

6. Lopac, V.: *Projekt STRUNA u teoriji i praksi - treba li nam konsenzus o nazivlju u fizici?*, Prevoditelj, XXXII(2009)88, 15-19.
7. Bistričić, L., Volovšek, V.: *The structure of aminopropylsiloxane polymerized in DC electric field*, Macromolecular Symposia, 265(2008)1, 211-217.
8. Volovšek, V., Furić, K., Bistričić, L., Leskovic, M.: *Micro Raman spectroscopy of silica nanoparticles treated with aminopropylsilane-triol*, Macromolecular Symposia, 265(2008)1, 178-182.
9. Bistričić, L., Leskovic, M., Baranović, G., Lučić Blagojević, S.: *Mechanical properties and linear infrared dichroism of thin films of polyurethane nanocomposites*, Journal of Applied Polymer Science, 108(2008)2, 791-803.
10. Bistričić, L., Volovšek, V., Dananić, V.: *Conformational and vibrational analysis of gamma-aminopropyltriethoxysilane*, Journal of Molecular Structure, 834-836(2007), 355-363.
11. Volovšek, V., Bistričić, L., Dananić, V., Movre Šapić, I.: *DFT study of vibrational dynamics and structure of aminopropylsiloxane polymer*, Journal of Molecular Structure, 834-836(2007), 414-418.
12. Lopac, V.: *Problemi znanstvenog nazivlja u fizici - o pridjevima u području elektromagnetizma*, Prevoditelj, XXXI(2007)86, 30-37.

#### Radovi objavljeni u zbornicima

1. Lopac, V.: *Nazivlje u fizici - spona između znanja i znanosti*, Deveti hrvatski simpozij o nastavi fizike, Zbornik radova (Ur. Pećina, P.), Hrvatsko fizikalno društvo, Zagreb, 2009., 77-84.
2. Lopac, V.: *Elektromagnetizam kao test znanstvene i jezične pismenosti*, Osmi hrvatski simpozij o nastavi fizike, Zbornik radova (Ur. Pećina, P.), Hrvatsko fizikalno društvo, Zagreb, 2007., 60-67.
3. Bistričić, L.: *Nastava fizike na FER-u u sklopu Bolonjskog procesa*, Osmi hrvatski simpozij o nastavi fizike, Zbornik radova (Ur. Pećina, P.), Hrvatsko fizikalno društvo, Zagreb, 2008., 214-217.

## Uspostavna potpora Hrvatske zaklade za znanost – Dinamička mehanička analiza polimera i kompozita

Priredila: Tatjana HARAMINA

### Uvod

Hrvatska zaklada za znanost do danas je tri puta raspisala natječaj za projekte unutar programa *Priljev mozgova – Uspostavna potpora*. Cilj je tog programa *vrhunskim znanstvenicima do 35 godina starosti omogućiti uspostavu samostalnog istraživanja u Hrvatskoj i razvoj karijere unutar Europske znanstvene zajednice*.<sup>1\*</sup> Iz tog se razloga projektima podupire kupnja opreme s maksimalno 80 % dodijeljenih sredstava te financiranje jednoga znanstvenoga novaka tijekom tri godine. Pravo na prijavu imaju hrvatski i strani znanstvenici koji su dobili potporu svoje ustanove. Projekti se prijavljuju po znanstvenim područjima, a financira se po jedan projekt iz područja biomedicinskih, prirodnih, tehničkih, biotehničkih znanosti, društvenih i humanističkih znanosti.

U svibnju 2010. na području tehničkih znanosti odobren je trogodišnji projekt *Dinamička mehanička analiza polimera i kompozita* vrijedan 1 095 000 kn. Voditeljica projekta je doc. dr. sc. Tatjana Haramina s *Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu*. Istraživači na projektu su Ana Pilipović, dipl. ing., prof. dr. sc. Janoš Kodvanj i dr. sc. Irena Žmak (slika 1). Premda mali broj suradnika, na projektu su zastupljena tri velika zavoda s FSB-a: *Zavod za materijale*, *Zavod za tehnologiju* i *Zavod za tehničku mehaniku*. Inozemni suradnik na projektu je Dr. rer. nat. Ole Hölck s *Fraunhoferova instituta za pouzdanost i mikrointegraciju* (nj. *Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Faunhofer IZM*) iz Berlina te je u sklopu projekta potpisan *Memorandum o razumijevanju između FSB-a i Fraunhofer IZM-a*. Izvođenje projekta počelo je 1. srpnja 2010. Vrednovanje izvođenja projekta je semestralno, a u slučaju da svih šest vrednovanja bude pozitivno, projekt završava 30. lipnja 2013.



SLIKA 1 – Suradnici na projektu: Ana PILIPOVIĆ, Janoš KODVANJ i Tatjana HARAMINA

### Pregled projekta

Cilj je obnoviti *Laboratorij za nemetale FSB-a* kupnjom uređaja za dinamičko-mehaničku analizu (DMA) te započeti istraživanja u području viskoelastičnosti, odnosno prijelaza u staklasto stanje. Tijek projekta uvjetovan je dinamikom isplate odobrenih sredstava i visokom cijenom potrebnog uređaja. Cijena uređaja ograničila je i financiranje novaka na samo jednu godinu, i to posljednju. Sredstva se ne dodjeljuju jednokratno, nego u šest rata, a ugovorom je određeno da se u jednoj godini može dodijeliti najviše 365 000 kn. Zbog toga se u prvoj godini istraživanja na ovom projektu radi bez novog uređaja, a prema financijskom planu, tek nakon uplate treće rate bit će dovoljno sredstava za njegovu nabavu

\* www.hrzz.hr

i početak istraživanja prijelaza u staklasto stanje, odnosno istraživanja viskoelastičnog ponašanja polimera i kompozita.

Svi realni materijali pod opterećenjem pokazuju viskozni i elastični odziv. Dok se neki materijali poput čelika ponašaju uglavnom elastično, polimerni materijali, biološka tkiva, ljepila i sl. uz elastičnu pokazuju izraženu i viskoznu komponentu. To su materijali iz skupine meko kondenziranih tvari, a takvo se ponašanje naziva viskoelastičnost. Viskoelastični efekt posebno dolazi do izražaja pri dinamičkom opterećenju, gdje se javlja pomak u fazi  $d$  između naprezanja i deformacije. Što je izraženija viskozna komponenta, zbog unutrašnjeg trenja u materijalu bit će i pomak u fazi  $\delta$  veći. U konačnici to rezultira većim prigušivanjem mehaničkih vibracija, a prigušivanje je proporcionalno iznosu  $\tan \delta = E''/E'$ , gdje su  $E'$  i  $E''$  imaginarna i realna komponenta kompleksnog modula elastičnosti  $E = E' + iE''$ , odnosno komponenta koja predstavlja gubitke i komponenta koja predstavlja energiju pohranjenu u materijalu.

Viskoelastični efekt ovisi o temperaturi i frekvenciji vibracija (ili vremenskoj skali eksperimenta) te se pri dinamičko-mehaničkoj analizi jedna od tih dviju veličina drži konstantnom, a druga se mijenja. Prijelaz u staklasto stanje nastupa kada strukturno vrijeme relaksacije postane usporedivo s vremenskom skalom eksperimenta. U trenutku kada vrijeme relaksacije molekula postane veće od vremenske skale eksperimenta, sustav više ne može postići metastabilno stanje i postaje staklom. Na dinamiku molekula unutar materijala može se utjecati na različite načine, poput umreživanja, starenja, izloženosti vlazi, a velik utjecaj ima i duljina polimernih lanaca te stupanj uređenosti strukture. Kod ultratankih filmova debljine usporedive s radijusom zakrivljenosti molekula (obično ispod 100 nm), velik udio slobodnog volumena na sučelju filma s okolišem također utječe na dinamiku molekula.

U prvoj fazi projekta izrađena je studija o mogućnostima pripreme kompozita s organskim i anorganskim matricama ojačanim staklenim vlaknima i utjecaju vlakana na njihova svojstva. Ova ojačavala dobivaju se obrezivanjem rubova tkanina od staklenih vlakana (slika 2) koje proizvodi tvrtka *Kelteks* d.o.o., koja se obratila *FSB*-u za pomoć te je partner na ovom projektu.



SLIKA 2 – Otpad od staklenih vlakana

Na odlagalištima otpada godišnje završi i do 300 tona tako obrezanih traka. Vlakna dobivena na taj način neujednačenih su dimenzija, debljine i duljine, a povezana su pamučnim koncem u trake (slika 2). Jedan je cilj bio, uz minimalnu intervenciju u otpadna vlakna, pokušati ih dodati drugim materijalima. Naime, mehaničko i kemijsko tretiranje vlakana i samo opterećuje okoliš pa se nastojalo izbjeći. Smjernica ovom istraživanju bila je ograničenje na one metode koje su izvedive postojećom

opremom i koje bi bile izvedive u nekoj od hrvatskih prerađivačkih tvrtki. Ovaj kompleksni problem nametnuo je suradnju više institucija. Izvan projektnog plana realizirana je uspješna suradnja s *Laboratorijima IGH Instituta IGH* d.d.

Ispitan je sustav s poliesterskom smolom i vlaknima izrezanima na oko 10 mm. Svojstva materijala usporediva su sa svojstvima poliestera ojačanoga matom. Problem je, međutim, proces proizvodnje ovakvih kompozita. Uobičajeni postupak kojim to radi nekoliko prerađivača u RH rezanje je vlakana iz kontinuirane niti te naštrcavanje na površinu s poliestrom. Nije poznato da u RH postoji uređaj koji bi već nasjeckana vlakna na isti način naštrcavao na željenu površinu. Pokušalo se načiniti i kompozite injekcijskim prešanjem, gdje su se vlakna usitnjena na 10 – 25 mm miješala s granulatom polioksimetilena (POM) i polietilena niske gustoće (PE-LD). No vlakna te veličine ne prolaze kroz mlaznicu te je udio vlakana u materijalu zanemariv.

U *Institutu IGH* d.d., *Zavodu – Laboratoriji IGH*, ispitani su sustavi s matricama od betona, morta i asfalta. I tu je prvi problem procesne prirode. Vlakna se grupiraju i dolazi do zapetljavanja u miješalici. Vlakna koja se rabe u kombinaciji s betonom i mortom moraju biti postojana na lužine, tj. koriste se AR-staklena vlakna (e. *alkali resistant*). Vlakna iz otpada to nisu, međutim nije primijećena degradacija materijala zbog alkalne reakcije u intervalu od 28 dana. Asfalti kao matrica imaju veliku potencijalnu pripremu, ali je i tu priprema uzoraka, odnosno asfalta ograničena proizvodnim mogućnostima. Ova suradnja dala je smjernice koja područja ima smisla dalje istraživati te je u domeni partnera *Kelteksa* d.o.o. hoće li se suradnja s *Laboratorijima IGH* realizirati.

Istodobno su u *Zavodu za tehnologiju FSB*-a injekcijskim prešanjem pripremljene četiri vrste uzoraka od dvije vrste komercijalnih polistirena pri različitim uvjetima. Dobivaju se različito relaksirane strukture, odnosno manje ili više usmjerene molekule. Ispituje se koliko parametri prerade utječu na mehanička svojstva materijala. U suradnji s *Fakultetom kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zavodom za fizikalnu kemiju* obavljena je diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC) radi provjere je li mjerljiva promjena stupnja uređenosti, odnosno javljaju li se različite fizičke i kemijske pretvorbe u ovisnosti o toplinskoj povijesti uzoraka. U *Zavodu za tehničku mehaniku FSB*-a izvedena je fotoelastimetrija kojom se uspoređuje količina zaostalih naprezanja. Nakon nabave uređaja uzorci će se usporediti i DMA analizom.

Uvjet dobivanja projekta je i financijska potpora matične ustanove. Voditeljica projekta je uz financijsku potporu *Laboratorija za nemetale FSB*-a posjetila *Fraunhofer IZM* u Berlinu, gdje su joj predstavljeni različiti DMA uređaji, objašnjene njihove prednosti i nedostaci, zatim je posjetila *Saveznu ustanovu za istraživanje i ispitivanje materijala* (nj. *Bundesanstalt für Materialforschung- und -prüfung, BAM*) u Berlinu, gdje joj je pokazana oprema za permeabilnost (difuziju), te jednog od proizvođača DMA uređaja u Hannoveru.

Voditeljica projekta istodobno sudjeluje i na FP7 projektu *Energija vjetra na velikim nadmorskim visinama* (e. *High Altitude Wind Energy, HAWE*) iz programa *Tehnologije budućnosti* (e. *Future Emerging Technologies, FET*), gdje je odgovorna za izbor višeslojnih nepropusnih folija dobrih mehaničkih svojstava, postojanih na atmosferske uvjete. Projekt *Dinamička mehanička analiza polimera i kompozita* djelomično se preklapa s projektom *HAWE*, u sklopu kojega se izrađuje uređaj za ispitivanje permeabilnosti plinova kroz folije. Uz to će se određivati i mehanička svojstva, posebice otpornost na trganje, te analizirati vjetru izložen (dinamičko opterećenje) materijal, prije i nakon izlaganja UV zračenju i povišenoj vlažnosti.

Još jedna suradnja realizirat će se s tvrtkom *AVAC* d.o.o. U sklopu te suradnje ispitivat će se akustične membrane od nanokompozita na bazi umreživog polietilena s čađom.

Projekti FP7 i *Uspostavna potpora* osiguravaju po jednu godinu financiranja znanstvenog novaka.

### Znanstvenoistraživačka oprema

Najveći dio opreme koja se koristi na projektu smještena je na *FSB-u*. Injekcijsko prešanje plastomera provedeno je u *Zavodu za tehnologiju FSB-a* na ubrizgavalici *ENGEL Victory 80*. Od mehaničkih svojstava određena su: tvrdoća na tvrdomjeru s kuglicom (*ZWICK & Co Härteprüfgerät 3106*), žilavost po Charpyju na Charpyjevu batu proizvođača *Karl Frank GmbH*, rastezna svojstva u *Zavodu za tehničku mehaniku* na kidalici *Messphysik Beta 50 – 5*, upravljačke jedinice *EDC 100*, maksimalne sile opterećenja 50 kN s videoekstenzometrom. Određivana su i fotoelastiometrijska svojstva na difuznom polariskopu *Tiedemann*. Mikroskopska analiza obavljena je na polarizacijskom mikroskopu *Olympus BX51*. Digitalna pretražna kalorimetrija (DSC) provedena je na *FKIT-u* uz pomoć uređaja *Netzsch DSC 200*. Priprema uzoraka građevnih materijala i njihovo ispitivanje izvedeno je u *Laboratorijima IGH*, a korišteni su

sljedeći uređaji: vage *Mettler Toledo*, zaporni sat, miješalica, vibro-stol, potresni stol, pomično mjerilo, porometar, sušionik, mjerni listići, uređaj za brušenje, preša *Toni Technik* te vlažna komora. Usitnjavanje staklenih vlakana izvedeno je ručno, škarama na *FSB-u* i u *IGH d.d.*

### Ostale aktivnosti

U sklopu projekta Lovro Fulanović, student *FSB-a*, izradio je i odgovoran je za *web-stranicu* projekta [www.fsb.hr/DMA](http://www.fsb.hr/DMA), a do sada su izvedena i dva završna rada na projektu (injekcijsko prešanje kompozita s recikliranim vlaknima). U suradnji s *FKIT-om* organizirat će se dvije radionice o temi viskoelastičnosti, u prvom redu namijenjene studentima *FSB-a* i *FKIT-a* te njihovu umreživanju. Rezultati istraživanja o recikliranju staklenih vlakana bit će predstavljeni na konferenciji *MATRIB 2011.* u Veloj Luci. Planira se objaviti nekoliko znanstvenih članaka te sudjelovati na međunarodnim konferencijama.

*Nositeljica projekta zahvaljuje Hrvatskoj zakladi za znanost na pruženoj financijskoj potpori.*

## OBLJETNICE

### Neprocjenjivi doprinos

*Društvo za plastiku i gumu* obilježava obljetnice svojih članova osobnom čestitkom. Dijelu onih za koje se procijeni da su šire poznati ili da je njihov doprinos struci i znanosti zapaženiji i od interesa za čitateljstvo otvara se mogućnost da se tekst u kojem se osvrće na njihovo djelovanje objavi i na stranicama *Polimera*.

Formalno, mr. sc. Snježana Zima (Zagreb, 1944.) ne udovoljava navedenim kriterijima. Međutim njezin je doprinos normizaciji u Hrvatskoj nemjerljiv, a time i normizaciji na području plastike i gume. To je razlog zašto posvećujemo ovih nekoliko redaka osobi koju povezuje još nešto s *DPG-om* i časopisom *Polimeri*.

Mr. sc. Snježana Zima prve je 24 godine radnog vijeka provela u današnjem *DIOKI*-ju. Najprije kao tehnologinja i glavna tehnologinja u analitičkom laboratoriju, a zatim kao voditeljica *Odjela za kontrolu* u *Tvornici petrokemikalija*.

I tada je došlo do ulaska u novu fazu rada. Dana 16. svibnja 1993. godine počela je ne samo nova etapa u njezinu životu nego se počeo razvijati i jedan profesionalni put koji će ući u povijest hrvatske normizacije. Navedenog dana počela je raditi u *Državnom zavodu za normizaciju i mjeriteljstvo*, a 1. srpnja 2005. u novoosnovanom hrvatskom nacionalnom normirnom tijelu - *Hrvatskom zavodu za norme*. Promijenila je brojne dužnosti, postupno od više savjetnice, načelnice odjela u *DZNM-u*, privremene ravnateljice *Hrvatskog zavoda za norme* do pomoćnice ravnatelja *HZN-a*, s kojeg je mjesta otišla u mirovinu 1. siječnja 2010. godine.



Mr. sc. Snježana ZIMA

Njezin doprinos ne može se ograničiti samo na doprinos normizaciji na nacionalnoj razini. Mr. sc. S. Zima svojim je neumornim radom uvela *Hrvatski zavod za norme* u članstvo europskih organizacija za normizaciju *CEN* i *CENELEC*, ali je pridonijela i prepoznavanju hrvatske normizacije na europskoj i međunarodnoj razini radom u tijelima međunarodnih organizacija *ISO* i *IEC*, suorganizacijom regionalnih i nacionalnih skupova s temama međunarodne i europske normizacije u Zagrebu, sudjelovanjem *HZN-a* u promotivnim projektima (objavom prijevođa promotivnih dokumenata međunarodne i europske normizacije na hrvatski jezik i osiguravanjem njihove dostupnosti u Hrvatskoj), delegiranjem velikog broja hrvatskih stručnjaka na europske i međunarodne skupove itd.

Mr. sc. S. Zima ostat će posebno zapisana kao voditeljica i koordinatorica radne skupine za pripremu *HZN-a* za članstvo u europskim organizacijama *CEN* i *CENELEC*. Uz višegodišnje iskustvo rada u normizaciji, u taj je posao uključila i svoj veliki radni elan i organizacijske sposobnosti. U rekordno kratkom vremenu i uz niz tehničkih teškoća organizirala je pripremu i izradu prijave za članstvo i više stotina popratnih dokumenata kojima je *HZN* dokazao da ispunjava sve uvjete za članstvo u tim organizacijama, svoje razumijevanje procesa i postupaka europske normizacije te sposobnost funkcioniranja u europskom sustavu. Nakon nezavisne ocjene podnesene prijave i popratnih dokumenata te organizacije i rada *HZN-a* od europskih stručnjaka na licu mjesta, *HZN* je postao dio europske normizacijske obitelji od 1. siječnja 2010. godine, čak i prije nego što je to bilo nužno za proces pridruživanja Republike Hrvatske *Europskoj uniji*.

Diplomirala je 1968. na današnjem *Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije*, a magistrirala na sveučilišnom studiju iz analitičke kemije 1975. godine izradbom magistarskog rada pod nazivom *Određivanje ukupnog organskog ugljika u vodi*.

Autorica je brojnih stručnih tekstova. Održala je velik broj predavanja i seminara, osobito posvećenih širenju normizacijske misli na ovim područjima. Djelovala je i kao urednica nekoliko tehničkih publikacija. Posebno se ističe njezin rad u službenome glasilu *Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo (Glasilo DZNM)*,