

EUROCODE 8 – TRENDI V RAZVOJU IN UPORABA V SLOVENIJI

Eurocode 8 – Development Trends and Application in Slovenia

Matej Fischinger*, Peter Fajfar** UDK 624.13:006.7/.8

Povzetek

Evropski standard za projektiranje potresno odpornih konstrukcij Eurocode 8 (EC8) prinaša v slovensko prakso številne novosti. Z njegovo uporabo imamo v Sloveniji sorazmerno veliko izkušenj. V članku so opisane osnovne značilnosti standarda in trendi bodočega razvoja ter povzetek nekaterih pomembnih izkušenj pri uporabi EC8 v Sloveniji.

Abstract

European standards regulate the design of earthquake-resistant structures in Eurocode 8 (EC8). This standard introduces new procedures in Slovene design practice, e.g. the explicit reduction of seismic forces using ground acceleration as a measure of seismic intensity, strict control of displacements, capacity design, and detailed provisions for ductile structural details. It also addresses

new topics not covered in existing Slovene codes, including the seismic design of bridges, tanks, towers and masts, geotechnical design, seismic isolation and rehabilitation of buildings. The latest developments include inelastic design procedures and elements of performance-based design. The standard (in particular EC8/2 for bridges) has been successfully used by a number of Slovene designers since its publication in Europe. However, its application has exposed certain problems due to the unclear legal status of the code in Slovenia, as well as its complex structure. Slovenia should devote its best efforts to the further development of chapters related to structures of relevance for specific sectors of the construction industry in the country, such as reinforced concrete viaducts, buildings with structural walls, and prefabricated industrial buildings.

Uvod

Evropske standarde za projektiranje potresno odpornih konstrukcij (Eurocode 8, EC8) smo uspešno vpeljali v slovensko gradbeno prakso tik po sprejetju ustreznih predstandardov v EU leta 1994 (SIST-ENV, 1995). Razlogov za to je kar nekaj. Še zdaleč niso samo politični, čeprav sta bila gradnja samostojnega pravnega sistema in želja po vključitvi v evropske integracije pomembna dejavnika pri zgodnji odločitvi za prevzem EC8.

Na odločitev je vplival tudi izjemno hiter razvoj potresnega inženirstva v zadnjih desetletjih, ki pa mu zaradi kaotičnega stanja v obdobju zadnjega desetletja stare države gradbeni predpisi niso ustrezno sledili. Tako smo pričakali začetni investicijski zagon v novi državi z že precej zastarelimi JUS-standardi, ki so sicer bili ob nastanku leta 1981 po črnogorskem potresu med najbolj naprednimi v Evropi. Še zlasti je bilo kritično dejstvo, da v času intenzivnega avtocestnega programa nismo imeli predpisov za gradnjo potresno odpornih mostov. Zato smo najprej vpeljali prav del standarda EC8/2 za mostove (Fajfar in sod., 1994), čeprav niti v Evropi ni bil popolnoma dokončan. Danes lahko z zadovoljstvom ugotovimo, da je velika večina

viaduktov našega avtocestnega križa zgrajena skladno s sodobnimi principi potresnega inženirstva. Zaključni vzgib za dokončno sprejetje SIST-ENV (2000) v slovenskem jeziku pa je žal moral dati velikonočni potres v Posočju.

Zaradi navedenih dejavnikov je Slovenija pravzaprav država z največ izkušnjami (zlasti pri gradnji mostov) pri praktični uporabi EC8. Ta članek tako poleg kratkega opisa standardov in novosti, ki jih prinašajo, vsebuje tudi povzetek nekaterih pomembnih izkušenj pri njihovi specifični uporabi v Sloveniji ter oceno stopnje potresne varnosti, ki jo zagotavlja EC8 v primerjavi z dosedanja prakso. Opisane pa so tudi težave pri uporabi, še zlasti pri nekaterih konstrukcijskih sistemih, ki so specifični za Slovenijo.

Zgradba standarda EC8

Evropski standardi za konstrukcije (Eurocode, EC) enovito obravnavajo projektiranje konstrukcij v okviru devetih osnovnih sklopov. Tako obravnavajo osnove in obtežbo (EC1), betonske konstrukcije (EC2), jeklene konstrukcije (EC3), sovprežne konstrukcije (EC4), lesene konstrukcije

* prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Jamova 2, Ljubljana, matej.fischinger@ikpir.fgg.uni-lj.si

** akademik, prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Jamova 2, Ljubljana, peter.fajfar@ikpir.fgg.uni-lj.si

(EC5), zidane konstrukcije (EC6), geotehnične objekte (EC7), gradnjo potresno odpornih konstrukcij (EC8) in aluminijaste konstrukcije (EC9). Enovita obravnava vse problematike v sklopu enega sistema standardov je že sama po sebi pomembna novost in prednost v primerjavi z dosedanja prakso. Še večja prednost je nedvomno v tem, da bodo za vse evropske države (konceptualno) enaki standardi odprli nove možnosti pri internacionalizaciji projektiranja in izvedbe gradbenih objektov in ne nazadnje pri poenotenju izobraževalnih programov v Evropi. Podrobnejšo zgradbo EC8 kaže preglednica 1. Vsi dokumenti so trenutno še v fazi predstandarda. Zato je v preglednici prikazano tudi predvideno leto sprejema dokončnega besedila standarda.

Bistvene novosti v EC8

Potresno inženirstvo je razmeroma nova veda, ki se po slabih izkušnjah nedavnih potresov hitro razvija. Tako med vsemi EC prav EC8 prinaša v projektantsko prakso največ novosti. Članek obravnava le razlago splošnih posledic teh novosti, ne pa tudi podrobnosti.

Karta potresne nevarnosti Slovenije je opredeljena s projektnimi pospeški. Karta, ki je stopila v veljavo v začetku leta 2002, opisuje potresno nevarnost s fizikalno merljivo količino, v primerjavi s pretežno opisno količino potresne intenzitete, uporabljane v dosedanjih predpisih. Predvideni pospeški temeljnih tal so med 0,1 g in 0,25 g. Največje pospeške pričakujemo na območjih Ljubljane, zgornjega Posočja in Brežic.

Zajete so vse konstrukcije razen jedrskih elektrarn in dolinskih pregrad. Dosedanji predpisi so obravnavali predvsem stavbe. Njihova uporaba za druge vrste konstrukcij je pogosto vodila do napak. Kombinacija z različnimi nacionalnimi predpisi drugih držav je vodila do nekonsistentnih rešitev.

Velikost potresnih sil je pravilneje in bolj jasno opredeljena. Dejstvo je, da se različne konstrukcije pri istem potresu različno dobro obnašajo. Nekatere potrebujejo za preživetje večjo nosilnost. Zato jih moramo računati na večje potresne sile. Druge, iz boljših materialov in s skrbneje izvedenimi detajli (bolj duktilne), pa lahko računamo na manjše potresne sile. Tega se v preteklosti nismo dovolj zavedali, kar je večkrat vodilo do nevarnih napak v projektiranju. Pomembna novost je tudi, da EC8 projektantu dovoljuje izbiro stopnje duktilnosti konstrukcijskega sistema in s tem velikosti računskih potresnih sil.

Dosledno je zahtevano načrtovanje nosilnosti (angleško: "capacity design"). Bistvo tega postopka je v tem, da nosilnost izbranih konstrukcijskih elementov projektiramo tako, da le-ti delujejo kot varovalke za druge, kritične ali krhke dele konstrukcije. Elementi načrtovanja nosilnosti so bili vgrajeni že v dosedanje predpise, ki pa niso vsebovali podrobnejših praktičnih navodil za uporabo.

Zahtevana je stroga kontrola pomikov. Pri običajnih obtežbah projektanti navadno kontrolirajo predvsem nosilnost konstrukcije. Ta kontrola pa je pri potresni obtežbi manj pomembna in predvsem ni zadostna. V kratkem času delovanja največje potresne obtežbe lahko konstrukcija in njeni elementi dosežejo mejno stanje, če le ne pride do krhke porušitve ali izgube globalne stabilnosti. Slednje pa je povezano z velikostjo pomikov in deformacij konstrukcije. Podobno velja tudi za oceno stopnje poškodb pri potresu.

Podane so podrobne konstrukcijske zahteve za konstrukcije iz različnih materialov. To poglavje obsega skoraj 100 strani, kar že samo po sebi poudarja njegov pomen. Zato smo izbrali samo en značilen primer za armiranobetonske konstrukcije, kjer EC8 praviloma zahteva bolj gosto stremensko armaturo, kot smo jo projektirali do sedaj (še zlasti pred letom 1981). Njen pomen lepo ilustrira slika 1, na kateri vidimo, da so gosta stremena lepo ohranila betonsko jedro mostnega stebra na mestu največjih momentov ob vpetju v ploščo. Pod območjem gostih stremen pa je kljub manjšim obremenitvam betonsko jedro dobesedno razpadlo.

Podrobneje so obravnavane tudi jeklene in lesene konstrukcije. Za te je veljalo prepričanje, da so same po sebi potresno odporne (dosedanji predpisi so potresni odporosti jeklenih konstrukcij namenjali le 3 člene, lesene konstrukcije pa sploh niso bile obravnavane). Nedavni potresi



Slika 1. Na mestu z redkejšimi stremeni je betonsko jedro mostnega stebra razpadlo. Gosta spirala v bližini plošče pa je jedro obvarovala (foto: M. Fischinger)

Figure 1. The concrete core of a bridge column disintegrated at a location with widely spaced hoops, while the dense spiral close to the slab protected the core (photo: M. Fischinger)

Preglednica 1. Zgradba standarda EC8**Table 1. Structure of the EC8 Standard**

Del	Oznaka	Vsebina	Končna verzija
1-1	EN-1998-1	Potresna obtežba in splošne zahteve za konstrukcije Seismic actions and general requirements for structures	2002
1-2	EN-1998-1	Splošna pravila za stavbe General rules for buildings	2002
1-3	EN-1998-1	Posebna pravila za različne materiale in elemente Specific rules for various materials and elements	2002
1-4	EN-1998-3	Utrjevanje in popravila stavb Strengthening and repair of buildings	2003
2	EN-1998-2	Mostovi Bridges	2003
3	EN-1998-6	Stolpi, jambori in dimniki Towers, masts and chimneys	2003
4	EN-1998-4	Silos, rezervoarji in cevovodi Silos, tanks and pipelines	2004
5	EN-1998-5	Temelji, oporne konstrukcije in geotehnični vidiki Foundations, retaining structures and geotechnical aspects	2003

so takšno prepričanje zanikali, kar se jasno odraža tudi v spremenjenem pristopu v EC8.

EC8 namenja poseben del utrjevanju in sanaciji konstrukcij. Ta del je bil v Sloveniji že uspešno uporabljen pri obnovi po potresu v Posočju.

Predvidene novosti v EC8

V zadnji fazi usklajevanja pred sprejetjem EC8 v obliki evropskega standarda so predvidene številne novosti. Navajamo samo nekaj najpomembnejših.

Upoštevana je dodatna nosilnost konstrukcij. Opazovanja so pokazala, da mnoge konstrukcije preživijo močne potrese celo bolje, kot bi lahko pričakovali. Velikokrat lahko to pripišemo dejstvu, da so bile konstrukcije močnejše v primerjavi z minimalnimi zahtevami predpisov. Ta dodatna nosilnost je sistematično prisotna v vseh pravilno projektiranih konstrukcijah. Rezerve so predvsem v možnosti prerazporeditve obtežbe na manj obremenjene prereze, v materialu ter poenotenju dimenzij, ki jih narekuje najbolj obremenjen element. EC8 je do sedaj upošteval le dodatno nosilnost pri jeklenih konstrukcijah, sedaj pa bo upoštevana tudi pri armiranobetonskih.

Pri računu armiranobetonskih prerezov se upoštevajo razpokani prerezi. To bo v povprečju precej zmanjšalo računске potresne sile.

Vključene so šibko armirane stene. To je za Slovenijo zelo pomembno, saj so bile dosedanje zahteve EC8 vsaj nepraktične, če že ne neizvedljive za stenaste konstrukcijske sisteme, ki jih gradimo (glejte poseben razdelek v nadaljevanju).

Vključena so sodobna poglavja potresnega inženirstva, kot so potresna izolacija in uporaba neelastičnih metod

analize. Pomembno je omeniti, da je poglavje o neelastičnih metodah oblikovano na podlagi raziskovalnega dela slovenskih raziskovalcev.

Razvoj v prihodnosti

Osnovni namen večine obstoječih predpisov je preprečiti porušitve med močnimi potresi, medtem ko so poškodbe dopustne in celo pričakovane. Izkazalo pa se je (zlasti po potresih v Northridgeu in Kobeju), da investitorji in družba niso pripravljeni sprejeti tako velike škode. Zato je bilo na svetovni ravni doseženo soglasje, da je obstoječe predpise (torej tudi EC8) treba temeljito spremeniti.

Sodobni predpisi naj bi investitorjem vnaprej nudili informacijo o pričakovani stopnji poškodb, oz. širše o obnašanju konstrukcije v odvisnosti od izbrane projektne rešitve. Ta nov pristop imenujemo »projektiranje kontroliranega obnašanja« (angleško: "Performance-Based Design" – PBD).

Izkušnje z uporabo EC8 v Sloveniji

Slovenija je EC8 vpeljala hitreje kot večina drugih evropskih držav. Kot smo omenili v uvodu, je na to najprej vplival avtocestni program ob ustreznem razumevanju DARS-a, ki je kot investitor zahteval upoštevanje EC8, ki je večkrat postavil strožje zahteve od veljavne nacionalne zakonodaje. Drugo vzpodbudo je dal potres v Posočju. Poleg večje družbene pripravljenosti za zaščito pred potresi na vseh področjih je predvsem potres pripomogel k hitri vpeljavi EC8/1.4. **Brez posebnih vzpodbud pa je uvajanje EC8 počasno.** To zlasti velja za uporabo v visokogradnji.

Projektanti EC8 uporabljajo v praksi. Res da samo nekateri in da je bilo zato potrebno nekaj dodatnega izobraže-

vanja. Vendar je pred tem obstajala bojazen, da je EC8 dokument, ki je preveč zapleten za vsakodnevno uporabo v praksi.

EC8 je res zelo zapleten standard. Za široko vsakodnevno uporabo bo nujno pripraviti ustrezna orodja za projektante. Prav v tem pa je prednost standardov EC. Namenjeni so štiristomilijonskemu tržišču, kar samo po sebi zagotavlja, da bodo imeli ustrezno podporo pri uvajanju v prakso, kot so jo imeli tudi v fazi nastajanja.

Nejasen pravni status standarda je v Sloveniji privedel do njegove relativizacije. Ker standard ni predpisan z zakonom, njegova uporaba (razen če to zahteva investitor) ni obvezna. Tako se dogaja, da projektanti uporabljajo le tiste dele standarda, ki bistveno ne spreminjajo že ustaljene gradbene prakse. Takšna delitev določil na sprejemljive in nesprejemljive na podlagi subjektivne presoje je strokovno sporna in pravno nesprejemljiva.

Zahteve EC8 so v splošnem strožje od veljavnih predpisov. To velja za porabo materiala in še bolj za obseg potrebnega dela pri projektiranju. Primerjalne analize so pokazale, da EC8 tudi bistveno povečuje potresno odpornost konstrukcij. Vendar bo takšno povečano stopnjo varnosti zahteval le ozaveščen investitor. V splošnem pa bodo zakonitosti trga podpirale uporabo starih predpisov, dokler uporaba EC8 ne bo zahtevana z zakonom.

Uvajanje EC8 pri značilnih konstrukcijskih sistemih v Sloveniji

EC8 je standard številnih evropskih držav. Zato je po definiciji kompromis, tako glede zahtev, kot glede obravnavanih področjih. Zavedati se je treba, da mnoge najbolj vplivne evropske države potresno praktično niso ogrožene in da se tudi konstrukcijski sistemi po Evropi precej razlikujejo. Zato so v EC vgrajeni mehanizmi, ki posameznim državam omogočajo upoštevanje njihovih posebnosti. Vendar pa spremembe določil v okviru nacionalnih dokumentov in seveda še bolj v samem standardu zahtevajo veliko napora in sredstev, še zlasti za majhno državo, kot je Slovenija. Kot je očitno, da Slovenija nima potencialov za razvoj kompletnih standardov, pa je tudi jasno, da mora poskrbeti za svoje interese vsaj pri tistih konstrukcijskih sistemih, ki se pri nas zelo pogosto uporabljajo in v EC8 niso ustrezno obravnavani. **To so predvsem konstrukcije z nosilnimi stenami, armirano-betonske hale in cestni viadukti.**

V nekaterih evropskih državah, ki so bistveno vplivale na oblikovanje določil za projektiranje armiranobetonskih konstrukcij v potresnih območjih (predvsem v Grčiji), so bolj pogosti konstrukcijski sistemi z okviri kot s stenami. Zaradi pomanjkljivih izkušenj je bila v prvih verzijah EC8 za nosilne

stene privzeta novozelandska praksa. Ta temelji na konstruiranju zelo močno obremenjenih sten, kar ne ustreza stanju v Sloveniji in v drugih evropskih državah (npr. v Franciji ali na Hrvaškem). Zato trenutno potekajo obsežne raziskave, ki naj bi pokazale, pod kakšnimi pogoji je možno uporabiti manj stroge konstrukcijske rešitve.

Montažne armiranobetonske hale se lahko med potresi obnašajo bistveno drugače (predvsem slabše) od monolitnih zgradb. To se je v naši praksi premalo upoštevalo. Po drugi strani prinaša EC8 zelo stroge pogoje za montažne hale, ki utegnejo ogroziti njihovo ekonomsko uspešnost. Primerno ravnotežje med obema skrajnima pristopoma skušamo ugotoviti s pomočjo obsežnih eksperimentalnih in analitičnih raziskav.

Ocenjujemo, da so konstrukcijske zahteve EC8 za škatlaste stebre cestnih viaduktov ustrezne in da je bila velika večina viaduktov v okviru avtocestnega programa solidno projektirana. Problematični pa so viadukti iz časa, ko je bilo znanje na področju potresnega inženirstva mostov slabše. Za ustrezno utrditev takšnih viaduktov potrebujemo podatke, ki jih v drugih državah praktično ni možno dobiti. Zato bo ta problem morala rešiti Slovenija sama, ob morebitnem sodelovanju sosednjih srednjeevropskih držav, ki gradijo podobne viadukte.

Sklepne misli

EC8 prinaša v slovensko prakso bistvene novosti na področju projektiranja in izvedbe potresno odpornih konstrukcij. Prve analize kažejo, da pomembno povečuje stopnjo potresne varnosti. Vpeljava v prakso je možna, vendar ne bo brez težav. Mestoma bo treba spremeniti tudi način mišljenja. Predvsem bo treba bolje razumeti odnos med začetnimi vlaganji in morebitnimi posledicami močnih potresov. To razmerje je v EC8 v primerjavi z dosedanjimi predpisi jasneje opredeljeno. Še pomembnejše izboljšave pa prinaša nova generacija predpisov za gradnjo na potresnih območjih, ki temelji na metodi projektiranega obnašanja.

Literatura

1. Fajfar, P., Fischinger, M., Isaković, T., 1994. Eurocode 8/2: projektiranje konstrukcij v potresnih območjih - mostovi: preliminarni priročnik. IKPIR FGG.
2. SIST ENV, 1995. Eurocode 8 - Projektiranje konstrukcij na potresnih področjih. Slovenski predstandard, sprejet po metodi platnice v treh jezikih EU (v angleščini, francoščini in nemščini). USM MZT.
3. SIST ENV, 2000. Eurocode 8 - Projektiranje potresno odpornih konstrukcij. Slovenski prevod predstandarda. USM MZT.

SEIZMIČNE RAZISKAVE LITOSFERE NA OBMOČJU JUGOVZHODNIH ALP – PROJEKT ALP 2002

Seismic investigations of the lithosphere in the Southeastern Alps – Alp 2002 project

Andrej Gosar*

Povzetek

Raziskave globljih delov litosfere z umetno povzročeniimi seizmičnimi valovi postajajo vse pomembnejše za razumevanje geoloških procesov, izkoriščanje naravnih virov in ocenjevanje potresne nevarnosti. Uspešnim raziskavam v Zahodnih Alpah ter severnem delu srednje Evrope sledi projekt Alp 2002, ki zajema območje jugovzhodnih Alp ter njihovega stika z Dinaridi in Panonskim bazenom. Pomemben del tega območja leži v Sloveniji. V mreži dvanajstih profilov skupne dolžine 4400 km, ki se raztezajo prek sedmih držav, bo v začetku julija 2002 v globokih vrtnah sproženih 30 močnih eksplozij, katerih signal bo zaznavalo 1000 posebnih prenosnih seizmografov. V Sloveniji bosta dve eksploziji, vzdolž petih profilov pa bo v medsebojni razdalji 3–6 km razvrščenih 135 seizmografov. Pričakujemo, da bodo izmerjeni podatki omogočali izdelavo tri-dimenzionalnega modela litosfere in prispevali k razumevanju zapletene tektonike in geodinamike na stiku Evrazijske, Jadranske (fragment Afriške plošče) in Tisa plošče.

Abstract

Investigations of deep lithosphere structures with artificially generated seismic waves are becoming more and more important for understanding geological processes, the exploitation of natural resources and for the assessment of earthquake hazard. Successful investigations in the Western Alps and in the northern part of the Central Europe will be followed by the Alp 2002 project, which is targeted on the south-eastern Alps and their contact with the Dinaric mountains and the Pannonian basin. An important part of this region lies in Slovenia. Within a network of twelve profiles having a total length of 4400 km, which are spread over seven countries, 30 strong explosions will be triggered in deep boreholes in the beginning of July 2002. Their signal will be recorded by 1000 special portable seismographs. In Slovenia, there will be two explosion points and 135 seismographs will be distributed along five profiles at 3–6 km intervals. The collected data is expected to enable the construction of a three-dimensional model of the lithosphere and contribute to a better understanding of the complex tectonics and geodynamics at the junction between the Eurasian, Adriatic (fragment of African plate) and Tisza plates.

Uvod

Raziskave globljih delov Zemljine skorje in vrhnjega dela Zemljinega plašča, ki tvori skupaj s skorjo okoli 100 km debele litosferske plošče, so vedno bolj v središču znanstvenega zanimanja. Zato obstoja več razlogov, glavni pa so:

- teorija tektonike litosferskih plošč, ki je ključ za razumevanje številnih geoloških procesov, predvsem na območju gorskih verig, je bila utemeljena šele pred dobrimi tridesetimi leti (Cox in Hart, 1986),
- geofizikalne metode raziskav so v tem času doživele silovit razvoj, ki omogoča pridobivanje vse boljših podatkov iz velikih globin (Fowler, 1990),
- v iskanju energetskih virov in mineralnih surovin je človeštvo pripravljeno posegati vedno globlje v Zemljino skorjo.

Raziskovanje litosfere pa ni potrebno le za zadostitev znanstvene radovednosti ali za izkoriščanje naravnih virov, temveč je zelo pomembno tudi pri ocenjevanju naravnih nevarnosti, kot so potresi in vulkani (Nicolich, 1994). Predvsem moderni pristopi k ocenjevanju potresne nevarnosti, zahtevajo vse bolj izpopolnjene geodinamske študije in natančnejše modele litosfere, s katerimi izboljšamo lociranje instrumentalno opazovanih potresov in tudi bolje predvidimo njihove učinke.

Seizmične metode raziskav litosfere

V zgodnjem obdobju je naše poznavanje zgradbe litosfere temeljilo predvsem na študiju potresnih valov, ki se sproščajo ob naravnih potresih, ter na proučevanju toplotnega, težnostnega, električnega in magnetnega polja Zemlje. Kasneje pa

* doc. dr., Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo, Dunajska 47, Ljubljana, andrej.gosar@gov.si



Slika 1. Položaj glavnih globokih seizmičnih profilov prek Zahodnih in Centralnih Alp (modro) in profilov, ki bodo izmerjeni v okviru projekta Alp 2002. Profili gostejših meritev so vijolični, redkejših meritev pa oranžni.

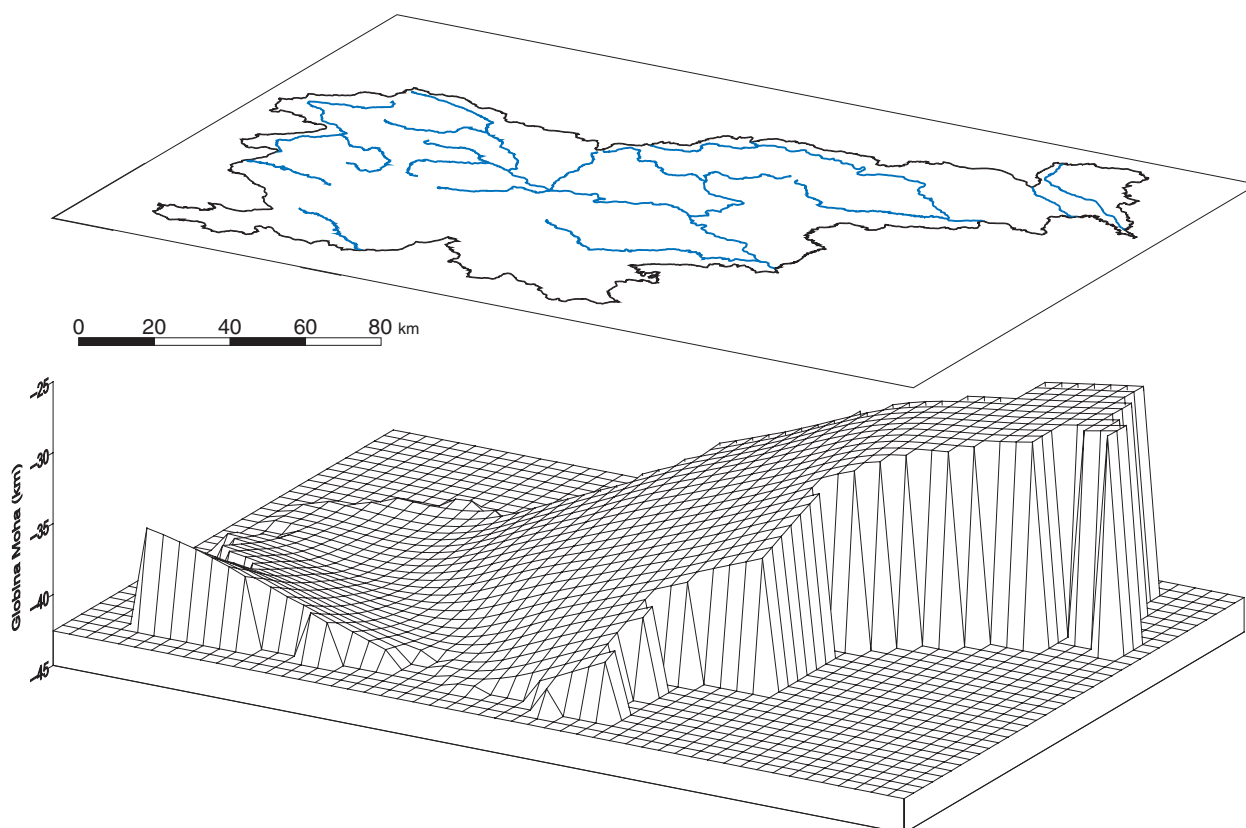
Figure 1. Position map of main deep crustal seismic profiles in Western and Central Alps (blue), and the profiles to be measured within the framework of the Alp 2002 project. High-density lines are purple, low-density lines are orange.

so prevladale seizmične metode, ki uporabljajo potresne valove, povzročene umetno z močnimi eksplozijami. V zadnjih treh desetletjih so bili po svetu izvedeni številni seizmični projekti globokih raziskav litosfere, ki so prispevali mnogo neprecenljivih podatkov. Pri tem se uporabljata dva načina meritev: refrakcijska/širokokotna refleksijska seizmika in refleksijska seizmika (Gosar, 1995).

Pri refrakcijski/širokokotni refleksijski seizmiki so razdalje med točkami, kjer generiramo seizmične valove z eksplozijami (strelne točke), in senzorji, ki zapisujejo nihanje tal (seizmografi), praviloma velike in znašajo tudi do nekaj sto km. Ker hitrosti seizmičnih valov praviloma naraščajo z globino, se valovi na izrazitejših hitrostnih mejah (diskontinuitetah) lomijo tako, da potujejo pretežno v vodoravni smeri v hitrejših globljih plasteh. Najbolj izrazita hitrostna meja je Mohorovičičeva diskontinuiteta ali Moho (ime je dobila po hrvaškem seizmologu, ki jo je odkril pri študiju zapisov potresa leta 1909 v dolini Kolpe), ki ločuje Zemljino skorjo od plašča. Hitrost longitudinalnih valov na Mohu dokaj nenadno poraste od 6,5–7,2 km/s v spodnjem delu skorje na 7,8–8,5 km/s v zgornjem delu plašča, gostota pa

od 2,9 g/cm³ na 3,3 g/cm³. Moho se nahaja v globini med 25 in 40 km pod kontinenti in med 5 in 8 km pod oceanskim dnom. Pod nekaterimi gorskimi verigami (Alpe, Himalaja) pa doseže celo globine med 50 in 60 km ali več. Druga pomembna hitrostna meja je Conradova diskontinuiteta, ki ločuje zgornji, bolj kisel (graniten) od spodnjega, bolj bazičnega (bazaltnega) dela Zemljine skorje. Za raziskave z refrakcijsko/širokokotno refleksijsko seizmiko se je uveljavil tudi izraz globoko seizmično sondiranje. Ker je pri teh meritvah pot seizmičnih valov zelo dolga in pretežno vodoravna, dobimo z njimi bolj splošne podatke o litosferi. Zaradi manjšega števila strelnih točk pa je njihova prednost v bistveno nižjih stroških kot pri refleksijski seizmiki, zato refrakcijska/širokokotna refleksijska metoda še vedno prevladuje (Klemperer in Peddy, 1992).

Pri refleksijski seizmiki potujejo seizmični valovi skoraj navpično do hitrostnih diskontinuitet, od katerih se pod ostrim kotom odbijejo nazaj proti površini. Ker prepotujejo le kratko vodoravno razdaljo, dajejo podrobnejše podatke o strukturah Zemljine skorje in plašča. Gre za prilagoditev klasične refleksijske metode (Gosar, 2000), ki se uporablja



Slika 2. Pogled v perspektivi na domnevno obliko Mohorovičičeve diskontinuitete pod Slovenijo.

Figure 2. Perspective view on the assumed shape of the Mohorovičić discontinuity beneath Slovenia.

predvsem pri naftnih raziskavah, za velik globinski doseg. Tovrstne meritve so zaradi potrebe po gosto razporejenih strelnih točkah in velikega števila senzorjev zelo drage.

Seizmične raziskave litosfere na območju Alp in srednje Evrope

Gorska veriga Alp, ki je nastala s kolizijo Afriške in Evrazijske litosferske plošče, je najbolj raziskan orogen na svetu. Kljub temu je bila pred uporabo globokih seizmičnih profilov njihova struktura v globini, ki je tudi ključ za razumevanje zapletene tektonske strukture narivov in pokrovov bližje površini, še zelo slabo znana. Seizmični profili prek Zahodnih in Centralnih Alp (slika 1), ki so bili izmerjeni v drugi polovici osemdesetih let (Marchant, 1993) v sodelovanju nacionalnih projektov ECORS (Francija), NFP-20 (Švica) in CROP (Italija), ter mednarodni projekt Evropske geotraverze (Blundel in sod., 1992) so zato prispevali nekatere ključne dokaze o koliziji Evrazijske in fragmentirane Afriške plošče. Glavni so:

- Evrazijska plošča se pod Alpami podriva pod Afriško ploščo in tone proti jugu. Moho je pod severnim alpskim predgorjem na globini okoli 30 km, pod Južnimi Alpami pa že 65 km globoko, kar predstavlja največjo globino do Moha, opazovano na seizmičnih profilih do sedaj.

- V skorjo Evrazijske plošče se kot klin vriva Jadranska mikroplošča, ki je fragment Afriške plošče. Ta potuje proti severu in rotira v obratni smeri urinega kazalca. To vrivanje povzroča podvajanje Mohorovičičeve diskontinuitete, ki se pogosto opisuje kot »struktura odprtega krokodiljega žrela«.

V letih 1998–2000 je bil izmerjen profil Transalp (First break, 2000) prek Vzhodnih Alp med Münchnom in Bellunom (slika 1), katerega rezultati sicer še niso objavljeni, vendar prvi podatki kažejo na podobno strukturo vrivanja Jadranske mikroplošče v Evrazijsko ploščo kot na območju Centralnih Alp.

Na območju srednje in vzhodne Evrope sta bila v preteklih petih letih izvedena dva večja projekta globokega seizmičnega sondiranja, in sicer Polonaise '97 in Celebration 2000 (Central European Lithospheric Experiment Based on Refraction) ter še nekaj projektov na območju Panonskega bazena in Karpatov. Projekt Celebration 2000 (Guterch in sod., 2000) je obsegal mrežo desetih profilov v skupni dolžini 8900 km, ki so potekali prek osmih držav (Češka, Slovaška, Madžarska, Avstrija, Nemčija, Poljska, Rusija in Belorusija). Uporabili so kar 142 strelnih točk z naboji, velikimi med 80 kg in 15.000 kg, povprečno 300 kg, ter 1100 prenosnih seizmografov, kar je dalo obsežno zbirko podatkov, ki omogočajo izdelavo tridimenzionalnega modela litosfere raziskanega območja.

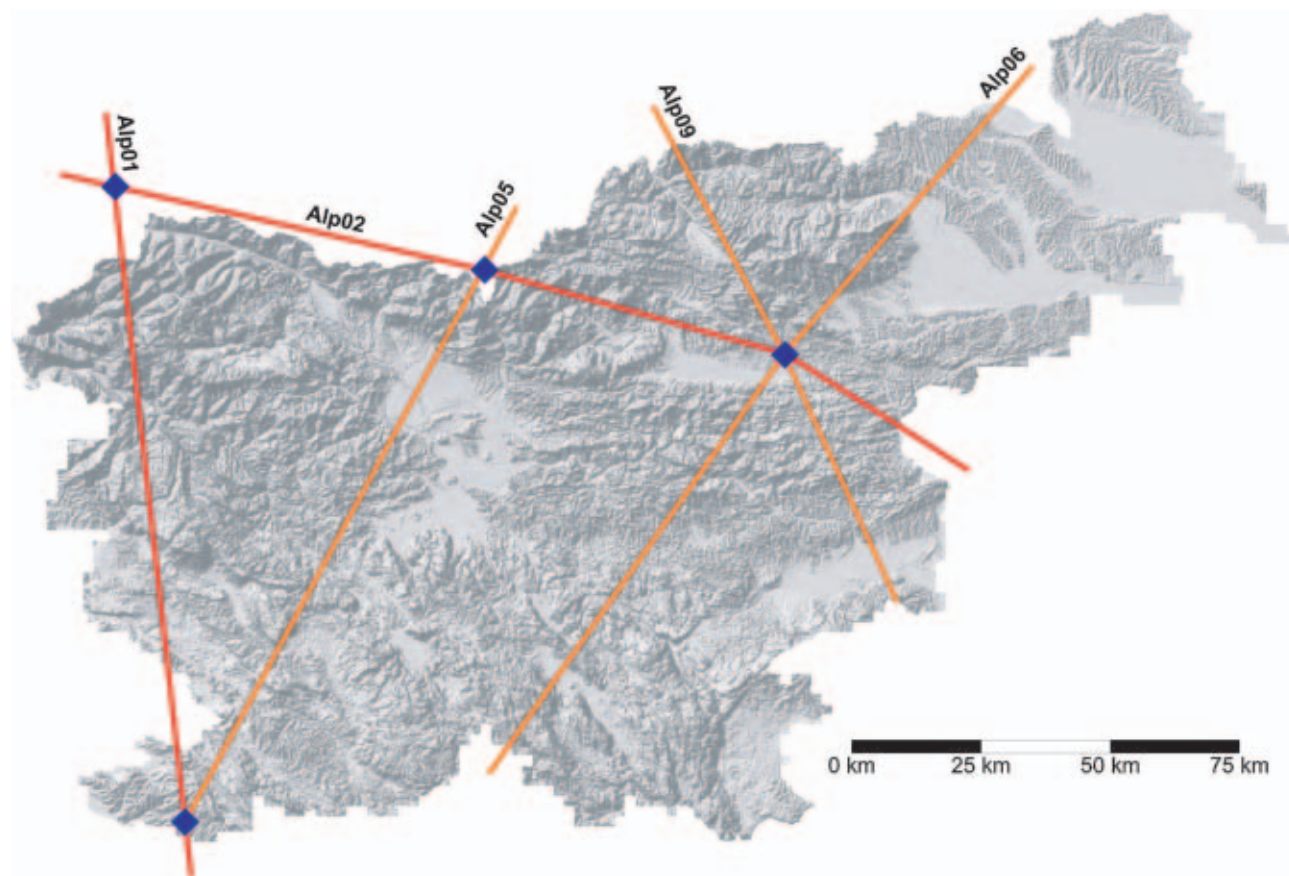
Na območju bivše Jugoslavije je bilo v letih od 1964 do 1983 posnetih 9 profilov globokega seizmičnega sondiranja (Skoko in sod., 1987), in sicer pretežno v prečnodinarski smeri (JZ–SV). Na podlagi rezultatov seizmičnega profiliranja in drugih geofizikalnih podatkov je bila izdelana »Strukturna karta Mohorovičićeve diskontinuitete« v merilu 1 : 500.000 (Dragašević in sod., 1989). V okviru teh raziskav je bil leta 1983 izmerjen globok seizmični profil med Puljem in Mariborom, dolg 230 km, ki poteka prek večjega dela Slovenije (Joksović in Andrić, 1983). Uporabljeni sta bili dve strelni točki, prva v morju pri Pulju in druga v Vidmu pri Velikih Laščah. Moho je bil ugotovljen najplitveje na globini okoli 30 km na obeh koncih profila pri Pulju in Mariboru, najgloblje (okoli 41 km) pa pod Dinaridi (Snežnik). Izmerjena hitrost longitudinalnih valov znaša 6,4 km/s v spodnjem delu skorje in 8,0–8,2 km/s v zgornjem delu plašča.

Domnevna topografija Mohorovičićeve diskontinuitete pod Slovenijo, povzeta po karti Dragaševića in sod. (1989), je v perspektivi prikazana na sliki 2. Največja globina do Moha (več kot 42 km) je pod Dinaridi in Julijskimi Alpami. Proti JZ se Moho dokaj strmo dviga proti Jadranskemu morju in doseže v Tržaškem zalivu globino okoli 35 km. Proti SV se sprva prav tako strmo dviga do Maribora, kjer doseže 30 km, nato pa je proti Panonskemu bazenu nekoliko bolj položen in doseže na meji z Madžarsko globino 28 km.

Projekt Alp 2002

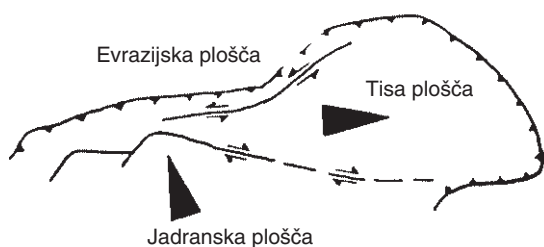
Logično nadaljevanje raziskav na območju Alp in srednje Evrope v okviru omenjenih projektov predstavlja njihova razširitev na prostor Vzhodnih in Jugovzhodnih Alp, kjer se Alpe stikajo z velikima tektonskima enotama Dinaridov in Panonskega bazena. Po mnenju večine raziskovalcev predstavlja prav to območje trenutno največjo neznancko pri razumevanju globokih struktur Alp. Po obstoječih geoloških in geofizikalnih podatkih ima kolizija Evrazijske in fragmentirane Afriške plošče na tem območju precej drugačen značaj kot v ostalem delu Alp. Prevladuje hipoteza, da je kolizija Jadranske mikroplošče in Evrazijske plošče povzročila bočno iztiskanje (ekstruzijo) vmesne Tisa mikroplošče, kateri pripada večji del Panonskega bazena. Ta plošča se pomika proti vzhodu, kot prikazuje logo (slika 3) mednarodne konference AlCaPa (akronim za Alps, Carpathians, Pannonian basin). Pomemben del stika tektonskih enot Alp, Dinaridov in Panonskega bazena oz. omenjenih listosferskih plošč pa leži prav v Sloveniji.

Zato so po uspešnem zaključku meritev za projekt Celebration 2000 njegovi izvajalci v začetku leta 2001 sprožili pobudo za nov mednarodni projekt z imenom »Tridimenzionalne refrakcijske seizmične raziskave litosfere na območju Vzhodnih Alp« ali na kratko Alp 2002. Koordinator projekta



Slika 4. Položaj seizmičnih profilov in strelnih točk projekta Alp 2002 v Sloveniji in bližnji okolici.

Figure 4. Position map of the Alp 2002 seismic profiles and shot points in Slovenia and its vicinity.



Slika 3. Logo mednarodnega kongresa AICaPa, ki prikazuje bočno iztiskanje Tisa plošče proti vzhodu kot posledico kolizije Jadranske in Evrazijske plošče.

Figure 3. Logo of AICaPa international conference, showing the lateral extrusion of the Tisza plate towards the east as the consequence of the collision of Adriatic and Eurasian plates.

je prof. Ewald Brueckl iz Inštituta za geodezijo in geofiziko Tehnične univerze na Dunaju. K projektu je pristopilo 5 držav (Avstrija, Češka, Madžarska, Hrvaška in Slovenija), nekaj profilov pa bo segalo tudi v Nemčijo in Italijo. Pomemben partner je še Univerza v Texasu iz El Pasa, ki je dala na razpolago večino prenosnih seizmografov v okviru programa PASSCAL, ter še nekatere institucije iz Kanade, Finske, Danske in Turčije. Predvidenih je 30 strelnih točk (največ, 11, v Avstriji) in uporaba 1000 prenosnih seizmografov vrste RefTek Texan, ki bodo razporejeni vzdolž mreže dvanajstih profilov skupne dolžine 4400 km (slika 1). Razdalja med senzorji bo na večini profilov 6 km, na nekaterih profilih pa 3 km. Najbolj zahodni profil (Alp 12) bo sovpadal z že izmerjenim profilom Transalp, v severovzhodnem delu pa se nekateri profili z delnim prekrivanjem navezujejo na profile projekta Celebration 2000. To bo omogočalo integracijo podatkov in izdelavo tridimenzionalnega modela litosfere na



Slika 5. Enokanalni prenosni seizmograf RefTek Texan. Pri projektu Alp 2002 bo uporabljenih 1000 takšnih naprav, od tega 135 v Sloveniji.

Figure 5. RefTek Texan single channel portable seismograph. 1000 such instruments will be used in the Alp 2002 project, 135 of these in Slovenia.

celotnem prostoru med Baltikom in Jadranom. Lokacije profilov so bile dogovorjene na usklajevalnih sestankih vseh sodelujočih institucij.

Iz Slovenije sodeluje v projektu MOP, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo. Pri nas bosta dve strelni točki, prva na območju Vojnika na obrobju Celjske kotline, druga pa pri Gradinu v Slovenskem primorju (slika 4). Ustrezna pokritost našega ozemlja je zagotovljena tudi s strelnimi točkami v sosednjih državah. V Avstriji bosta dve strelni točki povsem blizu meje pri Podkloštru in Jezerskem, na Hrvaškem pa bodo pri Labinu, Crikvenici in Ivaniču gradu. Senzorji bodo razporejeni vzdolž petih profilov (slika 4), in sicer vzdolž profilov Alp01 in Alp02 na vsake 3 km, vzdolž profilov Alp05, Alp06 in Alp09 pa na vsakih 6 km. Skupno bomo pri nas postavili 135 senzorjev (geofonov). Ti bodo povezani z enokanalnimi seizmografi Reftek Texan (slika 5), ki so bili razviti prav za globoko seizmično sondiranje. Njihova glavna prednost je majhna poraba električne energije, ki omogoča večdnevno avtonomijo z uporabo navadnih alkalnih baterij, visoko dinamično območje in natančna notranja ura, ki se sinhronizira s satelitskim signalom GPS le pred in po končanih meritvah.

Meritve bodo potekale v prvem tednu julija 2002. Dva dneva sta predvidena za postavitve 1000 seizmografov v sedmih državah. Nato pa bodo v treh nočeh ob dogovorjenih urah posamično sproženi eksplozivni naboji na tridesetih strelnih točkah. Na vsaki strelni točki bo uporabljenih okoli 300 kg eksploziva, ki bo nameščeno v petih 35–40 m globokih vrtnah. Eksplozije ne bodo imele nobenih škodljivih vplivov na površini, točke miniranja pa so izbrane tako, da so dovolj oddaljene od vseh objektov. Meritve se opravljajo ponoči, ker je takrat seizmični nemir, ki ga povzročajo industrija, promet, kmetijska dejavnost itd., mnogo manjši kot podnevi, to pa omogoča večjo občutljivost senzorjev. Predvideva se, da bo ob ugodnih pogojih signal posamezne strelne točke z občutljivimi seizmografi moč zaznati na razdalji do 250 km.

Sklepne misli

Meritvam na terenu bo sledila zahtevna računalniška obdelava in interpretacija podatkov, ki bo potekala deloma v sodelujočih institucijah, deloma pa v večjih centrih na Dunaju, Budimpešti in v El Pasu v Texasu. Veliko število senzorjev, ki bodo aktivni ves čas meritev, bo omogočalo poleg klasične dvodimenzionalne obdelave vzdolž posameznih merskih profilov tudi tridimenzionalno (tomografsko) analizo, kar je pomembna prednost glede na predhodne projekte.

Nekatera ključna vprašanja o globinski strukturi Vzhodnih Alp in njihovem stiku z Dinaridi ter Panonskim bazenom, za katera raziskovalci upamo, da jih bomo osvetlili z analizo podatkov, zbranih v okviru projekta Alp 2002 in tudi Transalp, so:

- Kje je meja med Evrazijsko in Jadransko mikroploščo?
- Kakšne so strukturno-geološke razlike v zgradbi Zahodnih/Centralnih in Vzhodnih Alp?

- Ali povzročča kolizija Evrazijske in Jadranske plošče ter bočno izrinjanje Tisa plošče nalaganje litosferskih plošč in imamo opraviti s podvajanjem Mohorovičićeve diskontinuitete tako kot v zahodnem delu Alp?
- Kakšna je vloga strukturne poglobitve Moha pod Dinaridi in Južnimi Alpami na območju, ki geodinamsko predstavlja čelo največjih deformacij?
- Kakšna je debelina sedimentnih kamnin?

Pričakujemo, da bodo rezultati projekta Alp 2002 dali pomembne nove podatke o tektoniki in geodinamiki tega geološko zelo zapletenega območja, kar bo skupaj z izboljšanim tridimenzionalnim modelom litosfere prispevalo k natančnejši oceni potresne nevarnosti ter oceni možnosti izkoriščanja ogljikovodikov in geotermalne energije. O izsledkih raziskav bomo v Ujmi vsekakor še poročali.

Literatura

1. Aljinović, B., Prelogović, E., Skoko, D., 1987. Novi podaci o dubinskoj geološkoj građi i seizmotektonski aktivnim zonama u Jugoslaviji. *Geološki vjesnik*, 40, 255–263, Zagreb.
2. Blundel, D., Freeman, R., Mueller, St. (eds.), 1992. A continent revealed, the European geotraverse. Cambridge university press, 275 str., Cambridge.
3. Cox, A., Hart, R. B., 1986. Plate tectonics – how it works. Blackwell, 392 str., Oxford.
4. Dragašević, T., Andrić, B., Joksović, P., 1989. Prognozna karta dubinskog položaja geoloških elemenata Jugoslavije – strukturna karta Mohorovičićevog diskontinuiteta 1 : 500.000. Savezni geološki zavod, Beograd.
5. First break 2000. European seismic survey project seeks the root of Alps. First break, 3-4, EAEG, Oxford.
6. Fowler, C. M. R., 1990. The solid earth. An introduction to global geophysics. Cambridge university press, 472 str., Cambridge.
7. Gosar, A., 1995. Globoke raziskave Zemljine skorje z refleksijsko seizmiko. Posvetovanje slovenskih geologov ob 34. skoku čez kožo. *Geološki zbornik*, 10, 30–31, Ljubljana.
8. Gosar, A. 2000. Uporabna geofizika, Seizmične metode. Naravoslovnotehniška fakulteta, 75 str., Ljubljana.
9. Guterch, A. in sod., 2000. Celebration 2000: Huge seismic experiment in Central Europe. *Geologica Carpatica*, 51, 413–414. Bratislava.
10. Joksović, P., Andrić, B., 1983. Ispitivanje građe zemljine kore metodom dubokog seizmičkog sondiranja na profilu Pula–Maribor. *Geofizika Zagreb*, 14 str., Zagreb.
11. Klemperer, S. L., Peddy, C., 1992. Seismic reflection profiling and the structure of the continental lithosphere. V: Brown, G., Hawkesworth, C., Wilson, C., *Understanding the earth – a new synthesis*. Cambridge university press, 251–274, Cambridge.
12. Marchant, R., 1993. The underground of the Western Alps. *Memoires de Geologie*, 15, 137 str., Lausanne.
13. Nicolich, R., 1994. Deep crustal structures and implications for earthquakes hazard. *Proceedings of the international scientific conference Europrotech*, 47–62, Udine.
14. Skoko, D., Prelogović, E., Alinović, D., 1987. Geological structure of the Earth's crust above the Moho discontinuity in Yugoslavia. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 89/1, 379–382, Oxford.

MODELIRANJE DINAMIKE ZEMELJSKEGA PLAZU STOŽE POD MANGARTOM

Modelling of Debris Flow at Log pod Mangartom

Matjaž Četina*, Rudi Rajar**, Tomaž Hojnik***,
Majda Zakrajšek****, Mario Krzyk*****

UDK 551.3:519.6(497.4 Log pod Mangartom)

Povzetek

Z matematičnimi modeli smo simulirali gibanje zemeljskega plazu, ki se je zgodil novembra 2000 in razdeljal del vasi Log pod Mangartom. Z enodimenzijskim modelom smo določili potek plazu na kanjonskem delu od plazišča do mostu v Zgornjem Logu, kjer smo tudi določili hidrograme drobirskega pretoka za predpostavljene primere začetne mase, ki bi se po ocenah geologov lahko ponovno sprožili. Ti hidrogrami so dalje služili kot vhodni podatki za simulacije z dvema dvodimenzijskima modeloma na področju Zgornjega in Spodnjega Loga. Umerjanje in verifikacijo modelov smo izvedli na osnovi primerjave z merjenimi parametri dejanskega plazu. Modeli so pokazali razmeroma dobro točnost in smo jih dalje uporabili za oceno ogroženosti in za določitev ukrepov za zaščito področja pred možnimi bodočimi plazovi. Ti ukrepi zajemajo različne variante odstranitve ostankov prejšnjega plazu, izgradnjo varovalnega zidu in gradnjo štirih prečnih pregrad.

Abstract

A mathematical simulation of the landslide – debris flow that occurred in November 2000 and destroyed part of the village of Log pod Mangartom (causing seven deaths) was performed. One-dimensional simulations were first carried out along the upper part of the affected region to the bridge in Zgornji Log, where most of the debris flow was in a narrow canyon. Hydrograms of debris flow discharge at the site of the bridge in Zgornji Log were determined for selected cases of possible future landslides. These hydrograms were used as the upstream boundary condition for simulation with two two-dimensional models: PCFLOW2D, developed at the Faculty of Civil and Geodetic Engineering in Ljubljana, and Flo-2D, a commercial model. The three models were calibrated with the measured parameters of the actual landslide and then used as an efficient tool to determine the measures needed to ensure the future protection of the village. The most effective measures include: (1) excavation of material from the river bed along Zgornji Log (mainly the removal of debris mass deposited after the last landslide); (2) construction of four dams that will partly accumulate the mass and partly dissipate the energy; (3) construction of an along-stream wall to deflect the debris flow at the upstream border of the village.

Opis problema

15. novembra 2000 se je na pobočju pod Stožami utrgal zemeljski plaz, ki je zdrsnil do mostu v Mlinču, ga le delno pretil, večina mase pa se je ustavila nad mostom (plaz A, sliki 1 in 2). Po dvodnevnem močnem deževju se je plazovina zelo razmočila, 17. novembra pa je na pobočju pod Stožami očitno zdrsnil dodatni manjši plaz, drsel do prvega, tega ponovno sprožil v gibanje, dalje pa je skupna masa zdrvela prek ozkega kanjona Mangartskega potoka in dalje po soteski Predelice do Zgornjega Loga (plaz B, slika 1). Nato je plaz, ki je postal zaradi dodatnih voda reke Koritnice še bolj razmočen, tekkel po dolini Koritnice mimo Spodnjega Loga in skozi ozko sotesko pod mostom pri Možnici ter naprej proti Klužam.

Plaz ali, kot pojav tudi imenujemo, drobirski tok, je v Logu poškodoval 23 hiš, 4 je popolnoma porušil, 7 prebivalcev je izgubilo življenje (sliki 3 in 4).

Vrednotenje volumnov je pokazalo, da je bil volumen prvega plazu, ki se je ustavil nad mostom v Mlinču, približno 600.000 m³. Skupaj je s plazišča zdrvelo v dolino 1.200.000 m³, do Zgornjega Loga pa je prišlo 800.000 m³, ker se je okoli 400.000 m³ odložilo vzdolž korita Predelice.

Ker po predvidevanjih geologov in geomehanikov nad mestom, kjer sta se sprožila prva dva plazova, obstaja možnost ponovnega proženja približno podobne ali celo večje mase, je naselje Log pod Mangartom v novi

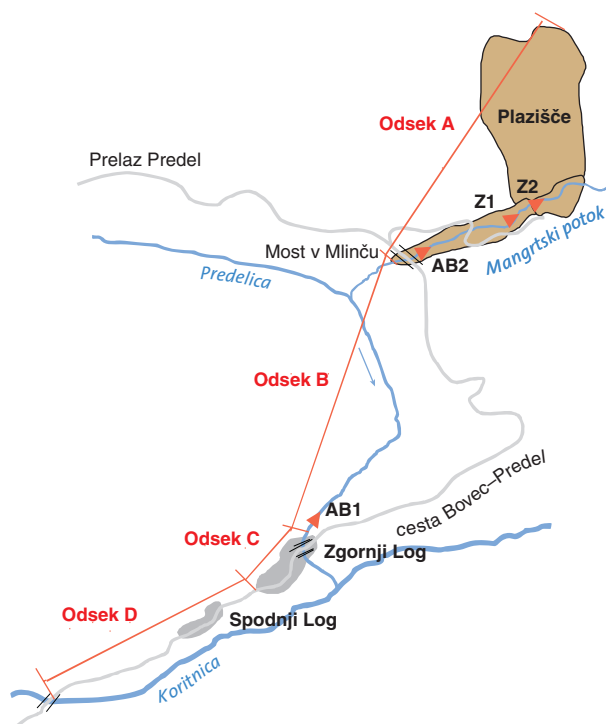
* izr. prof. dr., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KMTe, Hajdrihova 28, Ljubljana, mčetina@fgg.uni-lj.si

** prof. dr., Orle 44, Škofljica, rrajar@fgg.uni-lj.si

*** Vodnogospodarski biro Maribor, Glavni trg 19c, Maribor, hojnik@vbg.si

**** Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KMTe, Hajdrihova 28, Ljubljana, mzakrajs@fgg.uni-lj.si

***** mag., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, KMTe, Hajdrihova 28, Ljubljana, mkrzyk@fgg.uni-lj.si



Slika 1. Pregledna situacija področja in računskih odsekov
Figure 1. Layout of the region and computational sections

nevarnosti. Zato je bilo nujno načrtovati in izvesti ukrepe za zaščito prebivalcev in imetja.

Glavni cilj naše naloge je bil z matematičnimi modeli simulirati možne bodoče dogodke, s tem napovedati možne posledice in predvsem pomagati pri določitvi najučinkovitejših zaščitnih ukrepov. Kot bo podrobneje prikazano v zaključkih, so možni zaščitni ukrepi naslednji (Takahashi, 1991 ter Mainali in Rajaratnam, 1991):

- v spodnjem odseku, kjer je taka možnost (predvsem na območju dolvodno od mostu v Zgornjem Logu) odstraniti dovolj materiala, da se pripravi prostor, ki bo na razpolago



Slika 2. Montažni most pri Mlinču, zgrajen po poružitvi starega mostu, vidni so sledovi plazov v kanjonu (foto: R. Fazarinc)

Figure 2. Temporary bridge constructed after the destruction of the old bridge; traces of the avalanche can be seen in the canyon (photo: R. Fazarinc)

- za neškodljiv pretok drobirske mase skozi naselje in/ali za akumulacijo dela mase v tem prostoru; tako bodo maksimalne kote drobirskega toka dovolj nizko, da ne bodo ogrožale objektov in prebivalcev;
- izgradnja ene ali več prečnih zaščitnih pregrad, ki imajo dvojno funkcijo: (a) zadržati del mase v svojem zadrževalnem prostoru in (b) zmanjšati energijo in hitrost drobirskega toka;
- izgradnja vzdolžnega varovalnega zidu v samem naselju, ki bi preusmerjal drobirski tok in neposredno zaščutil hiše pred blatnim tokom plazov.

Ker je nemogoče točno napovedati, kakšna masa bi se lahko v bodoče sprožila, je bila sprejeta predpostavka, da se skuša varovati Log pred plazom enake mase, kot se je zgodil novembra 2000. Kot je povedano zgoraj, je bila takratna sprožena masa 1.200.000 m³, do Zgornjega Loga pa je prišlo 800.000 m³.

Matematične simulacije so pokazale potrebne dimenzije opisanih objektov ter pomagale pri presoji učinkovitosti posameznih ukrepov, tako z varnostnega kot z ekonomskega in ekološkega vidika. Omogočile so tudi oceno varnosti področja pri različnih predpostavljenih masah sprožitve in ob posameznih varnostnih ukrepih.

Opis pojava

Ko se zemeljska masa utrga in začne premikati po plazišču navzdol, se vedno zdrobi v drobir, kjer so zrna zelo različnih velikosti, od najdrobnejših do zelo velikih, nekatere skale lahko merijo tudi več m³. Navadno je masa bolj ali manj razmočena, saj je največkrat ravno voda vzrok splazitve. Tak drobirski tok je do neke mere podoben toku tekočine, in to toliko bolj, kolikor več vode vsebuje. Osnovne enačbe, ki opisujejo ta pojav, so v osnovi zelo podobne kot enačbe za opis toka vode; razlika je v členih, ki opisujejo upor toka, saj je drobirski tok seveda gostejši, ima večjo viskoznost, trenje



Slika 3. Poškodovane hiše na levem bregu Predelice pod mostom v Zgornjem Logu (foto: R. Fazarinc)

Figure 3. Damaged houses on the left bank of Predelica, downstream from the bridge in Zgornji Log (photo: R. Fazarinc)

med zrnji pa povzroča še dodatni upor. Glavna razlika v primerjavi s tokom vode pa je v členu, ki izraža začetne strižne napetosti, ki v modelih omogoča simulirati pojav, da se drobirski tok lahko ustavi tudi na nagnjenem pobočju in z nagnjeno »gladino«, medtem ko vemo, da se voda lahko ustavi le pri vodoravni gladini.

Pojav je do neke mere podoben toku, ki nastane po poružitvi pregrade (Rajar in Zakrajšek, 1993). V tem primeru se masa vode, ki je zbrana za pregrado, po poružitvi sprosti in steče proti dolini, v primeru plazju pa se masa plazovine prav tako v nekem trenutku sprosti in zdrvi navzdol po fizikalnih zakonih ravnotežja vseh delujočih sil in zakonu o ohranitvi mase (slika 5). Zato smo že l. 1980 iz matematičnega modela za simulacijo toka po poružitvi pregrad izdelali

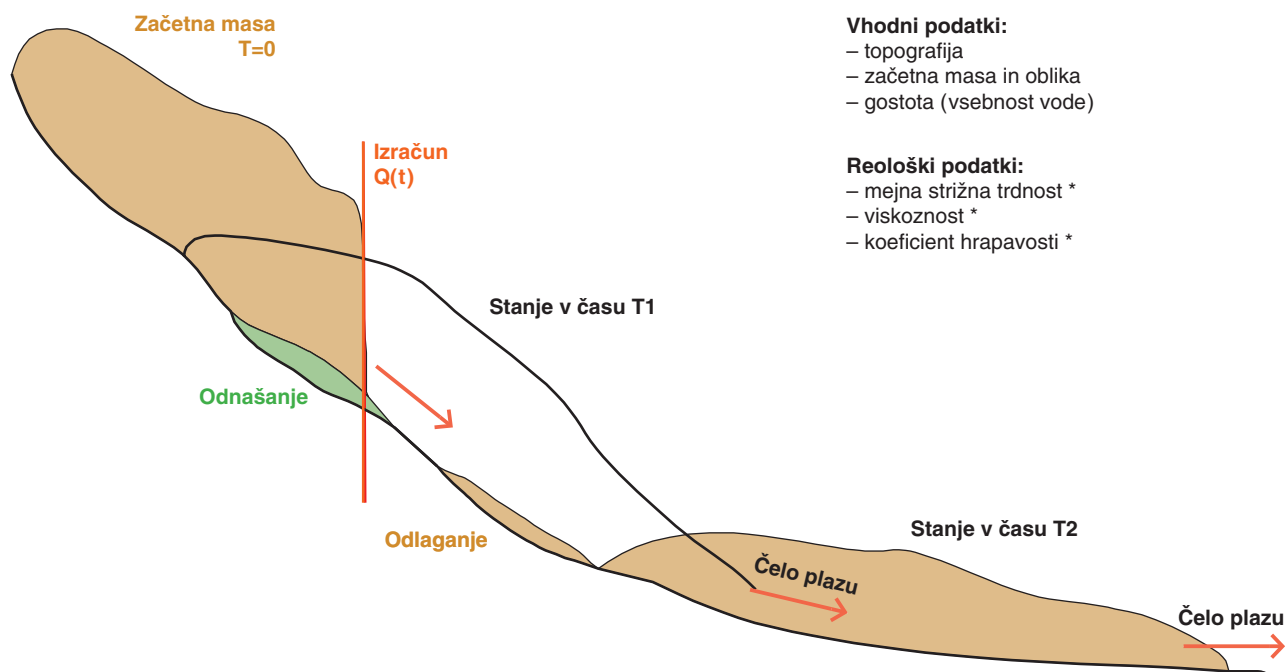
model za simulacijo snežnih plazov (Rajar, 1980 in Rajar, 1982). Ta pa nam je služil za osnovo pri izdelavi modela za simulacijo plazov – drobirskega toka.

Drobirski tok je v ozkih kanjonih enodimenzijski, to pomeni, da prevladuje hitrost toka le v eni, vzdolžni smeri. Na mestih, kjer preide skozi večje razširitve, in na širokih področjih pa je tok dvodimenzijski, torej se širi tudi prečno na smer osnovnega toka. Pojav je bil enodimenzijski predvsem v ozkem kanjonu Mangartskega potoka in Predelice od mostu pri Mlinču do Zgornjega Loga (odsek B na sliki 1). Približno enodimenzijski je bil tudi na odseku A od začetka plazišča do mostu pri Mlinču ter na zadnjem odseku D dolvodno od Zgornjega Loga, medtem ko je bil na področju vasi Zgornji Log (odsek C) tipično dvodimenzijski. Zato je



Slika 4. Fotografija območja drobirskega toka v Zgornjem Logu (foto: B. Ušeničnik)

Figure 4. Photo of the debris flow area in Zgornji Log (photo: B. Ušeničnik)

**Vhodni podatki:**

- topografija
- začetna masa in oblika
- gostota (vsebnost vode)

Reološki podatki:

- mejna strižna trdnost *
- viskoznost *
- koeficient hrapavosti *

Slika 5. Shema pojava in enodimenzijskega modeliranja
Figure 5. Scheme of the phenomenon and 1D modelling

bilo najbolj racionalno kombinirati uporabo eno- in dvodimenzijskih modelov, pri čemer smo za reševanje naloge uporabljali tri modele:

1. enodimenzijski model PLAZ1D, ki smo ga sestavili na Katedri za mehaniko tekočin (KMTe) FGG,
2. dvodimenzijski model PCFLOW2D, ki je bil prav tako izdelan na KMTe,
3. dvodimenzijski komercialni model Flo-2d ameriškega avtorja O'Brien (1999).

Opis uporabljenih modelov

Enodimenzijski model PLAZ1D

Model rešuje sistem enodimenzijskih enačb, to sta v osnovi dinamična in kontinuitetna enačba nestalnega toka s prosto gladino – St. Venantovi enačbi (Rajar, 1980), kjer sta členu upora zaradi hrapavosti po Manningu dodana še viskozni upor in upor zaradi strižne napetosti. Sistem enačb rešujemo po numerični metodi Lax-Wendroff. Ker je metoda eksplicitnega tipa, morajo časovni koraki zaradi numerične stabilnosti vedno ustrezati Courantovemu pogoju. Tako so časovni koraki v primerih simulacije velikih plazov reda nekaj desetink sekunde.

Pred čelom predpostavljamo neko začetno, majhno globino toka (reda velikosti 0,2 do 0,5 m). Celotno področje plazu, skupaj s čelom, računamo zvezno, od gorvodnega roba do profila, ki leži za 3 profile dolvodno od čela plazu, torej se računsko področje s časom premika. Tudi levi rob računskega področja se avtomatično premika z gorvodnim

robom plazu dolvodno. Simulira se tudi odlaganje dela materiala za zadnjim robom, vendar ta simulacija zaradi velike občutljivosti na vrednosti reoloških parametrov ni zelo natančna.

Topografijo računskega območja enodimenzijskega modela smo v matematičnem modelu opisali s prečnimi profili na medsebojni razdalji 20 m. Profile smo morali uporabiti tako na gosto zato, ker je ponekod kanjon Predelice izredno strm in je drobirski tok lokalno padal že skoraj v obliki slapu. Na območju zgornjega dela terena, od Stož do mostu pri Mlinču, je bilo izvedenih 111 prečnih profilov. Za opis terena med mostom pri Mlinču in mostom v Zgornjem Logu po koritu Predelice pa smo uporabili nadaljnjih 126 prečnih profilov.

Geometrijske karakteristike prečnih profilov so bile opisane s pari podatkov absolutna kota – širina struge. Te podatke smo iz digitalnega modela terena izvednotili s pomočjo programa QuickSurf in s kasnejšo obdelavo vmesnih podatkov s pomožnimi programi, pripravljenimi v računalniškem jeziku Fortran. V ozkem in nepravilnem kanjonu so bili nekateri profili naknadno popravljani na podlagi neposrednih meritev na terenu.

Model PCFLOW2D

Oba dvodimenzijska modela rešujeta kontinuitetno in dinamični enačbi v konservativni obliki za nestalni globinsko povprečni tok s prosto gladino z dodatnimi reološkimi členi. Enačbe so opisane v poročilu KMTe in VGB (2001).

Program PCFLOW2D je bil razvit na Katedri za mehaniko tekočin (KMTe) Fakultete za gradbeništvo in geodezijo

Preglednica 1. Določitev koeficientov η in τ_y po različnih kriterijih**Table 1. Determination of coefficients η and τ_y using different methods**

	Vlažnost (W)	τ_y (N/m ²)	η (Pas)	Manning n_g (sm ^{-1/3})
plaz A; Cv = 0,5; Petk.*	0,33	okoli 20	15	
O'Brien (1999)		50–100	10–100	
Račun R12		2000	156	0,2
Plaz B; Cv = 0,42; Petk.*	0,46	okoli 0	okoli 0	
O'Brien (1999)		okoli 20	1–5	
Račun BRC8		20	40	0,03–0,35
Plaz B, oba 2D-modela na odseku C, Flo-2d na odseku D		20	10	0,05 PCFLOW2D 0,065 Flo-2d
Na odseku D, 1D-model		20	5	0,05

* rezultati geomehanskih laboratorijskih meritev (Petkovšek, 2001)

Univerze v Ljubljani. Sistem parcialnih diferencialnih enačb se rešuje s pomočjo Patankar-Spaldingove metode končnih volumnov, ki je skupaj z računalniškim programom PCFLOW2D opisana v ustrezni literaturi (npr. Četina in Rajar, 1994 ali Četina in sod., 1996). Osnovne značilnosti metode so premaknjena numerična mreža, hibridna shema (kombinacija centralnodiferenčne in sheme gorvodnih razlik) ter iterativni postopek popravkov globin, znan kot SIMPLE. Za integracijo po času je uporabljena polna implicitna shema, ki je stabilna in dovolj točna tudi pri daljših časovnih korakih in relativno visokih Courantovih številih (do okoli 10). Posamezen račun za okoli 500 s širjenja vala v Zgornjem Logu je trajal slabih 9 ur pri uporabi računalnika s procesorjem Intel Pentium III s frekvenco 900 MHz.

Za geometrijski opis topografije območja smo imeli na voljo geodetski karti, ki sta bili izdelani predvsem na osnovi fotogrametričnih aeroposnetkov, in sicer CAS98 v merilu 1 : 17.400, posnetih 20. 7. 1998 – za stanje terena pred plazom ter posnetkov s posebnega snemanja 27. 11. 2000, v merilu 1 : 8.000 – za stanje terena po plazju in delni odstranitvi ostankov plazju.

Z modelom PCFLOW2D smo modelirali območje Zgornjega Loga v dolžini okoli 600 m. Velikost celice kvadratne računske mreže je znašala 2 × 2 m. Vsi posamezni objekti na obravnavanem območju so bili s to mrežo razmeroma točno zajeti v simulacijah.

Model Flo-2d

Program izvira iz ZDA in je delo avtorja J. S. O'Brien (1999), ki se teoretično in eksperimentalno ukvarja predvsem z blatnimi in drobirskimi tokovi. Sam program Flo-2d je v ZDA uradno verificiran in priznan s strani FEMA ter se uporablja pri raznih študijah. V Evropi ga uporabljajo v Avstriji, Švici in Italiji, pri nas pa se še uveljavlja (VGB Maribor, d. d., 1999).

Flo-2d z eksplicitno shemo končnih razlik rešuje že omenjene enačbe. Za opis geometrije uporablja kvadratno mrežo računskih celic. Časovni korak se pri posamezni iteraciji sproti prilagaja podanim kriterijem natančnosti ter tokovnim razmeram in je v konkretnem primeru znašal v povprečju okoli 0,01 s. Računski čas za 1 s modelnega časa je na računalniku s procesorjem AMD s frekvenco 1200 MHz znašal okoli 3,2 minute. Simulirali smo modelne čase od 400 do 600 s, tako da so izračuni za en primer trajali med 21 in 30 ur.

Z modelom Flo-2d smo modelirali celotno območje Zgornjega in Spodnjega Loga v dolžini okoli 2000 m (površina okoli 43 ha). Velikost celice kvadratne računske mreže je znašala 4 × 4 m.

Umerjanje in verifikacija modelov

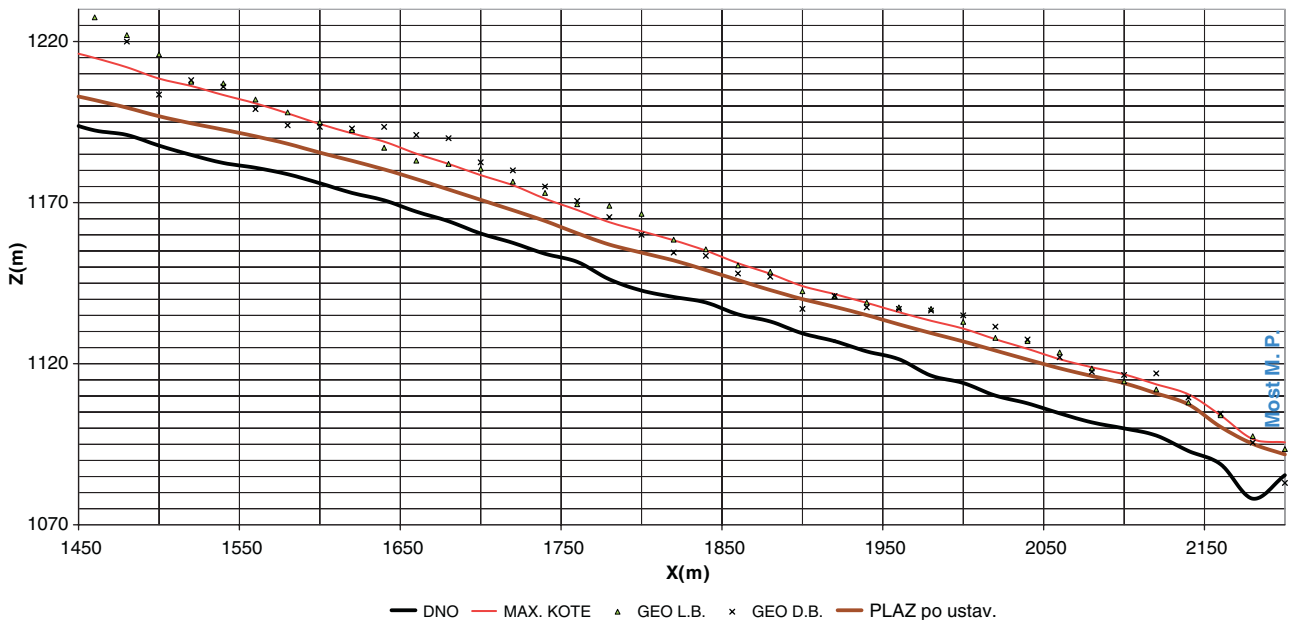
Osnove

Pri umerjanju modelov, tako eno- kot dvodimenzijskih, smo morali določiti naslednje tri parametre, ki nastopajo v členih za simuliranje upora: mejno strižno napetost τ_y ; viskoznost η ; Manningov koeficient hrapavosti n_g . Posebno prva dva parametra najdemo v literaturi v izredno širokem razponu. Pri določanju pravih vrednosti smo uporabili vse možne pristope, in sicer: upoštevanje vrednosti iz literature; rezultate geomehanskih meritev (Petkovšek, 2001); določitev vrednosti na osnovi umerjanja naših modelov.

Tu bomo podrobneje opisali tretjo metodo, na osnovi katere smo določili končno uporabljene vrednosti. Za umerjanje eno- in dvodimenzijskih modelov smo imeli poleg topografije na razpolago še naslednje podatke:

- sledove maksimalnih kot, ki jih je povzročil prvi plaz A vzdolž odseka A,
- približno maso plazju A po ustavljanju, lokacijo ustavljanja in naklonski kot ustavljenega materiala,

UMERJANJE – PLAZ A, R12 in SLEDOVI (po ustav. 199s, PLA05)



Slika 6. Vzdolžni profil spodnjega dela odseka A, nad mostom v Mlinču – primerjava meritev in računov

Figure 6. Longitudinal view of Section A, upstream from the bridge in Mlinču – comparison of measurements and computations

- sledove na bregovih, ki jih je povzročil plaz B vzdolž odseka B (kanjon Predelice), pri tem pa tudi maso sproženega plazu in količino, ki se je odložila vzdolž odseka,
- sledove plazu B v Zgornjem Logu (na odseku C), maso, ki je dosegla Log, in maso, odloženo na tem odseku,
- sledove na bregovih na odseku D (pod Zgornjim Logom), maso, ki je šla prek tega področja, in odloženo maso.

Prve tri točke smo uporabili za kolikor mogoče natančno umerjanje parametrov enodimenzijskega modela. Vrednosti parametrov τ_y in η sta bili zaradi različne vsebnosti vode bistveno različni za plaz A (imenovali smo ga tudi »suhi« plaz) in za plaz B (»mokri plaz«).

Manningov koeficient n_g , ki je odvisen predvsem od hrapavosti struge, smo umerjali vzdolž vsakega odseka posebej. Spreminjal se je skoraj po profilih, dobili pa smo tudi nekoliko različne vrednosti z različnimi modeli. Ta parameter je v formulaciji drobirskega toka poleg od hrapavosti površine odvisen predvsem od trkov materiala in tudi od velikosti turbulence, zato je n_g pri drobirskem toku bistveno večji, kot bi bil za tok vode po istem terenu. Ker je formulacija upora v različnih modelih nekoliko različna, so razumljive tudi določene razlike v umerjenih vrednostih n_g med posameznimi modeli.

Pri določitvi mejne strižne napetosti τ_y in viskoznosti η smo upoštevali tudi vrednosti meritev v geomehanskem laboratoriju, vendar smo z največjo utežjo upoštevali vrednosti, ki smo jih dobili z umerjanjem naših modelov, opisanih v nadaljevanju. Pregled vrednosti, dobljenih po različnih metodah, je v preglednici 2. V poudarjenem tisku so vrednosti, ki smo jih uporabili v končnih simulacijah.

Umerjanje enodimenzijskega modela s podatki plazu A

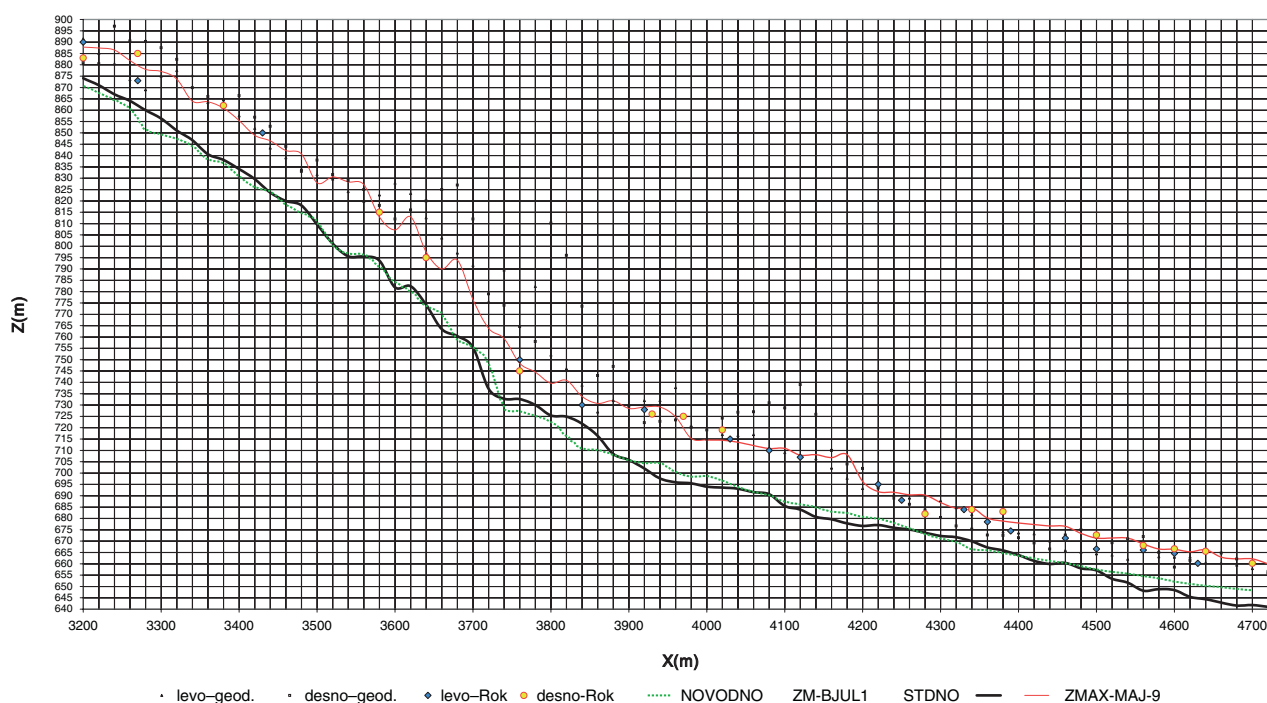
Umerjanje modela PLAZ1D na odseku A je razvidno iz slike 6. Ta na spodnjem delu odseka A prikazuje izračunane maksimalne kote gladine za končno izbrane parametre ter izmerjene sledove maksimalnih kot na bregovih. Vrisana je tudi izračunana »gladina« končno odložene plazovine. V času med 15. in 17. novembrom 2000 ni bilo nobenih meritev te plazovine, po pričevanju očitvidcev in po fotografijah pa je vidno, da so bili sledovi na bregovih bistveno višji (v spodnjem delu 3 do 5 m) kot pa »gladina« končno odložene plazovine. Ta pojav je pravilno prikazal tudi matematični model.

Ujemanje merjenih in izračunanih sledov na bregovih je za tako kompliciran pojav dobro. Bistveno je, da je model pravilno pokazal ustavev plazu A nad mostom v Mlinču, na pobočju z naklonom okoli 16 %, kar smo dosegli z umerjenjem parametra mejne strižne trdnosti.

Umerjanje enodimenzijskega modela s podatki plazu B

Po geodetskih meritvah je bilo ugotovljeno, da je na odseku B, tj. od mosta pri Mlinču do mosta v Zgornjem Logu, začel drseti volumen 950.000 m³, do Zgornjega Loga pa je prispelo okoli 800.000 m³. Torej se je vzdolž odseka odložilo okoli 150.000 m³, kar kvalitativno pokaže tudi primerjava merjenega poteka dna pred in po plazu na sliki 7. Ta odsek je izredno ozke, kanjonske in zelo neprizmatične oblike (slika 8). Povprečni naklon dna je 17,3 %, vendar so ponekod izraziti skoki. Maksimalno so sledovi na bregovih

ODSEK B-SPODAJ, MAX. KOTE: RA UN in MERITVE



Slika 7. Spodnji del odseka B, gorvodno od mostu v Zgornjem Logu – primerjava merjenih in računanih sledov na bregovih
 Figure 7. Downstream part of Section B, upstream from the bridge in Zgornji Log – comparison of measurements and computations

tudi do 45 m visoko nad dnom struge. Tu je bil plaz že zelo razmočen, saj ga je, še predno se je sprožil, 36 ur namakal Mangartski potok, nato pa, le nekaj sto metrov po začetku, priteče s strani še potok Predelica. Tudi sledovi na bregovih kažejo, da je bil tok zelo podoben vodnemu, saj se je v ovinkih na zunanjem bregu vzpenjal zelo visoko, vidijo se tudi zastojne točke na nekaterih mestih, kjer se je tok zaletel v nasprotni breg. Na več mestih je tudi vidno, da je blatno-vodena masa brizgala po bregovih.

Sledovi maksimalnega dosega plazu so bili izmerjeni geodetsko s pomočjo aerofotogrametrije, vendar v ozki soteski niso mogli biti točno posneti. Zato so bile narejene še dodatne terestrične meritve (Fazarinc, 2001). Na sliki 7, ki kaže primerjavo izmerjenih in izračunanih maksimalnih kot na bregovih, so ti sledovi posebej označeni z večjimi oznakami in jih lahko smatramo kot zanesljive, medtem ko so nekatere aerofotogrametrično izmerjene kote popolnoma nelogične.

Za prilagajanje gladin smo spreminjali tudi Manningov koeficient n_g in dodali izgube v ostrejših ovinkih. Na nekaterih izredno strmih odsekih (padec do 45 %!) smo morali vzeti izjemno velik koeficient $n_g = 0,35 \text{ sm}^{-1/3}$. To je sicer logično, saj drugače nismo mogli ponazoriti fizikalnega pojava izredno velikih izgub pri padcu, ki je moral biti v obliki slapu. Po drugi strani pa vrednosti, večje od $0,35 \text{ sm}^{-1/3}$, niso ustrezale, ker so povzročale nestabilnost v računu. Tako so vrednosti parametrov v modelu določene glede na dejansko disipacijo energije, kakršna je nastopala pri resničnem dogodku.



Slika 8. Fotografija dela kanjona na odseku B nad mostom v Zgornjem Logu (foto: R. Fazarinc)

Figure 8. Photo of part of the canyon in section B, upstream from the bridge in Zgornji Log (photo: R. Fazarinc)

Smatramo, da je za ta izredno nepravilen in strm kanjon in tako kompleksen pojav ujemanje računskih in merjenih rezultatov dobro.

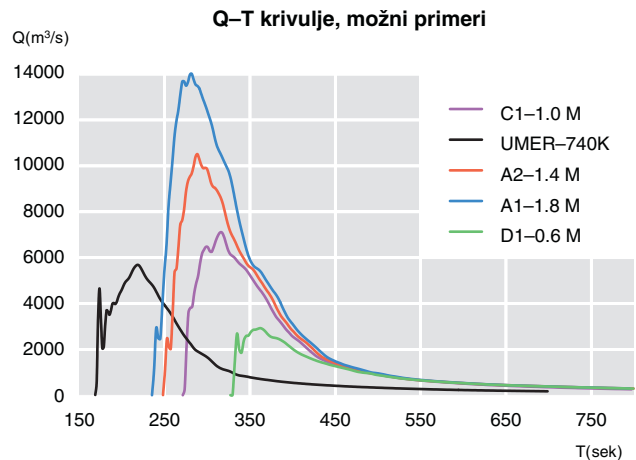
Umerjanje dvodimenzijskih modelov

Oba dvodimenzijska modela smo umerjali na osnovi zabeleženih gladin po dogodku 17. 11. 2000 in geo-

detskega posnetka iz l. 1998. Razen tega je bilo za umerjanje in verifikacijo zelo koristno med seboj primerjati rezultate obeh uporabljenih modelov. Obrisi in kote gladin po dogodku so bile iz vrednotenih na osnovi fotogrametričnih posnetkov iz l. 2000, delno pa tudi terestično z GPS (KMTe in VGB, 2001). Izvedena je bila tlorisna primerjava zabeleženega in izračunanega območja ter kvantitativna primerjava zabeleženih in izračunanih kot na obeh robovih območja. Hidrogram seveda ni mogel biti zabeležen, zato smo za zgornji robni pogoj uporabili ustrezeni hidrogram, dobljen s pomočjo enodimenzijskega modela (KMTe in VGB, 2001).

Za reološke podatke smo uporabili vrednosti $\tau_y = 20$ Pa (strižna trdnost) in $\eta = 10$ Pas (viskoznost), ki izhajata iz geomehanskih preiskav vzorcev drobirskega toka (Petkovšek, 2001). Umerjali smo parametra n_g (t. i. ekvivalenten Manningov koeficient, ki v tem primeru vsebuje tudi izgube zaradi trkov delcev) in K (uporovni parameter laminarnega toka). Kot je bilo že omenjeno, smo oba modela zasnovali in umerjali povsem neodvisno. V modelu PCFLOW2D je bil uporabljen enoten koeficient n_g , umerjena vrednost je znašala $0,05 \text{ sm}^{-1/3}$.

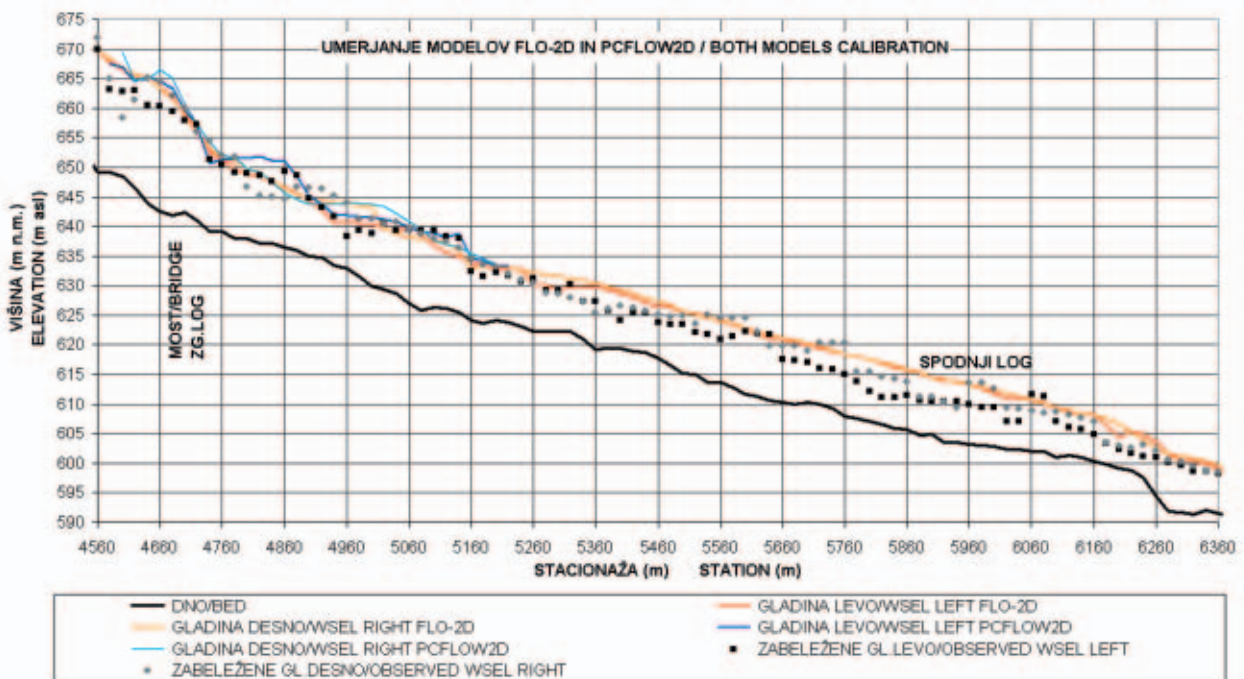
Zaradi različnih terenskih značilnosti večjega modelnega območja in ker nismo upoštevali geometrijskega opisa posameznih objektov, smo v modelu Flo-2d uporabili dve različni vrednosti n_g . V ozki soteski nad mostom v Zgornjem Logu in na območju pozidave smo umerili $n_g = 0,11 \text{ sm}^{-1/3}$, na ostalem delu pa $n_g = 0,065 \text{ sm}^{-1/3}$. Umerjeni koeficient K znaša 2285 (priporoča avtor O'Brien, 1999), kar je enaka vrednost, kot je bila uporabljena tudi v modelu PCFLOW2D.



Slika 9. Izračunani hidrogrami drobirskega toka, ki bi na predpostavljene primere nastali na mestu mostu v Zgornjem Logu in so osnova za vse nadaljnje simulacije na odsekih C in D dolvodno

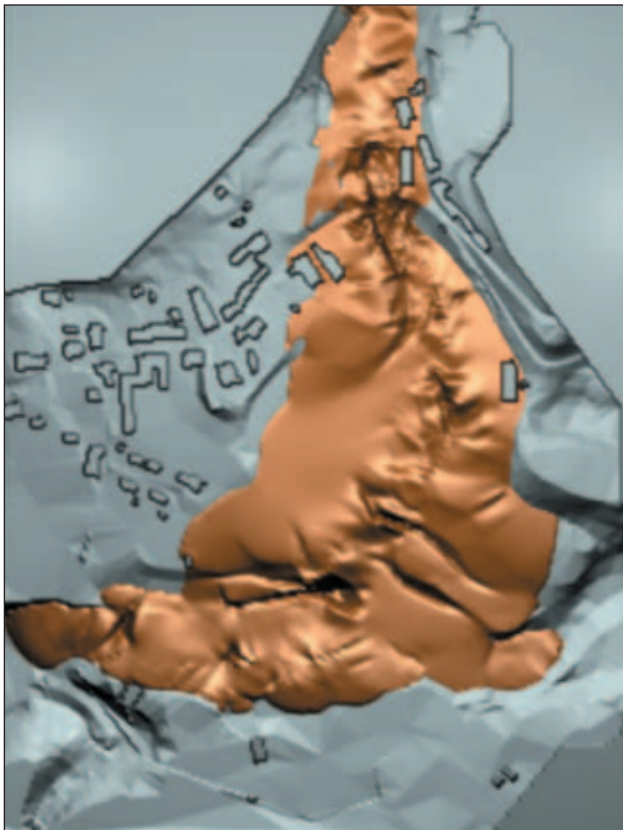
Figure 9. Hydrograms of the debris flow discharge that would occur at the bridge in Zgornji Log in chosen computational cases, which will serve as a basis for all further simulations of the debris flow downstream along sections C and D

Umeritveni parameter n_g pri obeh modelih ni enak, kar pa je bilo po naših dosedanjih izkušnjah z različnimi modeli pričakovano. PCFLOW2D namreč uporablja enkrat gostejšo mrežo (2×2 m) in upošteva vse objekte v toku, medtem ko Flo-2d uporablja redkejšo mrežo (4×4 m) in nima zajetih objektov. Objekti pa v bistvu pomenijo dodatne izgube v toku, kar Flo-2d kompenzira z nekaj višjim koeficientom



Slika 10. Umerjanje dvodimenzijskih modelov – vzdolžni profil

Figure 10. Calibration of 2D models – longitudinal profile

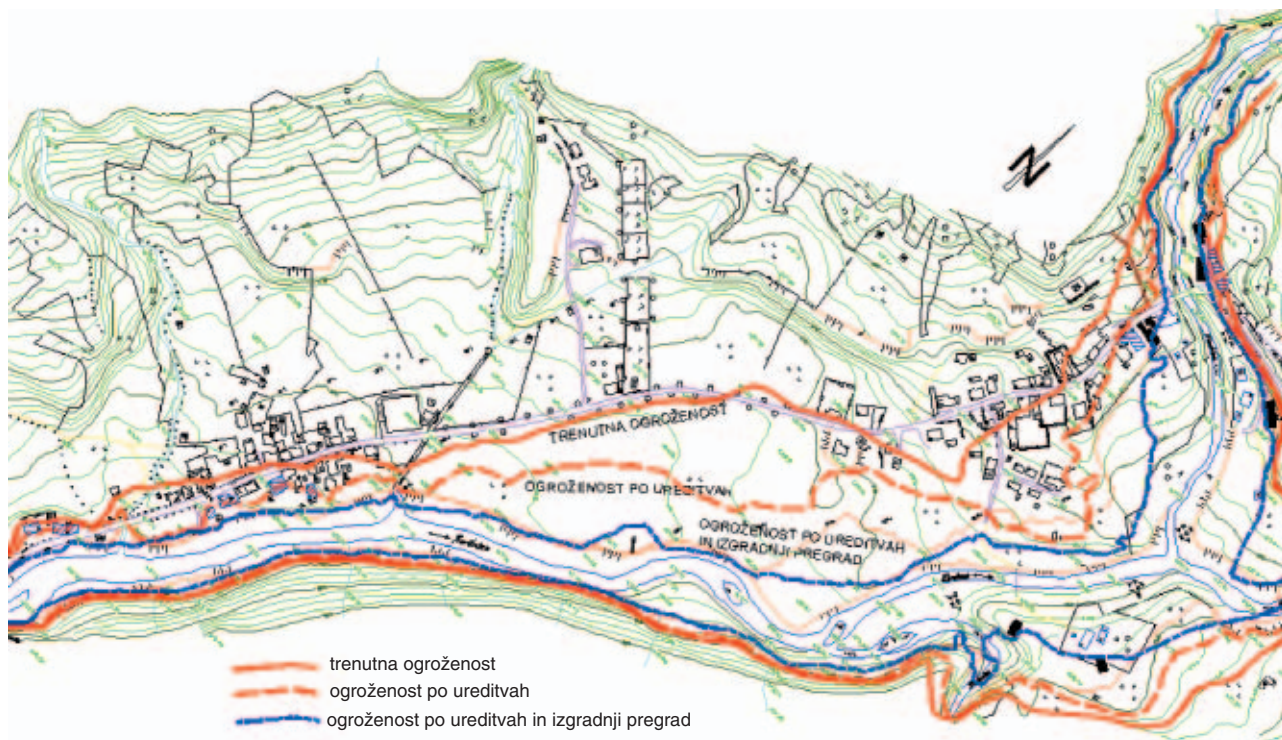


Slika 11. Tlorisni prikaz izračunanega območja drobirskega toka iz trodimenzijske animacije – območje Zgornjega Loga
 Figure 11. Still from 3D animation – computed debris flow area at Zgornji Log, plan view

hrapavosti. Podoben vpliv ima tudi uporaba modela turbulence pri programu PCFLOW2D, kjer smo privzeli konstantno vrednost koeficienta efektivne viskoznosti $\nu_{ef} = 0,01 \text{ m}^2/\text{s}$. Model Flo-2d pa člene z ν_{ef} zanemari, kar se zopet izraža v višjem umerjenem koeficientu hrapavosti. Del razlike izvira tudi iz same numerične metode.

Tlorisna primerjava z zabeleženim območjem drobirskega toka služi predvsem kot verifikacija geometrije obeh modelov in je ustrezna (sliki 4 in 11). Primerjava rezultatov z zabeleženimi kotami je pokazala, da je ujemanje na zgornji polovici odseka dobro, tako kvalitativno kot kvantitativno (slika 10). Komentar zasluži del odseka nad mostom v Zgornjem Logu, kjer je razlika med zabeleženimi gladinami na desnem in levem robu okoli 8 m, kar znaša okoli 50 % globine toka. Tega z modelom nismo dosegli, ujemanje na desnem bregu je zelo dobro, na levem bregu pa so izračunane gladine podobne kot na desnem in so znatno višje od zabeleženih. Vzrok za to je v tem, da model nima vgrajenih dodatnih enačb za analizo dogajanja v krivinah. Po drugi strani pa krivina ni zelo izrazita, dvodimenzijski model pa mora tudi brez dodatnih enačb pokazati določeno spremembo gladine zaradi radija, zato utegne biti vzrok za tako veliko odstopanje tudi v netočnih meritvah. Rezultati modela pa so pri tem na varni strani.

Na območju Spodnjega Loga je ujemanje z zabeleženimi gladinami slabše, saj so izračunane gladine previsoke in sicer ca. 2 m na desnem bregu in ca. 5 m na levem bregu. Delno bi to lahko kompenzirali z uporabo nižjega koeficienta n_f na spodnjem delu odseka, vendar bi lahko to fizikalno utemeljili le delno. Geometrijske značilnosti območja se namreč ne raz-



Slika 12. Karta ogroženosti
 Figure 12. Inundation map

likujejo, vzrok za nižji n_g bi lahko bil le v manjši intenzivnosti turbulence in trkov med drobirjem. Da bi dosegli ujemanje z zabeleženimi gladinami, bi morali uporabiti zelo nizko vrednost okrog $0,03 \text{ sm}^{-1/3}$, zato se za ta pristop nismo odločili. Poleg tega je kar nekaj zabeleženih točk, ki so višje od ostalih in se ujemajo z rezultati izračuna za $n_g = 0,065 \text{ sm}^{-1/3}$. Hkrati pa velja pripomniti, da je ujemanje na desnem bregu boljše, kar je pomembno, saj tu leži naselje Spodnji Log. Zaradi tega je tudi tu model na varni strani.

Poglavitni vzrok za slabše ujemanje z zabeleženimi gladinami utegne biti dejstvo, da je bila predvsem v spodnji polovici odseka erozija dna pri prehodu čela zelo izrazita in intenzivna. Na to kaže tudi porušitev stare avstrijske pregrade med prehodom čela vala. Možno je, da je vzrok za izrazito stopničast potek zabeleženih gladin na tem odseku posledica procesov globinske erozije, česar pa v naših modelih trenutno ni možno upoštevati.

Na velik vpliv sprememb dna med prehodom čela vala kažejo tudi analize z enodimenzijskim modelom, kjer je bil simuliran primer dna brez stare avstrijske pregrade. Za ta primer je bilo doseženo zelo dobro ujemanje z zabeleženimi gladinami. Primer je služil le za prikaz vpliva procesa, v nadaljnjih izračunih pa ga zaradi varnosti nismo uporabili, saj ni jasno, kakšen obseg bi imeli ti procesi pri morebitnih novih prehodih čela vala.

Naredili smo tudi analizo občutljivosti modelov. Pokazalo se je, da ima na izračunane gladine največji vpliv natančnost geometrijskih podatkov. Izmed parametrov modela ima največji vpliv vrednost Manningovega koeficienta hrupavosti n_g .

Ugodna okoliščina s stališča modeliranja in varnosti je, da absolutne vrednosti teh sprememb niso znatne. Tako npr. razlika med izračunanimi gladinami za vrednost koeficienta $n_g = 0,05$ in $0,065 \text{ sm}^{-1/3}$ (30-odstotna sprememba) znaša v povprečju okoli 0,7 m (okoli 8-odstotna sprememba glede na globino toka) na položnejšem delu in okoli 1,4 m (prav tako okoli 8-odstotna sprememba glede na globino toka) na delu nad mostom v Zgornjem Logu.

Določen vpliv na izračunane gladine, hitrosti toka in predvsem hitrost propagacije čela ima tudi oblika vhodnega hidrograma pri danem volumnu in pretoku. Za različne računske primere od D1 do A1 so bile v soteski gorvodno od mostu v Zgornjem Logu izračunane maksimalne hitrosti med 15 in 20 m/s (mestoma celo do 25 m/s), hitrost propagacije čela vala pa je znašala okrog 10 m/s.

Določitev začetnih volumnov

Glavni namen modeliranja je bil, da bi s simulacijo možnih bodočih primerov plazov določili obseg posledic in da bi med možnimi zaščitnimi ukrepi izbrali optimalne.

Osnovni parameter, ki ga je nemogoče točno definirati, je masa materiala, ki bi se v bodoče lahko spet sprožila. Zato

smo v dogovoru z geologi in geomehaniki izdelali račune za odlome štirih različnih mas materiala (preglednica 2): 2,0; 1,6; 1,2 in 0,8 milijonov m^3 . To so mase splazitve pod Stožami, pri tem pa bi do Zgornjega Loga pripotovala zmanjšana masa, pred katero bo treba Log varovati. Kot je pojasnjeno v poročilu (KMTe in VGB, 2001), bo zmanjšanje odvisno od tega, če bodo zgrajene štiri prečne zaščitne pregrade, ki bodo zaustavile in zmanjšale maso materiala za 600.000 m^3 . Če pregrade ne bodo zgrajene, je zaradi preostalih naravnih retenzijskih prostorov možno pričakovati zmanjšanje le za 200.000 m^3 . Tako je bilo treba preračunati osem primerov, ki so prikazani v preglednici 2.

Sklenjeno je bilo, da se izvedejo taki ukrepi, da bo Log pod Mangartom še varovan pred plazom enakega obsega, kot se je to zgodilo novembra 2000 (splazitev mase 1,2 milijona m^3), s tem, da upoštevamo sedanje razmere na terenu. Zato je bil ta primer v študiji podrobneje obdelan, v preglednici 1 je to primer C. Določeni informativni izračuni pa so bili narejeni tudi z največjima volumnoma odlomov, ki znašata 2,0 in 1,6 milijona m^3 .

Izračun hidrogramov (q-t) na začetku Zgornjega Loga

Na osnovi opisanih predpostavk smo za primere iz preglednice 2 naredili preračune gibanja mas od plazišča do Zgornjega Loga. Izračunani hidrogrami so podani na sliki 9. Te hidrograme smo nato uporabili za nadaljnje simulacije gibanja drobirskega toka na odseku C (v območju naselja Log) z obema dvodimenzijskima modeloma in nato naprej na odseku D.

Pojasniti je treba še dejstvo, da je začetne hidrograme na spodnjem robu mase, ki se začne gibati, možno določiti samo z enodimenzijskim modelom PLAZ1D, ki je bil razvit na FGG po principu modela za račun vala po poružitvi pregrad. Niti PCFLOW2D niti ameriški model Flo-2d te možnosti nimata. Neposredna preveritev točnosti tega začetnega hidrograma ni bila možna, pač pa so pravilnost izračunov potrdile verifikacije simulacij na vseh nadaljnjih dolvodnih odsekih, saj so začetni hidrogrami za vse primere vhodni podatki.

V vseh primerih smo računali le en hidrogram za dva primera splazitve, ki sta nekoliko različna, vendar je masa splazitve enaka. To sta npr. primera B2 in C1. V primeru B2 se odtrga na plazišču volumen 1,6 milijona m^3 , vendar pride do Zgornjega Loga le 1,0 milijona m^3 , ker bi 600.000 m^3 zadržale 4 pregrade. V primeru C1 pa bi se odtrgal volumen 1,2 milijona m^3 , na odseku A in B pa bi se (brez pregrad) pred Zgornjim Logom zadržalo 200.000 m^3 , tako da bi v Zgornji Log spet pritekel volumen 1,0 milijona m^3 . Dejansko hidrogram v Zgornjem Logu v obeh primerih ne bi bil popolnoma enak, saj bi se vmes odloženi del mase ustavljal na različnih lokacijah. Vendar pa je dejstvo, da bi se v primeru večjega začetnega volumna (primer B2) največji del mase zadržal že za prvima dvema zemeljskima

Preglednica 2. Predpostavljene primeri za simulacijo z matematičnimi modeli**Table 2. Cases chosen for numerical simulations**

Volumen odloma (10^6 m^3)	Z/brez pregrad	Volumen v Zgornjem Logu (10^6 m^3)	Računski primer	Značilnost
2,0	brez	1,8	A1	ekstrem
2,0	z	1,4	A2	ekstrem
1,6	brez	1,4	B1	
1,6	z	1,0	B2	
1,2	brez	1,0	C1	ponovitev dogodka
1,2	z	0,6	C2	ponovitev dogodka
0,8	brez	0,6	D1	
0,8	z	0,2	D2	

pregradama, ki se nahajata blizu vznožja plazišča, tako da bi dalje tekla že zmanjšana masa in bi bil pojav podoben kot v primeru, ko bi se sprožila le masa $1,2 \text{ mio m}^3$ (primer C1). Tako smo v nadaljnjih izračunih uporabljali le hidrograme za primere A1, A2, C1 in D1.

Računski primeri

Za različne začetne volumne iz preglednice 2 smo z obema dvodimenzijskima modeloma vzporedno naredili izračune za različne primere geometrije in vhodnih hidrogramov, in sicer za:

- stanje terena 27. 11. 2000 po dogodku 17. 11. 2000, ko je bil del materiala že odstranjen (v nadaljevanju obstoječe stanje),
- stanje terena iz l. 1998 (primer popolne odstranitve odloženega materiala),
- več variant izkopov struge in inundacije z različnimi volumni odstranitve materiala s ciljem optimizacije izkopov oz. stroškov,
- različne lokacije in dolžine zidov za različna stanja terena.

V prvi fazi nismo modelirali posebnih ukrepov v zvezi s spremembo geometrije območja, temveč smo za stanje po ureditvi privzeli kar stanje terena pred plazom. To je omogočilo lažjo in hitrejšo pripravo modelov, hkrati pa je bilo dober pokazatelj vpliva odstranitve ostankov prejšnjega plazmu. Ker so ureditve povezane tudi s hidrotehničnimi ukrepi v zvezi s poplavno varnostjo potokov na obravnavanem območju, je bilo treba po projektiranju le-teh narediti dodatne izračune za dejansko projektirano stanje ter ukrepe optimizirati s ciljem zmanjšanja stroškov posega ali povečanja varnosti.

Za primer ureditev smo obravnavali več variant, ki smo jih pripravili skupaj z univ. dipl. ing. gr. Rokom Fazarincem z VGI in so usklajene z dopolnjenim projektom regulacije strug Predelice in Koritnice na obravnavanem odseku Zgornjega in Spodnjega Loga. Osnovo vseh variant predstavlja ureditev, ki smo jo imenovali VARIANTA 1. Predvidena je ureditev Predelice s širino dna 6 m z desno-

brežno bermo širine 4 m do mostu v Zgornjem Logu ter z obojestranskima bermama širine 6 m do sotočja s Koritnico. Pod sotočjem s Koritnico je predvidena širina dna struge 16 m z obojestranskima bermama širine 6 m. Zaradi strmega levega brega v spodnji polovici obravnavanega odseka levobrežna berma ni predvidena. Niveleta dna je maksimalno poglobljena (približno na nivoju stanja dna pred plazom) z vzdolžnim padcem Predelice okoli 4,3 % in Koritnice 3–2,6 %.

Ureditev VARIANTA 1A je nadgradnja zgoraj omenjene geometrije z dodatno levobrežno bermo širine 5 do 10 m na Predelici gorvodno od mostu v Zgornjem Logu. Ob sotočju je dodana tudi večja razširitev levobrežne berme dolžine okoli 130 m in širine okoli 45 m.

Naslednja ureditev VARIANTA 2 je zelo podobna VARIANTI 1A, edina razlika je ta, da je leva berma na Predelici nad mostom v Zgornjem Logu razširjena za dodatnih 5 m.

Ureditev z imenom VARIANTA 3 predstavlja večje izkope materiala na odseku Predelice nad sotočjem kot ureditev po VARIANTI 2. Za 4 m je razširjena desnobrežna berma nad mostom v Zgornjem Logu. Dolvodno od mostu je desnobrežna berma razširjena za maksimalno 35 m. Na levem bregu je priključek na obstoječ teren izveden z zelo blagim naklonom.

Ureditev z imenom VARIANTA 4 je v bistvu optimizacija ureditve po VARIANTI 3. Sprememba je na desnem bregu Predelice med mostom in sotočjem, kjer je namesto razmeroma široke berme predviden zelo blag priključek 6-metrške berme na teren. Na območju Spodnjega Loga je delno razširjena berma za 4–8 m.

Ker smo že pred začetkom modeliranja ocenili, da ureditvi VARIANTA 1 in 1A ne bi prinesli bistvenih razlik v obsegu preplavitve glede na obstoječe stanje, smo kot prvega začeli modelirati primer VARIANTA 2. Nato smo modelirali še VARIANTA 3 in z namenom optimizacije potrebnega izkopa še VARIANTA 4. Rezultati modelov so potrdili ustreznost omenjene ocene.

Preglednica 3. Povprečno znižanje gladin v osi glede na maksimalne kote plazu, ki bi nastale ob gibanju prek obstoječega stanja terena (po odložitvi materiala prvega plazu – povprečje obeh modelov), in potreben izkop materiala
Table 3. Average decrease of water surface elevations in the stream axis with respect to max. elevations of the landslide resulting from its propagation over present terrain conditions (average of both models) and the extent of debris removal required

	Povprečno znižanje max. kot plazu v osi (m)			
	C1			
	VAR. 2	VAR. 3	VAR. 4	Pred plazom
nad mostom	3,4	3,8	3,8	1,4
most – sotočje*	2,0	2,7	2,6	3,1
Spodnji Log**	1,2	1,3	1,5	1,1
potreben izkop do profila 262 (m ³)	188.000	232.400	211.800	261.000

* podane so povprečne vrednosti na tem odseku ** izračun s Flo-2d

S strani naročnika je bil podan kriterij varovanja območja na ponovitev dogodka, tj. sprožitve 1,2 milijona m³ materiala na plazišču (primer C1). Poudariti velja, da bi bil volumen drobirskega toka, ki bi dosegel naselje Zgornji Log ob morebitni ponovitvi dogodka, vsaj za 200.000 m³ večji kot ob plazu novembra 2000, kar sledi iz rezultatov enodimenzijskega modela. To je posledica zmanjšanja naravnih retenzij na odseku med plazom in dolino po dogodku l. 2000. Poleg tega bi zaradi popolnoma golih brežin na odseku A in B val dosegel dolino hitreje, koncentracija pretokov pa bi bila večja. Erozijskih procesov v modelih zaradi kompleksnosti pojava v tej fazi nismo upoštevali.

Pokazalo se je, da ima največji vpliv na zmanjšanje obsega preplavitve za hidrogram C1 ureditev po varianti 3, kar je zaradi znatne količine odstranjenega materiala pričakovano. Zelo podoben vpliv ima tudi ureditev po varianti 4, kljub manjšemu potrebnemu izkopu. Za obe varianti je število ogroženih objektov enako, in sicer 4 v Zgornjem Logu ter 7 v Spodnjem Logu. Obseg preplavitve za varianto 2 je v Zgornjem Logu znatno večji, v Spodnjem Logu pa praktično enak kot pri variantah 3 oz. 4. Ogroženih bi bilo 11 objektov v Zgornjem Logu ter 7 v Spodnjem Logu. Za primer hidrograma D1 so razlike izračunanih gladin med posameznimi variantami manjše, ogrožen pa ne bi bil noben objekt (pri vseh treh variantah).

Preglednica 4. Čas potovanja čela vala od mostu pri Mlinču do dolvodnih lokacij

Table 4. Wave propagation time from Mlinč bridge to downstream locations

Lokacija	Čas potovanja čela vala [s]			
	D1	C1	A2	A1
most v Zgornjem Logu	327	270	248	235
začetek naselja Spodnji Log	479	387	357	336
most v Možnici	717	563	519	487

Izračunan čas, v katerem čelo vala doseže posamezne lokacije, je za vse štiri volumne plazu in za stanje dna po ureditvi podan v preglednici 4. Časi pri obstoječem stanju terena so nekaj večji, vendar ne bistveno (največja razlika je za plaz D1, in sicer znaša v profilu mostu v Možnici okoli 100 s), zato jih ne podajamo posebej. Maksimalne izračunane hitrosti toka dolvodno od mostu v Zgornjem Logu se zaradi razširitve zmanjšajo na 5–10 m/s.

Sklepne misli

Menimo, da je raziskava podala najvažnejše ugotovitve, na podlagi katerih je možno sprejeti odločitve o zaščitnih ukrepih in časovnem načrtu njihove izvedbe. Vsi trije modeli so bili glede na kompleksnost pojava zadovoljivo umerjeni in oba dvodimenzijska modela sta dala med seboj primerljive rezultate. Pokazalo se je, da je z matematičnimi modeli možno v razmeroma kratkem času dobiti uporabne rezultate tudi pri zapletenih naravnih pojavih in razmeroma velikem obravnavanem območju.

Z matematičnimi modeli smo simulirali 4 primere prostornine plazu, ki bi dosegli Log pod Mangartom. Kot merodajen primer za izvedbo zaščitnih ukrepov smo upoštevali primer C1 – ponovitev dogodka iz l. 2000 (splazitev enake količine zemeljskega materiala, tj. 1,2 milijona m³ v Stožah).

Najugodnejši učinek na zmanjšanje ogroženosti objektov v dolini ima odstranitev ostankov mase materiala prejšnjega plazu. Hkrati je ta poseg mogoče izvesti razmeroma hitro, s čimer bi se bistveno zmanjšala trenutna ogroženost. Izračuni so pokazali, kakšnega volumna in tudi oblike mora biti izkop, da bo istočasno z zaščito naselja pred novim plazom ustrezal tudi zavarovanju pred visokimi vodami.

Tudi vpliv predvidenih pregrad je ugoden, saj po odstranitvi ostankov prejšnjega plazu in izgradnji pregrad v dolini ne bi bilo ogroženih objektov (v primeru splazitve enake količine materiala kot leta 2000). Vpliv pregrad je ugoden tudi

v primerih večjih mas splazitve, saj bi se obseg žrtev in škode znatno zmanjšal. Menimo, da je upravičena tudi izgradnja zidu na desnem bregu pri mostu v Zgornjem Logu. Ta bi preprečil prodiranje plazu neposredno proti vasi, poleg tega pa bi ob morebitnih splazitvah mas, večjih od 1,2 milijona m³, zid zmanjšal naletne hitrosti na objekte ob cesti.

Izgradnja zidov na kotah zabeleženih gladin drobirskega toka ne zagotavlja varnosti pred ponovitvijo dogodka, ker lahko zaradi spremenjenih terenskih razmer in možnosti večjih pretokov kljub enaki količini splazitve kot pri dogodku leta 2000 ter zaradi vpliva samih zidov na potek toka pričakujemo povišanje gladin.

V bodoče bi se zanesljivost modelnih simulacij še povečala, če bi preučili tudi vplive erozije ob prehodu čela drobirskega toka ter procese odlaganja materiala za plazom. Po predhodnih ocenah ima lahko to znaten vpliv na potek gladine. Podrobneje bi lahko vpliv teh procesov dal dopolnjen matematični model, ki bi simuliral spreminjanje hitrosti po vertikali (dvodimenzijski model v vertikalni ravnini) ali še bolje trodimenzijski model. Pri tem pa bi bilo treba zelo točno poznati reološke parametre in zelo natančno podati geometrijo terena.

Literatura

1. Četina, M., Rajar, R., 1994. Two-dimensional Dam-break Flow in a Sudden Enlargement. Int. Conf. Modelling of Flood Propagation over Initially Dry Areas, Milano, Italija, 29. 6. (2. 7., Zbornik del, 268(282).
2. Četina, M., Rajar, R., Zakrajšek, M., 1996. Recent Developments in Dam-Break Flow Computations in Slovenia. INTERPRAEVENT, Garmisch-Partenkirchen, Nemčija, 24.–28. 6., Zbornik del, 5. knjiga, 89–98.
3. Fazarinc, R., 2001. Dodatne terestrične meritve maksimalnega dosega plazu B v soteski Predelice (osebna komunikacija).
4. Hojnik, T., Četina, M., Zakrajšek, M., Krzyk, M., 2001. Dvodimenzijski model drobirskega toka na območju Zgornjega in Spodnjega Loga. Mišičev vodarski dan 2001, Maribor, Zbornik del, 84–91.
5. KMTe, VGB, 2001. Enodimenzijski in dvodimenzijski matematični model murastega toka od plazu Stože pod Mangartom do Loga pod Mangartom in ocena ogroženosti naselja Log pod Mangartom. Poročilo FGG, št. 94 – KMTe/d56, d57.
6. Mainali, A. P. in Rajaratnam, N., 1991. Hydraulics of debris flows – a review. WRE 91-2, University of Alberta, Canada.
7. O'Brien, J. S., 1999. Flo-2d, Users Manual, Version 99.1 (Uporabniški priročnik modela Flo-2d). FLO Engineering Inc.
8. Petkovšek, A., 2001. Laboratorijske raziskave za določitev reoloških lastnosti gruščnatega toka na plazu Stože pod Mangartom. 1. delno pregledno poročilo.
9. Rajar, R., 1982. Mathematical simulation of snow avalanche dynamics. Spominski zbornik Antona Kuhlja, SAZU, Ljubljana, 203(230).
10. Rajar, R., Zakrajšek, M., 1993. Modeliranje resničnega primera porušitve naravne pregrade (Modelling a real case of a landslide-created dam collapse). 25. kongres Mednarodnega društva za hidravlične raziskave (XXV IAHR Congress), Tokio, Japonska, Zbornik del, B-4-1, 109–116.
11. Rajar, R., 1979, 1980. Dinamika snežnih plazov, I. del, II. del. Raziskovalna naloga za Zvezo vodnih skupnosti (LMTe). 60 str. in 13 prilog.
12. Rajar, R. 1980. Hidravlika nestalnega toka, Učbenik, FAGG, Ljubljana.
13. Rajar, R., Četina, M., Zakrajšek, M., Krzyk, M., Hojnik, T., 2001. Enodimenzijski model drobirskega toka na območju Zgornjega in Spodnjega Loga. Mišičev vodarski dan, Maribor, 13. 12., Zbornik del, 92–101.
14. Takahashi, T., 1991. Debris flow. IAHR/AIHR Monograph, AA Balkema, Rotterdam.
15. VGB Maribor, d. d., 1999. Analiza visokovodnih razmer Drave od Maribora do Ptuja. Št. proj. 2215/99.

OBREMENJENOST OKOLJA V IDRJI Z ŽIVIM SREBROM

Mercury Contamination of the Idrija Environment

Mateja Gosar*, Robert Šajn** UDK 504.06(497.4 Idrija)

Povzetek

Na območju Idrije in bližnje okolice smo raziskovali vpliv 500-letnega rudarjenja in naravnih danosti na obremenjenost okolja z živim srebrom. Meritve septembra 1994 so pokazale, da so bile vsebnosti živega srebra v zraku še vedno precej visoke. Koncentracije nad 300 ng Hg/m³ zraka (ponekod tudi do 4000 ng Hg/m³ zraka) so v okolici obeh glavnih virov živega srebra v Idriji, predelovalnice rude in rudniškega prezračevalnega jaška.

Vsebnost živega srebra v tleh na raziskanem območju (51 km²) znaša v povprečju 8,6 mg/kg (0,42–973 mg/kg) in v podstrešnem prahu 43,5 mg/kg (1,8–1055 mg/kg). Na ozemlju, velikem 17 km², vsebnosti živega srebra v tleh presegajo kritično dovoljeno vrednost za tla (10 mg/kg). Prostorski porazdelitvi živega srebra v tleh in podstrešnem prahu se dobro ujemata ($r = 0,87$) in sta zelo odvisni od morfologije ozemlja. Visoke vrednosti so v dolini reke Idrijce in ob vznožju vzpetin, nižje pa so v višjih delih in na obrobju obravnavanega ozemlja.

Abstract

The Idrija Mine, the second largest mercury mine in the world, began to operate in 1490. In its 500-year history, more than 107,000 tons of Hg were excavated up to 1990, when its output was reduced to a few hundred kilos per year, and mining activities were finally stopped in 1995. The average

recovery rate has been estimated at 73%; much of the remaining 27% of mercury has been dissipated into the environment.

A real-time car survey performed in September 1994 using a Zeeman mercury analyzer showed relatively high mercury concentrations in the air. 300–4,000 ng Hg/m³ have been found around both major sources of mercury vapours in Idrija (smeltery, mine ventilation shaft).

The sampling of soil and attic dust within a 51 km² area has shown that Hg concentrations in soil exceed the critical value (10 mg/kg) in 17.4 km² of the said area. The estimated mean mercury content in the studied area is 8.6 mg/kg (0.42–973 mg/kg) for soil and 43.5 mg/kg (1.8–1055 mg/kg) for attic dust. The spatial distribution of Hg in soil and attic dust correlate well ($r = 0.87$) and depend highly on the morphology of terrain. High values can be found in the Idrija River valley and at the foot of slopes, while lower values prevail at higher elevations and on the margins of the investigated area.

The high mercury concentrations in air, soil and attic dust do not originate only from anthropogenic sources like the smeltery, mine ventilation shaft, dumps and smelter slag used in construction, but may at least partly be attributed to the natural conditions in the environment, such as e.g. in the Pront area, where the outcropping bedrock contains native mercury.

Uvod

Po več kot 500 letih proizvodnje živega srebra v Idriji so v letu 1995 dokončno prenehali z odkopavanjem rude v idrijski jami in s predelavo v topilnici. Izračunali so (Mlakar, 1974; Cigale, 1997), da so v celotni zgodovini rudnika izkopali približno 12.760.700 ton rude, ki je vsebovala nekaj manj kot 145.000 ton živega srebra. Iz rude so pridobili približno 107.500 ton živega srebra. Torej lahko ocenimo, da se je razlika (37.500 ton Hg) med procesom pridobivanja izgubila v okolju.

Mehanizmi razširjanja živega srebra in vzroki onesnaženja okolja z njim so bili na Idrijskem mnogovrstne narave. V samem mestu Idrija in bližnji okolici so bili v času delovanja topilnice pomembni izpusti v atmosfero. Drugi vzrok obremenitve okolja z živim srebrom so odvali rude in predvsem

odvali žgalniških ostankov, ki vsebujejo še precej živega srebra. Žgalniški ostanki so v Idriji zelo razširjeni in zapleteno prostorsko razporejeni zaradi različnih načinov žganja rude v preteklosti in uporabe žgalniških ostankov v gradbene namene v povojnem obdobju. Večino žgalniških ostankov so od sredine 19. stoletja pa vse do leta 1977 neposredno vsipavali v Idrijo, ki je material ob visokih vodah odnašala po dolini Soče naprej v Jadransko morje. Tako so v spodnjem toku Idrijce nastali obsežni rečni nanosi z visokimi vsebnostmi živega srebra (Gosar, 1997; Gosar in sod., 1997a; Biester in sod., 2000), ki so in bodo vir z živim srebrom obremenjenega sedimenta tudi v prihodnosti. Raven živega srebra je v okolju na Idrijskem povečana tudi zaradi naravnih – geogenih dejavnikov. Na območjih, kjer izdajajo kamnine orudene s Hg, vsebujejo tudi tla naravno povišane vsebnosti živega srebra. Tako območje je npr. Pront, kjer izdajajo karbonski klastiti s samorodnim živim srebrom. Obsežnejše

* dr., Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, Ljubljana, mateja.gosar@geo-zs.si

** dr., Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, Ljubljana, robert.sajn@geo-zs.si

naravno prehajanje živega srebra v širšo okolico preprečuje predvsem to, da je rudišče obdano z neprepustnimi karbon-skimi klastičnimi kamninami ali pa omejeno z zaglinjenimi tektonskimi conami.

Daleč okoli idrijskega ozemlja se je izoblikovala geokemična avreola razprševanja živega srebra, ki je delno geogena, še bolj pa tehnogena. Njene značilnosti in razsežnosti smo določili na podlagi vsebnosti živega srebra v zraku, v tleh in v podstrešnem prahu v lokalnem (Idrija) in v regionalnem merilu (Slovenija).

Živo srebro v okolju

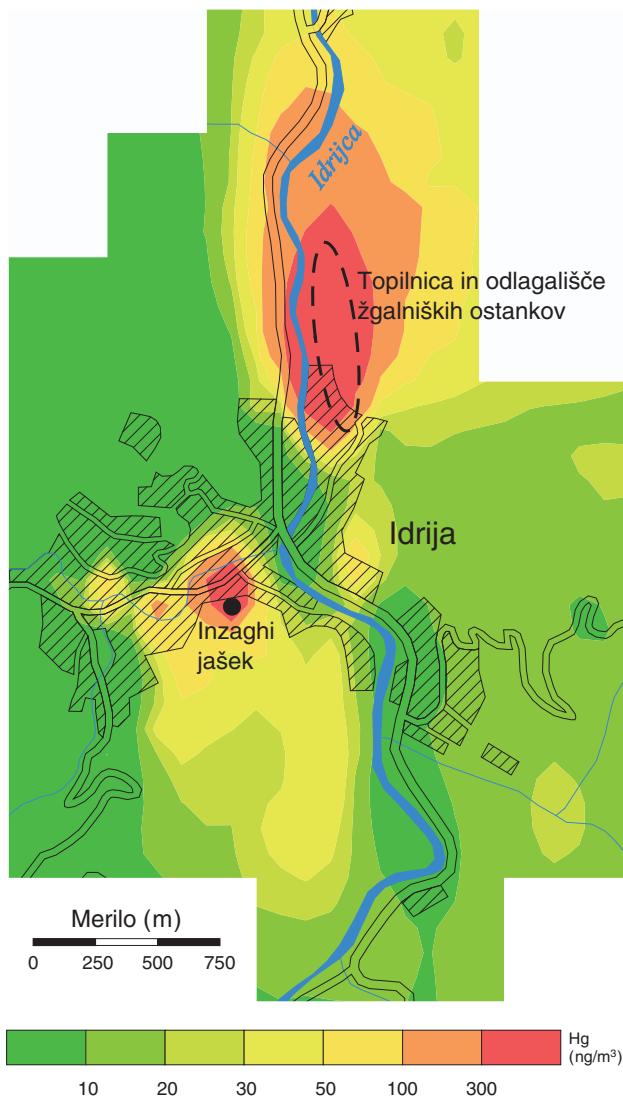
Živo srebro nastopa v naravi v številnih fizikalnih in kemijskih oblikah z raznovrstnimi lastnostmi. Med različnimi oblikami prihaja nenehno do pretvorb in nastajanja kompleksov, ki vstopajo v lokalna in globalna kroženja, ter do kopičenja živega srebra v biosferi (Lindqvist in Rodhe, 1985). Najpomembnejše oblike živega srebra, ki nastopajo v naravi, so:

- elementarno živo srebro (Hg^0), ki ima visok parni tlak in relativno majhno topnost v vodi,
- dvovalentno živo srebro (Hg^{2+}), ki tvori vezi z mnogimi organskimi in anorganskimi ligandi, še posebno tistimi, ki vsebujejo žveplo in
- metilno živo srebro (CH_3Hg^+), ki se kopiči v živih organizmih in je močno strupeno, saj je sposobno prehajati pomembne biološke pregrade (placenta, kri/možgani).

Živo srebro prihaja v atmosfero iz naravnih in antropogenih virov večinoma v obliki delcev in elementarne pare (Hg^0), delno pa tudi v obliki metilnega živega srebra. Najpomembnejši naravni viri so preperevanje kamnin, izhlapevanje iz tal, vulkanski izbruhi in izhlapevanje iz oceanov. Pomembnejši antropogeni viri pa so onesnaženja zaradi pridobivanja in predelave živosrebrne rude, klor-alkalna industrija, izgorevanje fosilnih goriv in industrija cementa (Slemr in sod., 1985). Antropogene emisije v okolje so v primerjavi z naravnimi majhne, lokalno pa lahko povzročajo kritično visoke vrednosti v okolju (Scheffer in Schachtschabel, 1989). V atmosferi se živo srebro pod vplivom sončne svetlobe in ozona pretvori v topno obliko (Hg^{2+}), ki se v obliki mokrega in suhega usedanja odloži na tleh in v vodah, kjer se lahko biometilira in vstopi v prehranski cikel. Ker je časovna obstojnost elementarnega živega srebra (Hg^0) v zraku ocenjena na 1/3 do 2 let (Lindqvist in Rodhe, 1985), se živo srebro dolgo zadrži v zraku in se lahko v tej obliki prenese zelo daleč.

Vsebnosti živega srebra v zraku

Vsebnosti živega srebra v zraku v Idriji smo merili v sodelovanju z Inštitutom za zemeljsko skorjo iz St. Peterburga dne 24. 9. 1994 (Gosar in sod., 1997b). Meritve so bile izvedene z analizatorjem živega srebra PA-91, ki deluje na osnovi Zeemanovega efekta. Glavnino meritev na območju

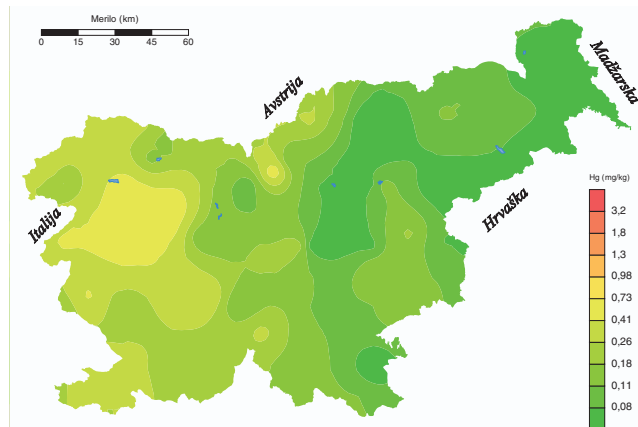


Slika 1. Porazdelitev živega srebra v zraku nad Idrijo dne 24. 9. 1994

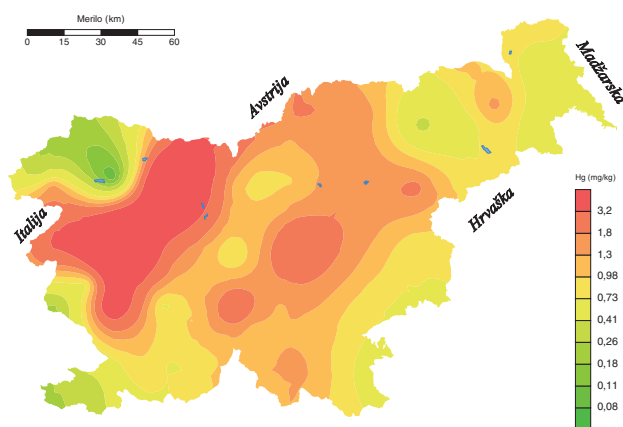
Figure 1. Distribution of mercury concentrations in the air over Idrija on 24th Sept. 1994

mesta Idrija smo opravili v času od 12.30 do 15.50, ko je pihal zmeren južni veter, temperature pa so se gibale okoli 25 °C. Meritve smo opravili v čim krajšem času, saj je očitno, da so koncentracije živega srebra v zraku v Idriji in okolici močno odvisne od vremenskih pogojev, kot so smer in hitrost vetra, temperatura in vlaga. Na podlagi teh meritev smo izrisali geokemično karto porazdelitve živega srebra v ozračju nad Idrijo v času meritev (slika 1).

Kljub temu da je Rudnik živega srebra Idrija že nekaj let pred izvedenimi meritvami delal le v minimalnem obsegu in da je tudi topilnica obratovala od leta 1990 do leta 1995 le nekaj dni na leto, so meritve pokazale, da so bile koncentracije živega srebra še vedno precej visoke. Na karti porazdelitve Hg v zraku sta jasno vidni dve območji s koncentracijami nad 300 ng Hg/m³ zraka, ki sta v bližini glavnih virov z živim srebrom onesnaženega zraka. Najvišja vsebnost (4078 ng/m³) je bila določena v bližini topilnice, ki je



Slika 2. Porazdelitev živega srebra v tleh
Figure 2. Distribution of mercury concentrations in soil



Slika 3. Porazdelitev živega srebra v podstrešnem prahu
Figure 3. Distribution of mercury concentrations in attic dust

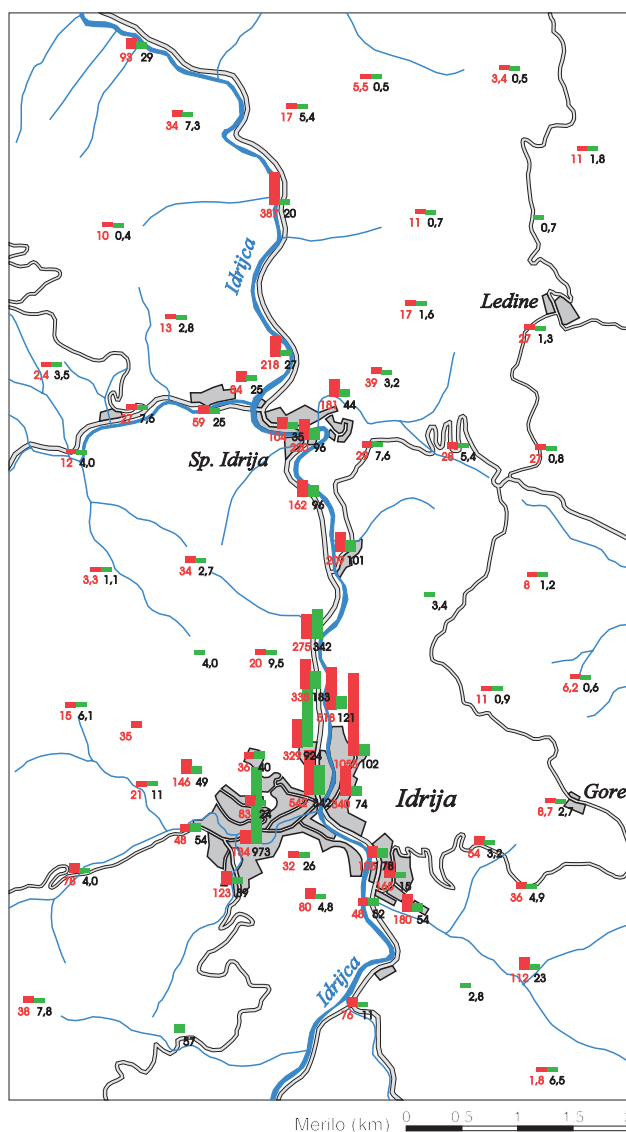
skupaj z odvalom žgalniških odpadkov in rude predstavlja najpomembnejši vir z živim srebrom onesnaženega zraka v Idriji. Zelo visoke vsebnosti smo izmerili tudi v bližini prezračevalnega rudniškega jaška (2345 ng Hg/m³), povišane vsebnosti pa smo določili še na Starem trgu, kjer je bil v 16. stoletju center rudarjenja (Ahacijev jašek), ter v bližini Mestnega muzeja. Izmerjene vsebnosti se dobro ujemajo s poročili drugih avtorjev (Kobal in sod., 1991; Pirc, 1991; Lupšina in sod., 1992; Lupšina Miklavčič, 1994) v letih od 1990 do 1995, ko je bila dejavnost rudnika in topilnice že zelo omejena.

Po letu 1995 so se razmere na lokaciji nekdanje topilnice z odvalom žgalniških odpadkov močno spremenile. Od rudniških objektov so ohranili le separacijo in eno rotacijsko peč, kar bo v prihodnosti služilo v muzejske namene, na ostali površini pa so sedaj tovarniški objekti in parkirišča. Meritve živega srebra v zraku v letih 1999 in 2000 (Dizdarevič, 2001) so potrdile pričakovano znižanje koncentracij.

Vsebnost živega srebra v tleh in podstrešnem prahu

V Sloveniji so se sistematične regionalne raziskave vsebnosti živega srebra v tleh (slika 2) in podstrešnem prahu (slika 3) začele v prejšnjem desetletju. Temeljile so na naključnem vzorčenju, ki je omogočilo kvantitativno oceno porazdelitve živega srebra na območju celotne Slovenije z relativno majhnim številom vzorcev (Pirc, 1993). Ocenjeno slovensko povprečje za tla je 0,15 mg/kg (Pirc, 1993) in za podstrešni prah 1,1 mg/kg (Šajn, 1999).

Kljub redki vzorčni mreži je jasen dobro izražen regionalni geokemični trend (sliki 2 in 3). Porazdelitvi živega srebra v podstrešnem prahu in v tleh se zelo dobro ujemata. V obeh vzorčenih sredstvih zasledimo močno anomalijo živega srebra na zahodnem delu Slovenije. Navedeni vzorec porazdelitve živega srebra je dokazal regionalni vpliv rudišča, rudnika in topilnice živega srebra v Idriji. Pirc in Budkovič (1996) menita, da je tudi uporaba brzantnih



Slika 4. Vsebnosti živega srebra (mg/kg) v podstrešnem prahu (rdeči stolpci) in v tleh (zeleni stolpci)
Figure 4. Mercury content (mg/kg) in attic dust (red columns) and in soil (green columns)



Slika 5a. Lokacija vzorčenja I (foto M. Gosar)
Figure 5a. Sampling location I (photo: M. Gosar)

raztretev na osnovi živega srebra v prvi svetovni vojni zvišala raven živega srebra v Posočju.

Leta 2000 je bila izvedena prva faza raziskave stanja obremenjenosti tal in podstrešnega prahu v Idriji in okolici z živim srebrom (Gosar in Šajn, 2001). Raziskava je zajela približno 51 km² z Idrijo v sredini. Na naključno izbranih lokacijah je bil v najbližji ustrezni hiši vzorčen podstrešni prah (65 vzorcev) in v neposredni bližini hiše še vzorec tal (69 vzorcev) (slika 4).

Izven naselij smo vzorčili travniška tla (le izjemoma gozdna, če travnika ni bilo v bližini), v naseljih pa urbana tla (vrtna tla in tla obcestnih zelenic). Posamezen talni vzorec je predstavljal kompozit vzorca v osrednji točki in v štirih 10 m oddaljenih točkah severno, vzhodno, južno in zahodno od osrednje.

Podstrešni prah kot geokemično vzorčno sredstvo v Sloveniji uporabljamo od sredine prejšnjega desetletja (Šajn, 1999). Predstavlja zvrst bivalnega prahu, ki se kopiči v prostorih, kjer se prebivalci zelo redko ali sploh ne zadržujejo in na katere vsakdanja dejavnost prebivalcev nima večjega vpliva. Pomen podstrešnega prahu kot vzorčnega sredstva je v tem, da predstavlja snov, ki je ostala ohranjena in kemično



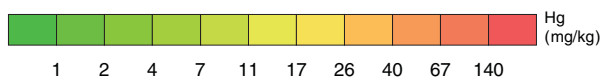
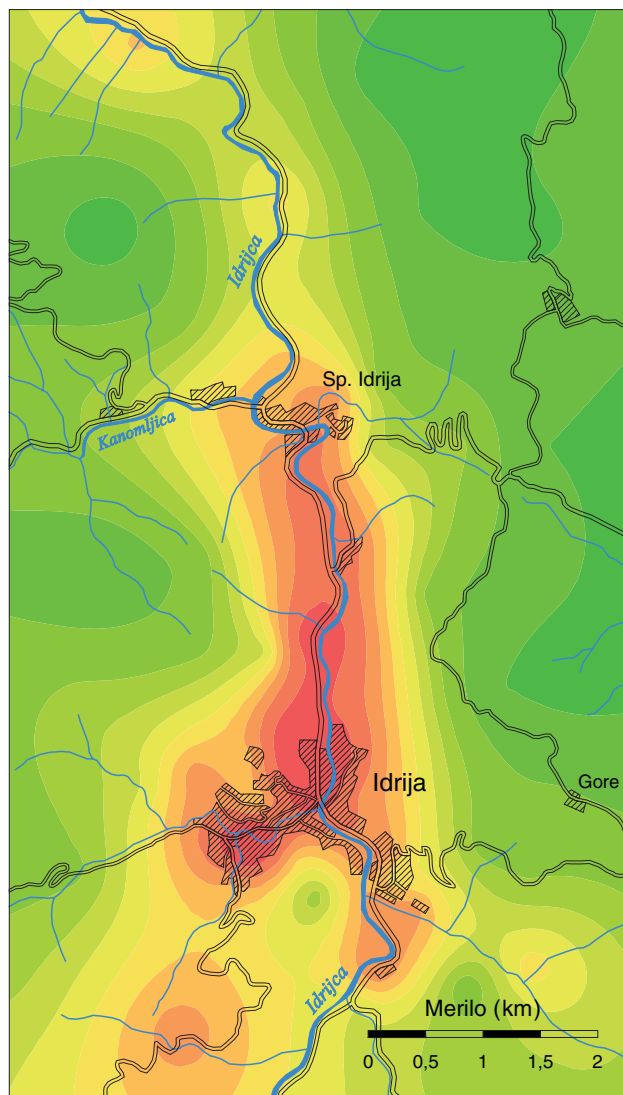
Slika 5b. Lokacija vzorčenja II (foto M. Gosar)
Figure 5b. Sampling location II (photo: M. Gosar)

nespremenjena skozi daljši čas, kemizem podstrešnega prahu pa odkriva stanje ozračja v preteklosti. Podstrešni prah smo vzorčili tako, da smo pometli leseno konstrukcijo podstrešij, ki ni bila v neposrednem stiku s strešniki ali tlemi. Pri vzorčenju smo izbrali čim starejše objekte (sliki 5a in 5b).

Porazdelitvi živega srebra v podstrešnem prahu in v tleh v Idriji in okolici sta si zelo podobni in močno odvisni od morfologije ozemlja (sliki 6 in 7). Statistična povezava med vsebnostjo živega srebra v obeh vzorčnih sredstvih znaša okrog 75 % (slika 8), med vsebnostjo živega srebra v tleh in v podstrešnem prahu ter nadmorsko višino pa okrog 70 % (sliki 9 in 10).

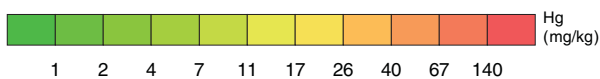
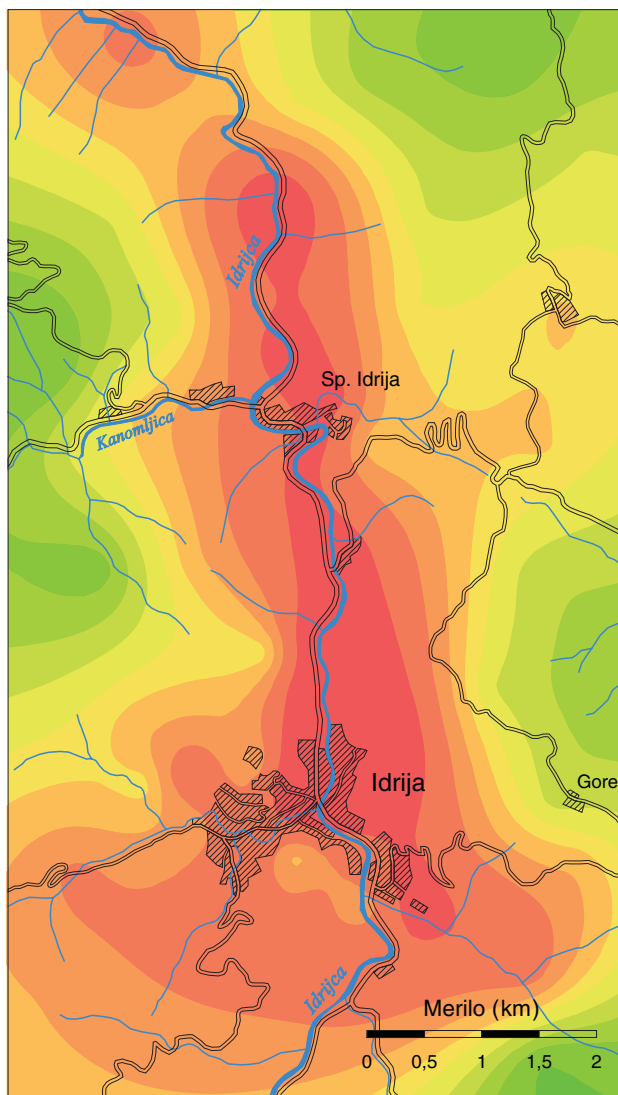
Vsebnost živega srebra na raziskanem območju znaša v tleh v povprečju 8,6 mg/kg (0,42–973 mg/kg) in v podstrešnem prahu 43,5 mg/kg (1,8–1055 mg/kg). Ocenjeno je, da kar na tretjini (17,4 km²) obravnavanega ozemlja vsebnost živega srebra v tleh presega kritično dovoljeno vrednost (10 mg/kg – Ur. list RS, 1996).

Najvišja vsebnost živega srebra v tleh (973 mg/kg) je bila določena na vrtu v Kosovelovi ulici 21 v Idriji. Po podatkih Čarja (1998) je omenjena lokacija na robu izdanjanja orudnih kamnin, ki vsebujejo tako elementarno živo srebro kot



Slika 6. Porazdelitev živega srebra v podstrešnem prahu na idrijskem ozemlju

Figure 6. Distribution of mercury concentrations in attic dust in the Idrija area



Slika 7. Porazdelitev živega srebra v podstrešnem prahu na idrijskem ozemlju

Figure 7. Distribution of mercury concentrations in attic dust in the Idrija area

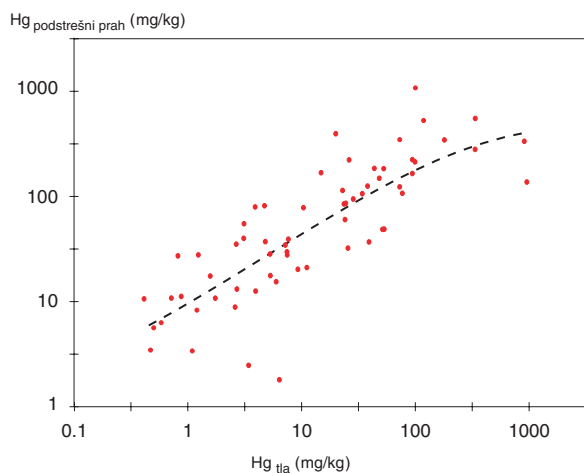
vezano v cinabaritu. Poleg tega segajo na to območje tudi orudeni neprežgani odvali. Drugo najvišjo vsebnost živega srebra (924 mg/kg) smo določili na Prejnuti. Tu so prisotni primarni žgalniški ostanki, saj so tam rudo žgali od sredine 17. do sredine 19. stoletja, žgalniški ostanki pa so se kopičili v okolici. Na tem območju je bil velik tudi neposreden vpliv dimnih plinov iz topilnice.

Živega srebra je več v tleh kot v podstrešnem prahu le na lokacijah, kjer je njegov poglaviti vir talna podlaga. To je na prej omenjenih deponijah starih prežganih in neprežganih rudniških odvalov, na območju izdanjanja rudonosnih kamnin ter na lokacijah, kjer so žgali rudo v prejšnjih stoletjih ali uporabljali žgalniške ostanke v cestogradnji in podobno.

Najvišje vsebnosti živega srebra v podstrešnem prahu so bile določene v neposredni bližini topilnice (1055 mg/kg) in v dolini Idrijske od sotočja z Nikovo do HE Marof (vsebnosti od 275 do 542 mg/kg) (slika 5). Zaradi prevladujočih južnih vetrov se je onesnaženje širilo od glavnega vira onesnaženja, to je od topilnice, po dolini Idrijske daleč proti severu.

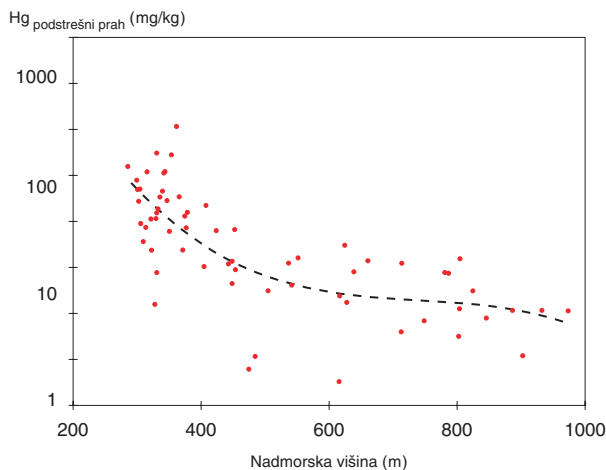
Sklepne misli

S karte porazdelitve živega srebra v podstrešnem prahu je razvidno, da je vpliv rudniške, predvsem topilniške dejavnosti zaznaven še izven robov raziskanega ozemlja in da je bil vpliv rudarjenja v Idriji pomemben tudi v regionalnem merilu.



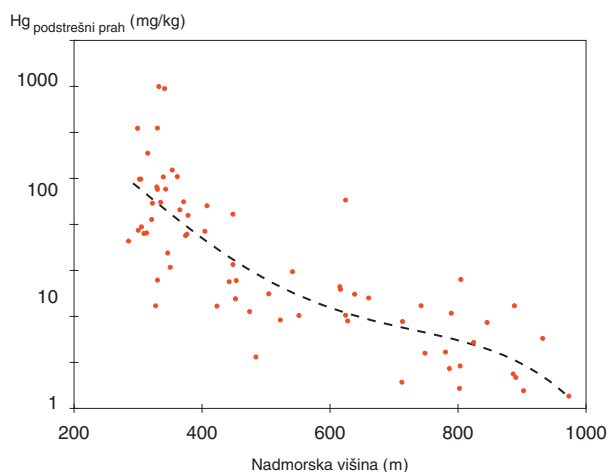
Slika 8. Soodvisnost živega srebra v podstrešnem prahu in v tleh

Figure 8. Correlation between mercury concentrations in attic dust and soil



Slika 10. Porazdelitev vsebnosti živega srebra v podstrešnem prahu v odvisnosti od nadmorske višine

Figure 10. Altitude dependence of mercury content in attic dust



Slika 9. Porazdelitev vsebnosti živega srebra v tleh v odvisnosti od nadmorske višine

Figure 9. Altitude dependence of mercury content in soil

Zato nameravamo v naslednjih letih podrobno raziskati tudi večje območje.

Idrija z okolico je specifičen primer okolja, ki je zelo obremenjeno z živim srebrom. Predstavlja hvaležen študijski model, ker je na razmeroma majhnem območju mogoče raziskovati vpliv naravnih (geogenih) virov živega srebra in tistih, ki jih je zaradi petstoletnega pridobivanja živega srebra povzročilo človekovo delovanje v okolju.

Literatura

1. Biester, H., Gosar, M., Covelli, S., 2000. Mercury speciation in sediments affected by dumped mining residues in the drainage area of the Idrija mercury mine, Slovenia. *Environ. sci. technol.*, 2000, 34/16, 3330–3336.
2. Cigale, M., 1997. Proizvodnja rude in metala od 1490 do 1995. *Idrijski razgledi*, 1/1997, 18–19.
3. Čar, J., 1998. Mineralized rocks and ore residues in the Idrija region. V: *Idrija as a natural and anthropogenic laboratory, Mercury as a global pollutant*. Proceedings, 10–15.
4. Dizdarevič, T., 2001. The influence of mercury production in Idrija mine on the environment in the Idrija region and over a broad area. *RMZ-Materials and Geoenvironment*, 48, 56–64.
5. Gosar, M., 1997. Živo srebro v sedimentih in zraku na ozemlju Idrije kot posledica orudenja in rudarjenja. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, 125.
6. Gosar, M., Pirc, S., Bidovec, M., 1997a. Mercury in the Idrija river sediments as a reflection of mining and smelting activities of the mercury mine Idrija. *Journal of Geochemical Exploration*, 58, 125–131.
7. Gosar, M., Pirc, S., Šajn, R., Bidovec, M., Mašjanov, N. R., Šolupov, S. E., 1997b. Distribution of mercury in the atmosphere over Idrija, Slovenija. *Environmental geochemistry and health*, 19, 101–110.
8. Gosar, M., Šajn, R., 2001. Mercury in soil and attic dust as a reflection of Idrija mining and mineralization (Slovenia). *Geologija*, 44/1, 137–159.
9. Kobal, A., Nanut, E., Stegnar, P., Zvonarič, T., Horvat, M., 1991. Ocena vsebnosti živega srebra v zraku in pitni vodi v Idriji (1986). *Idrijski razgledi*, XXXVI, 100–102.

10. Lindqvist, O., Rodhe, H., 1985. Atmospheric mercury – a review. *Tellus*, 37b, 136–159.
11. Lupšina, V., Horvat, M., Jeran, Z., Stegnar, P., 1992. Investigation of mercury speciation in lichens. *Analyst*, 117, 673–675.
12. Lupšina Miklavčič, V., 1994. Določanje nizkih koncentracij živega srebra v zraku. Magistrsko delo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Oddelek za kemijo in kemijsko tehnologijo, 78.
13. Mlakar, I., 1974. Osnovni parametri proizvodnje rudnika Idrija skozi stoletja do danes. *Idrijski razgledi*, XIX/3–4, 1–40.
14. Pirc, S., 1991. Živo srebro v ozračju nad Idrijo in okolico. *Idrijski razgledi*, XXXV/1–2, 111–112.
15. Pirc, S., 1993. Regional geochemical surveys of carbonate rocks. Final report. USG Project Number JF881-0, 30.
16. Pirc, S., Budkovič, T., 1996. Remains of World War 1 geochemical pollution in the landscape. V: RICHARDSON, M. (ur.). *Environmental xenobiotics*. London, Taylor & Francis, 375–418.
17. Scheffer, F., Schachtschabel, P., 1989. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Ferdinand Enke Verlag, 491.
18. Slemr, R., Schuster, G., Seiler, W., 1985. Distribution, speciation and budget of atmospheric mercury. *Journal of atmospheric chemistry*, 3, 407–434.
19. Šajn, R., 1999. Geokemične lastnosti urbanih sedimentov na ozemlju Slovenije. *Geološki zavod Slovenija*, 136.
20. Uradni list RS, 1996. Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. *Uradni list*, 68, 5773–5774.

PODNEBNE SPREMEMBE V KVARTARJU

Climate Variations in the Quaternary

Miloš Bavec* UDK 551.583 »62«

Povzetek

Že v prvi polovici prejšnjega stoletja je srbski astronom Milutin Milanković ugotavljal, da so bile velike podnebne spremembe v geološki zgodovini povezane s precesijo in nutacijo Zemljine osi ter z ekscentričnostjo njene orbite. Ameriški oceanolog Wallace S. Broecker je v začetku devetdesetih let ugotovil povezavo med Milankovičevo hipotezo in paleoklimatskimi zapisi v sedimentih in ledu. Vmesni člen med astronomskimi razlogi in podnebnimi spremembami naj bi bilo obnašanje sistema oceanskih tokov, imenovanega Veliki oceanski transportni trak.

Abstract

In the first half of the twentieth century, Serbian astronomer Milutin Milanković developed the hypothesis that the Earth's climatic changes were related to precession and the changing tilt of the Earth's axis, as well as to the eccentricity of its orbit. In the early nineties, American oceanologist Wallace S. Broecker found a link between Milanković's hypothesis and the actual climatic imprints revealed by sediments and ice. According to his interpretation, the missing link is a system of ocean currents named The Great Ocean Conveyor.

Uvod

Različni paleoklimatski pokazatelji dokaj nedvoumno dokazujejo, da so bile v geološki zgodovini podnebne razmere zelo spremenljive. O podnebnih razmerah v starejših obdobjih zemeljske zgodovine sklepamo predvsem na podlagi različnih fosilnih ostankov rastlin in živali ter njihovi prilagodjenosti na življenje v določenih pogojih, nekoliko pa tudi po geološki in geokemični sestavi kamnin.

Mnogo lažje in bolj poglobljene pa so paleoklimatske rekonstrukcije za mlajša geološka obdobja, predvsem za čas kvartarja, tega podnebno zelo razburkanega obdobja zadnjih dveh milijonov let. Danes vemo, da so se podnebne razmere na našem planetu samo v zadnjih milijon letih vsaj desetkrat drastično spremenile. Med seboj so se izmenjevale izrazite otoplitve in izrazite ohladitve. Kadar se je ohladilo, so se ledeniki daljšali z gora proti dolinam ter z obeh zemeljskih polov proti zmernejšim geografskim širinam, razporeditev padavin se je spremenila, rastlinski in živalski svet se je prilagodil nizkim temperaturam. Seveda tudi naši kraji pri tem niso bili nikakršna izjema. Tudi pri nas so bili ledeniki po obsegu vse kaj drugega kot današnji skromni ostanki Triglavskega ledenika, tudi po naših travnikih – takrat stepah – so se pasle živali, ki jih lahko danes najdemo le na skrajnem severu. Kaj je vodilo te spremembe?

Izvirni greh podnebnih sprememb je astronomske narave

Že leta 1842 je francoski matematik J. A. Adhémair ugibal o tem, da bi lahko bile podnebne spremembe v preteklosti povezane z astronomskimi pojavi, natančneje, s spreminjajočimi se značilnostmi Zemljinega kroženja okrog Sonca

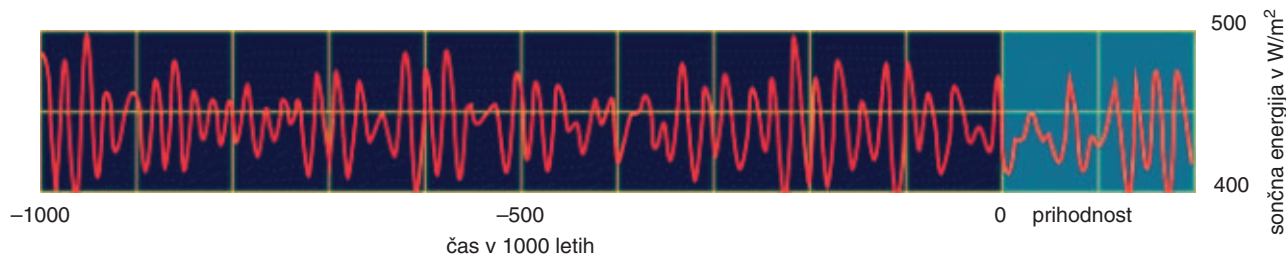
in okrog svoje osi. Med leti 1920 in 1940 je srbski astronom Milutin Milanković (Milanković, 1941) hipotezo postavil na trdnejše temelje in ji dodal fizikalne parametre. Ugotovil je, da na ugotovljeno spreminjanje intenzivnosti osončenja oz. intenzivnosti letnih časov vplivajo tri astronomske komponente.

Kot najpomembnejšo je izpostavil spreminjanje nagiba Zemljine osi oziroma njeno nutacijo. Zemljina os je glede na vertikalo njene orbite nagnjena. Nagib se spreminja od 21,5° do 24,5° in nazaj v ciklih, ki trajajo približno 41.000 let (trenutno je os nagnjena za približno 23,5°). Bolj kot je os nagnjena, bolj intenzivni so letni časi: poletja postanejo toplejša, zime pa hladnejše. Druga, nekoliko manj vplivna komponenta je oblika Zemljine orbite. Ta se v ciklih, ki trajajo približno 100.000 let, spreminja od bolj podobne krožnici do bolj ekscentrične elipse in nazaj. Trenutno je naš planet najbolj oddaljen od Sonca v času zime na južni polobli (poletja na severni), zato je intenzivnost zimskega osončenja na južni polobli danes nekoliko manjša, kot je v krajih na enaki geografski širini severne poloble. Tretja komponenta je nekakšna povezava prvih dveh, in sicer je to precesija (»nihanje«) Zemljine osi s celotnim ciklom med 19.000 in 23.000 leti. Če vse tri komponente združimo, lahko izdelamo krivuljo spreminjanja intenzivnosti osončenja na zemeljski površini v preteklosti, lahko pa jo ekstrapoliramo tudi v prihodnost (slika 1).

Temperaturne spremembe so zapisane v sedimentih in ledu

Milankovičevo hipotezo je bila za svoj čas seveda čisto zadosti revolucionarna, da jo je »uradna« znanost popolnoma prezrla. Eden od razlogov za prezrtost (in celo prezir) je bil tudi ta, da hipoteze ni bilo mogoče preveriti z nobeno do

* dr., Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, Ljubljana, milos.bavec@geo-zs.si



Slika 1. Milankovičeva krivulja sprejete sončne energije – izračun za poletni čas na 65° severne geografske širine.

Figure 1. Milanković's cycles of Earth climate orbital forcing, calculated for summer insolation at 65°N.

takrat razvito neodvisno raziskovalno metodo. Rešitev se je začela nakazovati v začetku petdesetih let prejšnjega stoletja, ko je Cesare Emiliani (npr. Emiliani, 1955) ugotavljal, da se izotopska sestava kisika v hišicah odmrlih foraminifer na morskem dnu z globino spreminja. Kisik je v foraminiferi vezan v kalcijevem karbonatu, iz katerega je zgrajena njena hišica. Emiliani je zato sklepal, da je sestava karbonatne hišice foraminifere odsev izotopske sestave vode, v kateri je živela in iz katere je črpala kemične sestavine za gradnjo svojega oklepa. Ko je ta drobna enocelična žival umrla, je padla na morsko dno in tam ostala kot del oceanskega sedimenta. V sebi je zadržala informacije o sestavi morske vode, v kateri je zrasla, še posebej to velja za razmerje med kisikovima izotopoma ^{18}O – težkim izotopom in ^{16}O – običajnim, močno prevladujočim izotopom. Danes vemo, da je razmerje med izotopoma posledica količine vode, ki je bila v določenem trenutku zemeljske zgodovine ujeta v led. Velike količine ledu na obeh zemeljskih polih so namreč zaradi nekakšne meteorološke destilacije bogatejše s težkim izotopom kot morska voda. Ker velja:

mrzlo podnebje = več ledu in toplo podnebje = manj ledu,

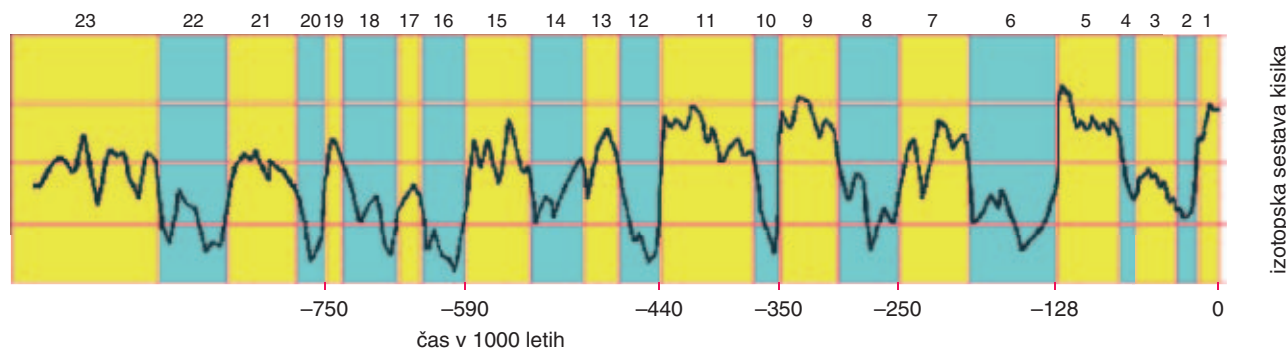
lahko omenjeno razmerje uporabimo kot relativni termometer zemeljske zgodovine (slika 2). Že Emiliani je ugotovil, da se krivulja izotopske sestave kisika v grobem ujema s podnebnimi cikli, ki jih je izračunal Milankovič. V naslednjih desetletjih se je to ujemanje potrdilo še v mnogih vrtnah, izvrtanih

v oceanske in jezerske sedimente. Potrditev so ponudila tudi jedra ledu iz Antarktike in Grenlandije, saj je tudi izotopska sestava ledu neposredno povezana z istim fenomenom, le da je krivulja, v primerjavi z oceansko, obrnjena na glavo. Ob teh raziskavah se je pokazalo, da razen sestave kisika ugotovljeni podnebni krivulji sledi tudi vsebnost prahu v ledu, magnetne lastnosti sedimentov, prisotnost različnih na temperaturo občutljivih organizmov, ostanki peloda ... (npr. Allen in sod., 1999; White in Barlow, 1993).

Z novimi spoznanji pa so se pojavile tudi nove težave. Izkazalo se je namreč, da so podnebna nihanja sledila istemu vzorcu na obeh poloblah, to pa se z Milankovičevimi izračuni ne ujema. Njegove krivulje so namreč izračunane za določene geografske širine in niso enake na vsej zemeljski obli. Poleg tega je kmalu postalo jasno, da nihanja v količini prejete toplotne energije Sonca sama po sebi niso mogla spreminjati glacialov v interglaciale in obratno. Kje je torej povezava?

Glavni igralec je ocean

Ob preiskovanju zračnih mehurčkov, ujetih v grenlandskem in antarktiškem ledu, so razni raziskovalci na čelu s Hansom Oeschgerjem in Claudom Loriusom ugotavljali, da je zrak v času glacialov vseboval le približno 2/3 ogljikovega



Slika 2. Krivulja spreminjanja izotopske sestave kisika ($\delta^{18}\text{O}$) v globokomorskem sedimentu iz ekvatorialnega dela Tihega oceana. Z modrimi številkami so označene t. i. izotopske stopnje kisika (MIS). Modra polja predstavljajo hladna, rumena pa toplejša obdobja. Podatki prirejeni po Shackleton in Opdike (1973).

Figure 2. Oxygen isotope composition of the equatorial Pacific Ocean sediment. Blue figures denote marine oxygen isotope stages (MIS). The cold periods of the Quaternary are marked blue and the warm periods are marked yellow. Modified according to Shackleton and Opdike (1973).

dioksida v primerjavi z interglacialnim zrakom. Od kod takšna razlika? Genialno razlago je ponudil (danes) prvi »zvezdnik« svetovne paleoklimatologije ameriški oceanolog Wallace S. Broecker (Broecker, 1987). S sodelavcem Georgeom Dentonom sta svoje spoznanje imenovala »manjkajoča sestavina v klimatskem receptu« (Broecker in Denton, 1989). Po Broeckerejevem mnenju je lahko do tako dramatičnih sprememb prišlo samo zaradi nekakšnega bistvenega preobrata v obnašanju oceana. Skupna količina ogljikovega dioksida v oceanu je namreč kar šestdesetkrat večja od njegove količine v atmosferi in dokazano je, da količino ogljikovega dioksida v zraku v največji meri kontrolira difuzija med oceanom in atmosfero. Z dolgoletnimi meritvami oceanskih tokov je ugotovil, da so največji tokovi med seboj povezani v sistem, ki ga je imenoval Veliki oceanski transportni trak (VOTT) – *The Great Ocean Conveyor* (Broecker, 1987, 1991). Imena transportni trak mu ni dal le zaradi transporta vode v njem, pač pa predvsem zato, ker VOTT s seboj prenaša ogromne količine toplotne energije.

Veliki oceanski transportni trak (VOTT) in Atlantski transportni trak (ATT)

Sistem oceanskih tokov je seveda mnogo bolj zapleten, kot to predstavljata modela VOTT in ATT, kljub temu pa se izkaže, da je mogoče njune dele, ki najbolj vplivajo na energijsko bilanco planeta, sorazmerno enostavno opisati (slika 3).

Globokovodni del VOTT se začne pri Islandiji, kjer arktični zrak do te mere ohladi z juga prihajajoči topel površinski tok, da težka (hladna in slana) voda potone do oceanskega dna in se usmeri nazaj proti jugu Atlantika. Južno od 30° južne geografske širine se pomeša z vodo toka, ki obkroža Antarktiko, ter nadaljuje svojo pot proti severu. Dvigajoča se glavna kraka toka dosežeta morsko površino na severu Indijskega oceana oz. v severnem Pacifiku, kjer se obrneta in začneta svojo povratno pot proti Atlantiku kot topel površinski tok. Ko ta doseže severni Atlantik, se celotna zgodba ponovi. Glavni mehanizem pogona VOTT-a naj bi bilo izhlapevanje vode na površinski poti skozi Atlantik. Broecker ocenjuje, da to izhlapevanje znaša približno 0,35 sverdrupov [$1\text{ Sv} = 23 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$], kar je v enem letu enako petnajstcentimetrski plasti vode na celotni površini Atlantika. Preostala voda v VOTT-u postaja zaradi izhlapevanja vse gostejša (s 34,3 g/l zraste gostota na 34,9 g/l) in skupaj s prej omenjenim ohlajanjem očitno zadosti težka, da tok potone in poganja cikel. Ta proces imenujemo termohalinska cirkulacija. VOTT je ponudil tudi odgovor na vprašanje, zakaj je življenje v severni Evropi mnogo prijetnejše kot na enakih geografskih širinah Severne Amerike (Severna Irska, na primer, je mnogo toplejša od Labradorja, kljub temu da ležita na isti geografski širini.).

Koncept VOTT je seveda zelo poenostavljen in morda zastavljen preveč planetarno. Zato pa je zbranih več dokazov za obstoj in obnašanje dela VOTT-a, imenovanega Atlantski transportni trak (ATT) – *Atlantic Conveyor Belt*. Ta prinaša



Slika 3. Shema poteka Velikega oceanskega transportnega traku. Rdeča barva predstavlja topel površinski tok, modra pa hladnejši tok v globini. Dopolnjeno z novejšimi podatki po Broeckerju (1987).

Figure 3. *The Great Ocean Conveyor*. Warm surface currents are marked red; colder and deeper currents are marked blue. Complemented with more recent data acc. to Broecker (1987).

toplotno energijo toplega Zalivskega toka v severni Atlantik, kjer zaradi prej opisanih razlogov potone in se vrne v Mehiški zaliv. Ne glede na to, ali koncept VOTT-a velja popolnoma ali ne, se je v najnovejšem času potrdilo, da je obnašanje ATT-a res vplivalo na globalno podnebje in ne samo na podnebje v severnem Atlantiku (Sachs in Lehmann, 1999). Ključne povezave VOTT-a in ATT-a z velikimi podnebnimi preobratoma v kvartarju je v najbolj pretresljivi lastnosti tega sistema tokov in to je, da se lahko ustavi.

Vpliv ATT na velike klimatske preobrate

Že Broecker je ugotovil, da se je ATT v kvartarju večkrat ustavil in s prekinitvijo dotoka toplega zraka na sever Evrope povzročil izrazite ohladike (5 do 8 °C). Še več, vse kaže, da je bil ravno ta pojav glavna gonilna sila hladno-toplih ciklov širom zemeljske oble. (Na tem mestu je potrebno pripomniti, da je globalni vpliv potrjen, mehanizem razširjanja podnebnih sprememb s severnega Atlantika na ostale dele planeta pa še ni popolnoma pojasnjen.) Zakaj se je torej ATT ustavil in tako ohladil Zemljo? Odgovor morda zveni paradoksalno: zaradi ogrevanja! V toplih obdobjih (današnji čas spada v enega od takšnih), ko sistem tokov deluje, se severni Atlantik ogreva in voda vse težje tone v globino. Povečana količina vodne pare v atmosferi pomeni tudi povečanje koncentracije toplogrednih plinov v njej. Ogrevanje pospešuje tudi taljenje arktičnega ledu in nastajanje ledenih gora. Geološki dokazi namreč kažejo, da je pred vsako ohladitvijo po severnem Atlantiku plula in se talila izrazito povečana količina ledenih gora (Obdobja povečane koncentracije ledenih gora so bila tako izrazita, da so uporaben klimatski indikator in so celo dobila svoje ime: Heinrichovi dogodki – *Heinrich events*). Ogreta in s sladko vodo iz talečega se ledu pomešana oceanska voda pa ni več zadosti težka, da bi

potonila; ATT se ustavi. Ko sistem stoji, začne izhlapevanje iz Atlantika počasi spet povečevati specifično težo vode, ta na določeni točki spet začne toniti in sistem je ponovno vključen. Takšni preobrati so se v mlajšem delu pleistocena dokazano dogajali v ciklih časovnega reda velikosti 1000 let in so bili izjemno sunkoviti. »Vključevanje« oz. »izključevanje« ATT naj bi namreč trajalo le alarmantno kratkih 20 do 100 let.

Obeti za prihodnost

Res je, da opisani mehanizem nadzoruje le podnebne spremembe v (geološko gledano) krajših časovnih intervalih, a tudi te spremembe so bile v zadnjih desetisočletjih zelo velike. Po Broeckerjevem mnenju lahko razlika med »vključenim« in »izključenim« ATT-om oz. VOTT-om ponekod povzroči temperaturne razlike kar 5 do 8 °C, to pa za živi svet vsekakor pomeni nekaj, kar je zelo podobno katastrofi: polarni ledeniki se približajo zmernim geografskim širinam, predstavniki hladnodobne flore in favne izrinejo toplodobne, razporeditev padavin se popolnoma spremeni... Še bolj alarmantno je dejstvo, da je preobrat tako hiter, da bi ga občutila ena človeška generacija. Ali se nam kaj podobnega obeta v bližnji prihodnosti? Zaenkrat za kaj takega nimamo nikakršnih oprijemljivih dokazov, vsekakor pa skrb ni popolnoma odveč.

Ključno vprašanje je, na kateri točki je danes globalno ogrevanje Zemlje, ki bi v končni fazi lahko vodilo k ohladitvi. Za nas in naše obnašanje je pomembno tudi vprašanje, v kolikšni meri bo antropogeno dodajanje ogljikovega dioksida v atmosfero vplivalo na hitrejši razvoj dogodkov. Dve leti stara klimatska modela (Wood in drugi, 1999; Joos in drugi, 1999) sicer kažeta, da znakov za alarm morda še ni. Predvideno dodajanje toplogrednih plinov v atmosfero naj bi sicer močno vplivalo na cirkulacijo v oceanu, sistema pa najverjetneje ne bi zaustavilo. Po drugi strani pa bi se po najbolj črnem scenariju to vseeno lahko zgodilo, zato velja s premislekom prisluhniti enemu vodilnih paleoklimatologov Richardu Alleyu z ameriške univerze Penn State. Ta je vpliv globalnega ogrevanja in našega igrčkanja z dodajanjem ogljikovega dioksida v atmosfero v nekem svojem preda-

vanju opisal kot vlečenje nekega predmeta proti robu mize: »Le malo se bo spremenilo, preden dosežemo rob te mize, ko pa se bo to zgodilo, bodo učinki trenutni in usodni!«. Kakorkoli že, zmanjševanje emisije toplogrednih plinov nam nikakor ne more škoditi. Lahko pa bi nam kaj kmalu zelo, zelo koristilo.

Literatura

1. Allen, J. R. M., Brandt, U., Brauer, A., Hubberten, H. W., Huntley, B., Keller, J., Kraml, M., Mackensen, A., Mingram, J., Negendank, J. F. W., Nowaczyk, N. R., Oberhänsel, H., Watts, W. A., Wulf, S., Zolitscka, B., 1999. Rapid environmental changes in southern Europe during the last glacial period. *Nature*, 400, 740–743.
2. Broecker, W. S., 1987. The biggest chill. *Natural History Magazine*, 97, 74–82.
3. Broecker, W. S., 1991. The Great Ocean Conveyor. *Oceanography*, 4, 79–89.
4. Broecker, W. S., Denton, G. H., 1989. The role of ocean-atmosphere reorganizations in glacial cycles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 2465–2501.
5. Emiliani, C., 1955. Pleistocene temperatures. *Journal of Geology*, 63, 538–578.
6. Joos, F., Plattner, G. K., Stocker, T. F., Marchal, O., Scmittner, A., 1999. Global Warming and Marine Carbon Cycle Feedbacks on Future Atmospheric CO₂. *Science*, 284, 464–467.
7. Milanković, M., 1941. *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Beograd, Srpska kraljeva akademija, 633.
8. Sachs, J. P., Lehman, S. J., 1999. Subtropical North Atlantic Temperatures 60.000 to 30.000 years ago. *Science*, 286, 756–759.
9. Shackleton, N. J., Opdyke, N. D., 1973. Oxygen Isotope and Paleomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28–238: Oxygen Isotope Temperatures and Ice Volumes on a 105 and 106 Year Scale. *Quaternary Research*, 3, 39–55, New York.
10. White, J. W. C., Barlow, L. K., 1993. The »flickering switch« of late Pleistocene climate change. *Nature*, 361, 432–436.
11. Wood, R. A., Keen, A. B., Mitchell, J. F. B., Gregory, J. M. G., 1999. Changing spatial structure of the thermohaline circulation in response to atmospheric CO₂ forcing in a climate model. *Nature*, 399, 572–575.

ZAVAROVANJE TVEGANJ PRED NARAVNIMI NESREČAMI

Risk Insurance against Natural Disasters

Marko Pavliha*, Sandi Oblak**,
Rok Moljk***, Patrick Vlačič****

UDK 368.17

Povzetek

Vzpostavitev optimalnih in celovitih zavarovalnih rešitev zavarovanj tveganj pred naravnimi in drugimi nesrečami v Sloveniji bi imelo vrsto pozitivnih učinkov, nenazadnje tudi na razbremenitev državnega proračuna, ki je v danem trenutku ključni nosilec stroškov posledic naravnih in drugih nesreč. V razvitih državah na tem področju obstaja vrsta zanimivih modelov in celostnih zavarovalnih rešitev. Izbor najprimernejših zavarovalnih oblik oz. njihova optimalna kombinacija predstavljata ključno usmeritev pri delovanju na tem področju v bodoče.

Abstract

The implementation of optimal and integral insurance solutions within the scope of risk insurance against natural and other disasters would have numerous beneficial effects/consequences in Slovenia. Let us mention, among these, the disencumbrance of the State Budget, which would be relieved of the burden of being the main bearer of costs incurred as the consequence of natural and other disasters. Developed countries dispose with several interesting models and integral insurance solutions. Selecting the most interesting forms of insurance and their optimal combinations should be the main orientation of operations in this field in future.

Uvod

Raziskovalna naloga »*Studija s primerjalno mednarodno analizo v zvezi z zavarovanjem tveganj ob naravnih in drugih nesrečah*« je korak k ureditvi področja zavarovanja pred naravnimi in drugimi nesrečami v Sloveniji. Na osnovi stanja doma in primerjalne analize stanja in rešitev v tujini smo opredelili optimalne rešitve za vzpostavitev celostnega modela zavarovanj za vsa možna tveganja ob prostočasnih aktivnostih (v gorah, vodah, jamah in zraku), naravnih nesrečah (potresih, plazovih, poplavah, toči, žledu ...) in civilizacijskih nesrečah (požarih, nesrečah z nevarnimi snovmi ...) v Sloveniji.

Razsežnost problematike se izkazuje v številu nesreč in dogodkov, številu sodelujočih in drugih oseb pri intervencijah in predvsem v stroških intervencij ter povzročeni ekonomski škodi ob naravnih in drugih nesrečah v Sloveniji, ki v veliki meri obremenjujejo sredstva javnih financ oz. državni proračun. Ena izmed možnosti razbremenitve javnih financ je celovit sistem zavarovanja tveganj (nevarnosti, rizikov) ob naravnih in drugih nesrečah in s tem prenos dela stroškov pokrivanja posledic naravnih in drugih nesreč na druge subjekte.

Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami celovito ureja varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami v Sloveniji, čeprav med preventivnimi ukrepi ureja le ukrepe

za neposredno tehnično in fizično zaščito ljudi in premoženja pred nevarnostmi. Zakon ureja tudi ocenjevanje škode in financiranje ukrepov za odpravljanje posledic naravnih in drugih nesreč do zagotovitve osnovnih življenjskih razmer. Vendar se pri tem zaradi pomanjkljive ureditve in nedorečenih rešitev na tem področju ohranja stara praksa, ki temelji predvsem na socializaciji tveganj. Vlada Republike Slovenije je novembra 2000 objavila *Predlog nacionalnega programa varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami* za prvo obravnavo v Državnem zboru RS. Predlog vsebuje pregled in vsebino možnih virov ogrožanja ter strateške cilje in naloge pri preprečevanju nesreč in odpravljanju njihovih posledic. Med usmeritvami za financiranje je zapisano tudi pomembno izhodišče: »*Vlada RS zagotavlja namenska sredstva za spodbujanje zavarovanj pred naravnimi nesrečami v okviru proračuna Republike Slovenije na račun zmanjšanja sredstev za sanacijo posledic teh nesreč.*«

Zavarovanje je osrednji pojem prispevka, vendar splošno sprejete definicije v strokovni zavarovalniški literaturi in teoretičnih razpravah ni mogoče najti. Večina slovenskih strokovnih razprav uporablja tudi v tujini široko sprejeto opredelitev dr. J. Bonclja: »*Zavarovanje je ustvarjanje gospodarske varnosti z izravnavanjem gospodarskih nevarnosti.*« (Boncelj, 1983). Tovrstna opredelitev je tudi za našo temo optimalna, kajti opredeljuje cilj zavarovanja, to je gospodarska varnost, ter tudi sredstvo, s katerim ta cilj dosežemo, to je izravnavanje nevarnosti.

* prof. dr., Fakulteta za pomorstvo in promet, Pot pomorščakov 4, Portorož, marko.pavliha@guest.arnes.si

** Adriatic zavarovalna družba d. d., zunanji strokovni sodelavec Fakultete za pomorstvo in promet, sandi.oblak@adriatic.si

*** Adriatic zavarovalna družba d. d., zunanji strokovni sodelavec Fakultete za pomorstvo in promet, rok.moljk@adriatic.si

**** mag., Fakulteta za pomorstvo in promet, Pot pomorščakov 4, Portorož

Zavarovalne rešitve v tujini

Večina držav EU in druge razvite države imajo kot enega ključnih temeljev v sistemu varovanja in odpravljanja posledic obravnavanih nesreč, vzpostavljeno ureditev oz. sistem zavarovanj za kritje posledic naravnih in drugih nesreč. Treba je opozoriti na nekaj specifičnosti tovrstnih sistemov:

- kljub zavarovalnim direktivam EU, katerih temeljna naloga je unifikacija in harmonizacija zakonodaje na področju zavarovalstva, je področje zavarovanj pred naravnimi in drugimi nesrečami v Evropi zelo različno urejeno;
- ureditev obravnavanega področja je v veliki meri odvisna tudi od tradicionalne pripadnosti posamezne države določenemu sistemu ureditve zavarovalstva (t. i. anglosaški tip ureditve in kontinentalni tip ureditve);
- na ureditev vpliva ekonomska in specifično zavarovalna razvitost države, kjer imamo opraviti z državami, ki so v samem svetovnem vrhu po razvitosti zavarovalnega področja na eni strani, in državami, ki so v zavarovalnem smislu relativno manj razvite, na drugi strani;
- kljub naporom v raznih državah, da bi celovito uredili področje zavarovanja pred naravnimi in drugimi nesrečami, ostaja individualna aktivnost vsakega posameznika na tem področju še vedno pomembna.

Glede na osnovni način reševanja problema zavarovanja tveganj v primeru naravnih in drugih nesreč lahko države razdelimo v dve skupini:

- prvo skupino predstavljajo države, kjer v imenu nacionalne solidarnosti državna administracija posega in ureja zavarovalni trg za zavarovanja tveganj ob vseh ali delu naravnih in drugih nesreč. V to skupino sodijo na primer Španija, Francija, Norveška, Švica;
- v drugo skupino spadajo države, kjer je celotni sistem zavarovanj v primeru naravnih in drugih nesreč v rokah zavarovalnic in pozavarovalnic. V to skupino se uvrščajo Nemčija, Avstrija, Italija, Švedska, Belgija in druge.

Analize kažejo, da je zavarovalna pokritost tveganj v primeru naravnih in drugih nesreč bistveno višja v državah iz prve skupine, kar je seveda tudi razumljivo.

Možne rešitve v Sloveniji

Za optimalno zavarovalno pokritost tveganj pred naravnimi in drugimi nesrečami v Sloveniji je potrebno sistemsko in usklajeno delovanje naslednjih subjektov: pravnih in fizičnih oseb kot zavarovancev oz. potencialnih zavarovancev, države ter zavarovalnic in pozavarovalnic. Drugi pomemben element je optimalen izbor in kombinacija zavarovalnih rešitev, ki jih predstavljamo v nadaljevanju.

Obvezna zavarovanja

Število obveznih zavarovanj se je v zadnjem desetletju tudi v Sloveniji precej povečalo, zlasti na področju zavarovanj poklicne odgovornosti in ekoloških zavarovanj. S predpiso-

vanjem obveznih zavarovanj želi država v največji možni meri zaščititi tako tretje osebe (oškodovance, žrtve) kakor tudi lastnike (uporabnike) nevarnih stvari oz. izvajalce nevarnih storitev.

Obvezna individualna zavarovanja v Sloveniji je mogoče razvrstiti v šest skupin, vendar sta z vidika naravnih in civilizacijskih nesreč pomembni predvsem dve. V prvo sodijo obvezna zavarovanja v prometu, in sicer zavarovanje lastnika motornega vozila proti odgovornosti za škodo, ki je povzročena tretjim osebam (*obvezno zavarovanje avtomobilske odgovornosti – AO*), zavarovanje lastnika zračnega plovila proti odgovornosti za škodo, ki je povzročena tretjim osebam na zemlji oz. na tleh (*obvezno zavarovanje letalske odgovornosti*) ter zavarovanje potnikov v javnem prometu proti posledicam nesreče (*obvezno nezgodno zavarovanje*).

V drugo skupino obveznih zavarovanj štejemo obvezna ekološka zavarovanja, in sicer zavarovanja odgovornosti za jedrsko škodo, zavarovanje odgovornosti za onesnaženje morja z oljem, zavarovanje odgovornosti za škodo zaradi prevoza nevarnih in škodljivih snovi oz. nevarnega blaga, zavarovanje odgovornosti za »splošne« ekološke nesreče ter zavarovanje odgovornosti za škodo zaradi požara.

Pregled obveznih zavarovanj pred naravnimi in drugimi nesrečami v Sloveniji in v najrazvitejših državah EU in OECD kaže, da je Slovenija na tem področju povsem primerljiva. V obravnavanih državah ločimo predvsem obvezna zavarovanja v prometu s poudarkom na večjem številu obveznih zavarovanj, predpisanih za letalski transport, obvezna zavarovanja za jedrsko škodo, povzročeno tretji osebi, in obvezna ekološka zavarovanja najrazličnejših oblik.

Zaključimo lahko, da Slovenija predstavlja tako po številu kot po raznolikosti predpisanih obveznih zavarovanj povprečno evropsko državo in da predpisovanje obveznih zavarovanj ne predstavlja optimalne poti za zagotavljanje večje zavarovanosti pred naravnimi in drugimi nesrečami.

»Prostovoljna« obvezna zavarovanja

Najbolj razširjena oblika državnega administriranja zavarovanosti pred posledicami naravnih in drugih nesreč je t. i. »prostovoljno« obvezno zavarovanje. Take oblike pospeševanja sklepanja zavarovanj pred naravnimi in drugimi nesrečami je moč zaslediti pri nizu držav s sistemom državnega administriranja tega področja, npr. v Španiji, Franciji, Norveški in Švici. Ta zavarovalna rešitev se ponavadi dopolnjuje z eno od oblik posebnih skladov za kritje posledic naravnih in drugih nesreč.

Navedeno nasprotje v samem nazivu takih zavarovanj izhaja iz narave teh zavarovanj. Gre za zavarovanja, kjer se osnovna zavarovalna polica, pri kateri je sklenitev zavarovanja prepuščena v presojo in odločitev vsakega

potencialnega zavarovanca, razširi z obveznim delom te police, ki je namenjen kritju škod iz naslova naravnih in drugih nesreč. Osnovna zavarovalna polica je najpogosteje polica za sklenitev požarnega zavarovanja. Obvezna razširitev oziroma dodatek k polici pa ponavadi zajema kritja naravnih in drugih nesreč kot so: vihar, hurikan, ciklon; poplava, visoka voda; drsenje tal, plazovi, usedanje tal, potres, teroristična dejanja, manifestacije.

Kritja, ki so zajeta v obvezno razširitev osnovne police, so seveda zelo odvisna od razširjenosti kritij, ki jih ponuja že osnovna požarna ali druga polica, in so različna od države do države. Pri vseh pa je značilno, da premijo določa poseben državni oz. od države imenovani organ, da so zbrana sredstva v večini primerov ločena od ostalih sredstev zavarovalnic in da morajo biti premije za razširitev osnovne police jasno prikazane na računih za plačilo zavarovanja. Ena izmed značilnosti teh zavarovanj je tudi možnost, da država predpiše tudi minimalne limite kritja za take police. Pomemben element »prostovoljnih« obveznih zavarovanj je tudi načeloma enaka cena oz. premija za sklenitev zavarovanja ne glede na geografski položaj oz. izpostavljenost zavarovanih objektov naravnim in drugim nesrečam. S to zavarovalno rešitvijo se vpeljuje načelo solidarnosti.

V primeru Slovenije ugotovimo predvsem naslednje:

- v ponudbi slovenskih zavarovalnic zajema osnovno požarno zavarovanje kritja, ki so jim bolj ali manj izpostavljeni vsi zavarovani oz. potencialno zavarovani objekti;
- dodatno je mogoče zavarovanje z doplačilom kritja razširiti še za določena druga tveganja;
- analize kažejo, da se sklepajo dodatna zavarovanja predvsem na področjih, ki so določenim tveganjem bolj izpostavljeni;
- v Sloveniji ne poznamo »prostovoljnih« obveznih oblik zavarovanj.

Glede na izpostavljenost Slovenije posameznim naravnim in civilizacijskim nesrečam ter ob upoštevanju osnovne ponudbe kritij v ponudbi požarnega zavarovanja slovenskih zavarovalnic se zdi primerno, da bi uvedli »prostovoljno« obvezno zavarovanje tudi pri nas. Z gotovostjo bi dosegli pozitivne učinke predvsem z obvezno razširitvijo požarne police za dve kritji, in sicer za kritje tveganj poplave in potresa. Za obe tveganji je v Sloveniji že mogoče skleniti posebno zavarovanje oz. dodatno kritje k požarni polici. Podatki pa kažejo, da je stopnja zavarovanosti objektov v Sloveniji za ti tveganji še razmeroma nizka.

Z uvedbo take zavarovalne rešitve bi bilo mogoče zasledovati več ciljev. V razmeroma kratkem času bi se zelo povečala zavarovanost objektov, kar je pomembno za izravnavanje nevarnosti med bistveno večjo množico subjektov. Ob tem se vzpostavi načelo solidarnosti že pred morebitno nastalo škodo zaradi poplave oz. potresa. In nenazadnje, s to obliko zavarovanosti se država lahko razbremeni velikega dela stroškov, ki nastajajo pri reševanju in sanaciji oz. pri posledicah naravnih nesreč.

Državne subvencije

Možni sta dve skupini oblik subvencij države za vzpostavitev sistema optimalne zavarovanosti pred posledicami naravnih in drugih nesreč. Po kriteriju osebe, ki ji je subvencija namenjena, ločimo:

- subvencije prebivalstvu oz. podjetjem in drugim organizacijam,
- subvencije zavarovalnicam in pozavarovalnicam.

Druga možna delitev subvencij pa temelji na kriteriju oblike subvencije oz. načina subvencioniranja. Po tem kriteriju lahko v to skupino uvrščamo: subvencije za zavarovalno premijo za zavarovanja pred naravnimi in drugimi nesrečami, davčne olajšave (ki sicer niso klasična subvencija) za sredstva, porabljena za zavarovanje pred nesrečami, sredstva, namenjena promocijskim in izobraževalnim aktivnostim za zagotavljanje višje stopnje zavarovanosti pred posledicami naravnih in drugih nesreč, in ostale oblike državnih subvencij.

Namen državnega subvencioniranja je pospeševanje sklepanja zavarovanj pred posledicami naravnih in drugih nesreč. Gre preprosto za alociranje dela finančnih sredstev države v prej navedene oblike državnih subvencij s ciljem zniževanja stroškov, ki nastanejo kot posledica naravnih nesreč na eni strani, in prenosa dela stroškov za sanacijo posledic naravnih nesreč na zavarovalnice na drugi strani.

Tehnično in operativno obstaja niz različnih oblik državnih subvencij. Vsaka država izbira najprimernejše metode za reševanje konkretne težave v državi. Velja omeniti vsaj nekaj zanimivih kombinacij oz. možnosti:

- v povezavi s predpisano določeno obliko obveznih zavarovanj ali »prostovoljnih« obveznih zavarovanj lahko država subvencionira celotno ali del premije za tiste sloje prebivalstva, ki so v socialni stiski. Na ta način je mogoče dvigniti zavarovanost prav v delu prebivalstva, ki jih morebitna naravna nesreča tudi razmeroma najbolj prizadene;
- iz sredstev državnega proračuna je mogoče financirati tudi posebne promocijske in izobraževalne akcije, namenjene osveščanju prebivalstva o posledicah naravnih in drugih nesreč ter koristnosti zavarovanja pred temi posledicami. Take oblike so prisotne v najrazvitejših državah zahodne Evrope in še posebej v ZDA (Federal Emergency Management Agency);
- ena od potencialno zanimivih oblik reševanja obravnavanega problema je tudi uvedba davčnih olajšav za del ali za celotno zavarovalno premijo namenjeno zavarovanjem za kritje posledic naravnih in drugih nesreč. Pri tem lahko fizične osebe uveljavljajo olajšavo kot priznano olajšavo pri napovedi dohodnine, pravne osebe pa kot olajšavo pri odmeri davka od dobička;
- v najrazvitejših državah poznajo tudi olajšave za zavarovalnice, in sicer v obliki stimuliranja oblikovanja izravnalnih rezervacij za naravne in druge nesreče prek davčnih olajšav;
- možne so tudi subvencije za zavarovalno premijo za zavarovanja pred posledicami naravnih in drugih nesreč,

ki se lahko nanašajo le na določene, z vidika naravnih nesreč še posebej izpostavljene dejavnosti, npr. subvencioniranje premije za kritje rizika toče v kmetijstvu.

Možnosti je še več. Pri takem načinu stimuliranja zavarovanosti pred naravnimi in drugimi nesrečami je ključna predvsem jasno izražena širša družbena in politična volja, saj je operativna izvedba takih in podobnih aktivnosti razmeroma enostavna.

Posebni zavarovalni skladi

Ustanovitev posebnih zavarovalno-finančnih skladov, namenjenih zavarovanju in pozavarovanju ter kritju posledic iz naslova naravnih in drugih nesreč, je ena od možnih rešitev pri vzpostavitvi celovitega sistema zavarovanosti pred naravnimi in drugimi nesrečami. V Evropi poznajo različne oblike formalnopravne organiziranosti takih skladov. Načeloma pa lahko ločimo naslednje možnosti:

- posebne konzorcije, ki so npr. del španske ureditve zavarovanja tveganj pred naravnimi in drugimi nesrečami. Navedeni konzorcij predstavlja samostojno pravno osebo v državni lasti, ki deluje na osnovi javnega prava in je neposredno podrejen Ministrstvu za ekonomijo in finance Španije. Konzorcij razpolaga tudi z lastnimi sredstvi, ki so ločena od sredstev države. Osnovna naloga konzorcija je zavarovanje t. i. »posebnih« tveganj oz. kritje neposrednih materialnih škod, nastalih zaradi naravnih katastrof (poplave, potresa, netipičnih ciklonskih viharjev ...) in civilizacijskih nesreč (terorizma, vojaških in policijskih akcij v mirnem času, nemirov ...). Konzorcij deluje na osnovi povezave z različnimi oblikami »prostovoljnih« obveznih zavarovanj, iz katerih tudi zbira sredstva. Premije za »posebna tveganja« so predpisane in obvezne za vse zavarovalnice, ki jih zbirajo v imenu in za račun konzorcija;
- posebne oblike pozavarovalnic, ki pozavarujejo tveganja iz naslova naravnih in drugih nesreč. Tak primer najdemo v Franciji. Zavarovalnice lahko pri Caisse Centrale de Reassurance (CCR) pozavarujejo zavarovana tveganja iz naslova naravnih nesreč skladno z določili zakona iz leta 1982. CCR tveganja pozavaruje z državno garancijo in z neomejenim kritjem, kar predstavlja še eno od rešitev za stimuliranje sklepanja zavarovanj;
- posebne »poole« zavarovalnic in pozavarovalnic, kot je to na primer urejeno na Norveškem. Posebnost norveškega sistema predstavlja pool vseh zavarovalnic Natural Disaster Reparation Fund, kjer se premija zbira, članice poola pa medsebojno sozavarujejo tveganja in redistribuirajo nastale škode. Škode, nastale zaradi naravnih nesreč, rešujejo zavarovalnice, razen v primerih, ko gre za škode katastrofalnih posledic, ko se v reševanje škod vključi tudi omenjeni pool zavarovalnic. Tudi tu sistem temelji na predpisanih »prostovoljnih« obveznih zavarovanjih, ki predstavljajo vir sredstev iz naslova zavarovalne premije za omenjeni pool;
- »pooli«, v katerih je članstvo zavarovalnic in pozavarovalnic prostovoljno. Tak primer najdemo v Švici, vendar tudi tu že razmišljajo, da bi članstvo postalo za zavarovalnice obvezno. Tudi v tem primeru deluje »pool« na

osnovi obvezne razširitve osnovne prostovoljne police za kritje tveganj naravnih in drugih nesreč. Na navedeni pool se redistribuirajo tudi 85 % škod iz naslova naravnih nesreč. Švicarski »pool« je posebej pozavarovan za negativni škodni rezultat.

Posebni zavarovalni skladi dosegajo v razvitih državah na tem področju svoj namen v povezavi z nekaterimi drugimi modeli reševanja težav, ki nastajajo kot posledica naravnih in drugih nesreč. Predvsem gre za povezanost z različnimi oblikami »prostovoljnih« obveznih zavarovanj, katerih premija predstavlja osnovni vir sredstev zavarovalnih skladov.

Prednost zavarovalnih skladov je strogo namenska poraba denarja, torej izključno za kritje posledic naravnih in drugih nesreč. V primeru ugodnega škodnega dogajanja sredstva sklada lahko pomenijo kakovosten vir za razvoj in širitev preventivnih in represivnih aktivnosti države na področju naravnih in drugih nesreč. Prednost skladov je tudi učinkovit državni nadzor nad njihovim delovanjem, saj so lahko ustanovljeni izključno kot državno telo, k sodelovanju pa se v mnogih primerih povabijo tudi zavarovalnice in pozavarovalnice.

V Sloveniji že imamo poseben zavarovalni sklad, in sicer Pool za zavarovanje in pozavarovanje jedrskih nevarnosti GIZ.

Specializirane zavarovalnice

Nekatere ureditve področja odpravljanja posledic naravnih in drugih nesreč po svetu poznajo tudi obliko specializiranih zavarovalnic. Ta rešitev nekoliko spominja na že predstavljene posebne zavarovalne sklade, vendar obstaja bistvena razlika predvsem v dveh ključnih točkah:

- specializirane zavarovalnice so, kot to pove že samo ime, namenjene zavarovanjem pred posledicami točno določenih naravnih in drugih nesreč;
- pravna oblika organiziranosti takih zavarovalnic.

Kot zelo značilen primer specializirane zavarovalnice velja omeniti vzajemne kmetijske zavarovalnice. Ustanovljene so kot zavarovalnice, namenjene kritju posledic naravnih nesreč, ki nastanejo na kmetijskih pridelkih. Največkrat to velja za kritje posledic toče.

Pravno so običajno organizirane kot vzajemne zavarovalnice, kar pomeni, da so kmetje, ki bi želeli zavarovati svoje pridelke, hkrati tudi njihovi ustanovitelji in člani. Pri ustanavljanju in delovanju takih zavarovalnic po navadi sodelujejo še zavarovalnice in država. Kmetje na tak način zbirajo denarna sredstva v obliki premije in obenem udeležujejo načelo medsebojne vzajemnosti. Učinkovitost teh zavarovalnic temelji prav na načelu vzajemnosti, saj so si različna geografska področja glede izpostavljenosti toči med seboj zelo različna. Rešitev omenjene težave pa mora poiskati država z različnimi možnostmi, ki jih poseduje in so lahko: predpisovanje obveznega zavarovanja, promoviranje in osveščanje, subvencioniranje premije oz. davčne olajšave, itd. Vzajemne zavarovalnice ne ustvarjajo dobička,

kot to velja za delniške družbe. V primeru ugodnega škodnega dogajanja v določenem letu lahko vzajemne zavarovalnice oblikujejo posebne rezervacije za morebitne bodoče škode oz. znižujejo premijo v naslednjem letu. V obratnem primeru, ko škode presežejo vplačane premije in je škodno dogajanje neugodno, pa so vsi člani dolžni doplačati za pokritje nastale izgube oz. se črpajo v preteklosti oblikovane rezervacije. Podobne oblike specializiranih vzajemnih zavarovalnic bi bilo mogoče ustanavljati tudi za nekatere druge vrste naravnih in drugih nesreč.

Primer neuspešnega poizkusa ustanovitve specializirane vzajemne kmetijske zavarovalnice smo imeli tudi v Sloveniji pred približno desetimi leti. Pri tem so sodelovali predstavniki kmetijskega ministrstva, zavarovalnic in kmetijskih pridelovalcev.

Drugi finančni produkti

Kot odgovor na pereč problem sodobnega sveta, ki ga predstavljajo škode kot posledice naravnih in drugih nesreč, nastajajo na najrazvitejših finančnih in kapitalskih trgih Evrope in Severne Amerike sodobni, precej zapleteni finančni produkti, ki pa so v danem trenutku za Slovenijo še nesprejemljivi, še posebej ob upoštevanju trenutne razvitosti slovenskega zavarovalnega in kapitalskega trga. Razvoj produktov, ki jih navajamo, so vzpodbudile velike naravne nesreče, na primer hurikan Andrew in potres v Northridgeu. Povečane izplačane odškodnine so imele za posledico visok dvig premije za globalno pozavarovanje premoženjskih škod iz naslova naravnih nesreč. Premije za tovrstno pozavarovanje so se v letih od 1991 do 1994 več kot podvojile. Tako gibanje premij je največje zavarovalnice in pozavarovalnice prisililo v razmišljanje o alternativnih oblikah izravnavanja nevarnosti oz. alternativnih virih za povečevanje pozavarovalnih kapacitet.

Vrednost tovrstnih transferjev zavarovalnih rizikov na kapital-ske trge od leta 1996 do danes znaša približno 12,6 milijard USD. Gre predvsem za naslednje produkte: catastrophe bonds, catastrophe swaps, industry loss warranties (ILW), contingent capital, exchange-traded options.

Sklepne misli

Nekatere stroške nastale kot posledica reševanja in saniranja posledic naravnih in drugih nesreč, je mogoče prenašati v zavarovalni in pozavarovalni sistem ter tako izravnati nevarnosti med množico zavarovancev. Ponudba slovenskih zavarovalnic je na področju zavarovanj pred posledicami naravnih in drugih nesreč razmeroma bogata. Ključna težava je zagotavljati dovolj visoko stopnjo zavarovanosti pred naravnimi in drugimi nesrečami.

Rešitev za zagotavljanje optimalne stopnje zavarovanosti pred naravnimi in drugimi nesrečami je treba iskati v učinkovitem določanju razmerij med najpomembnejšimi

subjekti, to so zavarovanci, zavarovalnice in pozavarovalnice ter država. Aktivno vlogo pri vzpostavljanju teh razmerij mora odigrati država, ki bi s tem pomembno razbremenila državni proračun in torej znižala stroške, ki nastajajo kot posledica reševanja oz. saniranja posledic naravnih in drugih nesreč. Le država lahko s pomočjo zakonodaje in s svojo izvršilno močjo zagotavlja optimalno stopnjo zavarovanosti. Taka ureditev se je pokazala kot učinkovita v mnogih najrazvitejših državah.

Smiselne spremljevalne aktivnosti za doseganje optimalne zavarovanosti pred naravnimi in drugimi nesrečami so tudi osveščanje, izobraževanje, promoviranje in oglaševanje. Vendar so tovrstne aktivnosti učinkovite le v tesnem sodelovanju med državo in slovenskimi zavarovalnicami. V aktivnosti je smotno vključevati tudi stanovska združenja in organizacije z različnih področij delovanja.

Predstavljene zavarovalne rešitve se opirajo na izkušnje najrazvitejših držav, vendar je za zagotavljanje visoke stopnje učinkovitosti teh rešitev pomemben predvsem pretehtan izbor posameznih rešitev in nato izgradnja celovitega modela zavarovanosti. Le tako lahko pričakujemo sinergijske učinke posameznih rešitev in zagotavljanje visoke stopnje zavarovanosti pred posledicami naravnih in drugih nesreč.

Posledice naravnih in drugih nesreč so praviloma tako obsežne, da tudi najboljši in najučinkovitejši modeli za zagotavljanje visoke stopnje zavarovanosti ne morejo zagotoviti popolnega transferja stroškov na zavarovalni in pozavarovalni sistem. Del stroškov za reševanje in saniranje posledic naravnih in drugih nesreč bodo še vedno breme državnega proračuna. Opisane rešitve pa lahko ta delež bistveno znižajo in zato bi kazalo z majhnimi in preudarnimi koraki vendarle nadaljevati vzpostavitev celostnega modela zavarovanosti pred naravnimi in drugimi nesrečami v Sloveniji.

Literatura

1. Nacionalni program varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, Poročevalec Državnega zbora št. 95, Ljubljana, 2000.
2. Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami, Uradni list RS št. 64/94.
3. Zakon o gorskih vodnikih, Uradni list RS št. 63/99.
4. Zakon o odgovornosti za jedrsko škodo, Uradni list RS št. 22/78 in 34/79.
5. Zakon o prevozu nevarnega blaga, Uradni list RS št. 79/99.
6. Zakon o obveznih zavarovanjih v prometu, Uradni list RS št. 70/94.
7. Zakon o varstvu pred požarom, Uradni list RS št. 71/93.
8. Zakon o varstvu okolja, Uradni list RS št. 32/93 in 1/96.
9. Zakon o varstvu pred utopitvami, Uradni list RS št. 44/00.
10. Zakon o gasilstvu, Uradni list RS št. 71/93.
11. Zakon o policiji, Uradni list RS št. 49/00.
12. Zakon o zavarovalništvu, Uradni list RS št. 13/00.
13. Naravne in druge nesreče v RS v letu 1999
14. Naravne in druge nesreče v RS v letu 1998

15. Požari v RS v letu 1997
16. Revija Ujma.
17. Swiss Re, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000; SIGMA, Zuerich.
18. Statistični zavarovalniški bilten 2000. Ljubljana, Slovensko zavarovalno združenje.
19. Muenchner Rueckversicherungs-Gesellschaft, Topics 2000 – Natural catastrophes – The current position, Muenchen.
20. Comite Europeen des Assurances (CEA), Plenary meeting of the Fire/Theft comitee, Sevilla, 10./11. June 1999.
21. Insurance Regulation and Supervision in Economies in Transition, 1999. OECD Publications, Paris.
22. Pavliha, M., 2000. Zavarovalno pravo. Ljubljana, Gospodarski vestnik Maribor, Založba Obzorja Maribor.
23. Boncelj, J., 1983. Zavarovalna ekonomika. Maribor, Založba Obzorja Maribor.
24. Adriatic zavarovalna družba d. d., Koper, 2001. Splošni in posebni pogoji za zavarovanja.
25. Odpravljanje posledic naravnih in drugih nesreč, 1996. Zbornik referatov, Ljubljana, URSZR.
26. Spletne strani, tako kot celotna raziskovalna naloga »Študija s primerjalno mednarodno analizo v zvezi z zavarovanjem tveganj ob naravnih in drugih nesrečah«, so dostopne na www.mo-rs.si/urszr.

POŽARNA STATISTIKA

Fire Statistics

Jože Šrekl* UDK 311.2:614.84

Povzetek

Požarna statistika temelji na treh ključnih korakih: zbiranju podatkov, obdelavi in hranjenju podatkov ter predstavitvi rezultatov v uporabni obliki. Zbiranje podatkov mora biti standardizirano z uporabo ključnih besed. Vsi sodelujoči morajo podatke prispevati v skupno bazo. Baza mora pokrivati interese vseh, ki prispevajo v bazo. Obdelava podatkov mora biti mogoča po vseh parametrih. Podatke je mogoče prikazati in obdelati kot časovne vrste. Standardi tujih držav so ustrezno prilagojeni razmeram v Republiki Sloveniji.

Abstract

Fire statistics are based on three steps: data collection, processing, and keeping of statistical data and presentation of applicable results. Data collection must be standardised with the use of key words. Data are contributed by all participants to a joint data base, which must cover the interests of all contributors. The processing of statistical data should allow for integral parameter analysis. We understand data as a time series and prefer to process them as such. Foreign standards have been adequately adapted to the prevailing conditions in the Republic of Slovenia.

Uvod

Statistična obravnava z analizo podatkov o preteklih dogodkih oblikuje naše ravnanje v prihodnosti: načrtujemo boljše protipožarno zaščito, zmanjšujemo požarno ogroženost, izboljšujemo požarno preventivo, s predpisi določamo ravnanje, ki pripelje do večje varnosti in manjših možnosti izbruhov požarov. Požarna statistika je rezultat opazovanja večjega števila spremenljivk (številskih, opisnih), ki spremljajo požare v Republiki Sloveniji in jih zbirajo gasilske enote, podjetja, v katerih je izbruhnil požar, požarni inšpektorji in kriminalistična služba pri Ministrstvu za notranje zadeve Republike Slovenije. To so podatki o vzrokih in posledicah požara, o načinu gašenja in pogojih, v katerih je intervencija potekala, o človeški in finančni ceni požarov.

Podatke o požarih in eksplozijah je v Sloveniji do leta 1994 zbiralo ministrstvo za notranje zadeve. Podatke so dnevno dobivali od policijskih postaj in poklicnih gasilskih enot in jih trajno shranjevali. Konec leta 1994 se je baza zaprla in od 1. 1. 1995 upravlja z novo bazo Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Z navodili za obveščanje o naravnih in drugih nesrečah (Uradni list RS, št. 42-1958/2000) je predpisan način obveščanja in zbiranja podatkov.

Zbiranje podatkov o požarih v Republiki Sloveniji

Obvestila o požarih sprejemajo regijski centri za obveščanje in jih posredujejo najbližjim gasilskim enotam. Gre pretežno za telefonske klice in njihovo preusmerjanje v najbližje poklicne ali prostovoljne gasilske enote. V bolj oddaljenih krajih še vedno neposredno obveščajo gasilske enote, ki

pa o tem obvestijo regijski center. Po opravljeni intervenciji vodja intervencije pripravi poročilo na predpisanem obrazcu (Obrazec 2). Pri večjih požarih mora o poteku požara poročati tudi lastnik. Poročilo, ki ga pošlje regijskemu centru, nima predpisane oblike.

Gasilske enote se že nekaj let intenzivno opremljajo z računalniško opremo. Program GAS 2000 v osebnih računalnikih omogoča elektronski vpis podatkov o požaru in intervenciji in izpis (elektronski ali pisni) podatkov za Obrazec 2 in Obrazec 1. Prenos podatkov je mogoč z nižjega na višji nivo (diskete, e-pošta, internet). Pripravlja se centralna aplikacija na nivoju Gasilske zveze Slovenije, ki bo omogočila obojestranski prenos podatkov in prenašanje baze na Upravo RS za zaščito in reševanje.

Če je potrebna kriminalistična preiskava, kriminalisti raziskujejo povsem samostojno, o vzrokih in posledicah požara ne poročajo regijskemu ali republiškem centru za obveščanje.

Požarna statistika v drugih državah

Evropska skupnost nima zgrajene baze o požarih. Že leta 1997 je bilo Komisiji pri EU postavljeno vprašanje o zbiranju podatkov o mrtvih, poškodovanih in premoženjski škodi pri požarih (OJ C 158, 25. 5. 1998). Te podatke zbira le Evropsko združenje poklicnih gasilcev (FEU) in jih posreduje svetovnemu statističnemu centru. Sklepa Sveta Evrope 93/464/EEC (OJ L, 219, 28. 8. 1993) in 1400/97/EC (OJ L, 193, 22. 7. 1997) ne določata posebnega zbiranja podatkov o požarih, ampak le o nezgodah na splošno. Komisija pri Svetu podpira pobude za izdelavo sistema zbiranja tovrstnih podatkov na ravni celotne skupnosti.

* Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Oddelek za tehniško varnost, Gorazdova 15, Ljubljana

Nacionalne Gasilske zveze pošiljajo letne zbirne podatke o požarih Mednarodnemu tehničnemu komiteju za preprečevanje in gašenje požarov (CTIF), ki jih objavlja v letnih biltenih.

Statistične baze po posameznih evropskih državah ne vsebujejo podatkov o požarih, izjemoma nekatere države obravnavajo gozdne požare v sklopu statistik o gozdovih. Običajno so na voljo statistike, ki jih pripravljajo večje gasilske enote na ravni mest ali pokrajin, npr. v Nemčiji in skandinavskih državah. Velika Britanija in Irska sta državi, ki imata statistiko požarov vzorno urejeni. Na to kaže tudi najpogostejše citiranje podatkov o požarih v znanstvenih člankih in razpravah. V Veliki Britaniji se z zbiranjem podatkov o požarih ukvarja notranje ministrstvo (Home Office). Podatke o požarih in nezgodah zbirajo gasilske brigade, jih zapisujejo na obrazec FDR1(94) in jih pošiljajo notranjemu ministrstvu. Tam podatke kodirajo in vnašajo v bazo. Brigade mesečno pošiljajo zbirna poročila (obrazec FDR3) o manjših požarih v naravi, »dimniških« požarih in lažnih alarmih. (Primerjava za leto 1997: 200.000 resnih požarov, 264.000 majhnih požarov v naravi, 22.000 »dimniških« požarov in 490.000 lažnih alarmov.) Publikacije o statistiki požarov izdaja Direktorat za raziskave, razvoj in statistiko pri notranjem ministrstvu (Research Development and Statistics Directorate – RDSD). Izdaja letna statistična poročila (Summary Fire Statistics, Fire Statistics, Fires in the Home – result from the BCS) ter četrletni pregled, ki ga uporabljajo gasilske brigade in službe znotraj ministrstva. Podatke je mogoče dobiti na Fire Internet National Data Service (FINDS). Vsa poročila zadnja leta objavljajo tudi na internetnih straneh.

Združene države imajo razmeroma natančno izdelan model, ki ga uporabljajo tudi Kanada, Japonska in Nova Zelandija. Model temelji na standardih NFPA in predpisih FEMA (Federal Emergency Management Agency) in USFA (United States Fire Administration).

Sistem poročanja o požarih

Na podlagi izkušenj iz tujine in domačih izkušenj smo izdelali sistem, ki bi lahko pomenil izboljšanje zbiranja in shranjevanja podatkov o požarih. Sistem poročanja o požarih zajema zbiranje podatkov, njihovo obdelavo in ustrezno uporabo dobljenih in obdelanih podatkov. Sestavljen je iz treh faz:

- zbiranja podatkov
- obdelave podatkov
- uporabe podatkov

V vsaki od teh faz je treba opraviti določene aktivnosti po vnaprej določenih postopkih. Za doseganje ustreznosti kakovosti podatkov in njihove dovolj velike uporabne vrednosti je pomembno, da je sistem zbiranja dobro izdelan. Tak sistem pa je mogoče zgraditi, če vnaprej vemo, čemu bodo služili podatki in v kakšni obliki jih bomo posredovali (kot poročila, kot obveznost do neke baze, kot podatke za izdelavo novih ukrepov ...).

Zbiranje podatkov

Prvi korak je pridobivanje podatkov o nezgodnem dogodku (požaru, eksploziji itd.). Ob izbruhu požara ali eksplozije je treba zbrati naslednje podatke: čas in datum klica, območje, kjer je izbruhnil požar, vrsta zgradbe ali vozila, najverjetnejši motiv za požar (namerni, nenamerni), vzrok požara (kratek stik, pregreto olje itd.), vir vžiga (cigareta, kuhalnik, televizor itd.), vrsta materialov, po katerih se je širil požar (pohištvo, oprema itd.), razsežnost požara, podatke o reševanju in metodah gašenja ter o učinkovitosti avtomatskih sistemov za javljanje in gašenje.

Obvestila o nezgodnih dogodkih se zbirajo v regijskih centrih za obveščanje, ki podatke posredujejo naprej ali pa povežejo informatorja z ustrezno gasilsko enoto. Vsakemu alarmu, ki je posledica požarno nezgodnega dogodka, mora slediti poročilo, ki ustreza razsežnosti dogodka. Prve podatke zbere operater centra za obveščanje, jih vnese v bazo in posreduje gasilski enoti. S tem se zapiše enotna identifikacijska številka požara v podatkovni bazi, ob kateri se bodo zapisovali vsi podatki o tem nezgodnem dogodku. Po zaključeni intervenciji vodja intervencije zbere podatke o požaru in intervenciji v obliki poročila na ustreznem obrazcu. Osnovna funkcija poročila o požaru je pridobivanje podatkov o požaru v dovolj zgoščeni in jasni obliki. Način zbiranja in oblika obrazca morata biti predpisana, vrste podatkov vnaprej določene, poročilo pa mora vsebovati čim večje število standardiziranih podatkov. Dobiti moramo dovolj natančno poenoteno informacijo. Tako zbrane in urejene podatke (na obrazcu) je treba poslati elektronsko ali pisno v center za obveščanje v nadaljnjo obdelavo. Tem poročilom se pri večjih požarih lahko dodajo tudi poročila lastnikov ali uporabnikov prizadetih objektov (na osnovnem ali prilagojenem obrazcu).

Uniformnost – enotnost poročila

Za enotnost poročil je potreben enoten obrazec za vsako vrsto poročila. Sistem mora omogočati družbi, da dobi enotne informacije, ki omogočajo primerljivost podatkov. Pomembno vlogo igra oseba, ki dokončno ureja poročila za shranjevanje, saj je od njenega kodiranja odvisna kakovost in resničnost podatkov. Smiselno je uporabljati klasifikacijo, ki je standardizirana, torej določena s pravilnikom ali standardom.

Šifranti ali ključi za zapis podatkov

Namen predpisanih šifrantov je standardizacija podatkov. To pomeni, da za določen podatek obstajajo samo vnaprej predvideni izrazi oz. zapisi. To nam močno olajša sestavljanje razredov pri statistični obdelavi in zapisu. Tudi zapisovanje podatkov je pri znanih ključih enostavnejše, saj se odločamo med znanimi gesli. Predlaga se klasifikacija, ki temelji na ameriški klasifikaciji iz standarda NFPA, vendar so pri tem upoštevane posebnosti Republike Slovenije. Iščemo se pojmi in mere, ki bodo olajšali delo piscu poročila in vzdrževalcu baze. Večina podatkov se shranjuje samo v numerični obliki (šifrirani pojmi), spremlja jih samo baza povezav šifer s pojmi.

A. Prijava nezgodnega dogodka

A.1. Številka intervencije:		A.3. Datum nezgode:		A.4. Dan v tednu:	
A.2. Vrsta nezgodnega dogodka:				A.5. Čas nastanka nezgode:	
A.6. Kraj dogodka:		A.7. Ulica:		A.8. Hiš. št.:	
A.11. Občina:		A.9. Št. stanovanja:		A.10. Št. nadstropja:	
A.12. Stopnja požarne ogroženosti (za požare v naravi)		A.13. Način alarma:		A.15. Centroid: x = y =	
Opis kraja in dogodka:					

Slika 1. Prvi del poskusnega obrazca

Figure 1. First part of test form

Oblika poročila

Vsaki gasilski intervenciji mora slediti poročilo na predpisanem obrazcu. Na obrazcu morajo biti navedeni vsi uporabni podatki, ki se nanašajo na nezgodni dogodek in z njimi povezano intervencijo. Obrazec mora biti enostaven, kratek (največ pola A3), prehod na elektronsko obliko mora biti preprost.

Poročilo lastnika ali uporabnika

Pri velikih požarih je treba poročilo o požaru ali eksploziji dopolniti še z nekaterimi podatki o lastnikih in uporabnikih objektov. Na podlagi znane dokumentacije o objektu je treba preveriti že vpisane podatke. Lastnik ali uporabnik objekta dobi obrazec za opis dogodka od regijskega centra za obveščanje in v njem dopolni in popravi podatke.

Kriminalistično poročilo

Veliko požarov, vsaj večjih, je povezanih s sumom kaznivega dejanja. Ob preiskavi o mogočih povzročiteljih požara se natančno raziščejo tudi vzroki požara. Ti se morda ne ujemajo z domnevnimi vzroki požara, ki so zapisani v poročilu gasilcev. Zato je smiselno dopolniti poročila s kratkim kriminalističnim poročilom, ki vsebuje še nekatere dopolnilne podatke. Pri tem bi morale priti do izmenjave podatkov med Centrom za obveščanje Republike Slovenije in Kriminalistično službo MNZ. Uprava RS za zaščito in reševanje da na razpolago (elektronski dostop) Poročilo o požaru ali eksploziji in Poročilo lastnika ali uporabnika, vrnjeno pa dobi Kriminalistično poročilo, ki naj bi vsebovalo: natančnejše podatke o smrtnih žrtvah (spol, starost), o vzrokih požara, o materialih, na katerih je prišlo do požara, o materialih, po katerih se je požar najmočneje širil, o posledicah požara. Poročilo bi lahko spet izdelano v obliki obrazca, pot podatkov pa bi bila obvezno elektronska.

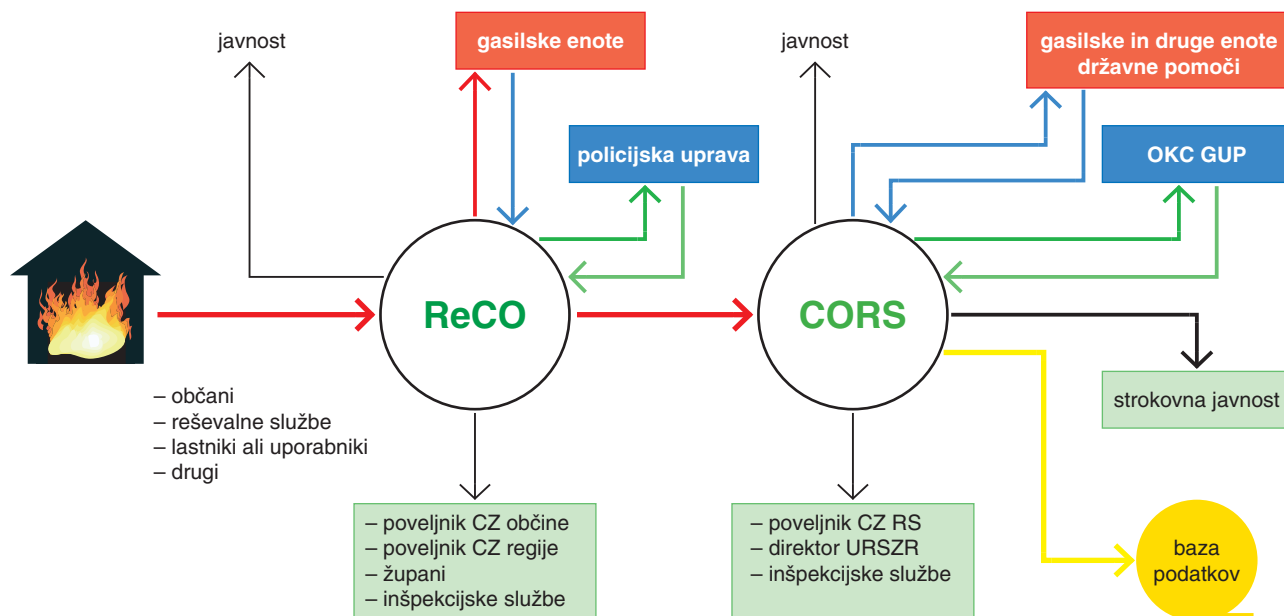
Obdelava podatkov

Nezgodni dogodki, povezani s požari in eksplozijami, tvorijo časovno vrsto. To je vrsta dogodkov, v kateri določamo letne ali druge časovne frekvence glede na posamezne lastnosti. Z letnimi poročili sicer popišemo časovno vrsto, vendar pa tako poročilo ne vsebuje primerjalnih podatkov. Za računanje korelacij, trendov, statističnih hipotez so potrebni večletni podatki v časovni vrsti. Seveda take podatke lahko dobimo iz večletnih poročil. Vendar pa so za te namene mnogo bolj uporabna poročila, ki vsebujejo tudi primerjalne podatke zadnjih petih ali desetih let. Za taka poročila mora biti baza, iz katere črpamo podatke, ustrezno pripravljena, program, ki poganja to bazo, mora dopuščati tak izbor podatkov in iskalne ključne, ki dopuščajo brskanje po večletnem obdobju.



Slika 2. Prva stran poskusnega elektronskega obrazca

Figure 2. First page of test electronic form



Slika 3. Zaporedje prenosa informacij in podatkov

Figure 3. Sequence of information and data transfer

Urejanje podatkov mora biti omogočeno po vseh ključnih besedah, ki nastopajo v obrazcih poročil. Zlasti je pomembno, da je mogoče sestaviti razrede po namembnosti objektov, po vzrokih požara, po materialih, ki so zagoreli, po tipih zgradb, po načinih širjenja požarov, po vrstah vozil itd. Posebej mora biti omogočena analiza učinkovitosti javljalnikov požara in avtomatskih gasilnih sistemov. Podatki omogočajo tudi ugotavljanje števila gasilskih enot, gasilcev, vozil, sredstev za gašenje in ostalih sodelujočih v intervenciji.

Uporaba podatkov

Od trenutka, ko je podatkovna enota za nezgodni dogodek narejena, je potencialno že namenjena za uporabo. Zaradi majhnosti države se lahko vse informacije zbirajo na istem mestu, zato je dostop do podatkov načelno omogočen že kmalu po nezgodnem dogodku.

Zbrani podatki se prikažejo oz. predstavijo v obliki:

- periodičnega poročila,
- analize periodičnega poročila,
- posebnih poročil.

Namen in cilj zbiranja podatkov pa je:

- načrtovanje in izvajanje preventive,
- načrtovanje, spremljanje in analize operativnega gasilskega dela,
- raziskovalno delo,
- primerjanje učinkovitosti sistemov požarne varnosti in njegovo prilagajanje realnim potrebam,
- druge potrebe.

Posebej je treba določiti tudi pravice in možnosti zunanjim uporabnikom, da za strokovno-raziskovalne namene pridobijo podatke iz baze.

Poročila, ki bodo podobna Statističnemu letopisu, bodo dovolj natančno obveščala strokovno javnost in ji omogočala raziskovalno delo na tem področju. Težko dostopni podatki ali neustrezni podatki pogosto ovirajo raziskovalno delo in zavirajo razvoj novih spoznanj na področju varstva in zaščite pred požari. Smisel zbiranja podatkov pa je ravno v tem, da z znanimi podatki v preteklosti poskušamo predvidevati dogodke v prihodnosti. Pri pričakovanem razvoju dogodkov lahko pravočasno ukrepamo, da dogodek preprečimo ali vsaj zmanjšamo posledice.

Literatura

1. McEwen, T., Miller C. A. Fire Data Analysis. Handbook. FEMA, United States Fire Administration.
2. Watson, L., Gamble, J., Schofield, R., 2000. Fire Statistics United Kingdom 1999, Home Office.
3. Razvrstitev gradbenih objektov po namembnosti z vidika varnosti pred požarom. Požar, 1/99, 6–9.
4. Navodilo za obveščanje o naravnih in drugih nesrečah. Uradni list RS št. 42 - 1958/2000.
5. EUC Directive 96/82/EC (»Seveso II«).
6. NFPA 901

UVAJANJE PROFESIONALNIH SISTEMOV RADIJSKIH ZVEZ DRUGE GENERACIJE

Introduction of Second-Generation Professional Radio Communications Systems

Boštjan Tavčar* UDK 621.396(497.4)

Povzetek

Sistem radijskih zvez ZARE je največji izmed profesionalnih sistemov radijskih zvez prve generacije v Sloveniji. Potrebe po novih storitvah in nove tehnologije, ki jih omogočajo, kot tudi staranje obstoječe opreme narekujejo potrebo po začetku gradnje novega skupnega profesionalnega sistema radijskih zvez druge generacije. Ta bo predvidoma do leta 2010 nadomestil sistem zvez ZARE kot tudi druge profesionalne sisteme radijskih zvez v državi. Izgradnjo načrtujemo v štirih fazah v sedmih letih. Ocenjeni stroški izgradnje so petnajst milijard SIT, od katerih približno polovica odpade na nakup in postavitve omrežja, polovica pa na nakup terminalne opreme. Predvideno je, da bi izgradnjo in nakup infrastrukture financirali iz integralnega proračuna, terminalsko opremo pa bi kupovali posamezni uporabniki. Predvidena sta tudi dva možna modela upravljanja in vzdrževanja omrežja.

Abstract

The ZARE radio communications system is the largest professional radio communications system of the first generation in Slovenia. The demands for new services and technologies, as well as the obsolescence of existing equipment, call for the construction of a new joint professional radio communications system of the second generation. It is planned that this system will, by the year 2010, replace the ZARE communications system as well as other professional radio communications systems in the country. Its setup is planned in four phases over a period of seven years. The estimated cost of the new system is fifteen billion SIT, of which approximately half will be needed for the purchase and setup of the network, and the other half for the purchase of terminal equipment. The construction and purchase of infrastructure will be financed from the integral budget, and terminal equipment will be purchased by individual users. Two models for the control and maintenance of the network are foreseen.

Uvod

Hiter razvoj tehnologij na področju radijskih telekomunikacij odpira neslutene možnosti. Nove tehnologije ne bodo pomenile le zamenjave stare opreme z novo, temveč bodo v temeljih spremenile tudi filozofijo uporabe profesionalnih sistemov radijskih zvez. Smisel uvajanja sistemov radijskih zvez druge generacije torej ni le v zamenjavi iztrošene opreme, temveč v uvajanju novih storitev, ki bodo med drugim omogočile skrajšanje odzivnih časov reševalcev in povečanje učinkovitosti reševalnih akcij. V obstoječih sistemih so bile storitve neposredno povezane s tehnologijo sistema. Tehnološke omejitve, ki so na eni strani izhajale iz stopnje razvitosti tehnologije, na drugi pa iz zasnove sistemov, niso omogočale učinkovitejšega uvajanja novih storitev, oz. so bile te mogoče le v omejenem obsegu. Profesionalni sistemi radijskih zvez druge generacije temeljijo na zmogljivih tehnologijah in so zasnovani in grajeni na način, ki omogoča relativno neodvisnost storitev od tehnologije. S tem so odprte široke možnosti razvoja, uvajanja in uporabe storitev po zahtevah uporabnikov. V profesionalnih sistemih radijskih zvez bodo zato glavno vlogo igrale storitve.

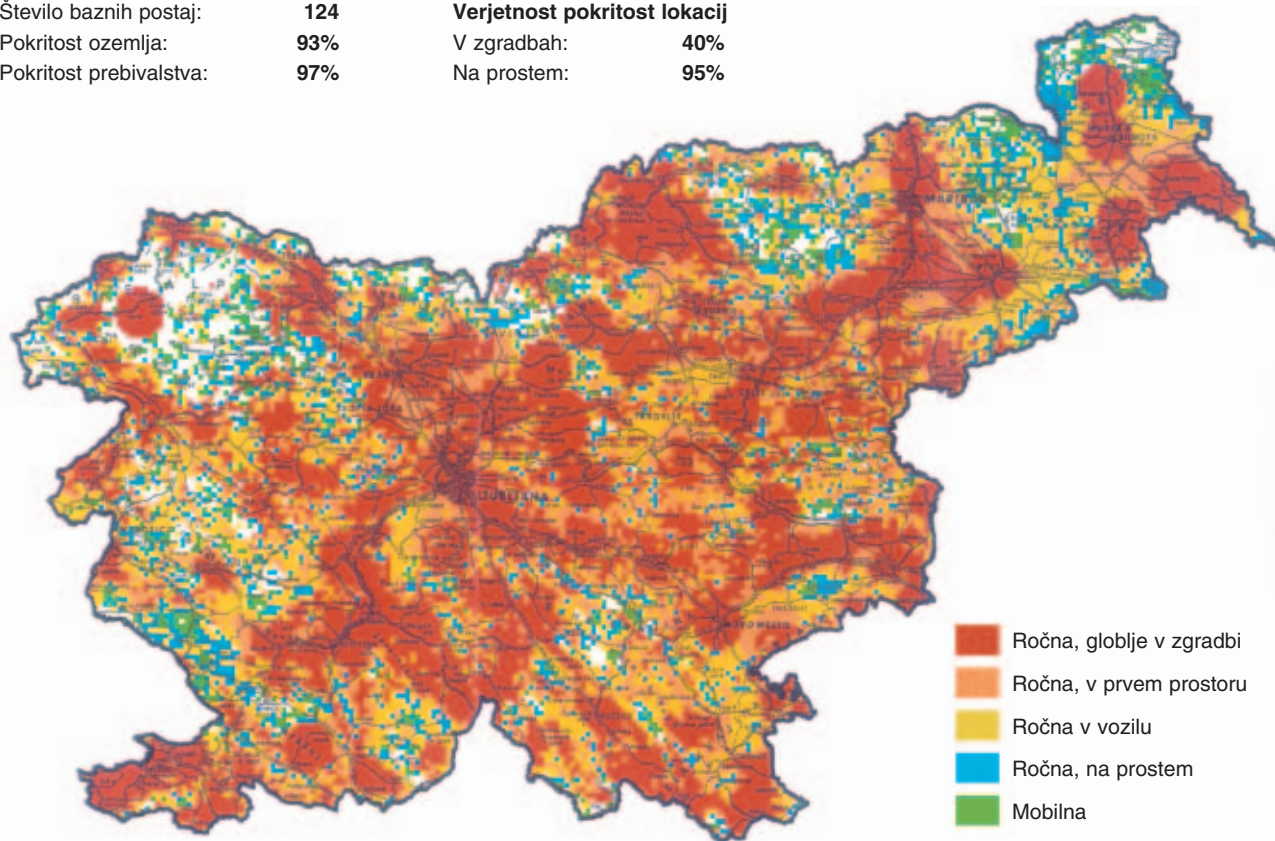
Uporaba radijskih postaj in druge opreme bo postala enostavnejša, vsaj v tistem obsegu storitev, ki bodo enake storitvam obstoječih klasičnih profesionalnih sistemov zvez. Po drugi strani pa bodo nove funkcije in storitve nedvomno zahtevale več znanja. Pri uvajanju druge generacije profesionalnih sistemov radijskih zvez bo izredno pomembno pravočasno in kakovostno usposabljanje bodočih uporabnikov. V nasprotnem primeru se bodo uporabniki srečevali s težavami pri uporabi radijskih postaj, ki bodo povečevale odpor do novega in spogledovanje s starim. Obstaja pa tudi nevarnost, da se bodo uporabniki omejili na uporabo osnovnih, še iz starih sistemov znanih funkcij in storitev, medtem ko bodo nove delno ali v celoti zanemarjali. Sistemi bodo zato ostali neizkoriščeni in manj učinkoviti.

Stanje profesionalnega sistema radijskih zvez ZARE

Sistem zvez ZARE je namenjen osebnim klicem in operativnim radijskim zvezam na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami kot enega izmed treh področij

* Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Kardeljeva ploščad 21, Ljubljana, bostjan.tavcar@urszr.si

Število baznih postaj:	124	Verjetnost pokritost lokacij	
Pokritost ozemlja:	93%	V zgradbah:	40%
Pokritost prebivalstva:	97%	Na prostem:	95%



Slika 1. Pokritost z radijskim signalom TETRA po končani 4. fazi

Figure 1. TETRA radio signal coverage after completion of the 4th phase

nacionalne varnosti v Republiki Sloveniji. Sistem je s svojimi 40 repetitorskimi postajami zgornje oddajniške mreže in 44 digitalnimi repetitorskimi postajami spodnje oddajniške mreže največji te vrste v državi. Z radijskim signalom pokriva prek 95 % ozemlja celotne države. Trenutno sistem uporablja prek 10.000 uporabnikov. Načrtujemo, da bo končno število uporabnikov okoli 15.000. Sistem deluje od začetka leta 1995. Načrtovana življenjska doba sistema, brez večjih vlaganj, je 15 let, to je do leta 2010. Po tem letu načrtujemo dokončen prehod na nov sistem zvez druge generacije. Od leta 2005 do 2010 načrtujemo njegovo vzporedno delovanje z nastajajočim novim sistemom naslednje generacije.

Predvidena izgradnja profesionalnega sistema radijskih zvez druge generacije

Omrežje sistema radijskih zvez TETRA mora zagotavljati vsaj takšno pokritost ozemlja z radijskim signalom, kot jo zagotavljajo dosedanja omrežja. Ta je pri največjem izmed omrežij, sistemu zvez ZARE, prek 95 %. Predvidevamo graditev omrežja v štirih fazah, v največ sedmih letih. Spodnja tabela kaže predviden čas trajanja posameznih faz in predvideno območje pokritosti z radijskim signalom.

Preglednica 1. Predvidene faze izgradnje omrežja TETRA

Table 1. Planned phases of construction of the TETRA network

Faza	Časovni okvir	Območje pokrivanja
1. faza	17 mesecev po začetku izgradnje omrežja	območja mest Ljubljane, Maribora in Kopra ter avtocestnega križa in južne državne meje
2. faza	3 leta po začetku izgradnje omrežja	širitev pokrivanja na območja mest Nova Gorica, Postojna, Kranj, Novo mesto, Krško in Celje
3. faza	5 let po začetku izgradnje omrežja	širitev pokrivanja na manjša mesta in podeželska območja
4. faza	7 let po začetku izgradnje omrežja	širitev pokrivanja na podeželska območja

V prvi fazi je predvidena izgradnja omrežja na območju večjih mest, avtocestnega križa in južne državne meje. S tem bomo zagotovili pokritost območij z največjim številom uporabnikov zvez in območja južne državne meje. Predvidevamo, da bo prva faza zaključena 17 mesecev po začetku izgradnje.

V drugi fazi bomo omrežje razširili na območja preostalih regijskih središč, s čimer bomo po grobi oceni zagotovili zveze 60 do 70 odstotkom vseh predvidenih uporabnikov. Predviden zaključek druge faze je tri leta od začetka izgradnje.

V tretji fazi bomo razširili omrežje na manjša mesta in podeželska središča. Zaključek tretje faze je predviden pet let od začetka izgradnje.

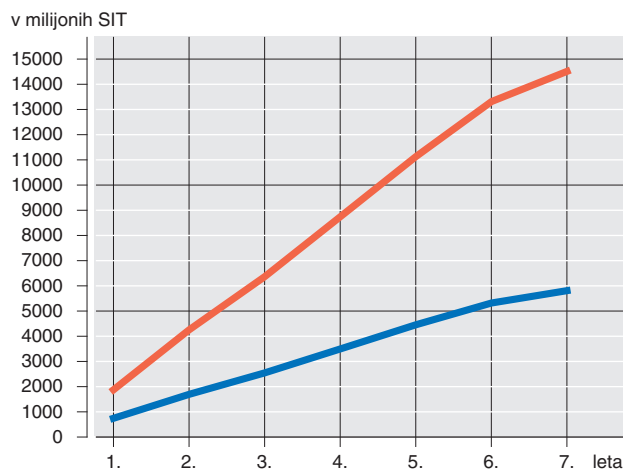
V zadnji, četrti fazi bomo zapolnili posamezne sive lise na podeželskih in nenaseljenih območjih. S tem bomo zaključili izgradnjo omrežja. Zaključek četrte faze je predviden sedem let po začetku izgradnje. Končno predvideno pokritost ozemlja z radijskim signalom kaže slika 1.

Poleg baznih postaj stacionarnega omrežja je treba predvideti tudi mobilne bazne postaje, s katerimi bo mogoče pokriti slabše pokrita območja ali nadomestiti morebitne izpade stacionarnih postaj.

Predviden odstotek pokritosti ozemlja in prebivalstva v posameznih predvidenih fazah gradnje sistema kaže preglednica 2.

Ocena stroškov uvajanja sistema radijskih zvez na ravni države

Za izdelavo ocene stroškov uvajanja sistema zvez TETRA je bilo treba napraviti določene predpostavke, v katerih smo predvideli potrebna vlaganja v objekte postavitve sistema



Slika 2. Celotni kumulativni stroški

Slika 2. Total cumulative costs

Preglednica 2. Število baznih postaj, odstotek pokritosti ozemlja in prebivalstva z radijskim signalom v posameznih fazah izgradnje sistema zvez TETRA

Table 2. Number of base stations, percentage of land and population covered with the radio signal in individual phases of construction of the TETRA communications system

Faza	Število baznih postaj	Odstotek pokritosti ozemlja	Odstotek pokritosti prebivalstva
1	29	68	80
2	69	81	89
3	103	93	96
4	124	93	97

TETRA ter potrebne prenosne poti za medsebojno povezavo mrežnih elementov sistema TETRA.

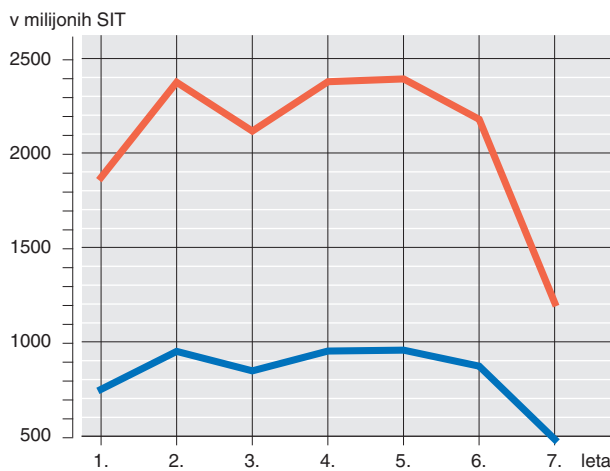
To je bila osnova za izdelavo okvirnega finančnega načrta, v katerem smo upoštevali naslednje stanje in z njim povezano potrebno ureditev lokacij za postavitve infrastrukturnih elementov omrežja TETRA:

- 1/3 lokacij je lastnih, popolnoma ustreznih in pripravljenih,
- 1/3 lokacij je lastnih, vendar potrebnih ureditev,
- 1/3 lokacij je tujih in se najemajo ter so potrebne ureditve.

Poleg tega upoštevamo naslednje stanje prenosnih kapacitet, ki so potrebne za medsebojno povezavo in delovanje sistema TETRA:

- 1/5 kapacitet je lastnih in zagotovljenih,
- 4/5 kapacitet je treba zgraditi/najeti.

Skupni predvideni stroški, ki vključujejo vse predvidene stroške vzpostavitve sistema in nakupa opreme, so prikazani na sliki 2, predvideni letni stroški pa na sliki 3.



Slika 3. Celotni letni stroški

Slika 3. Total annual costs

Od tega približno polovica sredstev odpade na izgradnjo omrežja, polovica pa na nakup terminalne radijske opreme.

Rdeče krivulje predstavljajo celotne stroške, modre krivulje pa stroške, ki predvidoma odpadejo na Ministrstvo za obrambo v ocenjenem okviru 40 % celotnih predvidenih stroškov.

K tem stroškom je treba prišteti še stroške nakupa dispečerskih terminalov in stroške razvoja in uvajanja aplikacij.

Predlog financiranja in izgradnje omrežja

V svetu so se uveljavili trije modeli financiranja, izgradnje in vzdrževanja profesionalnih radijskih omrežij TETRA. Model, po katerem je lastnik in upravljaec omrežja država, model, po katerem je lastnik omrežja država, upravljanje pa je v domeni mešanega državno-zasebnega ali zasebnega podjetja in model, po katerem je lastnik in upravljaec omrežja privatno podjetje, država pa je najemnik storitev tega omrežja. Vsak model ima svoje prednosti in slabosti. Glede na dosedanje izkušnje pa se očitno najbolje obnese model, po katerem je država vsaj večinski lastnik omrežja, omrežje pa upravlja v ta namen ustanovljeno podjetje, ki je v mešani ali zasebni lasti.

Predvideni bodoči skupni sistem zvez TETRA v Sloveniji predvideva skupno fizično infrastrukturo omrežja in navidezna radijska omrežja posameznih uporabnikov. Glede na takšno delitev predlagamo, da se ločeno zagotovijo sredstva za financiranje izgradnje, upravljanja in vzdrževanja fizične infrastrukture omrežja in ločeno za delovanje navideznih radijskih omrežij. Za prvo obstajata dve možnosti:

Prva možnost je, da Vlada Republike Slovenije ustanovi Center vlade Republike Slovenije za telekomunikacije z nalogo izgradnje, upravljanja in vzdrževanja fizičnega omrežja TETRA. Sredstva za izgradnjo, obratovanje in vzdrževanje fizičnega omrežja TETRA bi zagotavljali iz integralnega proračuna. Tehnične zahteve in pogoje graditve, upravljanja in vzdrževanja pa bi na novo ustanovljeni Center vlade Republike Slovenije za telekomunikacije določil v sodelovanju in soglasju z vsemi uporabniki sistema.

Druga možnost je, da Vlada Republike Slovenije razpiše koncesijo oz. zbere ponudbe za izgradnjo, upravljanje in vzdrževanje fizičnega omrežja TETRA za javno varnost. V tem primeru bi moral biti pogoj, da koncesionar v ta namen ustanovi podjetje, v katerem bi imela Vlada Republike Slovenije svoj delež in ključni glas ali zlato delnico pri ključnih strateških odločitvah. Tehnične zahteve in pogoje graditve, upravljanja in vzdrževanja pa bi določili uporabniki sistema v sodelovanju in soglasju z omenjenim podjetjem.

Sredstva za delovanje navideznih radijskih omrežij in za nakup radijske opreme za uporabnike omrežij pa bi morali zagotavljati uporabniki sami v okviru svojih proračunov. Upravljanje navideznih radijskih omrežij bi bilo v izključni pristojnosti uporabnikov teh omrežij oz. njihovih pooblaščenih upravljalcev. Upravljaec fizičnega radijskega omrežja TETRA bi moral zagotavljati dogovorjene kapacitete ter zanesljivost, razpoložljivost in varnost omrežja za nemoteno in normalno delovanje navideznih omrežij.

Sklepne misli

Uvedba sistema profesionalnih radijskih zvez druge generacije v Republiki Sloveniji je zelo zahteven projekt. Ta zahteva predhodno soglasje vseh bodočih uporabnikov, v nadaljevanju pa tudi sodelovanje pri pripravi vseh potrebnih podatkov za načrtovanje in izgradnjo sistema. Glede na trenutno stanje sistemov profesionalnih zvez pa je nujen, če hočemo kolikor toliko gladek in neboleč prehod vseh uporabnikov na nov sistem. Treba pa se je zavedati, da bo uvedba novega sistema radijskih zvez predstavljala tudi svojevrsten izziv za bodoče uporabnike, ki bodo soočeni z množico novih storitev, ki jih v dosedanjih sistemih niso poznali. Zato bo pravočasno in kakovostno usposabljanje zelo pomembno.

Literatura

1. Tavčar, B., 2002. Telekomunikacijsko-informacijski sistemi na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. 12. delavnica o telekomunikacijah VITEL.
2. Uprava RS za zaščito in reševanje, 2001. MIBO Komunikacije. Študija uvajanja sistemov radijskih zvez TETRA, študija po naročilu Ministrstva za obrambo – URSZR.
3. Delovna skupina za uvedbo sistema profesionalnih radijskih zvez druge generacije na MORS. Končno poročilo. Ministrstvo za obrambo, 2001.