

# ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za gradbeništvo in varovanje okolja

## MACESNIKOV PLAZ

(raziskovalna naloga)



Mentor:

Ljubo Milenkovič, univ. dipl. inž

Celje, marec 2014

Avtorici:

Urška Ošep in Klara Nemec

# 1. KAZALO

2.	POVZETEK .....	3
3.	UVOD .....	5
4.	SPLOŠNO O PLAZOVIH .....	6
4.1	Vzroki za nastanek zemeljskih plazov .....	6
4.1.1	Padavine kot povod plazenja .....	7
4.2	Plazenje .....	8
4.3	4.3 Vrste zemeljskih plazov .....	8
4.4	Sestava plazu .....	9
4.5	Opredelitev zemeljskih plazov glede na stopnjo ogrožanja .....	10
4.5.1	Varstvo pred zemeljskimi plazovi .....	11
4.5.2	Preventiva pred zemeljskimi plazovi .....	11
4.5.3	Nujni varnostni ukrepi .....	12
4.5.4	Ukrepi za končno sanacijo .....	13
4.6	Ogroženost Slovenije zaradi zemeljskih plazov .....	14
5.	MACESNIKOV PLAZ .....	16
5.1	Lega in velikost .....	16
5.2	Zakaj je nastal? .....	16
5.3	Vpliv naklona terena na plazenje .....	17
5.4	Potek sanacije Macesnikovega plazu .....	17
5.4.1	Terenske in laboratorijske raziskave .....	19
5.4.2	Hidrotehnični ukrepi .....	20
5.4.3	Kombinacija hidrotehničnih in geotehničnih ukrepov .....	24
5.5	Razprava .....	29
6.	ZAKLJUČEK .....	30
7.	VIRI IN LITERATURA .....	31
8.	ZAHVALA .....	32

## Kazalo slik:

Slika 1: Shema zemeljskega plazu .....	10
Slika 2: Verjetnost pojavljanja plazov v Sloveniji.....	12
Slika 3: Območja, kjer obstaja velika možnost nastanka zemeljskega plazu .....	15
Slika 4: Lokacija Macesnikovega plazu .....	16
Slika 5: Pogled na zgornji del plazu .....	17
Slika 6: Načrt situacije Macesnikovega plazu .....	18
Slika 7: Na Macesnikovem plazu .....	19
Slika 8: Površinska odvodnja .....	20
Slika 9: Izvedba globokih drenaž .....	21
Slika 10: Površinska odvodnja na Macesnikovem plazu.....	22
Slika 11: Odvodnja po polovičnih gibljivih ceveh .....	23
Slika 12: Iztok vode iz vodnjakov v Jurčef.....	24
Slika 13: Drenaža .....	25
Slika 14: Vodnjak .....	26
Slika 15: Vodnjak .....	27
Slika 16: Montaža armature primarne obloge vodnjaka.....	27
Slika 17: Poglobljanje izkopa vodnjaka za primarno oblogo .....	28
Slika 18: Opaženje primarne obloge vodnjaka .....	28
Slika 19: Ojačitev primarne obloge z armaturnimi mrežami, jeklenimi lokovi in brizganim betonom .	28

## 2. POVZETEK

Odločili sva se, da bova raziskali plazove v Sloveniji. Predvsem sva želeli raziskati Macesnikov plaz v Solčavi. Zanimal naju je njegov nastanek, vpliv na okolico in ukrepi, ki jih je naredila občina, v povezavi s plazom. Raziskali sva tudi uspešnost sanacije in trenutno stanje plazu.

Ugotovili sva, da je zemeljski plaz nekontroliran premik večje količine zemlje, blata, kamenja in drobirja po pobočju hriba navzdol. Plaz je posledica fizikalnih in kemijskih sprememb, ki nastanejo zaradi več dejavnikov, kot so potresi, vulkanske aktivnosti, erozija rek ali ledenikov, delovanje morskih valov, tresenje zemlje zaradi prometa, večjih strojnih del, večjih nenadnih prekomernih zbiranj vode, ki so posledica močnih padavin (dežja in snega). Ti dejavniki vplivajo na spremembo sil, predvsem na silo teže. Posledica je, da nestabilne sestave zdrsiijo v ugodnejši stabilen položaj.

Obiskali sva občino Solčava, kjer naju je sprejel gospod Rudi Jezernik. Podrobneje nama je razložil nastanek Macesnikovega plazu in potek sanacije. Odpravili smo se tudi na samo plazišče, kjer smo si ogledali umetno narejene struge potoka, drenaže, vodnjaka in pontonski most, ki premošča plaz.

Na koncu sva raziskovali, kaj lahko pričakujemo v prihodnosti. Plaz se je relativno stabiliziral, njegovo premikanje je zelo počasno in omejeno. Seveda obstaja nevarnost, da ob ekstremnih vremenskih razmerah, predvsem ob močnih deževjih, plaz znova podivja in ogrozi življenje v Solčavi.

### 3. UVOD

#### 3.1 Opis raziskovalnega problema

Najina raziskovalna naloga bo obravnavala Macesnikov plaz v Solčavi. Za to nalogo sva se odločili, ker živiva blizu plazu in ker ta predstavlja velik problem za ljudi, ki živijo tam. Plaz želiva raziskati, saj sva gradbeniki in naju ta smer gradbeništva še posebej zanima. Želiva čim več izvedeti o nastanku in sanaciji največjega plazu v Sloveniji. Zelo naju zanimajo postopki saniranja plazov, ki ogrožajo okolico in prebivalce, ki živijo v bližini.

#### 3.2 Potek raziskovanja

Naloge sva se lotili teoretično in praktično:

- Teoretično bova raziskovali: kaj je plaz, kako jih delimo, kakšna je ogroženost, pogostost plazov v Sloveniji, kakšni so vzroki za nastanek plazu, kakšni so ukrepi za sanacijo.
- Praktično bova obiskali kraj Solčava, poizvedeli zakaj je plaz nastal, kako vpliva na okolico in prebivalce ter kako so ga sanirali.

#### 3.3 Hipoteza:

Najbolj smiselno je plaz sanirati in ga poizkušati čim bolj zaustaviti. Na ta način najbolje poskrbimo za prebivalce in lokalno gospodarstvo, ki bi se drugače moralo preseliti.

Macesnikov plaz je uspešno saniran, njegovo premikanje je zaustavljeno.

## 4. SPLOŠNO O PLAZOVIH

Zemeljski plaz je nekontroliran premik večje količine zemlje, blata, kamenja in drobirja po pobočju hriba navzdol. Plaz je posledica fizikalnih in kemijskih sprememb, ki nastanejo zaradi več dejavnikov, kot so potresi, vulkanske aktivnosti, erozija rek ali ledenikov, delovanje morskih valov, tresenje zemlje zaradi prometa, večjih strojnih del, večjih nenadnih prekomernih zbiranj vode, ki so posledica močnih padavin (dežja in snega). Ti dejavniki vplivajo na spremembo sil, predvsem na silo teže. Posledica je, da nestabilne sestave zdrsiijo v ugodnejši stabilen položaj.

Zemeljski plaz v geografiji pomeni premikanje zemeljskih gmot s plazenjem, pa tudi premikanje sipkega preperelinskega materiala, ki zdrsi zaradi lastne teže in spolzke podlage po pobočju, ko se ob dežju prepoji z vodo. Izraz ima še druge pomenske razločke. Pomeni tudi nanos gradiva, ki je nastal s plazenjem, označuje pa še vdolbino na območju ali območje kjer se pogosto prožijo plazovi. V najširšem smislu (predvsem to velja za druge vede in tuje jezično literaturo) pomeni premik gmote kamenja, prsti, preperine s plazenjem, plazenjem, padanjem ali tokom.

### 4.1 Vzroki za nastanek zemeljskih plazov

Za razumevanje neprestanega geomorfnege delovanja moramo razlikovati vzroke in povode pobočnih procesov. Ti so največkrat le na prvi pogled posledica izjemnih dogodkov kot so potresi ali močne padavine, ki so ponavadi le sprožitelj ali povod geomorfnihi procesov. Povodi delujejo kratek čas in odločajo le o času sprožitve gradiva, ne pa o njegovi količini. Na sprožitev vpliva splet dalj časa trajajočih dejavnikov (vzrokov). Tako je potres lahko povod ali sprožitelj geomorfnege procesa, lahko pa je eden od vzrokov, ki počasi načenjajo stabilnost pobočja. Določen dogodek ali proces je povod v tistem trenutku, ko dejanski pride do sprožitve gradiva sicer je pa le delček v mozaiku vzrokov.

Vzroki za pobočne procese so dejavniki, ki daljši čas delujejo na območje sprožitve in krhajo ravnovesje. Tisti dejavnik, ki dokončno podre dinamično ravnovesje v sistemu oz. v sistem sune prek praga v novo ravnovesno stanje, pa je povod. Po sprožitvi se na območju vzpostavi dinamično ravnovesje na novi ravni, ki traja toliko časa, dokler novega sistema vzroki ne prevedejo do novega praga, povod pa ga spet prežene čezenj.

Poglavitni povodi za nastanek zemeljskega plazu so:

- Vremenska dogajanja:
  - ekstremne padavine (močne in/ali dolgotrajne)
  - nenaden dvig podtalnice
  - poplave

- Hitre temperaturne spremembe:
  - taljenje snega
  - premikanje ledenikov in termafrosta v poznem pleistocenu, v sodobnosti pa večjih nadmorskih višinah in višjih zemljepisnih širinah
  - spomladansko taljenje razpok
  
- Potresi
- Trki nebesnih teles
- Antropogeni posegi:
  - spodkopavanje pobočij in gradnja usekov
  - povečanje naklona pobočij
  - pretirana raba prostora:
    - gradnja naselij na nestabilnih območjih
    - gradnja ifrastrukturnih objektov (ceste, železnice, smučarske proge)
    - sečnja gozdov ali drugi posegi v rastlinsko odejo
    - povzročanje tresljajev (promet, miniranje)
    - rudarjenje
    - kmetovanje(terasiranje pobočij, čezmerna paša)
  
  - nenaden dvig podtalnice, zaradi gradnje akumulacijskih jezer
  - povečan odtok vode, sprememba oz. usmeritev odtokov padavinske vode na nestabilno območje, odnašanje preperine
  
  - Vojaški posegi: (raketiranje, bombandiranje)

#### 4.1.1 Padavine kot povod plazenja

Med zgoraj naštetimi povodi, bi posebej izpostavili obline in intenzivne padavine. Obilica vode namreč premoči preperino, kar poveča vzgonski tlak in zmanjša medzrnske sile vzdolž potencialnih drsni ploskev. S tem se poruši ravnovesje na pobočju in poveča možnost zdrsa. Sprožitev plazov sicer ni nujno neposredno povezana z ravnjo podtalnice vendar ima začetno vsebnost vode v tleh pri sprožitvi pomembno vlogo, saj zmanjša potrebno mejno količino padavin. Povprečna letna količina padavin neposredno ne vpliva na plazenje oz. vpliva le v povezavi s kratkotrajnimi intenzivnimi padavinami.

Mejna količina padavin za sprožitev plazenja v Sloveniji je od 100 do 150 mm pri 24 urnih padavinah in od 130 do 180 mm pri 48 urnih padavinah.

## 4.2 Plazenje

Za plazenje sta pomembna zlasti dva dejavnika, to sta zemeljska težnost in trdnost kamnine oziroma gradiva. Zemeljska težnost povzroča premikanje gradiva v nižjo lego, trdnost gradiva pa to preprečuje.

Razmerje med učinki teh dveh dejavnikov se spreminja zaradi vsebnosti vode, ki obteži pobočje in vpliva na sprijetost gradiva. Na proženje lahko vpliva tudi človek. Če se torej na pobočju zaradi povečane vsebnosti vode spremeni teža gradiva, narašča notranji upor oziroma sprijetost gradiva. Notranji upor lahko narašča le do določene meje, ki jo opredeljuje najvišji notranji upor. Ko je ta presežen, pobočje postane nestabilno in gradivo se hipoma ali postopno premakne v nižjo lego. O zemeljskem plazu govorimo, ko je začetni zdrs hiter in so v naravi opazni njegovi učinki. Do zdrsa pride vzdolž ploskve znotraj gradiva, ob kateri je vrednost notranjega ali strižnega upora manjša od komponentne sile teže, ki deluje v smeri pobočja.

Pri trdnih kamninah je pobočje stabilno tudi, če je naklon večji od kota notranjega trenja. K stabilnosti pripomore večja kohezivnost gradiva, ki pa vpliva le do določene višine pobočja. Zato lahko v tem primeru govorimo o kritični višini pobočja, ki še omogoča njegovo stabilnost. Če se ravnovesje poruši, se znova vzpostavi ob manjšem naklonu.

## 4.3 Vrste zemeljskih plazov

Zemeljske plazove delimo glede na različne lastnosti. Najbolj običajna je delitev **glede na sestavo gradiva**. Praviloma se s plazenjem premakne nevezano gradivo, preperina. Na takšen način se lahko premakne tudi trdna kamnina. Takšen premik poteka vzdolž drsne ploskve znotraj kamnine, na primer vzdolž kamninskih plasti, ali na stiku z drugo kamnino. Pojav prištevamo k skalnim podorom in ga v geografiji imenujemo kamniti zdrs.

**Glede na hitrost plazenja** razlikujemo trenutne zdrse, hitro plazenje, ki poteka s hitrostjo nekaj centimetrov na uro, in počasno plazenje, ki poteka s hitrostjo nekaj milimetrov na uro. Zemeljski plaz se lahko giblje s prekinitvami, ki so ponavadi odvisne od zunanjih dejavnikov, naprimer padavin.

**Glede na velikost** razlikujemo usad, ki je manjši zemeljski plaz; obsega travno rušo in do enega metra debelo plast preperine. Gradivo se premakne v enem kosu in skoraj brez deformacij. Počasen premik, pri katerem se gmota med premikom tudi premeša, je zemeljski plaz.

**Glede na globino** razlikujemo plitve zemeljske plazove, ki zajamejo le preperino, in globoke zemeljske plazove, ki poleg preperine obsegajo tudi matično kamnino. Najgloblji zemeljski plazovi pri nas dosega globino več deset metrov, plitvi pa so po večini globoki le nekaj metrov. Inženirsko-geološka razvrstitev zemeljskih plazov glede na globino razlikuje:



- Zdrs humusa (od 0 do 0,5 m)
- Plitev plaz (od 0,5 do 2 m)
- Srednje globok plaz (od 2 do 5 m)
- Globok plaz (od 5 do 10 m)
- Zelo globok plaz (več 10, tudi več kot 100 m)

**Po načinu premikanja** razlikujemo rotacijsko in translacijsko plazenje. Najpogostejši so rotacijski zemeljski plazovi s krožno drsno ploskvijo. Nastanejo v homogenih kamninah oziroma v preperini, ki jih sestavljajo glinasti, meljasti ali peščeni sedimenti. Za translacijske zemeljske plazove je značilno, da je drsna ploskev vsaj približno vzporedna s pobočjem, zato pride do premika gradiva v enem kosu.

Več vrst zemeljskih plazov razlikujemo tudi **glede na vrsto gradiva**. Splazijo lahko glina, melj, pesek, prod, grušč, prst, preperina, jalovina. Zemeljski plazovi zelo pogosto vsebujejo raznoliko gradivo. Tako lahko na primer vsebuje glino in peščene delce z večjimi kosi kamnine. Najpogostejši so preperinski zemeljski plazovi.

**Glede na dejavnost** razlikujemo aktivne, umirjene in fosilne zemeljske plazove. Aktivni zemeljski plaz se premika s krajšimi ali daljšimi prekinitvami. Umirjeni zemeljski plaz se ne premika več. Star ali fosilni zemeljski plaz pa razkriva nagubano ali grbinasto površje. Na njem so manjši krajevni zdrsi, površje pa je lahko tudi mokrotno.

V grobem poznamo tri vrste zemeljskih plazov:

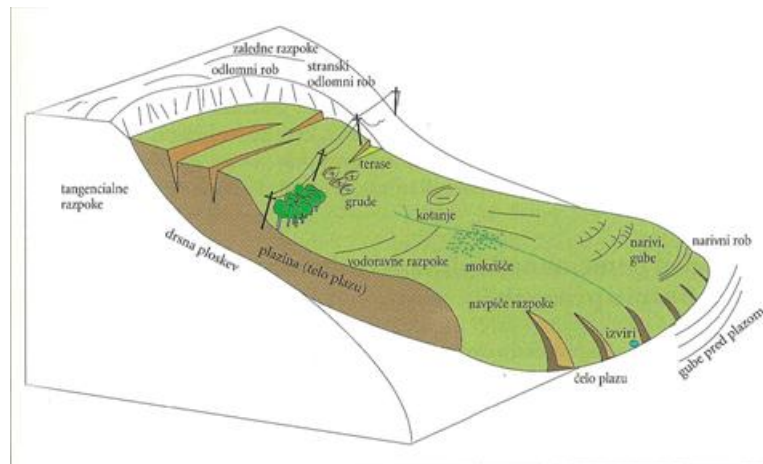
- Padajoči plaz: ogromne pečine zgrmijo po strmem pobočju. Ob dotiku s tlemi se pogosto nalomijo v manjše kose;
- Drseči plaz: po pobočju drsijo z veliko kamenja in skalovja s hitrostjo tekoče vode. Prav tako se sproščajo drseči plazovi drobirja, sestavljeni iz tankih plasti rahle zemlje in manjšega kamenja;
- Tekoči plaz: zmes blata in vode.

#### 4.4 Sestava plazu

Pri plazu ločimo:

- Zgornji del, ki se imenuje odlomni rob in je po navadi strm in izrazi, včasih tudi previsen, lahko ima polkrožno ali nepravilno obliko,
- V nadaljevanju je plaz različnih oblik: vbočen, izbočen ali premočrten; plazeč material je različnih oblik v odvisnost od oblike podlage, vrste plastičnosti, trdnosti in namočenosti materiala,
- Stranski odlomni robovi so odvisni od oblike površja in hitrosti in načina premikanja plazeče mase,

- Spodnji del plazu imenujemo čelo. Tu se gradivo kopiči, nastanejo tudi razpoke. Oblikuje se narivni rob. Čelo se običajno oblikuje v pahljačo.



Slika 1: Shema zemeljskega plazu

#### 4.5 Opredelitev zemeljskih plazov glede na stopnjo ogrožanja

Zemeljski plazovi so lahko opredeljeni glede na stopnjo ogrožanja človeka in narave. Pri opredeljevanju stopnje ogrožanja so pomembni predvsem naslednji dejavniki:

- Napovedljivost pojava: če je pojav možno predvideti tako časovno, kot prostorsko, se mu lahko izognemo oziroma nanj pravočasno reagiramo (nizka stopnja ogroženosti), če ga ne moremo, potem je stopnja ogrožanja visoka.
- Velikost pojava: čim večje mase so vključene v premikanje, bolj je pojav ogrožajoč in težje ga je preprečevati.
- Hitrost gibanja: čim večja je hitrost gibanja pojava, tem težje se mu je izogniti, hujše so posledice, čas za ustrezno reakcijo, za izogibanje ali preprečevanje pa krajši.
- Oddaljenost mesta delovanja do mesta sproženja: kadar se pojav sproži na oddaljeni pogosto težko pristopni lokaciji, stran od oči možnih opazovalcev, kar je lahko več kilometrov stran od mesta končnega delovanja, po navadi pomeni popolno presenečenje, na katerega nismo pripravljeni in zaradi tega so lahko posledice zelo hude.
- Lokacija pojava glede na naseljenost: kadar se pojav dogaja v naseljenem območju je človekova ogroženost neposredna, v naravi pojavi, ki se zgodijo v odročnih krajih, pogosti niti niso registrirani.
- Pogostost dogajanja: večja pogostost dogajanja na istem območju nas naredi za pojav občutljive, pojav spremljamo, ga preučujemo, se mu lahko izognemo ali ga saniramo, če se pojav na določenem območju zgodi na vsakih 100 let ali redkeje, pa spomin na dogodek zbledi in s tem tudi naša pozornost.

Upoštevanje vseh naštetih dejavnikov nam da oceno ogroženosti, ki jo po navadi izrazimo v razredih. Poznamo naslednjo običajno lestvico ogroženosti:

- Izjemno ogrožajoč plaz
- Precej ogrožajoč plaz
- Zmerno ogrožajoč plaz
- Komaj ogrožajoč plaz
- Neogrožajoč plaz

Čeprav je pojav, glede na posamezni dejavnik lahko zelo ogrožajoč, je tveganje za človeka lahko majhno. Kadar se izdelujejo napovedi tveganja, je zato smiselno uporabiti tudi lestvico stopnje tveganja:

- Izjemno tveganje
- Precejšnje tveganje
- Zmerno tveganje
- Majhno tveganje
- Ni tveganja

#### 4.5.1 Varstvo pred zemeljskimi plazovi

Strategija modernega varstva pred zemeljskimi plazovi je kompleksen postopek, ki se deli na tri dele:

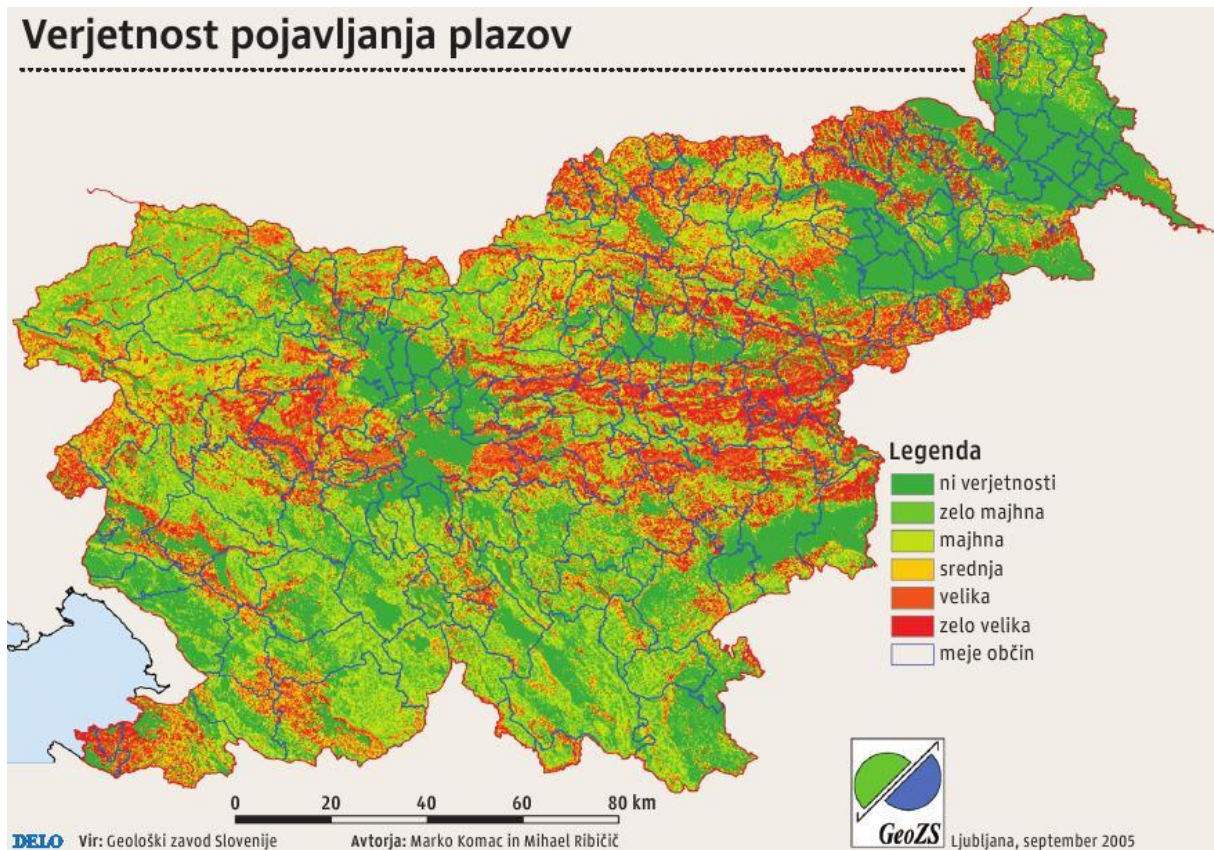
- Preventiva
- Nujni varnostni ukrepi
- Ukrepi za končno sanacijo

#### 4.5.2 Preventiva pred zemeljskimi plazovi

Uspešna preventiva pred zemeljskimi plazovi sloni na dveh, enakovredno pomembnih sestavinah:

- Na zajemanju in shranjevanju raznih podatkov o novih zemeljskih plazovih v posebej pripravljene baze podatkov in na spremljanju sprememb na obstoječih plazovih. Za določeno območje je treba registrirati obstoječe pojave plazenja tal, jih spremljati in shranjevati v omejene baze podatkov.
- Na izdelanih ocenah tveganja, ki podajo ogroženost določenega območja zaradi možnih plazov v prihodnosti. Gre za nadgradnjo sistema podatkovnih baz zemeljskih plazov z upoštevanjem dejavnikov, ki prožijo zemeljske plazove. Tako se lahko izdelajo karte potencialnega plazenja tal ob upoštevanju določenih scenarijev in/ali

verjetnosti nastopa. Načrtovanje posegov v prostor in s tem rabe tal se nato obvezno izvaja z upoštevanjem tako določene ogroženosti terena zaradi plazanja tal, tako da se bodisi najbolj ogroženim območjem izognemo oziroma na manj ogroženih območjih posege izvajamo tako, da so objekti zmožni prenesti projektirane obremenitve, ob tem, da lahko povečamo stabilnost terena.



Slika 2: Verjetnost pojavljanja plazov v Sloveniji

#### 4.5.3 Nujni varnostni ukrepi

Pomemben element nujnih varnostnih ukrepov je monitoring plazov. Odločitve, kot je izselitev prebivalcev iz ogroženih hiš, so posledice analize podatkov monitoringa. Monitoring plazov delimo na operativni in strokovni del. Operativni del monitoringa izvajajo člani Civilne zaščite, ki v naprej izdelane obrazce vnašajo podatke, kot so širjenje razpok in/ali napok na plazov, širjenje plazov, pogostost pojavov intenzivnejšega padanja kamenja ali rušenja, intenziteta in pogostost dežja, pojavljanje in trajanje drobirskih tokov, povezanih s pojavi plazanja tal,... Strokovni del monitoringa opravljajo strokovnjaki z ustrežno opremo. Vsebina monitoringa je vezana na nekatere predhodnje raziskave. Če nekaterih raziskav ne izvedemo, ne moremo opravljati obsežnega monitoringa.

Poznamo:

- Geološki monitoring
- Geodetski monitoring

Geološki monitoring obsega inženirsko-geološko opazovanje plaz, njegovega gibanja in značilnosti. Opazuje se morebitno napredovanje plaz na zgornjem odlomnem robu, širjenje razpok, napredovanje pete plaz, obnašanje plaz ob dežju,... Namen geološkega monitoringa je prognoza nadaljnjega plazenja.

Geodetski monitoring obsega občasne meritve pomikov plaz. Lahko gre za meritve v prečnih merskih prerezih plaz ali pa meritve premikov fiksnih točk na plaz in njegovem stabilnem zaledju. Meritve je možno opravljati klasično z geodetskimi instrumenti ob uporabi tarč na merilnih mestih na plaz. Čedalje več se uporabljajo laserski instrumenti, ki merijo na razdaljo s pomočjo odboja žarkov naravne podlage brez uporabe tarč.

#### 4.5.4 Ukrepi za končno sanacijo

Preden se začne končna sanacija plaz, se mora raziskati/ugotoviti njegove lastnosti, predvideti nadaljni potek plazenja ter določiti geotehnične lastnosti plazine in podlage.

Najpogostejše terenske raziskave in metode instrumentalnega merjenja na plazovih so:

1. Površinske raziskave:
  - a) Inženirsko-geološko posnemanje in kartiranje s popisom značilnosti plazenja
  - b) Geodetske meritve
  - c) Geofizikalne meritve
  - d) Meritve deformacij na površini plaz
  
2. Globinske raziskave in raziskave v vrtinah:
  - a) Meritve nivojev vode
  - b) Meritve za določanje globine plazenja
  - c) Meritve z inklinometri
  - d) Testi vodoprepustnosti
  - e) Geomehanska raziskava na jedrih vrtine

Med najpogostejše sanacijske postopke spadajo:

1. Pregrupacija zemeljskih mas
2. Odvajanje površinskih voda in dreniranje
3. Stabilizacija tal
4. Pomožni sanacijski ukrepi (vegetacija, izognitev plaz)
5. Gradbeni posegi

Gradbeni posegi za preprečevanje nestabilnosti oziroma sanacije plazov se uporabljajo, če plazov ni mogoče sanirati z ostalimi mogočimi ukrepi. Med najpogostejše uporabljene podporne konstrukcije sodijo:

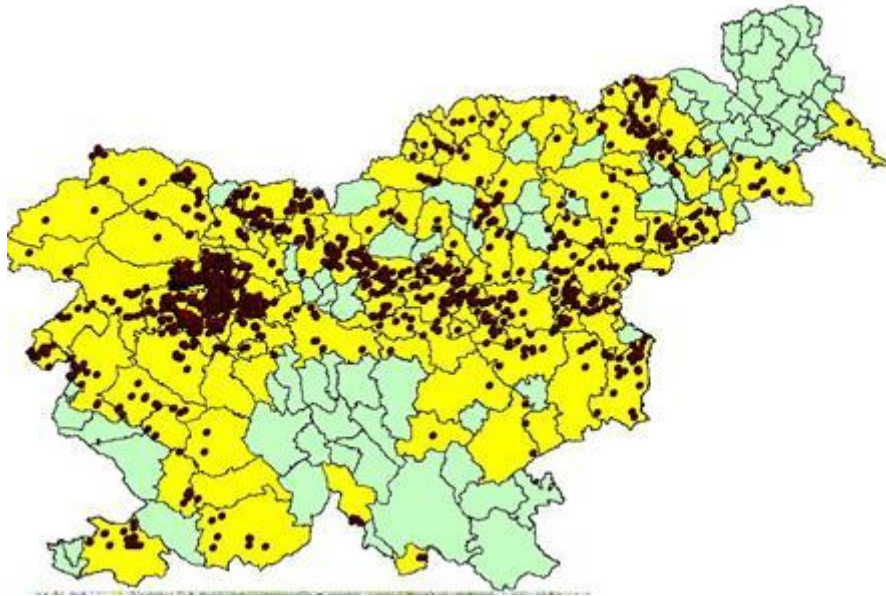
1. Enostavne podporne konstrukcije:
  - a) Kamniti zidovi brez veziva s cementnim vezivom
  - b) Gabioni
  - c) Montažne konstrukcije (kašte)
  - d) Skalne zložbe s cementnim vezivom ali brez njega
  
2. Podporni zidovi:
  - a) Gravitacijski (betonski) zidovi
  - b) Armirani zidovi oz. zidovi s peto
  - c) Sidrani zidovi
  - d) Armirana zemljina
  
3. Površinske konstrukcije:
  - a) Betonska armirana rešeta
  - b) Sidrane stene iz brizganega betona
  
4. Specialne konstrukcije
  - a) Piloti
  - b) Zagatne stene

#### 4.6 Ogroženost Slovenije zaradi zemeljskih plazov

Na splošno je ogroženost zaradi zemeljskih plazov na določenem območju odvisna od lege, površja, kamnin v podlagi, podnebja, padavin, vode, rastlinstva, prebivalstva, poselitve, urbanizacije, rabe tal in industrializacije.

Slovensko ozemlje sodi zaradi svoje raznolike sestave med eno najbolj plazovitih območij v Evropi. V Sloveniji najdemo zemeljske plazove povsod, razen na območju primorskega in dolenskega krasi ter v aluvialnih nižinskih predelih. Pogosti so predvsem v srednje trdnih kamninah (različne klastične kamnine: peščenjaki, laporji, skrilavci in fliš ter njihove metamorfne različice, kot so gnajs in blestniki) in polhribinah (permokarbonski meljevci in glinovci) osrednje vzhodne Slovenije.

Plazenje tal zavzema približno 1/3 slovenskega površja. Te površine sestavljajo labilna zemljišča, na katerih je zaznavno plazenje tal, ali pa pogosto stabilna zemljišča, na katerih so ob veliki namočenosti ali ob neprimernih in nenačrtovanih posegih (urbanizacija, raba tal, industrializacija) mogoča plazenja.



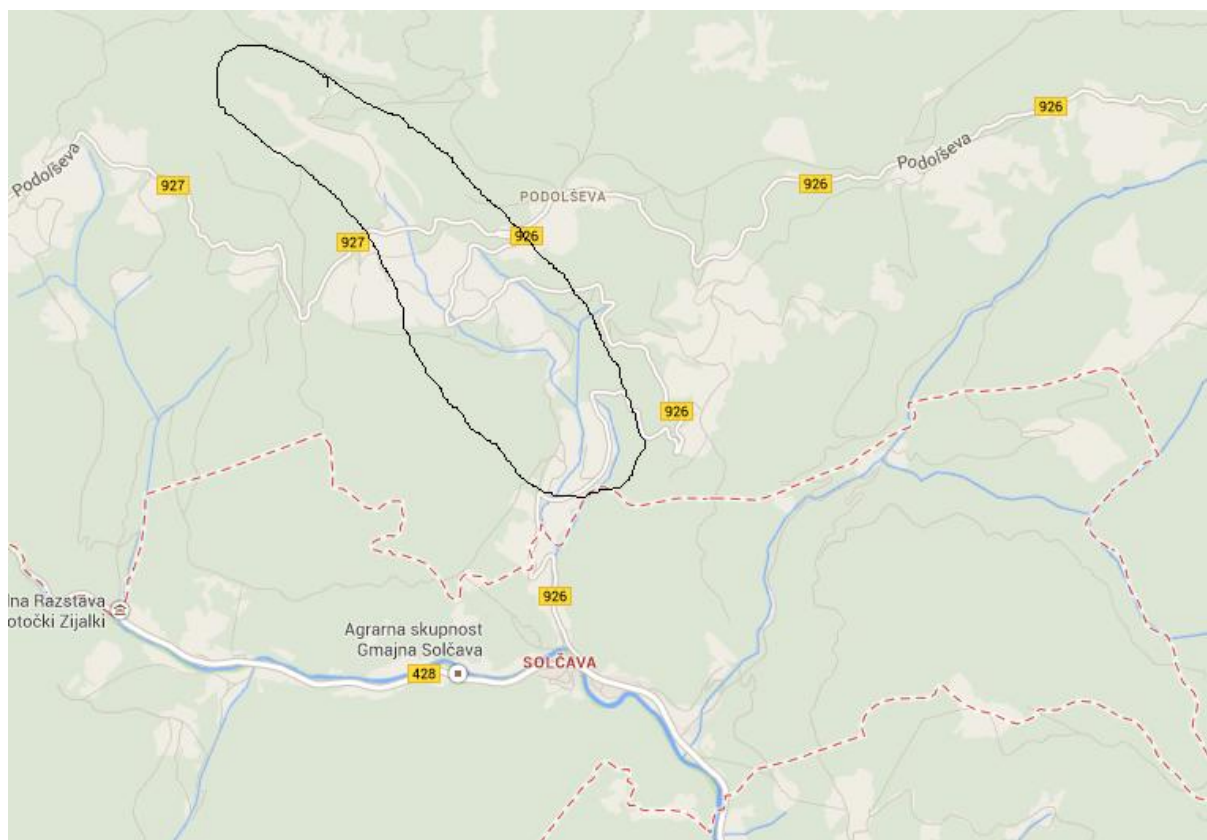
Slika 3: Območja, kjer obstaja velika možnost nastanka zemeljskega plazu



## 5. MACESNIKOV PLAZ

### 5.1 Lega in velikost

Macesnikov plaz leži v Solčavi, pod vznožjem grebena Olševe, tik pod državno mejo med Avstrijo in Slovenijo. Gmota plazu leži na nadmorski višini med 800 in 1400 m. Dolžina plazu je ocenjena na 2400 m, širina pa na 80 m. Masa, ki se je premikala, je imela prostornino več kot  $2.000.000 m^3$ . Globina plazu je od 6 do 30 m.



Slika 4: Lokacija Macesnikovega plazu

### 5.2 Zakaj je prišlo do nastanka plazu?

Macesnikov plaz se je sprožil po intenzivnih padavinah v začetku devetdesetih let, na območju hudournika Jurčef, ki je levi pritok Savinje in izvira na jugovzhodnem delu vznožja grebena Olševe, tik pod državno mejo med Avstrijo in Slovenijo. Osnovni vzrok plazenja je zatekanje izvirnih vod Jurčefa v preperete glinavce, ki ležijo na apnenčasto-dolomitni podlagi. Voda zamaka gruščna gnezda, kar povzroča vzgonske tlake in s tem zmanjšuje stabilnost zgornjega dela plazu. V gibanju je gmota med nadmorskima višinama 800 in 1400 m nadmorske višine. Plaz je nastal v osrednjem zgornjem delu recentnega plazu. Prvotni plaz je širok do 300 metrov in globok do 100 metrov s prostornino več kot 10.000.000 kubičnih metrov.



### 5.3 Vpliv naklona terena na plazenje

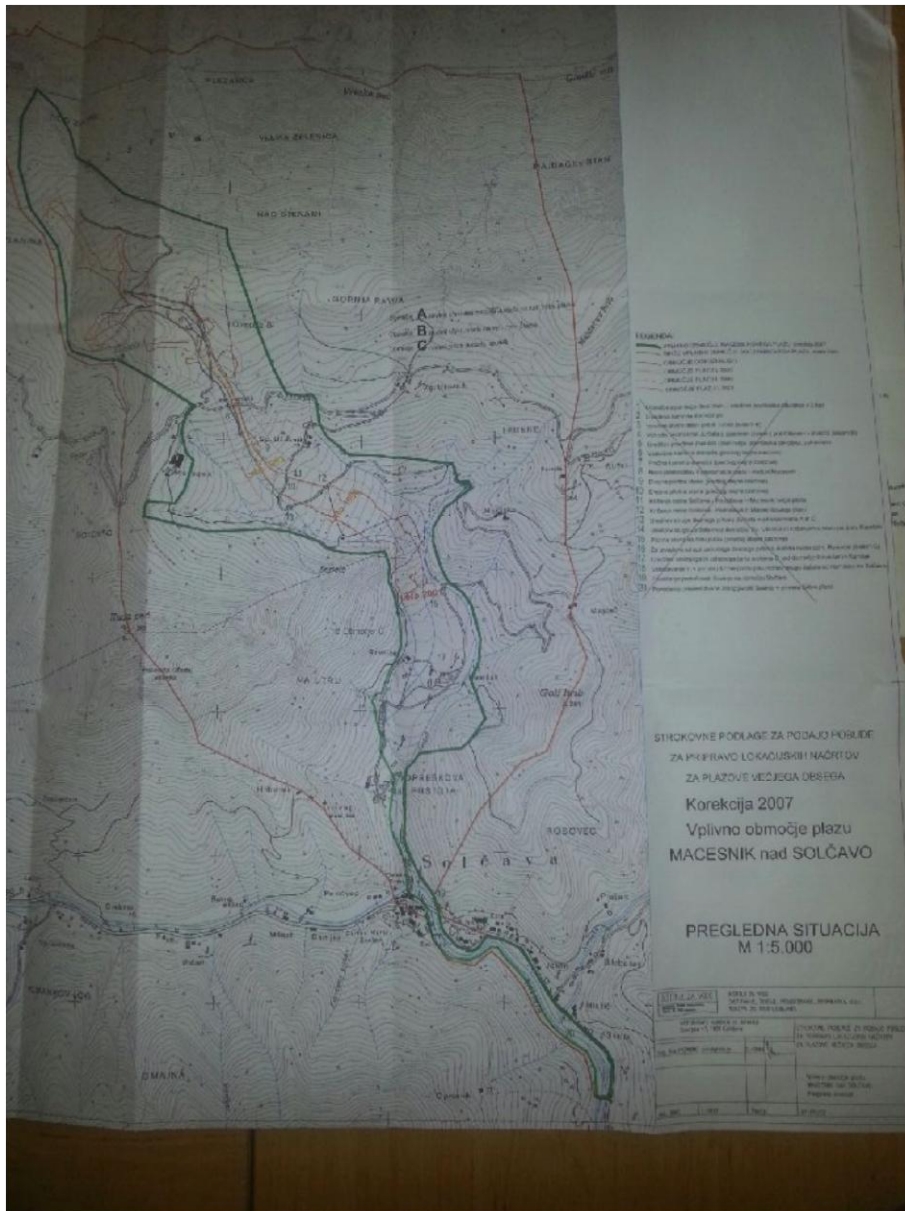
Samo v zgornjem delu plazu, kjer so največje hitrosti plazenja, naklon pomembno vpliva na hitrost plazenja. V ostalih delih plazu naklon ni več odločilen dejavnik. Gibanje plazenja je zelo odvisno od oblikovanosti terena, po katerem poteka plazenje. Naraščanje masnega pretoka v zgornjem delu plazu je posledica pritoka materiala iz številnih stranskih krakov plazu. Največja hitrost plazenja se je razvila tam, kjer je teren najožji in najbolj strm.



Slika 5: Pogled na zgornji del plazu

### 5.4 Potek sanacije Macesnikovega plazu

Obiskali sva občino Solčava, kjer nama je gospod Jezernik podrobneje opisal in predstavil potek sanacije plazu. Pokazal nama je tudi tloris Macesnikovega plazu, iz katerega lahko vidimo, na kakšnem območju je plaz in kako blizu stanovanjskih objektov je.



Slika 6: Načrt situacije Macesnikovega plazu

Z gospodom Jezernikom smo se nato odpravili na ogled Macesnikovega plazu, kjer smo si ogledali hudournik Jurčef, potek drenažnega odvodnjavanja, kontrolno točko premikov plazu in dva vodnjaka. Ogledali smo si tudi pontonski most, ki je iz zgrajen iz železa in premošča plaz, preko katerega poteka panoramska cesta.





Slika 7: Na Macesnikovem plazu

Od nastanka plazu leta 1992 do leta 2000 so se izvajala le dela, katerih cilj je bil omejitev plazenja. Plaz se je kljub temu širil in leta 2001 dosegel današnji obseg. Po letu 2000 se je začelo s celovito sanacijo Macesnikovega plazu. Na podlagi geotehničnih raziskav in spremljanja površine je nastal program ukrepov, ki obsega hidrotehnične in geotehnične ukrepe, oziroma kombinacijo obeh vrst ukrepov.

Osnovni cilji so bili:

- zmanjšanje količine vode na območju aktivnega plazu in s tem upočasnitev plazenja,
- delitev plazu na več manjših plazov, ki se v naslednji fazi rešujejo kot manjši plazovi,
- omejitev plazu na spodnjem–izrivnem robu.

#### 5.4.1 Terenske in laboratorijske raziskave

Prve obsežnejše geotehnične preiskave plazišča so se začele leta 2000. Izvrtano je bilo devet sondažnih raziskovalnih vrtin. V letu 2001 je bilo izvrtanih še 33 vrtin. Od teh vrtin je bilo 28 vrtin opremljenih z inklinometriškimi cevmi za merjenje vodoravnih premikov plazu. Do konca oktobra 2001 je bilo od 28 vgrajenih inklinometrov, zabeleženih že 16 prestrigov in



klinacijskih vrtin. Danes se lahko merijo premiki še v petih inklinometrih, v okolici skalnatega osamelca in v dveh vrtinah v centralnem delu plazu, izven meje plazu. V praktično vseh vrtinah so se merili tudi nivoji talne vode, s posebno sondo, ki odda zvočni signal, ko ta pride v stik z gladino vode. V vrtinah, ki so bile locirane v območju plazu, je bil nivo talne vode ugotovljen tik pod površjem tal (0,5 do 1,5 m). Konec leta 2003 so bile opravljene zadnje meritve talne vode v vrtinah, ki še niso bile uničene. V teh vrtinah je bila konec leta ugotovljena praktično enaka globina talne vode, čeprav je bila voda septembra 2003 iz teh vrtin izčrpana.

V novembru 2000 so se pričela geodetska snemanja plazu in geodetska opazovanja premikov Macesnikovega plazu. Geodetske meritve so se izvajale trigonometrično in z GPS meritvami. Določeno je bilo deset prečnih profilov z najmanj štirimi in največ šestimi geodetskimi točkami (najmanj dve točki sta v območju plazenja, dve pa izven plazu). V obdobju od novembra 2000 do decembra 2003 je bilo opravljenih 13 geodetskih meritev.

#### 5.4.2 Hidrotehnični ukrepi

V osnovni študiji so bila podana hidrološka izhodišča in zasnova urejanja površinske odvodnje.



Slika 8: Površinska odvodnja

Hidrotehnični ukrepi so načrtovani v dveh fazah in sicer:

1. faza: ureditev površinske odvodnje s preusmeritvijo površinskih vod z območja aktivnega plazju,
2. faza: izvedba drenaž na območju aktivnega plazju.



Slika 9: Izvedba globokih drenaž

Površinska odvodnja se je izvajala od jeseni 2001 do poleti 2003. Zgrajeni so bili trije sistemi novih strug hudournika Jurčef. Dva sistema sta bila načrtovana in izvedena na zgornjem delu Macesnikovega plazju nad Pontonskim mostom. Oba jarka obtekata plazju z zahodnega oziroma vzhodnega roba in sprejemata vse površinske in izvirne vode izven območja plazju ter drenirane vode z območja aktivnega plazju.





Slika 10: Površinska odvodnja na Macesnikovem plazu

Izvedenih je bilo 3400 metrov novih hudourniških strug izven tras prvotnih potokov. Sistem odvodnje vzhodnega roba plazu je bil speljan čez sedlo v sosednji-osrednji krak Jurčefa. Na območjih izven pomikov so hudourniki obloženi z makrohrapavo oblogo, ki zagotavlja sprotno disipacijo energije. Na območjih kjer struge potokov prečkajo aktiven plaz je Jurčef speljan po montažnih in gibljivih polovičnih ceveh.



Slika 11: Odvodnja po polovičnih gibljivih ceveh

Po izvedbi prve faze površinske odvodnje se je plazenje upočasnilo in možno je bilo začeti z načrtovanjem globinske odvodnje-globokih drenaž. Te so bile v prvi fazi načrtovane na območju nad Pontonskim mostom, kjer so bili pomiki v preteklosti največji (tudi so 6 metrov na mesec). Drenaže so bile načrtovane tik pod linijo drsine, kjer se je kvaliteta glinavca nekoliko izboljšala, hkrati pa je bilo možno drenirati gnezda grušča. Drenaža je bila načrtovana in izvedena tako, da so se vanjo priključevali vsi bočni izviri. Globina izvedene globoke drenaže je od 4 do 9 metrov, v povprečju pa med 6 in 7 metrov. Zgornji del izkopa se je izvajal kot široki izkop, spodnji del pa zaradi preprečevanja možnega aktiviranja z razpiranjem. Do sedaj je bilo izvedenih 2.2 km globokih drenaž. Iztoki iz drenaž so speljani v zahodni krak Jurčefa.





Slika 12: Iztok vode iz vodnjakov v Jurčef

#### 5.4.3 Kombinacija hidrotehničnih in geotehničnih ukrepov

Z izvedbo drenaž se je pomikanje plazu še dodatno upočasnilo. Na območju Pontonskega mostu, kjer je plaz najožji, so bili pomiki v mesecu dni manj kot 1 cm. Z ureditvijo površinske



in globinske odvodnje so nastali pogoji, ko je bilo možno začeti z izvajanjem geotehničnih ukrepov.

Do sedaj sta izvedena dva ukrepa in sicer:

- Drenažno rebro iz skal in drenažnega betona na zgornji petini plazu
- Dva vodnjaka tik nad Pontonskim mostom

Drenažno rebro iz skal je bilo izvedeno prečno na potovanje plazu in je razdelilo zgornji del in srednji del plazu.



Slika 13: Drenaža

Armiranobetonska vodnjaka sta se začela graditi poleti leta 2004. Vodnjaka sta notranjega premera 5 metrov in globine 22 metrov. Gradila sta se na »klasičen« način. Izkop plazine in izvedba primarne obloge moznika-vodnjaka, je potekal v korakih po 1 meter. Najprej se je izvedel izkop, sledila je izvedba obodne drenaže, zavese in geosintetika in taktno betoniranje betonskega obroča (primarna obloga) vodnjaka debeline 30 do 50 cm. Ko je bila izvedena primarna obloga moznika-vodnjaka do predpisane globine, se je izdelala armiranobetonska plošča debeline štirih metrov. Nad vrhom temeljne plošče je bila izvrtana kanalizacijska cev za gravitacijsko odvodnjo vode iz notranjosti vodnjaka, ki so speljane v potok Jurčef. Sledila je izvedba armiranobetonske sekundarne obloge moznika-vodnjaka od spodaj navzgor v korakih po 3 metre.



Slika 14: Vodnjak





Slika 15: Vodnjak



Slika 16: Montaža armature primarne obloge vodnjaka



Slika 17: Poglabljanje izkopa vodnjaka za primarno oblogo



Slika 18: Opaženje primarne obloge vodnjaka



Slika 19: Ojačitev primarne obloge z armaturnimi mrežami, jeklenimi lokovi in brizganim betonom

## 5.5 Razprava

Predvidevajo, da se plaz nikoli ne bo popolnoma ustavil, ga pa bodo z različnimi sanacijskimi ukrepi poizkušali čim bolj zaustaviti. Plaz se je sprožil zaradi prevelike količine padavin. Če bo v prihodnosti prišlo do podobnih padavin, lahko pričakujemo, da se bo plaz ponovno aktiviral. Ljudi se zaradi plazu ne nameravajo preseliti, zato pa bodo plaz ob morebitnem ponovnem aktiviranju, oziroma prehitrem napredovanju, zaustavljali z različnimi sanacijskimi ukrepi.

Domnevava, da je smiselno, da prebivalci ostanejo na območju, saj so tam živeli že pred sprožitvijo plazu. Plaz se trenutno širi s hitrostjo 1 cm na mesec, kar glede na njegovo dolžino ni veliko. Premike plazu redno preverjajo in s tem poizkušajo čim bolj predvideti ogrožanje okolice in potrebno sanacijo.

Z raziskovalnim delom sva pridobili veliko znanja o plazovih.

## 6. ZAKLJUČEK

O največjem slovenskem plazu sva se veliko naučili. Spoznali sva veliko sanacijskih metod. Spoznali sva, da zaradi majhne hitrosti, ki je sedaj 1 cm na mesec, plaz ni več zelo nevaren. To dejstvo omogoča, da ljudje še vedno prebivajo v Solčavi in okolici.

Plaz je uspešno saniran. Ponovno bi se lahko sprožil ob novih ekstremnih količinah padavin.

Upava da ponovna sanacija ne bo potrebna, saj je zanjo potrebno veliko denarja.

Trenutno dodatni ukrepi niso potrebni.

## 7. VIRI IN LITERATURA

Internetni viri:

- [http://sl.wikipedia.org/wiki/Zemeljski\\_plaz](http://sl.wikipedia.org/wiki/Zemeljski_plaz) Wikipedija; Zemeljski plaz
- <http://mvd20.com/LETO2006/R22.pdf> Hidrotehnični ukrepi pri sanaciji Macesnikovega plazu nad Solčavo
- <http://www.sloged.si/LinkClick.aspx?fileticket=V809uvBBC%2BA%3D&tabid=125> Izvajanje postopne sanacije velikih plazov v Sloveniji
- <http://www.sloged.si/LinkClick.aspx?fileticket=8VSXzU7szac%3D&tabid=128> Macesnikov plaz včeraj, danes in jutri

Revije:

- GEA

Knjige:

- Matija Zorn in Blaž Komac: Zemeljski plazovi v Sloveniji
- Jane Walker: Snežni in zemeljski plazovi
- Zemlja-Velika ilustrirana enciklopedija

## 8. ZAHVALA

Pri raziskovalni nalogi sva sodelovali z veliko ljudmi, ki so nama bili v veliko pomoč, zato se jim zelo lepo zahvaljujemo. Posebej se zahvaljujemo:

- Mentorju: univ. dipl. inž. Ljubu Milenkoviču,
- Lektorju: Alenki Sadar,
- G. Rudiju Jezerniku.

Vsem ostalim, ki so nama pri nalogi kakorkoli pomagali (knjižničarka, starši...), se iskreno zahvaljujemo.