

## Hidrogelovi

*Privedili:* Tomislav PETROVČIĆ i Ana PILIPOVIĆ

*Foto:* Ana PILIPOVIĆ i Miodrag KATALENIĆ

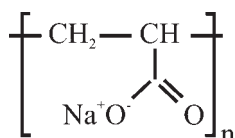
### Uvod

Hidrogel čine mreža hidrofilnih polimernih lanaca i kapljeviti konstituent, voda.<sup>1</sup> S kemijskog stajališta, mrežasta struktura hidrofilnih polimernih lanaca upija vodu i zadržava je unutar pora. Količina vode koju hidrogel može pohraniti mijenja se ovisno o njegovu kemijskom sastavu, od 30 % pa do i više od 99 % ukupne mase. Hidrogel može biti prirodna i sintetičkog podrijetla, a posjeduje i dobra elastična svojstva, gotovo identična tkivu živog organizma.<sup>2</sup> Zbog velike količine vode koju može prihvatiti, kompatibilan je s ljudskim tkivom, npr. s kožom, očima, čak i unutrašnjim organima. To je svojstvo, zajedno s inertnosti, odnosno nereagiranjem u dodiru s ljudskim tkivom, vrlo dobro iskorišteno u medicini. Tako se, primjerice, neki hidrogelovi (silicijev hidrogel, poli(akril-amid) hidrogel) upotrebljavaju za izradu kontaktnih leća, dok se drugi rabe za prekrivanje rana na koži ili kad nedostaje veći dio kože. Na takvo se mjesto nanese tanak sloj hidrogela koji upija kapljevine iz rane i pomaže zadržavati ranu vlažnom te pogoduje brzom zacjeljenju. Ipak, najraširenija uporaba hidrogela je u pelenama za djecu i starije osobe te u higijenskim ulošcima, gdje dolazi do izražaja njegovo svojstvo upojnosti i zadržavanja kapljevine u mrežastoj strukturi ne dopuštajući joj da *iscuri* iz hidrogela.

Početkom 60-ih godina prošlog stoljeća američki *Ured za razvoj poljoprivrede* počeo je razvijati proizvod koji bi zadržavao vlagu u zemlji i tako pospešio rast i urod žitarica. Tim prvim superupijajućim polimerom počinje doba užurbanog razvoja hidrogelova, koje traje još i danas. Iako se prvi superupijajući polimer pojavio vrlo rano, sve do 80-ih godina i dalje su najviše bili zastupljeni proizvodi za upijanje vode poput celuloze, pamuka ili morske spužve.<sup>3</sup>

### Svojstva i kemijski sastav hidrogela

Kemijski sastav danas najčešće upotrebljavanoga hidrogela je natrijev poliakrilat, nastao polimerizacijom akrilne kiseline pomiješane s natrijevim hidroksidom. Struktura mu je formula  $(C_3H_3NaO_2)_n$ , odnosno prema IUPAC-ovoj nomenklaturi natrijev prop-2-enoat (slika 1).<sup>4,5</sup>



SLIKA 1 – Natrijev poliakrilat<sup>6</sup>

Primjeri kemijskih sastava ostalih hidrogelova su: poli(akril-amid) kopolimer, poli(vinil-alkohol) kopolimer (PVAL), unakrsno povezan poli(etilen-oksidi) te unakrsno povezana karboksi-metil celuloza.<sup>3,5</sup> Raznoliki kemijski sastav tih polimera omogućuje različito ponašanje u različitim uvjetima. Neki će hidrogelovi pri različitim temperaturama početi oslobađati prethodno ugrađene spojeve (npr. lijekove) i tako osigurati pravilnu dozu lijeka bolesniku, a drugi će biti propusni za plinove (npr. kisik) i tako omogućiti dugotrajn dodir leće i oka.<sup>6,5,7</sup>

Glavno svojstvo hidrogela je njegova sposobnost upijanja golemih količina vode, čak i do 400 puta svoje početne mase (slika 2), te visoka elastičnost.<sup>3,7</sup>



SLIKA 2 – Bubljenje hidrogela (Foto: A. Pilipović)

Osim što upija velike količine vode hidrogel je i zadržava u svojoj strukturi ne dopuštajući trenutačno i naglo istjecanje, već, ovisno o vrsti hidrogela i njegovoj strukturi, brže ili sporije otpuštanje vode. Tako da i kad bi se pokušalo pritiskivati hidrogel koji je prethodno natopljen vodom, on bi apsorbirao vanjski pritisak deformirajući se poput gela te bi ostao suh izvana ne dopuštajući izlazak vode na površinu (slika 3).



SLIKA 3 – Pritiskivanje hidrogela (Foto: M. Katalenić)

Postoje hidrogelovi koji su osjetljivi pri visokoj temperaturi te im se prilikom vrlo male promjene temperature (za desetinu Celzijeva stupnja) volumen bitno mijenja. Tako će se, ako je hidrogel izložen povišenju temperature, njegov volumen smanjiti, i obrnuto, te na taj način osloboditi spoj koji je prethodno u njega ugrađen. Silicijev hidrogel vrlo je transparentan i omogućuje dovoljnu difuziju plinova te ga to čini idealnim za kontaktne leće. Neki su hidrogelovi vrlo postojani na atmosferilije i dugo zadržavaju veliku sposobnost akumulacije vode bez obzira na stupanj razgradnje, bilo zbog samog utjecaja atmosferilija ili razgradnje ispod površine zemlje. U postupku proizvodnje hidrogelovi se mogu ostaviti u obliku praška ili se određenim postupcima mogu oblikovati u granulat, zatim tanke ravne ili zakrivljene opne ili pak u oblik implantata za dojke, usne i slično.<sup>2,8</sup>

## Primjena hidrogelova

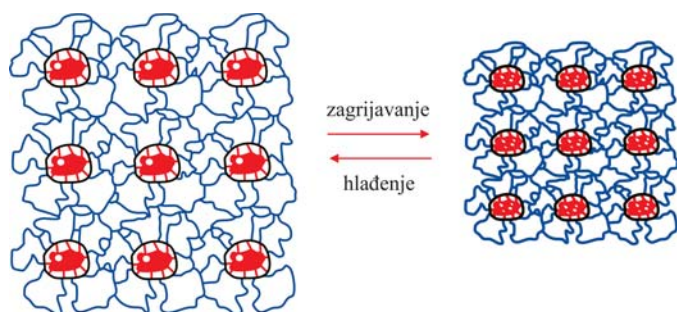
Hidrogelovi se upotrebljavaju u medicini, farmaciji, za izradu kontaktnih leća, u pročišćavanju, izradi papira, eksploziva, senzora, ambalaže te poljoprivredi.<sup>7,9</sup>

### Primjena u medicini

Zbog sposobnosti upijanja vode i velike kompatibilnosti s ljudskim tkivom hidrogelovi su danas vrlo zastupljeni u medicini, a trend razvoja hidrogelova još će proširiti njihovu zastupljenost. Osim vode koju upijaju, u pore mrežaste strukture hidrogelova mogu se ugraditi razne molekule, pa čak i tkiva. Tako se unutar pora ugrađuju žive stanice kože, lijekovi i vitamini. Takvi hidrogelovi iznimno su pogodni za prekrivanje rana na koži kako bi one što prije zacijelele i kako bi nakon ozljede ostao što manje vidljiv ožiljak. Primjer takvog proizvoda je flaster za žuljeve *Compeed* ili *herpes simplex*, koji upijaju izlučevine s mjesta ozljede, ali i svojom elastičnošću onemogućuju daljnje širenje ozljede prilikom hoda ili, u slučaju *herpes simplex*, štite usnu od vanjskih utjecaja i liječe je (slika 4).<sup>10</sup> Primjena hidrogelova sve je popularnija i u plastičnoj kirurgiji, gdje se oni upotrebljavaju kao implantati za povećavanje grudi, usana, stražnjice itd. Prilikom vrlo malog povišenja temperature smanjuje se volumen hidrogela (slika 5). Ako je u njegove pore prethodno ugrađen neki lijek, dolazi do njegova oslobađanja, tako da se u tijelo bolesnika može ugraditi hidrogel koji će reagirati na njegovu tjelesnu temperaturu i smanjenjem volumena otpuštati lijek.<sup>11</sup> Osim na temperaturu neki su hidrogelovi osjetljivi i na promjene pH-vrijednosti, na koncentracije određenih molekula (npr. glukozu) itd.



SLIKA 4 – Prevlaka za kožu (Foto: M. Katalenić)



SLIKA 5 – Temperaturno osjetljiv hidrogel<sup>11</sup>

Transparentnost silikonskoga hidrogela i njegovo svojstvo difuznosti plinova našli su primjenu u proizvodnji kontaktnih leća (slika 6).<sup>8</sup> Tu je difuznost vrlo važna jer omogućuje prijenos kisika do stijenke oka te je na taj način znatno umanjeno rizik od infekcije, odnosno nastanka bakterija u prostoru između očne stijenke i leće. Pelene za djecu i starije te

higijenski ulošci za žene ipak su najčešće područje primjene hidrogelova. Zbog velike sposobnosti upijanja i zadržavanja kapljavine idealni su za tu vrstu primjene.



SLIKA 6 – Kontaktna leća (Foto: A. Pilipović)

### Primjena u poljoprivredi

Ideja o razvoju proizvoda koji bi čuvao vlagu u zemlji dovela je do otkrića hidrogela još u 60-im godinama prošlog stoljeća.<sup>12</sup> Masovna proizvodnja tog proizvoda još je skupa pa se rabi za manje površine, npr. plastenike, vrtove, u teglama s cvijećem, odnosno, što je iznimno skupo, za prekrivanje većih površina pustinja kako bi se stvorili uvjeti za rast kvalitetne trave za golfske terene (slika 7). Takva primjena hidrogela omogućuje obilno pohranjivanje vode u korijenskom sloju zemlje. Hidrogel polaganim otpuštanjem vode omogućuje preživljavanje biljaka u duljem sušnom razdoblju. Naravno, kao i sve drugo, ni hidrogelovi nisu postojani na razgradnju u zemlji pa zbog toga njihova moć upijanja vode tijekom vremena slabi. Taj je efekt izraženiji tek nakon 4 - 5 godina.<sup>12</sup>



SLIKA 7 – Golfski teren u pustinji<sup>13</sup>

### Ostale primjene

Od ostalih primjena tu je vodnogelni eksploziv (e. *Water-gel explosives*) te sve češća dekorativna funkcija. Vodnogelni eksploziv je eksplozivan mulj koji se sastoji od vodenih otopina jakih oksidacijskih spojeva i goriva. Posebnost tog eksploziva jest njegova manja toksičnost i mnogo viša stabilnost te samim time mnogo sigurnije rukovanje. Uz to, može se transportirati i njime rukovati u neeksplozivnoj fazi, može biti dovoljno kapljevito da se jednostavno ulije na mjestu eksplozije u posudu, a zatim mu se doda kemikalija (npr. aluminij) koja ga čini eksplozivnim. Time se znatno povećava sigurnost prijevoza, ali i njegova zloraba.<sup>14</sup> Hidrogelove je moguće obojiti pa tako sve češće postaju i dekorativni elementi te zamjenjuju vodu u vazama s cvijećem (slika 8).<sup>12</sup>





SLIKA 8 – Dekorativna funkcija<sup>15</sup> (Foto: A. Pilipović)

### Zaključak

Hidrogelovi se pojavljuju u mnogim područjima suvremenog života. No njihova je primjena tek na početku razvoja i eksploatacije. Razvoj tehnike doveo je hidrogelove od početne ideje o primjeni u poljoprivredi do primjene u medicini, gdje se počinju rabiti sve češće i u sve kompleksnijim uvjetima. Njihova kompatibilnost s ljudskim tkivom i mnoga

druga povoljna svojstva omogućuju sve rašireniju primjenu u medicini. Masovna proizvodnja i daljnji razvoj mogli bi hidrogelovima sniziti cijenu i omogućiti rašireniju primjenu u poljoprivredi, čime bi zamijenili skupu infrastrukturu natapanja na mjestima gdje pada kiša, ali nedovoljno za trajnu poljoprivredu. Hidrogelovi su vrlo perspektivna grana polimera te im je budućnost osigurana.

### KORIŠTENA LITERATURA

1. [www.thefreedictionary.com/hydrogel](http://www.thefreedictionary.com/hydrogel), 21. 1. 2011.
2. [en.wikipedia.org/wiki/Hydrogel#Hydrogels](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogel#Hydrogels), 21. 1. 2011.
3. [en.wikipedia.org/wiki/Superabsorbent\\_polymer](http://en.wikipedia.org/wiki/Superabsorbent_polymer), 21. 1. 2011.
4. [en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_polyacrylate](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_polyacrylate), 8. 2. 2011.
5. Narain, R.: *Engineered carbohydrate-based materials for biomedical applications: Polymers, Surfaces, Dendrimers, Nanoparticles and Hydrogels*, John Wiley and Sons, Edmonton, 2011.
6. [en.wikipedia.org/wiki/File:Sodium-polyacrylate.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sodium-polyacrylate.svg), 21. 1. 2011.
7. Jones, D.: *Injectable fillers: Principles and Practice*, Wiley – Blackwell, Oxford, 2010.
8. [www.siliconehydrogels.org/](http://www.siliconehydrogels.org/), 21. 1. 2011.
9. De Mol, N. J., Fischer, M. J. E.: *Surface Plasmon Resonance: Methods and Protocols*, Springer, London, 2010.
10. [coner.hr/ordinacije/?izdvojeno=66](http://coner.hr/ordinacije/?izdvojeno=66), 22. 1. 2011.
11. [www.el3.physik.tu-muenchen.de/structpol/index.en.php](http://www.el3.physik.tu-muenchen.de/structpol/index.en.php), 21. 1. 2011.
12. [www.biconet.com/soil/hydrogel.html](http://www.biconet.com/soil/hydrogel.html), 22. 1. 2011.
13. [www.golfworksinc.com/PRO-COM.html](http://www.golfworksinc.com/PRO-COM.html)
14. [en.wikipedia.org/wiki/Water\\_Gel\\_Explosives](http://en.wikipedia.org/wiki/Water_Gel_Explosives), 23. 1. 2011.
15. [www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=83828](http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=83828), 21. 1. 2011.

Walter Hellerich, Günther Harsch,  
Erwin Baur

## Werkstoff-Führer Kunststoffe



Carl Hanser Verlag, München 2010.  
ISBN: 978-3-446-42436-4, cijena 69 €

Ovo je već deseto izdanje popularne knjige, što već samo po sebi dovoljno govori koliko se svojom koncepcijom već odavno dokazala u praksi. Nepromijenjena je ostala samo osnovna koncepcija preglednoga, kratkoga i jasnog prikaza osnovnih polimera. Sve ostalo je prerađeno i dopunjeno jer je tijekom vremena došlo do mnogih promjena.

Knjiga je u pravom smislu vodič za sve koji se bave polimerima i polimernim materijalima ili

se žele u najkraćim crtama upoznati s njima jer daje opsežan pregled građe polimera, različitih vrsta polimera, njihova svojstva, ispitivanja i primjenu.

Novo izdanje sadržava i prikaz novih normi na području ispitivanja polimernih materijala. Tablice su proširene aktualnim podacima dobivenima iz baza podataka *CAMPUS* i *Material Data Center*.

Također su prikazani podaci za biopolimere. Oni su, što zbog ekoloških razloga, a što zbog problema raspoloživosti sirovina na osnovi nafte, danas često u središtu interesa i rasprava. Iako su u početku bili interesantni ponajprije na području ambalaže, danas se sve više susreću i na području konstruiranja, pa im je posvećeno jedno poglavlje.

Dopunjena su i poglavlja o reometriji i *pVT-dijagramima*, koji su nužni za proračune potrebne pri preradbi polimera.

Isto je tako tijekom godina došlo do promjena na području gospodarenja otpadom i recikliranja. Stoga su i ta područja obnovljena i dopunjena. Sadržajno, knjiga je podijeljena u tri velika područja:

- građa i ponašanje polimera
- polimeri kao materijali
- ispitivanje polimera.

Svako od područja ima niz poglavlja. U prvom dijelu to je osam poglavlja u kojima su detaljno obrađeni osnovni pojmovi vezani uz kemijski sastav i građu polimera, dodaci, specifičnosti ponašanja, osnovni postupci preradbe i novo poglavlje naslovljeno *Polimeri i okoliš* koje obrađuje područja recikliranja i energijske oporabe.

Drugo područje, također u osam poglavlja, obrađuje sve vrste polimernih materijala, a počinje poglavljem o svojstvima i normama, posebno navedenima za ispitivanje duromera, plastomera, elastomera i elastoplastomera. S obzirom na promjene u normama tijekom posljednjih godina, ovo poglavlje ima veliku praktičnu vrijednost. Posebnim poglavljima obuhvaćeni su i polimerni kompoziti, te pjenasti polimeri. U poglavlju *Posebni polimeri* obrađeni su kapljeviti kristali i vodljivi polimeri kao relativno nove skupine materijala.

Treće područje bavi se ispitivanjem polimera. Na jednome mjestu moguće je naći sustavno prikazane postupke određivanja pojedinih svojstava s opisom metoda i s odgovarajućim normama. Obrađena su područja određivanja mehaničkih, toplinskih, električnih, optičkih svojstava, ponašanja pri gorenju, upojnost vode i propusnost te kemijska postojanost. Posebno poglavlje posvećeno je mjerenju viskoznosti otopina i taljevina te karakteristikama tečenja važnima pri preradbi. Isto tako u zasebnim poglavljima obrađena su ispitivanja gotovih proizvoda s brojnim primjerima procjena na osnovi podataka dobivenih instrumentalnim metodama, prije svega mikroskopskima.

Na kraju je dodatak s navedenim jedinicama, opsežnom literaturom, kao i popisom proizvođača i dobavljača polimera te proizvođača instrumenata i uređaja za ispitivanje prema izboru autora knjige.

U svakom slučaju, to je knjiga koju je vrijedno imati.

Đurđica ŠPANIČEK