

25 let sodelovanja Slovenije v Mednarodni zvezi za seizmologijo in fiziko notranjosti Zemlje (IASPEI)

Andrej Gosar*

Sto let Mednarodne zveze za geodezijo in geofiziko (IUGG)

Mednarodna zveza za geodezijo in geofiziko (IUGG) je mednarodna nevladna organizacija za znanstvene raziskave Zemlje in vseh njenih okolij ter deloma tudi vesolja z uporabo geofizikalnih in geodetskih raziskovalnih metod. Ustanovljena je bila leta 1919 v Bruslju z namenom spodbujati in koordinirati predvsem fizikalno, kemično in matematično raziskovanje planeta Zemlja. To vključuje njeno geometrijsko obliko, notranjo zgradbo, težnostno in magnetno polje, seizmičnost, vulkanizem, hidrološki krog, ledenike, oceane, atmosfero, ionosfero in magnetosfero Zemlje. Dodatno pokriva tudi solarne, lunarne in planetarne raziskave. Ena izmed pomembnih nalog je spodbujanje raziskovanja naravnih pojavov, ki povzročajo naravne nesreče, da bi jih bolje razumeli in blažili njihove posledice.

Zgodovino IUGG je treba gledati tudi v perspektivi burne zgodovine človeštva v zadnjih sto letih, ko mednarodno znanstveno sodelovanje zaradi vojn, blokavske razdelitve, hladne vojne ter kompleksnih družbenih, političnih in ekonomskih razmer dvajsetega stoletja ni bilo vedno mogoče, oziroma je bilo vsaj močno oteženo. Nekatera najpomembnejša geofizikalna spoznanja o planetu Zemlji, kot je oblikovanje celovite *Teorije o tektoniki litosferskih plošč* pred okoli 55 leti, so bila mogoča šele, ko je mednarodno sodelovanje pri seizmološkem monitoringu ali batimetriji oceanskega dna doseglo takšen obseg, da je pokrilo večino površja Zemlje. Na višku hladne vojne to ni bilo preprosto in raziskovalci so morali biti vselej vsaj en korak pred politiki. Poslanstvo IUGG zato ni bilo nikoli le čim kakovostnejša znanost, ampak tudi povezovanje in izobraževanje ter posredovanje znanja odločevalcem in politikom.

Mednarodna zveza za geodezijo in geofiziko je ena izmed 40 znanstvenih zvez v okviru *Mednarodnega znanstvenega sveta (International Science Council – ISC)*. Sestavlja jo osem večinoma avtonomnih združenj, ki pokrivajo različna področja znanosti. Vsake štiri leta organizira generalno skupščino, ki se je udeleži več tisoč znanstvenikov. Do zdaj je bilo 27 takšnih skupščin, prva leta 1922 v Rimu, jubilejna ob stoletnici pa je bila julija 2019 v Montrealu. Uradna jezika IUGG sta angleščina in francoščina. Trenutno je v IUGG 59 držav polnopravnih članic in 13 pridruženih članic.

Znotraj IUGG je veliko raziskovalnih dejavnosti, ki zahtevajo interdisciplinarno sodelovanje različnih zvez, ki so prav zato povezane v krovno organizacijo. Zato so nekatera interdisciplinarna področja še posebej formalizirana kot medzvezne komisije:

- Skupna komisija za cunamije (IAPSO, IASPEI, IAVCEI),
- Mednarodna komisija za Zemljin toplotni tok (IASPEI, IAVCEI),
- Komisija za fiziko in kemizem Zemljinih surovin (IASPEI, IAVCEI),
- Komisija za vulkansko seizmologijo in akustiko (IASPEI, IAVCEI),
- Mednarodno omrežje oceanov (IAGA, IASPEI),
- Delovna skupina za študij elektromagnetizma potresov in vulkanov (IAGA, IASPEI, IAVCEI),
- Delovna skupina o subdukcijskih conah v državah v razvoju (IASPEI, IAVCEI),

- Komisija o interakciji med vulkani in ledom (IACS, IAVCEI).

Največ interdisciplinarnih komisij povezuje raziskovalce iz *Mednarodne zveze za vulkanologijo in kemijo notranjosti Zemlje* (IAVCEI) ter *Mednarodne zveze za seizmologijo in fiziko notranjosti Zemlje* (IASPEI), kar je razumljivo, saj so največje geološko pogojene nevarnosti povezane z območji subdukcije litosferskih plošč, pri čemer nastajajo najmočnejši potresi in vulkanski izbruhi, posledično pa tudi cunamiji.

Mednarodni raziskovalni programi IUGG

IUGG je dosegla največjo prepoznavnost kot pobudnik in spodbujevalec številnih letnih ali večletnih globalnih raziskovalnih programov. Za področje naravnih nesreč je bil najpomembnejši program *Mednarodna dekada za zmanjšanje posledic naravnih nesreč* (*International Decade for Natural Disaster Reduction*, 1990–1999). Cilj desetletnega programa, ki so ga razglasili Združeni narodi, je bil z mednarodnim sodelovanjem zmanjšati število žrtev, gmotno škodo, socialne in ekonomske posledice naravnih nesreč, predvsem v državah v razvoju. Za koordinacijo so pri Združenih narodih v Ženevi ustanovili posebno pisarno, ki je bila tesno povezana z *Organizacijo združenih narodov za pomoč ob naravnih nesrečah* (*United Nations Disaster Relief Organization* – UNDRO).

Pozneje je na področju naravnih nesreč potekal program Ekstremne naravne nevarnosti in vplivi na družbo (*Extreme Natural Hazards and Societal Implications*, 2010–2014), trenutno pa poteka program Integrirane raziskave ogroženosti zaradi naravnih nesreč (*Integrated Research on Disaster Risk*).

Med drugimi raziskovalnimi programi IUGG so izstopali *Mednarodno geofizikalno leto* (1957–1958), s katerim so zaznamovali 50-letnico mednarodnega sodelovanja na področju geofizike, pomembne preboje v raziskovanju vesolja in globalne geofizike in vsaj deloma oživili sodelovanje raziskovalcev iz zahoda in vzhoda, ki je bilo zaradi hladne vojne več let skoraj povsem prekinjeno.

Za področje seizmologije in ogroženosti zaradi potresov sta bila najpomembnejša raziskovalna programa: *Projekt raziskav zgornjega dela Zemljinega plašča* (1964–1970) in *Projekt geodinamika Zemlje* (1972–1979). Najpomembnejši program, ki poteka že od leta 1980, pa je *Mednarodni program za litosfero* (*International Lithosphere Program*), ki sta ga ustanovila IUGG in *Mednarodna zveza za geološke znanosti* (IUGS) zaradi raziskav izvora, dinamike in razvoja Zemljine litosfere, v kateri potekajo najpomembnejši geološki procesi, ki so vzrok za nastanek naravnih nesreč.

Mednarodna zveza za seizmologijo in fiziko notranjosti Zemlje (IASPEI)

IASPEI je eno izmed ustanovnih združenj IUGG, saj je bilo prvo mednarodno seizmološko združenje ustanovljeno že leta 1903. Sedanje ime je dobilo na 9. generalni skupščini IUGG leta 1951 v Bruslju. IASPEI spodbuja in koordinira raziskave potresov, širjenja potresnih valovanj ter notranjo zgradbo Zemlje, njene lastnosti in procese. Delo poteka predvsem znotraj naslednjih tematskih področij:

- zgradba Zemlje in geodinamika,
- procesi nastajanja potresov – fizika, modeliranje, opazovanja in napovedi,
- potresna nevarnost in ogroženost,

- mehanika v žarišču potresov,
- toplotni tok Zemlje,
- seizmološka opazovanja in interpretacija,
- tektonofizika in zgradba Zemljine skorje,
- izobraževanje.

Znotraj IASPEI delujejo štiri regionalne seizmološke komisije v Evropi, Aziji, Afriki in Latinski Ameriki. *Evropska seizmološka komisija* je najpomembnejše Evropsko seizmološko združenje. Mednarodno izmenjavo seizmoloških podatkov v okviru IASPEI koordinira *Mednarodna federacija digitalnih omrežij seizmografov* (FDSN).

Slovensko delovanje v okviru Mednarodne zveze za seizmologijo in fiziko notranjosti Zemlje (IASPEI)

Kmalu po osamosvojitvi Slovenije se je pokazala potreba po ustanovitvi *Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko* (SZGG), saj je ustrezen nacionalni komite pogoj za včlanitev v IUGG. Pobudnik za ustanovitev SZGG in njen prvi predsednik je bil dr. Janez K. Lapajne. Kot strokovno društvo je bila SZGG ustanovljena 26. februarja 1993 in je imela takrat 40 članov. Leta 1995 je bila Slovenija po daljšem prizadevanju vodstva združenja na konferenci v Boulderju sprejeta v IUGG. Od takrat je izvršni odbor SZGG hkrati tudi nacionalni komite Slovenije pri IUGG in poleg znanstvenih nalog skrbi tudi za poravnavanje mednarodne članarine, ki jo sofinancira *Javna agencija za raziskovalno dejavnost* (ARRS). Kasneje so se slovenski raziskovalci s področji, ki jih pokriva IASPEI, aktivno udeležili še generalne skupščine IUGG v Birminghamu (1999) ter generalnih skupščin IASPEI v Solunu (1997), Hanoiu (2001), Cape Townu (2009) in Goeteborgu (2013). Med leti 2003 in 2015 je bil generalni tajnik IASPEI prof. Peter Suhadolc iz Univerze v Trstu, ki že dolgo let tesno sodeluje s SZGG in se pogosto udeležuje tudi njenih letnih skupščin in posvetovanj. Še bolj kot v IASPEI smo slovenski seizmologi dejavni v *Evropski seizmološki komisiji*, ki je ena od štirih regionalnih seizmoloških komisij znotraj IASPEI. Nacionalna predstavnika Slovenije v IASPEI sta bila med leti 1998 in 2014 dr. Andrej Gosar ter med leti 2015 in 2020 dr. Martina Čarman. Področje IASPEI je imelo v SZGG dva častna člana: prof. dr. Danilo Ravnik (1923–2016) in dr. Janez K. Lapajne (1937–2012).

Od leta 1995 organizira SZGG ob redni letni skupščini tudi strokovno posvetovanje in ta tradicija do danes še ni bila prekinjena. Prvi dve posvetovanji sta bili posvečeni zgodovini slovenske geodezije in geofizike, tretje je imelo naslov *Novejši dosežki na področju geodezije in geofizike v Sloveniji*, naslednji dve pa *Raziskovalni projekti s področja geodezije in geofizike*. Od leta 2000 se je za ta posvetovanja ustalil naziv *Raziskave s področja geodezije in geofizike*. Od leta 2013 naprej so prispevki v zborniku tudi recenzirani. S področja IASPEI je bilo v zbornikih posvetovanj do sedaj objavljenih 47 prispevkov od tega 30 seizmoloških, 9 s področja geofizike, 5 s področja geotermije in trije s področja tektonike. Seznam vseh objavljenih prispevkov je na koncu tega članka.

Od leta 2002 SZGG podeljuje priznanja mlajšim raziskovalcem, predvsem za odmevnejša doktorska ali magistrska dela. Leta 2010 je za področje IASPEI priznanje dobil dr. Janez Rošer (UL-NTF) za doktorsko disertacijo *Raziskave vpliva sedimentov na potresno nihanje tal na območju Ljubljane z metodo mikrotremorjev* in leta 2017 mag. Gregor Rajh (UL-NTF) za magistrsko delo *Analiza seizmotektonskih podatkov v Sloveniji z uporabo GIS orodij za verjetnostno ocenjevanje potresne nevarnosti*.

Raziskovalna in strokovna dejavnost na področjih, ki jih pokriva IASPEI je v Sloveniji v zadnjih 25 letih potekala na različnih inštitucijah. Področje seizmologije je v letih 1993 in 1994 pokrival še *Seizmološki zavod Slovenije*, med leti 1995 in 2001 pa *Uprava RS za geofiziko* v okviru *Ministrstva za okolje in prostor*. Leta 2001 je bila ustanovljena *Agencija RS za okolje* in znotraj nje *Urad za seizmologijo in geologijo*, ki pod imenom *Urad za seizmologijo* deluje še danes. Leta 2017 je bil v Sloveniji sprejet *Zakon o državni meteorološki, hidrološki, oceanografski in seizmološki službi*, ki ureja seizmološko dejavnost. Osnovne naloge so monitoring potresne dejavnosti z vzpostavljanjem in vzdrževanjem državne mreže potresnih opazovalnic, zbiranje makroseizmičnih podatkov o učinkih potresov, analize in opredeljevanje osnovnih parametrov potresov ter obveščanje služb za zaščito in reševanje in javnosti o potresih na ozemlju Slovenije in bližnje okolice. Nadaljnje naloge so povezane z ocenjevanjem potresne nevarnosti, razvojno-raziskovalno delo ter mednarodno sodelovanje. Rezultate rednega monitoringa in raziskovalnega dela seizmologi objavljamo v letni publikaciji *ARSO Potresi v letu*, v strokovni reviji *Ujma* ter v mednarodni znanstveni literaturi.

Geofizikalne raziskave se v Sloveniji izvajajo predvsem na treh inštitucijah. Na *Geoinženiringu*, ki je nastal leta 1998 z reorganizacijo *Inštituta za geologijo, geotehniko in geofiziko* je tradicija raziskav na področju geofizike najdaljša. Pred tem je bilo težišče raziskav predvsem na geoelektričnih, gravimetričnih, magnetometričnih in seizmičnih raziskavah tudi z večjim globinskim dosegom, kar je bližje raziskovalnim področjem IASPEI. Kasneje pa so bile raziskave predvsem na področju inženirske geofizike z manjšim globinskim dosegom, vendar višjo ločljivostjo. Glavne metode so električna tomografija, vertikalno električno sondiranje, refrakcijska seizmika in seizmična tomografija ter georadarske raziskave. Na *Geološkem zavodu Slovenije* je zelo dolga tradicija raziskav na področju geotermije, ki imajo z izdelavo kart temperatur v različnih globinah ter karte gostote toplotnega toka ali analizo paleoklimatskih sprememb v globokih vrtnah tako temeljni kot aplikativni značaj, do raziskav za izkoriščanje plitvih geotermalnih virov, ki imajo predvsem aplikativni značaj. Kasneje se je na *Geološkem zavodu Slovenije* med raziskovalnimi metodami uveljavila tudi visokoločljiva plitva refleksijska seizmika, predvsem za raziskave v sedimentnih bazenih in aktivno tektoniko. Zelo razvite so tudi geofizikalne karotažne meritve v vrtnah. Na *Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani* v zadnjih desetih letih izvajajo raziskave podpovršja z nizkofrekvenčnim georadarjem v okviru strukturnogeoloških raziskav in raziskav kraških pojavov. Sodelujejo tudi pri raziskavah morskega dna v Tržaškem zalivu z refleksijsko seizmiko in podpovršinskim sonarjem. Cilj teh raziskav je boljše razumevanje tektonske aktivnosti na podlagi tektonske geomorfologije potopljenih rečnih korit.

Objave v zbornikih posvetovanj SZGG s področja IASPEI (kronološko)

- Ravnik, D., Stopar, R., Car, M., Živanović, M., Gosar, A., Rajver, D., Andjelov, M. 1995: Rezultati raziskav uporabne geofizike v Sloveniji
- Car, M., Gosar, A., Rajver, D., Stopar, R., Tomšič, B. 1996: Zgodovina, stanje in perspektive uporabne geofizike v Sloveniji
- Uran, B., Car, M., Živanović, M. 1997: Sodobne tehnike uporabne geofizike za podrobne geofizikalne preiskave
- Car, M., Stopar, R., Uran, B. 1997: Metapodatkovna baza geofizikalnih raziskav v Sloveniji
- Rajver, D. 1997: Geotermične meritve v slovenskem delu avtocestnega predora Karavanke
- Vidrih, R., Sinčič, P. 1997: Posodabljanje slovenskega omrežja potresnih opazovalnic

- Lapajne, J., Zabukovec, B., Šket Motnikar, B., Zupančič, P. 1997: Nova karta potresne nevarnosti Slovenije
- Gosar, A. 1997: Primerjava pogojev za seizmične refleksijske raziskave v flišnih bazenih zahodne in molasnih bazenih vzhodne Slovenije
- Lapajne, J. 1998: Vpliv bovškega potresa na obravnavanje potresne problematike v Sloveniji
- Sinčič, P., Vidrih, R. 1998: Posledice potresa v Posočju in instrumentalna opazovanja popotresne dejavnosti
- Cecić, I. 1998: Projekt BEECD – A basic European earthquake catalogue and a database
- Gosar, A. 1999: Geofizikalne raziskave v okolici jedrske elektrarne Krško – projekt PHARE
- Gosar, A., Živčič, M., Jesenko, T. 2000: Raziskave za izbor lokacij nove mreže potresnih opazovalnic v Sloveniji
- Prosen, T., Bajc, J., Živčič, M. 2000: Občutljivost potresne opazovalnice Velika Štanga
- Sinčič, P., Vidrih, R. 2000: Projekt posodobitve državne mreže potresnih opazovalnic (PM 2000)
- Uran, B. 2000: Obdelava seizmogramov z valčki
- Bajc, J., Aoudia, M., Živčič, M., Sarao, A., Suhadolc, P. 2001: Velikonočni potres in popotresi 1998
- Lapajne, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P. 2001: Potresna nevarnost Slovenije: karta projektnega pospeška tal
- Suhadolc, P., Fitzko, F., Aoudia, A., Panza, G.F. 2001: Constraints on the location and mechanism of the 1511 Western-Slovenia earthquake from active-tectonic studies and modeling of macroseismic data
- Cecić, I., Musson, R., Mayer-Rosa, D. 2001: Macro seismic Survey Team for Severe Earthquakes in Europe and the Mediterranean Basin (FITESC)
- Rajver, D., Ravnik, D. 2001: Geotermalne značilnosti Krške kotline na osnovi geofizikalnih raziskav
- Torkar, M., Cecić, I., Živčič, M. 2001: Potresna aktivnost v Sloveniji od 1. januarja do 30. septembra 2001.
- Gosar, A. 2002: Projekt Alp 2002 - 3D seizmične refrakcijske raziskave litosfere na območju jugovzhodnih Alp
- Živanović, M. 2002: Nedestruktivna raziskovalna metoda – Georadar
- Šebela, S. 2003: Potresi v kraških jamah
- Šebela, S., Gosar, A. 2004: Začetek meritev premikov ob prelomih v zahodni Sloveniji s 3D ekstenziometri TM-71
- Sinčič, P., Vidrih, R. 2005: Potek izgradnje državne mreže potresnih opazovalnic
- Rajver, D., Šafanda, J., Dedeček, P. 2005: Opazovanje segrevanja podzemlja in povezanost temperatur zraka in tal v Sloveniji
- Lapajne, J. 2005: Skrajševanje dneva zaradi potresa ob Sumatri in Andamanskih otokih 26.12.2004 (kratka notica)
- Šebela, S., Koštak, B., Mulec, J., Stemberk, J. 2007: Merjenje tektonskih premikov v Postojnski jami
- Fernandez, M.G., Cecić, I., Walker, A.B. 2007: Evropska seizmološka komisija - preteklost, sedanjost in prihodnost
- Sinčič, P., Vidrih, R. 2008: Delovanje državne mreže potresnih opazovalnic
- Lapajne, J. 2009: Protitokovni plimski val
- Šebela, S. 2009: O podrtem kapniku ob Cerkljanskem potresu (1926), ter o raziskovalni postaji s horizontalnimi nihali v Postojnski jami
- Sinčič, P., Vidrih, R., Godec, M. 2009: Opazovanje seizmičnosti na območju velikih pregrad
- Cecić, I., Godec, M., Vidrih, R. 2009: Potres 6. april 2009 v osrednjih Apeninih
- Rošar, J., Gosar, A. 2010: Raziskave vpliva lokalne geološke zgradbe na potresno nihanje tal na območju Ljubljane z metodami analize mikrotremorjev
- Bajc, J., Zaplotnik, Ž., Živčič, M., Čarman, M. 2011: Izračun lokalnih magnitud potresov iz podatkov Državne mreže potresnih opazovalnic
- Šebela, S. 2014: Večletno merjenje tektonskih mikro premikov v kraških jamah
- Gosar, A. 2015: Skalni podori ob potresu leta 1998 v Krnskem pogorju in možnost njihove uporabe za oceno seizmičnih intenzitet po Environmental Seismic Intensity lestvici (ESI 2007)
- Trobec, A., Šmuc, A., Poglajen, S., Vrabec, M. 2015 Raziskave strukture sedimentnega morskega dna v Strunjanskem zalivu s podpovršinskim sonarjem

- Cecić, I., Meurers, R., Tertulliani, A., Grünthal, G., Kaiser, D., Pazdirková, J., Sović, I. 2016: Potres 6. maja 1976 v Furlaniji - reevaluacija makroseizmičnih podatkov
- Rajh, G., Zupančič, P., Živčič, M., Gosar, A., Čarman, M. 2016: Analiza največjih magnitud in globin žarišč potresov v Sloveniji za namen ocenjevanja potresne nevarnosti
- Trobec, A., Šmuc, A., Poglajen, S., Vrabec, M. 2016: Je Obala res tektonsko aktivna? Tektonska geomorfologija potopljenih rečnih korit v Tržaškem zalivu
- Cecić, I., Nečak, D., Berus, M. 2017: Ob 101. obletnici brežiškega potresa
- Rajh, G., Šket-Motnikar, B., Živčič, M., Zupančič, P., Gosar, A. 2017: Preliminarna analiza nivoja potresne aktivnosti po prelomnih potresnih izvorih v Sloveniji
- Gosar, A. 2018: Meritve tektonskih mikro-premikov v prelomni coni Idrijskega preloma v dolini Učje