



**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI
KİM – DR – 2008- 0002**

**YENİ AKRİLAMİD ESASLI ANYONİK
IPN'LERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU
VE ŞİŞME/SOĞURUM/DENETİMLİ SALINIM
POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ömer Barış ÜZÜM

**DANIŞMAN:
Prof. Dr. Erdener KARADAĞ**

AYDIN-2008

**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI
KİM – DR – 2008- 0002**

**YENİ AKRİLAMİD ESASLI ANYONİK
IPN'LERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU
VE ŞİŞME/SOĞURUM/DENETİMLİ SALINIM
POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

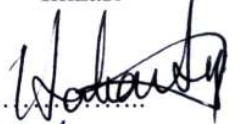
Ömer Barış ÜZÜM

**DANIŞMAN:
Prof. Dr. Erdener KARADAĞ**

AYDIN-2008

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Kimya Anabilim Dalı Doktora Programı öğrencisi Ömer Barış ÜZÜM tarafından hazırlanan “Yeni Akrilamid Esaslı Anyonik IPN’lerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Şişme/Soğurum/Denetimli Salınım Potansiyellerinin Araştırılması” başlıklı tez, 27.11.2008 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Unvanı Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan: Doç. Dr. Hakan AYHAN	Muğla Ü. FEF Kimya Bölümü	
Üye : Prof. Dr. Erdener KARADAĞ	ADÜFEF Kimya Bölümü	
Üye : Doç. Dr. Sinan AKGÖL	ADÜFEF Kimya Bölümü	
Üye : Yrd. Doç. Dr. Kubilay METİN	ADÜFEF Biyoloji Bölümü	
Üye : Doç. Dr. Yüksel ŞAHİN	ADÜFEF Kimya Bölümü	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Doktora Tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun sayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Serap AÇIKGÖZ
Enstitü Müdürü

İntihal Beyan Sayfası

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Adı Soyadı: Ömer Barış ÜZÜM

İmza:

ÖZET

Doktora Tezi

YENİ AKRİLAMİD ESASLI ANYONİK IPN'LERİN SENTEZİ, KARAKTERİZASYONU VE ŞİŞME/SOĞURUM/DENETİMLİ SALINIM POTANSİYELLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ömer Barış ÜZÜM

Adnan Menderes Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erdener Karadağ

Bu çalışmada, yardımcı monomer olarak sodyum akrilat, sodyum metakrilat ve sodyum stiren sülfonat içeren akrilamid esaslı anyonik yarı-IPN'ler ve hidrojeller sentezlenmiştir. Yarı-IPN sentezi için düz zincirli poli(etilen glikol) kullanılmıştır. Yarı-IPN'ler ve hidrojeller, poli(etilen glikol)diakrilat ve poli(etilen glikol)dimetakrilat gibi çapraz bağlayıcılar kullanılarak, çözelti ortamında serbest radikal polimerleşmesi ile hazırlanmıştır.

Kimyasal çapraz bağlı kopolimerlerin yapısal karakterizasyonu Fourier Transform İnfrared Spektroskopisi (FT-IR) analizi ile yapılmıştır. Isısal karakterizasyon için çapraz bağlı kopolimerlerin diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analizleri yapılarak camsı geçiş sıcaklığı T_g değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yüzey gözenekliliği hakkında bilgi edinebilmek için SEM fotoğrafları çekilmiştir.

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.

Çapraz bağı kopolimerlerin soğurum özelliklerinin araştırılması amacıyla, model molekül olarak janus green B seçilmiştir. Sentezlenen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin janus green B boyarmaddesini sulu çözeltilerden yüksek oranda soğurdukları belirlenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde, etkin madde taşıyan yarı-IPN'ler ve hidrojeller sentezlenmiştir. Etkin madde olarak resorsinol seçilmiştir. Sabit sıcaklıkta, resorsinol taşıyan yarı-IPN'lerden ve hidrojellerden etkin madde salınımı araştırılmıştır.

2008, 162 sayfa

Anahtar Sözcükler: İç içe geçmiş ağ yapılı polimer, hidrojel, su soğurumu, yüzeye soğurum, salınım, janus green B, resorsinol.

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

**SYNTHESIS, CHARACTERIZATION OF NEW
ACRYLAMIDE BASED ANIONIC IPNs AND INVESTIGATION OF
SWELLING/SORPTION/CONTROLLED RELEASE POTENTIALS**

Ömer Barış ÜZÜM

Adnan Menderes University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Chemistry

Supervisor: Prof. Dr. Erdener Karadağ

In this study, acrylamide based anionic semi-IPNs and hydrogels containing sodium acrylate, sodium methacrylate and sodium styrene sulfonate as comonomers are synthesized. For semi-IPN synthesis, linear chain poly(ethylene glycol) was used. Semi-IPNs and hydrogels were prepared by free radical polymerization in aqueous solution using poly(ethylene glycol)diacrylate and poly(ethylene glycol)dimethacrylate as crosslinkers.

Structural characterization of chemically crosslinked polymers was made by Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR) analysis. For thermal characterization of crosslinked copolymers, glassy transition temperatures, T_g values were tried to determine by using differential scanning calorimetry (DSC). Scanning electron microscopy (SEM) images were taken for determination of surface porosity of semi-IPN's 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.

For the aim of investigation of adsorption properties of crosslinked copolymers, janus green B was chosen as model molecule. It was determined that semi-IPNs and hydrogels adsorbed dye of janus green B from aqueous solutions in high level.

At the last part of the study, semi-IPNs and hydrogels carrying active substance were synthesis. Resorcinol was chosen as active substance. At constant temperature, release of active substance from semi-IPNs and hydrogels carrying resorcinol was investigated.

2008, 162 pages

Key words: Interpenetrating polymer network, hydrogel, water sorption, adsorption, release, janus green B, resorcinol.

ÖNSÖZ

Çapraz bağlı ve hidrofilik polimerler olarak bilinen yarı-IPN'ler ve hidrojeller, yüksek su tutma kapasiteleri nedeniyle, adsorpsiyon ve denetimli salınım sistemleri için oldukça uygun sistemlerdir. Bu sebeple, su saflaştırma, ağır metal/boyarmadde uzaklaştırılması, petrol ve yağ içerikli endüstriyel atıklardan suyun uzaklaştırılması gibi uygulamalarda bu tür sistemler yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, akrilamid esaslı yarı-IPN'ler ve hidrojeller hazırlanarak, kirletici türlerin sulu ortamlardan uzaklaştırılmasında ve etkin madde salınımında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Lisansüstü eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini bana aktaran, tez konusunun seçiminde ve yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen, bilgi üreten ve ürettiklerini benimle paylaşan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Erdener KARADAĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımı yürütebilmek için ihtiyaç duyduğum imkanları bana sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümüne ve FBE 08 034 no'lu araştırma projeme kaynak sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkür ederim.

DSC analizlerinin yapılabilmesi için Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Radyasyon ve Polimer Bilim Laboratuvarları'nın olanaklarından faydalanmamı sağlayan Sayın Prof. Dr. Olgun GÜVEN'e ve analizlerin yapılmasında çok emeği geçen Dr. Cengiz UZUN'a, SEM görüntülerinin alınmasında olanaklarından yararlandığım Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'ne ve görüntülemeye bana yardımcı olan Fizik Mühendisi Emre TANIR'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarım sırasında fikirlerini ve yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşım Arş. Gör. Semiha KUNDAKCI'ya çok teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde en büyük emek sahipleri olan, annem Melek ÜZÜM ve babam Nuri ÜZÜM'e, ilgi, destek ve sevgilerini daima hissettirdikleri için çok teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında büyük fedakarlık göstererek bana destek olan sevgili eşim Arş. Gör. Dr. Nazan ÜZÜM ve canım oğlum Deniz Emre ÜZÜM'e ihtiyaç duyduğum her an yanımda oldukları için sonsuz teşekkürler.

Ömer Barış ÜZÜM

İÇİNDEKİLER

KABUL ve ONAY SAYFASI	i
İNTİHAL BEYAN SAYFASI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxiv
EKLER DİZİNİ.....	xxvii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	6
2.1. ÇAPRAZ BAĞLI POLİMERLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	6
2.1.1. Polimerlerin sınıflandırılması ve sentez.....	6
2.1.1.1. Kondenzasyon (basamaklı) polimerleşmesi.....	6
2.1.1.2. Katılma (zincir) polimerleşmesi.....	7
2.1.2. Kopolimerleşme.....	9
2.1.3. Çapraz bağlanma.....	10
2.1.4. Hidrojeller.....	11
2.1.5. İç içe geçmiş ağ yapılı polimerler (IPN)	13
2.1.5.1. IPN'lerin sınıflandırılması.....	13
2.1.6. IPN ve hidrojel sentezi.....	14

2.1.6.1. Kimyasal çapraz bağlanma ile IPN ve hidrojel sentezi.....	16
2.1.7. Suyun konumu.....	17
2.2. IPN ve HİDROJEL KARAKTERİZASYONU.....	18
2.2.1. Spektroskopik karakterizasyon.....	18
2.2.2. Isısal karakterizasyon.....	18
2.2.3. Şişme karakterizasyonu ve difüzyon türü.....	19
2.3. IPN'LERİN ve HİDROJELLERİN KULLANIM ALANLARI.....	23
2.3.1. IPN'lerin ve hidrojellerin adsorban olarak kullanımı.....	23
2.3.2. Potansiyel su kirliliği.....	24
2.3.3. Su kirliliğinin giderilmesi.....	24
2.3.4. Adsorpsiyon.....	25
2.3.5. Adsorpsiyon izotermi.....	26
2.3.6. Denge adsorpsiyon çalışmaları.....	27
2.3.7. Boyarmadde uzaklaştırılması.....	28
2.3.8. Etkin madde salınımı.....	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	32
3.1. KULLANILAN KİMYASALLAR.....	32
3.2. ÇAPRAZ BAĞLI KOPOLİMERLERİN SENTEZLENMESİ.....	34
3.2.1. Yarı-IPN'lerin sentezi	34
3.2.2. Değişen oranlarda PEG içeren yarı-IPN sentezi.....	36
3.2.3. Akrilamid esaslı hidrojellerin sentezi.....	38
3.3. YARI-IPN ve HİDROJEL KARAKTERİZASYONU.....	41

3.3.1. Spektroskopik analiz.	41
3.3.2. Isısal analiz.....	41
3.3.3. Şişme karakterizasyonu.....	41
3.3.4. SEM fotoğrafları.....	42
3.4. BOYARMADDE SOĞURUMU.....	42
3.5. ETKİN MADDE SALINIM ÇALIŞMALARI.....	43
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	45
4.1. ÇAPRAZ BAĞLI POLİMERLERİN HAZIRLANMASI.....	45
4.2. SPEKTROSKOPİK KARAKTERİZASYON.....	49
4.3. İSİSAL KARAKTERİZASYON.....	55
4.4. ŞİŞME KARAKTERİZASYONU.....	58
4.4.1. Denge şişme değerleri.....	58
4.4.2. Şişmeye çapraz bağlayıcı etkisi.....	80
4.4.3. Dengede su içeriği.....	80
4.4.4. Şişme kinetiği.....	82
4.4.5. Suyun difüzyonu.....	95
4.5. SEM FOTOĞRAFLARI.....	109
4.6. YÜZEYE SOĞURUM.....	111
4.7. ETKİN MADDE SALINIMI.....	130
5. SONUÇLAR.....	138
KAYNAKLAR.....	144

EKLER.....	156
ÖZGEÇMİŞ.....	157

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simge	Açıklama
AAm	Akrilamid
AAm/SA	Akrilamid/sodyum akrilat
AAm/SA/PEG	Akrilamid/sodyum akrilat/poli(etilen glikol)
AAm/SA/PEG/PEGDA	Poli(etilen glikol)diakrilat ile çapraz bağlı akrilamid/sodyum akrilat/poli(etilen glikol)
AAm/SA/PEG/PEGDMA	Poli(etilen glikol)dimetakrilat ile çapraz bağlı akrilamid/sodyum akrilat/poli(etilen glikol)
AAm/SMA	Akrilamid/sodyum metakrilat
AAm/SMA/PEG	Akrilamid/sodyum metakrilat/poli(etilen glikol)
AAm/SMA/PEG/PEGDA	Poli(etilen glikol)diakrilat ile çapraz bağlı akrilamid/sodyum metakrilat/poli(etilen glikol)
AAm/SMA/PEG/PEGDMA	Poli(etilen glikol)dimetakrilat ile çapraz bağlı akrilamid/sodyum metakrilat/poli(etilen glikol)
AAm/SSS	Akrilamid/sodyum stiren sülfonat
AAm/SSS/PEG	Akrilamid/sodyum stiren sülfonat/poli(etilen glikol)
AAm/SSS/PEG/PEGDA	Poli(etilen glikol)diakrilat ile çapraz bağlı akrilamid/sodyum stiren sülfonat/poli(etilen glikol)
AAm/SSS/PEG/PEGDMA	Poli(etilen glikol)dimetakrilat ile çapraz bağlı akrilamid/sodyum stiren sülfonat/poli(etilen glikol)
APS	Amonyum persülfat
%Ads	Yüzde adsorpsiyon
C	Çözeltinin başlangıç derişimi
C_b	Hidrojel tarafından adsorplanan madde miktarı
cm	Santimetre
C_s	Çözeltinin denge derişimi
D	Difüzyon katsayısı
dak	Dakika
dS/dt	Şişme hızı
DSC	Diferansiyel taramalı kalorimetri (Differential scanning calorimetry)

DSI	Dengede sıvı içeriği
F	Şişme kesri
FT-IR	Fourier Transform İnfrared Spektroskopisi
g	Gram
g_d	Denge anında çözeltide bulunan RS kütlesi
g_o	RS'nin başlangıç kütlesi
IPN	İç içe geçmiş ağ yapılı polimer (Interpenetrating Polymer Networks)
JGB	Janus green B
k	Difüzyon sabiti
K_d	Dağılma katsayısı
k_s	Şişme hız sabiti
m	Hidrojelin kütlesi
M	Molar
M_d	Dengedeki jelin içerdiği çözücü kütlesi
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mmol	Milimol
M_n	Sayıcı ortalama mol kütlesi
M_t	t anında jelin içerdiği çözücü kütlesi
n	Difüzyon üsteli
nm	Nanometre
q	1,0 g hidrojel tarafından soğurulan madde miktarı
q_s	1,0 g kopolimerden salınan etkin madde miktarı
PEG	Poli(etilen glikol)
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)
SMA	Sodyum metakrilat
S_{mak}	Jelin denge anındaki 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
v	Hacim (mL)
W_d	Dengedeki (şişmiş) polimerin kütlesi
W_t	t süre sonraki şişmiş polimerin kütlesi
W_0	Kuru polimer kütlesi
λ_{mak}	Maksimum dalgaboyu
π	pi sayısı, (3,141592654)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Vinil monomeri için katılma polimerleşmesinin büyüme basamağı mekanizmaları.....	7
Şekil 2.2 Çapraz bağlanma tepkimeleri.....	11
Şekil 2.3 Çapraz bağlı hidrojelin yapısı.....	12
Şekil 2.4 IPN ve SIN sentezinin şematik gösterimi.....	13
Şekil 2.5 Çapraz bağlı polimerlerin sentezinde görülebilen üç durumun şematik gösterimi.....	15
Şekil 2.6 Etkin madde salınım sistemlerinde görülen bazı uygulamalar.....	31
Şekil 3.1 Çapraz bağlı kopolimerlerin hazırlanması, şişme, soğurum ve etkin madde salınımı çalışmaları.....	44
Şekil 4.1 Monomerlerin ve kopolimerlerin kimyasal yapısı.....	46
Şekil 4.2 PEGDA'nın kimyasal yapısı ve bağlanma noktaları.....	47
Şekil 4.3 PEGDMA'nın kimyasal yapısı ve bağlanma noktaları.....	47
Şekil 4.4 Yarı-IPN ve hidrojel yapılarının şematik gösterimi.....	48
Şekil 4.5 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SA hidrojellerinin FT-IR spektrumu.....	49
Şekil 4.6 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SA hidrojellerinin FT-IR spektrumu.....	49
Şekil 4.7 PEGDA ve PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumu.....	50
Şekil 4.8 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SMA hidrojellerinin FT-IR spektrumu.....	51
Şekil 4.9 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SMA hidrojellerinin FT-IR spektrumu.....	51

Şekil 4.10 PEGDA ve PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumu.....	52
Şekil 4.11 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SSS hidrojellerinin FT-IR spektrumu.....	53
Şekil 4.12 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SSS hidrojellerinin FT-IR spektrumu.....	53
Şekil 4.13 PEGDA ve PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumu.....	54
Şekil 4.14 PEGDA ile çapraz bağlı SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin DSC eğrileri.....	55
Şekil 4.15 PEGDMA ile çapraz bağlı SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin DSC eğrileri.....	56
Şekil 4.16 PEGDMA ile çapraz bağlı SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin DSC eğrileri.....	56
Şekil 4.17 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	59
Şekil 4.18 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin şişme izotermi.....	59
Şekil 4.19 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	60
Şekil 4.20 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin şişme izotermi.....	60
Şekil 4.21 AAm/SA/PEG/PEGDA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	62
Şekil 4.22 AAm/SA/PEGDA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	62
Şekil 4.23 AAm/SA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	63
Şekil 4.24 AAm/SA/PEGDMA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	63

Şekil 4.25 PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	64
Şekil 4.26 PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	64
Şekil 4.27 AAm/SA/PEG/PEGDA ve AAm/SA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin şişmiş görünümleri.....	65
Şekil 4.28 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	66
Şekil 4.29 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin şişme izotermi.....	66
Şekil 4.30 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	67
Şekil 4.31 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin şişme izotermi.....	67
Şekil 4.32 AAm/SMA/PEG/PEGDA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	69
Şekil 4.33 AAm/SMA/PEGDA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	69
Şekil 4.34 AAm/SMA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	70
Şekil 4.35 AAm/SMA/PEGDMA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	70
Şekil 4.36 PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	71
Şekil 4.37 PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	71
Şekil 4.38 AAm/SMA/PEG/PEGDA ve AAm/SMA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin şişmiş görünümleri.....	72

Şekil 4.39 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	73
Şekil 4.40 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin şişme izotermi.....	73
Şekil 4.41 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	74
Şekil 4.42 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin şişme izotermi.....	74
Şekil 4.43 AAm/SSS/PEG/PEGDA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	76
Şekil 4.44 AAm/SSS/PEGDA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	76
Şekil 4.45 AAm/SSS/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	77
Şekil 4.46 AAm/SSS/PEGDMA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri.....	77
Şekil 4.47 PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	78
Şekil 4.48 PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi.....	78
Şekil 4.49 AAm/SSS/PEG/PEGDA ve AAm/SSS/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin şişmiş görünümleri.....	79
Şekil 4.50 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	82
Şekil 4.51 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri.....	83
Şekil 4.52 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	83
Şekil 4.53 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri.....	84

Şekil 4.54 PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	85
Şekil 4.55 PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	85
Şekil 4.56 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	87
Şekil 4.57 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri.....	87
Şekil 4.58 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	88
Şekil 4.59 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri.....	88
Şekil 4.60 PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	89
Şekil 4.61 PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	90
Şekil 4.62 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	91
Şekil 4.63 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri.....	91
Şekil 4.64 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	92
Şekil 4.65 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri.....	92
Şekil 4.66 PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	93
Şekil 4.67 PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri.....	94

Şekil 4.68 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	95
Şekil 4.69 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	96
Şekil 4.70 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	96
Şekil 4.71 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	97
Şekil 4.72 PEGDA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F-lnt$ değişimi.....	98
Şekil 4.73 PEGDMA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F-lnt$ değişimi.....	98
Şekil 4.74 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	100
Şekil 4.75 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	100
Şekil 4.76 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	101
Şekil 4.77 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	101
Şekil 4.78 PEGDA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F-lnt$ değişimi.....	102
Şekil 4.79 PEGDMA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F-lnt$ değişimi.....	103
Şekil 4.80 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	104
Şekil 4.81 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinde $\ln F-lnt$ değişimi.....	104

Şekil 4.82 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi.....	105
Şekil 4.83 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi.....	105
Şekil 4.84 PEGDA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F$ - $\ln t$ değişimi.....	106
Şekil 4.85 PEGDMA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F$ - $\ln t$ değişimi.....	107
Şekil 4.86 Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin SEM fotoğrafları.....	109
Şekil 4.87 Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin SEM fotoğrafları.....	110
Şekil 4.88 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu.....	112
Şekil 4.89 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerine JGB soğurumu.....	112
Şekil 4.90 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu.....	113
Şekil 4.91 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerine JGB soğurumu.....	113
Şekil 4.92 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	114
Şekil 4.93 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	114
Şekil 4.94 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	115
Şekil 4.95 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	115
Şekil 4.96 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu.....	116

Şekil 4.97 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerine JGB soğurumu.....	116
Şekil 4.98 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu.....	117
Şekil 4.99 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerine JGB soğurumu.....	117
Şekil 4.100 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	118
Şekil 4.101 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	118
Şekil 4.102 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	119
Şekil 4.103 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	119
Şekil 4.104 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu.....	120
Şekil 4.105 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerine JGB soğurumu.....	120
Şekil 4.106 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu.....	121
Şekil 4.107 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerine JGB soğurumu.....	121
Şekil 4.108 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	122
Şekil 4.109 PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	122
Şekil 4.110 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	123

Şekil 4.111 PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümüleri.....	123
Şekil 4.112 PEGDA ile çapraz bağlı, SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiğı.....	131
Şekil 4.113 PEGDMA ile çapraz bağlı, SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiğı	131
Şekil 4.114 PEGDA ile çapraz bağlı, SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiğı.....	132
Şekil 4.115 PEGDMA ile çapraz bağlı, SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiğı.....	132
Şekil 4.116 PEGDA ile çapraz bağlı, SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiğı.....	133
Şekil 4.117 PEGDMA ile çapraz bağlı, SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiğı.....	133
Şekil 4.118 PEGDA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerin ve AAm/SA hidrojellerin salınım öncesi ve sonrası görünümüleri.....	135
Şekil 4.119 PEGDMA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerin ve AAm/SA hidrojellerin salınım öncesi ve sonrası görünümüleri.....	135
Şekil 4.120 PEGDA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerin ve AAm/SMA hidrojellerin salınım öncesi ve sonrası görünümüleri.....	136
Şekil 4.121 PEGDMA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerin ve AAm/SMA hidrojellerin salınım öncesi ve sonrası görünümüleri.....	136
Şekil 4.122 PEGDA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerin ve AAm/SSS hidrojellerin salınım öncesi ve sonrası görünümüleri.....	137
Şekil 4.123 PEGDMA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerin ve AAm/SSS hidrojellerin salınım öncesi ve sonrası görünümüleri.....	137

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Etkin madde salabilen polimerik sistemlerin sınıflandırılması.....	30
Çizelge 3.1 Yarı-IPN üretiminde kullanılan maddelerin kimyasal formülleri ve kısaltmaları.....	32
Çizelge 3.2 Soğurum çalışmalarında kullanılan boyarmaddenin bazı özellikleri.....	33
Çizelge 3.3 Denetimli salınım çalışmalarında kullanılan etkin maddenin bazı özellikleri	33
Çizelge 3.4 Sentezi gerçekleştirilen çapraz bağlı polimerler.....	40
Çizelge 4.1 AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SA hidrojellerinin % S_d değerleri.....	61
Çizelge 4.2 AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde % S_d değerlerinin PEG miktarıyla değişimi.....	65
Çizelge 4.3 AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SMA hidrojellerinin % S_d değerleri.....	68
Çizelge 4.4 AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinde % S_d değerlerinin PEG miktarıyla değişimi.....	72
Çizelge 4.5 AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SSS hidrojellerinin % S_d değerleri.....	75
Çizelge 4.6 AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde % S_d değerlerinin PEG miktarıyla değişimi.....	79
Çizelge 4.7 Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin DSI değerleri.....	81
Çizelge 4.8 Farklı PEG içeriğine sahip yarı-IPN'lerin DSI değerleri.....	81
Çizelge 4.9 SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	84
Çizelge 4.10 AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	86

Çizelge 4.11 SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	89
Çizelge 4.12 AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	90
Çizelge 4.13 SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	93
Çizelge 4.14 AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler.....	94
Çizelge 4.15 SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları.....	97
Çizelge 4.16 AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları.....	99
Çizelge 4.17 SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları.....	102
Çizelge 4.18 AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları.....	103
Çizelge 4.19 SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları.....	106
Çizelge 4.20 AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları.....	107
Çizelge 4.21 SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri.....	124
Çizelge 4.22 AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri.....	125
Çizelge 4.23 SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri.....	125
Çizelge 4.24 AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri.....	126
Çizelge 4.25 SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri.....	126

Çizelge 4.26 AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri.....	127
Çizelge 4.27 Boyarmadde ile çapraz bağlı kopolimerler arasındaki etkileşimler.....	129
Çizelge 4.28 Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin $\%Sal$ değerleri.....	134

EKLER DİZİNİ

EK 1. Janus green B çözeltileri için kullanılan çalışma doğrusu.....156

EK 2. Resorsinol çözeltileri için kullanılan çalışma doğrusu.....156

1. GİRİŞ

İnsanlar tarafından yapılmış ürünlerin çeşitliliğinde, 1930’lardan başlamak üzere belirgin bir artış gözlenir. Bunun nedeni, polimer kimyasındaki gelişmelere bağlı olarak değişik plastik, lif, elastomer türlerinin sentetik yöntemlerle üretilmesi ve kullanıma sunulmasıdır. Temel yapıları polimer olan bu malzemelerin insanların yaşamlarını kolaylaştırıcı etkileri günümüzde de hızla sürmektedir (Saçak, 2008).

Polimerler; hafif, ucuz, mekanik özellikleri çoğu kez yeterli, kolay şekillendirilebilen, değişik amaçlarda kullanıma uygun, dekoratif, kimyasal açıdan inert ve korozyona uğramayan maddelerdir. Bu üstün özelliklerinden dolayı yalnız kimyacıların değil; makine, kimya, tekstil, endüstri ve fizik mühendisliği gibi alanlarda çalışanların da ilgisini çeken malzemelerdir. Tıp, biyokimya, biyofizik ve moleküler biyoloji açısından da polimerlerin önemi büyüktür. Bu değerlendirmeler ışığında polimer kimyası, kimya yanında yukarıda sözü edilen çoğu bilim alanını kapsayan ayrı bir bilim disiplini olarak görülmektedir (Saçak, 2008).

Polimerler, basit olarak, çok sayıda monomerin kovalent bağlarla birbirine bağlanması sonucu elde edilen uzun zincirlerden oluşmuş dev moleküller topluluğu ya da makromoleküllerdir. Polimeri oluşturan monomerlerin aynı türden olması ile “Homopolimer” oluşurken, değişik monomerlerden oluşan polimerler “Kopolimer” olarak nitelendirilir.

Kopolimer ya da homopolimer oluşurken, doğrusal ya da dallanmış yapıya sahip polimerik ürünlerin yanı sıra, seçilen tekniğe uygun olarak çapraz bağlı yapılar da oluşturulabilmektedir. Çapraz bağlı polimerler, üç boyutlu-ağ yapıda oldukları ve güçlü kovalent bağlarla birbirlerine bağlandıkları için hiçbir çözücüde çözünmezler (Güven *et al.*, 1999; Byrne *et al.*, 2002; Saraydın *et al.*, 2004; Kundakcı *et al.*, 2008; Üzümlü *et al.*, 2008).

Uygun seçilmiş çözücüler içinde bekletilen çapraz bağlı polimerler karakteristik “Şişme” davranışı gösterirler. Şişmiş durumda bulunan çapraz bağlı doğal ya da yapay polimerik ürün artık “Jel” olarak adlandırılır. Genel anlamda bünyesine çözücü alarak şişme yeteneğine sahip çapraz bağlı kopolimer ve homopolimerlere “Kserojel” denirken, içerisine kütlelerinin %20’sinden fazla “Su” alabilen çapraz bağlı polimerik materyaller “Hidrojel” olarak bilinirler (Berger *et al.*, 2004; Üzüm ve Karadağ, 2007a, b).

Hidrojel sentezinde pek çok yöntem kullanılmaktadır. Kimyasal çapraz bağlanma ile hidrojel sentezi, çapraz bağlayıcı madde kullanımı ile homopolimer ya da kopolimerin doğrudan çapraz bağlanması tekniğidir. Çözeltide yürütülen bu tepkimelerde genellikle sulu çözeltiler kullanılır. Monomerlerden çıkılarak sentez yapılabildiği gibi, polimerin doğrudan kullanılması ile de çapraz bağlı polimerler elde edilebilmektedir (Peppas ve Mikos, 1986; Güven *et al.*, 1999; Byrne *et al.*, 2002; Hennink ve Van Nostrum, 2002; Li *et al.*, 2002).

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 polimerlerden 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 polimerik sistemler elde edilmelidir. (Mishra *et al.*, 2007)

Günümüzde IPN’ler endüstride ve diğer alanlarda giderek artan uygulamalara sahiptir. IPN’ler ile ilgili çalışmalar sadece kimyasal açıdan değil, kimya mühendisliği, eczacılık, yiyecek endüstrisi, biyoloji, biyokimya ve tıp gibi diğer kullanım alanları açısından da oldukça önem kazanmıştır. (Bajpai *et al.*, 2001; Mishra *et al.*, 2007; Wei *et al.*, 2007; Üzüm ve Karadağ, 2007a, b).

IPN'lerin tıp, endüstri, biyoloji ve çevre temizliği alanlarındaki kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bir IPN'nin su tutabilme özelliği sadece makromoleküler yapısından değil, çevresindeki pH, sıcaklık, iyonik şiddet, manyetik alan, morötesi ışınımı gibi dış etkenlere de bağlıdır. Bu tür IPN'ler "aç ağ yapılar" ya da "akıllı polimerler" olarak bilinirler ve değişik geometrik şekillerde hazırlanma kolaylığı, yumuşak ve kauçuğumsu yapısı, canlı dokulara benzerliği, biyolojik sıvılarla uyum göstermesi, yerleştirildiği dokularda yeterli mekanik özellik göstermesi gibi eşsiz özellikleri bu tip polimerleri biyotıp alanındaki çalışmalarda vazgeçilmez kılmıştır. IPN'lerin biyotıp alanındaki en yaygın kullanımları; diyaliz membranlar, yapay implantlar, yara ve yanık örtü zarı yapımı ve denetimli salınım sistemleridir (Bajpai *et al.*, 2001).

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; Skoog ve Leary, 1992).

Isısal kararlılık, polimerik bir maddenin ısıtıldığında özelliklerini hiç değiştirmeden koruyabilme yeteneği olarak tanımlanır. Polimerlerin ısısal özelliklerinin araştırılmasında, özellikle de camsı geçiş sıcaklıklarının belirlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerden birisi diferansiyel taramalı kalorimetri (Differential Scanning Calorimetry, DSC) yöntemidir (Rabek, 1980).

Şişme davranışı gösteren ağ yapı 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 kütledeki ya da hacmindeki değişikliklerin zamanla değişiminin izlenmesi ile oluşturulur (Evmenenko *et al.*, 1999; Dolbow *et al.*, 2004).

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 (Karadağ *et al.*, 2002; Üzüm ve Karadağ, 2005, 2006; Üzüm *et al.*, 2006, 2008).

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 (Şahiner ve Jia, 2008).

Ağ yapılı polimerik sistemler yüksek oranda su tutma yeteneklerinden ötürü, adsorpsiyon için çok uygundurlar. 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 izotermeleri yardımıyla adsorpsiyon kapasitesi, yüzde adsorpsiyon ve dağılma katsayısı gibi parametreler hesaplanabilir (Karadağ ve Üzüm, 2005; Üzüm ve Karadağ, 2006; Kundakcı *et al.*, 2008).

Etkin maddelerin bir sistem içerisinden 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 hidrojeller kullanılır (Tao ve Desai, 2003).

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. Denetimli salınım sisteminin amacı, ilaç seviyesinin tek bir doz ile maksimum ve minimum düzeyler arasında kalmasını sağlamaktır.

Bu çalışmada, düz zincirli bir polimer varlığında akrilamid monomerinin yanına hidrofilik grupları olan yardımcı monomerlerin eklenmesiyle, kimyasal çapraz bağlı farklı özelliklerde yarı-IPN'lerin ve düz zincirli polimer içermeyen hidrojellerin sentezlenmeleri amaçlanmıştır. Yardımcı monomer olarak, “Sodyum Akrilat, (SA)”, “Sodyum Metakrilat, (SMA)” ve “Sodyum Stiren Sülfonat, (SSS)” gibi farklı kimyasal özelliklere sahip ve suda çözünebilen sodyum tuzları seçilmiştir. SA'nın vinil grubunda bulunan bir hidrojen yerine, SMA'da bir metil grubu bulunmaktadır. SSS'nin yapısında ise, vinil grubuna bağlı benzen sülfonik asidin sodyum tuzu yer almaktadır. Seçilen sodyum tuzları kullanılarak farklı özelliklere sahip yarı-IPN'ler ve hidrojeller sentezlenerek karşılaştırılmaları amaçlanmıştır.

Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin karakterizasyonları için spektroskopik, ısısal ve şişme karakterizasyonu yöntemleri kullanılmıştır. Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılması amacıyla “Janus Green B, (JGB)” boyarmaddesi kullanılarak sabit sıcaklıkta soğurum çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, etkin madde olarak “Resorsinol, (RS)” 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. ÇAPRAZ BAĞLI POLİMERLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1.1. Polimerlerin sınıflandırılması ve sentez

Polimerler, monomer olarak adlandırılan küçük mol kütleli birimlerin çok sayıda tekrarlanmasıyla oluşan yüksek mol kütleli yapılardır. Tek tipte bir monomerden oluştuğunda polimer (homopolimer) adını alan bu iri moleküller, birden fazla sayıda monomerden oluştuğunda “kopolimer” adını alır. Polimerler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler. Temel olarak, polimerlerin sentezinde kullanılan yöntemler ve mekanizmaları göz önüne alınarak kondenzasyon (basamaklı) polimerleşmesi ve zincir (katılma) polimerleşmesi olmak üzere iki grup altında incelenebilir (Seymour, 1971; Cowie, 1973; Rudin, 1982; Campbell, 1994; Saçak, 2008).

2.1.1.1. Kondenzasyon (basamaklı) polimerleşmesi

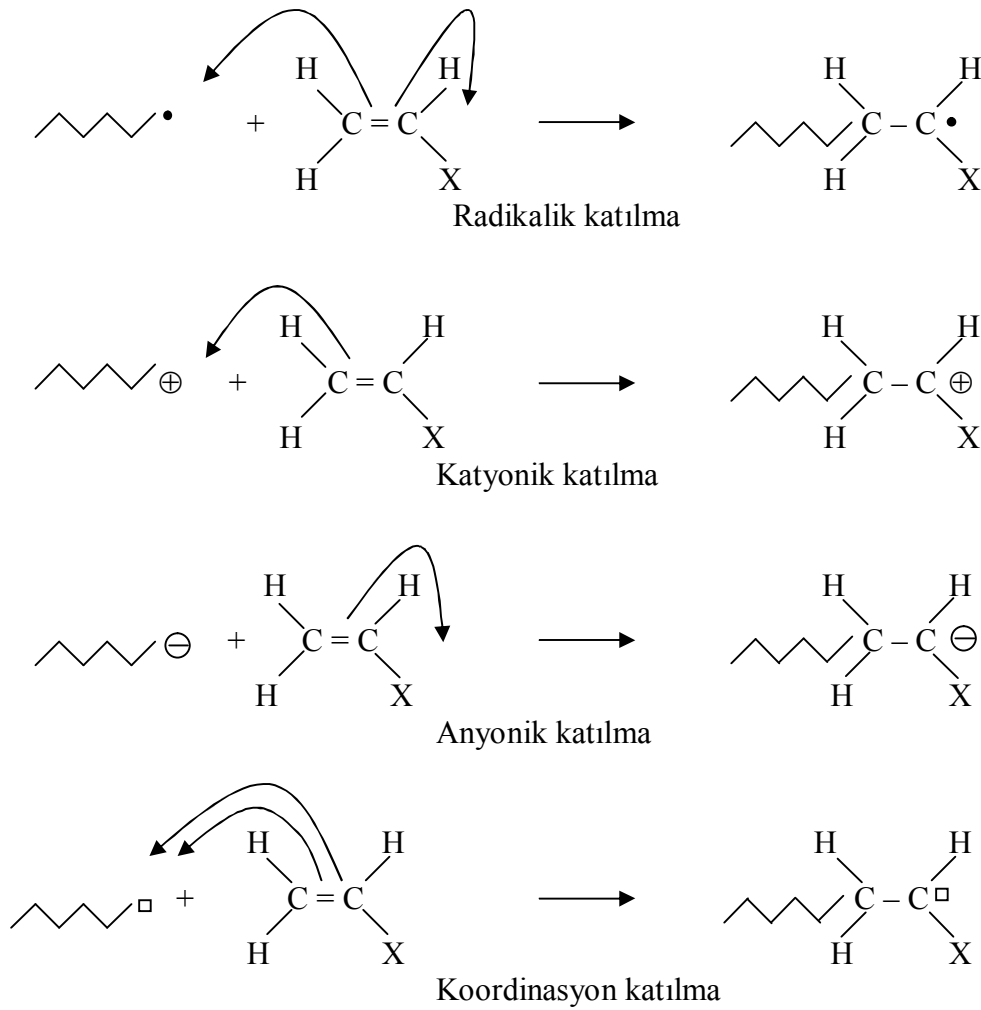
Kondenzasyon polimerleri benzer veya farklı yapıdaki polifonksiyonel monomerlerin, genellikle küçük bir molekül çıkararak tepkimeye girmesiyle elde edilir. $-OH$, $-COOH$, $-NH_2$, vb. gibi fonksiyonel gruplardan en az iki tane taşıyan monomerler, esterleşme ve amidleşme gibi tepkimelerle genellikle H_2O , NH_3 , CO_2 , N_2 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.

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.

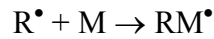
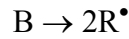
Bir vinil monomeri ($\text{CH}_2=\text{CHX}$) için katılma polimerleşmesinin büyüme basamağı mekanizması Şekil 2.1'deki gibi gösterilebilir (Campbel, 1994).



Şekil 2.1: Vinil monomeri için katılma polimerleşmesinin büyüme basamağı mekanizmaları
 $\rightarrow$; elektron yoğunluğunun yönünü, $\bullet$; çiftlenmemiş elektronu, $\square$; bir çift elektron için boşluğu göstermektedir.

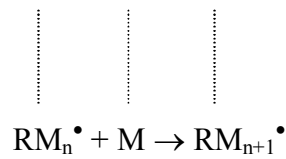
Serbest bir elektron taşıyan kimyasal türlere radikal adı verilir. Serbest radikal polimerleşmesi; radikallerle yürütülen katılma polimerleşmesi olup, başlama, büyüme ve sonlanma olmak üzere üç basamakta gelişir.

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 (azobisisobutironitril, trifenil azo benzen, vb) ve redoks başlatıcıları (alkil peroksit, aril peroksit ya da hidroperoksitler ile yükseltgenebilen metal iyonları) kullanılmaktadır. Başlama basamağı tepkimeleri;

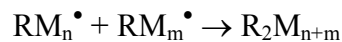


biçiminde gösterilebilir. B; başlatıcıyı, $R^{\bullet}$; radikali, M; monomeri ve $RM^{\bullet}$; monomer radikalini göstermektedir.

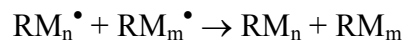
Büyüme basamağında, monomer radikale çok sayıda çarpışmalarla diğer monomerler katılır ve polimer zinciri hızla büyür;



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.

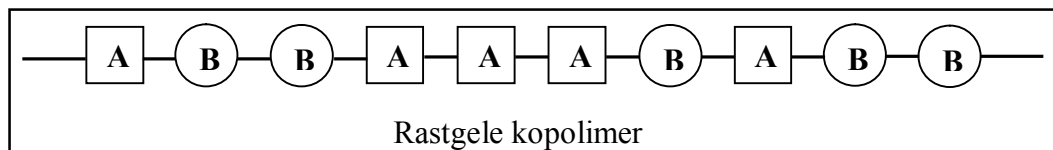
İyonik polimerleşme de serbest radikal polimerleşmesi gibi başlama, büyüme ve sonlanma basamaklarından oluşmaktadır. İyonik polimerleşmeyi başlatmak üzere bazik ya da asidik başlatıcılar kullanılır.

2.1.2. Kopolimerleşme

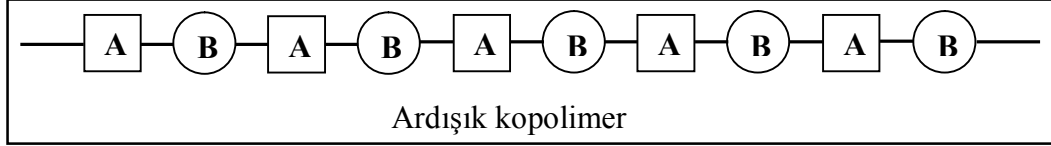
Tek tür monomerden çıkılarak sentezlenen polimerlere “Homopolimer” adı verilirken, zincirlerinde kimyasal yapısı farklı iki monomer bulunduran polimerler “Kopolimer” olarak adlandırılır. Hem kondenzasyon polimerleşmesi hem de zincir polimerleşmesi yöntemleri ile kopolimer sentezi gerçekleştirilebilir. Ancak, kopolimer sentezi için katılma polimerleşmesi daha uygundur ve ticari polimerlerin çoğu bu yöntemle üretilir (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).

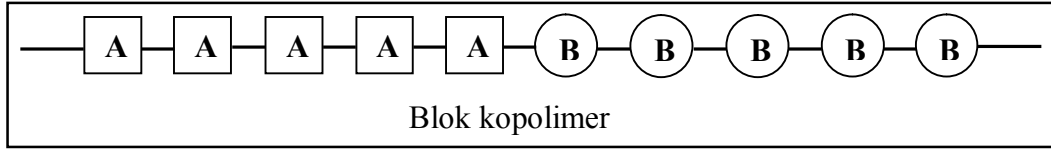
a) Rastgele kopolimer: Bu tip kopolimerlerde, A ve B monomer birimlerinin zincir boyunca sıralanmalarında belli bir düzen yoktur. Olefinlerin radikalik kopolimerleşmeleri genelde rastgele kopolimer verir. Rastgele kopolimerlerin özellikleri genellikle kendisini oluşturan homopolimerlerin özelliklerinden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



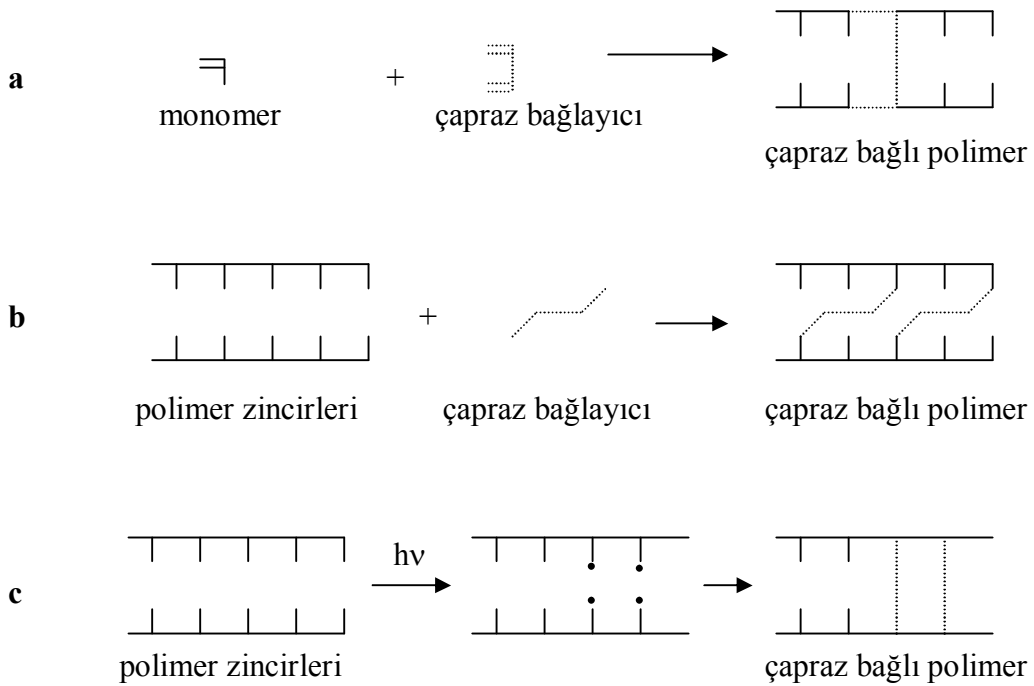
2.1.3. Çapraz bağlanma

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 2.2a), oluşmuş polimer zincirlerinin çapraz bağlayıcı ile kovalent bağlarla bağlanması şeklinde de (Şekil 2.2b) olabilmektedir. Ayrıca yüksek enerjili iyonlaştırıcı ışınlarla çapraz bağlayıcı kullanılmadan çapraz bağlanma gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 2.2c).

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.

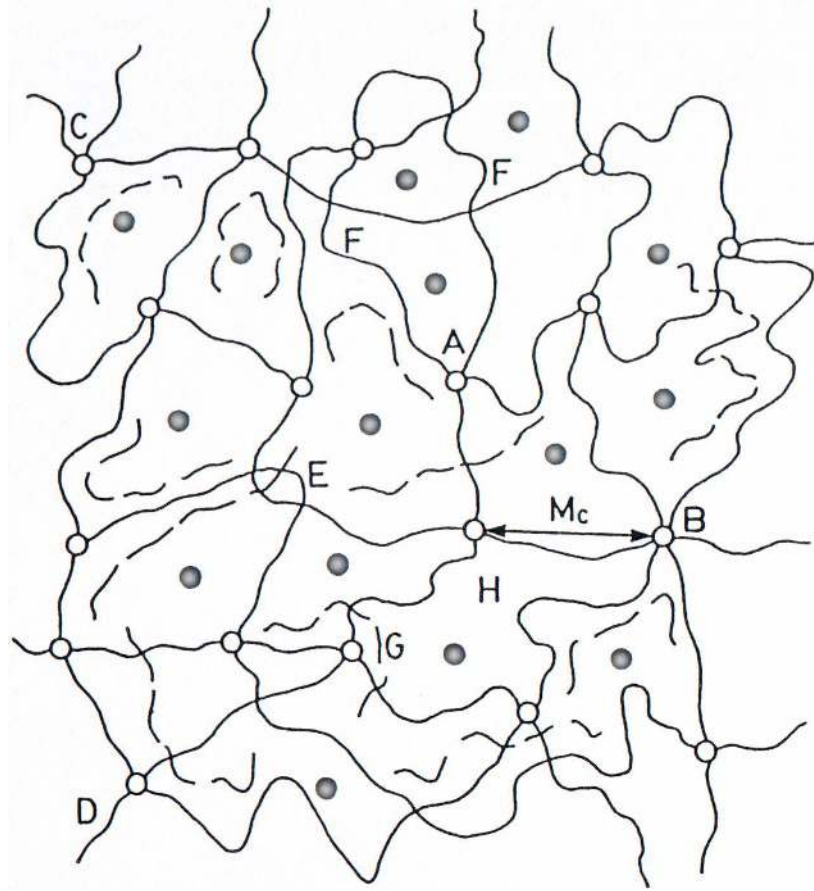


Şekil 2.2: Çapraz bağlanma tepkimeleri

2.1.4. Hidrojeller

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, susever olmaları nedeniyle hidrofil polimerler olarak da adlandırılırlar. Üç boyutta çapraz bağlanmalarla oluşan ağ yapıda bağlar kovalent ya da iyoniktir. Bir hidrojin çapraz bağlı yapısı Şekil 2.3'te verilmiştir.

Kimyasal ve fiziksel yapılarına bağlı olarak nötral hidrojel, iyonik hidrojel, 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 bağlı duruma geçen su nedeniyle çapraz bağlı polimer hacim ve kütle artışıyla şişmeye başlar. Çapraz bağlı polimerdeki susever grupların fazla sayıda olması daha fazla şişmeye sebep olur.



Şekil 2.3: Çapraz bağlı hidrojinin yapısı. A; Dört fonksiyonlu, B; Çok fonksiyonlu çapraz bağları göstermektedir. C ve D; Zincir uçlarıdır. E; Dolaşmış ve birbirine karışmış zincirleri göstermektedir. F; İki zincir takılmasını göstermektedir. G; Çapraz bağlanmamış küçük zincirleri gösterir. Mc; İki çapraz bağ merkezi arasındaki zincirin molekül kütlesidir. H; difüzyon için uygun olan çapraz bağlar arasındaki boşluk. •; Çapraz bağlar arasındaki boşluklara difüzyonlanan çözücü.

2.1.5. İç içe geçmiş ağ yapılı polimerler (IPN)

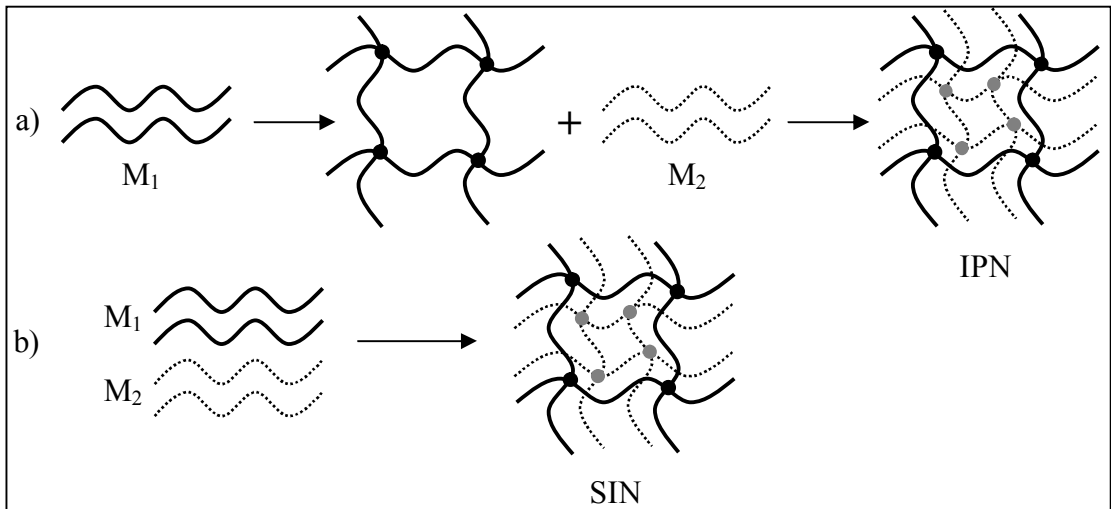
“İç içe geçmiş ağ yapılı polimerler” (Interpenetrating Polymer Network, IPN) kendisini oluşturan polimerlerden birisinin ya da tümünün çapraz bağlı olduğu, üç boyutlu ağ yapılarıdır. IPN’i oluşturan her bir ağ yapısı aynı anda ya da sonradan oluşturulabilir. IPN’deki ağ yapıları kimyasal olarak birbirlerine 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 (Bischoff ve Cray, 1999; Kosmala *et al.*, 2000; Bajpai *et al.*, 2001; Mishra *et al.*, 2007; Wei *et al.*, 2007).

2.1.5.1. 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 2.4a).

b) *Eş zamanlı iç içe geçmiş ağ yapılı polimerler (SIN)*: Her iki bileşenin monomerleri, çapraz bağlayıcıları ve başlatıcı eklenerek aynı anda polimerleşmeleri sağlanır. Oluşan polimerler, eş zamanlı IPN’ler olarak adlandırılır (Şekil 2.4b).



Şekil 2.4: IPN ve SIN sentezinin şematik gösterimi

İç içe geçmiş ağ yapılı 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 yapısıdır. 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).

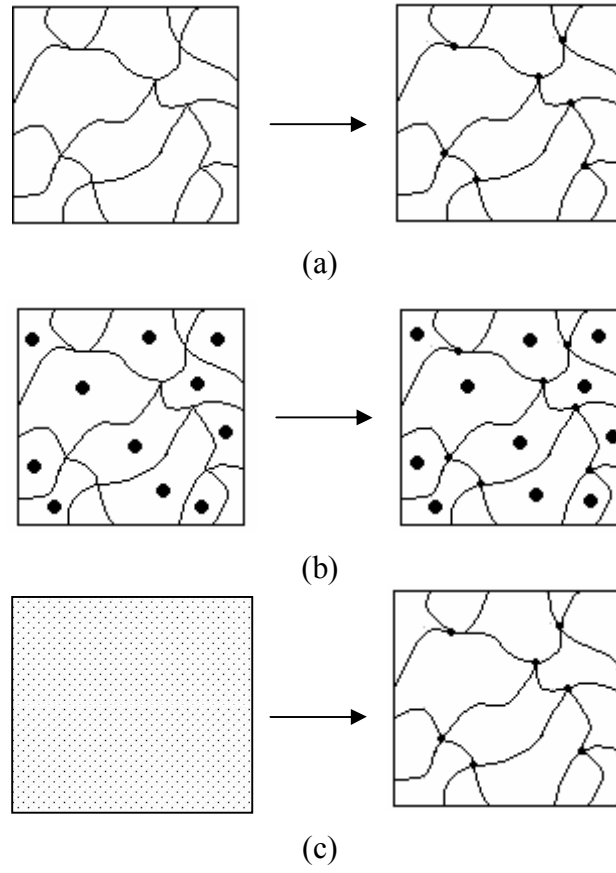
2.1.6. IPN ve hidrojel sentezi

Şişmiş ve hidrofilik gruplar içeren ağ yapılı polimerlerin sentezinde aşağıdaki teknikler izlenebilir (Tanaka, 1981; Gombotz ve Hoffmann, 1986; Peppas ve Mikos, 1986; Güven *et al.*, 1999; Hennink ve Van Nostrum, 2002; Saraydın *et al.*, 2004; Üzümlü ve Karadağ, 2007a, b).

❖ 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 2.5 düzenlenmiştir.



Şekil 2.5: Çapraz bağlı polimerlerin sentezinde görülebilen üç durumun şematik gösterimi

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

2.1.6.1. Kimyasal çapraz bağlanma ile IPN ve hidrojel sentezi

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; He *et al.*, 2000; Giammona *et al.*, 2001; Alvarez-Lorenzo ve Concheiro, 2002; Hennink ve Van Nostrum, 2002; Karadağ *et al.*, 2002; Karadağ ve Saraydın, 2002a, b; Kabiri *et al.*, 2003; Saraydın *et al.*, 2004; Kaşgöz *et al.*, 2005; Kaşgöz, 2006; Üzüm ve Karadağ, 2007a, b; Kundakcı *et al.*, 2008; Üzüm *et al.*, 2008).

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 (AIBN), amonyum persülfat (APS), potasyum persülfat (KPS), benzoil ve kumil peroksit gibi peroksitlerdir (Rudin, 1982; Bajpai ve Singh, 2006; Murthy *et al.*, 2006; Üzüm *et al.*, 2008).

Kopolimerleşme ve çapraz bağlanma tepkime mekanizması dört basamakta oluşur. Bu basamaklar; radikal oluşumu, başlama, monomer katılması ve çapraz bağlanma şeklindedir.

2.1.7. 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 kütleli 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 *et al.*, 1986; Ratner, 1987).

- ❖ *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.

2.2. IPN ve HİDROJEL KARAKTERİZASYONU

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

2.2.1. 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 (Skoog ve Leary, 1992).

2.2.2. Isısal karakterizasyon

Polimerik maddelerin kullanılabilirlik sınırlarını belirleyen en önemli büyüklüklerden birisi “ T_g ” ile simgelenen “camsı geçiş sıcaklığı”dır. T_g değerinin belirlenmesinde diferansiyel taramalı kalorimetri (Differential Scanning Calorimetry, DSC) yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. DSC; ısıtılan bir maddede referans maddeye göre oluşan fiziksel değişimler nedeniyle ortaya çıkan ısı akış hızını, başka bir ifadeyle ısı kapasitesini sıcaklığın ya da zamanın bir fonksiyonu olarak kaydeden bir tekniktir (Rabek, 1980; Saçak, 2008).

DSC yöntemi, IPN’leri oluşturan polimer zincirlerinin iç içe geçme derecesinin nitel olarak belirlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Ağ yapılı polimerlerin DSC eğrisinde birden fazla T_g değerinin gözlenmesi; fazlar arası ayrılmanın olduğunu, tek bir T_g değerinin bulunması ise; fazlardaki iç içe geçmenin daha iyi ve uyumlu olduğunu göstermektedir (Bischoff ve Cray, 1999).

Polimer zincirlerinin eğilip-bükülme hareketleri, polimer ana zincirlerini oluşturan bağlar etrafındaki dönme kolaylığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, ana zincirdeki bağların dönmesini etkileyen her türlü özellik T_g 'yi etkiler. Bu özellikler; zincir esnekliği, moleküler yapı (sterik etkiler), mol kütlesi, dallanma ve çapraz bağlanma başlıkları altında toplanabilir (Rabek, 1980; Saçak, 2008).

Çapraz bağlı polimerlerin T_g değerleri çapraz bağ yoğunluğundan oldukça fazla etkilenir. Polimer zincirleri arasındaki çapraz bağlar serbest hacmi azaltarak (yoğunluk artar) T_g 'nin yükselmesine neden olur. Çapraz bağ oranı düşük polimerler için T_g değeri belirlenebilir. Ancak, çapraz bağ oranı belli bir değeri geçtiğinde polimerin T_g 'sinden söz edilemez (Rabek, 1980; Saçak, 2008).

2.2.3. 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 *et al.*, 1992; Saraydın *et al.*, 2004; Üzüm *et al.*, 2008).

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 kütlesindeki ya da hacmindeki değişikliklerin zamanla değişiminin izlenmesi ile oluşturulur (Evmenenko *et al.*, 1999; Dolbow *et al.*, 2004; Üzüm ve Karadağ, 2005; Kundakcı *et al.*, 2008).

% 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 hidrojeller için dengede sıvı içeriği (dengede su içeriği) (DSI);

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

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;

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

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

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

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

eşitliği elde edilir. Eşitlikte $A(=1/S_{mak}^2 k_s)$; başlangıç şişme hızının ($1/r_o$) tersi, $B(=1/S_{mak})$ ise en büyük şişme değerinin tersidir. (Peniche *et al.*, 1997; Valles *et al.*, 2000; Azizian, 2004).

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). 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 *et al.*, 2004). 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).

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 *et al.*, 2000).

$$D = \pi r^2 (k/4)^n \quad (6)$$

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

2.3. IPN'LERİN ve HİDROJELLERİN KULLANIM ALANLARI

IPN'ler ve hidrojeller, çok iyi su tutabilme/suda-sulu ortamlarda şişebilme yeteneklerinden dolayı biyoteknoloji, biyomühendislik, biyomedikal bilimler, eczacılık, tarım, veterinerlik, yiyecek endüstrisi, telekominikasyon gibi alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Biyomateryal özelliğe sahip hidrojeller, 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 kıkırdak, safra kesesi ve yemek borusu yapımında, yara örtü/zarı-ameliyat ipliği ve buna benzer pek çok uygulamada etkin olarak kullanılırlar (Rosso *et al.*, 2003; Ekici ve Saraydın, 2004; Magnin *et al.*, 2004; Moradi *et al.*, 2004; Verestiuc *et al.*, 2004; Kundakcı *et al.*, 2008; Üzümlü *et al.*, 2008).

IPN'ler ve hidrojeller yüksek oranda su tutma yeteneklerinden ötürü, adsorpsiyon için çok uygundur. Bu sebeple hidrojeller; 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 atıkların denetlenmesi, telekominikasyonda korozyonun önlenmesi gibi alanlarda adsorban olarak kullanılırlar.

2.3.1. 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 (Saraydın ve Karadağ, 1996, 1998, 2000), sentetik inorganik silikajel olan Trisyl ise katyonik boyarmaddelerin tutulmasında kullanılmıştır (Karadağ *et al.*, 1997, 1998a, b).

Ağ yapılı, çapraz bağlı polimerik sistemler olan hidrojellerin çok iyi su tutucu olmalarının yanı sıra bazı uygulamalarda adsorplayıcı olarak kullanıldığı da bilinmektedir. Süper su tutucu olan akrilamid esaslı hidrojellerin bazı ağır metal iyonlarını ve bazı boyarmaddeleri, bu maddelerin sulu çözeltilerinden soğurumu araştırılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Üzüm ve Karadağ, 2006; Karadağ *et al.*, 2007; Üzüm *et al.*, 2007; Kundakcı *et al.*, 2008).

2.3.2. 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 radyoetkin kirleticilerdir (Rıfı *et al.*, 1995; Kioussis *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2002; Manju *et al.*, 2002; El-Hag Ali *et al.*, 2003; Hull *et al.*, 2004; Kara *et al.*, 2004; Üzüm *et al.*, 2007; Kundakcı *et al.*, 2008).

2.3.3. 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, nötralleştirme, 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 nötralleştirme
- ❖ 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 değiştiriciler ve hidrojeller) yapılan süzgeçten kirli su yavaş yavaş geçirilebileceği gibi bu maddelerle kirli su bir süre etkileştirilerek sudaki kirliliğin uzaklaştırılması sağlanabilir.

2.3.4. 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 gerçekleştiği yüzeye ise adsorplayıcı (adsorban) adı verilir. Farklı tipte ara yüzeylerde gerçekleşen farklı adsorpsiyon türleri kullanıldıkları alanlar için oldukça büyük öneme sahiptir.

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

Yüzey ile tutunan madde arasındaki dispersiyon ve polar etkileşimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkan fiziksel adsorpsiyon enerjisi en çok -20 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 kJ mol^{-1} civarındadır.

2.3.5. Adsorpsiyon izotermi

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 izoterm 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 ortamdan uzaklaştırılmasına dönük çalışmalar yaygın bir biçimde devam etmektedir. Çevre kirliliğinin azaltılmasına dönük bu işlemlerde polimerler ve türevleri de yoğun olarak kullanılmaktadır (Matsuda *et al.*, 1988; Saraydın *et al.*, 1996; Saraydın ve Karadağ, 1998; Manju *et al.*, 2002; Kilislioğlu, 2003; Missana *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2003; Üzüm ve Karadağ, 2006; Karadağ *et al.*, 2007; Üzüm *et al.*, 2007; Kundakcı *et al.*, 2008).

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

2.3.6. 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 *et al.*, 2003; Üzüm *et al.*, 2008).

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

Burada q , 1,0 g hidrojel tarafından soğurulan madde miktarıdır. Eşitlikte, C ; çözeltinin başlangıç derişimi, C_s ; çözeltinin denge derişimi, v ; çözelti hacmi ve m ; hidrojin kütlesidir. Bu şekilde hesaplanan q değerlerinin çözeltinin son derişimine karşı grafiğe geçirilmesi ile elde edilen izoterm, çapraz bağlı polimer ve çözeltideki çözünen madde arasında gerçekleşen adsorpsiyon hakkında bilgi verir.

Çözelti 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_b ; hidrojel tarafından adsorplanan madde miktarını verir ve $C_b = C - C_s$ eşitliği ile hesaplanır.

Çözünenlerin, bir sulu faz ve adsorplayıcı arasındaki dağılımları genellikle dağılma katsayısı ile tanımlanabilir. Çözünenin toplam derişimi ve soğurulan türlerin toplam derişimi ile ilişkili olan dağılma katsayısı, K_d , aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Schwarte ve Peppas, 1998; Şahiner *et al.*, 1998; Missana *et al.*, 2003; Kundakcı *et al.*, 2008).

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

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

2.3.7. Boyarmadde uzaklaştırılması

Boyarmaddeler uygulandığı malzemeye kalıcı biçimde rengini veren yoğun renkli ve karmaşık yapılu 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 sularda oluşturabilecekleri nötralleşme ya da yükseltgenme-indirgenme tepkimeleri sonucunda, suda çözünmüş olarak bulunan oksijen, gereksiz yere harcanır. Böylece suyun kimyasal oksijen gereksinimi (COD) artar (kimyasal oksijen gereksinimi sularda 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 yüzeye soğurma oldukça önemli bir yöntemdir. Yüzeye soğurma tekniği ile boyarmadde uzaklaştırılması yönteminde akrilamid esaslı çapraz bağlı polimerlerin kullanıldığı çok sayıda çalışma vardır (Saraydın *et al.*, 1995; Karadağ *et al.*, 1996a, b; Karadağ *et al.*, 1998a, b; Saraydın *et al.*, 2001; Üzümlü ve Karadağ, 2006; Karadağ *et al.*, 2007; Kundakcı *et al.*, 2008).

2.3.8. Etkin madde salınımı

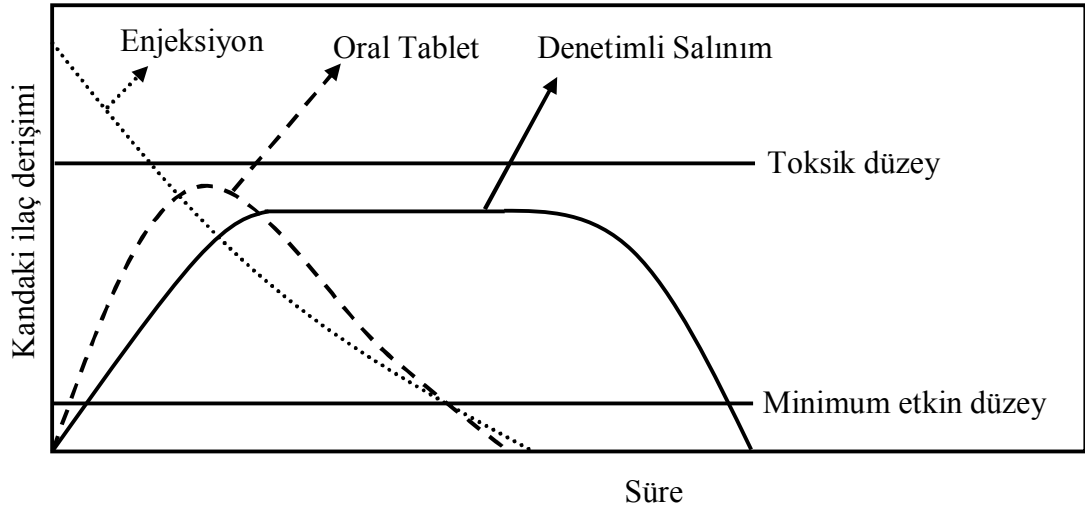
Etkin maddelerin katı polimer taşıyıcılarla birlikte kullanılması çalışmalarına 1950'lerde tarım ilaçları ile başlanmıştır. Gübreler ve böcek öldürücüler denetimli salınım yapan sistemlerde doğaya zarar vermeden düşük miktarlarda kullanılarak etkili sonuçlar alınmıştır. 1960'ların ortalarında bu denemeler 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 bağlı polimerlerin kullanıldığı çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Risbud *et al.*, 2000; Bajpai ve Rajpoot, 2001; Ekici ve Saraydın, 2004, 2007).

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 *et al.*, 1989).

Çizelge 2.1: Etkin madde salabilen polimerik sistemlerin sınıflandırılması

Salınım Mekanizmasına Göre	Uygulama Yeri Göre
<u>Difüzyon denetimli sistemler</u> Membran sistemler Matriks sistemler	İmplant sistemler Oküler sistemler Transdermal sistemler
<u>Kimyasal denetimli sistemler</u> Vücutta aşınan sistemler Zincire takılı sistemler	Oral sistemler Nazal sistemler Bukal sistemler
<u>Çözücünün harekete geçirdiği sistemler</u> Şişme denetimli sistemler Ozmotik denetimli sistemler	Rektal sistemler Vajinal 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 2.6). Polimer tarafından taşınan etkin maddenin salınım hızı, sıcaklık, pH, iyonik şiddet ve manyetik alan gibi dış etkenlerle kontrol edilerek bu amaca ulaşmak mümkündür.



Şekil 2.6: 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. KULLANILAN KİMYASALLAR

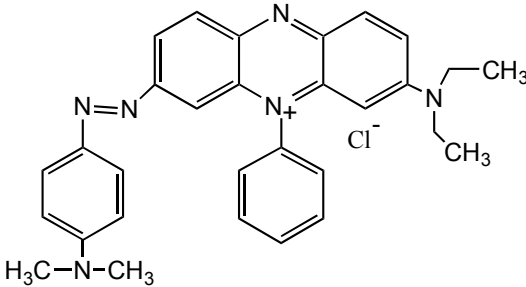
Bu çalışmada, çapraz bağlı kopolimerlerin üretiminde monomer olarak akrilamid (AAM) (Merck, Schuchardt, Almanya), yardımcı monomerler olarak sodyum akrilat (SA) (Aldrich, Steinhelm, Almanya), sodyum metakrilat (SMA) (Aldrich, Steinhelm, Almanya) ve sodyum stiren sülfonat (SSS) (Fluka, Steinhelm, Almanya) kullanılmıştır. Çapraz bağlayıcı olarak poli(etilen glikol) diakrilat (PEGDA) ($M_n=700$) (Aldrich, Steinhelm, Almanya) ve poli(etilen glikol) dimetakrilat (PEGDMA) ($M_n=330$) (Aldrich, Steinhelm, Almanya), yarı-IPN oluşturmak üzere düz zincirli polimer poli(etilen glikol) ($M_n=4000$) (Fluka, Steinhelm, Almanya) kullanılmıştır. Başlatıcı olarak amonyum persülfat (APS) (Merck, Darmstadt, Almanya) ve hızlandırıcı olarak N,N,N',N' -tetrametiletilendiamin (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 metakrilat	$CH_2=C(CH_3)COONa$	SMA
Sodyum stiren sülfonat	$CH_2=CHC_6H_4SO_3Na$	SSS
Poli(etilen glikol)	$H(OCH_2CH_2)_nOH$	PEG
Poli(etilen glikol) diakrilat	$CH_2=CHCO[OCH_2CH_2]_nOCOCH=CH_2$	PEGDA
Poli(etilen glikol) dimetakrilat	$CH_2=C(CH_3)CO[OCH_2CH_2]_nOCOC(CH_3)=CH_2$	PEGDMA
Amonyum persülfat	$(NH_4)_2S_2O_8$	APS
N,N,N',N' -Tetrametiletilendiamin	$(CH_3)_2NCH_2CH_2N(CH_3)_2$	TEMED

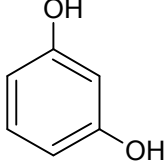
Yarı-IPN'lerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılması için boyarmadde olarak katyonik özellikteki “janus green B” (JGB) seçilmiştir. Soğurum çalışmalarında kullanılan boyarmaddenin kimyasal formülü, kısa gösterimi ve bazı özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2: Soğurum çalışmalarında kullanılan boyarmaddenin bazı özellikleri

İsim	Kimyasal Formül	Mol Kütlesi (g mol ⁻¹)	λ_{mak} (nm)	Renk İndeks No
Janus green B (JGB) (Union green B)		511,07	660	11050

İç içe geçmiş ağ yapılı polimerlerin denetimli salınım potansiyelleri ilaç etkin maddesi olarak seçilen resorsinol (RS) kullanılarak araştırılmıştır. Etkin madde olarak belirlenen bu yapının bazı özellikleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3: Denetimli salınım çalışmalarında kullanılan etkin maddenin bazı özellikleri

Madde	Kimyasal Formül	Mol Kütlesi (g mol ⁻¹)	λ_{mak} (nm)
Resorsinol (RS) (1,3-benzendiol)		110,11	273,6

3.2. ÇAPRAZ BAĞLI KOPOLİMERLERİN SENTEZLENMESİ

Bu çalışmada kullanılan akrilamid esaslı anyonik hidrojellerin ve yarı-IPN'lerin sentezi serbest radikalik polimerleşme tepkimesi ile çözelti ortamında gerçekleştirilmiştir. Çapraz bağlı yapıların sentezlenmesinde PEGDA ve PEGDMA gibi kimyasal çapraz bağlayıcılar kullanılmıştır. Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin sentezlenmeleri için kullanılan yöntem aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.2.1. Yarı-IPN'lerin sentezi

Akrilamid esaslı anyonik yarı-IPN'lerin sentezlenmeleri sırasında üç farklı anyonik yardımcı monomer ve iki farklı çapraz bağlayıcı kullanılmıştır. AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerin sentezlenmeleri için kullanılan yöntem SA yardımcı monomeri ve PEGDA çapraz bağlayıcısı örnek alınarak aşağıda ayrıntılı biçimde anlatılmıştır.

AAm/SA/PEG/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomeri 1,0 mL suda çözülerek sulu AAm çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiye ayrı ayrı 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 yardımcı monomeri ve yarı-IPN yapısını oluşturabilmek amacıyla 0,50 g (0,125 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,20 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol) eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır. Oluşan yarı-IPN'ler plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojeller bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAM/SA/PEG/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAm/SA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

AAM/SMA/PEG/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomeri 1,0 mL suda çözülerek sulu akrilamid çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiye 10 mg (0,0925 mmol), 20 mg (0,185 mmol), 30 mg (0,278 mmol), 40 mg (0,370 mmol), 50 mg (0,463 mmol), 60 mg (0,555 mmol), 70 mg (0,648 mmol), 80 mg (0,740 mmol) şeklinde değişen oranlarda SMA yardımcı monomeri ve yarı-IPN yapısını oluşturabilmek amacıyla 0,50 g (0,125 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,20 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol) eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır. Oluşan yarı-IPN'ler plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojeller bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAM/SMA/PEG/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAm/SMA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

AAM/SSS/PEG/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomeri 1,0 mL suda çözülerek sulu AAm çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiye 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 SSS yardımcı monomeri ve yarı-IPN yapısını oluşturabilmek amacıyla 0,50 g (0,125 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,20 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol)

eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır. Oluşan yarı-IPN'ler plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojeller bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAM/SSS/PEG/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAM/SSS/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Değişen oranlarda PEG içeren yarı-IPN sentezi

PEG miktarının değişimiyle yarı-IPN yapının özelliklerinin nasıl değiştiğini araştırabilmek amacıyla 60 mg yardımcı monomer miktarı sabit tutularak 0,25 g (0,0625 mmol), 0,75 g (0,188 mmol), 1,00 g (0,250 mmol) şeklinde değişen oranlarda PEG içeren iç içe geçmiş ağ yapılı polimerler sentezlenmiştir. Farklı PEG içeren AAM/SA/PEG yarı-IPN'lerin sentezlenmeleri için kullanılan yöntem aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

AAM/SA/(X)PEG/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAM monomerinin 1,0 mL sudaki çözeltisine 60 mg (0,638 mmol) SA yardımcı monomeri ve yarı-IPN yapısını oluşturabilmek amacıyla, ayrı ayrı 0,25 g (0,0625 mmol), 0,75 g (0,188 mmol), 1,00 g (0,250 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı hazırlanmıştır. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,20 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol) eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır. Oluşan yarı-IPN'ler plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojeller bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAM/SA/(X)PEG/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAm/SA/(X)PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

AAM/SMA/(X)PEG/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin 1,0 mL sudaki çözeltisine 60 mg (0,555 mmol) SMA yardımcı monomeri ve yarı-IPN yapıyı oluşturabilmek amacıyla, ayrı ayrı 0,25 g (0,0625 mmol), 0,75 g (0,188 mmol), 1,00 g (0,250 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı hazırlanmıştır. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,20 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol) eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır. Oluşan yarı-IPN'ler plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojeller bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAM/SMA/(X)PEG/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAm/SMA/(X)PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

AAM/SSS/(X)PEG/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomerinin 1,0 mL sudaki çözeltisine 60 mg (0,291 mmol) SSS yardımcı monomeri ve yarı-IPN yapıyı oluşturabilmek amacıyla, ayrı ayrı 0,25 g (0,0625 mmol), 0,75 g (0,188 mmol), 1,00 g (0,250 mmol) PEG eklenerek monomer polimer karışımı hazırlanmıştır. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,040 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,20 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol) eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır.

Oluşan yarı-IPN'ler plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojeller bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAm/SSS/(X)PEG/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,04 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAm/SSS/(X)PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

3.2.3. Akrilamid esaslı hidrojellerin sentezi

Sentezlenen yarı-IPN yapılar ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla aynı koşullarda, aynı yardımcı monomerler ve çapraz bağlayıcılar kullanılarak PEG içermeyen çapraz bağlı polimerler sentezlenmiştir.

AAm/SA/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAm monomeri 1,0 mL suda çözülerek sulu AAm çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiye 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 yardımcı monomeri eklenerek monomer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,04 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,2 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol) eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır. Oluşan hidrojeller plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojeller bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAM/SA/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,04 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAM/SA/PEGDMA hidrojenlerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

AAM/SMA/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAM monomeri 1,0 mL suda çözülerek sulu AAM çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiye 10 mg (0,0925 mmol), 20 mg (0,185 mmol), 30 mg (0,278 mmol), 40 mg (0,370 mmol), 50 mg (0,463 mmol), 60 mg (0,555 mmol), 70 mg (0,648 mmol), 80 mg (0,740 mmol) şeklinde değişen oranlarda SMA yardımcı monomeri eklenerek monomer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,04 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,2 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol) eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır. Oluşan hidrojenler plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojenler bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAM/SMA/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,04 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAM/SMA/PEGDMA hidrojenlerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

AAM/SSS/PEGDA sentezi: 1,0 g (14,07 mmol) AAM monomeri 1,0 mL suda çözülerek sulu AAM çözeltisi hazırlanmıştır. Bu çözeltiye 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 SSS yardımcı monomeri eklenerek monomer karışımı elde edilmiştir. Bu karışıma, sırasıyla çapraz bağlayıcı olarak 0,04 mL (0,0640 mmol) PEGDA, başlatıcı olarak 5 g/100 mL'lik APS çözeltisinden 0,2 mL (0,438 mmol) ve hızlandırıcı olarak %1'lik TEMED çözeltisinden 0,25 mL (0,0167 mmol) eklenmiştir. Hazırlanan çözelti yaklaşık 3 mm çapındaki plastik pipetlere doldurularak oda sıcaklığında jelleşmeye bırakılmıştır.

Oluşan hidrojeller plastik pipetlerden çıkarılarak 3–4 mm uzunluğunda kesilerek yıkama işlemi için saf su içerisine bırakılmıştır. Dört gün süreyle düzenli olarak suları değiştirilen hidrojeller bu süre sonunda sudan çıkarılarak önce açık havada sonra da vakumda kurutulmuştur.

AAm/SSS/PEGDMA sentezi: Yukarıdaki miktarlar değiştirilmeksizin, çapraz bağlayıcı olarak 0,04 mL (0,133 mmol) PEGDMA kullanılarak AAm/SSS/PEGDMA hidrojellerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada sentezlenen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin kısa adlandırmaları ve içerikleri aşağıdaki çizelgede sunulmuştur.

Çizelge 3.4: Sentezi gerçekleştirilen çapraz bağlı polimerler

Hidrojinin Kısa Adı	Yardımcı Monomer (mg)	PEG (g)
AAm/SA/PEG/PEGDA	10-80	0,50
AAm/SA/PEGDA	10-80	-
AAm/SA/PEG/PEGDMA	10-80	0,50
AAm/SA/PEGDMA	10-80	-
AAm/SA/PEGDA-PEG Değişimi	60	0,25–0,75–1,00
AAm/SA/PEGDMA-PEG Değişimi	60	0,25–0,75–1,00
AAm/SMA/PEG/PEGDA	0-80	0,50
AAm/SMA/PEGDA	0-80	-
AAm/SMA/PEG/PEGDMA	0-80	0,50
AAm/SMA/PEGDMA	0-80	-
AAm/SMA/PEGDA-PEG Değişimi	60	0,25–0,75–1,00
AAm/SMA/PEGDMA-PEG Değişimi	60	0,25–0,75–1,00
AAm/SSS/PEG/PEGDA	10-80	0,50
AAm/SSS/PEGDA	10-80	-
AAm/SSS/PEG/PEGDMA	10-80	0,50
AAm/SSS/PEGDMA	10-80	-
AAm/SSS/PEGDA-PEG Değişimi	60	0,25–0,75–1,00
AAm/SSS/PEGDMA-PEG Değişimi	60	0,25–0,75–1,00

3.3. YARI-IPN ve HİDROJEL KARAKTERİZASYONU

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

Hidrojellerin ısısal karakterizasyonlarının yapılabilmesi için çapraz bağlı kopolimerlerin diferansiyel taramalı kalorimetri (Differential scanning calorimetry, DSC) analizleri yapılarak camsı geçiş sıcaklığı T_g değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. DSC analizleri için Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Radyasyon ve Polimer Bilim Laboratuvarları'nda bulunan PERKIN ELMER DIAMOND DSC cihazı kullanılmıştır.

3.3.3. 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. Jelin 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.

3.3.4. SEM fotoğrafları

Bu çalışmada hazırlanan çapraz bağlı kopolimerlerin yüzey gözenekliliği hakkında bilgi edinebilmek amacıyla SEM fotoğrafları çekilmiştir. SEM fotoğraflarının çekiminde Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde, (UNAM) bulunan FEI QUANTA 200 FEG cihazı kullanılmıştır.

3.4. BOYARMADDE SOĞURUMU

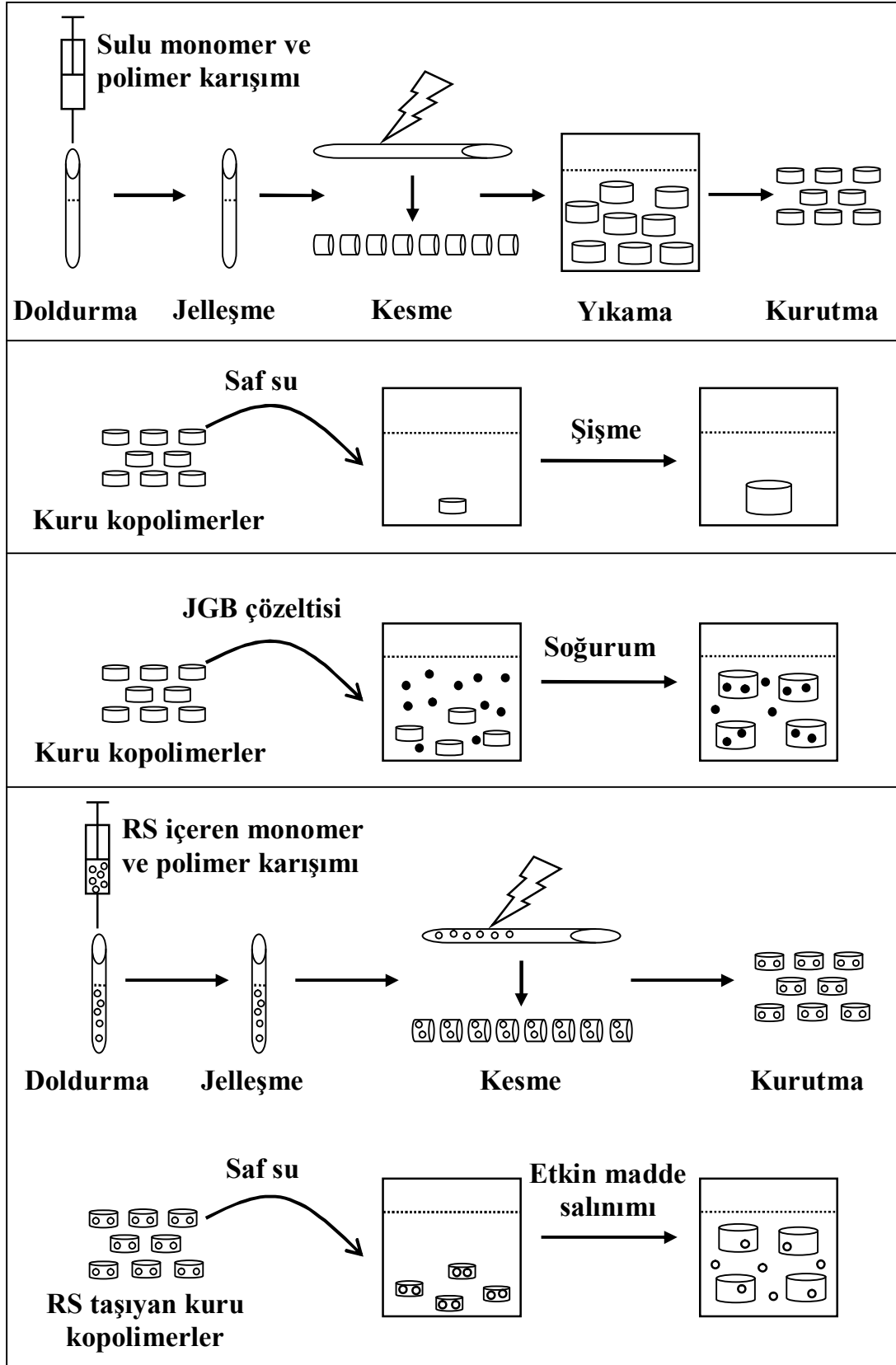
Kuru haldeki çapraz bağlı kopolimerler boyarmadde çözeltilerinde bir süre bekletildiklerinde çözeltilere uygun renklenmeler göstermişlerdir. Yapılan bu ön denemelerle yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin JGB'yi soğurabileceği görülmüş ve yüzeye soğurum çalışmalarında kullanılmıştır. Boyarmadde soğurumunu nicel olarak açıklayabilmek için $1,25 \times 10^{-3}$ – $2,00 \times 10^{-3}$ M arasında değişen derişimlerde 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 $2,00 \times 10^{-3}$ M sabit derişimde boyarmadde çözeltileri ile 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 ve 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 uygun dalga boyunda ölçülmüştür. 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. ETKİN MADDE SALINIM ÇALIŞMALARI

Salınım çalışmaları için, çapraz bağlı kopolimerlerin sentezi sırasında polimerleşme ortamına resorsinol eklenerek etkin madde içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin sentezi gerçekleştirilmiştir. Bölüm 3.2.'de ayrıntılı olarak anlatılan yöntem kullanılarak gerçekleştirilen sentez sırasında monomer çözeltisini hazırlamak için su yerine, 0,3375 M RS çözeltisi kullanılmıştır. Bu şekilde hazırlanan RS taşıyıcı hidrojel sistemler önce açık havada sonrada vakumda kurutularak salınım çalışmaları için saklanmışlardır.

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 çözeltiden alınan 3 mL'lik örneklerin absorbansları uygun dalga boyunda ölçülmüştür. Çözeltinin toplam derişiminin değişmesini önlemek amacıyla ölçümden sonra 3 mL'lik örnekler tekrar aynı çözeltiye 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 çalışmalarında kullanılmaları Şekil 3.1'de şematik olarak gösterilmiştir.



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

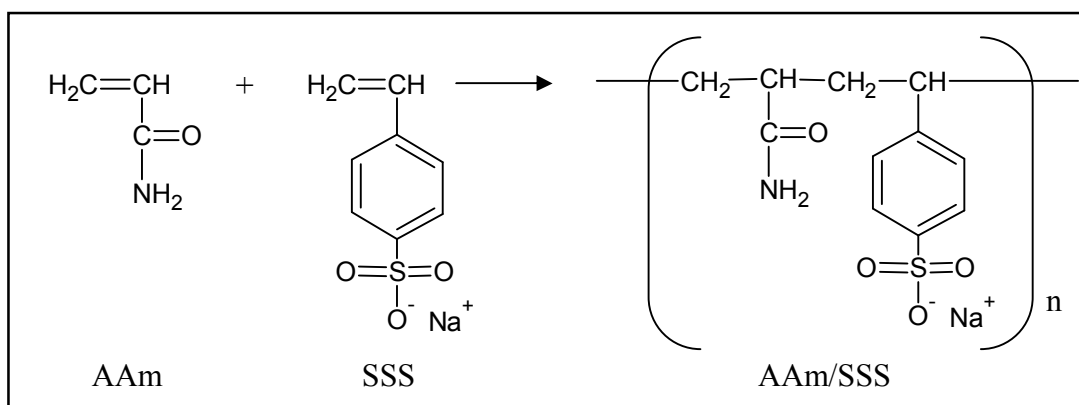
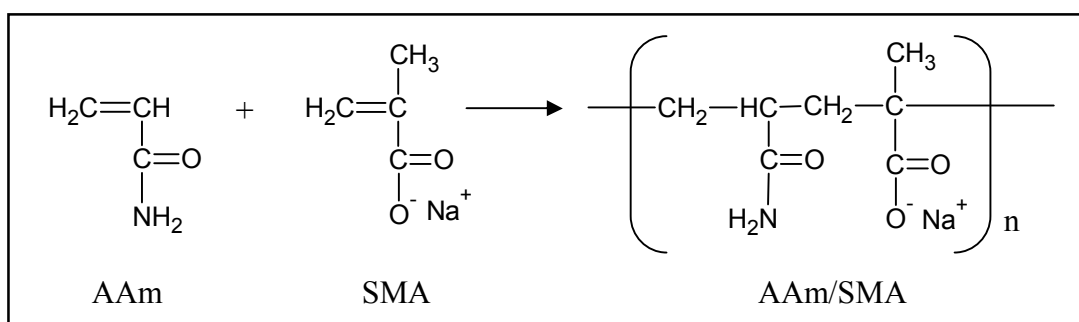
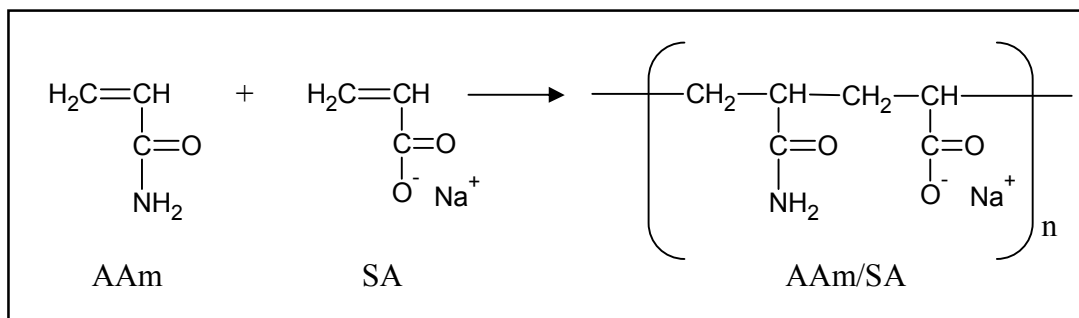
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. ÇAPRAZ BAĞLI POLİMERLERİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada, sodyum akrilat, sodyum metakrilat ve sodyum stiren sülfonat gibi hidrofilik gruplar taşıyan yardımcı monomerler kullanılarak, akrilamid esaslı anyonik yarı-IPN'ler ve hidrojeller üretilmiştir. Yarı-IPN yapıların elde edilmesi için poli(etilen glikol), çapraz bağlanmanın oluşumu için ise poli(etilen glikol) diakrilat ve poli(etilen glikol) dimetakrilat gibi iki farklı kimyasal çapraz bağlayıcı kullanılmıştır. Spektroskopik karakterizasyon, ısısal karakterizasyon ve şişme karakterizasyonu yöntemleri kullanılarak çapraz bağlı kopolimerlerin karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. Üretilen çapraz bağlı kopolimerlerin, çevre kirliliğinin önemli bir sorunu olan boyarmadde kirliliğinin giderilmesinde adsorban olarak ve etkin madde salınımı için taşıyıcı olarak kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır.

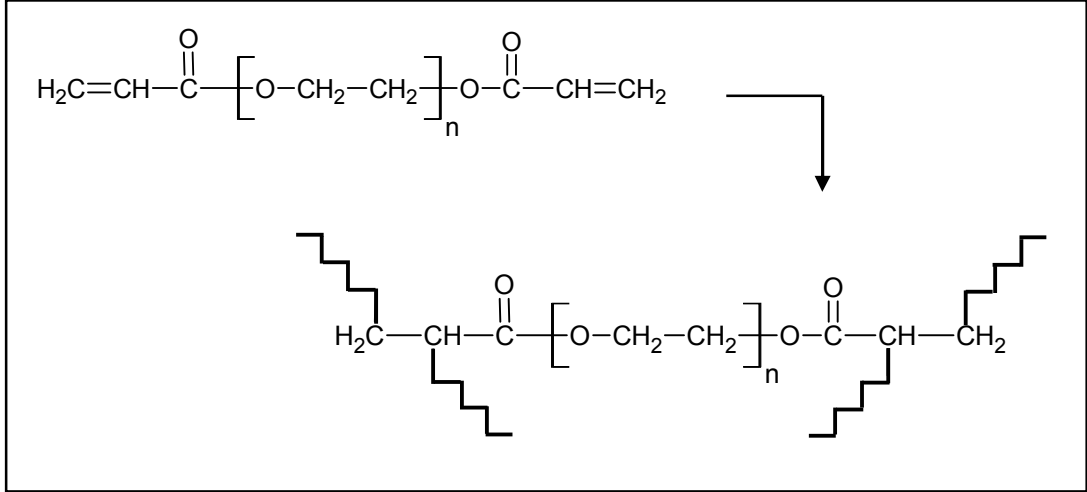
AAm/SA/PEG, AAm/SMA/PEG, AAm/SSS/PEG yarı-IPN'leri ve AAm/SA, AAm/SMA, AAm/SSS hidrojelleri kimyasal çapraz bağlayıcılar kullanılarak çözelti ortamında serbest radikalik polimerleşme tepkimesi ile sentezlenmişlerdir. Akrilamid monomerinin sudaki çözeltisine, farklı özelliklerde hidrojeller elde edebilmek amacıyla değişen miktarlarda SA, SMA ve SSS yardımcı monomerleri eklenmiş, çapraz bağlayıcı, başlatıcı ve hızlandırıcı yardımıyla çapraz bağlı kopolimerlerin üretimleri gerçekleştirilmiştir.

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

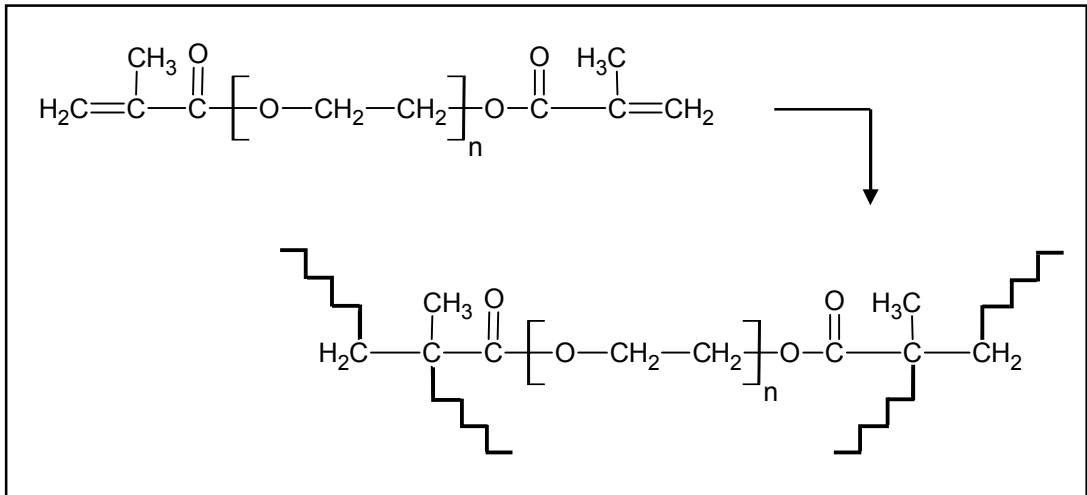


Şekil 4.1: Monomerlerin ve kopolimerlerin kimyasal yapısı

Üretim sırasında çapraz bağlanmayı sağlamak üzere iki fonksiyonlu çapraz bağlayıcılar olan PEGDA ve PEGDMA gibi iki farklı kimyasal çapraz bağlayıcı kullanılmış ve böylece çapraz bağlanma bakımından farklı karaktere sahip hidrojeller elde edilmiştir. Kullanılan bu çapraz bağlayıcıların kimyasal yapıları ve çapraz bağlanmanın şematik gösterimi Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’deki gibidir.

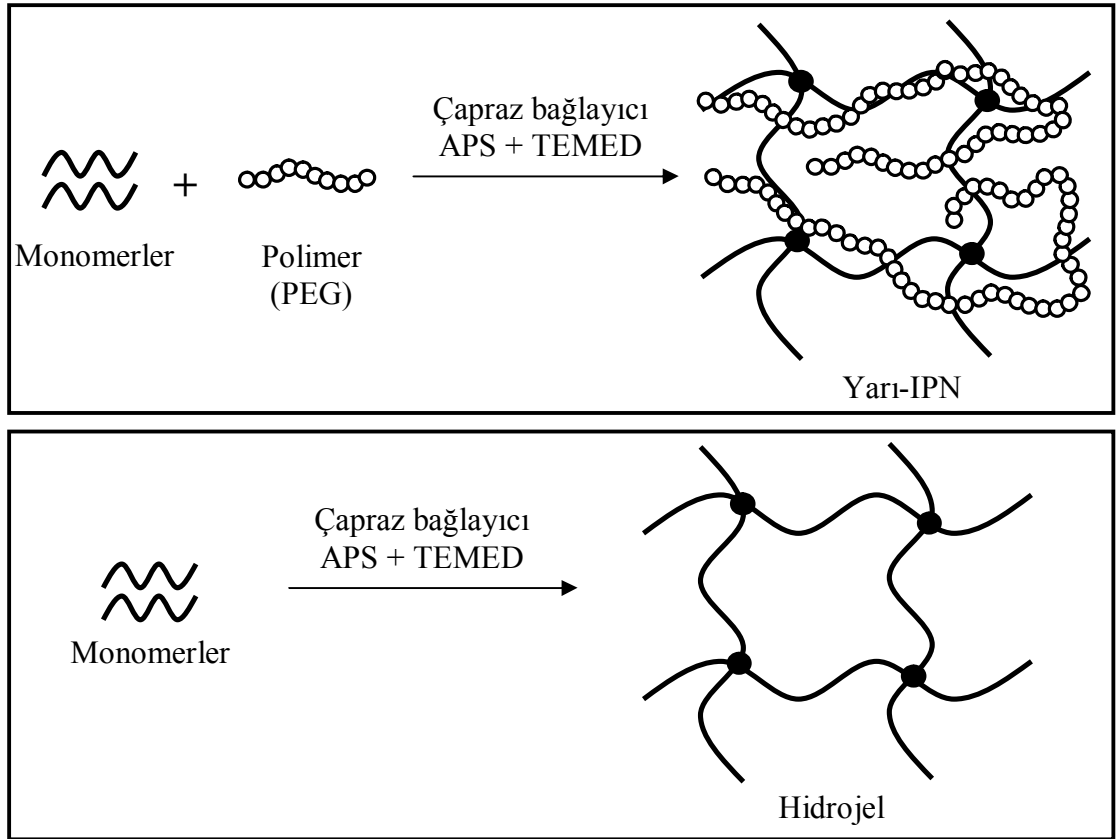


Şekil 4.2: PEGDA’nın kimyasal yapısı ve bağlanma noktaları



Şekil 4.3: PEGDMA’nın kimyasal yapısı ve bağlanma noktaları

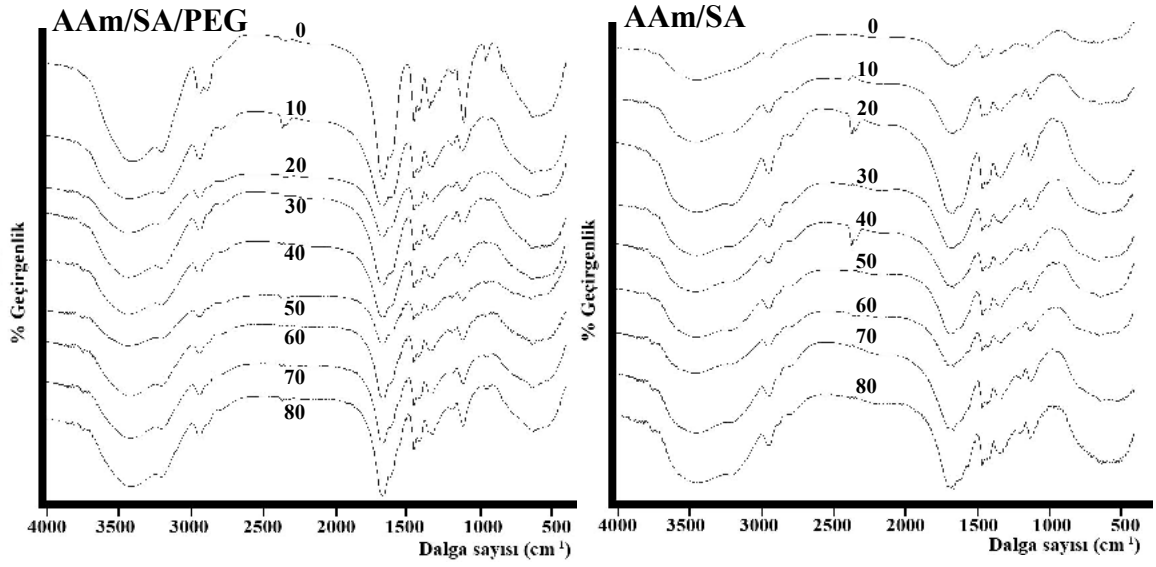
Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yapıları hakkında fikir vermesi amacıyla Şekil 4.4'deki düzenleme oluşturulmuştur. Şekilde görüldüğü gibi yarı-IPN yapıda PEG zincirleri, çapraz bağlar arasındaki boşluklarda, herhangi bir bağlanma olmaksızın dolaşmış durumda bulunur.



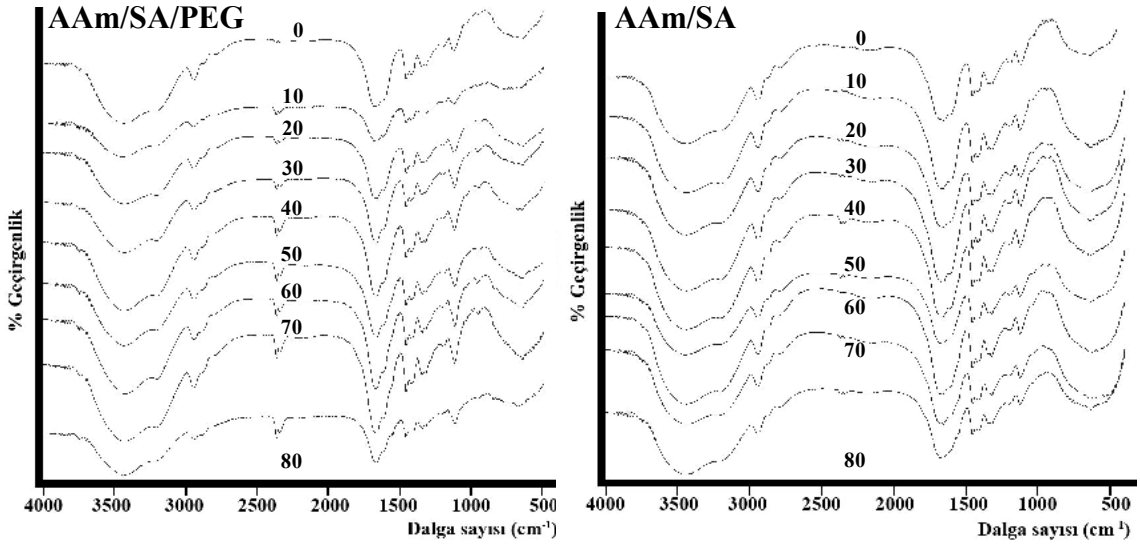
Şekil 4.4: Yarı-IPN ve hidrojel yapılarının şematik gösterimi

4.2. SPEKTROSKOPİK KARAKTERİZASYON

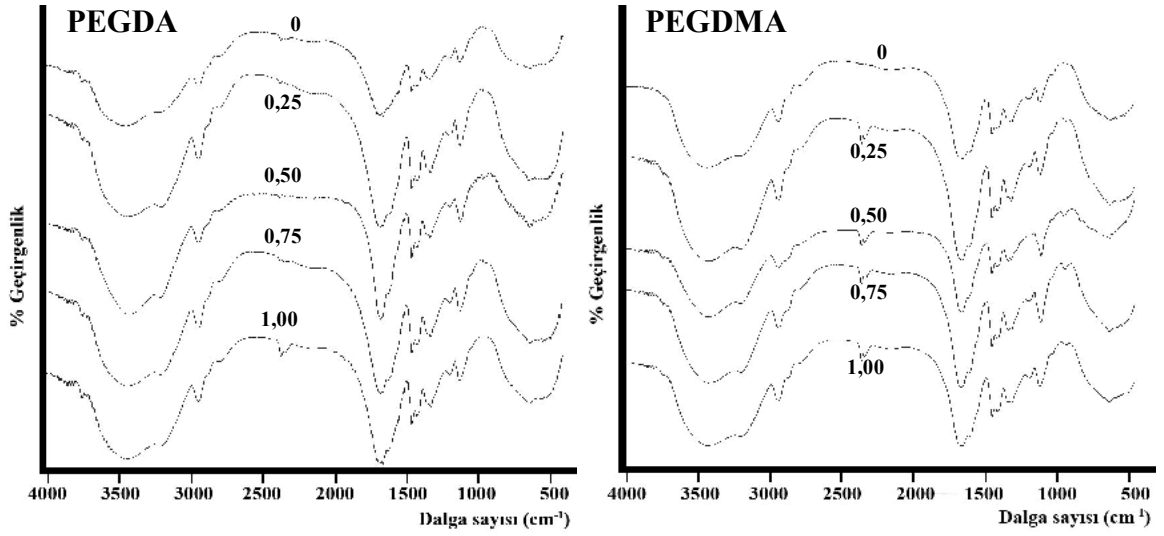
Hazırlanan kopolimerik örneklerin kimyasal yapısını aydınlatmak için gerekli spektroskopik incelemeler FT-IR spektrofotometresi ile yapılmıştır. Bu amaçla artan yardımcı monomer içeriği ile meydana gelen değişiklikleri yorumlayabilmek için PEGDA ve PEGDMA çapraz bağlanmış kopolimerlerin spektrumları alınmıştır. 500-4000 cm^{-1} dalga sayısı aralığında alınan spektrumlar aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4.5: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SA hidrojenlerinin FT-IR spektrumu (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg yardımcı monomer içeriği)

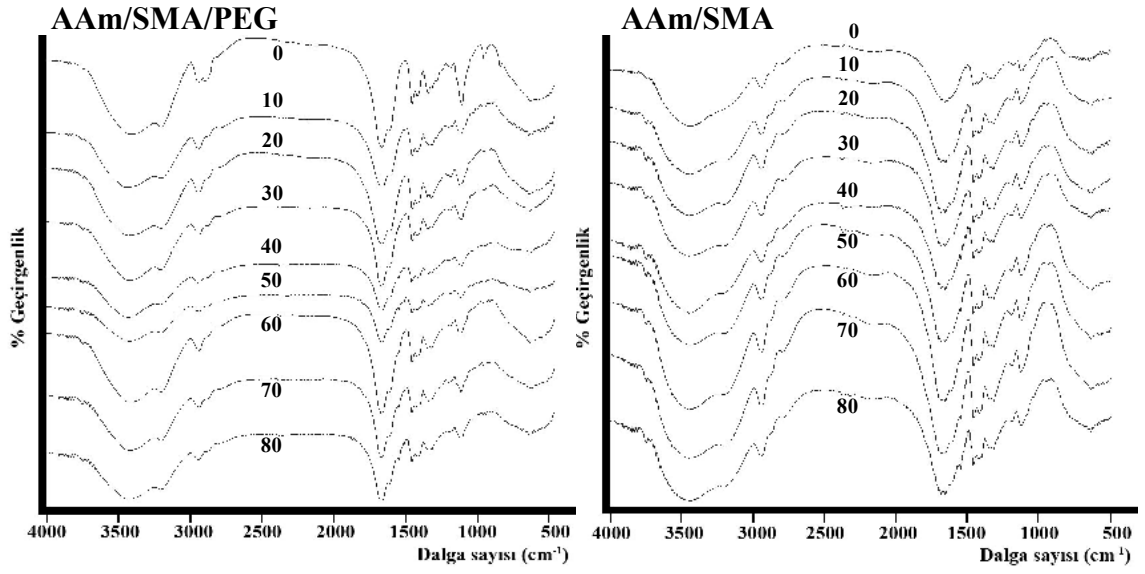


Şekil 4.6: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SA hidrojenlerinin FT-IR spektrumu (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg yardımcı monomer içeriği)

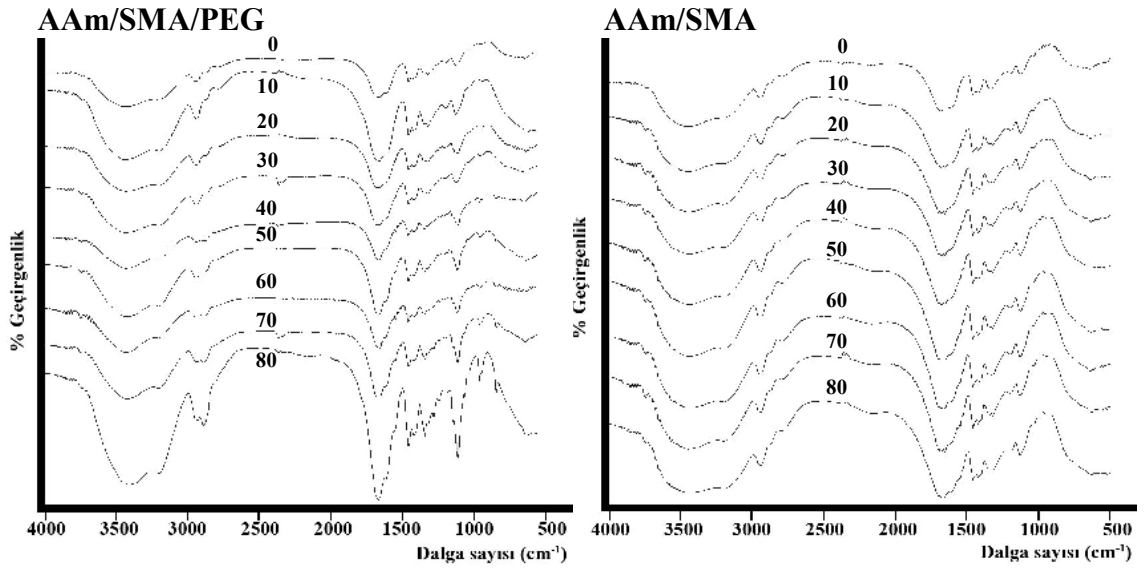


Şekil 4.7: PEGDA ve PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumu (0 – 0,25 – 0,50 – 0,75 – 1,00 g PEG içeriği)

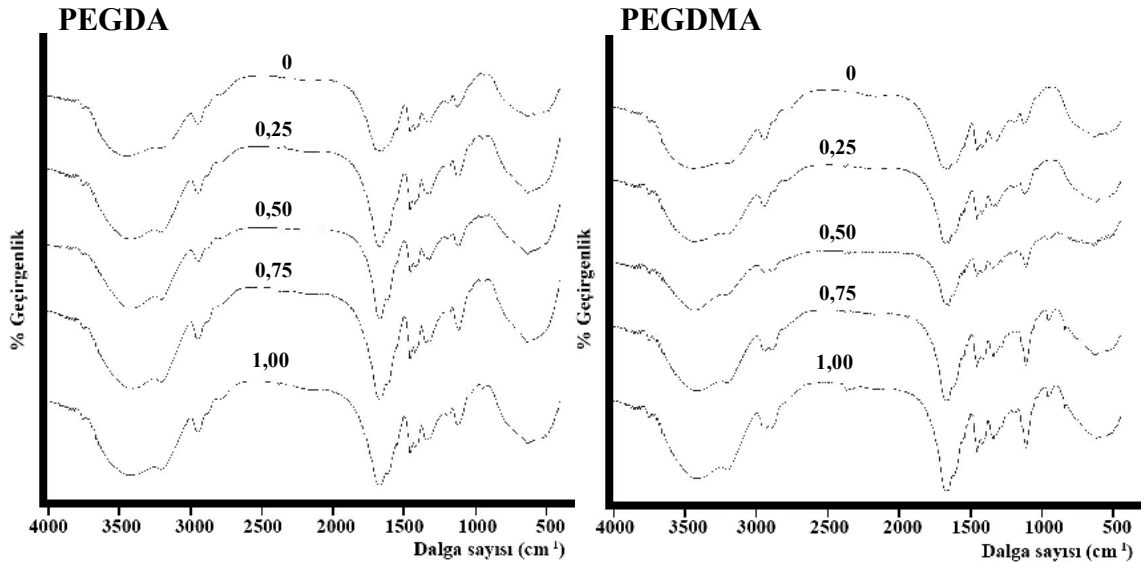
Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7’de sunulan spektrumlar incelendiğinde, 3000-3600 cm^{-1} arasında görülen geniş bandlar, akrilamide ait N–H gerilmeleri ile SA’da bulunan karboksil grubunun O–H gerilmelerinin üst üste çakışmaları olarak açıklanabilir. Ayrıca 1600-1700 cm^{-1} arasında gözlenen bandlar SA’da bulunan COO– gruplarının varlığını göstermektedir. 2900 cm^{-1} dalga sayısında yer alan bandlar C–H gerilmelerine aittir ve tüm spektrumlarda gözlenmektedir. PEG’de bulunan eter grubuna ait C–O–C gerilmeleri 1100 cm^{-1} civarında gözlenmektedir. 1100 cm^{-1} dalga sayısı civarında bulunan bu bandların, PEG içeren yarı-IPN’lere ait spektrumlarda ve PEG değişiminin incelendiği spektrumlarda daha belirgin olduğu söylenebilir. PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG ve AAm/SA kopolimerlerine ait “0” numaralı spektrumlar karşılaştırıldığında, 2900 ve 1100 cm^{-1} ’deki bandların, yapıda PEG’in bulunmasıyla nasıl değişim gösterdiği daha iyi anlaşılabilir. PEG’de bulunan O–H gruplarına ait bandlar ise 3400-3500 cm^{-1} aralığında yer almaktadır (Mohan *et al.*, 2005; Kaewpirom ve Boonsang, 2006).



Şekil 4.8: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SMA hidrojenlerinin FT-IR spektrumu (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg yardımcı monomer içeriği)

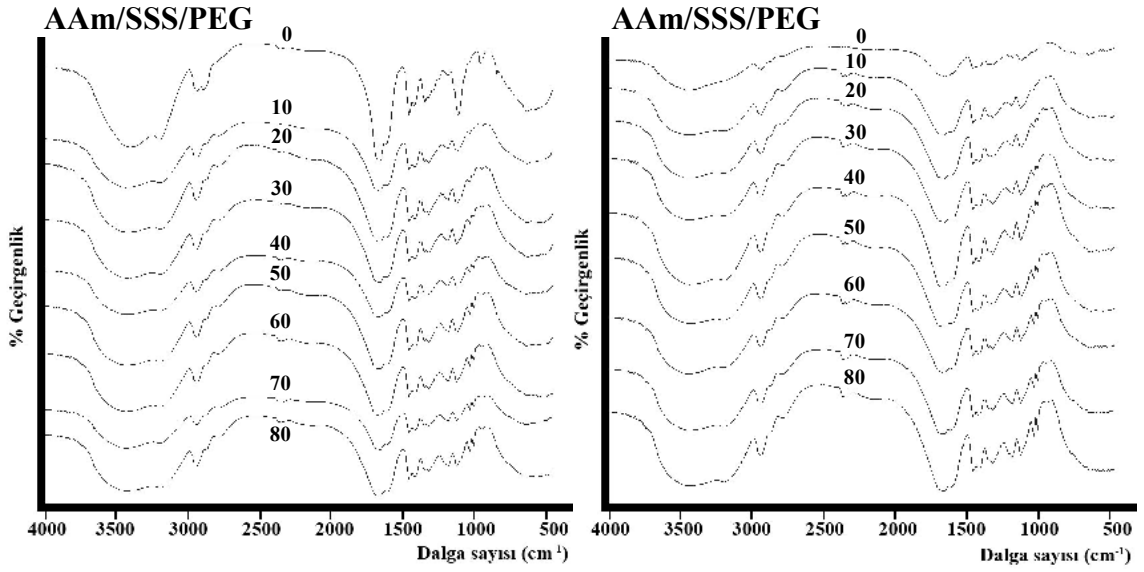


Şekil 4.9: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SMA hidrojenlerinin FT-IR spektrumu (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg yardımcı monomer içeriği)

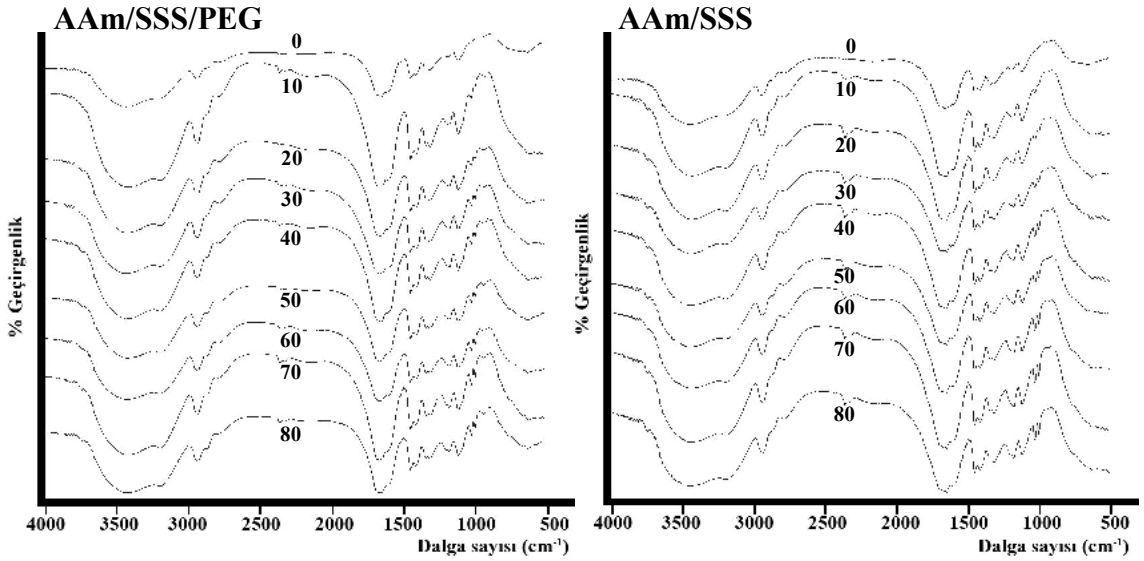


Şekil 4.10: PEGDA ve PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumu (0 – 0,25 – 0,50 – 0,75 – 1,00 g PEG içeriği)

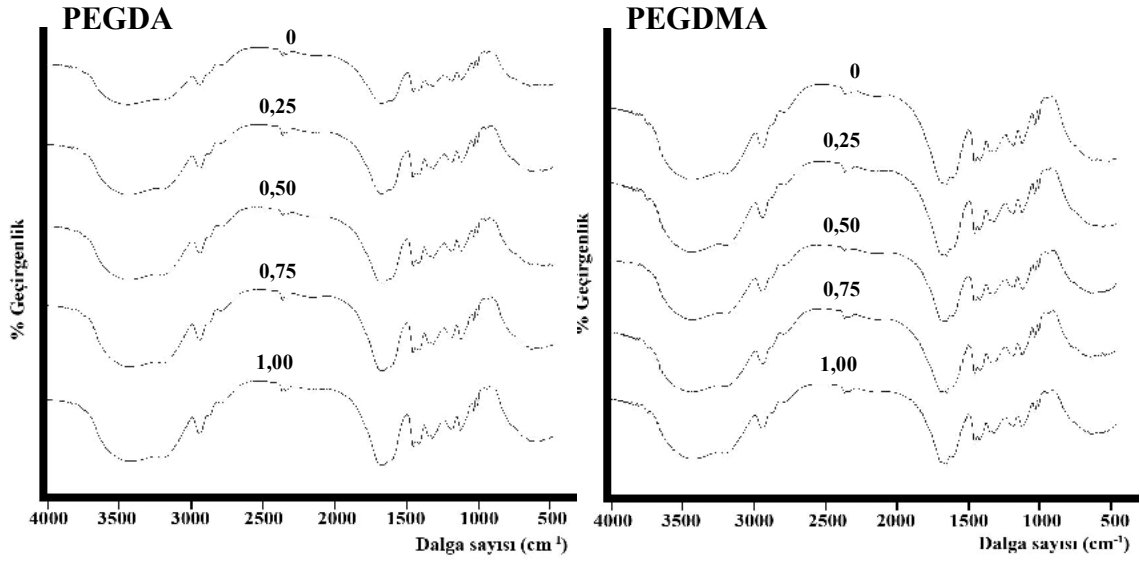
Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10'da sunulan spektrumlarda, akrilamide ait N–H gerilmeleri ile SMA'da bulunan karboksil grubunun O–H gerilmelerinin üst üste çakışmış olarak 3000-3600 cm^{-1} arasında yer almaktadır. SMA'da bulunan COO– gruplarına ait bandlar 1600-1700 cm^{-1} arasında görülmektedir. C–H gerilmelerine ait bandlar 2900 cm^{-1} dalga sayısında, PEG'de bulunan eter grubuna ait C–O–C gerilmeleri ise 1100 cm^{-1} civarında gözlenmektedir. 1100 cm^{-1} dalga sayısı civarında bulunan bu bandlar, PEG içeren yarı-IPN'lere ait spektrumlarda ve PEG değişiminin incelendiği spektrumlarda daha belirgindir. PEG'de bulunan O–H gruplarına ait bandlar ise 3400-3500 cm^{-1} aralığında, N–H ve O–H gerilmeleri ile çakışmaktadır (Mohan *et al.*, 2005; Kaewpirom ve Boonsang, 2006).



Şekil 4.11: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SSS hidrojellerinin FT-IR spektrumu (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg yardımcı monomer içeriği)



Şekil 4.12: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SSS hidrojellerinin FT-IR spektrumu (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mg yardımcı monomer içeriği)

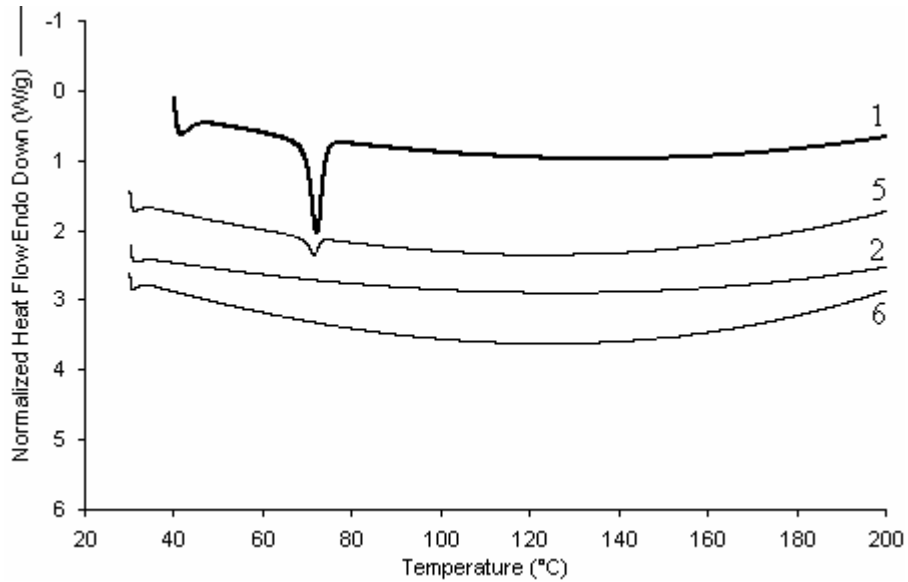


Şekil 4.13: PEGDA ve PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin FT-IR spektrumu (0 – 0,25 – 0,50 – 0,75 – 1,00 g PEG içeriği)

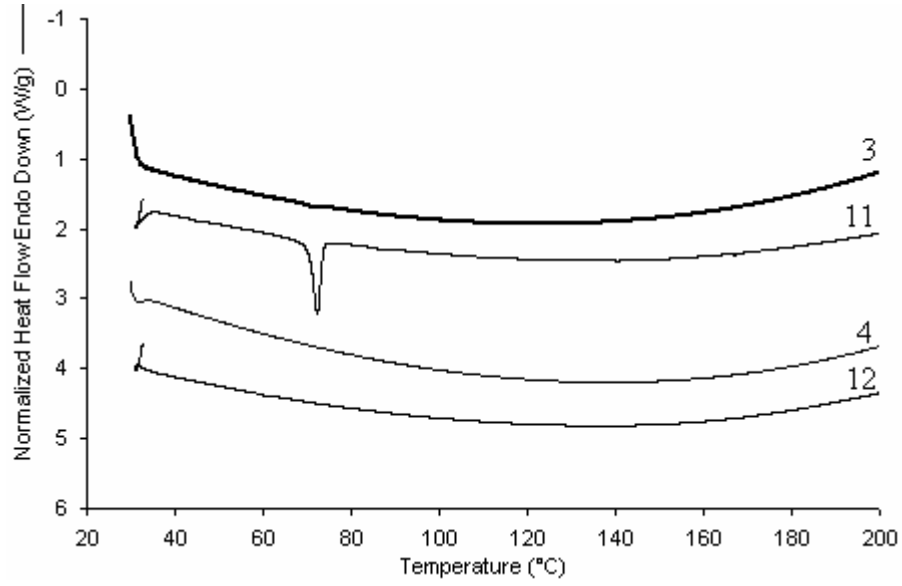
Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13'de sunulan spektrumlar incelendiğinde, diğer spektrumlarda olduğu gibi, N–H ve O–H gerilmeleri $3000\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ arasında üst üste çakışmıştır. SSS içeren kopolimerlerin spektrumlarında diğerlerinden farklı olarak göze çarpan bandlar, $900\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$ 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 cm^{-1} civarında gözlenmektedir. $1600\text{--}1700\text{ cm}^{-1}$ arasında C=O gruplarına ait bandlar yer almaktadır. Diğer spektrumlarda olduğu gibi, 2900 cm^{-1} dalga sayısında C–H gerilmelerine ait bandlar, 1100 cm^{-1} civarında ise PEG'de bulunan eter grubuna ait C–O–C gerilmeleri gözlenmektedir. PEG'de bulunan O–H gruplarına ait bandlar, $3400\text{--}3500\text{ cm}^{-1}$ aralığında, N–H ve O–H gerilmeleri ile çakışmaktadır (Mohan *et al.*, 2005; Kaewpirom ve Boonsang, 2006; Kundakcı *et al.*, 2008).

4.3. ISISAL KARAKTERİZASYON

Polimerlerin camsı durumdan kauçuğumsu duruma geçişini karakterize eden camsı geçiş sıcaklığı (T_g), DSC analizleri ile belirlenebilir. Genel olarak bir DSC eğrisinde gözlenen endotermik pikler, camsı geçiş, erime ısısal parçalanma tepkimelerini gösterirken, ekzotermik pikler ise kristallenme, çapraz bağlanma ya da halkalaşma tepkimelerini göstermektedir. Hazırlanan IPN'lerde ve hidrojellerde ısı etkisiyle oluşan değişimleri, ısı kapasitelerinin değişimi ile izleyebilmek için 20°C dak^{-1} ısıtma hızında ve $20,0 \text{ mL}$ dak^{-1} akış hızındaki azot atmosferinde kaydedilen DSC eğrileri aşağıda sunulmuştur.

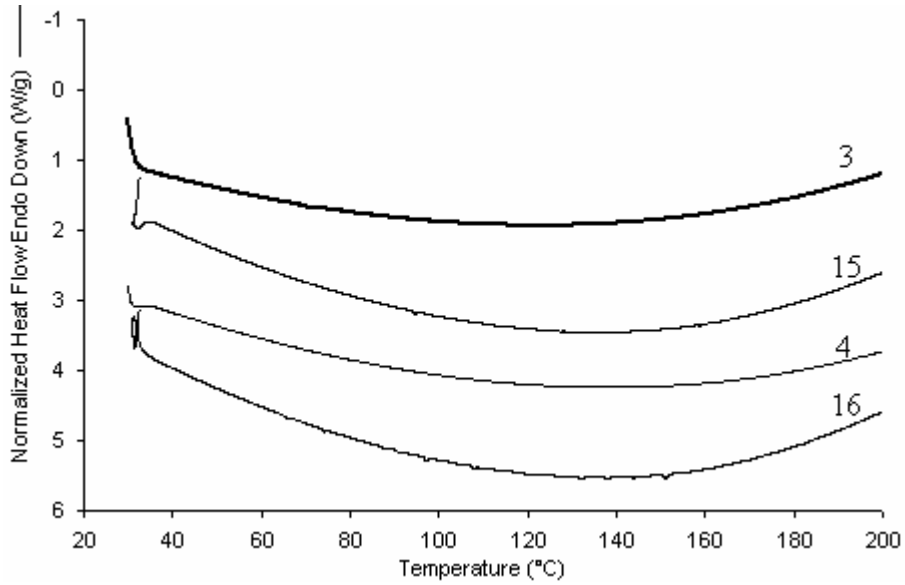


Şekil 4.14: PEGDA ile çapraz bağlı SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin DSC eğrileri
 1: AAm/PEG/PEGDA, 2: AAm/PEGDA,
 5: AAm/SA/PEG/PEGDA, 6: AAm/SA/PEGDA



Şekil 4.15: PEGDMA ile çapraz bağlı SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin DSC eğrileri

3: AAm/PEG/PEGDMA, 4: AAm/PEGDMA,
11: AAm/SMA/PEG/PEGDMA, 12: AAm/SMA/PEGDMA



Şekil 4.16: PEGDMA ile çapraz bağlı SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin DSC eğrileri

3: AAm/PEG/PEGDMA, 4: AAm/PEGDMA,
15: AAm/SSS/PEG/PEGDMA, 16: AAm/SSS/PEGDMA

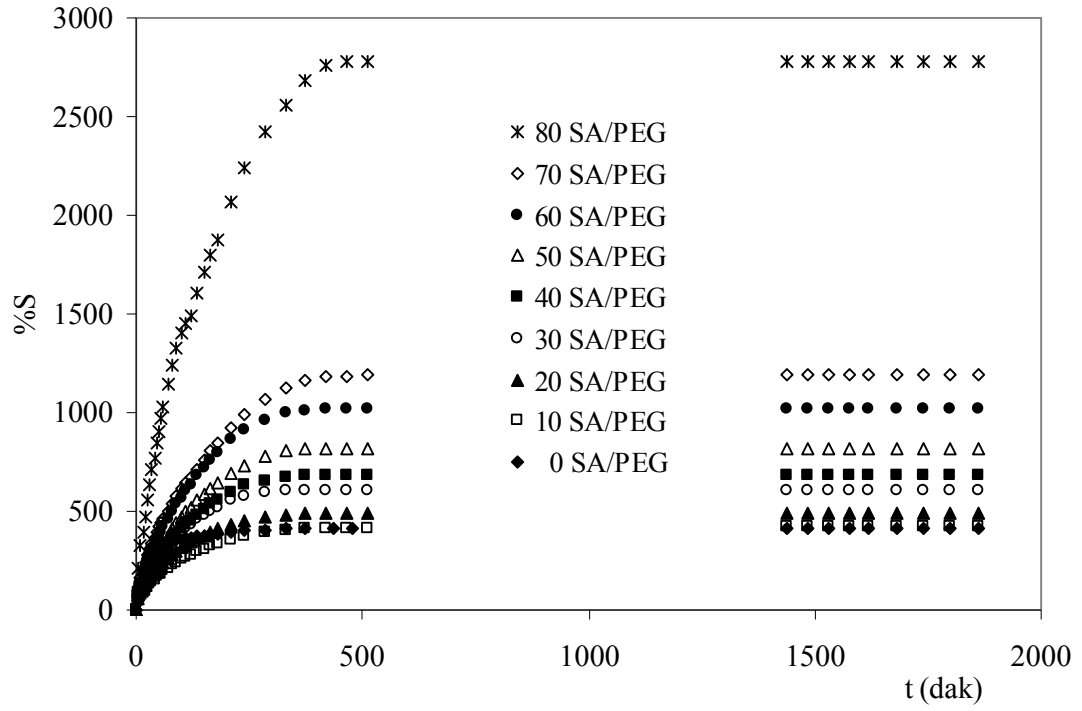
DSC eğrileri incelendiğinde, çapraz bağlı kopolimerlerin hiç birinde T_g değeri belirlenememektedir. Bunun sebebi, kopolimerlerdeki çapraz bağlanma oranının yüksek olması olabilir. Çapraz bağlı polimerlerin T_g değerleri çapraz bağ yoğunluğundan oldukça fazla etkilenir. Polimer zincirleri arasındaki çapraz bağlar serbest hacmi azaltarak (yoğunluk artar) T_g 'nin yükselmesine neden olur. Çapraz bağ oranı düşük polimerler için T_g değeri belirlenebilir. Ancak, çapraz bağ oranı belli bir değeri geçtiğinde polimerin T_g 'sinden söz edilemez (Saçak, 2008).

4.4. ŞİŞME KARAKTERİZASYONU

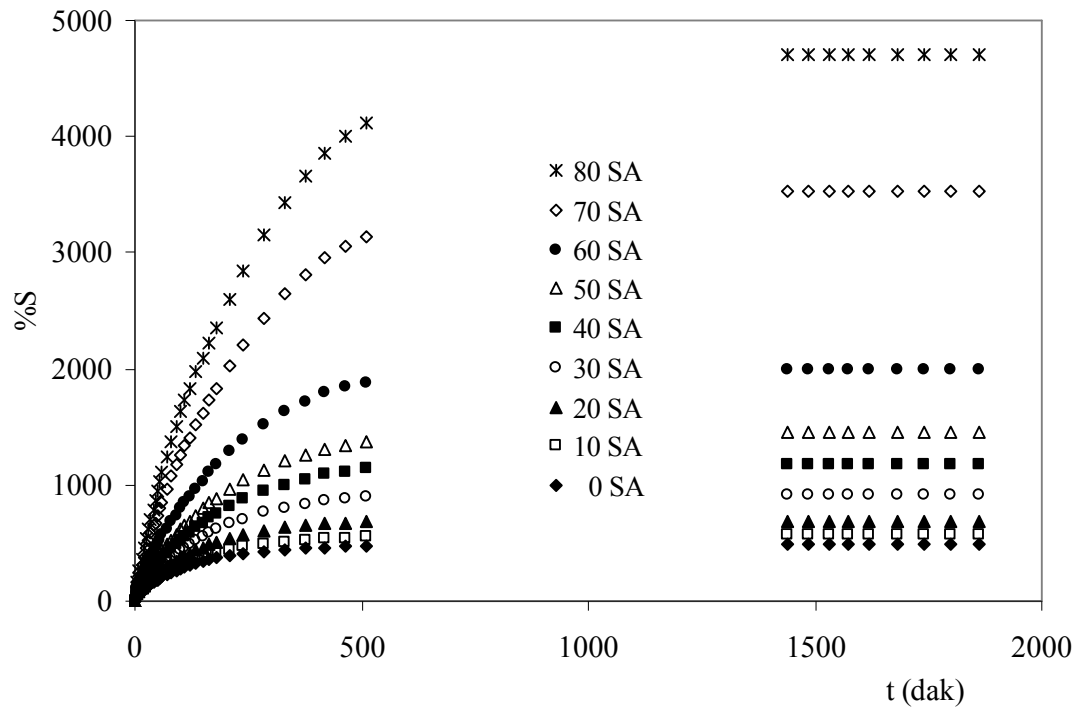
Çapraz bağlı polimerlerin karakterizasyonunda oldukça önemli olan şişme davranışının ve difüzyon özelliklerinin incelenebilmesi için PEGDA ve PEGDMA ile çapraz bağlanmış yarı-IPN ve hidrojellere sabit sıcaklıkta dinamik şişme testleri uygulanmıştır. Bu amaçla kuru çapraz bağlı yarı-IPN ya da hidrojel, 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

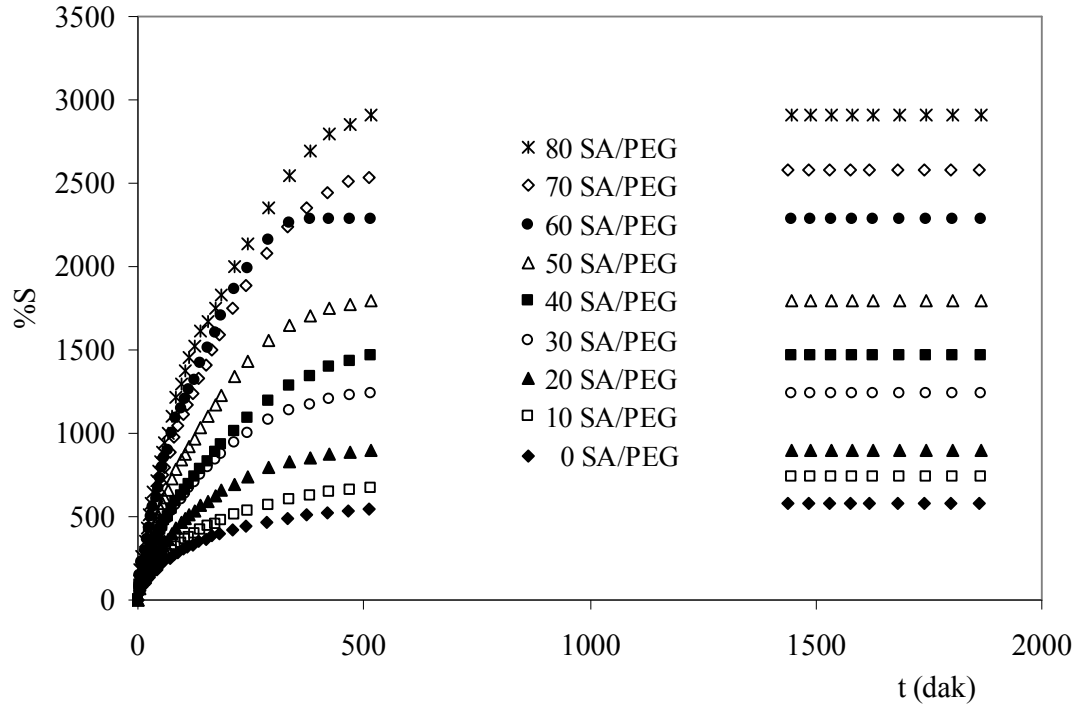
Dinamik şişme testleri sonunda çapraz bağlı polimerler dengeye gelerek sabit bir yüzde şişme (%S) değerine ulaşmışlardır. Bu değer denge yüzde şişme ($\%S_d$) değeri olarak adlandırılır. Elde edilen veriler yardımıyla %S – t grafikleri çizilerek şişme izotermi oluşturulmuştur. Oluşturulan şişme izoterm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



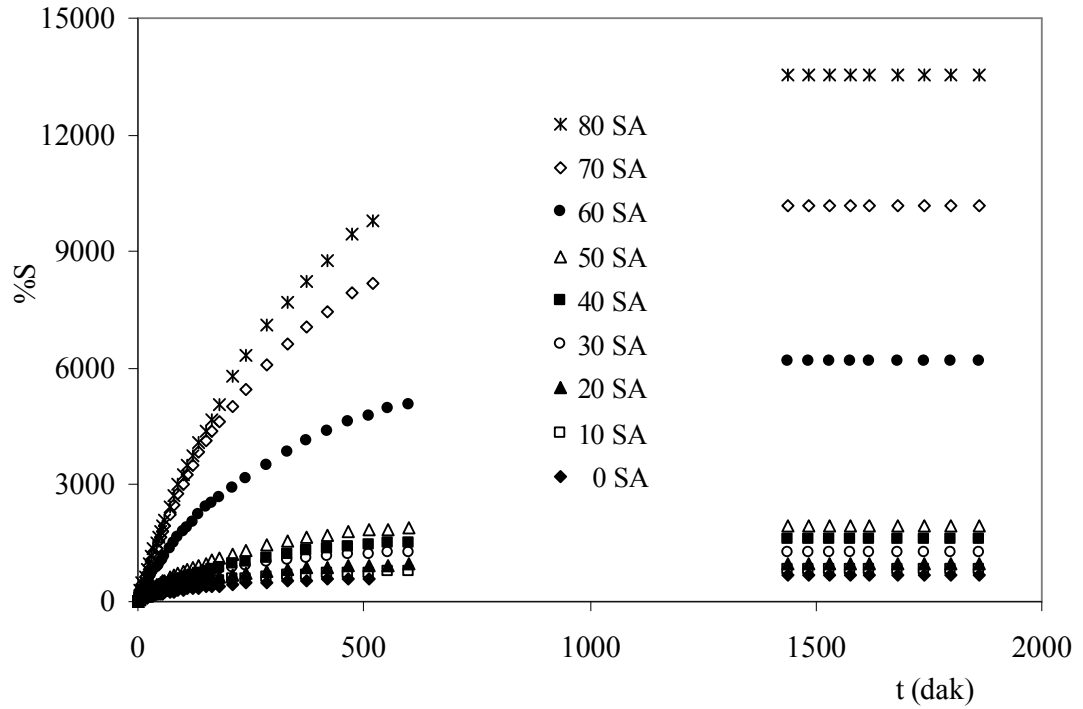
Şekil 4.17: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi



Şekil 4.18: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin şişme izotermi



Şekil 4.19: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri

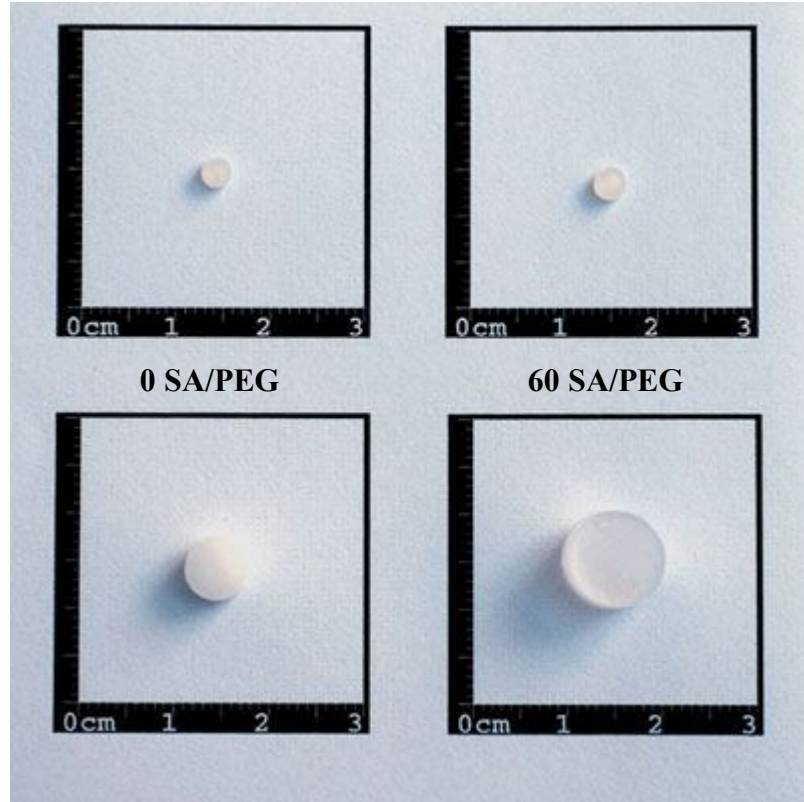


Şekil 4.20: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojenlerinin şişme izotermeleri

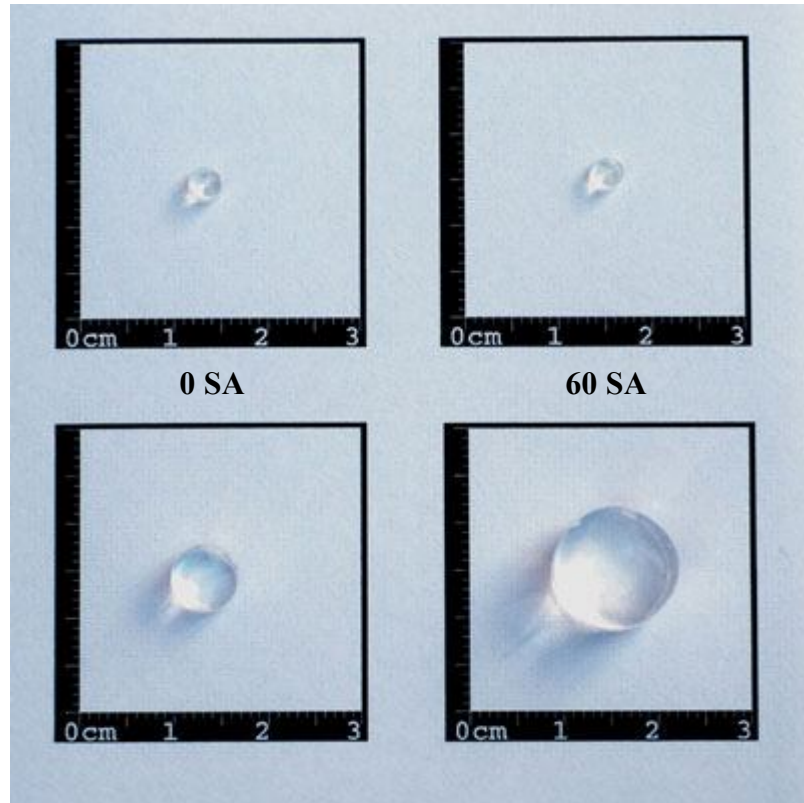
Çizelge 4.1: AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SA hidrojellerinin % S_d değerleri

SA/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	Denge yüzde şişme, % S_d								
PEG/PEGDA	416	422	491	605	681	818	1024	1190	2776
PEGDA	492	579	693	918	1180	1448	1998	3524	4709
PEG/PEGDMA	581	741	892	1238	1461	1791	2285	2576	2913
PEGDMA	668	823	983	1287	1623	1960	6190	10173	13543

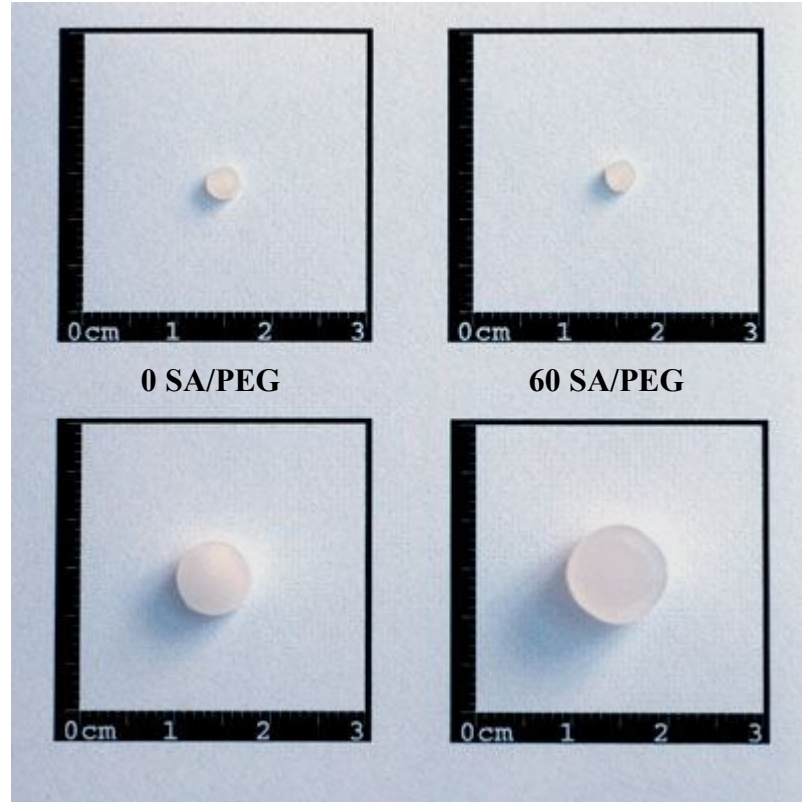
Çizelge 4.1 incelendiğinde, kopolimerdeki SA miktarının artışıyla % S_d değerlerinde önemli artışlar olduğu görülmektedir. Bunun en önemli sebebi, SA molekülünde bulunan hidrofilik grupların artışıdır. Ayrıca AAm/SA/PEG yarı-IPN'leri AAm/SA hidrojellerine oranla daha düşük şişme değerlerine sahiptir. Bu durum, yarı-IPN'de bulunan PEG moleküllerinin suyun hidrofilik gruplarla etkileşimini engellemesi ve çapraz bağlı yapının gözeneklerinde bulunan PEG nedeniyle suyun difüzelebileceği boşlukların azalması şeklinde açıklanabilir.



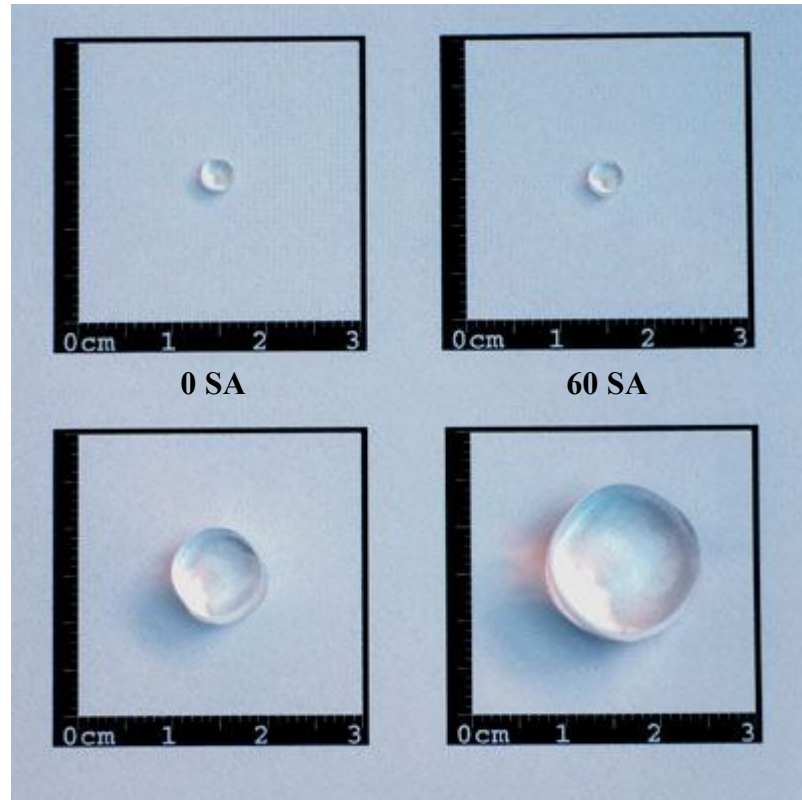
Şekil 4.21: AAm/SA/PEG/PEGDA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri



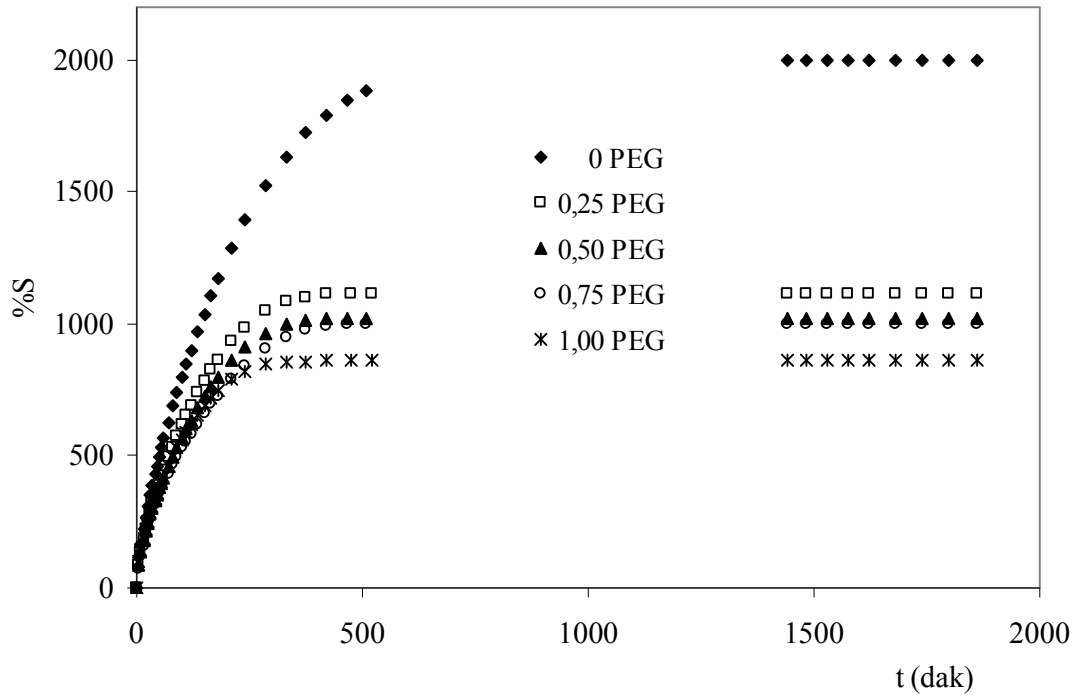
Şekil 4.22: AAm/SA/PEGDA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri



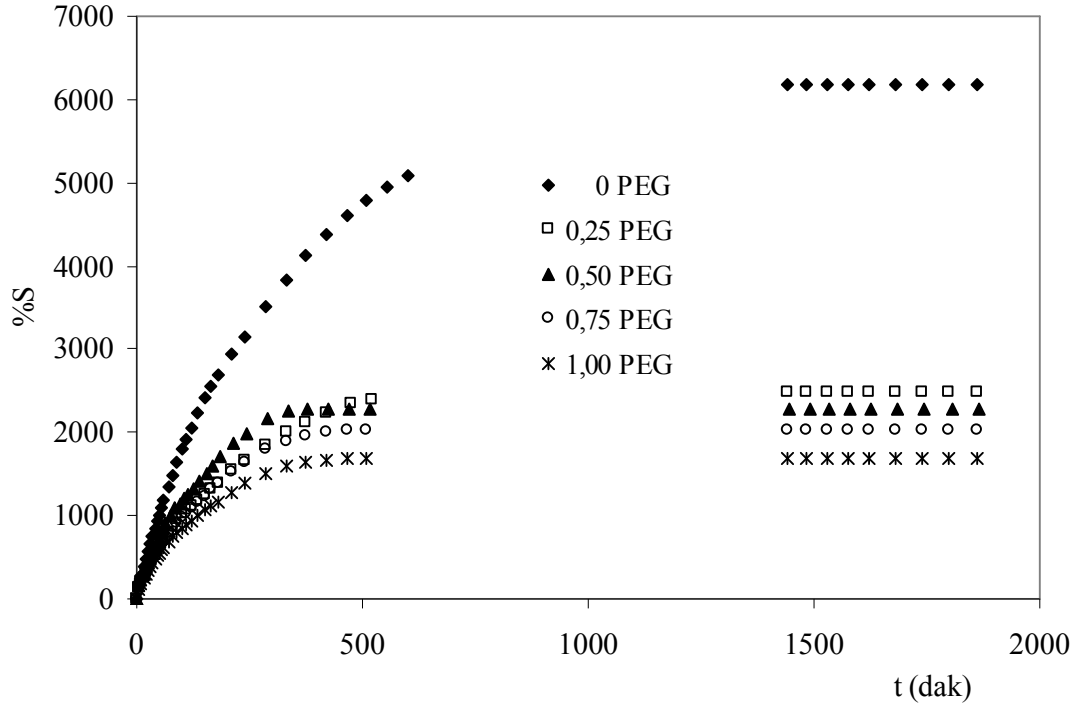
Şekil 4.23: AAm/SA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri



Şekil 4.24: AAm/SA/PEGDMA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri



Şekil 4.25: PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi

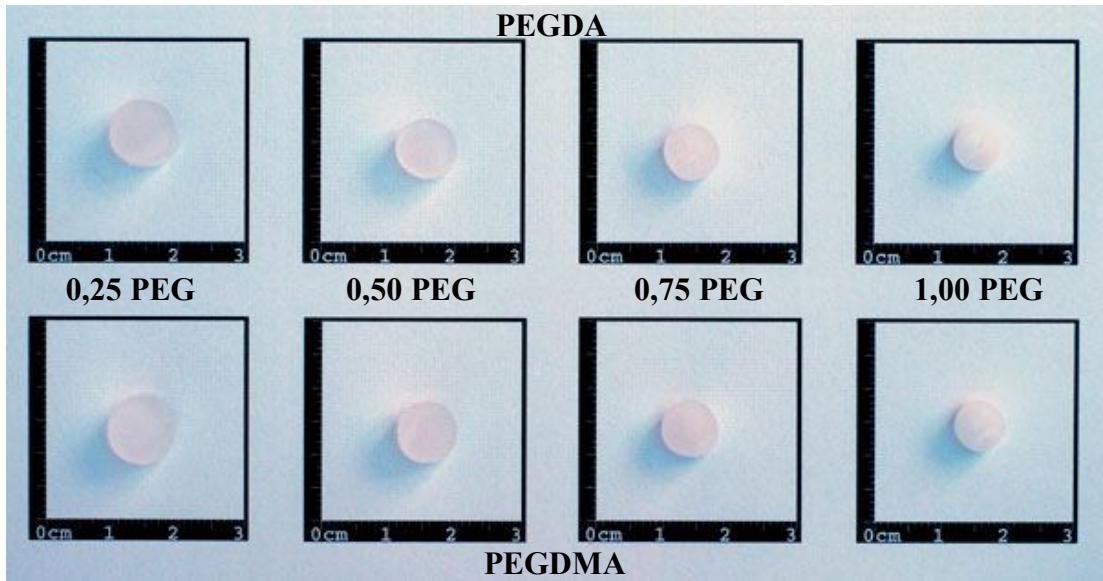


Şekil 4.26: PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi

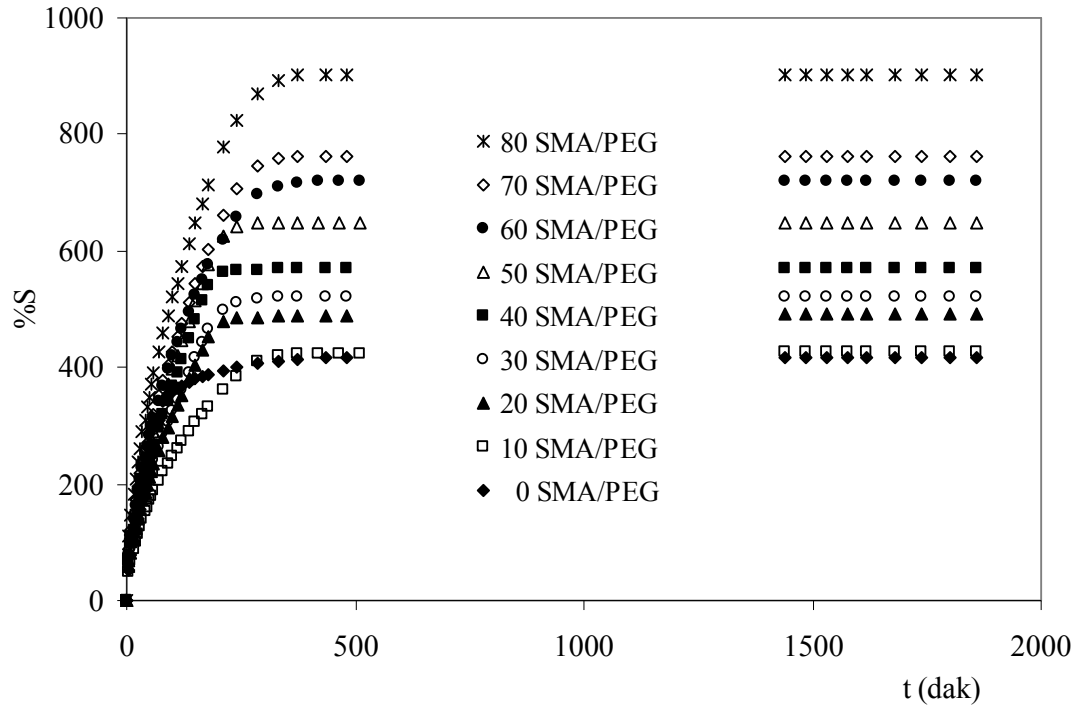
Çizelge 4.2: AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde % S_d değerlerinin PEG miktarıyla değişimi

60 mg SA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Denge yüzde şişme, % S_d				
PEGDA	1998	1117	1024	997	860
PEGDMA	6190	2479	2285	2032	1740

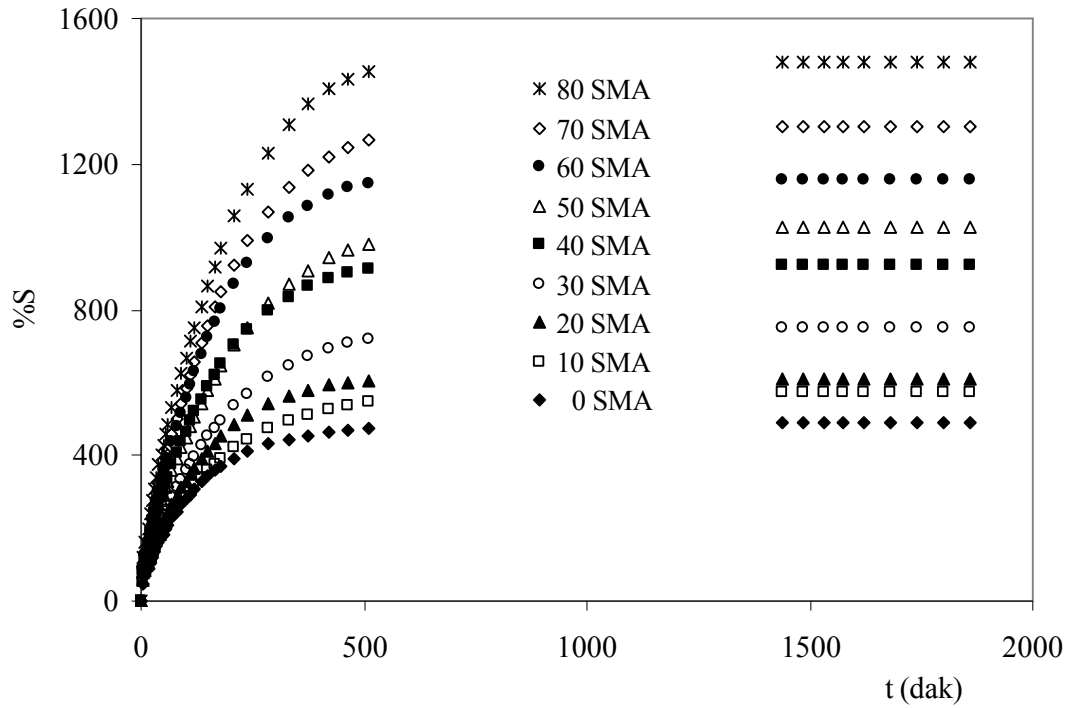
Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi, yarı-IPN'de bulunan PEG miktarının artması % S_d değerlerinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu sonuçlar, yarı-IPN'de bulunan PEG moleküllerinin suyun hidrofilik gruplarla etkileşimini engellemesi ve çapraz bağlı yapının gözeneklerinde bulunan PEG nedeniyle suyun difüzlenebileceği boşlukların azalması şeklindeki açıklamayı doğrulamaktadır.



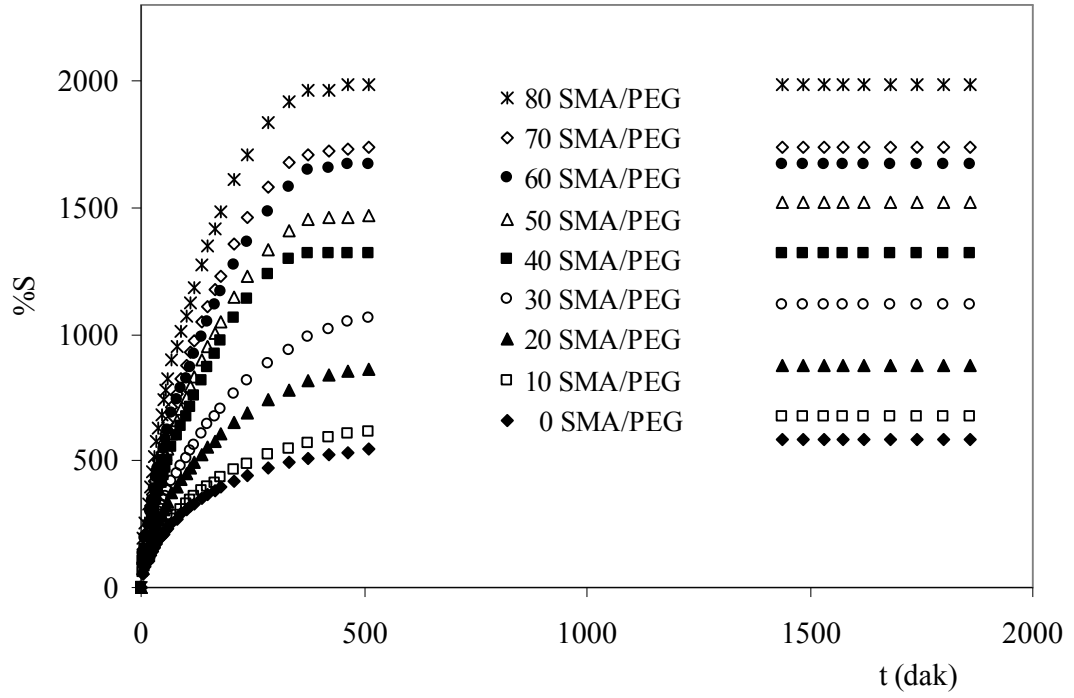
Şekil 4.27: AAm/SA/PEG/PEGDA ve AAm/SA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin şişmiş görünüşleri



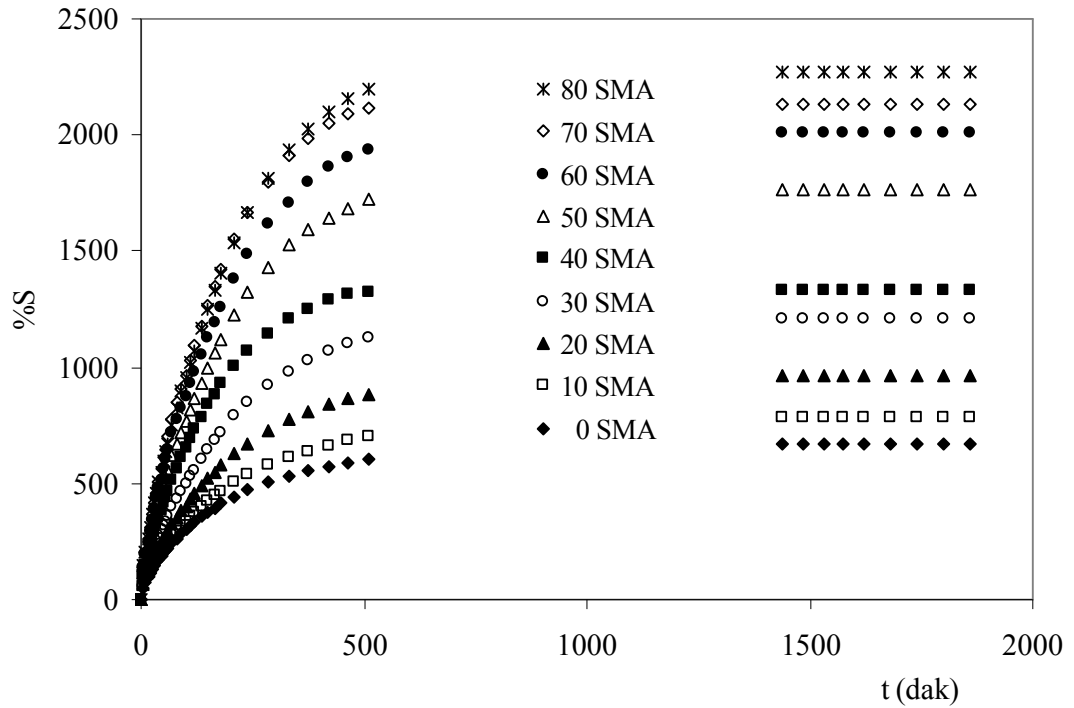
Şekil 4.28: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi



Şekil 4.29: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin şişme izotermi



Şekil 4.30: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi

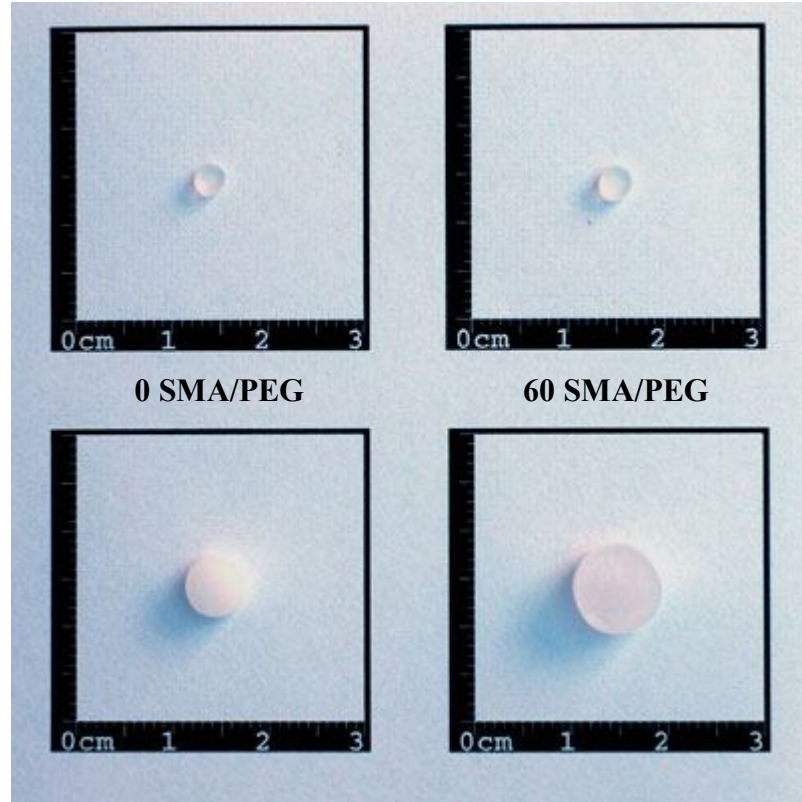


Şekil 4.31: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin şişme izotermi

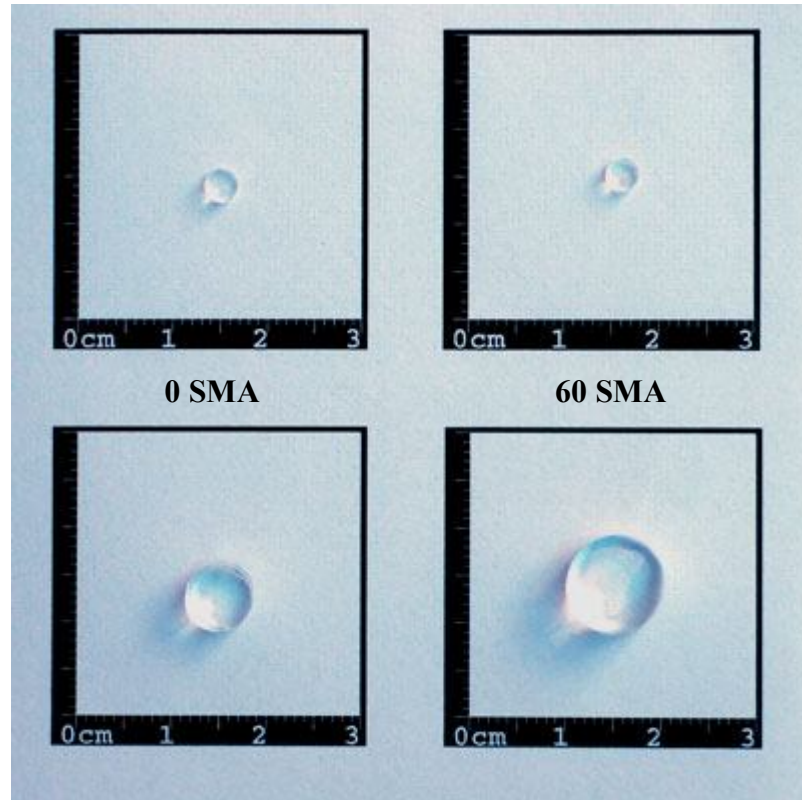
Çizelge 4.3: AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SMA hidrojellerinin % S_d değerleri

SMA/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	Denge yüzde şişme, % S_d								
PEG/PEGDA	416	427	490	521	570	649	718	762	901
PEGDA	492	575	610	752	925	1027	1159	1300	1479
PEG/PEGDMA	581	677	873	1116	1321	1517	1667	1739	1982
PEGDMA	668	785	963	1208	1333	1762	2009	2128	2267

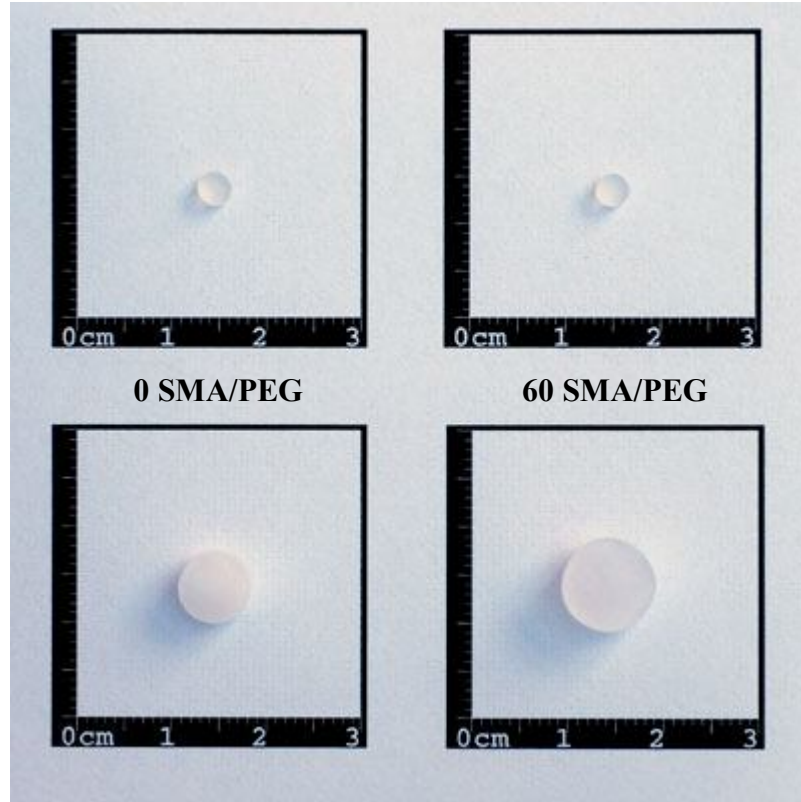
Çizelge 4.3 incelendiğinde, kopolimerdeki SMA miktarının artışıyla % S_d değerleri artmaktadır. Bunun sebebi olarak, SMA molekülünde bulunan hidrofilik grupların artışı söylenebilir. AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin % S_d değerleri AAm/SMA hidrojellerinin % S_d değerlerine oranla daha düşüktür. % S_d değerlerindeki bu azalışın nedeni, daha önce açıklandığı gibi yarı-IPN'de bulunan PEG moleküllerinin suyla olan etkileşimi azaltmasıdır.



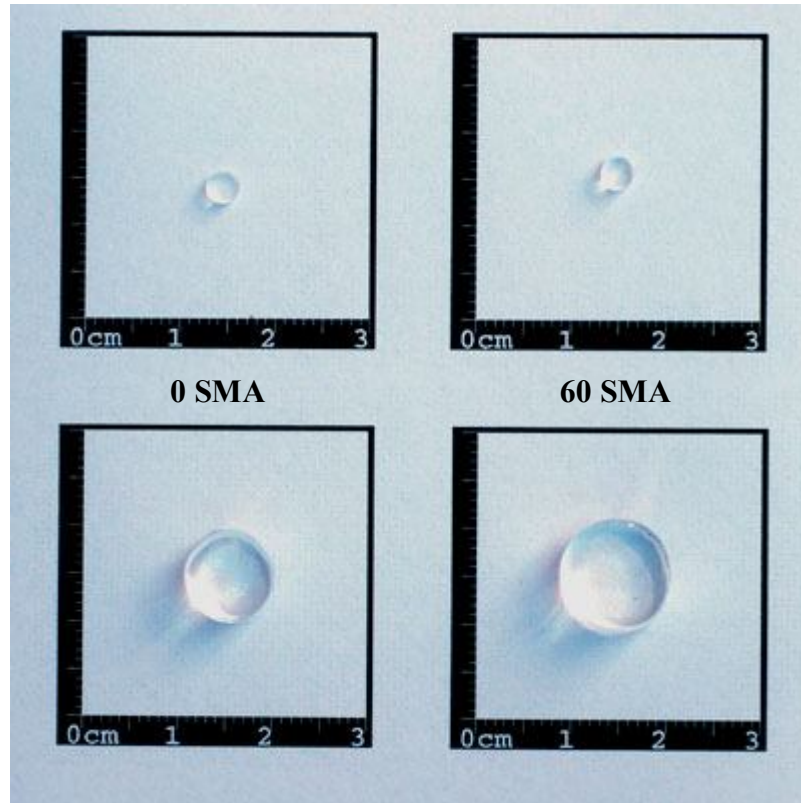
Şekil 4.32: AAm/SMA/PEG/PEGDA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri



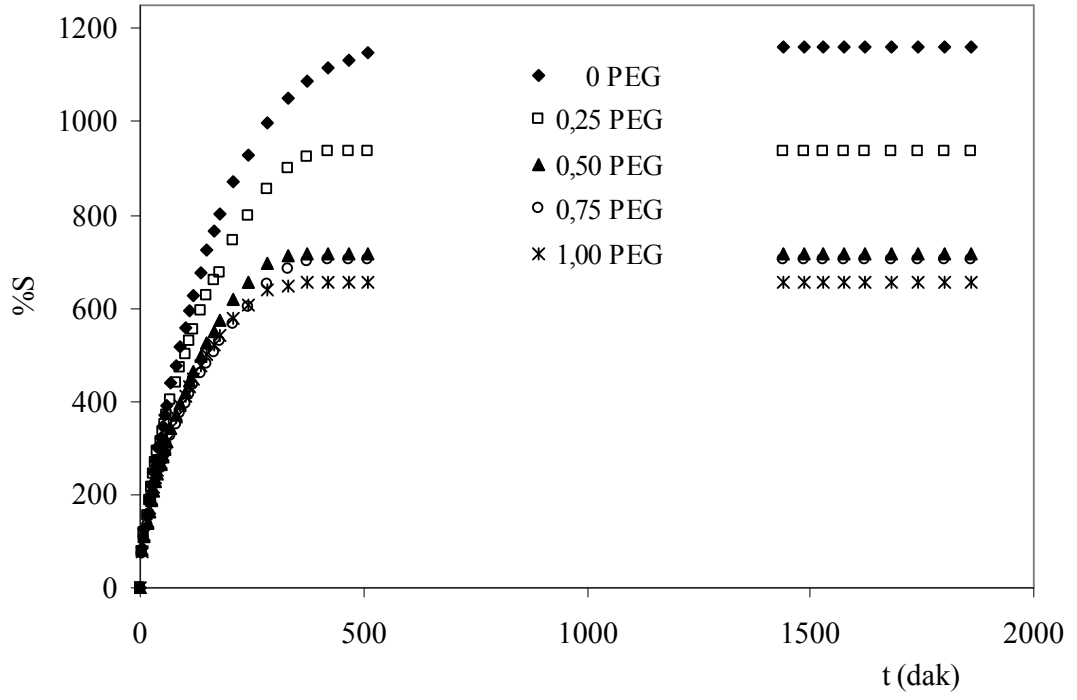
Şekil 4.33: AAm/SMA/PEGDA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri



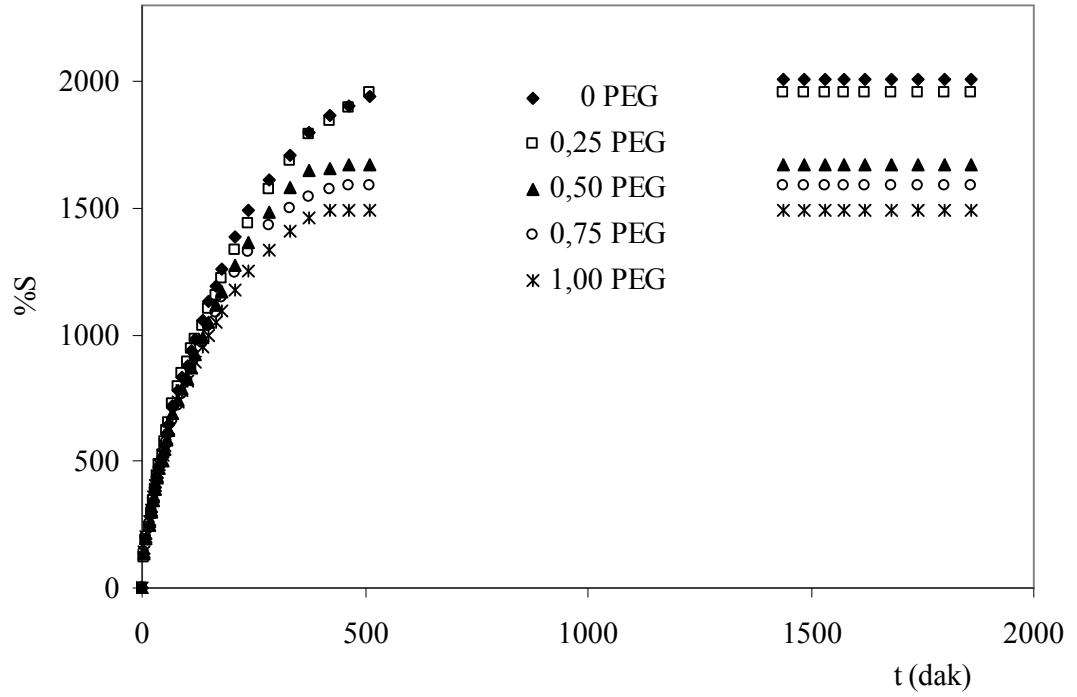
Şekil 4.34: AAm/SMA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri



Şekil 4.35: AAm/SMA/PEGDMA hidrojenlerinin kuru ve şişmiş görünümleri



Şekil 4.36: PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi

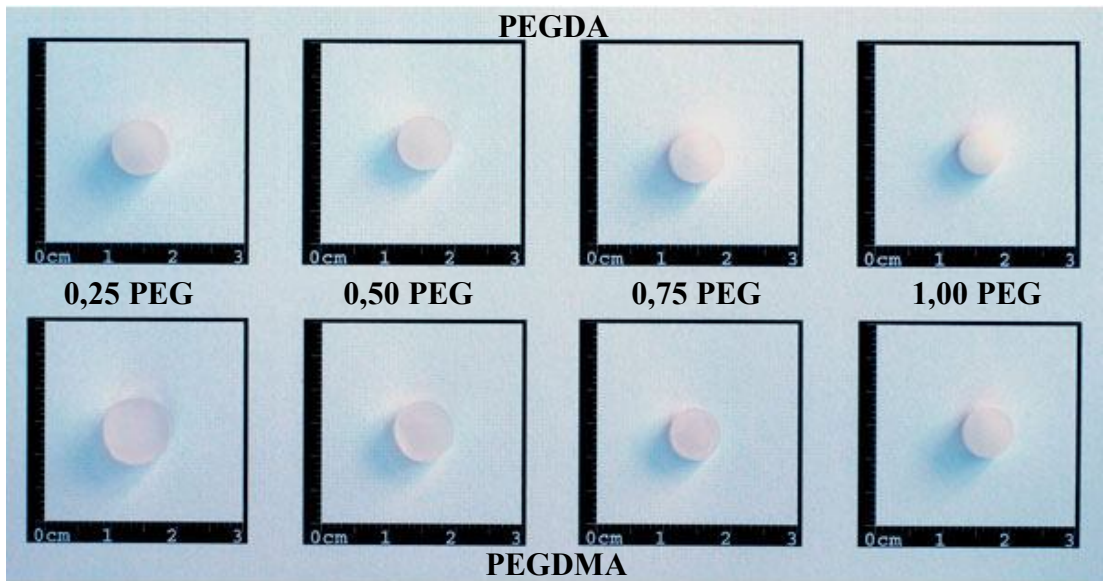


Şekil 4.37: PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi

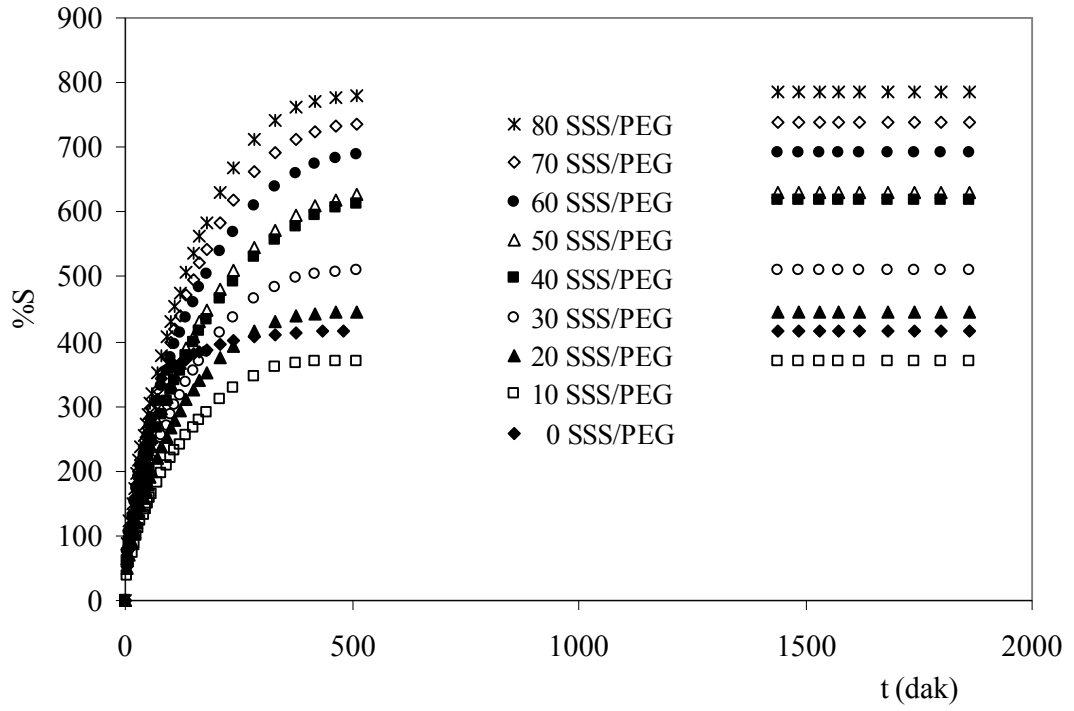
Çizelge 4.4: AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinde % S_d değerlerinin PEG miktarıyla değişimi

60 mg SMA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Denge yüzde şişme, % S_d				
PEGDA	1159	935	718	704	654
PEGDMA	2009	1956	1667	1587	1492

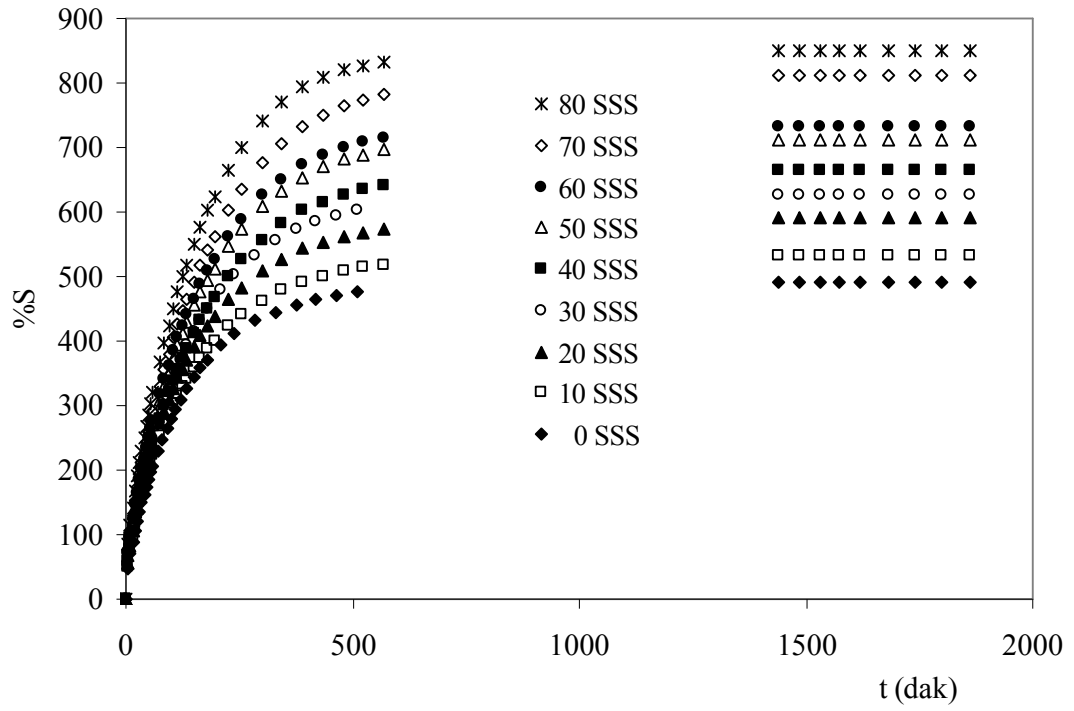
Çizelge 4.4'de görüldüğü gibi, yarı-IPN'de bulunan PEG miktarının artması % S_d değerlerinin düşmesine sebep olmaktadır. Bu sonuçlar, yarı-IPN'de bulunan PEG moleküllerinin suyun hidrofilik gruplarla etkileşimini engellemesi ve çapraz bağlı yapının gözeneklerinde bulunan PEG nedeniyle suyun difüzelebileceği boşlukların azalması şeklindeki açıklamayı doğrulamaktadır.



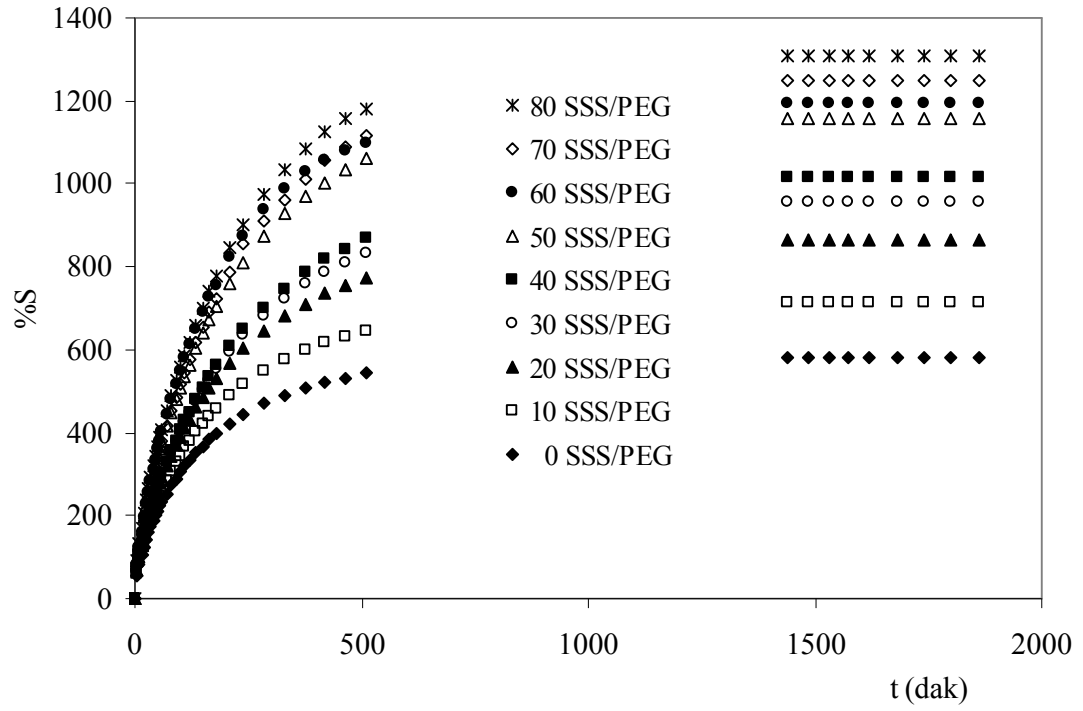
Şekil 4.38: AAm/SMA/PEG/PEGDA ve AAm/SMA/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin şişmiş görüntüleri



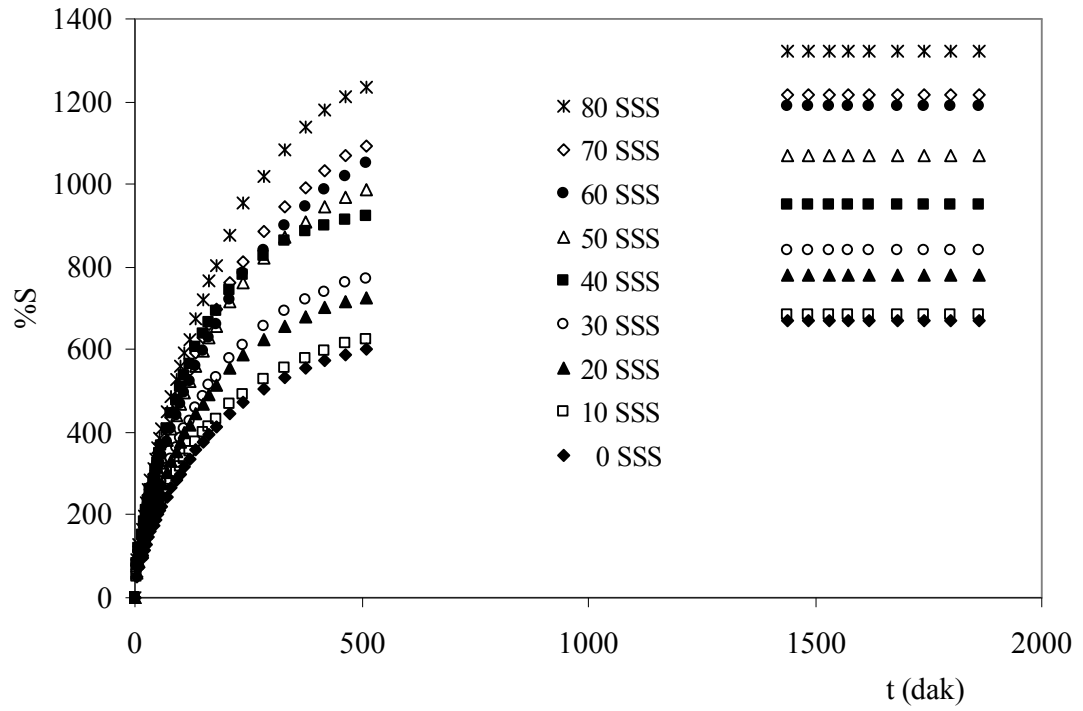
Şekil 4.39: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi



Şekil 4.40: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin şişme izotermi



Şekil 4.41: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermeleri

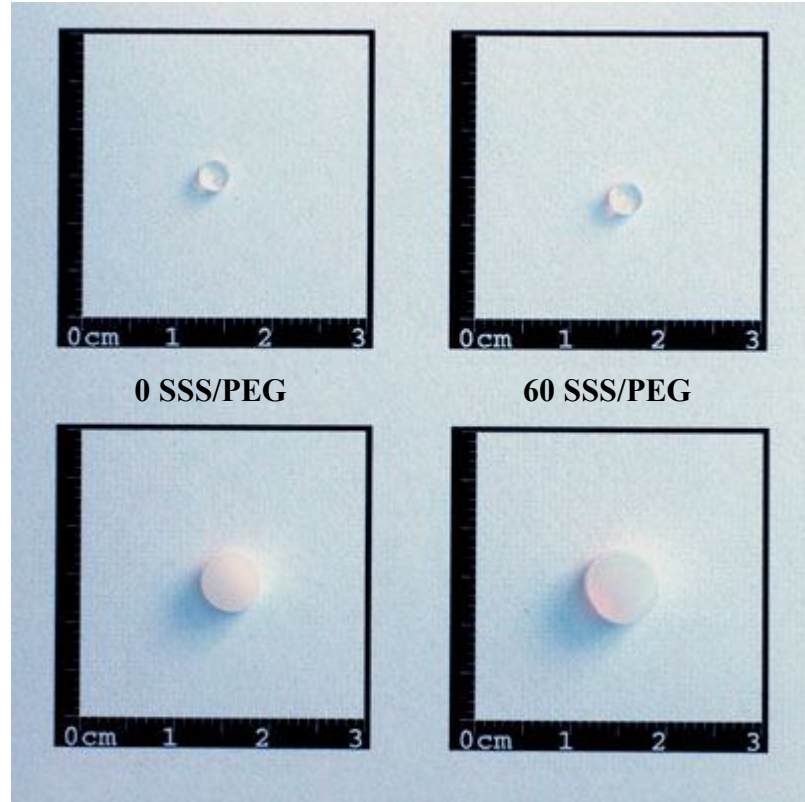


Şekil 4.42: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojenlerinin şişme izotermeleri

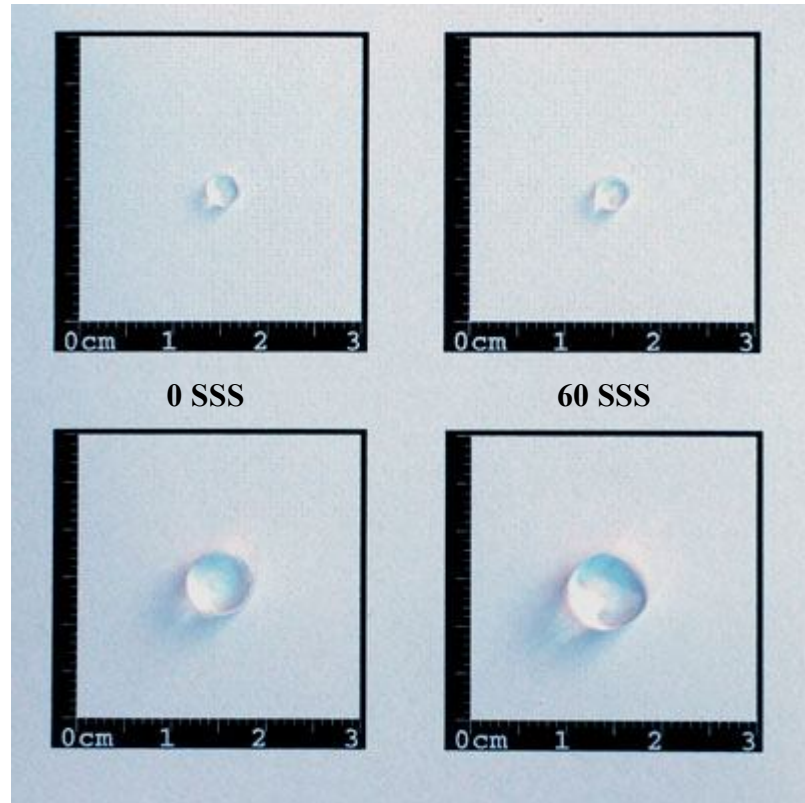
Çizelge 4.5: AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SSS hidrojellerinin % S_d değerleri

SSS/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	Denge yüzde şişme, % S_d								
PEG/PEGDA	416	370	446	510	619	631	693	738	785
PEGDA	492	532	590	626	665	713	733	812	849
PEG/PEGDMA	581	713	865	958	1016	1156	1196	1249	1309
PEGDMA	668	685	778	840	949	1070	1191	1216	1324

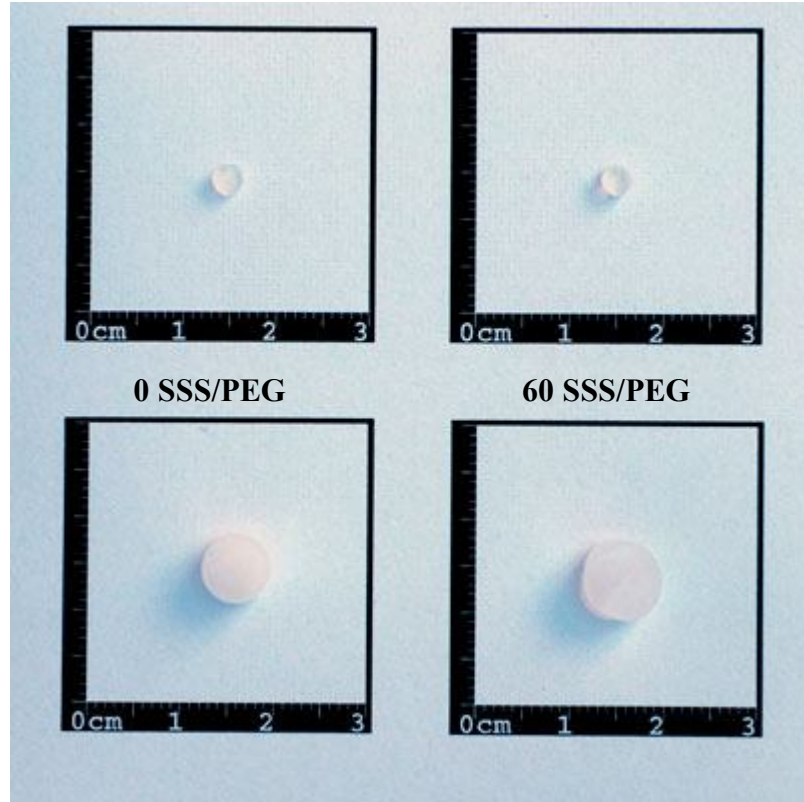
Çizelge 4.5'de SSS içeren kopolimerlerin % S_d değerleri verilmiştir. SSS içeren kopolimerlerde de, yardımcı monomerde bulunan hidrofilik grupların artması ile doğru orantılı olarak % S_d değerleri artmaktadır. Diğer yarı-IPN yapılarda olduğu gibi, AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin % S_d değerleri aynı nedenlerle AAm/SSS hidrojellerinin % S_d değerlerine oranla daha düşüktür.



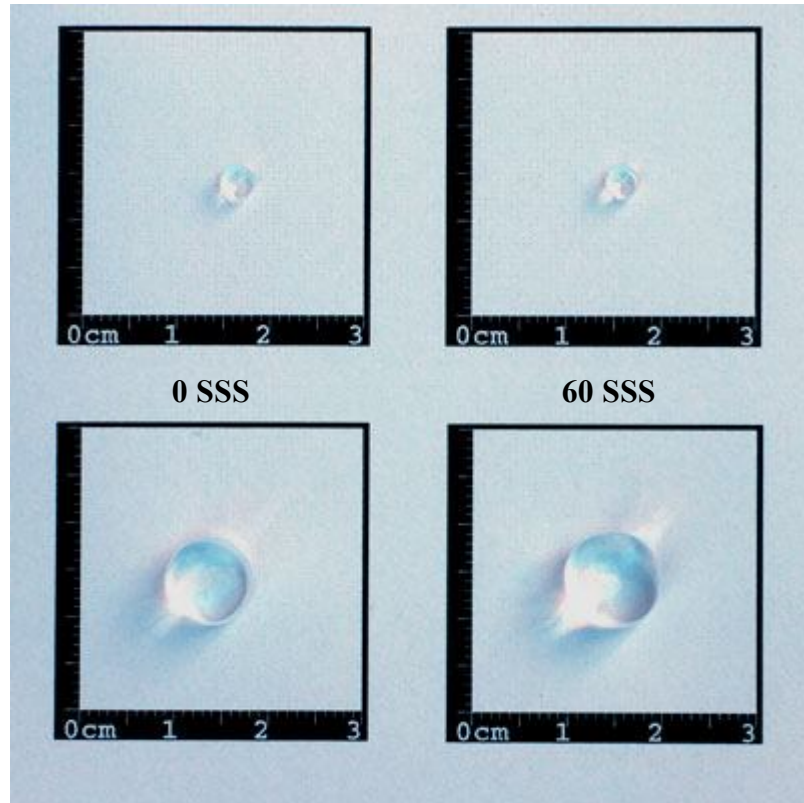
Şekil 4.43: AAm/SSS/PEG/PEGDA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri



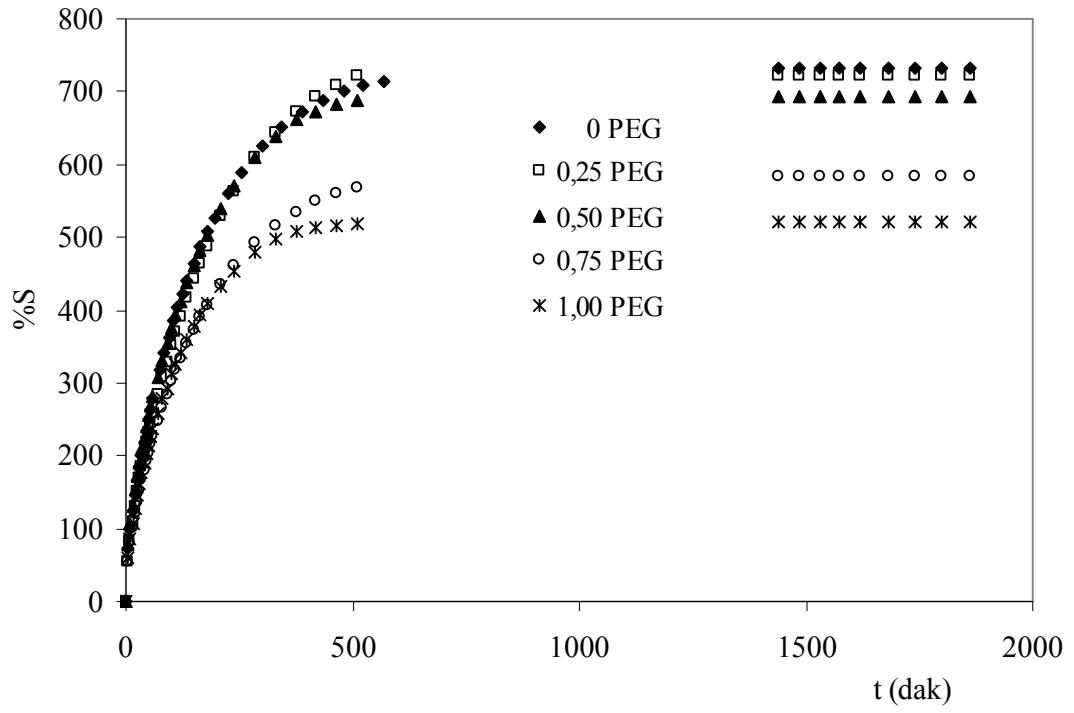
Şekil 4.44: AAm/SSS/PEGDA hidrojellerinin kuru ve şişmiş görünümleri



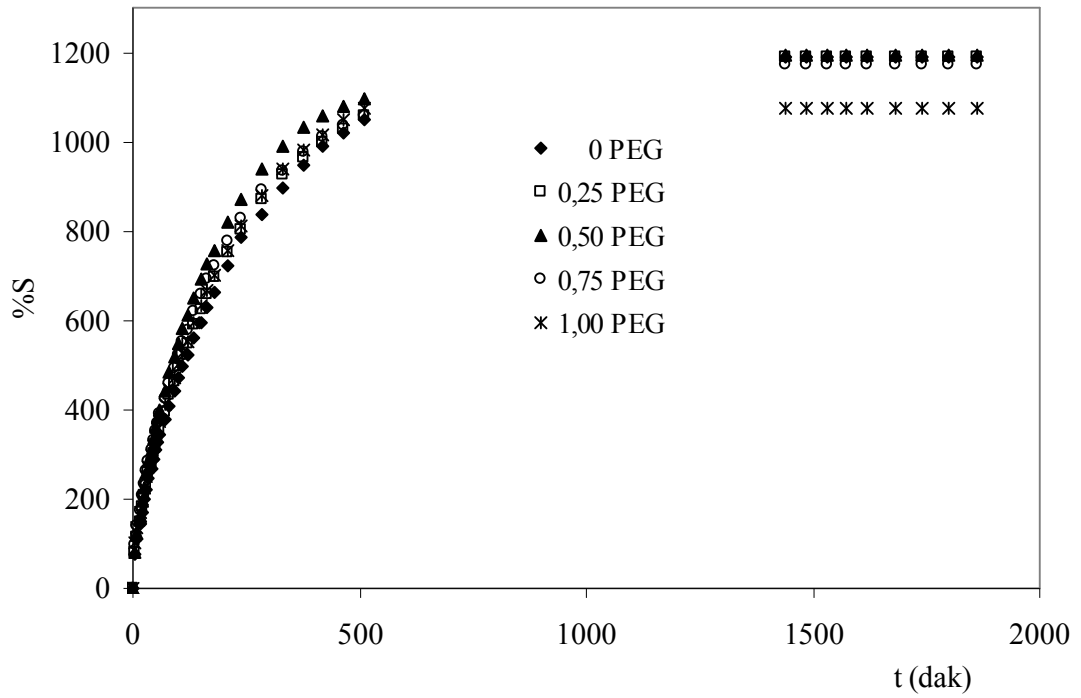
Şekil 4.45: AAm/SSS/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin kuru ve şişmiş görünümleri



Şekil 4.46: AAm/SSS/PEGDMA hidrojenlerinin kuru ve şişmiş görünümleri



Şekil 4.47: PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi

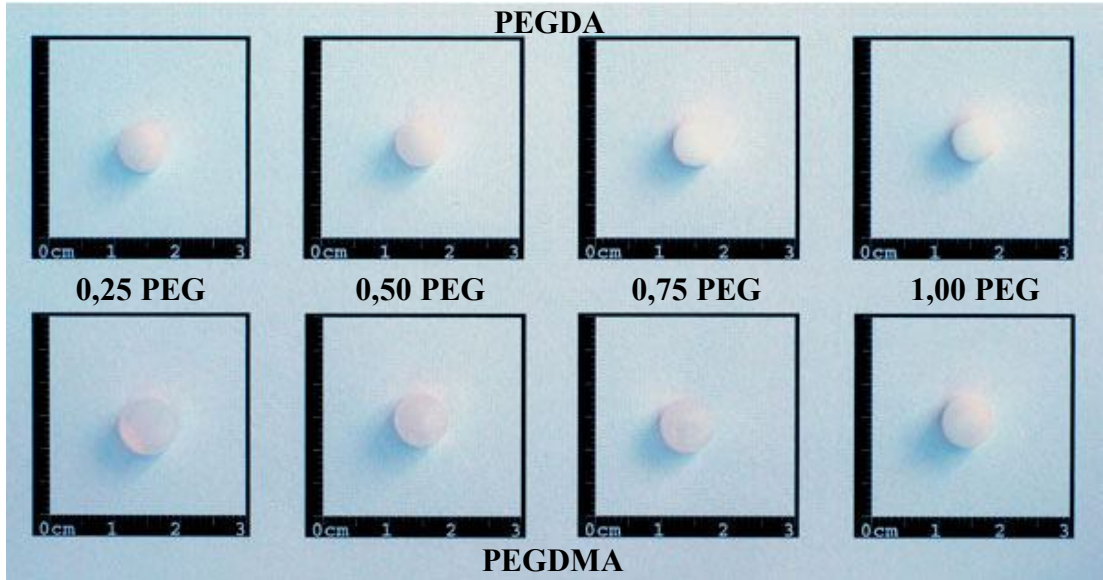


Şekil 4.48: PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme izotermi

Çizelge 4.6: AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde % S_d değerlerinin PEG miktarıyla değişimi

60 mg SSS	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Denge yüzde şişme, % S_d				
PEGDA	733	722	693	584	521
PEGDMA	1191	1188	1196	1173	1075

Çizelge 4.6'da, yarı-IPN'de bulunan PEG miktarının artışı ile % S_d değerlerinde meydana gelen değişim görülmektedir. SA ve SMA içeren yarı-IPN'lerde gözlenen değişime benzer değişim SSS içeren yarı-IPN'lerde de gözlenmektedir.



Şekil 4.49: AAm/SSS/PEG/PEGDA ve AAm/SSS/PEG/PEGDMA yarı-IPN'lerinin şişmiş görünüşleri

4.4.2. Şişmeye çapraz bağlayıcı etkisi

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de görüldüğü gibi, çapraz bağlayıcı olarak kullanılan PEGDA ve PEGDMA’nın kimyasal yapıları birbirine oldukça benzemektedir. PEGDA ve PEGDMA iki fonksiyonlu çapraz bağlayıcılardır ve bağlanma sırasında çift bağların açılmasıyla dört noktadan bağlanma gerçekleştirmeleri beklenebilir. Dinamik şişme testleri sonunda elde edilen $\%S_d$ değerleri incelendiğinde, PEGDMA ile çapraz bağlı kopolimerlerin daha yüksek şişme değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar ışığında, PEGDA ile hazırlanan kopolimerlerde, çapraz bağ yoğunluğunun daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu durum, daha küçük gözeneklerin oluşmasına neden olur. Bu nedenle PEGDA ile çapraz bağlı kopolimerler daha düşük şişme değerlerine ulaşmaktadır.

4.4.3. Dengede su içeriği

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, DSI) bu durumdaki hidrojeller için hesaplanan ve biyoyumluluk için oldukça önemli olan bir parametredir. Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanan DSI değerleri Çizelge 4.7 ve 4.8’de verilmiştir. Yarı-IPN’ler ve hidrojeller için DSI 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 DSI değerlerinin artış göstermektedir. Yarı-IPN’lerin DSI değerleri ile hidrojellerin DSI değerleri karşılaştırıldığında, PEG içeren yarı-IPN’lerin daha düşük değerlere sahip olduğu görülebilir. Bu durum $\%S_d$ değerleri için elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir.

Sabit yardımcı monomer içeriğinde PEG değişimi için elde edilen DSI değerleri de yine $\%S_d$ değerleri ile uyumlu bir şekilde, PEG miktarının artması ile düşüş göstermektedir.

Çizelge 4.7: Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin DSI değerleri

SA/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
PEG/PEGDA	0,8063	0,8086	0,8309	0,8581	0,8719	0,8109	0,9110	0,9225	0,9652
PEGDA	0,8312	0,8527	0,8739	0,9018	0,9219	0,9354	0,9523	0,9724	0,9792
PEG/PEGDMA	0,8533	0,8811	0,8992	0,9253	0,9360	0,9471	0,9581	0,9626	0,9668
PEGDMA	0,8698	0,8917	0,9077	0,9279	0,9420	0,9514	0,9841	0,9903	0,9927
SMA/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
PEG/PEGDA	0,8063	0,8104	0,8306	0,8390	0,8507	0,8666	0,8778	0,8840	0,9001
PEGDA	0,8312	0,8518	0,8591	0,8827	0,9024	0,9112	0,9206	0,9286	0,9367
PEG/PEGDMA	0,8533	0,8713	0,8973	0,9178	0,9296	0,9382	0,9434	0,9456	0,9520
PEGDMA	0,8698	0,8870	0,9060	0,9235	0,9302	0,9463	0,9526	0,9551	0,9578
SSS/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
PEG/PEGDA	0,8063	0,7871	0,8167	0,8360	0,8610	0,8632	0,8739	0,8807	0,8870
PEGDA	0,8312	0,8417	0,8550	0,8623	0,8692	0,8770	0,8800	0,8903	0,8946
PEG/PEGDMA	0,8533	0,8770	0,8964	0,9055	0,9104	0,9204	0,9228	0,9259	0,9290
PEGDMA	0,8698	0,8726	0,8862	0,8936	0,9047	0,9145	0,9225	0,9240	0,9298

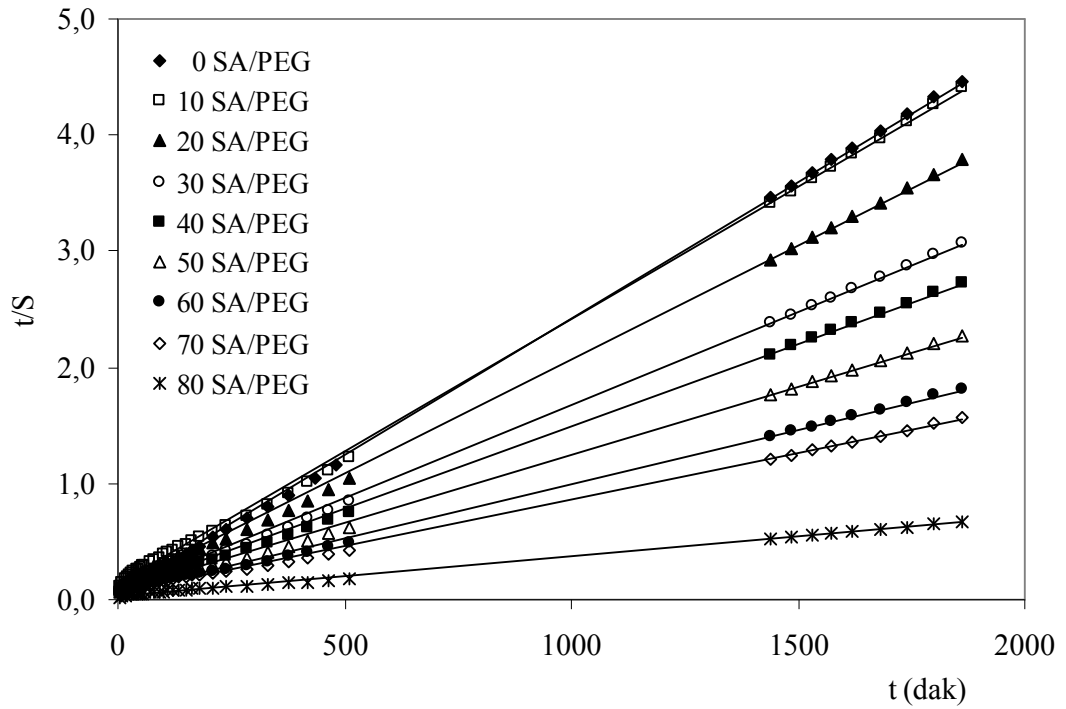
Çizelge 4.8: Farklı PEG içeriğine sahip yarı-IPN'lerin DSI değerleri

60 mg SA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
PEGDA	0,9523	0,9178	0,9110	0,9088	0,8958
PEGDMA	0,9841	0,9612	0,9581	0,9531	0,9439
60 mg SMA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
PEGDA	0,9206	0,9034	0,8778	0,8756	0,8674
PEGDMA	0,9526	0,9514	0,9434	0,9407	0,9372
60 mg SSS	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
PEGDA	0,8800	0,8783	0,8739	0,8537	0,8390
PEGDMA	0,9225	0,9223	0,9228	0,9215	0,9149

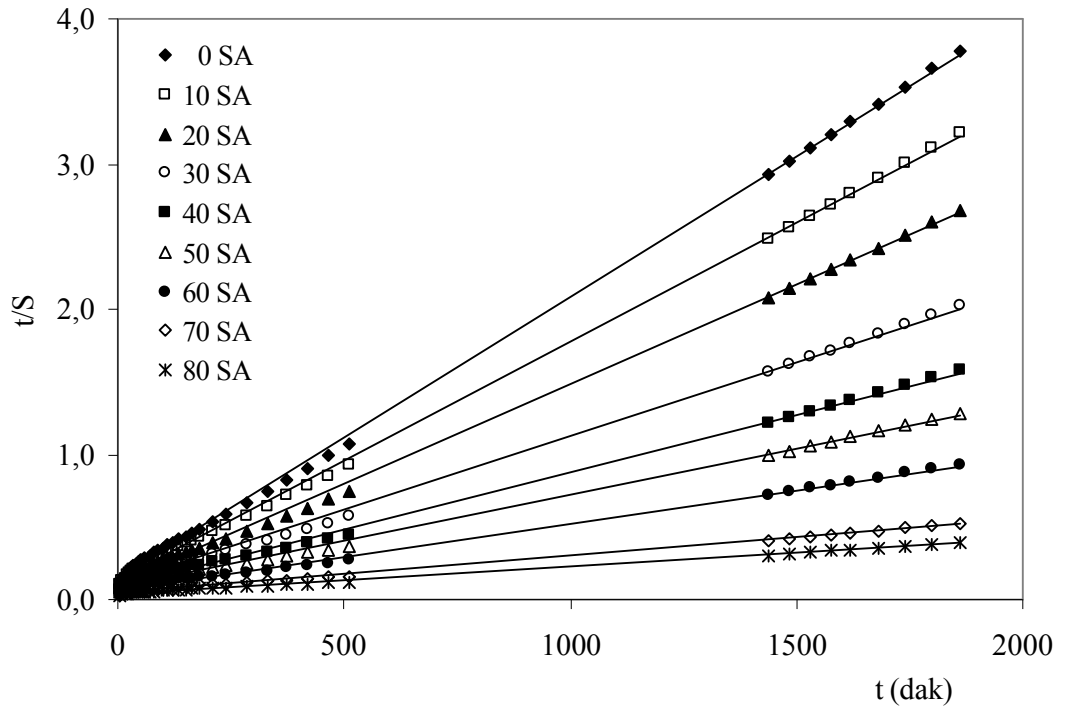
4.4.4. Şişme kinetiği

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.

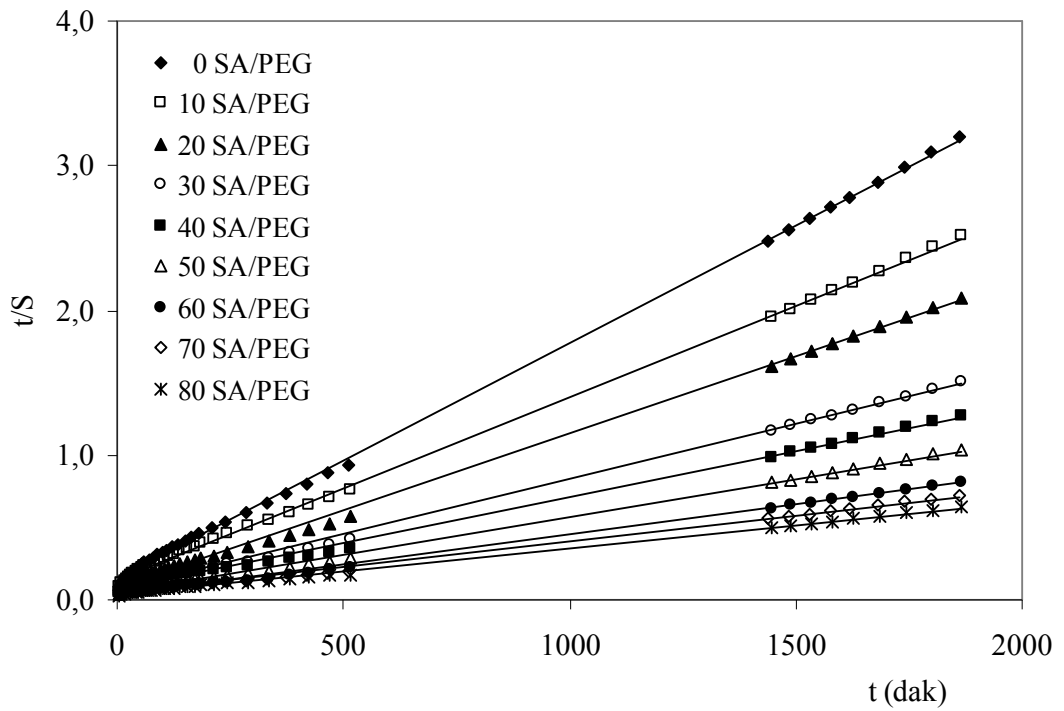
Hazırlanan çapraz bağlı polimerlerin sudaki şişme hızını belirleyen şişme hız sabiti k_s , başlangıç şişme hızı r ve teorik denge şişme değeri S_{mak} Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanmış ve çizelgelerde sunulmuştur. Bu değerlerin hesaplanabilmesi için aşağıda sunulan $t/S - t$ grafikleri çizilerek elde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



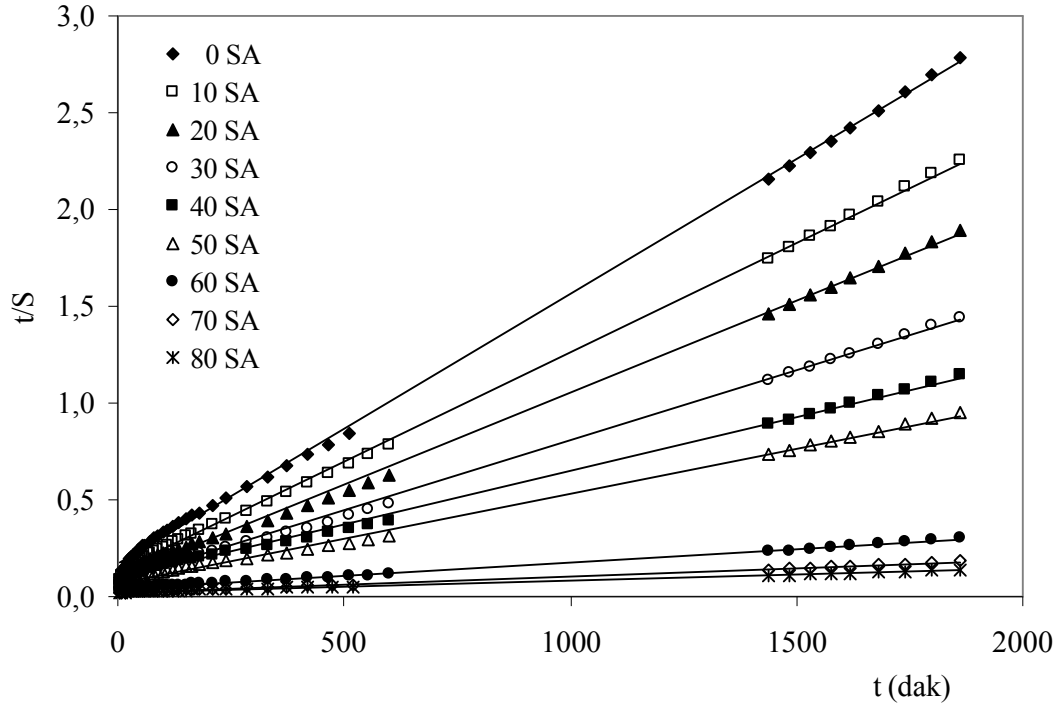
Şekil 4.50: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.51: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri



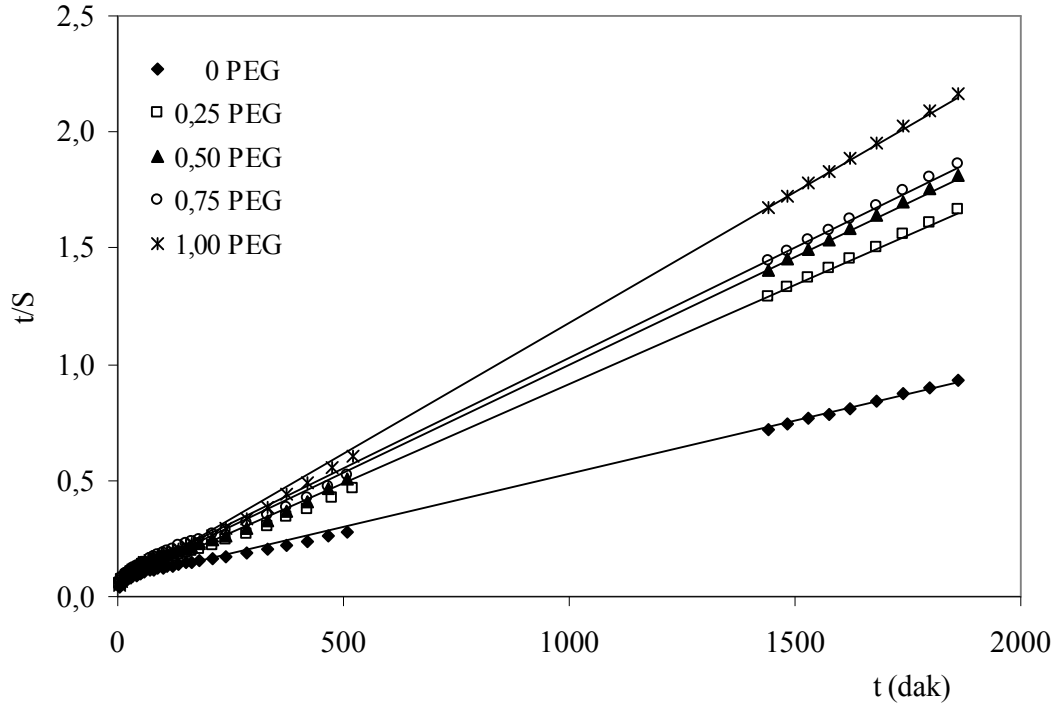
Şekil 4.52: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



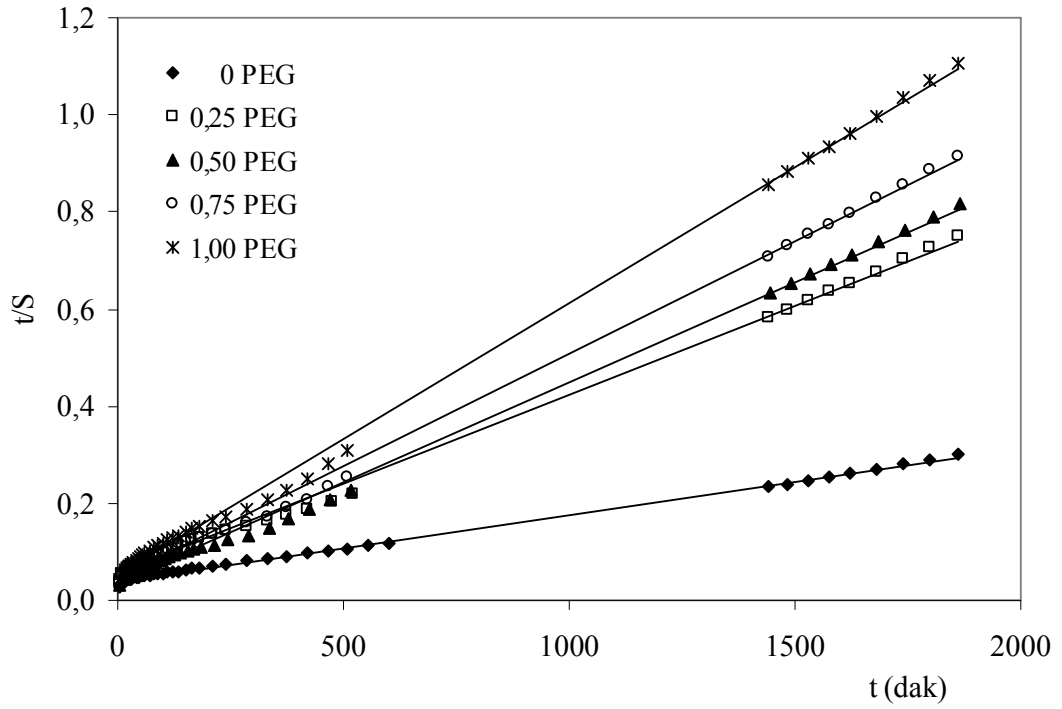
Şekil 4.53: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojenlerinin şişme kinetiği eğrileri

Çizelge 4.9: SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojenlerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

SA/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
	Başlangıç şişme hızı, r_o (dS/dt) _o ; g_{su} / g_{jel} dak								
PEG/PEGDA	14,53	7,59	10,03	13,33	12,39	13,11	15,26	15,38	31,57
PEGDA	7,00	7,43	8,83	9,33	10,76	11,94	14,84	20,53	25,04
PEG/PEGDMA	6,97	7,08	11,46	14,32	13,15	18,36	26,95	21,81	26,39
PEGDMA	5,94	7,87	9,50	11,23	10,62	14,19	24,97	42,11	42,37
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^5$, g_{jel}/g_{su} dak								
PEG/PEGDA	8,06	3,95	3,88	3,42	2,48	1,80	1,33	0,98	0,36
PEGDA	2,63	2,00	1,66	0,97	0,67	0,49	0,31	0,13	0,09
PEG/PEGDMA	1,86	1,13	1,29	0,83	0,53	0,50	0,46	0,28	0,27
PEGDMA	1,15	1,02	0,85	0,58	0,33	0,31	0,05	0,03	0,02
	Teorik denge (yüzde) şişme, S_{mak} , g_{su} / g_{jel}								
PEG/PEGDA	424	438	508	624	707	853	1072	1254	2946
PEGDA	516	609	730	979	1268	1568	2184	3946	5333
PEG/PEGDMA	613	792	941	1312	1574	1914	2422	2789	3137
PEGDMA	717	880	1054	1391	1797	2151	7294	11950	16807



Şekil 4.54: PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

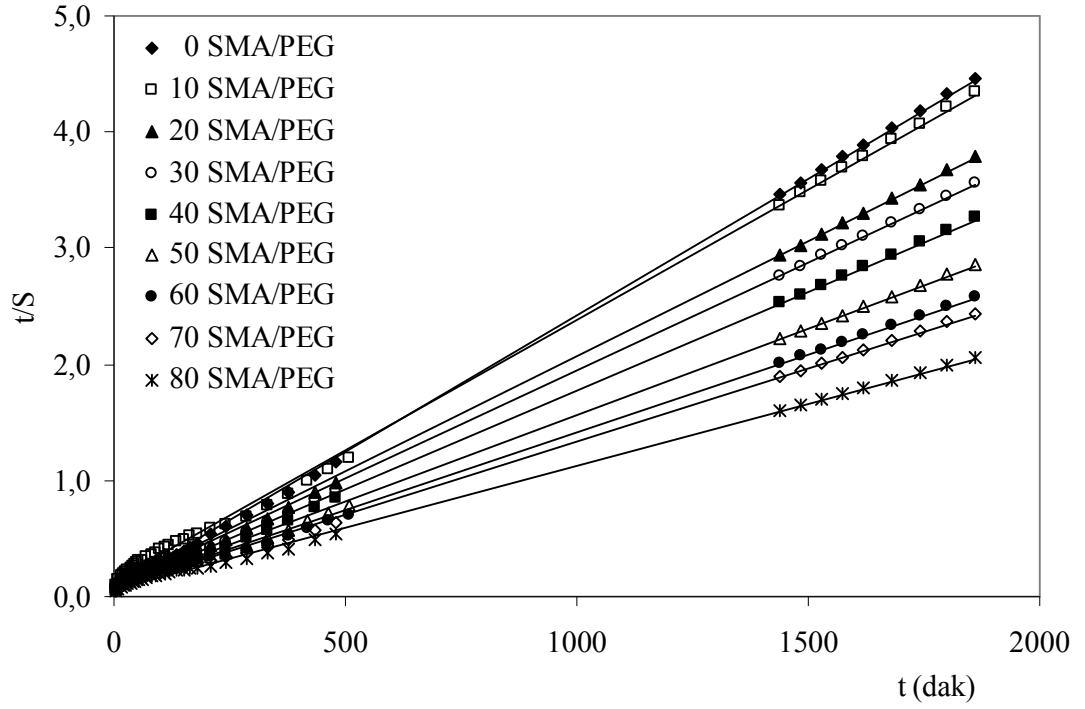


Şekil 4.55: PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

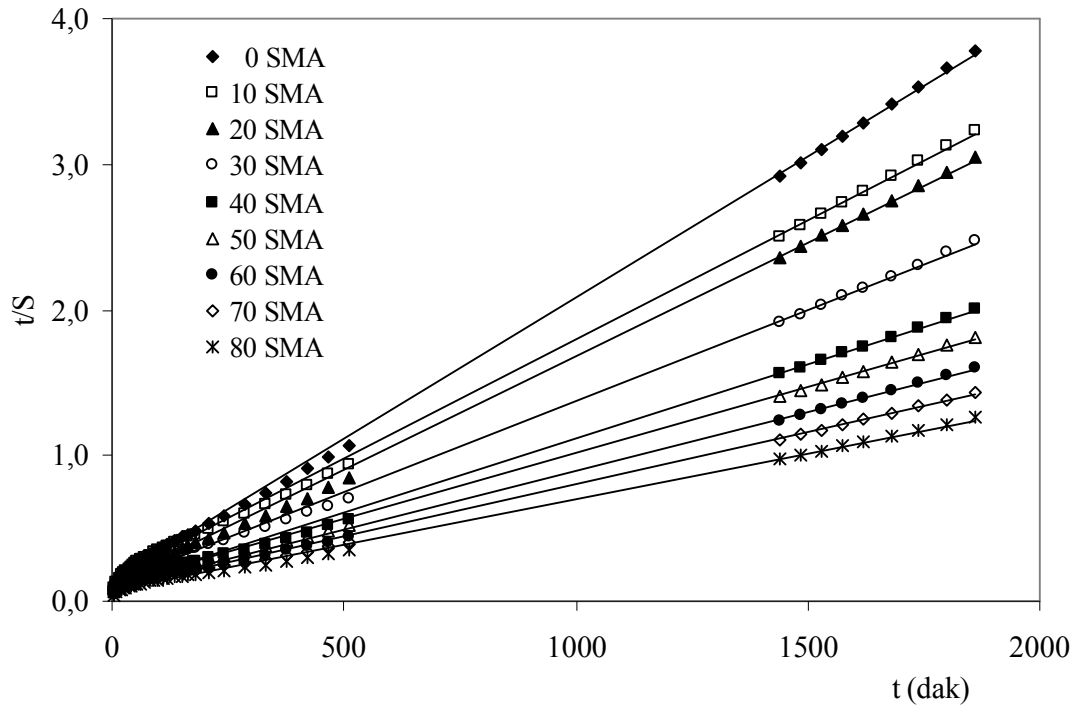
Çizelge 4.10: AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

60 mg SA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Başlangıç şişme hızı, r_o (dS/dt) _o ; g _{su} / g _{jel} dak				
PEGDA	14,84	15,89	15,26	13,16	18,68
PEGDMA	24,97	17,89	26,95	21,71	19,62
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^5$, g _{jel} /g _{su} dak				
PEGDA	0,31	1,16	1,33	1,20	2,37
PEGDMA	0,05	0,24	0,46	0,46	0,62
	Teorik denge (yüzde) şişme, S_{mak} , g _{su} / g _{jel}				
PEGDA	2184	1172	1072	1049	888
PEGDMA	7294	2718	2422	2165	1783

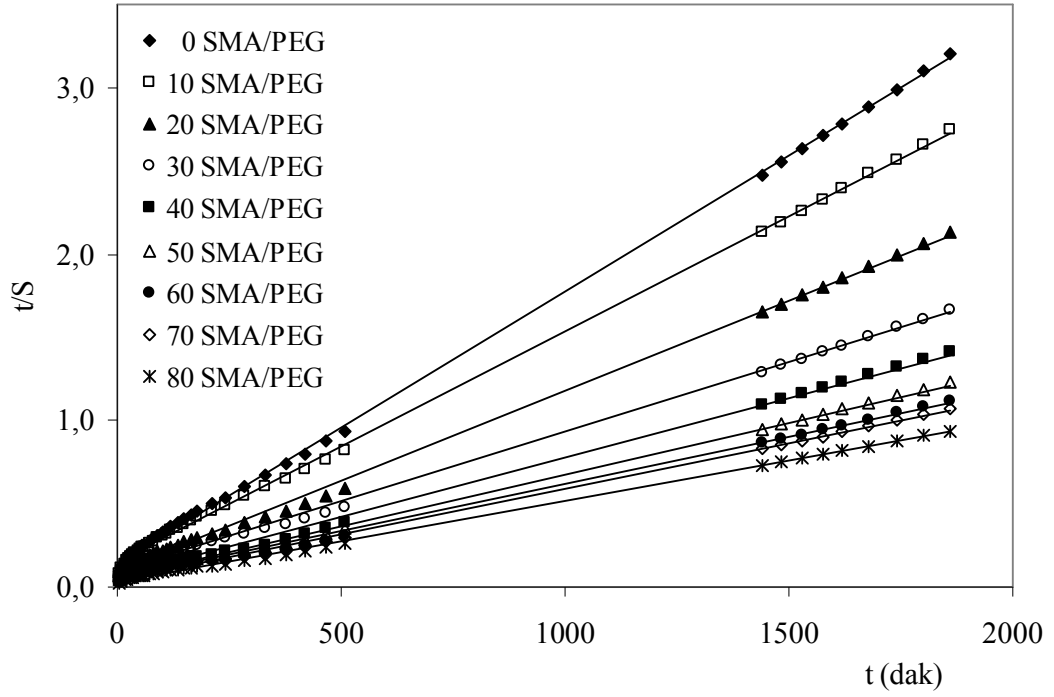
AAm/SA/PEG yarı-IPN'leri ve AAm/SA hidrojelleri için sunulan Çizelge 4.9 ve 4.10 incelendiğinde en belirgin özellik, S_{mak} değerleri ile daha önceden hesaplanan denge yüzde şişme değerlerinin uyumudur. AAm/SA/PEG yarı-IPN'leri dinamik şişme testleri sonunda %416-2913 şişme gösterirlerken, şişme kinetiği analizleri sonucu bu değerler, %424-3137 olarak hesaplanmışlardır. AAm/SA hidrojelleri için dinamik şişme testlerinden elde edilen değerler %492-13543, kinetik analizden elde edilen değerler ise %516-16807 arasında değişmektedir. PEG değişimi için elde edilen değerler %6190-860 ve %7294-888 şeklinde uyum göstermektedir. Sonuçlardaki bu uyum, şişme kinetiği analizinin doğru temeller üzerine oluşturulduğunun bir göstergesi olabilir.



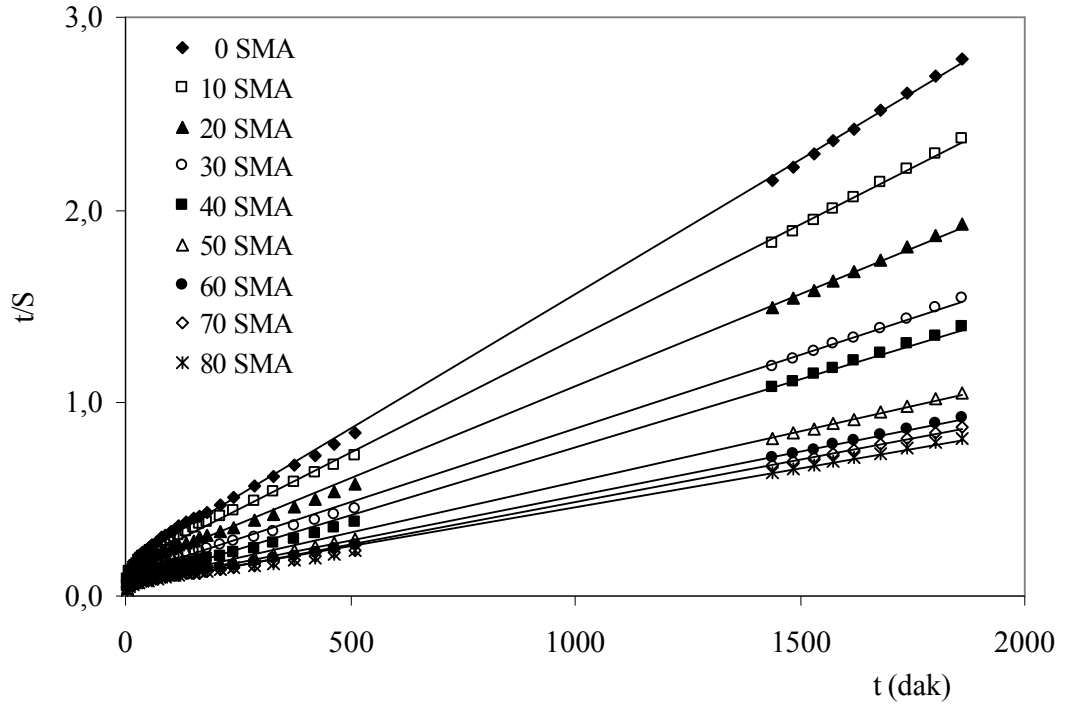
Şekil 4.56: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.57: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojenlerinin şişme kinetiği eğrileri



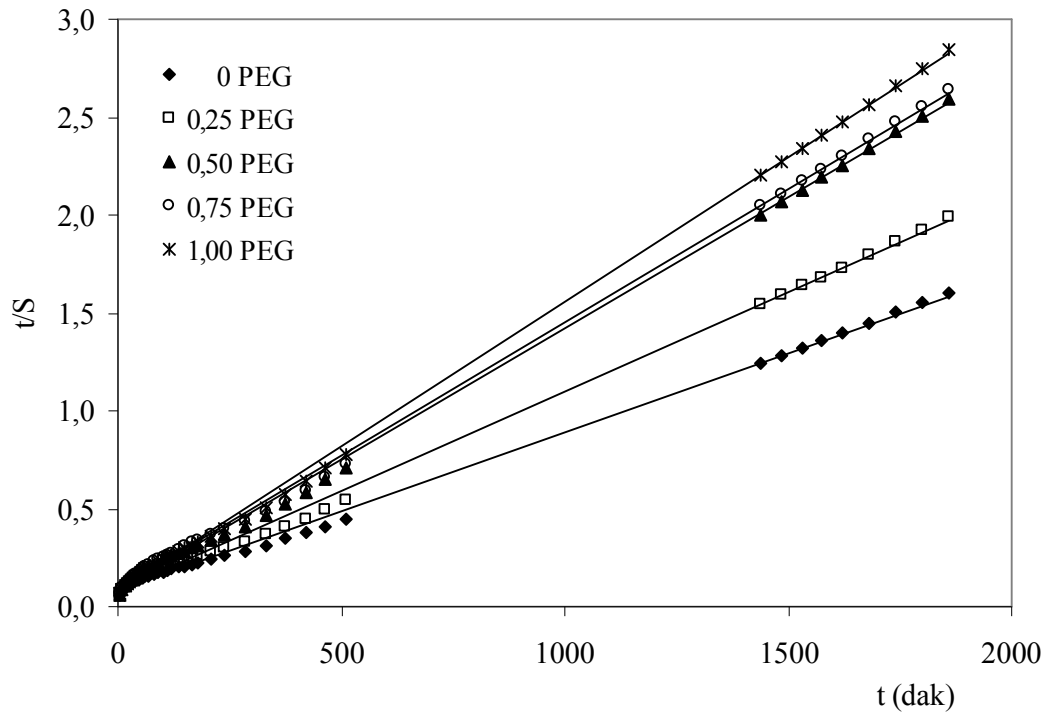
Şekil 4.58: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



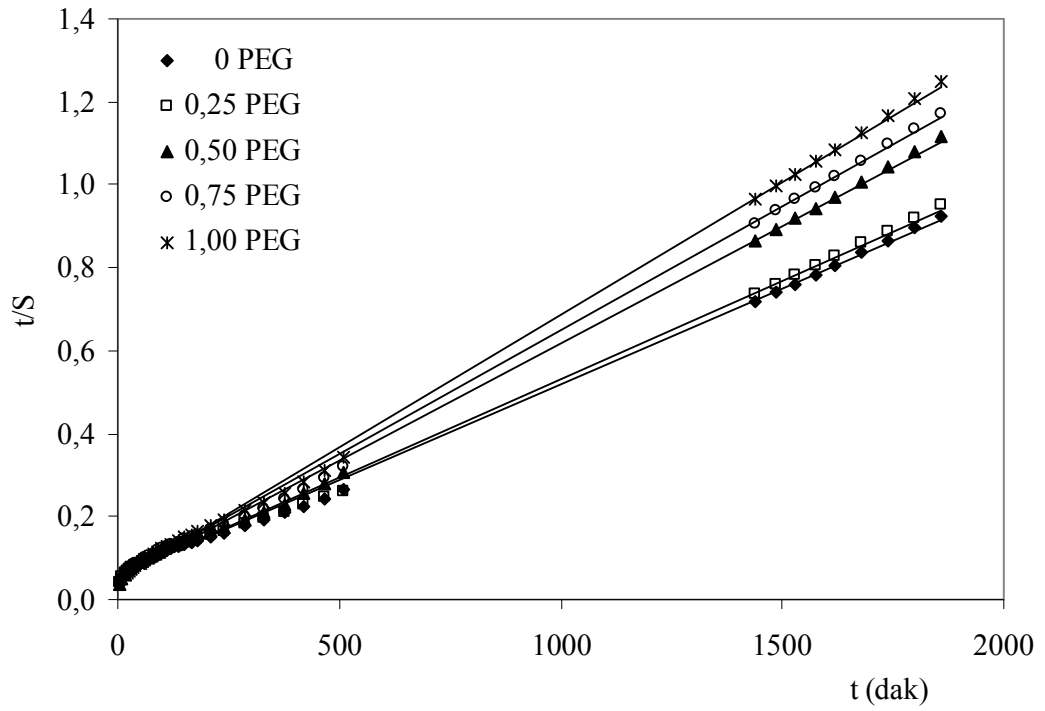
Şekil 4.59: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri

Çizelge 4.11: SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

SMA/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Başlangıç şişme hızı, r_o (dS/dt) _o ; g _{su} / g _{jel} dak									
PEG/PEGDA	14,53	7,20	10,59	10,42	12,29	12,47	12,18	12,14	14,86
PEGDA	7,00	6,39	8,18	7,73	10,79	9,23	12,20	12,14	14,26
PEG/PEGDMA	6,97	6,80	10,62	10,76	16,72	17,04	19,63	21,18	28,09
PEGDMA	5,94	6,44	7,79	9,39	14,52	15,60	17,66	20,23	18,67
Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^5$, g _{jel} /g _{su} dak									
PEG/PEGDA	8,06	3,64	4,14	3,59	3,55	2,75	2,18	1,92	1,69
PEGDA	2,63	1,72	1,99	1,20	1,13	0,76	0,80	0,62	0,57
PEG/PEGDMA	1,86	1,31	1,25	0,76	0,86	0,66	0,63	0,63	0,65
PEGDMA	1,15	0,89	0,57	0,54	0,72	0,43	0,38	0,39	0,31
Teorik denge (yüzde) şişme, S_{mak} , g _{su} / g _{jel}									
PEG/PEGDA	424	445	506	539	588	673	748	795	939
PEGDA	516	609	641	802	979	1104	1236	1397	1585
PEG/PEGDMA	613	720	923	1194	1395	1610	1766	1839	2079
PEGDMA	717	848	1165	1314	1418	1900	2166	2286	2459



Şekil 4.60: PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

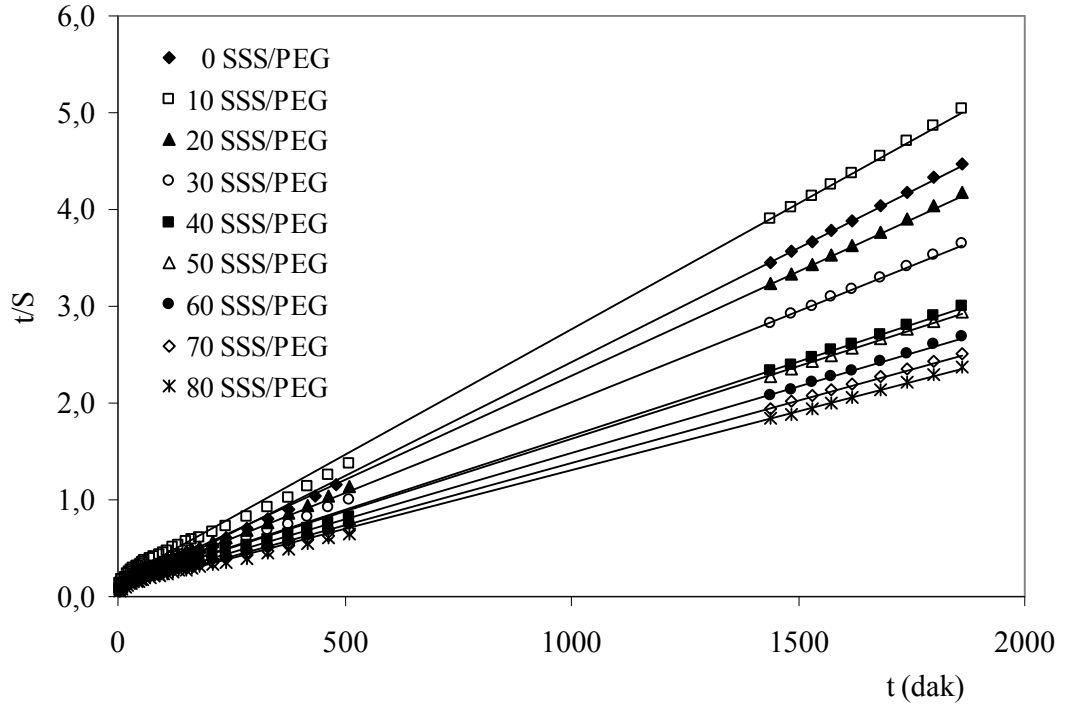


Şekil 4.61: PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

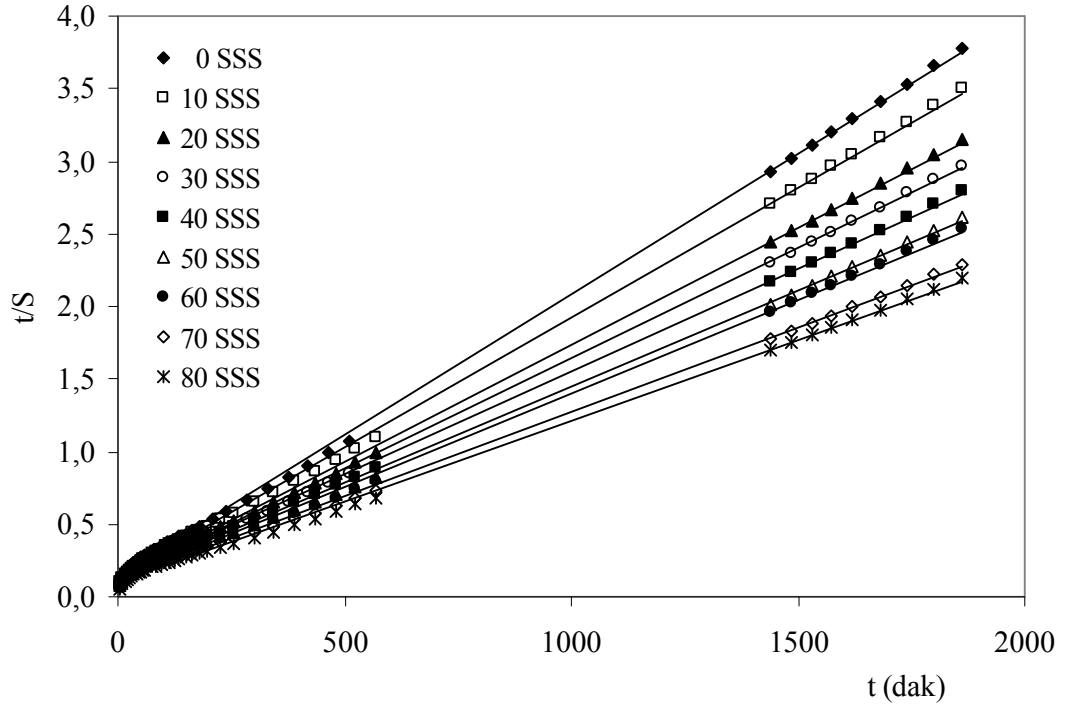
Çizelge 4.12: AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

60 mg SMA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Başlangıç şişme hızı, r_o (dS/dt) _o ; g _{su} / g _{jel} dak				
PEGDA	12,20	12,69	12,18	10,79	13,25
PEGDMA	17,66	18,00	19,63	20,08	21,23
	Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^5$, g _{jel} /g _{su} dak				
PEGDA	0,80	1,31	2,18	2,56	2,89
PEGDMA	0,38	0,41	0,63	0,72	0,87
	Teorik denge (yüzde) şişme, S_{mak} , g _{su} / g _{jel}				
PEGDA	1236	983	748	650	677
PEGDMA	2166	2103	1766	1674	1564

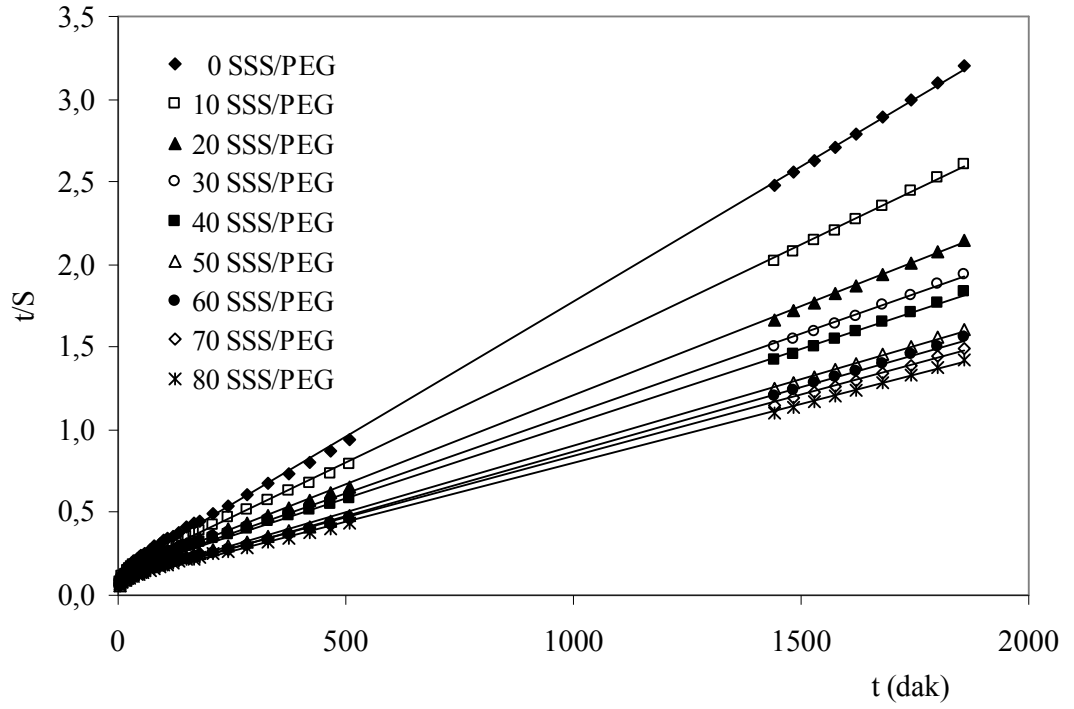
Çizelge 4.11 ve 4.12’de sunulan S_{mak} değerleri, $\%S_d$ değerleri karşılaştırıldığında uyum içerisinde oldukları söylenebilir. AAm/SMA/PEG yarı-IPN’lerinin $\%S_d$ değerleri $\%416$ - 1982 , S_{mak} değerleri ise $\%424$ - 2079 arasındadır. AAm/SMA hidrojelleri için $\%S_d$ değerleri $\%492$ - 2267 , kinetik analizden elde edilen değerler ise S_{mak} değerleri ise $\%516$ - 2459 arasında değişmektedir. PEG değişimi için elde edilen değerler $\%2009$ - 654 ve $\%2166$ - 677 şeklinde uyum göstermektedir.



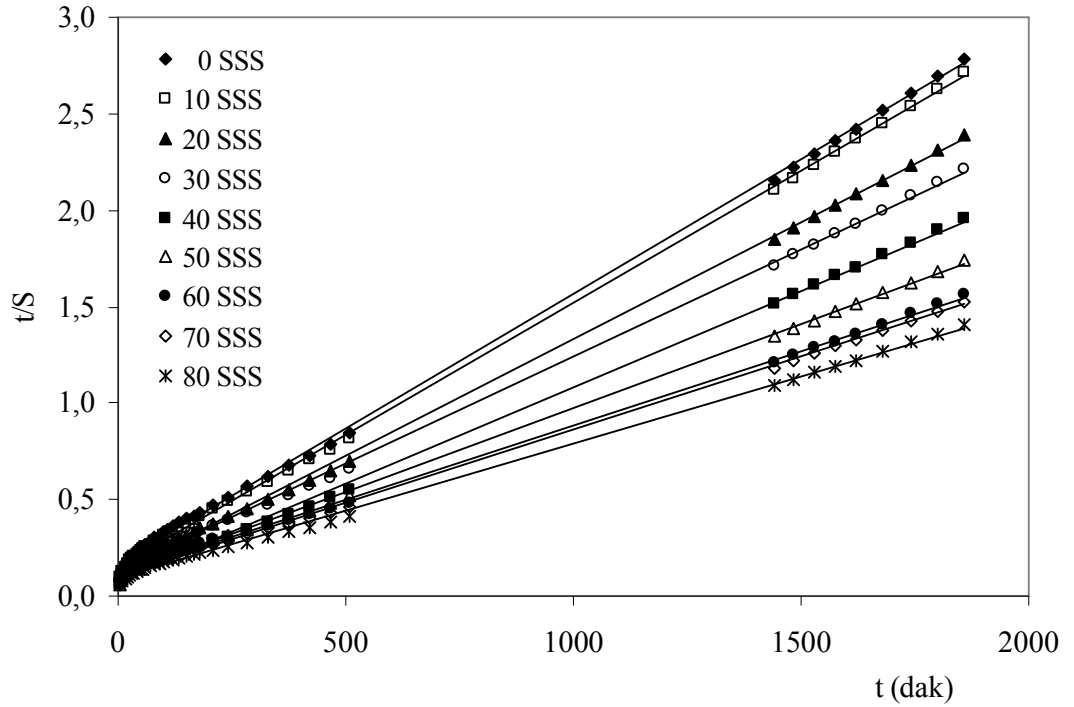
Şekil 4.62: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.63: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin şişme kinetiği eğrileri



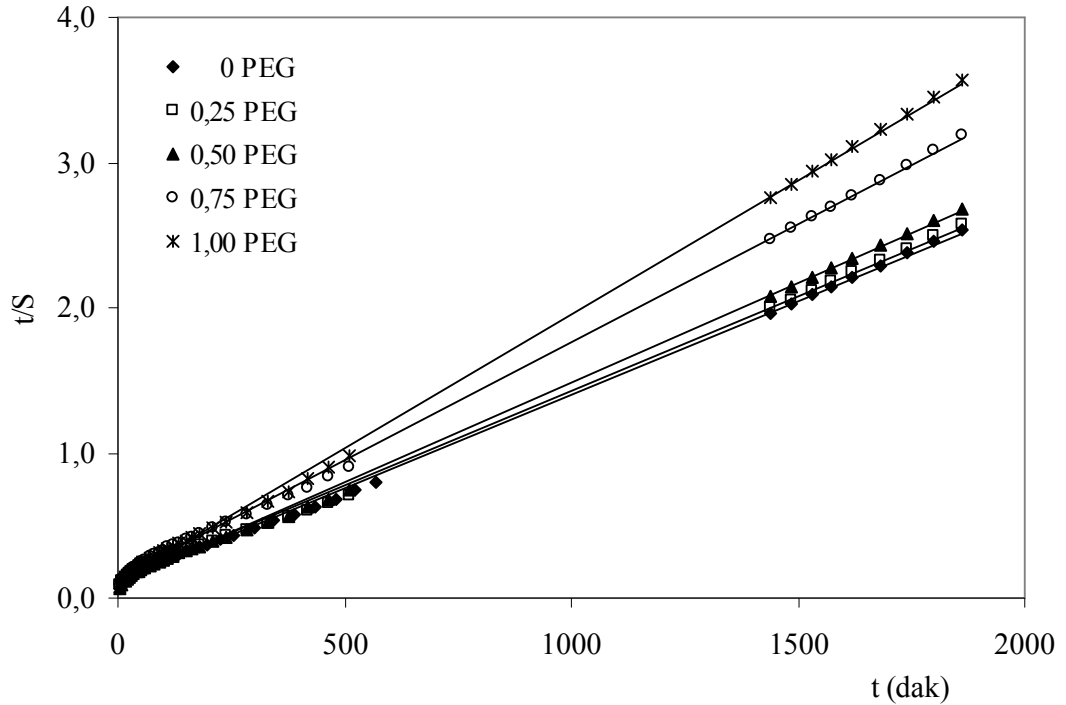
Şekil 4.64: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



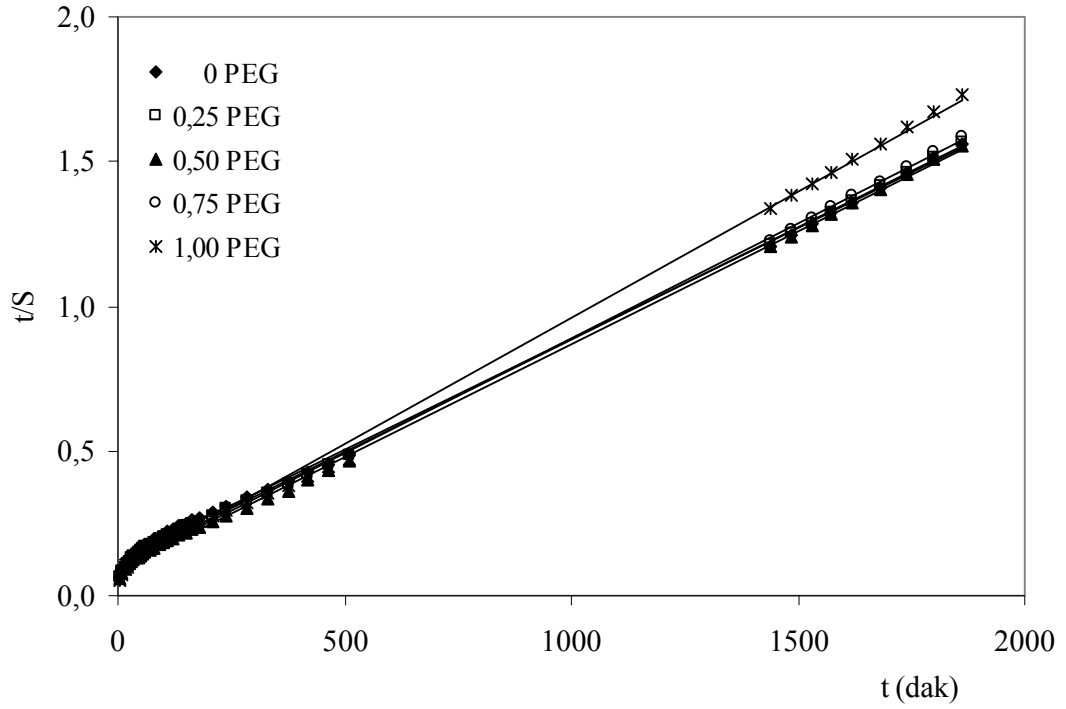
Şekil 4.65: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojenlerinin şişme kinetiği eğrileri

Çizelge 4.13: SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

SSS/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Başlangıç şişme hızı, r_o (dS/dt) _o ; g_{su} / g_{jel} dak									
PEG/PEGDA	14,53	6,35	7,66	7,78	7,93	8,26	9,59	10,25	11,37
PEGDA	7,00	7,42	7,78	8,07	7,42	8,49	8,75	8,73	10,44
PEG/PEGDMA	6,97	7,19	7,73	7,47	7,31	10,12	11,00	9,60	10,65
PEGDMA	5,94	6,45	7,93	7,75	12,01	9,27	8,51	9,33	10,93
Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^5$, g_{jel}/g_{su} dak									
PEG/PEGDA	8,06	4,29	3,57	2,74	1,86	1,88	1,82	1,71	1,68
PEGDA	2,63	2,38	2,02	1,86	1,49	1,49	1,46	1,17	1,30
PEG/PEGDMA	1,86	1,25	0,90	0,69	0,60	0,65	0,67	0,52	0,53
PEGDMA	1,15	1,20	1,15	0,96	1,20	0,70	0,50	0,53	0,53
Teorik denge (yüzde) şişme, S_{mak} , g_{su} / g_{jel}									
PEG/PEGDA	424	385	646	533	652	664	727	775	822
PEGDA	516	558	620	658	705	754	775	864	897
PEG/PEGDMA	613	759	928	1038	1108	1244	1282	1357	1415
PEGDMA	717	733	829	900	1000	1152	1302	1322	1433



Şekil 4.66: PEGDA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri



Şekil 4.67: PEGDMA ile çapraz bağlı, farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği eğrileri

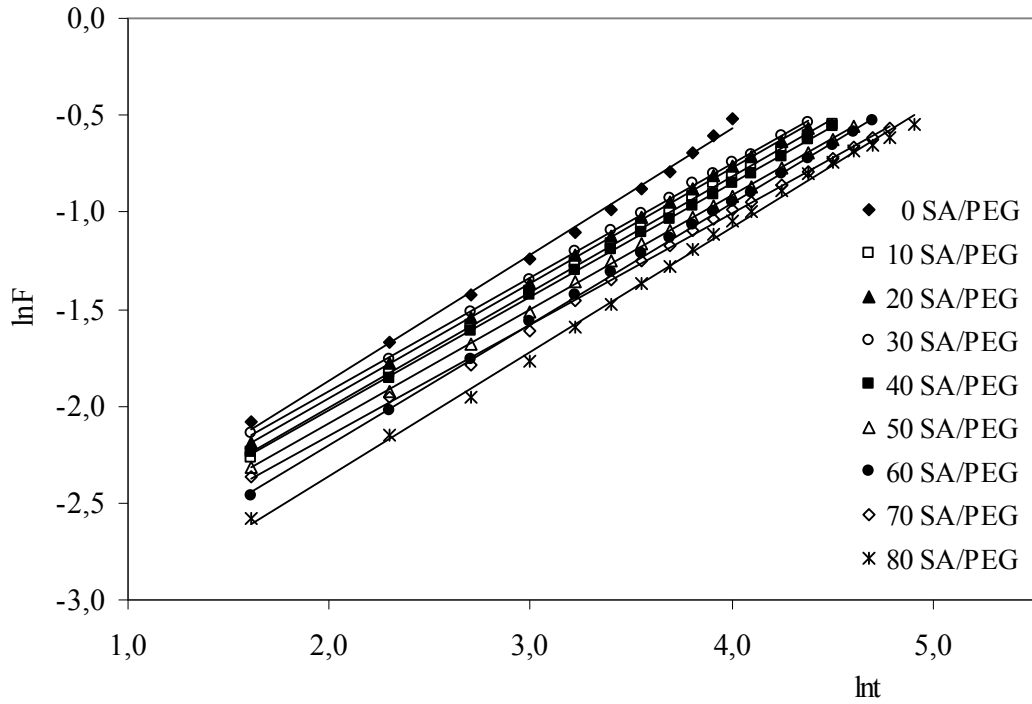
Çizelge 4.14: AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin şişme kinetiği ile ilgili parametreler

60 mg SSS	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
Başlangıç şişme hızı, r_o (dS/dt) _o ; g _{su} / g _{jel} dak					
PEGDA	8,75	7,92	9,59	7,11	8,96
PEGDMA	8,51	9,23	11,00	10,50	11,19
Şişme hız sabiti, $k_s \times 10^5$, g _{jel} /g _{su} dak					
PEGDA	1,46	1,35	1,82	1,87	3,05
PEGDMA	0,50	0,56	0,67	0,66	0,85
Teorik denge (yüzde) şişme, S_{mak} , g _{su} / g _{jel}					
PEGDA	775	767	727	616	542
PEGDMA	1302	1289	1282	1259	1146

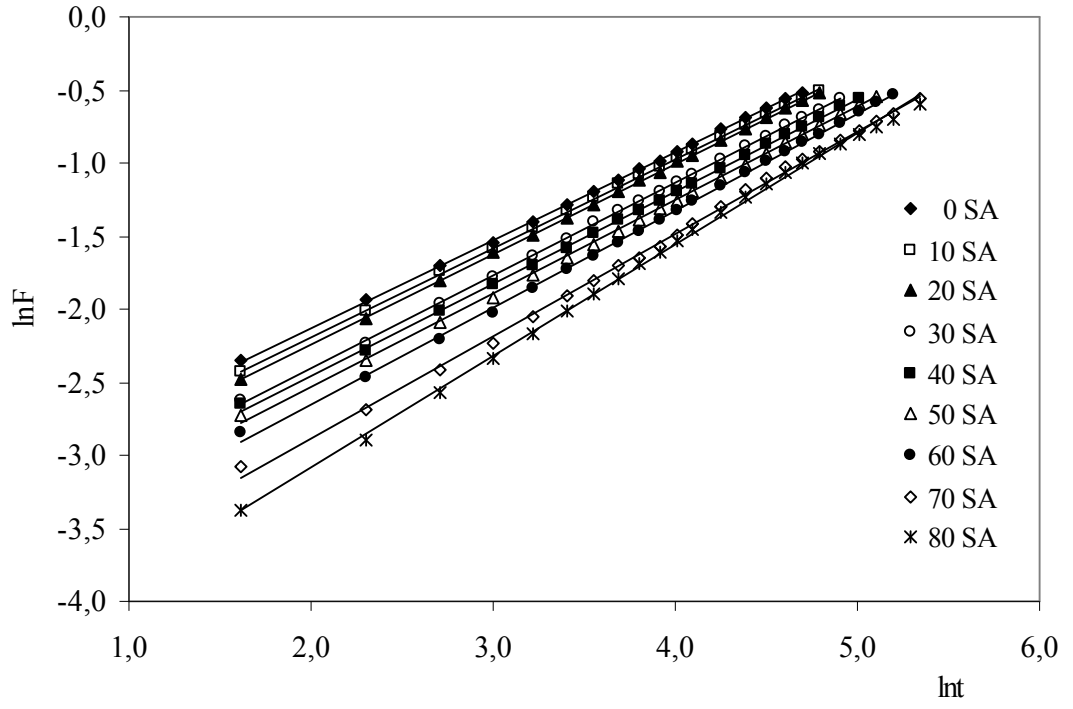
SSS içeren yarı-IPN'ler ve hidrojel için S_{mak} değerleri ile $\%S_d$ değerleri karşılaştırıldığında uyum içerisinde oldukları söylenebilir. AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin $\%S_d$ değerleri %416-1309, S_{mak} değerleri ise %424-1415 arasındadır. AAm/SSS hidrojel için $\%S_d$ değerleri %492-1324, kinetik analizden elde edilen değerler ise S_{mak} değerleri ise %516-1433 arasında değişmektedir. PEG değişimi için elde edilen değerler %1196-521 ve %1302-542 şeklinde uyum göstermektedir.

4.4.5. Suyun difüzyonu

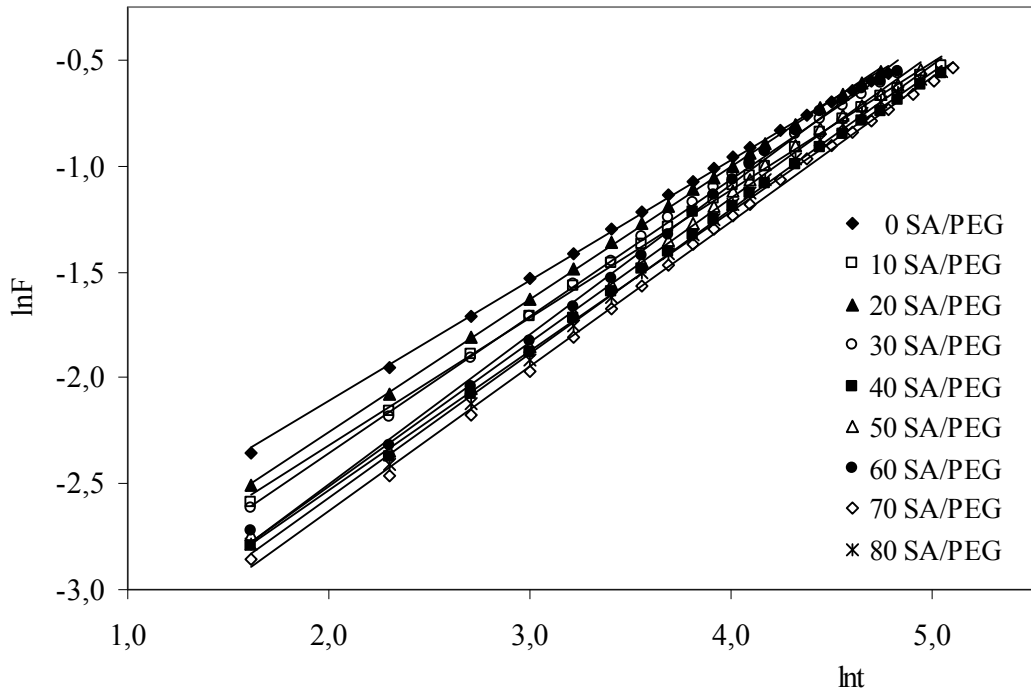
Çapraz bağlı polimerik yapıların temel şişme davranışlarının ve difüzyon türünün açıklanmasında kullanılan en temel yasalar Fick yasalarıdır. Difüzyonun temelleri 1855 yılında Fick tarafından ortaya atılmıştır (Peppas ve Franson, 1983; Ende ve Peppas, 1996; Ende ve Peppas, 1997). Şişme özelliği gösteren polimerlerin şişme kinetiği; Eşitlik 5’de sunulan temel bağıntı ile incelenmektedir. Bu amaçla PEGDA ve PEGDMA ile çapraz bağlanmış kopolimerlere su difüzyonunun incelenebilmesi 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.



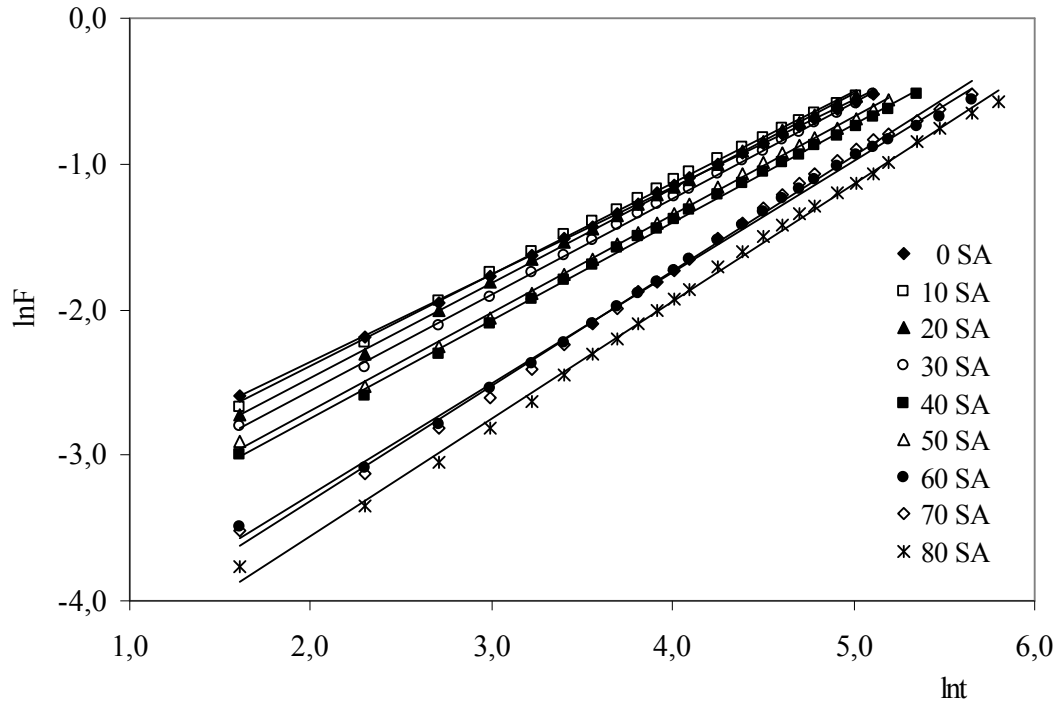
Şekil 4.68: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN’lerinde $\ln F - \ln t$ değişimi



Şekil 4.69: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojenlerinde $\ln F$ - $\ln I$ değişimi



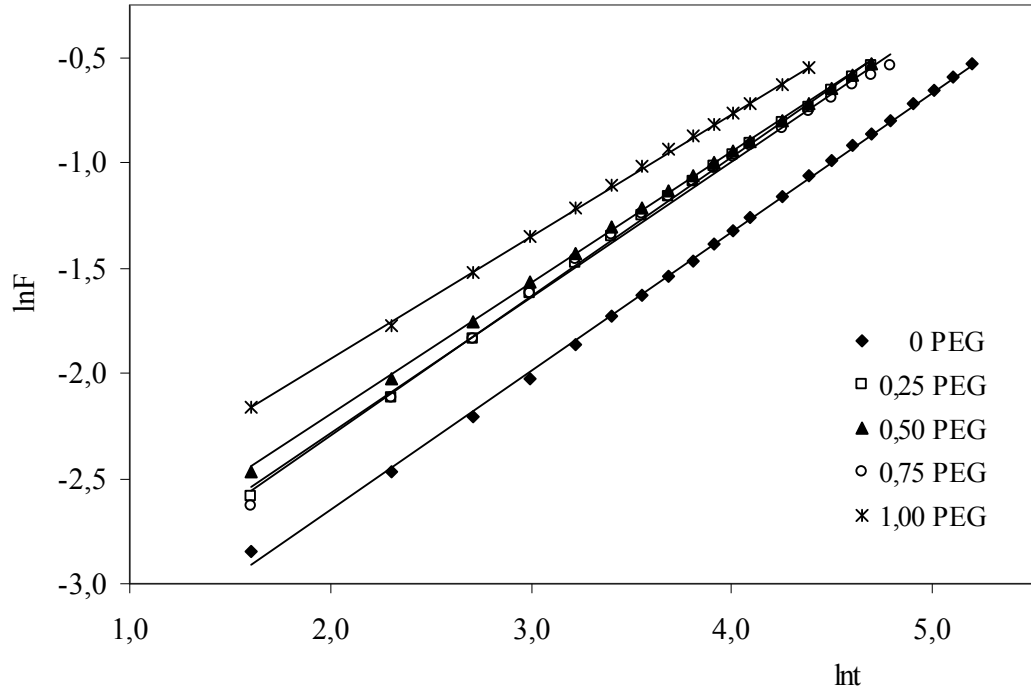
Şekil 4.70: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F$ - $\ln I$ değişimi



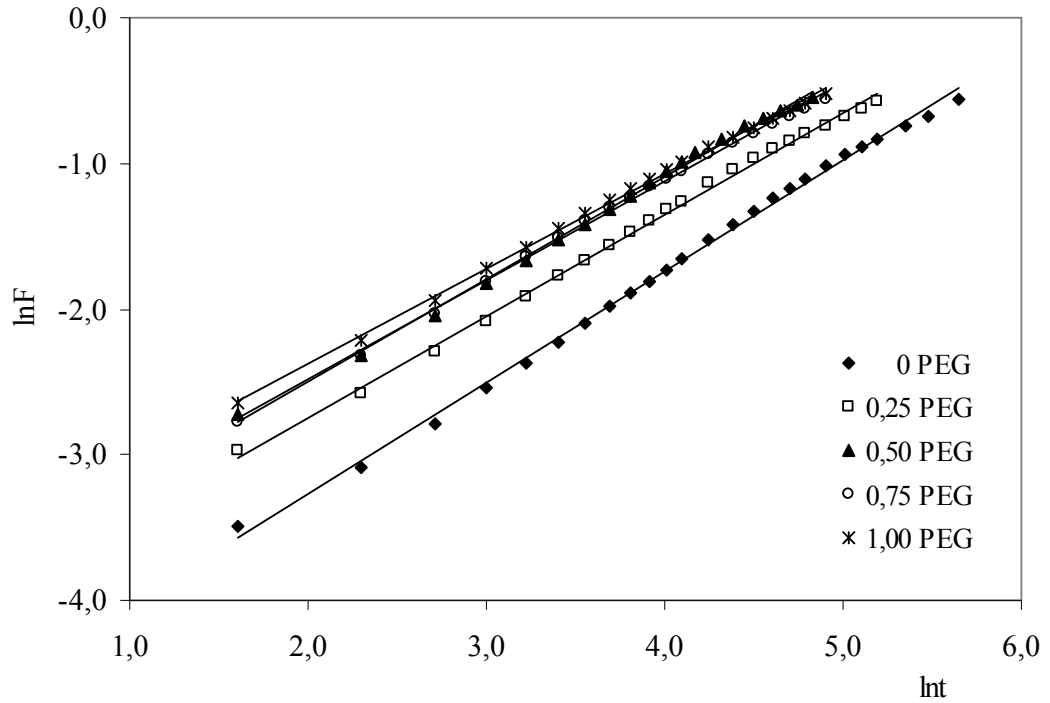
Şekil 4.71: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojelinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi

Çizelge 4.15: SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları

SA/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Difüzyon üsteli, n									
PEG/PEGDA	0,6468	0,5965	0,5920	0,5854	0,5820	0,5880	0,6246	0,5714	0,6386
PEGDA	0,5985	0,6080	0,6199	0,6349	0,6281	0,6374	0,6623	0,7008	0,7625
PEG/PEGDMA	0,5673	0,6021	0,6242	0,6447	0,6569	0,6801	0,7070	0,6824	0,6802
PEGDMA	0,5986	0,6286	0,6491	0,6622	0,6723	0,6714	0,7632	0,7909	0,8041
Difüzyon sabiti, $k \times 10^2$									
PEG/PEGDA	4,24	4,08	4,33	4,53	4,16	3,82	3,18	3,72	2,64
PEGDA	3,61	3,33	3,07	2,54	2,45	2,23	1,87	1,38	1,00
PEG/PEGDMA	3,90	2,95	3,02	2,62	2,15	2,09	1,99	1,85	1,97
PEGDMA	2,85	2,61	2,32	2,05	1,67	1,77	0,83	0,74	0,57
Difüzyon katsayısı, $D \times 10^6$									
PEG/PEGDA	294	122	128	184	145	156	210	157	363
PEGDA	159	149	160	177	181	230	259	382	500
PEG/PEGDMA	75	113	177	188	208	286	391	322	391
PEGDMA	97	144	179	234	200	285	500	779	721



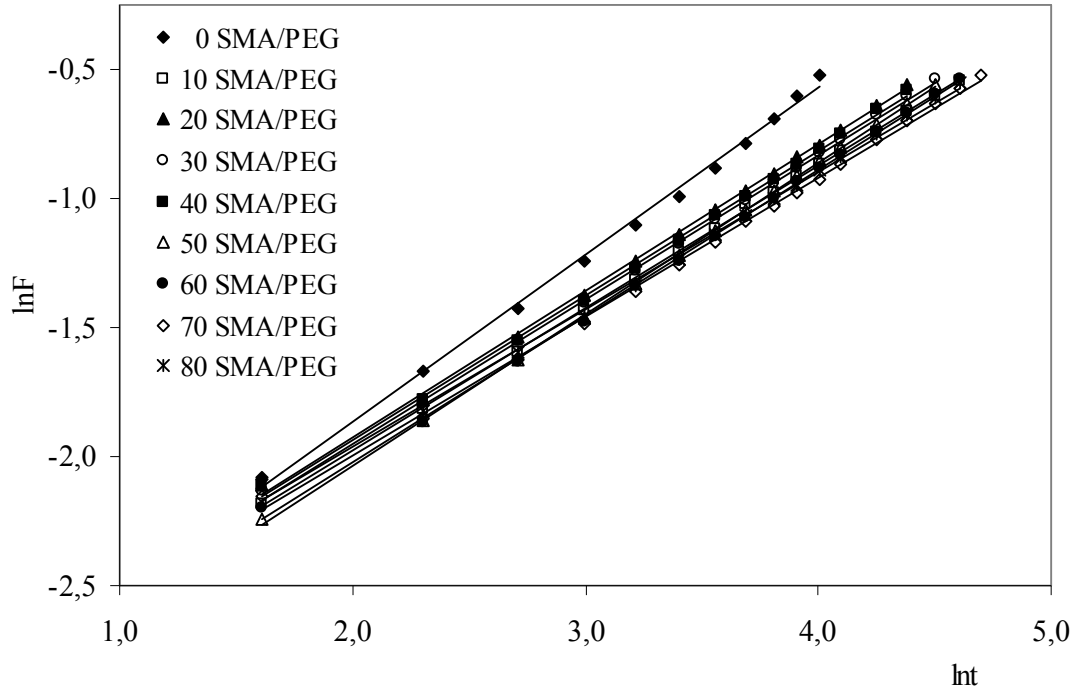
Şekil 4.72: PEGDA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F$ - $\ln I$ değişimi



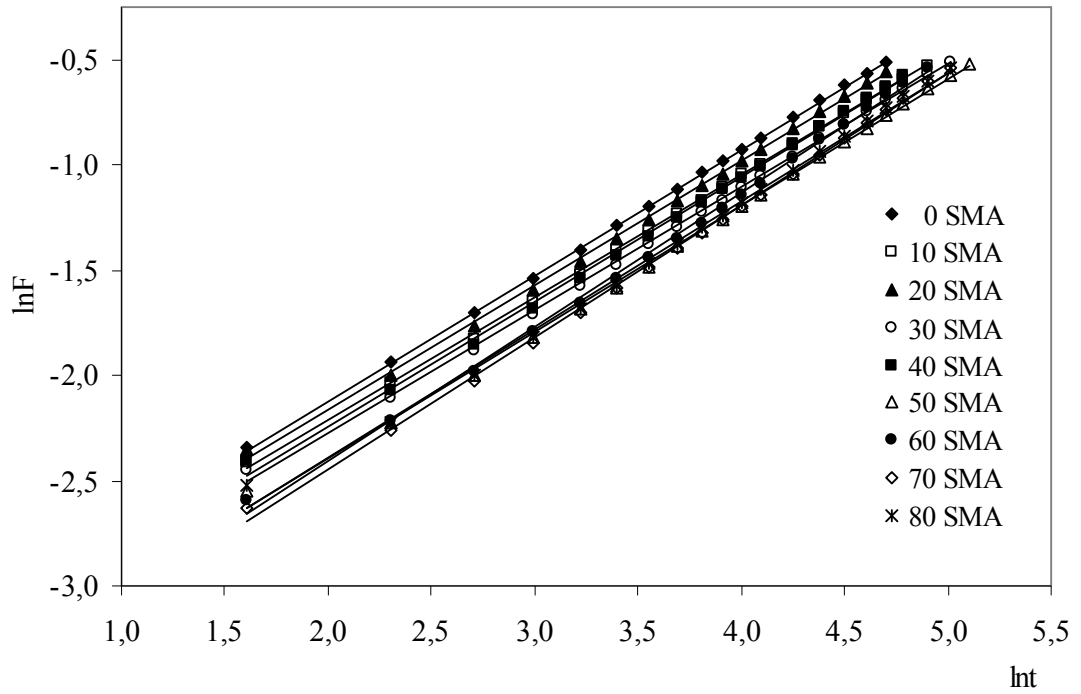
Şekil 4.73: PEGDMA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F$ - $\ln I$ değişimi

Çizelge 4.16: AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları

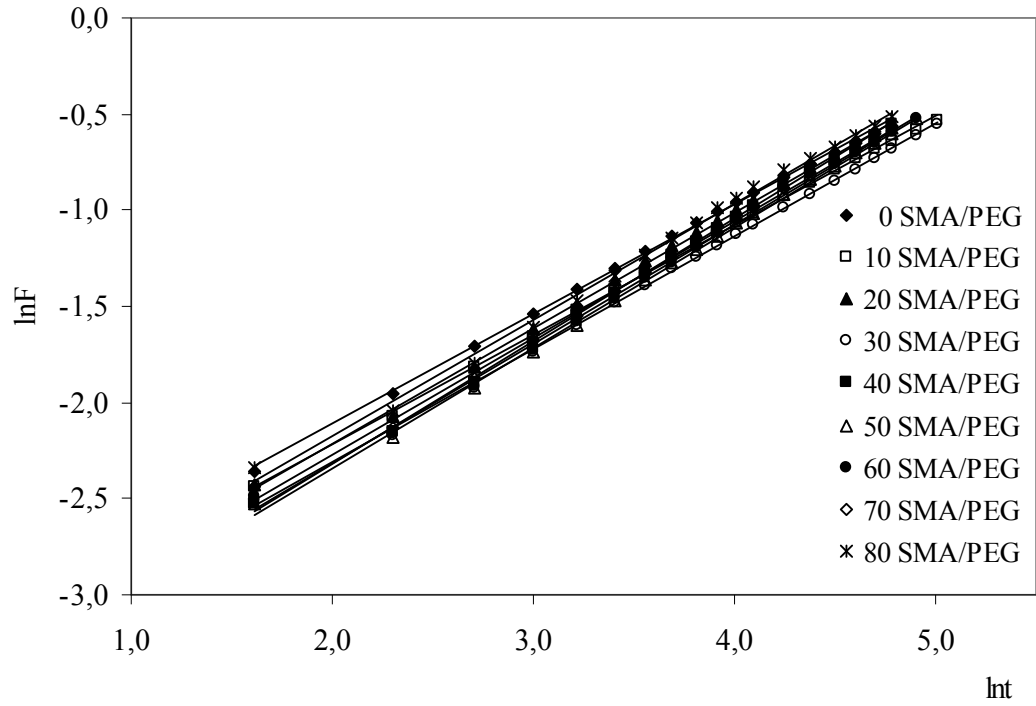
60 mg SA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Difüzyon üsteli, n				
PEGDA	0,6623	0,6627	0,6246	0,6493	0,5830
PEGDMA	0,7632	0,6976	0,7070	0,6807	0,6528
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^2$				
PEGDA	1,87	2,66	3,18	2,76	4,51
PEGDMA	0,83	1,59	1,99	2,13	2,52
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^6$				
PEGDA	259	272	210	194	176
PEGDMA	500	316	391	274	227



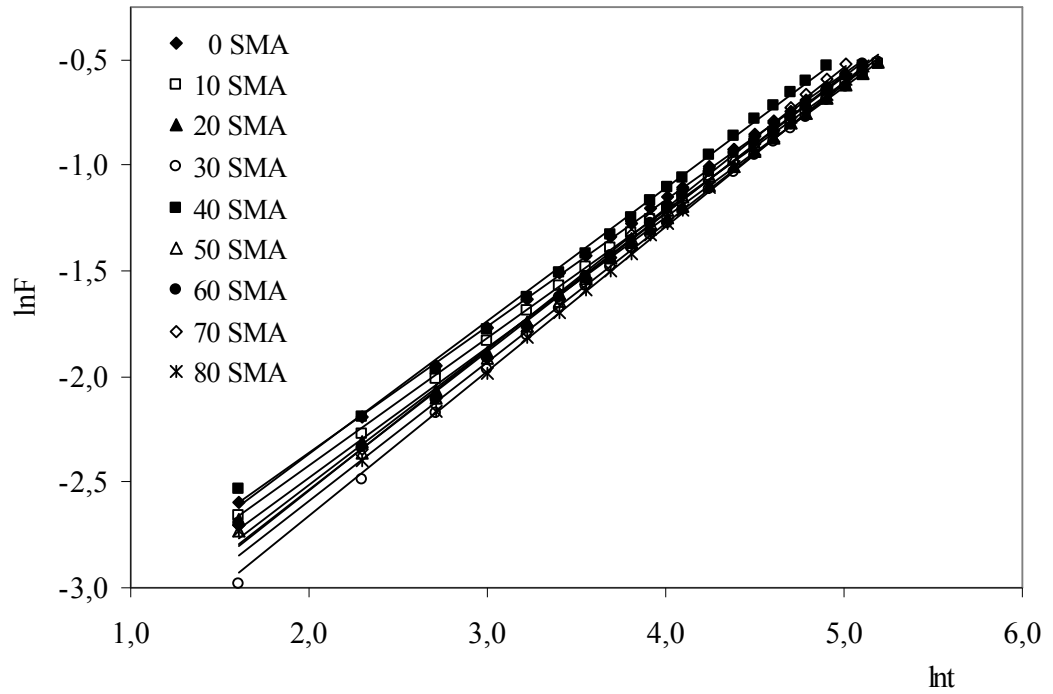
Şekil 4.74: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi



Şekil 4.75: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi



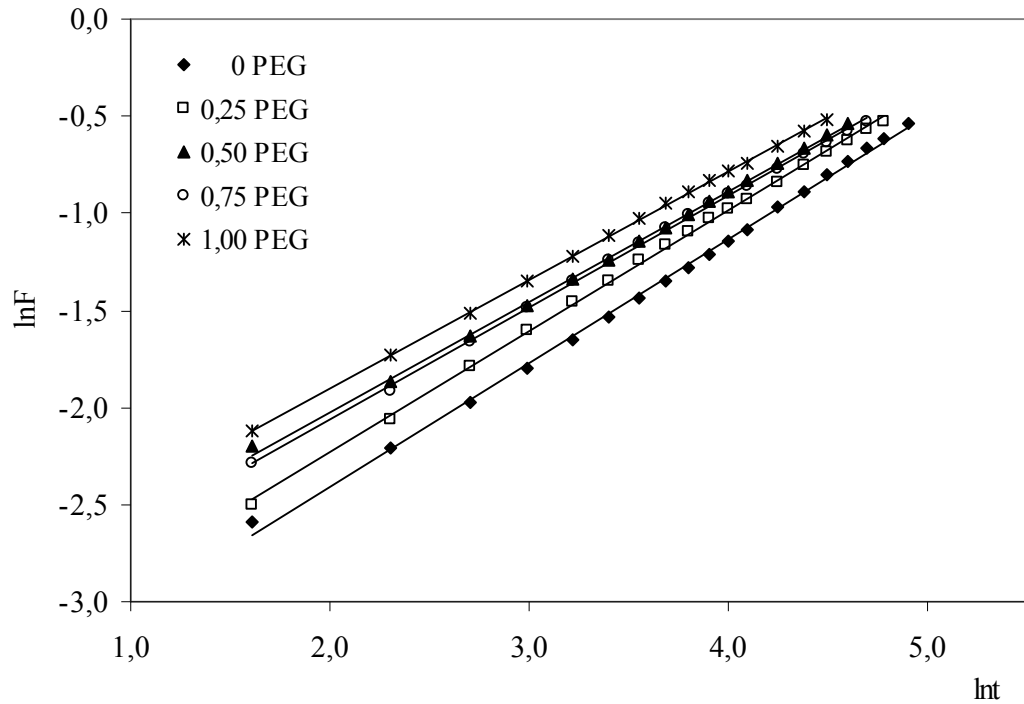
Şekil 4.76: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi



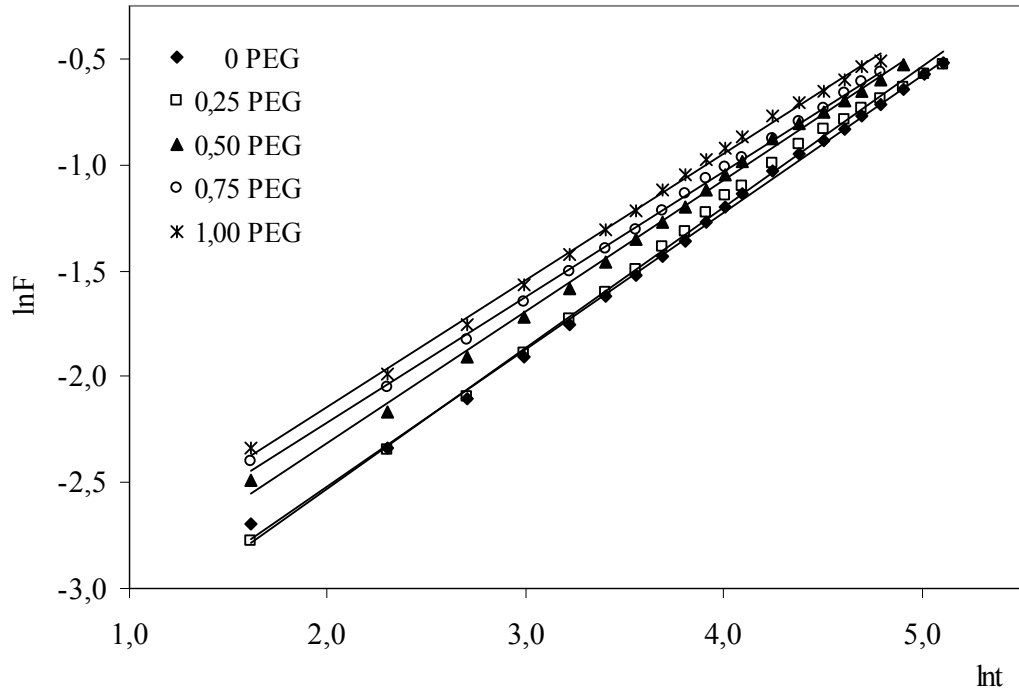
Şekil 4.77: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojenlerinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi

Çizelge 4.17: SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları

SMA/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Difüzyon üsteli, n									
PEG/PEGDA	0,6468	0,5526	0,5663	0,5593	0,5601	0,5870	0,5662	0,5391	0,5341
PEGDA	0,5985	0,5821	0,5900	0,5854	0,5920	0,6013	0,6371	0,6281	0,6093
PEG/PEGDMA	0,5673	0,5682	0,5996	0,5870	0,6347	0,6261	0,6206	0,6061	0,6032
PEGDMA	0,5986	0,6056	0,6186	0,6833	0,6299	0,6569	0,6456	0,6685	0,6569
Difüzyon sabiti, $k \times 10^2$									
PEG/PEGDA	4,24	4,58	4,70	4,66	4,71	4,04	4,27	4,62	4,83
PEGDA	3,61	3,40	6,53	3,18	3,25	2,73	2,51	2,46	2,70
PEG/PEGDMA	3,90	3,51	3,29	3,06	2,77	2,76	2,86	3,08	3,40
PEGDMA	2,85	2,63	2,42	1,78	2,65	2,12	2,22	2,08	2,02
Difüzyon katsayısı, D									
PEG/PEGDA	294	91	133	130	150	157	148	107	126
PEGDA	159	121	136	127	157	149	229	209	194
PEG/PEGDMA	75	85	121	122	215	207	232	231	280
PEGDMA	97	99	139	183	203	246	242	360	325



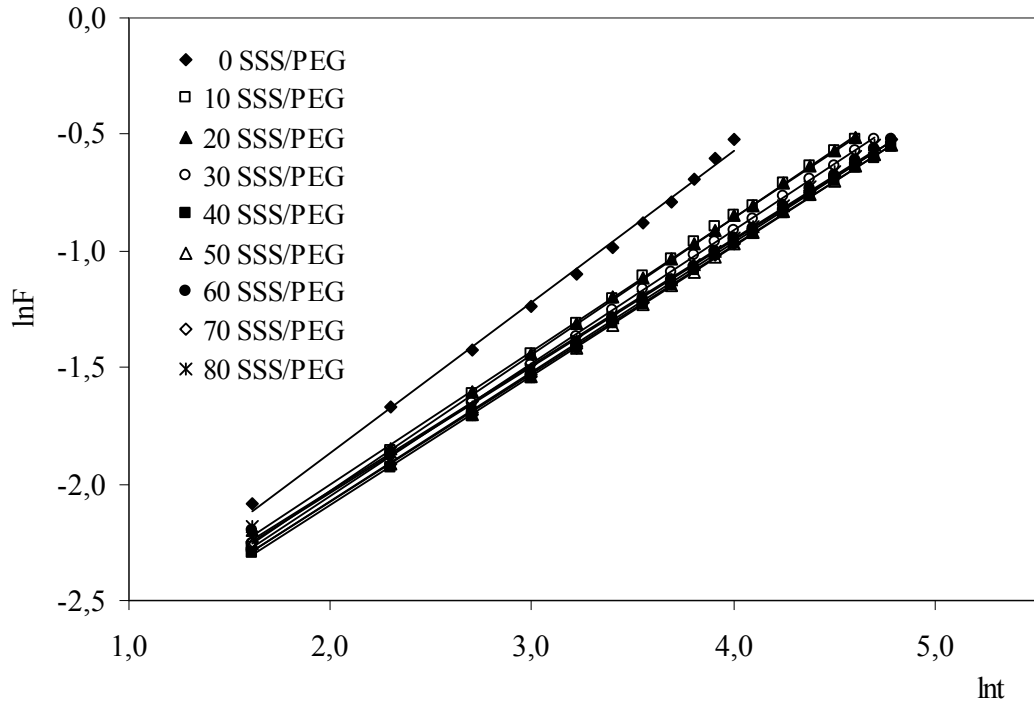
Şekil 4.78: PEGDA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F$ - $\ln t$ değişimi



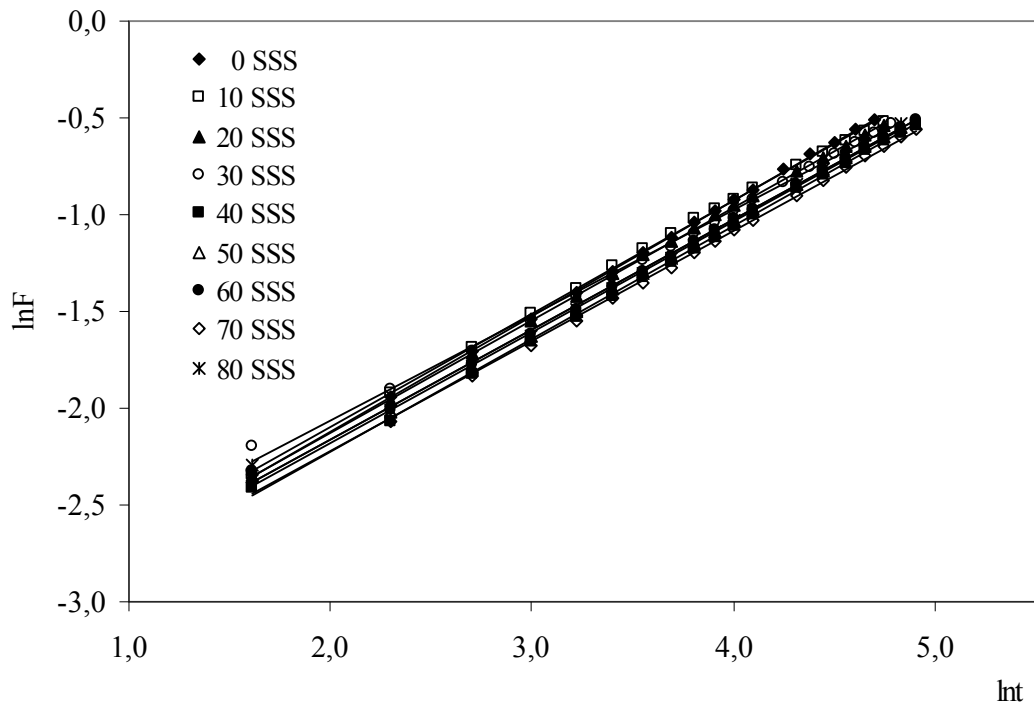
Şekil 4.79: PEGDMA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F$ - $\ln t$ değişimi

Çizelge 4.18: AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları

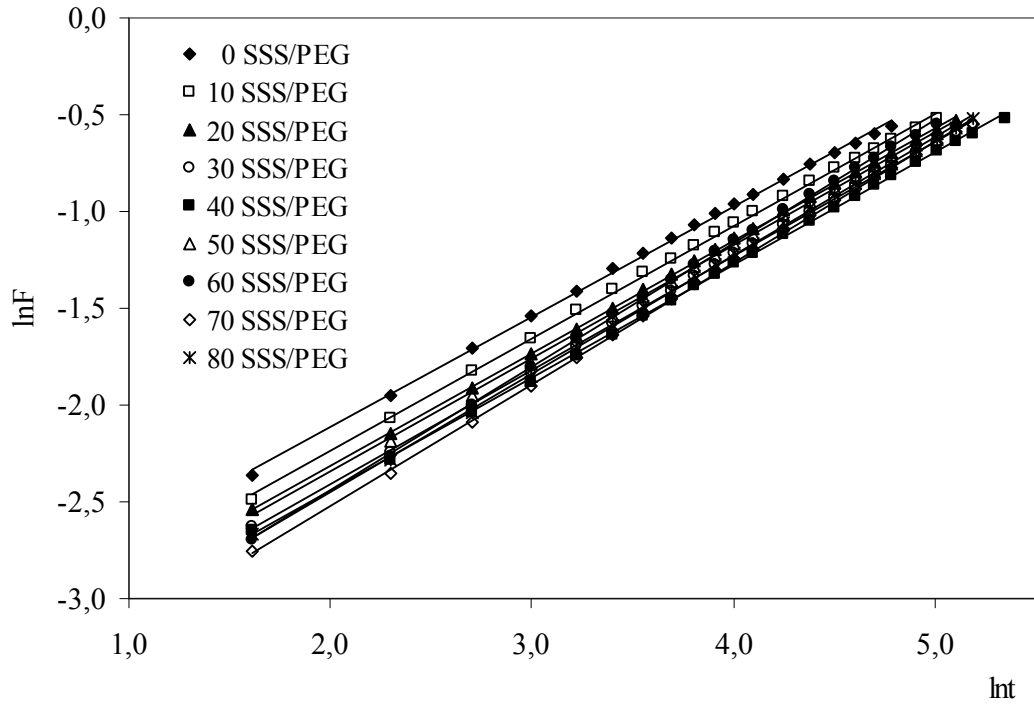
60 mg SMA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Difüzyon üsteli, n				
PEGDA	0,6371	0,6211	0,5662	0,5742	0,5573
PEGDMA	0,6456	0,6635	0,6206	0,5936	0,5962
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^2$				
PEGDA	2,51	3,10	4,27	4,04	4,90
PEGDMA	2,22	2,12	2,86	3,33	3,57
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^6$				
PEGDA	229	191	148	145	108
PEGDMA	242	249	232	179	195



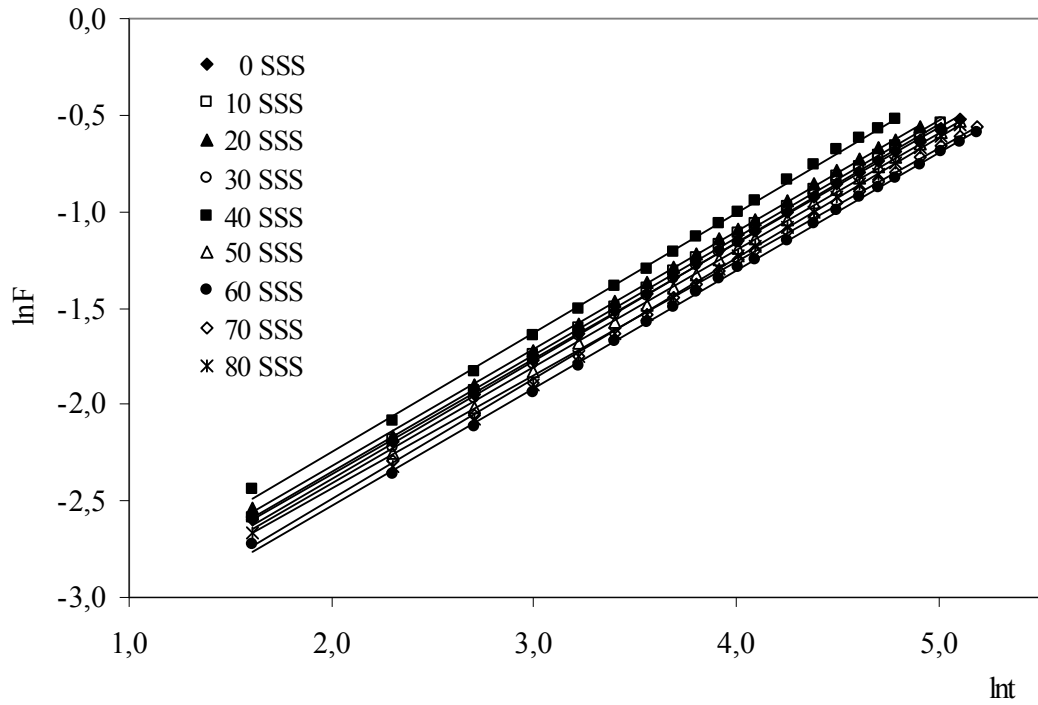
Şekil 4.80: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F$ - $\ln I$ değişimi



Şekil 4.81: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojenlerinde $\ln F$ - $\ln I$ değişimi



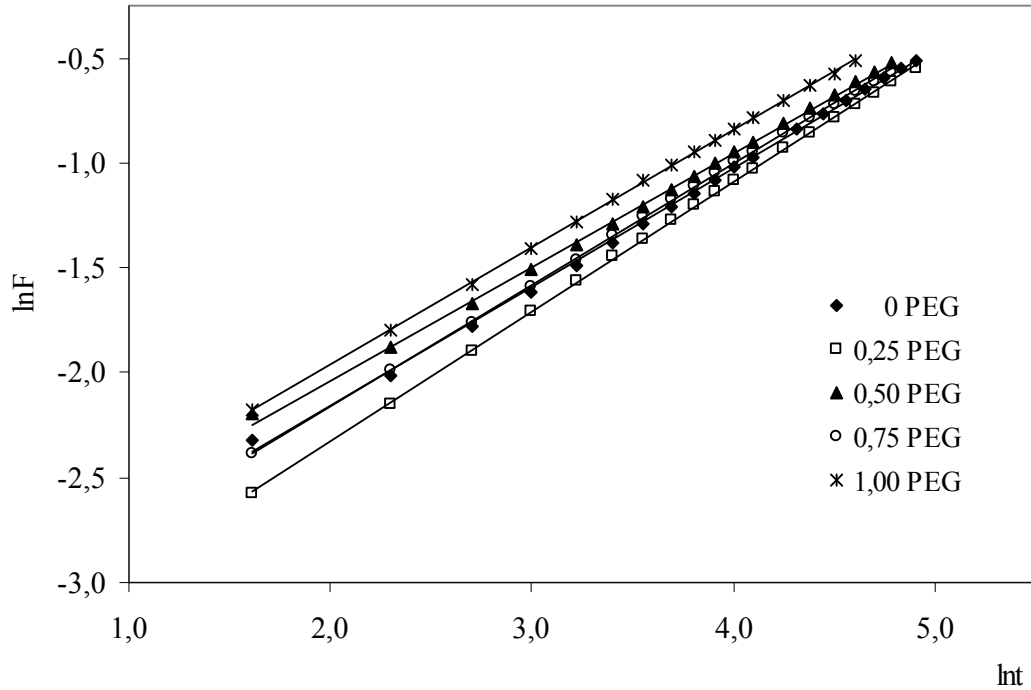
Şekil 4.82: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi



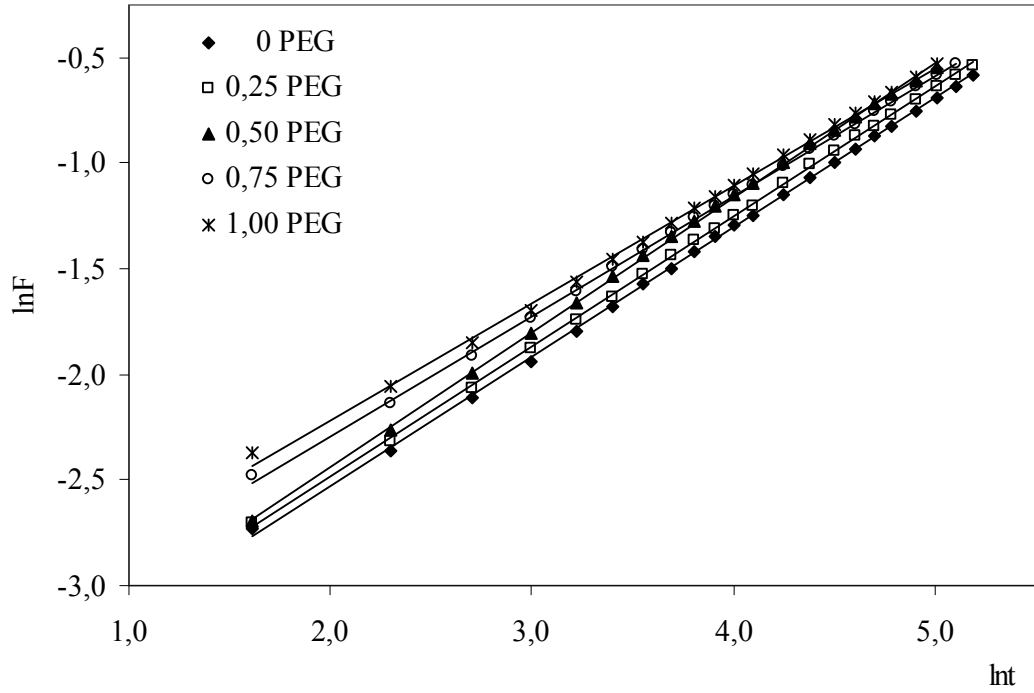
Şekil 4.83: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojenlerinde $\ln F$ - $\ln t$ değişimi

Çizelge 4.19: SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojenlerin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları

SSS/mg	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Difüzyon üsteli, n									
PEG/PEGDA	0,6468	0,5862	0,5714	0,5672	0,5546	0,5498	0,5407	0,5550	0,5399
PEGDA	0,5985	0,5841	0,5826	0,5425	0,5831	0,5749	0,5662	0,5685	0,5684
PEG/PEGDMA	0,5673	0,5795	0,5809	0,5886	0,5821	0,5836	0,6384	0,6254	0,6085
PEGDMA	0,5986	0,6085	0,6109	0,6138	0,6211	0,6036	0,6099	0,5890	0,6237
Difüzyon sabiti, $k \times 10^2$									
PEG/PEGDA	4,24	4,07	4,31	4,15	4,08	4,17	4,44	4,14	4,48
PEGDA	3,61	3,82	3,72	4,30	3,36	3,58	3,72	3,49	3,69
PEG/PEGDMA	3,90	3,37	3,10	2,77	2,71	2,98	2,43	2,31	2,57
PEGDMA	2,85	2,83	2,89	2,69	3,05	2,70	2,36	2,69	2,38
Difüzyon katsayısı, $D \times 10^6$									
PEG/PEGDA	294	91	115	102	82	87	91	104	97
PEGDA	159	114	129	96	109	125	115	110	144
PEG/PEGDMA	75	64	85	94	80	120	176	145	134
PEGDMA	97	109	150	149	189	127	129	119	155



Şekil 4.84: PEGDA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F$ - $\ln t$ değişimi



Şekil 4.85: PEGDMA ile çapraz bağlı farklı PEG içeriğine sahip AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin $\ln F$ - $\ln t$ değişimi

Çizelge 4.20: AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin difüzyon üsteli, difüzyon sabiti ve difüzyon katsayıları

60 mg SSS	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Difüzyon üsteli, n				
PEGDA	0,5662	0,6175	0,5407	0,5768	0,5586
PEGDMA	0,6099	0,6140	0,6384	0,5671	0,5561
	Difüzyon sabiti, $k \times 10^2$				
PEGDA	3,72	2,85	4,44	3,64	4,60
PEGDMA	2,36	2,44	2,43	3,26	3,58
	Difüzyon katsayısı, $D \times 10^6$				
PEGDA	115	135	91	88	98
PEGDMA	129	130	176	92	89

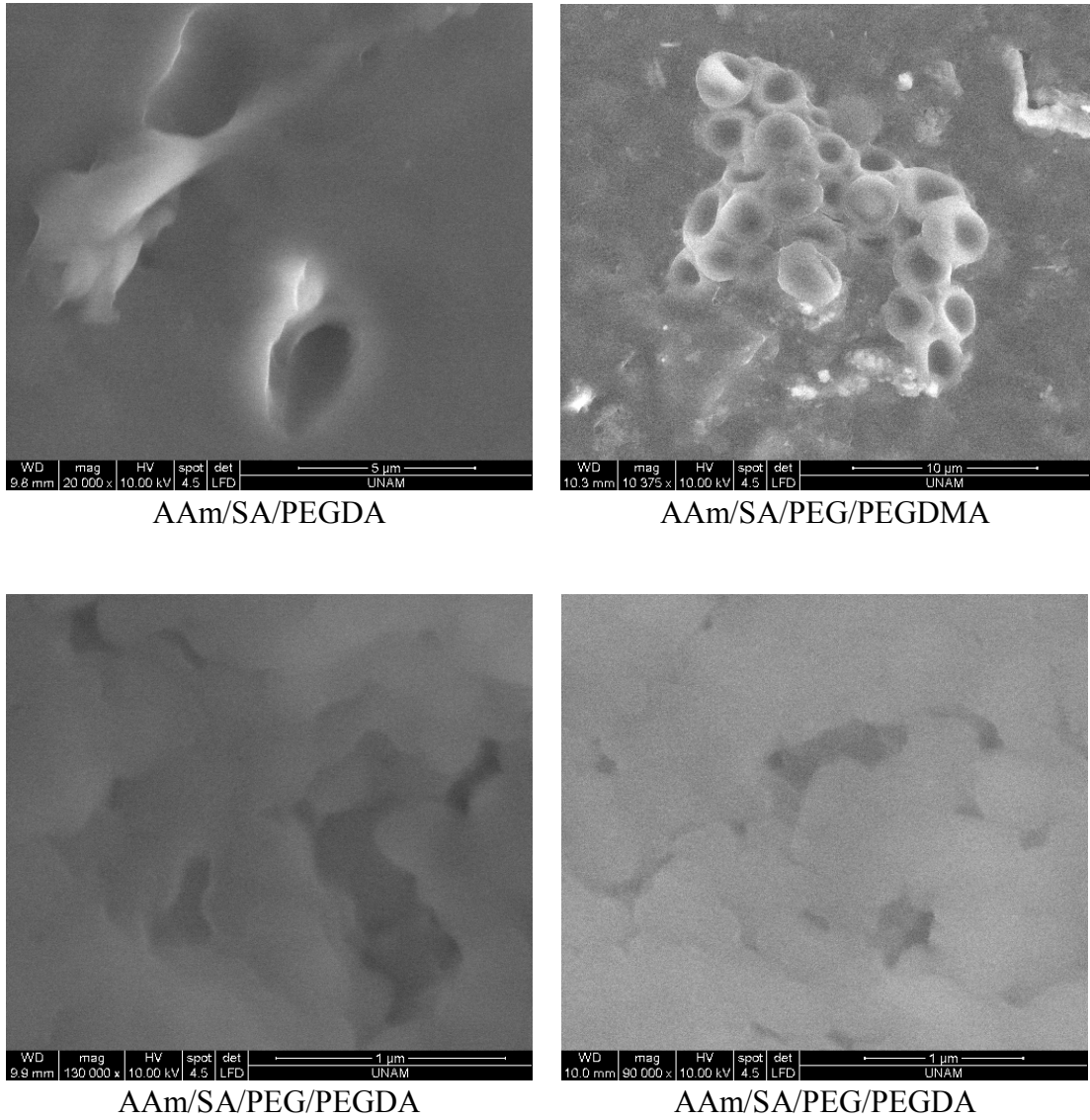
Difüzyon üsteli n , difüzyon türünün belirlenmesi için kullanılan önemli bir parametredir. Hazırlanan çapraz bağlı polimerler için n değerleri 0,5341 ile 0,8041 arasında değişim göstermektedir. Bu değerler $0,5 < n < 1$ aralığındadır. Bu durumda, tüm yarı-IPN'lere ve hidrojellere su difüzyonunun türü Fick tipi olmayan (anormal) difüzyon sınıfına girmektedir. Yani yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin şişmesi sırasında difüzenmenin 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 n ve k değerleri Eşitlik 6'da kullanılarak difüzyon katsayısı hesaplanır.

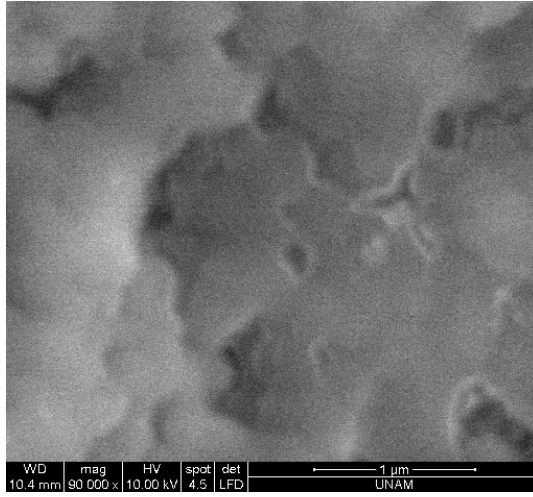
Difüzyon parametrelerinin sunulduğu çizelgeler incelendiğinde, difüzyon katsayıları ile yardımcı monomer içeriği, PEG içeriği ve çapraz bağlayıcı değişimi arasında düzenli bir uyum olduğu söylenemez. Ancak genel bir görüş olarak yardımcı monomer içeriğinin artması ile difüzyon katsayılarında da bir artış olduğu, PEG içeriğinin artışı ile de difüzyon katsayılarında bir düşüş olduğu ileri sürülebilir.

4.5. SEM FOTOĞRAFLARI

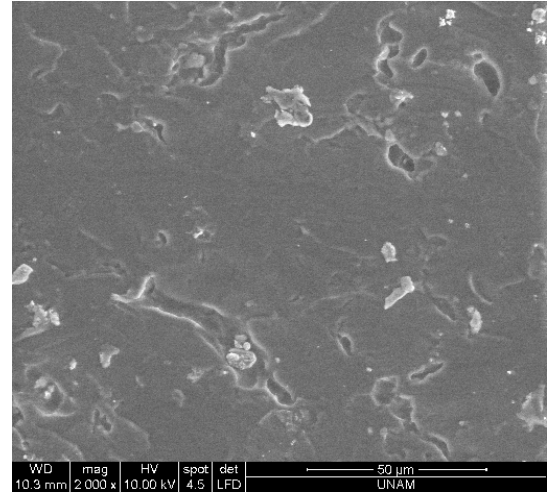
Hazırlanan çapraz bağlı kopolimerlerin yüzey gözenekliliği hakkında bilgi edinebilmek amacıyla SEM fotoğrafları çekilmiştir. SEM fotoğraflarının çekiminde kuru haldeki örnekler kullanılmıştır. Farklı büyütme ölçekleri kullanılarak alınan görüntüler Şekil 4.86 ve Şekil 4.87’de sunulmuştur. SEM fotoğrafları, çapraz bağlanmalar sonucunda oluşan gözenekler hakkında fikir vermektedir.



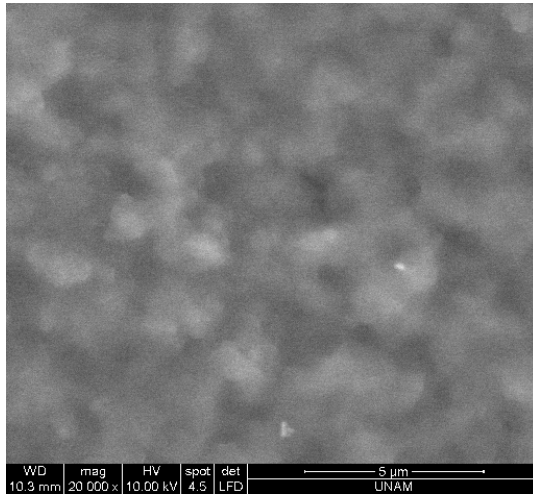
Şekil 4.86: Yarı-IPN’lerin ve hidrojellerin SEM fotoğrafları



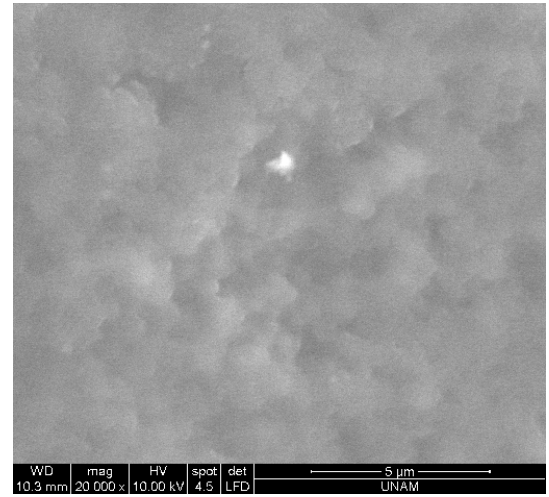
AAm/SA/PEG/PEGDA



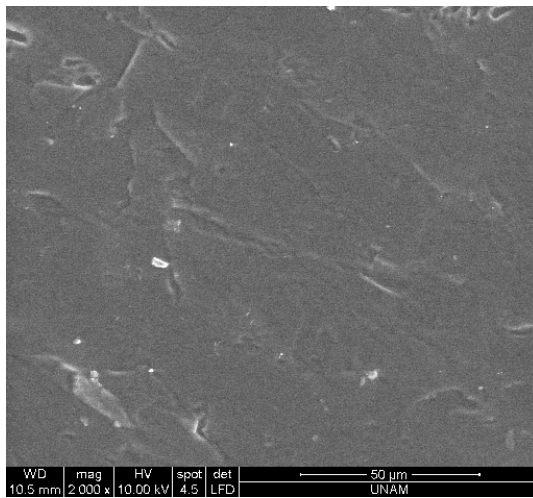
AAm/SMA/PEGDA



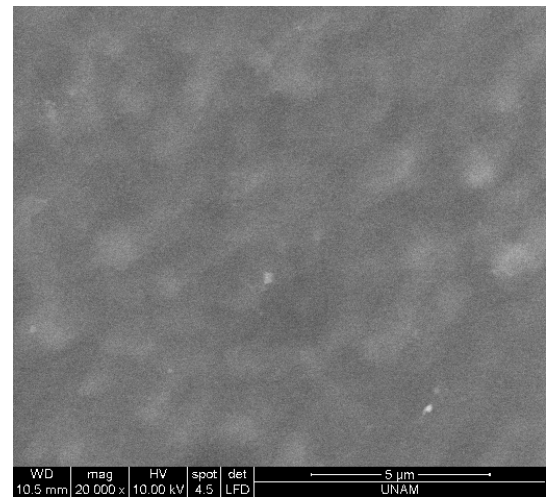
AAm/SMA/PEG/PEGDA



AAm/SMA/PEG/PEGDMA



AAm/SSS/PEGDA



AAm/SSS/PEG/PEGDA

Şekil 4.87: Yarı-IPN'lerin ve hidrojenlerin SEM fotoğrafları

4.6. YÜZEYE SOĞURUM

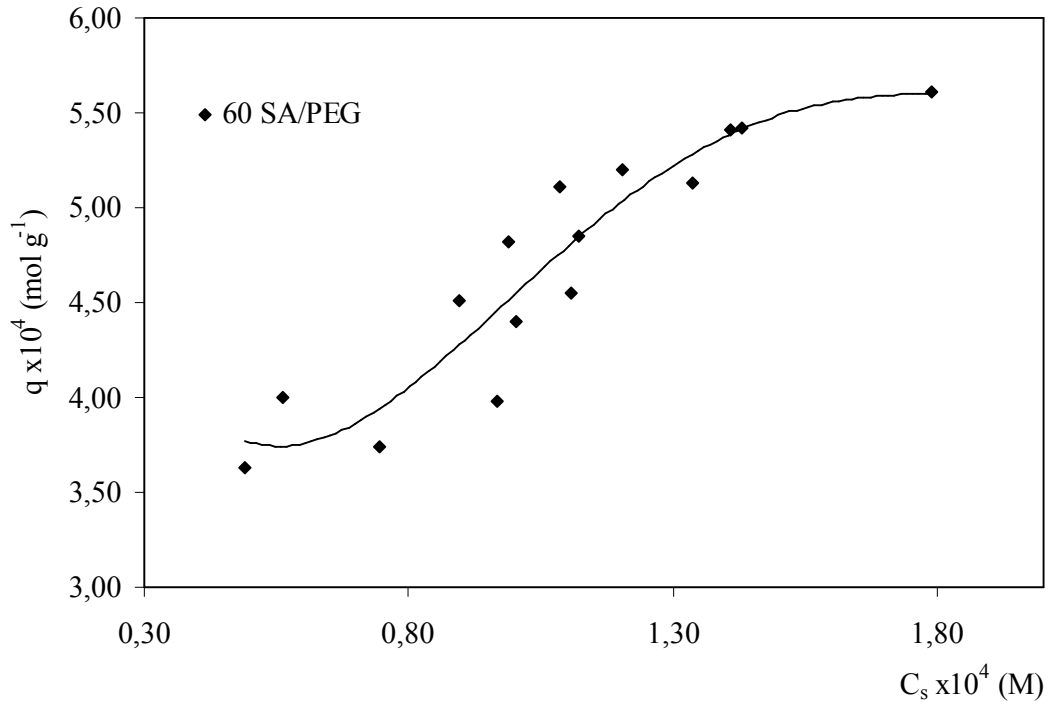
SA, SMA ve SSS yardımcı monomerleri kullanılarak sentezlenen anyonik özellikteki yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılabilmesi için, sulu ortamlarda katyonik özellik gösteren bir boyarmaddenin model molekül olarak kullanılması amaçlanmıştır. Kimyasal yapısı Çizelge 3.2 sunulan JGB, katyonik özellikte bir boyarmaddedir ve anyonik özellikteki çapraz bağlı polimerler ile kuvvetli etkileşim göstermesi beklenen bir durumdur (Karadağ *et al.*, 1998).

Yüzeye soğurum çalışmalarında temel olarak araştırılması gereken iki önemli nokta vardır. Bunlardan ilki, soğuruma çözelti derişiminin etkisi, ikincisi ise sabit çözelti derişiminde yardımcı monomer etkisidir.

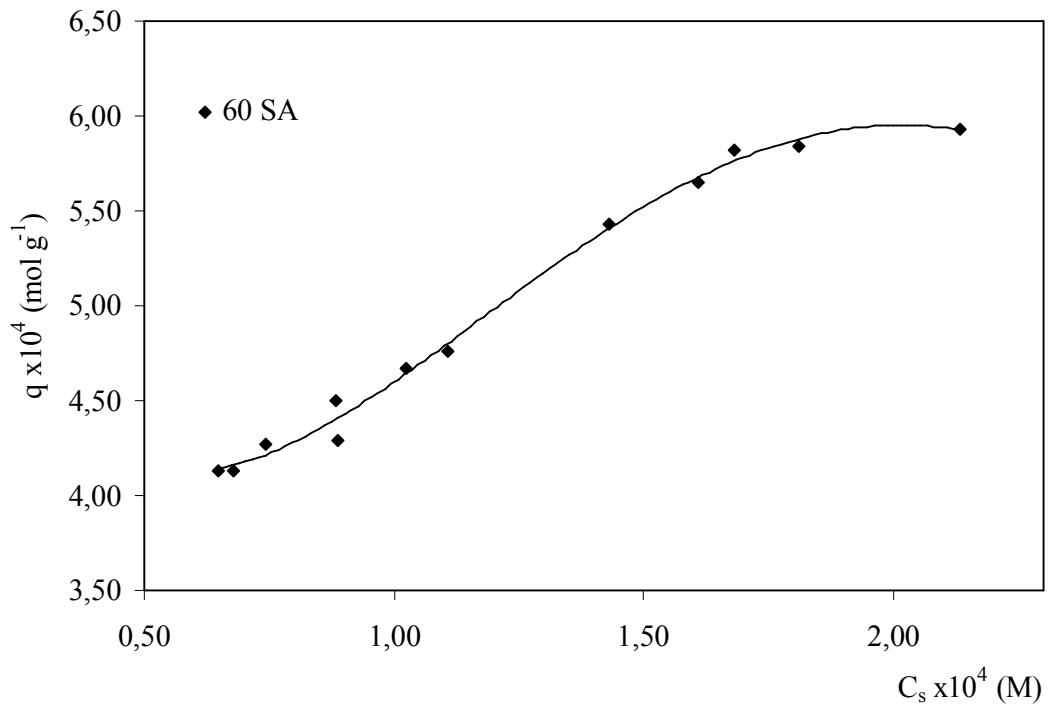
Boyarmadde soğurumuna derişimin etkisin araştırabilmek amacıyla, 60 mg sabit kütlede yardımcı monomer içeriğine sahip yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin, $1,25 \times 10^{-3}$ – $2,00 \times 10^{-3}$ M arasında değışen 16 farklı derişimde JGB çözeltileri ile dengeye gelene dek etkileşmeleri sağlanmıştır. 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. JGB için Eşitlik 7 kullanılarak hesaplanan q değıerleri ve çözeltinin denge derişimi, C_s kullanılarak çizilen grafikler, Şekil 4.88, 4.89, 4.90, 4.91, 4.96, 4.97, 4.98, 4.99, 4.104, 4.105, 4.106, 4.107'de gösterilmiştir.

Grafikler incelendiğinde, adsorpsiyon izotermlerinin çözelti derişimlerine paralel olarak aynı karakterde artışlar gösterdiği söylenebilir. Bu da beklenen bir sonuçtur. Sentezlenen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin çok yoğun ortamlarda bile soğurum yapabilme yetenekleri ortaya konmuştur.

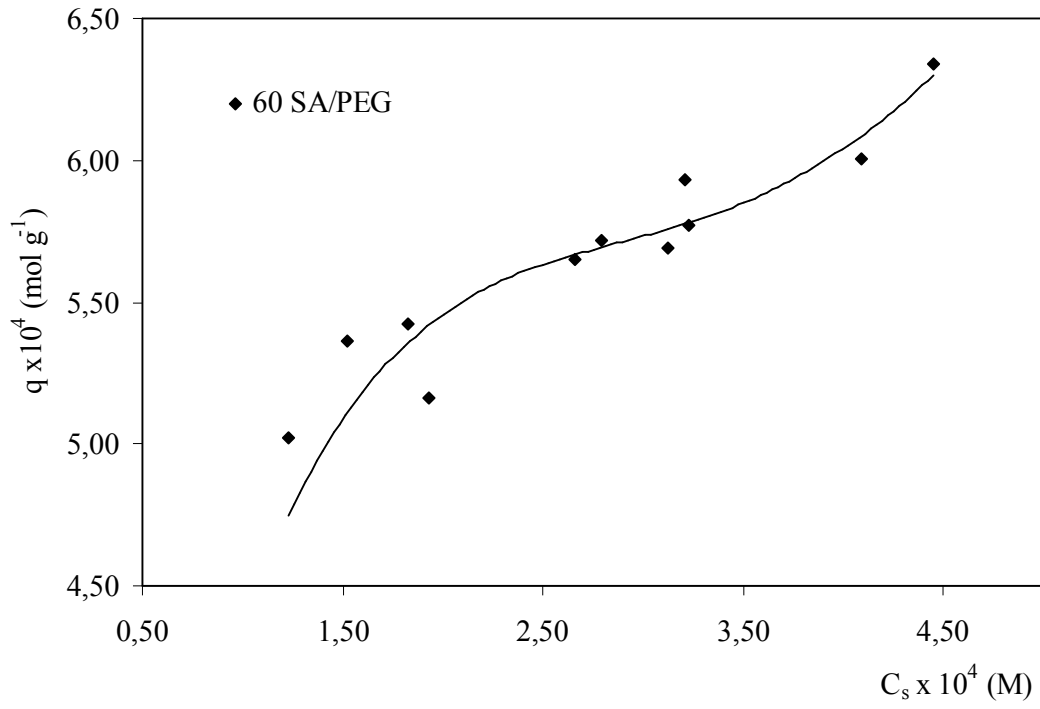
Görsel olarak fikir vermesi amacıyla, 4 farklı derişimde çözelti ile dengeye gelen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin görünümü Şekil 4.92, 4.93, 4.94, 4.95, 4.100, 4.101, 4.102, 4.103, 4.108, 4.109, 4.110, 4.111'de sunulmuştur.



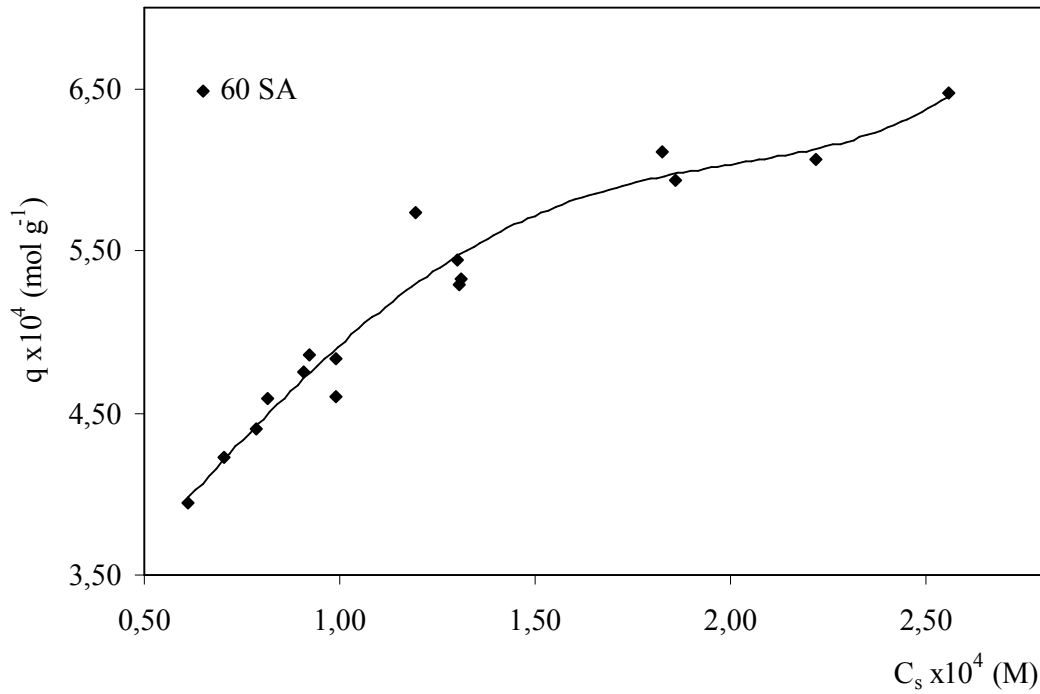
Şekil 4.88: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu



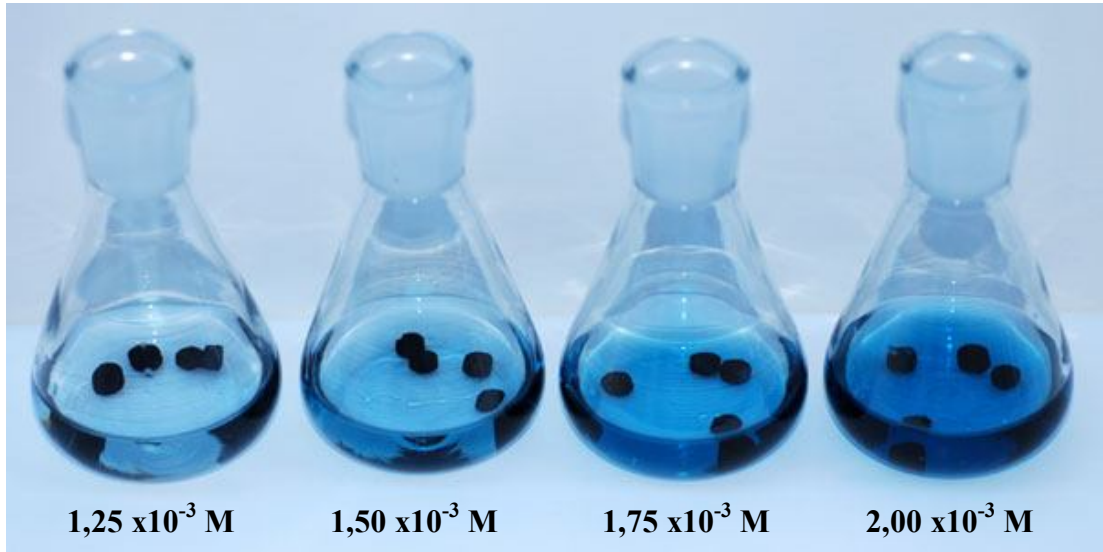
Şekil 4.89: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerine JGB soğurumu



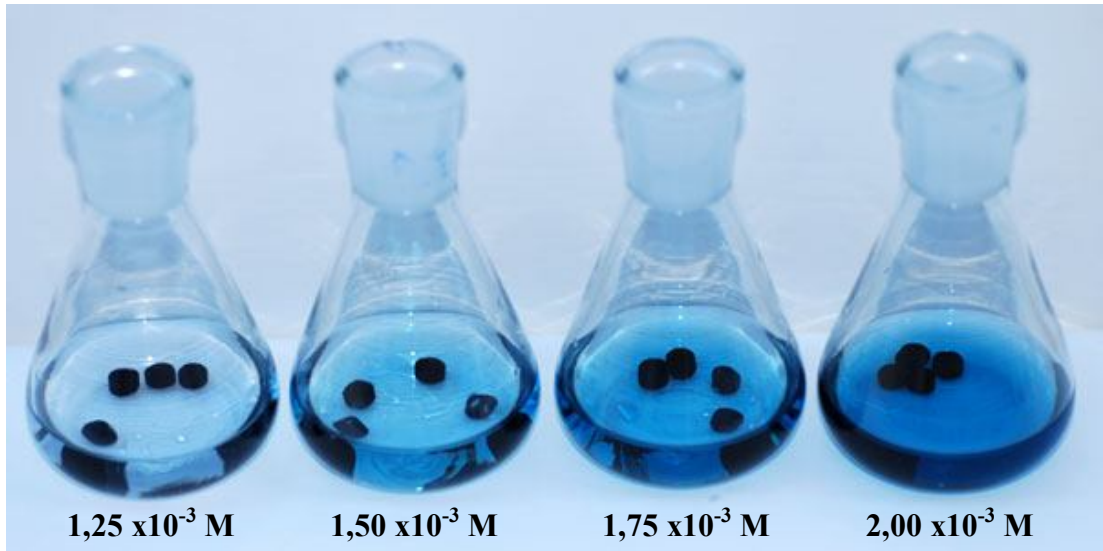
Şekil 4.90: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu



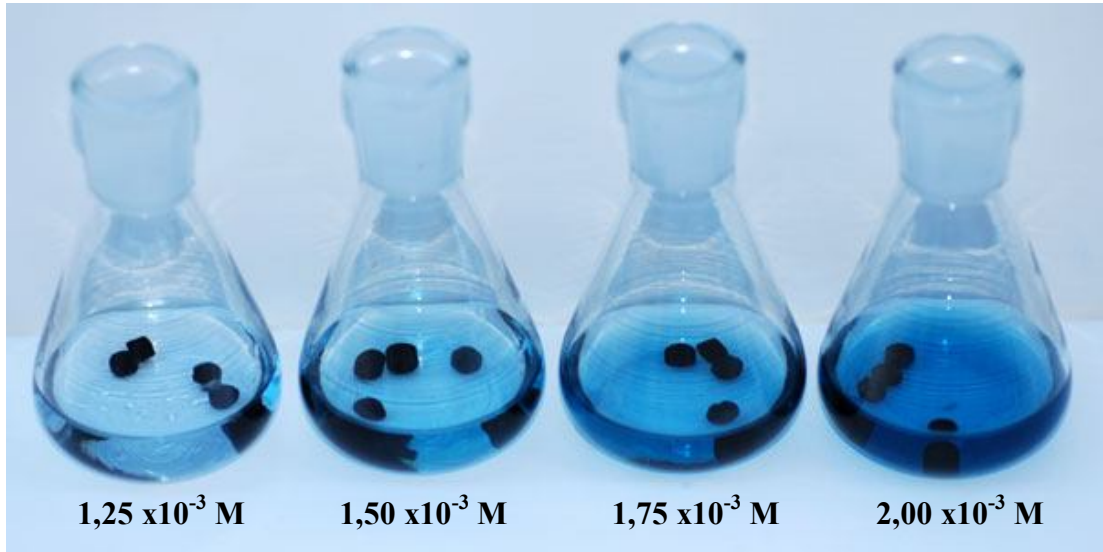
Şekil 4.91: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerine JGB soğurumu



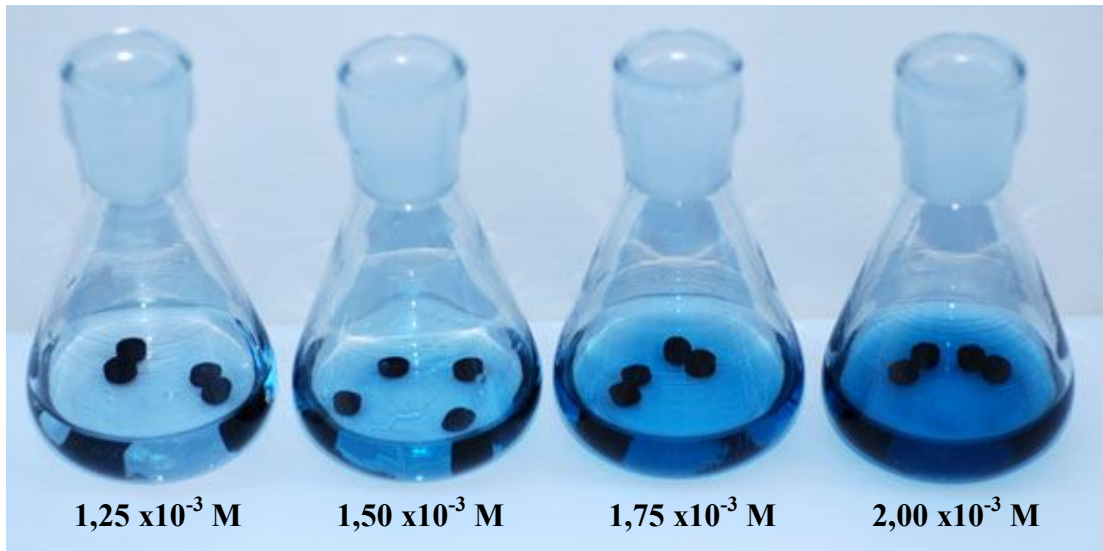
Şekil 4.92: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümleri



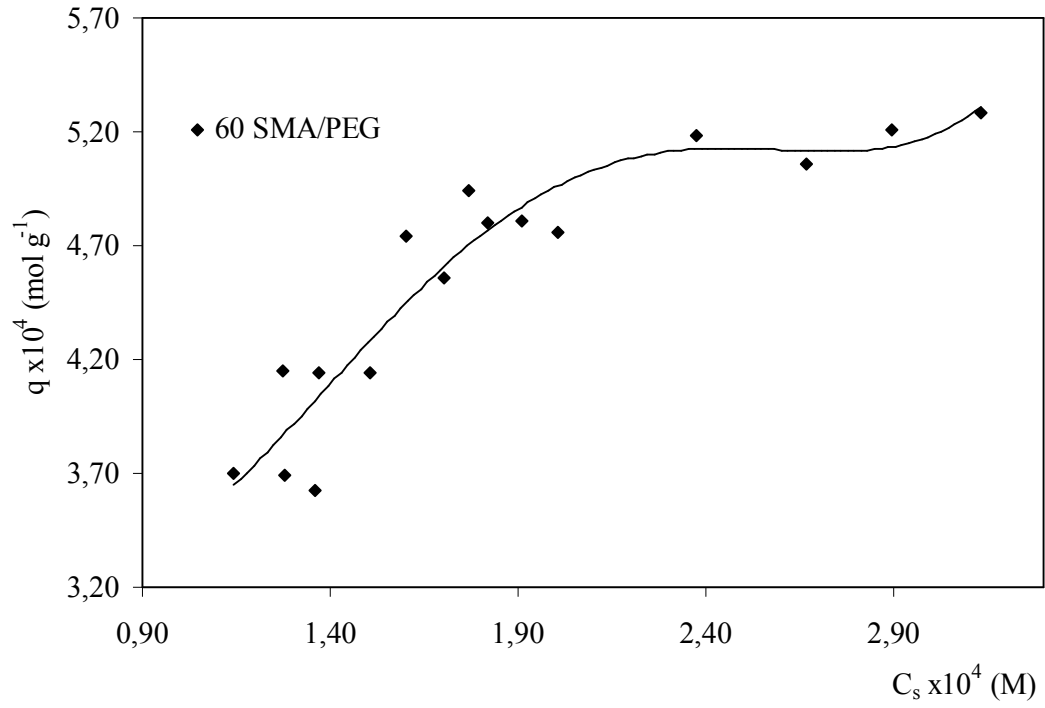
Şekil 4.93: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümleri



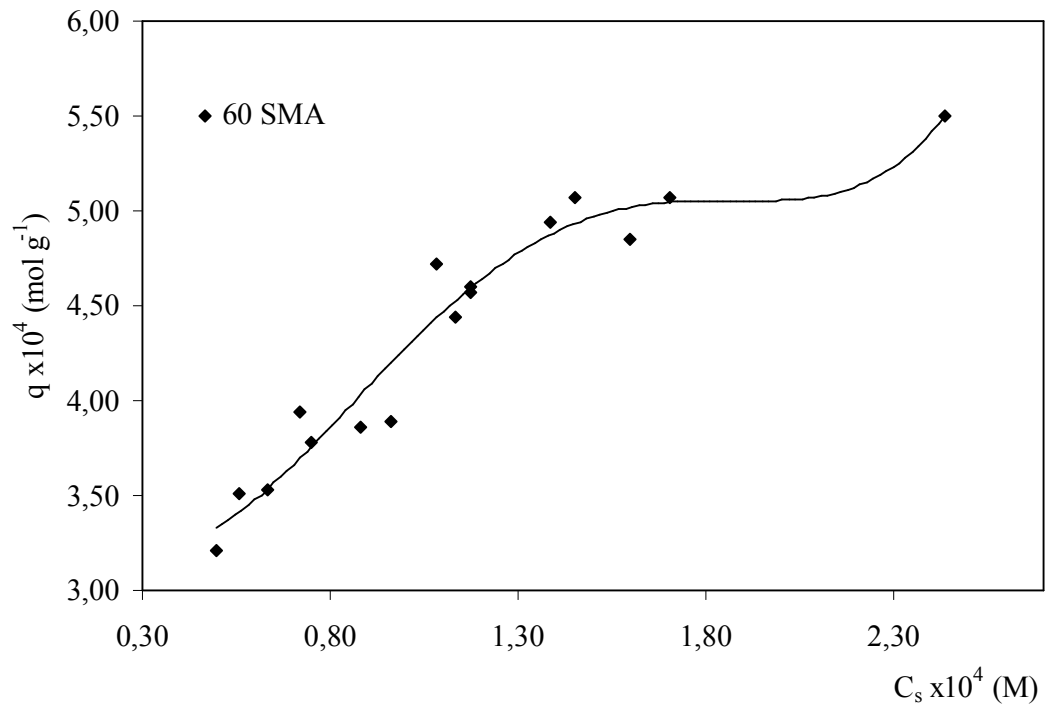
Şekil 4.94: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünüşleri



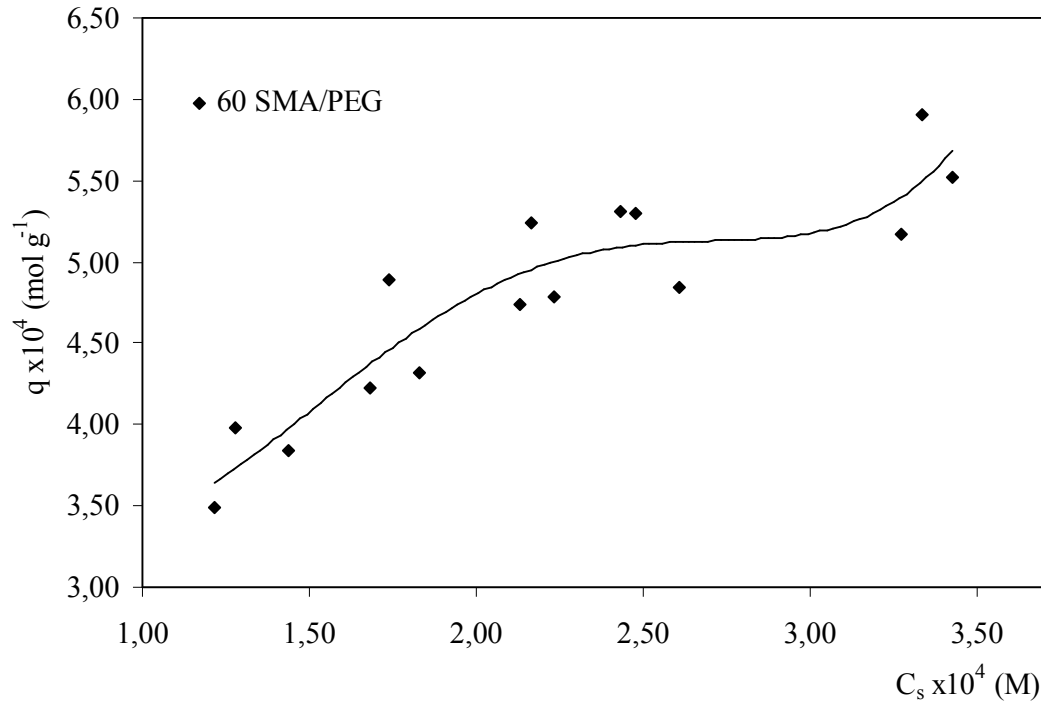
Şekil 4.95: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojjellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünüşleri



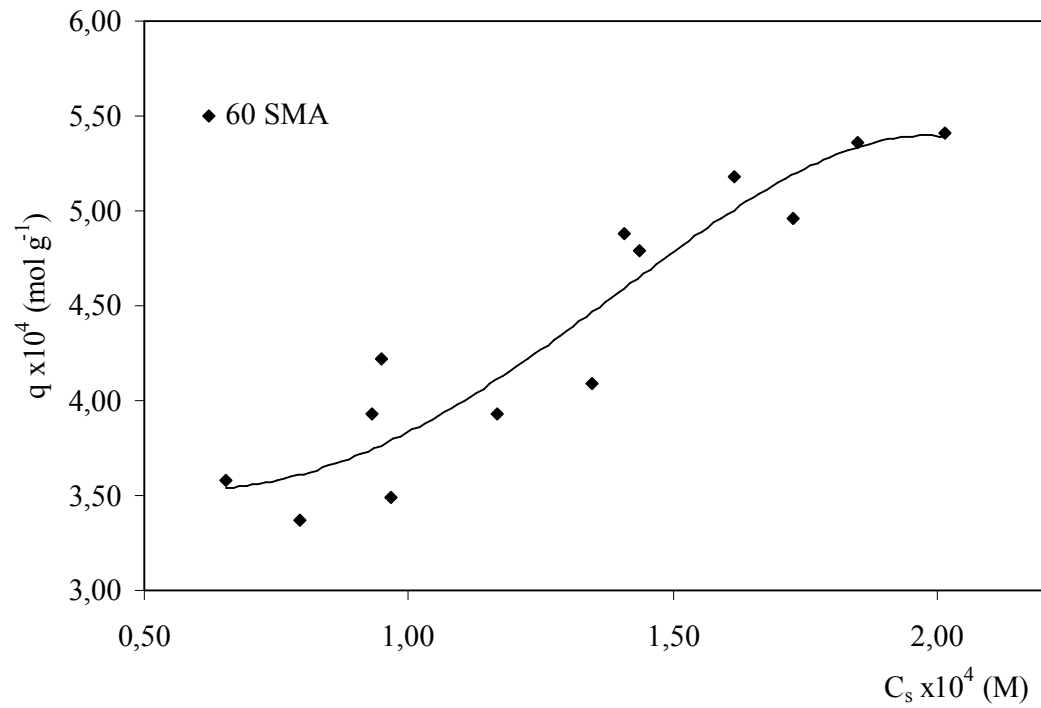
Şekil 4.96: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu



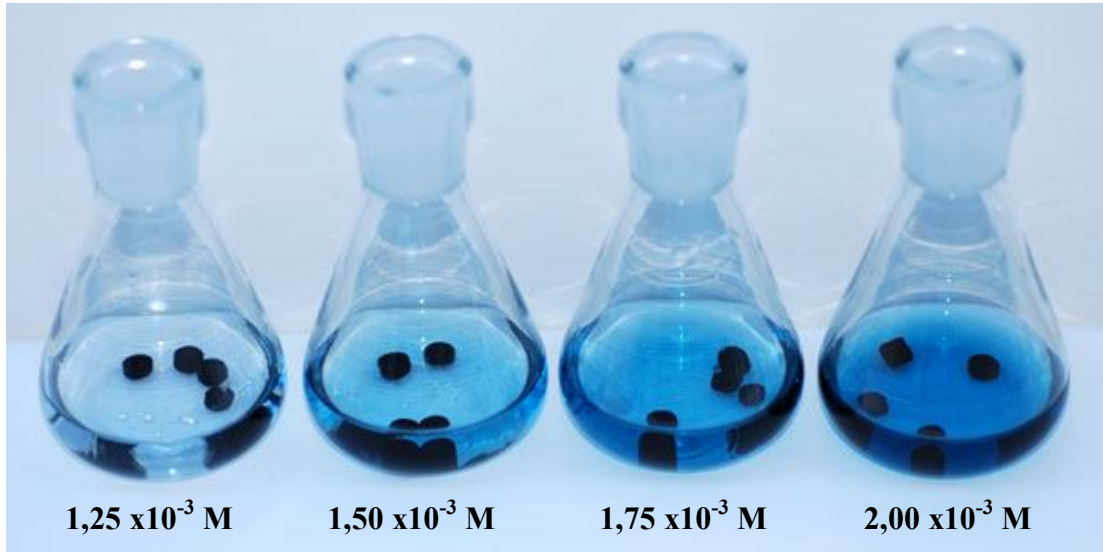
Şekil 4.97: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerine JGB soğurumu



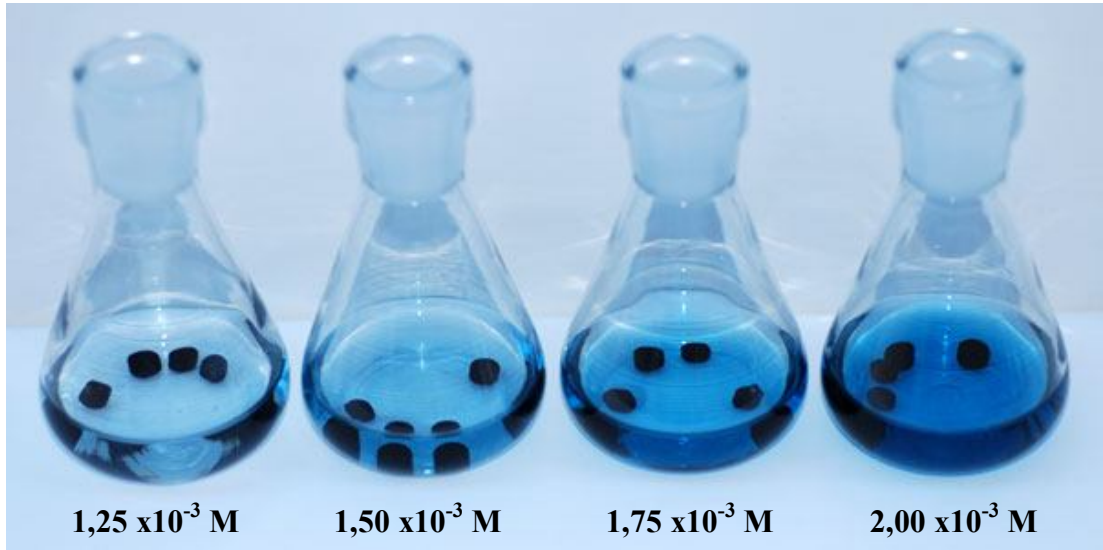
Şekil 4.98: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu



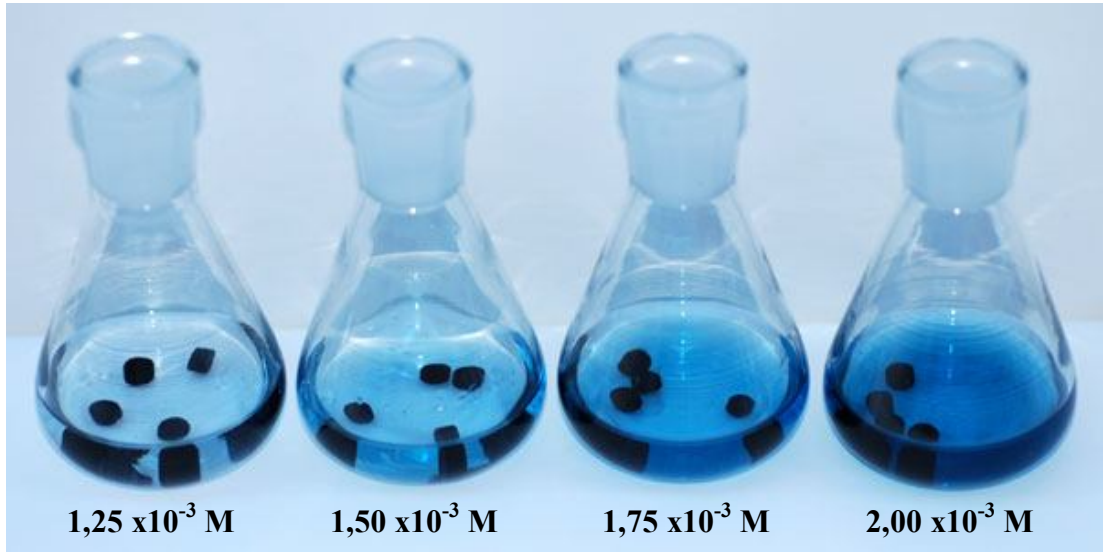
Şekil 4.99: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojjellerine JGB soğurumu



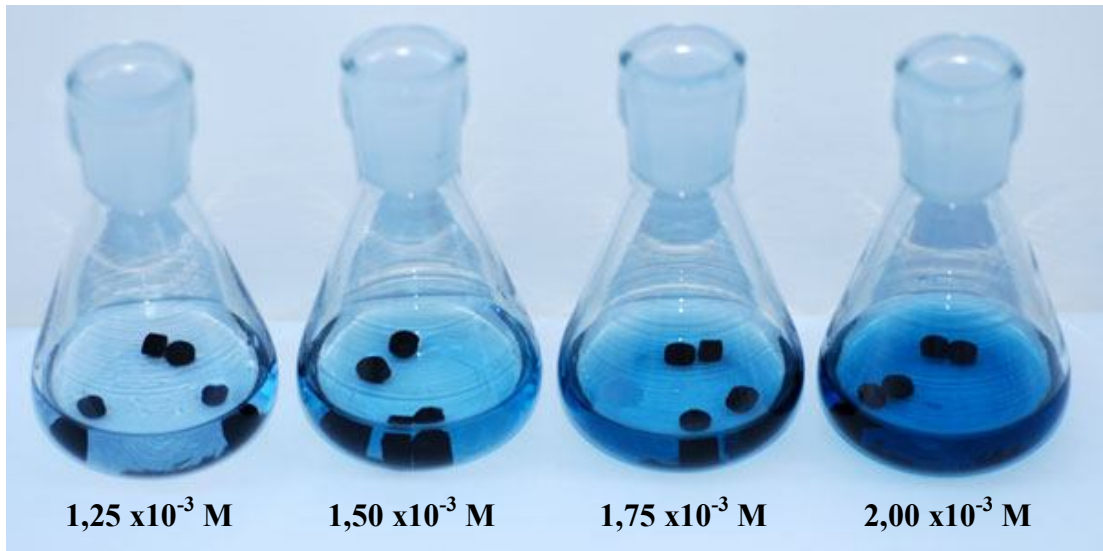
Şekil 4.100: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünüşleri



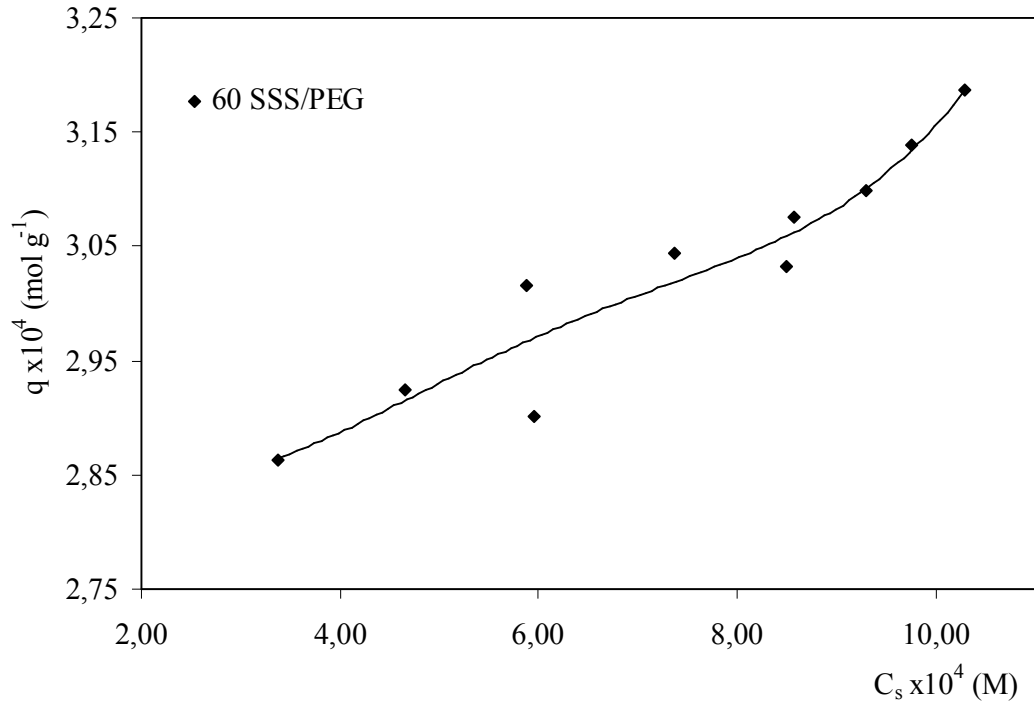
Şekil 4.101: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojjellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünüşleri



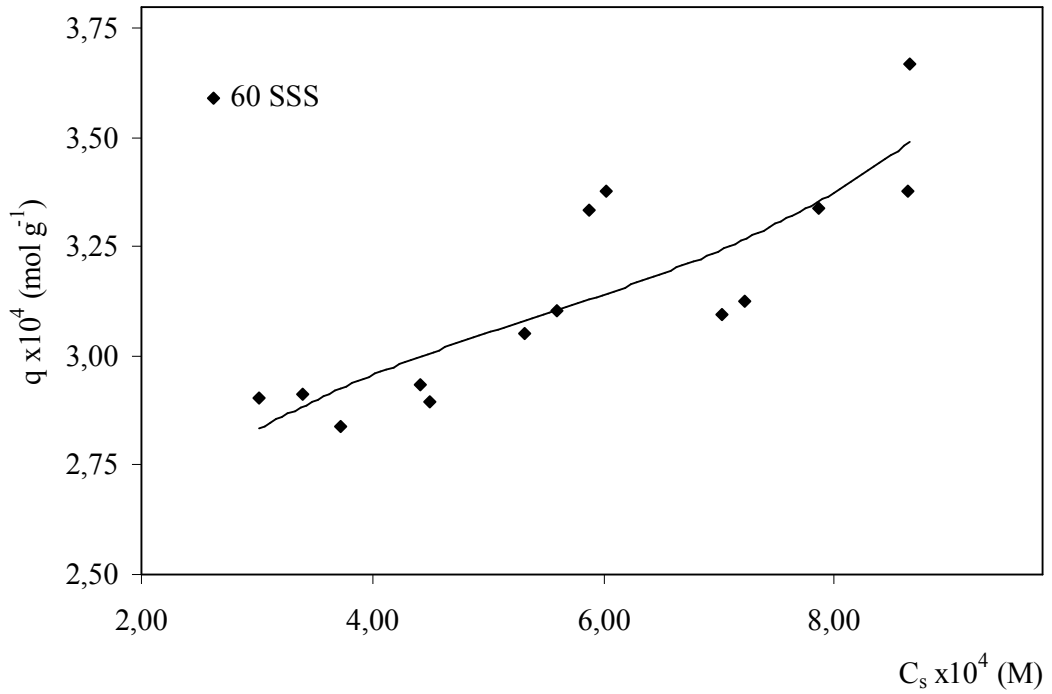
Şekil 4.102: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümü



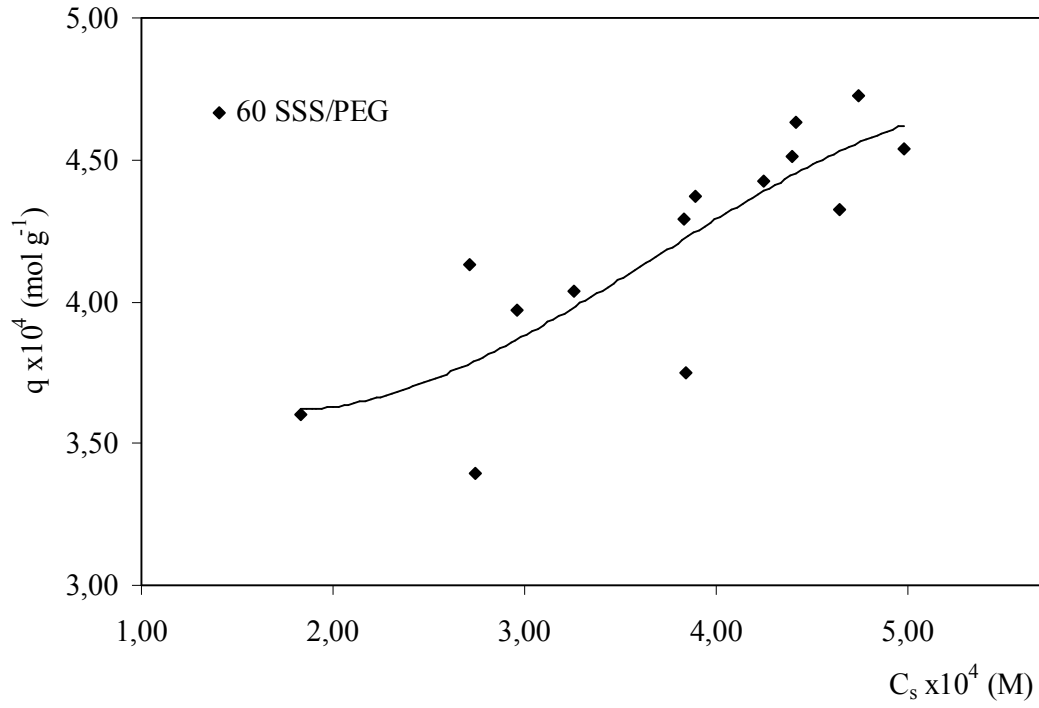
Şekil 4.103: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SMA hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünümü



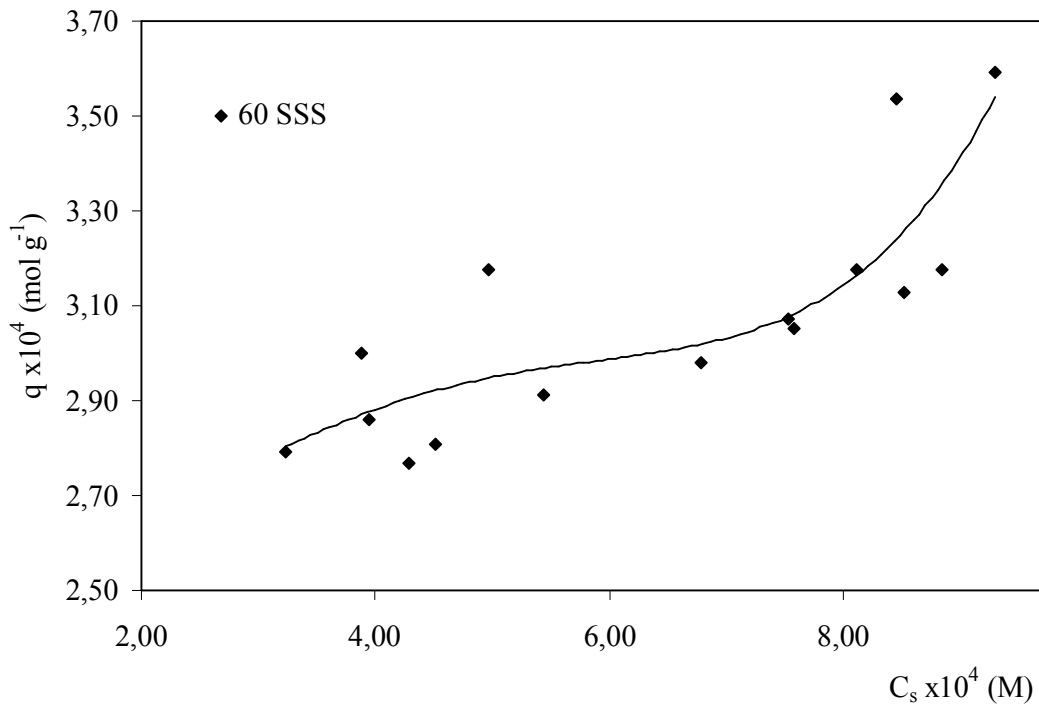
Şekil 4.104: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu



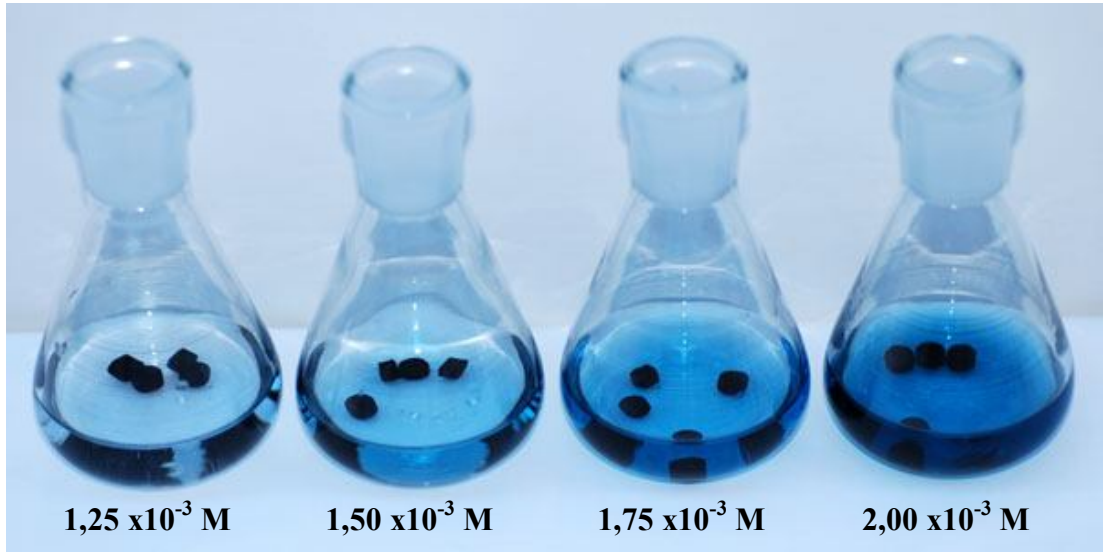
Şekil 4.105: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerine JGB soğurumu



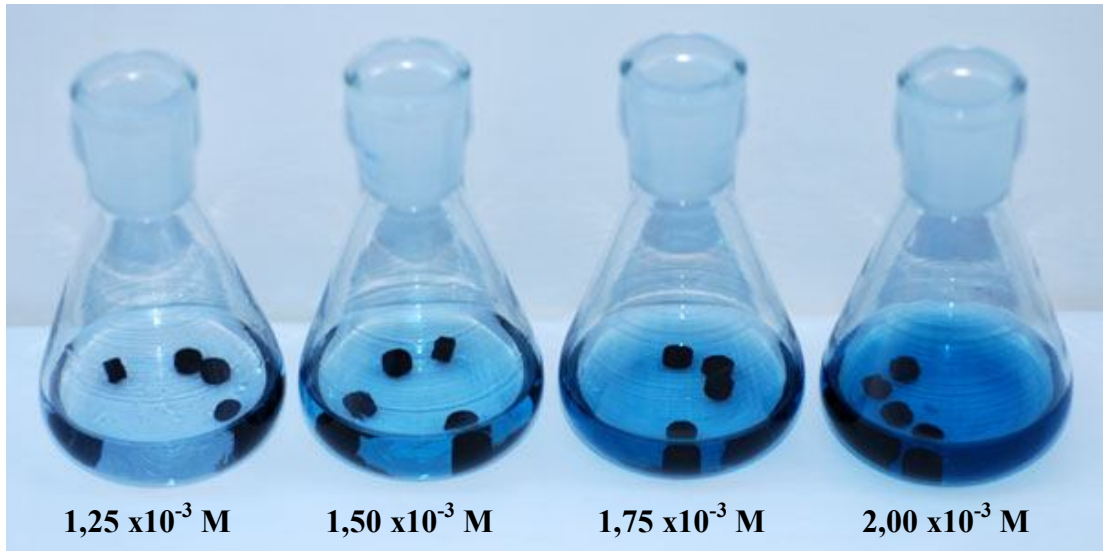
Şekil 4.106: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine JGB soğurumu



Şekil 4.107: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerine JGB soğurumu



Şekil 4.108: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünüşleri



Şekil 4.109: PEGDA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünüşleri



Şekil 4.110: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünüşleri



Şekil 4.111: PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS hidrojellerinin farklı derişimlerde JGB çözeltisindeki görünüşleri

Yüzeye soğuruma yardımcı monomer etkisinin araştırılması amacıyla $2,00 \times 10^{-3}$ 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'de bulunan PEG miktarının soğuruma etkisini araştırabilmek için, 0,25 – 0,50 – 0,75 – 1,00 g PEG içeren yarı-IPN'ler sabit derişimde çözeltiler ile etkileştirilmişlerdir. Eşitlik 7, 8 ve 9 yardımıyla hesaplanan q , $\%Ads$ ve K_d değerleri Çizelge 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25 ve 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.21: SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri

SA/mg	10	20	30	40	50	60	70	80
Adsorpsiyon kapasitesi, $q \times 10^4$								
PEG/PEGDA	1,18	2,06	3,18	4,47	5,23	5,26	5,99	5,78
PEGDA	1,66	2,36	3,41	4,40	5,10	5,30	5,70	6,31
PEG/PEGDMA	1,29	2,60	3,38	4,27	5,07	6,07	6,33	6,22
PEGDMA	1,73	2,21	3,35	4,47	5,14	5,65	7,12	6,11
Yüzde adsorpsiyon, $\%Ads$								
PEG/PEGDA	18	34	49	65	82	90	91	92
PEGDA	26	39	53	72	90	92	93	93
PEG/PEGDMA	18	34	45	61	75	77	89	92
PEGDMA	25	35	52	72	83	91	90	96
Dağılma katsayısı, K_d								
PEG/PEGDA	0,21	0,50	0,95	1,84	4,68	9,45	9,69	11,48
PEGDA	0,35	0,63	1,13	2,55	9,49	11,12	12,98	13,47
PEG/PEGDMA	0,22	0,52	0,81	1,54	3,06	3,40	8,40	10,86
PEGDMA	0,34	0,55	1,07	2,59	4,90	10,04	8,70	23,68

Çizelge 4.22: AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri

60 mg SA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Adsorpsiyon kapasitesi, $q \times 10^4$				
PEGDA	5,30	5,63	5,26	5,84	6,11
PEGDMA	5,65	5,88	6,07	5,91	5,94
	Yüzde adsorpsiyon, $\%Ads$				
PEGDA	92	87	90	88	73
PEGDMA	91	84	77	82	83
	Dağılma katsayısı, K_d				
PEGDA	11,12	6,54	9,45	7,25	2,70
PEGDMA	10,04	5,14	3,40	4,63	4,94

Çizelge 4.23: SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri

SMA/mg	10	20	30	40	50	60	70	80
	Adsorpsiyon kapasitesi, $q \times 10^4$							
PEG/PEGDA	1,01	2,21	2,77	3,98	4,73	5,26	5,59	5,40
PEGDA	1,11	2,00	2,94	4,04	4,79	4,90	5,27	6,02
PEG/PEGDMA	1,49	2,56	3,74	3,87	3,66	4,74	4,45	5,02
PEGDMA	1,28	2,04	3,16	4,20	5,21	5,15	6,21	6,05
	Yüzde adsorpsiyon, $\%Ads$							
PEG/PEGDA	16	33	50	61	75	85	89	92
PEGDA	20	33	50	75	83	92	93	93
PEG/PEGDMA	20	27	45	54	54	66	68	76
PEGDMA	20	36	47	70	81	84	86	90
	Dağılma katsayısı, K_d							
PEG/PEGDA	0,19	0,48	1,01	1,59	3,05	5,45	7,97	11,12
PEGDA	0,25	0,50	1,00	2,97	4,87	10,78	12,81	13,34
PEG/PEGDMA	0,25	0,37	0,83	1,17	1,16	1,98	2,11	3,21
PEGDMA	0,25	0,55	0,88	2,36	4,16	5,38	6,28	8,96

Çizelge 4.24: AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri

60 mg SMA	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Adsorpsiyon kapasitesi, $q \times 10^4$				
PEGDA	4,90	5,35	5,26	5,58	5,48
PEGDMA	5,15	5,64	4,74	5,51	5,61
	Yüzde adsorpsiyon, $\%Ads$				
PEGDA	92	89	85	77	77
PEGDMA	84	87	66	75	76
	Dağılma katsayısı, K_d				
PEGDA	10,78	8,48	5,45	3,42	3,36
PEGDMA	5,38	6,79	1,98	3,07	3,21

Çizelge 4.25: SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri

SSS/mg	10	20	30	40	50	60	70	80
	Adsorpsiyon kapasitesi, $q \times 10^4$							
PEG/PEGDA	1,43	1,56	2,39	2,66	3,09	3,44	3,51	3,97
PEGDA	1,35	1,88	2,09	2,76	2,93	3,47	3,72	4,12
PEG/PEGDMA	1,51	2,06	2,50	2,75	3,40	3,64	3,64	4,05
PEGDMA	1,24	1,80	2,31	2,90	3,10	3,32	3,62	3,77
	Yüzde adsorpsiyon, $\%Ads$							
PEG/PEGDA	20	24	36	38	47	51	58	61
PEGDA	24	32	35	45	46	55	54	74
PEG/PEGDMA	19	25	31	39	49	53	61	62
PEGDMA	18	25	38	39	48	54	56	67
	Dağılma katsayısı, K_d							
PEG/PEGDA	0,25	0,32	0,57	0,63	0,87	1,05	1,41	1,54
PEGDA	0,32	0,46	0,53	0,81	0,86	1,21	1,17	2,85
PEG/PEGDMA	0,24	0,34	0,44	0,64	0,96	1,13	1,57	1,65
PEGDMA	0,22	0,34	0,62	0,64	0,91	1,16	1,30	2,02

Çizelge 4.26: AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri

60 mg SSS	0 PEG	0,25 PEG	0,50 PEG	0,75 PEG	1,00 PEG
	Adsorpsiyon kapasitesi, $q \times 10^4$				
PEGDA	3,47	3,29	3,44	3,16	3,43
PEGDMA	3,32	3,54	3,64	3,87	3,67
	Yüzde adsorpsiyon, $\%Ads$				
PEGDA	55	54	51	50	44
PEGDMA	54	53	53	59	48
	Dağılma katsayısı, K_d				
PEGDA	1,21	1,16	1,05	1,01	0,78
PEGDMA	1,16	1,13	1,13	1,42	0,93

Yardımcı monomer içermeyen çapraz bağlı AAm polimerleri adsorpsiyon kapasitesine sahip değildir. SA, SMA ve SSS gibi sulu ortamlarda anyonik özellik gösteren yardımcı monomerlerin çapraz bağlı kopolimerik yapıya eklenmesiyle katyonik moleküllere karşı duyarlı yarı-IPN'ler ve hidrojeller elde edilmiştir. Yardımcı monomer miktarının artmasıyla artan adsorpsiyon kapasitesi değerleri bunun en önemli kanıtıdır. Çizelge 4.21, 4.23 ve 4.25 incelendiğinde, adsorpsiyon kapasitesi değerlerinin yardımcı monomer içeriğindeki artışa paralel olarak arttığı görülmektedir. $\%Ads$ ve K_d değerlerinde gözlenen artışlar da q değerlerindeki artışı 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, JGB için iyi adsorbent oldukları söylenebilir (Şahiner *et al.*, 1998; Missana *et al.*, 2003; Kundakcı *et al.*, 2008).

Çizelgelerde görüldüğü gibi PEG içeren yarı-IPN'ler, PEG içermeyen hidrojellere oranla daha düşük q , $\%Ads$ ve K_d değerlerine sahiptir. Bu sonuçlar, $\%S_d$ değerleri için elde edilen sonuçlarla uyum içerisindedir. Çapraz bağlar arasında dolaşmış durumda bulunan PEG moleküllerinin, ağ yapıda bulunan anyonik bölgelerle JGB'nin etkileşimini azaltmasıyla açıklanabilir.

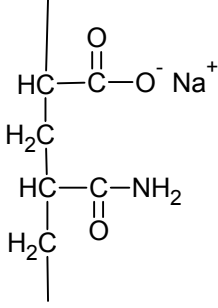
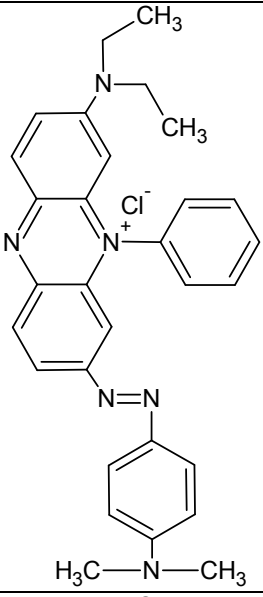
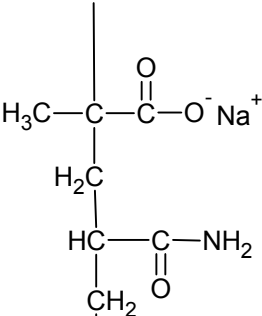
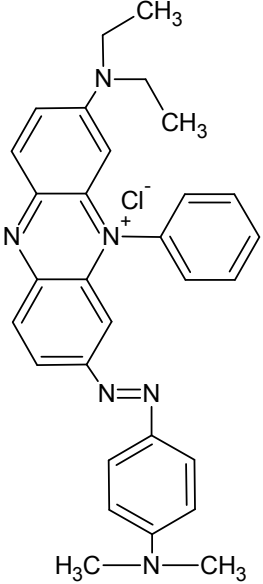
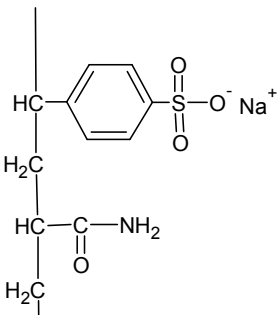
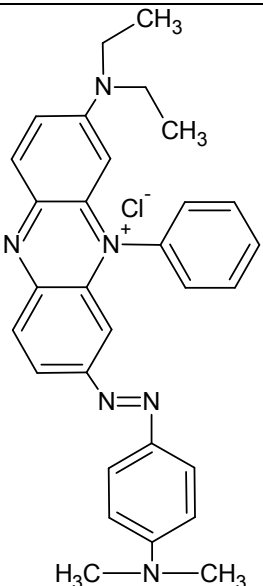
Çapraz bağlı kopolimerler ile JGB arasında oluşan etkileşimlerin nedeni olarak; Çizelge 4.27'den de izleneceği gibi boyarmaddede bulunan H atomu ve amin grupları ile kopolimerik yapılardaki N, O, C=O, metin ve metil grupları arasındaki hidrojen bağı oluşumları ve boyarmaddedeki benzen halkası ile kopolimerik 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)

Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin soğurum değerleri, yardımcı monomerler açısından değerlendirildiğinde, q , $\%Ads$ ve K_d değerlerinin tümünde, SA>SMA>SSS sıralamasına uygun olarak düşüş gözlenmektedir. Şekil 4.1'de verilen kimyasal yapılar incelendiğinde bu düşüş beklenen bir durumdur. SA'nın vinil grubundaki bir H yerine, SMA'da bir metil (CH₃) grubunun bulunması, sterik etki nedeniyle SMA içeren kopolimerlerin JGB ile daha etkileşmesine neden olmaktadır. SSS ise diğer iki yardımcı monomerden oldukça farklıdır. Yapısında bulunan benzen halkasından ve sülfonil (SO₃⁻) grubundan kaynaklanan sterik etki oldukça büyüktür. Bu nedenle, SA içeren kopolimerlerin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri ile SMA içeren kopolimerlerin q , $\%Ads$ ve K_d değerleri arasında küçük farklar vardır. Bu fark SSS içeren kopolimerler için daha büyüktür.

Çapraz bağlayıcı olarak kullanılan PEGDA ve PEGDMA açısından soğurum değerleri karşılaştırıldığında, belirgin bir farktan söz etmek mümkün değildir. Her iki çapraz bağlayıcı için de q , $\%Ads$ ve K_d değerleri genel olarak benzerlik göstermektedir.

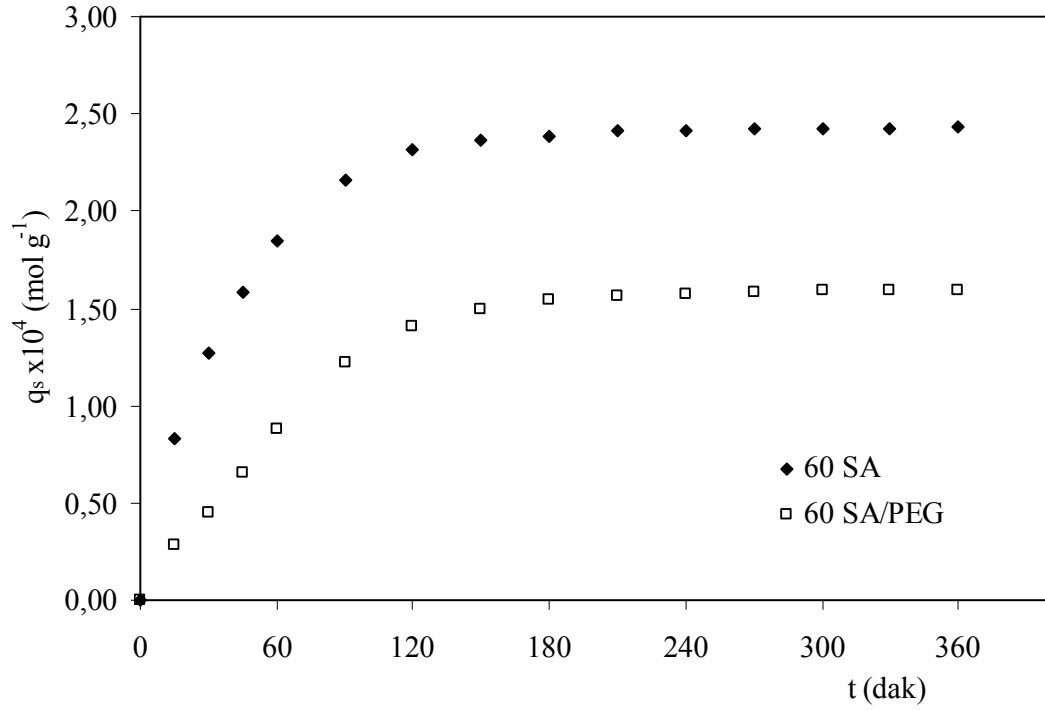
Çizelge 4.27: Boyarmadde ile çapraz bağlı kopolimerler arasındaki etkileşimler

Kopolimer zinciri	Janus Green B	Etkileşim tipi	Kopolimer	Boya
 AAm/SA		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
 AAm/SMA		Hidrojen bağı	N ve O atom C=O, metin, metil	H atomu Amin
		Hidrofobik	Hidrojen atomu	Benzen halkası
		Dipol – dipol	Amid grubu	Benzen halkası
		Dipol-indüklenmiş dipol	Amid grubu	Polarlanabilen aromatik grup
 AAm/SSS		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

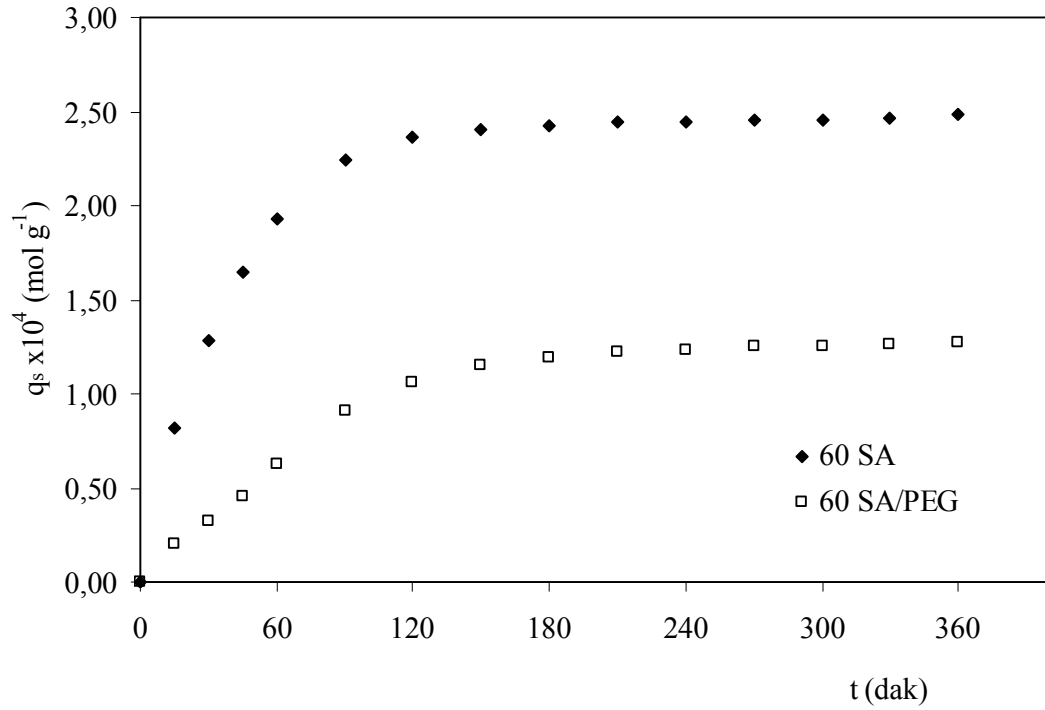
4.7. ETKİN MADDE SALINIMI

Polimerik yapılardan etkin maddelerin salınımı çalışmalarında salınım sistemlerinin hazırlanması; etkin maddenin polimerlere sentez sırasında yüklenmesi ya da sentez 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 sentez 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).

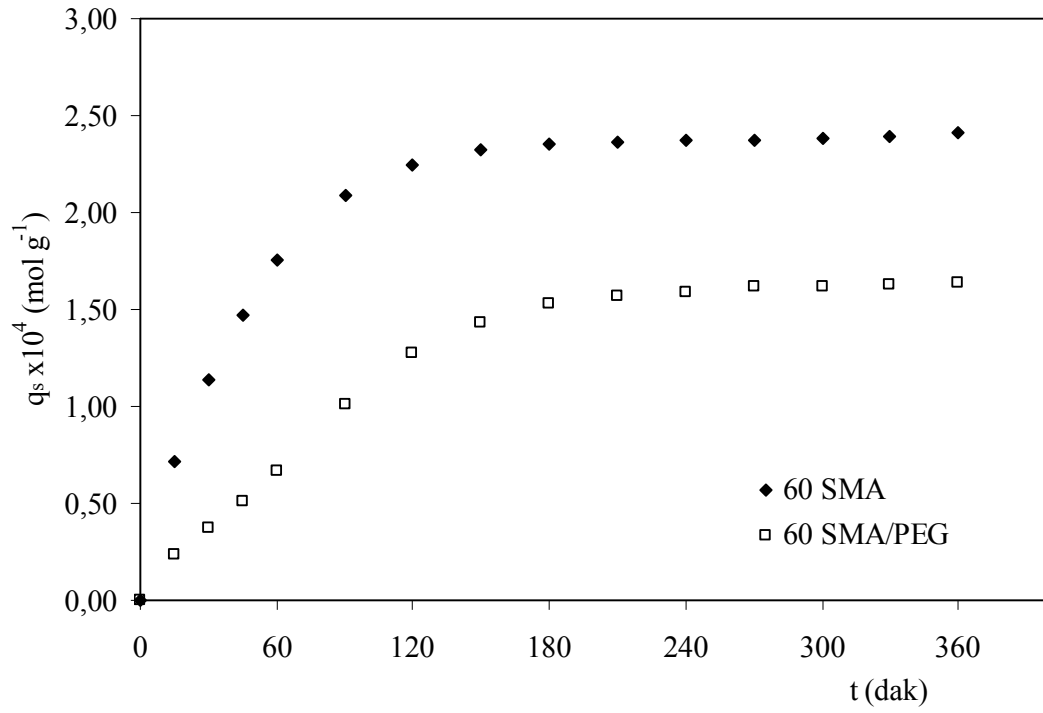
RS taşıyan yarı-IPN'lerden ve hidrojellerden etkin madde salınımı çalışmaları 25°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Kütlesi bilinen yarı-IPN'ler ve hidrojeller 25 mL saf su içerisine bırakılarak RS salınımı zamana bağlı olarak izlenmiştir. Belli zaman aralıklarında çözeltiden alınan örneklerin 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 4.112, 4.113, 4.114, 4.115, 4.116 ve 4.117'de sunulmuştur.



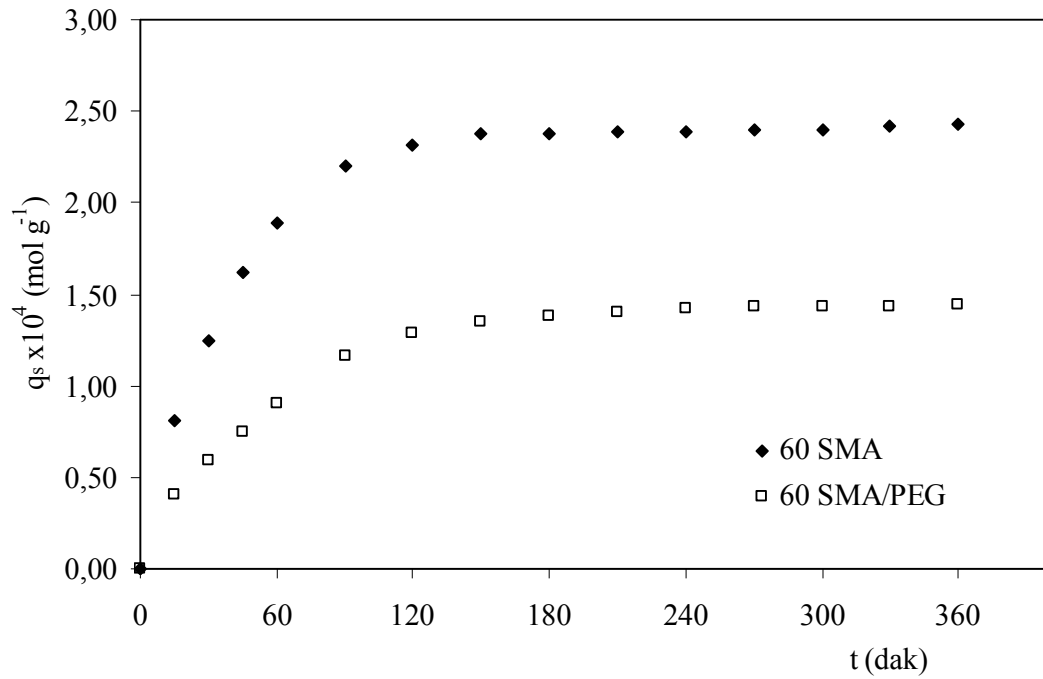
Şekil 4.112: PEGDA ile çapraz bağlı, SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiği



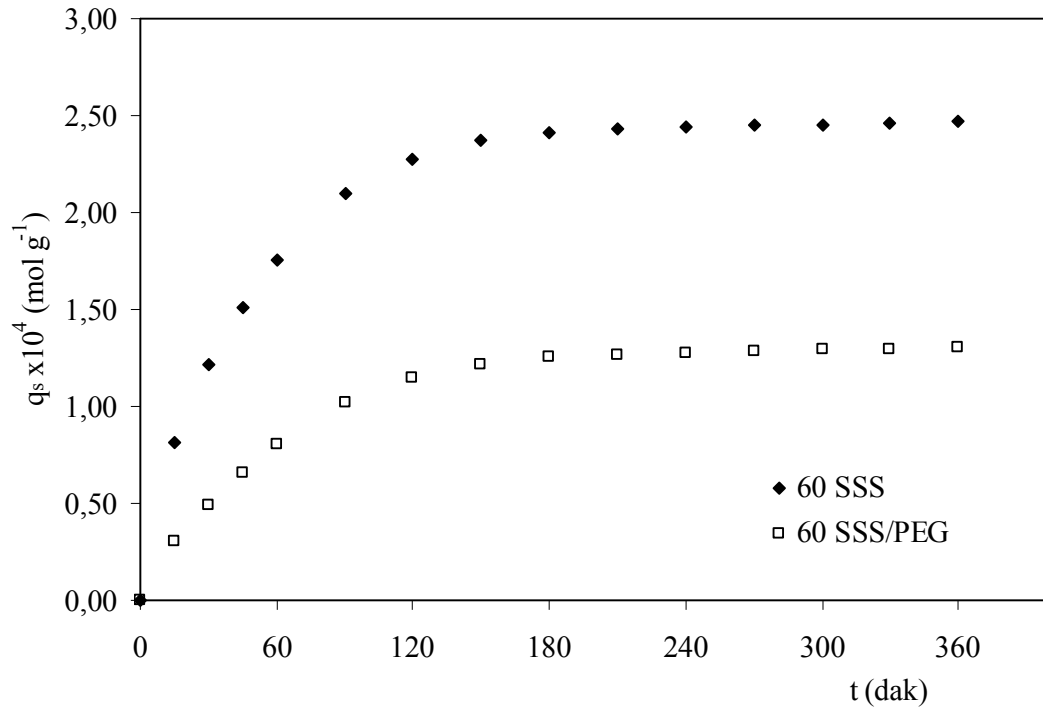
Şekil 4.113: PEGDMA ile çapraz bağlı, SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiği



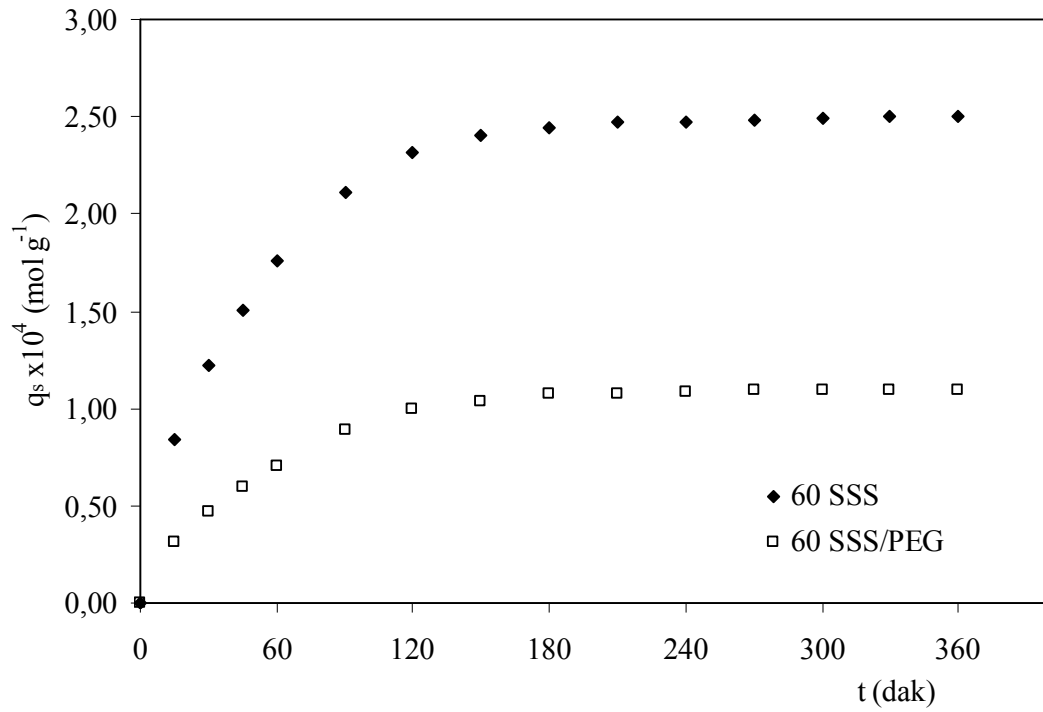
Şekil 4.114: PEGDA ile çapraz bağlı, SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s - t grafiği



Şekil 4.115: PEGDMA ile çapraz bağlı, SMA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s - t grafiği



Şekil 4.116: PEGDA ile çapraz bağlı, SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiği



Şekil 4.117: PEGDMA ile çapraz bağlı, SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin q_s -t grafiği

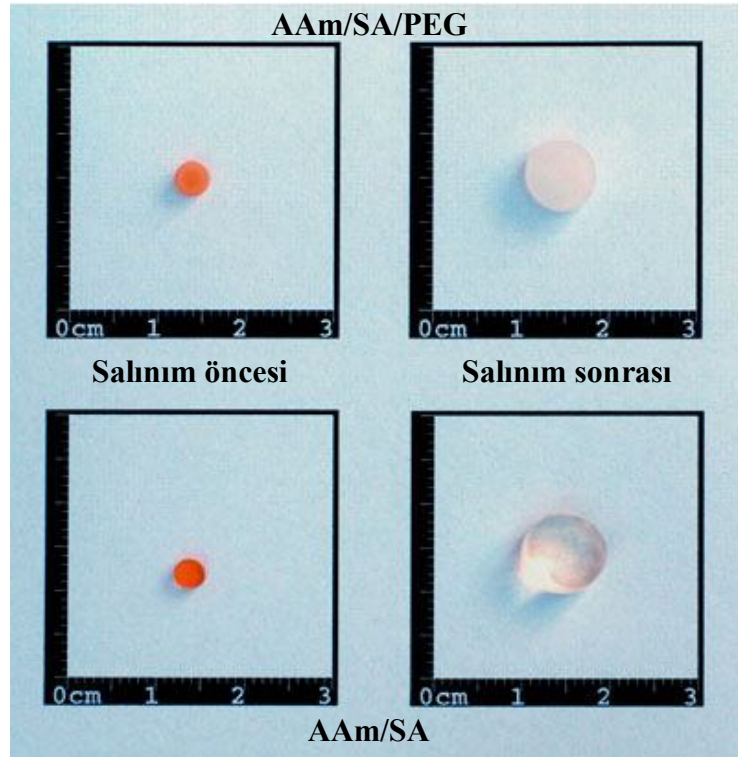
Grafikler incelendiğinde, salınım değerlerinin zamana bağlı olarak arttığı ve bir süre sonra dengeye geldiği görülmektedir. Tüm yarı-IPN'ler ve hidrojeller için 3 saat sonunda salınımın dengeye geldiği söylenebilir. PEG içeren yarı-IPN'lerden salınan RS miktarları $1,10 \times 10^{-4} - 1,64 \times 10^{-4} \text{ mol g}^{-1}$ arasında değişmektedir. PEG içermeyen hidrojellerden salınan RS miktarları daha yüksektir ve $2,41 \times 10^{-4} - 2,50 \times 10^{-4} \text{ mol g}^{-1}$ arasında değişim göstermektedir.

Etkin madde salınımı için hesaplanan diğer bir parametre olan *%Sal* değerleri Çizelge 4.28'de sunulmuştur.

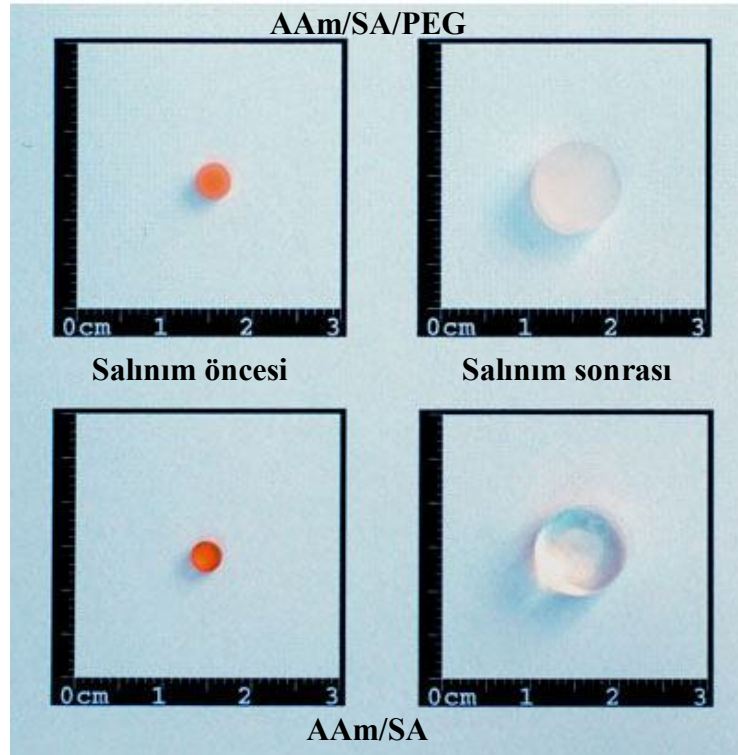
Çizelge 4.28: Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin *%Sal* değerleri

	SA	SMA	SSS
	<i>%Sal</i>		
PEG/PEGDA	70	74	54
PEGDA	83	88	86
PEG/PEGDMA	50	64	44
PEGDMA	90	85	80

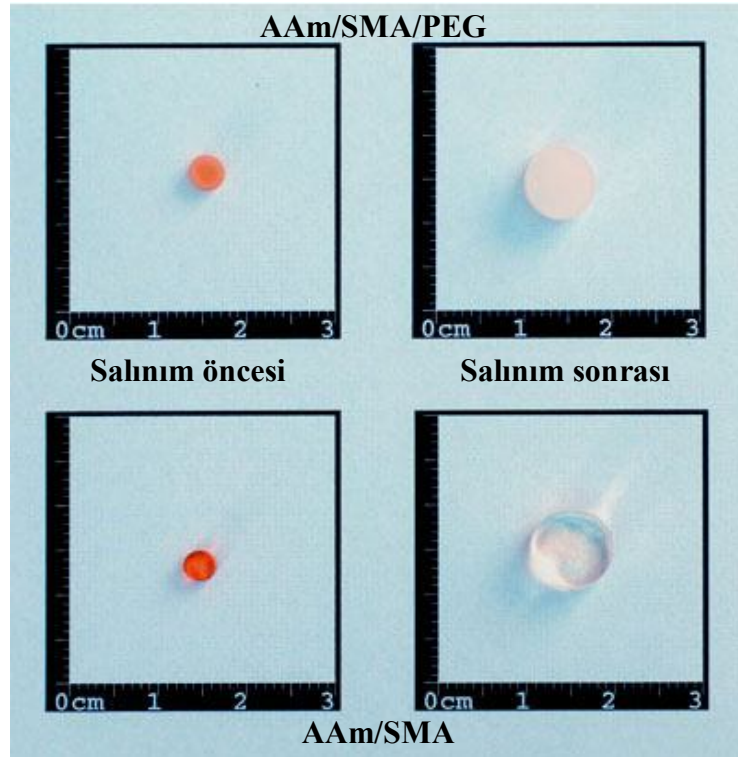
Yarı-IPN'lerden ve hidrojellerden salınımı gerçekleştirilen RS için *%Sal* değerleri %44 ile %90 arasında değişmektedir. %44 ile en düşük salınım değeri PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerine aittir. En yüksek salınım ise %90 ile PEGDMA ile çapraz bağlı AAm/SA hidrojellerinde gerçekleşmiştir.



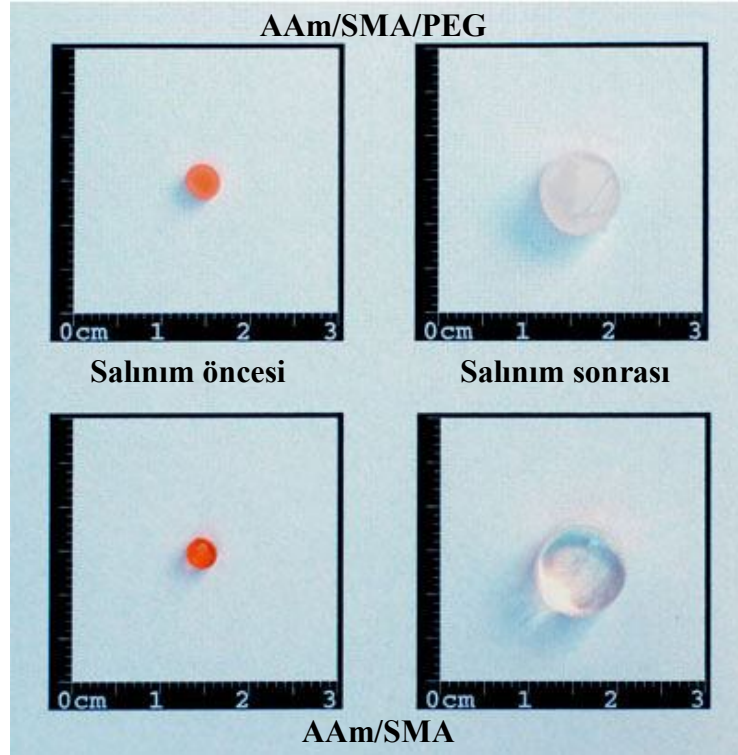
Şekil 4.118: PEGDA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SA hidrojenlerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



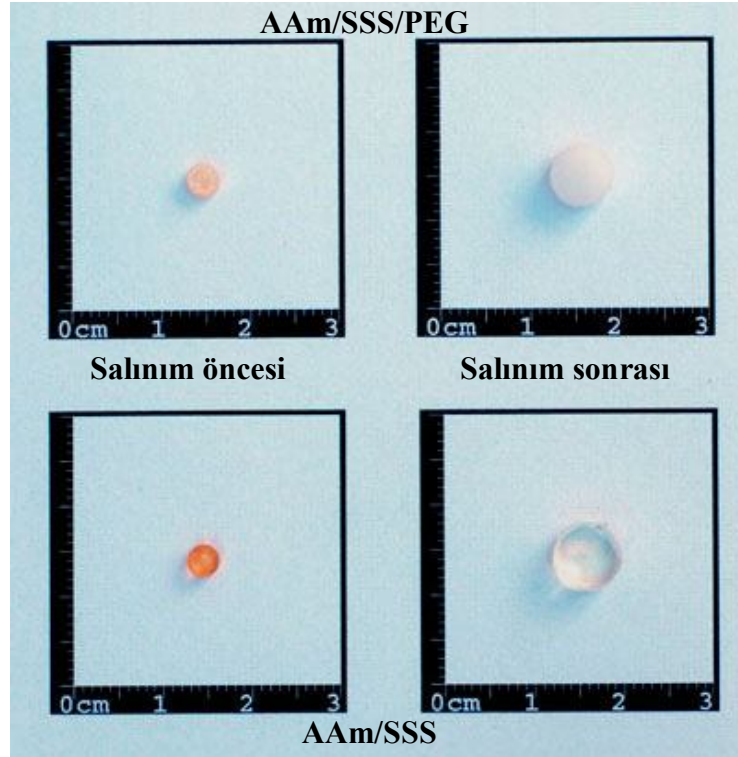
Şekil 4.119: PEGDMA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SA hidrojenlerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



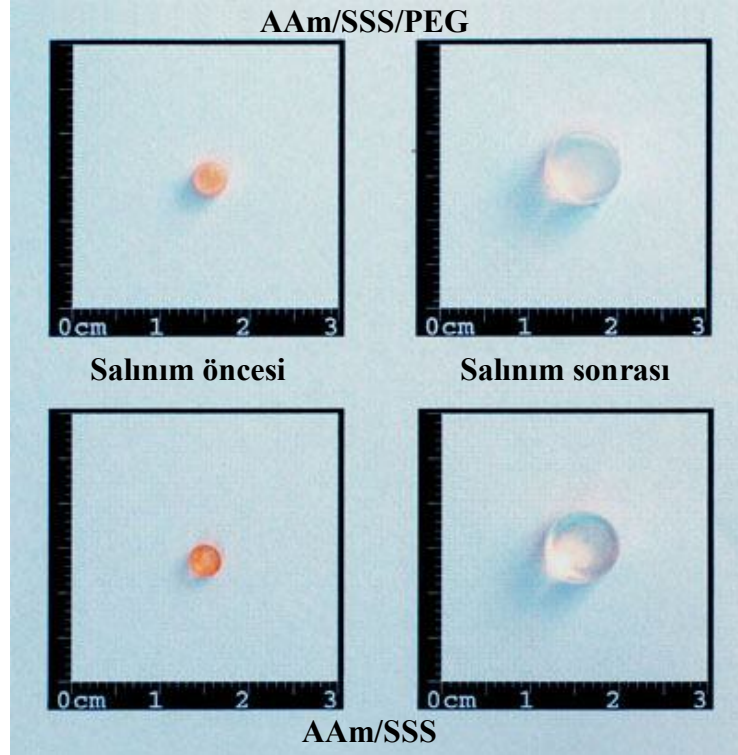
Şekil 4.120: PEGDA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SMA hidrojenlerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



Şekil 4.121: PEGDMA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SMA/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SMA hidrojenlerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



Şekil 4.122: PEGDA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SSS hidrojjelerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri



Şekil 4.123: PEGDMA ile çapraz bağlı, RS taşıyan AAm/SSS/PEG yarı-IPN'lerinin ve AAm/SSS hidrojjelerinin salınım öncesi ve sonrası görünüşleri

5. SONUÇLAR

- ❖ Çözelti ortamında serbest radikalik katılma polimerleşmesi ile sodyum akrilat, sodyum metakrilat ve sodyum stiren sülfonat yardımcı monomerlerini içeren, akrilamid esaslı anyonik yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin sentezi gerçekleştirilmiştir.
- ❖ Yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin sentezinde poli(etilen glikol)diakrilat ve poli(etilen glikol)dimetakrilat gibi çok fonksiyonlu iki çapraz bağlayıcı kullanılmıştır.
- ❖ Düz zincirli bir polimer olan poli(etilen glikol) kullanılarak yarı-IPN yapıların oluşumu sağlanmıştır.
- ❖ Sentezlenen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin, spektroskopik özellikleri, ısısal özellikleri ve şişme davranışları araştırılarak karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir.
- ❖ FT-IR spektrofotometresi ile elde edilen spektrumlarda, yarı-IPN'lerde ve hidrojellerde bulunan fonksiyonel gruplara ait karakteristik bandlar izlenerek çapraz bağlı kopolimerlerin yapıları aydınlatılmaya çalışılmıştır.
- ❖ Isısal karakterizasyonda, DSC yardımıyla, camsı geçiş sıcaklıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen DSC eğrileri incelendiğinde hiçbir çapraz bağlı kopolimer için camsı geçiş sıcaklığı belirlenememiştir. Bu durum, yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin çok yüksek çapraz bağ yoğunluğuna sahip olduklarının bir göstergesidir.
- ❖ Çapraz bağlı kopolimerlere dinamik şişme testleri uygulanarak, şişme davranışları hakkında önemli veriler elde edilmiştir. Bu veriler ışında; SA içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin en yüksek su soğurma kapasitesine sahip oldukları, SSS içerenlerin ise en düşük su soğurma kapasitesine sahip oldukları söylenebilir.

- ❖ SA içeren yarı-IPN'lerin denge yüzde şişme değerleri %416-2913 arasında değişim gösterirken, SMA içerenlerde bu değerler %416-1982 arasında, SSS içerenlerde ise %416-1309 arasında değişmektedir.
- ❖ Poli(etilen glikol) içermeyen hidrojeller için denge yüzde şişme sonuçları değerlendirildiğinde, SA içeren hidrojellerin %492-13543 arasında, SMA içerenlerin %492-2267 arasında, SSS içerenlerin ise %492-1324 arasında değişen değerlere sahip oldukları belirlenmiştir.
- ❖ Bu değerlerden anlaşılacağı gibi, hem yarı-IPN'lerde hem de hidrojellerde, denge yüzde şişme değerleri, çapraz bağlı yapıda bulunan yardımcı monomer miktarının artışıyla uyumlu bir artış göstermektedir.
- ❖ Denge yüzde şişme değerleri poli(etilen glikol) içeriğinin değişimi açısından incelendiğinde, yarı-IPN'de bulunan poli(etilen glikol) miktarı arttıkça su soğurum kapasitesinde düşüş gözlenmektedir.
- ❖ Yarı-IPN'lerin denge yüzde şişme değerleri, PEG miktarının artışıyla ters orantılı olarak, SA içerenlerde %6190-860, SMA içerenlerde %2009-654, SSS içerenlerde ise %1196-521 arasında değişim göstererek azalmaktadır.
- ❖ Çapraz bağlı polimerler için biyouyumluluğun potansiyel bir göstergesi olarak değerlendirilen dengede su içeriği değerleri, SA, SMA ve SSS içeren yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin tümü için, yapıdaki yardımcı monomer miktarının artışıyla artmaktadır. Tüm çapraz bağlı kopolimerler değerlendirildiğinde, *DSI* değerleri 0,7871-0,9927 arasında değişmektedir. Bu değerler, biyouyumluluk için gerekli görülen 0,60 değerinden daha yüksektir.

- ❖ Verilerin kinetik açıdan incelenmesi ile hesaplanan, teorik denge yüzde şişme değerleri oldukça önemlidir. Dinamik şişme testleri sonunda ulaşılan denge yüzde şişme değerleri, teorik denge yüzde şişme değerleri ile uyum göstermektedir. Bu durum, kinetik analizin doğru temeller üzerine oluşturulduğunun iyi bir göstergesidir.
- ❖ Yarı-IPN'lere ve hidrojellere su difüzyonunun araştırılması için yapılan çalışmalar sonucunda, difüzyon üsteli (n), difüzyon sabiti (k) ve difüzyon katsayısı (D) değerleri hesaplanmıştır.
- ❖ Difüzyon üsteli değerleri, çapraz bağlı kopolimere su difüzyonunun türünün belirlenmesi açısından önem taşır. SA içeren yarı-IPN'ler ve hidrojeller için n değerleri 0,5673-0,8041, SMA içerenler için 0,5341-0,6833 ve SSS içerenler için ise 0,5399-0,6468 arasında değişmektedir. 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, yardımcı monomer artışı ile genellikle bir artış göstermesi beklenir. Ancak, yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin difüzyon katsayılarında net bir artıştan söz edilemez. Bunun temel nedenin, şişmiş jel örneklerin çaplarının ölçümünden gelen bazı hatalar olduğu söylenebilir.
- ❖ Sentezleri ve karakterizasyonları gerçekleştirilen çapraz bağlı kopolimerlerin, gözenek yapısı hakkında fikir edinebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskobu (Scanning Electron Microscopy, SEM) ile elde edilen görüntüler kullanılmıştır. SEM görüntüleri incelendiğinde yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin gözenekli bir yapıya sahip oldukları söylenebilir.

- ❖ Anyonik yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılması amacıyla, katyonik özellikteki janus green B (JGB) model molekül olarak seçilmiştir. Çapraz bağlı kopolimerlerin soğurum özellikleri, JGB derişiminin ve yardımcı monomerin etkisi açısından incelenmiştir.
- ❖ $1,25 \times 10^{-3}$ – $2,00 \times 10^{-3}$ M arasında değişen, farklı derişimlerde JGB çözeltileri ve 60 mg yardımcı monomer içeren kopolimerler kullanılarak, 25°C sabit sıcaklıkta gerçekleştirilen deneyler sonucunda, elde edilen denge değerleri ile q - C_s grafikleri oluşturulmuştur. Grafikler incelendiğinde, SA, SMA ve SSS yardımcı monomeri ile hazırlanan tüm yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin derişim artışına olumlu sonuç verdiği gözlenmiştir. JGB derişimi arttıkça, 1,0 g kopolimer tarafından soğurulan boyarmadde miktarı olan q değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir.
- ❖ $2,00 \times 10^{-3}$ M sabit JGB çözeltileri ile 10-80 mg arasında değişen yardımcı monomer içeriğine sahip kopolimerler, 25°C sabit sıcaklıkta dengeye gelene dek etkileştirilerek, soğuruma yardımcı monomer etkisi araştırılmış ve q , % Ads , K_d gibi parametreler hesaplanmıştır.
- ❖ Yarı-IPN'lerin q değerleri, yardımcı monomer içeriğindeki artışa paralel olarak artmaktadır. SA içeren yarı-IPN'lerin q değerleri, $1,18 \times 10^{-4}$ – $6,33 \times 10^{-4}$ mol g⁻¹, SMA içerenlerin $1,01 \times 10^{-4}$ – $5,59 \times 10^{-4}$ mol g⁻¹, SSS içerenlerin ise $1,43 \times 10^{-4}$ – $4,05 \times 10^{-4}$ mol g⁻¹ arasında artış göstermektedir.
- ❖ PEG içermeyen hidrojellerin q değerleri, artan yardımcı monomer içeriğiyle artış göstermektedir ve yarı-IPN'lere oranla daha yüksektir. SA içeren hidrojeller için q değerleri, $1,66 \times 10^{-4}$ – $7,12 \times 10^{-4}$ mol g⁻¹, SMA içerenler için $1,11 \times 10^{-4}$ – $6,21 \times 10^{-4}$ mol g⁻¹, SSS içerenler için ise $1,24 \times 10^{-4}$ – $4,12 \times 10^{-4}$ mol g⁻¹ arasında artmaktadır.

- ❖ Soğurumda hesaplanan diğer bir parametre olan $%Ads$ değerleri de q değerleri ile uyumlu biçimde, yardımcı monomer etkisiyle artmaktadır. SA, SMA ve SSS içeren yarı-IPN'ler için $%Ads$ değişim aralıkları sırasıyla, %18 – 92, %16 – 92 ve %19 – 62 olarak belirlenmiştir.
- ❖ PEG içermeyen hidrojeller için $%Ads$ değerleri, SA, SMA ve SSS içeren hidrojeller için sırasıyla, %25 – 96, %20 – 93 ve %18 – 74 aralığında değişim göstererek, 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. Hesaplanan K_d değerleri incelendiğinde, SA ve SMA içeriği 30 mg'ın üstünde olan yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin, SSS içeriği 50 mg'ın üstünde olan yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin 1,0'den büyük K_d değerlerine sahip oldukları görülmektedir.
- ❖ PEG değişimi açısından incelendiğinde, PEG miktarındaki artışla ters orantılı olarak K_d değerleri düşmesine rağmen, 1,00 g PEG içeriğine sahip SSS içeren yarı-IPN'ler dışında tüm yarı-IPN'lerin K_d değerleri 1,0'den büyüktür. Sonuç olarak, sentezlenen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin JGB için iyi adsorban oldukları söylenebilir.
- ❖ Tıpta çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılan 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.

- ❖ Yarı-IPN'lerden ve hidrojellerden RS salınımı, yaklaşık olarak 3 saat sürmüş ve bu süre sonunda salınım değerleri dengeye ulaşmıştır. Denge durumu için belirlenen q_s değerleri, PEG içeren yarı-IPN'ler için $1,10 \times 10^{-4} - 1,64 \times 10^{-4} \text{ mol g}^{-1}$, hidrojeller için $2,41 \times 10^{-4} - 2,50 \times 10^{-4} \text{ mol g}^{-1}$ arasındadır.
- ❖ Yarı-IPN'lerin $\%Sal$ değerleri, %44 – 74 arasında değişim gösterirken, hidrojeller için %80 – 90 arasında değişmektedir.
- ❖ Bu çalışmada sentezlenerek karakterizasyonları gerçekleştirilen yarı-IPN'lerin ve hidrojellerin, hidrofilik fonksiyonel grupları ve gözenekli yapıları nedeniyle yüksek oranda su tutma yeteneğine sahip oldukları söylenebilir. Bu nedenle, sentezlenen yarı-IPN'ler ve hidrojeller, istenmeyen ortamlardan suyun uzaklaştırılmasında ve su taşıyıcı malzemeler olarak tarımsal uygulamalarda kullanılabilirler.
- ❖ 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 sularda 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 salınımında kullanılmak üzere iyi bir taşıyıcı olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

Alvarez-Lorenzo, C. and Concheiro, A., 2002. Reversible adsorption by a pH- and temperature-sensitive acrylic hydrogel. **Journal of Controlled Release**, 80: 247-257.

Azizian, S. 2004. Kinetic models of sorption: a theoretical analysis. **Journal of Colloid and Interface Science**, 276: 47-52.

Bajpai, A.K., Bajpai, J. and Shukla, S. 2001. Water sorption through a semi-interpenetrating polymer network (IPN) with hydrophilic and hydrophobic chains. **Reactive & Functional Polymers**, 50: 9-21.

Bajpai, A.K. and Rajpoot, M. 2001. Release and diffusion of sulfamethoxazole through acrylamide-based hydrogel. **Journal of Applied Polymer Science**, 81: 1238-1247.

Bajpai, S.K. and Singh, S. 2006. Analysis of swelling behavior of poly(methacrylamide-co-methacrylic acid) hydrogels and effect of synthesis conditions on water uptake. **Reactive & Functional Polymers**, 66: 431-440.

Berger, J., Reist, M., Mayer, J.M., Felt, O., Peppas, N.A., and Gurny, R. 2004. Structure and interactions in covalently and ionically crosslinked chitosan hydrogels for biomedical applications. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, 57: 19-34.

Bischoff, R. and Cray, S.E. 1999. Polysiloxanes in macromolecular architecture. **Progress in Polymer Science**, 24: 185-219.

Byrne, M.E., Park, K. and Peppas, N.A. 2002. Molecular imprinting within hydrogels. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 54: 149-161.

Campbell, I.M. 1994. Introduction to Synthetic Polymers. Oxford University Press, Inc., New York, USA.

Cowie, J.M.G. 1973. Polymers: Chemistry and Physics of Modern Materials. International Textbook Company Limited, Glasgow, UK.

Dengre, R., Bajpai, M. and 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. and Ji, H. 2004. Chemically induced swelling of hydrogels. **Journal of the Mechanics and Physics of Solids**, 52: 51-84.

Ekici, S., Işıkver, Y., Şahiner, N. and Saraydin, D. 2003. Adsorption of some textile dyes onto crosslinked poly(*N*-vinylpyrrolidone). **Adsorption, Science and Technology**, 21(7): 651-659.

Ekici, S. and Saraydin, D. 2004. Synthesis, characterization and evaluation of IPN hydrogels for antibiotic release. **Drug Delivery**, 11: 381-388.

Ekici, S. and Saraydin, D. 2007. Interpenetrating polymeric network hydrogels for potential gastrointestinal drug release. **Polymer International**, 56: 1371-1377.

El-Hag Ali, A., Shawky, H.A., Abd El Rehim, H.A. and 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.

Ende, M.T. and 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. and 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.

Evmenenko, G., Alexev, V., Budtova, T., Buyanov A. and Frenkel, S. 1999. Swelling-induced changes of polyelectrolyte gels. **Polymer**, 40: 2975-2979.

Giles, C.H., Smith, D. and 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. and 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.

Giammona, G., Pitarresi, G., Craparo, E.F., Cavallaro, G. and Buscemi, S. 2001. New biodegradable hydrogels basen on a photo-cross-linkable polyaspartamide and poly(ethylene glycol) derivatives. Release studies of an anticancer drug. **Colloid Polymer Science**, 279: 771-783.

Gombotz, R.W. and Hoffmann, A.S. 1986. Immobilization of biomolecules and cells on and within synthetic polymeric hydrogels. *Hydrogels in Medicine and Pharmacy*, Peppas NA (editor), vol:5, Fundamentals, CRC Press, Florida.

Gürsoy, A., Pişkin, E., Dortunç, B. and Peppas, N.A. 1989. Kontrollü ilaç serbestleştiren sistemler. Marmara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Yayınları No: 469/5, İstanbul.

Güven, O., Şen, M., Karadağ, E. and Saraydin, D. 1999. A review on the radiation synthesis of copolymeric hydrogels for adsorption and separation purposes. **Radiation Physics and Chemistry**, 56: 381-386.

He, S., Yaszemski, M.J., Yasko, A.W., Engel, P.S. and Mikos, A.G. 2000. Injectable biodegradable polymer composites based on poly(propylene fumarate) crosslinked with poly(ethylene glycol)-dimethacrylate. **Biomaterials**, 21: 2389-2394.

Hennink, W.E. and Van Nostrum, C.F. 2002. Novel crosslinking methods to design hydrogels. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 54: 13-36.

Hull, L.C., Grossman, C., Fjeld, R.A., Coates, J.T. and Elzerman, A.W. 2004. Hybrid empirical-theoretical approach to modeling uranium adsorption. **Applied Geochemistry**, 19: 721-736.

Kabiri, K., Omidian, H., Hashemi, S. A. and Zohuriaan-Mehr, M.J. 2003. Synthesis of fast-swelling superabsorbent hydrogels: effect of crosslinker type and concentration on porosity and absorption rate. **European Polymer Journal**, 39: 1341-1348.

Kaewpirom, S. and Boonsang, S. 2006. Electrical response characterisation of poly(ethylene glycol) macromer (PEGM)/chitosan hydrogels in NaCl solution. **European Polymer Journal**, 42: 1609-1616.

Kara, A., Uzun, L., Beşirli, N. and Denizli, A. 2004. Poly(ethylene glycol dimethacrylate-n-vinyl imidazole) beads for heavy metal removal. **Journal of Hazardous Materials**, 106B: 93-99.

Karadağ, E., Saraydın, D. and 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. and Güven, O. 1996b. A study on the adsorption of some cationic dyes onto acrylamide-itaconic acid hydrogels. **Polymer Bulletin**, 36 (6): 745-752.

Karadağ, E., Saraydın, D. and 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. and Aydın, F.1998a. Removal of water-soluble cationic dyes with trisyl silicas. **Turkish Journal of Chemistry**, 22: 227-236.

Karadağ, E., Saraydın, D. and 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. and 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. and Saraydın, D. 2002a. Swelling studies of super water retainer acrylamide/crotonic acid hydrogels crosslinked by trimethylolpropane triacrylate and 1,4-butanediol dimethacrylate. **Polymer Bulletin**, 48: 299-307.

Karadağ, E. and Saraydın, D. 2002b. Swelling of superabsorbent acrylamide/sodium acrylate hydrogels prepared using multifunctional crosslinkers, **Turkish Journal of Chemistry**, 26: 863-875.

Karadağ, E. and Üzümlü, Ö.B. 2005. Sorption for removing Lauths violets in aqueous solutions by chemically crosslinked poly(AAm-co-SA) hydrogels. **Polymer Bulletin**, 53: 387-392.

Karadağ, E., Üzümlü, Ö.B., Kundakcı, S. and Saraydın, D. 2007. Polyelectrolyte CASA hydrogels for uptake of uranyl ions from aqueous solution. **Journal of Applied Polymer Science**, 104: 200–204.

Kaşgöz, H., Aydın, İ. and 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.

Kim, S.W., Bae, Y.H. and Okano, T. 1992. Hydrogels: swelling, drug loading and release. **Pharmaceutical Research**, 9 (3): 283-290.

Kioussis, D.R., Wheaton, F.W. and Kofinas, P. 2000. Reactive nitrogen and phosphorus removal from aquaculture wastewater effluents using polymer hydrogels. **Aquaculture Engineering**, 23: 315-332.

Kilislioğlu, 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.

Kosmala, L.D., Henthorn, D.B. and Peppas, L.B. 2000. Preparation of interpenetrating network of gelatin and dextran as degradable biomaterials. **Biomaterials**, 21: 2019-2023.

Kulicke, W.M. and Nottelmann, H. 1989. Structure and swelling of some synthetic, semisynthetic and biopolymer hydrogels. **Polymers in Aqueous Media**, 223: 15-44.

Kundakcı, S., Üzümlü, Ö.B. and 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.

Li, W., Zhao, H., Teasdale, P.R., John, R. and 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.

Magnin, D., Lefebvre, J., Chornet, E. and Dumitriu, S. 2004. Physicochemical and structural 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. and 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.

Matsuda, A., Gong, J.P. and 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. and 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. and Maffiote, C. 2003. Experimental and modeling study of the uranium (VI) sorption on goethite. **Journal of Colloid and Interface Science**, 260: 291-301.

Mohan, M.Y., Murthy, K.P.S. and Raju, M.K. 2005. Synthesis, characterization and effect of reaction parameters on swelling properties of acrylamide-sodium methacrylate superabsorbent copolymers. **Reactive & Functional Polymers**, 63: 11-26.

Molyneux, P. and 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. and Noroozi, M. 2004. Experimental study of albumin and lysozyme adsorption onto acrylic acid (AA). **Journal of Colloid and Interface Science**, 271: 16-19.

Murthy, P.S.K., Mohan, Y.M., Sreeramulu, J. and 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.

Peniche, C., Cohen, M.E., Vázquez B. and Román, J.S. 1997. Water sorption of flexible networks based on 2-hydroxyethyl methacrylate-triethylenglycol dimethacrylate copolymers. **Polymer**, 38 (24): 5977-5982.

Peppas, N.A. and 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. and Mikos, A.G. 1986. Preparation methods and structure of hydrogels. **Hydrogels in Medicine and Pharmacy**, Peppas NA (editor), vol:1, Fundamentals, CRC Press, Florida.

Rabek, J.F. 1980. Experimental Methods in Polymer Chemistry (Physical Principles and Applications). Wiley-Interscience Publication, USA.

Ratner, B.D. 1987. Hydrogel surfaces. **Hydrogels in Medicine and Pharmacy**, 1: 85-93.

Rifi, E.H., Rastegar, F. and Brunette, J.P. 1995. Uptake of cesium, strontium and europium by a poly(sodium acrylate-acrylic acid) hydrogel. **Talanta**, 42(6): 811-816.

Risbud, M.V., Hardikar, A.A., Bhat, S.V. and Bhonde, R.R. 2000. pH-sensitive freeze-dried chitosan-polyvinyl pyrrolidone hydrogels as controlled release system for antibiotic delivery. **Journal of Controlled Release**, 68: 23-30.

Roorda, W.E., Boddé, H.E., De Boer, A.G. and Junginger, H.E. 1986. Synthetic hydrogels as drug delivery systems. **Pharmaceutisch Weekblad Scientific Edition**, 8: 165-189.

Rosso, F., Barbarissi, A., Barbarissi, M., Petillo, O., Margarucci, S., Calarco, A. and Peluso, G. 2003. New polyelectrolyte hydrogels for biomedical applications. **Materials Science and Engineering**, C 23: 371-376.

Rudin, A. 1982. The Elements of Polymer Science and Engineering. Academic Press, Inc., New York, USA.

Saçak, M., 2008. Polimer Kimyası. Gazi Kitabevi, Ankara.

Saraydın, D., Karadağ, E. and Güven, O. 1995. Adsorption of some heavy metal ions in aqueous solutions onto acrylamide-maleic acid hydrogels. **Separation Science & Technology**, 30 (17): 3287-3298.

Saraydın, D. and Karadağ, E. 1996. A comparasion 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. and Güven, O. 1996. Adsorption of some basic dyes to acrylamide-maleic acid hydrogels. **Separation Science & Technology**, 31 (3): 423-434.

Saraydın, D. and Karadağ, E. 1998. Adsorption of some anionic azo dyes onto crosslinked poly(N-vinylpyrrolidone) from aqueous solutions. **Revue Roumaine de Chimie**, 43 (2):139-148.

Saraydın, D. and Karadağ, E. 2000. Binding of some dyes onto crosslinked poly (N-vinylpyrrolidone). **Polymer Bulletin**, 44 (5-6): 501-508.

Saraydın, D., Karadağ, E. and 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. and 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.

Savaş, H. and Güven, O. 2001. Investigation of active substance release from poly(ethylene oxide) hydrogels. **International Journal of Pharmaceutics**, 224: 151-158.

Schwarte, L.M. and Peppas, N.A. 1998. Novel poly(ethylene glycol)-grafted, cationic hydrogels: preparation, characterization and diffusive properties. **Polymer**, 39: 6057-6066.

Seymour, R.B. 1971. Introduction to Polymer Chemistry. McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, JAPAN.

Skoog, D.A. and Leary, J.J. 1992. Principles of Instrumental Analysis. Saunders College Publishing, USA.

Sperling, L.H. 2006. Introduction to Physical Polymer Science. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Şahiner, N., Saraydın, D., Karadağ, E. and Güven, O. 1998. Swelling and dye adsorption properties of radiation induced *N*-vinyl-2-pyrrolidone/acrylonitrile hydrogels. **Polymer Bulletin**, 41: 371-378.

Şahiner, N. and 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.

Tanaka, T. 1981. Gels. **Scientific American**, 224(1): 110-123.

Tao, S.L. and Desai, T.A. 2003. Microfabricated drug delivery systems: from particles to pores. **Advanced Drug Delivery Reviews**, 55: 315-328.

Üzüm, Ö.B. and Karadağ, E. 2005. Equilibrium swelling studies of highly swollen acrylamide/mesaconic acid hydrogels. **Journal of Applied Polymer Science**, 96: 2253-2259.

Üzüm, Ö.B., Kundakcı, S. and Karadağ, E. 2006. Polymeric absorbent for water sorption based on chemically crosslinked poly (acrylamide/2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid sodium salt) hydrogels. **Polymer Bulletin**, 57: 703-712.

Üzüm, Ö.B. and Karadağ, E. 2006. Synthetic polymeric absorbent for dye based on chemically crosslinked acrylamide/mesaconic acid hydrogels. **Journal of Applied Polymer Science**, 101: 405-413.

Üzüm, Ö.B. and Karadağ, E. 2007a. Swelling characterization of novel ternary semi-IPNs: Acrylamide/1-vinylimidazole/PEG hydrogels. **Polymers for Advanced Technologies**, 18: 483-489, 2007.

Üzüm, Ö.B. and Karadağ, E. 2007b. Swelling characterization of poly (acrylamide-co-N-vinylimidazole) hydrogels crosslinked by TMPTA and semi-IPN's with PEG. **Journal of Polymer Research**, 14: 483-488, 2007.

Üzüm, Ö.B., Kundakcı, S. and 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., Durukan, H.B., Kundakcı, S. and Karadağ, E. 2008. Water uptake and dye sorption studies of chemically crosslinked highly swollen novel ternary acrylamide based hydrogels including citraconic acid and sodium acrylate. **Poylmers for Advanced Thecnologies**, 19: 775-784.

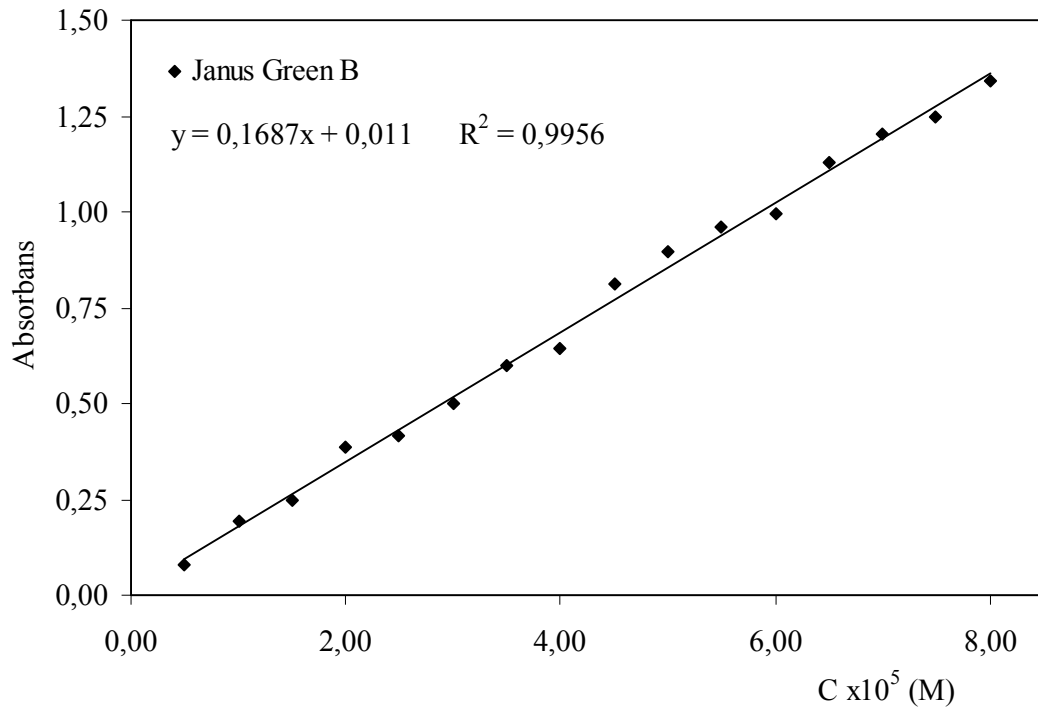
Vallés, E., Durando, D., Katime, I., Mendizábal, E. and Puig, J. E. 2000. Equilibrium swelling and mechanical properties of hydrogels of acrylamide and itaconic acid or its esters. **Polymer Bulletin**, 44: 109-114.

Verestiuc, L., Ivanov, C., Barbu, E. and Tsibouklis J. 2004. Dual-stimuli-responsive hydrogels based on poly(*N*-isopropylacrylamide)/chitosan semi-interpenetrating networks. **International Journal of Pharmaceutics**, 269: 185-194.

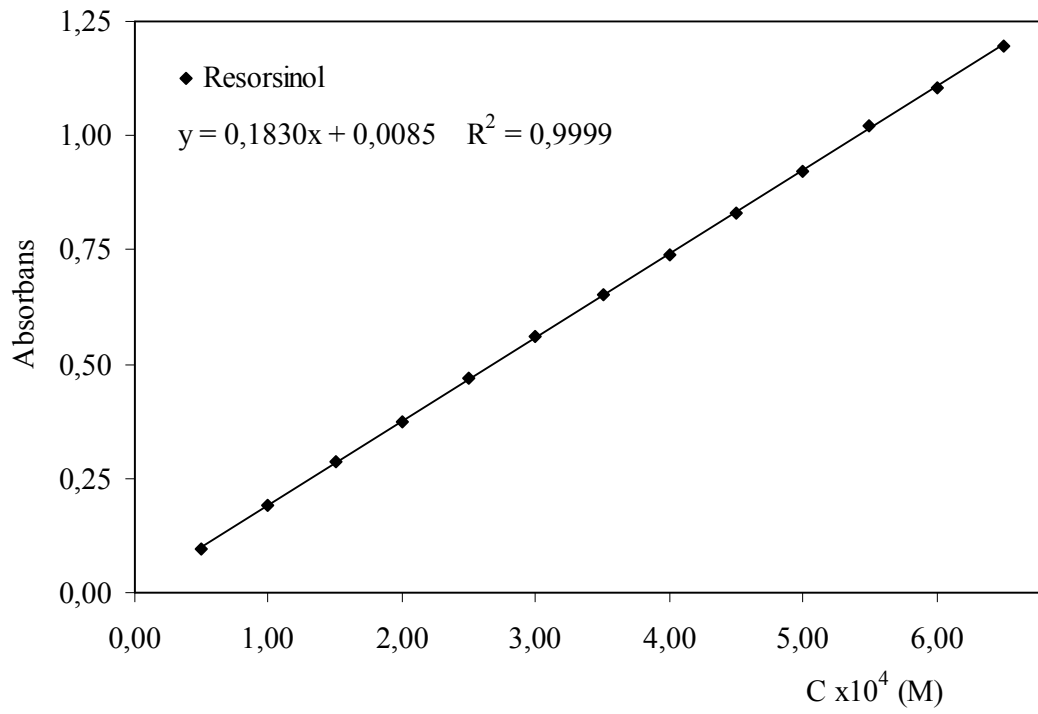
Wei, J., Xu, S., Wu, R., Wang, J. and Gao, Y. 2007. Synthesis and characteristics of an amphoteric semi-IPN hydrogel composed of acrylic acid and poly(diallyldimethylammonium chloride). **Journal of Applied Polymer Science**, 103: 345-350.

Zhang, A., Asakura, T. and 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.

EKLER



EK 1: Janus green B çözeltileri için kullanılan çalışma doğrusu



EK 2: Resorsinol çözeltileri için kullanılan çalışma doğrusu

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ömer Barış ÜZÜM

Doğum Yeri ve Tarihi : 30.08.1977 / Kiraz

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü;
1996–2001

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
AYDIN, 2002–2004

Bildiği Yabancı Dil : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar (SCI)

1. Swelling Equilibria and Dye Adsorption Studies of Chemically Crosslinked Superabsorbent Acrylamide/Maleic Acid Hydrogels. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Dursun SARAYDIN, *European Polymer Journal*, 38: 2133-2141, 2002.
2. Water uptake in chemically crosslinked poly(acrylamide-co-crotonic acid) hydrogels. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM** and Dursun SARAYDIN, *Materials and Design*, 26: 265-270, 2005.
3. Sorption for removing Lauths Violets in aqueous solutions by chemically crosslinked poly(AAm-co-SA) hydrogels. Erdener KARADAĞ and **Ömer Barış ÜZÜM**, *Polymer Bulletin*, 53: 387-392, 2005.
4. Equilibrium swelling studies of highly swollen acrylamide/mesaconic acid hydrogels. **Ömer Barış ÜZÜM** and Erdener KARADAĞ, *Journal of Applied Polymer Science*, 96: 2253-2259, 2005.
5. Dynamic swelling behavior of γ -radiation induced polyelectrolyte poly(AAm-co-CA) hydrogels in urea solutions. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Dursun SARAYDIN and Olgun GÜVEN, *International Journal of Pharmaceutics*, 301: 102-111, 2005.
6. Swelling characterization of gamma-radiation induced crosslinked acrylamide/maleic acid hydrogels in urea solutions. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Dursun SARAYDIN and Olgun GÜVEN, *Materials and Design*, 27: 576-584, 2006.

7. Synthetic polymeric absorbent for dye based on chemically crosslinked acrylamide/mesaconic acid hydrogels. **Ömer Barış ÜZÜM** and Erdener KARADAĞ, *Journal of Applied Polymer Science*, 101: 405-413, 2006.
8. 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 and Erdener KARADAĞ, *Polymer Bulletin*, 57: 703-712, 2006.
9. Uptake of Basic Blue 17 from aqueous solutions by using chemically crosslinked polyelectrolyte AAm/AASS hydrogel. **Ömer Barış ÜZÜM** and Erdener KARADAĞ, *Adsorption*, 12: 77-88, 2006.
10. A new sorbent chemically crosslinked highly swollen copolymeric hydrogels for dye uptake. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, 45: 1277-1283, 2006.
11. Polyelectrolyte CASA hydrogels for uptake of uranyl ions from aqueous solution. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Semiha KUNDAKCI and Dursun SARAYDIN, *Journal of Applied Polymer Science*, 104: 200-204, 2007.
12. Swelling characterization of novel ternary semi-IPNs: Acrylamide/1-vinylimidazole/PEG hydrogels. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ, *Polymers for Advanced Thecnologies*, 18: 483-489, 2007.
13. Swelling and dye sorption studies of AAm/SA hydrogels crosslinked by glutaraldehyde and divinylbenzene. **Ömer Barış ÜZÜM**, Semiha KUNDAKCI, H. Berna DURUKAN and Erdener KARADAĞ, *Journal of Applied Polymer Science*, 105: 2646-2654, 2007.
14. Uranyl ion uptake from aqueous solutions by chemically crosslinked polyelectrolyte CMA hydrogels. **Ömer Barış ÜZÜM**, Semiha KUNDAKCI and Erdener KARADAĞ, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, 46: 775-780, 2007.
15. Swelling characterization of poly (acrylamide-co-N-vinylimidazole) hydrogels crosslinked by TMPTA and semi-IPN's with PEG. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ, *Journal of Polymer Research*, 14: 483-488, 2007.
16. Swelling and dye sorption studies of acrylamide/2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid/bentonite highly swollen composite hydrogels. Semiha KUNDAKCI, **Ömer Barış ÜZÜM** and Erdener KARADAĞ, *Reactive & Functional Polymers*, 68: 458-473, 2008.

17. 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 and Erdener KARADAĞ, *Poylmers for Advanced Thecnologies*, 19: 775-784, 2008.
18. 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** and Erdener KARADAĞ, *Polymer Composites*, 30: 29-37, 2009.
19. Behaviors of chemically crosslinked CAAMPS hydrogels in uptake of uranyl ions from aqueous solutions. Semiha KUNDAKCI, **Ömer Barış ÜZÜM** and Erdener KARADAĞ, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, (Kabul edildi, baskıda)
20. Equilibrium swelling studies of highly swollen acrylamide/thiosinamine hydrogels. **Ömer Barış ÜZÜM**, Semiha KUNDAKCI and Erdener KARADAĞ, *Polymer-Plastics Technology & Engineering*, (Kabul edildi, baskıda)

b) Ulusal Bildiriler:

1. *LAUTHS VIOLET* ve *BASIC BLUE 9*'un Akrilamid/Sodyum Akrilat Hidrojellerine Soğurumu. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ, Dursun SARAYDIN
Beşinci Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-5, Ankara 2002
2. BDMA ve TMPTA İle Çapraz Bağlanmış Akrilamid/Maleik Asit Hidrojellerine Thiazin Boyarmaddelerin Adsorpsiyonu. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ, Dursun SARAYDIN
Beşinci Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-5, Ankara 2002
3. Çapraz Bağlanmış Akrilamid/Krotonik Asit Kopolimerlerinde Şişme Karakterizasyonu. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Dursun SARAYDIN
Beşinci Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-5, Ankara 2002
4. EGDMA ve NBisA ile Çapraz Bağlanmış Akrilamid/Sodyum Akrilat Kopolimerlerinde Şişme Özellikleri. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Dursun SARAYDIN
Beşinci Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-5, Ankara 2002
5. Kimyasal Çapraz Bağlanmış Akrilamid/Maleik Asit Hidrojellerine *Basic Blue 12* Soğurumu. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ, Dursun SARAYDIN
XVII. Ulusal Kimya Kongresi, İstanbul 2003

6. Kimyasal Çapraz Bağlanmış Akrilamid/Sodyum Akrilat Hidrojellerine Uranil İyonu Soğurumu. Semiha KUNDAKÇI, **Ömer Barış ÜZÜM**, Nevra ÖZTÜRK, M. Didem AKYÜZ, Dursun SARAYDIN, Erdener KARADAĞ
V. Ulusal Kromatografi Kongresi, Eskişehir, 2004
7. Akrilamid/Mesakonik Asit Hidrojellerinde Şişme Özellikleri. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ
Altıncı Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-6, İzmir 2004
8. Çapraz Bağlı Kopolimerlere Katyonik Boyarmadde Soğurumu. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ
Altıncı Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-6, İzmir 2004
9. EGDMA ve NBisA ile Çapraz Bağlı Akrilamid/Krotonik Asit Hidrojellerinde Şişme. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Semiha KUNDAKÇI, Dursun SARAYDIN
Altıncı Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-6, İzmir 2004
10. Poli(AAm-co-MA) Hidrojellerine *Basic Violet 1* Soğurumu. Semiha KUNDAKÇI, Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Dursun SARAYDIN
Altıncı Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, UKMK-6, İzmir 2004
11. Kimyasal Çapraz Bağlanmış AAm/AMPS Kopolimerlerinde Şişme Karakterizasyonu. **Ömer Barış ÜZÜM**, Semiha KUNDAKÇI, Armağan ARMAĞAN, Erdener KARADAĞ
XIX. Ulusal Kimya Kongresi, Kuşadası 2005
12. Uranil İyonu Soğurumunda Kimyasal Çapraz Bağlanmış AAm/MA Kopolimerlerinin Kullanımı. Erdener KARADAĞ, **Ömer Barış ÜZÜM**, Semiha KUNDAKÇI, Dursun SARAYDIN
XIX. Ulusal Kimya Kongresi, Kuşadası 2005
13. Glutaraldehit ve Divinilbenzen ile Çapraz Bağlı Akrilamid/Sodyum Akrilat Hidrojellerinde Şişme Özelliklerinin İncelenmesi. Semiha KUNDAKÇI, **Ömer Barış ÜZÜM**, Ayşe KARAKOLLU, Erdener KARADAĞ
XIX. Ulusal Kimya Kongresi, Kuşadası 2005
14. Thionin Soğurumunda AAm/SA/GL ve AAm/SA/DVB Hidrojellerinin Kullanımı. H. Berna DURUKAN, Semiha KUNDAKÇI, **Ömer Barış ÜZÜM**, Ayşe KARAKOLLU, Erdener KARADAĞ
XIX. Ulusal Kimya Kongresi, Kuşadası 2005
15. 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

16. 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
17. 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
18. 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
19. 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
20. Akrilamid/Sodyum Akrilat/PEG Yarı-IPN Hidrojellerinde Su Soğurum Potansiyellerinin Araştırılması. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ
II. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, Şanlıurfa 2008
21. 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
22. AAm/AAS/PEG Yarı-IPN Hidrojellerinin Sentezi ve Karakterizasyonu. **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ
XXII. Ulusal Kimya Kongresi, Magusa, KKTC 2008
23. Kimyasal Çapraz Bağlı Akrilamid/Sitrakonik Asit/Sodyum Akrilat Terpolimerlerine Uranil İyonu Soğurumu. Semiha KUNDAKCI, H. Berna DURUKAN, **Ömer Barış ÜZÜM**, Erdener KARADAĞ
XXII. Ulusal Kimya Kongresi, Magusa, KKTC 2008
24. 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

c) Katıldığı Projeler:

1. Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenen ve 2003 yılında başlatılan “*Akrilamid/Mesakonik Asit Hidrojellerinin Hazırlanması ve Yüzeye Soğurum Özelliklerinin Araştırılması*” (FEF 03 003) adlı yüksek lisans araştırma projesi Prof. Dr. Erdener KARADAĞ ile birlikte yürütülerek 2005 yılında sonlandırılmıştır.
2. Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenen ve 2003 yılında başlatılan “*Yeni Hidrofilik Gruplar İçeren Çapraz Bağlı Kopolimerlerin Şişme Karakterizasyonları ve Adsorpsiyon Özelliklerinin Araştırılması*” (FEF 03 008) adlı ferdi araştırma projesi Prof. Dr. Erdener KARADAĞ ile birlikte yürütülerek 2005 yılında sonlandırılmıştır.
3. Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenen ve 2008 yılında başlatılan “*Yeni Akrilamid Esaslı Anyonik IPN’lerin Sentezi, Karakterizasyonu ve Şişme/Soğurum/Denetimli Salınım Potansiyellerinin Araştırılması*” (FBE 08 034) adlı doktora araştırma projesi Prof. Dr. Erdener KARADAĞ ile birlikte yürütülerek 2008 yılında sonlandırılmıştır.
4. Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel 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, halen devam etmektedir.

İŞ DENEYİMLERİ:

Çalıştığı Kurum ve Yıl: Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Araştırma Görevlisi, 2001-devam ediyor.

İLETİŞİM

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