35
	Dağılma katsayısı, $K_d$				
	6,87	7,37	5,36	8,90	9,04
JEL	7,93	9,47	9,63	11,23	11,34

Çizelge 4.37. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin q, % Ads ve  $K_d$  değerleri

PEG/g	0	0,125	0,250	0,375	0,500
60 mg SSS	Yüzde adsorpsiyon, %Ads				
	87,29	88,05	90,04	92,17	92,93
JEL	88,80	91,28	91,96	92,79	93,00
	Adsorpsiyon kapasitesi, q x 10 <sup>6</sup>				
	6,21	6,26	6,78	5,54	6,31
JEL	5,37	5,99	6,55	6,60	6,69
	Dağılma katsayısı, $K_d$				
	6,87	7,37	9,04	11,77	13,14
JEL	7,93	10,46	11,44	12,87	13,28

Çizelge 4.38. Farklı JEL içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q, % Ads ve  $K_d$  değerleri

JEL/mL	% 0	%2,5	%5,0	%7,5	%10,0
60 mg SSS	Yüzde adsorpsiyon, %Ads				
	87,29	87,63	88,80	90,73	91,90
PVA	77,67	89,63	90,59	91,35	92,65
PEG	90,04	91,83	91,96	93,34	93,27
	Adsorpsiyon kapasitesi, q x 10 <sup>6</sup>				
	6,21	5,32	5,37	5,93	6,04
PVA	5,55	5,88	5,50	6,02	6,26
PEG	6,78	5,75	6,55	5,48	5,67
	Dağılma katsayısı, $K_d$				
	6,87	7,09	7,93	9,78	11,34
PVA	3,48	8,64	9,63	10,55	12,61
PEG	9,04	11,23	11,44	14,01	13,86

Yardımcı monomer içermeyen çapraz bağlı AAm polimerleri herhangi bir soğurum göstermemektedir. SA ve SSS gibi sulu ortamlarda anyonik özellik gösteren yardımcı monomerlerin çapraz bağlı kopolimerik yapıda bulunması ile katyonik moleküllere karşı duyarlı yarı-IPN'ler ve hidrojeller elde edilmiştir. Yardımcı monomer miktarının artmasıyla artan adsorpsiyon kapasitesi değerleri bunun en önemli kanıtıdır. Çizelge 4.31 ve 4.35 incelendiğinde, adsorpsiyon kapasitesi değerlerinin yardımcı monomer içeriğindeki artışa paralel olarak arttığı görülmektedir. %Ads ve  $K_d$  değerlerinde gözlenen artışlar da  $q$  değerlerindeki artışta desteklemektedir.

Çapraz bağlı kopolimer tarafından soğurulan boyarmadde derişiminin, çözeltide kalan boyarmadde derişimine oranlanması ile elde edilen  $K_d$  değerlerinin 1'den büyük çıkması, polimerik yapının seçilen boyarmadde için iyi bir adsorbent olduğu anlamına gelmektedir. Çizelgelerde sunulan,  $K_d$  değerleri incelendiğinde, yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin, MV için iyi adsorbent oldukları söylenebilir (Sahiner vd., 1998; Karadağ vd., 2009, 2010; Üzüm ve Karadağ 2011).

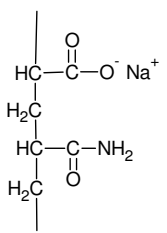
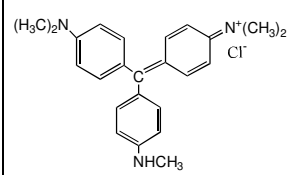
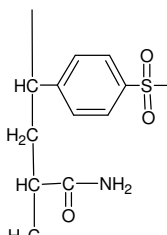
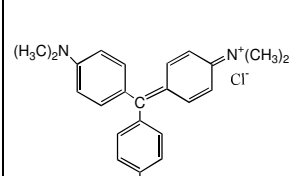
Çizelgelerde görüldüğü gibi JEL içeren yarı-IPN'ler, JEL içermeyen hidrojellere oranla daha yüksek  $q$ , %Ads ve  $K_d$  değerlerine sahiptir. JEL içeriğinin artması ile soğurum değerlerinin arttığı izlenmektedir. PVA ve PEG içeren yarı-IPN ve hidrojelde incelendiğinde yine soğurum değerlerinde belirgin artışlar gözlenmiştir.

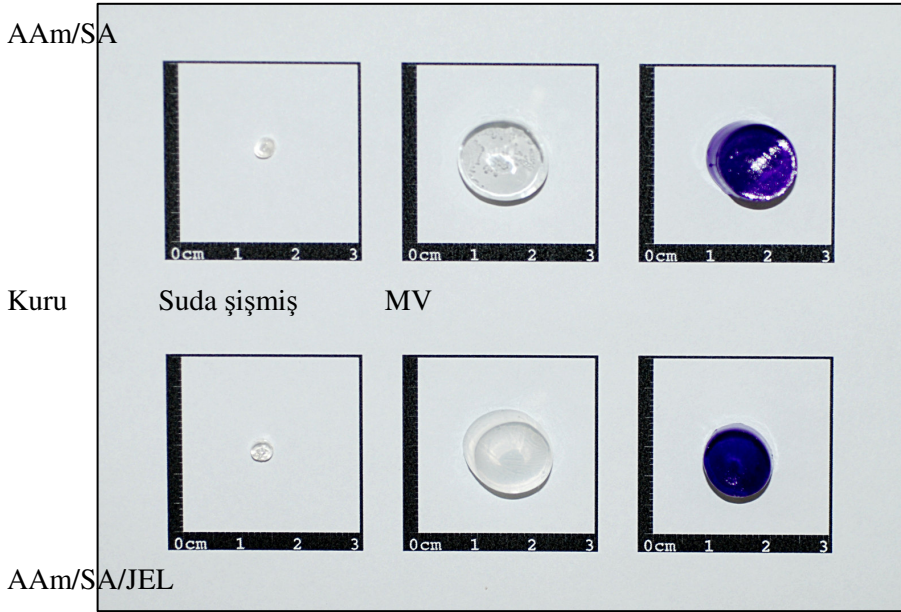
Çapraz bağlı kopolimerler ile MV arasında oluşan etkileşimlerin nedeni olarak; Çizelge 4.39'dan da izleneceği gibi boyarmaddede bulunan H atomu ve amin grupları ile kopolimerik yapılardaki N, O, C=O, metin ve metil grupları arasındaki hidrojen bağı oluşumları ve boyarmaddedeki benzen halkası ile kopolimerik yapılardaki H atomları arasındaki olası hidrofobik etkileşimler sayılabilir.

Ayrıca, boyarmaddedeki benzen halkaları ile kopolimerik yapılardaki amid grupları arasındaki dipol-dipol etkileşimler ve boyarmaddede bulunan polarlanabilen aromatik gruplar ile kopolimerik yapılardaki amid grubu arasında dipol-indüklenmiş dipol etkileşimlerin de soğurumda etkin olduğu söylenebilir. (Molyneux ve Vekavakayanondha, 1986; Saraydın ve Karadağ, 1996; Karadağ vd., 2009, 2010; Üzüm ve Karadağ, 2011)

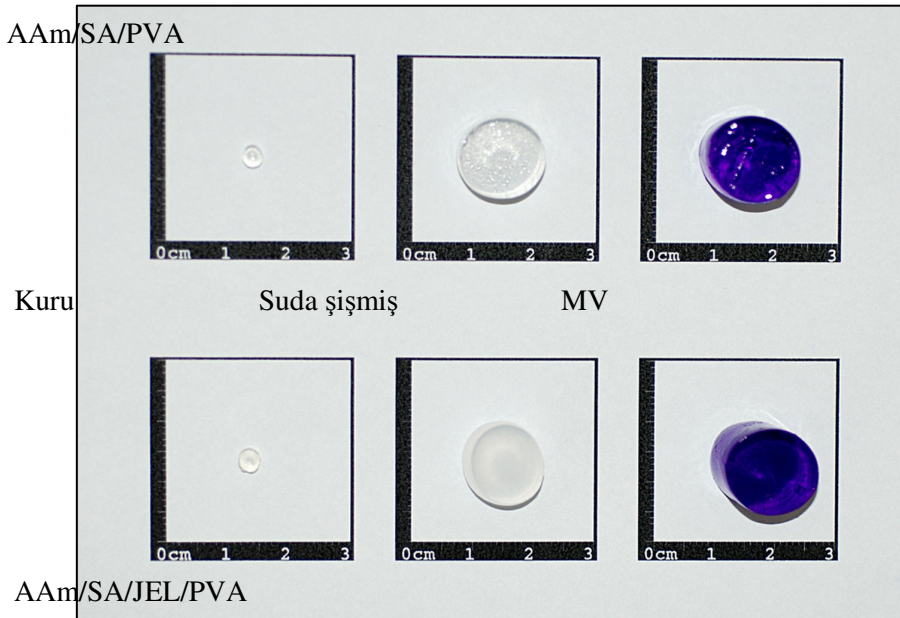


Çizelge 4.39. MV ile çapraz bağlı kopolimerler arasındaki etkileşimler

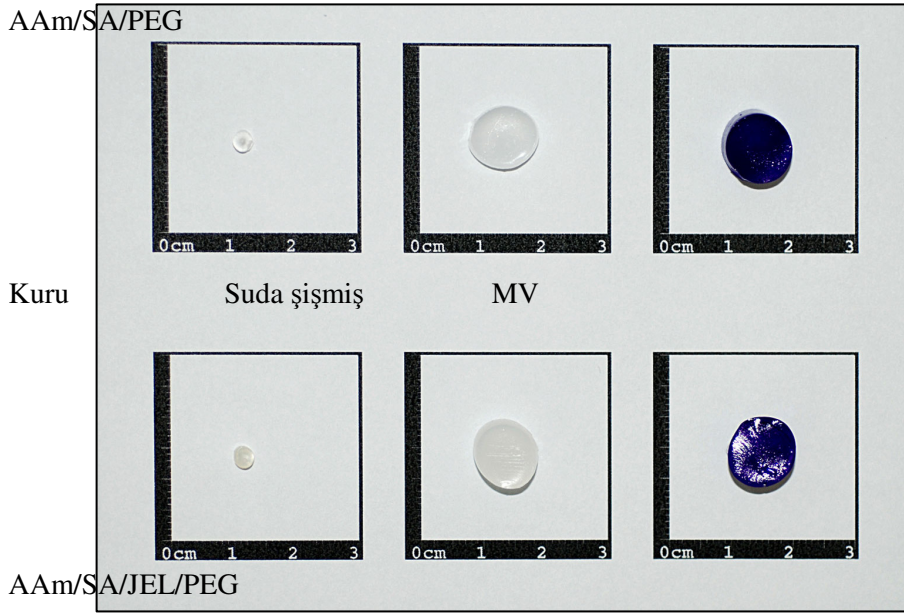
Kopolimer zinciri	Metil Viyole (MV)	Etkileşim tipi	Kopolimer	Boya	
 <p>AAm/SA</p>		Hidrojen bağı	N ve O atom C=O, metin	H atomu  Amin	
		Hidrofobik	Hidrojen atomu	Benzen halkası	
		Dipol dipol	-	Amid grubu	Benzen halkası
		Dipol-indüklenmiş dipol		Amid grubu	Polarlanabilen aromatik grup
 <p>AAm/SSS</p>		Hidrojen bağı	N ve O atom C=O, metin	H atomu  Amin	
		Hidrofobik	Hidrojen atomu	Benzen halkası	
		Dipol dipol	-	Amid grubu	Benzen halkası
		Dipol-indüklenmiş dipol		Amid grubu	Polarlanabilen aromatik grup



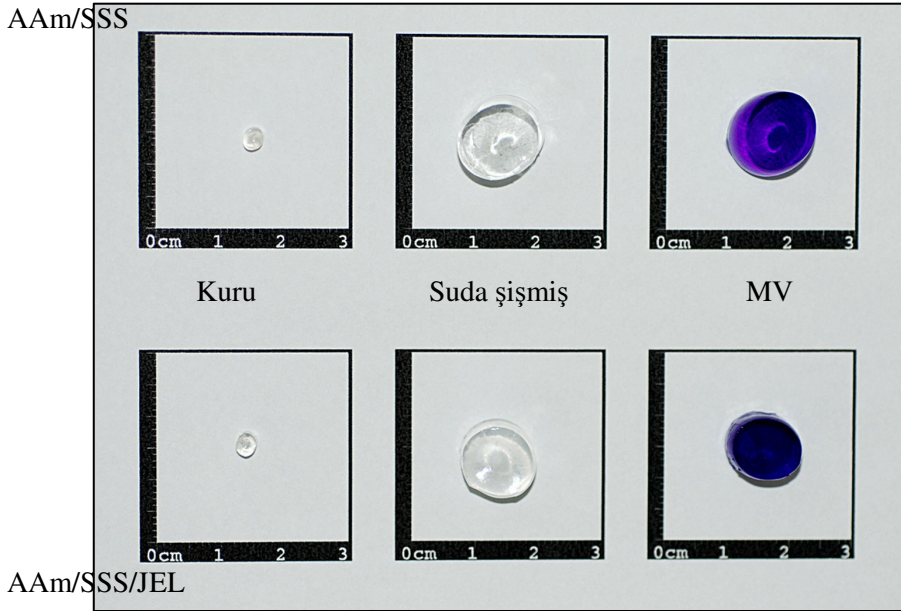
Şekil 4.147. AAm/SA hidrojenlerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin kuru, suda ve sulu MV çözeltisindeki görünümleri



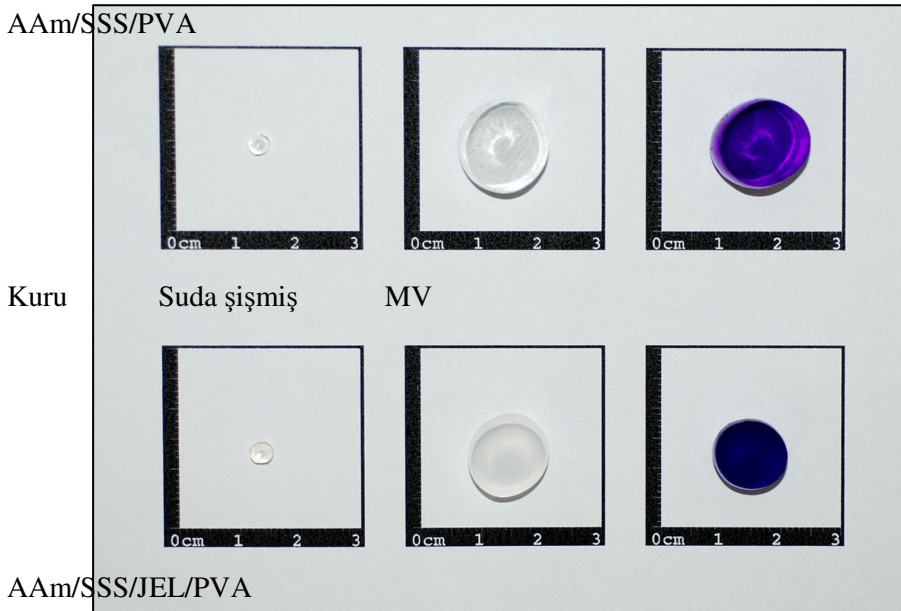
Şekil 4.148. AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin kuru, suda ve sulu MV çözeltisindeki görünümleri



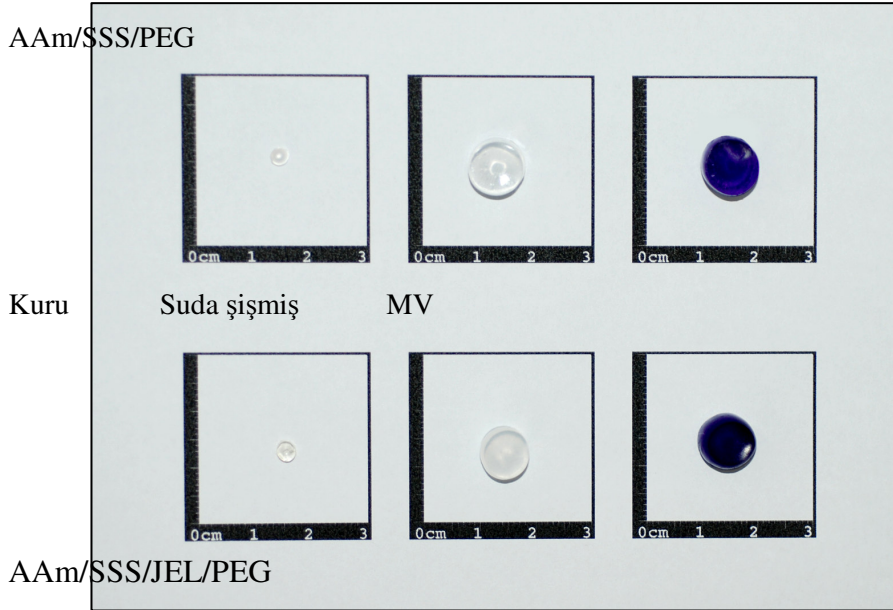
Şekil 4.149. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin kuru, suda ve sulu MV çözeltisindeki görünümleri



Şekil 4.150. AAm/SSS ve AAm/SSS/JEL hidrojenlerinin ve yarı-IPN'lerinin kuru, suda ve sulu MV çözeltisindeki görünüşleri



Şekil 4.151. AAm/SSS/PVA ve AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin kuru, suda ve sulu MV çözeltisindeki görünüşleri

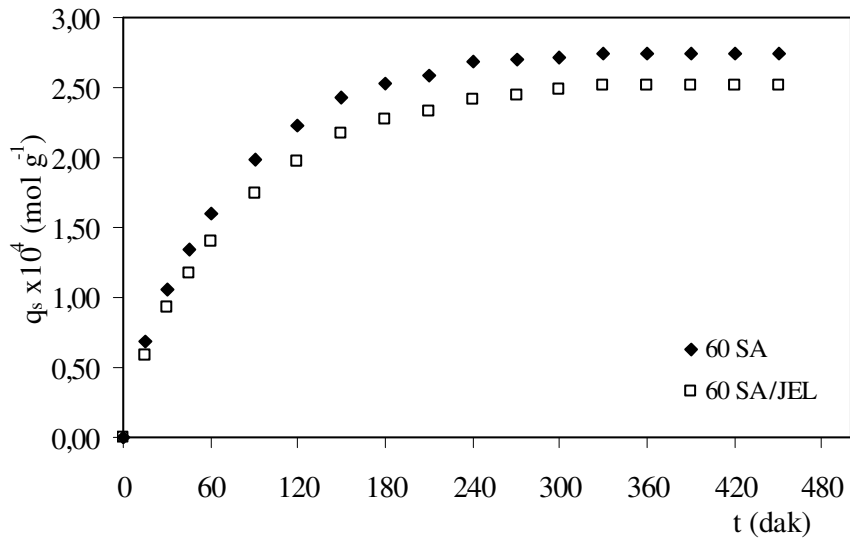


Şekil 4.152. AAm/SSS/PEG ve AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin kuru, suda ve sulu MV çözeltisindeki görünüşleri

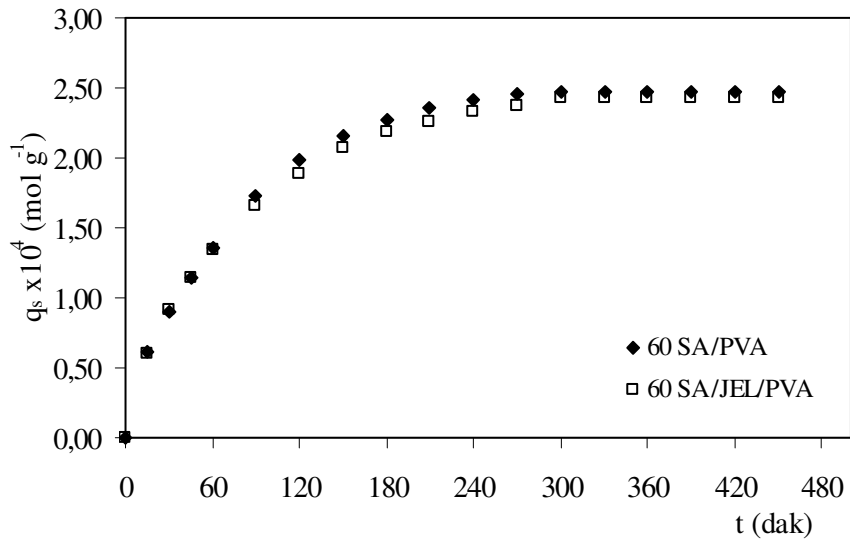
#### 4.7. Etkin Madde Salınımı

Polimerik yapılardan etkin maddelerin salınımı çalışmalarında salınım sistemlerinin hazırlanması; etkin maddenin polimerlere üretim sırasında yüklenmesi ya da üretim sonrasında dışarıdan yüklenmesi şeklinde yapılmaktadır. Etkin madde salınımının araştırılması amacıyla, model molekül olarak seçilen resorsinol 60 mg yardımcı monomer içeren yarı-IPN'lere ve hidrojellere üretim aşamasında yüklenmiştir. Antiseptik özelliği olan RS, sedef ve ekzema gibi deri hastalıklarının tedavisinde, polen alerjisi ve saman nezlesi gibi rahatsızlıkların giderilmesinde, kepek önleyici şampuanlarda ve mide ülseri tedavisinde kullanılan bir etkin maddedir (Savaş ve Güven, 2001; Üzüm, 2008a).

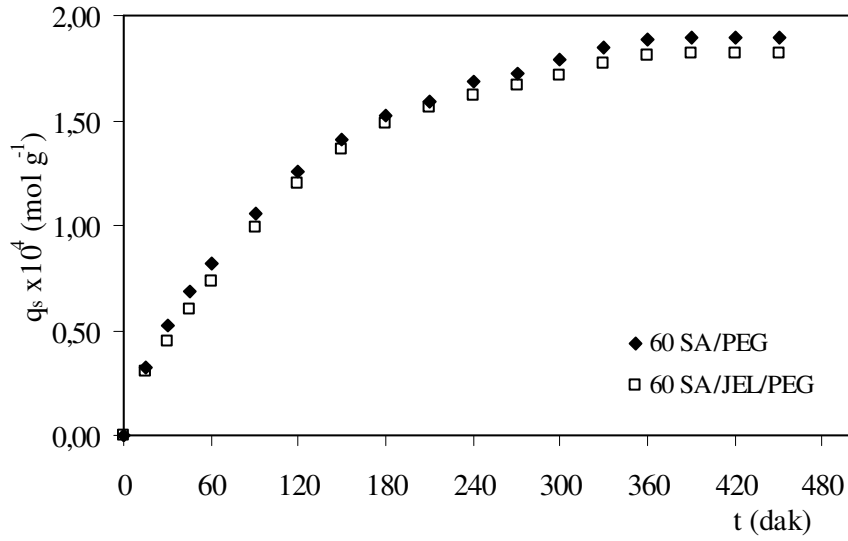
RS taşıyan yarı-IPN'lerden ve hidrojellerden etkin madde salınımı çalışmaları 25°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Kütleli bilinen yarı-IPN'ler ve hidrojeller 25 mL saf su içerisine bırakılarak RS salınımı zamana bağlı olarak izlenmiştir. Belli zaman aralıklarında çözeltiden alınan örneklerin absorbansları spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Absorbans değerlerinin derişim karşılıkları, EK 2'de sunulan çalışma eğrisi yardımıyla hesaplanmıştır. Eşitlik 10 kullanılarak hesaplanan, 1 g çapraz bağlı kopolimerden salınan RS miktarı  $q_s$  değerleri zamana karşı grafiğe geçirilmiştir. RS salınımı için oluşturulan  $q_s - t$  grafikleri Şekil 4.153- 4.158'de sunulmuştur.



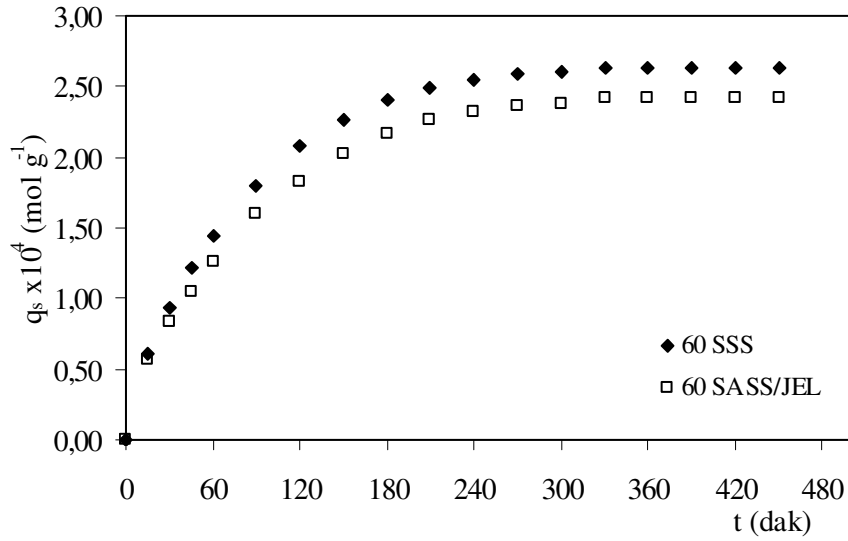
Şekil 4.153. AAm/SA hidrojelleri ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin  $q_s$ - $t$  grafiği



Şekil 4.154. AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin  $q_s$ - $t$  grafiği

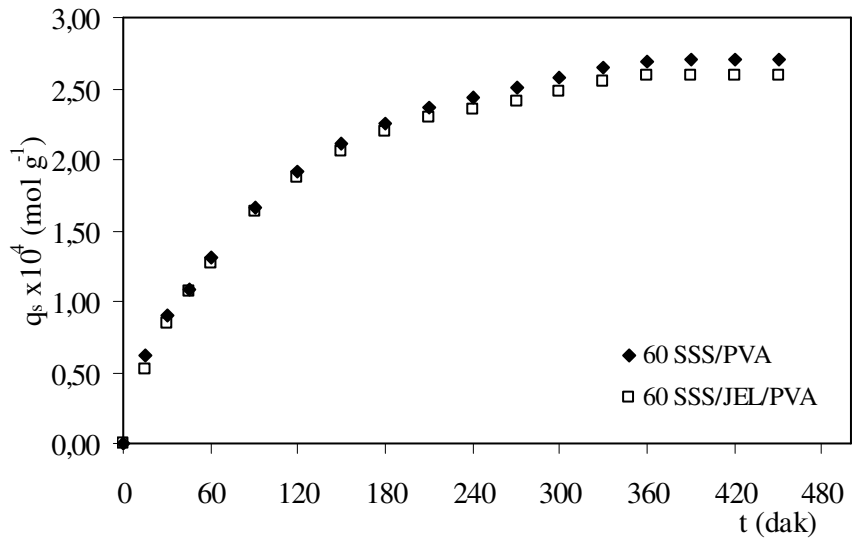


Şekil 4.155. AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin  $q_s$ - $t$  grafiği

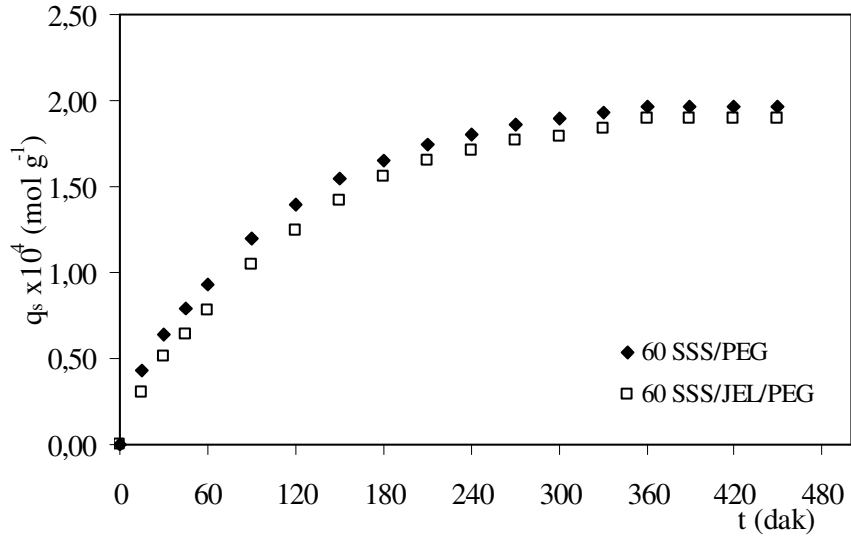


Şekil 4.156. AAm/SSS hidrojenlerinin ve AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin  $q_s$ - $t$  grafiği





Şekil 4.157. AAm/SSS/PVA ve AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin  $q_s$ -t grafiği



Şekil 4.158. AAm/SSS/PEG ve AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin  $q_s$ - $t$  grafiği

Grafikler incelendiğinde, salınım değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı ve bir süre sonra dengeye geldiği görülmektedir. Tüm yarı-IPN ve hidrojellerin dengeye geldikleri salınım süreleri JEL içeriği açısından karşılaştırıldığında önemli bir farklılık izlenmemiştir. SSS içeren polimerik örnekler için salınım sürelerinin, SA içeren polimerik örneklere oranla daha uzun olduğu izlenmiştir. SSS içeren yarı-IPN ve hidrojeller için 6 saat sonunda salınımın dengeye geldiği söylenebilir. SA içeren polimerik örnekler için ise PEG içermeyen örnekler için 5 saat, PEG içeren örnekler için ise 6 saat olarak bulunmuştur. JEL içeren yarı-IPN'lerden salınan RS miktarları  $1,90 \times 10^{-4} - 2,59 \times 10^{-4}$  mol  $g^{-1}$  arasında değişmektedir. JEL içermeyen hidrojellerden salınan RS miktarları daha yüksektir ve  $1,89 \times 10^{-4} - 2,74 \times 10^{-4}$  mol  $g^{-1}$  arasında değişim göstermektedir.

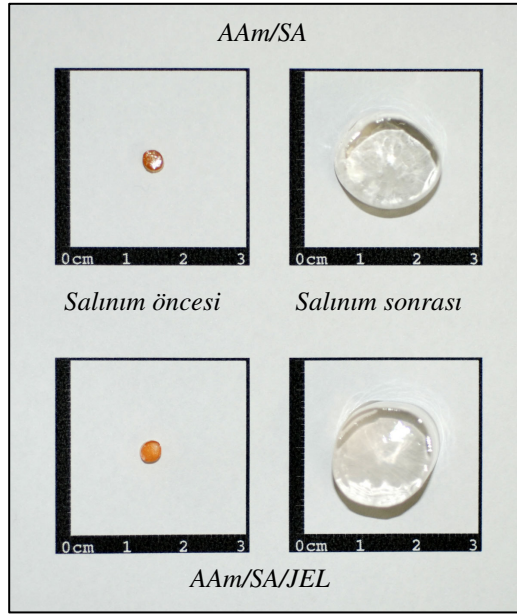
Etkin madde salınımı için Eşitlik 11 kullanılarak hesaplanan diğer bir parametre olan %Sal değerleri Çizelge 4.40'da sunulmuştur.

Çizelge 4.40. Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin %Sal değerleri

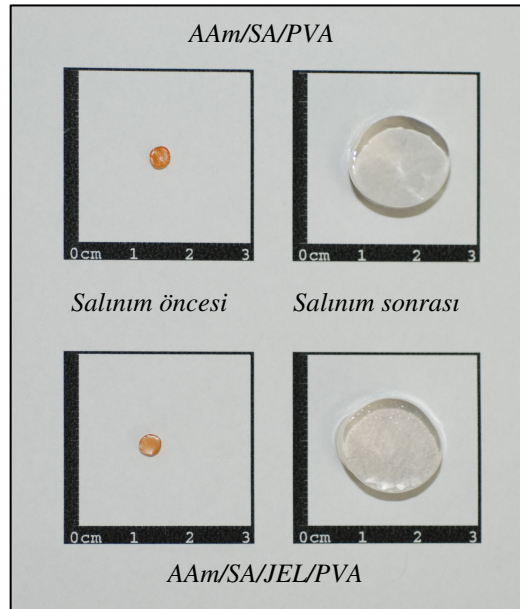
	AAm		AAm/PVA		AAm/PEG	
		JEL		JEL		JEL
	Denge yüzde salınım, %Sal					
SA	99	96	95	96	74	76
SSS	83	90	97	98	71	78

Yarı-IPN'lerden ve hidrojellerden salınımı gerçekleştirilen RS için %Sal değerleri %71 ile %99 arasında değişmektedir. %71 ile en düşük salınım değeri AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine aittir. En yüksek salınım ise %99 ile AAm/SA hidrojellerinde gerçekleşmiştir.

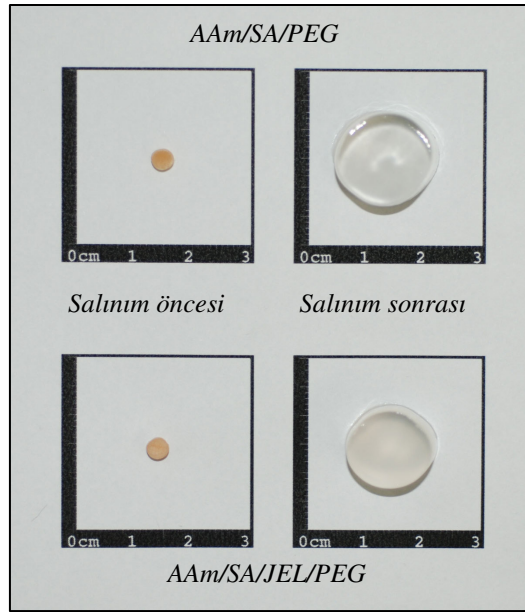
RS yüklü yarı-IPN ve hidrojellerin salınım öncesi ve salınım sonrası görünüşleri aşağıda sunulmuştur.



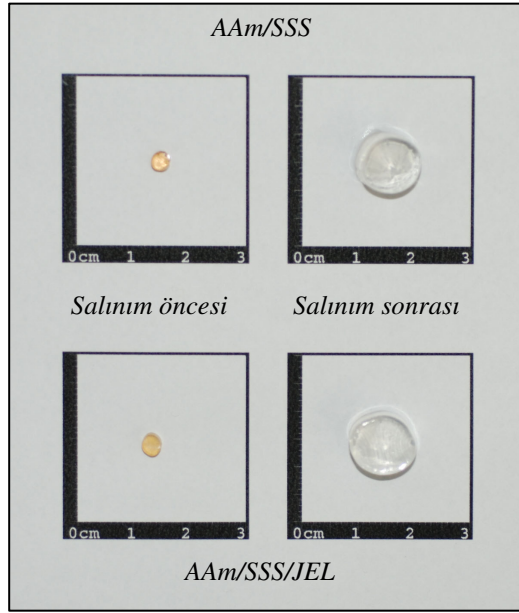
Şekil 4.159. RS taşıyan AAm/SA hidrojellerinin ve AAm/SA/JEL yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



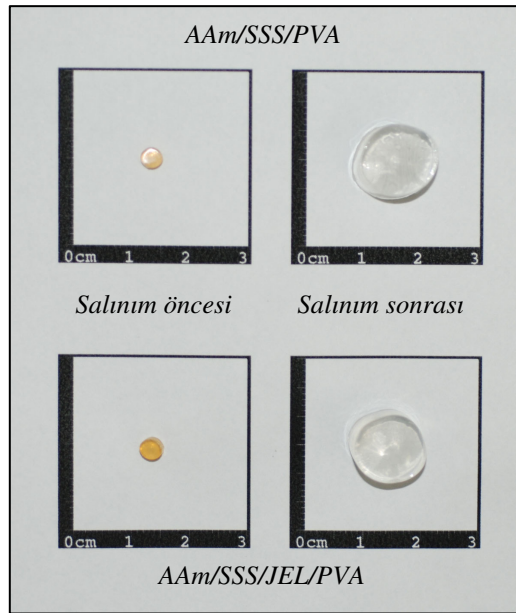
Şekil 4.160. RS taşıyan AAm/SA/PVA ve AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



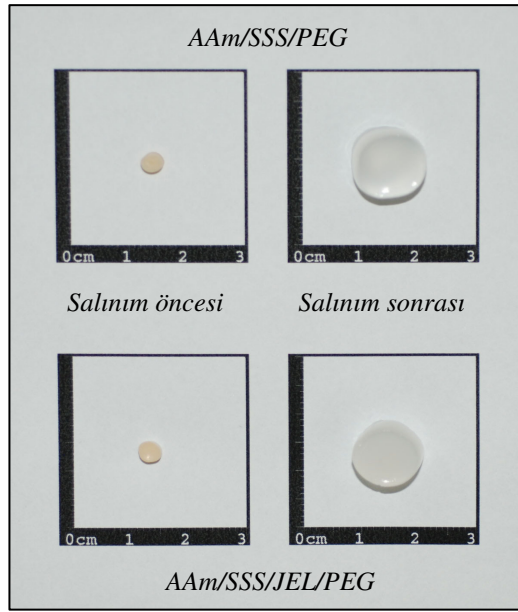
Şekil 4.161. RS taşıyan AAm/SA/PEG ve AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



Şekil 4.162. RS taşıyan AAm/SSS hidrojenleri ve AAm/SSS/JEL yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



Şekil 4.163. RS taşıyan AAm/SSS/PVA ve AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



Şekil 4.164. RS taşıyan AAm/SSS/PEG ve AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'lerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri





## 5. SONUÇ

- Bu çalışmada doğal bir polimer olan jelatin ile çapraz bağlı polimer üretiminde yaygın kullanılan akrilamidin ana yapı olarak birlikte oluşturacakları yeni bir polimerik taşıyıcı/soğurucu üretimi gerçekleştirilmiştir. Ana yapıya sodyum akrilat ve sodyum stiren sülfonat gibi yardımcı monomerler ve yarı-IPN yapı oluşturmak amacı ile poli(etilen glikol) ve poli(vinil alkol) gibi yapay polimerler eklenerek yeni polimerik taşıyıcı/soğurucu sistemler hazırlanmıştır.
- Yarı-IPN ve hidrojellerin üretimleri sırasında çapraz bağlayıcı olarak poli(etilen glikol) diakrilat kullanılmıştır. Akrilamid esaslı yarı-IPN ve hidrojellerin üretimi, çözelti ortamında serbest radikalik polimerleşme tepkimesi ile gerçekleştirilmiştir.
- Üretilen yarı-IPN ve hidrojellerin, FT-IR spektrumları alınmıştır. Elde edilen spektrumlar yardımı ile yarı-IPN'lerde ve hidrojellerde bulunan fonksiyonel gruplara ait karakteristik bandlar izlenerek çapraz bağlı kopolimerlerin yapıları aydınlatılmaya çalışılmıştır.
- Polimerik örneklerin ısıl özelliklerini araştırmak amacı ile TG analizleri gerçekleştirilmiştir. TG analizinden elde edilen termogramlar yardımı ile üretilen yarı-IPN ve hidrojellerin ısı karşısındaki davranışları incelenmiştir.
- Çapraz bağlı kopolimerlerin gözenek yapısı hakkında fikir edinebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskopi yöntemi (Scanning Electron Microscopy, SEM) kullanılmıştır. SEM mikrografları incelendiğinde yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin gözenekli bir yapıya sahip oldukları söylenebilir.
- Çapraz bağlı kopolimerlere dinamik şişme testleri uygulanarak, şişme davranışları hakkında önemli veriler elde edilmiştir. Bu veriler ışığında; SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin en yüksek su soğurma kapasitesine sahip oldukları, SSS içerenlerin ise daha düşük su soğurma kapasitesine sahip oldukları söylenebilir.
- SA içeren hidrojellerin denge yüzde şişme değerleri, SA miktarının artması ile %1292-7587 arasında değişim gösterirken yapıya JEL eklenmesi ile denge yüzde şişme değerleri %1085-6164 arasında değişim göstermektedir.

- SSS içeren hidrojeller için SSS miktarının artması ile denge yüzde şişme değerleri % 1292-6188 iken yapıya JEL eklenmesi ile bu değerler %1085-3507 arasında değişim göstermiştir.
- Polimerik yapılara PVA eklenmesi ile denge yüzde şişme değerlerindeki değişim incelendiğinde; AAm/SA/PVA yarı-IPN'lerinde denge yüzde şişme değerleri, %1167-6791, JEL eklenmesi ile üretilen AAm/SA/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde %1007-6093 arasında değişim göstermiştir. SSS içeren AAm/SSS/PVA yarı-IPN'lerinde ise denge yüzde şişme değerleri %1167-6826 iken AAm/SSS/JEL/PVA yarı-IPN'lerinde %1007-4551 arasında değişim göstermiştir.
- PEG içeren AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin denge yüzde şişme değerleri %624-4225 arasında değişirken, AAm/SA/JEL/PEG yarı-IPN'lerinde bu değerler %546-3411 arasında değişim göstermiştir. Denge yüzde şişme değerleri AAm/SSS/PEG yarı-IPN'leri için %624-2501 iken AAm/SSS/JEL/PEG yarı-IPN'leri için %546-2317 arasında değişim göstermiştir.
- Bu değerler incelendiğinde, tüm yarı-IPN ve hidrojel sistemlerde, denge yüzde şişme değerleri, çapraz bağlı yapıda bulunan yardımcı monomer miktarının artışı ile uyumlu bir artış göstermektedir. Ayrıca yapıya JEL eklenmesi ile yine tüm polimerik sistemler için denge yüzde şişme değerlerinde düşüşler gözlenmektedir.
- Denge yüzde şişme değerleri JEL içeriğinin değişimi açısından incelendiğinde, yarı-IPN'lerde bulunan JEL miktarı arttıkça su soğurum kapasitesinde düşüş izlenmektedir.
- Yarı-IPN'lerin denge yüzde şişme değerleri, JEL miktarının artışıyla ters orantılı olarak, SA içeren polimerik örneklerde %5320-2213, SSS içerenlerde ise %4443-996 arasında değişim göstererek azalmaktadır.
- PVA miktarının artması ile denge yüzde şişme değerleri arasındaki değişim incelendiğinde, yapıya PVA eklenmesi ile denge yüzde şişme değerleri SA içeren yarı-IPN'lerde %5320-3892, SSS içerenlerde ise %4443-2124 arasında değişim göstermiştir.

- PEG içeren yarı-IPN'lerin denge yüzde şişme değerleri ise, PEG miktarının artışı ile ters orantılı olarak, SA içerenlerde %5320-1910, SSS içerenlerde ise % 4443-660 arasında değişim göstererek azalmaktadır.
- Çapraz bağlı polimerler için biyouyumluluğun potansiyel bir göstergesi olarak değerlendirilen dengede su içeriği değerleri (DSİ), SA ve SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin tümü için, yapıdaki yardımcı monomer miktarının artışı ile artmaktadır. Tüm çapraz bağlı kopolimerler değerlendirildiğinde, DSİ değerleri 0,8451-0,9892 arasında değişmektedir. Bu değerler, biyouyumluluk için gerekli görülen 0,60 değerinin üzerindedir.
- Dinamik şişme testleri sonucunda elde edilen verilerin kinetik açıdan incelenmesi ile hesaplanan, teorik denge yüzde şişme değerleri oldukça önemlidir. Hesaplanan denge yüzde şişme değerleri, teorik denge yüzde şişme değerleri ile uyum göstermektedir. Bu durum, kinetik analizin doğru temeller üzerine oluşturulduğunun iyi bir göstergesi olabilir.
- Kimyasal çapraz bağlı yarı-IPN'lere ve hidrojellere su difüzyonunun türünün araştırılması açısından önemli bir parametre olan difüzyon üsteli (n) değerleri JEL içeren tüm polimerik örnekler için 0,51-0,82 arasında değişirken, JEL içermeyen yapılarda 0,53-0,95 arasında değişim göstermektedir. Tüm yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin n değerleri  $0,5 < n < 1,0$  aralığındadır. Bu nedenle, çapraz bağlı kopolimerlere su difüzyonu, Fick tipi olmayan (non-Fickian) difüzyon türüne uygundur. Bu durumda, difüzlenme ve durulmanın şişme üzerinde aynı anda etkin olduğu söylenebilir.
- Çapraz bağlı polimerik sistemlerde su difüzyonu açısından incelenecek bir diğer parametre olan difüzyon katsayısının (D), yardımcı monomer artışı ile genellikle bir artış göstermesi beklenir. Üretilen tüm polimerik sistemlerin difüzyon katsayısı değerleri incelendiğinde yardımcı monomer içeriği ile uyumlu bir artış gösterdiği söylenebilir. Bu artışın sebebi olarak yardımcı monomer içeriğinin artması ile polimerik yapılara difüzlenen su miktarındaki artış verilebilir. Difüzyon katsayısı değerleri, JEL içeriğine göre incelendiğinde net bir değişim izlenememiştir. Bunun temel nedeni, şişmiş durumdaki polimerik örneklerin çaplarının ölçümünden gelen bazı hatalar olduğu söylenebilir.

- Anyonik yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılması amacıyla, katyonik özellikteki metil viyole (MV) model molekül olarak seçilmiştir. Çapraz bağlı kopolimerlerin soğurum özellikleri, MV derişiminin ve yardımcı monomerin etkisi açısından incelenmiştir.
- 60 mg yardımcı monomer içeren yarı-IPN ve hidrojeller,  $0,75 \times 10^{-5}$ - $3,75 \times 10^{-5}$  M arasında değişen derişimlerdeki sulu MV çözeltileri ile  $25^{\circ}\text{C}$  sabit sıcaklıkta etkileşmeleri sağlanmıştır. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen denge değerleri kullanılarak  $q-C_s$  grafikleri oluşturulmuştur. SA ve SSS yardımcı monomeri ile hazırlanan tüm yarı-IPN ve hidrojel sistemleri için sulu MV çözeltilerinin derişimi arttıkça, 1.0 g kopolimer tarafından soğurulan boyarmadde miktarı olan  $q$  değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir.
- $2,5 \times 10^{-5}$  M sabit derişimde sulu MV çözeltileri ile 10-80 mg arasında değişen yardımcı monomer içeriğine sahip kopolimerler,  $25^{\circ}\text{C}$  sabit sıcaklıkta dengeye gelene dek etkileştirilerek, soğuruma yardımcı monomer ve JEL etkisi araştırılmış ve  $q$ , %Ads,  $K_d$  gibi parametreler hesaplanmıştır.
- Yarı-IPN'lerin  $q$  değerleri, yardımcı monomer içeriğindeki artışa paralel olarak artmaktadır. JEL içeren polimerik örneklerin tümü için  $q$  değerleri,  $5,28 \times 10^{-6} - 8,28 \times 10^{-6} \text{ mol g}^{-1}$  iken JEL içermeyen polimerik örnekler için ise,  $4,89 \times 10^{-6} - 8,77 \times 10^{-6} \text{ mol g}^{-1}$  arasında artış göstermektedir. Ayrıca JEL içeren polimerik yapıların, JEL içermeyen yapılara oranla daha yüksek  $q$  değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.
- Soğurumda hesaplanan diğer bir parametre olan %Ads değerleri de  $q$  değerleri ile uyumlu biçimde, yardımcı monomer etkisiyle artmaktadır. JEL içeren SA ve SSS içerikli yarı-IPN'ler için %Ads değişim aralıkları sırasıyla, %66,32 – %89,83 ve %75,81 – 93,41 olarak belirlenmiştir.
- JEL içermeyen yarı-IPN ve hidrojeller için %Ads değerleri, SA ve SSS içeren örnekler için sırasıyla, %59,24 – 89,56 ve %72,03 – 92,93 aralığında değişim göstererek, JEL içeriği ve yardımcı monomer miktarının artışıyla artmaktadır.
- $K_d$  değerleri, çapraz bağlı kopolimerlerin belirlenen bir tür için iyi bir adsorban olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kullanılır.  $K_d$ 'nin 1,0'den büyük olması çapraz bağlı kopolimerin iyi bir adsorban olduğunun bir göstergesidir. JEL ve yardımcı monomer içeriğinin artması ile  $K_d$  değerlerinin

arttığı ve tüm polimerik örnekler dikkate alındığında  $K_d$  değerlerinin 1,45 - 14,17 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Tüm yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin 1,0'den büyük  $K_d$  değerlerine sahip oldukları görülmektedir.

- Sonuç olarak, üretilen tüm yarı-IPN ve hidrojel sistemlerin MV için iyi birer soğurucu oldukları söylenebilir.
- Resorsinol (RS), etkin madde salınımının araştırılması amacıyla, model molekül olarak seçilmiştir. RS, 60 mg yardımcı monomer içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin sentezlenmeleri sırasında ortama eklenerek, RS taşıyan çapraz bağlı kopolimerler elde edilmiştir.
- 25°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilen salınım deneyleri sonunda, 1,0 g kopolimerden salınan etkin madde miktarı,  $q_s$  değerleri hesaplanarak, zamanla değişimleri incelenmiştir. JEL içeren yarı-IPN'lerden salınan RS miktarları  $1,90 \times 10^{-4} - 2,59 \times 10^{-4}$  mol  $g^{-1}$  arasında değişmektedir. JEL içermeyen hidrojellerden salınan RS miktarları daha yüksektir ve  $1,89 \times 10^{-4} - 2,74 \times 10^{-4}$  mol  $g^{-1}$  arasında değişim göstermektedir.
- Tüm yarı-IPN ve hidrojellerin dengeye geldikleri salınım süreleri JEL içeriği açısından karşılaştırıldığında önemli bir farklılık izlenememiştir. SSS içeren polimerik örnekler için salınım sürelerinin, SA içeren polimerik örneklere oranla daha uzun olduğu izlenmiştir.
- SSS içeren yarı-IPN ve hidrojeller için 6 saat sonunda dengeye geldiği söylenebilir. SA içeren polimerik örnekler için ise PEG içermeyen örnekler için 5 saat, PEG içeren örnekler için ise 6 saat olarak bulunmuştur.
- Yarı-IPN'lerden ve hidrojellerden salınımı gerçekleştirilen RS için yüzde salınım (%Sal) değerleri %71 ile %99 arasında değişmektedir. %71 ile en düşük salınım değeri AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine aittir. En yüksek salınım ise %99 ile AAm/SA hidrojellerinde gerçekleşmiştir.
- Bu çalışmada, hidrofilik fonksiyonel gruplar taşıyan değişik su tutma yeteneğine sahip yarı-IPN ve hidrojellerin üretimleri ve karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Üretimleri gerçekleştirilen yarı-IPN ve hidrojellerin, istenmeyen ortamlardan suyun uzaklaştırılmasında ve su taşıyıcı malzemeler olarak tarımsal uygulamalarda kullanılabileceği ileri sürülebilir.

- Seçilen model molekül için iyi bir adsorplayıcı olduğu belirlenen yarı-IPN'ler ve hidrojeller, çevrede "kirletici" olarak nitelendirilebilecek, katyonik özellikteki boyarmaddelerin, ağır metal iyonlarının, bazı endüstriyel atık sularında bulunabilecek toksik türlerin ve deterjanlar gibi organik moleküllerin, yüzeye soğurma yöntemi ile sulu ortamlardan uzaklaştırılmasında adsorban olarak kullanılabilirler.
- Bunlara ek olarak, hazırlanan yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin, etkin madde salınımlarında kullanılmak üzere iyi bir taşıyıcı olduğu söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- Abdelrazek, E.M., Elashmawi, I.S., Labeeb, S. 2010. Chitosan filler effects on the experimental characterization, spectroscopic investigation and thermal studies of PVA/PVP blend films. **Physica B**, 405: 2021-2027.
- Abou Taleb, M.F., İsmail, S.A., El-Kelesh, N.A. 2009. Radiation synthesis and characterization of polyvinyl alcohol/methacrylic acid-gelatin hydrogel for vitro drug delivery. **Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry**, 46: 170-178.
- AL-Sabagh, A.M., Abdeen, Z. 2010. Preparation and characterization of hydrogel based on poly(vinyl alcohol) cross-linked by different cross-linkers used to dry organic solvents. **Journal of Polymers and the Environment**, 18: 576-583.
- Alvarez-Lorenzo, C., Concheiro, A. 2002. Reversible adsorption by a pH-and temperature-sensitive acrylic hydrogel. **Journal of Controlled Release**, 80: 247-257.
- Antonietti, M., Fratzl, P. 2010. Biomimetic principles in polymer and material science. **Macromolecular Chemistry and Physics**, 211: 166-170.
- Aouada, F.A., Moura, M.R. de, Silva, W.T.L. da, Muniz, E.C., Mattoso, L.H.C. 2011. Preparation and characterization of hydrophilic, spectroscopic, and kinetic properties of hydrogels based on polyacrylamide and methylcellulose polysaccharide. **Journal of Applied Polymer Science**, 120: 3004-3013.
- Azizian, S. 2004. Kinetic models of sorption a theoretical analysis. **Journal of Colloid and Interface Science**, 276: 47-52.
- Bajpai, A.K., Sharma, M. 2005. Preparation and characterization of binary grafted polymeric blends of polyvinyl alcohol and gelatin and evaluation of their water uptake potential. **Journal of Macromolecular Science**, 42: 663-682.
- Bajpai, A.K., Kankane, S. 2007. Preparation and characterization of macroporous poly(2-hydroxyethyl methacrylate)-based biomaterials: water sorption property and in vitro blood compatibility. **Journal of Applied Polymer Science**, 104: 1559-1571.

- Bajpai, A.K., Shukla, S.K., Bhanu, S., Kankane, S. 2008. Responsive polymers in controlled drug delivery. **Progress in Polymer Science**, 33: 1088-1118.
- Bigi, A., Rubini, P.K. 2004. Relationship between triple-helix content and mechanical properties of gelatin films. **Biomaterials**, 25: 5675-5680.
- Billmeyer, F.W. 1984. Textbook of Polymer Science. John Wiley & Sons Inc., New York, US.
- Bischoff, R. and Cray, S.E. 1999. Polysiloxanes in macromolecular architecture. **Progress in Polymer Science**, 24: 185-219.
- Braun, R.D. 1987. Introduction to Instrumental Analysis. McGraw-Hill Book Company, Singapore.
- Campel, I.M. 1994. Introduction to Synthetic Polymers. Oxford University Press, Inc., New York, USA.
- Carvalho, R.A., Maria, T.M.C., Moraes, I.C.F., Bergo, P.V.A., Kamimura, E.S., Habitante, A.M.Q.B., Sobral, P.J.A. 2009. Study of some physical properties of biodegradable films based on blends of gelatin and poly(vinyl alcohol) using a response-surface methodology. **Materials Science and Engineering C**, 29: 485-491.
- Chu, B., Hsiao, B.S. 2009. The role of polymers in breakthrough technologies for water purification. **Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics**, 47: 2431-2435.
- Crini, G. 2005. Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. **Progress in Polymer Science**, 30: 38-70.
- Crini, G. 2006. Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. **Bioresource Technology**, 97: 1061-1085.
- Dengre, R., Bajpai, M., Bajpai, S.K. 2000. Release of vitamin B12 from poly(N-vinyl-2-pyrrolidone)-crosslinked polyacrylamide hydrogels: A kinetic study. **Journal of Applied Polymer Science**, 76: 1706-1714.
- Dolbow, J., Eliot, F., Ji, H. 2004. Chemically induced swelling of hydrogels. **Journal of the Mechanics and Physics of Solids**, 52: 51-84.



- Eid, M., Abdel-Ghaffar, M.A., Dessouki, A.M. 2009. Effect of maleic acid content on the thermal stability, swelling behaviour and network structure of gelatin-based hydrogels prepared by gamma irradiation. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B**, 267: 91-98.
- Ekici, S. 2003a. Kitosan Esaslı Ağ Yapılı İç İç Geçmiş Polimerlerden Biyoetkin Maddelerin Salınımının İncelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi, Doktora Tezi, Sivas.
- Ekici, S., Işıkver, Y., Şahiner, N., Saraydın, D. 2003b. Adsorption of some textile dyes onto crosslinked poly(N-vinylpyrrolidone). **Adsorption Science and Technology**, 21(7): 651-659.
- Ekici, S., Saraydın, D. 2004. Synthesis, caharacterization and evaluation of IPN hydrogels for antibiotic release. **Drug Delivery**, 11: 381-388.
- Ekici, S., Saraydın, D. 2007. Interpenetrating polimeric network hydrogels for potential gastrointestinal drug release. **Polymer International**, 56: 1371-1377.
- El-Hag Ali, A., Shawky, H.A., Abd El Rehim, H.A., Hegazy, E.A. 2003. Synthesis and characterization of PVP/AAC copolymer hydrogel and its applications in the removal of heavy metals from aqueous solution. **European Polymer Journal**, 39: 2337-2344.
- Elnashar, M.M.M. 2010. Review Article: Immobilized molecules using biomaterials and nanobiotechnology. **Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology**, 1: 61-77.
- Ende, M.T., Peppas, N.A. 1996. Transport of ionizable drugs and proteins in crosslinked poly(acrylic acid) and poly(acrylic acid-co-2-hydroxyethyl methacrylate) hydrogels. I. Polymer characterization. **Journal of Applied Polymer Science**, 59: 673-685.
- Ende, M.T., Peppas, N.A. 1997. Transport of ionizable drugs and proteins in crosslinked poly(acrylic acid) and poly(acrylic acid-co-2-hydroxyethyl methacrylate) hydrogels. II. Diffusion and release studies. **Journal of Controlled Release**, 48: 47-56.
- Ewing, G.W. 1985. Instrumental Methods of Chemical Analysis. McGraw-Hill, Inc, Singapore.

- Evmenenko, G., Alexev, V., Budtova, T., Buyanov, A., Frenkel, S. 1999. Swelling-induced changes of polyelectrolyte gels. **Polymer**, 40: 2975-2979.
- Farris, S., Schaich, K.M., Liu, L., Piergiovanni, L., Yam, K.L. 2009. Development of polyion-complex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications: A review. **Trends in Food Science**, 20: 316-332.
- Ganji, F., Vasheghani-Farahani, S., Vasheghani-Farahani, E. 2010. Theoretical description of hydrogel swelling: A review. **Iranian Polymer Journal**, 19(5): 375-398.
- Giles, C.H., Smith, D., Huitson, A. 1974a. A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. I. Theoretical, **Journal of Colloid and Interface Science**, 47(3): 755-765.
- Giles, C.H., D'silva, A.P., Easton, I.A. 1974b. A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. II. Experimental interpretation. **Journal of Colloid and Interface Science**, 47(3): 766-778.
- Gnanou, Y., Fontanille, M. 2008. Organic and Physical Chemistry of Polymers. Wiley-Interscience John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Gombotz, R.W., Hoffman, A.S. 1986. Immobilization of biomolecules and cells on and within synthetic polymeric hydrogels. Hydrogels in Medicine and Pharmacy, Peppas, N.A. (editor), vol:5, Fundamentals, CRC Press, Florida.
- Gooch, J.W. 2007. Encyclopedic Dictionary of Polymers. Springer Science Business Media, LLC, Springer Street, New York, NY 10013, USA.
- Gutierrez, By M.C., Garcia-Carvajal, Z.Y., Jobbagy, M., Rubio, F., Yuste, L., Rojo, F., Ferrer, M.L., Monte, F. 2007. Poly(vinyl alcohol) scaffolds with tailored morphologies for drug delivery and controlled release. **Advanced Functional Materials**, 17: 3505-3513.
- Gürsoy, A., Pişkin, E., Dortunç, B., Peppas, N.A. 1989, Kontrollü İlaç Serbestleştirilen Sistemler. Marmara Üniversitesi, Eczalık Fakültesi Yayınları No: 469/5, İstanbul.
- Güven, O., Şen, M., Karadağ, E., Saraydın, D. 1999. A review on the radiation synthesis of copolymeric hydrogels for adsorption and separation purposes. **Radiation Physics and Chemistry**, 56: 381-386.

- Hamidi, M., Azadi, A., Rafiei, P. 2008. Hydrogel nanoparticles in drug delivery. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 60: 1638-1649.
- Hassan, C.M., Stewart, J.E., Peppas, N.A. 2000. Diffusional characteristics of freeze/thawed poly(vinyl alcohol)hydrogels: Applications to protein controlled release from multilaminar devices. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, 49: 161-165.
- Hennink, W.E., Van Nostrum, C.F. 2002. Novel crosslinking methods to design hydrogels. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 54: 13-36.
- Hoare, T.R., Kohane, D.S. 2008. Hydrogels in drug delivery: Progress and challenges. **Polymer**, 49:1993-2007.
- Hoffman, A.S., 2002. Hydrogels for biomedical applications. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 43: 3-12.
- Hong, H., Liu, C., Wu, W. 2009. Preparation and characterization of chitosan/PEG/gelatin composites for tissue engineering. **Journal of Applied Polymer Science**, 114: 1220-1225.
- Hull, L.C., Grossman, C., Fjeld, R.A., Coates, J.T., Elzerman, A.W. 2004. Hybrid empirical-theoretical approach to modeling uranium adsorption. **Applied Geochemistry**, 19: 721-736.
- Humelnicu, D., Dinu, M.V., Dragan, E.S. 2011. Adsorption characteristics of  $UO_2^{2+}$  and  $Th^{4+}$  ions from simulated radioactive solutions onto chitosan/clinoptilolite sorbents, **Journal of Hazardous Materials**, 185: 447-455.
- Jagur-Grodzinski, J. 2010. Polymeric gels and hydrogels for biomedical and pharmaceutical applications. **Polymer of Advanced Technologies**, 21: 27-47.
- Kabiri, M., Emami, S.H., Rafinia, M., Tahriri, M. 2011. Preparation and characterization of absorbable hemostat crosslinked gelatin sponges for surgical application. **Current Applied Physics**, 11: 457-461.
- Kaewpirom, S., Boonsang, S. 2006. Electrical response characterization of poly(ethylene glycol) macromer (PEGM)/chitosan hydrogels in NaCl solution. **European Polymer Journal**, 42: 1609-1616.

- Kara, A., Uzun, L., Beşirli, N., Denizli, A. 2004. Poly(ethylene glycol dimetacrylate-n-vinyl imidazole) beads for heavy metal removal. **Journal of Hazardous Materials**, 106B: 93-99.
- Karadağ, E., Saraydın, D., Güven, O. 1996a. Interaction of some cationic dyes with acrylamide/itaconic acid hydrogels. **Journal of Applied Polymer Science**, 61(13): 2367-2372.
- Karadağ, E., Saraydın, D., Güven, O. 1996b. A study on the adsorption of some cationic dyes onto acrylamide-itaconic acid hydrogels. **Polymer Bulletin**, 35(6): 745-752.
- Karadağ, E., Saraydın, D., Güven, O. 1997. Cationic dyes adsorption by acrylamide/itaconic acid hydrogels in aqueous solutions. **Polymers for Advanced Technologies**, 8(9): 574-578.
- Karadağ, E., Saraydın, D., Aydın, F. 1998a. Removal of water-soluble cationic dyes with trisyl silicas. **Turkish Journal of Chemistry**, 22: 227-236.
- Karadağ, E., Saraydın, D., Güven, O. 1998b. Removal of some cationic dyes from aqueous solutions by acrylamide/itaconic acid hydrogels. **Water, Air and Soil Pollution**, 106(3-4): 369-378.
- Karadağ, E., Üzümlü, Ö.B., Saraydın, D. 2002. Swelling equilibria and dye adsorption studies of chemically crosslinked superabsorbent acrylamide/maleic acid hydrogels. **European Polymer Journal**, 38: 2133-2141.
- Karadağ, E., Üzümlü, Ö.B., Kundakcı, S., Saraydın, D. 2007. Polyelectrolyte CASA hydrogels for uptake of uranyl ions from aqueous solution. **Journal of Polymer Science**, 104: 200-204.
- Karadağ, E., Kundakcı, S., Üzümlü, Ö.B. 2009. Water sorption and dye uptake studies of highly swollen AAm/AMPS hydrogels and semi-IPNs with PEG. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, 48: 1217-1229.
- Karadağ, E., Kırıştı, T., Kundakcı, S., Üzümlü, Ö.B. 2010. Investigation of sorption/swelling characteristics of chemically crosslinked AAm/SMA hydrogels as biopotential sorbent. **Journal of Polymer Science**, 117: 1787-1797.

- Kaşgöz, H., Aydın, İ., Kaşgöz, A. 2005. The effect of (PEG400)DA crosslinking agent on swelling behaviour of acrylamide-maleic acid hydrogels. **Polymer Bulletin**, 54: 387-397.
- Kaşgöz, H. 2006. New sorbent hydrogels for removal of acidic dyes and metal ions from aqueous solutions. **Polymer Bulletin**, 56: 517-528.
- Khurma, J.R., Rohindra, D.R., Nand, A.V. 2006. Synthesis and properties of hydrogels based on chitosan and poly(vinyl alcohol) crosslinked by genipin. **Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry**, 43: 749-758.
- Khurma, J.R., Nand, A.V. 2008. Temperature and pH sensitive hydrogels composed of chitosan and poly(ethylene glycol). **Polymer Bulletin**, 59: 805-812.
- Kilisliloğlu, A. 2003. The effect of various and pH on the adsorption of U(VI) on Amberlite IR-118H resin. **Applied Radiation and Isotopes**, 58: 713-717.
- Kim, S.W., Bae, Y.H., Okano, T. 1992. Hydrogels: swelling, drug loading and release. **Pharmaceutical Research**, 9(3): 283-290.
- Kioussis, D.R., Wheaton, F.W., Kofinas, P. 2000. Reactive nitrogen and phosphorus removal from aquaculture wastewater effluents using polymer hydrogels. **Aquaculture Engineering**, 23: 315-332.
- Klouda, L., Mikos, A.G. 2008. Thermoresponsive hydrogels in biomedical applications. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, 68: 34-45.
- Kopecek, J., Yang, J. 2007. Hydrogels as smart biomaterials. **Polymer International**, 56: 1078-1098.
- Kosmala, J.D., Henthorn, D.B., Peppas, L.B. 2000. Preparation of interpenetrating Networks of gelatin and dextran as degradable biomaterials. **Biomaterials**, 21: 2019-2023.
- Koul, V., Mohammed, R., Kuckling, D., Adler, H.J.P., Choudhary, V. 2011. Interpenetrating polymer network (IPN) nanogels based on gelatin and poly(acrylic acid) by inverse miniemulsion technique: Synthesis and characterization. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 83: 204-213.

- Kulicke, W.M., Nottelmann, H. 1989. Structure and swelling of some synthetic, semisynthetic and biopolymer hydrogels. **Polymers in Aqueous Media**, 223: 15-44.
- Kumari, A., Yadav, S.K., Yadav, S.C. 2010. Biodegradable polymeric nanoparticles based drug delivery systems. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 75: 1-18.
- Kundakcı, S., Üzümlü, Ö.B., Karadağ, E. 2008. Swelling and dye sorption studies of acrylamide/2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid/bentonite highly swollen composite hydrogels. **Reactive & Functional Polymers**, 68: 458-473.
- Kundakcı, S., Üzümlü, Ö.B., Karadağ, E. 2009. A new composite sorbent for water and dye uptake: Highly swollen acrylamide/2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid/clay hydrogels crosslinked by 1,4-butanediol dimethacrylate. **Polymer Composites**, 30: 29-37.
- Kundakcı, S., Ögüt, H.G., Üzümlü, Ö.B., Karadağ, E. 2011. Equilibrium swelling characterization and dye uptake studies of acrylamide-co-methylenesuccinic acid hydrogels and semi-IPNs with PEG. **Polymer-Plastic Technology and Engineering** (kabul edildi, baskıda).
- Lee, K.Y., Yuk, S.H. 2007. Polymeric protein delivery systems. **Progress of Polymer Science**, 32: 669-697.
- Lee, W.F., Lin, Y.H. 2006. Swelling behaviour and drug release of NIPAAm/PEGMEA copolymeric hydrogels with different crosslinkers. **Journal of Material Science**, 41: 7333-7340.
- Lee, W.F., Lee, S.C. 2007. Effect of gelatin on the drug release behaviors for the organic hybrid gels based on the N-isopropylacrylamide and gelatin. **Journal of Material Science**, 18: 1089-1096.
- Li, W., Zhao, H., Teasdale, P.R., John, R., Zhang, S. 2002. Synthesis and characterization of a polyacrylamide-polyacrylic acid copolymer hydrogel for environmental analysis of Cu and Cd. **Reactive & Functional Polymers**, 52: 31-41.

- Li, P., Siddaramaiah, Kim, N.H., Yoo, G.H., Lee, J.H. 2009b. Poly(acrylamide/laponite) nanocomposite hydrogels: Swelling and cationic dye adsorption properties. **Journal of Applied Polymer Science**, 111: 1786-1798.
- Li, X., Xu, S., Wang, J., Chen, X., Feng, S. 2009a. Structure and characterization of amphoteric semi-IPN hydrogel based on cationic starch. **Carbohydrate Polymers**, 75: 688-693.
- Liechty, W.B., Kryscio, D.R., Slaughter, B.V., Peppas, N.A. 2010. Polymers for drug delivery systems. **Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering**, 1: 149-173.
- Lin, C.C., Metters, A.T. 2006. Hydrogels in controlled release formulations: Network design and mathematical modeling. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 58: 1379-1408.
- Lin, C.C., Fu, C.H., 2009. Controlled release study of 5-fluorouracil-loaded chitosan/polyethylene glycol microparticles. **Drug Delivery**, 16(5): 274-279.
- Liu, F., Urban, M.W. 2010. Recent advances and challenges in designing stimuli-responsive polymers. **Progress in Polymer Science**, 35: 3-23.
- Lopes, C.M.A., Felisberti, M.I. 2003. Mechanical behaviour and biocompatibility of poly(1-vinyl-2-pyrrolidinone)-gelatin IPN hydrogels. **Biomaterials**, 24: 1279-1284.
- Luo, Y., Zhang, K., Wei, Q., Liu, Z., Chen, Y. 2009. Poly(MAA-co-AN) hydrogels with improved mechanical properties for theophylline controlled delivery. **Acta Biomaterialia**, 5: 316-327.
- Lyons, J.G., Gever, L.M., Nugent, M.J.D., Kennedy, J.E. 2009. Development and characterization of agar-polyvinyl alcohol blend hydrogel. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, 2: 485-493.
- Ma, J., Liu, X., Yang, Z., Tong, Z. 2009. A pH-sensitive hydrogel with hydrophobic association for controlled release of poorly water-soluble drugs. **Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry**, 46: 816-820.

- Magnin, D., Lefebvre, J., Chornet, E., Dumitriu, S. 2004. Physicochemical and structure characterization of a polyionic matrix of interest in biotechnology, in the pharmaceutical and biomedical fields. **Carbohydrate Polymers**, 55: 437-453.
- Manju, G.N., Anoop Krishnan, K., Vinod, V.B., Anirudhan, T.S. 2002. An investigation into the sorption of heavy metal from wastewaters by polyacrylamide-grafted iron(III)oxide. **Journal of Hazardous Materials**, B91: 221-238.
- Mark, J.E. 2007. Physical Properties of Polymers Handbook. Springer Science Business Media, LLC, Springer Street, New York, NY 10013, USA.
- Martinez-Ruvalcaba, A., Sanchez-Diaz, J.C., Becerra, F., Cruz-Barba, L.E. 2009. Swelling characterization and drug delivery kinetics of polyacrylamide-co-itaconic acid/chitosan hydrogels. **Express Polymer Letters**, 3: No.1, 25-32.
- Matsuda, A., Gong, J.P., Osada, Y. 1998. Effects of water and cross-linkage on the formation of organized structure in the hydrogels. **Polymer Gels and Networks**, 6: 307-317.
- Mishra, S., Bajpai, R., Katare, R., Bajpai, A.K. 2007. Radiation induced crosslinking effect on semi-interpenetrating polymer Networks of poly(vinyl alcohol). **eXPRESS Polymer Letters**, 1(7): 407-415.
- Missana, T., Garcia-Gutierrez, M., Maffiote, C. 2003. Experimental and modeling study of the uranium (VI) sorption on goethite. **Journal of Colloid and Interface Science**, 260: 291-301.
- Mohan, Y.M., Murthy, P.S.K., Sreeramulu, J., Raju, K.M. 2005a. Swelling behaviour of semi-interpenetrating polymer network hydrogels composed of poly(vinyl alcohol) and poly(acrylamide-co-sodium methacrylate). **Journal of Applied Polymer Science**, 98: 302-314.
- Mohan, M.Y., Murthy, K.P.S., Raju, M.K. 2005b. Synthesis, characterization and effect of reaction parameters on swelling properties of acrylamide-sodium methacrylate superabsorbent copolymers. **Reactive & Functional Polymers**, 63: 11-26.



- Molyneux, P., Vekavakayanondha, S. 1986. The interaction of aromatic compounds with poly(vinylpyrrolidone) in aqueous solution. **Journal of chemical Society, Faraday Trans**, L82, 291-317.
- Moradi, O., Modarres, H., Noroozi, M. 2004. Experimental study of albumin and lysozyme adsorption onto acrylic acid (AA). **Journal of Colloid and Interface Science**, 271: 16-19.
- Moraes, I.C.F., Carvalho, R.A., Bittante, A.M.Q.B., Solorza-Feria, J., Sobral, P.J.A., 2009. Film forming solutions based on gelatin and poly(vinyl alcohol) blends: Thermal and rheological characterizations. **Journal of Food Engineering**, 95: 588-596.
- Murthy, P.S.K., Mohan, Y.M., Sreeramulu, J., Raju, K.M. 2006. Semi-IPNs of starch and poly(acrylamide-co-sodium methacrylate): Preparation, swelling and diffusion characteristics evaluation. **Reactive & Functional Polymers**, 66: 1482-1493.
- Nunes, P.S., Bezerra, M.S., Costa, L.P., Cardoso, J.C., Albuquerque Jr, R.L.C., Rodrigues, M.O., Barin, G.B., Silva, F.A., Araujo, A.A.S. 2010. Thermal characterization of usnic acid/collagen-based films. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 99: 1011-1014.
- Odian, G., 1991. Principles of Polymerization. John Wiley & Sons Inc., New York, US.
- Orakdöğen, N., Okay, O. 2006. Reentrant conformation transition in poly(N,N-dimethylacrylamide) hydrogels in water-organic solvent mixtures. **Polymer**, 47: 561-568.
- Ozay, O., Ekici, S., Baran, Y., Aktas, N., Sahiner, N. 2009. Removal of toxic metal ions with magnetic hydrogels. **Water Research**, 43: 4403-4411.
- Ozay, O., Akcali, A., Otkun, M.T., Silan, C., Aktas, N., Sahiner, N. 2010. P(4-VP) based nanoparticles and composites with dual action as antimicrobial. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, 79: 460-466.
- Özkahraman, B., Acar, I., Emik, S. 2011. Removal of cationic dyes from aqueous solutions with poly (N-isopropylacrylamide-co-itaconic acid) hydrogels. **Polymer Bulletin**, 66:551-570.

- Öztürk, T., Hazer, B. 2010. Synthesis and characterization of a novel macromonomer initiator for reversible addition fragmentation chain transfer (RAFT). Evaluation of the polymerization kinetics and gelation behaviors. **Journal of Macromolecular Science**, 47: 265-272.
- Pal, K., Banthia, A.K., Majumdar, D.K. 2007. Preparation and characterization of polyvinyl alcohol-gelatin hydrogel membranes for biomedical applications. **AAPS Pharmaceutical Science Technologies**, 8 (1): E1-E5.
- Patrickios, C.S. 2010. Polymer Networks: Recent developments. **Macromolecular Symposia**, 291-292: 1-11.
- Paul, D.R., Robenson, L.M. 2008. Polymer nanotechnology: Nanocomposites. **Polymer**, 48: 3187-3204.
- Pawde, S.M., Deshmukh, K. 2008. Characterization of polyvinyl alcohol/gelatin blend hydrogel films for biomedical applications. **Journal of Applied Polymer Science**, 109: 3431-3437.
- Peng, H.T., Martineau, L., Shek, P.N. 2008. Hydrogel-elastomer composite biomaterials: 3. Effect of gelatin molecular weight and type on the preparation and physical properties of interpenetrating polymer networks. **Journal of Material Science**, 19: 997-1007.
- Peniche, C., Cohen, M.E., Vazquez, B., Roman, J.S. 1997. Water sorption of flexible networks based on 2-hydroxyethyl methacrylate-triethylenglycol dimethacrylate copolymers. **Polymer**, 38(24): 5977-5982.
- Peppas, N.A., Franson, N.M. 1983. The swelling interface number as a criterion for prediction of diffusional solute release mechanisms in swellable polymers. **Journal of Polymer Science: Polymer Physics Edition**, 21: 983-997.
- Peppas, N.A., Mikos, A.G. 1986. Preparation methods and structure of hydrogels. **Hydrogels in Medicine and Pharmacy**, Peppas N.A. (editor), vol: 1, Fundamentals, CRC Pres, Florida.
- Pescosolido, L., Vermonden, T., Malda, J., Censi, R., Dhert, W.J.A, Alhaique, F., Hennink, W.E., Matricarti. 2011. In situ forming IPN hydrogels of calcium alginate and dextran-HEMA for biomedical application. **Acta Biomaterialia**, 7: 1627-1633.

- Raafat, A.I. 2010. Gelatin based pH-sensitive hydrogels for colon-specific oral drug delivery: Synthesis, characterization, and in vitro release study. **Journal of Applied Polymer Science**, 118: 2642-2649.
- Rabek, J.F. 1980. *Experimental Methods in Polymer Chemistry (Physical Principles and Applications)*. Wiley-Interscience Publication, USA.
- Rahman, Md.A., Khan, M.A., Tareq, S.M. 2010. Preparation and characterization of polyethylene oxide(PEO)/gelatin blend for biomedical application: Effect of gamma radiation. **Journal of Applied Polymer Science**, 117:2075-2082.
- Ratner, B.D. 1987. Hydrogel surfaces. **Hydrogels in Medicine and Pharmacy**, 1: 85-93.
- Rifi, E.H., Rastegar, F., Brunette, J.P. 1995. Uptake of cesium, strontium and europium by a poly(sodium acrylate-acrylic acid) hydrogel. **Talanta**, 42(6): 811-816.
- Roardo, W.E., Bodde, H.E., De Boer A.G. and Junginger, H.E.1986. Synthetic hydrogels as drug delivery systems. **Pharmaceutisch Weekblad Scientific Edition**, 8: 165-189.
- Rokhade, A.P., Agnihotri, S.A., Patil, S.A., Mallikarjuna, N.N., Kulkarni, P.V., Aminabhavi, T.M. 2006. Semi-interpenetrating polymer network microspheres of gelatin and sodium carboxymethyl cellulose for controlled release of ketorolac tromethamine. **Carbohydrate Polymers**, 65: 243-252.
- Rosso, F., Barbarissi, A., Barbarissi, M., Petillo, O., Margarucci, S., Calarco, A., Peluso, G. 2003. New polyelectrolyte hydrogels for biomedical applications. **Material Science and Engineering**, C 23: 371-376.
- Rubinstein, M., Colby, R.H. 2004. *Polymer Physics*. Oxford University Press, New York, US.
- Rudin, A. 1982. *The Elements of Polymer Science and Engineering*. Academic Press, Inc., New York, USA.
- Saçak, M., 2008. *Polimer Kimyası*. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Sahiner, N., Pekel, N., Güven, O. 1998. Radiation synthesis of N-vinyl-2-pyrrolidone/acrylonitrile interpenetrating polymer networks and their use in uranium recovery from aqueous systems. **Radiation Physics and Chemistry**, 52(1-6): 271-276.

- Sahiner, N., Jia, X. 2008. One step synthesis of hyaluronic acid-based (Sub)micron hydrogel particles process optimization and preliminary characterization. **Turkish Journal of Chemistry**, 32: 397-409.
- Saraydın, D., Karadağ, E. 1996. A comparison of adsorption isotherms of crosslinked poly(N-vinylpyrrolidone)-basic Brown 1 binding system. **Turkish Journal of Chemistry**, 20(3): 234-243.
- Saraydın, D., Karadağ, E. 2000. Binding of some dyes onto crosslinked (N-vinylpyrrolidone) poly(N-vinylpyrrolidone). **Polymer Bulletin**, 44(5-6): 501-508.
- Saraydın, D., Karadağ, E., Güven, O. 2001. Use of superswelling acrylamide/maleic acid hydrogels for monovalent cationic dye adsorption. **Journal of Applied Polymer Science**, 79(10): 1809-1815.
- Saraydın, D., Karadağ, E., Işıkver, Y., Şahiner, N., Güven, O. 2004. The influence of preparation methods on the swelling and network properties of acrylamide hydrogels with crosslinkers. **Journal of Macromolecular Science**, Part, A-Pure and Applied Chemistry, A41(4): 421-433
- Satarkar, N.S., Hilt, J.Z. 2008. Hydrogel nanocomposites as remote-controlled biomaterials. **Acta Biomaterialia**, 4: 11-16.
- Savaş, H., Güven, O. 2001. Investigation of active substance release from poly(ethylene oxide) hydrogels. **International Journal of Pharmaceutics**, 224: 151-158.
- Schexnailder, P., Schmidt, G. 2009. Nanocomposite polymer hydrogels. **Colloid Polymer Science**, 287: 1-11.
- Schwarte, L.M., Peppas, N.A. 1998. Novel poly(ethylene glycol)-grafted, cationic hydrogels: preparation, characterization and diffusive properties. **Polymer**, 39: 6057-6066.
- Sharma, C.S., Patil, S., Saurabh, S., Sharma, A., Venkataraghavan, R. 2009. Resorcinol-formaldehyde based carbon nanospheres by electrospraying. **Bulletin of Material Science**, 32: 239-246.
- Shoichet, M.S. 2010. Polymer scaffolds for biomedical applications. **Macromolecules**, 43: 581-591.

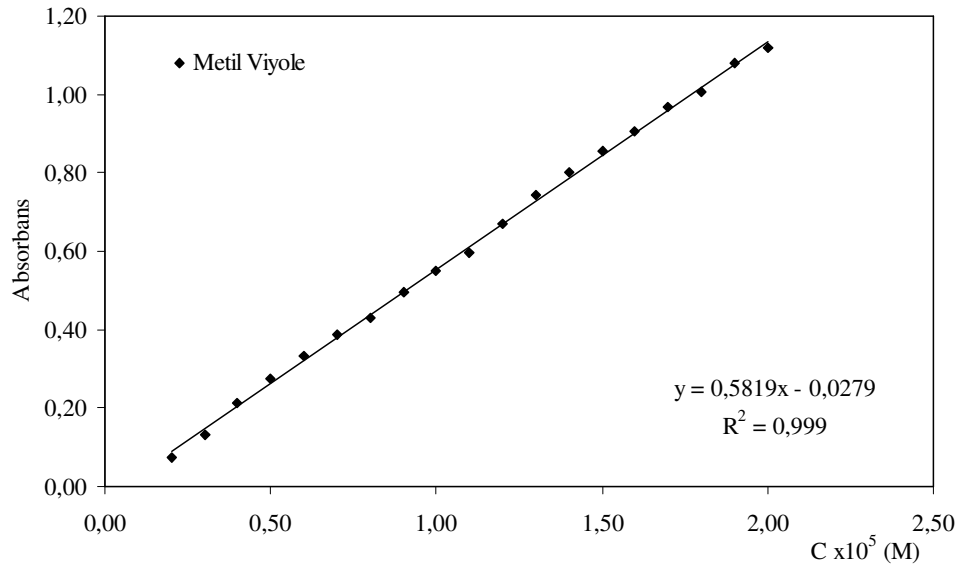
- Singh, D., Choudhary, V., Koul, V. 2007. Radiation synthesis of interpenetrating polymer networks based on N-vinyl pyrrolidone-acrylic acid copolymer and gelatin. I. Swelling morphology, and thermal characterization for biomedical applications. **Journal of Applied Polymer Science**, 104: 1456-1463.
- Skoog, D.A., Leary, J.J. 1992. Principles of Instrumental Analysis. Saunders College Publishing, Florida, USA.
- Sperling, L.H. 2006. Introduction to Physical Polymer Science. John Willey & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Sun, K., Lan, Z., Yu, Z., Nie, X. 2011. Characterization and magnetic properties of polyethylene glycol modified NiZn ferrite thin films. **Current Applied Physics**, 11: 472-475.
- Tanaka, T. 1981. Gels. **Scientific American**, 224(1): 110-123.
- Tang, Q., Wu, J., Lin, J., Li, Q., Fan, S. 2008. Two-step synthesis of polyacrylamide/polyacrylate interpenetrating network hydrogels and its swelling/deswelling properties. **Journal of Material Science**, 43: 5884-5890.
- Tao, S.L., Desai, T.A. 2003. Microfabricated drug delivery systems: from particles to pores. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 55: 315-328.
- Tokarev, I., Minko, S. 2010. Stimuli-responsive porous hydrogels at interfaces for molecular filtration, separation, controlled release, and gating in capsules and membranes. **Advanced Materials**, 22: 3446-3462.
- Tomic, S.L., Dimitrijevic, S.I., Marinkovic, A.D., Najman, S., Filipovic, J.M. 2009. Synthesis and characterization of poly(2-hydroxyethyl methacrylate/itaconic acid) copolymeric hydrogels. **Polymer Bulletin**, 63: 837-851.
- Üzüm, Ö.B., Karadağ, E., 2006. Synthetic polymeric absorbent for dye based on chemically crosslinked acrylamide/itaconic acid hydrogels. **Journal of Applied Polymer Science**, 101: 405-413.
- Üzüm, Ö.B., Kundakçı, S., Karadağ, E. 2007. Uranyl ion uptake from aqueous solutions by chemically crosslinked polyelectrolyte CAMA hydrogels. **Polymer-Plastics Technology & Engineering**, 46: 775-780.

- Üzüm, Ö.B. 2008a. Yeni Akrlamid Esaslı Anyonik IPN'lerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Şişme/Soğurum/Denetimli Salınım Potansiyellerinin Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi, Doktora Tezi, Aydın.
- Üzüm, Ö.B., Durukan, H.B., Kundakcı, S., Karadağ, E. 2008b. Water uptake and dye sorption studies of chemically crosslinked highly swollen novel ternary acrylamide based hydrogels including citraconic acid and sodium acrylate. **Polymers for Advanced Technologies**, 19: 775-784.
- Üzüm, Ö.B., Kundakcı, S., Karadağ, E. 2009. Equilibrium swelling studies of highly swollen acrylamide/thiosinamine hydrogels. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, 48: 152-157.
- Üzüm, Ö.B., Karadağ, E. 2010. Equilibrium swelling studies of chemically cross-linked highly swollen acrylamide-sodium acrylate hydrogels in various water-solvent mixtures. **Polymer-Plastics Technology and Engineering**, 49: 609-616.
- Üzüm, Ö.B., Karadağ, E. 2011. Dye sorption and water uptake properties of crosslinked acrylamide/sodium methacrylate copolymers and semi-interpenetrating polymer networks composed of PEG. **Seperation Science of Technology**, 46: 489-499.
- Verestiuc, L., Ivanov, C., Barbu, E., Tsibouklis, J. 2004. Dual-stimuli responsive hydrogels based on poly(N-isopropylacrylamide)/chitosan semi-interpenetrating networks. **International Journal of Pharmaceutic**, 269: 185-195.
- Wang, Y., Zeng, L., Ren, X., Song, H., Wang, A. 2010. Removal of methyl violet from aqueous using poly(acrylic acid-co-acrylamide)attapulgit composite. **Journal of Environmental Sciences**, 22(1): 7-14.
- Wei, P., Xiaowei, H., Yan, C. 2011. Preparation and characterization of poly(vinyl alcohol)/antimony-doped tin oxide nanocomposites. **International Journal of Polymeric Materials**, 60: 223-232.
- Wojnarovits, L., Foldvary, Cs.M., Takacs, E. 2010, Radiation-induced grafting of cellulose for adsorption of hazardous water pollutants: A review. **Radiation Physics and Chemistry**, 79: 848-862.

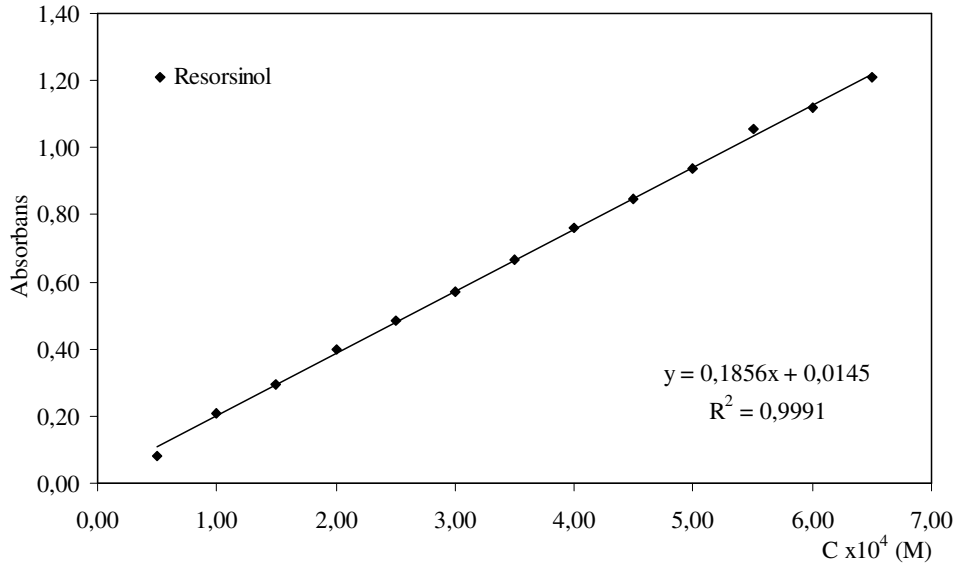
- Wu, F.C., Tseng, R.L., Juang, R.S. 2010. A review and experimental verification of using chitosan and its derivatives as adsorbents for selected heavy metals. **Journal of Environmental Management**, 91: 798-806.
- Yang, X., Zhu, Z., Liu, Q., Chen, X. 2008. Thermal and rheological of poly(vinyl alcohol) and water-soluble chitosan hydrogels prepared by a combination of  $\gamma$ -ray irradiation and freeze thawing. **Journal of Applied Polymer Science**, 109: 3825-3830.
- Yang, J.H., Yoon, N.S., Park, J.H., Kim, I.K., Cheong, I.W., Deng, Y., Oh, W., Yeum, J.H. 2011. Electrospinning fabrication and characterization of poly(vinyl alcohol)/waterborne polyurethane nanofiber membranes in aqueous solution. **Journal of Applied Polymer Science**, 120: 2337-2345.
- YerriSwamy, B., Prasad, C.V., Reedy, C:L:N., Mallikarjuna, B., Rao, K.C., Subha, M.C.S. 2011. Interpenetrating polymer network microspheres of hydroxyl propyl methyl cellulose/poly(vinyl alcohol) for control release of ciprofloxacin hydrochloride. **Cellulose**, 18: 349-357.
- Yu, H., Xiao, C. 2008. Synthesis and properties of novel hydrogels from oxidized konjac glucomannan crosslinked gelatin for in vitro drug delivery. **Carbohydrate Polymers**, 72: 479-489.
- Yue, Y.M., Xu, K., Liu, X.G., Chen, Q., Sheng, X., Wang, P.X. 2008. Preparation and characterization of interpenetration polymer network films based on poly(vinyl alcohol) and poly(acrylic acid) for drug delivery. **Journal of Applied Polymer Science**, 108: 3836-3842.
- Zhang, A., Asakura, T., Uchiyama, G. 2003. The adsorption mechanism of uranium (VI) from seawater on a macroporous fibrous polymeric adsorbent containing amidoxime chelating functional group. **Reactive & Functional Polymers**, 57: 67-76.
- Zhang, M., Wu, Y., Zhang, Q., Xia, Y., Li, T. 2010. Synthesis and characterization of gelatin-polydimethylsiloxane graft copolymers. **Journal of Applied Polymer Science**, 120: 2130-2137





**EKLER**

Ek 1.1. Metil viyole çözeltilerinin denge derişimlerinin hesaplanmasında kullanılan çalışma eğrisi



Ek 1.2. Resorsinol çözeltilerinin derişimlerinin hesaplanmasında kullanılan çalışma eğrisi

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Semiha KUNDAKCI  
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul/10 Haziran 1971

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi  
Kimya Bölümü, 1989-1994  
Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi  
Kimya Bölümü, 2004-2006  
Doktora Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi  
Kimya Bölümü, 2007-2011  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### A) SCI tarafından taranan dergilerde yayınlanan makaleler

1. Polymeric absorbent for water sorption based on chemically crosslinked poly (acrylamide/2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid sodium salt) hydrogels. Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Erdener KARADAĞ, *Polymer Bulletin*, 57: 703-712, 2006.
2. Polyelectrolyte CASA hydrogels for uptake of uranyl ions from aqueous solution. Erdener KARADAĞ, Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Dursun SARAYDIN, *Journal of Applied Polymer Science*, 104: 200-204, 2007.
3. Swelling and dye sorption studies of AAm/SA hydrogels crosslinked by glutaraldehyde and divinylbenzene. Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, H. Berna DURUKAN, Erdener KARADAĞ, *Journal of Applied Polymer Science*, 105: 2646-2654, 2007.
4. Uranyl ion uptake from aqueous solutions by chemically crosslinked polyelectrolyte CAMA hydrogels. Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Erdener KARADAĞ, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, 46: 775-780, 2007.
5. Swelling and dye sorption studies of acrylamide/2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid/bentonite highly swollen composite hydrogels. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ, *Reactive & Functional Polymers*, 68: 458-473, 2008.

6. Water uptake and dye sorption studies of chemically crosslinked highly swollen novel ternary acrylamide based hydrogels including citraconic acid and sodium acrylate. Ömer Barış ÜZÜM, H. Berna DURUKAN, **Semiha KUNDAKCI**, Erdener KARADAĞ, *Poylmers for Advanced Technologies*, 19: 775-784, 2008.
7. A new composite sorbent for water and dye uptake: Highly swollen acrylamide /2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid /clay hydrogels crosslinked by 1,4-butanediol dimethacrylate. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ, *Polymer Composites*, 30: 29-37, 2009.
8. Behaviors of chemically crosslinked CAAMPS hydrogels in uptake of uranyl ions from aqueous solutions. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, 48(1): 69-74, 2009.
9. Equilibrium swelling studies of highly swollen acrylamide/thiosinamine hydrogels. Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Erdener KARADAĞ, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, 48: 152-157, 2009.
10. Water sorption and dye uptake studies of highly swollen AAm/AMPS hydrogels and semi-IPNs with PEG. Erdener KARADAĞ, **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, 48: 1217-1229, 2009.
11. Investigation of sorption/swelling characteristics of chemically crosslinked AAm/SMA hydrogels as biopotential sorbent. Erdener KARADAĞ, Tayfun KIRIŞTI, **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, *Journal of Applied Polymer Science*, 117: 1787-1797, 2010.
12. Equilibrium swelling characterization and dye uptake studies of acrylamide-co-methylenesuccinic acid hydrogels and semi-IPNs with PEG. **Semiha KUNDAKCI**, Hatice Güney Ögüt, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, 50: 947-956, 2011.
13. Behaviors of polyelectrolyte AAm/AMPS/Bentonite composite hydrogels in uptake of uranyl ions from aqueous solutions. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ, *Polymer Composite*, 32: 994-1001, 2011.

## B) Uluslararası Bildiriler

- 1) Swelling Characterization and Dye Sorption Studies of Novel Semi IPN's: Acrylamide/2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid/PEG hydrogels. Erdener KARADAĞ, **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM 20<sup>th</sup> Polymer Networks Group Meeting, Goslar, Germany, 2010.

- 2) Investigation of sorption/swelling characteristics of highly swollen AAm/AMPS/PEG composite hydrogels as biopotential sorbent. Erdener KARADAĞ, Nazife KAYA, **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM  
Second International Symposium: Frontiers in Polymer Science, Lyon, France, 2011.

### C) Ulusal Bildiriler

1. TMPTA ile Çapraz Bağlanmış Akrlamid/Sodyum Akrlat Kopolimerlerinin Şişme Özellikleri. Erdener KARADAĞ, **Semiha KUNDAKCI**, Yasemin ÇALDIRAN, Dursun SARAYDIN  
XV. Ulusal Kimya Kongresi, İstanbul, 2001.
2. Akrlamid/Maleik Asit Hidrojellerinin Şişmesine Trimetilolpropan Triakrlat ve 1,4-Butandiol Dimetakrlat'ın Etkisi. Erdener KARADAĞ, **Semiha KUNDAKCI**, Gülşen GÜVEN, Yasemin ÇALDIRAN, Dursun SARAYDIN  
XV. Ulusal Kimya Kongresi, İstanbul, 2001.
3. Kimyasal Çapraz Bağlanmış Akrlamid/Sodyum Akrlat Hidrojellerine Uranil İyonu Soğurumu. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Nevra ÖZTÜRK, M. Didem AKYÜZ, Dursun SARAYDIN, Erdener KARADAĞ  
V. Ulusal Kromatografi Kongresi, Eskişehir, 2004.
4. EGDMA ve NBisA ile Çapraz Bağlı Akrlamid/Krotonik Asit Hidrojellerinde Şişme. Erdener KARADAĞ, Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Dursun SARAYDIN  
Altıncı Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-6, İzmir 2004.
5. Poli(AAm-co-MA) Hidrojellerine Basic Violet 1 Soğurumu. **Semiha KUNDAKCI**, Erdener KARADAĞ, Ömer Barış ÜZÜM, Dursun SARAYDIN  
Altıncı Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-6, İzmir 2004.
6. Kimyasal Çapraz Bağlanmış AAm/AMPS Kopolimerlerinde Şişme Karakterizasyonu. Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Armağan ARMAĞAN, Erdener KARADAĞ  
XIX. Ulusal Kimya Kongresi, Kuşadası 2005.
7. Uranil İyonu Soğurumunda Kimyasal Çapraz Bağlanmış AAm/MA Kopolimerlerinin Kullanımı. Erdener KARADAĞ, Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Dursun SARAYDIN  
XIX. Ulusal Kimya Kongresi, Kuşadası 2005.
8. Glutaraldehit ve Divinilbenzen ile Çapraz Bağlı Akrlamid/Sodyum Akrlat Hidrojellerinde Şişme Özelliklerinin İncelenmesi. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Ayşe KARAKOLLU, Erdener KARADAĞ  
XIX. Ulusal Kimya Kongresi, Kuşadası 2005.

9. Thionin Soğurumunda AAm/SA/GL ve AAm/SA/DVB Hidrojellerinin Kullanımı. H. Berna DURUKAN, **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Ayşe KARAKOLLU, Erdener KARADAĞ  
XIX. Ulusal Kimya Kongresi, Kuşadası 2005.
10. Akrilamid/Tiyozinamin Hidrojellerinde Şişme Özelliklerinin Araştırılması. Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Mehmet Ali GÖKÇE, Erdener KARADAĞ  
I. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Ankara 2006.
11. Poli(AAm/AMPS/*Bentonit*) Kompozit Hidrojellerinde Şişme ve Karakterizasyon. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ  
I. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Ankara 2006.
12. TMPTA ve BDMA ile Çapraz Bağlanmış Akrilamid/N-vinilimidazol Kopolimerlerinde Su Soğurum Özelliklerinin Araştırılması. H. Berna DURUKAN, Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**, Tayfun KIRIŞTI, Erdener KARADAĞ  
I. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Ankara 2006.
13. AAm/AMPS/*Bentonit* Kompozit Hidrojellerine Sulu Çözeltilerinden Thionin Soğurumu. Erdener KARADAĞ, **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM  
I. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Ankara 2006.
14. Kimyasal Çapraz Bağlanmış Akrilamid/Metilensüksinik Asit Hidrojellerinde Şişme Karakterizasyonu. Hatice ÖGÜT, Erdener KARADAĞ, Ömer Barış ÜZÜM, **Semiha KUNDAKCI**  
I. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Ankara 2006.
15. Kimyasal Çapraz Bağlı AAm/AMPS/PEG Kopolimerlerinde Su Soğurum Özelliklerinin İncelenmesi. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ  
II. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Şanlıurfa 2008.
16. Kimyasal Çapraz Bağlı Akrilamid/Sitrakonik Asit/Sodyum Akriyat Terpolimerlerine Uranil İyonu Soğurumu. **Semiha KUNDAKCI**, H. Berna DURUKAN, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ  
XXII. Ulusal Kimya Kongresi, Magusa, KKTC 2008.
17. TMPTA ile Çapraz Bağlı Akrilamid/Sodyum Metakrilat Hidrojellerinde Şişme Karakterizasyonu. Erdener KARADAĞ, Tayfun KIRIŞTI, **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM  
XXII. Ulusal Kimya Kongresi, Magusa, KKTC 2008.
18. 1,3-Bütandiol Dimetakrilat ile Çapraz Bağlı AAm/AMPS/PEG Kopolimerlerinde Şişme Karakterizasyonu. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ  
XXIII. Ulusal Kimya Kongresi, Sivas 2009.

19. Çapraz Bağlı Akrilamid/2-Akrilamido-2-Metil-1-Propansülfonik Asit/Poli(Etilen Glikol) Yarı-IPN'lerine Toluidin Blue Soğurumu. **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM, Erdener KARADAĞ  
III. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Kocaeli, 2010.
20. AAm/AMPS/PEG Hidrojellerine Sulu Çözeltilerinden Thionin Soğurumu. Erdener KARADAĞ, **Semiha KUNDAKCI**, Ömer Barış ÜZÜM  
III. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Kocaeli, 2010.

#### D) Katıldığı Projeler

- a. Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenen ve 2005 yılında başlatılan “*Akrilamid İçeren Polimerik Hidrojel/Kil Kompozitlerin Hazırlanışı, Şişme Karakterizasyonları ve Yüzeye Soğurum Özelliklerinin Araştırılması*” (FEF 05 001) adlı yüksek lisans araştırma projesi Prof. Dr. Erdener KARADAĞ ile birlikte yürütülerek 2006 yılında sonlandırılmıştır.
- b. Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenen ve 2007 yılında başlatılan “*PEG Destekli Yeni Polielektrolit Hidrojellerin Sentezi, Değişik Ortamlardaki Şişme Karakterizasyonları ve Potansiyel Soğurum Özelliklerinin Araştırılması*” (FEF 07 016) adlı kişisel araştırma projesi Prof. Dr. Erdener KARADAĞ ile birlikte yürütülerek 2009 yılında sonlandırılmıştır.
- c. Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenen ve 2010 yılında başlatılan “*Jelatin, Akrilamid, Poli(Etilen Glikol) ve Poli(Vinil Alkol) Esaslı Yeni Polimerik Taşıyıcı ve Soğurucularda Biyopotansiyel Kullanım Kapasitelerinin Araştırılması*” (FEF 10 008) adlı doktora araştırma projesi Prof. Dr. Erdener KARADAĞ ile birlikte yürütülerek 2011 yılında sonlandırılmıştır.
- d. Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenen ve 2011 yılında başlatılan “*Yeni İç İç Geçmiş Ağ Yapılı Polimerlerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Soğurum Kapasitelerinin Araştırılması*” (FEF 11 008) adlı kişisel araştırma projesi Yrd. Doç. Dr. Ömer Barış ÜZÜM ile birlikte halen devam etmektedir.

## **İŞ DENEYİMİ**

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Milli Eğitim Bakanlığı, 1994-1998  
Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat  
Fakültesi Kimya Bölümü, 1998- devam ediyor.

## **İLETİŞİM**

E-posta Adresi : skundakci@adu.edu.tr

Tarih :



