

GEOLOŠKO-GEOTEHNIČNI ELABORAT

INVESTITOR/NAROČNIK:

Občina Dol pri Ljubljani
Dol pri Ljubljani 1, 1262 Dol pri Ljubljani

OBJEKT:

Brežina na zemljišču parc. št. 267, k.o. Križevska vas (občina Dol pri Ljubljani)

NASLOV NAČRTA/ELABORATA::

Geološko-geotehnični elaborat po elementarnem dogodku brežine nad objektom
Zagorica 15

IZDELOVALEC NAČRTA/ ELABORATA:

GEOFORMA D.O.O.

ŠT. NAČRTA/ELABORATA:

GG-74-2021_ver02



DATUM:

21.10.2021

NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O NAČRTU/ELABORATU

NASLOV NAČRTA/ELABORATA:

Geološko-geotehnični elaborat po elementarnem dogodku brežine nad objektom
Zagorica 15

INVESTITOR/NAROČNIK:

Občina Dol pri Ljubljani
Dol pri Ljubljani 1, 1262 Dol pri Ljubljani

OBJEKT:

Brežina na zemljišču parc. št. 267, k.o. Križevska vas (občina Dol pri Ljubljani)

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE::

Geološko-geotehnični elaborat

ZA GRADNJO:

VZDRŽEVALNA DELA V JAVNO KORIST

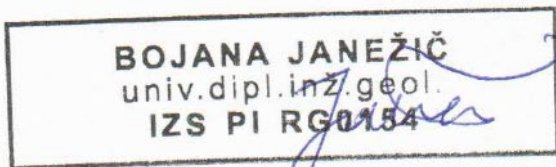
IZDELOVALEC NAČRTA/ELABORATA:

GEOFORMA, geološke in inženirske storitve ter svetovanje d.o.o.



ODGOVORNI IZDELOVALEC NAČRTA/ELABORATA:

BOJANA JANEŽIČ, univ.dipl.inž.geol., ID št. RG0154



ŠTEVILKA IZVODA:

1 2 3 4 5 6 7 8 A

GEOLOŠKO-GEOTEHNIČNI ELABORAT

Kazalo vsebine:

1. UVOD	4
2. INŽENIRSKO-GEOLOŠKE RAZMERE PREGLEDANEGA OBMOČJA.....	8
2.1 Geotektonski in geomorfološki opis obravnavanega območja	8
2.2 Geološki opis obravnavanega območja	9
2.3. Inženirsko-geološke razmere in ogroženost pred padci skal	10
3. INŽENIRSKO-GEOLOŠKE RAZMERE IN OGROŽENOST PRED PADCI SKAL	15
4. HIDROLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE	15
5. SEIZMIČNOST TERENA	16
6. OPIS METODOLOGIJE IN ANALIZE POTI PADAJOČEGA KAMENJA	16
6.1 Geotektonski in geomorfološki opis obravnavanega območja	16
6.2 Geotektonski in geomorfološki opis obravnavanega območja	17
7. ANALIZA PROFILOV S PROGRAMOM ROCKFALL	17
8. PREDLOG UKREPOV	18
8.1 Sanacijski ukrepi	18
8. ZAKLJUČEK IN POPIS DEL	21
8.1 Popis del	22

Kazalo slik:

- Slika 1. Obravnavano območje v zelenem, kjer je v septembru 2021 (prvi elementarni dogodek) prišlo do padca skale (1,8m³) na objekt Zagorica 15.
- Slika 2. Skalni balvan velikosti okoli 1,8m³, ki je padel na objekt Zagorica 15.
- Slika 3. Skalni balvan velikosti okoli 1,8m³- v razkosani obliki.
- Slika 4. Slika padlih skalnih gnot po 2. elementarnem dogodku.
- Slika 5. Slika padle skale ob objektu Zagorica 15 po 2. elementarnem dogodku.
- Slika 6. Obravnavan del odseka nad cesto in objektom Zagorica 15.
- Slika 7. Izsek iz geološke karte Slovenije z legendo (izrez ni v merilu) LIST LJUBLJANA 1:100 000, Premru et al., 1980.
- Slika 8. Posamezna tektonsko pretrta mesta kamninskega balvana.
- Slika 9. Ležeče kamni in posamezni balvani v velikosti 0,07m³ do 0,5m³.
- Slika 10. Severozahodno nad objektom Zagorica 15 se nahaja skalni balvan v velikosti okoli 2,5m³.
- Slika 11. Srednji del pobočja, kjer je na okoli 2,0m³ pretrti skali raste drevo, ki je prav tako že precej pretrto.
- Slika 12. Skalni balvan velikosti okoli 1m³ ujet v lesene ovire.
- Slika 13. 3D Model terena s prikazom območja obravnave (Vir: Geoprostor, 20.10.2021).

Kazalo prilog:

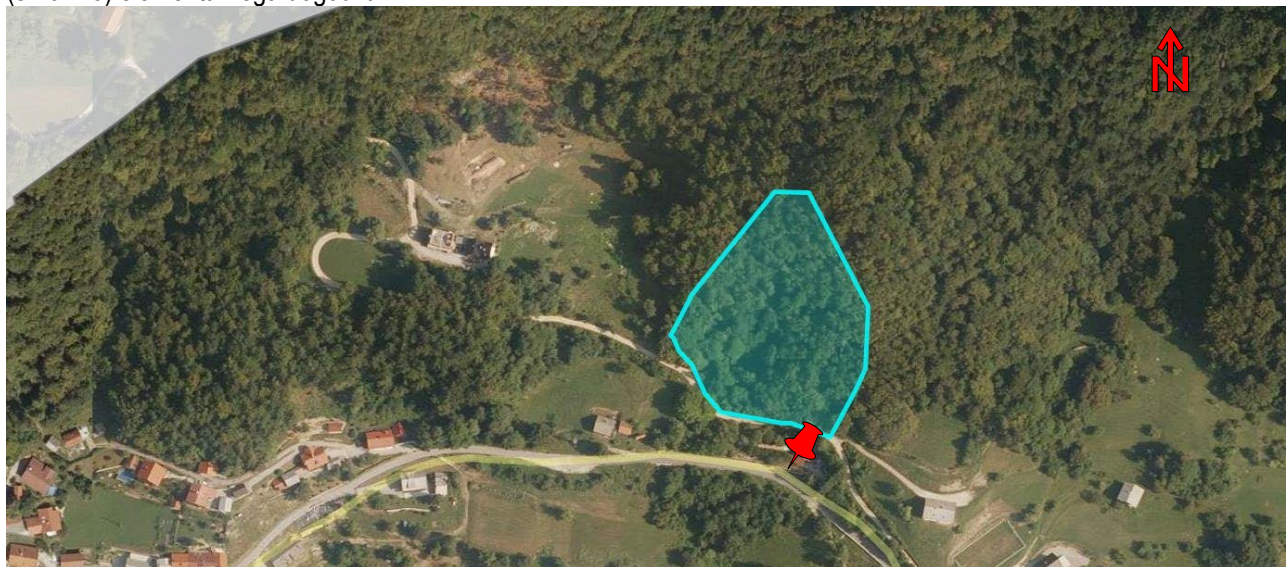
- Priloga 1. Geodetski posnetek območja obravnave z karakterističnimi profili (M=1:400)
- Priloga 2. Inženirsko-geološka karta (M=1:400).
- Priloga 3. Karakteristični profili P1-P4 (brez ukrepov)(M=1:500).
- Priloga 4. Predvideni ukrepi prikazani na karti(M=1:400).
- Priloga 5. Karakteristični profili P1-P4 (z ukrepi) (M=1:500).
- Priloga 6. Popis nestabilnih in padlih skal območja obravnave s slikam
- Priloga 7. Geotektonski opis skalnih čokov območja obravnave.
- Priloga 8. Analize v programu Rockfall.

1. UVOD

Po naročilu občine Dol pri Ljubljani, smo v avgustu 2021 po prvem elementarnem dogodku (slika 1-2) opravili terenski ogled. Nato smo po naročilu istega naročnika v maju 2022 izvedli preprojektiranje območja obravnave, katerim rezultate podajamo v nadaljevanju.

Občina Dol pri Ljubljani namerava zaradi skalnega podora v Križevski vasi po fazah urejati sanacijo obravnavanega odsek. Glede na to, da se problematika padanja skalnih gmot pojavlja že nekaj let, je zagotovitev varnosti trenutno živčih prebivalcev ter pohodnikov, takojšnja sanacija nujna. Na kritičnem odseku, se nahaja objekt Zagorica 15, kjer je prijavljen eden prebivalec, je pa dnevno na tem delu veliko pohodnikov in kolesarjev. Pod območjem obravnave poteka javna občinska cesta JP041758. To je povezovalna cesta med Zagorico pri Dolskem in Križevsko vasjo. Promet je redek do srednje gost, po njej se vozi veliko kolesarjev, še zmeraj pa je to edina povezovalna pot v primeru naravnih nesreč in potrebnih zdravniških oskrb. Občina dogodkov zaradi padanja skal na cesti JP041758 ni beležila.

Cesta poteka južno pod strmimi pobočji V studencih. Od začetka do konca območja obravnave si sledijo v verigi trije večji skalni previsi in večje število manjših kamninskih izdankov. Območje obravnave je zaradi erozije precej prizadeto, na kar kažejo nestabilne skale. Večje skalne gmote so tektonsko poškodovane, prizadete zaradi erozije, zakrasevanja terena in delovanja zmrzali. Zaradi vsega naštetega se je v zadnjem desetletju sprožilo več različno velikih skalnih blokov, delno pa tudi drevesna debla (posušena, vetrolom, žledolom, erozija ...). Spodaj so prikazane slike prvega (slika 1-3) in drugega (slika 4-5) elementarnega dogodka.



Slika 1. Obravnavano območje v zelenem, kjer je v septembru 2021 (prvi elementarni dogodek) prišlo do padca skale ($1,8\text{m}^3$) na objekt Zagorica 15.



Slika 2. Skalni balvan velikosti okoli 1,8m³, ki je padel na objekt Zagorica 15.



Slika 3. Skalni balvan velikosti okoli 1,8m³- v razkosani obliki.

Začetek oktobra 2021 je na istem območju prišlo do drugega elementarnega dogodka, kjer se je odlomil del karbonatnega čoka v skupni velikosti okoli 2,5m³. Ta se je razbil na tri dele od koder sta dva dela pristala na spodnji cesti JP041758 (slika 4). Tretji del skale pa je pristal ob objektu Zagorica 15 (slika 5).



Slika 4. Slika padlih skalnih gmot po 2. elementarnem dogodku.



Slika 5. Slika padle skale ob objektu Zagorica 15 po 2. elementarnem dogodku.

Pred pričetkom ogleda smo si pregledali podatke o padcih skalnih blokov na objekte in zemljišča ter pripravili podloge za pregled terena. Točke padlih skal smo posneli z geodezijo za katere popise vseh nestabilnih skalnih gmot podajamo v prilogi. Glavnino podatkov smo pridobili iz LIDAR posnetka terena (vir: Lidar evode).

Po naročilu občine Dol pri Ljubljani smo za izvedbo projektne dokumentacije PZI, v oktobru 2021 po drugem elementarnem dogodku opravili ponovni terenski ogled in geodetske meritve terena. V tem času ni bilo zabeleženih potresov z žariščem v neposredni bližini z. z žariščem od koder bi se potres začutil tudi na območju obravnave,

Geodetske terenske meritve 14.10.2021 so obsegale dodatne drobne meritve terena, umestitev točk predvidenih podajno lovilnih ograj (PLO), kartiranje ceste (roba ceste) in kartiranje ogroženih objektov. V geodetski posnetek smo uvozili tudi kataster stavb.

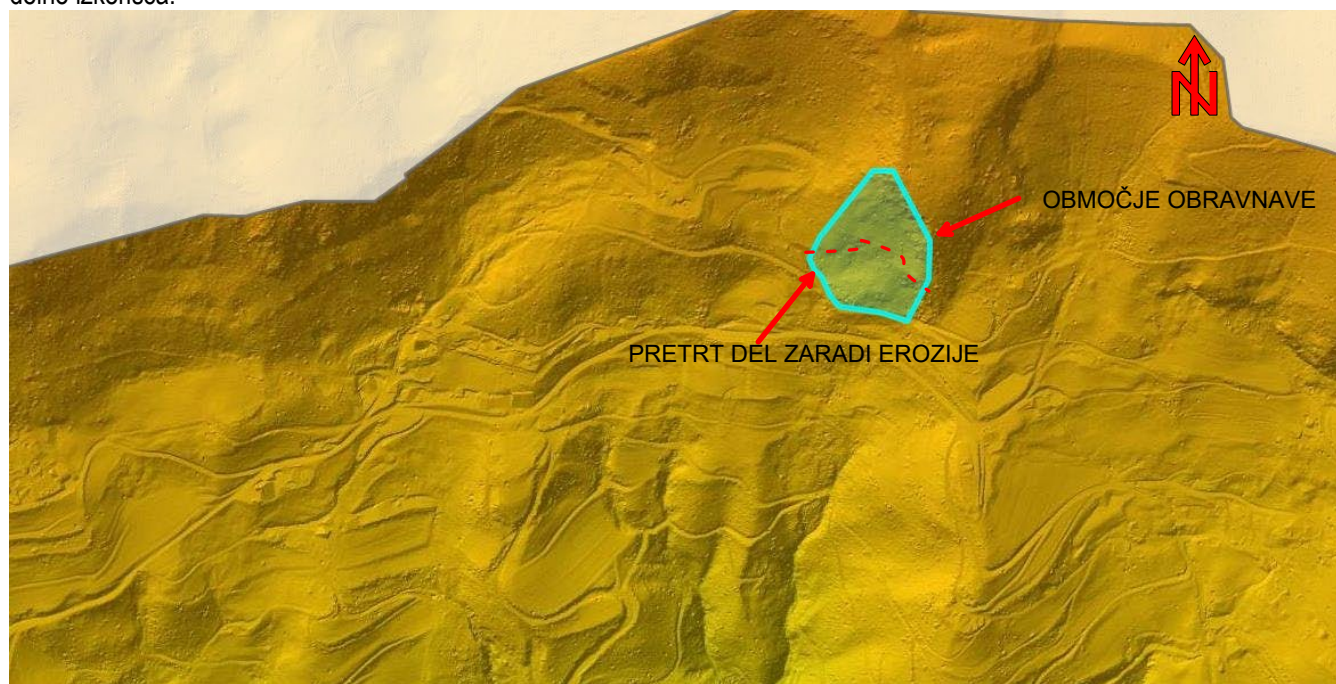
2. INŽENIRSKO-GEOLOŠKE RAZMERE PREGLEDANEGA OBMOČJA

2.1 Geotektonski in geomorfološki opis obravnavanega območja

Geotektonsko je obravnavano ozemlje nastalo v času variscijske orogeneze. Natančneje je območje obravnave del Litijskega nariva, ki ga sledimo od Rašice nad Ljubljano proti vzhodu do Zagorja. V času variscijske orogeneze so nastale najstarejše kamnine. Za Litijko podcono je značilna konkordantna meja med karbonsko-spodnjepemrskimi in srednjepemrskimi plastmi. Zgornjepemrski sedimenti leže deloma konkordantno, deloma diskordantno na starejših plasteh. Na območju obravnave so značilni prelomi v smeri SZ-JV ter S-J (Premru, 1987). Dolski nariv je narinjen na litijsko antiklinalo, med Litijo in Ljubljano je povečini erodiran.

Obravnavano območje se nahaja nad cesto JP041758 Zagorico pri Dolskem-Križevska vas. Cesta poteka vzporedno z litološkim prehodom med triasnimi apnencem in permkarbonskimi peščenjaki ter konglomerati, kjer je po naši oceni kamnina tudi najbolj pretirna in prizadeta zaradi erozije. Hrib ob cesti je redko poseljen. Osnovni relief površja je prikazan na sliki 3. Naklon pobočij se dokaj hitro spreminja, generalni nakloni pobočja znašajo med 30 do 44°, pojavljajo se posamezni vertikalni do previsni skalni skoki. Glede na velik vpad plasti, zakraselost triasnih apnencev in dolomitov in srednje veliko produkcijo labilnih skalnih blokov predstavlja ta del najbolj nevarni del na pregledanem odseku.

Na zgornjem delu brežine v poteka izrazita vertikalna do previsna skalna stopnja. Gre za območje naravnega preloma s smerjo ploskev cca. 60/60. Višina narivne ploskve znaša med 2 in 4 m. Zaradi nariva in posledično poškodovanih triasnih apnencev in dolomitov je na tem delu možna večja produkcija skalnih blokov. Po pregledu terena smo tudi ugotovili, da se na tem območju med območjem nariva in traso ceste nahaja območje kar nekaj podornih blokov velikosti med 0.5 in 20 m³. Pobočja pokriva dokaj gost mešan gozd, veliko dreves ima debelino debla 60 cm. Glede na težko dostopnost pobočij, dokaj velike naklone terena in traso glavne ceste na dnu pobočij, je sečnja dreves zaradi varnosti ogrožena. Gozd na tem delu se delno izkorišča.

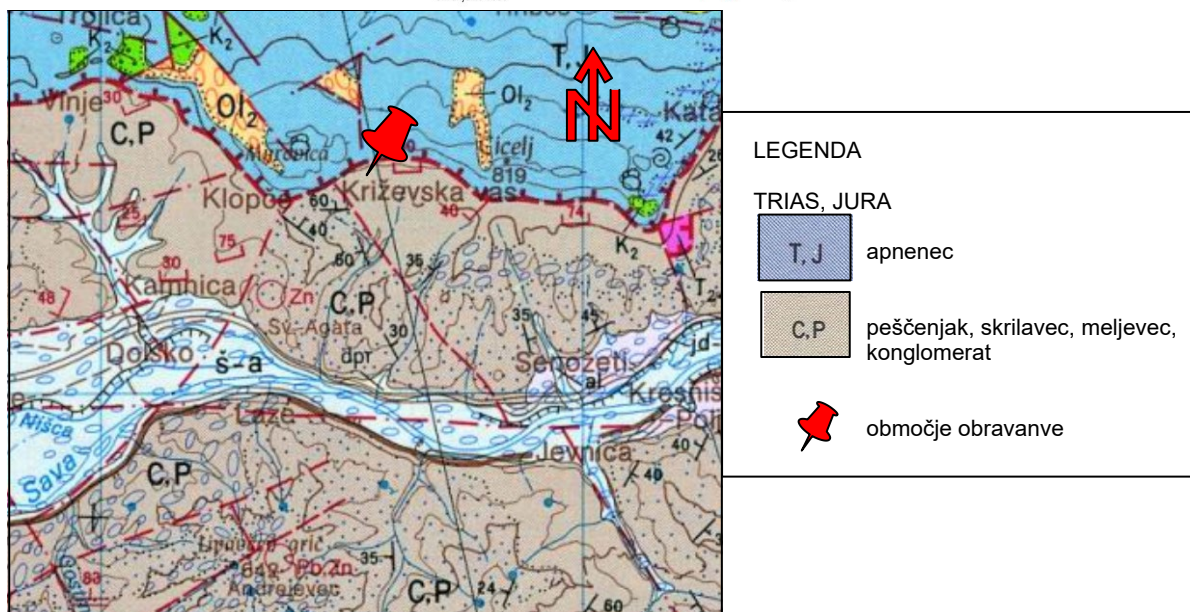


Slika 6. Obravnavan del odseka nad cesto in objektom Zagorica 15.

Pri neotektoniki območja so najpogostejše prelomne strukture, ponekod so prisotni tudi lokalni neotektonski narivi in luske večjega ali manjšega obsega. Ob večjih prelomih so kamnine nagubane, zdrobljene in milonitizirane in pogosto spremenjene v tektonsko brečo. Najbolj so ob prelomih spremenjeni triasni dolomiti, same prelomne cone pa so ponekod lahko široke tudi do nekaj sto metrov. Geološke enote, bodisi jih nadalje delijo. Ob tem imajo določeno hidrogeološko vlogo tudi prelomne in narivne strukture na območju, ki lahko predstavljajo hidrogeološke bariere ali bolj prevodne strukture. V nadaljevanju je podan opis glavnih hidrogeoloških enot, ki so določene na podlagi geološke sestave območja in hidrogeoloških lastnosti posameznih enot.

2.2 Geološki opis obravnavanega območja

Glede na Osnovno geološko karto (slika 2), obravnavano območje leži na permkarbonskih peščenjaki, meljevcih in konglomeratih, zaledje pa gradijo tektonsko pretirni apnenci triasne in jurske starosti. Ti so tektonsko pretirni in milonitizirani. Debelina deluvijalnega pokrova niha med 0,2-0,5 metra. Naklon pobočja območja obravnave se giblje med 28° do okoli 52°. Teren prekriva minimalna debelina preperine ter do 40 cm debel koreninski pokrov – gozdna humozna tla. Na območju pojavljanja podornih blokov pričakujemo velikost blokov od 0,5 do 20 m³ in pojav praznih prostorov med bloki.



Slika 7. Izsek iz geološke karte Slovenije z legendo (izrez ni v merilu) LIST LJUBLJANA 1:100 000, Premru et al., 1980.

2.3. Inženirsko-geološke razmere in ogroženost pred padci skal

Celotni teren smo inženirsko-geološko pregledali. Pozorni smo bili predvsem na dokaze o labilnih blokih, možnih velikosti blokov, povprečni velikosti blokov na posameznem odseku in o možnih ukrepih za izboljšanje razmer. Na območju smo zabeležili posamezne kamninske bloke. Foto material je priložen v prilogi 8 in 9. Večinoma gre za izpade posameznih kosov plasti, zato so kosi generalno precej oglati. Odsek od koder je prišlo do padca večje skalne gmote na objekt in na katerem se nahajajo slabši kamninski balvani je dolg okoli 60 metrov. Širšega dela od tega odseka nismo pregledovali.

Na terenu smo opazili, da je strmejši del, ki nadaljuje v apnenčev kamninski balvan precej mestoma pretrt, viden je tudi prehod med permkarbonsko in triasno cono. Spodaj podajamo nekaj terenskih slik iz katerih je razvidno, da je pobočje nad območjem obravnave precej erozivno in nevarno zaradi možnega padanja posameznih skal.



Slika 8. Posamezna tektonsko pretrta mesta kamninskega balvana.



Slika 9. Ležeče kamni in posamezni balvani v velikosti 0,07m³ do 0,5m³.



Slika 10. Severozahodno nad objektom Zagorica 15 se nahaja skalni balvan v velikosti okoli 2,5m³.



Slika 11. Srednji del pobočja, kjer je na okoli 2,0m³ pretrti skali raste drevo, ki je prav tako že precej pretrto.



Slika 12. Skalni balvan velikosti okoli 1m³ ujet v lesene ovire.

Podrobnejši popis vseh skal s koordinatami podajamo v prilogi 9.

Obravnavano območje, prikazano na geološko-tektonski karti je v celoti zelo erozivno in potencialno za ponovni skalni podor. Območje smo razdelili na dva skalna čoka. Označili smo potencialno nevarne skale za plazenje po pobočju. Oznake skal so na geološko-tektonski karti prikazane s številkami in sicer po vrsti od 1 do 36 (priloga 6).

Skalni čok 1 leži na nadmorski višini od 606 m n.v. do 623 m n.v. Najbolj problematičen del predstavlja skrajni vzhodni del, saj je v tem delu kamnina zelo razpokana in preperela. Opazno je odlamljanje in kotaljenje skal v pobočje. Območje je zelo pretirto in erozivno. V tem delu bi se lahko pojavil ponovni odlom skal. V osrednjem delu je območje prav tako zelo pretirto in erozivno. Razpoke potekajo v vse smeri, najbolj pogoste so vertikalne in v smeri od SZ proti JV. Širine razpok dosežejo velikosti do 2 cm. Izmerjen upad plasti v tem delu znaša 45/90. V spodnjem zahodnem delu skalnega čoka 1 so prisotne večinoma vertikalne razpoke. Skalna gmeta je spodaj močno erodirana in spodjedena. Predstavlja potencialno območje za skalni podor. Izmerjen vpad plasti je 185/60. Kamnina nad skalnim čokom 1 je kompaktna in delno vraščena v tla. Nad skalnim čokom 1 na vzhodni strani je kamnina zelo preperela. Ta del predstavlja najbolj erozivno območje.

Skalni čok 2 leži na višini 633 m n.v. do 643 m n.v. Najbolj erozivno območje predstavlja skrajni zahodni del, kjer je kamnina močno pretirta in je prisotno veliko razpok. Najbolj problematična je vertikalna razpoka širine 20 cm, ki predstavlja območje erozije in lahko potencialno prispeva k odlomu in splazenju večje skale v dolino. Na tem delu se nahaja skala s številko 33. Plasti upadajo z naklonom 200/90 in 255/90. Na sredini in na vzhodnem delu so prisotne razpoke v vse smeri, najpogostejše so tiste z vertikalno smerjo. V tem delu je bil izmerjen upad plasti 30/85. Tukaj se nahaja skala s številko 34. Ta je naložena na vrhu čoka, očitno premaknjena oz. rotirana in predstavlja potencialno nevarna za splazanje. Kamnina je nad celotnim čokom 2 kompaktna in delno razpokana, razen na skrajnem zahodu, kjer je kamnina močno razpokana.

Za ponoven padec po površju so najbolj potencialne skale označene s številkami: 26, 27, 28 in 30, katere so ujete za drevo ali leseno pregrado.

Na zahodnem delu obravnavanega območja se teren nekoliko položi. To je na nadmorski višini 602 m. Na tem delu se je ujelo približno 10 skal velikosti do 1m³. Nekatere od njih ne predstavljajo velike nevarnosti za ponovni skalni podor, vendar so bile že očitno premaknjene in ujete v tem delu terena. Sem spadajo skale z oznakami 9, 10, 11 in 12. Teren je na tem delu v celoti prekrit z gruščem v velikosti od 10 do 50 cm.

Oba skalna čoka smo še geotektonsko interpretirali (Priloga 7). Spodaj podajamo obrazložitev priloge 7.

Obrazložitev k sliki 1:

V celoti je skalni čok 1. zelo eroziven. Najbolj problematičen del je na skrajnem vzhodu, kjer je kamnina močno pretirta in preperela. Vidno je je krušenje skal, ki dosežejo velikosti do 1,6 m³. Ta del predstavlja vir, odkrušenih skal, ki so posledično

lahko zgrmele po pobočju in uničile objekt z naslovom Zagorica 15. Objekt se namreč nahaja pravokotno na vzhodni dela skalnega čoka 1.

Obrazložitev k sliki 2:

V osrednjem delu skalnega čoka 1, je veliko število razpok, ki potekajo v vse smeri. Razpoke so široke do 2 cm. Kamnina je pretrta in opazno je kršenje skal do velikosti 0,5 m³.

Obrazložitev k sliki 3:

V skrajnem spodnjem zahodnem delu skalnega čoka 1 je prisotno veliko vertikalnih razpok, do širine 2 cm. Spodaj je skala močno erodirana. Potencialno nevarno območje za skalni podor.

Obrazložitev k sliki 4:

Na skrajnem zahodnem delu skalnega čoka 2 je kamnina zelo razpokana in preperela. V osrednjem delu je prisotno veliko razpok, ki potekajo v vse smeri, največ je vertikalnih. Na vzhodnem delu je kamnina delno pretrta, razpoke potekajo v vse smeri. Na vrhu vzhodnega dela skalnega čoka 2 je kamnina delno razpokana. Opazna je nepravilno odložena skala, kar pomeni, da je bila nekoč odložena oziroma erodirana z vrhnjega predela, nad obravnavanim območjem (številka 34).

Obrazložitev k sliki 5:

Skrajni zahodni del čoka 2, se zdi kot je najbolj problematično območje, kjer je kamnina močno pretrta in preperela. Prisotne so razpoke v vse smeri, najbolj izstopa razpoka debeline 20 cm. Erozijsko nevarno območje.

3. INŽENIRSKO-GEOLOŠKE RAZMERE IN OGROŽENOST PRED PADCI SKAL

Celotni teren smo inženirsko-geološko pregledali. Pozorni smo bili predvsem na dokaze o labilnih blokih, možnih velikosti blokov, povprečni velikosti blokov na posameznem odseku in o možnih ukrepih za izboljšanje razmer. Izdelali smo IG karto obravnavanega terena. Ta je priložena v prilogi 2. Na IG karti so določena posamezna območja, kjer se nahajajo izdanki kamnin, območje podornih blokov in pa terenske točke, kjer smo dokumentirali posamezne detajle. Foto material je priložen v prilogi 9. Večinoma gre za izpade posameznih kosov plasti, zato so kosi generalno precej oglati.

Odsek smo obravnavali v enem delu na podlagi štirih (4) profilov:

- Gričevnato do gozdnato pobočje, strmina pobočja med 32 do 53°, lokalno tudi bolj strme skalne stopnje. Največja pogostnost padcev skalnih blokov velikosti med 5 in 400 kg, posamezni skalni bloki do 2700 kg. Možni izpadi skalnih blokov velikosti 0,3 – 2,5 m³. Na strmem gozdnatem pobočju so na drevesih vidne poškodbe skalnih blokov do višine 1,50-2,00m (gledano višine od tal). Glede na poseljenost v spodnjem delu pod cesto in gostoto gibanja, je sanacija tega dela odseka nujna. Izvede Glavni ukrep, ki se ga izvede je izdelava zaščitne mreže za oba skalna čoka in izdelava višje podajno-lovilne ograje višine cca. 3-5 m ter prekritje manjših skal na samem mestu z sidrano mrežo.
Na tem odseku ni zabeležene večje sečnje v zadnjih desetih letih in gozdnega reda. Objekte in prebivalce ogrožajo tudi večja starejša drevesa.

4. HIDROLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

Območje obravnave leži na nadmorski višini okoli 580,00 -650,00 metrov. Površinske vode, ki napajajo ožje in širše območje obravnave, so vode prispevnega območja porečja reke Save, tako imenovanega vodnega telesa Sava Podgrad – Litija. Podzemne vode se napajajo iz vodnega telesa Savska kotlina in Ljubljansko Barje. Območja obravnave pretežno gradiata dva tipa vodonosnikov (imenovanje po IAH):

- Medzrnski, aluvialni - obširni in lokalni srednje do visoko izdatni, mestoma nizko izdatni vodonosniki
- Apnenčasti in dolomitni (Kraški/razpoklinski - obširni in lokalni nizko do visoko izdatni vodonosniki) vodonosniki v podlagi in obrobju kvartarnih naplavin

Območje je del 3. (vodozbirna površina vodnega telesa Sava-Kresnica) in 4. hidrografskega območja, ki ga predstavlja vodozbirna površina Mlinščice. Zaledje pretežno gradijo apnenci triasne in jurske starosti, mestoma so prisotni izdanki apnencev in laporjev kredine starosti. Hidrogeološko bariero pa predstavljajo pod triasnimi plastmi ležeče plasti karbonske

in permske starosti. Hidravlične lastnosti kamnin se spreminjajo, pri prepereli kamnini in tektonsko pretrti kamnini, katerih prepustnost je v tem primeru večja. Karbonatne kamnine, ki grade vodozbirno zaledje so tako srednje prepustne z srednjo in deloma kraško razpoklinsko poroznostjo. Vodonosnik je odprti in ima prosto gladino. Napajanje podzemne vode se vrši z infiltracijo padavinske vode.

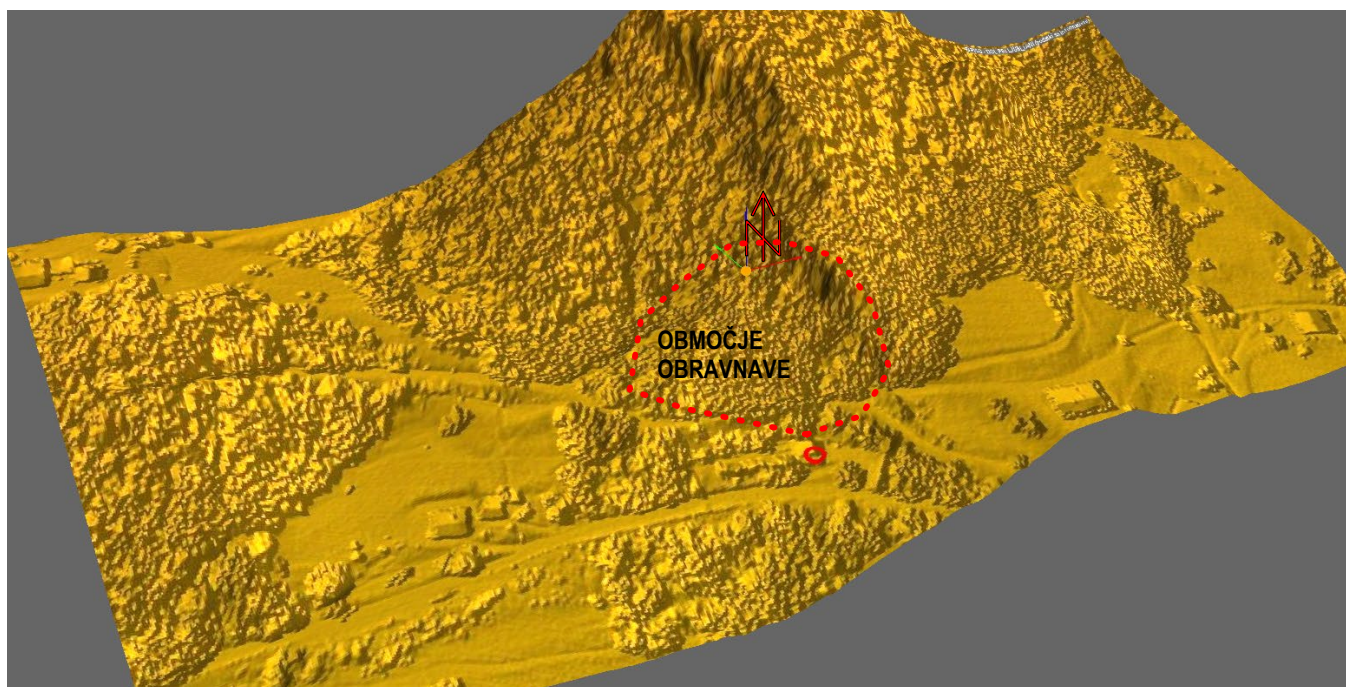
5. SEIZMIČNOST TERENA

Identifikacija tal je podana glede na potresni vpliv v skladu s predpisom SISI EN 1998-11:2006. Obravnavano območje se uvršča v VIII. stopnjo seizmične intenzitete po EMS lestvici (European Macroseismic Scale). V tem območju lahko pričakujemo seizmične pospeške do 0,225 g. Podatke povzemamo po karti makroseizmičnih intenzitet Slovenije za povratno dobo potresov 475 let in po karti projektnih pospeškov potresov a_g . Za prostorsko in urbanistično načrtovanje in za potresno varno projektiranje se uporablja karto projektnega pospeška a_g . Kategorizacija upošteva litološko sestavo tal, inženirsko geološke lastnosti kamnin, tektonske značilnosti in morfološke značilnosti. V skladu z Evrokodom 8 uvrščamo tla na območju obravnave v tip tal A, kjer se nahaja skala ali druga skali podobna geološka formacija, na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala- $v_{s,30} \Rightarrow 800$ m/s (Vir: ARSO: <http://www.arso.gov.si/podrocja/potresi/podatki/>).

6. OPIS METODOLOGIJE IN ANALIZE POTI PADAJOČEGA KAMENJA

6.1 Geotektonski in geomorfološki opis obravnavanega območja

Za modeliranje poti padajočih skal je bil uporabljen 3D digitalni model terena, izdelan na osnovi geodetskega posnetka terena in točk padajočih skal, LIDAR podatkov terenskih točk (brez vegetacije).



Slika 13. 3D Model terena s prikazom območja obravnave (Vir: Geoprostor, 20.10.2021).

Na osnovi digitalnega modela reliefa in vnosom kritičnih žarišč labilnih blokov so bile določene kritične poti padajočih skal- po metodi padnic z večjim naklonom glede na relief, pridobljenimi vzdolžnimi profili dejanske poti kamna. Sama analiza kritičnih profilov za določitev energij in potrebnih višin podajno lovilnih ograj (PLO) je bila opravljena z zadnjo verzijo programa ROCKFALL M+8.016 (©Rockscience).

6.2 Geotektonski in geomorfološki opis obravnavanega območja

Simulacija kamenja je narejena na podlagi vzdolžnih profilov poti skalnih gnot, pridobljene iz 3D modela posnetka in geodetskega posnetka, kjer smo koordinate le-teh s pomočjo GPS določili na samem terenu. Vsak posamezen profil je razdeljen na odseke glede na tipe površine:

- Kompaktna kamnina (izdanki kamnin v zgornjem in v spodnjem delu profila).
- Pobočje z deluvijano zemljino (deluvij).
- Pobočje z gruščem (deluvij).
- Pobočje (deluvij) poraščeno z gozdom.

Za posamezen tip površine so bili določeni parametri: kot trenja, kot lepljenja, dušenje tangentno in normalno na površino, odpor pri kotaljenju in hrapavost površine, ter dušenje zaradi poraščenosti z drevjem. Oblika kamenja je bila pri simulaciji vnesena raznoliko glede na tip skal, ki smo jih na terenu popisali (kvadratna, romboidna, elipsasta, poligonalna). S simulacijo pridobljene vrednosti so kolikor je mogoče realne, vendar je nemogoče določiti natančno vrednost energije posameznim blokom, predvsem zaradi predpostavke energije dušenja zaradi poraščenosti z gozdom, ki je na obravnavanem območju dokaj gosta.

Dobljeni rezultati služijo pri oceni potrebnih stroškov za izvedbo zavarovanja. Pomembno je tudi poudariti, da je padanje kamenja naraven proces in zato ne more biti izračunan povsem eksaktno (odklon smeri zaradi odbojev od debel dreves, ipd.).

7. ANALIZA PROFILOV S PROGRAMOM ROCKFALL

V programu ROCKFALL M+8.016 smo analizirali padanje skal in blokov za cestni odsek JP041758. To je povezovalna cesta med Zagorico pri Dolskem in Križevsko vasjo (60-80m).

V maju 2022 je bila opravljena ponovna analiza, v katero smo poleg potencialno nevarne (padajoče) skale in bloke različnih oblik in velikosti vključili še volumen skal skalnega čoka in skale, ki se nahajajo nad previsom skalni čok 2, katere smo določili na podlagi terenskega ogleda (Priloga 2).

Prav tako smo na podlagi terenskega ogleda določili različne odseke terena brežine nad cesto, ki smo jih uporabili na različnih odsekih profilov. Teren nad cesto je najprej travnat, deloma prekrit s preperino, deloma pa se pojavljajo izdanki, višje pa je skalnat.

Območje nismo delili po odsekih a smo ga obravnavali na štirih (4) profilih.

Na profilih od 1-4 so potencialno nevarni bloki dimenzij maksimalno do 27. 00kg (27t), med njimi tudi potencialno nevarne delno vraščene skale, ki so dosegle dimenzije tudi do 27000 m³. Na celotnem odseku se v večini pojavljaj možnost padanja skal manjših dimenzij (10 kg do 8500 kg). Teren je večinoma poraščen z gozdom, zato smo pri analizah upoštevali redek, ponekod pa srednje gost gozd.

Zaradi same narave terena (menjavanje preperinskega pokrova in izdankov), smo v analize vključili kombinacijo oz. menjavanje omenjenih dveh tipov pribl. v razmerju 40:40. Pri nekaterih analizah smo poraščenost z gozdom upoštevali le na delih prekritih s preperino („deluvij“ – siva barva).

V nadaljevanju je podana legenda upoštevanih velikosti skalnih blokov (3 različnih razredov velikosti) in različne upoštrevane podlage po terenu. Glede na določene velikosti in oblike blokov smo upoštevali podolgovate in eliptične oblike blokov. Oblika blokov ima pomemben vpliv na višino odbojev in tip premikanja (drsenje, kotaljenje, odskakanje).

Izračune smo izdelali na treh (4) kritičnih profilih (1-4). Glede na pregled terena smo pri vsakem profilu določili velikost in območje izpadanja skalnih blokov, izdelali smo analize brez upoštevanja lovilnega učinka gozda in z upoštevanjem učinka gozda. Gozd ima na območju pomemben vpliv, saj nekoliko zniža hitrosti skalnih blokov, poleg tega pa tudi zniža energije padlih blokov. S tem namenom se pri postavitvi zaščitnih ukrepov podajno lovilnih ograj ne izvede sečnja višje od 5 m od umestitve linije omenjenih ograj. V pasu 5 m nad ograjo se izvede sečnja večjih dreves od 15cm na višini 1,5m z namenom akumulacije energije padlih blokov.

Rezultati analiz so podani v spodnji preglednici in v prilogi 6. V prilogi so podani vhodni podatki glede upoštevanih velikosti kamnitih blokov in glede uporabljenih materialov na površini analiziranih profilov.

PROFILI	OGRAJA (PLO)				IZBRANA VIŠINA PLO (m)	PREDVIDENA KOTA PLO (m.n.v.)	VELIKOSTI PADAJOČIH SKAL/BLOKOV (kg)
	MAX. ENERGIJA UDARCA SKALE (kJ)	VIŠINA UDARCA V OGRAJO	OZNAKA PLO	IZBRANA ENERGIJSKA SPOSOBNOST ZADRŽEVANJA (kJ)			
P1 (ODSEK 1)	610,60	3.73	PLO1	2000A	5	595	20-27.000
P2 (ODSEK 1)	1002,90	3,56	PLO1	2000A	5	595,80	
P3 (ODSEK 1)	1005,00	3.8	PLO1	2000A	5	595,90	
P4 (ODSEK 1)	530	3.60	PLO1	2000A	5	596,00	

Pri ponovnem projektiranju ograj pri analiziranih profilih ugotovili, da zadoščajo podajno-lovilne ograje E=2000 kJ, kjer smo upoštevali skal velikosti od 20-27.0000 kg.

8. PREDLOG UKREPOV

Glede na opravljen IG pregled brežin in izdelane analize trajektorij in energij skalnih blokov na območje ceste smo predvideli naslednje ukrepe za zaščito območja ceste pred padajočimi bloki:

1. Čiščenje brežin (nadzorovano proženje in odstranitev labilnih blokov samo 5 m nad umestitvijo podajno lovilnih ograj, sečnja brez odvoza (pod podajno lovilnimi ograjami in 5m nad podajno lovilnimi ograjami). Območje sečnje se naknadno še določi na terenu.

Na območju obravnave predlagamo izdelavo podajno lovilne ograje PLO-1 2000kJ H=5m dolžine 80m. Postavitev opozorilne signalizacije na cesti JP041758 Zagorica pri Dolskem-Križevska vas (80m)Vzpostavitev elektronskega brezžičnega geotehničnega monitoringa z alarmiranjem. Merilce nagiba se postavi na celotnem odseku, saj je kritičen. Poleg PLO-jev se izvede prekritje kritičnih odsekov skalnih pobočij z težko globoko sidrano mrežo (ki pa večinoma ne zadošča vsem varnostnim pogojem).

2. Na dveh skalnih čokih smo predvideli, da se jih obleče z težko sidrano mrežo.
3. Sečna na gozdnatem pobočju nad linijo podajno lovilno ograjo se strogo odsvetuje in ni predvidena tudi tekom gradnje PLO, saj se bodo na ta način povečalo število kritičnih poti padajočih skalnih gmot.

8.1 Sanacijski ukrepi

Na osnovi geološko-geotehničnega poročila, dostopnih geodetskih podatkov, na osnovi opravljenih računalniških analiz, ekspertnih priporočil, dosedanjih izkušenj s tovrstnimi zavarovanji v Sloveniji se predlaga naslednje sanacijske ukrepe (navedeno v vrstnem redu glede na predlagano časovno faznost izvedbe).

Faznost izvajanja del in tehnologija gradnje

Dela so v grobem razdeljena na:

- Pripravljalna dela (sečnja, nadzorovano proženje labilnih blokov, ročna zemeljska dela)
- Izvedba temeljev PLO in vrtanje vrtin za sidra (temelji)
- Postavitev podajno lovilnih sistemov

Pripravljalna dela

Projektant določi mesta postavitve PLO in obseg sečnje. Geodet določi in posname dejanske pozicije umestitve. Določi se vplivna območja in nadzorovan izvede posek drevja. Sečnja se izvede v pasu 5 m pod PLO in v pasu 5 m nad ograjo se izvede sečnja večjih dreves od 15cm na višini 1,5m z namenom akumulacije energije padlih blokov. Sečnja izven tega območja ni predvidena in je strogo odsvetovana tudi lastnikom gozdov. Poleg tega se v času pripravljalnih del izvede še ročno čiščenje območja (kot na primer gozdni red in ročno proženje labilnih blokov in drugo). Izvede se tudi odvoz proženih skal, ki so ostale na vznožju pobočja ter odstranitev večjih labilnih skal na erozijskih centrih (po potrebi in navodilih projektanta). Lastniki gozdov poskrbijo za odstranitev se vseh podrhtih in poškodovanih dreves v širši okolici vplivnega

območja. V liniji posameznega podajno lovilnega sistema se izvede ročna izravnava tudi terena za postavitve temeljev oz. stebrov.

Pred pričetkom del in dobavo vseh materialov izvajalec del preda: tehnološko varnostni elaborat, popis del in materialov, tehnične karakteristike ter vse ateste in izjave materialov. Projektant poda v roku 8 dni od prejema potrditev oz. zavrne pomanjkljiv material oz. dokumentacijo.

Po dobavi materiala na samo lokacijo je obvezen pregled s strani projektanta in dokončna potrditev materialov za vgradnjo. Vgradnja brez predhodne potrditve materiala pred vgradnjo projektanta se ne prizna pri obračunu del. Saj je material po vgradnji v vrtino in betonaži oz. injektiranju, betonaži nemogoče preveriti oz. menjava ni več mogoča.

Vrtanje vrtin za sidra

Potrebno je izvesti vrtnice za sidranje stebrov, stranskih in zalednih vrvi, v katere se vstavi predpisana sidra in se jih zalije z cementno suspenzijo. Vrtanje se izvaja z ročnimi garniturami za težko dostopne terene. Ob izvedbi vrtin je potrebno izdelovati tehnološki elaborat sidranja in imenovati odgovornega inženirja, voditi vse potrebne listine, zapisnik o izvedbi sider in podajno lovilnih elementov. Vrtanje naj se vrši pod nadzorom geomehanika. Predhodno se izvede testno polje sider z namenom potrditve geomehanskih karakteristik hribine, preperine in dokončno potrditvijo dolžin sider. Predhodne geomehanske raziskave niso bile izvedene. Izvajalec sidranja izvede celoviti napenjalni preizkus na vsaj 6 sidrih. Prisotnost geomehanskega nadzora pri testiranju je obvezna, test se ne prične izvajati brez prisotnosti nadzora (predhodno se uskladi termin izvedbe).

Postavitev podajno lovilnih sistemov

Pri postavitvi je potrebno upoštevati navodila, posredovana s strani proizvajalca podajno lovilnih sistemov, s katerimi se zagotovi kvalitetno izvedbo. Upoštevati je potrebno vse zahteve projektne dokumentacije (projekt in popis del ter standarde za tovrstna dela). Vsi detajli morajo biti predhodno usklajeni v tehnološkem elaboratu (ki ga izdelava izvajalec del) in potrjeni s strani projektanta. Postavitev ograj lahko opravijo le delavci usposobljeni za načrtovana dela. Lokacije in dolžine posameznih podajno lovilnih sistemov so podane v grafičnih prilogah. Pri zakoličbi mora biti zagotovljena prisotnost projektanta. Ob koncu izvedbe del je potrebno celotno območje, izven vplivnih odsekov ureditve, povrniti v prvotno stanje.

Izvedba podajno lovilnega sistema

Lokacije ukrepov so vrisane v modelu reliefa s prikazom ukrepov (Priloge 4-5). Zaradi razgibanosti terena je nujno izvesti terensko zakoličbo sistemov pod nadzorom projektanta. Sidranje prekritij in podajno lovilnih sistemov mora pred izvedbo potrditi projektant. Posamezni detajli se lahko v odvisnosti od proizvajalca podajno lovilnega sistema razlikujejo. Zahteve za dobavljeni podajno lovilni sistem so:

- Podajno lovilni sistemi, ki se bodo vgrajevali, morajo biti kot celota preizkušeni na projektno obremenitev oziroma prevzem kinetične energije 1000 kJ za celoten odsek. Vsi vgrajeni materiali morajo biti proizvedeni v skladu z nacionalnim oziroma evropskim tehničnim soglasjem (STS ali ETA) in preskušani po ETAG 027 s pridobljeno oznako CE. V sklopu ponudbe mora izvajalec del predložiti vso dokumentacijo naročniku in inženirju v skladu z nacionalno in EU tehnično regulativo.
- Vsi podajno lovilni sistemi morajo biti proizvedeni s strani enega proizvajalca.
- Podajno lovilni sistem se izvede po zahtevah in navodilih proizvajalca in strogo tudi po tej projektni nalogi
- Izvajalec mora s strani proizvajalca pridobiti dokumente o certifikaciji za vse bistvene elemente sistema (stebre, mreže, ojačitvene in sidrne vrvi, zavore sidrišč) ter certifikat o nespremenljivosti lastnosti proizvoda v skladu z Uredbo (EU) št. 305/2011. Dodatno mora izvajalec s strani proizvajalca pridobiti še navodila za namestitev sistema. Izvajalec pred pričetkom del nadzoru preda:
 - a) *terminski plan*
 - b) *tehnološko varnostni elaborat*
 - c) *vse dokazila o materialih (izjave, načrte, skice, navodila ...)*
 - b) *plan tekoče kontrole kakovosti del (protokol sidranja, preskus sider, receptura cementne suspenzije)*
 - c) *tehnološko-ekonomski elaborat z analizo cene (TEE z analizo cene).*

- Kontrolo kvalitete in končno poročilo izdela usposobljena pooblaščenca institucija (ki je predhodno odobrena s strani projektanta).
- Jekleni stebri sistema morajo biti protikorozijsko zaščiteni v skladu z zahtevami ETAG 027 ter sidrani v podlago. Nominalna višina podajno lovilnega sistema, merjena na sredini polja mora biti 5 m za ograjo s kapaciteto 1000 kJ. Dolžina polja sistema med stebri mora biti zaradi razgibanega terena prilagodljiva, sistem pa mora zagotavljati tudi možnost vertikalnih in horizontalnih lomov v liniji.
- Podajno lovilni sistem mora predvidevati izvedbo dodatnih sider za primer loma po horizontali.
- Predvidena življenjska doba podajno lovilnega sistema v normalnih okoljskih pogojih brez udarca skale mora biti 25 let, skladno z ETAG 027 za predvideno je korozijsko kategorijo C2 (skladno z SIST EN ISO 9223). Protikorozijska zaščita žice in zalednih ter stranskih vrvi mora biti protikorozijske zaščite razreda A (cink) ali najmanj B (cink/aluminij, skladno z SIST EN 1179 in SIST EN 10244-2. Protikorozijska zaščita stebrov in ostalih elementov sistema mora biti izvedena v skladu z SIST EN ISO 1461.
- Sistem mora omogočati izvedbo zapiranja vrzeli (gap filling) do 0,3 m s pocinkano heksagonalno mrežo in nad 0,3 m s kovinsko mrežo enake kvalitete kot je uporabljena v samem podajno lovilnem sistemu.
- Detajli zapiranja vrzeli, globine nad 30 cm morajo biti predhodno potrjeni s strani projektanta oziroma nadzora.
- Sistem mora omogočati izvedbo sidranja v vertikalno skalno steno.
- Zaradi razgibanosti terena je potrebno prilagoditi dolžine stranskih jeklenic.
- Ob prevzemu energije mora varovalni sistem ohraniti 50 % višine mreže na mestu absorpcije (kategorija A skladno z ETAG 027).
- Po koncu del mora izvajalec investitorju predati vsa dokazila, ki so podlaga za pripravo PID dokumentacije. Izvajalec pri projektantu tega elaborata naroči projekt izvedenih del (PID), katerega sestavni del mora biti tudi geodetski posnetek novega stanja ter Navodila za obratovanje in vzdrževanje objekta.

Nosilnost in izvedba sider

Pasivna sidra morajo imeti pridobljeno tehnično soglasje in potrdilo o skladnosti (STS ali ETA). Predvidena je izvedba 4+2=6kom testnih sider za preizkus zahtevane nosilnosti, skladno s SIST EN 14490:2010, pri čemer sta 2 bočni sidri t.i. žrtveni sidri. Bočni žrtveni sidri se vgradi ter preskusi do porušitve pred pričetkom del. Predvidena maksimalna dolžina pasivnih sider je 3m do 6m (dolžina se določi v skladu z rezultati testnih sider in žrtvenega sidra). Testiranje se izvede v okviru tekoče kontrole. Dolžina sider mora biti potrjena s strani projektanta ali inženirskega geologa.

- Protokol napenjanja pasivnih sider se izvede v najmanj petih (5) stopnjah z minimalnim časom opazovanja 5 minut na stopnjo oz. do umiritve tečenja sidra. Ustrezna nosilnost sidra je pogojena z mero lezenja $k \leq 2$. Prirastki (δ) na posamezni stopnji obremenjevanja ($\delta_i - \delta_{(i-1)}$) $\leq 0,5$ mm. (ga ne najdem, jaz to ne bi pisal)
- Injektirna masa mora biti sestavljena iz cementa CEMII 42,5 in pitne vode ter dodatki za nabrekanje in hiperplastifikatorji. Obvezna je uporaba dodatkov za povečanje volumna in večjo pretočnost pri nizkem cementnem faktorju. Uporabljen mora biti običajni Portland cement CEMII 42,5. Voda mora biti pitna, čista, brez olja, kislin, lužin, organskih in drugih škodljivih snovi. Za izboljšanje lastnosti injektirne mase morajo biti uporabljeni dodatki. Injektirna masa mora biti strojno zmešana s turbo mešalcem, kar zagotavlja enakomerno konsistenco. Pred injektiranjem mora izvajalec del nadzoru predložiti v potrditev recepturo injektirne mase in vse dodatke. Izvajalec je dolžan pri izvedbi sidranja odvzeti šest vzorcev sveže injektirne mase in ju testirati pri pooblaščen organizaciji (tekoča kontrola) skladno z SIST EN 445: preskus pretočnosti, preskus izločanja vode, preskus spremembe prostornine, tlačna in upogibna trdnost.
- Izvajalec mora skozi ves čas izvedbe voditi gradbeni dnevnik, ki se nahaja v gradbiščnem kontejnerju, tekom vrtanja voditi zapisnik o izvedbi sider (skladno z SIST EN 14990:2010), ki je sestavni del izvedbene dokumentacije in vsebuje: datum in lokacijo, ime vrtalne garniture, vodja vrtalnih del, čas vrtanja, način vrtanja, smer, odklon in dolžina vrtine, sestava in struktura hribinskega materiala; metoda vgradnje (cevljena vrtina/izpiranje..), način injektiranja, vrsta injektirne mase, poraba injektirne mase, posebnosti.
- V primeru sidranja v pobočni grušč je pred vgradnjo sider obvezno oblaganje vrtin z strogo namenskimi sintetičnimi nogavicami (predhodna potrditev s strani projektanta).
- Sidranje se bo izvajalo v pobočni grušč in apnenčasto skalo. Predvidena strižna trdnost pobočnega grušča med plaščem sidra in okoliškim naravnim materialom je ocenjena na $\tau_{gr}=150$ kPa in apnenčasto skalo $\tau_{ap}=600$ kPa.
- Predvidena dolžina sider je 3 do 6m . Predvideva se vrtanje premera ki znaša $\varnothing 120$ mm. Izvedba sidranja mora potekati pod nadzorom projektanta ali inženirskega geologa.

- Pri vgradnji sider je zahtevana obvezna uporaba namenskih distančnikov na vsake 2m sidra.
- GW sidra: Upoštevati je potrebno določila SIST EN 14490. Premeri vrtin morajo zagotavljati kvalitetno injektiranje, spajanje, vgradnjo in korozijsko zaščito sidra. Iz vrtin morajo biti odstranjeni vsi ostanki vrtanja, blata in drobirja. Vgradnja posameznega sidra mora biti izvedena v treh urah oz. najkasneje še isti dan po vrtanju in pripravi vrtine. Po vgradnji sidra mora biti celotna vrtina zapolnjena s cementno suspenzijo. Cementna suspenzija se s pomočjo batne črpalke črpa v dno vrtine po namenski injektirni cevi, ki ostane v vrtini. Da je to doseženo, mora biti injektirna cev pritrjena po celotni dolžini sidra in vstavljena v vrtino s sidrom.
- Samouvrtalna sidra: Upoštevati je potrebno določila SIST EN 14490. Samouvrtalna sidra morajo biti vgrajena z uvrtnjem vrtalnega droga v hribino, pri čemer se vrtalnega droga ne odstrani iz vrtine, saj ta ostane v njej, kot nosilni del sidra. Injektiranje se izvede skozi odprtino po osi sidra takoj po končanju vrtanja. Mešanico injektirne mase, injektirni pritisk in količino mora določiti projektant v skladu s hribinskimi pogoji (predhodno potrjena receptura). Priporočamo uporabo GW sider oz. sider, ki so v izbrana v tehničnem soglasju za PLO sisteme.
- Izvajalec del mora v fazi izvedbe sider zagotoviti ustrezne nosilnosti sider v skladu z zahtevami proizvajalca podajno lovilnega sistema.
- Položaj in smeri vrtin za izvedbo sidranja se izvede v skladu z navodili proizvajalca podajno lovilnega sistema.

8. ZAKLJUČEK IN POPIS DEL

Pričujoče inženirsko geološko poročilo (PZI elaborat) služi kot osnova za izvedbo podajno lovilnih ograj za izbranega izvajalca. Na podlagi terenskega ogleda in modeliranja znotraj programa ROCKFALL M+8.016 lahko podamo grobo oceno investicije za izvedbo PLO ograj energijskega razreda 2000kJ in skupne dolžine 80 metrov.

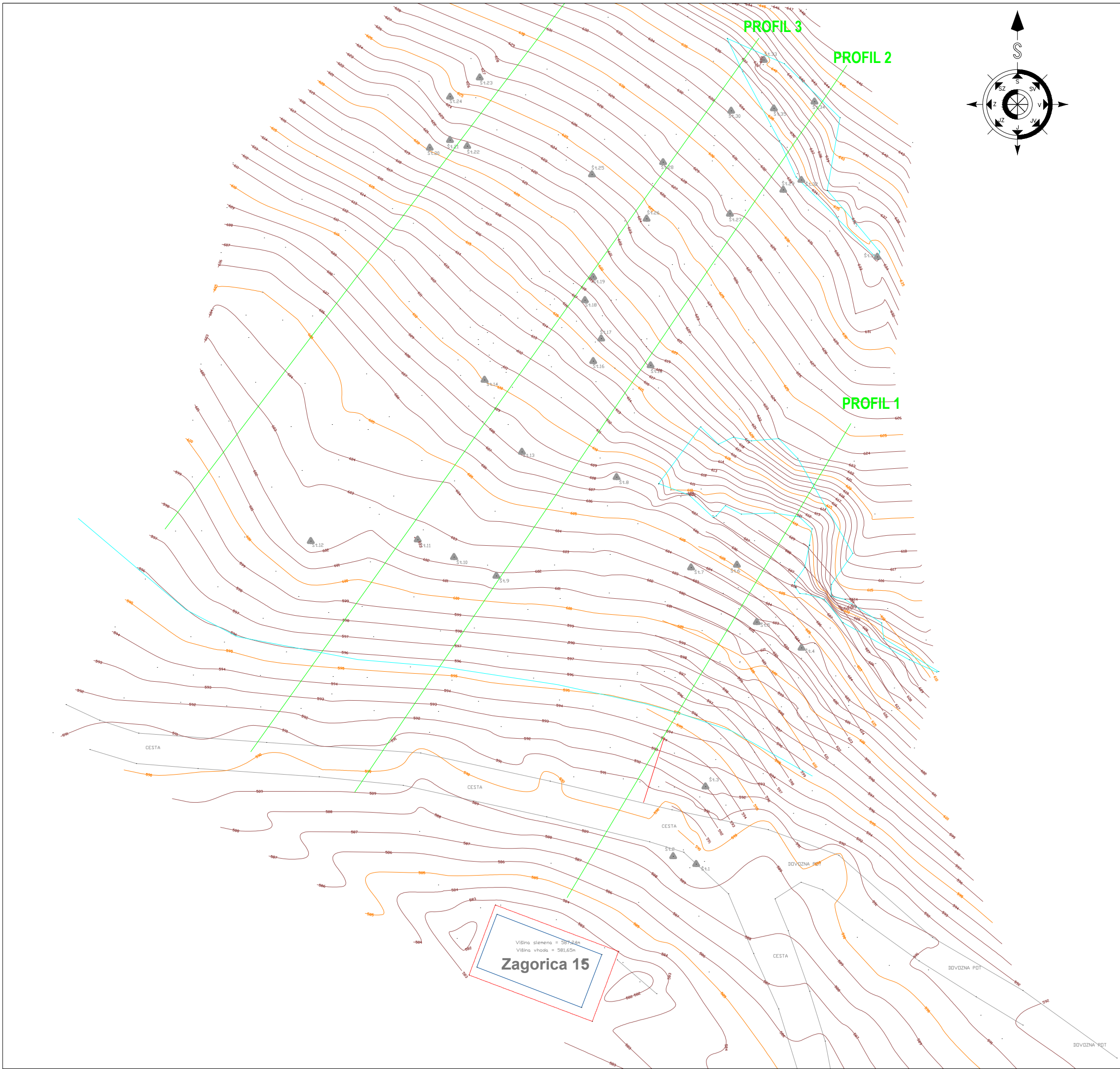
Predvidene trase teh PLO je umeščenih nad objekta tako, da ne zmanjša funkcionalnosti zemljišč in celo dvigne vrednost nepremičnine. Prav tako bodo po izvedbi sanacijskih ukrepov kakršnekoli gozdne vlake prevozne. Sečnja na tem območju se strogo odsvetuje a nujno potrebno je vzdrževanje gozdnega reda oz. odstranjevanje vseh suhih, podrtih, poškodovanih dreves. Kakršno koli zadrževanje pohodnikov (športniki, gobarji, lovci ...) je zaradi varnosti je strogo prepovedano na celotnem območju.

Po izvedbi sanacijskih ukrepov se morajo vršiti redni letni pregledi (čiščenje in praznjenje ograj), monitoringi in redna sanacijska dela vsake 5 let. Vsakih 5 let se vrši pregled s strani projektanta in upravnika oz. investitorja z namenom popisa stanja, popis vzdrževalno servisnih storitev in morebitnih zamenjav materialov. Šest mesecev pred potekom garancije se izvede nujen pregled s strani projektanta in upravnika oz. investitorja z namenom ugotavljanja reklamacijskih zahtevkov.

Tip in starost gradnje objektov na tem območje statično ne upošteva zadrževanje padajočih kamnov in posledičnih trkov v stene in strehe le-teh. Vsakodnevno so prebivalci smrtno ogroženi tako znotraj kot tudi zunaj objektov. Po umestitvi podajno lovilnih ograj se bo lahko nadaljevala urbanizacija oz. gradnja novih objektov pod PLO.

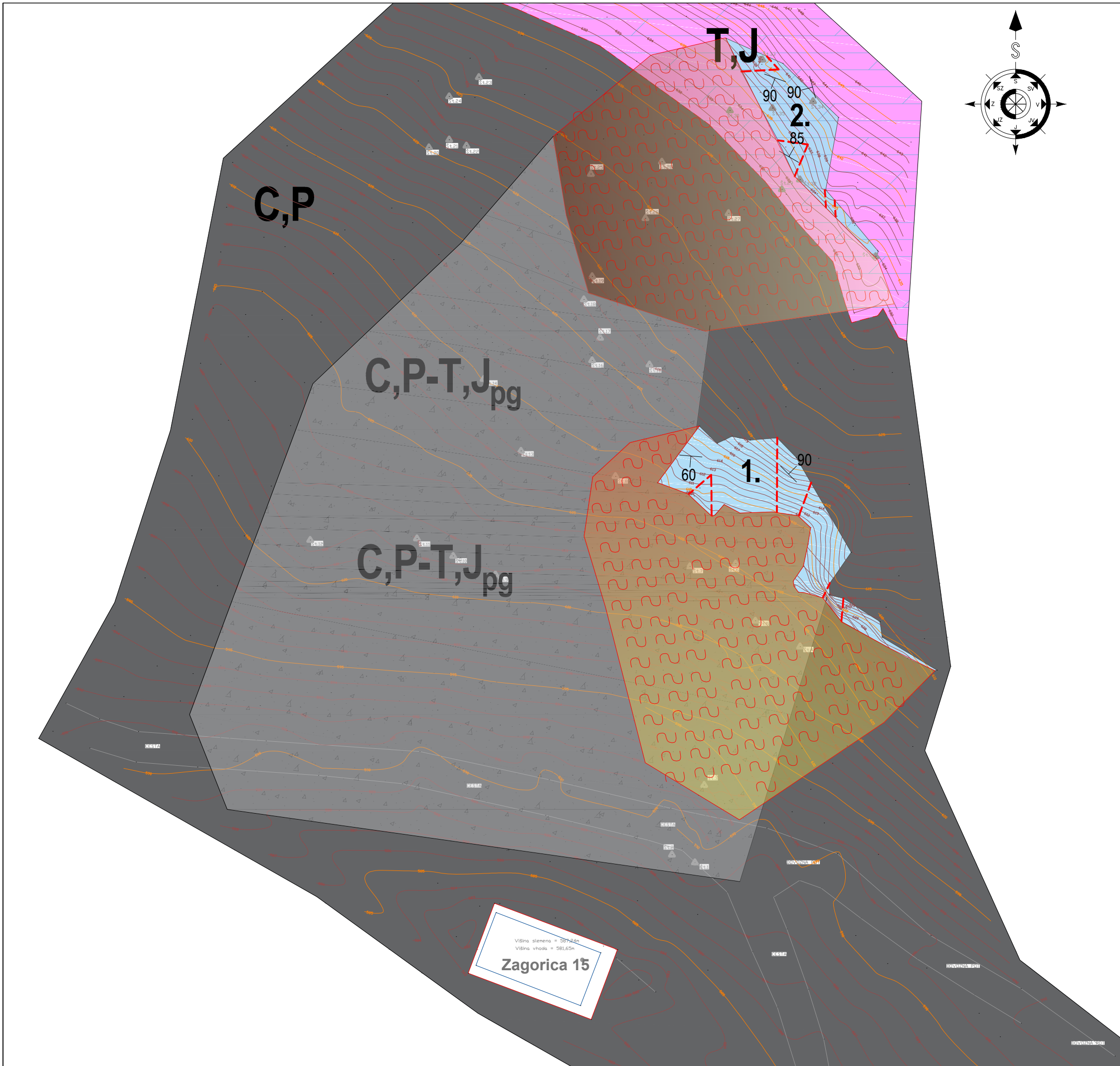
Zaradi zahtevnosti izvedbe je za varno izvedbo del ključnega pomena izbira kompetentnega izkušenega izvajalca, ki ima dolgoletne izkušnje s saniranjem zahtevnih strmih in visokih skalnih brežin ter dolgoletne izkušnje z montažo varovalnih sistemov predvidenih v tem projektu. Kompleksnost projektiranih varovalnih sistemov zahteva veliko izkušenost izvajalca ter usposobljeno delovno ekipo, kar lahko izvajalec izkazuje z ustreznimi referencami in ustrezno namensko opremo za delo v danih pogojih (vitli, vrtalne garniture za težko dostopne terene, injektirji, mešalne postaje, agitatorji, vrvna tehnika...). Izvajalec del mora imeti v ekipi izkušenega inženirja geotehnoogije. Izkazati mora izkušnje – referenčna dela v geotehnik. Ob izvedbi mora biti prisoten stalni projektantski nadzor, in gradbeni nadzor s strani investitorja.

Priloga 1. Geodetski posnetek območja obravnave z
karakterističnimi profili (M=1:400)



Vsebinski posnetek s karakterističnimi profili			Št. priloga:
Geodetski posnetek s karakterističnimi profili			1
Naročnik:			Št. elaborata:
Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262			GG-74-2021
Dol pri Ljubljani			
Investitor:			
Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262			
Dol pri Ljubljani			
Izvajalec:			
 GEOFORMA POSNETKI IN PROJEKTI GEOFORMA d.o.o. Dimiteva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija bojana.janezic@geoforma.si +386 (0)1 369 640 www.geoforma.si			
Naziv:	Ime in Priimek	Podpis	
Odg. projektant	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije		
Avtor:	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	RG0154	
Merilo:	Datum:		
1: 400	20.10.2021		

Priloga 2. Inženirsko-geološka karta (M=1:400).



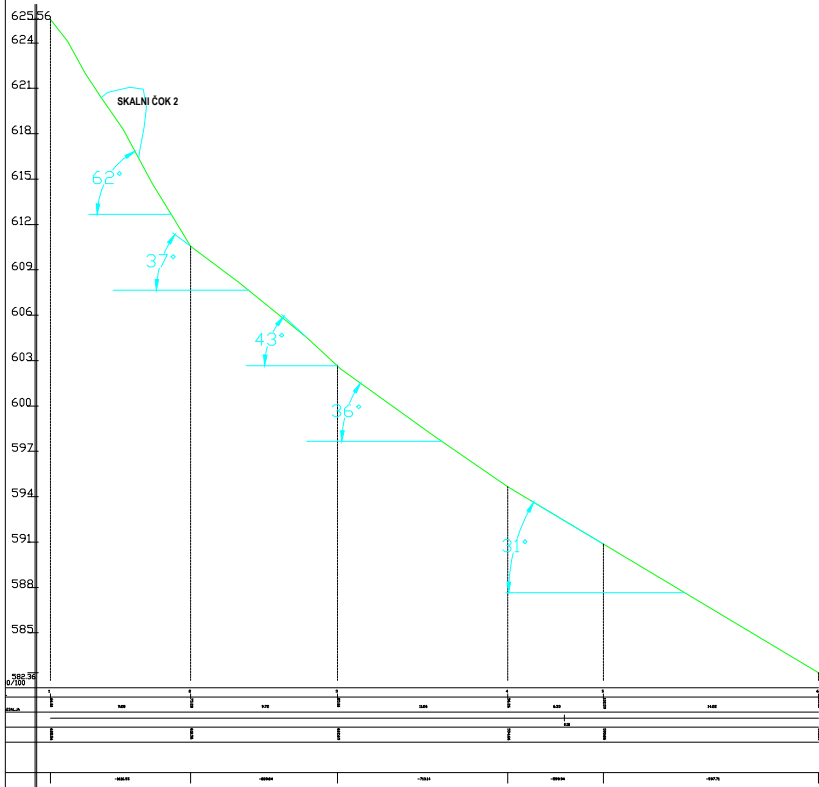
LEGENDA

- T,J Apnenec (pretežno tektonsko poškodovan, razpokan)
- C,P Peščenjak, meljevec, skrilavec, konglomerat
- 1. Karbonatni čok
- C,P-T,Jpg Pobočni grušč-nezaglinjen grušč s posameznimi skalnimi bloki
- Geološka meja
- Potencialno nevarne skale
- Vpad plasti
- Razpoke

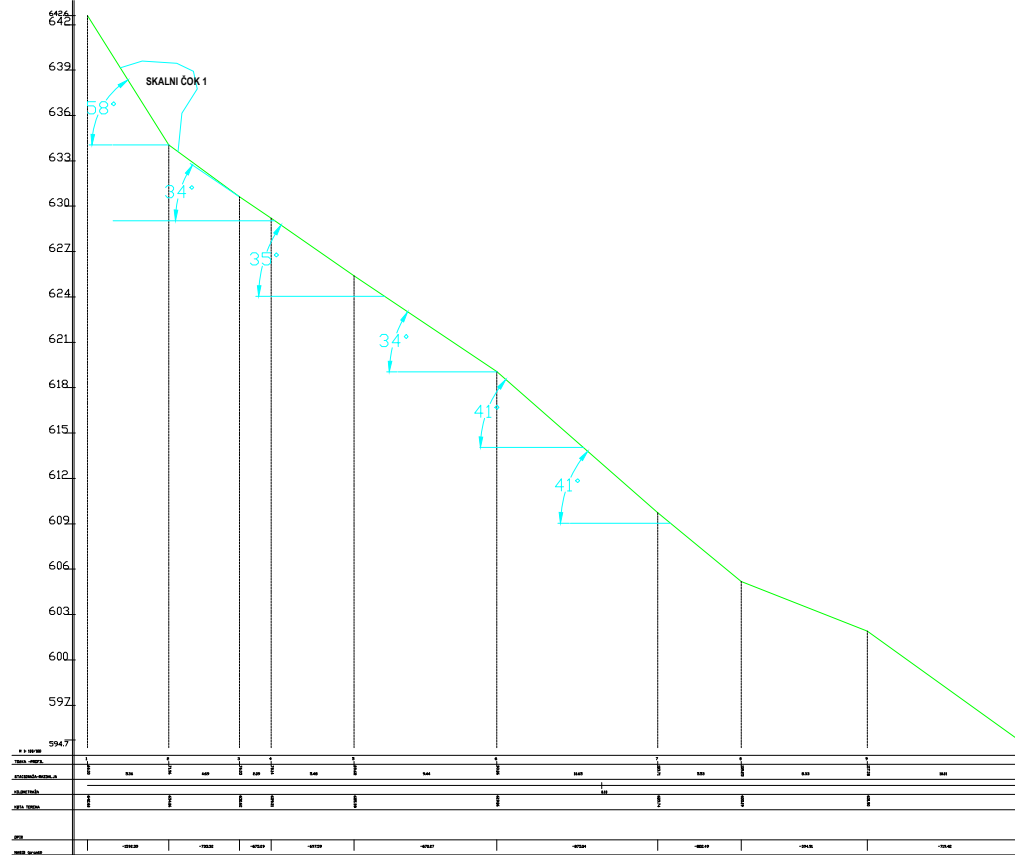
Vsebina/naslov risbe: Inženirsko-geološka karta		Št. priloga: 2
Naročnik: Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262 Dol pri Ljubljani		Št. elaborata: GG-74-2021
Investitor: Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262 Dol pri Ljubljani		
Izvajalec:		
 GEOFORMA d.o.o. Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija bojana.janezic@geoforma.si +386 (0)1 369 640 www.geoforma.si		
Naziv:	Ime in Priimek	Podpis
Odg. projektant	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	
Avtor:	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	RG0154
Merilo:	Datum: 1: 400 20.10.2021	

Priloga 3. Karakteristični profili P1-P4 (brez ukrepov)(M=1:500).

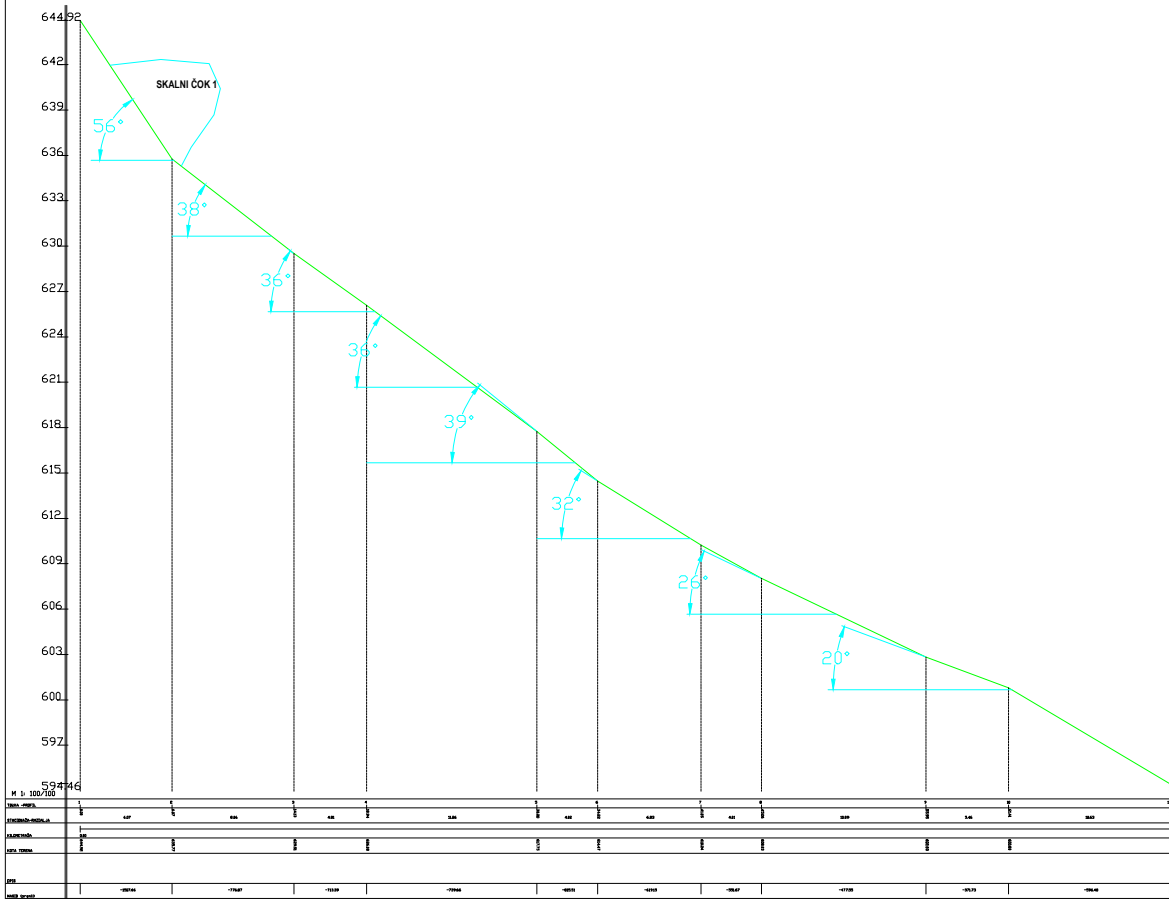
PROFIL 1



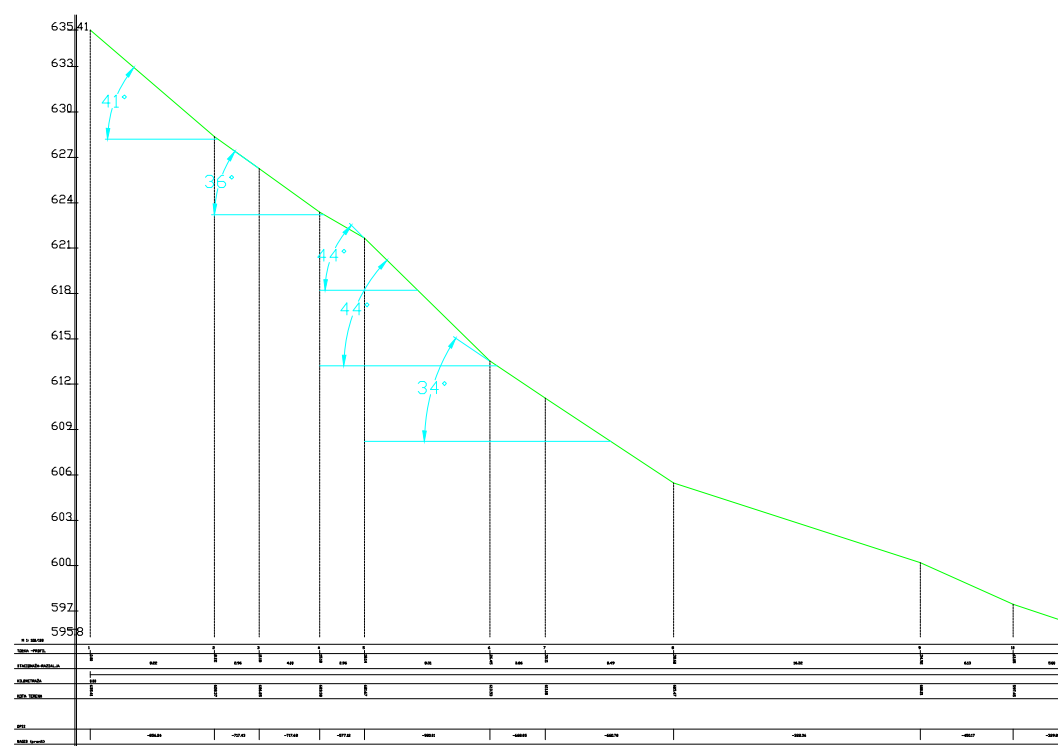
PROFIL 2



PROFIL 3

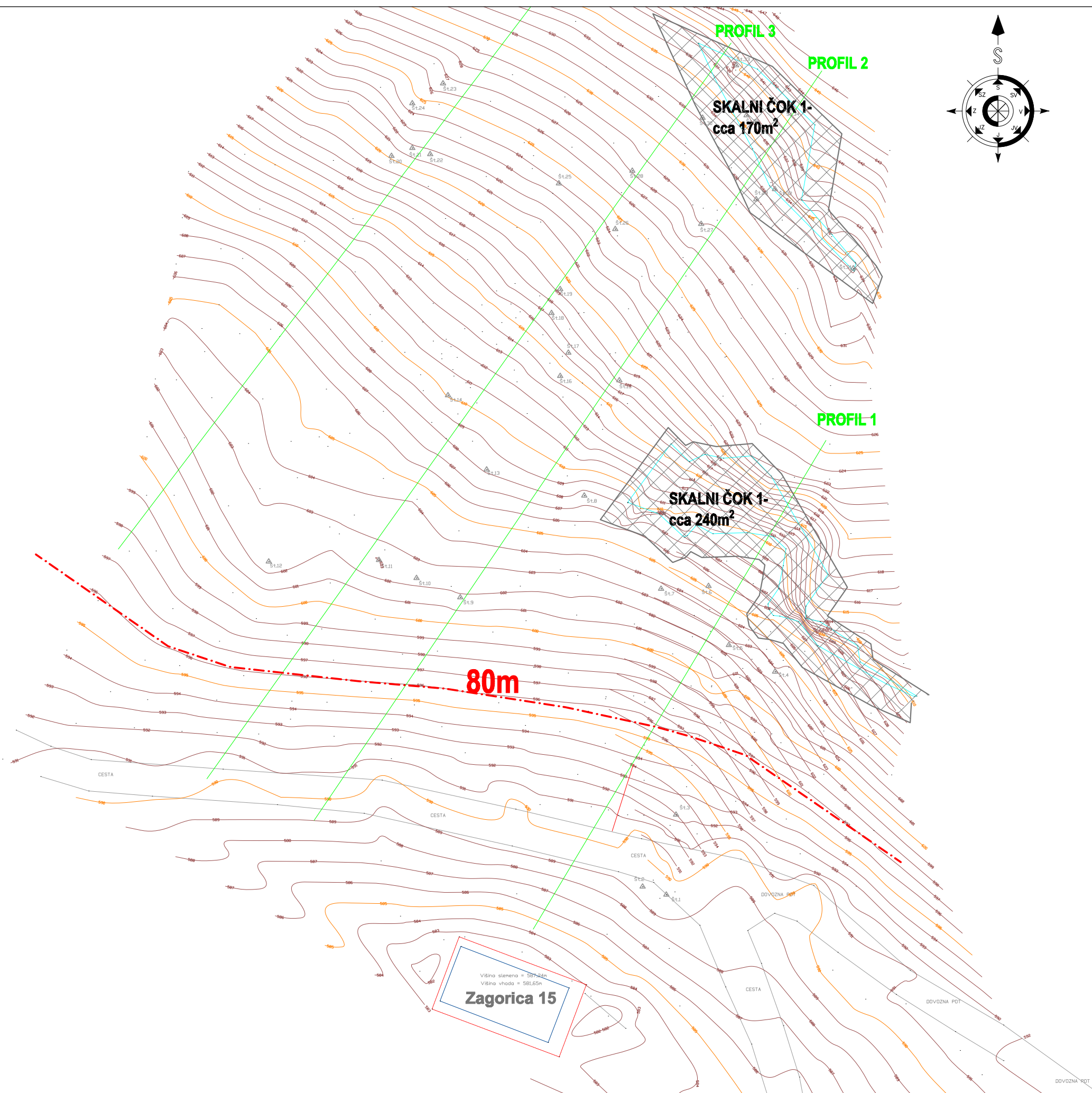


PROFIL 4



Vsebina/naslov risbe: Karakteristični profili P1-P4 (brez ukrepov)		Št. priloga: 3
Naročnik: Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262 Dol pri Ljubljani		Št. elaborata: GG-74-2021
Investitor: Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262 Dol pri Ljubljani		
Izvajalec:		
 GEOFORMA d.o.o. Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija  bojana.janezic@geoforma.si  +386 (0)1 369 640  www.geoforma.si		
Naziv:	Ime in Priimek	Podpis
Odg. projektant	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	
Avtor:	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	RG0154
Merilo:	Datum:	
1: 500	20.10.2021	

Priloga 4. Predvideni ukrepi prikazani na karti(M=1:400).



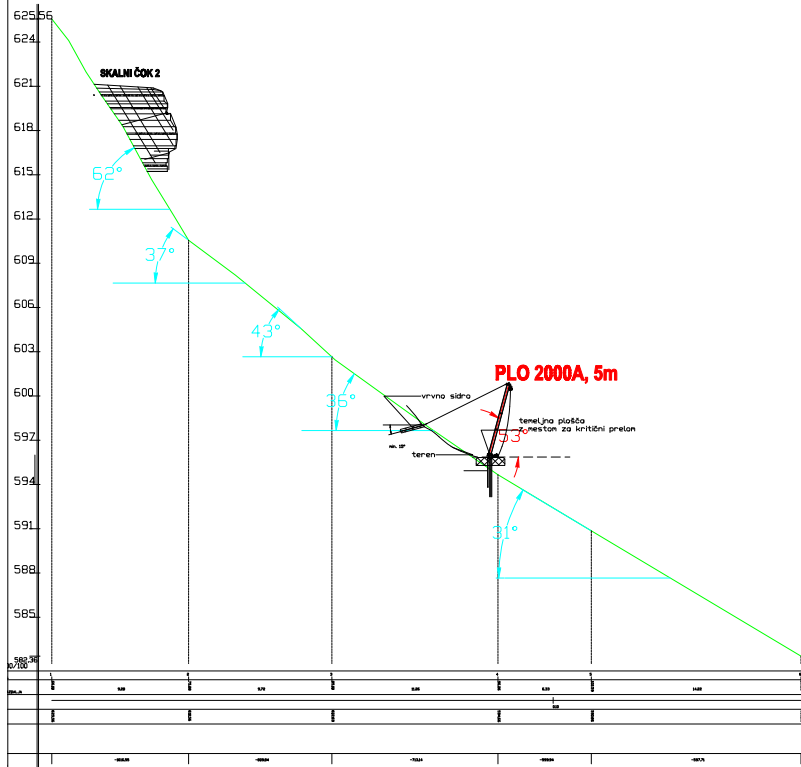
- LEGENDA
- △ - SKALA + OZNAČBA NA SKALI
 - - Stanovanjska stavba
 - 17.0porni zid
 - okvir stavbe
 - skalni čok
 - karakteristični profil
 - - - - - predlagana PL0 (ukrep)
 - ▨ predlagana sidrana mreža (ukrep)

ŠT. SKALE	X	Y	Z
1	477896.6	107846	589.78
2	477894.6	107846.7	589.6
3	477897.5	107852.8	592.48
4	477900.2	107872.4	605.51
5	477902	107867.3	602.84
6	477905.9	107865	602.99
7	477896.2	107872.1	603.65
8	477889.6	107880.1	607.43
9	477881.3	107882.3	608.25
10	477872.1	107874.6	603.03
11	477878	107888.7	610.11
12	477862.6	107874.5	602.7
13	477875.3	107873	602.48
14	477879	107871.4	601.9
15	477887.6	107890.3	614.61
16	477888.3	107892.3	616.48
17	477892.6	107890	618.28
18	477886.8	107895.7	617.26
19	477887.6	107897.8	619.27
20	477876.4	107909.3	621.67
21	477874.9	107909.8	621.85
22	477873.1	107909.1	620.26
23	477899.6	107903.3	629.34
24	477887.4	107906.8	623.94
25	477874.9	107913.6	624.84
26	477892.3	107902.9	624.51
27	477877.5	107915.3	626.75
28	477893.7	107907.9	628.33
29	477904.3	107905.4	632.03
30	477899.7	107912.4	633.21
31	477902.6	107916.9	639.02
32	477905.9	107906.3	634.22
33	477912.6	107899.5	634.29
34	477907.1	107913.2	641.27
35	477903.5	107912.6	635.73
36	477892.2	107922.7	636.89
37	477912.8	107900	633.89

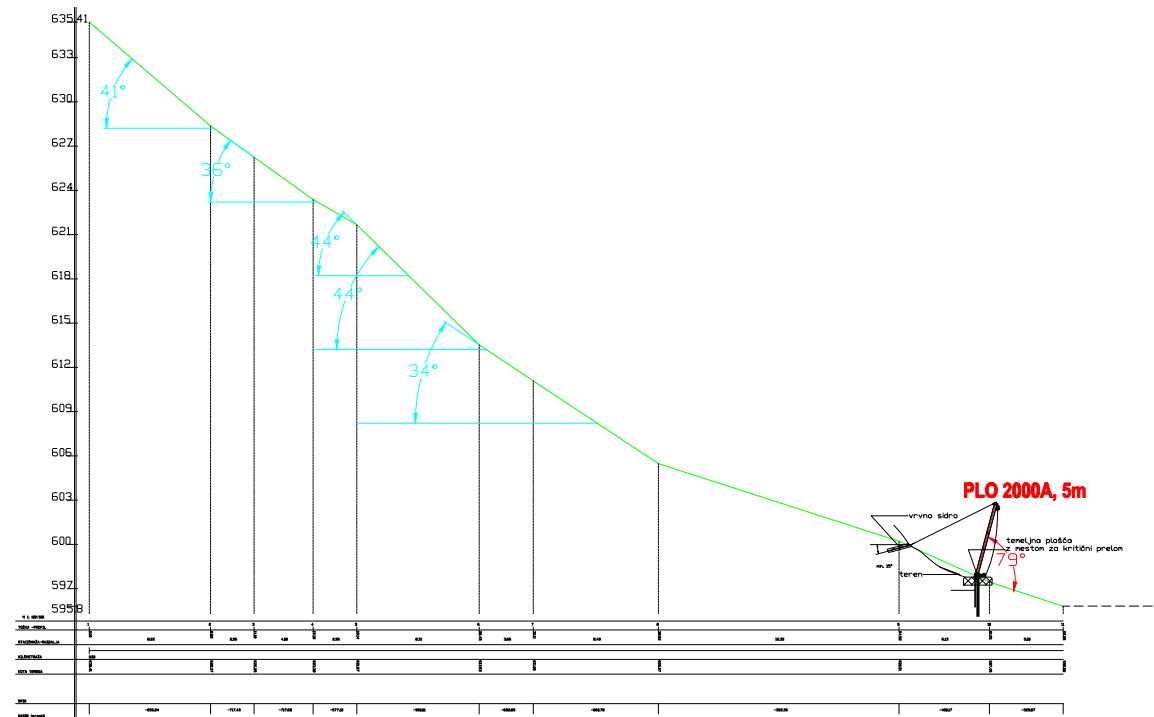
Vsebina/naslov risbe:		Št. priloga:
Predvideni ukrepi prikazani na karti		4
Naročnik:		Št. elaborata:
Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262		GG-74-2021
Dol pri Ljubljani		
Investitor:		
Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262		
Dol pri Ljubljani		
Izvajalec:		
 GEOFORMA s.o.o. Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija bojana.janezic@geoforma.si +386 (0)41 369 640 www.geoforma.si		
Naziv:	Ime in Priimek	Podpis
Odg. projektant	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	
Avtor:	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	RG0154
Merilo:	Datum:	
1: 400	20.10.2021(26.05.2022)	

Priloga 5. Karakteristični profili P1-P4 (z ukrepi) (M=1:500).

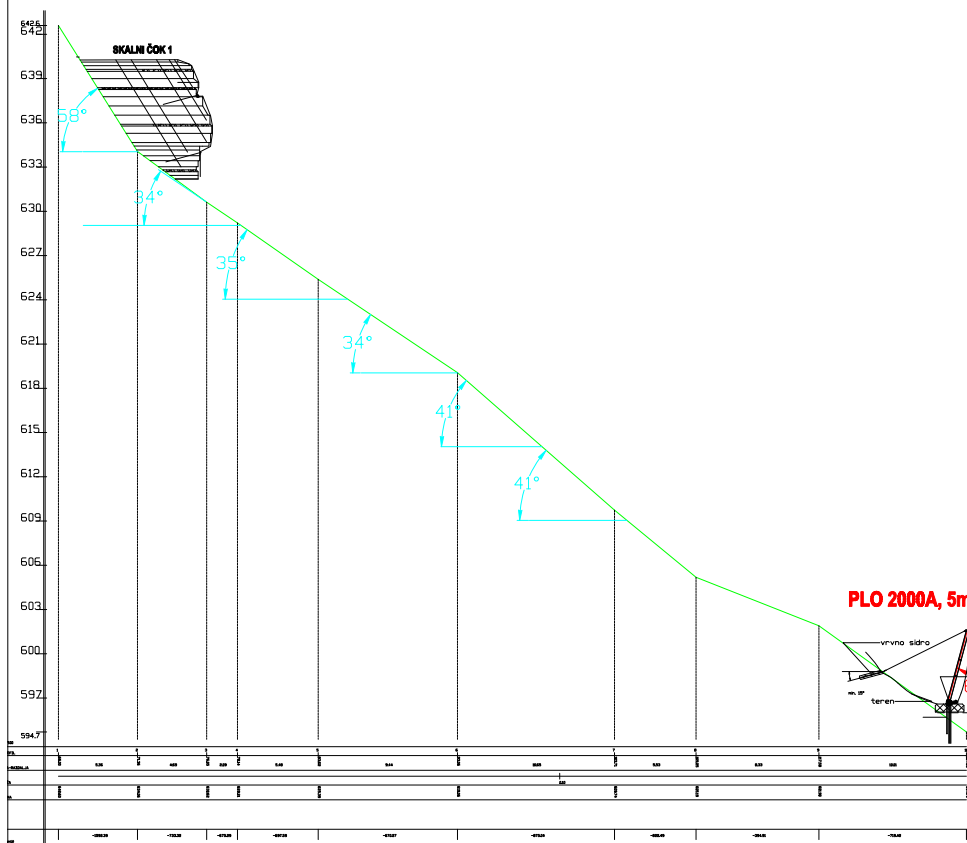
PROFIL 1



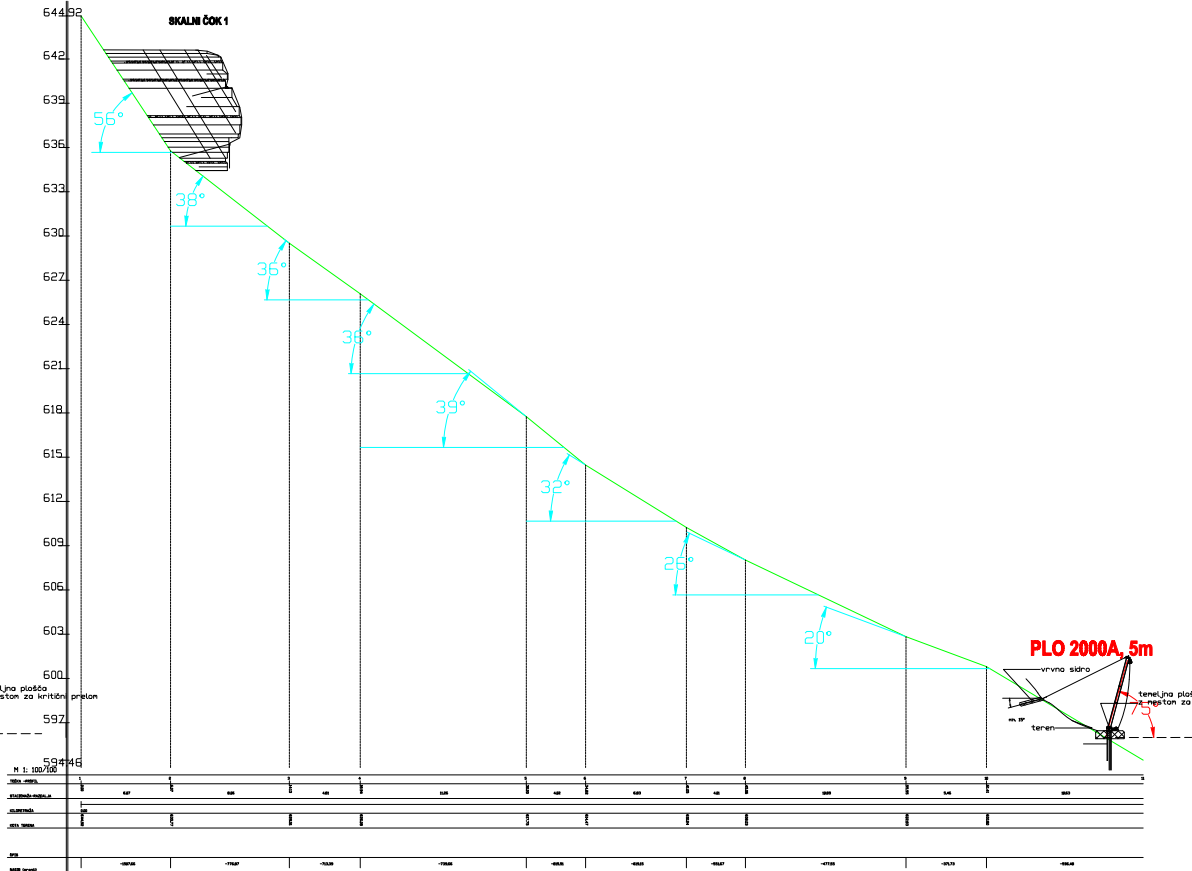
PROFIL 4



PROFIL 2



PROFIL 3



Vsebina/naslov risbe:		Št. priloga:
Karakteristični profili P1-P4 (z ukrepi)		5
Naročnik:		Št. elaborata:
Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262		GG-74-2021
Investitor:		
Občina Dol pri Ljubljani, Dol pri Ljubljani 1, 1262		
Izvajalec:		
 GEOFORMA s.o.o. Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija bojana.janezic@geoforma.si +386 (0)41 369 640 www.geoforma.si		
Naziv:	Ime in Priimek	Podpis
Odg. projektant	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	
Avtor:	Bojana Janežič, univ.dipl.inž.geologije	RG0154
Merilo:	Datum:	
1: 500	20.10.2021	

Priloga 6. Popis nestabilnih in padlih skal območja obravnave s slikam.

PRILOGA 6

SKALNI PODOR V KRIŽEVSKI VASI

Označba potencialno nevarnih skal

1. Samostojna skala na gozdni cesti.

Mere: višina 1,0 m, širina 1,0 m, dolžina 1,6 m. **$V = 1,600 \text{ m}^3$**



2. Samostojna skala na gozdni cesti.

Mere: višina 0,60m, širina 0,60m, dolžina 1,10m. **$V = 0,396 \text{ m}^3$**



3. Samostojna skala na vrhnjem robu ceste.

Mere: višina 0,5 m, širina 1,0 m, dolžina 1,5 m. **$V = 0,750 \text{ m}^3$**



4. Skala, ki je napol vraščena v tla. Prekriva jo podrto drevo.

Mere: višina 1,1 m, širina 1,0 m, dolžina 1,9 m. **$V = 2,090 \text{ m}^3$**



5. Samostojna skala.

Mere: višina 1,0 m, širina 1,0 m, dolžina 1,8 m. **$V = 1,800 \text{ m}^3$**



6. Napol vraščena skala, spodaj močno erodirana.

Mere: višina 0,4 m, širina 0,6 m, dolžina 1,7 m. **$V = 0,408 \text{ m}^3$**



7. Napol vraščena skala, preperela in na spodnjem delu razpokana.

Mere: višina 0,8 m, širina 1,0 m, dolžina 1,2 m. **$V = 0,960 \text{ m}^3$**



Skalni čok 1.: Zelo pretrta cona, razpoke potekajo v vse smeri do širine 20 cm. Zelo krušljivo območje.

Upad plasti: 45/90



Spodnji del 1.čoka: 7. glavnih razpok, glavna smer: S-J.

Širina ene razpoke je 2 cm.

Upad plasti: 185/60



8. Napol vraščena skala, razpokana. Je v sklopu 1. skalnega čoka.

Mere: višina 0,7 m, širina 0,7 m, dolžina 1,2 m. **$V = 0,588 \text{ m}^3$**



9. Napol vraščena skala.

Mere: višina 0,7 m, širina 1,0 m, dolžina 1,1 m. **$V = 0,770 \text{ m}^3$**



10. Samostojna skala.

Mere: višina 0,6 m, širina 0,5 m, dolžina 0,8 m. **$V = 0,240 \text{ m}^3$**



11. Samostojna skala.

Mere: višina 0,9 m, širina 0,9 m, dolžina 1,1 m. **$V = 0,891 \text{ m}^3$**



12. Samostojna skala ujeta za drevo.

Mere: višina 1,5 m, širina 1,3 m, dolžina 1,7 m. **$V = 3,315 \text{ m}^3$**



Po točki 12.: Po delu z manj naklona, ki se nato na Z delu izravna je po celotni površini prisoten grušč v velikosti od 10 do 50 cm s posameznimi večjimi skalami.



13. Samostojna skala, ujeta za drevo.

Mere: višina 0,6 m, širina 0,6 m, dolžina 0,8 m. $V = 0,288 \text{ m}^3$



14. Samostojna skala, razpokana.

Mere: višina 0,7 m, širina 0,8 m, dolžina 0,9 m. $V = 0,504 \text{ m}^3$



15. Napol vraščena skala, spodaj močno erodirana in razpokana.

Mere: višina 1,0 m, širina 0,7 m, dolžina 1,1 m. **$V = 0,770 \text{ m}^3$**



16. Napol vraščena skala.

Mere: višina 0,7 m, širina 0,7 m, dolžina 1,2 m. **$V = 0,558 \text{ m}^3$**



17. Napol vraščena skala, spodaj razpokana. Na vrhu so odložena podrta drevesa.

Mere: višina 1,0 m, širina 1,0 m, dolžina 1,0 m. $V = 1,000 \text{ m}^3$



18. Napol vraščena skala, razpokana.

Mere: višina 1,4 m, širina 0,6 m, dolžina 2,3 m. $V = 1,932 \text{ m}^3$



19. Napol vraščena skala, ujeta za drevo.

Mere: višina 0,5 m, širina 0,6 m, dolžina 1,1 m. **$V = 0,330 \text{ m}^3$**



20. Napol vraščena skala, močno razpokana. Širina razpoke: 0,5 cm.

Mere: višina 1,9 m, širina 1,3 m, dolžina 1,9 m. **$V = 4,693 \text{ m}^3$**



21. Napol vraščena skala, razpokana.

Mere: višina 1,2 m, širina 1,7 m, dolžina 0,8 m. $V = 1,632 \text{ m}^3$



22. Samostojna skala, ujeta v drevesa.

Mere: višina 0,6 m, širina 0,5 m, dolžina 0,8 m. $V = 0,240 \text{ m}^3$



23. Napol vraščena skala, ujeta za drevo.

Mere: višina 0,7 m, širina 1,7 m, dolžina 1,5 m. **$V = 2,690 \text{ m}^3$**



24. Samostojna skala, ujeta za drevo.

Mere: višina 0,5 m, širina 0,5 m, dolžina 1,1 m. **$V = 0,275 \text{ m}^3$**

Zraven zelo podobna skala z merami: v: 0,3 š: 0,5 d: 0,8 $V = 0,120 \text{ m}^3$



25. Napol vraščena skala.

Mere: višina 0,3 m, širina 0,7 m, dolžina 1,0 m. **$V = 0,210 \text{ m}^3$**



26. Samostojna skala ujeta v lesene pregrado.

Mere: višina 0,9 m, širina 0,8 m, dolžina 1,1 m. **$V = 0,792 \text{ m}^3$**



27. Samostojna skala ujeta za drevo.

Mere: višina 2,4 m, širina 1,0 m, dolžina 2,0 m. $V = 4,800 \text{ m}^3$



28. Samostojna skala ujeta za drevo.

Mere: višina 1,1 m, širina 0,6 m, dolžina 1,1 m. $V = 0,726 \text{ m}^3$



29. Napol vraščena skala, močno razpokana. Razpoke so širine do 10 cm.

Mere: višina 1,7 m, širina 1,6 m, dolžina 2,1 m. **$V = 5,712 \text{ m}^3$**



30. Samostojna skala ujeta za drevo.

Mere: višina 0,7 m, širina 0,4 m, dolžina 0,7 m. **$V = 0,196 \text{ m}^3$**



2. Skalni čok: Močno razpokan, preperel. Upad plasti: 30/85. Razpoke potekajo od SZ-JV. Razpoke tudi vertikalne.



31. Malo vraščena skala, ujeta za drevo. Je del 2. skalnega čoka.

Mere: višina 2,6 m, širina 1,8 m, dolžina 1,6 m. $V = 7,488 \text{ m}^3$



32. Močno pretrta, razpokana skala, spodaj erodirana, razdeljena na manjše kose. Je del 2. skalnega čoka.

Mere: višina 2,0 m, širina 1,6 m, dolžina 1,7 m. **V = 5,440 m³**



33. Samostojna skala, močno razpokana, odlomljena in preperela. Je del 2. skalnega čoka.

Mere: višina 2,5 m, širina 3,0 m, dolžina 3,0 m. **V = 22,500 m³**

Razpoka v velikosti tudi do 20 cm, ki poteka v smeri SZ-JV, nato povije proti Z.

Upad: plast 1: 200/90, plast 2: 255/90



34. Skala je del 2. skalnega čoka. Je naložena na vrhu čoka, očitno premaknjena oz. rotirana, spodaj je »mala jama«. Je preperela. Plastnatost ni izrazita. Dolomit/apnenec je zelo trden (preverba: kladivo, vzeti vzorec).

Mere dela čoka: višina 4,0m, širina 6,0 m, dolžina 6,0 m. **$V = 144,000 \text{ m}^3$**



35. Napol vraščena skala, spodaj erodirana, razpokana.

Mere: višina 0,6 m, širina 0,8 m, dolžina 0,9 m. **$V = 0,432 \text{ m}^3$**



36. Napol vraščena skala, razpokana.

Mere: višina 0,8 m, širina 0,6 m, dolžina 1,0 m. **$V = 0,480 \text{ m}^3$**

Na vrhu te sklale je odložena skala, ki je močno razpokana in spodaj erodirana.

Mere: višina 0,8 m, širina 1,2 m, dolžina 2,4 m. **$V = 2,304 \text{ m}^3$**



Priloga 7. Geotektonski opis skalnih čokov območja obravnave.

PRILOGA 7: GEOTEKTOSKI OPIS SKALNIH ČOKOV OBMOČJA OBRAVNAVE

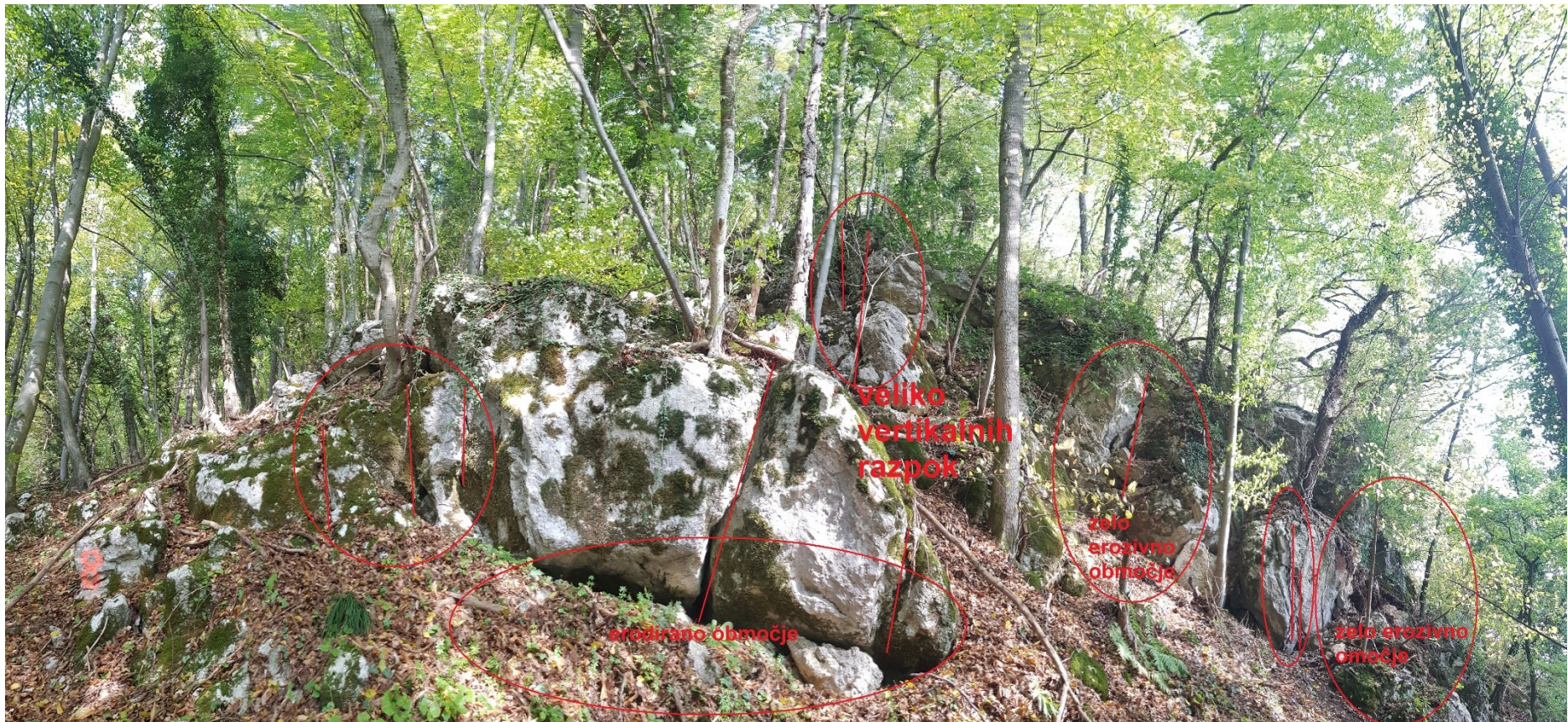
SKALNI ČOK 1



Slika 1: Skalni čok 1 z označenimi potencialno nevarnimi predeli.



Slika 2: Fotografija zajeta iz vzhodnega dela skalnega čoka 1, z označenimi potencialno nevarnimi predeli.



Slika 3: Fotografija zajeta iz zahodnega spodnjega dela skalnega čoka 1, z označenimi potencialno nevarnimi predeli.

SKALNI ČOK 2



Slika 4: Skalni čok 2 z označenimi potencialno nevarnimi predeli.



Slika 5: Skrajni zahodni del skalnega čoka 2.

Priloga 8. Analize v programu Rockfall.

Rezultati analiz trajektorij in energij pri padcih skalnih blokih po profilih – območje nad javno občinsko cesto JP041758 (Zagorico pri Dolskem-Križevska vas)

V nadaljevanju je podana legenda upoštevanih velikosti skalnih blokov (2 različnih razredov velikosti – slika 1) in različne upoštevane podlage po terenu (slika 2). Uporabili smo program RocScience RocFall 8.016. Glede na določene velikosti in oblike blokov smo upoštevali podolgovate in eliptične oblike blokov. Oblika blokov ima pomemben vpliv na višino odbojev in tip premikanja (drsenje, kotaljenje, odskakovanje).

Izračune smo izdelali na štirih kritičnih profilih (P1-P4). Glede na pregled terena smo pri vsakem profilu določili velikost in območje izpadanja skalnih blokov, izdelali smo analize brez upoštevanja lovilnega učinka gozda in z upoštevanjem učinka gozda. Gozd ima ma območju pomemben vpliv, saj zadrži večino skalnih blokov, poleg tega pa še močno zniža energije padlih blokov.

Ime kamnine (sklopa)	Barva	Masa (kg)	Gostota (kg/m ³)	Oblike
SKLOP 1	/	Mean Distribution Normal Std.Dev.:15-33 Rel. Min 30 Rel. Max 99	500-8100	Pentagon, Hexagon, Ellipse (5:6), Ellipse (2:3) Polygons Polygon Pentagon, Polygon Hexagon
SKLOP 2	/	Mean Distribution Normal Std.Dev.:33-55 Rel. Min 5 Rel. Max 150	250-27.000	Super Ellipse ⁶ (2:3), Super Ellipse ⁶ (1:2) Polygon: Rectangle (2:3)
SKLOP 3		Mean Distribution Normal Std.Dev.:33-55 Rel. Min 5 Rel. Max 150	3000-5200	Super Ellipse ⁶ (2:3), Super Ellipse ⁶ (1:2), Polygon: Rectangle (2:3)

Slika 1. Legenda velikosti in oblik upoštevanih skalnih blokov pri analizah.

KAMNINSKI IZDANKI

"KAMNINSKI IZDANKI" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.85	Normal	0.04	0.12	0.12
Dynamic Friction	0.5	Normal	0.04	0.12	0.12
Rolling Friction	0.15	Normal	0.02	0.06	0.06

"KAMNINSKI IZDANKI" Advanced Properties

Forest and Vegetation Damping	Disabled
Scarring	Disabled
Viscoplastic Damping	Disabled

DELUVIJ

"DELUVIJ" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.32	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.8	Normal	0.04	0.12	0.12
Dynamic Friction	0.5	Normal	0.04	0.12	0.12
Rolling Friction	0.3	Normal	0.04	0.12	0.12

"DELUVIJ" Advanced Properties

Forest and Vegetation Damping	Disabled
Scarring	Disabled
Viscoplastic Damping	Disabled

DELUVIJ-GC

"DELUVIJ-GC" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.9	Normal	0.03	0.09	0.09
Dynamic Friction	0.5	Normal	0.04	0.12	0.12
Rolling Friction	0.1	Normal	0.01	0.03	0.03

"DELUVIJ-GC" Advanced Properties

Forest and Vegetation Damping	Disabled
Scarring	Disabled
Viscoplastic Damping	Disabled

"GOZD" Properties

Color					
	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.4	None			
Tangential Restitution	0.9	None			
Dynamic Friction	0.55	None			
Rolling Friction	0.1	None			

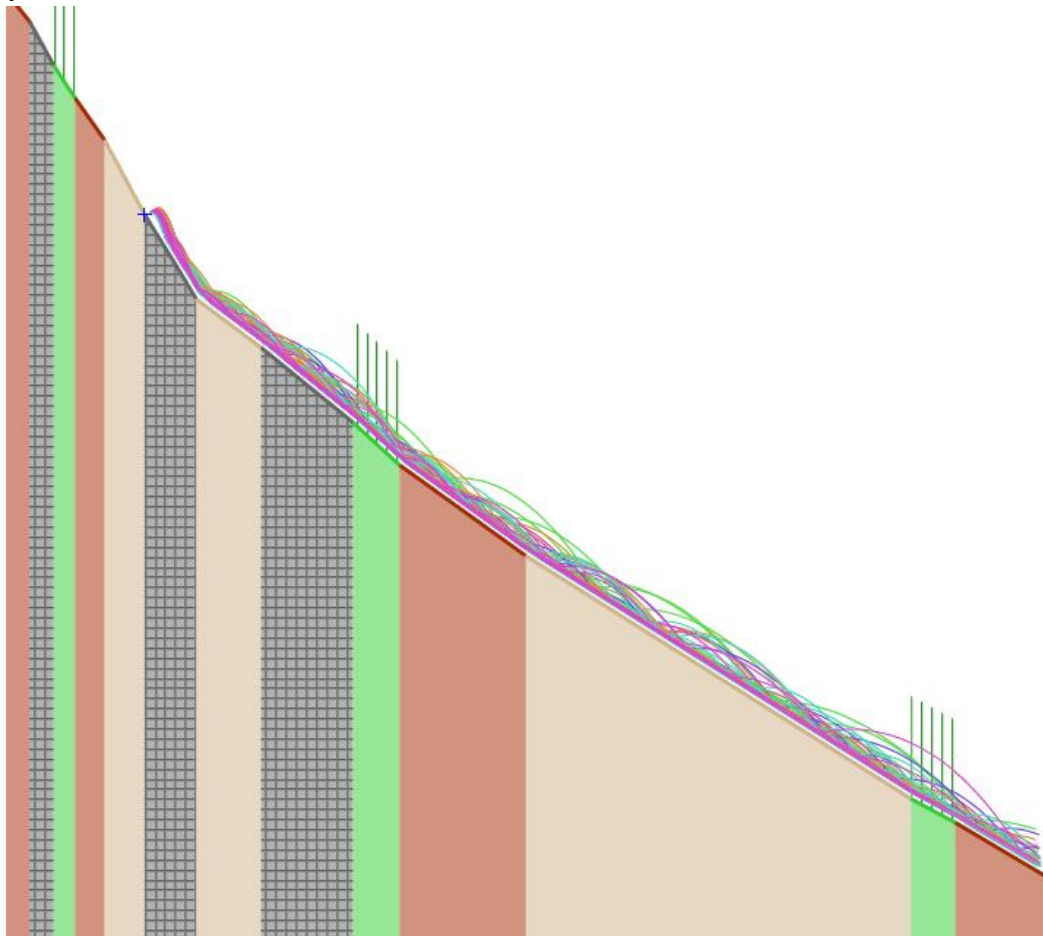
"GOZD" Advanced Properties

Forest and Vegetation Damping	Disabled
Scarring	Disabled
Viscoplastic Damping	Disabled

Slika 2. Legenda uporabljenih materialov podlage pri analizah.

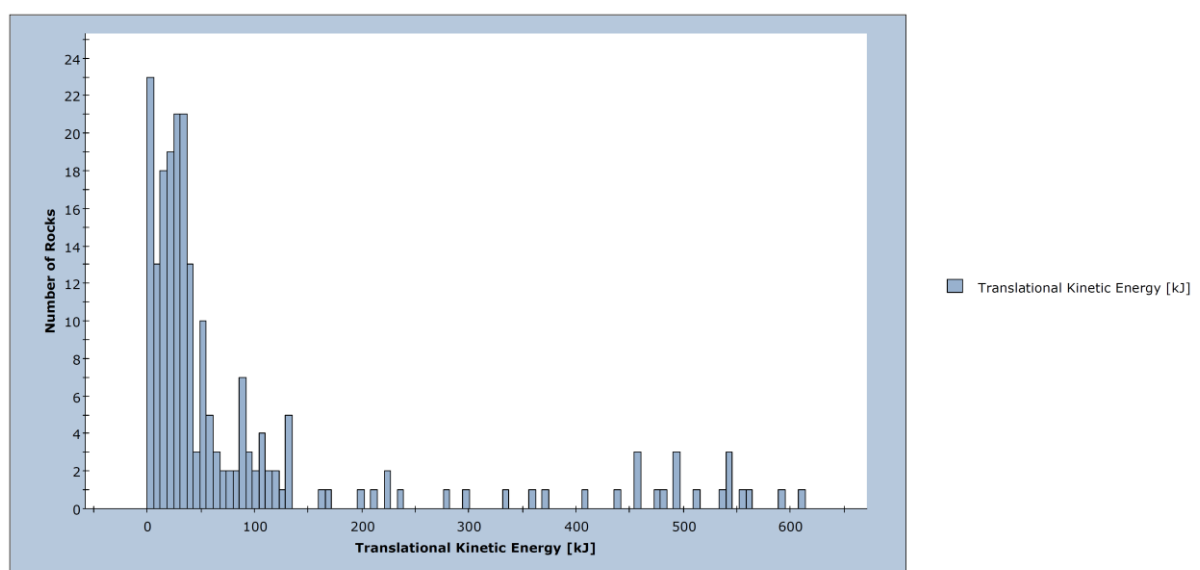
ANALIZA S PROGRAMOM ROCKFALL

PROFIL P1



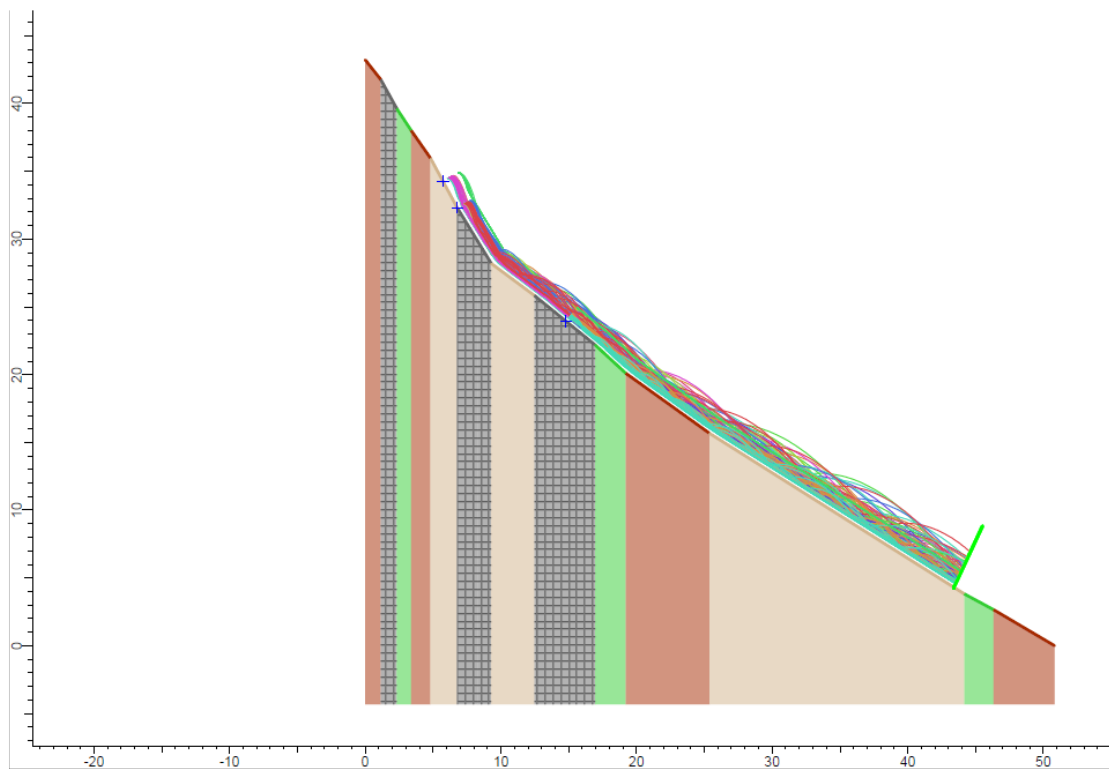
Slika 3. Slika profila P1 z upoštevanjem vegetacije in brez PLO ograj.

Translational Kinetic Energy Distribution at x = 25.406



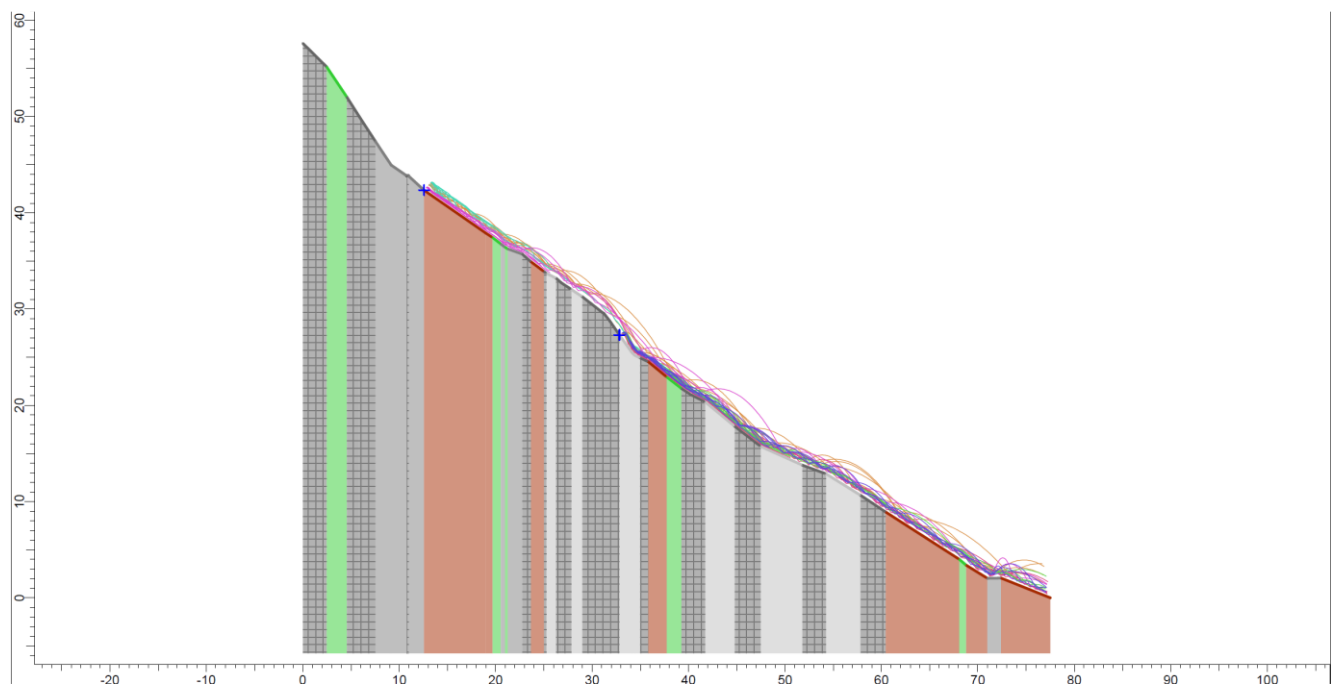
Total number of rock paths: 230

Slika 4. Slika grafa P1 s prikazom kinetične energije skalnih blokov.



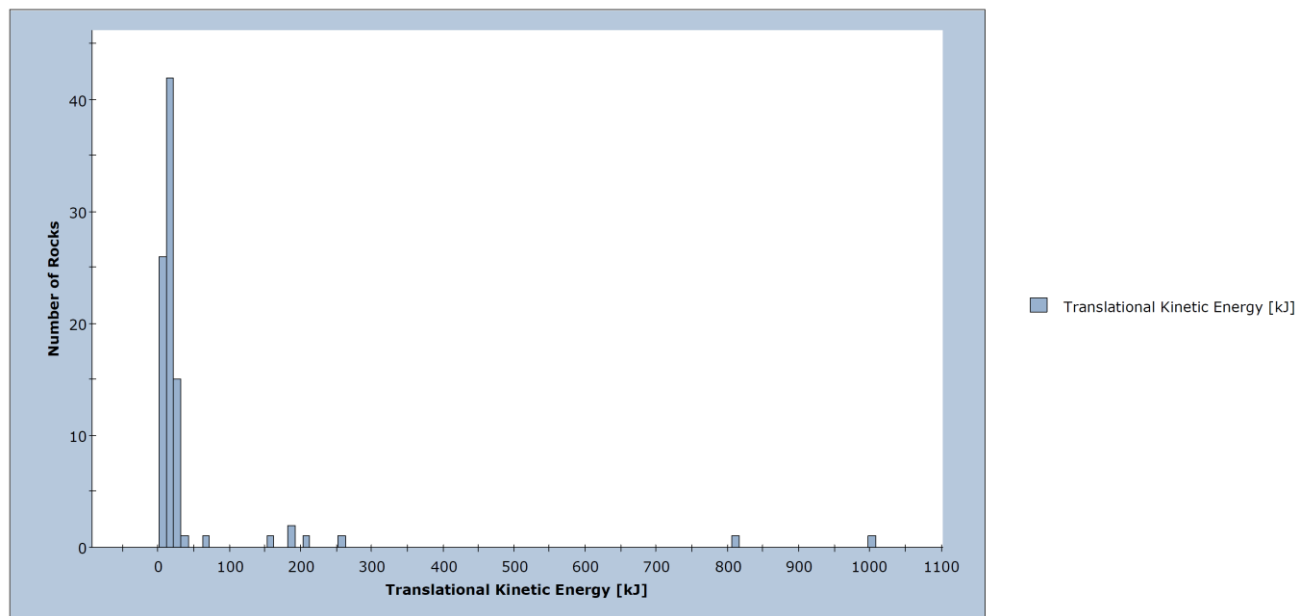
Slika 5. Slika profila P-1 s simulacijo z zaščitno ograjo PLO 2000 (višina 5m).

PROFIL P2



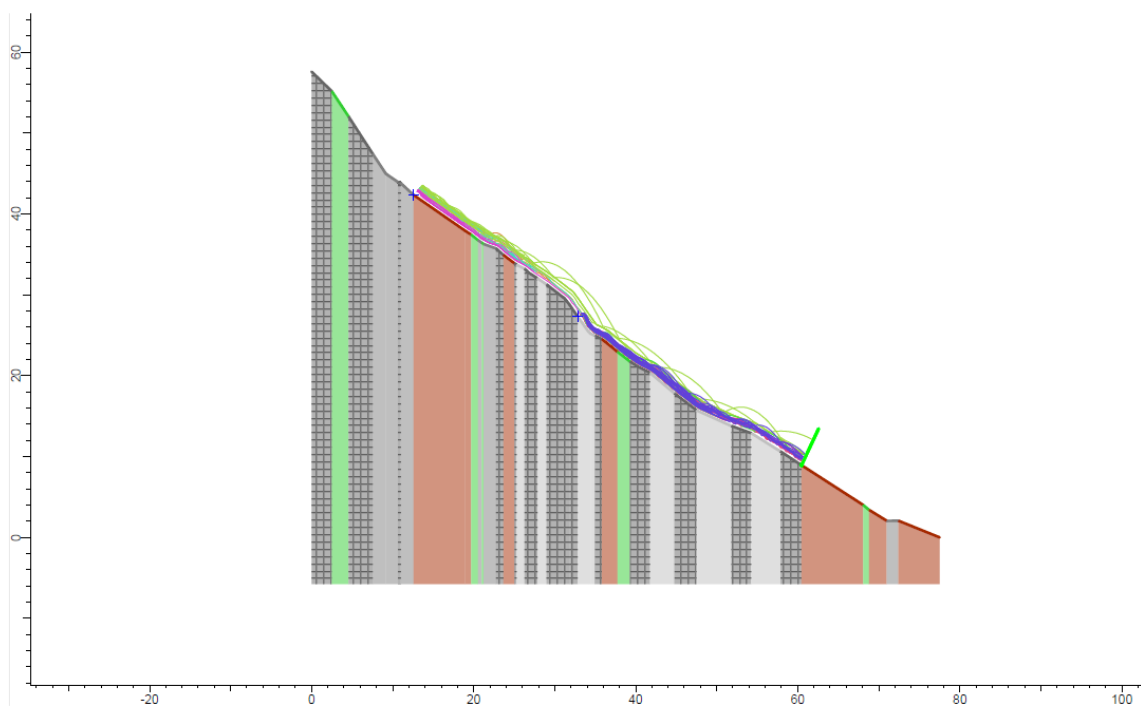
Slika 6. Slika profila P-2 brez upoštevanja vegetacije in PLO ograj.

Translational Kinetic Energy Distribution at x = 38.745



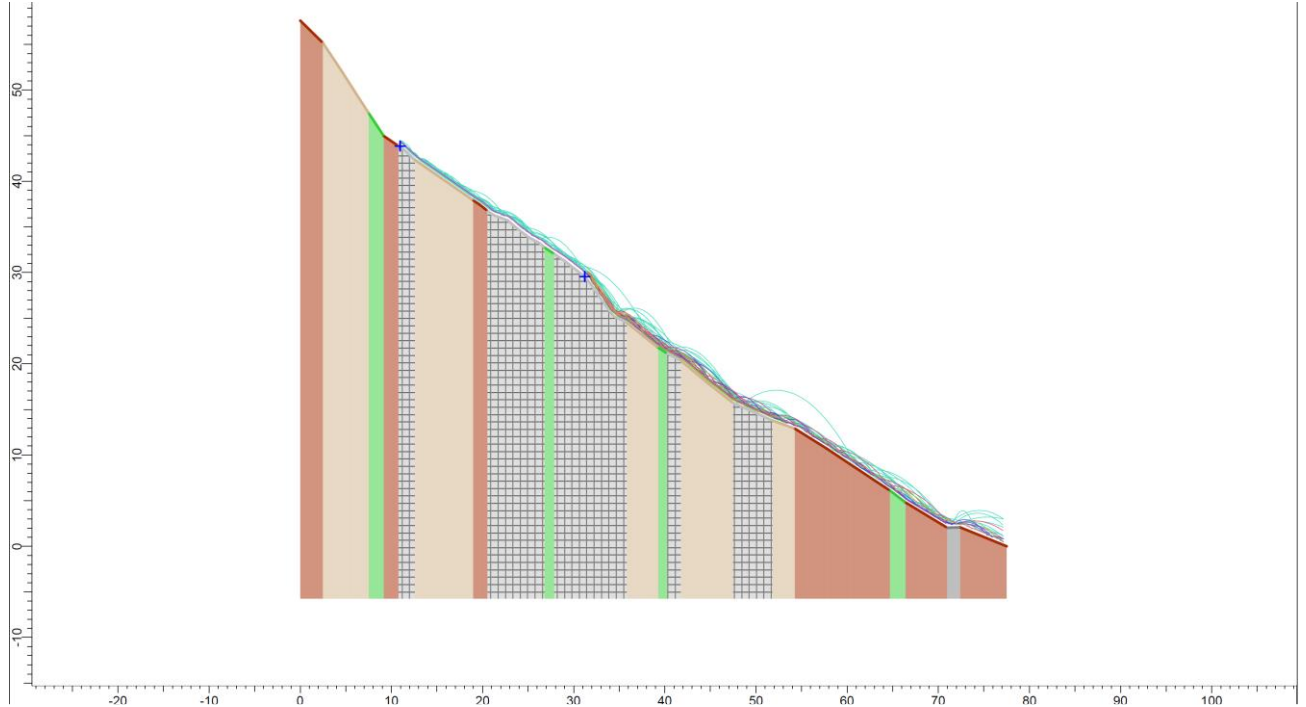
Total number of rock paths: 150

Slika 7. Slika grafa P2 s prikazom kinetične energije skalnih blokov.



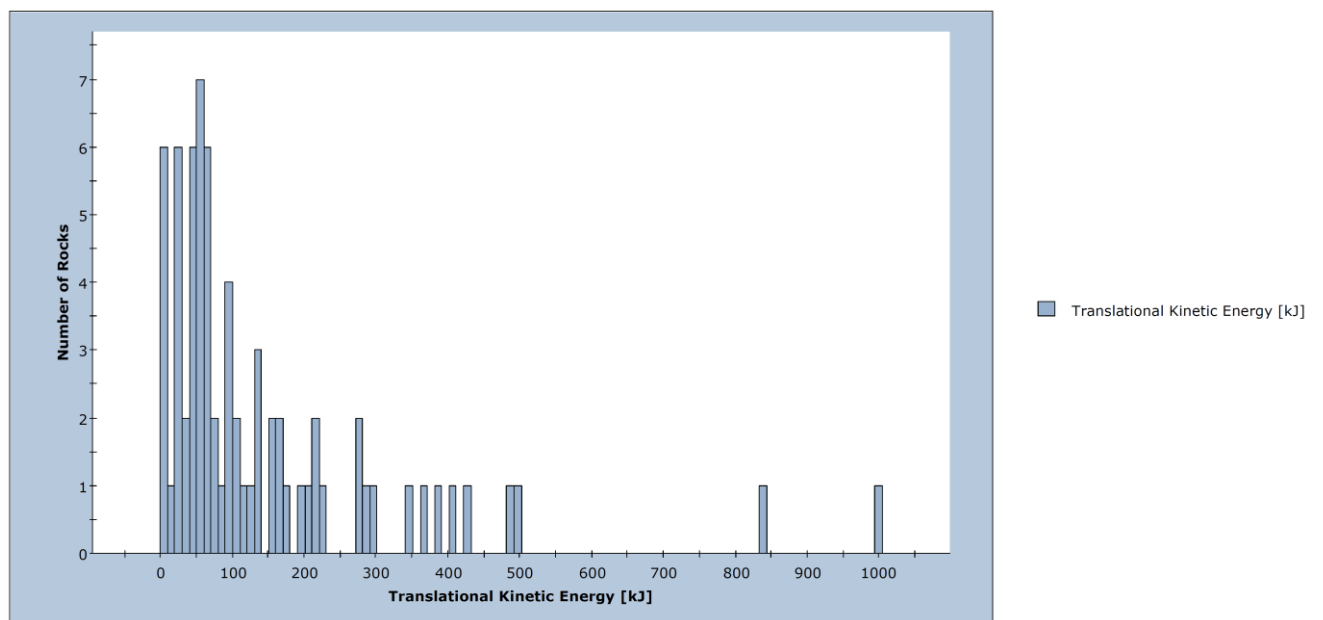
Slika 8. Slika profila P-2 s simulacijo z zaščitno ograjo PLO 2000 (višina 5m).

PROFIL P3



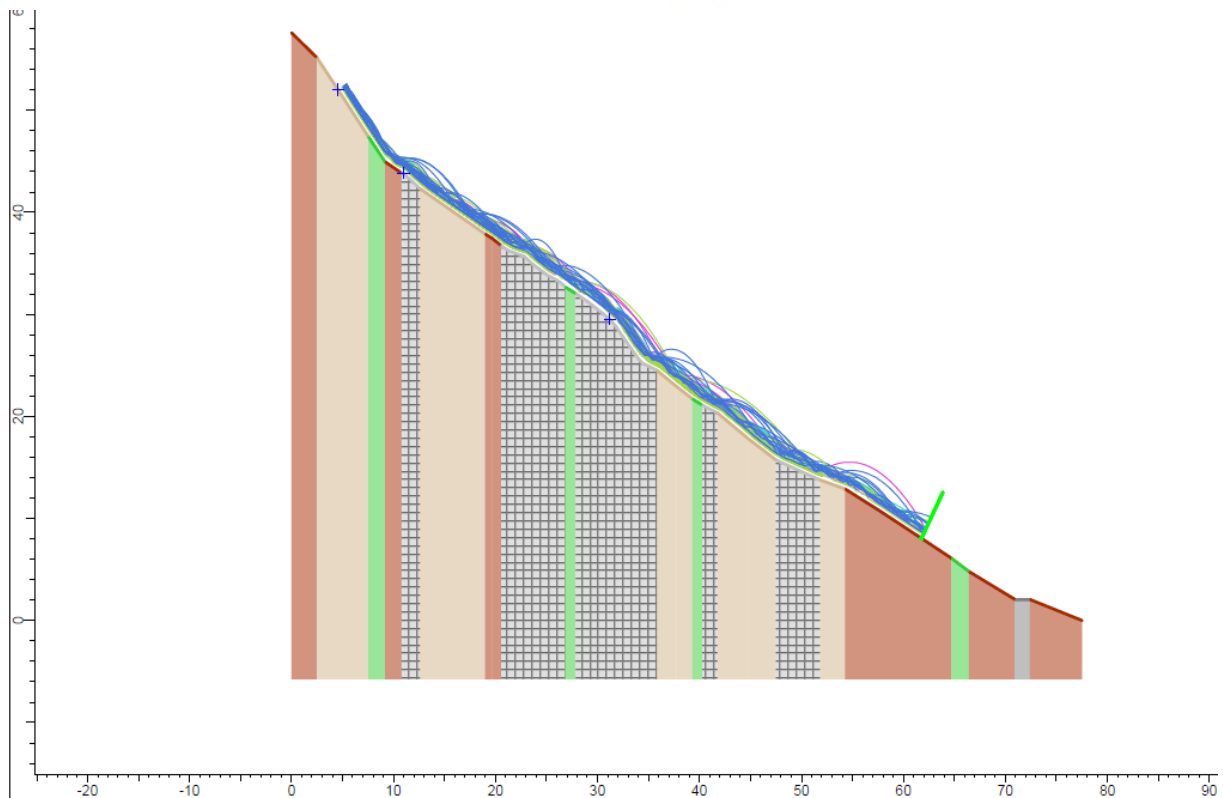
Slika 11. Slika profila P-3 brez upoštevanja vegetacije in PLO ograj.

Translational Kinetic Energy Distribution at x = 38.745



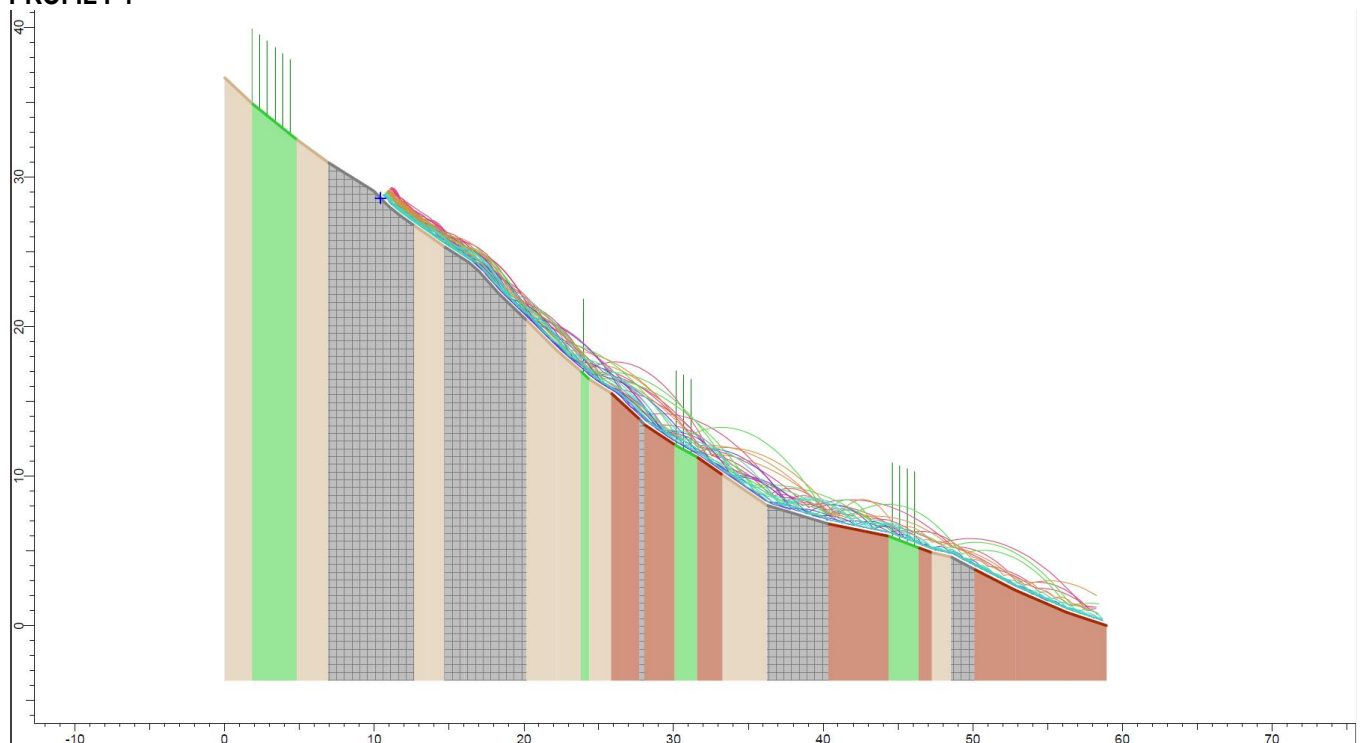
Total number of rock paths: 239

Slika 12. Graf profila P3 s prikazom kinetične energije skalnih blokov.



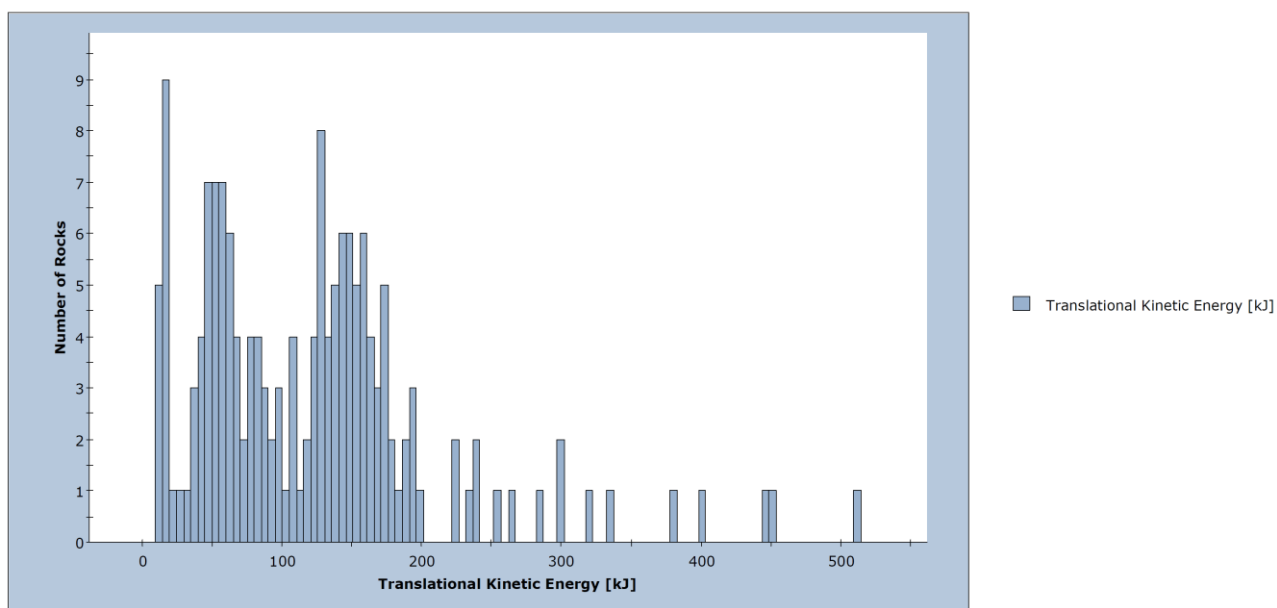
Slika 13. Slika profila P-3 s simulacijo z zaščitno ograjo PLO 2000 (višina 5m).

PROFIL P4



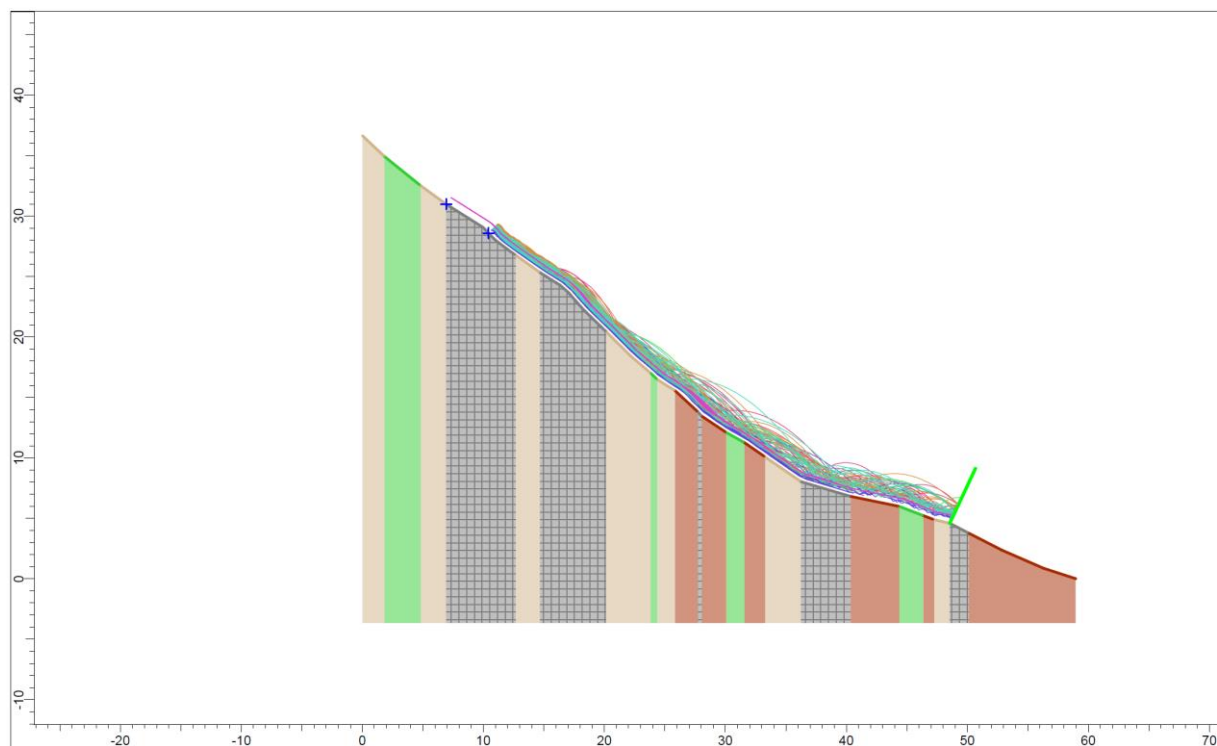
Slika 14. Slika profila P-4 z upoštevanjem vegetacije in brez PLO ograj.

Translational Kinetic Energy Distribution at x = 29.4707



Total number of rock paths: 249

Slika 15. Slika grafa P4 s prikazom kinetične energije skalnih blokov.



Slika 16. Slika profila P-4 s simulacijo z zaščitno ograjo PLO 2000 (višina 5m).

Ponovne analize na profilih, upoštevajoč večjih skalnih čokov, so pokazale, da je potrebna ograja PLO-2000 višine 5 metrov. Pri polovici analiz smo vegetacijo upoštevali, pri polovici pa ne, zato ker se rezultati pri upoštevanju vegetacije niso bistveno spremenili.