

**INŽENIRSKO-GEOLOŠKO POROČILO O STANJU IN STABILNOSTI TER NAČINU
SANACIJE PEČINE POD KAPELICO NA KALVARIJI V MARIBORU**



NAROČNIK: **SKLAD KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ IN GOZDOV RS**
Dunajska cesta 58
1000 Ljubljana

IZVAJALEC: **GEOLOŠKE STORITVE, JAKA ŽIBRAT S.P.**
Sv. Lovrenc 49e
3312 Prebold

JAKA ŽIBRAT
univ.dipl.inž.geol.
IZS RG0188

GPROCOCOM d.o.o.
Sokolska ulica 22
2000 Maribor

OBDELALA: Jaka ŽIBRAT, univ.dipl.inž.geol.
Danilo MUHIČ, dipl.inž.grad.

ARH. ŠT.: geol. por. Kalvarija I/2018

Sklad kmetijskih zemljišč in gozdov Republike Slovenije št.: 4

| | |
|---------------|--------------|
| Projekat: | Sig.zn.: BGA |
| 23. 01 2018 | Pril: |
| Sifra zadeve: | Vred: |
| 430-84/2017-F | |

Januar 2018

Jaka Žibrat s.p.

GEOLOŠKE STORITVE
JAKA ŽIBRAT S.P.
SV. LOVRENC 49E
3312 PREBOLD

KAZALO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | UVOD | 2 |
| 2 | GEOGRAFSKA LOKACIJA OBMOČJA..... | 2 |
| 3 | GEOLOŠKE IN INŽENIRSKO-GEOLOŠKE RAZMERE NA ŠIRŠEM IN OŽJEM OBMOČJU | 4 |
| 3.1 | Strukturno-geološke razmere na širšem območju | 4 |
| 3.2 | Litostratigrafske razmere na širšem območju Kalvarije..... | 5 |
| 3.3 | Splošne inženirsko-geološke karakteristike kamnin na ožjem območju Kalvarije ... | 6 |
| 3.4 | Opis metodologije dela..... | 6 |
| 3.5 | Opis inženirsko geološkega stanja konglomeratne stene na Kalvariji | 11 |
| 4 | SEIZMIČNOST TERENA..... | 12 |
| 5 | PREDLOG ZAŠČITE | 13 |
| 5.1 | Terenska dela | 13 |
| 5.2 | Dimenzioniranje stabilizacije pečine | 13 |
| 5.3 | Opis izvedbe zaščite..... | 14 |
| 5.4 | Splošni pogoji izvedbe | 15 |
| 6 | VIRI IN LITERATURA | 16 |

INŽENIRSKO-GEOLOŠKO POROČILO O STANJU IN STABILNOSTI TER NAČINU SANACIJE PEČINE POD KAPELICO NA KALVARIJI V MARIBORU

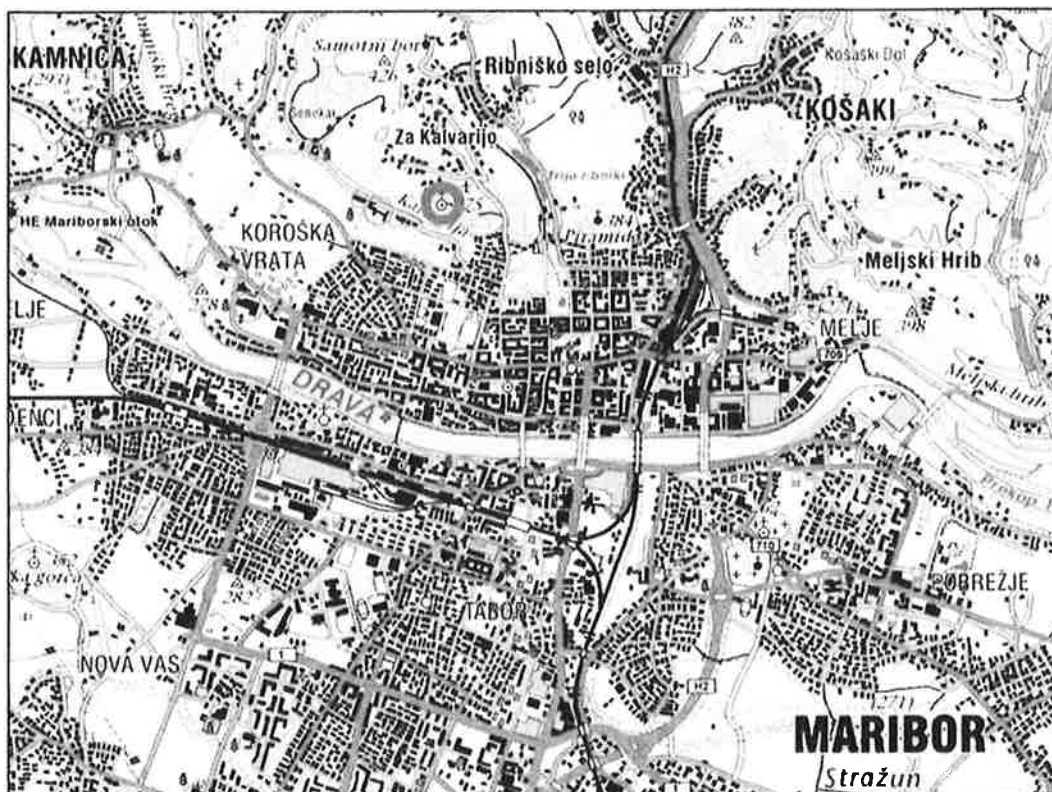
1 UVOD

Po naročilu Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov RS, je bil januarju 2018 opravljen inženirsko geološki pregled konglomeratne skale na Kalvariji na kateri stoji cerkev, z namenom da se določi stabilnost brežine ter določi način varovanja pred padajočim kamenjem in odlomom večjih skal. Skala se namreč kruši pri čemer večji in manjši kosi padajo na sprehajalno pot in ogrožajo obiskovalce. Hkrati se zaradi preperevanja kamnine ruvajo drevesa. Skladno z naročilom investitorja, je bilo na podlagi pregleda celotne brežine na terenu ter podatkov iz literature, izdelano poročilo o inženirsko-geoloških razmerah in ogroženosti terena. V poročilu je podano tudi mnenje o načinu sanacije pečine.

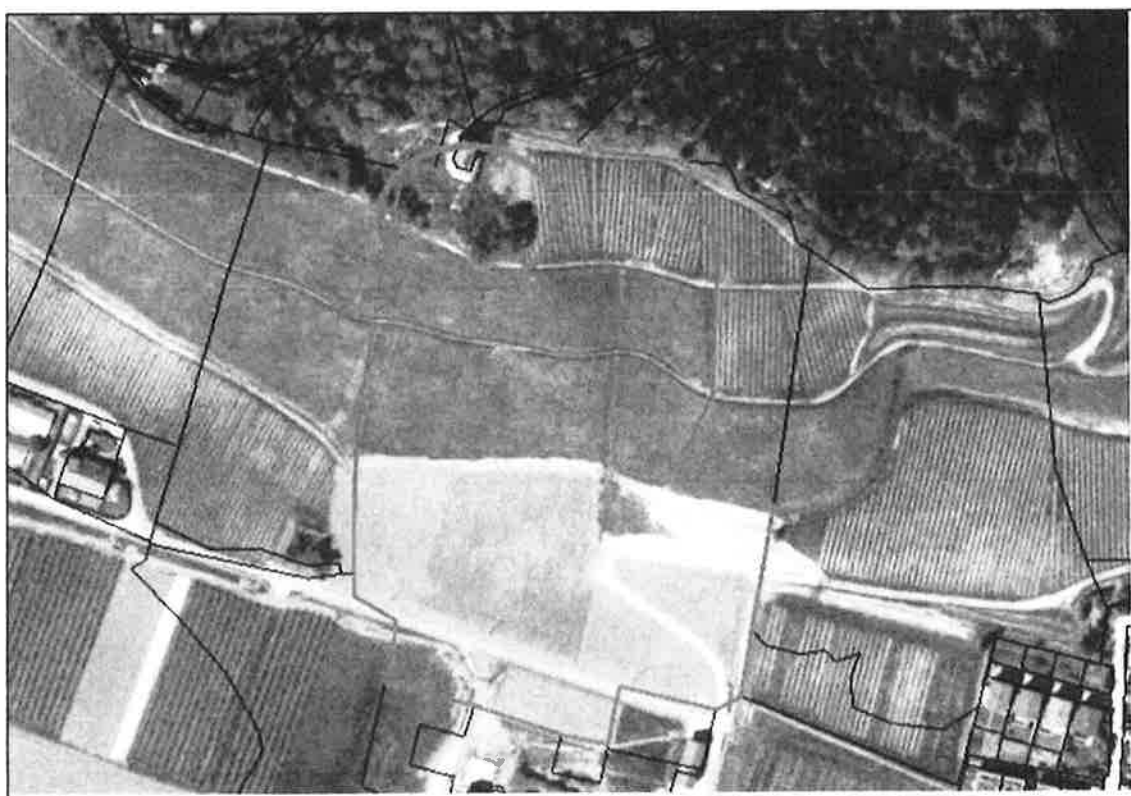
2 GEOGRAFSKA LOKACIJA OBMOČJA

Kalvarija je 375 metrov visok grič, ki se dviga približno 100 metrov nad severnim delom Maribora. Gre za skrajni severni del obširne ravnice dravskega polja, kjer ta že prehaja v gričevnat svet Slovenskih goric. Gre za območje Zahodnih Slovenskih goric, ki predstavljajo največje slovensko gričevje. Vrhovi gričevja segajo do 300 ali 400 metrov nadmorske višine. Slovenske gorice na vzhodu in severu mejijo na reko Muro, na severozahodu na Apaško polje, na zahodu na Kozjak, na jugu pa segajo do Dravsko-ptujskega polja. Teren je razgiban in poseljen z razpršenimi naselji. Večinoma ga prekrivajo travniki in obdelovalne površine.

Na vrhu Kalvarije je konglomeratna stena na kateri stoji cerkev Sv. Barbare. Pod steno poteka sprehajalna pot. Konglomeratna skala na Kalvariji je zavarovana kot površinski geomorfološki naravni spomenik in leži na širšem vodovarstvenem območju (VOO III) varovanim z Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ruš, Vrbanskega platoja, Limbuške dobrave in Dravskega polja (Ur. l. RS št. 24/07, 32/11, 22/13 in 79/15). Južna pobočja griča prekrivajo vinogradi, severna pa gozd.



Slika 1: Geografska lokacija območja z označeno lokacijo Kalvarije (vir www.geopedia.si)



Slika 2: Ortofoto posnetek območja parcele št. 121, k.o. Krčevina z označeno skla (vir www.geopedia.si)

3 GEOLOŠKE IN INŽENIRSKO-GEOLOŠKE RAZMERE NA ŠIRŠEM IN OŽJEM OBMOČJU

3.1 Strukturno-geološke razmere na širšem območju

Po širši geotektonski delitvi leži obravnavano območje v geotektonski enoti Panonskega bazena. Na podlagi naftno-geološki rajonizacij ozemlja je geotektonska enota Panonskega bazena razdeljena na posamezne depresije. Po tej razdelitvi ležijo terciarni skladi Slovenskih goric v murski depresiji. Zapolnjena je s terciarnimi in kvartarnimi sedimenti. Do formiranja Panonskega bazena je prišlo proti koncu alpidskega geotektonskega ciklusa. Pri nastanku današnje tektonske zgradbe omenjenega ozemlja je imela odločilno vlogo predterciarna podlaga. Glede na geološke razmere obrobne območja zahodno od murske depresije, sklepamo da je podlaga sestavljena iz metamorfnih, magmatskih in sedimentnih kamnin, oziroma iz kamnin, ki gradijo geotektonsko enoto Vzhodnih Alp. Tako sta podaljšek Pohorja in Kozjaka danes v podlagi terciarnih plasti Slovenskih goric. V severovzhodnem delu Kozjaka je na površju lepo viden postopni naklon metamorfnih kamnin proti vzhodu in severovzhodu, kjer najvišji deli metamorfne kompleksa (filiti), tonejo pod hlevetijske plasti in nad njimi ležeče neogenske sedimente.

Intenzivna neotektonska premikanja so na širšem raziskanem ozemlju povzročila premikanje posameznih blokov. Nekateri so se dvigali, nekateri pa pogrezali. Na območju pogreznjenih blokov so nastali ugodni prostori za odlaganje materiala s pobočij ter rečne tokove.

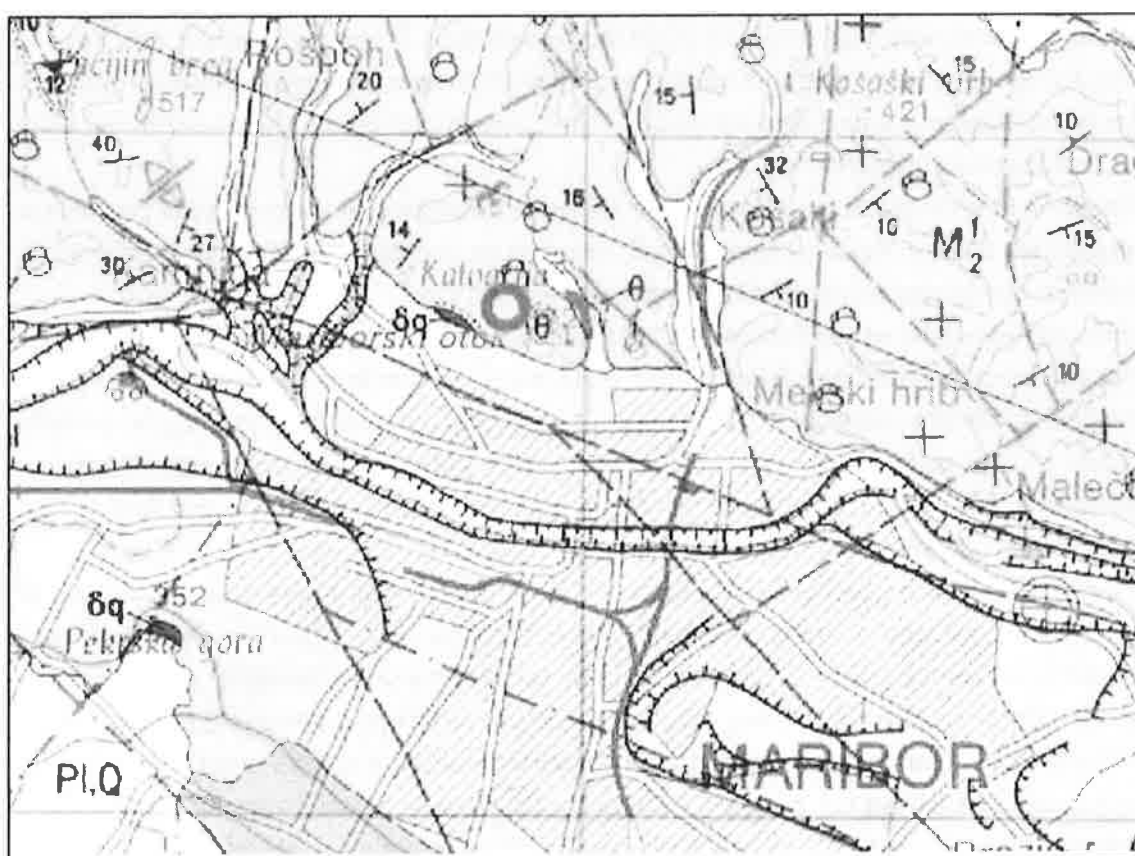
Veliko geotektonsko enoto Panonskega bazena delimo na manjše tektonske enote. Območje mesta Maribor ter ozemlje južno od njega uvrščamo v pliokvartarne depresije in sicer gre za Mariborsko-ptujsko depresijo. Ta predstavlja največjo pliokvartarno enoto. V geološki zgradbi so predvsem dravske naplavine v obliki proda, peska in gline, ki se pogosto kažejo v posameznih rečnih terasah. Posamezni terasni nivoji nam kažejo na neotektonsko aktivnost depresije in vpliv neotektonike na sedimentacijo.

Gričevnato območje severno od Maribora in na vzhodnem delu Drave med Mariborom in Ptujem pa uvrščamo v tektonsko enoto Slovenskih goric, ki jo od mariborsko-ptujske depresije loči mariborski in ljutomerski prelom. Tektonska enota Slovenskih goric se deli na manjše tektonske bloke, ki jih med seboj ločijo večinoma dinarsko usmerjeni prelomi. Po tej delitvi uvrščamo obravnavano območje v mariborski blok, ki se vleče v smeri severozahod-jugovzhod (dinarska smer) in sega od Maribora do Ptuja. V geološki zgradbi mariborskega bloka so zastopani miocenski skladi in pliocenske plasti. Strukture v teh sedimentih vpadajo rahlo proti jugovzhodu in ne kažejo sinklinalnih ali antiklinalnih oblik. Severozahodni del bloka se je dvigal nekoliko hitreje od jugovzhodnega dela, saj so v severozahodnem delu razkriti starejši skladi kot v jugovzhodnem. V slednjem pa so ohranjeni pliocenski sedimenti. Mariborski blok seka v smeri SZ-JV rogozniški prelom, ob katerem je reka Rogoznica oblikovala svojo dolino.

Zahodno in severozahodno od ravnice Dravskega polja leži druga velika geotektonska enota Vzhodnih Alp, kamor prištevamo Pohorje in Kozjak.

Tektonska zgradba širšega območja je posledica različnih geotektonskih ciklusov. Vsak mlajši ciklus je deformiral prejšnje strukture in tako je nastala današnja zgradba, ki jo lahko

opazujemo na površju. Najstarejše strukture (foliacije, lineacije in gube) so nastale v metamornem kompleksu Vzhodnih Alp že v času bajkalskih orogenetskih premikov. Takrat se je tudi izvršila prva metamorfoza spodnjega dela metamornega kompleksa. Kasnejša metamorfoza se je dogajala v času kaledonsko-variscične orogeneze. V alpidskem geotektonskem ciklusu so se izvršila narivanja posameznih enot, katerih sledove najdemo v obliki tektonskih krp. Proti koncu alpidskega geotektonskega ciklusa je prišlo do formiranja Panonskega bazena. Na to območje segajo od zahoda proti vzhodu posamezne geotektonske enote, ki so pogreznjene in so danes v podlagi terciarnih sedimentov. Na vzhodnem delu Pohorja ležijo pliokvartarni sedimenti na metamornih kamninah. Vzhodna in južna meja med pohorskim masivom in Panonskim bazenom je tektonskega značaja. V bližini lokacije poteka tudi več regionalnih prelomov.



Slika 3: Izsek iz OGK list Maribor 1:100.00 z označeno lokacijo skale

3.2 Litostratigrafske razmere na širšem območju Kalvarije

Miocen (M₂¹)

Miocenske plasti helvetijske starosti sestavljajo peščen lapor, peščenjak, pesek in konglomerat. Peščen lapor vsebuje precej sljude, ponekod je lističast, ponekod debelo plastovit. Nastopa v ritmičnem menjavanju s peščenjakom in v debelejših, nekaj 10 metrov debelih intervalih. Ponekod je nadomeščen z glinastim laporvcem.

Peščenjak se pojavlja v obliki trših in mehkejših pol debeline od 5 do 70 cm. Sestava zrn je podobna kot pri konglomeratu, prevladujejo kremenova zrna.

Konglomerat in pesek sta v podrejenem položaju. Prodniki konglomerata so iz metamorfnih, karbonatnih in magmatskih kamnin, predvsem prevladuje kremen. Velikosti so od nekaj mm

Pliokvartar (Pl, Q)

Pliokvartarni sedimenti so zastopani s peskom, peščeno glino, peščeno-glinastim laporovcem in zaglinjenim prodom. Plasti so v erozijsko-diskordantnem položaju z ostalimi kamninami. Zrna in prodniki so iz magmatskih, metamorfnih in sedimentnih kamnin. Sedimenti so slabo vezani, sortiranost materiala je neenakomerna, prav tako velikost prodnikov in zrn.

Rečne terase (t)

V okolici Maribora, oziroma na Dravsko-Ptujskem polju, je Drava urezala v že akumuliranem materialu 4 glavne in več vmesnih terasnih nivojev, katerih višine znašajo od nekaj metrov do 30 metrov. Pleistocenske naplavine sestavlja prod s peskom, med katerega so vložene plasti in leče peska, ponekod tudi gline. Prodniki so v glavnem iz metamorfnih in magmatskih kamnin, v manjši meri pa tudi iz karbonatnih sedimentov. Sortiranost je slaba, velikost posameznih prodnikov pa spremenljiva, od nekaj centimetrov do par decimetrov. Prod je ponekod, predvsem na robovih teras, rahlo sprijet v konglomeratne leče debeline do 1 m. Na severnem delu Dravskega polja je prod veliko bolj grob, kot drugod, med njim se najdejo tudi posamezni bloki velikosti enega metra.

3.3 Splošne inženirsko-geološke karakteristike kamnin na ožjem območju Kalvarije

Na območju Kalvarije se v podlagi pojavljajo miocenske klastične plasti, helvetijske (M_2^1). Zastopani so predvsem z peščenim laporjem in peščenjakom, peskom in konglomeratom. Omenjeni litološki členi se med seboj menjavajo v neenakomernem zaporedju. Prevladujeta pa peščen lapor in peščenjak. Peščenjak se pojavlja v obliki trših in mehkejših pol, debeline od 5 do 70 cm. Mestoma peščenjak prehaja v drobnozrnat konglomerat. Peščen lapor vsebuje precej sljude in je ponekod lističast ter debeloplastnat. Nastopa v menjavanju s peščenjakom. Ponekod ga nadomešča glinast lapor.

Stena na Kalvariji je na zahodnem delu grajena iz plasti temno-sivega peščenjaka in meljevca. Osrednji in vzhodni del stene pa gradi srednje miocenski konglomerat, ki ga sestavljajo prodniki metamorfnih in magmatskih kamnin. Barva kamnine je siva. Prodniki in zrna so iz kremenca, gnajsa, kvarcita, filita in granodiorita.

3.4 Opis metodologije dela

Pri inženirsko-geološkem kartiranju se je pregledalo celoten južen del stene, ki je najbolj izpostavljen zunanjim atmosferskim vplivom in kjer tudi prihaja do krušenja stene ter odpadanja posameznih kosov na spodaj ležečo sprehajalno pot in dalje po pobočju. Opravil pa se je pregled tudi zaledja izpostavljene konglomeratne stene.

Med kartiranjem se je pregledovalo kamninsko sestavo pobočja, predvsem pa razpokanost hribine. To velja za zahodni del območja, kjer je stena grajena iz peščenjakov in meljevcev. Obnašanje hribin je namreč bolj odvisno od razpokanosti in značaja razpok (diskontinuitet), kot pa od geomehanskih lastnosti materiala iz katerega je hribina zgrajena. Razpoka je vsaka prekinitev v telesu hribine vzdolž katere ni vidne premaknitve. Je element, ki je sestavljen iz dveh ravnin, ki sta med seboj ločeni v hribinskem materialu. Nastane kot posledica preloma v materialu. Skupina približno vzporednih razpok se imenuje mreža razpok. Mreže razpok, ki se med seboj križajo pa so sistemi razpok.

Pri razpokah smo opazovali predvsem:

- **Orientacijo razpok**, ki se jo določi z azimutom in vpadom padnice ploskve diskontinuitete
- **Gostota razpokanosti**, ki pomeni razporeditev razpok v prostoru. Opišemo jo s povprečno medsebojno razdaljo med razpokami.
- **Obseg** oziroma razširjanje v prostoru, kjer se določi približno dolžino prostorske razširjenosti posameznih mrež razpok.
- **Hrapavost razpoke**, ki jo opisujemo s hrapavostjo in valovitostjo obeh ploskev, ki jo tvorita.
- **Trdnost sten** ob razpoki, ki je ekvivalentna tlačni trdnosti pripadajoče hribine na obeh straneh diskontinuitete. Zaradi preperevanja in podobnih procesov je ta lahko nižja kot povprečna tlačna trdnost hribine v celoti.
- **Odprtost diskontinuitete**, ki je pravokotna razdalja med pripadajočimi stenami diskontinuitet.
- **Polnitev**, ki predstavlja material, ki zapolnjuje prostor med stenami razpoke in je navadno manj odporen od okoliške hribine.
- **Precejnost**, ki predstavlja opazen vodeni tok skozi razpoko ali pa samo vlažnost v razpoki.
- **Število sistemov razpok**, ki predstavlja število med seboj se sekajočih približno vzporednih diskontinuitet.
- **Velikost blokov** je velikost in oblika blokov, ki je posledica orientacij razpok v prostoru in razdalj med njimi.

Istočasno kot razpokanost hribine se je opazovalo še stabilnost hribine, kjer je potrebno ugotoviti vpliv razpokanosti na možnost nastanka zdrsa hribinskega bloka. Pri tem je pomemben odnos med prostorsko razporeditvijo sistemov razpok ter smerjo in vpadom brežine ali pobočja. Da pride do zdrsa mora biti eden ali več sistemov razpok neugodno usmerjen glede na brežino. Vrsta hribinskega zdrsa je odvisna od odnosa med sistemi razpok in padnico brežine. Pri stabilnosti hribine osnovne geomehanske lastnosti hribine niso bistvenega pomena. Bolj pomembna je razpokanost. Ugotoviti je potrebno vpliv razpokanosti na možnost nastanka zdrsa hribinskega bloka. Pomemben je odnos med prostorsko razporeditvijo razpok ter smerjo in vpadom brežine ali pobočja. Do zdrsa lahko pride, če je eden ali več sistemov razpok neugodno usmerjen glede na brežino. Vrsta hribinskega zdrsa je odvisna od odnosa med sistemi razpok in padnico brežine.

Najneugodnejši tip plazenja nastopi, kadar sta padnica pobočja in padnica usmeritve določenega sistema razpok v približno isti smeri.

Planarni (ravninski) zdrsi nastanejo po eni ploski določenega sistema razpok, pri čemer je ta ploskev nagnjena v približno isti smeri kot padnica brežine. Ali bo prišlo do zdrsa je odvisno od nagiba kritične drsne ploskve. Da pride do zdrsa mora biti izpolnjena dva pogoja:

- Padnica kritične ravnine zdrsa je v isti smeri kot padnica brežine
- Nagib kritične ploskve mora biti večji od kota notr. trenja na njej in manjši od nagiba brežine

Do premikov in zdrsov v hribini lahko pride ob posamezni razpoki, po posameznem sistemu razpok ali pa vzdolž dveh sistemov razpok. Odnosi med premiki in strižno trdnost v hribinah pogosto niso linearni in jih delimo v več skupin:

- Drsenje po gladkih ploskvah, kjer sta volumska in strižna trdnost blizu rezidualne strižne trdnosti.
- Drsenje po hrapavih ploskvah, kjer so stene razpok hrapave ali pa je polnilo iz zrnatega materiala.
- Dilatacijsko drsenje, ki nastaja na valovitih razpokah.
- Drsenje z lomi hribine ob razpoki se pojavlja pri nepravilni valovitosti, kjer se dilataciji pridruži še lom delov hribine vzdolž ploskve.

Strižni odpor razpoke je odvisen od valovitosti razpoke, njene hrapavosti, širine, lastnosti polnila ter strižne trdnosti hribine ob razpoki.

V svetu je poznanih več sistemov klasifikacij hribin. Večina sistemov ima svoje prednosti in gotovo prispeva k boljšemu razumevanju razmer in dogajanj v kamninah še posebej v času izkopa in vgradnje podpornih ukrepov.

V splošnem se klasifikacijske sisteme deli v tri vrste:

- Geološki, geotehnični opisi, kjer je eden ali več parametrov standardiziran,
- Kvantitativni opisi pomembnih parametrov kamnin, ki se jih lahko direktno ali indirektno uporabi kot vhodne podatke pri projektiranju in
- Kvantitativni opisi pojavov v kamninah med izkopom in po njem, vključno z opisi vplivov podpiranja.

Deere je na osnovi neporušenega deleža jedra (RQD – Rock quality designation) kamnine pri vrtanju z diamantno krono določil kvantitativno vrednotenje kvalitete kamnin. Deere je predlagal naslednjo povezavo med numeričnimi vrednostmi RQD in inženirsko kvaliteto kamnine:

| RQD [%] | KVALITETA KAMNINE |
|------------------|--------------------------|
| 25 | Zelo slaba |
| 25-50 | Slaba |
| 50-75 | Srednja |
| 75-90 | Dobra |
| 90-100 | Zelo dobra |

Preglednica 1: Klasifikacija hribin po RQD klasifikaciji

Na podlagi dobljenih podatkov smo posamezne odseke pobočja razvrstili v razrede po klasifikaciji Bieniawskega RMR. Omogoča, da različne dele brežine klasificiramo v razrede, za katere veljajo različni pogoji zaščite oziroma podpiranja. Klasifikacija po Bieniawskem je splošno uporabna v mehaniki hribin. Klasifikacijo opredeljuje pet parametrov, pri čemer ima vsak drugačno »težo«. Hribinsko maso, ki jo klasificiramo, razdelimo v manjša območja z istimi lastnostmi. Za vsako območje izračunamo vrednost klasifikacijskega koeficienta, ki definira hribino. Ugotavljamo naslednjih pet parametrov:

- Trdnost materiala
- RQD
- Razdaljo med razpokami
- Hrapavost in polnitev razpok
- Podzemna voda

| PARAMETRI | | VREDNOST | | | | | |
|-----------|--------------------------|------------------------|--|--|--|---|--|
| 1 | Trdnost intaktne hribine | Točkovni indeks | 10 Mpa | 4-10Mpa | 2-4 Mpa | 1-2 Mpa | Ni primeren |
| | | Enoosna tlačna trdnost | 250 Mpa | 100-250 Mpa | 50-100 Mpa | 25-50 Mpa | 5-25, 1-5, 1 Mpa |
| | Število točk | | 15 | 12 | 7 | 4 | |
| 2 | RQD faktor | | 90-100% | 75-90% | 50-75% | 25-50% | <25% |
| | Število točk | | 20 | 17 | 13 | 8 | 5 |
| 3 | Razdalja med razpokami | | >2 m | 0.6-2 m | 200-600 mm | 60-200 mm | < 60 mm |
| | Število točk | | 20 | 15 | 10 | 8 | 5 |
| 4 | Hrapavost in polnitev | | Zelo hrapava razpoke. Nezvezne stene se stikajo. Nепрепереle stene | Malo hrapave površine. Razmak do 1 mm. Delno preperele stene | Malo hrapave površine. Razmak do 1 mm. Močno preperele stene | Gladke loskve. Polnitev do 5 mm ali razik 1-5 mm. Zvezne razpoke. | Mehko polnilo. Polnilo > od 5 mm ali razmik > 5 mm. Zvezne razpoke |
| | | Število točk | 30 | 25 | 20 | 15 | 0 |
| 5 | Podzemna voda | Pw na 10 m pred. | Ni | 10 l/min | 10-25 l/min | 25-125 l/min | >125 l/min |
| | | Pw/ σ_1 | 0 | 0.0-0.1 | 0.1-0.2 | 0.2-0.5 | >0,5 |
| | | slošni pogoji | Popolnoma suho | Vlažno | Morko | Curljanje | Vodni tok |
| | Število točk | | 15 | 10 | 7 | 4 | 0 |

Preglednica 2: Klasifikacija hribin po RMR klasifikaciji

| KATEGORIJA | OPIS HRIBINE | RMR |
|-------------------|----------------------------|------------|
| 1 | Zelo dobro nosilna hribina | 100 – 81 |
| 2 | Dobro nosilna hribina | 80 – 61 |
| 3 | Normalno nosilna hribina | 60 – 41 |
| 4 | Slabo nosilna hribina | 40 – 21 |
| 5 | Zelo slabo nosilna hribina | 20 – 0 |

Preglednica 3: Uvrstitev hribine glede na RMR klasifikacijo

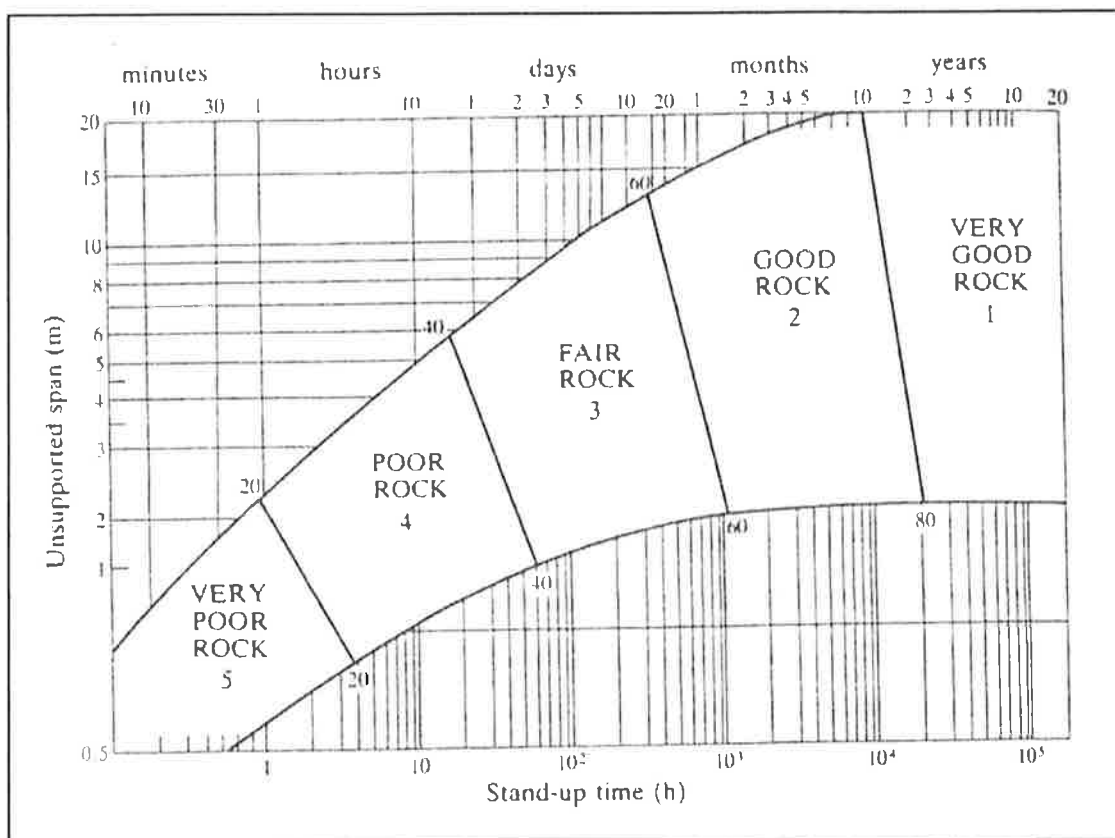
| Število grupe | I | II | III | IV | V |
|---------------------------|----------|-----------|------------|-----------|----------|
| Povprečen čas obstojnosti | 10 let | 6 mes. | 1 teden | 10 ur | 30 min |
| Kohezija (kPa) | >400 | 300-400 | 200-300 | 100-200 | <100 |
| Strižni kot | >45° | 35°-45° | 25°-35° | 18°-25° | <15° |

Preglednica 4: Lastnosti hribine glede na uvrstitev

| Orientacija razpok (smer in vpad) | | Zelo ugodno | Ugodno | Srednje ugodno | Neugodno | Zelo neugodno |
|--|----------|------------------------|---------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|
| | Predorji | 0 | -2 | -5 | -10 | -12 |
| Vrednost | Temelji | 0 | -2 | -7 | -15 | -25 |
| | Brežine | 0 | -5 | -25 | -50 | -60 |

Preglednica 5: Vpliv usmeritve razpok glede na objekt

Za pet kategorij iz klasifikacije po Bieniawskem je podan tudi diagram, ki prikazuje povezanost razpona nepodprtega podzemnega prostora in časa kako dolgo tak prostor zdrži nepodprt.



Slika 4: Diagram klasifikacije po Bieniawskem

3.5 Opis inženirsko geološkega stanja konglomeratne stene na Kalvariji

Dne 10.1.2018 je bil opravljen inženirsko geološki pregled južnega dela stene na Kalvariji. Stena je vertikalna Med cerkvijo in gornjim robom stene je približno 6-8 metrov širok, blago nagnjen plato, ki je močno poraščen. Stena je visoka od 5 do 14 metrov in dolga približno 52 metrov in v večjem delu poraščena z grmovjem in drevesi (merjeno po situaciji)

Ugotovljeno je bilo, da zahodni del strme stene deloma sestavlja siv plastnat peščenjak in meljevec. Debila posameznih plasti je od 10 do 70 cm. Plasti so bolj ali manj horizontalne. Teren je preraščen in ob večjih koreninah tudi preperel in razpokan, kar je posledica preperevanja zaradi vpliva rastja. Navpične stene so gole. Razpoke so prazne ter suhe in široke približno 3 cm. Stene ob razpoki so trdne in stabilne ter nimajo izražene hrapavosti. Enako velja za hribino gledano v celoti. Medsebojna oddaljenost razpok je okoli 0,8 meter. Prav tako je potrebno pobočje podrobno pregledati in odstraniti vse posamezne preperle kose matične kamnine, ki se ob nadaljnjem preperevanju lahko odtrgali od pobočja padli na spodaj ležeči teren. Ob ogledu so bili opaženi posamezni kosi kamnine, ki so padli na sprehajalno pot iz zahodnega dela skale. Odlomljeni kosi so iz peščenjaka kar je dokaz da skala razpada na širšem področju. Po našem mnenju ne gre za zdrse temveč za padanje posameznih preperelih kosov brežine.

Osrednji in vzhodni del stene sestavlja trdna konglomeratna stena, ki se mestoma kruši pri čemer posamezni kosi preperle kamnine padajo na sprehajalno pot oziroma se kotalijo nižje po pobočju. V vinogradu na južnih pobočjih Kalvarije so zaradi kotaljenja večje skale vidne poškodbe na posameznih trsih in armaturah. Zaradi preperevanja matične konglomeratne podlage se ruvajo in padajo tudi drevesa, ki prav tako padajo ob vznožje stene. Padajoča suha drevesa ogrožajo tudi živa drevesa.



Slika 4: Konglomeratna stena z prislonjenimi odlomljenimi drevesi

4 SEIZMIČNOST TERENA

Po slovenskem standardu SIST ENV 1998-1-1, ki upošteva povratno dobo potresov 500 let, sodi obravnavano območje v 7. potresno stopnjo. Po karti projektnege pospeška tal za trdna tla za povratno dobo 475 let (ustreza verjetnosti 90%, da vrednosti na karti ne bodo presežene v 50 letih), ki velja od 01.01.2002 dalje je vrednost potresnega pospeška na

območju gradnje $Q_g = 0,100\text{-g}$. Za projektiranje po EC 8 je obvezna uporaba karte projektnege pospeška tal.

Tip tal za seizmični izračun na obravnavanem območju je po EC 8 tip A, kar pomeni da je podlaga skala ali druga geološka formacija v kateri je hitrost strižnega valovanja najmanj $v_s=800\text{ m/s}$ in na kateri je največ do 5 metrov slabšega površinskega materiala.

5 PREDLOG ZAŠČITE

Glede na ugotovljene inženirsko- geološke pogoje je za zaščito pečine predvideno zavarovanje z izvedbo zaščitnih mrež ki bodo preprečevala, da bi odkrušeni deli stene padali na sprehajalno pot ali se kotalili po pobočju v vinograd. Pred položitvijo mrež je na celotnem delu pečine potrebno poleg odstranitve rastja, odstraniti tudi nevarne sklanske samice.

5.1 Terenska dela

Vplivni prostor obravnavanega pobočja je geodetsko tehnično posnet in inženirsko- geološko kartiran. Geodetski posnetek je vpel v državni koordinatni sistem.

5.2 Dimenzioniranje stabilizacije pečine

Predvidena je uporaba mrež z odprtini 48 mm, premer žic je 2 mm ter s tem manjših sidrskih plošč. Predvidena je uporaba visoko nateznih zaščitnih mrež sistema TECCO, proizvajalca Geobrugg AG. Tecco je sistem za aktivno učvrstitev in protierozijsko zaščito brežin z globoko sidranim, specialnim, ekspanziranim jeklenim žičnim pletivom visoke natezne trdnosti (min. 1770 N/mm^2), ki je na sidriščih s pomočjo specialnih pritrditvenih plošč s silo 30–50 kN pritisnjeno na površino. Natezno trdnost mreže se določi po skupnem ogledu projektanta, izvajalca in dobavitelja zaščitnih mrež.

Dimenzioniranje za zaščito s sistemom TECCO je izvedeno s spletnim programom RUVOLUM kjer je geometrijo pobočja, geomehanske karakteristike brežine izračunane sile v mreži, sidrskih in razpored sider (osne razmike), ter je preverjena nosilnost sistema kot celote.

Pri analizi so upoštevani mehanske lastnosti konglomeratne podlage (II. grupa, preglednica 4: lastnosti hribine glede na uvrstitev) podane v tabeli 1:

TABELA 1: mehanske lastnosti

| opis materiala | prost. teža γ (kN/m^3) | strižni kot φ ($^\circ$) | kohezija c (kN/m^2) | elastični modul (MN/m^2) |
|----------------|---|--|-------------------------------------|---|
| konglomerat | 24.0 | 40 | 350 | 350 |

Rezultati dimenzioniranja so podani v prilogi.

5.3 Opis izvedbe zaščite

Sistem stabilizacije mora izpolnjevati naslednje bistvene zahteve:

- zahtevane tehnične specifikacije, ki so dokazano potrjene s strani neodvisne testne organizacije
- sistem mora biti aktivno prednapet s 5 kN/m²
- sistem mora dovoljevati zatravitev
- ocenjena garancijska doba vsaj 50 let
- v primeru alternativne rešitve mora biti skupaj s ponudbo podan tudi statični izračun
- za uporabljen sistem je potrebno zagotoviti dokazilo neodvisnega testnega inštituta, ki dokazujejo, da je nosilnost sistema sposobna prenesti točkovne obremenitve, ki se pojavijo paralelno na brežino in tlačne obremenitve v smeri sidranja
- Sprejemljivi so samo sistemi, ki so proizvedeni v proizvodnji, ki je certificirana skladno z ISO 9001 in imajo sklenjeno zavarovalno polico v vrednosti 40 mio EUR

Pred izvedbo predvidenih zaščitnih ukrepov je potrebno očistiti vegetacijo s sklane stene. Predlagan je posek vseh dreves in grmovnic na desni strani skale (proti vinogradu) in posek dreves in grmovja, ki rastejo na betonski škarp, ob vznožju skale (med betonom in skalo) ter ob zahodnem delu pečine.

Pečina pod kapelico je dolžine 52.60 m in višine od 5.0-14.0 m pretežno visoke strme stene sivega plastnatega peščenjaka in meljevca v osrednjem delu konglomerata. Predvidena je uporaba visoko nateznih zaščitnih mrež sistema TECCO G45/25 po celotni površini. Mreža je sidrna v rastru 1.8 x 1.8 m z gewi sidri D=25 mm, dolžine 2-3 m s podložnimi ploščami P25.

Predvidena je izvedba, da se v prvi fazi namestijo mreže in nato izvede sidranja. Določijo se sidrna mesta na vrhu pečine pod kapelico, izvede se vrtanje lukenj, vstavljanje sider in zalivanje z injekcijsko maso za vsa sidra ki nosijo nosilno jekleno vrv. Pričvrstijo se mreže na vrhnja sidra, nato se položijo mreže po površini pobočja ter izvede spajanje posameznih polj žičnih mrež.

Sidranje mrež se izvede v predvidenem rastru pri določitvi sidrnih mest je upoštevati, da morajo biti mesta sidranj praviloma v vdolbinah pečine. Izvede se vrtanje lukenj za sidra premera 90 mm, ki preprečuje vsakršno poškodbo ali zmanjšanje nosilnosti mrež. Vstavijo se sidra in zalivanje z injekcijsko maso cca. 20 kg/m. Nato se namestijo sidrne plošče na glave sider in privijanje matic z ključem za meritev sile napenjanja ter s tem napenjanje celotnega sistema na površje pobočja.

V pobočju pečine se po odstranitvi drevja in grmovja ter pred položitvijo zaščitnih mrež opravi detajlni geološki ogled in na osnovi tega se odstranijo preperele ali močno pretrta kamenine.

5.4 Splošni pogoji izvedbe

Za vsako vrtino je potrebno voditi zapisnik o globini in strukturi materiala v vrtini. Voditi je potrebno zapisnik o času vstavitve sidra, času zalivanja z injekcijsko maso in količini porabljene mase, vzeti je potrebno vzorce injekcijske mase in testirati pri pooblašteni organizaciji.

Naključno izbrana sidra je potrebno testirati na izvlek ter preizkusiti glede zahtevane trdnosti in protikorozijske zaščite po zahtevanih normativih. Sprotno kontrolo kakovosti je potrebno izvajati ves čas gradnje.

Dobavitelj materiala mora zagotoviti in z ustreznimi izračuni dokazati primernost sistema glede na zahtevane pogoje. Izvajalec mora predložiti atestno dokumentacijo s strani proizvajalca za vse bistvene elemente sistema zaščite iz katerih mora biti razvidno izpolnjevanje zahtev iz opisa tehničnih značilnosti sistema. Predložiti je potrebno tudi statična dokazila za primernost vgradnje, navodila za sidranje in montažo sistema, terminski plan ter plan spremljanja tekoče kakovosti del (protokol sidranja, preizkus sider).

Končno kontrolo kakovosti pa mora opraviti usposobljena pooblaščenca institucija v Sloveniji. Dokazila morajo vsebovati certifikat za ustrežno kvaliteto mreže in ostalih sestavnih delov. Natezna trdnost spojnih elementov mora biti enaka ali večja kot pri mreži. Sistem mora preprečevati ekstenzivno površinsko erozijo.

6 VIRI IN LITERATURA

Mioč, P., Žnidarčič, M.; 1989: *Osnovna geološka karta 1:100.000; Tolmač lista Maribor L33-56 in Leibnitz L33-44; Zvezni geološki zavod Beograd*

Mioč, P., Žnidarčič, M.; 1989 *Osnovna geološka karta list Maribor L33-56 in Leibnitz L33-44; Zvezni geološki zavod Beograd*

<http://www.arso.gov.si/>

<http://www.geopedia.si/>

<http://www.vreme.si>

Jaka Žibrat, univ.dipl.inž.geol. 

Danilo Muhič, dipl.inž.grad. 

Dimensioning of the slope stabilization system TECCO[®] / SPIDER[®] by the RUVOLUM³ method

Project No. Kalvarija I/2018
Project Name SANACIJA PEČINE POD KAPELICO NA KALVARIJI V MARIBORU
Date, Author JANUAR 2018

Input quantities

| | | | |
|--|------------|---|------------------------|
| Slope inclination | α | = | 75.0 degrees |
| Layer thickness | t | = | 1.50 m |
| Friction angle ground (characteristic value) | Φ_k | = | 40.0 degrees |
| Volume weight ground (characteristic value) | γ_k | = | 24.0 kN/m ³ |
| Nail inclination to horizontal | ψ | = | 20.0 degrees |
| Nail distance horizontal | a | = | 1.80 m |
| Nail distance in line of slope | b | = | 1.80 m |

Load cases

| | | |
|--|--------------|-------------|
| Streaming pressure considered | | Yes |
| Earthquake considered | | Yes |
| Coefficient of horizontal acceleration due to earthquake | ϵ_h | = 0.225 [-] |
| Coefficient of vertical acceleration due to earthquake | ϵ_v | = 0.085 [-] |

Defaults and Safety Factors

| | | | | |
|--|-----------------|---|------------------------|--|
| Cohesion ground (characteristic value) | c_k | = | 20.0 kN/m ² | |
| Radius of pressure cone, top | ζ | = | 0.15 m | |
| Inclination of pressure cone to horizontal | δ | = | 45.0 degrees | |
| Slope-parallel force | Z_d | = | 5.0 kN | |
| Pretensioning force of the system | V | = | 20.0 kN | |
| Partial safety correction value for friction angle | γ_Φ | = | 1.25 [-] | Dimensioning quantities |
| Partial safety correction value for cohesion | γ_c | = | 1.25 [-] | Φ_d [degrees] = 33.9 |
| Partial safety correction value for volume weight | γ_γ | = | 1.00 [-] | c_d [kN/m ²] = 16.0 |
| Model uncertainty correction value | γ_{mod} | = | 1.10 [-] | γ_d [kN/m ³] = 24.0 |

Elements of the system

| | |
|--|---|
| Applied mesh type | TECCO [®] G45/2 |
| Applied spike plate | TECCO [®] system spike plate P25 |
| Bearing resistance of mesh to selective, slope parallel tensile stress | Z_R [kN] = 10 |
| Bearing resistance of mesh to pressure stress in nail direction | D_R [kN] = 80 |
| Bearing resistance of mesh against shearing-off in nail direction | P_R [kN] = 40 |
| Applied nail type | GEWI D = 25 mm |
| Taking into account rusting away | Yes |
| Bearing resistance of nail to tensile stress | T_{Rred} [kN] = 173 |
| Bearing resistance of nail to shear stress | S_{Rred} [kN] = 100 |
| Cross-section surface of the applied nail with / without rusting away | A_{red} [mm ²] = 346 |

Proofs

| | |
|--|-----------|
| Proof of the mesh against shearing-off at the upslope edge of the spike plate | Fulfilled |
| Proof of the mesh to selective transmission of the force Z onto the nail | Fulfilled |
| Proof of the nail against sliding-off of a superficial layer parallel to the slope | Fulfilled |
| Proof of the mesh against puncturing | Fulfilled |
| Proof of the nail to combined stress | Fulfilled |

The given proofs concern the investigation of superficial instabilities. Additional investigations are required if there is a risk regarding global stability of the slope. If necessary the nail type and nail pattern have to be adapted.

Investigation of local instabilities between single nails

Proof of the mesh against shearing-off at the upslope edge of the spike plate

| | | |
|---|----------------------------|-----------|
| Maximum stress on the mesh for shearing-off in nail direction at the upslope edge of the spike plate (dimensioning level) | P_d [kN] = | 0.0 |
| Thickness of decisive sliding mechanism | t_{re} [m] = | 0.75 |
| Bearing resistance of the mesh against shearing-off in nail direction at the upslope edge of the spike plate (characteristic value) | P_R [kN] = | 40.0 |
| Resistance correction value for shearing-off of the mesh | γ_{PR} [-] = | 1.5 |
| Dimensioning value of the bearing resistance of the mesh against shearing-off | P_R/γ_{PR} [kN] = | 26.7 |
| Proof of bearing safety | $P_d \leq P_R/\gamma_{PR}$ | Fulfilled |

Proof of the mesh to selective transmission of the force Z onto the nail

| | | |
|---|----------------------------|-----------|
| Slope parallel force taken into account in the equilibrium considerations | Z_d [kN] = | 5.0 |
| Bearing resistance of the mesh to selective, slope-parallel tensile stress | Z_R [kN] = | 10.0 |
| Resistance correction value for selective, slope-parallel transmission of the force Z | γ_{ZR} [-] = | 1.5 |
| Dimensioning value of the bearing resistance of the mesh to tensile stress | Z_R/γ_{ZR} [kN] = | 6.7 |
| Proof of bearing safety | $Z_d \leq Z_R/\gamma_{ZR}$ | Fulfilled |

Investigation of slope-parallel, superficial instabilities

Proof of the nail against sliding-off of a superficial layer parallel to the slope

| | | |
|--|--------------------------------|-----------|
| Pretensioning force effectively applied on nail | V [kN] = | 20.0 |
| Load factor for positive influence of pretension V | γ_{V1} [-] = | 0.8 |
| Dimensioning value of the applied pretensioning force by positive influence of V | V_{d1} [kN] = | 16.0 |
| Calculated required shear force at dimensioning level in function of V_{d1} | S_d [kN] = | 64.1 |
| Bearing resistance of the nail to shear stress | S_{Red} [kN] = | 100.0 |
| Resistance correction value for shearing-off of the nail | γ_{SR} [-] = | 1.5 |
| Dimensioning value of the bearing resistance of the nail to shear stress | S_{Red}/γ_{SR} [kN] = | 66.7 |
| Proof of bearing safety | $S_d \leq S_{Red}/\gamma_{SR}$ | Fulfilled |

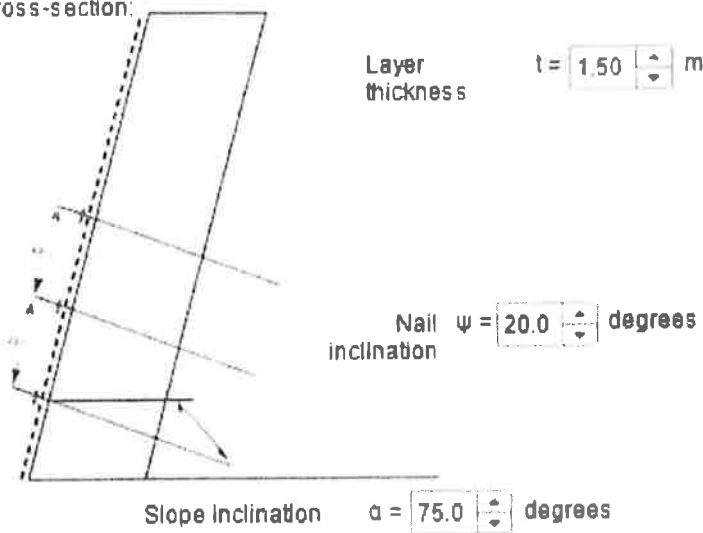
Proof of the mesh against puncturing

| | | |
|--|-------------------------------|-----------|
| Pretensioning force effectively applied on nail | V [kN] = | 20.0 |
| Load factor for negative influence of pretension V | γ_{V2} [-] = | 1.5 |
| Dimensioning value of the applied pretensioning force by negative influence of V | V_{d2} [kN] = | 30.0 |
| Bearing resistance of the mesh to pressure stress in nail direction | D_R [kN] = | 80.0 |
| Resistance correction value for puncturing | γ_{DR} [-] = | 1.5 |
| Dimensioning value of the bearing resistance of the mesh to pressure stress | D_R/γ_{DR} [kN] = | 53.3 |
| Proof of bearing safety | $V_{d2} \leq D_R/\gamma_{DR}$ | Fulfilled |

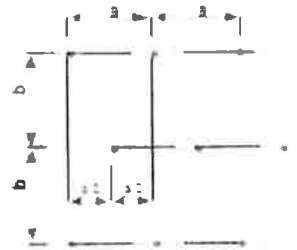
Proof of the nail to combined stress

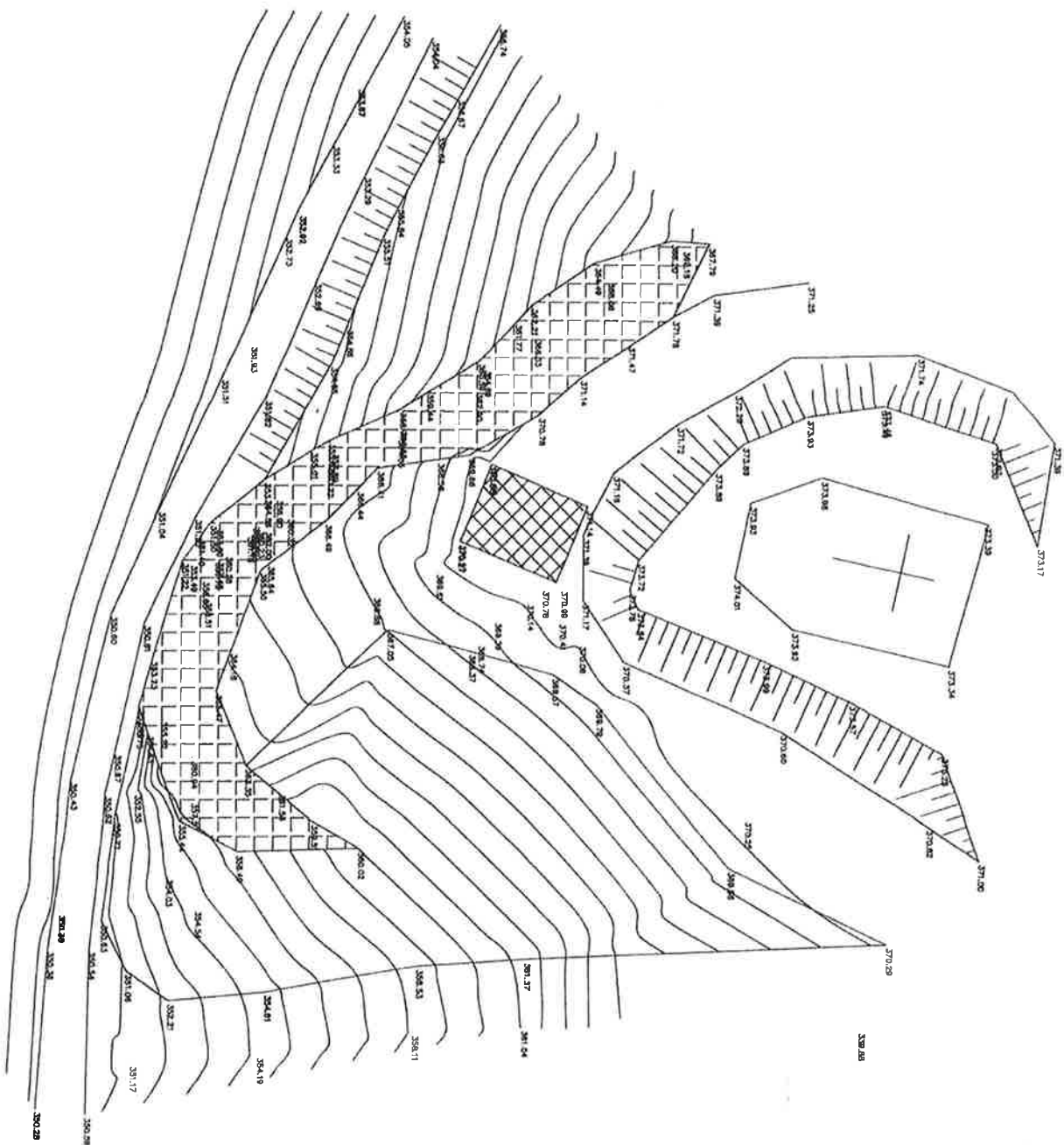
| | | |
|--|----------------------|-----------|
| Pretensioning force effectively applied on nail | V [kN] = | 20.0 |
| Load factor for positive influence of pretension V | γ_{VI} [-] = | 0.8 |
| Dimensioning value of the applied pretensioning force by positive influence of V | V_{dI} [kN] = | 16.0 |
| Load factor for negative influence of pretension V | γ_{VII} [-] = | 1.5 |
| Dimensioning value of the applied pretensioning force by negative influence of V | V_{dII} [kN] = | 30.0 |
| Calculated required shear force at dimensioning level in function of V_{dII} | S_d [kN] = | 64.1 |
| Maximum stress on the mesh for shearing-off | P_d [kN] = | 0.0 |
| Bearing resistance of the nail to tensile stress | T_{Rred} [kN] = | 173.0 |
| Bearing resistance of the nail to shear stress | S_{Rred} [kN] = | 100.0 |
| Resistance correction value for tensile stress | γ_{TR} [-] = | 1.5 |
| Resistance correction value for shear stress | γ_{SR} [-] = | 1.5 |
| Proof of bearing safety $([V_{dII}/(T_{Rred}/\gamma_{TR})]^2 + [S_d/(S_{Rred}/\gamma_{SR})]^2)^{0.5} \leq 1.0$ | 1.00 | Fulfilled |
| Proof of bearing safety $([P_d/(T_{Rred}/\gamma_{TR})]^2 + [S_d/(S_{Rred}/\gamma_{SR})]^2)^{0.5} \leq 1.0$ | 0.96 | Fulfilled |
| Minimal tensile strength in the nail for superficial instabilities | | |
| Dimensioning value of the static equivalent tensile force in the nail for determination of the nail length | T_d [kN] = | 95.5 |

Cross-section:



View nail arrangement:

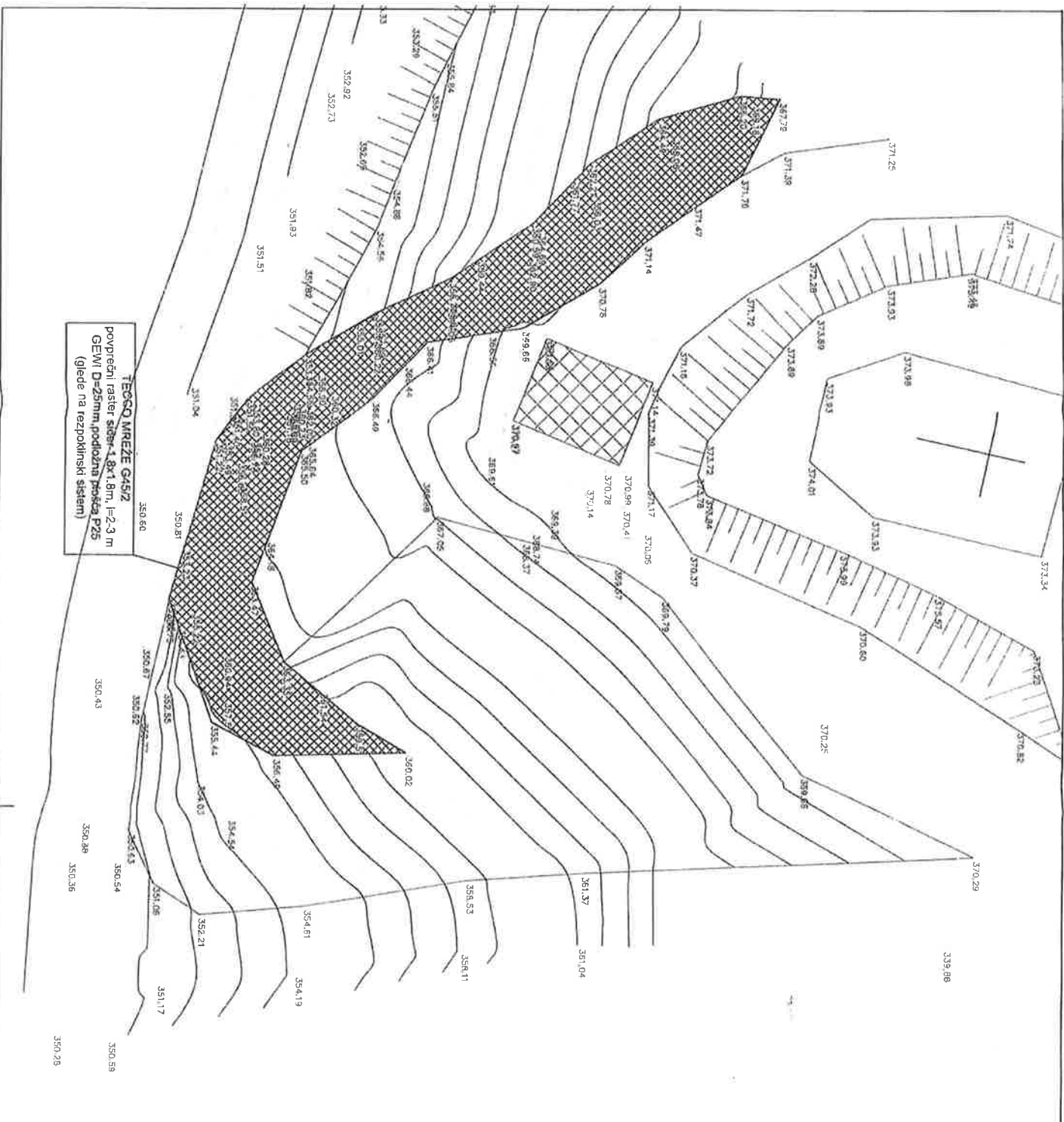




SITUACIJA OBSTOJEĆEGA STANJA

M 1:250

| | |
|--|---|
| Gpocom d.o.o. Gradbeni in geodetski inženjering ter prostorne sceme d o o Sokolska ulica 22, 2000 MARIBOR | |
| Objekt SANACIJA PEČINE POD KAPELICO NA KALVARIJI V MARIBOR | Številka poročila Kalvarija 1/2018 |
| Naročnik SKLAD KMETJSKIH ZEMLIŠČ IN GOZDOVRS | |
| Odgovorni arhitekturni inženjering J. ŽIBRAT, u.d.l.geol. | |
| Oddelec . risal K. MUHIČ, g.i. | |
| Fazza POROČILO | |
| Opis – merilo SITUACIJA, M 1:250 | |
| Datum januar 2018 | S. orlovske 1 |



SITUACIJA ZAŠČITE

M 1:200

| | |
|--|--|
| Giprocom d.o.o. Gradbeni in geotehnični inženjring ter poslovne storitve d.o.o. Sokolska ulica 22, 2000 MARIBOR | |
| Objekt SANACIJA PEČINE POD KAPELICO NA KALVARIJI V MARIBOR | Številka poročila Kalvanja I/2018 |
| Naročnik SKLAD KMETJSKIH ZEMLJIŠČ IN GOZDOVRS | |
| Odgovorni obdelovalec J. ŽIBRAT, u.d.i.geol. | |
| Obdelal . risal K. MUHIČ, gt. | |
| Vrsta Poročilo | |
| Datum januar 2018 | |
| Str. priloge 2 | |