

# Bočno razširjanje kot posebna oblika gibanja tal na območju Doline v občini Puconci

## Lateral spread as a special form of soil movement in Dolina area in municipality Puconci

Magda ČARMAN

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul. 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija; e-mail: magda.carman@geo-zs.si

Prejeto / Received 17. 4. 2014; Sprejeto / Accepted 14. 6. 2014

*Ključne besede:* bočno razširjanje, glina, pesek, Murska formacija, Dolina, Puconci, Slovenija

*Key words:* lateral spread, clay, sand, Mura formation, Dolina, Puconci, Slovenia

### Izvleček

V prispevku je predstavljena posebna oblika nestabilnosti tal, ki je v Sloveniji redkeje zabeležena. Gre za bočno razširjanje tal v osrednjem delu Doline v občini Puconci. Teren je zgrajen predvsem iz glinastih in peščenih sedimentov Panonskega morja, pretežno pliocenske starosti. Pred nekaj leti je v Dolini pričelo prihajati do znatnih poškodb objektov. Glede na podatke opravljenih raziskav sklepamo, da je ravninsko območje razpadlo na posamezne bloke, ki se gibljejo v različnih smereh, zaradi česar so nastale tako obsežne poškodbe objektov. Možni vzrok za nastanek je lahko erozija Dolinskega potoka ob vzhodnem robu obravnavanega terena ali seizmične raziskave (razstreljevanje, vibracije), ki so se izvajale tod pred približno 20 leti. Določitev točnega vzroka nastanka bočnega razširjanja tal, njegovega obsega in dinamike ostajajo izziv za prihodnost.

### Abstract

The paper presents a particular form of soil instability, which is rarely observed in Slovenia. This is a lateral spread of the soil, which appeared some years ago in the central part of Dolina area in the municipality of Puconci. The area is mainly build up from clay and sandy sediments of the Pannonian Sea, predominantly Pliocene age. A significant damage of building has begun several years ago. According to data from research carried out, we suggest that the flat area is disintegrated into individual blocks, moving in different directions. These led to such extensive damage to buildings. Possible cause could be erosion of Dolinski stream at the eastern edge of the area or seismic survey (blasting, vibrations), which were carried out here about 20 years ago. Determination the exact cause of the formation of the soil lateral spread, its extent and dynamics, remain a challenge for the future.

### Uvod

V okviru pilotnega projekta ocenjevanja plazljivosti, ki ga je v letih 2011 in 2012 Geološki zavod s podizvajalci izvajal za Ministrstvo za kmetijstvo in okolje je bila v preglednem merilu, namenjenem uporabi na nivoju občin, obdelana tudi občina Puconci. Metodološko je bil projekt usmerjen v oceno plazljivosti na pobočjih. Pri pregledu Doline pa smo naleteli na primere, kjer se kljub blagim, praktično minimalnim nagibom terena pogosto srečujejo s pojavi nestabilnosti tal, ki ustrezajo bočnemu razširjanju tal. Ker krovni projekt metodološko ni bil ustrezen za ocenjevanje tovrstnega pojava, smo Dolino dodatno inženirsko-geološko pregledali in ovrednotili zabeleženo gibanje tal.

### Geomorfološke in geološke značilnosti širše lokacije

#### Geomorfološki opis ozemlja

Obravnavano ozemlje se nahaja severovzhodno od Puconcev, na Goričkem, ki je del Prekmurja. Za Goričko je značilno menjavanje gričevja in vmesnih ravnin, pri čemer nadmorske višine redko presežejo 400 m (BAVEC et al, 2012). To je večinoma z gozdom porasel svet, ki ga imenujejo Gorički bregi. Zaselek Dolina delno leži na zelo položnem, skoraj ravninskem delu ob Dolinskem potoku, delno pa na obrobem gričevju.

#### Litološke razmere

Najstarejše kamnine v občini Puconci so sedimenti, ki predstavljajo ekvivalent plasti Rhoiboida v sladkovodnem razvoju. Na osnovni geološki

karti, list OGK Goričko, so označene kot pontske ( $Pl_1$ ) (PLENIČAR, 1970), na redefinirani geološki karti severovzhodne Slovenije 1: 100.000, pa so te plasti uvrščene v Mursko formacijo (JELEN & RIFELJ, 2011), ki jo uvrščata v obdobje od zg. dela sp. panonija do zgornjega pontija ( $^1M_7 - ^2M_8$ ). Izdajajo le v spodnjih delih pobočij grebenov v severozahodnem delu občine. Plasti Murske formacije so zastopane z menjavanjem peska, meljastega in prodnatega peska, glinastega melja, meljne gline, prodnatega in peščenega melja, vložkov premoga in fragmentov dreves. Plasti ležijo skoraj vodoravno, njihova debelina pa znaša od 600 do 800 m. Na plasteh Murske formacije ležijo spodnje-paludinske plasti v razvoju rečnih prodov oz. sedimenti srednjega ( $Pl_2$ ) in zgornjega ( $Pl_3$ ) pliocena. Glede na redefinirano formacijsko geološko karto merila 1 : 100.000, katere izhodišče je prav tako rokopišna geološka karta 1 : 25.000, uvrščamo te sedimente v Ptujsko-Grajsko formacijo, ki po novem obsega zg. del zg. panonija ali morda zg. pontij do pliocena.

Sedimenti Ptujsko-Grajske formacije izdajajo na celotnem gričevnatem delu občine severno od Šalamencev. Po Pleničarju (1970) gre za sedimente, ki so za razliko od svoje podlage popolnoma brez fosilov, zaradi česar je njihova natančnejša stratigrafska opredelitev problematična. V spodnjem delu te litološke enote je menjavanje peska, prodnatega peska, peščenega in meljaste gline, glinastega ter peščenega proda, v zgornjem delu pa prevladuje peščen in meljast prod. V teh plasteh so pri Pečarovcih prisotni tudi centimetrski do decimetrski vložki lignita. Opisani litološki različki med seboj niso ločeni zaradi premajhne debeline posameznih plasti in pokritosti terena.

Med holocenske naplavine uvrščamo dolinske nanose potokov in hudournikov ter najmlajše nanose Mure v Murski ravnini. V potočnih dolinah med goricami je navadno rumena in rjava peščena glina oziroma ilovica, medtem, ko je vzdolž strug potokov v glavnem drobnozrnat kremenov pesek.

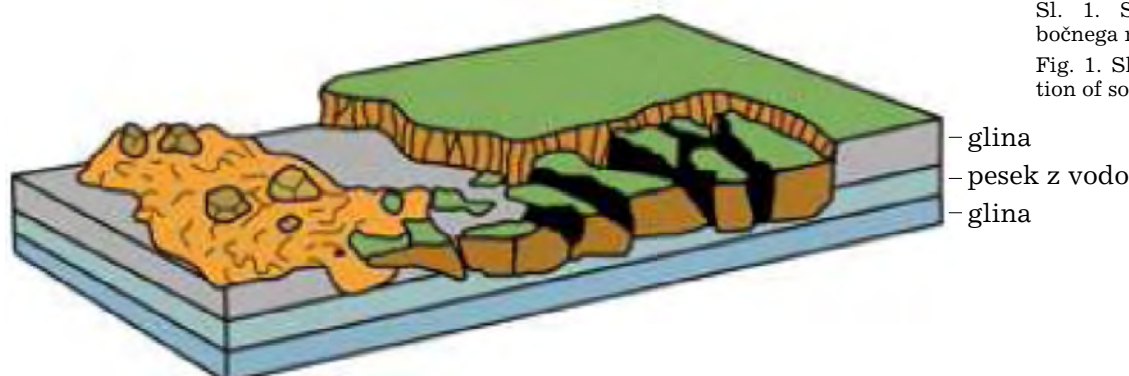
### Bočno razširjanje tal v osrednjem delu Doline

Na ravninskem delu Doline nastopa posebna oblika gibanja tal, v Sloveniji redkeje zabeležena, ki se imenuje bočno razširjanje tal. Značilno

se pojavlja na ravnih ali zelo položnih terenih. Nagibi terena v tem delu Doline znašajo od  $2^\circ$  do  $5^\circ$ , najpogosteje  $3^\circ - 4^\circ$ . Osnovni način gibanja zemeljskih mas je bočno razmikanje blokov, zaradi česar nastajajo strižne ali natezne razpoke. Pogosto je vzrok porušitve rotacijski zdrs ob vznožju pobočja, lahko pa se premiki pojavijo tudi brez jasnega vzroka (MARTIN, 1999) ali pa je nastanek porušitve povezan z likvefakcijo. To je proces, pri katerem se zaradi delovanja zunanega vzroka začne saturiran sediment (običajno pesek ali melj) obnašati kot tekočina. V primeru, da sediment, v katerem se prične likvefakcija, prekriva koherenten sediment, se v njem prične pojavljati razpoke, ki teren razdelijo na različno velike bloke (INTERNET 1). Ti bloki se nato premikajo na različne načine – se posedajo, rotirajo, bočno premikajo, razpadajo, idr. (sl. 1). Bočno razširjanje v drobnozrnatih sedimentih na zelo položnih pobočjih je večinoma progresivno. Porušitev nastopi nenadno, na majhni površini in se nato progresivno širi. Zelo občutljiva območja za pričetek porušitve predstavljajo obrečna pobočja ali pa so porušitve vezane na paleostruge, ki so zapolnjene z drobnozrnatimi usedlinami.

### Inženirskogeološke razmere na ozemlju Doline

Dolina se nahaja med Mačkovskim in Dolinskim potokom, ki potekata v smeri sever – jug in drenirata južni del Goriškega proti jugu. Severozahodni del Doline leži na gričevju z blagim nagibom pobočij. Pobočja gradijo puste rjave gline, ki so ponekod svetlo sive barve. Glede na podatke geomehanskih vrtn iz poročila prevladujejo plasti peščenega gline (CL) in peščenega melja (ML). Ritmično se menjavajo s tanjšimi plastmi mastne gline (CH) in visoko plastičnega melja (MH). Gline so težkognetne konsistence, v območju vode pa prehajajo v srednjegnetno konsistenčno stanje. Gline in melji v povprečni debelini okoli 8 m so pogosto odloženi na plasti enakomerno zrnatega drobnega peska (SU) z vložki peščenega melja. Peski so običajno v srednje gostem gostotnem stanju, njihova debelina znaša od 0,2 do 2,2 m. V tem sloju se okoli 6 - 10 m pod nivojem terena pojavi voda, ki je ponekod pod tlakom (ŠTERN et al., 2007). Ponekod so peski odloženi na lapornato podlago, drugje jim sledi ponovni cikel glinastih zemljin. Pesek se pojavlja tudi med laporjem, takrat je bolj zbit in vlažen.



Sl. 1. Shematski prikaz bočnega razširjanja tal.

Fig. 1. Schematic presentation of soil lateral spread.

### Poškodbe na objektih

Na osrednjem delu Doline kljub velikim poškodbam objektov ne moremo govoriti o klasičnem zemeljskem plazanju. Na območju, velikem cca 30 ha, med krajevno asfaltirano cesto, Žilavcovim Varašam na jugu in Dolinskim potokom

na vzhodu so prisotne obsežne poškodbe objektov. Največje deformacije se pojavljajo v osrednjem delu. Poškodovanih je več objektov, in sicer do te mere, da so predvideni za rušenje. Poškodbe na posameznih objektih se odražajo kot vertikalne, horizontalne in poševne razpoke, razmikanje, rotacije in premiki celih objektov ter deformacije



Sl. 2. Ortofoto posnetek terena s fotografijami poškodb objektov (povzeto iz ŠTERN in sod. 2007).

Fig. 2. Orthophoto of area with photos of damaged objects (after ŠTERN et al., 2007).



Sl. 3. Poškodbe na hiši iz centralnega dela Doline (poleg vrtine DI-5).

Fig. 3. Damage on the house in the central part of Dolina (near borehole DI-5).



Sl. 4. Poškodbe na objektu na zahodnem delu Doline (poleg vrtine DI-11).

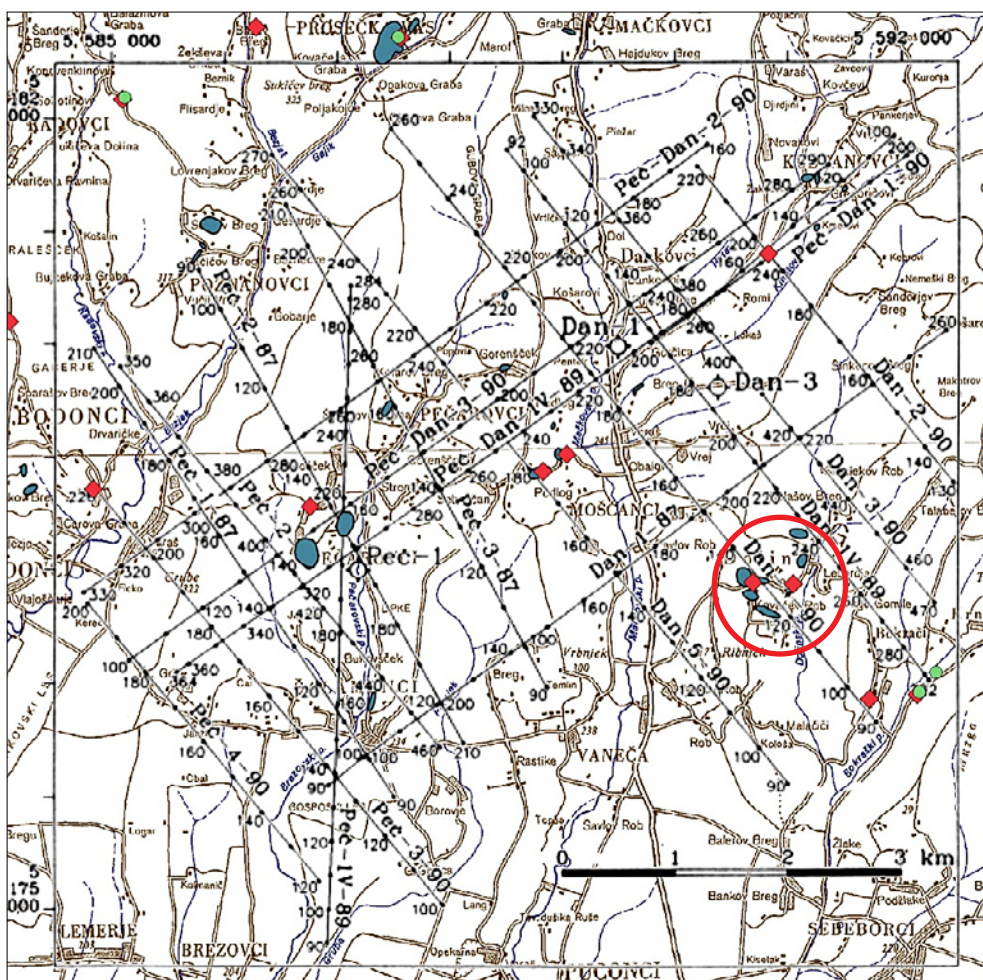
Fig. 4. Damage on the object in the western part of Dolina (near borehole DI-11).





Sl. 5. Premik objektov na zahodnem delu Doline (po-  
leg vrtnine DL-11).

Fig. 5. Buildings displacement in the western part of Dolina (near borehole DL-11).



Sl. 6. Lokacije seizmičnih profilov in lokacije plazov oz. nestabilnosti tal.

Fig. 6. The location of seismic profiles and the landslides locations.

na cestiščih (sl. 2, 3, 4 in 5). S časom se razpoke večajo, dva objekta sta že podrti, najmanj trije so še predvideni za rušenje in nadomestno gradnjo. Premikanje terena ogroža tudi gospodarske objekte in komunalno infrastrukturo.

Domačini navajajo, da je do poškodb objektov začelo prihajati nekaj let po izvajanju obsežnih geofizikalnih raziskav v bližnji in širši okolici. Ravno tako navajajo, da naj bi se od takrat pojavl-

jale tudi težave z vodo. Navedb nismo mogli zadovoljivo preveriti, vendar sklepamo, da geofizikalne raziskave najverjetneje ne morejo biti vzrok za nastanek poškodb na objektih nekaj let kasneje. Če bi prišlo do poškodb v času izvedbe, bi bila verjetnost vpliva raziskav visoka. Geofizikalne raziskave so se izvajale v 90. letih prejšnjega stoletja. Z njimi so želeli ugotoviti primernost globinskih struktur za podzemno skladiščenje plina (GOSAR, 1995). Lo-



kacije merskih profilov so prikazane na sliki 6. Drugi podatki glede geofizikalnih raziskav nam niso bili dostopni. Dolina je označena z rdečim krogom na sliki 6. Zeleni krogi predstavljajo lokacije zemeljskih plazov iz baze GIS\_UJMA, modri poligoni so lokacije zemeljskih plazov, ki jih je posredovala občina Puconci leta 2012 in rdeči kvadrati so podatki o zemeljskih plazovih od URSZR iz leta 2011. S prekrivanjem lokacij seizmičnih profilov s podatki o znanih plazovih, ne moremo niti potrditi niti ovreči vpliva seizmičnih raziskav na pojavljanja plazov. Ob nekaterih seizmičnih profilih se plazovi pojavljajo, ob drugih ne.

Za potrditev možnosti, da so vzrok plazanju oz. nestabilnostim tal seizmične raziskave, bi bilo potrebno izvesti detajlno kartiranje terena in plazov ter detajlno preučiti podatke o seizmičnih raziskavah.

### Geotehnične raziskave

Za potrebesanacije so se v Dolini izvajale obsežne geotehnične raziskave. V letih 2006 (november – nulta meritve) in 2007 (maj – prva meritve) (ŠTERN et al., 2007) so potekale inklinometrične meritve. Izmerjeni pomiki so znašali od 1,6 mm do 22,4 mm v šestih mesecih. Na podlagi izmerjenih podatkov lahko ocenimo letni premik, ki znaša od 3,2 mm/leto (izjemno počasno gibanje – lezenje) do 4,5 cm/leto (zelo počasno gibanje). Najmanjši premiki so bili izmerjeni na strmejših pobočjih na severozahodnem delu, največji pa v osrednjem, skoraj ravninskem delu Doline. Iz skupih podatkov inklinometričnih meritev sklepamo, da je teren

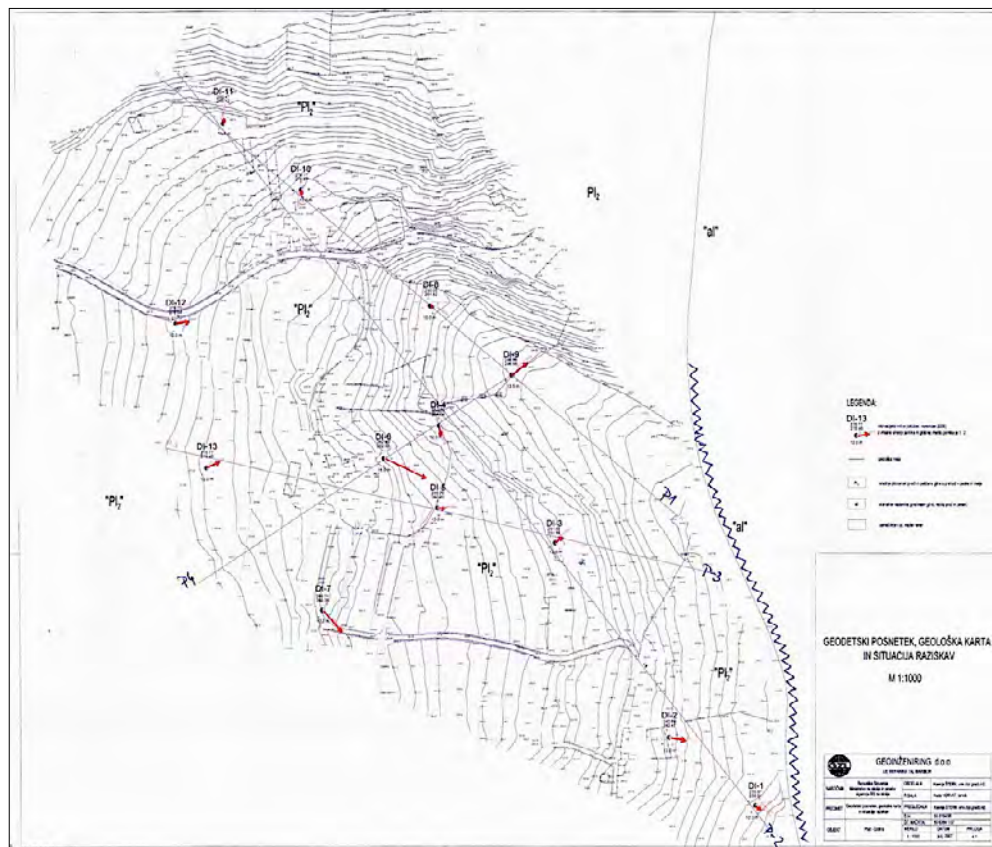
razpadel na posamezne bloke, ki se gibljejo v različnih smereh (sl. 7). Smeri in velikosti premikov so na sliki 7 označene z rdečimi puščicami.

Premiki se pojavljajo na različnih globinah (med 2 m in 9 m), najgloblje se pojavljajo v osrednjem delu. V tem delu so bili izmerjeni tudi največji premiki. Premiki so običajno vezani na omejeno prečeno plast, vendar so bili zabeleženi premiki tudi znotraj glinastih zemljin. Za določevanje točnejše dinamike premikanja oz. bočnega razširjanja, bi bile smiselne redne inklinometrične meritve v daljšem obdobju. Tako bi natančneje opredelili gibanje terena, ki je razdeljeno na posamezne bloke ter območja z nateznimi in tlačnimi deformacijami. Glede na smer in globino gibanja posameznih delov terena bi bilo možno določiti okvirno velikost posameznih premikajočih se blokov.

Dodatno bi bilo smiselno opazovati tudi nihanje gladine podzemne vode oz. spreminjanje tlakov vode v peskih v daljšem obdobju ter podatke korelirati s podatki inklinometričnih meritev.

### Možni vzrok nastanka bočnega razširjanja tal v Dolini

V strokovni literaturi nastanek bočnega širjenja tal najpogosteje pripisujejo likvefakciji. Pri likvefakciji se v zemljini zgodijo procesi, ki so vezani na porušitev strukture v rahli zemljini, ki teži k zgoščanju. Termin likvefakcija se uporablja za opisovanje procesa in ne lastnosti materiala, pri katerem z vodo zasičene zemljine zaradi zunanje obtežbe izgubijo svojo strižno trdnost in se utekočinijo (PETKOVŠEK, 2001). Likvefakcija lahko

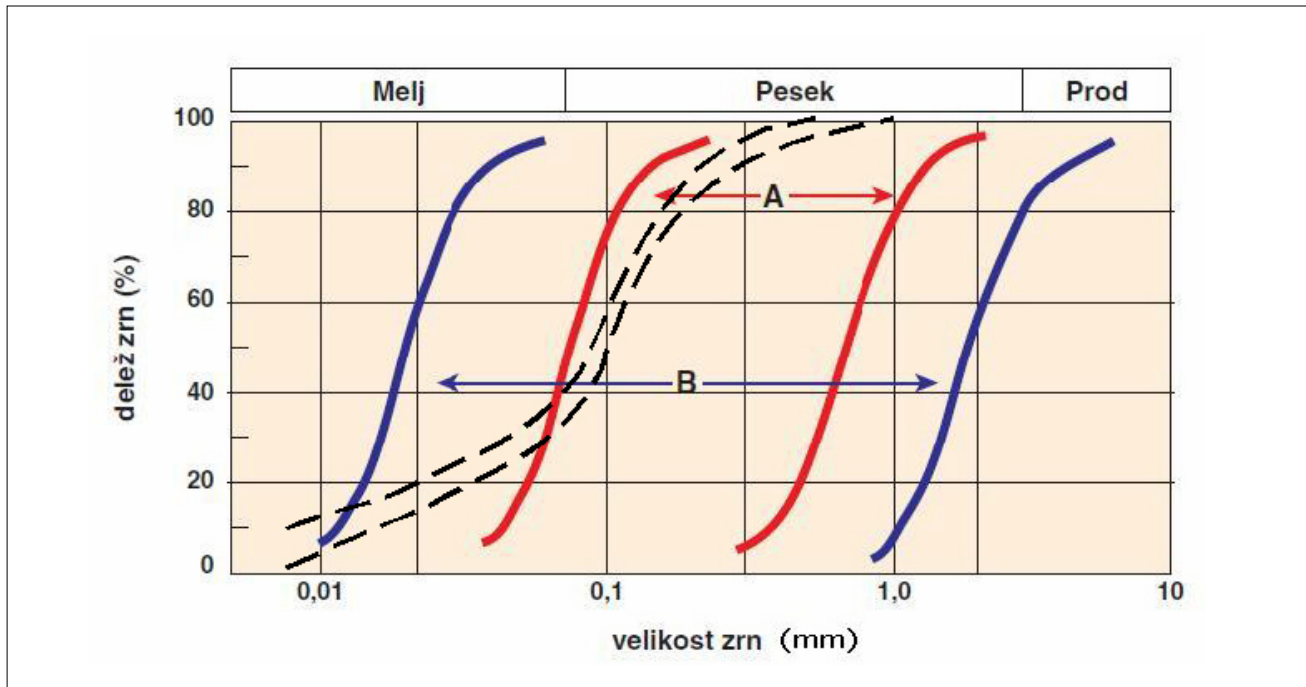


Sl. 7. Izmerjeni premiki v inklinometrih (povzeto iz ŠTERN et al., 2007).

Fig. 7. Measured movements from inclinometers (after ŠTERN et al., 2007).

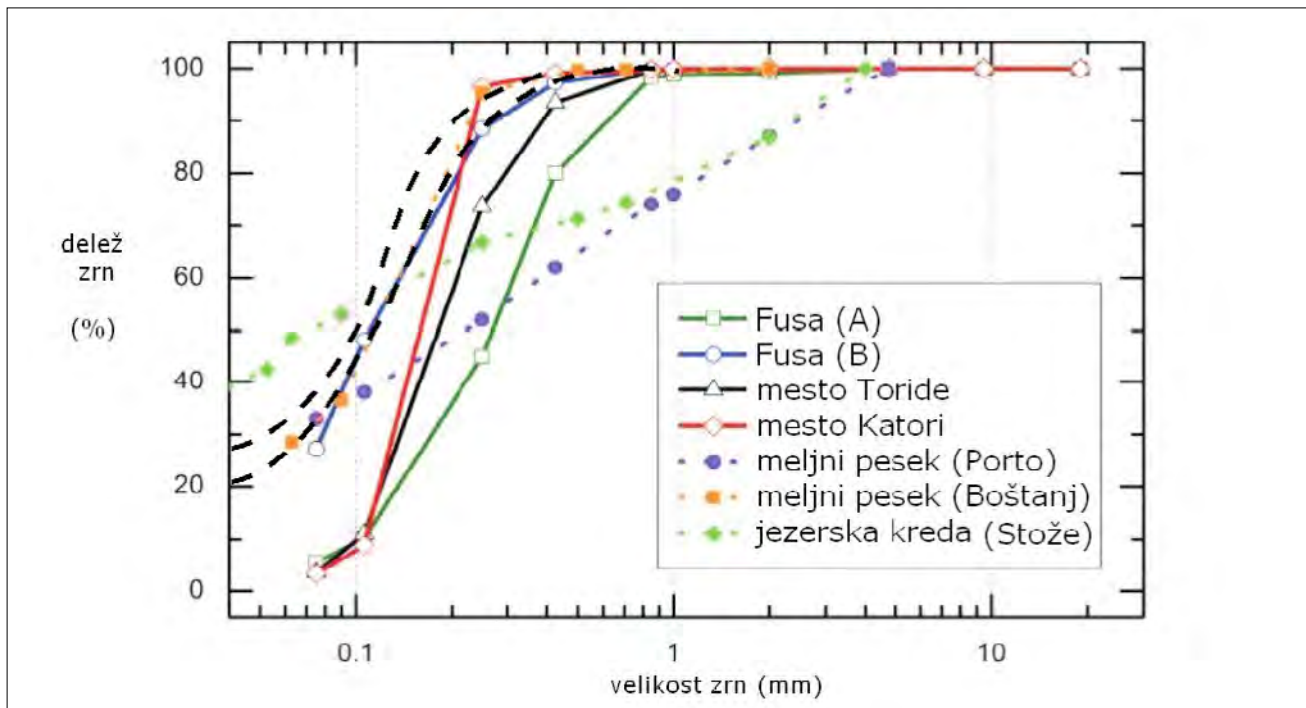
nastopi pri katerem koli rahlem, z vodo zasičenim materialu. Katastrofalne posledice, ki jih likvefakcija prinese na objektih, so običajno vezane na dogajanja v plasteh iz rahlih, z vodo zasičenih peskov, ki jih sproži potres. Najpogostejši vzrok je potres (nenaden

hiter premik tal), lahko pa so vzroki tudi miniranje ali hitra izpraznitev vode v zemeljskem vodnem zadrževalniku. Pogosti so pojavi likvefakcije tal pod starimi železniškimi progami, po katerih začnejo voziti novi, težji in hitrejši vlaki.



Sl. 8. Zrnavosti zemljin, občutljivih na likvefakcijo (območji A in B) in granulometrična sestava peskov iz Doline (črno šrafrano območje).

Fig. 8. Grading of soils, susceptible to liquefaction (areas A and B) and granulometric composition of sands from the Dolina (black hatched area).



Sl. 9. Primerjava sejalnih krivulj za različne zemljine (LENART et al., 2012) z dodano granulometrično sestavo zemljin iz Doline (črno šrafrano območje).

Fig. 9. Comparison of the gradation of different soil samples (LENART et al., 2012) with added granulometric composition of soils from the Dolina (black hatched area).

V našem primeru so lahko možen vzrok seizmične raziskave (razstreljevanje, vibracije) ali erozija Dolinskega potoka ob vzhodnem robu oz. vznožju obravnavanega terena. Prej zaprta peščena plast s podtalnico pod tlakom je zaradi erozije lahko postala odprta in zato utrpela padec tlaka. Padec tlaka v sloju peska, saturiranem z vodo, lahko povzroči obraten pojav likvefakciji in sicer se tlak iz vode prenese na medzrnske tlake. Zaradi tega pride do zgoščevanja peska in posledično posedanja površine nad njim. Zaradi diferencialnih posedkov tal teren razpade na različno velike bloke.

Pri izdelavi vrtin za seizmične raziskave, ki so običajno globoke cca 10–20 m, so bile zanesljivo navrtane peščene plasti z vodo pod tlakom. Če se je razstreljevalo ravno v območju med glinastimi in peščenimi sedimenti, bi lahko prišlo do sprememb v režimu podtalnice, vendar podatkov o globlinah vrtin in o razstreljevanju nimamo in je takšna ocena za enkrat le hipotetična.

Dodatno smo ocenili likvefakcijski potencial zemljin v Dolini. Na sliki 8 so prikazana območja zrnivosti zemljin, ki so zelo občutljiva na likvefakcijo. Območje A predstavlja območje najbolj občutljivih zemljin, območje B pa območje potencialno občutljivih zemljin (KRAMER, 1996). Dodatno je na sliki 8 prikazana zrnivost peskov iz Doline s črno šrafiranim območjem. Iz slike je razvidno, da so melji in peski iz Doline občutljivi do zelo občutljivi za likvefakcijo, za več informacij pa bi bile potrebne dinamične preiskave peskov v geomehanskem laboratoriju. Tako pridobljene podatke bi lahko primerjali s podatki dinamičnih analiz za jezersko kredo (ŽLENDER & LENART, 2005) in sedimentov iz reke Save iz okolice Boštanja in Brežic (SMOLAR & MAČEK, 2011; SMOLAR et al., 2012)

Za primerjavo podajamo izsledke LENARTA in sodelavcev (2012), ki so med seboj primerjali sejalne krivulje slovenskih materialov in krivulje peskov z okolice reke Tone na Japonskem (sl. 9), kjer so se tla utekočinila pri potresu leta 2011. Dodali smo zrnivosti zemljin z območja Doline. Zrnivost zemljin iz Doline se dobro ujema z zrnivostmi meljnega peska iz Boštanja in zrnivostmi vzorcev peska iz mesta Fusa, v katerih je ob potresu prišlo do nastanka peščenih »vulkanov«.

### Zaključek

Zaselek Dolina v občini Puconci je kljub blagim nagibom terena podvržen nastanku različnih masnih premikov. Za obrobna pobočja z nagibi okoli 8° je značilno lezenje zemljin. Na ravninskem delu Doline pa gre za posebno obliko gibanja tal, ki je v Sloveniji redko zabeleženo. To je bočno razširjanje tal, ki se značilno pojavlja na zelo položnih terenih z nagibi do 5° ob ustrezni geomehanski sestavi tal (zaprta peščena plast z vodo pod tlakom med dvema glinastima plastema). Zaradi različnih vzrokov

je prišlo do dezintegracije terena na različno velike bloke, ki se gibljejo na različne načine. Njihovo gibanje vpliva na nastanek obsežnih poškodb na objektih.

Za natančnejšo opredelitev vzrokov nastanka, obsega in dinamike bočnega razširjanja tal, bi bile potrebne sistematične in redne inklinometrične meritve ter spremljanje nihanja nivoja podzemne vode oz. tlakov vode v peskih v daljšem obdobju, dinamične preiskave peskov v geomehanskem laboratoriju ter po potrebi detajlnejša študija opravljenih seizmičnih raziskav.

### Viri in literatura

- BAVEC, M., RIŽNAR, I., ČARMAN, M., JEŽ, J., KRIVIC, M., KUMELJ, Š., POŽAR, M., ŠINIGOJ, J., JURKOVŠEK, B., TRAJANOVA, M., POLJAK, M., CELARC, B., DEMŠAR, M., MILANIČ, B., MAHNE, M., OTRIN, J., ČERTALIČ, S. & ŠTIH, J. 2012: Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, erozijskih kart ter kart snežnih plazov. Občina Puconci. Poročilo, 66 str. Arhiv GeoZS, Ljubljana.
- GOSAR, A. 1995: Modeliranje refleksijskih seizmičnih podatkov za podzemno skladiščenje plina v strukturah Pečarovci in Dankovci – Murska depresija. *Geologija*, 37/38: 483–549, doi:10.5474/geologija.1995.019.
- JELEN, B. & RIFELJ, H. 2011: Površinska litostratigrafska in tektonska strukturalna karta severovzhodne Slovenije (območje projekta T-JAM) v merilu 1 : 100.000. Geološki zavod Slovenije.
- KRAMER, S. 1996: *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice Hall: 653 p.
- LENART, S., KOSEKI, J. & MIYASHITA, Y. 2012: Soil liquefaction in the Tone river basin during the 2011 earthquake off the Pacific coast of Tohoku. *Acta geotechnica slovenica*, 9/1: 4–15.
- MARTIN, G.R. & LEW, M. (eds.) 1999: *Guidelines for analyzing and mitigating liquefaction hazards in California*. University of Southern California: 63 p.
- PETKOVŠEK, A. 2001: Geološko geotehnične raziskave plazu Stože. *Ujma*, 109–117.
- PLENIČAR, M. 1970: Tolmač za list Goričko in Leibnitz, OGK 1:100.000. Zvezni geološki zavod Beograd: 39 p.
- SMOLAR, J. & MAČEK, M. 2011: Investigation of liquefaction potential of sands from the location of the hydropower plant Brežice. In: BARENS, F.B.J. (ed.): *Geotechnical Engineering New Horizons: Proceedings of the 21st European Young Geotechnical Engineers Conference Rotterdam*. IOS Press: Millpress, Amsterdam: 1161–1166.
- SMOLAR, J., MAČEK, M. & PETKOVŠEK, A. 2012: Raziskave občutljivosti peskov na Krškem polju na likvefakcijo = Investigation of liquefaction potential of sands from Krško polje. V: PETKOVŠEK, A. & KLOPČIČ, J. (ur.): *Razprave, Slovensko geotehniško društvo*, 133–148.

ŠTERN, K. et al., 2007: Geološko-geotehnično poročilo o sestavi tal in postavitvi tehničnega monitoringa za pripravo ukrepov sanacije plazu Dolina. 18 str. + priloge. Geoinženiring Ljubljana, enota Maribor.

ŽLENDER, B. & LENART, S. 2005: Cyclic liquefaction potential of lacustrine carbonate from Julian Alps. *Acta geotechnica Slovenica*, 1/2: 22–31.

INTERNET 1: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-219182249741411/unrestricted/Chp03.pdf> (6. 6. 2014)