

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/115



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L2-2337
<b>Naslov projekta</b>	Vpliv strukture na varnost odkopavanja debelih slojev premoga - dejavniki tveganja in njihovo obvladovanje
<b>Vodja projekta</b>	15900 Marko Vrabec
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	5313
<b>Cenovni razred</b>	A
<b>Trajanje projekta</b>	05.2009 - 04.2012
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	1555 Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	1252 Premogovnik Velenje, d.d.
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.16 Rudarstvo in geotehnologija 2.16.03 Geotehnologija
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	01. Raziskovanje in izkoriščanje zemlje

#### 2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS<sup>1</sup>

<b>Šifra</b>	1.05
<b>- Veda</b>	1 Naravoslovne vede
<b>- Področje</b>	1.05 Vede o zemlji in okolju

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

#### 3. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>2</sup>

SLO

Na varnost pri podzemnem odkopavanju debelih in/ali strmih slojev premoga pomembno vpliva geološka struktura. Tektonske diskontinuitete predstavljajo območja mehanske šibkosti, potencialne zdrsne ploskve, ter koridorje za prevajanje in akumulacijo premogovnih plinov. Na tektonske prelomne strukture so vezani vdori ter izbruhi plina in premoga, ki povzročajo

ekonomsko škodo in človeške žrtve. Ti pojavi predstavljajo pomemben dejavnik tveganja tudi v Premogovniku Velenje, ki ima enega najdebelejših slojev premoga na svetu, odkopavanje pa poteka v težkih geomehanskih pogojih več kot 400 m pod površjem. V projektu smo Velenjski bazen uporabili kot naravni laboratorij za študij tektonskih struktur v debelih premoških plasteh in raziskovanje njihovega vpliva na varnost odkopavanja.

Z detajlnim strukturnogeološkim kartiranjem odkopov smo določili potek prelomov v odkopnem območju in karakterizirali značilnosti prelomov in prelomnih con. Nastali strukturalni model smo implementirali v GIS aplikaciji, ki omogoča prognozo strukturalnih razmer pri projektiranju jamskih del. Razvili smo metodologijo strukturnogeološkega kartiranja za specifične razmere v Premogovniku Velenje in jo uvedli v operativno uporabo. Ugotovili smo, da močnejše prelome spremljajo ozke cone kataklastično zdrobljenega premoga in široki pasovi povečane gostote razpok. Mehanski vpliv preloma torej ni vezan samo na prelomno ploskev, ampak na širšo prelomno cono ob njej. Z laboratorijskimi analizami sorpcijskih lastnosti smo pokazali, da ima tektonsko pretrt premog iz prelomnih con znatno večjo sorpcijsko kapaciteto kot nepretrt premog. Z numerično simulacijo rušnih procesov v premogu ob prisotnosti plina smo ugotovili, da lomne deformacije sprožijo hitro desorpcijo plinov iz premoga, kar močno pospešuje rušne procese. Z numeričnim modeliranjem smo potrdili, da predstavljajo prelomne cone območja šibkosti v premogovi plasti, ki se v napetostnih razmerah pri odkopavanju aktivirajo kot drsne ploskve. Mehansko aktivacijo prelomnih ploskev med napredovanjem odkopavanja potrjuje koncentriranje seizmičnih udarov vzdolž prelomnih con. Zmanjšano trdnost premoga v prelomnih conah in povečevanje pretrtosti med napredovanjem odkopa smo dokumentirali s seizmično tomografijo odkopov. Zaradi inducirane rušenja so tako tektonske strukture dejavnik tveganja tudi kadar je primarna porušenost premoga ob prelomih majhna.

Analizirali smo evidentirane nevarne dogodke pri odkopavanju in ugotovili, da je lokacija teh pojavov v pretežni meri vezana na tektonsko strukturo odkopnega območja. Razvili smo GIS aplikacijo JAMTVEG, v kateri smo za oceno strukturalno pogojenega tveganja uporabili strukturalni model odkopnega območja in podatke o jakosti in orientaciji prelomov, kar smo kombinirali s podatki o sestavi plinov v premoškem sloju in s karto razprostranjenosti glavnih litotipnih različkov lignita v bazenu.

ANG

The safety of underground mining in thick and/or steeply-dipping coal seams is to a large extent influenced by geological structure. Faults, fault zones and fracture systems represent zones of mechanical weakness, potential shear planes, and corridors for migration and accumulation of coalbed gases. Many documented inrushes and outbursts of gas, causing economic damage and loss of lives, were demonstrated to be associated with fault structures. Geological structure is an important risk factor in the Velenje Coal Mine, Slovenia, where up to 150 m thick coal seam is mined more than 400 m below the surface, which presents challenging geomechanical conditions. Our project used the Velenje Basin as a natural laboratory for studying tectonic structures in thick coal layers and investigating their influence on mining safety.

We used detailed structural mapping to determine the location of faults in the excavation area and to characterize the properties of faults and fault zones. We developed a protocol for structural mapping, suited to specific conditions in the Velenje Coal Mine, which was introduced into everyday operation. Prominent faults are accompanied by narrow zones of cataclastically crushed coal and by wide belts where fracture density is considerably increased. Therefore, the zone of mechanical influence of the fault extends beyond the fault plane into the wider surrounding fault zone. Laboratory measurements revealed that the tectonically crushed coal has a considerably larger sorption capacity than intact coal. Numerical simulation of coal deformation in the presence of gas demonstrated that the process of brittle fracture triggers rapid desorption of gases, which in turn accelerates fracturing. Numerical modeling confirmed that the fault planes act as zones of weakness which may be activated as slip planes in the stress states induced by coal excavation. Mechanical activation of fault planes during excavation is confirmed by concentrations of seismic events along the fault zones. The reduced yield strength of the fractured coal in fault zones, and the progressive fracturation of coal during the advancing excavation, was monitored with seismic tomography. Due to induced secondary fracturation, tectonic structures may present a risk factor even when the primary tectonic fracturation is minor.

We analyzed the hazardous geodynamic events that were recorded during the excavation. The location of such events is primarily linked to the tectonic structure of the excavation area. We developed a GIS application JamTveg, which evaluates structurally-controlled risk by using the structural model of the excavation field, combined with the data about the size and orientation

of faults, the composition and distribution of coal-bed gases, and the distribution of major petrographic varieties of coal in the basin.

#### 4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>3</sup>

Premog, posebej njegovi manj zreli različki kot je lignit, je zelo heterogen in praviloma anizotropen material, ki ga sestavljajo različne petrografske (litotipne) komponente z zelo različnimi mehanskimi lastnostmi. Zaradi njegove velike poroznosti in velike sorpcijske kapacitete je pri mehanskem obnašanju premoga zelo pomembna tudi plinska komponenta. Pri podzemnem odkopavanju v premogovi plasti nastajajo kompleksna, časovno pogojena napetostna stanja, ki v kombinaciji z ostalimi dejavniki lahko privedejo do nastanka nevarnih geodinamičnih pojavov, kot so hribinski udari, izbruhi plina in premoga, vdori podzemne vode in podobno. Zaradi povečanih vertikalnih pritiskov so varnostno posebej zahtevni pogoji odkopavanja v debelih in/ali zelo strmih premogovih plasteh. Pomemben dejavnik, ki vpliva na varnostne pogoje odkopavanja je geološka struktura, saj prelomi, razpoke in območja tektonsko pretrtega premoga predstavljajo mehansko šibke cone, potencialne zdrsne ploskve in koridorje za prevajanje in akumulacijo premoških plinov. V projektu smo na primeru Velenjskega bazena kot naravnega laboratorija za študij razmer v debelih premoških plasteh karakterizirali tektonske strukture v aktivnem odkopnem območju in raziskovali njihov vpliv na varnost odkopavanja.

Kot osnovno raziskovalno metodo smo uporabljali detajlno strukturnogeološko kartiranje čel odkopov. Tektonske strukture je namreč mogoče zanesljivo prepoznavati in določati le z in-situ popisovanjem odkopov, ki poleg tega omogoča tudi kvalitativno in delno kvantitativno karakterizacijo struktur. Na podlagi pridobljenih izkušenj smo razvili standardizirano metodologijo popisovanja geoloških struktur, ki upošteva specifične geološke, logistične in varnostne pogoje kartiranja aktivnih odkopov. Metodo smo uvedli v operativno rabo in za njeno uporabo usposobili zaposlene Premogovnika Velenje.

V raziskovanem območju smo ugotovili dve glavni družini prelomov. Strmi do subvertikalni prelomi s smerjo NNW-SSE so pretežno sledljivi na daljše razdalje. Kinematski indikatorji na prelomnih ploskvah kažejo na pretežno zmične premike, ponekod pa na prvotno poševne zmično-ekstenzijske premike, ki jim je sledila zmična reaktivacija. Ugotovljene dolžine premikov ob teh prelomih večinoma ne presegajo 0,5 m. Drugo družino prelomov predstavljajo NE-SW usmerjeni srednjestrmi do položni prelomi ki vpadajo skoraj izključno proti NW. Del teh prelomov je zanesljivo tektonskega nastanka, večji del pa jih je nastal z pri odkopavanju zaradi zrušenj proti napredujočemu čelu, saj ne kažejo nobenih mezoskopskih tektonskih značilnosti.

Z jamskim kartiranjem smo določili pojavne tipe in strukturne značilnosti prelomnih con. Šibki prelomi nastopajo kot posamezne diskontinuitete s spremljajočo razpoklinsko cono širine do največ nekaj m. Ti prelomi praviloma vzdolž odkopov praviloma niso sledljivi na daljše razdalje. Močnejši prelomi, ki lahko sekajo po več odkopov, imajo osrednjo cono iz kataklastično zdrobljenega premoga v obliki tektonske gline in/ali tektonske breče in mikrobreče, ki je široka od 0,1 do maksimalno 1 m. Osrednjo cono spremljajo razpoklinske cone širine 10 m in več, kjer gostota razpokanosti lahko dosega 100 in več razpok na m. V razpoklinski coni se lahko pojavljajo spremljajoči sekundarni prelomi, ki dodatno zmanjšujejo trdnost. Kataklastično zdrobljene cone so povsem nekohezivne in predstavljajo izrazita območja šibkosti v premogovi plasti. Vplivno območje prelomnih deformacij, posebej pri večjih prelomih, pa sega tudi v razpoklinsko cono, zato je v analizi tveganja prelome nujno potrebno obravnavati kot široke cone in ne le kot diskretne ploskve.

Za podroben vpogled v značilnosti nevarnih prelomnih con smo naredili računalniški 3D model strukture območja plinskega izbruha ob NNW-SSE usmerjenem prelomu na lokaciji K.-25. Uporabili smo geomehanske in petrografske meritve iz pahljačaste mreže vrtin in podatke petrografsko-strukturnega kartiranja. Naš prostorski model je dokazal navezavo izbruha na prelomno ploskev, ter pokazal, da ta prelom s sorazmerno majhnim premikom do 2 m spremlja najmanj nekaj m široka cona mehansko nestabilnega pretrtega premoga. Ob premiku blokov preloma so vzdolž prelomne ploskve prišli v stik različni litotipi premoga, kar potem pri napredovanju proge skozi prelomno cono v primeru prehoda iz mehansko trdnih litotipnih členov v mehke predstavlja največji strukturno pogojen dejavnik tveganja za izbruhe.

Z laboratorijskimi preiskavami vzorcev iz jame smo ugotovili, da ima tektonsko zdrobljeni premog iz prelomnih con znatno večjo kapaciteto za adsorpcijo plina od neporušenega premoga. Pretrtnost premoga omogoča tudi največje hitrosti desorpcije plina. Z numerično metodo gibljivih celičnih avtomatov (MCA) in simbiotskih celičnih avtomatov (SCA) smo s tujim partnerjem Institute of Strength Physics and Materials Science iz Tomska v Rusiji raziskovali rušne procese v lignitu v prisotnosti plina. Simulacije so pokazale, da začetna faza lomne porušitve sproži hitro desorpcijo plina, ki nato močno pospešuje rušne procese in povečuje razpokanost lignita. Modelne raziskave smo uporabili pri razlagi mehanizma izbruha premoga in plinov. Mehanski lastnosti, kot sta krhkost in duktilnost, sta zelo odvisni od načina obremenjevanja lignita. Litotipna različka lignita detrit in ksilit se zelo različno odzivata na spremembe napetosti. Detrit se odziva krhko, pri ksilitu pa prevladuje lastnost žilavosti, ki je posledica deformabilnih lastnosti lesa. V pogojih primarnih napetosti (brez dinamičnega vpliva odkopa) sta modelna vzorca lignita ostala dokaj nepoškodovana. Ko so se modelni pogoji približali sekundarnim, je duktilnost ksilita postala izrazitejša. Za aplikacijo izsledkov modelnih raziskav v praksi je bila pomembna simulacija razbremenitve v kombinaciji s togostjo mejnega materiala, ki lahko predstavlja prelomno cono. Pomembna je bila kombinacija obremenitve in strukturno-mehanskih lastnosti. Z modeli so bili bolj podrobno raziskani nekateri bistveni vplivni dejavniki mehanske porušitve, kot so: vpliv strukture, mehanske in petrografske lastnosti lignita, hitrost obremenjevanja, kompleksne napetostno deformacijske razmere (primarne in sekundarne) ter odziv lignita na nenadno razbremenitev, ki ponazarja nenadno sprostitvev napetosti zaradi pojava hribinskega udara. Rezultati navedenih raziskav, ki so podani v skupnih zaključkih v celoti potrjujejo tezo, predvsem v smislu iskanja pogojev, ki lahko privedejo do hipne, krhke porušitve. Raziskava vplivnih dejavnikov je bila zaenkrat narejena le na dveh karakterističnih litotipih lignita, ki se odzivata na kompleksne napetostno deformacijske razmere zelo različno.

Mehanski odziv prelomov na časovno odvisna napetostna stanja pri odkopavanju smo analizirali z numeričnim modeliranjem z uporabo metode »slip tendency«, ki z uporabo Navier-Coulombovega kriterija napoveduje, ali bo ob prelomni ploskvi z dano orientacijo prišlo do zdrsa (reaktivacije) ploskve, kar je odvisno od količnika trenja in od strižne komponente napetosti na ploskev. S tem pristopom smo prelome modelirali kot diskontinuitete v elastičnem mediju. Kot vhodni podatek za numerični model smo uporabili strukturni model, ki podaja lego in geometrijo prelomnih ploskev v prostoru. Rezultati modeliranja so pokazali, da imajo pri uporabi realističnega razpona vrednosti količnika trenja na prelomnih ploskvah vse glavne družine evidentiranih prelomov velik potencial za aktivacijo. Zdrsi ob prelomnih ploskvah se v jami manifestirajo kot seizmični dogodki oziroma hribinski udari. Analizirali smo podatke o inducirani seizmičnosti na odkopih med odkopavanjem. Prostorska porazdelitev seizmičnih dogodkov jasno kaže njihovo navezavo na ugotovljene prelomne strukture. Tudi dokumentirani žariščni mehanizmi močnejših seizmičnih udarov se po orientaciji zdrsne ravnine in zdrsnega vektorja dobro ujemajo z geometrijo prelomov v našem strukturnem modelu. Analiza seizmičnosti torej potrjuje mehansko aktivacijo tektonskih prelomnih ploskev med odkopavanjem.

Naše raziskave smo vključili v mednarodni projekt CoGasOUT, v okviru katerega sta bila dve izbrani območji aktivnih odkopov premogovnika preiskani z aktivno seizmično tomografijo pri različnih oddaljenostih odkopnega čela od območja snemanja. Rezultati tomografske inverzije prikazujejo, kako se spreminja trdnost in porušenost premoga v analiziranem območju. Geološko strukturo posnetih območij smo nato pri odkopavanju detajlno kartirali. Dokazali smo, da se pasovi zmanjšane trdnosti lignita ujemajo s potekom kartiranih prelomnih con. Tomografija kaže, da se trdnost lignita v prelomnih conah nato še dodatno zmanjša s približevanjem odkopa, kar kaže na dinamične rušne procese in preoblikovanje prelomnih con v napetostnih pogojih ki jih inducira odkopavanje. Tomografija je tudi prikazala nastajanje položnih zdrsnih ploskev z vpadom proti čelu odkopa, ki nastanejo v zadnjih fazah približevanja čela odkopa. Ker torej rušni procesi v sloju, ki spremljajo odkopavanje, dodatno povečajo primarno (tektonsko) porušenost premoga v prelomnih conah, lahko dejavnik tveganja predstavljajo tudi manjši prelomi, torej tudi v premoških bazenih, ki niso bili bistveno tektonsko prizadeti.

Podatke strukturnega modela odkopnega območja smo vnesli v prostorsko referencirano bazo (strukturni model). V bazi so prelomi klasificirani po jakosti (glede na širino prelomne cone in dolžino premika), ter po zanesljivosti določitve kot domnevni, verjetni in potrjeni (glede na to, ali so bili neposredno potrjeni s kartiranjem, ali pa interpretirani po posrednih znakih oziroma z interpolacijo podatkov kartiranja). Analizirali smo prostorsko razporeditev nevarnih dogodkov (npr. zruškov, izpuhov plina, hribinskih udarov,...), ki so bili evidentirani med odkopavanjem in zabeleženi v dokumentaciji rudnika. Ugotovili smo, da je večina takih pojavov prostorsko vezanih na prelomne cone, ki smo jih določili v strukturnem modelu, ter s tem potrdili, da

prelomi predstavljajo pomemben dejavnik tveganja.

Za prognozo strukturno pogojenega tveganja smo izdelali GIS aplikacijo JAMTVEG v okolju ArcGIS. Osnovni vhodni podatek je strukturni model, v katerem so prelomi vrednoteni glede na jakost (stopnjo porušeni prelomne cone) in glede na orientacijo na potek odkopnih čel in jamskih prog. Podatke strukturnega modela smo z vidika tveganja dodatno obtežili glede na globino odkopa (litostatični tlak) in glede na dokumentirano prostorsko spreminjanje sestave plinov v premoškem sloju (CDMI indeks). Pomemben dejavnik tveganja je tudi litotipna sestava lignita, ki pa je prostorsko zelo heterogena in je na cenovno sprejemljiv način ni mogoče sistematično kartirati. Zato smo uporabili le grobo facielno conacijo lignitnega sloja, ki v obrobni delih bazena napoveduje trdnejše (ksilitne) različke, v osrednjem delu pa mehkejše (detritne) različke premoga.

Največje tveganje prelomi predstavljajo pri izdelavi jamskih prog, pri čemer so najbolj problematični plinski izbruhi in prehodi iz trdnega v mehek lignit. Na podlagi aplikacije JAMTVEG se pri projektiranju prog lahko določijo posebni varnostni ukrepi pri prehajanju skozi prelomne cone (npr. predvrtavanje, upočasnjeno napredovanje). Na pridobivalnih odkopih je tektonska pretrtost lignita načeloma ugodna za odkopavanje, pomeni pa težje razmere za delo zaradi povečane koncentracije plinov in prahu. Dejavniki tveganja pri odkopavanju predstavljajo tudi nekontrolirani zruški večjih togih blokov, omejenih s prelomi, ki povzročajo deformacije odkopov in nenadno zaplinjanje. V projektu odkopa se na podlagi aplikacije JAMTVEG izvajalce opozori na lokacije prelomnih con in na povečano pazljivost.

Rezultati projekta so pokazali na pomembnost kontinuiranega strukturno-geološkega kartiranja odkopov, katerega izvajanje je relativno poceni in enostavno, predstavlja pa najbolj zanesljivo metodo za ugotavljanje geološke strukture odkopnega območja in z njo pogojenega tveganja.

#### **5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>4</sup>**

V prijavi projekta predlagan program raziskav smo v veliki meri uspešno izvedli. Naše raziskave so na primeru Premogovnika Velenje nedvomno dokazale velik vpliv prelomnih struktur na varnost podzemnega odkopavanja premoga. Opredelili smo mehanizme in dejavnike strukturno pogojenega tveganja, ter na podlagi izdelanega strukturnega modela odkopnega območja razvili GIS aplikacijo, ki pri projektiranju omogoča napovedovanje stopnje tveganja, ki ga predstavljajo prelomi.

Manjša odstopanja od programa raziskav in od pričakovanih rezultatov so se pojavila pri naslednjih sklopih:

- 1) Zaradi težav pri pridobivanju licence (prevzem originalnega proizvajalca programa s strani velike korporacije) za numerično modeliranje obnašanja prelomnih ploskev nismo mogli uporabljati programske opreme Poly3D in metode BEM. Namesto tega smo uporabili nekoliko enostavnejšo metodo »slip-tendency«, ki pa se je po naši oceni izkazala za ustrezno.
- 2) Ni uspela analiza plinonosti prelomnih struktur, saj je potek razplinjevanja premogovega sloja kompleksen proces, ki sočasno poteka v različnih časovnih merilih. Iz razpoložljivih meritev v jami nismo uspeli ugotoviti pomembne korelacije prehodov odkopa preko prelomnih con s spreminjanjem merjenih koncentracij in sestave premoških plinov na odkopu.
- 3) Geometrijski dejavnik tveganja pri prelomih (lokalna orientacija prelomne ploskve) se je izkazal za manj pomembnega, kot smo predvidevali na začetku, oziroma smo morali glede na stopnjo pokritosti območja s strukturnimi meritvami orientacijo prelomov generalizirati. Geometrijski dejavnik je tako smiselno opredeljevati generalno za glavne družine ugotovljenih prelomov, glede na orientacijo odkopov in prog, ne pa tudi glede na manjše spremembe orientacije vzdolž poteka posameznega preloma.
- 4) Pri numeričnem modeliranju rušnih procesov v premogu z metodo celičnih avtomatov (MCA) smo ostali omejeni na merilo vzorca (cm do dm merilo), nismo pa prešli na mezoskopsko (metersko) merilo. So pa bila pridobljena spoznanja uporabna tudi za razumevanje procesov v mezoskopskih prelomnih conah.

Za pomanjkljivo realizacijo lahko štejemo v tem času še skromno količino znanstvenih objav, ki izhajajo iz projekta, kar je posledica dejstva, da smo ključne podatke o geološki strukturi s kartiranjem zbirali ves čas poteka projekta, tako da zaključno sintezo in iz nje izvedena dela

pripravljamo šele ob zaključku projekta.

## 6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>5</sup>

Z vključitvijo v mednarodni projekt CoGasOUT (Development of Novel Technologies for Predicting and Combating Gas Outbursts and Uncontrolled Emissions in Thick Seam Coal Mining) smo dobili dostop do metode aktivne seizmične tomografije, s katero smo na izbranih testnih območjih na podlagi inverzije hitrosti potovanja seizmičnih valov skozi premogovo plast lahko ugotavljali prostorsko razporeditev pretrtnosti med napredovanjem odkopa. S to metodo smo lahko neposredno opazovali mehansko funkcioniranje prelomnih con v napetostnih razmerah pri odkopavanju.

V letu 2012 smo v projektno skupino dodatno vključili doc.dr. Gorana Vižintina (UL NTF). Dr. Vižintin se je v premogovniku Velenje, ki predstavlja raziskovalni poligon projekta L2-2337, ukvarjal s seizmološko analizo potresnih dogodkov v odkopnem polju. Z vključitvijo dr. Vižintina smo lahko poglobljeno analizirali korelacijo med strukturo in spontanimi seizmičnimi dogodki, ki predstavljajo dejavnik tveganja pri odkopavanju premoga, saj so potresni dogodki večinoma prostorsko vezani na prelomne strukture, ki smo jih ugotovili v okviru projekta. Zaradi vključitve novega raziskovalca v projekt se program dela, cilji in vsebina niso spremenili.

## 7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	1044830	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Metoda hibridnih celičnih avtomatov in njena uporaba v raziskavah mehanskega obnašanja kontrastnega medija	
		<i>ANG</i> Hybrid Cellular Automata Method. Application to Research on Mechanical Response of Contrast Media	
	Opis	<i>SLO</i> Za študij specifičnega obnašanja heterogenih in kontrastnih medijev smo razvili metodo hibridnih celičnih avtomatov, ki kombinira pristop s klasičnimi in z gibljivimi celičnimi avtomati. Metodo smo verificirali s primerjavo simulacij z eksperimentalnimi podatki. Pridobljene modelne parametre smo uporabili za numerično simulacijo vpliva plinske faze na trdnost in lom vzorcev lignita. Pokazali smo, da prisotnost plinske faze celo pri tlakih 0,1 Pa spremeni efektivno trdnost lignita in način njegovega loma. Razvita metoda se lahko uporablja za študij obnašanja kompleksnih večkomponentnih sistemov kot so premogove plasti v premogovnikih.	
		<i>ANG</i> In the work, a hybrid cellular automata method was developed to study behavioral peculiarities of heterogeneous materials and contrast media. The method is a combination of two approaches: classical and movable cellular automata methods. The method was verified through comparing simulation data on sorption of carbon dioxide in lignite and corresponding experimental data provided by researchers from Velenje Coal Mine (Slovenia). The obtained estimates of model parameters were used in numerical simulation of the gas phase on the strength and fracture of lignite samples. It is shown that the presence of the gaseous atmosphere even of pressure 0.1 MPa changes the effective strength of the lignite sample and the character of their fracture. The developed method can be used to study behavioral peculiarities of complex multicomponent media such as coal beds in mine zones.	
	Objavljeno v	Physical mesomechanics. ISSN: 1029-9599.- Vol. 16, no. 1 (2013), str. 42-51. Authors: S. Zavsek, A. V. Dimaki, A. I. Dmitriev, E. V. Shilko, J. Pezdic, and S. G. Psakhie.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	NA	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<i>SLO</i> Pristop k simulaciji deformiranja in loma hierarhično organiziranega	

		heterogenega medija, vključujoč kontrastne medije
	ANG	Approach to simulation of deformation and fracture of hierarchically organized heterogeneous media, including contrast media
Opis	SLO	V članku je opisan razvoj metode gibljivih celičnih avtomatov za simulacijo konsolidiranih heterogenih elastoplastičnih medijev v različnih merilih. Formuliran je pristop k izgradnji strukturnih modelov ki opisujejo mezoskopski odziv (vključno z lomom) heterogenega medija na obremenitev z upoštevanjem hierarhične organiziranosti njegove notranje zgradbe. Vpliv strukturnih nivojev v merilih ki presegajo obravnavano merilo je upoštevan s pomočjo kombiniranja metode delcev in konvencionalnih metod mehanike kontinua. Učinkovanje dejavnikov nižjih meril je upoštevano z določitvijo skupnih odzivnih karakteristik reprezentativnih volumnov nižjega merila in z določitvijo primernih vrednosti parametrov medsebojnega vplivanja delcev. Predlagani formalizem je bil razvit za opisovanje heterogenega medija, katerega komponente lahko nastopajo v različnih agregatnih stanjih.
	ANG	The paper concerns the development of a formalism of the movable cellular automata method for simulation of consolidated heterogeneous elastoplastic media at different scale levels. Using the developed formalism as the basis, an approach was formulated for construction of structural models that describe mesoscopic response (including fracture) of heterogeneous media to loading with regard to hierarchical organization of their internal structure. In the approach, the effect of structural scale levels higher than the level under consideration is taken into account by a technique combining the particle method and conventional methods of continuum mechanics. The effect of lower structural scale levels is taken into account by determining integral response characteristics of lower-scale representative volumes and by specifying appropriate values of particle interaction parameters. The proposed formalism was advanced for description of contrast heterogeneous media whose components can assume different aggregate states. The potentialities of the particle method for description of hierarchically organized media are illustrated by studying the response and fracture mechanisms of materials, including contrast media, with a developed porous structure.
Objavljeno v		PHYSICAL MESOMECHANICS Volume: 14 Issue: 56, Pages: 224-248. DOI: 10.1016/j.physme.2011.12.003 Published: SEPDEC 2011; Authors: Psakhie, SG ; Shilko, EV ; Smolin, AY ; Dimaki, AV ; Dmitriev, AI ; Konovalenko, IS ; Astafurov, SV ; Zavšek, S
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

### 8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>2</sup>

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	892510 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	JamTveg GIS – aplikacija za hranjenje, vizualizacijo in prostorske analize geoloških in geotehničnih podatkov Premogovnika Velenje v GIS okolju
	ANG	JamTveg GIS – GIS application for storing, visualization and spatial analysis of geological and geotechnical data from the Velenje coal mine
Opis	SLO	Razvili smo 3D prostorsko referencirano relacijsko bazo strukturnogeoloških in drugih podatkov iz jamskih odkopov. Na podatkovni bazi temelji informacijski sloj z interpretativno strukturno karto odkopnega območja. Z uporabo prostorskih analiz in upoštevanja medsebojnega vpliva faktorjev aplikacija omogoča vrednotenje tveganja

		za nastanek nevarnih geodinamičnih pojavov pri odkopavanju premoga.
	ANG	We developed a 3D georeferenced relational database, containing geological structural data and other data from mine production areas. Structural interpretation map of the excavation area is implemented as a separate data layer. The application facilitates assessing the risk for spontaneous geodynamical events during coal excavation on the base of spatial analysis and by accounting for interactions of several factors.
Šifra	F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz
Objavljeno v	Odd. za geologijo, NTF, UL; 2010; Avtorji / Authors: Verbovšek Timotej	
Tipologija	2.21 Programska oprema	
2.	COBISS ID	892254 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Razvoj protokola za strukturno kartiranje jamskih odkopov v debelih slojih premoga
	ANG	Development of protocol for structural mapping in thick coal seams
Opis	SLO	Razvili smo standardizirano metodologijo popisovanja in vrednotenja geoloških strukturnih elementov na jamskih odkopih, ki je prilagojena specifičnim pogojem kartiranja v debelih premoških slojih. Definirali smo tipe struktur, ki so relevantne za popisovanje, metode njihovega ugotavljanja na izdankih, njihove geometrijske parametre in njihovo klasifikacijo v razrede. Izdelali smo popisni obrazec v merilu 1:375. Protokol omogoča rutinsko pridobivanje standardiziranih strukturnih podatkov v izvedbi rudniške geološke službe.
	ANG	We developed a standardized methodology for documenting and validating of geological structural elements in mine works, which is adapted to specific mapping conditions in thick coal seams. We defined types of structures that are relevant, the methods of their in-situ determination, their geometrical characteristics, and their classification in standardized classes. We created a mapping form at 1:375 scale. The developed protocol facilitates routine acquisition of standardized structural data by the mine geological service.
Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
Objavljeno v	Odd. za geologijo, NTF, UL; 2010; 7 str.; Avtorji / Authors: Vrabc Marko	
Tipologija	2.06 Enciklopedija, slovar, leksikon, priročnik, atlas, zemljevid	

## 9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>8</sup>

--

## 10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>9</sup>

### 10.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>10</sup>

SLO

V okviru projekta smo izdelali strukturni model odkopnega polja v Velenjskem bazenu, ki temelji na detajlnem jamskem kartiranju prelomnih con in njihovih strukturnih značilnosti. Dokumentirali smo 3D geometrijo prelomnih struktur v mezoskopskem merilu, ter časovno zaporedje prelamljanja in faz premikov ob prelomnih ploskvah.

Ugotovili smo strukturne značilnosti prelomov v premogu (lignitu) kot specifičnem mediju, ter določili različne oblike tektonskih deformacij premoga v prelomnih conah in njihov vpliv na mehanske in plinske lastnosti premoga. Ta spoznanja omogočajo zanesljivejše napovedovanje



strukturnih in mehanskih razmer pri rudarjenju.

Dokazali smo močno korelacijo med prehodi jamskih del preko prelomnih con in pojavljanjem nevarnih dogodkov pri odkopavanju. Tektonska struktura je tako eden glavnih dejavnikov tveganja pri odkopavanju. Ugotovili smo, da napetostna stanja v premogovi plasti, ki jih inducira odkopavanje, lahko aktivirajo prelomne ploskve, kar povzroča seizmične udare. Ta napetostna stanja poleg tega dodatno povečujejo primarno (tektonsko) pretrtost premoga v prelomnih conah in s tem povečujejo njihov mehansko šibkost in potencial za plinske izbruhe. Strukturno pogojeno tveganje zato lahko predstavljajo tudi manjši prelomi oziroma območja, ki so primarno le malo prizadeta s tektonskimi deformacijami. Naše ugotovitve kažejo, da je v takih primerih pomembno izvajati strukturno-geološko spremljavo odkopov, ki je edina zanesljiva in cenovno sprejemljiva metoda za določanje šibkih prelomov.

Z jamskim kartiranjem smo prišli do podatkov, ki so s klasičnimi raziskovalnimi metodami površinskega geološkega kartiranja, vrtanja in geofizikalnih raziskav večinoma nedosegljivi, ali pa so dostopni le v manjši meri. Naša opazovanja in strukturna interpretacija zato predstavljajo pomemben prispevek k bazični znanosti na področju strukturne geologije in tektonike, saj predstavljajo neposredni vpogled v mehanizme tektonskih deformacij v zmičnotektonskih bazenih, in omogočajo testiranje različnih standardnih modelov razvoja zmičnih bazenov. Ti modeli imajo veliko praktično vrednost, saj so zmičnotektonski bazeni v svetovnem merilu pomemben vir rudnih in energetskih mineralov (premog, nafta).

Razvili in praktično aplicirali smo strategijo spremljave in prognoze strukturno pogojenega tveganja, ki je uporabna tudi v drugih premogovnikih z debelimi ali strmo vpadajočimi plastmi premoga. Temelj metode je sistematično strukturnogeološko kartiranje odkopov in sproten prenos podatkov kartiranja v prostorsko referencirano podatkovno bazo. Stopnja strukturno pogojenega tveganja se nato določi z upoštevanjem specifičnih geoloških razmer z uporabo modeliranja v GIS aplikaciji, s čimer je v praktično realnem času zagotovljena podpora projektiranju jamskih del in načrtovanju varnostnih ukrepov pri odkopavanju.

ANG

In the frame of the project we created a structural model of the production area in the Velenje basin, which is based on structural mapping of fault zones and their characteristics. We documented 3D mesoscopic-scale geometry of fault structures, temporal evolution of the fault network, and history of slip episodes on fault planes.

We determined the characteristics of faults and fault zones in lignite, and documented various manifestations of tectonically deformed coal in fault zones. We investigated the influence of those tectonic features on mechanical properties and gas behavior in coal. These findings improve the forecasting of structural and mechanical conditions in developing mine works.

We demonstrated a significant correlation between the location of fault zones and the appearance of hazardous geodynamical events. Therefore, the tectonic structure is a major risk factor in coal mining. We showed that the induced stress fields in the coal seam that are generated during excavation may activate slip on fault planes, which produces seismic events. The induced stress fields furthermore enhance the primary (tectonic) fracturation of the coal and thus increase their mechanical weakness and potential for gas outbursts. Therefore, even minor faults and mine areas with minor tectonic deformation may be subject to structurally-controlled risk. We show that continuous and systematic in-situ structural mapping of mine works is the most appropriate and cost-effective method for monitoring structure in areas of minor tectonic deformation.

By mapping inside the mine we obtained data which are normally not available with classical methods of investigation, like surface geological mapping, drilling, and geophysical prospection. Our observations and structural interpretation are therefore an important contribution to knowledge in the field of structural geology and tectonics, since they offer a direct insight into mechanisms of tectonic deformation in strike-slip basins, and allow testing of various existing models of their evolution. Such models have a significant practical value, since strike-slip basins are an important source of mineral deposits and petroleum worldwide.

We developed and put into operation a strategy for mapping and forecasting the structurally-

controlled risk, which can be applied in other coal mines with thick or steeply-dipping coal seams. Our approach is based on continuous systematic structural mapping of mine works and the transfer of the mapping data into spatially-referenced database. The degree of structurally-controlled risk is then determined in a GIS application by taking into account the local geological conditions. This approach provides, in near-real-time, the support for mine design and the planning of safety measures during excavation.

## 10.2.Pomen za razvoj Slovenije<sup>11</sup>

SLO

Republika Slovenija načrtuje pridobivanje lignita v Premogovniku Velenje še najmanj naslednjih 35 let. V premogovniku izkopen premog zagotavlja energetski vir za pridobivanje ene tretjine potrebne električne energije v državi. Ta vir je za državo strateškega pomena, še posebej v primeru nizkih vodostajev na rekah in/ali izpadov nuklearne elektrarne Krško. Rezultati projekta, zlasti prispevek na področju obvladovanja tveganj, bodo pripomogli k zagotavljanju stabilne proizvodnje v vseh geoloških pogojih odkopavanja. Vsak nepredviden geodinamični dogodek in njegova sanacija namreč lahko za dalj časa ustavi proizvodnjo. Rezultati projekta bodo omogočili optimalno učinkovitost odkopnega procesa pri hkratnem upoštevanju potrebnih varnostnih ukrepov, torej bodo pripomogli k zmanjševanju stroškov proizvodnje.

Rezultati projekta in pridobljeno znanje bodo uporabni v projektih zmanjševanja emisij toplogrednih plinov, h katerim je obvezana Republika Slovenija. Poznavanje geološke strukture bazena, ter sorpcijskih in mehanskih lastnosti lignita in prelomnih con je namreč izrednega pomena pri načrtovanju čistih premogovnih tehnologij (razplinjevanja sloja pred in med odkopavanjem in zajem premoškega plina) ter pri projektiranju postopkov zajema in shranjevanja ogljikovih plinov (carbon capture and sequestration) v premoškem sloju. Aktivnosti za zagon teh projektov v Premogovniku Velenje že potekajo.

Pridobljeno znanje bo uporabno pri načrtovanju izrabe strateških rezerv premoga v severovzhodni Sloveniji, kjer je ekonomsko upravičen le postopek podzemnega uplinjanja premoga. Le-ta je v veliki meri pogojen s strukturnimi parametri premoga.

ANG

The Republic of Slovenia is planning to utilize the lignite from the Velenje Coal Mine for at least the next 35 years. The coal from Velenje provides source for one third of the electrical power consumed in the country. Mining of coal in Velenje is therefore of strategic importance, particularly during periods of low rainfall (when hydroelectric power plants are disabled) and in the times of maintenance of the Krško nuclear power plant. The results of the proposed project, particularly the contribution to hazard mitigation, will contribute to stable and uninterrupted production of coal, as each spontaneous geodynamic event and its consequences can hinder production for a considerable period of time. The results of the project will optimize the application of safety measures and will thus contribute to reduction in costs of operation.

The results of the project and the acquired knowledge will be useful in projects of reducing emissions of greenhouse gases, to which the Republic of Slovenia and the European Union are committed. The knowledge of geological structure of the basin, and of sorptional and mechanical properties of faults and fault zones in the coal seam plays an important role in planning clean coal technologies (degassing of the coal seam before and during the excavation) and in planning carbon capture and sequestration in the coal seam. Initial activities for both projects are already in progress.

Acquired knowledge will also be useful for planning the utilization of strategic reserves of coal in NE Slovenia, which will require underground coal gasification.

## 11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

**Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

Cilj	
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>

	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
--------------------	----------------------

**Komentar**

----------

**12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!**  
**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**

--

**13.Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>12</sup>**

	Sofinancer			
1.	Naziv	Premogovnik Velenje		
	Naslov	Partizanska 78, 3320 Velenje		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	54.620,34	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
	1.	S.Zavšek, et al. Hybrid Cellular Automata Method. Application to Research on Mechanical Response of Contrast Media, Physical Mesomechanics, 2013, Vol 16, No.1, pp. 42-51	A.01	
	2.	S.Zavšek, et al. Clean Coal Technologies at Velenje Coal Mine, Journal of Energy Technology JET, 2010, Vol.3, Issue 3, pp. 41-52	A.01	
	3.	Strukturni model in ocena tveganja	F.04	
	4.	CoGasOUT (RFCR-CT-2010-00002)	D.01	
	5.	GHG2E (Energy.2010.5&6.2-1/268194)	D.01	
Komentar	Premogovnik Velenje (PV) je nastopal v raziskovalnem projektu L2-2337-1252 kot izvajalec in kot sofinancer. Tema raziskovalnega projekta je bila že ob prijavi usklajena z našimi cilji in potrebami, ki jih imamo v procesu učinkovitega in varnega rudarjenja na področju raziskovanja vpliva strukturno geoloških dejavnikov na varnost pri odkopavanju debelih slojev premoga.			
	Premogovnik Velenje, kot financer aplikativnega projekta št. L2-2337-1252, ki ga je izvajala Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, ugotavlja, da so bila raziskovalna dela izvedena skladno s programom in predvidenimi cilji. Pričakujemo, da bodo rezultati aplikativnega projekta pomembno prispevali k razumevanju ostalih geomehanskih in plinskih raziskav, ki jih izvajamo operativno v samem			



	Ocena	premogovniku in v sodelovanju s tujimi projektnimi partnerji, s katerimi izvajamo mednarodna projekta CoGasOUT (RFCS) in GHG2E (7 OP). Raziskave aplikativnega projekta smo usklajevali z obema navedenima mednarodnima projektoma, kar je omogočilo nadgradnjo interpretacije rezultatov. Povezali smo strukturne značilnosti dveh raziskanih območij z mikrosezmično rajonizacijo ter seizmično tomografijo, vse parametre pa opazovali tudi v dinamičnih napetostnih razmerah. S strukturnim modelom, ki opredeljuje prelome na območju odkopnih polj, laboratorijskimi raziskavami sorpcijskih lastnosti lignita in matematičnim modeliranjem s pomočjo celičnih avtomatov (MCA in SCA), smo v veliko prispevali k varnosti in nemotenem zagotavljanju proizvodnje premoga.
--	-------	---

#### 14. Izjemni dosežek v letu 2012<sup>13</sup>

##### 14.1. Izjemni znanstveni dosežek

V povezavi z mednarodnim projektom CoGasOut smo z uporabo aktivne seizmične tomografije spremljali rušne procese v lignitni plasti med približevanjem odkopnega čela. Pokazali smo, da so cone mehanske šibkosti v veliki meri vezane na potek prelomnih con, ki smo jih dokazali s strukturnogeološkim kartiranjem odkopa. S tomografijo smo dokumentirali, kako časovno pogojena napetostna stanja, ki jih v lignitni plasti inducira napredovanje odkopa, primarno tektonsko porušenost še dodatno povečajo. Ti procesi lahko v navezavi s plinskim stanjem v lignitni plasti vodijo k spontanim plinskim izbruhom, ki v svetovnem merilu predstavljajo enega glavnih dejavnikov tveganja pri odkopavanju premoga v debelih plasteh. Uporaba napredne raziskovalne metode seizmične tomografije, ki je bila izvedena v zelo oteženih pogojih metanskega premogovnika, je tako potrdila ključne ugotovitve našega projekta o mehanski vlogi prelomnih con.

##### 14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

## C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

#### Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba  
raziskovalne organizacije:*

in

*vodja raziskovalnega projekta:*

Univerza v Ljubljani,  
Naravoslovnotehniška fakulteta

Marko Vrabec

**ŽIG**

Kraj in datum: Ljubljana 29.3.2013

**Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/115**

<sup>1</sup> Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi

področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>).

[Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>5</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>6</sup> Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

<sup>8</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>9</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00

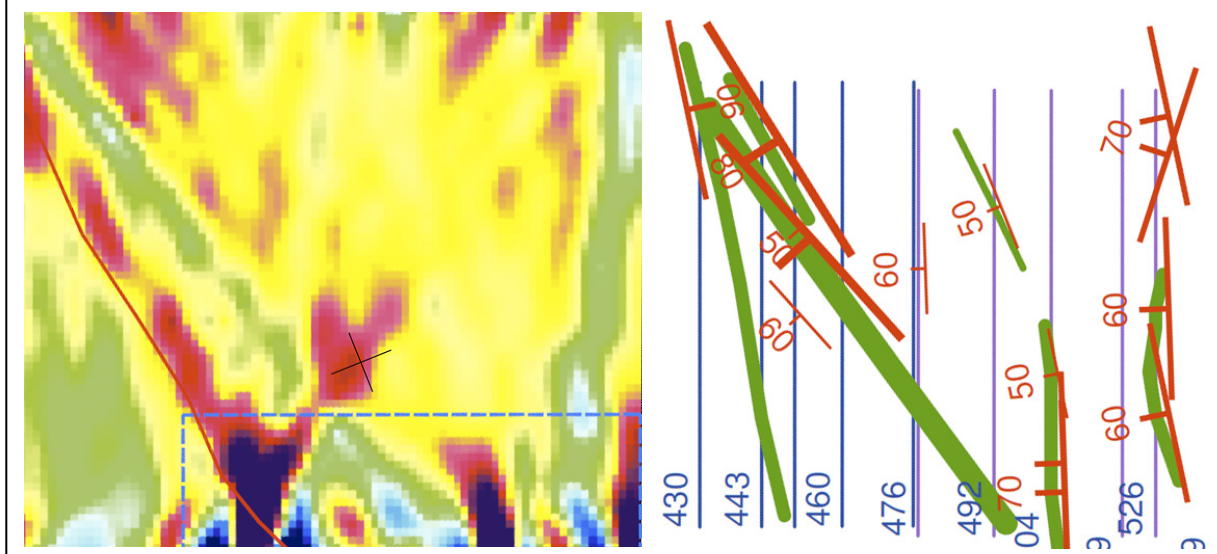
53-A1-53-A7-6C-6B-33-57-DD-F0-1F-02-9F-94-88-BC-B8-CF-C5-BE

## TEHNIKA

### Področje: 2.16 Rudarstvo in geotehnologija

#### Dosežek 1: **Tomografska vizualizacija tektonsko pretrtih con v lignitni plasti** – dokaz strukturno pogojenega tveganja zaradi poteka prelomov preko odkopnega polja

*Tomografska slika pretrtega lignita (rdeče, slika levo) in potek kartiranih tektonskih prelomov (slika desno) na odkopu -130.B v Premogovniku Velenje*



V okviru aplikativnega projekta L2-237 „Vpliv strukture na varnost odkopavanja debelih slojev premoga - dejavniki tveganja in njihovo obvladovanje“ smo v povezavi z mednarodnim projektom CoGasOut z uporabo aktivne seizmične tomografije spremljali rušne procese v lignitni plasti med približevanjem odkopnega čela. Pokazali smo, da so cone mehanske šibkosti v veliki meri vezane na potek prelomnih con, ki smo jih dokazali s strukturnogeološkim kartiranjem odkopa. S tomografijo smo dokumentirali, kako časovno pogojena napetostna stanja, ki jih v lignitni plasti inducira napredovanje odkopa, primarno tektonsko porušenost še dodatno povečajo. Ti procesi lahko v navezavi s plinskim stanjem v lignitni plasti vodijo k spontanim plinskim izbruhom, ki v svetovnem merilu predstavljajo enega glavnih dejavnikov tveganja pri odkopavanju premoga v debelih plasteh.

Na podlagi strukturnogeoloških raziskav odkopnega območja smo izdelali GIS aplikacijo, ki omogoča oceno strukturno pogojenega tveganja pri projektiranju in kasneje pri izkoriščanju podzemnih odkopov premoga.