

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/73



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

## A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

## 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L1-2383
<b>Naslov projekta</b>	Seizmotektonski model Ljubljanske kotline
<b>Vodja projekta</b>	16309 Miloš Bavec
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	9300
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje projekta</b>	05.2009 - 04.2012
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	215 Geološki zavod Slovenije
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	792 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo 1555 Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	1 NARAVOSLOVJE 1.06 Geologija 1.06.06 Regionalna geologija
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	02. Okolje

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

Z interdisciplinarnim pristopom smo pristopili k reševanju enega bolj perečih geoznanstvenih vprašanj v Sloveniji – seizmotektonski karakterizaciji Ljubljanske kotline in ga v projektne obdobju raziskali do nivoja neposredne uporabnosti v nadaljnjih aplikativnih študijah. Metodološko je bilo delo razdeljeno na geološko kartiranje, geodetske meritve (GNSS,

terestrična geodezija, nivelman), tektonsko geomorfološko študijo (uvajanje metode v Slovenijo), geofizikalne raziskave (metoda merjenja in analize mikrotremorjev in metodi visokoresolucijske refleksijske seizmike ter nizkofrekvenčnega GPR, obe prvič uvedeni v raziskovalno delo v Sloveniji) in kompilacijo vseh rezultatov s podatki historično in instrumentalno zabeležene seizmičnosti.

Na podlagi pridobljenih podatkov interpretiramo genezo Ljubljanske kotline z mehanizmi zmične tektonike v sproščujočem preskoku med Savskim prelomom in Želimejskim/Žužemberškim prelomom. Osrednji del kotline se je ugreznil zaradi prenosa desnozmične deformacije na jug, pri čemer so bili povezovalni NW-SE usmerjeni in NNE-SSW usmerjeni prelomni segmenti vsaj deloma transtenzijsko aktivirani. V današnjem napetostnem polju s kompresijo v smeri približno N-S so NW-SE usmerjeni prelomi transpresivno desnozmično aktivni, na kar kažejo tudi žariščni mehanizmi potresov na tem območju. Poleg regionalnih desnozmičnih prelomov so aktivni tudi WSW-ENE do WNW-ESE usmerjeni, proti severu vpadajoči reverzni prelomi, ki najverjetneje predstavljajo sekundarne, morda reaktivirane starejše strukture, npr. Vodiški in Viški prelom.

Iz rezultatov GNSS opazovanj smo določili regionalno polje hitrosti premikov točk glede na stabilno Evrazijo. Slovensko ozemlje leži v coni absorpcije konvergence med Evrazijsko ploščo in Jadransko mikroploščo, ki se Evraziji približuje v smeri proti severu s hitrostjo med 2,8 in 3,4 mm na leto.

Iz naših opazovanj ocenjujemo deformacije ob Savskem prelomu na okoli 1 mm/leto desnega zmiča. Vzhodno od Kamnika, kjer Savski prelom povije v E-W orientacijo, GNSS podatki premika ob prelomu ne kažejo več. Desnozmična deformacija se od tam prenaša na jug vzdolž NW-SE usmerjenega desnozmičnega koridorja, ki se ujema s potekom nekaterih regionalnih prelomov (Želimejski, Stiški, itd.). Vzhodno od tega koridorja, v območju Posavskih gub, GNSS podatki kažejo na NNW-SSE usmerjeno krčenje ozemlja velikosti ~1 mm/leto.

Na podlagi vseh podatkov (revizije obstoječe literature, podatkov in rezultatov naših raziskav) smo izdelali nabor potencialnih seizmogenih virov na območju Ljubljanske kotline in kvantificirali njihove glavne seizmotektonske parametre. Kot dodatek k seizmotektonskemu modelu, ki je teoretično utemeljen za oceno potresne nevarnosti na »skalni podlagi«, smo upoštevali tudi specifiko Ljubljanske kotline, ki je zapolnjena z mehкими sedimenti in smo izvedli raziskavo lokalnih vplivov ojačenja potresnih valov z metodo mikrotremorjev.

ANG

An interdisciplinary approach to solving one of the key geoscience-related issues in Slovenia – seismotectonic characterization of the Ljubljana Basin, yielded results that will be directly applicable in any further applied studies. We used methods of geological mapping, geodesy (GNSS, leveling and terrestrial geodesy), tectonic geomorphology (introduction of the methods in Slovenia), geophysical surveying (microtremor, high resolution reflection seismic surveying, low frequency GPR; the latter two being introduced as a novelty into the Slovenian research community) to finally compile all gathered data with instrumental and historic record of seismicity.

Based on the gathered data we interpret the genesis of the Ljubljana Basin with the mechanism of strike-slip tectonics in a step-over system between the Sava and Želimejski/Žužemberk faults. The central part of the basin subsided due to transfer of right-lateral deformation to the south. At that time, the connecting faults trending NW-SE and NNE-SSW were trans-tensionally activated. In the present stress field (compression in approx. N-S direction) the NW-SE trending faults are transpressive right-lateral. This fact is further supported by earthquake mechanisms in corresponding areas. Also active are the WSW-ENE to WNW-ESE striking, north dipping reverse faults (e.g. Vič fault and Vodice fault) that most probably represent secondary, and perhaps reactivated older structures.

From the GNSS derived data we determined the regional velocity field referenced to the stable Eurasia. The area of concern lies in the convergence absorption zone between the Eurasian and Adriatic plates. The convergence rate is calculated at between 2.8 and 3.4 mm/year. We further estimate the deformation in the zone of the Sava fault at about 1 mm/year dextral strike-slip. East of Kamnik where the Sava fault bends into E-W orientation, however, GNSS data do not exhibit any displacement in the fault vicinity. Right lateral deformation is transferred there toward the south along the NW-SE trending right lateral corridor that corresponds to several regional faults (e.g. Želimejski, Stična etc.). East of the corridor, the GNSS data show the NNW-SSE trending contraction in the area of the Sava folds at the rate ~1 mm/year.

Based on all gathered data (including revision of published and archive data) we elaborated a list of potential seismogenic sources in Ljubljana Basin broader area and we quantified their seismogenic parameters. In addition to the seismotectonic model that typically aims toward the quantification of seismic hazard on bedrock, we also took into account the specific setting of the Ljubljana Basin with its soft sediment infill. To evaluate the site effects we performed microtremor analyses in a broader urban area of Ljubljana.

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

Terenske geološke raziskave predkvartarne podlage obrobja Ljubljanske kotline, s katerim smo ugotavljali nadaljevanje potencialno aktivnih geološki struktur izven kvartarne zapolnitve v kotlini, smo usmerili predvsem v severozahodno, južno in jugovzhodno obrobje Ljubljanske kotline. Za obravnavano ozemlje je značilna narivna zgradba. Najnižja strukturna enota pripada Hrušiškem pokrovu. Kamnine Hrušiškega pokrova se pojavljajo na južnem, zahodnem in deloma severnem obrobju Ljubljanskega barja. Najvišjo strukturno enoto, ki zajema kamnine vseh ostalih delov kartiranega ozemlja, bi lahko umestili v Trnovski pokrov. Zahodno od Vrhnike smo kartirali strukturno enoto, ki pripada Čekovniški vmesni luski. Poleg starejših narivov, ki so omogočili nastanek krovne strukturne zgradbe ozemlja, obravnavano območje sekajo tudi številni mlajši zmični in reverzni prelomi. Regionalnega pomena so predvsem daljši NW–SE (dinarsko) usmerjeni zmični prelomi, med njimi pa se pojavljajo tudi krajši različno usmerjeni vezni prelomi. Med pomembnejšimi NW–SE usmerjenimi prelomi je treba omeniti prelom, ki poteka po Podlipski dolini (Podlipski) in omejujejo različne strukturne bloke iz zgornjetriasnih kamnin. Posamezne veje tega preloma na več mestih zamikajo tudi narivno mejo med Trnovskim in Hrušiškim pokrovom. Ostro prelomno mejo na raziskanem ozemlju predstavlja Borovniški prelom, ki je jasno prepoznaven na južnem obrobju Barja, vzhodno od Borovnice. Na severnem obrobju lahko z veliko verjetnostjo kot njegovo nadaljevanje opredelimo prelom med Malo Ligojno in Vrzdencem. Gre za dolg regionalen prelom, ob katerem je NE krilo močno relativno pogreznjeno, težko pa je oceniti njegovo zmično komponento. V njegovi široki prelomni coni je snop krajših prelomov zamikal tudi narivne kontakte v NW bloku.

Za južno obrobje Ljubljanskega barja smo natančno pregledali še globinske podatke (vrtine in geolektrične sonde) ter preverjali, ali obstajajo kakšni dobro izraženi robni prelomi, ob katerih bi prišlo do ugrezjanja Barja med samim odlaganjem holocenskih sedimentov. V reliefu pod sedimenti je vidno nadaljevanje fluvialnih dolin Borovniščice, Iške in Želimljščice. Izrazita dolina je vidna med južnim obrobjem Barja (nekako med Pakim in Podpečjo) in osamelci na Bevkah in Plešivico, ki se nadaljuje proti vzhodu v najgloblji del Ljubljanskega barja. Te doline so nedvomno pogojene s conami ob prelomih, najverjetneje pa niso povezane s prej domnevanim ugrezjanjem Ljubljanskega barja ob »robnem prelomu« na južni strani. Na Ljubljanskem barju smo posneli skupno 5.5 km visokoločljivih seizmičnih refleksijskih profilov. Z učinkovitim globinskim dosegom metode okoli 300 m smo karakterizirali relief predkvartarne podlage Ljubljanskega barja. Našli smo tudi dve coni tektonskih deformacij: cono Želimeljskega preloma na vzhodnem robu Ljubljanskega barja in cono še neimenovanega preloma južno od Črne vasi. Dodaten 200 m ultra-visokoločljivih profil na slednjem prelomu potrjuje tektonske deformacije. Geofizikalne raziskave so potrdile pomembnost in recentno aktivnost Želimeljskega preloma.

Na območju Vodiškega preloma smo posneli skupno 1.8 km visokoločljivih refleksijskih seizmičnih profilov z globinskim dosegom okoli 100 m. Zaradi neugodnih geoloških pogojev so profili slabše kvalitete. Dva profila kažeta deformacije, ki ustrezajo lokacijam severne in južne veje Vodiškega preloma pri Lokarjah. V okviru geofizikalnih raziskav aktivnih prelomov in v okviru paleoseizmoloških študij smo uvedli novo raziskovalno metodo nizkofrekvenčnega (50 MHz) georadarja z inovativno RTA anteno, ki omogoča

raziskave tudi na težko prehodnih območjih. Rezultati so bili skupaj z ostalimi geofizikalnimi rezultati in geomorfološkimi indikatorji uporabljeni za mikrolociranje dveh paleoseizmoloških jarkov na Vodiškem prelomu.

Proučili smo relief Ljubljanske kotline in njene okolice, da bi identificirali aktivne prelome in ovrednotili njihovo aktivnost. Delo je potekalo v sodelovanju z ekipo iz CEREGE, Francija. Geomorfološke analize Vodiškega in Savskega preloma so bile izvedene s kabinetnim in terenskim geomorfološkim kartiranjem na različnih prostorskih podatkih (topografske karte, digitalni modeli reliefa, satelitski posnetki in letalski posnetki v stereo parih), na terenu pa so potekale še natančne geodetske izmere deformacij površja. Starost deformiranih površin je bila ugotovljena na podlagi koncentracije kozmogenega nukleida  $^{36}\text{Cl}$  in z optično stimulirano luminescenco. Na Savskem prelomu smo zbrali geomorfne indikatorje, ki potrjujejo njegovo desnozmično aktivnost v kvartarju. S segmentiranostjo na 3,5 – 15,5 km dolge segmente na površju je Savski prelom zmožen generirati potrese z magnitudami 5.6 – 6.5. Dokazali smo, da je Vodiška prelomna stopnja površinski izraz aktivnega Vodiškega reverznega preloma, ki je ustvaril do 25 m visoko in 10-11 km dolgo prelomno stopnjo, nastalo ob diskretnih, najverjetneje koseizmičnih premikih površja. Njegova povprečna aktivnost v zadnjih 133 tisočih letih je 0,1-0,3 mm premika na leto, njegov seizmogeni potencial pa so potresi magnitudami 5.9-6.5, s teoretično povrstno dobo med 300 in 9000 leti. Konvergiranje geoloških, geofizikalnih in geomorfoloških indikatorjev smo uporabili za lociranje dveh paleoseizmoloških jarkov prečno na traso Vodiškega preloma (južne veje). Delovno zelo ekstenzivna aktivnost izvedbe raziskovalnega paleoseizmološkega jarka je ponudila dokaz, da so da so sedimenti plitvo pod površjem dejansko tektonsko (obpotresno) premaknjeni in da so geomorfološko določeni parametri preloma smiselni. Za boljšo kvantifikacijo tega dela raziskave pričakujemo še končne datacije sedimentov (zunanji laboratoriji).

Na osnovi že opravljenih izmer smo izbrali geodinamičnih GNSS točk, ki zagotavljajo visoko kakovostna opazovanja GNSS. Na novo smo stabilizirali 9 točk in izvedli izmero GNSS na vseh novih ter na že obstoječih geodetskih točkah GNSS. Dodatno smo pridobili opazovanja omrežij stalno delujočih postaj na območju Slovenije in njene okolice (SIGNAL, FReDNet, IGS, EPN). Za vsa opazovanja GNSS smo zasnovali in uredili arhiv. Skupno smo uredili okoli 100 000 datotek z dnevnimi opazovanji, v katerih je okoli 50 permanentnih postaj in okoli 80 točk pasivnega omrežja. Rezultat obdelave so bile časovne vrste koordinat točk, t.i. »dnevne rešitve«. Kljub prisotnim napakam v podatkih, smo pridobili prvi preliminarni geokinematični model Ljubljanske kotline na osnovi opazovanj GNSS. Za vsako točko geodetske mreže smo pridobili ocenjene koordinate v referenčni epohi s pripadajočim vektorjem hitrosti.

Izvedli smo izmero in preračune klasičnih terestričnih mikromrež Gameljne, Dobravica in HE Moste. Rezultate vseh izmer v posamezni mikromreži smo primerjali med seboj. Po temeljiti statistični analizi lahko trdimo, da se točke v obravnavanih mikromrežah niso statistično značilno premaknile.

Ponovno smo nivelirali nivelmanski zanki 46 in 50 mestne nivelmanske mreže Ljubljana. Nivelmanski poligoni so stabilizirani na območju levega brega Save: Črnuče z navezavo na fundamentalni reper FR 4 (FR 1014 iz II. NVN) – Šentjakob ob Savi – Beričevo – Dol pri Ljubljani – Dolsko z navezavo na fundamentalni reper FR 8. V Dolskem, preide nivelmanski poligon na desni breg Save in poteka skozi – Laze pri Dolskem – Podgrad – Zalog – Šmartno ob Savi – Stožice – Ježica – Črnuče. Ponovno je bil izmerjen tudi del nivelmanskega poligona I-26 (Vič – Grosuplje). Poleg tega je bila opravljena izravnava mestne nivelmanske mreže na območju Ljubljane in Ljubljanskega barja in določili smo vertikalne premike na območju Ljubljane in Ljubljanskega barja. Nekatere vertikalne premike smo lahko pripisali tektonskemu premikanju, večina pa jih je povezana s posedanjem mehkih sedimentov.

Poleg historičnih seizmoloških podatkov smo od Urada za seizmologijo Agencije RS za

okolje dobili na uporabo tudi podatke instrumentalnih meritev. Opravili smo relokacijo potresov z metodo hypoDD in za močnejše potrese izračunali žariščne mehanizme, kar nam je bilo v izjemno pomoč pri seizmološki parameterizaciji prelomov. Kot aktualno zanimivost naj omenimo še, da smo v okviru seizmološkega dela projekta raziskovali tudi povezavo med potresno dejavnostjo in nenadnim ponikanjem reke Iške v oktobru 2011 pri Iški vasi.

Iz rezultatov GNSS opazovanj smo določili regionalno polje hitrosti premikov točk glede na stabilno Evrazijo. Slovensko ozemlje leži v coni absorpcije konvergence med Evrazijsko ploščo in Jadransko mikroploščo, ki se Evraziji približuje v smeri proti severu s hitrostjo med 2,8 do 3,4 mm na leto. Ugotovljena NNW-SSE do N-S smer maksimalnega krčenja ozemlja (glavna os deformacije) nam omogoča oceno teoretičnega potenciala posameznega preloma za aktivnost in predvideti kinematiko premikov – glede na orientacijo prelomne ploskve relativno na smer največjega krčenja. Možne hitrosti premikov ob posameznih prelomih lahko ocenimo kot do nekaj velikostnih redov manjše od skupne regionalne deformacije, kar potrjuje tudi objavljeni numerični modeli. Iz naših opazovanj, iz hitrostnih profilov preko slovenskega ozemlja in iz rekonstruiranega hitrostnega polja razločimo opazen gradient hitrosti vzdolž generalno NW-SE usmerjenega severnega obrobja Ljubljanske kotline, ki ustreza poteku Savskega preloma in kaže na okoli 1 mm/leto desnega zmika. Vzhodno od Kamnika, kjer Savski prelom povije v E-W orientacijo, GNSS podatki premika ob prelomu ne kažejo več. Desnozmična deformacija se od tam prenaša na jug vzdolž NW-SE usmerjenega desnozmičnega koridorja, ki se ujema s potekom nekaterih regionalnih prelomov (Želimejski, Stiški, itd.). Vzhodno od tega koridorja, v območju Posavskih gub, GNSS podatki kažejo na NNW-SSE usmerjeno krčenje ozemlja velikosti  $\sim 1$  mm/leto, ki nakazuje aktivnost E-W do WSW-ENE usmerjenih gub in prelomov.

Na podlagi vseh podatkov geološkega kartiranja, geofizikalnih raziskav, geodetskih meritev, tektonske geomorfologije, ... interpretiramo genezo Ljubljanske kotline z mehanizmi zmične tektonike v sproščujočem preskoku med Savskim prelomom in Želimejskim/Žužemberškim prelomom. Osrednji del kotline se je ugreznil zaradi prenosa desnozmične deformacije na jug, pri čemer so povezovalni NW-SE usmerjeni in NNE-SSW usmerjeni prelomni segmenti bili vsaj deloma transtenzijsko aktivirani. Ljubljansko barje južno od Ljubljane je v vzhodnem delu pogojeno s sistemom podolgovatih tektonskih (pol)jarkov vzdolž NW-SE usmerjenih prelomov Želimejskega koridorja. V današnjem napetostnem polju s kompresijo v smeri približno N-S so NW-SE usmerjeni prelomi transpresivno desnozmično aktivni, na kar kažejo tudi žariščni mehanizmi potresov na tem območju. Poleg regionalnih desnozmičnih prelomov, so aktivni tudi WSW-ENE do WNW-ESE usmerjeni proti severu vpadajoči reverzni prelomi, ki najverjetneje predstavljajo sekundarne strukture, npr. Vodiški in Viški prelom. Aktivni reverzni prelomi so sekundarne, morda reaktivirane starejše strukture, na kar nakazujejo podatki kartiranja obrobja kotline.

Končno smo na podlagi vseh podatkov (revizije obstoječe literature, podatkov in rezultatov naših raziskav) pripravili seznam potresno nevarnih in domnevno potresno nevarnih prelomov na območju Ljubljanske kotline in kvantificirali njihove glavne seizmotektonske parametre. Kot dodatek k seizmotektonskemu modelu, ki je teoretično utemeljen za oceno potresne nevarnosti na »skalni podlagi« smo upoštevali tudi specifiko Ljubljanske kotline. Zapolnjena je z mehкими sedimenti. Ker so bile dosedanje raziskave lokalnih vplivov ojačanja nezadostne, smo izvedli obsežne raziskave z metodo mikrotremorjev. Izdelane karte lastnih frekvenc sedimentov in amplitude spektralnih razmerij so pokazala jasne razlike med delom Ljubljane, ki je zgrajen na mehkih jezerskih sedimentih in delom, ki leži na produ. Z meritvami mikrotremorjev v značilnih javnih objektih, smo določili njihove glavne frekvence nihanja in ocenili nevarnost resonančnih učinkov s tlemi.

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

Hipoteza, da bomo z interdisciplinarnim pristopom (geologija, geofizika, geomorfologija, geodezija) vzpostavili seizmotektonski model Ljubljanske kotline, je realizirana. Realizirano je tudi pričakovanje, da bodo podatki sicer konvergirali, ne pa vsi in ne v vseh primerih. Kot primer dobre konvergence opazovanj izpostavljamo geološke, geomorfološke in geofizikalne raziskave ter nivelman na Ljubljanskem barju in nabor raziskav na območju Vodiškega preloma. Odlično je tudi ujemanje geoloških, geomorfoloških, geofizikalnih in GNSS podatkov v širšem območju Savskega preloma.

Dokazali smo recentno aktivnost snopa »dinarsko« usmerjenih prelomov, ki se od juga nadaljujejo pod Ljubljansko barje. Dokazali in kvantificirali smo recentno aktivnost Savskega in Vodiškega preloma. Ugotovili smo, da nikjer ne moremo zanesljivo dokazati preloma, ob katerem se bi ob njegovem južnem robu Barje pogrezalo. Kaže se, da se obrobje zvezno in položno nadaljuje pod kvartarne sedimente.

V okviru GNSS aktivnosti smo opravili različne aktivnosti; od ogledov terena, stabilizacije novih točk, izmer na starih in novih točkah in obdelave opazovanj GNSS na vseh geodetskih točkah širšega območja Ljubljanske kotline. Kljub nekaterim odkritim napakam v metapodatkih smo izdelali preliminarni geokinematični model Ljubljanske kotline, vendar pa bo za naslednjo izvedbo modela potrebno napake odstraniti in obdelavo opazovanj ponoviti.

V celoti smo zaključili izmero in preračunavanje klasičnih terestričnih mikromrež Gameljne in Dobravica. Dodatno smo uspeli preračunati opravljene izmere položajne terestrične mikromreže HE Moste od leta 1950 do 2010 in višinske nivelmanske mikromreže HE Moste od 1963 do 1985. Pričakovali smo možnost ocene premikanja ob diskretnih prelomnih ploskvah a statistično značilnega premikanja nismo ugotovili. Ocenjujemo, da v našem primeru nismo delovali znotraj stabilnega sistema.

Z analizo PSInSAR podatkov smo sicer dobili zelo zanimive informacije o kompakciji mehkih sedimentov (barje), a je razvoj metode v letih izvajanja projekta pokazal, da natančnost podatkov ne ustreza analizam tektonskih premikanj v območjih z nizko stopnjo deformacij.

Z izmero nivelmanskih zank in obdelavo podatkov nivelmanskih izmer na območju Ljubljane in Ljubljanskega barja, smo zastavljeni načrt izpolnili. Z geološko selekcijo reperjev smo tudi dosegli zastavljene raziskovalne cilje, saj lahko vertikalne premike na teh reperjih povežemo s tektonskim dogajanjem.

Ocenjujemo, da smo delovno hipotezo in pričakovane rezultate v celoti realizirali. Parcialni rezultati so bili v večji meri že objavljeni, sumarne rezultate pa smo predstavili na najuglednejši evropski geoznanstveni konferenci EGU General Assembly leta 2012. Priprava sumarnega članka za objavo v reviji iz zgornjega kvartila je v zaključni fazi.

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

Bistvenih sprememb programa raziskovalnega projekta ni bilo.

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

Znanstveni dosežek

1.	COBISS ID	22916647	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Kartiranje debeline sedimentov na Ljubljanskem barju (Slovenija) z metodo mikrotremorjev	
		<i>ANG</i> Mapping the thickness of sediments in the Ljubljana Moor basin (Slovenia) using microtremors	
	Opis	<i>SLO</i> Metodo spektralnih razmerij mikrotremorjev smo uporabili tudi kot geofizikalno prospekcijsko metodo za določitev njihove debeline. Najprej smo izvedli meritve na lokacijah 53 vrtin in opredelili inverzno eksponentno relacijo med lastno frekvenco in debelino sedimentov. Sledile so refrakcijske seizmične raziskave v 16 km dolgem profilu in pa meritve z mikrotremorji vzdolž istega profila. Ugotovili smo, da lahko relativno enostavno in poceni metodo mikrotremorjev, uporabimo kot učinkovito prospekcijsko metodo za interpolacijo debeline sedimentov med znanimi podatki.	
		<i>ANG</i> Microtremors horizontal-to-vertical spectral ratio method was used as a geophysical prospecting method for mapping the thickness of soft sediments. First, microtremor measurements were performed at locations of 53 boreholes and the inverse power relationship between the resonance frequency and the thickness of sediments was determined. Secondly, a 16 km-long seismic refraction profile was measured across the basin and microtremor measurements along the same profile. We confirmed that microtremor method can be used as an effective prospecting method to interpolate the thickness of sediments.	
	Objavljeno v	Springer; Bulletin of earthquake engineering; 2010; Vol. 8, no. 3; str. 501-518; Impact Factor: 1.701; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.016; A': 1; Avtorji / Authors: Gosar Andrej, Lenart Alenka	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	4805473	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Statistične lastnosti tenzorja deformacij v geodetski mreži	
		<i>ANG</i> Statistical Properties of Strain and Rotation Tensors in Geodetic Network	
	Opis	<i>SLO</i> Članek obravnava lastnosti deformacij telesa, predstavljenega z diskretnim nizom geodetskih točk. V vsaki točki geodetske mreže se oceni kinematične količine. Empirični rezultati pokažejo, da so statistične lastnosti močno povezane z orientacijo v posamezni točki in lokalno geometrijo geodetske mreže. Na osnovi poznane porazdelitvene funkcije kinematičnih količin definiramo območja zaupanja v posamezni točki. S statističnim testom določimo, ali je deformacija v posamezni točki geodetske mreže statistično značilna. Lahko ocenimo tudi kakovost geometrije geodetske mreže.	
		<i>ANG</i> In each point of geodetic network (a body represented by discrete points of geodetic network) kinematic quantities are considered. Empirical results show that statistical properties are strongly related to the orientation in single point and local geometry of the geodetic network. Based on the known probability distribution of kinematic quantities the confidence areas in certain point can be defined. By statistical testing we can decide whether the deformation of network in each point is statistically significant. Quality of the geometry of the geodetic network can also be assessed.	
	Objavljeno v	American Society of Civil Engineers; Journal of surveying engineering; 2010; Letn. 136, št. 3; str. 102-110; Impact Factor: 0.692; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.88; Avtorji / Authors: Marjetič Aleš, Ambrožič Tomaž, Turk Goran, Sterle Oskar, Stopar Bojan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	252691456	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> The geology of Slovenia	

		ANG	Geologija Slovenije
	Opis	SLO	Geologija Slovenije je prva znanstvena monografija o geoloških lastnostih in razvoju slovenskega ozemlja. Gre za temeljno delo aktivne generacije slovenskih geologov. M. Novak je eden od treh urednikov, še štirje člani projektne skupine (M. Vrabc, M. Novak, M. Markič, M. Komac M. Bavec) pa so samostojni ali prvi avtorji poglavij. Vsebina poglavij se v nekaterih ključnih elementih opira tudi na rezultate tega projekta.
		ANG	The geology of Slovenia is a first ever monograph devoted to the geologic properties and geologic evolution of the territory of Slovenia. It is the fundamental publication of the currently active generation of Slovenian geologists. M, Novak is one of the three editors while four more project group members are the sole or first authors of chapters in the monograph. Some key elements of the content rely also on the results of this project.
	Objavljeno v	Geološki zavod Slovenije; 2009; XI, 612 str.; Avtorji / Authors: Pleničar Mario, Ogorelec Bojan, Novak Matevž	
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	
4.	COBISS ID	4730465	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Premikanje Jadranske mikroplošče in geodinamske posledice. Izračuni na podlagi GPS meritev v Istri in Padski nižini.
		ANG	GPS-derived motion of the Adriatic microplate from Istria Peninsula and Po Plain sites and geodynamic implications
	Opis	SLO	Z uporabo GPS tehnologije smo merili hitrosti aktivnih tektonskih deformacij v kolizijski coni med Jadransko mikroploščo in Evrazijsko ploščo ter karakterizirali recentno gibanje Jadranske mikroplošče, pri čemer smo prvi uporabili GPS meritve z vzhodnih izdankov mikroplošče v Istri in zaledju. Določili smo smeri in hitrosti aktivnih tektonskih premikov na ozemlju Slovenije, ter ocenili aktivnost posameznih regionalnih prelomnih struktur.
		ANG	We used GPS to measure rates of active tectonic deformation in the Adria-Eurasia collision zone. We quantified the kinematics of the Adria microplate, and have for the first time used GPS data from the outcrops of Adria in Istria peninsula. We determined the direction and rates of active tectonic motions in the territory of Slovenia, and estimated slip rates on major regional faults.
	Objavljeno v	Elsevier; Tectonophysics; 2010; Vol. 483, iss. 3-4; str. 214-222; Impact Factor: 2.509; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.887; A': 1; Avtorji / Authors: Weber John, Vrabc Marko, Pavlovčič Prešeren Polona, Dixon Tim, Jiang Yan, Stopar Bojan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	958302	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določitev glavnih frekvenc zidanih stavb v petih Slovenskih mestih z metodo mikrotremorjev in implikacije za oceno potresne ogroženosti
		ANG	Determination of masonry building fundamental frequencies in five Slovenian towns by microtremor excitation and implications for seismic risk assessment
	Opis	SLO	Raziskave lokalnih učinkov na potresno nihanje tal z metodo mikrotremorjev so bile v zadnjem času opravljene v petih Slovenskih mestih za katere je značilna povečana potresna nevarnost. V tej študiji smo raziskave z mikrotremorji razširili na objekte za določitev njihovih lastnih frekvenc in oceno nevarnosti resonančnih učinkov med tlemi in stavbami. Ugotovili smo jasno razliko v povprečnih frekvencah med dvo in tro-nadstropnimi stavbami, ne pa med tri in štiri-nadstropnimi. V večini Slovenskih mest je lastna frekvenca sedimentov v območju 2-20 Hz. Po



		<p>drugi strani pa dvo do tro-nadstropne hiše predstavljajo večino stavbnega fonda. Za oceno nevarnosti resonance smo vzeli povprečne vrednosti +/- en standardni odklon in dobili območje 5.6-11.1 Hz. Podatki kažejo, da to frekvenčno območje obsega med 22 % in 59 % raziskanih površin v različnih sedimentnih bazenih. To pomeni, da je nevarnost resonančnih učinkov med tlemi in objekti resen problem za tipično geološko situacijo v katerih se mesta nahajajo.</p>
	ANG	<p>Site effects studies using microtremor free-field measurements were performed recently in five Slovenian towns characterized by increased seismic hazard to determine resonance frequency of soft sediments. In this study microtremor investigations were extended to the measurements inside buildings to determine their fundamental frequencies and to assess the possible occurrence of soil-structure resonance. The difference in average fundamental frequency is very clear between buildings with two and three floors, but the difference in frequencies between three- and four-floor buildings is very small. In most Slovenian towns the free-field soft covers frequencies are in the range 2–20 Hz. On the other hand houses with two and three floors represent the large majority of the building stock. To assess the possible occurrence of soil-structure resonance in general, an average fundamental frequency +/- one standard deviation interval is obtained which gives the range 5.6–11.1 Hz. The free-field data shows that this frequency range occupies from 22% of the surveyed area to up to 59% in different basins. This leads to the conclusion that the possible occurrence of soil-structure resonance is a serious issue for typical geological situations, in which towns are located.</p>
Objavljeno v		Kluwer Academic Publishers; Natural hazards; 2012; Vol. 62, no. 3; str. 1059-1079; Impact Factor: 1.529; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.311; Avtorji / Authors: Gosar Andrej
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

### 8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>7</sup>

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	2022741
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Nekatere seizmotektonske značilnosti Ljubljanske kotline
		ANG Some seismotectonic characteristics of the Ljubljana Basin, Slovenia
	Opis	SLO V soavtorstvu celotne projektne skupine so bili na najuglednejši evropski geoznanstveni konferenci European Geosciences Union General Assembly 2012 v celoti predstavljeni preliminarni končni rezultati projekta. Predstavljeni so bili vsi sestavni deli (GNSS, nivelman, terestrične mreže, geološka krata, tektonsko - geomorfološka karta, tektonski model, paleoseizmološke študije, seizmološki podatki, geofizikalni podatki, mikrotremor) in v zaključku tudi seizmotektonski model. Od predstavitve do konca projektne obdobja so bili rezultati še dokončno obdelani in skupna objava je v pripravi.
		ANG The whole project group co-signed the presentation of the project results at the most reputable European geosciences conference: the European Geosciences Union General Assembly 2012. The project results were presented as whole; firstly with all constituent parts (GNSS, leveling, terrestrial networks, geologic map, tectonic-geomorphologic study, tectonic model, paleoseismologic studies, seismology data, geophysical surveying interpretation, microtremor) and at the end a draft seismotectonic model was presented. Since this presentation, the results were finalized and the common publication is being drafted.

	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	European Geosciences Union; Abstracts and programme; Geophysical research abstracts; 2012; 1 str.; Avtorji / Authors: Bavec Miloš, Ambrožič Tomaž, Atanackov Jure, Cecić Ina, Celarc Bogomir, Gosar Andrej, Jamšek Rupnik Petra, Jež Jernej, Kogoj Dušan, Koler Božo, Kuhar Miran, Milanič Blaž, Novak Matevž, Pavlovčič Prešeren Polona, Savšek Simona, Sterle Oskar, Stopar Bojan, Vrabec Marko, Zajc Marjana, Živčič Mladen	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
2.	COBISS ID	1878613	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Prva faza geotehnične, geološke in seizmološke ocene primernosti lokacije za novo jedrsko elektrarno v Krškem
		ANG	Geotechnical, geological and seismological (GG&S) evaluations for the new nuclear power plant at the Krško site (NPP Krško II)
	Opis	SLO	Vodenje in izvedba geološkega dela projekta za prvo fazo ocene primernosti lokacije za drugi blok jedrske elektrarne Krško. Obsežen interdisciplinarni geološki del projekta je zajemal geološke, geodetske, morfometrične in paleoseizmološke študije. V največji meri je bila izvedba utemeljena na metodološkem pristopu, uporabljenem tudi v projektu Seizmotektonski model Ljubljanske kotline, pri izvedbi pa je sodelovalo skoraj celotna projektna skupina. Navedeno je le eno od sumarnih poročil.
		ANG	Coordination and execution of geological part of phase one site-suitability study for the potential second block of the Krško nuclear power plant. Extensive interdisciplinary study consisted of geological, geodetic, morphometric and paleoseismological studies. Methodological approach in the project was nearly identical to the one adopted in the project Seismotectonic model of the Ljubljana Basin and nearly whole project team was involved. Only one of the summary reports is quoted.
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Objavljeno v	Geological Survey of Slovenia; 2010; 178 str.; Avtorji / Authors: Bavec Miloš, Atanackov Jure, Baize Stéphane, Baumont David, Bitri Adnan, Celarc Bogomir, Gelis Céline, Corboz Philippe, Gosar Andrej, Jomard Hervé, Mathieu Francis, Mišič Miha, Poljak Marijan, Rižnar Igor, Scotti Oona, Skaberne Dragomir, Šket Motnikar Barbara, Trabelsi Selam, Trajanova Mirka, Živčič Mladen	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
3.	COBISS ID	2127701	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nemirna Zemlja
		ANG	The Restless Earth
	Opis	SLO	Člani projektne skupine so bili gostje televizijske oddaje Nemirna Zemlja : oddaja Dobra ura z Andrejem na 1. programu TV Slovenija. Oddaja je bila v celoti posvečena seizmotektoniki in v največjem delu seizmotektonskemu modelu Ljubljanske kotline. S področja javnega razširjanja rezultatov projekta izpostavljam še dvostransko predstavitev projekta Seizmotektonski model Ljubljanske kotline v enem vodilnih dnevnik časopisov: BAVEC, Miloš, CELARC, Bogomir, ATANACKOV, Jure. Potresov se ne da napovedati v času, lahko pa jih napovemo v prostoru : v objektivu tridimenzionalna tektonika. Dnevnik, 14. avgusta 2010, leto 60, št. , str. 4-6, fotogr. [COBISS.SI-ID 1822293]
			Members of the project team were invited guests into the television program titled: Restless Earth at the Slovenian national TV 1st program

		(weekly show: Dobra ura z Andrejem). The program was in full devoted to the issues of seismotectonics and in bulk part explicitly to the presentation of the project Seismotectonic model of the Ljubljana Basin. From our many public outreach activities we are also pointing out to the two-page presentation of the project in the leading Slovenian daily paper: BAVEC, Miloš, CELARC, Bogomir, ATANACKOV, Jure. Potresov se ne da napovedati v času, lahko pa jih napovemo v prostoru : v objektivu tridimenzionalna tektonika. Dnevnik, 14. avgusta 2010, leto 60, št. , str. 4-6, fotogr. [COBISS.SI-ID 1822293]
Šifra	F.35	Drugo
Objavljeno v	RTV Slovenija; 2013; 85 minut; Avtorji / Authors: Bavec Miloš, Kastelic Vanja, Atanackov Jure, Jamšek Rupnik Petra, Milanič Blaž, Jurkovšek Bogdan, Novak Matevž, Celarc Bogomir, Komac Marko, Dacinger Renata	
Tipologija	2.19 Radijska ali televizijska oddaja	
4.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
Naslov	SLO	Andrej Gosar je postal član uredniškega odbora mednarodne revije Geophysics
	ANG	Andrej Gosar became a member of the editorial board in interanational journal Geophysics
Opis	SLO	Andrej Gosar je bil v letu 2011 imenovan v uredniški odbor ugledne mednarodne revije IRSN Geophysics ISSN: 20908946, doi:10.5402/GEOPHYSICS
	ANG	Andrej Gosar was elected a member of the editorial board in the reputable internataional scientific journal IRSN Geophysics ISSN: 20908946, doi:10.5402/GEOPHYSICS.
Šifra	C.06	Članstvo v uredniškem odboru
Objavljeno v	IRSN Geophysics ISSN: 20908946, doi:10.5402/GEOPHYSICS.	
Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	
5.	COBISS ID	1671509 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Določitev seizmotektonskih parametrov za gradnjo verige novih hidroelektrarn na srednji Savi
	ANG	Determination of seismotectonic parameters for the series of newly planned hydro power plants along the mid-stream of the Sava river
Opis	SLO	Na podlagi znanj, razvitih tudi v okviru tega projekta smo v prakso prenesli metodologijo in geološka znanja pri določanju seizmotektonskih parametrov za načrtovanje zahtevnih gradbenih objektov.
	ANG	Based on knowledge and methodologies that were in part developed in the framework of this project, we have transfered the approach at setting the seismotectonic parameteres for complex applied construction projects.
Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
Objavljeno v	Geološki zavod Slovenije; 2009; 21 f., 5 pril.; Avtorji / Authors: Celarc Bogomir, Jež Jernej, Bavec Miloš, Milanič Blaž	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	

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

D.09 - mentorstvo doktorandom.

V povezavi z vsebino projekta je M. Vrabc je mentor doktorandkama Petri Jamšek Rupnik s temo »Geomorfološki dokazi za aktivno tektoniko v Ljubljanskem bazenu« in Lei Žibret s temo

»Kinematski in paleonapetostni razvoj NW-SE usmerjenih »dinarskih« prelomov v severozahodnih zunanjih Dinaridih«. A. Gosar je mentor doktorandu Juretu Atanackovu s temo Uporaba in optimizacija visokoločljive refleksijske seizmične metode za raziskave geoloških struktur v mladih sedimentih in Marjani Zajc s temo Optimizacija nizkofrekvenčnih georadarskih raziskav za karakterizacijo plitvih geoloških struktur.

B.05 gostujoči profesor na inštitutu/univerzi  
D. Kogoj: gostujoči profesor v Sarajevu

A.01 članek

Rezultati geomorfološkega dela raziskav so sprejeti v objavo v reviji »Annals of Geophysics« (IF 0.567).

D.10 – pedagoško delo.

Velik del projektne skupine sestavljajo predavatelji Univerze v Ljubljani (FGG in NTF), pri pedagoškem procesu pa z vabljenimi tematskimi predavanji redno sodelujejo tudi sodelavci GeoZS.

D0.3 članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih

M. Komac je:

- Predsednik združenja evropskih geoloških zavodov - EuroGeoSurveys (01/2011-12/2012)
- Podpredsednik združenja evropskih geoloških zavodov - EuroGeoSurveys (01-12/2010)
- Podpredsednik Mednarodne zveze geoloških znanosti – IUGS (2012 – dalje)

A. Gosar je bil v letu 2012 imenovan za vodjo področja (Team leader) Geohazards v znanstvenem odboru programa UNESCO International Geoscience programme (IGCP), v katerem deluje kot koordinator recenziranja projektov in ocenjevanja novih prijav projektov

C.06 članstvo v uredniškem odboru

M. Novak je član uredniškega odbora poljudne znanstvene revije Proteus, član strokovnega posvetovalnega telesa za Geopark Idrija, član strokovne skupine za celostno preureditev Dovžanove soteske in izvršnih odborov Slovenskega geološkega društva ter Prirodoslovnega društva Slovenije.

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

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

SLO

Vprašanje recentne geodinamike smo reševali z interdisciplinarnim geološko - geodetsko-seizmološkim pristopom in uvedli ali začeli uvajati nove raziskovalne metode (visokoločljiva seizmika, nizkofrekvenčni georadar, tektonska geomorfologija) v raziskave v slovenskem prostoru. S tem smo pripomogli k razumevanju aktivne tektonike in seizmotektonike na območju prehoda iz Južnih Alp v Dinaride ter splošno k razvoju slovenske znanosti na področju geoznanosti. Identificirali in kvantificirali smo aktivne prelome na območju Ljubljanske kotline in rešili nekatera pomembna znanstvena vprašanja iz preteklosti. Med drugim, da so znotraj kotline aktivni predvsem reverzni in ne normalni prelomi, da je Vodiška topografska stopnja površinski izraz aktivnega reverznega preloma in da so v Ljubljanski kotlini potencialno potresno nevarni predvsem desnozmični in reverzni prelom.

Velika novost je bistveno izboljšano regionalno polje hitrosti premikov točk glede na stabilno Evrazijo. Iz rezultatov GNSS opazovanj smo določili hitrost primikanja Jadranske mikroplošče k Evraziji, hitrost premikanja ob Savskem prelomu in krčenje v Posavskih gub. Vse to so podatki, ki jih svetovna raziskovalna srenja s tega področja že nekaj časa nestrpno pričakuje.

Z raziskavo na Vodiškem prelomu smo prvič na slovenskem ozemlju s paleoseizmološkimi orodji dokazali pripovršinski obpotresni pretrg v bližnji geološki zgodovini, kar postavlja v novo luč tako ocene seizmotektonskih razmer in oceno potresne nevarnosti v Sloveniji, kot umestitev slovenskega prostora v širšo seizmotektonsko sliko na stičišču Alp in Dinaridov. Raziskava na Vodiškem prelomu je z izvedbo v zaporedju: pregled geološkega arhiva, geološko kartiranje, daljinsko zaznavanje, tektonsko – geomorfološko kartiranje, izvedba in obdelava natančnih geodetskih posnetkov, zaporedje geofizikalnih preiskav (refrakcijska in refleksijska seizmika,

GPR, ERT) in na koncu analiza dveh paleoseizmoloških jarkov, vzorčni primer metodološkega pristopa izvedbe tovrstne raziskave tudi v svetovnem merilu.

Nova intenzitetna lestvica ESI 2007 je bila testirana na primeru potresa leta 1998 v Krnskem pogorju z največjo intenziteto VII-VIII po EMS-98. Raziskave so pokazale, da je ESI 2007 lestvica učinkovito orodje za oceno intenzitete v redko poseljenih goratih območjih ne le za zelo močne, temveč tudi za srednje močne potrese, kar je novost v svetovni literaturi.

Metodo spektralnih razmerij mikrotremorjev, ki se sicer uporablja za določitev lastne frekvence kvartarnih fluvialnih in jezerskih sedimentov, smo uspešno uporabili kot inovativno geofizikalno prospekcijsko metodo za določitev njihove debeline. Potrdili smo, da lahko metodo mikrotremorjev, ki je bistveno hitrejša in cenejša od drugih metod, uporabimo kot učinkovito metodo za interpolacijo debeline sedimentov med podatki vrtin ali drugih geofizikalnih raziskav. Za ugotavljanje vpliva lokalne geološke zgradbe na ojačenje seizmičnih valov smo izvedli obsežne raziskave z metodo spektralnih razmerij mikrotremorjev. Gre za eno prvih tako obsežnih raziskav s to metodo v svetu, ki zato predstavlja vzorčen primer.

Ker je geodezija kot stroka v zadnjih desetletjih silovito napredovala, tako v tehnološkem kot v znanstvenem raziskovalnem smislu, so sedaj mogoči preračuni obstoječih merskih podatkov skladno s sodobnimi pristopi predvsem v smislu določevanja datumskih parametrov, izravnave, transformacije, nepristranske ocene iskanih parametrov in deformacijske analize, kar smo s svojim raziskavami v celoti dosegli. Nadalje smo v geodetskem delu raziskav realizirali kakovosten koordinatni sistema ter določitev koordinat točk v posamezni termiski izmeri, na osnovi katerih smo s ponovljenimi opazovanji GNSS na kakovostno stabiliziranih geodetskih točkah določili premike oziroma hitrosti premikov točk v času.

ANG

The question of recent geodynamics was addressed with a multidisciplinary geologic, geodetic and seismologic approach and by the introduction and use of new research methods in Slovenia (high resolution seismic reflection, GPR, tectonic geomorphology). This contributed to the understanding of active tectonics and seismotectonics in the transitional area between the Southern Alps and the Dinarides as well as to the general scientific advancement of geology and related sciences in Slovenia. Active faults in the Ljubljana Basin were identified and with use of new data also seismotectonically quantified. Important questions from the past were answered: within the basin mostly strike-slip and reverse faults are active, the Vodice topographic scarp is the surface expression of an active reverse fault and that potentially seismically active faults include mostly dextral strike-slip faults and reverse faults.

An important novelty is the significantly improved knowledge on regional velocity field. Based on extensive GNSS survey we determined the convergence rate of Adriatic plate with regard to the Eurasia. Besides, we determined the slip rate along the Sava fault and contraction rate within the Posavje folds. This data has been expected by international scientific community for some time and we have provided it within this project for the first time.

On the Vodice fault for the first time in Slovenia a geologically recent coseismic surface rupture was proven with the use paleoseismologic tools. This finding puts into new perspective the seismotectonic environment and seismic hazard assessment in Slovenia as well as the placement of the area of Slovenia into the general context of Alpes-Dinarides contact. The research on the Vodice fault is a state of the art case study of an active fault with the following steps: study of archival data, geologic mapping, remote sensing, tectonic-geomorphologic mapping, acquisition and processing of precise geodetic data, succession of geophysical investigations (high resolution seismic refraction and reflection, GPR, ERT) and in the final stage the excavation and detailed analysis of two paleoseismological trenches.

The new ESI 2007 earthquake intensity scale was tested on the EMS-98 intensity VII-VIII 1998 Krn earthquake. The spatial distribution of very large, large and medium-sized rock fall events clearly defined an elliptical area, elongated along the seismogenic fault. This research showed the ESI 2007 scale is an effective tool for intensity estimation in sparsely populated mountainous areas, not only for very strong, but also for moderately strong earthquakes which is a worldwide novelty.

The microtremor horizontal-to-vertical spectral ratio (HVSR) method, regularly used to determine sediment resonant frequencies was innovatively applied to map the thickness of quaternary fluvial and lacustrine sediments. We confirmed the HVSR method is a time-effective low-cost prospection method for interpolation of the thickness of quaternary sediments between boreholes and geophysical data. To determine the effect of local geological structure on earthquake wave amplification a large HVSR field survey was undertaken. This is one of the first surveys on such a scale worldwide and represents a case study.

Due to the rapid development of geodetic science and geodetic tools in the past several decades, new reprocessing and reassessment of existing geodetic data was done with modern techniques in terms of determination of datum parameters, leveling adjustments, transformation, objective assessment of investigated parameters and deformation analysis. Furthermore, in the scope of the geodetic part of the research, a high-quality coordinate system was established and coordinates of measurement points in each individual measurement determined. Both were used as the base for repeated GNSS measurements on high-quality stabilized geodetic points for determination of regional displacement and velocity vectors

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

SLO

Slovenija leži v zmerno potresno aktivnem območju, kjer so potresi z magnitudami 3-4 vsakoletni, uničujoči potresi z magnitudami nad 5 pa razmeroma redki. Potresna nevarnost je bila doslej znana le zaradi nekaj posameznih močnejših potresov, med katerimi so bili najmočnejši Idrijski potres leta 1511 z ocenjeno magnitudo 6.8, Veliki koroški potres leta 1348 z ocenjeno magnitudo 6.4 in Ljubljanski potres leta 1895 z ocenjeno magnitudo 6.1. Ti so povzročili večjo gmotno škodo in zahtevali tudi človeška življenja. Zaradi redkosti takih dogodkov in kratkega obdobja beleženja (1000 letno beleženje potresov je v primerjavi z več 10-1000 tisočletno življenjsko dobo seizmogenih virov izjemno malo), je veljalo napačno prepričanje, da živimo v potresno relativno varni deželi. Rezultati tega projekta so pokazali, da je na širšem območju Ljubljanske kotline več aktivnih prelomov, ki so lahko viri močnih potresov, na nekaterih prelomih pa smo našli dejanske dokaze o uničujočih potresih v preteklosti. Verjetnost uničujočih potresov predstavlja nevarnost za ljudi, infrastrukturo in ekonomijo. Rezultati tega projekta bodo eden od osnovnih gradnikov nove ocene potresne ogroženosti Ljubljanske kotline in Slovenije ter temelj za načrtovanje ukrepov za zmanjševanje potresne ranljivosti. Nova spoznanja bo treba upoštevati pri zagotavljanju varnosti družbe skozi različne ukrepe prostorskega planiranja, potresno varne gradnje in ozaveščanja prebivalcev. Z našimi raziskavami smo uvrstili raziskano ozemlje na evropski zemljevid dežel, ki imajo tematiko seizmotektonike in potresne nevarnosti obdelano na visokem nivoju

ANG

Slovenia is an area of moderate earthquake activity with magnitude 3-4 earthquakes occurring annually, while destructive earthquakes with magnitudes >5 are infrequent. The seismic hazard assessment was mostly based on a few strong historical earthquakes, among which the 1511 magnitude 6.8 Idria earthquake was the strongest. The large Villach 1348 earthquake was an estimated magnitude 6.4, while the 1895 Ljubljana earthquake was an estimated magnitude 6.1 event. These earthquakes caused significant damage and claimed human lives. The historical scarcity of large events if opposed to the 10 to 1000 ka life span of seismic sources have produced a false sense of the general area being relatively earthquake-safe. The results of this project have shown there are several active faults in the Ljubljana Basin, all potential sources of large and destructive earthquakes, while on several particular faults actual evidence of past destructive events were identified. The significant possibility of destructive earthquakes presents danger for the inhabitants, infrastructure and economy. The results of this project will be used in the future as one of the fundamental inputs in new, future seismic hazard assessment of the Ljubljana Basin and Slovenia as well as the base for future earthquake vulnerability mitigation planning. The new findings from this project will have to be used in future urban planning, earthquake engineering and public awareness programs. With this research, Slovenia has been put on the European map of countries with a high level of seismotectonics and earthquake hazard research.

## 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 checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<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 checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
<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 checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
<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
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<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	Delno
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen



	Uporaba rezultatov	V celoti
<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	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<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	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</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.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</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.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

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

## 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 type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" 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</b>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

	<b>identitete</b>					
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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

Z izdelavo prvega seizmotektonskega modela Ljubljanske kotline smo naredili korak naprej k ureditvi tega področja tudi v smislu regulative in upravnih postopkov (gradbeništvo, enrgetika, načrtovanje rabe prostora...), vendar bo za konkretno uveljavitev potrebno nekaj časa in tudi strokovnih, tehničnih in upravnih rešitev. Ocenjujemo, da bi lahko rezultati projekta dosegli polno uporabniško vrednost v treh letih. Rezultate in nove metodološke pristope smo posredovali javnosti, ter z znanjem in postopki, vzpostavljenimi znotraj projekta, sodelovali tudi pri pomembnih aplikativnih (infrastrukturnih) projektih v Sloveniji.

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

	Sofinancer			
1.	Naziv	Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje.		
	Naslov	Vojkova 1b, 1001 Ljubljana, p.p. 2608		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	110.285,63	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
	1.	Izdelava seizmotektonskega modela Ljubljanske kotline kot osnova za posodobljeno oceno potresne nevarnost	F.17	
	2.	Some seismotectonic characteristics of the Ljubljana Basin, Slovenia. Predstavitev novega seizmotektonskega modela Ljubljanske kotline na EGU General Assembly na Dunaj	F.18	
3.	Določitev debeline kvartarnih sedimentov z metodo mikrotremorjev za izboljšanje potresne mikrorajonizacije v Ljubljanski kotlini	F.09		
4.	Kompilacija vseh obstoječih in novo izmerjenih geodetskih podatkov (GNSS, nivelman in terestrične izmere) za kvantifikacijo recentnih tektonskih premikov v Ljubljanski kotlini in širši okolici.	F.06		
5.	Uvedba metod tektonske geomorfologije in multidisciplinarnih geofizikalnih raziskav kot komplementarnih metod k geološkim in geodetskim raziskavam za oceno seizmotektonskih karakteristik	F.10		

	izbranega območja
Komentar	Seimotektonski model bo ključni gradnik izdelave nove karte potresne nevarnosti v Ljubljani in vodilo za širitev na območje celotne Slovenije.
Ocena	Primer sodelovanja, kjer je sofinancer za aplikacijo potreboval nove podatke, ki jih ni mogoče pridobiti brez znanstvenoraziskovalnega dela.

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

##### 14.1. Izjemni znanstveni dosežek

###### 1.01 Izvirni znanstveni članek

Nova intenzitetna lestvica ESI 2007 je bila testirana na primeru potresa leta 1998 v Krnskem pogorju z največjo intenziteto VII-VIII po EMS-98. Porazdelitev zelo velikih, velikih in srednje velikih podorov je jasno definirala eliptično območje, razpotegnjeno vzdolž seizmogenega preloma. Raziskave so pokazale, da je ESI 2007 lestvica učinkovito orodje za oceno intenzitete v redko poseljenih goratih območjih ne le za zelo močne, temveč tudi za srednje močne potrese, kar je novost v svetovni literaturi.

Vir: Gosar, A. 2012: Application of Environmental Seismic Intensity scale (ESI 2007) to Krn Mountains 1998 Mw = 5.6 earthquake (NW Slovenia) with emphasis on rockfalls. Natural hazards and earth system sciences; 12/5; 1659-1670; Impact Factor: 1.792; A<sup>1</sup>.

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

###### D0.3 članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih

Leta 2007 je bil A. Gosar kot prvi iz Slovenije imenovan v znanstveni odbor programa UNESCO International Geoscience Programme (IGCP). V tem odboru je deloval predvsem kot recenzent letnih poročil potekajočih projektov in ocenjevalec prijav novih projektov. Po petih letih je bil leta 2012, zaradi zelo uspešnega predhodnega dela in znanstvenih referenc, imenovan za vodjo področja Geohazards (Team leader).

Vir: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/international-geoscience-programme/scientific-board/>

## 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:*

Geološki zavod Slovenije

Miloš Bavec

**ŽIG**

Ljubljana

18.3.2013

Kraj in datum:

**Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/73**

<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 priložitev/-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  
DE-1E-59-14-E1-B4-43-C5-91-86-7C-7F-23-78-F9-03-FF-BA-EE-FB

# VEDA

## Področje: 1.06 Geologija

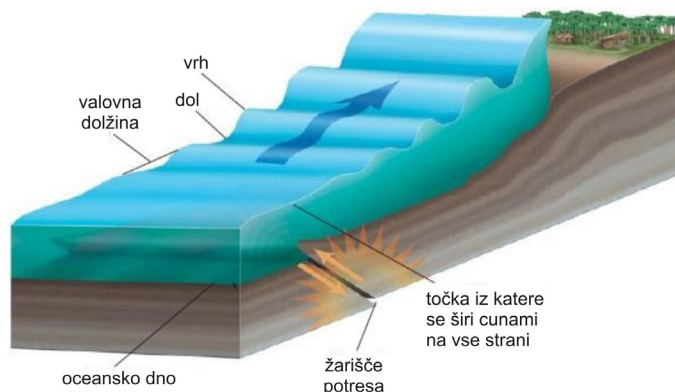
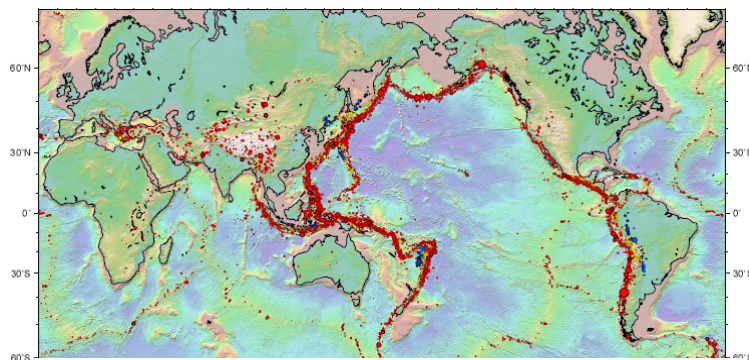
### Dosežek 2: Članstvo v mednarodnih odborih/komitejih, Vir:

<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/earth-sciences/international-geoscience-programme/scientific-board/>



IGCP Board Members

	<b>IGCP Chair: Ms Vickers-Rich, Patricia</b>	<a href="mailto:p.v.rich@monash.edu">p.v.rich@monash.edu</a>
	<b>SIDA Rep: Ms Vajda, Vivi</b>	<a href="mailto:vivi.vajda@geol.lu.se">vivi.vajda@geol.lu.se</a>
<b>EARTH RESOURCES</b> <small>Studying our planet</small>	<b>Mr Moritz, Robert</b> Team Leader	<a href="mailto:robert.moritz@univie.ac.at">robert.moritz@univie.ac.at</a>
	Mr Baudouin, Georges	<a href="mailto:georges.baudouin@geol.uva.nl">georges.baudouin@geol.uva.nl</a>
	Mr Koyohito, Andrei	<a href="mailto:koyohito@geology.ora.by">koyohito@geology.ora.by</a>
	Mr Laitinen, Raimo	<a href="mailto:Raimo.laitinen@utu.fi">Raimo.laitinen@utu.fi</a>
	Mr Lavreau, Johannes	<a href="mailto:jlavreau@hcmuonline.com">jlavreau@hcmuonline.com</a>
	Mr Maschalis, Jörg	<a href="mailto:joerg.maschalis@geochemie.uni-wuerzburg.de">joerg.maschalis@geochemie.uni-wuerzburg.de</a>
	Mr Nie, Feng-Jun	<a href="mailto:nief@geo.cas.ac.cn">nief@geo.cas.ac.cn</a>
	Mr Passava, Jan	<a href="mailto:jan.passava@geology.cz">jan.passava@geology.cz</a>
	Mr Selwonn, Raimar	<a href="mailto:r.selwonn@hhu.ac.uk">r.selwonn@hhu.ac.uk</a>
	Mr Yigit, Ozcan	<a href="mailto:ozcan@kocaeli.edu.tr">ozcan@kocaeli.edu.tr</a>
<b>GLOBAL CHANGE AND EVOLUTION OF LIFE</b> <small>Evolution from the geological record</small>	<b>Mr Narbonne, Guy</b> Team Leader	<a href="mailto:narbonne@geol.queensu.ca">narbonne@geol.queensu.ca</a>
	Mr Harper, David	<a href="mailto:dharper@umh.ku.dk">dharper@umh.ku.dk</a>
	Ms Hori, Rie-S	<a href="mailto:horie@sci.shimizu.ac.jp">horie@sci.shimizu.ac.jp</a>
	Mr Koenigshof, Peter	<a href="mailto:Peter.Koenigshof@geochemie.uni-wuerzburg.de">Peter.Koenigshof@geochemie.uni-wuerzburg.de</a>
	Ms Leroy, Suzanne	<a href="mailto:suzanne.leroy@brunel.ac.uk">suzanne.leroy@brunel.ac.uk</a>
	Mr Lukenseder, Alexander	<a href="mailto:alexander.lukenseder@hhu-witten.ac.at">alexander.lukenseder@hhu-witten.ac.at</a>
	Ms Mirza, Tiliu	<a href="mailto:Tiliu.Mirza@unl.ac">Tiliu.Mirza@unl.ac</a>
	Ms Oishi-Isumoto, Francesca	<a href="mailto:fsumoto@post.keio.ac.jp">fsumoto@post.keio.ac.jp</a>
	Ms Yaniko Hombach, Valentina	<a href="mailto:valyano@vsnlon-vevstare.org">valyano@vsnlon-vevstare.org</a>
	<b>Mr Gosar, Andrej</b> Team Leader	<a href="mailto:andri.gosar@univ-lj.si">andri.gosar@univ-lj.si</a>
<b>GEOHAZARDS</b> <small>Prepping for risks</small>	Mr Campbell, Hamish	<a href="mailto:h.campbell@geos.uct.ac.za">h.campbell@geos.uct.ac.za</a>
	Mr Cundy, Andy	<a href="mailto:a.cundy@brunel.ac.uk">a.cundy@brunel.ac.uk</a>
	Mr Menounos, Brian	<a href="mailto:bmenounos@unbc.ca">bmenounos@unbc.ca</a>
	Ms Ocampo, Adriana	<a href="mailto:ao@geos.uct.ac.za">ao@geos.uct.ac.za</a>
	Mr Silva, Pablo	<a href="mailto:psilva@unl.ac">psilva@unl.ac</a>
	Mr Sinubin, Manuel	<a href="mailto:manuel.sinubin@geos.kuleuven.be">manuel.sinubin@geos.kuleuven.be</a>
	Mr Stewart, Iain	<a href="mailto:iain.stewart@leamouth.ac.uk">iain.stewart@leamouth.ac.uk</a>
Mr Wright, Robert	<a href="mailto:robert@hawaii.hawaii.edu">robert@hawaii.hawaii.edu</a>	
<b>HYDROGEOLOGY</b> <small>Groundwater and water cycle</small>	<b>Mr Maho, Gili</b> Team Leader	<a href="mailto:gili.maho@univ-lj.si">gili.maho@univ-lj.si</a>
	Ms Anderson, Mary	<a href="mailto:andy@geochemie.uni-wuerzburg.de">andy@geochemie.uni-wuerzburg.de</a>
	Mr Bredehoeft, John	<a href="mailto:jbrnd@usgs.gov">jbrnd@usgs.gov</a>
	Mr Cheng, Zhang	<a href="mailto:zhang@geos.uct.ac.za">zhang@geos.uct.ac.za</a>
	Mr Georgiadi, Alexander	<a href="mailto:alex50@geos.uct.ac.za">alex50@geos.uct.ac.za</a>
	Mr Karambiri, Hirona	<a href="mailto:hirona.karambiri@2ie.edu.org">hirona.karambiri@2ie.edu.org</a>
	Ms Le, Thi Phuong Quynh	<a href="mailto:quynh@geos.uct.ac.za">quynh@geos.uct.ac.za</a>
	Mr Liensou, Gaston	<a href="mailto:gaston@univ-lj.si">gaston@univ-lj.si</a>
	Mr Lyons, William	<a href="mailto:william.lyons@univ-lj.si">william.lyons@univ-lj.si</a>
	Mr Pulido-Bosch, Antonio	<a href="mailto:apulido@univ-lj.si">apulido@univ-lj.si</a>



Seznam članov znanstvenega odbora UNESCO IGCP.

Geološko pogojene nevarnosti ogrožajo človeštvo.

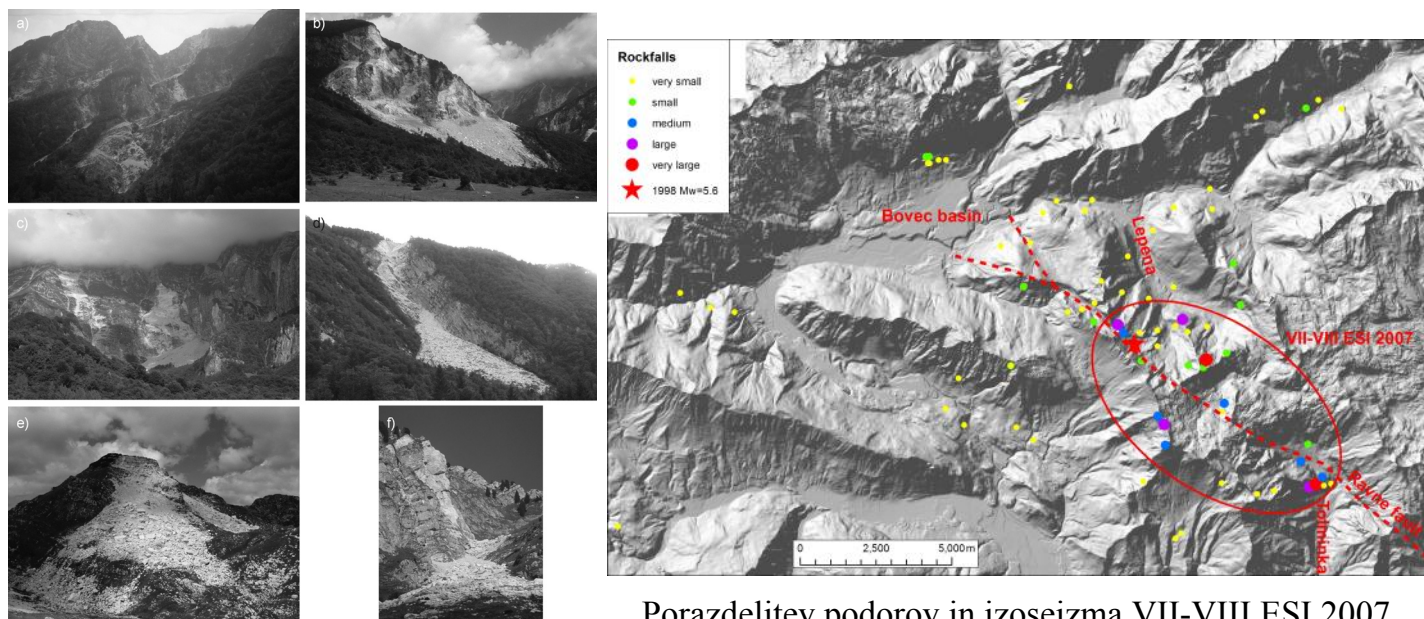
Leta 2007 je bil Andrej Gosar kot prvi iz Slovenije imenovan v znanstveni odbor programa UNESCO International Geoscience Programme (IGCP). V tem odboru je deloval predvsem kot recenzent letnih poročil potekajočih projektov in ocenjevalec prijav novih projektov. Po petih letih je bil leta 2012, zaradi zelo uspešnega predhodnega dela in znanstvenih referenc, imenovan za vodjo področja Geohazards (Team leader). Sedaj koordinira delo devetih članov odbora za geološko pogojene nevarnosti (Geohazard) in sodeluje na vsakoletnem zasedanju znanstvenega odbora na sedežu UNESCO, kjer se določi seznam projektov, ki bodo financirani v prihodnjem letu in obseg njihove podpore. Poleg tega se se podrobno obravnavajo in oblikujejo smernice enega najpomembnejših svetovnih raziskovalnih programov na področju geoloških znanosti, ki poteka že 41 let. Geološko pogojene nevarnosti – potresi, vulkani, cunamiji, zemeljski plazovi, poplave in geološki materiali, ki ogrožajo človekovo zdravje – so ena glavnih groženj človeštvu, saj vsako leto zahtevajo veliko žrtev in povzročijo ogromno materialno škodo.



# VEDA

## Področje: 1.06 Geologija

**Dosežek 1:** 1.01 Izvirni znanstveni članek, **Vir:** Gosar, A. 2012: Application of Environmental Seismic Intensity scale (ESI 2007) to Krn Mountains 1998 Mw = 5.6 earthquake (NW Slovenia) with emphasis on rockfalls. Natural hazards and earth system sciences; 12/5; 1659-1670; Impact Factor: 1.792; A'.



Porazdelitev podorov in izoseizma VII-VIII ESI 2007.

Največji podori v Krnskem pogorju, ki jih je povzročil potres leta 1998.

Potres leta 1998 v Krnskem pogorju z največjo intenziteto VII-VIII po EMS-98 je povzročil obsežne učinke v okolju Julijskih alp. Uporaba običajnih intenzitetnih lestvic, ki temeljijo predvsem na poškodbah objektov, je bila v nadžariščnem območju omejena, saj gre za redko poseljeno visokogorsko območje. Po drugi strani pa so bili učinki na naravno okolje izraziti in zelo razširjeni. Ta dejstva in uvedba nove ESI 2007 lestvice so motivirali raziskavo z namenom oceniti njeno uporabnost za ta potres. Vsi okoljski učinki – podori, plazovi, sekundarne razpoke v tleh in hidrološki učinki – so bili opisani, klasificirani in ocenjeni na podlagi terenskih raziskav, analize letalskih posnetkov in makroseizmičnih vprašalnikov. Izkazalo se je da so le podori (78 je bilo registriranih) dovolj razširjeni za določitev intenzitete, skupaj s celotno prizadeto površino. Glede na prostornino so bili klasificirani v pet razredov. Porazdelitev zelo velikih, velikih in srednje velikih podorov je jasno definirala eliptično območje, razpotegnjeno vzdolž seismogenega preloma, za katero je bila opredeljena intenziteta VII-VIII. Primerjava te izoseizmične linije z EMS-98 izoseisto je pokazala podobno obliko. Raziskave so pokazale, da je ESI 2007 lestvica učinkovito orodje za oceno intenzitete v redko poseljenih goratih območjih ne le za zelo močne, temveč tudi za srednje močne potrese.