

Dr. sc. Igor Dvornik – 85. godišnjica života



Dr. sc. Igor DVORNIK

Igor Dvornik ugledan je i u svijetu priznat stručnjak na području radijacijske dozimetrije. Otkrio je i predložio za praktičnu primjenu dva originalna kemijska dozimetrijska sustava, jedan za niske, a drugi za visoke doze zračenja. Ovaj drugi sustav prihvaćen je kao međunarodna norma ISO/ASTM 51538 i rabi se diljem svijeta. Kao izumitelj osobnoga kemijskog akcidentalnog dozimetra za gama i neutronska zračenja te pripadnog čitača, osmislio je i organizirao masovnu proizvodnju tog sustava za potrebe vojske i civilne zaštite, za što je 1970. godine dobio znanstvenu nagradu *Nikola Tesla*. Osnivač je *Laboratorija za radijacijsku kemiju i dozimetriju (LRKD)* i projektant jakih izvora gama-zračenja u *Institutu Ruđer Bošković (IRB)*.

Rođen je 9. svibnja 1923. u Splitu. Nakon rata, 1945. godine upisao se na *Kemijski odjel Tehničkog fakulteta* u Zagrebu. Već za vrijeme studija počeo se baviti znanstvenoistraživačkim radom u laboratoriju tvornice aluminija u Lozovcu, gdje je pod vodstvom stručnog savjetnika dr. sc. E. Herrmanna s još trojicom studenata nagrađen za poboljšanja industrijskog procesa prerađivanja boksita. Na toj je temi diplomirao 1951. i objavio radove u časopisima *Kolloid-Zeitschrift* i *Arhiv za kemiju*. Od 1951. do 1953. radio je u *Institutu za lake metale* u Zagrebu na problemima koksiranja katrantskih smola. U *Koksari* u Lukavcu radio je od 1953. do 1957., najprije kao šef kontrolnog laboratorija, a zatim pogona separacije i sušnice lignita. Radio je na istraživanju karbonizacije katrantskih smola i ugljena te uvođenju novih postupaka. Također je stvorio podloge za novi laboratorij *Koksare*.

Troma i kruta uprava tvornice ne prati njegovu inicijativnost i inventivnost, što kod njega izaziva nezadovoljstvo, pa se 1957. javlja na natječaj *Instituta Ruđer Bošković*

koji traži inventivne, ambiciozne ljude za znanstvenoistraživački rad. Ponuđeno mu je da odmah nastavi već uhodana istraživanja na području koloidne kemije ili da sam predloži što bi želio raditi. Odlučio se za ovo drugo, i nakon uvida u programe *Instituta* i pregleda literature predložio je da započne istraživanja na području kemijskih učinaka ionizirajućeg zračenja i dozimetriji. Već 1958. godine *Savezna komisija za nuklearnu energiju* odobrava njegov prijedlog za instaliranje jakog izvora gama-zračenja i osnivanje *Laboratorija za primjenu ionizirajućeg zračenja i radijacionu kemiju u Institutu Ruđer Bošković*. Vrlo brzo uočava nedostatke u tadašnjim pokušajima objavljenima u svjetskoj literaturi, da se alifatski kloridi upotrijebe kao osnova za kemijski dozimetar, pa je istraživanja usmjerio na klorbenzen koji je pokazao potrebnu postojanost i ponovljivost pokusa. Početne ohrabrujuće rezultate s klorbenzenom postigao je u *IRB-u* koristeći se rendgenskim zračenjem. Bilo je važno razviti metodu određivanja vrlo male koncentracije solne kiseline kao produkta radiolize. Prvu potvrdu pravog smjera svojih istraživanja dobio je prilikom prvog boravka u *Institutu Karpova* u Moskvi 1959.

Prema projektima I. Dvornika instaliran je u *IRB-u* 1961. godine prvi izvor gama-zračenja, a 1963. završena je izgradnja posebnog prostora za instaliranje poluindustrijskog izvora gama-zračenja aktivnosti do 150 kCi. Istraživanja radiolize otopina klorbenzena u razdoblju od 1961. do 1963., u kojima je sudjelovala i Uršula Zec te diplomanti, rezultirala su usvajanjem postupka vrlo preciznog spektrofotometrijskog mjerenja HCl nastalog radiolizom u trimetilpentanu uz dodatak etanola, te timolsulfonftaleina kao indikatora. Stroga linearna ovisnost koncentracije HCl o dozi zračenja daje osnovu za dozimetar. Rješenje za vizualni čitač dozimetra predlaže na načelu vizualne kolorimetrije, gdje bi se boja ozračenih dozimetarskih otopina uspoređivala s bojama standardnih otopina indikatora, a koje odgovaraju bojama koje bi dozimetarska otopina poprimila tijekom radiolize klorbenzena ovisno o dozi zračenja u rasponu doza od 0 do 12 Gy.

Tijekom ponovnoga šestomjesečnog boravka u *Institutu Karpova* u Moskvi detaljno je karakterizirao dozimetrijski sustav i pretpostavio da HCl nastaje disocijativnim zahvatom nadtermalnog elektrona molekulom klorbenzena, što je fundamentalni doprinos radijacijskoj kemiji. Doktorirao je na toj temi 1965. Smjesa etanola i klorbenzena pokazala je izvrsna svojstva za praktičnu dozimetriju u području visokih, a smjesa trimetilpentana etanola i klorbenzena u području niskih doza kakve se mogu očekivati u nuklearnim nesrećama (akcidentima).

Svoj izum kemijskoga akcidentalnog dozimetra predložio je mjerodavnim institucijama kao rješenje masovne osobne dozimetrije u izvanrednim okolnostima za potrebe vojske i civilne zaštite. Nakon dugotrajnog postupka provjera i poboljšanja, počela je 1970. masovna proizvodnja dozimetra i čitača, koju je osmislio i organizirao u *LRKD-u*, jer nije bilo moguće naći proizvođača izvan *IRB-a*.

Vizija I. Dvornika bila je stvaranje uspješnog laboratorija u kojem će se provoditi kvalitetna temeljna istraživanja djelovanja ionizirajućeg zračenja na materiju i postojano nastojati rezultate tih istraživanja primijeniti u praksi. Sukladno tomu, već 1963. godine zapošljava u *LRKD-u* u statusu asistenta postdiplomanta F. Ranogajca, koji je svoj diplomski rad izradio na radiolizi otopina klorbenzena, te prihvaća njegovu želju da započne istraživanja radijacijske modifikacije polimera. Da bi ga što bolje osposobio za taj pionirski posao, omogućuje mu specijalizacije za izradu magistarskog rada i disertacije u vrhunskim znanstvenim centrima u inozemstvu. Zatim stipendira i 1968. godine zapošljava asistente postdiplomante: D. Ražema za rad na području radijacijske kemije, kojemu također omogućuje vrhunsku specijalizaciju u inozemstvu, te M. Barića za rad na području polimera. Tako je oformljena potrebna znanstvena jezgra laboratorija. Vrlo visoka financijska sredstva ostvarena proizvodnjom dozimetara ulagana su u izgradnju i opremanje novih laboratorijskih prostora i prostora za smještaj i rad linearnog akceleratora te prostora za skladištenje robe koja se podvrgava radijacijskoj obradi. Također su osigurana sredstva za stambeno zbrinjavanje zaposlenih. Tako je stvorena materijalna i kadrovska osnova za dugoročan znanstvenoistraživački rad u *LRKD-u* na područjima radijacijske kemije i dozimetrije, radijacijske modifikacije polimera te radijacijske tehnologije. I. Dvornik je projektant transportno-montažnog spremnika za radioaktivni kobalt te manipulacijskih i sigurnosnih uređaja za poluindustrijski izvor zračenja aktivnosti do 150 000 Ci. Kada je 1982. u uređaj za ozračivanje instaliran radioaktivni kobalt aktivnosti 50 000 Ci dobiven u sklopu tehničke pomoći od *Međunarodne agencije za atomsku energiju, LRKD* je, uz kvalitetna temeljna istraživanja, postao prvi centar za demonstracije, servis i istraživanja u radijacijskoj proizvodnji u nas.

U međuvremenu, Dvornikovi dozimetri, kako su ih počeli nazivati na međunarodnim znanstvenim skupovima, doživjeli su punu afirmaciju u svijetu, jer su se na međunarodnim usporednim mjerenjima pokazali uspješnima ne samo za mjerenje

gama-zračenja već i elektrona i neutrona u širokom rasponu doza. Na vrhuncu uspješnoga znanstvenoistraživačkoga i inventivnog rada, I. Dvornik 1985. odlazi u mirovinu. Iza sebe ostavlja uspješan *LRKD* s osam znanstvenih radnika i potrebnim tehničkim osobljem te profitabilnu proizvodnju dozimetara.

Dr. Igora Dvornika njegovi suradnici doživljavaju kao velikog vizionara, izumitelja i nepokolebljivog optimista punog samopouzdanja, a istodobno skromnog čovjeka, punog ljudske topline, razumijevanja i tolerancije te uvijek spremnog pomoći. Optimizam i entuzijizam prenosio je na svoju okolinu i tako stvarao vrlo poticajno i ugodno radno ozračje. Bio je velik zaljubljenik u znanstvenoistraživački rad i pun ideja kako rezultate znanstvenih istraživanja iskoristiti

u praksi. Zbog čvrstog stajališta da znanstveni radnici trebaju nastojati rezultate svojih istraživanja primjenjivati u praksi, imao je teškoće s *fundamentalcima* u *IRB*-u i šire. Bio je velik borac za istinu i pravdu te prava moralna vertikala u sredini koja nije bila imuna na samoisticanje, zavist, koristoljublje i karijerizam. Objavio je oko stotinu znanstvenih i stručnih radova. Iako su njegovi izumi i danas priznati i koriste se kao norme u vrhu svjetske dozimetrije, on ne uživa odgovarajući društveni status u svojoj zemlji zbog manjkavih kriterija vrednovanja. Tu se velikim dijelom krije odgovor na danas goruće pitanje zašto naša zemlja ima tako slabu proizvodnju i tako mali broj vlastitih proizvoda.

Suradnici I. Dvornika i danas ga od milja nazivaju *šefom*, i to će za njih doživotno ostati,

jer se u rukovođenju koristio ljudskim, prijateljskim, pa i očinskim savjetom.

Čestitajući I. Dvorniku 85. rođendan, želimo mu zahvaliti na osnivanju *LRKD*-a, na njegovu pionirskom znanstvenoistraživačkom radu na području dozimetrije i radijacijske kemije u nas. Na osposobljavanju znanstvenoga i stručnoga kadra, na izgradnji i opremanju velikih laboratorijskih prostora u *IRB*-u, izgradnji poluindustrijskog izvora zračenja, na izumima u dozimetriji na korist svoje zemlje i njezine afirmacije u svijetu te na nastojanju da se naša zemlja razvija na vlastitoj pameti. Povrh svega zahvaljujemo mu na humanosti, poštenju, pravедnosti, razumijevanju i toleranciji te brizi i pomoći koju nam je pružao. Želimo mu mnogo zdravlja te sretan i dug život.

Franjo RANOGAJEC

Kako je *Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju* odgovarao izazovima svoga vremena

Uz 50. obljetnicu *Laboratorija* i 45. obljetnicu istraživanja polimera u *LRKD*-u

Priredio: Dušan Ražem, voditelj LRKD-a

Počeci rada *Laboratorija*

Prijedlog dr. sc. Igora Dvornika za osnivanje *Laboratorija za radijacionu kemiju* datiran je srpnja 1958. godine i to se uzima kao datum osnivanja, s time što se naziv 1974. promijenio u *Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju (LRKD)*. I. Dvornik je odmah ispravno uočio perspektivnost radijacijsko-kemijskih istraživanja koja su nudila nova otkrića i mogućnosti primjene novoga nekonvencionalnog izvora energije za iniciranje kemijskih promjena. Također je ispravno uočio da bi tadašnja radiobiološka i druga istraživanja na *Institutu Ruđer Bošković* mogla profitirati od uspostavljanja snažnoga izotopnog izvora ionizirajućeg zračenja i kompetentne dozimetrije zračenja. Tako su se prvih godina glavne aktivnosti *Laboratorija* usredotočile na projektiranje i izgradnju jakih izvora gama-zračenja i istraživanja sustava koji bi mogli poslužiti za dozimetriju zračenja te na istraživanja djelovanja zračenja na polimerne materijale.

Prvi izvor gama-zračenja bio je radioaktivni kobalt-60 u olovnome transportnom kontejneru, dakle izvor zatvorenog tipa. Zbog malog volumena i niske brzine doze uskoro se stvorila potreba da se izgradi uređaj za ozračivanje većega kapaciteta. Zato se

prilikom izgradnje ciklotrona pristupilo i izgradnji panoramskog uređaja za ozračivanje u podzemnom bunkeru s komorom 4 m · 5 m. Boraveći u *Institutu Karpova* u Moskvi, I. Dvornik preuzeo je konstrukciju njihova izvora zračenja kao cilindričnoga kaveza s 24 šipke ⁶⁰Co raspoređene kao izvodnice valjka. Već 1965. instalirana je aktivnost od 7 500 Ci, a radioaktivni kobalt bio je proizveden na reaktoru u Vinči. Međutim, zahvaljujući dalekovidnom planiranju, zaštita od zračenja bila je projektirana za aktivnost do 150 000 Ci, pa se sljedećim rekonstrukcijama mogla dosegnuti razina poluindustrijskog izvora zračenja.

Osnovna pretpostavka za kvantitativno poznavanje svih, kemijskih i bioloških učinaka zračenja, jest poznavanje doze zračenja koja proizvodi promatrani učinak. Zato se dozimetriji od početka posvećivala osobita pozornost. Uz već samorazumljivu potrebu da se dozimetrijski karakteriziraju postojeća polja zračenja u *Laboratoriju*, javila se i potreba da se mjere relativno male, ali biološki relevantne doze, koje bi u slučaju nuklearne nesreće ili nuklearnog napada moglo primiti stanovništvo ili oružane snage. Potkraj pedesetih godina mnoge su zemlje razvijale dozimetrijske sustave za osobnu akcidentalnu dozimetriju koji su se zasnivali na

lančanoj reakciji nastajanja klorovodične kiseline (HCl) iz ozračenih kloriranih organskih spojeva. Predloženi sustavi uglavnom su se odlikovali razmjerno velikom osjetljivošću, ali slabom ponovljivošću, pa su bili prije indikatori ozračenja nego dozimetri.

Tijekom boravka u *Institutu Karpova* u Moskvi I. Dvornik počeo je eksperimentirati otopinama klorbenzena, u kojima nakon zračenja nastaje HCl. To je postalo temelj za osmišljavanje dviju obitelji kapljevitihi kemijskih dozimetrijskih sustava na osnovi klorbenzena.

Radijacijska dozimetrija

Eksperimentirajući u sredinama različite polarosti i s različitim indikatorima pH, I. Dvornik i suradnici pronašli su smjesu otapala u kojoj je bazno-kiseli prijelaz linearan i razmjeran dozi zračenja. Taj dozimetar postao je osnova osobnoga kemijskog akcidentalnog dozimetrijskog sustava. Sustav je postao osobito aktualan nakon sovjetske invazije na Čehoslovačku 1968., kad se nije isključivala ni taktička uporaba nuklearnog oružja manje snage. Stoga je jugoslavensko rukovodstvo iznjedrilo novu obrambenu doktrinu općenarodne obrane i društvene samozaštite. Dozimetrijski sustav, koji su