

40. jubilejni Goljevščkov spominski dan

22.4.2024, Hajdrihova 28, Ljubljana

In memoriam Boris Kompare

Izr. prof. dr. Nataša Atanasova: Boris Kompare, človek pred svojim časom



Letos mineva 10 let, odkar je svojo življenjsko pot mnogo prezgodaj zaključil naš profesor, mentor in prijatelj Boris Kompare.

Boris Kompare se je rodil 17. junija 1956 v Postojni. Po končani gimnaziji se je leta 1975 vpisal na Fakulteto za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo. Diplomiral je na hidrotehnični smeri leta 1980. Po diplomi se je zaposlil na fakulteti kot pedagoški in raziskovalni sodelavec Inštituta za zdravstveno hidrotehniko (IZH), kjer je prehodil celotno pot, od asistenta do rednega profesorja. Ta pot je bila izjemno bogata in plodna, mednarodno uveljavljena že od njegovega doktorata naprej. Doktoriral je na danski Kraljevi šoli za farmacijo pri svetovno znanem prof. dr. Svenu Eriku Jørgensenu na področju uporabe umetne inteligence v ekološkem modeliranju ter pridobljeno znanje odlično nadgrajeval, razvijal in predajal svojim študentom.

V sklopu Goljevščkovega dneva smo poskušali osvetliti Borisovo zapuščino v znanosti in družbi, čeprav je vso njegovo odličnost težko strniti v nekaj minut. Močno opevana in v vseh nacionalnih in evropskih strategijah zastopana področja, kot so:

- interdisciplinarnost,
- umetna inteligenca in digitalizacija ter
- zeleni prehod,

ki so postala temelj razvoja naše družbe, je Boris uspešno razvijal od samega začetka svoje znanstvene kariere, od konca 80. let prejšnjega stoletja. Še več, svoje znanje je na izjemno prijeten način predajal svojim študentom in njegovi doktorandi naprej svojim študentom. Mentoriral je več kot 110 zaključnih del, mnogo njegovih diplomantov pa je bilo prisotnih tudi na tokratnem Goljevščkovem dnevu.

Borisov pristop reševanja okoljskih problemov je bil edinstven. Znal se je dvigniti nad disciplinarno omejenost in vedno znova navdušiti s svojo sposobnostjo povezovanja hidrotehnike z biologijo, ekologijo, kemijo, matematiko, ekonomijo in seveda umetno inteligenco. V tistem času je bilo to mnogo težje, kot je danes, a Borisu ni nikoli zmanjkalo volje in energije. Njegovi uspehi so vidni še danes, ko celotna družba stremlji v to smer.

Skrbel je za razvoj stroke v vsej svoji širini, tudi kot član številnih strokovnih in znanstvenih mednarodnih in domačih združenj, med drugim tudi Slovenskega društva za zaščito voda, ki mu je predsedoval v letih od 2008 do 2014.

V nadaljevanju so o Borisovih dosežkih na različnih področjih spregovorili tudi njegovi **dolgoletni sodelavci**:

- **Prof. dr. Sašo Džeroski**, IJS, Vodja oddelka za tehnologije znanja, dolgoletni sodelavec na področju umetne inteligence;
- **Prof. dr. Tjaša Griessler Bulc**, UL ZF in FGG, dolgoletna sodelavka na področju zelenega prehoda/tehnologij;
- **Prof. dr. Milenko Roš**, Slovensko društvo za zaščito voda, bivši predsednik društva, ki je v letu 2008 vodenje društva predal prof. dr. Borisu Komparetu.

Prof. dr. Sašo Džeroski, Institut Jožef Stefan



Njuno sodelovanje se je začelo v 90-ih letih, in sicer na osnovi Borisove povezovalne vloge med področji ekološkega modeliranja in umetne inteligence. Na tem področju je sodeloval s prof. dr. Ivanom Bratkom, pri katerem je Džeroski doktoriral leta 1995, v istem letu, kot Kompare pri prof. dr. Svenu Eriku Jørgensenu. Pred 35 leti uporaba umetne inteligence ni bila tako vseobče sprejeta, kot je danes, zato je Kompare na tem področju praktično oral ledino. Pod terminom tehnologije znanja razumemo tehnologije, ki podpirajo zbiranje, upravljanje, modeliranje in pridobivanje znanja iz podatkov. Umetna inteligenca je zato inženirska znanost, ki ustvarja uporabne in v praksi delujoče sisteme, njen del pa je tudi ustvarjanje inteligentnih strojev in zahtevnih računalniški programov. Umetna inteligenca, ki vključuje strojno učenje, ima razvejane ter neznansko velike nevronske mreže, ki delujejo v osrčju najnaprednejših tehnologij, kot so klepetalni agenti ter veliki jezikovni model ChatGPT, poleg tega pa so tu še druga področja, kot so predstavitve znanja, sklepanja, načrtovanja in optimizacije.



S tem področjem se je že v 70. letih začel ukvarjati prav prof. dr. Ivan Bratko, ki je na Turingovem inštitutu v Glasgowu tesno sodeloval s strokovnjakom Donaldom Michiejem iz Škotske. Tako je bilo v začetku 90. let v strokovnih krogih tudi poznano, da se Boris Kompare ukvarja in namerava uporabiti umetno inteligenco tudi na področju okolja in ekološkega modeliranja. Prof. dr. Džeroski se je v tem času povezal še s prof. Patom Langleyjem iz Stanfordske univerze, ki je sodeloval z Nobelovim nagajencem za ekonomijo Herbertom Simonom, raziskovalcem s področja umetne inteligence. Njegova pomembna znanstvena dognanja vključujejo tudi ugotovitve, da je mogoče človeško reševanje problemov računalniško programirati oz. probleme odkrivanja znanstvenih dejstev in teorij formulirati kot probleme, ki jih je mogoče reševati z metodami umetne inteligence. V času, ko je prof. Langley iz podatkov odkrival algebrske enačbe, poustvarjal Keplerjeve zakone in druga zanimiva odkritja, so se tudi slovenski strokovnjaki ukvarjali z odkrivanjem enačb iz podatkov, da bi jih prilagodili modeliranju dinamičnih sistemov, ki se spreminjajo skozi čas, zato so v ospredje postavili diferencialne enačbe. S kolegom Ljupčem Todorovskim, kasnejšim tesnim sodelavcem Borisa Kompareta in Nataše Atanasove, so tako v letih 1991 in 1992 razvijali sisteme za odkrivanje diferencialnih enačb iz podatkov. Sodelovanje je potekalo tudi s strokovnjaki iz Padove, ki so spremljali stanje in želeli modelirati rast alg v Beneški laguni. V Padovi sta mesec dni kot profesorja skupaj gostovala tudi z Borisom Komparetom in sodelovala v tem projektu. Kompare je temo ekološkega modeliranja zatem pripeljal tudi v Slovenijo, saj je vedel, da so modeli, ki s predikcijo omogočajo strokovnjakom sprejemanje odločitev in ukrepov, močna orodja za upravljanje različnih ekosistemov.

Preko svojega mentorja prof. dr. Svena Jørgensena in sodelovanja s prof. dr. Ivanom Bratkom je Kompare tako prvi stopil na pot ekološkega modeliranja in umetne inteligence. To ga je v začetku 90. let pripeljalo do projekta *Tempus* na področju vodnih virov. Ekološko modeliranje lahko z uporabo umetne inteligence profitira, saj slednja omogoča, da se iz pridobljenih podatkov (o populacijski dinamiki, ki spremlja spremembe populacije skozi čas, ter podatkih o ustreznosti habitata) avtomatično pridobiva modele (podatkovno gnano modeliranje). Temu se je posvetil Boris Kompare in kaj kmalu je postalo jasno, da sami podatki ne zadoščajo, saj ima v teh procesih veliko vlogo prav ekološko znanje o procesih in obravnavanju različnih problematik.

Raziskovalci so se ves čas soočali s številnimi izzivi, kako to ekološko predznanje vključiti v gradnjo ekoloških modelov, ga na razumljiv način predstaviti ljudem ter prenesti v računalniške programe, prav tako tudi, kako to znanje učinkovito pridobivati in ga v te procese tudi implementirati. Ta tematika je še vedno zelo aktualna, saj le maloštevilne metode učinkovito uporabljajo obstoječe predznanje. Tu je Borisova doktorandka Nataša Atanasova orala ledino, saj je veliko ekološkega znanja ob populacijski dinamiki pretočila v obliko, ki jo znajo prepoznati tako strokovnjaki kot računalniki in zatem uporabiti pri nadaljnjem delu.

Borisova zapuščina je ključna ravno zato, ker je v Slovenijo pripeljal področje ekološkega modeliranja, kar je izjemnega pomena za državo, v svetovnem okviru pa je bil tudi eden prvih, ki je to področje povezal z umetno inteligenco.

Po njegovi zaslugi je Slovenija igrala pomembno vlogo pri organizaciji različnih mednarodnih dogodkov, kar je med drugim spodbudilo tudi širitev sodelovanja s specializiranimi revijami s področja ekologije. Njegova zapuščina živi naprej skozi njegovo delo in tudi delo njegovih študentov, kasnejših Borisovih tesnih sodelavcev, kot tudi številnih študentov naslednjih generacij.

Prof. dr. Tjaša Griessler Bulc, UL ZF in FGG



Boris Kompare je bil kot strokovnjak zanimiv ravno za interdisciplinarne raziskave, saj je že od konca 90. let dalje k intenzivnemu in dolgoročnemu sodelovanju na področju zelenih tehnologij vabil in spodbujal biologe in vodarje, kemike, agronome, arhitekta in krajinske arhitekta.

Že takrat ustanovljena skupina povezanih strokovnjakov še danes deluje izjemno uspešno in je prepoznana tudi v mednarodnem okolju. Z Borisom Komparetom so v letih 2008 in 2009 sodelovali pri takratni novi temi, projektu *Ločevanje in čiščenje odpadne vode*, ki je potekal na sečoveljskih Solinah, kjer poteka pridelava hrane (soli), del projekta Sanbox pa je potekal tudi v Švici (koča Britannia na 3.000 metrih nadmorske višine v Saas Feeju). Z njim so želeli izpostaviti, da odpadna voda, ki v sebi s hranili nosi veliko dobrobiti, prinaša tudi veliko težav, zato je treba znati naslavljati tudi tovrstna tveganja. S projektom, ki je potekal na dveh ekstremnih lokacijah, so raziskovalci tako želeli primerjati, kako samozadostno ločevati vodo in uporabljati produkte iz te odpadne vode.

Danes raziskovalci ugotavljajo, da je stanje v letu 2024 še vedno podobno tistemu iz leta 2009: še vedno so prisotni ekstremni podnebni pogoji, viri energije in vode so še vedno omejeni, na občutljivih območjih še vedno obstajajo težave s čiščenjem vode, zato je potreba po ločevanju črne, rumene in sive vode nujna. Z *Uredbo o čiščenju komunalne vode* v letu 2015, ki v 32. členu navaja, da je treba ločevati odpadno vodo in ustrezno čistiti sivo vodo, je bil narejen velik korak naprej, saj je to nujnost, ki so jo zagovarjali raziskovalci, zdaj začela izpostavljati tudi zakonodaja (še posebej to velja za objekte nad 1.500 metrov nadmorske višine).

Odpadna voda je postala zanimiva, ko se jo je začelo ločevati, kot je to primer pri odpadkih. Ti procesi hkrati pomenijo tudi boljše čiščenje odpadne vode in vračanje le ustreznih produktov nazaj v okolje, na primer na kmetijske površine. Ob zavedanju, da bo po letu 2030 prišlo do pomanjkanja fosforja, ki ga potrebujemo za pridelavo hrane, bi lahko izziv reševali z vračanjem fosforja in dušika na kmetijske površine, hkrati pa bi s tem zmanjšali nakup oz. uvoz sintetičnih mineralnih gnojil ter povečali samozadostnost nekaterih kmetij. Seveda je treba ob tem nasloviti tudi vsa tveganja, saj odpadna voda vsebuje tudi kopico drugih snovi, ki niso primerne za vračanje nazaj v okolje. Raziskovalci tako menijo, da je z dobrim ravnanjem na viru to dvoje mogoče povezati in pridobiti prečiščeno vodo, ki je lahko tudi alternativni vir gnojil.

Koncept, ki so ga začeli z Borisom razvijati v letu 2009, je temeljil na ločevanju črne vode na trdni in tekoči del, uporabo sive vode na rastlinski čistilni napravi pa izkoristiti za nadaljnjo uporabo biomase. Tudi pravilno tretiran in obdelan kompost iz črne vode (ali iz bioplinarn) je mogoče uporabiti kot

produkt za kmetijske površine, ravno tako tudi tekočo fazo. Če je ta problematična, je mogoče tekočo fazo upariti in za nadaljnjo uporabo ustvariti trdne delce.

Projekt na Solinah je spremljala vrsta težav in z Borisom so morali reševati kup zapletov, vendar jim je ob sodelovanju z nemškimi in norveškimi tehničnimi strokovnjaki uspelo vzpostaviti sistem, kjer naj bi sončna energija v zrak uparevala problematično vodo skozi solarni puhalnik ob pomoči kaskadnega sušilnika, proces pa so spremljale tudi natančne meritve. Sivo vodo so spremljali v rastlinski čistilni napravi, črno vodo pa spreminjali v uporaben produkt.

Ta čas so morali opremo spraviti tudi do koč Britannia v švicarskem Saas Feeju, zaradi bližnjega melišča pa so morali zavarovati solarne panele in pred kočjo postaviti postojanko, da bi lahko vzpostavili sistem ločevanja odpadne vode. Iz projekta so se veliko naučili in se usmerili v vse bolj avtomatizirani sistem ločevanja odpadne vode. To jim je kasneje omogočila lokacija podjetja Koto, kjer so vzpostavili tehnični sistem za ločevanje črne, sive in rumene vode. Ob tem je vzporedno potekal še projekt na digestatu podjetja Algen, ki je vzpostavljaj algi bazen, zato so prišli na idejo, da bi tako kot na digestatu gojili alge tudi na tekočem delu črne vode. Tu se je začel večji razvoj njihove skupine, kjer so začeli razmišljati, kako neke produkte iz odpadne vode še dodatno transformirati. Borisova zapuščina in znanje sta se v letih 2022/23 prelila tudi v Kočo pri Triglavskih jezerih, kjer sicer deluje SBR sistem čiščenja odpadnih voda, a obisk velikega števila gostov zaradi prepustnih tal predstavlja poseben izziv za okolje. Predvidena je uporaba suhih stranišč ter nadgradnja SBR z rastlinsko čistilno napravo, razprave s TNP-jem pa trenutno še potekajo.

Boris Kompare se je zavedal nujnosti interdisciplinarnega sodelovanja raziskovalcev različnih strok in izmenjave znanja skozi razprave, razmišljanja in diskusije. Njegovo tovrstno naravnost odsevajo tudi projekti zelenih tehnologij v Ajdovščini, na UL FGG in trije ARIS raziskovalni projekti, povezani tudi s čiščenjem odpadne vode na senzitivnih območjih. Skupaj z ostalimi strokovnjaki iz IJS raziskujejo tudi vplive novodobnih organskih onesnaževal in njihovega prehoda v kmetijske poljščine, da bi razumeli tveganja, ki jih lahko vnašajo v končne produkte prehranske industrije in imajo vpliv na zdravje ljudi. Boris je bil na tej poti ključen člen in njegovo željo po interdisciplinarnem sodelovanju različnih strokovnjakov uresničujemo še danes.

Prof. dr. Milenko Roš, SDZV



Prof. dr. Milenko Roš je udeležence nagovoril v imenu Slovenskega društva za zaščito voda ter z njimi delil tudi nekaj misli o svojem kolegu in prijatelju Borisu. Z Borisom sta se spoznala okoli leta 1990, ko

sta oba pokrivala področje čiščenja odpadnih voda: Boris na *Inštitutu za zdravstveno hidrotehniko*, sam pa je takrat deloval na *Kemijskem inštitutu*. Ker sta obe instituciji locirani v neposredni bližini na Hajdrihovi ulici, obiskovanje enega ali drugega ni bilo nikoli težavno.

V letu 1991 je bilo ustanovljeno Slovensko društvo za zaščito voda (SDZV), in le nekaj let kasneje je Boris postal njegov vidni član. Po letu 1995, ko je prof. dr. Roš prevzel predsedovanje društva, sta se z Borisom velikokrat pogovarjala tudi o delovanju društva in njegovi vlogi v slovenskem in evropskem prostoru.



Tako je že v letu 1997 izšla knjižica *Izrazje s področja voda*. To je bil prvi poskus poenotenja izrazov s področja voda, ki se je pozneje razvil v [Izraze na področju voda](#) in je javnosti na voljo na spletni strani SDZV.

Leta 2008 je Slovensko društvo za zaščito voda izvolilo Borisa za svojega predsednika. Svojo funkcijo je vzel zelo resno, tako kot vsako delo, ki se ga je lotil. Med drugim je tudi soustvarjal simpozije Vodni dnevi, ki so od leta 1995 dalje organizirani vsako leto. Na njih je tudi predaval, in sicer leta 2005, 2007 in 2010.

Prof. Roš se rad spominja njegove zagnanosti tudi na *Vodnih dnevih 2013*, saj bil Boris takrat član programsko organizacijskega odbora srečanja in tudi koordinator nekaj sklopov predavanj.

Ko sta se konec leta 2013 pogovarjala o nadaljnjem delu društva, je Boris prof. Rošu omenil, da bosta dokončni načrt za naslednji simpozij naredila takoj, ko se bo vrnil iz bolnišnice. Ker so mu odkrili neozdravljivo bolezen, se žal ta načrt ni nikoli uresničil. Po simpoziju Vodni dnevi v oktobru 2014 ga je nekaj dni pred njegovo smrtjo še zadnjič obiskal na njegovem domu v Luciji.



Ko sta se prvič srečala, sta z Borisom hitro postala prijatelja, ob njunem druženju pa je tudi spoznal, kako izjemno prijeten in duhovit sogovornik je bil. Vsakemu je bil pripravljen priskočiti na pomoč in mu nesebično pomagati. Bil pa je tudi zelo predan družini in skrben oče. »Skratka, bil je *Človek*, in takega bom za vedno obdržal v spominu«, je svoj nagovor v spomin prijatelju Borisu sklenil prof. dr. Milenko Roš.