



Stručni rad/Professional paper
Primljen/Received: 23. 4. 2019.
Prihvaćen/Accepted: 29. 5. 2019.

ZASJECI U OKRŠENIM STIJENAMA NA PRIMJERU DVA PLATOVA VE PODVELEŽJE

Amira Galić, prof.dr.sc.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru, amira.galic@gf.sum.ba

Kristina Čulina, mag.građ.

Sažetak: Usjeci i zasjeci, zajedno s nasipima, su vrlo česti tijekom izgradnje svih vrsta prometnica, pa tako i u realiziranju pristupnih cesta i platoa vjetroelektrana. Zasjeci se rade u slučajevima kada je kota nivelete platoa ili trase ispod terena u padini. Izvedba, kategorizacija i stabilizacija zasjeka u okršenim stijenskim masama nose sa sobom niz izazova koji su, u glavnom, vezani za procese okršavanja. Na primjeru dva platoa VE Podveležje prikazane su specifičnosti klasifikacije i kinematičke analize stabilnosti okršenih stijenskih masa u zasjecima, primjenom geomehaničke klasifikacije (RMR), geološkog indeksa čvrstoće (GSI) i stereografske projekcije.

Ključne riječi: zasjek, krš, stijena, klasifikacija.

SIDE CUTS IN KARSTIFIED ROCKS ON THE EXAMPLE OF TWO PLATEAUS OF WF PODVELEŽJE

Abstract: Cuts and side cuts, along with embankments, are very common during construction of all types of roads, and consequently also in the realization of access roads and plateaus of wind farms. Side cuts are made when the grade level of a plateau or route is below the ground in a slope. Realization, categorization and stabilization of side cuts in karstified rock masses entail a number of challenges that are mainly related to karstification processes. The specificities of the classification and kinematic stability analysis of karstified rock masses in side cuts are presented on the example of two plateaus of WF Podveležje using geomechanical classification (RMR), geological strength index (GSI) and stereographic projection.

Keywords: side cut, karst, rock, classification.



1. Uvod

Šire istraživano područje je krajnji sjeverozapadni dio visoravni Podveležje, to jest zaravni na grebenu dinarskog pružanja. Zapadna strana platoa završava strmim padinama prema Mostaru, koji je na nekih 5 km zračne linije. Na sjeveru su također, strme padine prema Bijelom polju i Raštanima. Nadmorske visine su u rasponu od 680 m.n.m. (Lipova glava) u najvišim dijelovima do 877 (Sveta gora) m.n.m.. Padine duž prostora istraživanja su blago do srednje nagnute, dinarskog pravca pružanja (sjeverozapad-jugoistok). Teren je najčešće ogolio ili sa vrlo oskudnom vegetacijom, rijetkom šikarom i prekriven tanjim površinskim pokrivačem između izraženih izdanaka vapnenaca. Nema većih naseljenih mjesta osim nekoliko manjih sela: Gornje Opine južno od lokacije vjetroparka, zatim, istočno Šipovac i sjeverno Dobroč. Na užem prostoru nema površinskih vodotoka, sva oborinska voda se brzo drenira sustavom povezanih pukotina u dublje dijelove ili površinski otječe strmim padinama prema dolini Neretve. Područje platoa Podveležje zbog velike nadmorske visine u odnosu na Mostar (razlika iznosi oko 820 m na 5 km zračne linije), pripada tipičnoj brdsko planinskoj klimi s mediteranskim utjecajem koji dolazi s juga dolinom Neretve. Sa sjevera dopire utjecaj planina Prenja, Čvrsnice i Čabulje. Osnovne karakteristike su: oštrije zime, duža i sušna ljeta, pojave intenzivnih padavina u proljetnom i ranijem zimskom periodu, gdje se javljaju dva tipična vjetra kao što su bura i jugo.

2. Opće geološke značajke

Uži prostor duž trase pristupnih cesta i platoa izgrađen je od uslojenih do tanko uslojenih vapnenaca gornje krede turonske starosti, kao osnovne stijene. Kvartarne tvorevine su predstavljene prašinasto-pjeskovitim glinama, tamnosmeđe do smeđe boje, s dosta ulomaka stijena iz podloge. Pokrovne naslage su deblje i prostranije u prirodnim depresijama i vrtačama i na padinama blagog pada

Vapnenci su uvijek uslojeni ili rjeđe masivni. Postoji razlika u debljini slojeva na pojedinim dijelovima terena su dobro uslojeni dok su na nekim lokacijama tanko uslojeni do pločasti. Slojevi su najčešće debeli od 10 – 40 cm. Pokrivač je predstavljen tamnosmeđim prašinasto-pjeskovitim glinama s odlomcima i drobinom stijena podloge, debljine od 0,3 m na padinama blagog pada do 1,0 m u valama i vrtačama. Na velikom dijelu terena, pokrivač je reduciran u izduženim zonama između izdanaka. Ove eluvijalne i eluvijalno deluvijalne tvorevine su najviše istaknute na mjestima prirodne akumulacije u depresijama i na mjestima gdje padine imaju manji nagib (Šerifović, 2017).

Istraživano područje je izgrađeno od karbonatnih stijena, koje spadaju u dobro propusne stijene s pukotinsko-kavernoznom poroznošću što znači da njihova propusnost prvenstveno ovisi o razlomljenosti i stupnju okršenosti vapnenačke mase, što je posljedica tektonske aktivnosti, petrografskog sastava i izloženosti egzodinamskim čimbenicima. Poznato je da su u površinskom dijelu krša pukotine brojne a pravac kretanja generalno vertikalno, što omogućava brzo procjeđivanje oborinskih voda u dublje dijelove u kojima se pukotine prorjeđuju i dominantnu ulogu u kretanju vode preuzimaju one najveće i najšire (Bačani, Vlahović, 2012). Zbog toga kao i zbog dubine radova za predviđene objekte, na lokacijama platoa vjetroturbina i pristupnih puteva ne treba očekivati podzemne vode.

Za potrebe ovog rada odabrane su lokacije dva platoa. To su:

- Plato vjetroturbine 9 s pristupnim putem OS 5 i
- Plato vjetroturbine 14 s pristupnim putem OS 1.

Inženjersko-geološki model stijenske mase na ovim platoima prilagođen je opisu koji je razvio Pollak (2007), to jest njegovom modelu s pet zona trošenja:



- I - „svježa“ stijena (SV);
- II - donja zona trošenja (DZT);
- III - gornja zona trošenja (GZT);
- IV - površinska zona trošenja (PZT);
- V - pokrivač:
 - nevezani fragmenti stijene (blokovi, odlomci ili kršje),
 - mješavina gline s fragmentima stijene iz podloge,
 - glina.

Na platoima 9 i 14 inženjersko-geološki model s pet zona trošenja izgleda ovako:

I - svježa stijena: vapnenac, nerastrošen.

II - donja zona trošenja: vapnenac, nerastrošen do malo trošan, zijeva pukotina 0.1–1.0 bez ispune ili prevlake.

III – gornja zona trošenja: debljine 3.0 – 10.0 m, izraženija uz rasjede i tektonski poremećene zone. Izgrađena od vapnenca, malo ili srednje trošnog, s pukotinama čiji je zijev 1-10 mm, s prevlakom kalcita i s komprimiranom glinom.

IV – površinska zona trošenja: debljine do 2.0 m, izgrađena od vapnenaca, malo do srednje trošnih, širokog zijeva pukotina (10-50 mm), bez ispune, u dnu glina.

V – pokrivač: čine ga prašinasto-pjeskovite gline, teško gnječive, crvenosmeđe i tamnosmeđe, s odlomcima i kršjem stijene podloge. Lokalno prekrivaju veće površinu terena na blagim padinama i u istaknutim depresijama, na ogoljelim i okršenim dijelovima terena se javlja u zjapećim pukotinama u stijeni i između izdanaka kada je manje debljine.

3. Inženjersko-geološke i geomehaničke stijenske mase na platou 9

Plato 9 je izveden jednim dijelom u zasjeku, visine do 9m i drugim dijelom u nasipu visine do 5m. Pružanje iskopa kosine 240/90. Profil iskopa je izdijeljen u zone sličnih značajki, kako je to prikazano na slici 1. U stijenskoj masi prisutna su četiri sustava diskontinuiteta, čiji opis slijedi.

1. Sustav: pukotine slojevitosti

Zatvorene, kontinuirane, bez ispune, neizmijenjenih, glatkih do neznatno hrapavih zidova, duge nekoliko desetina metara, suhe i blago valovite do ravne, na rastojanju u prosjeku oko 15 cm. Pad slojeva prema jugozapadu, sa elementima sloja u rasponu od 185-230/40-60, prosjek 200/55.

2. Sustav: pukotine okomito na slojevitost

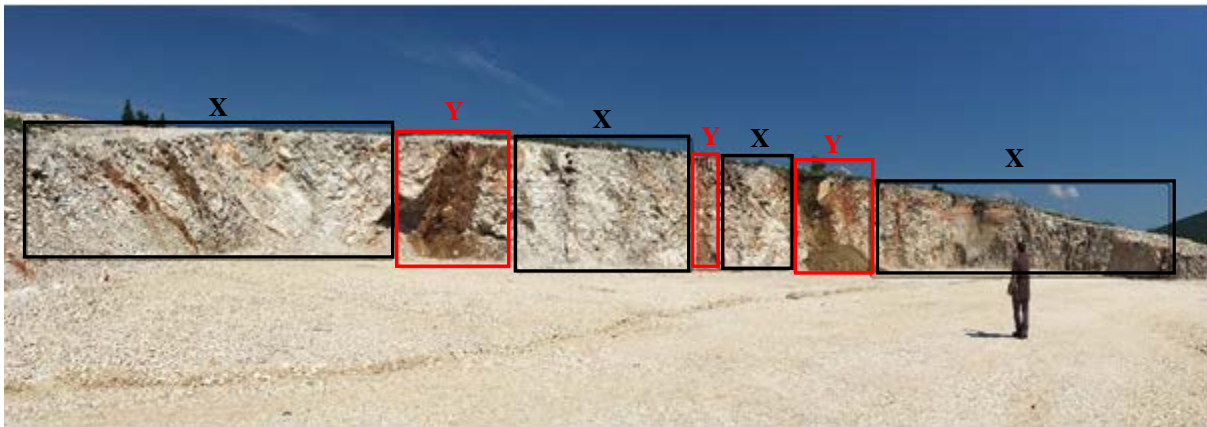
U dubljim dijelovima zatvorene, kontinuirane, prema površini razmak zidova se povećava, u prosjeku do 5mm, zidovi blago do umjereno hrapavi, s tankom prevlakom izmjene, protežu se cijelom visinom usjeka (preko 15m), suhe, blago valovite, na rastojanju u prosjeku 60cm. Raspon elemenata 160/80.

3. Sustav: Pukotine koje padaju pod blažim kutom

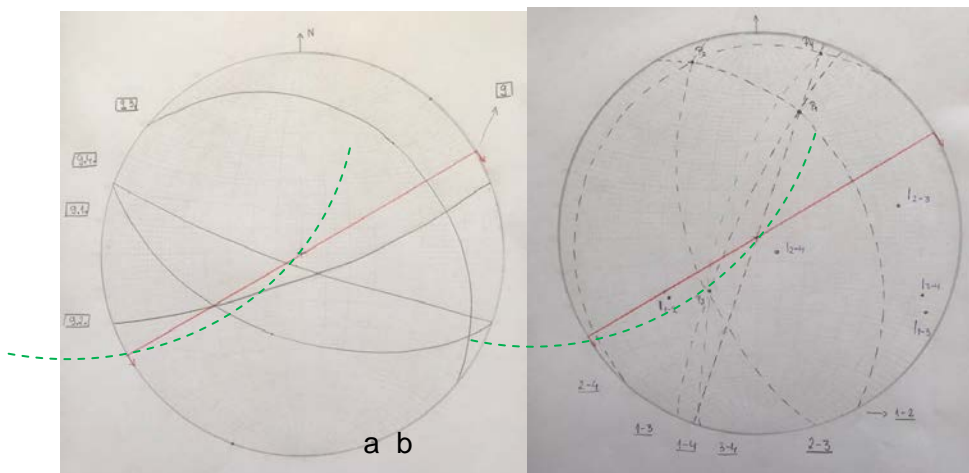
Blago otvorene, razmaka zidova do 5mm, mjestimično ispuna od mješavine crvenice i glinovitih minerala, diskontinuirane, izmijenjenih hrapavih zidova, koji su mjestimično naglašeno okršeni, duljine 1-2m, suhe, stepenaste, na rastojanju u prosjeku 0,4-1m. Raspon elemenata 40/30.

4. Sustav: rasjed

Zatvorena, kontinuirana paraklaza, bez ispune, neznatno do slabo izmijenjenih, glatkih zidova, duga više desetina metara (<50), suha, blago valovita, samo jedna u cijelom profilu. Prostorna orijentacija: 200/85.



Slika 1. Plato 9 sa izdvojenim zonama: X-stijenska masa uslojenih do dobro uslojenih vapnenaca, Y-oslabljena zona, zona rasjeda ili jako okršena zona



Slika 2. Kinematička analiza klizanja diskontinuiteta (a) kinematička analiza klinova (b)
 — okomiti zasjek; ---zasjek pod kutom 60°

Kinematičkom analizom stabilnosti kosine pomoću stereografske projekcije diskontinuiteta na području platoa 9 ustanovljeno je da 1. i 2. skupina diskontinuiteta potencijalno ugrožavaju stabilnost kosine po svojoj prostornoj orijentaciji. Nepovoljan utjecaj ovih diskontinuiteta mogao bi se eliminirati ublažavanjem pada kosine za 30 stupnjeva (zelena isprekidana crta na slici 2.a). Kinematička analiza klizanja klinova pokazuje da su projekcije svih presječnih ravnina diskontinuiteta na Schmidt-ovom dijagramu ispred traga ravnine iskopa. To ukazuje kako je prostorni položaj svih klinova koji nastaju presijecanjem diskontinuiteta sa ravinom iskopa vrlo nepovoljan za stabilnost kosine. Ublažavanjem nagiba lica kosine za 30 stupnjeva eliminirale bi se tri skupine nepovoljno orijentiranih klinova (slika 2.b). Tijekom istraživanja i klasifikacije stijenske mase područja Platoa 9 nisu izvršene sondažne bušotine stoga je proračun indeksa kakvoće jezgre urađen prema volumetrijskom broju (Mišćević, 2015):

$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v \quad (1)$$

Koeficijent J_v određen je prema broju diskontinuiteta u jednom prostornom metru (Mišćević, 2015). Za zone X indeks kakvoće jezgre je:



$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v = 115 - 3,3 \cdot 9 = 85,3\%$$

Za zone X usvojen je indeks kakvoće jezgre:

$$RQD = <25\% \text{ (oslabljene zone sa vrlo malim indeksom kakvoće jezgre)}$$

RMR₈₉ klasifikacija (Bieniawski, 1989.) je rađena tako da je svaki sustav diskontinuiteta bodovan je zasebno, bodovima koji odgovaraju njegovom opisu. Za četiri sustava diskontinuiteta u zonama označenim s X raspon kategorija se kreće: od V (vrlo slaba) do III (slaba), što je najvećim dijelom posljedica utjecaja orijentacije diskontinuiteta na stabilnost kosine. Prva i druga skupina diskontinuiteta, kako je pokazala i kinematička analiza stabilnosti, najviše ugrožavaju stabilnost ove kosine. Ako bi se pad lica kosine ublažio za 30 stupnjeva stijena bi prema broju bodova prešla iz vrlo slabe u slabu kategoriju. Stijenska masa u zonama označenim s Y, generalno pripada kategoriji V- vrlo slaba. Geološki indeks čvrstoće određen je na osnovi vizualne procjene, prema tablici koja je prilagođena okršenim karbonatnim stijenskim masama (Pollak, 2009). Klasifikacija stijenske mase za zone X i Y prikazana je u tablici 1.

GEOLOŠKI INDEKS ČVRSTOĆE ZA VAPNENACKE STIJENSKE MASE JKP Postupak procjene GSI. Odrediti:		ZNAČAJKE DISKONTINUITETA	
<ul style="list-style-type: none"> približan raspon veličine blokova razlomljenost debljina slojeva broj i pravilnost sustava disk. dominantne značajke diskontinuiteta hrapavost širina sastav ispunne debljina ispunne <p>Ovjeravati pomoću GSI vrijednosti doja-desno. Prisutnost vode pomoću GSI vrijednosti desno. Tablica nije primjenjiva za nestabilnosti kontrolirane diskontinuiteta.</p>		<ul style="list-style-type: none"> vrlo hrapavi zastoreni bez ispunne ili s kalcijnom prevlakom hrapavi širina < 1 mm kalcijna ispunna, rjeđa gлина neznatno hrapavi širina nekoliko mm glinovita i kalcijna ispunna gljivi širina nekoliko cm glinovita ispunna, rijetko kalcit akvski širina nekoliko dm glinovita ispunna ili bez ispunne 	
VELIČINA BLOKA			
VRLO VELIKI BLOKOVI nerazlomljena, masivna do nepravilna stijenska masa s nekoliko široko razmaknutih nepravilno orijentiranih diskontinuiteta	90	80	70
VELIKI BLOKOVI slabo razlomljena nepravilna ili debelo slojevita, blokovića stijenska masa s diskontinuitetima 3 sustava	90	80	70
SREDNJI BLOKOVI umjereno razlomljena stijenska masa s diskontinuitetima >3 sustava ili tanko slojevita i piočasta stijenska masa	70	60	50
MALI BLOKOVI jako razlomljena ili laminirana stijenska masa s brojnim sustavima diskontinuiteta	90	80	70
VRLO MALI BLOKOVI vrlo jako razlomljena ili zdrobljena slabo vezana stijenska masa	90	80	70
TLO nevezani blokovi, odlomci i kršnje karbonatih stijena i/ili prah, prašnasta gлина i gлина + mješavine navedenog u različitim omjerima	40	30	20

Slika 3. GSI klasifikacija stijenske mase u zasjeku platoa 9 (⊗-X zone; ⊕-Y zone)

Tablica 1. RMR₈₉ klasifikacija stijenske mase u okomitom zasjeku

RMR KLASIFIKACIJA	Zone X				Zone Y
	1.Sustav	2.Sustav	3.Sustav	4.Sustav	
Diskontinuiteti:					
1.Jednoosna tlačna čvrstoća (MPa)	70-90	70-90	70-90	70-90	25-50
Broj bodova	7	7	7	7	4
2.RQD(%)	85,3	85,3	85,3	85,3	<25%
Broj bodova	17	17	17	17	3
3.Razmak diskontinuiteta	≈0,15m	≈0,6m	≈0,4-1,0m	>100m	0,06-0,2m
Broj bodova	8	10	10	20	8
4.Stanje diskontinuiteta					
Dužina	Nekoliko desetina m	10-20m	1-2m	>20m	<1m
Broj bodova	0	1	4	0	6
Zijev	zatvorene	1-5mm	1-5mm	zatvorene	>5mm
Broj bodova	6	0,5	1	6	0
Hrapavost	Glatki do neznatno hrapavi zidovi	Blago do umjereno hrapavi zidovi	Izmijenjeni hrapavi zidovi	Glatki zidovi	Blago hrapave
Broj bodova	2	3	3	1	3
Ispuna	Bez ispune	<5mm	<5mm	Bez ispune	Meka, >5mm
Broj bodova	6	0,5	5	6	0
Rastrošenost:	Nerastrošeni	Neznatno trošne	Mjestimično naglašeno trošne	Neznatno trošne	Izrazito rastrošeni
Broj bodova	6	4	3	4	1
5. Podzemna voda	Nikakav				
Priljev na 10m' tunela(l/min)					
Opće stanje					
Broj bodova	15	15	15	15	15
Zbroj bodova bez utjecaja prostorne orijentacije disk.	67	58	65	76	35
6. Korekcija za utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta (za okomit usjek)	nepovoljan	nepovoljan	dobar	dobar	generalno dobar
Broj bodova	-50	-50	-25	-25	-25
Ukupan zbroj bodova	17	8	40	51	15
RMR KATEGORIJA	V	V	IV	III	V

Tablica 2. RMR₈₉ klasifikacija stijenske mase u zasjeku pod kutom 60°

	Zone X				Zone Y
	1.Sustav	2.Sustav	3.Sustav	4.Sustav	
Zbroj bodova bez utjecaja prostorne orijentacije disk.	67	58	65	76	35
6. Korekcija za utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta (za usjek pod kutom 60°)	Dobar	Dobar	Dobar	Dobro	Generalno dobar
Broj bodova	-25	-25	-25	-25	-25
Ukupan zbroj bodova	42	33	40	51	15
RMR KATEGORIJA	III	IV	IV	III	V

Tablica 3. Kategorija stijenske mase prema RMR_{89} klasifikaciji

Bodovi	100-81	61-80	41-60	21-40	<20
Kategorija	I	II	III	IV	V
Opis stijene	Vrlo dobra	Dobra	Povoljna	Slaba	Vrlo slaba

4. Inženjersko-geološke i geomehaničke značajke stijenske mase na platou 14

Plato 14 je izveden dijelom u zasjeku, visine do 11m i dijelom na nasipu visine do 6m. Pružanje iskopa kosine 270/90. Inženjersko-geološki model prilagođen je opisu koji je razvio Pollak (2009), to jest njegovom modelu s pet zona trošenja i isti je kao i na prethodno opisanoj platou 9. Registrirana su tri sustava diskontinuiteta.

1. Sustav: pukotine slojevitosti

Zatvorene, kontinuirane, bez ispune, neizmijenjenih, glatkih do neznatno hrapavih zidova, duge nekoliko desetina metara, suhe i blago valovite do ravne, na rastojanju u prosjeku oko 20 cm. Slojevi generalno imaju pad prema jugozapadu sa elementima prostorne orijentacije u prosjeku 220/63.

2. Sustav:

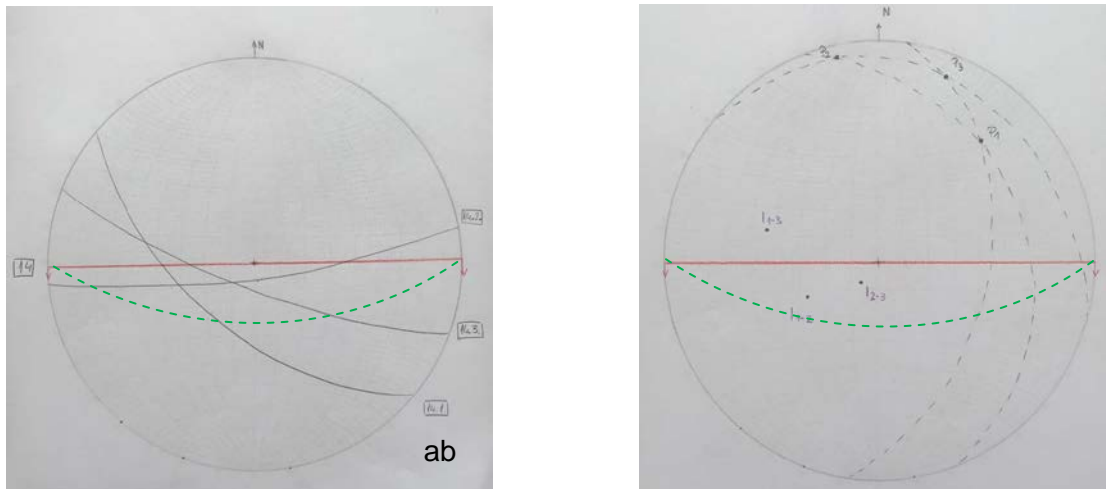
Pukotinski sustav je, uglavnom, srednje postojanosti, mjestimično prošireni do 5 mm, trošnih i okršenih zidova, dok su sa dubinom uglavnom malog zijeva, malo trošni, valovito hrapavi, s glinovito-kalcitnom ispunom. Protežu se cijelom visinom usjeka (preko 15m), suhe, blago valovite, na rastojanju u prosjeku 0,5-1m. Pukotine s elementima prostorne orijentacije u prosjeku 170/83.

3. Sustav:

Zatvorene, kontinuirane, bez ispune, neznatno do slabo izmijenjenih, glatkih zidova, dugi više desetina metara, suhe, blago valovite, na rastojanju nekoliko od desetak metra, s elementima prostorne orijentacije u prosjeku 200/80.



Slika 4. Plato 14 sa izdvojenim zonama: X-stijenska masa uslojenih do dobro uslojenih vapnenaca, Y-oslabljena zona, zona rasjeda ili jako okršena



Slika 5. Kinematička analiza tri skupine diskontinuiteta (a) i kinematička analiza stabilnosti klinova (b) na području Platoa 14 (— okomiti iskop; ---iskop s padom 75°)

Kinematičkom analizom stabilnosti kosine pomoću stereografske projekcije diskontinuiteta na području platoa 14 ustanovljeno je da sve tri skupine diskontinuiteta potencijalno ugrožavaju stabilnost kosine, jer su njihovi tragovi većim dijelom ispred lica kosine. Promjena nagiba lica kosine za 25 stupnjeva eliminirala bi njihov negativan utjecaj (slika 5.a). Kinematička analiza klizanja klinova pokazuje dvije skupine potencijalno nestabilnih klinova. Ublažavanjem nagiba lica kosine za 25 stupnjeva eliminirao bi se njihov nepovoljan utjecaj.

Tijekom istraživanja i klasifikacije stijenske mase područja Platoa 14 nisu izvršene sondažne bušotine stoga je proračun indeksa kakvoće jezgre urađen prema volumetrijskom broju (Miščević, 2015):

$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v$$

Koeficijent J_v određen je prema broju diskontinuiteta u jednom prostornom metru (Miščević, 2015). Za zone X indeks kakvoće jezgre je:

$$RQD = 115 - 3,3 \cdot J_v = 115 - 3,3 \cdot 6 = 95,2\%$$

Za zone X usvojen je indeks kakvoće jezgre:

$$RQD = < 25\%$$

Svaki sustav diskontinuiteta bodovan je zasebno, bodovima koji odgovaraju njegovom opisu, prema RMR_{89} (tablica 4.). Za tri sustava diskontinuiteta u zonama označenim s X raspon kategorija se kreće: od V (vrlo slaba) do IV (slaba) (tablica 4.), što je najvećim dijelom posljedica utjecaja orijentacije diskontinuiteta na stabilnost kosine. Ako bi se pad lica kosine ublažio za 25 stupnjeva stijena bi prema broju bodova prešla iz vrlo slabe i slabe kategorije u povoljniju kategoriju (tablica 5.). Stijenska masa u zonama označenim s Y, generalno pripada kategoriji V- vrlo slaba. Geološki indeks čvrstoće određen je na temelju vizualne procjene, prema tablici koja je prilagođena okršenim karbonatnim stijenskim masama s približnim i prosječnim GSI vrijednostima pojedinog modela i zone trošenja.

Tablica 4. RMR₈₉ klasifikacija stijenske mase u okomitom zasjeku

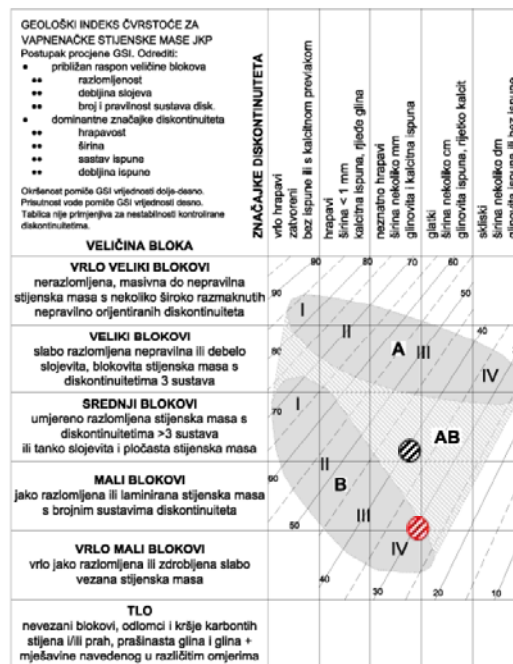
RMR KLASIFIKACIJA	Zone X			Zone Y
	1.Sustav	2.Sustav	3.Sustav	
Diskontinuiteti	1.Sustav	2.Sustav	3.Sustav	Zone Y
1.Jednoosna tlačna čvrstoća (MPa)	70-110	70-110	70-110	10-25
Broj bodova	7	7	7	2
2.RQD(%)	95,2	95,2	95,2	<25
Broj bodova	20	20	20	3
3. Razmak diskontinuiteta	0,2m	0,5-1,0m	20-30m	>50m
Broj bodova	10	15	20	20
4. Stanje diskontinuiteta				
Dužina:	10-20m	15m	>20m	1-3m
Broj bodova	1	1	0	4
Zijev:	zatvorene	1-5mm	zatvorene	1-5mm
Broj bodova	6	1	6	1
Hrapavost	glatki do neznatno hrapavi zidovi	valovito hrapavi	glatki zidovi	blago hrapave
Broj bodova	2	4	1	3
Ispuna:	bez ispune	glinovito kalcitna ispuna	bez ispune	meka ispuna <5mm
Broj bodova	6	3	6	1
Rastrošenost:	nerastrošeni	malo trošni	neznatno do slabo izmijenjeni	izrazito rastrošeni
Broj bodova	6	4	5	1
5. Podzemna voda	nikakav			
Prijev na 10m ³ tunela(l/min):				
Opće stanje:	suho			
Broj bodova	15	15	15	15
Zbroj bodova bez utjecaja prostorne orijentacije diskontinuiteta	73	70	80	35
6. Korekcija za utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta (za kosine):	nepovoljno	nepovoljno	nepovoljno	generalno dobro
Broj bodova	-50	-50	-50	-25
Ukupan broj bodova	23	20	30	10
Kategorija	iv	v	iv	v

Tablica 5. RMR₈₉ klasifikacija stijenske mase u zasjeku pod kutom 65°

	Zone X			Zone y
	1. sustav =73	2.sustav =70	3.sustav =80	
Zbroj bodova bez utjecaja prostorne orijentacije diskontinuiteta	1. sustav =73	2.sustav =70	3.sustav =80	35
6. Korekcija za utjecaj pružanja i nagiba diskontinuiteta (za kosine):	dobro	nepovoljno	nepovoljno	generalno dobro
Broj bodova	-25	-25	-25	-25
Ukupan broj bodova	48	45	55	10
Kategorija	III	III	III	V

Tablica 6. Kategorija stijenske mase prema RMR₈₉ klasifikaciji

Bodovi	100-81	61-80	41-60	21-40	<20
Kategorija	I	II	III	IV	V
Opis stijene	Vrlo dobra	Dobra	Povoljna	Slaba	Vrlo slaba



Slika 5. GSI klasifikacija stijenske mase u zasjeku platoa 14 (⊗ -X zone; ⊗ -Y zone)

5. Zaključak

Na platou 9 registrirana su 4 sustava diskontinuiteta. Kinematička analiza njihovog prostornog položaja je pokazala 2 od 4 sustava diskontinuiteta koji potencijalno ugrožavaju stabilnost vertikalnog iskopa. Međutim, taj nepovoljni utjecaj prostorne orijentacije diskontinuiteta značajno se smanjuje, ako se nagib zasjeka ublaži za 30°. Ublažavanjem nagiba zasjeka smanjuje se i mogućnost stvaranja potencijalno nestabilnih klinova. RMR₈₉ klasifikacija u slučaju kosine pod kutom od 60° pokazuje kako bi se kategorija stijene promijenila iz vrlo slabe (V) u slabu do povoljnu (IV-III).

Na platou 14 registrirana su 3 sustava diskontinuiteta. Kinematička analiza stabilnosti je pokazala kako se nepovoljan prostorni odnos diskontinuiteta i lica zasjeka može značajno ublažiti ako se zasjek izvede pod kutom od 65°. Rezultati RMR₈₉ klasifikacije stijene pod takvim kutom zasjeka pokazali su promjenu kategorije iz vrlo slabe do slabe (V-IV) u povoljnu (III).

6. Literatura

1. Bačani, A., Vlahić, T.: Hidrogeologija – Primjena u graditeljstvu, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, 2012.
2. Bieniawski, Z.T. Engineering rock mass classifications. New York: Wiley, 1989.
3. Mišćević, P.: Inženjerska mehanika stijena, Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split, 2015.
4. Pollak, D.: General engineering geological properties of carbonates in Croatian karst, Rock Engineering in Difficult Ground Conditions - Soft Rocks and Karst. In Proceedings of the Regional Symposium of the International Society for Rock Mechanics (ISRM), Dubrovnik, 143-148.2009.
5. Šerifović, E.: Leko, I., Bukovac, A. Geotehnička izvedbena studija (misija G31) Izgradnja pristupnih puteva i radnih platoa Vjetroelektrane Podveležje, IGH Mostar, 2017.