

# POROČILO S 3. SVETOVNEGA FORUMA O ZEMELJSKIH PLAZOVIH, PEKING, KITAJSKA, 2014

## Report from the World Landslide Forum 3, Beijing, China, 2014

Matjaž Mikoš\* UDK 550.348.435

Povzetek	Abstract
<p>Pomemben del aktivnosti Mednarodnega konzorcija za zemeljske plazove (ICL, Kjoto, Japonska) je organizacija triennialnih svetovnih forumov o zemeljskih plazovih. Prva dva sta bila v Tokiu leta 2008 in Rimu leta 2011. Prispevek poroča o delu 3. svetovnega foruma o zemeljskih plazovih v Pekingu na Kitajskem med 2. in 6. junijem 2014 in o tehnični ekskurziji v provinci Sečuan z ogledom posledic katastrofalnih zemeljskih plazov, ki jih je sprožil wenčuanski potres (Ms = 8,0) leta 2008. Naslednji, 4. svetovni forum o zemeljskih plazovih bo organiziran v Ljubljani od 29. maja do 2. junija 2017.</p>	<p>An important part of the activities of the International Consortium on Landslides (ICL, Kyoto, Japan) is the organization of the world landslide forums every third year; the first two were held in Tokyo (2008) and in Rome (2011). This paper reports on the work of the World Landslide Forum 3 that was held in Beijing, China, between 2<sup>nd</sup> and 6<sup>th</sup> June 2014, and on the visits to the catastrophic landslides triggered by the Ms 8.0 Wenchuan earthquake in 2008 which were organized in the context of a technical field trip to the Sichuan Province. World Landslide Forum 4 will be held in Ljubljana between 29<sup>th</sup> May and 2<sup>nd</sup> June 2017.</p>

## Uvod

Preventivno delovanje na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami in prizadevanja za zmanjševanje tveganj nesreč skladno z Mednarodno strategijo za zmanjševanje tveganja nesreč Združenih narodov (*United Nations International Disaster Reduction Strategy – UN/ISDR*) zahteva povezovanje strokovnjakov različnih profilov v nacionalna in mednarodna združenja. V Sloveniji se med drugim povezujemo v aktivnosti Mednarodnega raziskovalnega združenja Interpraevent s sedežem v Celovcu v Avstriji (*International Research Society Interpraevent*) (Mikoš, 2002) in v aktivnosti Mednarodnega konzorcija za zemeljske plazove (*International Consortium on Landslides – ICL*) s sedežem v Kjotu na Japonskem (Mikoš, 2013).

## Svetovni forum

### o zemeljskih plazovih (WLF)

Na začetku ponovimo, da so Mednarodni konzorcij za zemeljske plazove (orig. *International Consortium on Landslides – ICL*; <http://icl.iplhq.org/>) ustanovili 21. januarja 2002 v Kjotu na Japonskem, in sicer v sodelovanju med Unescom (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization; <http://www.unesco.org/>) in Univerzo v Kjotu na Japonskem (<http://www.kyoto-u.ac.jp/en>), po predhodnih večletnih aktivnostih različnih strokovnjakov s področja varstva pred zemeljskimi plazovi, takrat predvsem na področju varstva kulturne dediščine pred zemeljskimi plazovi (Machu Picchu, Peru). Konzorcij je bil ustanovljen kot mednarodna nevladna in neprofitna raziskovalna organizacija in od avgusta 2002 deluje kot samostojna pravna oseba s sedežem tajništva v Kjotu na Japonskem.

Velik del dejavnosti mednarodnega konzorcija ICL poteka v okviru Mednarodnega programa za zemeljske plazove IPL (International Programme on Landslides). Mednje se uvrščata tudi organizacija in izvedba svetovnega foruma o zemeljskih plazovih (World Landslide Forum).

\* dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si

Št.	Mesto	Moto foruma	Št. udeležencev (držav)	Plenarna in vzporedna zasedanja	Centri odličnosti	Posebnosti
WLF I	Tokio, Japonska, 18. 11.–21. 11. 2008	Strengthening Research and Learning on Earth System Risk Analysis and Sustainable Disaster Management within UN-ISDR as Regards »Landslides«	430 (48)	21	12	Sprejeta Tokijska deklaracija »Strengthening the International Programme on Landslides with UN-ISDR«
WLF II	Rim, Italija, 3. 10.–9. 10. 2011	Putting Science into Practice	864 (63)	25	15	Uspešni tekmovalni natečaj za najboljšo fotografijo na tematiko zemeljskih plazov v več kategorijah.
WLF III	Peking, Kitajska, 2. 6.–6. 6. 2014	Landslide Risk Mitigation: Toward a Safer Geoenvironment	430 (38)	42	15	Sprejeta Pekinška deklaracija »Strengthening International Networking and Partnerships in Science and Technology with regard to Landslides to Develop a Safer Geoenvironment in support of the United Nations International Strategy for Disaster Reduction«.
WLF IV	Ljubljana, Slovenija, 31. 5.–2. 6. 2017	Landslide Research and Risk Reduction for Advancing Culture of Living with Natural Hazards	-	-	-	Sprejem posebne deklaracije ni predviden.

Preglednica 1: Osnovni podatki o svetovnih forumih o zemeljskih plazovih (prirejeno po Sassa in sod., 2012)  
Table 1: Basic data on World Landslide Forums (WLF; after Sassa et al., 2012).

Pri tej dejavnosti konzorcija ICL gre za enkratni svetovni dogodek, ki se zgodi na tri leta (preglednica 1):

- prvi forum je bil novembra 2008 v Tokiu na Japonskem (WLF-1; Sassa & Canuti, 2009),
- drugi forum je bil oktobra 2011 v Rimu v Italiji (WLF-2; podrobnosti v Sassa s sod., 2012; zbornik recenziranih prispevkov s foruma pa je na voljo na naslednji povezavi: <http://iplhq.org/category/iplhq/world-landslide-forum-ii/>) in
- tretji forum je bil junija 2014 v Pekingu na Kitajskem (WLF-3; Sassa s sod., 2014a; 2014b; 2014c).

Dogajanje na forumu presega delo, ki je značilno za drugačne oblike strokovnih ali znanstvenih posvetovanj. Poudarek je na izmenjavi znanja med raziskovalci in strokovnjaki s področja raziskovanja in varstva pred zemeljskimi plazovi ter uporabniki znanja in dejanj, torej deležniki iz politike, javne uprave in zasebnega sektorja. Poleg plenarnih vabljenih predavanj in sekcijских predavanj delo na forumih poteka tudi v obliki panelne razprave visokih predstavnikov mednarodnih organizacij, ki podpirajo delo na področju varstva pred zemeljskimi plazovi, okroglih miz in delovnih sestankov različnih mrež, ki delujejo v okviru konzorcija ICL.

Pravkar končani 3. svetovni forum o zemeljskih plazovih, ki je potekal od 2. do 6. junija 2014 v Pekingu na Kitajskem, lahko povzamemo:

- forum z naslovom Ublažitev tveganja zemeljskih plazov: proti varnejšemu geokolju (angl. Landslide Risk Mitigation: Toward a Safer Geoenvironment) je nakazal pomen znanosti oziroma znanja in prakse oziroma uporabe kot dveh enakovredno pomembnih

- polov na področju varstva pred zemeljskimi plazovi; posvetovanja se je po oceni pisca tega članka udeležilo skoraj 500 udeležencev iz 38 držav, največ iz Kitajske (206), Japonske (28), Italije (27), Južne Koreje (22) in 2 iz Slovenije;
- delo je potekalo v 42 različnih sekcijah, za katere so udeleženci prispevali 465 člankov. Recenzirane prispevke je v treh knjigah na več kot 2000 straneh izdala založba Springer z naslovom *Landslide Risk Mitigation: Toward a Safer Geoenvironment* (Sassa in sod., 2014a; 2014b; 2014c), kitajski organizator pa je preostale članke v črno-beli tehniki objavil v posebnem zborniku;
- na posvetovanju so razglasili petnajst svetovnih centrov odličnosti na področju varstva pred zemeljskimi plazovi (slika 1; med njimi je ponovno tudi UL FGG, ki je bil za svetovni center razglašen tudi za obdobje 2008–2011 in 2011–2014). Podelili so nagrade za tri najboljše IPL-projekte in predstavili novo vodstvo Mednarodnega konzorcija za zemeljske plazove (slika 2);
- ponovno so podelili Varnesovo medaljo. Imenuje se po Američanu Davisu J. Varnesu (1919–2002), strokovnjaku Ameriške geološke zveze (USGS), ki je pomembno prispeval k področju raziskovanja zemeljskih plazov. Znana je njegova klasifikacija zemeljskih plazov, napisana že leta 1958 in pozneje revidirana: Varnes, 1978; Cruden in Varnes, 1996. Tokrat je medaljo prejel redni profesor za geotehniko Luciano Picarelli (1949–) s Fakultete za inženirstvo na Drugi neapeljski univerzi (Seconda Università di Napoli);
- forum je sprejel Pekinško deklaracijo 2014 [izvirno besedilo je predstavljeno v posebnem poglavju].



Slika 1: 3. svetovni forum o zemeljskih plazovih in podelitev priznanj svetovnim centrom odličnosti na področju varstva pred zemeljskimi plazovi za obdobje 2014–2017, med njimi tudi predstavnik UL FGG (foto: WLF3, junij 2014)

Figure 1: World Landslide Forum and delivery of awards to World Centres of Excellence on Landslide Disaster Reduction for the 2014–2017 period – including to the representative of the Faculty of Civil and Geodetic Engineering, University of Ljubljana (photo: WLF3, June 2014)

Po kongresu sta bili organizirani dve strokovni ekskurziji:

- ogled posledic delovanja katastrofalnih zemeljskih plazov, sproženih ob wenchuanskem potresu z magnitudo  $M_s = 8,0$ , odpravljanje posledic in njihova sanacija (pokrajina Sečuan na jugozahodnem delu Kitajske) – 11 udeležencev, med njimi pisec tega prispevka;
- preventiva pred zemeljskimi plazovi in zgodnje opozarjanje na območju akumulacije Tri soteske (Three Gorges) v mestu Wanzhou in okolici; Yichang – 21 udeležencev.

Takoj po koncu 3. svetovnega foruma o zemeljskih plazovih je bila v istem konferenčnem centru v Pekingu med 7. in 9. junijem 2014 še 2. konferenca IRDR z naslovno temo »Integrated Disaster Risk Science: A Tool for Sustainability« (<http://www.irdrinternational.org/conference-2014/>). Integrated Research on Disaster Risk (IRDR) je desetletni raziskovalni program, ki ga sponzorirajo Mednarodni svet za znanost (ICSU), Mednarodni svet za družbene vede

(ISSC) in Mednarodna strategija Združenih narodov za zmanjšanje tveganja nesreč (UNISDR). Gre za globalni, torej svetovni, in multidisciplinarni pristop k iskanju odgovorov na izzive naravnih nesreč, k ublažitvi njihovih vplivov in izboljšanju mehanizmov oblikovanja z naravnimi nesrečami povezane politike (IRDR, 2014).

Na Japonskem bo od 14. do 18. marca 2015 potekala tudi 3. svetovna konferenca Združenih narodov o zmanjševanju tveganja nesreč (3rd UN WCDRR; <http://www.wcdrr.org/conference>). Pričakujejo več tisoč udeležencev. Potekali bodo tudi vzporedni dogodki s sorodno tematiko. Tako bo tudi Mednarodni konzorcij za zemeljske plazove ICL v istem času v Sendaiju na Japonskem organiziral konferenco ICL-IPL, in sicer med 11. in 15. marcem 2015, na kateri načrtuje sprejetje posebne izjave ICL-IPL Sendai Partnership 2015-2024. Izhodišča za omenjeno izjavo so se pripravila na okrogli mizi na 3. svetovnem forumu o zemeljskih plazovih, ki jo



Slika 2: Nagovor pisca tega prispevka kot prihajajočega podpredsednika Mednarodnega konzorcija za zemeljske plazove ICL (2015–2017) na zaključku 3. svetovnega foruma o zemeljskih plazovih 6. junija 2014 v Pekingu, Kitajska (foto: WLF3, junij 2014)

Figure 2: Speech by the author of this paper as a new vice-president of the International Consortium on Landslides (2015–2017) at the closing ceremony of the World Landslide Forum 3 on 6<sup>th</sup> June 2014 in Beijing, China (photo: WLF3, June 2014)



Slika 3:  
Okrogla miza na 3. svetovnem forumu  
o zemeljskih plazovih  
(foto: WLF3, junij 2014)

Figure 3:  
Round table discussion at the World  
Landslide Forum 3  
(photo: WLF3, June 2014)

je kot sovoditelj oblikoval tudi pisec tega prispevka in na kateri je kot član okrogle mize med osmimi predstavniki mednarodnih organizacij sodeloval tudi slovenski strokovnjak – geolog dr. Marko Komac v vlogi podpredsednika Svetovne zveze za geološke znanosti (International Union for Geological Sciences – IUGS) (slika 3).

## Pekinška deklaracija 2014 (The 2014 Beijing Declaration)

Pekinško deklaracijo z naslovom Ublažitev tveganja zemeljskih plazov: proti varnejšemu geokolju [angl. Landslide Risk Mitigation: Toward a Safer Geoenvironment], sprejeto na 3. svetovnem forumu o zemeljskih plazovih 6. junija 2014 v Pekingu na Kitajskem, predstavljamo v prevodu:<sup>1</sup>

3. svetovni forum o zemeljskih plazovih sta v Pekingu na Kitajskem med 3. in 6. junijem 2014 sklicala Mednarodni konzorcij o zemeljskih plazovih (ICL – International Consortium on Landslides) in Kitajski geološki zavod (CGS – China Geological Survey) ob sponzorstvu Globalnega sveta za promocijo Mednarodnega programa za zemeljske plazove (GPC/IPL – Global Promotion Committee of the International Programme on Landslides) in Ministrstva Ljudske Republike Kitajske za zemljo in vire (Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China) in s podporo drugih organizacij. Udeleženci so prišli iz 38 držav in 15 mednarodnih ter regionalnih organizacij. Preučili so, kako se lahko znanstvena spoznanja in tehnično praktično znanje v svetovnem merilu uporabijo za pripravo politik in praks na področju zmanjševanja tveganja naravnih nesreč zaradi delovanja zemeljskih plazov in za razvijanje odpornosti.
- Udeleženci so poudarili, da zemeljski plazovi, ki se pojavljajo na kopnem in v morju, pomenijo veliko tveganje za človeštvo, ker prekinjajo družbene funkcije in zmanjšujejo gospodarske koristi. Zemeljski

plazovi z uničevanjem objektov ter transportnih in drugih mrež ogrožajo človeška življenja in možnosti za preživetje, pa tudi kulturno in naravno dediščino ter vplivajo na skupnosti in njihovo gospodarstvo. Tovrstni dramatični dogodki pogosto najhujše prizadenejo prav najrevnejše ljudi.

- Udeleženci ugotavljajo, da so zemeljski plazovi večplasten naravni pojav, ki ga lahko sprožijo potresi, vulkanski izbruhi, obilne in ponavljajoče se padavine, tajfuni, orkani in taljenje snega ter ki jih včasih poslabšujejo neurejeni človeški posegi, kot so ceste, vodovodi in rudarjenje. Podmorski plazovi lahko sprožijo cunamije in predstavljajo nevarnost za obalna območja.
- Udeleženci sprejemajo dejstvo, da bodo globalne podnebne spremembe vedno bolj vplivale na pogostost in obseg močnega deževja na lokalni in regionalni ravni. Skupni učinek naravnih pojavov in človeških škodljivih dejavnosti, povezanih s povečanjem ranljivosti človeškega in naravnega okolja, je povečanje tveganja zemeljskih plazov na svetu. Razumevanje zemeljskih plazov, z njimi povezanih tveganj in ranljivosti družb, zahteva celosten in multidisciplinaren pristop, ki vključuje prispevke iz naravnih, družbenih in inženirskih znanosti ter lokalnega znanja.
- Udeleženci so ocenili pretekle dejavnosti, razvite in izvedene na podlagi Tokijskega akcijskega načrta iz leta 2006 in Tokijske deklaracije iz leta 2008, in se zavezali, da bo njihovo nadaljnje izvajanje v skladu s Strateškim načrtom Mednarodnega konzorcija za zemeljske plazove za obdobje od leta 2012 do 2021. Dogovorili so se tudi o pobudi za nadaljnjo krepitev mednarodnega mreženja in partnerstev na področju znanosti in tehnologije o zemeljskih plazovih v smeri varnejšega geokolja in v podporo Mednarodni strategiji za zmanjševanje nesreč.
- Udeleženci potrjujejo namen organizirati konferenco ICL-IPL v okviru 3. svetovne konference o zmanjševanju tveganja nesreč (3rd WCDRR – 3rd World Conference on Disaster Risk Reduction), ki bo potekala v mestu Sendai na Japonskem marca 2015. Udeleženci spodbujajo konferenco ICL-IPL v Sendaiju, da opredeli in sprejme ukrepe, ki se bodo izvajali v okviru številnih mednarodnih mrež in partnerstev

<sup>1</sup> Pekinško deklaracijo v originalu najdete na spletnem naslovu <http://iplhq.org/icl/wp-content/uploads/2014/09/2014-Beijing-Declarationfinal14.7.4.pdf>

med javnimi in zasebnimi ustanovami na področju znanosti in tehnologije, tako imenovanih partnerstev ICL-IPL Sendai, da bi lažje dosegli cilje ISDR.

Poziv

7. Udeleženci vabimo sorodne vladne, nevladne in mednarodne programe ter pobude iz naravnih, inženirskih, človeških, družbenih in ekonomskih ved, javne in zasebne ustanove, da spodbujajo znanost in tehnologije ter njihove aplikacije za ublažitev tveganja zemeljskih plazov tako, da se pridružijo partnerstvom ICL-IPL Sendai, katerih cilj je krepiti zmogljivosti, zlasti v državah v razvoju, da bi zmanjšali tveganje in ranljivost ter krepili odpornost, povezano z zemeljskimi plazovi, tudi prek formalnega in neformalnega izobraževanja, in prispevati k varnejšemu geookolju v podporo Mednarodne strategije za zmanjševanje nesreč.

## Wenchuanski potres

### 12. maja 2008

Tematika strokovne ekskurzije po končanem 3. svetovnem forumu o zemeljskih plazovih v Pekingu je bil katastrofalni potres z magnitudo  $M_s = 8,0$  ( $M_w = 7,9$ ), ki je 12. maja 2008 prizadel jugozahodno Kitajsko v širši okolici mesta Wenchuan, po katerem je tudi dobil ime: wenchuanski potres (Jesenko in Vidrih, 2009). Potres je zahteval skoraj 90.000 žrtev, točno število ni znano. Geofizikalne in druge podrobnosti o wenchuanskem potresu leta 2008 skupaj s številnimi vplivi na naravno in grajeno okolje so prikazani drugje (Godec in Vidrih, 2009).

Wenchuanski potres (imenovan tudi veliki sečuanski potres) je bil najmočnejši potres na Kitajskem po tangshanskem potresu leta 1976, ki je zahteval več kot 240.000 smrtnih žrtev. Wenchuanski potres se je zgodil ob longmenshanski prelomni coni, ki ločuje Tibetansko višavje od Chengdujskega bazena (mesto Chengdu z okoli 14 milijoni prebivalcev je glavno mesto pokrajine Sečuan). Potres je ob prelomni coni v pasu, dolgem skoraj 300 km in širokem 10 kilometrov, zaradi izredne sproščene energije in gorskega površja, ki je ojačilo potresno nihanje, sprožil številne masne premike na pobočjih; Yin in sodelavci (2009) so poročali o več kot 15.000 sproženih zemeljskih plazovih, skalnih podorih in drobirskih tokovih, ki so skupaj zahtevali približno 20.000 smrtnih žrtev ali slabo četrtnino vseh žrtev ob potresu. Pozneje se je število pojavov bistveno povečalo in Xu in sodelavci (2014) poročajo o skupaj 197.481 zemeljskih plazovih na območju, velikem 110.000 km<sup>2</sup>, ki so jih določili z uporabo aerofoto posnetkov in terenskega preverjanja. Kitajski strokovnjaki so uporabili podatke o številnih zemeljskih plazovih, ki so jih terensko pregledali in analizirali zaradi njihove sanacije, da so razvili empirični model za določitev dosega zemeljskega plazov. Pri tem so uporabili podatke 54 zemeljskih plazov, ki so se sprožili ob wenchuanskem potresu (Guo in sodelavci, 2014). Glavne ugotovitve analize izbranih zemeljskih plazov z dosegom med 347 in 4170 metri so bile, da je bil doseg zemeljskih plazov ob wenchuanskem potresu odvisen od trdote kamnine (merjene z enoosno tlačno trdnostjo v MPa; trše kamnine so podaljšale doseg zemeljskega plazov), prostornine splazele mase (večja masa je potovala dlje) in spremembe naklona



Slika 4: Spominski park v mestu Yingxiu v provinci Sečuan, ki opominja na wenchuanski potres, ki je 12. maja 2008 popoldan nekaj po 17. uri prizadel velik del te province na jugozahodnem delu Kitajske (foto: M. Mikoš, junij 2014)

Figure 4: A Memorial Park in Yingxiu town in the Sichuan province as a reminder of the Wenchuan earthquake, which affected a large part of the province in Southwest China on 12<sup>th</sup> May 2008 a little after 5 p.m. (photo: M. Mikoš, June 2014)

pobočja med območjem proženja ter območjem odlaganja splazele mase (večja sprememba naklona pobočja je podaljšala doseg zemeljskega plazua, ker splazela masa lažje udari ob pobočje na območju gibanja in zaradi dodatne fragmentacije dobi nov moment). Doseg izbranih 54 zemeljskih plazov je bil manjši, kot ga napovedujeta modela Legrosa (2002) in Rickenmanna (1999); zadnji je bil izveden z analizo drobirskih tokov, ki imajo torej bistveno daljši doseg.

Na potresnem območju je potres sprožil številne obpotresne (koseizmične) zemeljske plazove, ki so dodatno zasuli porušene ali poškodovane objekte zaradi potresa ali pa celo uničevali neporušene in nepoškodovane objekte ter infrastrukturo. Obenem so zemeljski plazovi in skalni podori sprostili velike količine hribin (kamnin in zemljin) v zelo strmih hudourniških strugah stranskih pritokov glavnih rek na tem območju. Na številnih mestih so zasuli reke in ustvarili naravne zaježitvene pregrade; Cui in sodelavci (2009) so našteali 257 naravnih zaježitvenih jezer, katerih število je eksponentno upadalo z razdaljo od glavne prelomne cone potresa. Porušitve takih zaježitvenih pregrad na rekah (in hudournikih) povzročajo drobirske tokove in porušitvene valove, ki opustošijo rečne (hudourniške) doline v dolvodni smeri. Predvsem pa močan potres pomeni težavo, saj lahko še vsaj 5 do 10 let po tako močnem potresu pričakujemo nove in nove zemeljske plazove ter skalne podore, ki bodo tu in tam lahko povzročali nove zaježitvene pregrade in ojezeritve. Če za primerjavo vzamemo velikonočni potres v Posočju leta 1998, ki je sprožil številne skalne podore, in drobirski tok v Logu pod Mangartom leta 2000, so posledice v naravnem okolju bistveno manjše kot na Kitajskem, a vendar nakazujejo bistveno povečano sproščanje hribin in njihov dotok v rečno mrežo, kot ga lahko izmerimo v povprečnih letih brez potresov in plazov (Mikoš in sodelavci, 2006).

Na terenskem ogledu smo najprej obiskali mesto Yingxiu v zahodnem delu potresnega območja, kjer je potres poškodoval večino starih zgradb. V mestu smo si ogledali porušeno srednjo šolo, ki so jo preoblikovali v spominski center (slika 4), v katerem na obletnico potresa priredijo spominsko slovesnost v spomin na vse žrtve potresa. Danes, po šestih letih po potresu, v mestu ni več videti posledic potresa. Ogledali smo si hudournik Huangchun, ki je levi pritok reke Mingjiang, ki teče skozi mesto Yingxiu. Hudourniško območje meri 5,35 km<sup>2</sup> in ima povprečni padec 35,8 odstotka. Samo na tem območju se je na vsega 0,90 km<sup>2</sup> sprožilo 70 koseizmičnih zemeljskih plazov z ocenjeno prostornino skoraj 4 milijone m<sup>3</sup>. Posledice so sledile hitro, že 14. avgusta 2010 se je ob močnih nalivih sprožil katastrofalni drobirski tok, ki je zasul glavno strugo reke Mingjiang, ustvaril 10 metrov visoko začasno naravno pregrado in preusmeril tok reke, ki je poplavlila že na novo zgrajeni del mesta Yingxiu. Ob 32 smrtnih žrtvah so morali evakuirati 8000 prebivalcev. V naslednjih letih so se na hudourniškem območju prožili vedno



Slika 5: Masivna betonska hudourniška pregrada za umirjanje drobirskih tokov v strugi hudournika Hongchun v bližini mesta Yingxiu v provinci Sečuan na jugozahodnem delu Kitajske (foto: M. Mikoš, junij 2014).

Figure 5: A massive concrete torrent dam for the control of debris flows in the Hongchun Torrent near Yingxiu town in the Sichuan province, Southwest China (photo: M. Mikoš, June 2014)

novi drobirski tokovi, zato so v strugi do danes zgradili dve veliki hudourniški pregradi za umirjanje drobirskih tokov in utrdili široko betonsko korito hudournika pod spodnjo pregrado do vtoka v reko Mingjiang (slika 5). Ob ogledu junija 2014 je mogoče videti le še malo posledic katastrofe. Večina mesta Yingxiu je bila obnovljena v dveh letih. Za tujca je mesto živo in na potres spominjata le že omenjeni spominski park (slika 4) in poseben muzej, posvečen žrtvam wenchuanskega potresa maja 2008.

Podobne razmere glede proženja koseizmičnih zemeljskih plazov so bile tudi v hudourniku Niujian, desnem pritoku reke Mingjiang, dolvodno od mesta Yingxiu. Hudourniško območje Niujian je veliko 10,36 km<sup>2</sup>. Povprečni padec hudournika je okoli 20 odstotkov v spodnjem delu in več kot 30 odstotkov v zgornjem delu, kjer je bil epicenter potresa. Ponekod naj bi pospeški tal zaradi potresa dosegli celo dvakratnik zemeljskega pospeška g (ocena za epicenter potresa v Posočju leta 1998 je bila, da so lahko pospeški tal ponekod dosegli



Slika 6: Zasuta dolina hudournika Niujuan v bližini mesta Yingxiu v provinci Sečuan na jugozahodnem delu Kitajske. V sredini slike je viden nagnjen steber daljnovoda. (foto: www.mergili.at, junij 2014)

Figure 6: Filled valley with debris of the Niujuan Torrent near Yingxiu town in the Sichuan province, Southwest China – the centre of the photo displays a bent power-line pole (photo: www.mergili.at, June 2014)

zemeljski pospešek  $g$ , kar naj bi dokazovale razklane velike skale, ki bi ob pospešku  $1g$  odskočile od tal in se razklale zaradi lastne teže). Na hudourniškem območju so se sprožili številni manjši skalni podori, ki so se preoblikovali v skalni plaz in podorni tok (angl. sturzstrom), ki je na svoji poti zbrisal celo vasico, zahteval več kot 30 življenj in ponekod nasul do 60 metrov visoko strugo hudournika s kamnitim drobirjem (slika 6). Prostornino

podornega toka so ocenili na več kot 7 milijonov  $m^3$ . Ob nalivih se je 14. avgusta 2010 sprožil velik drobirski tok in ogrožal medtem že obnovljeno infrastrukturo. Tudi v strugi hudournika Niujuan so zgradili veliko hudourniško pregrado, pod njo pa utrdili betonsko korito hudournika s številnimi betonskimi pragovi. V zaledju so za podporo in umirjanje drobirskih tokov zgradili dve več kot 10 metrov visoki hudourniški pregradi.



Slika 7: Uničeni objekti v mestu Qushan ob wenchuanskem potresu 12. maja 2008, ki jih je 24. septembra 2008 tudi do 10 metrov na visoko zasul še drobirski tok (foto: M. Mikoš, junij 2014)

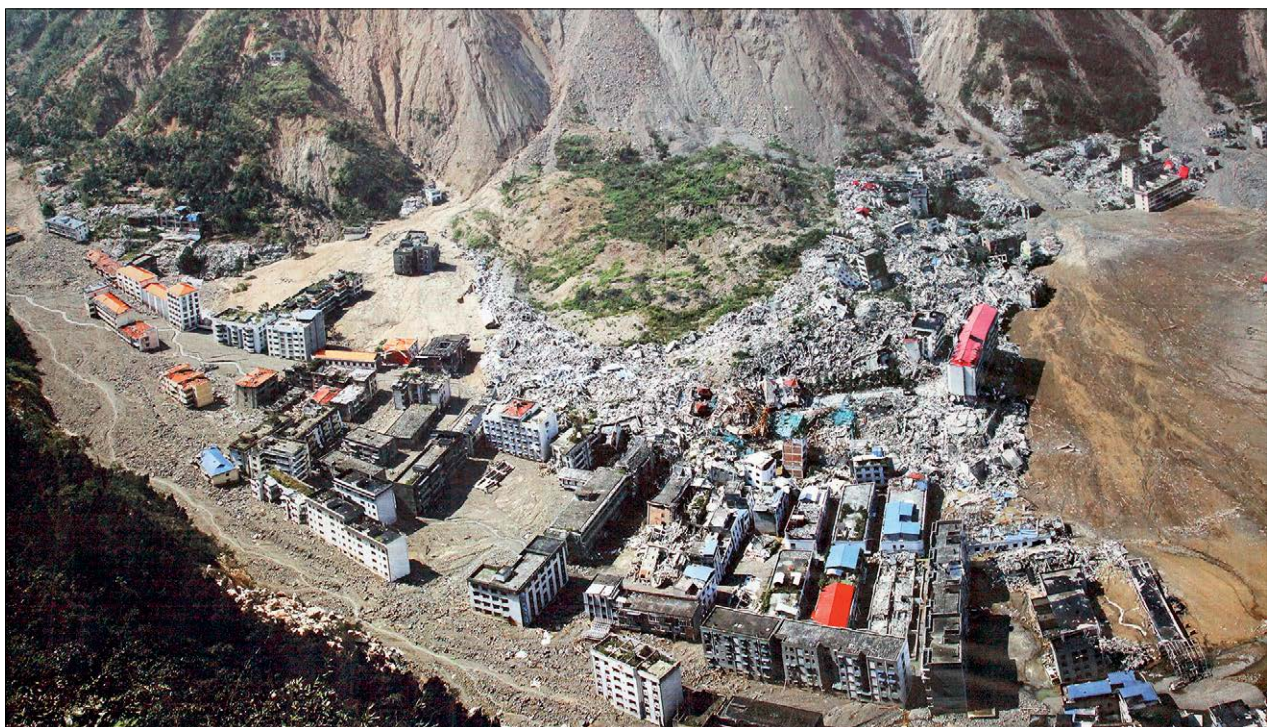
Figure 7: Facilities in Qushan town destroyed in the Wenchuan earthquake of 12<sup>th</sup> May 2008, which were subsequently covered by up to 10 m high debris-flow deposits of 24<sup>th</sup> September 2008 (photo: M. Mikoš, June 2014)

Največje razdejanje je potres povzročil v mestu Qushan (glavno mesto okrožja Beichuan), kjer je v času potresa živelo 20.000 ljudi. Potresni sunek je trajal minuto in je porušil večino starejših objektov (slika 7). V času potresa se je sprožil zemeljski plaz Wangjiayan/Chengxi s prostornino okoli 4,8 milijona m<sup>3</sup> (slika 8) in pokopal pod seboj del mesta (tudi 30 šestnadstropnih stavb), del pred seboj pa je uničil še zračni udar (Wang in sodelavci, 2009; Yin in sodelavci, 2009). Kakšnih 10 minut po potresu se je sprožil še plaz Jingjiashan (skalni podor) s prostornino odkladnine 0,5 milijona m<sup>3</sup>, ki je porušil več novejših večnadstropnih zgradb, med drugim tudi srednjo šolo, ter pokopal pod seboj 400 dijakov in učiteljev. Skupaj je ob potresu umrlo 10.000 ljudi ali polovica prebivalcev mesta Qushan. Mesto so evakuirali in zaradi ocene, da je prenevarno obnoviti življenje v njem, preselili na varnejšo lokacijo, oddaljeno več kot 20 kilometrov. Mesto, v katerem so reševalci še opravljali svoje delo, je potem 24. septembra 2008 v času intenzivnega deževja deloma zasul še 340.000 m<sup>3</sup> veliki drobirski tok, ki je zahteval več kot 30 življenj, večinoma reševalcev. Drobirski tok je nekatere poškodovane in zapuščene objekte zasul do tretjega nadstropja (slika 8).

Največji zemeljski plaz, ki se je sprožil ob wenchuanskem potresu, je plaz Daguangbao, oddaljen le kakih 7 kilometrov od preloma Yingxiu-Beichuan. Njegova prostornina je ocenjena na 1,15 do 1,20 milijarde m<sup>3</sup>, njegova razsežnost pa je 2,4 x 1,2 km na območju proženja plazov in 3,2 x 2,2 km na območju odlaganja plazovine. Odlomni rob

sega skoraj do vrha več kot 3000 metrov visoke gore Daguangbao, po kateri je dobil ime. Zemeljski plaz se je ustalil, je pa odložena odkladnina izvorno območje drobirskih tokov, ki se ob močnejših deževjih stekajo v dolino in ogrožajo infrastrukturo zaradi močnega dviganja dna hudournikov in rek. V času terenskega ogleda je bila dostopna cesta zaradi deževja neprevozna in ogled lokacije zato nemogoč.

Koseizmični zemeljski plazovi so se ob wenchuanskem potresu 2008 v glavnem prožili ob prelomu v krovlini (angl. headwall ali hanging wall) in redkeje v talnini (angl. footwall). V času potresa se je največji zemeljski plaz v talnini sprožil na hudourniškem območju Wenjia v bližini mesta Qingping v okrožju Mianzhu v pokrajini Sečuan; gre za levi pritok reke Mianyuan, ki se v smeri sever-jug izteka v Sečuansko kotlino. Velikost hudourniškega območja Wenjia je 7,81 km<sup>2</sup>, povprečni padec struge hudournika v spodnjem toku je med 15 in 18 odstotki, v zgornjem delu pa naraste na več kot 30 odstotkov. Hudourniško območje je med obema glavnima prelomoma na tem območju na razdalji le nekaj kilometrov. V zgornjem delu območja se je v dolomitni kamnini sprožil veliki zemeljski plaz z ocenjeno prostornino 27,5 milijona m<sup>3</sup> (slika 9). Večina zdrsele kaminske gmote se je kot podorni tok (angl./nem. sturzstrom); strokovnjaki so maksimalne hitrosti ocenili na več kot 100 m/s. Zemeljski plaz je zahteval 48 žrtev in segel vse do hudourniškega vršaja in vtoka v reko Mianyuan. Zaradi izredne količine sproščenega materiala so se v deževnih obdobjih v odkla-



Slika 8: Na pobočju nad mestom Qushan se je sprožil ob wenchuanskem potresu 12. maja 2008 plaz Wangjiayan/Chengxi s prostornino okoli 4,8 milijona m<sup>3</sup> in zasul stari del mesta, ki ga je 24. septembra 2008 prizadel še drobirski tok. (foto: M. Mikoš, junij 2014)

Figure 8: On the slope above Qushan, the Wenchuan earthquake of 12<sup>th</sup> May 2008 triggered the Wangjiayan/Chengxi landslide with a volume of 4.8 mio m<sup>3</sup>, covering the old area of the town, which was subsequently hit also by the debris flow of 24<sup>th</sup> September 2008 (photo: M. Mikoš, June 2014)





Slika 9: Zgornji del hudourniškega območja Wenjia v bližini mesta Qingping v okrožju Mianzhu v pokrajini Sečuan na jugozahodnem delu Kitajske, kjer se je 12. maja 2008 ob wenchuanskem potresu sprožil zemeljski plaz z ocenjeno prostornino 27,5 milijona m<sup>3</sup> (foto: www.mergili.at, junij 2014)

Figure 9: The upper part of the Wenjia torrential watershed near Qingping town in the Mianzhu County, Sichuan Province, Southwest China, where the Wenchuan earthquake of 12<sup>th</sup> May 2008 triggered a landslide with an estimated volume of 27.5 mio m<sup>3</sup> (photo: www.mergili.at, June 2014)

dninah zemeljskega plazu prožili drobirske tokovi, v letih od 2008 do 2014 se je sprožilo šest drobirskih tokov s prostornino, večjo od 150.000 m<sup>3</sup>. Najbolj rušilen je bil dogodek 13. avgusta 2008 s prostornino 3,1 milijona m<sup>3</sup>, ki je zajezil reko Mianyuan s 6 do 8 metrov visoko naravno pregrado iz drobirskega materiala, preusmeril njen tok na območje mesta Qingping in zahteval 7 žrtev. Vlada pokrajine Sečuan je takoj po potresu začela graditi stabilizacijske pregrade v strugi hudournika Wenjia, saj se je drobirski tok zarezal tudi do 75 metrov globoko v odkladnino plazovine. Prva ureditev ni zdržala uničujočih sil drobirskih tokov, zato so leta 2011 pristopili k temeljiti ureditvi, ki je bila dokončana leta 2013 in je stala nekaj 10 milijonov evrov (sliki 9 in 10). Namen ureditve je bilo preprečiti, da bi drobirski tokovi lahko v srednjem delu, v katerem je debelina plazovine največja, lahko erodirali plazovino in imeli uničujočo moč v spodnjem toku na območju vršaja. Površino plazovine v srednjem delu so preoblikovali v široke berme in ozelenili, med njimi pa speljali transportno cesto za gradnjo objektov v srednjem delu. V zgornjem delu plazu v bližini odlomnega roba ni bilo opravljenih nobenih del, saj je to območje nedostopno. Drobirski tokovi, ki so se prožili in iztekali v strugo reke Mianyuan, so njeno dno dvignili za več metrov in reka je odnesla velik del ceste, ki je edina povezava mesta Qingping s 4000 prebivalci s Sečuansko kotlino. Izredne količine naplavin v reki Mianyuan še danes odstranjujejo mehansko in material uporabljajo za gradbene namene (drobljenje in pridobivanje ustreznih frakcij), obenem tudi dvigujejo celotno cesto na novo višjo nivoletno.

## Sklepne misli

Slovenijo po stopnji tveganja zaradi delovanja zemeljskih plazov ne moremo primerjati s Kitajsko, kjer je junija

2014 potekal 3. svetovni forum o zemeljskih plazovih. Kljub temu pa so pojavi nestabilnosti tal v Sloveniji tako razširjeni in problematika plazenja tal tako pereča, da zahteva stalno delovanje na področju varstva pred zemeljskimi plazovi. V svetovnem merilu se krepijo prizadevanja na tem področju in Slovenija je del teh aktivnosti – nujno pa je storiti odločnejše korake, dokler je čas, da se na nevarne pojave plazenja tal pripravimo v miru in ob lepem vremenu. Pogosto se zavemo težav šele, ko se moramo z njimi spoprijeti in jih reševati.

Vse bralce revije Ujma vabim, da si že danes rezervirajo termin in se udeležijo naslednjega, 4. svetovnega foruma o zemeljskih plazovih, ki bo v Ljubljani od 29. maja do 2. junija 2017 (WLF4, 2014). Glavna organizatorja v Sloveniji sta Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (UL FGG, 2014), in Geološki zavod Slovenije (GeoZS, 2014). Imamo enkratno priložnost gostiti svetovne strokovnjake s področja varstva pred zemeljskimi plazovi in take priložnosti ne smemo spregledati. Odgovorna družba bi vsaj malo tudi zato okrepila dejavnost na področju varstva pred zemeljskimi plazovi, da lahko svetu pokaže raven varstva v Sloveniji. Bomo zmogli kaj takega?

## Zahvala

Sodelovanje Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani v delu Mednarodnega konzorcija za zemeljske plazove je poleg iz svojih sredstev financirano tudi iz raziskovalnih sredstev, ki jih pridobiva na razpisih Javne agencije Republike Slovenije za raziskovalno in razvojno dejavnost (ARRS), predvsem iz sredstev raz-



Slika 10: Hudourniško območje Wenjia v bližini mesta Qingping v okrožju Mianzhu v pokrajini Sečuan na jugozahodnem delu Kitajske z odlomnim robom zemeljskega plazu na vrhu hudourniškega območja, odloženo plazovino (sredina slike) in urejeno hudourniško strugo ob desnem robu plazovine in na hudourniškem vršaju (foto: www.mergili.at, junij 2014)

Figure 10: The Wenjia torrential watershed near Qingping town in the Mianzhu County, Sichuan Province, Southwest China with the upper part of the landslide on top of the torrential watershed, landslide deposits (the middle), and a regulated torrential channel on the right edge of the landslide and on a torrential fan (Photo: www.mergili.at, June 2014)

skovalnega programa P2-0180 Vodarstvo in geotehnika, pa tudi iz bilateralnega znanstvenoraziskovalnega sodelovanja z Republiko Srbijo, projekt št. BI-RS/12-13-013 Jadransko-balkanska regionalna povezava: blaženje ogroženosti družbe in okolja s plazenjem tal (2012–2013) in z Republiko Hrvaško, projekt št. BI-HR/14-15-028 Zemeljski plazovi v flišu: mehanizmi plazenja in geotehnične lastnosti za modeliranje plazenja in varstvo pred plazenjem tal – SoLiFlyD (2014–2015). Tako razvejana znanstvenoraziskovalna dejavnost omogoča kakovostno delo UL FGG v Mednarodnem konzorciju za zemeljske plazove ICL.

## Viri in literatura

- Cruden, D. M., Varnes, D. J., 1996. Landslide types and processes. In: Turner, A. K., Shuster, R. L. (ur.): Landslides: Investigation and Mitigation. Transportation Research Board, Washington D.C, Special Report 247, 36–75.
- Cui, P., Zhu, Y., Han Y., Chen, X., Zhuang, J., 2009. The 12 May Wenchuan earthquake-induced landslide lakes: distribution and preliminary risk evaluation. *Landslides*, 6/3, 209–223. doi: 10.1007/s10346-009-0160-9.
- GeoZS, 2014. Geološki zavod Slovenije = Geological Survey of Slovenia. <http://www.geo-zs.si/>.
- Godec, M., Vidrih, R., 2009. Potres »Wenchuan« 12. maja 2008 na Kitajskem = The 12 May Earthquake »Wenchuan« in China. V: Vidrih, R. (ur.): Potresi v letu 2008 = Earthquakes in 2008. Urad za seismologijo in geologijo, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana. 99–114.
- Guo, D., Hamada, M., He, C., Wang, Y., Zou, Y., 2014. An empirical model for landslide travel distance prediction in Wenchuan earthquake area. *Landslides*, 11/2, 281–291.
- ICL, 2014. International Consortium on Landslides. <http://icli.phq.org/>.
- ISDR, 2014. International Strategy for Disaster Reduction. <http://www.unisdr.org/>.
- IRDR, 2014. Integrated Research on Disaster Risk. <http://www.irdrinternational.org/>.
- Jesenko, T., Vidrih, R., 2009. Močnejši potresi po svetu leta 2008. *UJMA*, 23, 97–105.
- Legros, F., 2002. The mobility of long-runout landslides. *Engineering Geology*, 63, 301–331.
- Mikoš, M., 2002. Mednarodno raziskovalno združenje INTERPRAEVENT = INTERPRAEVENT International Research Society. *UJMA*, 16, 443–445.

12. Mikoš, M., 2013. Mednarodni konzorcij za zemeljske plazove - ICL = International Consortium on Landslides - ICL. *UJMA*, 27, 248-254.
13. Mikoš, M., Fazarinc, R., Ribičič, M., 2006. Sediment production and delivery from recent large landslides and earthquake-induced rock falls in the Upper Soča River Valley, Slovenia. *Engineering geology*, 86, 2-3, 198-210.
14. Rickenmann, D., 1999. Empirical relationships for debris flows. *Natural Hazards*, 19, 47-77.
15. Sassa, K., 2009. Report of the 2008 First World Landslide Forum on 18-21 November 2008 at UNU, Tokyo. *Landslides*, 6/3, 167-179.
16. Sassa, K., Canuti, P., 2009. *Landslides - Disaster Risk Reduction*. Springer Verlag, Berlin. 650 p.
17. Sassa, K., Canuti, P., Margottini, C., Yin, Y., 2012. The Second World Landslide Forum, Rome, 2011 and the Third World Landslide Forum, Beijing, 2014. *Landslides*, 9/2, 285-297.
18. Sassa, K., Canuti, P., Yin, Y., 2014a. *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*. Springer Verlag, Berlin. Vol. 1: The International Programme on Landslides. 493 p.
19. Sassa, K., Canuti, P., Yin, Y., 2014b. *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*. Springer Verlag, Berlin. Vol. 2: Methods of Landslide Studies. 851 p.
20. Sassa, K., Canuti, P., Yin, Y., 2014c. *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*. Springer Verlag, Berlin. Vol. 3: Targeted Landslides. 717 p.
21. UL FGG, 2014. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <http://www3.fgg.uni-lj.si/>.
22. Varnes, D. J., 1978. Slope movement types and processes. In: Shuster, R. L., Krizek, R. J. (ur.): *Landslides: Analysis and Control*. Transportation Research Board, Washington, D.C., Special Report 176, 11-38.
23. Wang, F.W., Cheng, Q.G., Highland, L., Miyajima, M., Wang, H.B., Yan, C.G., 2009. Preliminary investigation of some large landslides triggered by the 2008 Wenchuan Ms8.0 earthquake, Sichuan province, China. *Landslides*, 6/1:47-54.
24. WLF4, 2014. 4<sup>th</sup> World Landslide Forum, Ljubljana, May 29 - June 2, 2017, Ljubljana, Slovenia, EU. <http://www.wlf4.org/>.
25. Xu, Q., Zhang, S., Li, W.L., van Asch, Th. W. J., 2012. The 13 August 2010 catastrophic debris flows after the 2008 Wenchuan earthquake, China. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 201-216. <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/12/201/2012/nhess-12-201-2012.pdf>
26. Xu, C., Xu, X., Yao, X., Dai, F., 2014. Three (nearly) complete inventories of landslides triggered by the May 12, 2008 Wenchuan Mw 7.9 earthquake of China and their spatial distribution statistical analysis. *Landslides*, 11/3, 441-461.
27. Yin, Y.P., Wang, F.W., Sun, P., 2009. Landslide hazards triggered by the 2008 Wenchuan Ms8.0 earthquake, Sichuan, China. *Landslides*, 6/2:139-152.
28. Yu, B., Ma Y., Wu Y., 2013. Case study of a giant debris flow in the Wenjia Gully, Sichuan Province, China. *Natural Hazards*, 65/1, 835-849. doi: 10.1007/s11069-012-0395-y