

## Senatu Univerziteta u Beogradu

### **Predlog za izbor Dr Željka Tomovića za gostujućeg profesora Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu**

Odlukom Naučno-nastavnog veća Hemijskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, donetoj na sednici održanoj 9. maja 2013. godine, određeni smo u komisiju za pisanje referata o kandidatu za gostujućeg profesora, dr Željku Tomoviću. U vezi sa ovom odlukom čast nam je da Senatu Univerziteta u Beogradu podnesemo sledeći izveštaj:

### **Osnovni biografski podaci**

Dr Željko Tomović rođen je 20. novembra 1976. god. u Kragujevcu, gde je završio osnovnu školu, gimnaziju (1995.), osnovne (1999.) i magistarske (2000.) studije hemije na Prirodno-matematičkom fakultetu Univerziteta u Kragujevcu. Magistrirao je kod prof. Ivana Gutmana iz oblasti teorijske hemije. 2001. godine, po dobijanju stipendije Maks-Planckovog društva, upisao je doktorske studije kod prof. Klause Müllena, na Max-Planck-ovom institutu za istraživanje polimera u Majncu (Max-Planck Institute for Polymer Research, Mainz), koje je završio krajem 2004. godine. Doktorirao je iz oblasti organske hemije sa temom “ New Discotic Liquid Crystals Based on Large Polycyclic Aromatic Hydrocarbons as materials for Molecular Electronics“. U periodu od januara 2005. do maja 2006. boravio je na postdoktorskim studijama u laboratoriji za makromolekulsku i organsku hemiju na Univerzitetu u Ajndhovenu, Holandija (Eindhoven University of Technology), u grupi prof. Bert Meijera, gde se bavio supramolekulskom hemijom organskih fotovoltaičnih molekula (OPV molekuli). Od maja 2006. godine stalno je zaposlen u hemijskoj kompaniji BASF, Nemačka, gde je trenutno šef laboratorije i rukovodioc istraživačkih projekata. Istovremeno, od maja 2006. do maja 2008. godine ostaje angažovan kao gostujući istraživač na Univerzitetu u Ajndhovenu.

Kretanje u službi:

<b>2005-2006</b>	istraživač (postdoktorant) u laboratoriji za makromolekulsku i organsku hemiju, Eindhoven University of Technology, Holandija
<b>2006-2008</b>	gostujući istraživač, Eindhoven University of Technology, Holandija
<b>2006-</b>	šef laboratorije i rukovodioc istraživačkih projekata, odsek za istraživanje polimera, hemijska kompanija BASF, Nemačka

Govori engleski i nemački jezik.

U nastavi je bio angažovan kao asistent na predmetu “Organska hemija“ 2002-2003. godine, na Johannes Gutenberg Univerzitetu u Majncu.

Bio je rukovodilac 7 naučnih projekata finansiranih od strane BASF-a, a trenutno je rukovodilac 5 naučnih projekata. Neki projekti objedinjuju više naučnih institucija i Univerziteta širom Evrope, kao što su, npr. Univerzitet u Strazburu (Francuska), Tehnički Univerzitet u Braunšvajgu (Nemačka), Univerzitet Albert Ludvig u Frajburgu (Nemačka), Politehnički Univerzitet Katalonije (Barselona, Španija) i dr.

Nagrade i priznanja:

1995-99: stipendija Ministarstva prosvete Republike Srbije;

1999-2000: stipendija Ministarstva za nauku Republike Srbije;

2001: stipendija Max-Planck-ovog društva.

### **Oblast istraživanja kandidata**

Oblast istraživanja dr Željka Tomovića obuhvata organsku i makromolekulsku hemiju: dizajn, sintezu, karakterizaciju novih funkcionalnih  $\pi$ -konjugovanih molekula i kompleksnih molekulskih sistema i moguće primene u elektronskim uređajima; supramolekulsku hemiju: nekovalentnu sintezu, kontrolu i proučavanje mehanizama hijerarhijskog organizovanja supramolekulskih sistema u rastvorima, čvrstom stanju i različitim površinama, supramolekulsku hiralnost; hemiju polimera: bio-bazirane polimere, provodljive polimere, nanotehnologiju: baziranu na ugljeničnim nanocevima i grafenima, nanokompozite i nove materijale.

**Ukupan broj radova objavljenih u naučnim časopisima:** 46 (četrdesetšest), citiranost (Scopus bez samocitata) 1182 (hiljadustoosamdesetdva), Hirsch-ov indeks:  $h=18$  (osamnaest)

**Broj prijavljenih patenata:** 13 (trinaest), **odobrenih** 9 (devet).

**Broj naučnih projekata:** završenih 7 (sedam); trenutnih 5 (pet).

### **Naučni doprinos kandidata Dr Željka Tomovića zbog kojih se predlaže**

Istraživanja Željka Tomovića mogu se rasporediti prema rešavanju problema na koje su bila usmerena:

1. Dizajn, sinteza, karakterizacija novih funkcionalnih  $\pi$ -konjugovanih molekula i kompleksnih molekulskih sistema i moguće primene u elektronskim uređajima
2. Nekovalentna sinteza, kontrola i proučavanje mehanizama hijerarhijskog organizovanja supramolekulskih sistema baziranih na  $\pi$ -konjugovanim molekulima
3. Bio-bazirani polimeri, provodljivi polimeri, nanotehnologije bazirane na ugljeničnim nanocevima i grafenima, nanokompoziti i novi materijali.

Deo naučnog doprinosa Željka Tomovića je u oblasti koja trenutno zaokuplja ogroman interes naučne zajednice i javnosti: dizajn, sinteza i moguće primene novih funkcionalnih  $\pi$ -konjugovanih molekula kao organskih poluprovodnika u elektronskim i optoelektronskim uređajima, na primer, fotovoltaičnim solarnim ćelijama, tranzistorima, diodama, baterijama. Za uspešnu primenu u elektronskim uređajima, mora da bude istovremeno zadovoljeno nekoliko kriterijuma: dobra rastvorljivost u organskim rastvaračima, visoka čistoća jedinjenja, dobra elektronska interakcija i transport naelektrisanja, visoko uredjene i stabilne strukture. Jedan od načina na koji je dr Tomović pristupio ovakvim izazovima je fokusiran na sintezu novih tečnih kristala baziranih na velikim policiklicnim aromaticnim ugljovodonicima, na primer, na superfenalenu. Uvodjenjem dugih alkil supstituenata dobijaju se derivati

superfenalena koji su dobro rastvorljivi, mogu se prečistiti klasičnim metodama, obrazuju superstrukture u obliku kolona sa visokom mobilnošću naelektrisanja, i primenom „zone-casting“ metode formiraju visoko uređene tanke slojeve. Ovakvi molekuli zauzimaju u takvim slojevima tzv. „edge-on“ orijentaciju, koja je neophodna za primene u tranzistorima. Međutim, za primene u solarnim ćelijama neophodna je tzv. „face-on“ orijentacija molekula, koja je teško ostvariva i moguća samo na jako visokim temperaturama. Kandidat je pokazao da se takva orijentacija može lako postići uvođenjem dugih, razgranatih alkil supstituenata koji sadrže i etarsku grupu. Takođe se bavio i proučavanjem uticaja veličine i simetrije molekula kao i različitih supstituenata na elektronske osobine i trodimenzionalnu superstrukturu ovakvih grafitnih molekula. Potrebno je naglasiti i moguće praktične primene prikazanih radova. Prvi rezultati vezani za primene ovakvih jedinjenja u tranzistorima i fotovoltaičnim solarnim ćelijama su već objavljeni i dalja istraživanja u ovom pravcu su u toku. Posebno je važno istaći moguću primenu ovakvih superfenalena za sintezu transparentnih grafen slojeva, koji se mogu koristiti kao zamena za ITO (Indium tin oxide) u solarnim ćelijama, diodama, ravnim ekranima i drugim uređajima. Rad iz ove oblasti „Transparent carbon films as electrodes in organic solar cells“, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, citiran je do sada preko 200 puta.

Sledeća oblast istraživanja Dr Tomovića je nekovalentna sinteza, kontrola i proučavanje mehanizama hijerarhijskog organizovanja supramolekulskih sistema, baziranih na  $\pi$ -konjugovanim oligo(parafenilenvinilenima), u rastvorima, čvrstom stanju i na čvrstim površinama. Za uspešnu primenu  $\pi$ -konjugovanih sistema u optoelektronskim uređajima, potpuna kontrola i upravljanje organizovanjem molekula u trodimenzionalne strukture, kao i razumevanje mehanizma tog procesa, od najvećeg su značaja. Pristup dr Tomovića se zasniva na uvođenju vodoničnih veza, selektivnih nekovalentnih interakcija idealnih za konstruisanje supramolekulskih struktura, i hiralnosti, koja omogućava proučavanje uređenosti dobijenih materijala i mehanizma samoorganizovanja u supramolekulske strukture. Kandidat je takođe demonstrirao mogućnost regulisanja i podešavanja hiralne indukcije u nehiralnim OPV strukturama koristeći vodonično vezivanje sa hiralnim „gostom“ ili rastvaračem, kako u rastvoru tako i na čvrstim površinama. Koristeći se istim principima, otišao je korak dalje i pokazao mogućnost asimetrične nekovalentne sinteze – dodavanjem hiralnog „gosta“ racemska smeša helikoidnih pakovanja nehiralnih molekula se transformiše u homohiralna helikoidna pakovanja, koja ostaju stabilna i nakon uklanjanja dodatog „gosta“. Reč je o vrlo značajnim dostignućima, koja mogu naći primene kod asimetrične sinteze i katalize, hiralnog razdvajanja, ili u izradi novih funkcionalnih materijala. Do sada je kandidat objavio pet radova iz ove oblasti u vrhunskim međunarodnim naučnim časopisima.

Oblasti istraživanja kojima se Dr Tomović bavi u okviru BASF-a su vezane za polimere i uključuju poliadicije, polikondenzacije, radikalske polimerizacije, nove katalizatore, bio-bazirane polimere, provodljive polimere, nanotehnologije bazirane na ugljeničnim nanocevima i grafenima, nanokompozite i uopšte nove materijale. Pošto se radi o strogo čuvanim rezultatima i podacima, samo deo rezultata je patentiran (13 prijavljenih патената, 9 odobreno) ili publikovan (2 rada), najveći deo je objavljen interno u okviru BASF-a. Iz istih razloga ni ovde nije moguća šira diskusija o rezultatima ovih istraživanja. Istraživanja su globalnog karaktera, uključuju razne BASF istraživačke grupe iz Evrope, SAD-a i Kine, a takođe neki projekti objedinjuju više naučnih institucija i Univerziteta širom Evrope. Dobar deo rezultata istraživanja dr Tomovića je komercijalizovan u poslednjih 5 godina i mogu se naći u vidu različitih proizvoda u celom svetu, koji se prodaju u količinama od 100 do 5000 tona godišnje.

## Spisak odabranih radova Dr Željka Tomovića

### Odabrani naučni radovi po temama:

#### A. Funkcionalni $\pi$ -konjugovani molekuli

1. **Ž. Tomović**, M. D. Watson, K. Müllen, "Superphenalene-based columnar liquid crystals", *Angew. Chem. Int. Ed.* **2004**, 43, 755-758.  
(rad označen kao "Very Important Paper", i analiziran u *Chemical & Engineering News* **2004**, 82/6, 24, i *Nachrichten aus der Chemie*, **2005**, 53, 251-272.)
2. M. G. Debije, J. Piris, M. P. de Haas, J. M. Warman, **Ž. Tomović**, C. D. Simpson, M. D. Watson, K. Müllen, "The optical and charge transport properties of discotic materials with large aromatic hydrocarbon cores", *J. Am. Chem. Soc.* **2004**, 126, 4641-4645
3. W. Pisula, **Ž. Tomović**, B. El Hamaoui, M. D. Watson, T. Pakula, K. Müllen, "Control of the homeotropic order of discotic hexa-*peri*-hexabenzocoronenes", *Adv. Funct. Mater.* **2005**, 15, 893-904.
4. J. Wu, **Ž. Tomović**, V. Enkelmann, K. Müllen, "From branched hydrocarbon propellers to C<sub>3</sub>-symmetric graphite disks", *J. Org. Chem.* **2004**, 69, 5179-5186.
5. Z. Wang, **Ž. Tomović**, M. Kastler, R. Pretsch, F. Negri, V. Enkelmann, K. Müllen, "Graphitic molecules with partial "zig-zag" periphery", *J. Am. Chem. Soc.* **2004**, 126, 7794-7795.
6. W. Pisula, **Ž. Tomović**, C. Simpson, M. Kastler, T. Pakula, K. Müllen, "Relationship between core size, side chain length, and the supramolecular organization of polycyclic aromatic hydrocarbons", *Chem. Mater.* **2005**, 17, 4296-4303.
7. I. O. Shklyarevskiy, P. Jonkheijm, N. Stutzmann, D. Wasserberg, H. J. Wondergem, P. C. M. Christianen, A. P. H. J. Schenning, D. M. de Leeuw, **Ž. Tomović**, J. Wu, K. Müllen, J. C. Maan, "High anisotropy of the field-effect transistor mobility in magnetically aligned discotic liquid-crystalline semiconductors", *J. Am. Chem. Soc.* **2005**, 127, 16233-16237.
8. X. Wang, L. Zhi, N. Tsao, **Ž. Tomović**, J. Li, K. Müllen, "Transparent carbon films as electrodes in organic solar cells", *Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, 47, 2990-2992.

#### B. Nekovalentna sinteza, hijerarhijsko organizovanje supramolekulskih sistema baziranih na $\pi$ -konjugovanim oligo(parafenilenvinilenima)

1. **Ž. Tomović**, J. van Dongen, S. J. George, H. Xu, W. Pisula, P. Leclère, M. M. J. Smulders,

S. De Feyter, E. W. Meijer, A. P. H. J. Schenning, "Star-shaped oligo(*p*-phenylenevinylene) substituted hexaarylbenzene: purity, stability and chiral self-assembly", *J. Am. Chem. Soc.* **2007**, *129*, 16190-16196.

2. S. J. George, **Ž. Tomović**, M. M. J. Smulders, T. F. A. de Greef, P. E. L. G. Leclère, E. W. Meijer, A. P. H. J. Schenning, "Helicity induction and amplification in an oligo(*p*-phenylenevinylene) assembly through hydrogen-bonded chiral acids", *Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**, *46*, 8206-8211. (rad označen kao "Very Important Paper")

3. M. Wolffs, S. J. George, **Ž. Tomović**, S. C. J. Meskers, A. P. H. J. Schenning, E. W. Meijer "Macroscopic origin of circular dichroism effects by alignment of self-assembled fibers in solution", *Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**, *46*, 8203-8205. (rad analiziran u *Nature Materials* **2007**, *6*, 924-925, i *Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, *47*, 636-638.)

4. N. Katsonis, H. Xu, R. M. Haak, T. Kudernac, **Ž. Tomović**, S. J. George, M. Van der Auweraer, A. P. H. J. Schenning, E. W. Meijer, B. L. Feringa, S. De Feyter, "Emerging solvent-induced homochirality by the confinement of achiral molecules against a solid surface", *Angew. Chem. Int. Ed.* **2008**, *47*, 4997-5001.

5. S. J. George, **Ž. Tomović**, A. P. H. J. Schenning, E. W. Meijer, "Insight into the chiral induction in supramolecular stacks through preferential chiral solvation", *Chem. Commun.* **2011**, *47*, 3451-3453.

6. S. J. George, R. De Bruijn, **Ž. Tomović**, B. Van Averbek, D. Beljonne, R. Lazzaroni, A. P. H. J. Schenning, E. W. Meijer, "Asymmetric non-covalent synthesis of self-assembled one-dimensional stacks by a chiral supramolecular auxiliary approach", *J. Am. Chem. Soc.*, **2012**, *134*, 17789-17796.

### C. Polimeri i nanotehnologije:

1. W. Wohlleben, M. W. Meier, S. Vogel, R. Landsiedel, G. Cox, S. Hirth, **Ž. Tomović**, "Elastic CNT-polyurethane nanocomposite: synthesis, performance and assessment of fragments released during use", *Nanoscale*, **2013**, *5*, 369-380.

2. S. Hirth, L. Cena, G. Cox, **Ž. Tomović**, T. Peters, W. Wohlleben, "Scenarios and methods that induce protruding or released CNTs after degradation of nanocomposite materials", *J. Nanopart. Res.*, **2013**, *15*:1504.

### Odobreni patenti:

1. **Ž. Tomović**, G. Kampf, G. Tischer, Y. Wang  
*Method for producing rigid polyurethane foams*  
EP 2 000 487 (**2008**)

2. I. Domke, H. Hibst, B. Eling, **Ž. Tomović**  
*Production of metal oxide nanoparticles from alkali-metallates in organic solvents*  
WO 2009/027327 (**2009**)

3. B. Eling, **Ž. Tomović**, S. Auffarth, A. Traut

*Method for producing polyol dispersions containing silica and use thereof for producing polyurethane materials*

WO 2010/043530 (2010)

4. B. Eling, **Ž. Tomović**, S. Auffarth

*Method for producing silica-containing dispersions containing polyetherols or polyetheramines*

WO 2010/103072 (2010)

5. **Ž. Tomović**, O. Jacobmeier, R. Hensiek, G. Kampf

*Method for producing rigid polyurethane foams*

WO 2010/106067 (2010)

6. **Ž. Tomović**, C. Kujat

*Antistatic or electrically conductive polyurethanes*

DE 10 2012 203 994 (2012)

7. **Ž. Tomović**, O. Jacobmeier, G. Kampf

*Process for producing rigid polyurethane foams*

WO 2012/140025 (2012)

8. **Ž. Tomović**, O. Jacobmeier, G. Kampf

*Process for producing rigid polyurethane foams*

WO 2012/140150 (2012)

9. D. Petrović, B. Eling, **Ž. Tomović**

*Dispersion formed from a liquid phase and a solid phase*

WO 2013/030173 (2013)

#### **Radovi i predavanja na međunarodnim skupovima:**

1. Naurod conference (Max-Planck society), Wiesbaden, Germany, 2002.
2. Naurod conference (Max-Planck society), Wiesbaden, Germany, 2003.
3. Discel project meeting, Lodz, Poland, 2003.
4. SMO Colloquia, Eindhoven University of Technology, The Netherlands, 2004.
5. 9th European Conference on Molecular Electronics (ECME-2007), Metz, France, 2007.
6. 1<sup>st</sup> Aquitaine conference of Polymers, Arcachon, France, 2007.
7. ACS meeting, Salt Lake City, USA, 2009.
8. XLVII savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, Srbija, 2009.

#### **Radovi objavljeni kao revije:**

1. **Ž. Tomović**, I. Gutman, "Fenileni", Hemijski pregled, **2001**, 42, 29-37.

## Zaključak i predlog

Na osnovu izloženih podataka, predlagači ocenjuju da je kandidat dr Željko Tomović svojim naučnim radom u velikoj meri doprineo razvoju oblasti koja obuhvata organsku i makromolekulsku hemiju: dizajn, sintezu, karakterizaciju novih funkcionalnih  $\pi$ -konjugovanih molekula i kompleksnih molekulskih sistema i moguće primene u elektronskim uredjajima; supramolekulsku hemiju: nekovalentnu sintezu, kontrolu i proučavanje mehanizama hijerarhijskog organizovanja supramolekulskih sistema u rastvorima, čvrstom stanju i različitim površinama, supramolekulske hiralnost; hemiju polimera: bio-bazirane polimere, provodljive polimere, nanotehnologiju: baziranu na ugljeničnim nanocevima i grafenima, nanokompozite i nove materijale.

O aktuelnosti njegovih istraživanja i značaju najnovijih rezultata svedoči veliki broj publikacija u renomiranim časopisima (46 naučnih radova, citiranost prema Scopus-u bez samocitata: 1182; Hirsch-ov indeks:  $h=18$ ) i odobrenih (9) i prijavljenih (13) patenata.

Pored naučnih rezultata, kandidat je dao svoj doprinos popularizaciji hemije u Srbiji. Njegova predavanja na Hemijskom fakultetu u Beogradu i Kragujevcu, i simpozijumima koje organizuje Srpsko hemijsko društvo, izazivaju nepodeljenu pažnju slušalaca i interesovanje mladih za oblast istraživanja Željka Tomovića.

Pored istraživačkih kvaliteta, dr Tomović ima značajno iskustvo u menadžmentu, zaštiti intelektualne svojine i industrijskoj primeni rezultata vrhunskih naučnih istraživanja. Njegovim angažovanjem Hemijski fakultet bi dobio ne samo vrsnog istraživača i nastavnika u danas izuzetno atraktivnim naučnim oblastima, već bi bila omogućena i saradnja sa BASF-om i realizacija zajedničkih projekata sa mogućnošću industrijske primene, što bi za Hemijski fakultet bilo od velikog značaja.

Na osnovu svega izloženog zadovoljstvo nam je da predložimo Senatu Univerziteta u Beogradu da izabere dr Željka Tomovića za gostujućeg profesora Hemijskog fakulteta.

20. maj 2013.

prof. dr Radomir N. Saičić,  
dopisni član SANU

akademik prof. dr Bogdan Šolaja

prof. dr Miroslav Vrvic