

mišljenja i komentari

Znanstvena istraživanja u akademiji i kemijskoj industriji – dihotomija ili različite filozofije, dostignuća i posljedice

V. Šunjić*

Chirallica d. o. o., Bijenička 54, 10 000 Zagreb

Rasprave na temu što je zajedničko, a što razlikuje znanstvena istraživanja u akademskim institucijama i industrijskim istraživačkim centrima česte su u svim područjima kemije. Nova znanstvena saznanja u akademskim istraživanjima s jedne strane te uspješna znanstvena i tehnološka rješenja u industriji, koja su iz temelja promijenila uvjete života u razvijenom svijetu, postavila su ova dostignuća iz različitih razloga u konkurentan položaj. Ako je dihotomija dijeljenje ili podijeljenost cjeline na dva dijela, u kojoj nešto što je dio jedne polovine ne može biti nikako dio druge polovine, onda imamo danas velik broj zagovornika ovog odnosa između dva pristupa znanstvenim istraživanjima. U ovom prikazu bit će ponuđena argumentacija koja otklanja ovakvu podjelu znanstvenih istraživanja u kemiji te opisana neka dostignuća u znanstvenim istraživanjima i posljedice po okoliš zbog nebrige u tehnološkoj izvedbi.

Ključne riječi: *Istraživanja u kemiji, akademija versus industrija, dihotomija*

Uvodne napomene

U ovoj, "Međunarodnoj godini kemije 2011." pod pokroviteljstvom IUPAC-a, imao sam priliku kao predsjednik Hrvatskog kemijskog društva podržati u ime Društva niz akcija njegovih članova, posebno mlađih kolega, docenata i studenata Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu.¹ Većina ovih akcija bila je okrenuta popularizaciji kemije s dva osnovna stajališta. Prvo, da je kemija zanimljiva eksperimentalna znanost, što je ujedno bio poziv da joj vrijedi posvetiti svoje intelektualne sposobnosti i prihvatiti izazov studiranja kemije. Drugim pristupom se željelo pokazati "benignost" kemije, tj. da se okoliš može potpuno zaštititi od nepoželjnih posljedica eksperimentalnog rada u kemiji, a pogotovo od zagađenja kemijskim tehnološkim procesima.

Oba pristupa, vrijedna po svojim osnovnim porukama, ostavili su me s pitanjem koliko je uopće zainteresirana javnost u Hrvatskoj, u kojoj je većina kemijskih postrojenja zatvorena u posljednja dva desetljeća, za raspravu o tome jesu li moderna kemijska postrojenja zagađivači okoliša ili nisu?! Usko vezana uz ovo pitanje javlja se dilema treba li poticati nove naraštaje na studij kemije koja je "bez perspektive" ili ih na vrijeme usmjeriti prema drugim znanstvenim granama i tehnološkim područjima. Ali kojima?

Gledano statično poruke dolaze u zlo vrijeme i sa slabim izgledom da ozbiljnije djeluju na stav uglavnom nezainteresirane javnosti. Gledano na trenutno stanje s uvjerenjem da će nove generacije u borbi za život i na ovim prostorima prihvatiti izazov globalizacije, i u međunarodnoj podjeli znanja i rada izboriti dignitetno mjesto, popularizacija kemije, a posebno istraživanja u kemiji i kemijskoj tehnologiji imaju svrhu i smisao.

Budući da sam radni vijek u kemijskim istraživanjima proveo vođen dinamičnim konceptom, poduzimao projekte, mijenjao

radne sredine (industrija vs. akademija), uspijevao i padao, to sam odlučio prihvatiti poziv gošće urednice ovog broja KUI-a i iznijeti neka profesionalna i znanstvena iskustva. Posebno ona koja se ne uklapaju u uobičajene sheme razmišljanja i u opće stavove javnosti ili struke.

Kemija, znanstveno područje koja fascinira ili iritira

Kemija je prirodna znanost koja kreira predmete svog istraživanja te je po toj osobini bliska umjetnosti. Ovo je često ponavljana kritika, omiljena među kemičarima, ali možda ne i među znanstvenicima ostalih područja. No ipak činjenica ostaje: kemija uglavnom kreira predmete svog istraživanja, ali i mnogih drugih istraživačkih projekata, od novih materijala, polimera i sl., do biološki aktivnih spojeva. Stoga ne začuđuje entuzijazam kemičara u interdisciplinarnim projektima, posebno sintetskog organskog kemičara. Opisujući privlačnost akademskih istraživanja, često označavaju ih kao fundamentalna,** u organskoj sintetskoj kemiji napisao je Elias J. Eliel, dobitnik Nobelove nagrade za kemiju 1990. godine: "The appeal of a problem in synthesis and its attractiveness can be expected to reach a level out of all proportion to practical considerations, whenever it presents a clear challenge to the creativity, originality and imagination of the expert in synthesis".²

Ako dakle znanstvenom radu u kemiji priznamo kreativnu komponentu, te donekle i umjetnički sadržaj, onda kemija možda na

** Koristim ovdje priliku istaknuti riječi prof. P. A. Bartletta, vodećeg američkog kemičara, koji je rekao da fundamentalna istraživanja *nipošto nisu ona koja se takvima unaprijed deklariraju, nego samo ona koja se naknadno takvima pokažu!* Sjetimo se svih naših "projekata fundamentalnih istraživanja" u kemiji deklariranih u posljednjih 50-ak godina; vjerojatno su dovoljan razlog da izbjegnemo izraz "fundamentalno" za sve što nije u skladu s Bartlettovim stavom!

* Prof. dr. sc. Vitomir Šunjić, e-pošta: vitomir.sunjic@chirallica.hr

najbolji način opovrgava stavove klasika prema umjetničkom stvaranju općenito, posebno Platona, prema kojem je umjetničko stvaranje plod božanskog ludila u kojem tvorac nije svjestan toga što stvara ili Rimbauda, koji kaže da nikad ništa nije stvoreno, nego samo viđeno i preneseno.

Na drugoj, suprotnoj strani od Coreyjevih pogleda i atributa kemijskoj znanosti, postoje i drugi stavovi. Oni imaju mahom negativan predznak i pretežu u javnosti. Upravo taj negativan stav javnosti prema kemiji vrlo lijepo oslikava rezultat analize 35 000 pismenih sastavaka srednjoškolaca u SAD-u, koji komentira V. Prelog u svojoj knjižici "Neka razmišljanja nakon 118 semestara studija kemije".³ Anketa sumarno za kemičara kaže:

...njegov rad je nerazumljiv, dosadan, siv, monoton, i troši silno vrijeme. On je toliko opsjednut svojim radom da ne zna ništa što se u svijetu događa. Zanimaruje obitelj, nema drugih intelektualnih interesa, društveni život ili hobije. On svima dosađuje osim drugim kemičarima svojim govorom koji nitko ne razumije. Nitko ne želi biti takav znanstvenik, niti se udati za njega".

Prelog duhovito komentira ovaj zaključak: "Nadajmo se da ipak nećemo izumrijeti. Za društvo bi to bilo šteta"!

I tako nas evo IUPAC potiče da označimo "International Year of Chemistry 2011", jednim od najvažnijih ciljeva; da popravimo ugled kemijske znanosti u javnosti. Da je živ, možda bi nas Linus Pauling, dvostruki dobitnik Nobelove nagrade, podsjetio na svoje riječi upućene kemičarima: "Do not bother your fellow citizens with chemistry", ali su ih u IUPAC-u očito zaboravili. Nadajmo se da zato u ovoj godini postoje opravdani razlozi!

No je li zaista kemija kao znanost uzrokovala negativan stav javnosti ili njezina logična i najvrednija izvedenica – kemijska tehnologija, odn. kemijska industrija? Istraživanja u kemiji i razvoj kemijske tehnologije već desetljećima idu zajedno i uzajamno se motiviraju, više nego bilo koje slične aktivnosti u drugim znanstvenim i tehnološkim područjima. Logično je da su onda zajedno stigmatizirani kao krivci za narušavanje okoliša, kao izvori toksičnih produkata i njihove neispravne ili pretjerane primjene od liječenja ljudi do agrikulture.

Prije no što prijedem na razmatranje obrazaca ponašanja u kemijskoj industriji na osnovi nekih osobnih iskustava, ukratko bih usporedio neke domete na sličnim istraživačkim projektima u akademskim i industrijskim sredinama, posebno u farmaceutskoj industriji.

Važno je ponovno istaknuti da projekte u ova dva okruženja razlikuje cilj, ali ne i metode; u akademskim istraživanjima to je *novi znanstveni saznanje* a u projektima koncipiranim u industriji to je *novi rješenje tehničkog problema*. U tom kontekstu tehnički problem seže od potrebe za *novim kemijskim strukturama* s previđenim osobinama, npr. biološka aktivnost, svojstvo tekućeg kristala, termostabilni polimer, nanomaterijal, katalitičko djelovanje i sl., do *novih tehnoloških postupaka* koji su ekonomičniji, prihvatljiviji za okoliš, daju produkte više čistoće i sl. Koliko su ova istraživanja vitalna za globalni razvoj, vidljivo je iz nedavnog IUPAC-ova priopćenja:

"In Brussels, on December 1st 2011 will be held the Closing ceremony of the International Year of Chemistry. The IYC closing ceremony will emphasize the creativity and the potential of Chemistry to address the challenges facing our societies. High level speakers and young leaders will explore and debate *how chemistry is vital for solving our most critical global problems including food, water, health, energy, habitat, and more.*"

A sada evo nekoliko primjera dostignuća kemije čiji autori su djelovali u okviru "akademskih istraživanja" ili "industrijskih projekata", ali i u tijesnoj suradnji. Stavljam već ovdje oba izraza u navodnike jer će postati jasno da su ta dostignuća po konačnoj znanstvenoj i tehnološko-ekonomskoj vrijednosti nerazlučiva i ukidaju dihotomiju među ovim pristupima znanstvenom radu u kemiji.

– U laboratorijima tvrtke Monsanto (St. Louis, SAD) pripremio je 1971. god. W. S. Knowles prve kiralne fosfinske ligande i otkrio koja stereoelektronska svojstva uvjetuju visoku enantioselektivnost njihovih katalitičkih kompleksa u hidrogenaciji. Za taj rad dijelio je 2001. godine Nobelovu nagradu sa sveučilišnim profesorima R. Noyorijem (Nagoya, Japan) i B. K. Sharplessom (La Jolla, SAD), koji su razvili asimetričnu katalizu na drugim područjima organske kemije. Dakle neovisna dostignuća iz laboratorija u industriji i u akademskoj zajednici!

– Davne 1889. godine prof. E. O. Beckmann (Leipzig, Berlin) otkrio je vrijednu transformaciju u organskoj kemiji; pregradnju oksima u amide. Dugi niz godina ova reakcija je primjenjivana na tisućama supstrata, ali zbog potrebe za energičnim reakcijskim uvjetima, prisutnosti jake kiseline kao katalizatora i povišene temperature nije primjenjivana na osjetljive supstrate, posebno složene prirodne spojeve.

– U laboratorijima instituta Plive u Zagrebu skupina znanstvenika pod vodstvom dr. S. Đokića provela je 1982. u specifičnim reakcijskim uvjetima Beckmannovu reakciju na eritromicinu, odn. njegovu oksimu, izuzetno nestabilnom prirodnom spoju s antibiotskim svojstvima.^{4,5} Ova reakcija bila je ključna na putu do novog antibiotika azitrimicina, kod nas poznatog pod imenom *Sumamed*, koji je na svjetskoj razini unaprijedio terapiju infektivnih oboljenja. Dakle jedno davno akademsko dostignuće leži u osnovi modernog velikog rezultata u industrijskim istraživanjima.

– Radeći na svom doktoratu pod vodstvom prof. L. Ružičke na Sveučilištu u Krakovu, dr. L. Sternbach pripremio je niz originalnih heterocikličkih spojeva, kojima je međutim u doktorskoj tezi pripisana kriva struktura. Pred početak Drugog svjetskog rata dr. Sternbach izbjegao je u SAD i sa sobom ponio svoje pripremljene u okviru disertacije. Zaposlio se u tvrtki Hoffmann-LaRoche (Nutley, SAD) te u suradnji sa kemičarima prvo ispravno odredio izenađujuću nearomatsku strukturu novih spojeva, a zatim s farmakolozima otkrio njihovo snažno djelovanje na središnji živčani sustav (SZS). Ubrzo su iz ove skupina spojeva, označenih kao 1,4-benzodiazepini, razvijeni najdjelotvorniji psihofarmaci (*Librium*, *Valium* i dr.) od kojih su se mnogi i danas zadržali u primjeni. Broj pripremljenih i biološki provjerenih 1,4-benzodiazepina penje se u zadnjih 50 godina na nekoliko stotina tisuća, a prihodi od komercijalizacije na tržištu psihofarmaka kumuliraju na desetke milijardi američkih dolara. Proglašeni su "privilegiranim strukturama", budući da i najmanja strukturalna promjena donosi novo, često neočekivano biološko djelovanje. Ukratko, 1,4-benzodiazepini su sjajan primjer gdje *akademski projekt doživljava neočekivanu valorizaciju nastavljajući svoj istraživački vijek u industriji*. Usudujem se spomenuti da su i mene stereokemija i stereoelektronska struktura 1,4-benzodiazepina fascinirale više od 40 godina; oko 50 radova s tog područja objavljenih pretežno iz industrije nedavno sam pregledno prikazao.⁶

– Na uglednom Karolinska Institutu u Stockholmu skupina kemičara i biologa predvođeni prof. B. I. Samuelssonom nakon dugotrajnih istraživanja utvrdila je strukturu niza leukotriena, prirodnih antagonista peptido-leukotrienskog receptora s izvrsnim djelovanjem na glatku muskulaturu, stoga i na mnoge važne procese u organizmu.⁷ Za to otkriće prof. Samuelsson sa suradnicima je 1982. dobio Nobelovu nagradu.

– Leukotrieni su ubrzo postali izvorna struktura za potencijalne lijekove za alergijska i astmatska oboljenja. Među mnogim istraživačkim timovima u farmaceutskoj industriji koji su nakon Samuelssonova otkrića krenuli u razvoj djelotvornih lijekova na navedenim terapijskim područjima posebnu kreativnost pokazala je grupa istraživača u Merck Co. (Rahway, SAD). Primjenjujući moderne metode, od modeliranja struktura *in silico* do određivanja efikasnosti na izoliranom biološkom receptoru, došli su do montelukast-natrija, spoja koji tek dijelom oponaša strukturu leukotriena.^{8,9} To je u posljednjih 25 godina najdjelotvorniji lijek za terapiju kronične astme, jednog do najraširenijih oboljenja zapadne hemisfere.

U ovim primjerima su akademska istraživanja otvorila nove perspektive rješavanju problema u industriji – terapiji kritičnih oboljenja.

AIDS (*Acquired Immunodeficiency Syndrome*) je uz neke vrste karcinoma danas jedno od oboljenja za koja se još uvijek traži optimalna i efikasna terapija. Procijenjeno je 2008. godine da od AIDS-a boluje gotovo 35 milijuna ljudi. Efavirenz je jedan od lijekova koji se danas široko primjenjuje. Rezultat je višegodišnjih istraživanja u laboratorijima tvrtke Merck & Co Inc. u New Jerseyju (SAD) i djeluje kao inhibitor HIV-reverzne transkriptaze (HIV-RT), koja je definirana kao biološka meta u suradnji s medicinskim kemičarima i biokemičarima sa Sveučilišta Purdue, Indiana.¹⁰

– Kemijska sinteza efavirenza je međutim rezultat suradnje Mercovih kemičara s timom prof. Davida H. Colluma, Cornell University, Ithaca.^{11,12} U okviru te suradnje otkrivena su i objavljena fundamentalna saznanja o mehanizmu enantioselektivne alkinilacije karbonilnih spojeva, o strukturama Li-agregata s kiralnim ligandima u katalitičkim kompleksima te o uzrocima nelinearnog efekta u transferu kiralnosti u katalitičkoj reakciji. Mislim da citirani radovi mogu služiti kao primjer gdje kreativnost (Japanci tvrde da postoji kolektivna kreativnost!) ujedinjuje u zajednički projekt akademska i usmjerena istraživanja i uklanja svaku dihotomiju među njima.

Odabrao sam ovih nekoliko primjera velikih dostignuća kemijske znanosti. Projekti u industriji imaju međutim češće izrazit interdisciplinarni karakter nego na sveučilištu jer to zahtijeva postavljeni cilj! I ovo se na sveučilištu često zaboravlja, kako tijekom edukacije tako i u planiranju vlastitih projekata za koje se očekuje interes i potpora industrije, engl. *inventive companies*.

Na kraju ovog odsječka jedna za čitatelje zanimljiva a za našu realnost vjerujem korisna pripovijest. Početkom 80-ih godina boravio sam nekoliko dana u istraživačkom centru tvrtke GSK, koja se u to vrijeme zvala SmithKline and French, u Welwyn Garden Cityju nedaleko od Londona. Pružila mi se prilika razgovarati sa dr. Grahamom J. Durantom, medicinskim kemičarom koji je sugerirao strukturu cimetidina, prvog uspješnog lijeka za terapiju čira na dvanaestercu i srodnih oboljenja. Posebno je bio značajan njegov pristup planiranim strukturama oponašanjem strukture histamina, prirodnog inhibitora receptora H₂, i tumačenje mehanizma djelovanja sintetskih inhibitora. Budući da je u to vrijeme farmaceutska industrija Velike Britanije prednjačila u razvoju inovativnih lijekova, upitao sam kako tumače tu eksplozivnu pojavu inventivnosti u istraživačkim institutima britanske farmaceutske industrije. Odgovor se može sažeti otprilike ovako; "Već poslije Drugog svjetskog rata uočili smo da uspješne istraživačke timove u industriji vode izuzetno kreativni mladi kemičari, educirani na našim sveučilištima, koji imaju "nešto posebno" što nemaju njihovi jednako dobri kolege koji postaju vrhunski znanstvenici, profesori na tim našim najuglednijim sveučilištima!" U daljem razgovoru pokazalo se da su to "nešto posebno" karakterne osobine; koncipiranje rizičnih interdisciplinarnih projekata i poticanje kreativnog rada svih suradnika na njima, te pridobivanje svih članova istraživačkog tima za "rizičan" profesionalni život. To sve iz dubokog uvjerenja da je toga vrijedan projekt razvoja novog lijeka za nezadovoljeno terapijsko područje (*unmet therapeutic need*), a ne zbog osobnog probitka na međunarodno priznatoj skali kroz *impact factor* i sl. Čitatelj može reći, lijepo ali ta su vremena prošla. Nisam siguran, ali mi je poznato da je nakon takvih uspjeha cijela plejada najboljih znanstvenika iz farmaceutske industrije Velike Britanije a zatim i iz ostalih europskih zemalja vrbovana u posljednja dva-tri desetljeća prošlog stoljeća od strane tvrtki s istraživačkim centrima u SAD-u, kamo je s njima otišla i inovativnost. Konsekvencije se u tim europskim zemljama još osjećaju, što će biti s nama u Hrvatskoj?

Kemijska tehnologija, njezini grijesi i dometi

A sada navodim nekoliko primjera s druge strane lepeze ponašanja u kemijskoj industriji, koji uglavnom formiraju javno mišljenje o kemiji i kemijskoj tehnologiji.

Bilo je to jednog proljeća prije nekoliko desetljeća. Radeći u istraživačkom institutu CRC u Italiji, u okviru suradničkog projekta s jednom uglednom tvrtkom u Španjolskoj, posjetio sam njihov razvojni institut udaljen oko 20 km od Barcelone. Institut se nalazio u krugu tvornice, koja je proizvodila niz sintetskih lijekova i antibiotika. Zaštita okoliša bila je na tako niskoj razini da se već izvan kruga tvornice osjećao klorovodik u zraku, a u krugu tvornice, u uredima i laboratorijima, nadražaj sluznica bio je jedva podnošljiv. K tomu, uz put do tvornice, koji je išao obalom jedne manje rijeke, na proljetnom suncu ljeskale su se stotine odbačenih automobila, hladnjaka, perilica, televizora i sl., koje nije uspjelo sakriti zelenilo dolazećeg proljeća. Prošle godine, Španjolska je postala članicom EU-a, razvila vrhunsku znanstvena istraživanja u kemiji, državni organi Katalonije sigurno eliminirali zagađivala iz okolice Barcelone, a građani prestali bacati u rječicu "krupni otpad".

Ove slike industrijskog i građanskog nemara prema okolišu bile su redovita pojava i kod nas u bivšoj državi, te su dobro poznate nama starijim generacijama. Prisjećam se otpadnih voda tvornice celuloze u Banjoj Luci, zagađenja vode i zraka proizvodnjom klora i sode u Elektrobosni kod Jajca i u Jugovinilu kod Splita, izgleda rijeke Save kod Zagreba nakon flotacije ugljena u Trbovlju i Velenju, ali i nakon povremenog puštanja otpadnih voda iz nekih pogona Plive u Savskom Marofu. Nova, velika investicija Teva-Pliva na toj lokaciji daje nadu da će tamo problem otpadnih voda u Savi konačno biti kvalitetno riješen.

Španjolska je već dugo članica EU-a, Hrvatska će biti uskoro, ali smo bili i ostali na jednakoj razini; od potpunog nemara krajem 70-ih do velikog napretka u brizi za okoliš danas. Mislim da nije loše biti toga svjestan u Hrvatskoj iako mi i dalje imamo slučajeve spaljivanja uljnog otpada "tehnologijom" poput one u Dugoj Resi ili "zbrinjavanja" azbesta po škrapama Dalmacije i Dalmatinske zagore.

I još jedan primjer. Kao konzultant jedne industrije u podalpskom području Italije, iznad Verone, svjedočio sam sljedećem događaju. Tvornica je u velikim fermentacijskim postrojenjima proizvodila niz antibiotika, od β-laktama do eritromicina, i sve otpadne vode puštala nakon "pročišćavanja" u Adige, bistru alpsku rijeku na putu prema Jadranskom moru. To je rađeno krajnje nemarno i Adige je prijetio da postane kloaka. Upravo su onih nekoliko dana godine 1990., kada sam boravio u tvornici stigli predstavnici vlasti i zatvorili sva postrojenja, a stražu su pred tvornicom držali danočno naoružani karabinjeri!* Uprava je bila prisiljena konačno investirati u kvalitetan tretman otpadnih voda, na veliko zadovoljstvo svih kolega tehnologa i kemičara u toj tvrtki.

Kada sam idući mjesec ponovno došao, radovi na ugradnji postrojenja za obradu otpadnih voda bili su u punom jeku, ali je jedna informacija za mene bila posebno iznenađenje. Uprava je naime o toj investiciji u zaštitu okoliša informirala sve kupce njihove

* *À propos* danonoćnog stražarenja karabinjera pred proizvodnim pogonom. Pred ukidanje prava na komercijalizaciju lijeka u državama u kojima je prihvaćen patentni postupak za pripravu, u jednoj zemlji na Mediteranu nicali su tvornice kao gljive proizvođači lijekove za "specifična" tržišta, gdje se ovakvim patentima izbjegavala zaštita aktivne supstancije patentom. Zarada od prodaje često ilegalno proizvedenih aktivnih supstancija bila je enormna i na njoj su započele svoj rast i mnoge farmaceutske tvrtke u Jugoslaviji. Kada su u toj mediteranskoj zemlji počeli zatvarati takve tvornice, istina pod pritiskom "multinacionalnih" tvrtki, ali i vlada najrazvijenijih zemalja, tehnolozi su potaknuti da konstruiraju "fleksibilna" postrojenja i za najsloženije kemijske sinteze i postupke pročišćavanja. Fleksibilnost se sastojala u tome da se (nakon dojava) ta postrojenja mogu u toku noći demontirati, preseliti na novu lokaciju i odmah nastaviti proizvodnju. Ujutro bi policija nalazila samo uredno očišćene zgrade i platoe oko njih! Mi u Hrvatskoj takvu tehnološku "kreativnost" srećom nismo dostigli, a velika nefleksibilna postrojenja smo zatvorili, ostaje pitanje koje tehnologije i kada ćemo usvojiti?

vih antibiotika, šaljući im na uvid neke tehnološke detalje ali i predvidive troškove, te ih zamolila da za određeno razdoblje prihvate povišenu cijenu svih produkata za oko 5 – 10 %. Rezultat je bio iznenađujuć; sve tvrtke-klijenti, od Japana, Australije, obje Amerike do Europe, prihvatile su povišenu cijenu i izrazile podršku tom pothvatu!

Mislim da ovi primjeri iz dviju europskih industrija lijekova zorno pokazuju razliku u stavu prema okolišu, ali i legislativi, koji je u onih deset godina evoluirao od nebrige do globalnog razumijevanja problema. Vjerujem da velik broj čitatelja može navesti slične pozitivne i negativne primjere iz osobnog iskustva. Posebno ne zaboravljamo Bhopal (fosgen!) i Monzu (dioksin!), gdje su razaranja kemijskih postrojenja dovela do humanitarnih katastrofa. Kod nas smo imali slične havarije u Tuzli, Jajcu, Vitezu, ali u vremenu kada o tome javnost nije mogla biti informirana.

Zaključno razmatranje

Na kraju bih još jednom istaknuo da Hrvatsko kemijsko društvo u Godini kemije 2011. provodi i motivira niz akcija kojima se želi, ne toliko skinuti stigma s kemije u Hrvatskoj koliko potaknuti mlade naraštaje na studij te znanstvene grane. O tom aspektu djelovanja Studentske sekcije HKD-a i brojnih studenata i nastavnika Kemijskog odsjeka PMF-a naći ćete sigurno zanimljive informacije u članku T. Preočanin.¹

Ovim i sličnim inicijativama u godini kemije 2011. u Hrvatskoj HKD želi postići da jezičac na vazi emocionalnog i racionalnog odnosa prema kemijskoj znanosti i tehnologiji definitivno prevagne prema pozitivnom stavu, posebno u mlađih naraštaja. Ujedno potičem čitatelje KUI-a da makar nakon letimičnog pogleda na ovaj prilog tome doprinesu, makar uz rizik da će prema L. Paulingu "dosadivati svojim sugrađanima s kemijom"!

Literatura

References

1. T. Preočanin, Međunarodna godina kemije 2011. i popularizacija kemije među djecom i mladima, *Kem. Ind.* **60** (12) (2011) 675–677.
2. E. J. Corey, Robert Robinson Lecture. Retrosynthetic thinking – essentials and examples, *Chem. Soc. Rev.* **17** (1988) 111–133.
3. V. Prelog, Neka razmišljanja nakon 118 semestara studija kemije, *Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti* **425** (1986) 18.
4. S. Đokić, G. Kobrehel, G. Lazarevski, N. Lopotar, Z. Tamburašev, B. Kamenar, A. Nagl, I. Vicković, Erythromycin series. Part 11. Ring expansion of erythromycin A oxime by the Beckmann rearrangement, *J. Chem. Soc. Perkin. Trans.* **1** (1986) 1881–1990.
5. Z. Banić-Tomišić, Priča o azitromicinu, *Kem. Ind.* **60** (12) (2011) 603–617.
6. V. Šunjić, Fascinating Stereochemistry of Chiral 1,4-Benzodiazepines, u M. Parnham, D. Jelić (ur.), *Medicinal Chemistry in Drug Discovery, Research Signpost – Transworld Research Network, Kerala, Indija*, 2011., u tisku.
7. R. C. Murphy, S. Hammarstrom, B. Samuelsson, The Discovery of the Leukotrienes, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **76** (1979) 4275–4279.
8. M. Labelle, M. Belley, Y. Gareau, J. Y. Gauthier, D. Guay, R. Gordon, S. G. Grossmana, T. R. Jones, Y. Leblanc, M. McAuliffe, C. McFarlane, P. Masson, K. M. Metters, N. Ouimet, D. H. Patrick, H. Piechuta, C. Rochette, N. Sawyer, Y. B. Xiang, C. B. Pickett, A. W. Ford-Hutchinson, R. J. Zamboni, R. N. Young, Discovery of MK-0476, a potent and orally active leukotriene D₄ receptor antagonist devoid of peroxisomal enzyme induction, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **5** (1995) 283–288.
9. D. Guay, J. Y. Gauthier, C. Dufresne, T. R. Jones, M. McAuliffe, C. McFarlane, K. M. Metters, P. Prasit, C. Rochette, P. Roy, N. Sawyer, R. Zamboni, *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **8** (1998) 453–458.
10. Z. Zhou, X. Lin, J. D. Madura, HIV-1 RT Nonnucleoside Inhibitors and Their Interaction with RT for Antiviral Drug Development, *Infect. Disord.: Drug Targets* **6** (2006) 391–413.
11. A. Thompson, E. G. Corley, M. F. Huntigton, E. J. J. Grabowski, J. F. Remenar, D. B. Collum, Lithium Ephedrate-Mediated Addition of a Lithium Acetylide to a Ketone: Solution Structures and Relative Reactivities of Mixed Aggregates Underlying the High Enantioselectivities, *J. Am. Chem. Soc.* **120** (1998) 2028–2038.
12. F. Xu, R. A. Reamer, R. Tillyer, J. M. Cummins, E. J. J. Grabowski, P. J. Reider, D. B. Collum, J. C. Huffman, Highly Enantioselective 1,2-Addition of Lithium Acetylide-Ephedrate Complexes: Spectroscopic Evidence for Reaction Proceeding via a 2:2 Tetramer, and X-ray Spectroscopic Evidence for Reaction Proceeding via a 2:2 Tetramer, and X-ray, *J. Am. Chem. Soc.* **122** (2000) 11212–11218.

SUMMARY

Scientific Research in Academy and Chemical Industry Dichotomy or Different Philosophies, Achievements and Consequences

V. Šunjić

Disputes on the topic what is in common and what differentiates scientific research in the academic institutions and in the industrial research centers are ongoing among scientists in all fields of chemistry. New, original scientific knowledge in academic research on one hand, and successful scientific and technological solutions in industry, which have substantially improved life in the developed world on the other, have opposed these achievements and put them for various reasons in the concurrent positions. If dichotomy represents division of the whole in two halves, wherein nothing which belongs to one part can be the part of the second half, then we nowadays have a large number of prophets for this relation between two approaches to scientific research. This article offers argumentation which intends to remove this division in chemistry, and describes some achievements in research but also environmental consequences due to careless technological realization.

Chirallica Ltd., Bijenička cesta 54, 10 000 Zagreb, Croatia