

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Dalibor Udovič

**IDENTIFIKACIJA RIZIKA OD ODRONA U  
KARBONATNIM STIJENSKIM MASAMA NA  
PROMETNICAMA U REPUBLICI  
HRVATSKOJ**

DOKTORSKI RAD

Rijeka, 2022.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Dalibor Udovič

**IDENTIFIKACIJA RIZIKA OD ODRONA U  
KARBONATNIM STIJENSKIM MASAMA NA  
PROMETNICAMA U REPUBLICI  
HRVATSKOJ**

DOKTORSKI RAD

Mentor: prof. dr. sc. Leo Matešić

Komentor: prof. dr. sc. Željko Arbanas

Rijeka, 2022.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Dalibor Udovič

**ROCKFALL RISK IDENTIFICATION IN  
CARBONATE ROCK MASSES ALONG THE  
TRANSPORT ROUTES IN REPUBLIC OF  
CROATIA**

DOCTORAL THESIS

Mentor: prof. dr. sc. Leo Matešić

Komentor: prof. dr. sc. Željko Arbanas

Rijeka, 2022.

Mentor rada: izv.prof.dr.sc. Leo Matešić

Komentor rada: prof.dr.sc.Željko Arbanas

Doktorski rad obranjen je dana 19.srpnja 2022. na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u Sastavu:

1. Izv.prof.dr.sc. Sanja Dugonjić Jovančević, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,
2. doc.dr.sc Josip Peranić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci,
3. prof.dr.sc. Marijan Skazlić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,

## ZAHVALA

Osobito se zahvaljujem svom mentoru, izv.prof.dr.sc. Leu Matešiću i komentoru, prof.dr.sc.Željku Arbanasu koji mi je bio velika podrška u vođenju i savjetovanju . Veliko im hvala na izdvojenom trudu i strpljenju.

Hvala kolegi Tomislavu Krniću na pomoći oko izrade aplikacije i informatičkoj pomoći oko doktorata.

Veliko hvala mojoj majci Emici koja me je uvijek podržavala, poticala i motivirala da ne posustajem u svojim životnim ciljevima.

Hvala svim kolegama koji su mi na bilo koji način pomogli u realizaciji ovog mog velikog životnog projekta.

Najviše se zahvaljujem supruzi izv.prof.dr.sc. Mariji Gligora Udovič koja je samnom od samih početaka dokorskog studija te bila i ostala moj najveći oslonac. Hvala joj na razumjevanju, ljubavi i brizi oko našeg sina Iana koji mi je zajedno sa njom bio najveća inspiracija i motiv.

# IDENTIFIKACIJA RIZIKA OD ODRONA U KARBONATNIM STIJENSKIM MASAMA NA PROMETNICAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ

## Sažetak

Prometnice u Republici Hrvatskoj, a naročito autocesta A1, popularno zvana Dalmatina koja povezuje kontinentalnu i mediteransku Hrvatsku, a pri čijoj je izgradnji čovjek itekako intervenirao u prirodu, tj. stijensku masu (izgradnjom tunela, nadvožnjaka, podvožnjaka), osim udobne vožnje kriju i rizik od odrona stijenske mase, tj. hazarda.

Hazard od odrona stijenske mase može se izraziti kao vjerojatnost da će se odron stijenske mase određene magnitude pojaviti u određenom području u određenom vremenskom periodu. Definicija hazarda podrazumijeva koncept prostornog položaja definiranog vremenskom učestalošću i intenzitetom odrona stijenske mase. Rizik od odrona stijenske mase podrazumijeva posljedice ostvarenja odrona izražen u broju ljudskih života i ekonomskim gubicima.

Proteklih desetljeća dogodilo se nekoliko većih odrona stijenskih masa na prometnicama u Republici Hrvatskoj uzrokujući ozbiljne štete kako na građevinama tako i na prometnoj infrastrukturi. Osim velikih materijalnih šteta, uslijedili su i dulji zastoji prometa što je prouzrokovalo velike poremećaje u funkcioniranju lokalnih zajednica i operativnosti pojedinih regija. Temeljem tih događaja došlo se do zaključka o potrebi sustavnog rješenja problema.

U ovoj disertaciji provedena je analiza postojećih metodologija procjene opasnosti od odrona, osobito u karbonatnim stijenskim masama te prilagodba analizirane metode lokalnim uvjetima. Identificirana su područja koja su ugrožena i razvijena je strategija zaštite od odrona i upravljanje rizicima od odrona stijenske mase i hazarda u karbonatnim stijenskim masama u Republici Hrvatskoj.

Trenutno ne postoji klasifikacija odrona stijenskih masa prilagođena hrvatskom kršu. Analizirane su postojeće metode određivanja hazarda od odrona stijenske mase te su u konačnici odabrane tri metode koje su se pokazale kompatibilne našim lokalnim uvjetima. To su Rockfall Hazard Rating System - RHRS, modified Rockfall Hazard Rating System -mRHRS i Colorado Rockfall Hazard Rating System - CRHRS metoda. Nakon provedenih analiza ustanovljeno je da je metoda CRHRS objektivno najkompletnija metoda koja zbog niza parametara objektivno određuju egzaktn broj bodova koji nas navode na razinu hazarda i rizika od odrona stijenske mase. CRHRS

metodom promatrane su četiri osnovne karakteristike kod analize pokosa: karakteristike pokosa, uvjeti klime, geološki uvjeti i promet. Jedan od većih nedostataka je taj što postojeće metode određivanja hazarda u stijenskim masama ne uzimaju u obzir metode zaštite pokosa što uvelike umanjuje veličinu rizika od odrona stijenske mase. Moderne mjere zaštite pokosa bitno utječu na smanjenje rizika i hazarda od odrona stijenske mase. Predložena je modifikacija CRHRS metode nazvana CROatian Rockfall Hazard Rating System - CRORHRS za uvjete u karbonatnim stijenskim masama gdje je napravljena klasifikacija mjera zaštite pokosa na bazi 13 mogućih mjera zaštite pokosa.

Na temelju analiza koje su provedene primijećeno je da pokosi koji su tretirani nekom vrstom zaštite pokosa nemaju iste karakteristike, odnosno, da ocjena ne bi smjela biti ista upravo zbog zaštite koja je integrirana na pokosu. Pilot projekt Raspadalica kod Buzeta uzet je kao referentan za primjenu i analize postojećih metoda i nove CRORHRS metode. Rizik od odrona stijenske mase izražen u bodovima od 75 do 2025 bodova. Iz provedenih analiza može se zaključiti da su sve dobivene ocjene za karbonatne stijenske mase uglavnom između 300 i 600 bodova, iako je suma mogućih bodova daleko veća. Na temelju dobivenih podataka napravljena je ljestvica ocjenjivanja i to na način da se sve ispod 250 bodova smatra niskim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, od 250 do 450 bodova srednjim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, od 450 do 600 visokim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, dok se sve ocjene preko 600 pa do 2025 bodova smatraju vrlo visokim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase. Analizom je određeno da za različite visine zasjeka od 0 do 16 metara, od 16 do 23 metra, od 23 do 31 metar i visine preko 31 metar, ovisno o bodovima iz sustava procjene, određujemo razinu rizika od odrona u stijenskim masama. Primjenom odgovarajućih mjera zaštite nužno je umanjiti razinu rizika za barem jednu razinu. Znanstveni doprinos ove metode procjene hazarda od odrona stijenske mase leži u tome da je to prva predložena metoda koja obuhvaća lokalne uvjete (građenje, geološki uvjeti, klima) za prometnice u Republici Hrvatskoj, kao i prva metoda procjene hazarda od odrona stijenske mase na prometnicama uopće, a koja usvaja primjenu modernih mjera zaštite pokosa.

Praktični doprinos razvijene metode procjene hazarda od odrona stijenske mase leži u vrlo jednostavnoj primjeni za potrebe održavanja stijenskih zasjeka na prometnicama u Republici Hrvatskoj. Na osnovi utvrđenih utjecaja mjera zaštite pokosa razvijena je aplikacija za određivanje hazarda od odrona stijenske mase na prometnicama uz

mogućnost unošenja neke od mjera zaštite čime se aplikativno automatski određuje i smanjenje hazarda, odnosno rizika od odrona stijenske mase. Software se bazira na unosu podataka u tablicu koja je određena novom metodom CRORHRS-a, a na bazi CRHRS metode s reduciranim brojem parametara u smislu sliva jarka, geoloških uvjeta i klimatskih uvjeta na temelju čega se dobiva konačan rezultat. Razvijena aplikacija za pametni telefon omogućit će široku primjenu, osobito tehničkim službama zaduženim za održavanje prometnica.



# ROCKFALL RISK IDENTIFICATION IN CARBONATE ROCK MASSES ALONG THE TRANSPORT ROUTES IN REPUBLIC OF CROATIA

## Abstract

Rockfall hazard can be expressed as the probability that a rockfall of a certain magnitude will occur in a certain area in a certain period of time. The definition of hazard implies the concept of spatial position defined by the time frequency and intensity of rockfall. The risk of rockfall implies the consequences of various landslides expressed by the number of human lives taken and economic consequences. In the past few decades, several major rockfalls have occurred on roads in the Republic of Croatia, causing serious damage to both buildings and transport infrastructure.

In addition to major material damage large traffic jams followed as a result and those caused major disruptions in the functioning of local communities and the functioning of various affected regions. Based on these events, it was concluded that it is necessary to figure out a systematic solution to this problem.

In this dissertation an analysis of the existing methodologies of rockfall hazard assessment (especially in carbonate rock masses) was performed, and the analyzed methods were adapted for local conditions. Areas that are jeopardized have been identified and a rockfall protection strategy and risk management of rockfall in carbonate rock masses in the Republic of Croatia has been developed. Currently, there is no classification of rockfalls adapted to Croatian karst. The existing methods to determine the rockfall hazard were analyzed, and finally three methods that proved to be compatible with local conditions were selected: the Rockfall Hazard Rating System - RHRS, modified Rockfall Hazard rating system - mRHRS and Colorado Rockfall hazard rating System - CRHRS method.

After the analysis, it was concluded that the CRHRS method is objectively the most complete method that, due to a number of parameters, objectively determines the exact number of points that lead us to the level of hazard and the risk of rockfall. The CRHRS method was used to observe four basic characteristics in slope analysis: slope characteristics, climate conditions, geological and traffic conditions. One of the major disadvantages is that the existing methods for determining the hazard in the rock masses do not take into account the slope protection, which greatly reduce the rockfall risk. Modern slope protection solutions significantly reduce the rockfall risk. A

modification of the CRHRS method called CROatian Rockfall Hazard Rating System - CRORHRS for conditions in carbonate rock masses has been proposed where a classification of slope protection has been made based on 13 possible slope protection solutions.

Based on the analyses performed, it was noticed that the slopes with some kind of slope protection do not have the same characteristics meaning that the assessment should not be valued on the same scale precisely because of the protection integrated on the slope. The pilot project Raspadalica near Buzet was taken as a reference for the application and analysis of existing methods and new CRORHRS method. Rockfall risk management is expressed in points from 75 to 2025. When analyzing the slopes in about a dozen cases it was noticed that the obtained estimates for carbonate rock masses are generally between 300 and 600 points, although the sum of possible points is much higher. Based on the obtained data, a rating scale was made in such a way that anything below 250 points is considered a low hazard of rockfall, from 250 to 450 points with a medium hazard of rockfall, from 450 to 600 with a high degree of hazard of rockfall, while all scores over 600 to 2025 points are considered a very high degree of rockfall hazard.

The analysis estimated that for different cut heights from 0 to 16 meters, 16 to 23 meters, 23 to 31 meters and heights over 31 meters, depending on the points from the assessment system, the level of risk of rockfall can be determined. By applying appropriate protection measures, it is mandatory to reduce the level of risk by at least one level. The scientific contribution of the developed method for the rockfall assessment lies in the fact that it is the first proposed method that includes local conditions (construction, geological conditions, climate) for roads in the Republic of Croatia, as well as the first method of rockfall hazard assessment on roads in general that adopts the application of modern slope protection measures.

The practical contribution of the performed rockfall hazard assessment method lies in a simple application for the purpose of maintaining rocky slopes on roads in the Republic of Croatia. Based on the determined impacts of slope protection measures, application to determine the hazard of rockfall on roads has been developed with the possibility of the protection measures input, which automatically determines the reduction of hazard, ie. the risk of rockfall. The software is based on data entry in a

table determined by the new CRORHRS method, and on the basis of the CRHRS method with a reduced number of parameters in terms of ditch basin, geological conditions and climatic conditions, and with it all the final result is obtained. Developed software, including a smartphone application, will enable wide application, especially to technical services in charge of road maintenance.

## SADRŽAJ

Sažetak .....	VI
Abstract.....	IX
Popis slika .....	XVIII
Popis tablica .....	XXIV
1. UVOD.....	1
1.1. Hazard od odrona stijenske mase .....	4
1.2. Vjerojatnost i intenzitet odrona stijenske mase .....	5
1.3. Zoniranje hazarda od odrona stijenske mase .....	6
1.3.1. Faktori utjecaja hazarda od odrona stijenske mase .....	7
1.4. Pregled metodologije određivanja hazarda od odrona .....	10
1.4.1. RHRS – Metoda određivanja hazarda kod odrona stijenske mase prema Piersonu i van Vickleu (Rockfall Hazard Rating System) .....	11
1.4.2. Metoda određivanja hazarda kod odrona stijenske mase prema Budetti i Nappi (Modified Rockfall Hazard Rating System) - mRHRS .....	13
1.4.3. Metoda određivanja hazarda od odrona stijenske mase prema Russell i Santiniju (Colorado Rockfall Hazard Rating System) - CRHRS.....	14
2. ANALIZA POSTOJEĆIH METODA UTVRĐIVANJA RIZIKA OD ODRONA U KARBONATNIM STIJENSKIM MASAMA.....	16
2.1. Pregled dosadašnjih istraživanja .....	16
2.2. Rockfall Hazard Rating System .....	20
2.2.1. Uvod .....	20
2.2.2. Razvojni proces .....	21
2.2.3. Sustav ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS).....	22
2.2.4. Preliminarni projekt i procjena troškova .....	33
2.2.5. Identifikacija i razvoj projekta .....	34
2.2.6. Godišnji pregled i ažuriranje .....	35
2.2.7. Ograničenja RHRS sustava .....	35

2.2.8.	Zaključak.....	35
2.3.	Metoda modification of Rockfall hazard rating System - mRHRS .....	36
2.3.1.	Uvod .....	37
2.3.2.	Sustav ocjene hazarda od odrona.....	38
2.3.3.	Parametri modificiranog sustava ocjene hazarda od odrona.....	39
2.4.	Modificirani Colorado Rockfall hazard rating System CRHRS – parametri i postupci.....	46
2.4.1.	Modifikacije .....	46
2.4.2.	Uvjeti padine (pokos) .....	49
2.4.3.	Uvjeti klime.....	55
2.4.4.	Godišnje padaline .....	55
2.4.5.	Godišnji ciklusi smrzavanja - odmrzavanja.....	56
2.4.6.	Procjeđivanje/prisutnost vode .....	56
2.4.7.	Aspekt padine.....	58
2.4.8.	Geološki uvjeti .....	60
2.4.9.	Promet.....	79
3.	UVJETI POJAVLJIVANJA ODRONA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	83
3.1.	Pravilnik o uvjetima za ceste izvan naselja.....	83
3.2.	Klimatski uvjeti.....	88
3.2.1.	Podatci o temperaturi zraka na krškom području RH .....	88
3.2.2.	Podatci o količini oborina na krškom području RH .....	92
3.2.3.	Analiza temperature tla i smrzavanja na području RH.....	96
4.	SUVREMENI SUSTAVI ZAŠTITE POKOSA.....	101
4.1.	Zaštita pokosa ovješanim mrežama protiv erozije .....	101
4.1.1.	Uvod.....	101
4.1.2.	Dvostruko uvijene žičane mreže.....	101
4.2.	Zaštita pokosa nosivim mrežama .....	106

4.2.1.	HEA paneli (High Energy Absorption paneli) .....	106
4.2.2.	STEELGRID nosiva mreža .....	108
4.2.3.	Nosiva mreža TECCO .....	110
4.2.4.	Nosiva mreža SPIDER .....	113
4.2.5.	3STUTOR Plus mreža.....	115
4.2.6.	OMEGA mreža .....	117
4.3.	Mlazni beton .....	119
4.3.1.	Područje primjene.....	120
4.3.2.	Tehnologija izvedbe .....	120
4.3.3.	Karakteristike mlaznog betona .....	122
4.3.4.	Vrste mlaznog betona .....	122
4.4.	Concrete Canvas – suvremeni geosintetici.....	124
4.4.1.	Karakteristike CC-a.....	126
4.4.2.	Cementni geokompozit – CC HYDRO .....	127
4.4.3.	Izvedba CC-a .....	129
4.4.4.	Primjena CC-a.....	129
4.5.	SN štapna sidra .....	130
4.6.	Samobušiva sidra (SDA – Self Driling Anchors).....	134
4.7.	Geotehnička sidra .....	137
4.8.	Roštiljne konstrukcije.....	140
4.9.	Krute i fleksibilne barijere za zaštitu od odrona.....	143
4.9.1.	Krute barijere za zaštitu od odrona.....	144
4.9.2.	Fleksibilne barijere za zaštitu od odrona .....	145
4.10.	Gabionske konstrukcije.....	148
4.10.1.	Gabioni .....	148
4.10.2.	Terramesh sustav .....	150
4.10.3.	Green terramesh sustav .....	152

4.10.4.	MACMAT HS.....	155
5.	ANALIZA PRIMJENE CRHRS METODE RADI UTVRĐIVANJA RIZIKA OD ODRONA STIJENSKE MASE NA PROMETNICAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	158
5.1.	Oštrovica – Kikovica – sanacija pokosa .....	158
5.1.1.	Osnovne informacije o lokaciji Oštrovica - Kikovica.....	158
5.1.2.	Inženjerskogeološke značajke lokacije Oštrovica - Kikovica .....	161
5.1.3.	Analiza lokacije primjenom CRHRS metode lokacije Oštrovica - Kikovica .	161
5.2.	Bosiljevo – Vrbovsko – sanacija pokosa .....	165
5.2.1.	Osnovne informacije o lokaciji Bosiljevo – Vrbovsko .....	165
5.2.2.	Inženjerskogeološke značajke lokacije Bosiljevo - Vrbovsko .....	166
5.2.3.	Analiza lokacije primjenom CRHRS metode na lokaciji Vrbovsko - Bosiljevo .....	167
5.3.	Oštrovica – Vrata – sanacija pokosa.....	172
5.3.1.	Osnovne informacije o lokaciji Oštrovica - Vrata.....	172
5.3.2.	Inženjerskogeološke značajke lokacije Oštrovica - Vrata .....	172
5.3.3.	Primjena CRHRS metode na lokaciji Oštrovica - Vrata .....	173
5.4.	Čvor Škurinje – Riječka zaobilaznica .....	178
5.4.1.	Osnovne informacije o lokaciji Čvor Škurinje.....	178
5.4.2.	Inženjerskogeološke značajke lokacije Čvor Škurinje .....	179
5.4.3.	Primjena CRHRS metode na lokaciji Čvor Škurinje .....	180
5.5.	Križišće – sanacija pokosa na D501.....	185
5.5.1.	Osnovne informacije o lokaciji Križišće .....	185
5.5.2.	Inženjerskogeološke značajke lokacije Križišće.....	185
5.5.3.	Primjena CRHRS metode na lokaciji Križišće.....	188
5.6.	Sv. Rok – Maslenica – sanacija pokosa .....	193
5.6.1.	Osnovne informacije o lokaciji Sveti Rok - Maslenica.....	193
5.6.2.	Inženjerskogeološke značajke lokacije Sveti Rok - Maslenica .....	194

5.6.3.	Primjena CRHRS metode na lokaciji Sveti Rok - Maslenica .....	194
5.7.	Gornji Brgat – Dubrovnik – sanacija pokosa.....	199
5.7.1.	Osnovne informacije o lokaciji Gornji Brgat.....	199
5.7.2.	Inženjerskogeološke značajke lokacije Gornji Brgat.....	199
5.7.3.	Primjena CRHRS metode na lokaciji Gornji Brgat.....	200
5.8.	Ograničenja u primjeni metode za utvrđivanje rizika hazarda od odrona....	205
6.	MODIFIKACIJA CRHRS METODE ZA UVJETE U KARBONATNIM STIJENA.....	207
6.1.	Uvod .....	207
6.2.	Prilagodba i modifikacija .....	208
6.2.1.	Analiza utjecaja suvremenih metoda zaštite pokosa na CRHRS .....	208
6.2.2.	Pojedinačni kumulativni utjecaj suvremenih metoda zaštite na smanjenje bodova pri bodovanju prema CRHRS-u .....	223
6.2.3.	Modifikacija CRHRS metode na pilot projektu Raspadalica .....	237
6.3.	Pilot projekt – Raspadalica.....	237
6.3.1.	Inženjerskogeološke značajke lokacije Raspadalica .....	238
6.3.2.	Opis izdvojenih segmenata.....	239
6.3.3.	Postojeće stanje na pruži – lokalitet Raspadalica .....	247
6.3.4.	Povijest događaja na lokalitetu Raspadalica .....	248
6.3.5.	Projekti sanacije na dionici pruge stac km 31+200 do stac km 36+842 .....	250
6.3.6.	Klasifikacija prema CRHRS-u .....	253
6.3.7.	Klasifikacija prema CRORHRS-u CROatian Rockfall Hazard Risk Systemu .....	262
6.3.8.	Analiza lokacije Raspadalica prema CRORHRS-u CROatian Rockfall Hazard Risk Systemu.....	327
6.3.9.	Aplikacija GEOHAZARD za CRORHRS metodu .....	343
7.	DISKUSIJA.....	357
	<b>RHRS – Rockfall Hazard Rating System.....</b>	<b>358</b>



<b><i>mRHRS – Modified Rockfall Hazard Rating System</i></b> .....	359
<b><i>CRHRS – Colorado Rockfall Hazard Rating System</i></b> .....	360
8. ZAKLJUČAK .....	367
Popis literature .....	369

## Popis slika

Slika 1. Grafički prikaz vjerojatnosti odrona stijenske mase (izmjenjeno prema Brabb 1984). .....	5
Slika 2. Područje karbonatnih stijena u Republici Hrvatskoj (Arbanas Mihalić 2004)..	7
Slika 3. Faktori utjecaja EF i IP za odronne stijenske mase (Jaboyedoff and Labiouse 2003) .....	9
Slika 4. Eksponencijalna funkcija za procjenu sustava ocjene hazarda od odrona ..	39
Slika 5. Modificirana Ritchijeva shema za određivanje potrebne širine (W) i dubine (D) jarka za stijene u odnosu na visinu (H) i kut nagiba pokosa ( $\Psi_f$ ) (prema Whitesidea 1986). .....	41
Slika 6. Korelacije između potrebne udaljenosti vidljivosti ( $D_a$ ) i brzine vozila ( $v$ ) za različite longitudinalne pokose ( $i$ ).....	43
Slika 7. Metodologija određivanja visine padine .....	49
Slika 8. Ocjena posljedica odronjavanja kao funkcija kuta nagiba pokosa i odgovarajućeg prosječnog kuta nagiba pokosa (prema Maerz et. al. 2005.).....	50
Slika 9. Primjer pokosa s većom prisutnošću značajki pokretanja (27 bodova), lokacija Oštrovica.....	52
Slika 10. Primjer pokosa sa značajnom prisutnošću značajki pokretanja (81 bod), lokacija Križišće D501 .....	52
Slika 11. Stvarne i potrebne dimenzije jarka.....	54
Slika 12. Prosječna godišnja količina padalina za Colorado .....	56
Slika 13. Primjer vlažnog pokosa ocijenjen s 9 bodova .....	57
Slika 14. Primjer suhog pokosa ocijenjen s 3 boda .....	58
Slika 15. Stupanj potkopavanja prikazan na sedimentnom pokosu na državnoj cesti D501 .....	61
Slika 16. Različite reakcije na test određivanja postojanosti (Jar slake test) te odgovarajući rezultati (Santi 2006). .....	62
Slika 17. Stupanj uslojenosti .....	63
Slika 18. Stupanj uslojenosti – primjer 1.....	64
Slika 19. Stupanj uslojenosti – primjer 2.....	65
Slika 20. Stupanj uslojenosti – primjer 3.....	65
Slika 21. Stupanj uslojenosti – primjer 4.....	66
Slika 22. Primjeri različitih stupnjeva prevjesa u kristaličnoj stijenskoj masi.....	67

Slika 23. Primjeri različitih stupnjeva trošnosti u kristaličnoj stijenskoj masi.....	68
Slika 24. Diskontinuiteti - veličina i volumen bloka .....	69
Slika 25. Nasumični diskontinuiteti na lokaciji Tunela <i>Vrata</i> .....	70
Slika 26. Diskontinuiteti – postojanost i orijentacija .....	70
Slika 27. Diskontinuiteti - zijev .....	71
Slika 28. Diskontinuiteti - Stanje trošnosti kao parametar u diskontinuitetu stijenske mase.....	72
Slika 29. Blok u matriksu.....	74
Slika 30. Blok u matriksu s veličinom bloka manjom od 30 cm - Križišće D501 (2)..	75
Slika 31. Primjer pokosa s dva tipa materijala.....	76
Slika 32. Blok u matriksu - veličina bloka.....	77
Slika 33. Blok u matriksu - oblik bloka.....	78
Slika 34. Blok u matriksu s veličinom bloka manjom od 30 cm – GP Brgat .....	79
Slika 35. Mjerenje udaljenosti vidljivosti slijepog kuta od ruba kolnika .....	81
Slika 36. Tlocrtni elementi ceste (Korlaet 1995; Dragčević 2003).....	84
Slika 37. Visinski elementi ceste (Korlaet 1995; Dragčević 2003).....	84
Slika 38. Normalni poprečni profil usjeka i zasjeka (Korlaet 1995; Dragčević 2003).	86
Slika 39. Normalni poprečni profil s dva prometna traka – autocesta (Korlaet 1995; Dragčević 2003).....	86
Slika 40. Primjer mjere sanacije pokosa.....	87
Slika 41. Srednje godišnje temperature zraka za razdoblje od 30 godina (Zaninović, 2009.).....	89
Slika 42. Srednje godišnje temperature zraka za siječanj za razdoblje od 30 godina (Zaninović, 2009.). .....	90
Slika 43. Srednje godišnje temperature zraka za srpanj za razdoblje od 30 godina (Zaninović, 2009.). .....	91
Slika 44. Srednje godišnje količine oborina za razdoblje 1960. – 1990. (Zaninović 2009). .....	93
Slika 45. Srednja godišnja količina oborina za zimu za razdoblje 1960. – 1990. (Zaninović 2009). .....	94
Slika 46. Srednja godišnja količina oborina za ljeto za razdoblje 1960. – 1990. ..(Zaninović 2009.). .....	95
Slika 47. Normalni poprečni presjek kroz kosinu. ....	102
Slika 48. Pogled na kosinu.....	102

Slika 49.	Različiti načini spajanja mreža.....	102
Slika 50.	Ispitivanje vlačne čvrstoće mreže.....	103
Slika 51.	Ispitivanje mreža na proboj.....	103
Slika 52.	Dvostruko i jednostruko uvijena mreža. ....	105
Slika 53.	Patentirani dvostruki čvor - HEA .....	106
Slika 54.	Struktura HEA panela .....	107
Slika 55.	Steelgrid zaštitna nosiva mreža .....	108
Slika 56.	Čelična podložna pločica.....	109
Slika 57.	Shematski prikaz TECCO sistema .....	111
Slika 58.	Prikaz izvedbe TECCO mreže na pokosu.....	111
Slika 59.	Shematski prikaz SPIDER mreže.....	113
Slika 60.	Primjer izvedenog SPIDER sustava mreža .....	114
Slika 61.	Primjer korištenja 3STUTOR mreže za zaštitu pokosa. ....	116
Slika 62.	Prikaz Omega mreže. ....	117
Slika 63.	Prikaz upotrebe Omega mreže na čvrstoj stijeni.....	118
Slika 64.	Ugradnja mlaznog betona za zaštitu pokosa.....	119
Slika 65.	Zaštita pokosa mlaznim betonom.....	120
Slika 66.	Prikaz suhog postupka.....	121
Slika 67.	Prikaz mokrog postupka (Putzmeister 2013).....	121
Slika 68.	Ugradnja mlaznog betona armiranog čeličnom mrežom. ....	123
Slika 69.	Makrosintetička vlakna.....	124
Slika 70.	Uzorak Concrete Canvasa s prpadajućim slojevima.....	125
Slika 71.	Različiti načini pakiranja proizvoda.....	126
Slika 72.	Sanacija tankvane. ....	128
Slika 73.	Pojednostavljen prikaz četiri principa instalacije. ....	129
Slika 74.	Primjena Concrete Canvasa prilikom oblaganja pokosa .....	130
Slika 75.	SN sidro.....	130
Slika 76.	Glava sidra s polukružnim i standardnim vijkom te maticom.....	131
Slika 77.	Samobušivo sidro .....	133
Slika 78.	Shema Samobušivog sidra.....	134
Slika 79.	Shema Samobušivog sidra u pogledu sa strane. ....	134
Slika 80.	Toplo pocinčani čelik.....	136
Slika 81.	Elektro - cinčani čelik. ....	136
Slika 82.	Epoksi premaz. ....	136

Slika 83.	Shema ugradnje SDA sidra.....	136
Slika 84.	Shema geotehničkog sidra s pripadajućim elementima .....	138
Slika 85.	Geotehničko sidro.....	138
Slika 86.	Roštiljna konstrukcija protiv erozije. ....	141
Slika 87.	Potporna roštiljna konstrukcija u kombinaciji sa sidrima.....	141
Slika 88.	Postavljeni sustav roštiljne konstrukcije.....	142
Slika 89.	Primjeri sustava zaštite od odrona. ....	144
Slika 90.	Konstrukcija za zaštitu od odrona – galerija.....	144
Slika 91.	Konzolna fleksibilna barijera protiv odrona.....	145
Slika 92.	Stvarno stanje na terenu.....	146
Slika 93.	Shema RXE 1000 fleksibilne barijere.....	147
Slika 94.	Shema gabionskog koša.....	148
Slika 95.	Primjer fleksibilne gabionske konstrukcije.....	149
Slika 96.	Prikaz gabionskog zida za zaštitu pokosa na području Maslenice. ....	149
Slika 97.	Shema TERRAMESH sustava zaštite.....	151
Slika 98.	Primjena TERRAMESH sustava za stabilizaciju trupa prometnice.....	151
Slika 99.	Shematski prikaz GREEN TERRAMESH sustava.....	153
Slika 100.	Prikaz uporabe GREEN TERRAMESH sustava.....	154
Slika 101.	Shema MacMat sustava u kombinaciji sa sidrima.....	156
Slika 102.	Detalj spoja dviju mreža i sidra.....	156
Slika 103.	Lokacija pokosa na dionici autoceste A6.....	159
Slika 104.	Pogled na stijenski pokos u km 63+500 u smjeru Rijeke.....	160
Slika 105.	Pogled na stijenski pokos u km 63+500 u smjeru Rijeke.....	160
Slika 106.	Lokacija pokosa na dionici autoceste A6.....	166
Slika 107.	Pogled na stijenski pokos u smjeru Rijeke.....	166
Slika 108.	Pogled na stijenski pokos u smjeru Zagreba.....	166
Slika 109.	Lokacija pokosa predusjeka Tunela <i>Vrata</i> .....	172
Slika 110.	Pogled na pokos predusjeka Tunela <i>Vrata</i> .....	173
Slika 111.	Prikaz lokacije pokosa .....	178
Slika 112.	Pogled na stijenski pokos na km 23+950 autoceste Rijeka – Zagreb (foto M.S.Kovačević).....	179
Slika 113.	Lijevi pogled na stijenski pokos na km 23+950 autoceste Rijeka – Zagreb (M.S.Kovačević).....	179
Slika 114.	Prikaz lokacije pokosa .....	185

Slika 115. Predmetna kosina u sklopu inženjerskog bloka 1 .....	186
Slika 116. Predmetna kosina u sklopu inženjerskog bloka 2 .....	186
Slika 117. Predmetna kosina u sklopu inženjerskogeološkog bloka 3 .....	186
Slika 118. Predmetna kosina u sklopu inženjerskogeološkog bloka 4 .....	187
Slika 119. Predmetna kosina u sklopu inženjerskogeološkog bloka 5 .....	187
Slika 120. Predmetna kosina u sklopu inženjerskogeološkog bloka 6 .....	187
Slika 121. Prikaz dijela predmetne dionice autoceste A1 .....	193
Slika 122. Pogled na predmetni pokos prema SZ .....	193
Slika 123. Položaj predmetne lokacije (označeno ljubičastom bojom) .....	199
Slika 124. Prostorni raspored inženjerskogeoloških zona na lokaciji Gornji Brgat ..	200
Slika 125. Određivanje preglednosti .....	206
Slika 126. Lokacija predmetnog pokosa .....	237
Slika 127. Pogled na predmetni pokos .....	237
Slika 128. Prikaz segmenata ovisno o geološkim karakteristikama (Grošić 2012) ..	239
Slika 129. Blok obujma 1m <sup>3</sup> u potpunosti odvojen od stijene pukotinom orijentacije 30/85 (Grošić 2012) .....	241
Slika 130. Nestabilni viseći blok obujma 3m <sup>3</sup> s prisutnim ožiljkom starijeg odrona (Grošić 2012) .....	242
Slika 131. Segmenta B s vidljivim nestabilnim blokovima (Grošić 2012) .....	243
Slika 132. Ožiljak promjera 15 m na zapadnom rubu segmenta C (Grošić 2012) ...	244
Slika 133. Zapadni rub segmenta C s vidljivom borom (Grošić, 2012.) .....	244
Slika 134. Ožiljak promjera 5 m s manjim lagano visećim blokovima obujma do 3 m <sup>3</sup> (Grošić 2012) .....	246
Slika 135. Ožiljak promjera 5 m s lagano visećim blokom obujma 5m <sup>3</sup> (Grošić 2012) .....	246
Slika 136. Odron 16. 12. 2013. godine na <i>Raspadalici</i> .....	250
Slika 137. 3D oblak točaka visoke rezolucije (32 milijuna točaka) stijenskog pokosa na lokaciji Raspadalica snimljen SfM tehnikom iz bespilotne letjelice .....	253
Slika 138. Digitalni ortofoto visoke rezolucije stijenskog pokosa na lokaciji Raspadalica snimljen SfM tehnikom iz bespilotne letjelice .....	254
Slika 139. Matrica rizika .....	326
Slika 140. Prikaz matrice rizika prema CRHRS-u i dobivenim rezultatima CRORHRS- a .....	342
Slika 141. Aplikacija Geohazard (1) .....	344

Slika 142. Aplikacija Geohazard (2).....	345
Slika 143. Unos podataka. ....	346
Slika 144. Unos karakteristika pokosa prema CRORHRS-u .....	347
Slika 145. Unos podataka. ....	348
Slika 146. Unos uvjeta klime prema CRORHRS-u .....	349
Slika 147. Unos podataka. ....	350
Slika 148. Unos geoloških značajki prema CRORHRS-u.....	351
Slika 149. Unos podataka. ....	352
Slika 150. Unos uvjeta prometa prema CRORHRS-u.....	353
Slika 151. Unos mjera zaštite od MZ1 do MZ13.....	354
Slika 152. Izračun rezultata – konačan broj bodova .....	355

## Popis tablica

Tablica 1. Tablica sustava ocjene hazarda od odrona stijenske mase-Originalni RHRS .....	12
Tablica 2. Eksponencijalne funkcije bodovanja u modificiranoj metodi (Budetta et al. 2000) .....	14
Tablica 3. Opća usporedba između odabranih metoda stabilizacije pokosa .....	20
Tablica 4. Preliminarni sustav ocjene .....	23
Tablica 5. Sumarna tablica sustava ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS) .....	25
Tablica 6. Bodovanje i opis .....	27
Tablica 7. Odabrana udaljenost vidljivosti (Decision Sight Distance) .....	28
Tablica 8. Strukturno stanje – kategorija 1 .....	29
Tablica 9. Trenje između blokova .....	30
Tablica 10. Strukturno stanje.....	31
Tablica 11. Razlika u stupnju erozije.....	32
Tablica 12. Bodovanje i opis za povijest stijenskih odrona.....	33
Tablica 13. Sumirani prikaz mRHRS metode.....	39
Tablica 14. Objašnjenje ocjene stanja padine SMR (Slope Mass Rating), prema (Romana 1993).....	43
Tablica 15. Modificirani Colorado RHRS (Santi et al. 2009).....	47
Tablica 16. Učinkovitost oblika jarka temeljena na kutu nagiba bankine .....	55
Tablica 17. Potrebna duljina vidljivosti .....	80
Tablica 18. Podatci za srednje mjesečne temperature za razdoblje 1961. – 1990. °C (Statistički ljetopis RH).....	91
Tablica 19. Podatci srednjih mjesečnih količina oborina za razdoblje 1961. - 1990. mm (Statistički ljetopis RH).....	95
Tablica 20. Najdulje razdoblje s minimalnom temperaturom tla $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ i $- 5^{\circ}\text{C}$ za razdoblje 1980. – 2010. - dubina 2 cm (Smolić 2013).....	97
Tablica 21. Najdulje razdoblje s minimalnom temperaturom tla $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ i $- 5^{\circ}\text{C}$ za razdoblje 1980. – 2010. – dubina 5 cm (Smolić 2013).....	98
Tablica 22. Najdulje razdoblje s minimalnom temperaturom tla $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ i $- 5^{\circ}\text{C}$ za razdoblje 1980. – 2010. – dubina 10 cm (Smolić 2013).....	98
Tablica 23. Najdulje razdoblje s minimalnom temperaturom tla $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$ i $- 5^{\circ}\text{C}$ za razdoblje 1980. – 2010. – dubina 20 cm (Smolić 2013).....	99



Tablica 24. Srednja vrijednost početka i kraja pojave smrzavanja tla za radoblje 1981. – 2010. (Smolić 2013).....	100
Tablica 25. Standardni parametri za dvostruko pletenu mrežu.....	104
Tablica 26. Kategorije žičanih pletiva ovisno o uvjetima ugradnje.....	104
Tablica 27. Antikorozivna zaštita kod dvostruko uvijenih mreža. ....	105
Tablica 28. Standardni parametri HEA panela. ....	107
Tablica 29. Antikorozivna zaštita za HEA panele. ....	108
Tablica 30. Standardni parametri za Steelgrid mrežu s normalnom antikorozivnom zaštitom.....	109
Tablica 31. Standardni parametri za Steelgrid mrežu s dodatnom antikorozivnom zaštitom.....	109
Tablica 32. Antikorozivna zaštita za Steelgrid mreže.....	110
Tablica 33. Standardni parametri za TECCO mrežu.....	112
Tablica 34. Antikorozivna zaštita za TECCO mrežu. ....	112
Tablica 35. Standardni parametri za SPDER mrežu.....	114
Tablica 36. Antikorozivna zaštita za SPIDER mrežu. ....	115
Tablica 37. Standardni parametri za 3STUTOR mrežu.....	116
Tablica 38. Antikorozivna zaštita za 3STUTOR mrežu. ....	116
Tablica 39. Standardni parametri za Omega mrežu. ....	118
Tablica 40. Antikorozivna zaštita za Omega mrežu.....	119
Tablica 41. Fizikalna svojstva Concrete Canvasa .....	126
Tablica 42. Vrijednosti čvrstoća dobivene ispitivanjem. ....	127
Tablica 43. Fizikalna svojstva Hydro Concrete Canvasa .....	128
Tablica 44. Vrijednosti čvrstoća dobivene ispitivanjem .....	129
Tablica 45. Prikaz tehničkih karakteristika SN sidara za čelik B500.....	131
Tablica 46. Prikaz tehničkih karakteristika SN sidara za čelik B670.....	132
Tablica 47. Prikaz tehničkih karakteristika SN sidara za čelik B1050.....	132
Tablica 48. Standardne tehničke karakteristike Samobušivih sidara.....	135
Tablica 49. Tehničke karakteristike geotehničkog sidra.....	140
Tablica 50. Standardni parametri za Maccaferri fleksibilne barijere. ....	146
Tablica 51. Standardni parametri za Geobrugg fleksibilne barijere. ....	147
Tablica 52. Tehničke karakteristike gabiona.....	150
Tablica 53. Antikorozivna zaštita za gabione. ....	150
Tablica 54. Tehničke karakteristike TERRAMESH sustava.....	152

Tablica 55.	<i>Antikorozivna zaštita za TERRAMESH sustav.....</i>	152
Tablica 56.	<i>Tehničke karakteristike za GREEN TERRAMESH sustav. ....</i>	154
Tablica 57.	<i>Antikorozivna zaštita za TERRAMESH sustav.....</i>	154
Tablica 58.	<i>Mehaničke značajke MacMat geokompozita. ....</i>	157
Tablica 59.	<i>Antikorozivna zaštita za MacMat HS 100 geokompozit. ....</i>	157
Tablica 60.	<i>Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji .....</i>	161
Tablica 61.	<i>Stvarne vrijednosti opisane projektom .....</i>	162
Tablica 62.	<i>Primjer bodovanja regije 1 - Oštrovica .....</i>	163
Tablica 63.	<i>Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom .....</i>	165
Tablica 64.	<i>Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji (M.S.Kovačević, Bačić 2015) .....</i>	167
Tablica 65.	<i>Stvarne vrijednosti opisane projektom .....</i>	168
Tablica 66.	<i>Primjer bodovanja za Inženjersku regiju 1 - Bosiljevo .....</i>	169
Tablica 67.	<i>Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom .....</i>	171
Tablica 68.	<i>Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji .....</i>	174
Tablica 69.	<i>Stvarne vrijednosti opisane projektom .....</i>	174
Tablica 70.	<i>Primjer bodovanja Inženjerske regije 1 - Vrata.....</i>	175
Tablica 71.	<i>Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom .....</i>	177
Tablica 74.	<i>Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji .....</i>	180
Tablica 75.	<i>Stvarne vrijednosti opisane projektom .....</i>	181
Tablica 74.	<i>Primjer bodovanja za inženjerskogeološku cjelinu .....</i>	182
Tablica 75.	<i>Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom .....</i>	184
Tablica 76.	<i>Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji .....</i>	188
Tablica 77.	<i>Stvarne vrijednosti opisane projektom .....</i>	188
Tablica 78.	<i>Primjer bodovanja za inženjerskogeološku regiju 1 – Blok – u - matriksu - Križišće .....</i>	189
Tablica 79.	<i>Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom .....</i>	191
Tablica 80.	<i>Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji Sv. Rok - Maslenica.....</i>	194
Tablica 81.	<i>Stvarne vrijednosti opisane projektom .....</i>	195
Tablica 82.	<i>Primjer bodovanja za inženjerskogeološku cjelinu – Sv. Rok.....</i>	196
Tablica 83.	<i>Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom .....</i>	198
Tablica 84.	<i>Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji .....</i>	201
Tablica 85.	<i>Stvarne vrijednosti opisane projektom .....</i>	201
Tablica 86.	<i>Primjer bodovanja inženjerskogeološke zone 1 – Gornji Brgat .....</i>	202

<i>Tablica 87. Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom .....</i>	<i>204</i>
<i>Tablica 88. Određivanje parametara b, Pz u ovisnosti o ograničenju brzine.....</i>	<i>206</i>
<i>Tablica 89. Broj izostavljenih bodova prilikom primjene CRHRS metode .....</i>	<i>206</i>
<i>Tablica 90. Ukupan broj bodova za svaku od kategorija.....</i>	<i>208</i>
<i>Tablica 91. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>210</i>
<i>Tablica 92. Mjera zaštite pokosa MZ2 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>211</i>
<i>Tablica 93. Mjera zaštite pokosa MZ3 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>212</i>
<i>Tablica 94. Mjera zaštite pokosa MZ4 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>213</i>
<i>Tablica 95. Mjera zaštite pokosa MZ5 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>214</i>
<i>Tablica 96. Mjera zaštite pokosa MZ6 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>215</i>
<i>Tablica 97. Mjera zaštite pokosa MZ7 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>216</i>
<i>Tablica 98. Mjera zaštite pokosa MZ8 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>217</i>
<i>Tablica 99. Mjera zaštite pokosa MZ9 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>218</i>
<i>Tablica 100. Mjera zaštite pokosa MZ10 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>219</i>
<i>Tablica 101. Mjera zaštite pokosa MZ11 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>220</i>
<i>Tablica 102. Mjera zaštite pokosa MZ12 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>221</i>
<i>Tablica 103. Mjera zaštite pokosa MZ13 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>222</i>
<i>Tablica 104. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa.....</i>	<i>223</i>
<i>Tablica 105. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ1 .....</i>	<i>224</i>

<i>Tablica 106. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ2</i> .....	225
<i>Tablica 107. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ3</i> .....	226
<i>Tablica 108. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ4</i> .....	227
<i>Tablica 109. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ5</i> .....	228
<i>Tablica 110. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ6</i> .....	229
<i>Tablica 111. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ7</i> .....	230
<i>Tablica 112. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ8</i> .....	231
<i>Tablica 113. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ9</i> .....	232
<i>Tablica 114. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ10</i> .....	233
<i>Tablica 115. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ11</i> .....	234
<i>Tablica 116. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ12</i> .....	235
<i>Tablica 117. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ13</i> .....	236
<i>Tablica 120. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji</i> .....	255
<i>Tablica 121. Stvarne vrijednosti opisane projektom</i> .....	255
<i>Tablica 120. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment A</i> .....	256
<i>Tablica 121. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment B</i> .....	257
<i>Tablica 122. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment C</i> .....	258
<i>Tablica 123. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment D</i> .....	259

<i>Tablica 124. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment E .....</i>	<i>260</i>
<i>Tablica 125. Sumirani prikaz bodova za segmente A, B, C, D i E.....</i>	<i>261</i>
<i>Tablica 126. Primjer bodovanja prema CROHRS-u .....</i>	<i>265</i>
<i>Tablica 127. Općeniti primjer ocjenjivanje rizika od odrona stijenske mase.....</i>	<i>267</i>
<i>Tablica 128. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>269</i>
<i>Tablica 129. Mjera zaštite pokosa MZ2 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>273</i>
<i>Tablica 130. Mjera zaštite pokosa MZ3 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>277</i>
<i>Tablica 131. Mjera zaštite pokosa MZ4 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>281</i>
<i>Tablica 132. Mjera zaštite pokosa MZ5 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>285</i>
<i>Tablica 133. Mjera zaštite pokosa MZ6 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>289</i>
<i>Tablica 134. Mjera zaštite pokosa MZ7 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>294</i>
<i>Tablica 135. Mjera zaštite pokosa MZ8 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>299</i>
<i>Tablica 136. Mjera zaštite pokosa MZ9 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>303</i>
<i>Tablica 137. Mjera zaštite pokosa MZ10 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>306</i>
<i>Tablica 138. Mjera zaštite pokosa MZ11 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>310</i>
<i>Tablica 139. Mjera zaštite pokosa MZ12 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>314</i>
<i>Tablica 140. Mjera zaštite pokosa MZ13 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja.....</i>	<i>318</i>
<i>Tablica 141. Prikaz ukupnog broja bodova prema mjerama zaštite .....</i>	<i>322</i>
<i>Tablica 142. Predložena CRORHRS metodologija za procjenu hazarda od odrona stijenske mase .....</i>	<i>324</i>

<i>Tablica 143. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment A .....</i>	<i>328</i>
<i>Tablica 144. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment A.....</i>	<i>329</i>
<i>Tablica 145. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment B .....</i>	<i>331</i>
<i>Tablica 146. Mjera zaštite pokosa MZ5 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment B.....</i>	<i>332</i>
<i>Tablica 147. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment C .....</i>	<i>334</i>
<i>Tablica 148. Mjera zaštite pokosa MZ12 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment C .....</i>	<i>335</i>
<i>Tablica 149. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment D .....</i>	<i>337</i>
<i>Tablica 150. Mjera zaštite pokosa MZ12 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment D .....</i>	<i>338</i>
<i>Tablica 151. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja „Raspadalica“ – Segment E .....</i>	<i>340</i>
<i>Tablica 152. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment E.....</i>	<i>341</i>

## 1. UVOD

U Republici Hrvatskoj u planinskom dijelu, a osobito na prometnicama koje povezuju sjever i jug Hrvatske, prevladavaju karbonatne stijene kod kojih na pokosima postoji realan rizik od odrona stijenske mase.

Republika Hrvatska nema usvojenu metodu procjene rizika od odrona stijenske mase na prometnicama, dok u svijetu postoji više metoda procjene hazarda i rizika od odrona stijenske mase koje su prilagođene lokalnim uvjetima.

Zadnja tri desetljeća razvijeno je desetak metoda procjene hazarda i rizika od nestabilnosti na pokosima.

Već se kod određivanja uvjeta pokosa, unutar razvijenih metoda procjene hazarda i rizika, uviđa potreba razrade sustava ocjenjivanja pojedinih parametara te klasifikacija za karbonatne stijenske mase koje prevladavaju u Hrvatskoj.

Kako se pojavila velika razlika u ocjenjivanju parametara, osobito u geološkom dijelu pokosa na primjerima gdje smo imali prethodno izvedenu zaštitu pokosa, zaključeno je kako je potrebno uzeti u obzir i metode sanacije, odnosno moderne metode zaštite pokosa, koje dosad nisu obuhvaćene nijednom poznatom metodom, kao bitan parametar prilikom procjenjivanja samog hazarda i rizika od odrona stijenske mase jer znatno umanjuje određene parametre.

Za potrebe procjene hazarda i rizika od odrona stijenske mase na prometnicama u Republici Hrvatskoj potrebna je metoda koja će usvojiti lokalne uvjete (metode građenja, geološke uvjete i klimatske uvjete), kao i moderne mjere zaštite pokosa. S obzirom na svjetska iskustva nije potrebno u cijelosti razvijati novu metodu, već je predloženo modificirati najprihvatljiviju postojeću metodu.

U ovom doktorskom radu analiziraju se postojeće metode procjene hazarda i rizika od odrona stijenske mase na prometnicama i razvija se nova metoda prikladna za metode građenja, geološke i klimatske uvjete u Republici Hrvatskoj.

Doktorski rad sastoji se od sljedećih cjelina:

U UVODU se opisuju osnovne definicije i osnovne metodologije u određivanju hazarda i rizika od odrona stijenske mase na prometnicama.

Poglavlje ANALIZA POSTOJEĆIH METODA UTVRĐIVANJA RIZIKA OD ODRONA U KARBONATNIM STIJENSKIM MASAMA sadrži pregled dosadašnjih istraživanja te detaljan opis Rockfall Hazard Rating System (RHRS), Modification of Rockfall Hazard Rating System (mRHRS) i Colorado Rockfall Hazard Rating System (CRHRS) sustava kao najprimjerenijih i najbližih uvjetima u Republici Hrvatskoj. Naznačeni su elementi zbog kojih ove metode nisu u cjelosti prihvatljive za primjenu u Republici Hrvatskoj.

U poglavlju DEFINIRANJE PARAMETARA ZA UTVRĐIVANJE HAZARDA OD RIZIKA ODRONA U KARBONATNIM STIJENSKIM MASAMA detaljno se analiziraju pojedinačni parametri koji se koriste u prethodno opisanim metodama.

U poglavlju SUVREMENI SUSTAVI ZAŠTITE POKOSA daje se detaljan pregled mjera i sustava zaštite pokosa, a osobito onih koji se primjenjuju na zaštiti pokosa prometnica u Republici Hrvatskoj.

U poglavlju ANALIZA PRIMJENE METODE CRHRS-a RADI UTVRĐIVANJA RIZIKA OD ODRONA STIJENSKE MASE NA PROMETNICAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ analizirane su mogućnosti primjene metode CRHRS na ukupno 7 lokacija na prometnicama u Republici Hrvatskoj kako bi se utvrdila mogućnost primjene metode i njezini nedostaci u odnosu na lokalne uvjete. Istaknuta su ograničenja ove metode u primjeni za lokalne uvjete u Republici Hrvatskoj.

U poglavlju MODIFIKACIJA CRHRS METODE NA UVJETE U KARBONATNIM STIJENAMA daje se prijedlog nove metode modifikacijom CRHRS metode (CRORHRS) koja usvaja lokalne uvjete u Republici Hrvatskoj, uključujući i primjenu modernih metoda zaštite pokosa i njihovog utjecaja na umanjeње hazarda i rizika od odrona stijenske mase. Pokazana je primjena predložene metode na lokalitetu Raspadalica na željezničkoj pruzi granica Slovenija - Hrvatska - Lupoglav.

U poglavlju RAZVOJ KORISNIČKE RAČUNALNE APLIKACIJE ZA CRORHRS METODU opisuje se aplikacija za primjenu CRORHRS metode. Razvijena aplikacija posjeduje korisničko sučelje koje omogućuje odabir i brzi unos podataka potrebnih za procjenu hazarda od odrona stijenske mase ovom metodom. Aplikacija omogućuje provjeru smanjenja hazarda primjenom neke od mjera zaštite pokosa. Računalni program razvijen je za računala i pametne telefone.



U poglavlju DISKUSIJA analizirana je mogućnost primjene metode u praksi na cestama i željeznicama u Republici Hrvatskoj.

U ZAKLJUČKU podvučeni su znanstveni i praktični doprinosi predložene metode CRORHRS procjene hazarda i rizika do odrona stijenske mase na prometnicama u Republici Hrvatskoj.

### 1.1. Hazard od odrona stijenske mase

Hazard od odrona stijenske mase može se izraziti kao vjerojatnost da će se odron stijenske mase određene magnitude pojaviti u određenom području u određenom vremenskom periodu (Fell et al. 2008). Definicija hazarda podrazumijeva koncept prostornog položaja definiranog vremenskom učestalošću i intenzitetom odrona stijenske mase.

Hazard od odrona stijenske mase ovisi o (Baillifard, Jaboyedoff and Sartori 2003; Crosta and Agliardi 2003; Jaboyedoff, Dudt and Labiouse 2005):

- vjerojatnosti da se odron stijenske mase određenog volumena dogodi na određenom mjestu izvora
- vjerojatnosti da pokrenuti blokovi dosegnu određenu lokaciju na pokosu ili u nožici pokosa
- intenzitetu odrona.

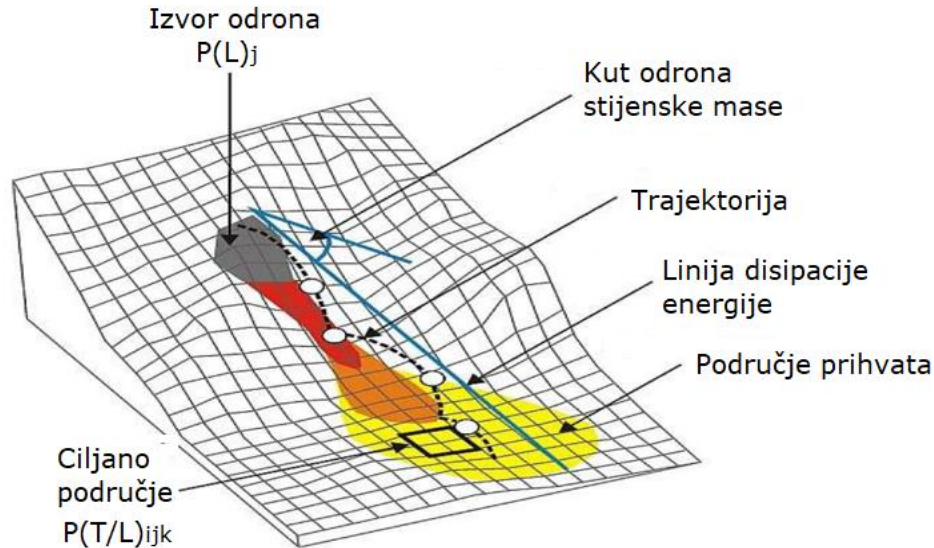
Funkcija koja uzima u obzir masu ili volumen stijenskog bloka, brzinu, rotaciju i visinu odskoka na jednoj lokaciji značajno se razlikuje u odnosu na trajektorije uzete na drugim lokacijama te ovisi o nagibu pokosa, morfologiji terena i dinamici odrona stijenske mase.

Funkcija koja pokazuje vjerojatnost da se na specifičnoj lokaciji na pokosu pojavi odron stijenske mase zadanog intenziteta, može se izraziti kao (Pierson 1992):

$$H_{ijk}=P(L)_j \cdot P(T)_{ijk} \quad (1)$$

Gdje je:

- $H_{ijk}$  – funkcija hazarda odrona stijenske mase
- $P(L)_j$  – područje izvora odrona, odnosno vjerojatnost pojave odrona stijenske mase u magnitudi klase  $j$ ;
- $P(T)_{ijk}$  – vjerojatnost dosega odrona, odnosno, krajnji doseg odrona.



Slika 1. Grafički prikaz vjerojatnosti odrona stijenske mase (izmijenjeno prema Brabb 1984)

Procjena hazarda od odrona stijenske mase ovisi o:

- vremenskoj vjerojatnosti (frekvencija pojave odrona stijenske mase) i osjetljivost prostora na pojave odrona stijenske mase
- 3 D trajektoriji gibanja i maksimalnom odstupanju blokova od gibanja
- raspodjeli intenziteta odrona stijenske mase na lokaciji te uzduž svake trajektorije gibanja bloka.

### 1.2. Vjerojatnost i intenzitet odrona stijenske mase

Vjerojatnost i intenzitet odrona stijenske mase određene magnitude (odnosno volumena) ovisi o fizičkim značajkama odrona stijenske mase kao i o topografiji terena.

Na mjestima gdje su podatci s lokacije odrona nepotpuni, nedostupni ili nepouzdana, analiza hazarda od odrona stijenske mase može se provesti samo u smislu pozicija osjetljivosti područja na odrone. To čini vjerojatnost da je neki pokos pojedinačno ugrožen pojavom odrona stijenske mase, uvjetovan nizom vanjskih utjecaja okoliša (Brabb 1984).

Osjetljivost područja na odrona stijenske mase može se odrediti:

- prostornom distribucijom odrona stijenske mase putem heurističkog rangiranja odabranih pokazatelja nestabilnosti (Cancelli and Crosta 1993; Pierson and Van Vickle 1992; Budetta 2004)
- determinističkim metodama (Jaboyedoff et al. 2005), tj. metodama za koje su provedene analize odrona stijenske mase ili
- statističkim metodama (Frattini et al. 2008), odnosno upotrebom statističkih podataka o postojećim odronima koji su se dogodili u nekom određenom periodu na određenom prostoru.

### **1.3. Zoniranje hazarda od odrona stijenske mase**

Zoniranje hazarda od odrona stijenske mase ili zoniranje osjetljivosti završni je korak procjene hazarda od odrona stijenske mase i rezultira izradom dokumenata za prostorno planiranje, financiranja prioriteta ili preliminarne procjene odgovarajućih zaštitnih mjera od odrona stijenske mase. Glavni motiv zoniranja je odrediti konzistentan kriterij kako bi se kombinirale osjetljivost područja na odrona ili vjerojatnost pojave odrona i dosegnuta vjerojatnost ili intenzitet odrona u kartiranoj formi, osobito u slučajevima kada se formalna vjerojatnost pojave odrona ne može odrediti.

Iako je zoniranje hazarda koristan alat za prostorno planiranje, za projektiranje nestrukturnih i strukturalnih zaštita od odrona, potrebno je provesti i analize rizika (Fell et al. 2008; Straub and Schubert 2008).

Međutim, standardna analiza rizika od odrona stijenske mase mora biti jasno definirana zbog složenosti procjene hazarda od odrona stijenske mase. U stvarnosti kad se hazard od odrona stijenske mase izražava kao osjetljivost područja na odrona, rizik od odrona može se samo matično definirati (Guzzetti, Reichenbach and Ghigi, 2004; Fell et al. 2008).

Najjednostavniji oblik analize rizika od odrona stijenske mase sastoji se od analiza raspodjele elemenata rizika s različitim pretpostavkama osjetljivosti područja od odrona stijenske mase u različitim zonama opasnosti (Guzzetti, Reichenbach and Ghigi 2004).

### 1.3.1. Faktori utjecaja hazarda od odrona stijenske mase

Metode identifikacije i klasifikacije:

- metode koje koriste regionalne geotehničke pristupe
- metode bazirane na GIS-u i DEM-u
- zaključci na temelju otkrivanja izvora odrona.



Slika 2. Područje karbonatnih stijena u Republici Hrvatskoj (Arbanas Mihalić 2004)

Prema Jaboyedoff et al. (2005) hazard od odrona stijenske mase  $H_{ijk}$  na određenoj lokaciji i za određeni intenzitet odrona ovisi o dva uvjeta:

- vjerojatnosti pokretanja odrona (tj. vremenska učestalost pojave odrona stijenske mase), odnosno pojave odrona stijenske mase
- vjerojatnosti gibanja pokrenutog stijenskog odrona na određenoj lokaciji (Jaboyedoff et al. 2005).

Nadalje, doseg odrona  $P(T/L)_{ijk}$ , može se procijeniti numeričkim modeliranjem ili promatranjem područja odrona.

Kako bi se utvrdilo područje izvora  $P(L)_j$ , potrebno je identificirati potencijalne izvore odrona stijenske mase, dok je osjetljivost područja na odrone stijenske mase uglavnom

temeljena na analizi stabilnosti stijenskog pokosa ili vizualnoj procjeni na terenu te se može ocjeniti na temelju terenskih zapažanja ili modeliranja.

Stabilnost kosine može se opisati koristeći unutrašnje parametre (IP – Internal Parameters) i vanjske faktore (EF- external factors) koji čine konceptualni okvir preko kojeg se može opisati potencijalna nestabilnost korištenjem postojećih informacija.

Unutrašnji parametri (IP – Internal Parameters) su unutarnja obilježja pokosa koja se mogu prikazati kao (Jaboyedoff et al. 2005):

- a) Morfologija: tip pokosa (nagib, visina, profil...), izloženost, reljefne značajke (ovise o kontroli procesa erozije).
- b) Geološka građa: vrste stijena te njihova trošnost, variranje geološke strukture, stijenska podloga, vrsta nabačaja.
- c) Tip sloma: sustav pukotina, duljina pukotine, razmak pukotine, intenzitet sloma.
- d) Mehanička svojstva: kohezija, kut trenja.
- e) Aktivnost: kretanje odrona stijenske mase.
- f) Hidrogeološke značajke: vodopropustnost stijenske mase, vodopropustnost pukotina stijenske mase.

Vanjski faktori (EF- external factor) mogu se prikazati kao:

- a) Gravitacijski efekti.
- b) Protok vode: hidrogeološke i hidrološke značajke, klimatski čimbenici, utjecaji u vidu snijega i kiša, stupnjevi infiltracije, podzemne vode.
- c) Okršavanje.
- d) Utjecaj vegetacije.
- e) Eroziija.
- f) Seizmička aktivnost područja.
- g) Aktivna tektonika.
- h) Mikroklimatski faktori uključujući smrzavanje i odmrzavanje, izloženost suncu, permafrost.
- i) Ostale lokalne pojave.
- j) Ljudska aktivnost (antropogeni faktori).



Slika 3. Faktori utjecaja EF i IP za odrone stijenske mase (Jaboyedoff and Labiouse 2003)

#### 1.4. Pregled metodologije određivanja hazarda od odrona

U protekla tri desetljeća razvijena je većina metoda procjene hazarda od nestabilnosti na pokosima (Pantelidis, 2011):

- **HRHRS** Highway Rockfall hazard Rating System (Wyllie 1987)
- **SSRS** Slope Stability rating System (FHWA 1989)
- **RHRS** Rockfall Hazard Rating System ( Pierson and van Vickle 1993)
- **RHRON** Ontario Rockfall Hazard Rating System (Franklin and Senior 1997)
- **NPCSs** New Priority Classification systems ( Wong 1998)
- **USMS** Unstable Slope Management System ( Lowell and Morin 2000)
- **USRS** Unstable Slope rating System (ODOT 2001)
- **HiSIMS** Highway Slope Instability Management System (Miller 2003)
- **MORFH-RS** Missouri Rock Fall Hazard Rating System (Maerz et al. 2004; 2005)
- **mRHRS** modified Rockfall Hazard Rating System (Budetta 2004)
- **RHCMS** Rockfall hazard Classification and mitigation System (Pierson et al. 2005)
- **RCSA** Rock Cut Stability Assesment (Uribe-Etxebarria et al. 2005)
- **RHRM** Rockfall Hazard Rating Matrix for Ohio (Woodward et al. 2005)
- **LHRS** Landslide Hazard Rating System (Liang et al. 2006)
- **UDOT-RHRS** UDOT Rockfall Hazard Rating System (Pack et al. 2006)
- **TRHRS** Tennessee Rockfall Hazard Rating System (Mauldon et al. 2007)
- **RSRP** Rock Slope Rating Procedure (NYDOT 1996; 2007)
- **CRHRS** Colorado Rockfall Hazard Rating System (Russell et al. 2008)
- **TENNESSEE** Tennessee Rockfall Hazard Rating System (Mauldon et al., 2015)

U ovom radu koristit će se metode određivanja razine hazarda od nestabilnosti na stijenskim pokosima koje najviše odgovaraju karbonatnim stijenskim masama, a koje su u naslovima koji slijede detaljnije predstavljene:

- RHRS – Rockfall Hazard Rating System
- mRHRS – modified Rockfall Hazard Rating System
- CRHRS – Colorado Rockfall Hazard Rating System



1.4.1. *RHRS – Metoda određivanja hazarda kod odrona stijenske mase prema Piersonu i van Vickleu (Rockfall Hazard Rating System)*

RHRS metodu razvili su Pierson i van Vickle (1993). Metoda se koristi kao jednostavna metoda za utvrđivanje rizika te kvalifikacije rizika od odrona stijenske mase na transportnim rutama.

RHRS – sastoji se od deset različitih parametara koji se mogu podijeliti u dvije grupe:

Parametri koji definiraju hazard od odrona stijenske mase:

- visina pokosa
- geološke karakteristike
- volumen odrona
- veličina stijenskog bloka
- klimatski utjecaj i prisutnost vode na pokosu
- povijest odrona stijenske mase – vremenski faktor.

Parametri koji indiciraju štetu na vozilima/sudionicima u prometu:

- učinkovitost odvodnih jaraka
- prosječan rizik vozila
- preglednost prometnice u postocima
- širina prometnice.

Tablica 1. Tablica sustava ocjene hazarda od odrona stijenske mase - Originalni RHRS

KATEGORIJA		KRITERIJ OCJENJIVANJA I BODOVI				
		3 BODA	9 BODOVA	27 BODOVA	81 BOD	
VISINA POKOSA		7,62 m (25 stopa)	15,24cm (50 stopa)	22,86 m (75 stopa)	30,48 m (100 stopa)	
UČINAK SLIVA JARKA		Dobar	Umjeren	Ograničen	Nema	
PROSJEČNI RIZIK VOZILA		25 % vremena	50 % vremena	75 % vremena	100 % vremena	
POSTOTAK ODABRANE UDALJENOSTI VIDLJIVOSTI		Odgovarajuća udaljenost vidljivosti, 100 % niske projektirane vrijednosti	Umjerena udaljenost vidljivosti, 80 % niske projektirane vrijednosti	Ograničena udaljenost vidljivosti, 60 % niske projektirane vrijednosti	Vrlo ograničena udaljenost vidljivosti, 40 % niske projektirane vrijednosti	
ŠIRINA CESTE UKLJUČIVO ASFALTIRANE BANKINE		13,41 m (44 stopa)	10,97 m (36 stopa)	8,53 m (28 stopa)	6,1 m 20 FEET (6, 1 m)	
GEOLOŠKO OBILJEŽJE	SLUČAJ 1	Strukturno stanje	Diskontinuiran e pukotine, povoljne orijentacije	Diskontinuiran e pukotine, nasumične/ slučajne orijentacije	Diskontinuiran e pukotine, nepovoljne orijentacije	Kontinuirane pukotine, nepovoljne orijentacije
		Stijensko trenje	Hrapavo, Nepravilno	Valovito	Planarno	Glinovita ispuna ili gorska zrcala
	SLUČAJ 2	Strukturno stanje	Nekoliko diferencijalnih erozijskih značajki	Povremene erozijske značajke	Mnoge erozijske značajke	Glavne erozijske značajke
		Razlika u stupnju erozije	Mala razlika	Umjerena razlika	Velika razlika	Ekstremna razlika
VELIČINA BLOKA		(1 stopa)	61 cm (2 stope)	91,4 cm (3 stope)	1,22 m (4 stope)	
VOLUMEN STIJENSKOG ODRONA/DOGAĐAJ		2,29 m <sup>3</sup>	4,59 m <sup>3</sup>	6,88 m <sup>3</sup>	9,17 m <sup>3</sup>	
KLIMA I PRISUTNOST VODE NA PADINI		Niske do umjerene padaline; bez perioda smrzavanja, bez vode na padini	Umjerene padaline ili kratki periodi smrzavanja ili povremena voda na padini	Visoke padaline ili dugi periodi smrzavanja ili stalna voda na padini	Visoke padaline ili dugi periodi smrzavanja ili stalna voda na padini	
POVIJEST STIJENSKIH ODRONA		Nekoliko	Povremeni	Mnogi	Stalni	

#### 1.4.2. *Metoda određivanja hazarda kod odrona stijenske mase prema Budetti i Nappi (Modified Rockfall Hazard Rating System) - mRHRS*

mRHRS metodu razvijali su Budetta i Nappi od 2004. do 2013. godine (Budetta 2004; Budetta and Nappi, 2013). Metoda predstavlja modifikaciju RHRS-a gdje se pokušalo izbjeći subjektivnost inženjerske odluke za utvrđivanje rizika te kvalifikacije rizika od odrona stijenske mase na transportnim koridorima. Neke kategorije u originalnoj metodi su opisane kvalitativno i mogu dovesti do previše subjektivnih i grubih ocjena stanja te nisu dovoljno objektivno opisane. Ovo se osobito odnosi na parametre kao što su: učinkovitost jaraka, geološke karakteristike, klimatski uvjeti na pokosu i prisutnost vode.

**mRHRS** metoda koristi deset različitih parametara.

Od osnovne RHRS metode razlikuje se u sljedećem:

- visina pokosa – H (height) – ostaje identična kao i u originalnoj metodi
- učinkovitost jarka – u mRHRS metodi se referira na oblik i karakteristike jarka prema Ritchiu (1963)
- prosječan rizik vozila – PRV (Average vehicle Risk) – ostaje isti kao i u originalnoj metodi
- preglednost prometnice – PP (Decision Sight Distance) - u modificiranoj verziji ASD (Actual Sight Distance)
- geološke karakteristike - u modificiranoj verziji koristi se SMR (Slope Mass Rating) (Romana, 1985, 1988, 1991, 1993) – klasifikacija se provodi za sraslu i poremećenu stijensku masu
- volumen odrona / veličina stijenskog bloka
- Vb – (Block Volume) - statistička ocjena volumena bloka prije nastanka odrona
- klimatski utjecaj – uključuju se ciklusi intenzivnih oborina, ciklusi smrzavanja/ odmrzavanja te cirkuliranje podzemnih voda
- povijest odrona stijenske mase – u modificiranoj verziji detaljna baza podataka povjesnih informacija o odronu stijenske mase potrebna je kako bi se moglo izvesti kvalitativno ocjenjivanje stanja stijenskog pokosa te rizika od odrona,

- Eksponecijalna funkcija –  $y = 3f(x)$  - potpuni matematički opis funkcija korištenih za procjenu detaljne ocjene osam parametara (osim efektivnosti jarka) prikazana je u tablici 2. (Budetta 2004):

Tablica 2. Eksponecijalne funkcije bodovanja u modificiranoj metodi (Budetta 2004)

Kategorija	Jednadžba
Visina pokosa (H)	$y = 3^{H/7.5}$
Prosječan rizik vozila (AVR)	$y = 3^{AVR/25}$
Potrebna vidljivost udaljenosti (%Da)	$y = 3^{(120-\%Da)/(20)}$
Širina ceste (Lc)	$y = 3^{(27.5-Lc)/(6)}$
SMR	$y = 3^{80/SMR}$
Veličina bloka, $D_b$	$y = 3^{D_b/0.3}$
Volumen odrona po događaju ( $V_{fall}$ )	$y = 3^{V_{fall}/2.3}$
Godišnja količina oborina (h)	$y = 3^{h/300}$
Učestalost odrona (f)	$y = 3^{1+(0.334*f)}$

#### 1.4.3. Metoda određivanja hazarda od odrona stijenske mase prema Russell i Santiniju (Colorado Rockfall Hazard Rating System) - CRHRS

Metoda koju su razvili Russell i Santi 2008. godine (Santi *et al.* 2009) prema nalogu Colorado transportnog odjela (CDOT Colorado Department of Transportation) kako bi unaprijedili postojeću RHRS metodu dodajući nekolicinu klimatskih i geoloških faktora prepoznatih u tehničkoj literaturi kao parametri koji će pridonijeti objašnjenju stijenskih odrona.

Kada je metoda razvijena, uzeto je u razmatranje 200 kritičnih pokosa te su na temelju rezultata dobiveni parametri koji su uneseni kao relativni za ovu metodu (Santi *et al.* 2009):

##### 1. Karakteristike pokosa:

- visina pokosa
- učestalost odrona
- prosječna ocjena pokosa
- karakteristike podloge – odskok
- učinkovitost jarka.

## 2. Geološke karakteristike:

### a. Sedimentne stijene:

- stupanj iskopa
- stupanj dreniranja
- orijentacija slojeva.

### b. Eruptivne stijene:

- karakteristike stijenske mase
- stupanj prevjesa stijenske mase
- stupanj okršenosti.

### c. Diskontinuiteti:

- veličina bloka/volumen
- broj setova diskontinuiteta
- izgled zidova diskontinuiteta
- uvjeti okršenosti
- trenje između slojeva.

### d. Stijenski blokovi:

- veličina bloka
- oblik bloka
- vegetacija.

### e. Utjecaj prometa na stijenski odron:

- preglednost prometnice
- prosječan rizik vozila
- broj nesreća.

## **2. ANALIZA POSTOJEĆIH METODA UTVRĐIVANJA RIZIKA OD ODRONA U KARBONATNIM STIJENSKIM MASAMA**

### **2.1. Pregled dosadašnjih istraživanja**

Infrastrukturni transportni pravci u brojnim regijama u svijetu često prolaze kroz područja stijenskih odrona koji uzrokuju veliku opasnost za vozače, kao i veliku količinu oštećenja i ozljeda.

U proteklih nekoliko desetljeća pojavilo se nekoliko većih odrona stijenskih masa na prometnicama u Republici Hrvatskoj uzrokujući ozbiljne štete kako na građevinama, tako i na prometnoj infrastrukturi (Arbanas et al. 2012). Osim velikih materijalnih šteta, uslijedili su i veći zastoji prometa što je prouzrokovalo poremećaje u funkcioniranju lokalnih zajednica i operativnosti pojedinih regija. Odroni stijenske mase predstavljaju stalnu prijetnju, kako za imovinu i infrastrukturu, tako i za ljudske živote (Arbanas et al. 2020). Na temelju ovih činjenica došlo se do zaključka o potrebi sustavnog rješavanja problema rizika od odrona na prometnicama.

U nedostatku kvalitetne metodologije utvrđivanja rizika od odrona u karbonatnim stijenskim masama u Republici Hrvatskoj potrebno je pristupiti analizi poznatih metodologija koje bi eventualno bile primjenjive na području karbonatnih stijenskih masa ili izradi metodologije karakteristične za Republiku Hrvatsku.

Analizirane su postojeće poznate metode procjene opasnosti od odrona, osobito u karbonatnim stijenskim masama, koje su prilagođene uvjetima karbonatne stijenske mase. Kvantitativna analiza rizika od pojave stijenskih odrona mogla bi se provoditi ukoliko postoji mogućnost procjene vjerojatnosti pojave pojedinog događaja, zasnovanog na dostupnim informacijama o sličnim događajima koji su se dogodili u prošlosti ili na bazi informacija prikupljenih na razne načine bazirane na osobnim iskustvima.

Zadatak ove disertacije je pristupiti analizi poznatih metodologija određivanja hazarda od odrona stijenskih masa koje bi, eventualno, bile primjenjive na području Hrvatske ili određivanje, odnosno, izrada metodologije odgovarajuće za Republiku Hrvatsku u području karbonatnih stijenskih masa. Tijekom posljednja dva desetljeća nekoliko autora i transportnih agencija u SAD-u, Kanadi, Australiji i drugdje (Pierson et al. 1990; Franklin and Senior 1997; Bateman 2003; Rose 2005; Youssef i Maerz 2012; Russell

et al. 2008; Ferrero et al. 2011) predložili su nekoliko kvalitativnih sustava ocjenjivanja rizika (QRSa Qualitative Risk rating System) kako bi se umanjile moguće posljedice od odrona stijenskih masa te informatičke tehnologije (uključujući upotrebu elektronskih skupova podataka, video snimaka, LiDAR-based tehnologije i GIS-a). U mnogim navedenim kvalitativnim sustavima koristi se neobrađen eksponencijalni uzorak bodovanja koji zahtijeva bazu 3 (npr. 3, 9, 27, 81 ili 1, 3, 9, 27, 81), a ukupan rezultat čini rizik izveden iz zbroja rezultata čimbenika različitih kvantitativnih i kvalitativnih kategorija (visina nagiba, učinkovitost jarka, promet, geološke karakteristike, veličina grešaka i posljedica). Posebnosti geoloških karakteristika padina i pukotina nisu opisane na adekvatan način, a parametri se ne čine uvijek odgovarajućim (Budetta 2004; Pantelidis 2009). Nadalje, ovaj postupak nije u skladu s definicijom rizika koja se koristi u kvantitativnoj analizi rizika (QRA) (rizik = opasnost × posljedica) i povezani rezultati se ne mogu uspoređivati (Pantelidis 2011). Kako bismo procijenili opasnost od stijenskog odrona, trebamo koristiti pristupe teorije vjerojatnosti ili determinističke pristupe za izračun sigurnosnih čimbenika proučavanih infrastrukturnih pravaca. Kako ovi pristupi zahtijevaju niz geomehaničkih i statističkih podataka na mnogo kilometara prometnica, oni ne predstavljaju brze metode. Međutim, baza podataka aktivnosti stijenskih odrona obično je nepotpuna za većinu cesta ili ne postoji za nove ceste, a kompletni podatci o odronima su rijetki zbog nedostatka izvještavanja o malim i srednjim događajima od strane tvrtki koje upravljaju cestama.

QRS su najkorištenije metode pri analizi rizika od odrona stijenske mase. U međunarodnoj literaturi ne postoje istraživanja o glavnim sličnostima i razlikama između postojećih kvalitativnih metoda procjene rizika od odrona. Pantelidis (2011) ukazuje na 18 sustava određivanja hazarda od odrona stijenske mase i izvodi kritički osvrt, ali ne izvodi pravu usporedbu primjenjujući ih na istom potezu ceste. Slijedom pregleda postojećih metoda određivanja hazarda od odrona stijenske mase došlo se do zaključka da su tri metode prihvatljive za razmatranje u našim uvjetima. Analizirat će se RHRS, mRHRS metoda i CRHRS metoda. Objektivno najkompletnija metoda, koja zbog niza parametara određuje egzaktno broje bodova koji nas navodi na razinu hazarda i rizika od odrona stijenske mase, je CRHRS metoda.

U ovoj disertaciji pokazat će se rezultati triju kvalitativnih metoda: izvornog sustava ocjenjivanja od opasnosti od odrona (RHRS – Rock Hazard Rating System) (Pierson

and Van Vickle 1992), modificirana verzija RHRS (mRHRS Modified Rock Hazard Rating System) (Budetta 2004), i modificirani Colorado sustav ocjenjivanja opasnosti od odrona (CRHRS – Colorado Rockfall Hazard Rating System) (Santi et al. 2009).

**RHRS metoda** temelji se na malo geoloških čimbenika, kvalitativno opisanih pa prema tome i nedovoljno pouzdanih. Također se subjektivno osjenjuju: klima, prisutnost vode na kosini i kategorija Povijest stijenskog odrona. Rezultati su pokazali da visoku razinu rizika na nekim dijelovima cesta, zbog nedostataka jaraka, niske PD (SD - sight distance) vrijednosti, male širine kolnika te nižih faktora, čine upravo opasnosti od stijenskih odrona.

**mRHRS metodom** moguće je izbjeći subjektivne ocjene geoloških značajki putem primjene SMR (Slope Mass Rating) indeksa. Međutim, kako bi se primijenio Romanin SMR potrebna su mnoga skeniranja linija i terenska mjerenja koja provode iskusni alpinistički geolozi. Uporaba SMR indeksa može dati bolji opis stabilnosti stijenskog pokosa, ali se čini znatno složenija od izvorne RHRS metode i zahtijeva više iskustva. Ovaj pristup je složen i ne može se primijeniti za višekilometarske ceste. Nemoguće je statistički usporediti konačne ocjene mRHRS metode s onima dobivenim s druge dvije navedene metode (Pantelidis 2011). Iako je nemoguće kvantitativno usporediti mRHRS konačne ocjene s onima dobivenim od druge dvije metode (zbog rijetkih ocjenjivačkih sekcija), opća kvalitativna podudarnost između podataka može se vidjeti. Ako usporedimo samo ocjene čimbenika opasnosti, ova pojava se može jasno vidjeti. U stvari, parametri opasnosti mogu značajno varirati od slučaja do slučaja, a često faktori posljedica imaju slične rezultate.

**CRHRS metodom** manje se razlike mogu promatrati između sekcija završenih ocjenjivanjem rizika. Ova metoda, vjerojatno zbog prisutnosti brojnih kategorija (jarka sliva, oborina, ciklusa smrzavanja i odmrzavanja, procjednih voda, stupnja položenosti i broja nesreća) daje objektivniji rezultat u odnosu na druge dvije metode. Budući da se veći broj čimbenika analizira i tada ocjenjuje, završne ocjene su veće od onih dobivenih pomoću druge dvije metode. Prema tome, da bi se usporedile korištene metode, potrebno ih je standardizirati.



Usvojene metode su "prvi stupanj" (RHRS i CRHRS) i "srednji" (mRHRS) karakterizacijski sustavi korisnih za detaljne geomehaničke analize u područjima velike opasnosti (Fell i sur. 2008). S obzirom na potrebnu opremu i stručno znanje, jednostavnost korištenja i fleksibilnosti sustava, usporedba je prikazana u tablici 4. Ako je potrebno unijeti podatke s mnogo kilometara promatranih cesta, poželjno je koristiti CRHRS kao metodu prvog stupnja. Kako bi se predvidjela opasnost od stijenskog odrona, također je moguće izvesti pouzdane statističke analize. Nasuprot, ako su prikladniji i brojniji geološki, prometni, geomehanički i topografski podaci, mRHRS se može koristiti kao srednji metoda karakterizacije.

Konačno, valja imati na umu da rezultati dobiveni navedenim metodama zahtijevaju kontinuirano ažuriranje. To se ne događa samo kad bolja procjena komponenti može mijenjati obračunatu razinu rizika (npr. promjene u intenzitetu prometa tijekom vremena), već i kad su provedene stabilizacijske ili zaštitne mjere (Ferlisi i sur. 2012;. Corominas i sur. 2014).

Tablica 3. Opća usporedba između odabranih metoda stabilizacije pokosa

Kriterij	RHRS	mRHRS	CRHRS
Potrebni podatci i oprema	Cestovna geometrija, topografske karte, podatci o prometu, kvalitativne geoloških istraživanja, povijest stijenskog odrona, klimatski uvjeti (na maloj/srednjoj skali), niveliranje letve.	Cestovna geometrija, prometni podatci, geostukturalni i geomehanički podatci, baze podataka, klimatski uvjeti stijenskog odrona (na velikoj skali), fotogrametrija terena, niveliranje letve.	Cestovna geometrija, topografske karte, ortofota, podatci o prometu, kvalitativna i kvantitativna geološka istraživanja, povijest stijenskog odrona, klimatski uvjeti (na maloj/srednjoj skali), niveliranje letve.
Potrebna stručna znanja	Adekvatni (geodet, dodiplomski studij u geologiji ili inženjer okoliša).	Dubinski (diplomski studij u geologiji ili inženjerskoj geologiji).	Dobar (diplomski studij u geologiji ili inženjerskoj geologiji).
Jednostavnost korištenja	Jednostavan, ali subjektivan i temeljen na ne baš geološkim čimbenicima, kvalitativno opisan. Vrijedi i za veliku kilometažu cesta.	Kompleksan, ali objektivan. Odnosi se na prostor kuda se cesta proteže.	Dobar, ali ponekad subjektivan. Potrebno nekoliko topografskih i geoloških podataka. Vrijedi za raznu kilometražu cesta.
Fleksibilnost sustava	Vrlo fleksibilan (odnosi se na sve litološke postavke).	Slabije fleksibilan (uglavnom se odnosi na sedimentne stijenske mase s jasnim uzrokom diskontinuiteta).	Fleksibilan (to se odnosi na sedimentne, blok-u-matrica i kristalne stijenske mase).
Ukupna procjena	Nepouzdan (zbog subjektivnosti).	Vrlo pouzdan, ali težak.	Pouzdan. Moguće je izraditi statističke analize kako bi se predvidjela opasnost od stijenskog odrona.

## 2.2. Rockfall Hazard Rating System

### 2.2.1. Uvod

Odjel za promet (Department of Transportation, DOT, Savezne države Oregon) ima zadatak osigurati sigurnost cestovnog sustava. To nije jednostavno jer u planinskim državama kao što je Oregon, višekilometerske ceste prolaze kroz strme terene, gdje su zasječene padine neposredno uz ceste česte. Neki od tih umjetnih zasjeka prostiru se više od 30 metara uz pokos. Mnogi se nalaze u neposrednoj blizini podnožja

neravnih prirodnih padina koje se pak prostiru više od 30 m uz padinu. Na tim mjestima postoji potencijal za odronu stijenskih masa, čemu je pridonio i način na koji su se gradili sustavi autocesta. Do nedavno je uobičajena građevinska praksa bila uporaba prekomjerno agresivnih tehnika miniranja i iskopa kako bi se izveli stijenski zasjeci. Iako je to olakšavalo iskop, često je rezultiralo kosinama koje su sklonije stijenskim odronima. Tamo gdje postoje takvi uvjeti, odjeli za promet suočeni su s teškim zadatkom smanjenja rizika od stijenskih odrona.

Department of Transportation (DOT), Savezne države Oregon razvio je standardiziranu metodologiju koja državnim odjelima za promet pruža proaktivan i logičan način za postavljanje prioriteta projektnih aktivnosti i raspoređivanje ograničenih sredstava za popravke/sanacije. Program uključuje provjeru svih stijenskih pokosa duž državnog sustava autocesta kako bi se utvrdilo gdje bi stijenski odroni najvjerojatnije mogli utjecati na kolnik. Jednom locirane, ove dionice/sekcije ocjenjuju se u odnosu na druge kako bi se utvrdilo koji od njih predstavljaju najveći rizik, a proces je nazvan „Sustav ocjene hazarda od stijenskog odrona” (The Rockfall Hazard Rating System - RHRS).

Oregon je započeo razvojni proces Sustava ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS) 1984. godine. Završna faza razvoja RHRS-a započela je u srpnju 1989. kada je ODOT (Odjel za promet države Oregon) odabran za izvođenje studije udruženog fonda pod nazivom „Sustav ocjene hazarda od stijenskog odrona”.

Glavni cilj istraživanja bio je dovršiti razvoj učinkovitog RHRS-a i olakšati primjenu sustava, kroz obuku, u drugim državama. U Oregonu je RHRS metodologija testirana na više od 3000 lokacija. Završeni su obrasci za svaku kategoriju ocjenjivanja te razvijeni formulari i ostala pomagala/pomoć pri ocjenjivanju. Ti su podatci dokumentirani u Priručniku za primjenu RHRS-a koji je podijeljen sudionicima na raznim regionalnim radionicama.

### *2.2.2. Razvojni proces*

Kada je Oregon započeo izradu studije (FHWA ugovor br. DTFH61-89-C-00078), već je bio razvijen prototip RHRS-a. Osnovan je i Istraživački savjetodavni odbor (RAC - Research Advisory Committee) za nadzor završetka sustava. Istraživački savjetodavni

odbor bio je sastavljen od predstavnika pet regionalnih inženjerskogeoloških grupa Odjela za promet države Oregon (ODOT- Oregon Department of Transportation) te iz središnjeg Odjela. Istraživački savjetodavni odbor pridonio je brojnim inovativnim idejama i modifikacijama završnog RHRS-a budući je već stečeno iskustvo u njegovoj primjeni. Prilikom izmjena vodilo se računa o zadovoljavanju četiri standarda koja odgovaraju na pitanja:

1. Je li sustav razumljiv i univerzalno primjenjiv?
2. Tumači li obrazac na odgovarajući način kako ocijeniti svaki element?
3. Može li nekoliko različitih ocjenjivača postići slične bodove?
4. Jesu li dobiveni bodovi precizno ocijenili hazard od stijenskog odrona?

Testiranje cjelokupnog sustava bila je dragocjena prilika. Država Oregon je idealno mjesto za testiranje Sustava ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS). Promjenjiva/različita klima u državi Oregon, gustoća prometa, geometrije padina uz ceste te geologija osigurale su niz uvjeta koji su rezultirali univerzalno korisnim sustavom.

### *2.2.3. Sustav ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS)*

RHRS je proces koji odjelima za promet omogućuje upravljanje stijenskim kosinama/padinama duž autocesta, omogućujući racionalan način donošenja informiranih odluka o tome gdje i kako potrošiti financijska sredstva predviđena za građenje. Proces zahtijeva veću predanost i usredotočenost na problem stijenskih kosina/padina, nego što je obično slučaj kod mnogih odjela za promet. Predanost se sastoji u dodatnim radnim satima i financijskim sredstvima/novcima za dovršenje preliminarnog istraživanja, za redovno ažuriranja baze podataka te razvijanja programa sanacije s ciljem smanjenja rizika od stijenskih odrona na najnepovoljnijim mjestima. Osim toga, potrebno je propisno osposobljeno i iskusno osoblje za obavljanje ocjene padina/ kosina te projektiranje sanacije.

Sustav ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS) sadrži šest glavnih značajki detaljnije opisanih u nastavku rada:

- a. jedinstvenu metodu inventarizacije padina

- b. preliminarnu ocjenu svih padina
- c. detaljnu ocjenu svih padina sklonih hazardu
- d. preliminarni projekt i procjenu troškova za najozbiljnije dionice/sekcije
- e. identifikacija projekta i razvoj
- f. godišnji pregled i ažuriranje.

### Istraživanje pokosa

Istraživanje padina bitna je značajka Sustava ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS-a) koja zahtijeva od odjela za promet da točno odredi broj i lokacije stijenskih odrona. Dionica/sekcija stijenskog odrona je definirana kao „bilo koja neprekinuta padina duž autoceste gdje su razina i pojavni način stijenskog odrona isti/ jednaki”.

Vrlo je važno točno okonturivanje/određivanje dionice stijenskog odrona. Grupiranje odvojenih zasjeka padina u jednu dužu dionicu/sekciju smanjit će veličinu i promjenjivost rezultirajuće baze podataka. Najbolje je da se pristupi istraživanju bez unaprijed stvorene ideje o tome koliko lokacija postoji ili koje su najopasnije.

### Preliminarna ocjena

Svrha preliminarnog ocjenjivanja (Tablica 4.) je grupiranje dionica/sekcija stijenskog odrona pregledanih tijekom kategorizacije padina u tri šire, lakše upravljive kategorije. Bez ovog koraka, mnogi dodatni sati bi se utrošili na primjenu detaljne ocjene na lokacijama koje imaju nisku ili umjerenu vjerojatnost izazivanja hazardnih uvjeta.

*Tablica 4. Preliminarni sustav ocjene*

Razred Kriterij	A	B	C
Procijenjeni potencijal za stijene na kolniku	Visoko	Srednje	Nisko
Povijesna aktivnost stijenskog odrona	Visoko	Srednje	Nisko

Primarni interes Sustava ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS-a) bazira se na potencijalu stijenskog odrona na lokaciji. „Procjena potencijala za stijenu na kolniku" je stoga kontrolni element ove ocjene. Ocjena „Povijesna aktivnost stijenskog odrona" koristi se kao modifikator preliminarne ocjene gdje je potrebno pojašnjenje. Preliminarna ocjena je subjektivna procjena potencijala stijenskog odrona koji zahtijeva iskusno i pronicljivo osoblje za donošenje tih prosudbi/ocjena.

Preliminarna ocjena je kritičan korak u Sustavu ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS-a), osobito tamo gdje postoji veliki broj padina koje treba razmotriti. Inicijalno, samo dionice ocijenjene razredom „A" bi trebalo ocijeniti detaljnim sustavom ocjenjivanja. To će uštedjeti napore istodobno ih usmjeravajući na najkritičnija područja. Dionice razreda "B" trebali bi ocijeniti ovisno o dostupnom vremenu i financijskim sredstvima. Dionicama razreda "C" ne daje se dodatna pozornost i stoga nisu uključeni u RHRS bazu podataka.

#### Detaljno ocjenjivanje

Detaljno ocjenjivanje uključuje 10 kategorija koje, kada su ocijenjene, bodovane i zbrojene, omogućuju državnom Odjelu za promet brojčano razlikovanje stijenskih padina od najmanje sklonih do najsklonijih hazardu. Padine s većim brojem bodova predstavljaju veći rizik. Detaljna ocjena prikazana je u Tablici 5. na sljedećoj stranici. Deset kategorija predstavljaju značajne elemente koji pridonose ukupnom hazardu od stijenskog odrona. Četiri stupca kriterija na desnoj strani Tablice 5. odgovaraju logičnim granicama povećanja hazarda sa svakom kategorijom. Prema tome, bodovi iznad svakog stupca, povećavaju se s lijeva na desno. Bodovi se povećavaju eksponencijalno, od 3 do 81 boda i predstavljaju reprezentativne rezultate kontinuiranih bodova od 1 do 100. Eksponencijalni sustav omogućuje brzo povećanje broja bodova koji brzo razlikuje lokacije većeg hazarda. Korištenje kontinuuma točaka omogućuje fleksibilnost u procjeni relativnog utjecaja uvjeta koji su iznimno promjenjivi. Neke kategorije zahtijevaju subjektivnu procjenu, dok se druge mogu izravno izmjeriti, a zatim bodovati. Sljedeće kategorije zahtijevaju subjektivnu procjenu, a druge se mogu izravno izmjeriti, a zatim bodovati. U nastavku je dan sažetak svake kategorije.

Tablica 5. Sumarna tablica sustava ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS)

KATEGORIJA		KRITERIJ OCJENJIVANJA I BODOVI				
		3 BODA	9 BODOVA	27 BODOVA	81 BOD	
VISINA PADINE		7,62 m (25 stopa)	15,24cm (50 stopa)	22,86 m (75 stopa)	30,48 m (100 stopa)	
UČINAK SLIVA JARKA		Dobar	Umjeren	Ograničen	Nema	
PROSJEČNI RIZIK VOZILA		25 % vremena	50 % vremena	75 % vremena	100 % vremena	
POSTOTAK ODABRANE UDALJENOSTI VIDLJIVOSTI		Odgovarajuća udaljenost vidljivosti, 100 % niske projektirane vrijednosti	Umjereni udaljenost vidljivosti, 80 % niske projektirane vrijednosti	Ograničena udaljenost vidljivosti, 60 % niske projektirane vrijednosti	Vrlo ograničena udaljenost vidljivosti, 40 % niske projektirane vrijednosti	
ŠIRINA CESTE UKLJUČIVO ASFALTIRANE BANKINE		13,41 m (44 stope)	10,97 m (36 stopa)	8,53 m (28 stopa)	6,1 m (20 stopa)	
GEOLOŠKO OBILJEŽJE	SLUČAJ 1	Strukturno stanje	Diskontinuirane pukotine, povoljne orijentacije	Diskontinuirane pukotine, nasumične/ slučajne orijentacije	Diskontinuirane pukotine, nepovoljne orijentacije	Kontinuirane pukotine, nepovoljne orijentacije
		Stijensko trenje	Hrapavo, Nepravilno	Valovito	Planarno	Glinovita ispuna ili gorska zrcala
	SLUČAJ 2	Strukturno stanje	Nekoliko diferencijalnih erozijskih značajki	Povremene erozijske značajke	Mnoge erozijske značajke	Glavne erozijske značajke
		Razlika u stupnju erozije	Mala razlika	Umjereni razlika	Velika razlika	Ekstremna razlika
VELIČINA BLOKA		30,5 cm (1 stopa)	61 cm (2 stope)	91,4 cm (3 stope)	1,22 m (4 stope)	
VOLUMEN STIJENSKOG ODRONA/DOGAĐAJ		2,29 m <sup>3</sup> (3 kubična jarda )	4,59 m <sup>3</sup> (6 kubičnih jarda)	6,88 m <sup>3</sup> (9 kubičnih jarda)	9,17 m <sup>3</sup> (120kubičnih jarda)	
KLIMA I PRISUTNOST VODE NA PADINI		Niske do umjerene	Umjerene padaline ili kratki	Visoke padaline ili dugi periodi	Visoke padaline ili	

	padaline; bez perioda smrzavanja, bez vode na padini	periodi smrzavanja ili povremena voda na padini	smrzavanja ili stalna voda na padini	dugi periodi smrzavanja ili stalna voda na padini
<b>POVIJEST STIJENSKIH ODRONA</b>	Nekoliko	Povremeni	Mnogi	Stalni

**Visina padine** – ovaj element predstavlja okomitu visinu pokosa. Stijene na visokim pokosima imaju više potencijalne energije od stijena na nižim padinama pa predstavljaju veći hazard i dobivaju veću ocjenu. Mjeri se do najviše točke iz koje se očekuje stijenski odron. Ako stijene/blokovi dolaze s prirodne padine iznad pokosa, mjeri se visina pokosa plus dodatno visina padine (vertikalna udaljenost).

**Učinak jarka** – učinak jarka mjeri se njegovom sposobnošću da ograniči padajuću stijenu/blok od kolnika prometnice. Pri ocjeni učinka jarka ocjenjivač treba uzeti u obzir nekoliko čimbenika, kao što su: 1) visina i nagib padine; 2) širina, dubina i oblik jarka; 3) očekivana količina stijenskog odrona po događaju; 4) utjecaj nepravilnosti padine (Pokretačke značajke/Značajke pokretanja) na stijenski odron. Posebno je važno procijeniti učinak nepravilnosti padine. Ove značajke mogu u potpunosti poništiti/negirati prednosti koje se očekuju s područja odvajanja. Vrijedni podaci o izvedbi jarka mogu se dobiti od osoblja za održavanje. Bodovanje treba biti konzistentno i u skladu sa sljedećim opisima prikazanim u Tablica 6.



Tablica 6. Bodovanje i opis

Bodovi	Opis
3 boda	<b>Dobar</b> – sav ili gotovo sav stijenski odron je zadržan u jarku
9 bodova	<b>Umjeren</b> – stijenski odron povremeno doseže kolnik
27 bodova	<b>Djelomičan</b> – stijenski odron često doseže kolnik
81 bodova	<b>Nepostojeći</b> – bez jarka ili je jarak potpuno neučinkovit. Sav ili gotovo sav stijenski odron doseže kolnik

**Prosječni rizik vozila (PRV)** - ova kategorija mjeri postotak vremena u kojem će vozila biti prisutna u zonama hazarda od stijenskog odrona. Postotak se dobiva korištenjem jednadžbi (2) na temelju duljine padine, prosječnog dnevnog prometa (PDP) i objavljenog ograničenja brzine na lokaciji. Ocjena 100% znači da će u prosjeku automobil biti unutar definirane dionice/sekcije stijenskog odrona 100% vremena. Tamo gdje postoji visok PDP ili duži nagib, rezultirat će vrijednostima većim od 100%. Kada se to dogodi, to znači da u određenom trenutku postoji više od jednog vozila unutar izmjerene dionice/sekcije. PRV se izravno odnosi na potencijal hazarda kao i na značaj. Jednadžba koja se koristi je:

$$PRV = \frac{PDT \cdot DP}{OB} \cdot 100 \quad (2)$$

gdje je:

*PDT* - prosječni dnevni promet po danu (promet/dan);

*DP* - predstavlja duljinu zone hazarda – duljina pokosa (km);

*OB* - ograničenje brzine (km/h).

**Postotak odabrane udaljenosti vidljivosti (Decision Sight Distance)** – koristi se za određivanje duljine kolnika koju vozač mora imati da bi donio složenu ili trenutačnu

odluku. Odabrana udaljenost vidljivosti je kritična kada je teško opaziti prepreke na prometnici ili kada se zahtijevaju neočekivani ili neuobičajeni manevri. Kroz dionicu/sekciju stijenskog odrona stvarna odabrana udaljenost vidljivosti može se znatno promijeniti. Horizontalne i vertikalne krivine autoceste zajedno sa preprekama kao što su stijenski izdanci i vegetacija uz prometnicu, mogu ozbiljno ograničiti sposobnost vozača da primijeti stijenu na cesti. Navedene udaljenosti predstavljaju nisku projektiranu vrijednost. Treba se postaviti ograničenje brzine na dionici/sekciji stijenskog odrona.

Tablica 7. Odabrana udaljenost vidljivosti (Decision Sight Distance)

Ograničenje brzine (km/h)	Odabrana udaljenost vidljivosti (m)
48.3	137.2
64.4	182.9
80.5	228.6
96.6	304.8
112.7	335.3

Jednom određene, te dvije vrijednosti mogu se zamijeniti u jednadžbi (3) za izračunavanje postotka odabrane udaljenosti vidljivosti.

$$\frac{\text{Stvarna odabrana udaljenost vidljivosti}}{\text{Potrebna odabrana udaljenost vidljivosti}} \cdot 100\% \quad (3)$$

**Širina ceste** - izmjerena okomito na središnju liniju ceste od ruba do ruba pločnika, širina ceste predstavlja raspoloživi manevarski prostor kako bi se izbjegao stijenski odron. Kad širina kolnika nije konstantna, uzima se u obzir minimalna širina. Na odijeljenim cestama trebao bi se mjeriti samo asfaltirani dio kolnika, dostupan vozaču.

**Geološko obilježje** - geološki uvjeti padine procjenjuju se kategorijama kao što su: uslojenost, prevjes, diskontinuiteti....Prvi slučaj koristi se za padine na kojima su pukotine, slojne plohe ili drugi diskontinuiteti dominantne značajke padina koje dovode do stijenskog odrona. Drugi slučaj, prikazan u nastavku rada, koristi se za padine gdje je diferencijalna erozija ili prekomjerna inklinacija dominantan uvjet koji kontrolira stijenski odron.

Strukturno stanje u Tablici 8. definirano kao „Nepovoljno“, odnosi se na pukotine koje definiraju blokove, klinove, planarne slomove ili prevrtanje, dok se obilježje „Kontinuirano“ odnosi na pukotine dulje od 3 m.

Tablica 8. Strukturno stanje – kategorija 1

Bodovi	Opis
3 boda	<b>Diskontinuirane pukotine, povoljne orijentacije</b> - padine sadrže raspucane stijene bez nepovoljno orijentiranih pukotina, slojnih ploha itd.
9 bodova	<b>Diskontinuirane pukotine, nasumične/slučajne orijentacije</b> - padine sadrže slučajno orijentirane pukotine koje stvaraju varijabilni uzorak. Padina vjerojatno ima neke razbacane blokove s nepovoljno orijentiranim pukotinama, ali nema prevladavajućeg nepovoljnog uzorka.
27 bodova	<b>Diskontinuirane pukotine, nepovoljne orijentacije</b> - stijenska padina pokazuje izražen pukotinski uzorak, slojnu plohu ili drugi diskontinuitet s nepovoljnom orijentacijom. Ove značajke/elementi imaju manje od 3 m kontinuirane duljine.
81 bodova	<b>Kontinuirane pukotine, nepovoljne orijentacije</b> - stijenska padina pokazuje dominantni pukotinski uzorak, slojnu plohu ili drugi diskontinuitet s nepovoljnom orijentacijom i veće su od 3 m duljine.

Parametar „Trenje između blokova“ (Tablica 9.) izravno se odnosi na potencijal da se blok pomakne u odnosu na drugi. Trenje duž pukotine, slojne plohe ili drugog diskontinuiteta uzrokuje makro i mikro hrapavost površina. Bilježenje kuteva/nagiba sloma iz prethodnih stijenskih odrona na padini može pomoći u procjeni općeg trenja stijene duž diskontinuiteta.

Tablica 9. Trenje između blokova

Bodovi	Opis
3 boda	<b>Hrapavo</b> - nepravilna površina pukotina je hrapava, a plohe pukotina dovoljno nepravilne da uzrokuju međusobno zaglavljivanje. Ova makro i mikro hrapavost omogućuje optimalno trenje.
9 bodova	<b>Valovito</b> - makro hrapavost, ali bez sposobnosti međusobnog zaglavljivanja.
27 bodova	<b>Planarni</b> - makro glatke i mikro hrapave pukotinske plohe. Trenje je uzrokovano prvenstveno hrapavošću površine stijene.
81 bodova	<b>Glinovita ispuna ili gorska zrcala (glatke paraklaze)</b> - materijali s niskim trenjem, kao što je glina, odvajaju površine stijene negirajući mikro ili makro hrapavost pukotinskih ploha. Gorska zrcala (glatke paraklaze) također mogu imati vrlo mali kut unutarnjeg trenja i mogu pripadati ovoj kategoriji.

Drugi slučaj strukturnog stanja koristi se za padine gdje je diferencijalna erozija ili prekomjerna inklinacija dominantni uvjet koji kontrolira stijenski odron. Erozijske značajke uključuju padine velikog nagiba, nestabilne stijene ili izložene stijene na padini koji bi eventualno mogao dovesti do stijenskog odrona. Stijenski odron je uzrokovan gubitkom potpore bilo lokalno ili kroz/duž padinu. Uobičajene padine koje su podložne ovom stanju su: slojevite jedinice koje sadrže lako trošive slojeve koji, kada erodiraju, potkopavaju izdržljiviju stijenu; siparišne padine; visoko varijabilne jedinice kao što su konglomerati, muljevi/blatno tečenje, stijenske ili padine u tlu (Tablica 10.) itd. koje trošenjem uzrokuju opadanje/padanje otpornijih stijena i blokova dok se matični materijal erodira.

Tablica 10. Strukturno stanje

Bodovi	Opis
3 boda	<b>Nekoliko diferencijalnih erozijskih značajki</b> - Manje diferencijalne erozijske značajke koje nisu raspoređene po padini.
9 bodova	<b>Povremene erozijske značajke</b> - Manje diferencijalne erozijske značajke koje su široko rasprostranjene po padini.
27 bodova	<b>Mnoge erozijske značajke</b> - Diferencijalne erozijske značajke koje su velike i brojne kroz/duž padine.
81 bod	<b>Glavne erozijske značajke</b> - Teški slučajevi kao što su opasni, erozijski uzrokovani pregibi ili značajno prenagnute stjenske padine ili padine tla ili siparišne padine.

Razlika u stupnju erozije na padini u drugom slučaju izravno se odnosi na potencijal za budući događaj stijenskog odrona (Tablica 11.). Stupanj hazarda uzrokovan je erozijom, stoga bi i ocjena dobivena ovom kategorijom trebala odražavati brzinu pojave erozije; veličinu stijena, blokova ili izloženih jedinica; učestalost događaja stijenskih odrona i količinu materijala koji je odronjen tijekom događaja.

Tablica 11. Razlika u stupnju erozije

Bodovi	Opis
3 boda	<b>Mala razlika</b> - erozijske značajke razvijaju se mnogo godina. Padine koje su blizu ravnoteže s njihovom okolinom spadaju u ovu kategoriju.
9 bodova	<b>Umjerena razlika</b> - razlika u stupnju erozije omogućuje razvoj erozije tijekom nekoliko godina.
27 bodova	<b>Velika razlika</b> – razlika u stupnju erozije je takva da se vidljive promjene padine razvijaju godišnje.
81 bodova	<b>Ekstremna razlika</b> – razlika u stupnju erozije omogućuje brz razvoj erozijskih značajki.

Samo jedan skup bodova (prvi ili drugi slučaj) uključen je u ocjenu padine. U nekim slučajevima može biti teško odgonetnuti koji slučaj koristiti. U tim situacijama, oba slučaja mogu biti ocijenjena, ali se bilježe samo bodovi iz najviše ocijenjenog slučaja.

**Veličina bloka ili veličina stijenskog odrona po događaju** - Ova veličina mora biti reprezentativna neovisno o vrsti događaja koji će se najvjerojatnije dogoditi. Odluka o tome koju veličinu koristiti može se utvrditi iz povijesti događaja ili procijeniti iz promatranih uvjeta kada nema povijesti događaja. Ovo mjerenje također će biti od koristi u određivanju mjera sanacije.

**Klima i prisutnost vode na padini** - Voda i ciklusi smrzavanja/odmrzavanja doprinose trošenju i kretanju stijenskog materijala. Ako se zna da voda stalno ili povremeno teče niz padinu, ona se ocijenjuje u skladu s tim. Utjecaj ciklusa smrzavanja/odmrzavanja može se tumačiti iz spoznaja o uvjetima smrzavanja i njegovim učincima na lokaciju. Kriteriji ove kategorije trebali bi se prilagoditi kako bi odgovarali regionalnim uvjetima Odjela za promet, a kako bi se osiguralo pravilno bodovanje.

**Povijest stijenskih odrona** - takva informacija najbolje se može dobiti od osoba odgovornih za održavanje ceste/padine. Ovaj podatak je važan za provjeru potencijala budućih stijenskih odrona (Tablica 12.).

Tablica 12. Bodovanje i opis za povijest stijenskih odrona

Bodovi	Opis
3 boda	<b>Nekoliko odrona</b> - Stijenski odroni su se pojavili nekoliko puta prema povijesnim podacima, ali nisu trajni problem. Ako se stijenski odron pojavljuje samo nekoliko puta godišnje ili rjeđe, ili samo tijekom jakih nevremena, treba koristiti ovu kategoriju. Ova se kategorija upotrebljava i ako nema raspoloživih povijesnih podataka.
9 bodova	<b>Povremeni odroni</b> - Stijenski odron se može očekivati nekoliko puta godišnje i tijekom većine jakih nevremena.
27 bodova	<b>Mnogi odroni</b> – Stijenski odroni često se događaju tijekom određene sezone, kao što su zimsko ili proljetno razdoblje, ili zimi u ciklusu smrzavanja/ odmrzavanja itd. Ova kategorija je za lokacije na kojima se često pojavljuju stijenski odroni tijekom određene sezone i nisu značajan problem tijekom ostatka godine. Ova se kategorija može upotrebljavati i tamo gdje su nastupili teški događaji stijenskih odrona.
81 bodova	<b>Stalni odroni</b> – Stijenski odroni često se događaju tijekom cijele godine. Ova se kategorija koristi i za lokacije na kojima su teški događaji stijenskih odrona uobičajeni.

#### 2.2.4. Preliminarni projekt i procjena troškova

Pri planiranju projekata izgradnje autocesta važno je ispravno identificirati željeni rezultat. Željeni rezultat je ono što određuje granice projekta, procijenjene troškove gradnje, prava služnosti itd. Prepoznajući ovo, četvrti korak RHRS procesa zahtijeva da preliminarni projekt i procjena troškova budu dio RHRS baze podataka. S tim podacima, projekti stijenskog odrona mogu se pravilno financirati i razvijati.

Cilj ovog koraka je osigurati prikladnu metodu za rješavanje problema stijenskog odrona koji kasnije može biti dopunjen detaljnijim istraživanjem i analizom. Iskustvo je općenito najbolji test razumnosti projekta sanacije stijenskog odrona. Treba razmotriti više od jednog pristupa projektiranju za svaku lokaciju kako bi se smanjio rizik od stijenskog odrona. Često najbolje funkcionira kombinacija mnogih tehnika.

Izračunata procjena troškova projektiranja stijenskog odrona odnosi se strogo na trošak mjera sanacije stijenskog odrona. To omogućava bolju usporedbu između projekata sanacije stijenskih odrona.

#### 2.2.5. Identifikacija i razvoj projekta

Postoji mnogo načina da se RHRS koristi za identificiranje/prepoznavanje i unaprjeđenje projekata izgradnje.

1. **Projekti se mogu unaprijediti na temelju njihovih bodova.** Ovo je najočiglednija upotreba ovog sustava. Znajući da su padine najsklonije hazardu na vrhu popisa, ti projekti će biti financirani za izgradnju/sanaciju kako buduća sredstva budu dostupna.
2. **Projekti se mogu unaprijediti na temelju njihove bodovne ocjene u odnosu na procijenjene troškove njihove izgradnje,** što predstavlja modifikaciju metode koristi i troškova. Imajući na umu da su sve padine ocijenjene kao "A" skone hazardu, preliminarna procjena troškova za naviše ocijenjene padine podijeljena je njihovim RHRS bodovima te je napravljen popis kojem je na vrhu najmanja cijena u odnosu na RHRS bodovnu ocjenu.  
Projekti razvijeni s ovog popisa osigurat će najveće smanjenje rizika u cijelom sustavu s fiksnim iznosom ulaganja.
3. **Projekti mogu biti razvijeni na temelju pristupa sanaciji.** Dionice/sekcije stijenskog odrona koji sadrže slične građevinske značajke grupirat će se u jedan projekt, što će omogućiti ugovaranje veća količine sanacije. To može rezultirati jednostavnijim, lakše upravljivim ugovorima s nižim jediničnim cijenama ponude.
4. **Projekti se mogu razvijati na temelju blizine lokacije stijenskog odrona duž dionice/sekcije ceste.** Budući da su utvrđene lokacije stijenskih odrona i pravilno određene mjere sanacije, može se dopustiti veći ugovor i može se ostvariti značajno smanjenje ukupnog hazarda na ruti/ prometnici.



### *2.2.6. Godišnji pregled i ažuriranje*

Posljednji korak RHRS-a je obavljanje godišnjih pregleda svih ocijenjenih padina i pregled svakog novoizgrađenog zasjeka. Ako su bilo kakve padine/kosine u bazi podataka bile modificirane građevinskim ili aktivnostima održavanja, one bi također trebale biti pregledane i ponovljene. Na kraju, sve padine u RHRS bazama podataka trebalo bi procijeniti detaljnom ocjenom. Nakon što su ocijenjene sve padine, Odjel za promet može redefinirati što predstavlja ocjene padine "A" ili "B" korištenjem niza ocjena koje je taj Odjel za promet odredio, a ne subjektivnim kriterijima ocjenjivanja koji su primijenjeni tijekom preliminarnog ocjenjivanja ili pak mogu odabrati da u cjelosti odbace zadnju oznaku.

### *2.2.7. Ograničenja RHRS sustava*

Iako je proces ocjene padina maksimalno jednostavan kad je to moguće, još uvijek postoji raspon ocjena koje bi padina mogla dobiti. Mnogo toga ovisi o sposobnostima ocjenjivača te kako dosljedno tumače i primjenjuju kriterije ocjenjivanja. Treba imati na umu da sve padine ocijenjene kao "A" i "B" imaju potencijal da stijene sa njih dosegnu kolnik.

Lokacije na kojima je došlo do nesreće trebale bi se ponovno procijeniti s detaljnom ocjenom kako bi se utvrdilo je li slučaj stijenskog odrona povećao ili smanjio potencijal stijenskog odrona.

Potrebno je prilagoditi sustav kako bi zadovoljili svoje točne potrebe i organizacijsku strukturu. Detaljno osposobljavanje koje bi obuhvatilo širi krug ljudi, prvenstveno onih koji bi usmjerili provođenje u cijeloj državi kao i onih koji bi obavljali istraživanje i ocjenjivanje, olakšalo bi provedbu RHRS-a. Obuka bi smanjila vrijeme provedbe i poboljšala konzistentnost rezultata.

### *2.2.8. Zaključak*

Stručno inženjersko geološko osoblje Odjela za promet države Oregon (Oregon DOT) provelo je mnogo sati u projektiranju, testiranju i redizajniranju sustava. Proces je bio

upravljiv, a završen je uz naporno normalno radno opterećenje. Bilo je vrlo korisno imati inženjerske geologe odgovorne za stvaranje i održavanje RHRS baze podataka. Njihova je stručnost dodana vrijednosti ovog završnog proizvoda.

Iskustvo Odjela za promet države Oregon (Oregon DOT) sa sustavom ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS) bilo je pozitivno. Uprava sada ima jedinstveni proces koji im može pomoći da donose informirane odluke o tome gdje je potrebno izdvojiti novac za projekte sanacije stijenskog odrona. Uprava pozdravlja kvalitetne informacije koje će koristiti u ovom području razvoja projekata. Odjel za promet vjeruje da se pitanje javne sigurnosti pravilno rješava i da je uspostavom Sustava ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS) Odjelu za promet pružena i veća pravna zaštita.

Sustav ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS) dobio je široku pozornost kao rezultat provođenja radionica. Mnoge države su ili raspravljale ili aktivno planiraju provedbu, a nekoliko ih je već počelo koristiti Sustav ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS). Ovo široko prihvaćanje dobro govori o primjenjivosti sustava u drugim Odjelima za promet, vrijednosti primjene standardne metodologije i pristupu koji je Savezna uprava za autoceste (FHWA) odabrala za dijeljenje rezultata ovog istraživačkog napora s drugim državama.

Mnogi imaju zasluge u uspostavi Sustava ocjene hazarda od stijenskog odrona (RHRS), uključujući inženjerske geologe Odjela za promet države Oregon (Oregon DOT) koji su dijelili svoju stručnost i prosudbu u dovršenju razvoja sustava, onih pojedinaca u Saveznoj upravi za autoceste (FHWA) koji su sudjelovali kao recenzenti i kao organizatori za njegovo širenje i naravno mnogi Odjeli za promet koji su podijelile/snosili troškove cjelokupnog truda. Veliki dio zasluga također pripada i upravi Odjela za promet države Oregon (Oregon DOT) koji je imao viziju da prihvati bolji način upravljanja stjenkim padinama/zasjecima i pokazao spremnost da se dopusti vrijeme i napor svojih zaposlenika da se posvete zadatku/zadatcima u ovom primijenjenom istraživačkom projektu.

### **2.3. Metoda modification of Rockfall hazard rating System - mRHRS**

Metoda mRHRS izvedena je iz originalnog sustava ocjene hazarda od odrona (RHRS) razvijena od strane Piersona i suradnika (1990) i Odjela za promet države Oregon. Eksponencijalni sustav bodovanja koristi se kako bi se pokazao rast rizika od odrona, kao i osjetljivost promatranog područja. Osjetljivost promatranog područja odražava se

kroz devet kategorija formirajući na taj način klasifikacijski sustav. Ukupni rezultat sadržava neophodne elemente u procjeni stupnja izloženosti riziku na cestama.

Modificirana metoda mRHRS prilikom ocjenjivanja kategorija uzima u obzir učinkovitost jarka, geološke značajke pokosa, volumen bloka, klimatske uvjete i cirkulaciju vode te koristi sustav koji je jednostavniji i objektivniji. Glavna karakteristika modificirane metode jest da ona unaprijeđuje procjenu geoloških uvjeta uvođenjem sustava ocjene pokosa (SMR prema Romana 1993), procjenu volumena potencijalnog nestabilnog bloka te procjenu uvjeta podzemnih voda. Ostale modifikacije se temelje uvođenjem izmjerene udaljenosti vidljivosti (DSD – decision sight distance) i dimenzije ceste. Ovakva metoda mora se koristiti u dva prometna smjera jer postotak smanjenja udaljenosti vidljivosti znatno utječe na rezultat.

### 2.3.1. *Uvod*

Prijevozni koridori u mnogim regijama osjetljivi su na klizišta i odrone stijenske mase. Odroni stijenske mase predstavljaju glavnu opasnost na cestama u planinskim područjima što je rezultiralo žrtvama, kao i veliku količinu štete i ozljeda. Analiza izloženosti riziku za klizišta i dalje je vrlo složena operacija koja zahtijeva preciznu procjenu opasnosti (mehanizmi i parametri pokretanja) te točnu procjenu izloženosti vozila riziku u podnožju nekog pokosa. Rizičnost ovisi o nekoliko čimbenika povezanih s vrstom vozila i klizišta koji uključuju brzinu i duljinu vozila, raspoloživu udaljenost vidljivosti, opseg prometa, duljinu rizičnog dijela klizišta na određenoj ruti, broj putnika u vozilu te vrstu vozila.

Harp i Noble (1993) razvili su inženjersku klasifikaciju stijena za procjenu osjetljivosti seizmičkih naslaga na temelju prethodne metode kvantitativnog opisa diskontinuiteta u stijenskim masama od Bartona (1976). Nekoliko autora predložilo je druge metode za predviđanje trase odrona kao npr. Paronuzzi (1989); Pfeiffer and Bowen (1989); Pfeiffer et al. (1991); Hoek (1998); Guzzetti et al. (2002). Osim što se ovim metodama identificiraju trase odrona, također se u obzir uzimaju visina odskoka stijenskog bloka te njegova brzina čime se povećava preciznost određivanja rizika stijenskog odrona na trasi ceste.

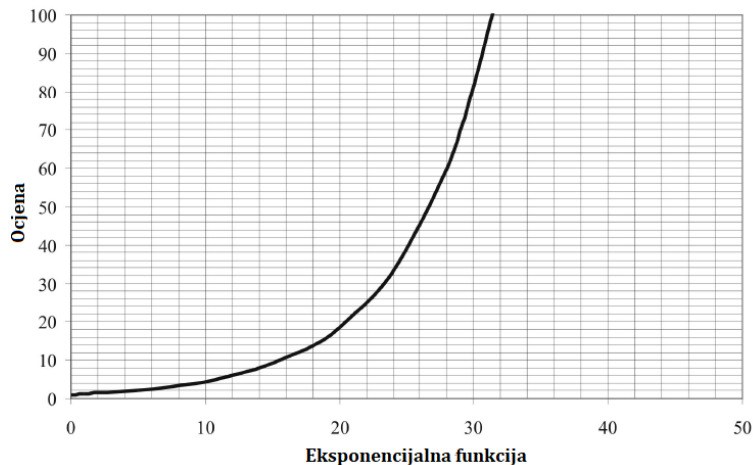
Bunce et al. (1997) predložio je metodu baziranu na binomnoj distribuciji za izračunavanje rizika kao funkciju učestalosti frekvencije odronjavanja u odnosu na tri identificirane kombinacije interakcije između stijenskog odrona i vozila: i) kretanje

vozila/padajući odron; ii)kretanje vozila/odron u mirovanju; iii)vozilo u mirovanju/padajući odron. Još jedan statistički pristup je predložio Hungr et al. (1999) pomoću nagiba kumulativne krivulje učestalosti frekvencija odrona duž glavnih prometnih koridora jugozapadne Britanske Kolumbije. Ova metoda računa rizike samo za slučaj nezgoda uzrokovanih izravnim utjecajem odrona na auto u pokretu. Za autoceste, pristup koji se smatrao kompatibilnim obzirom na kvalitetu dostupnih podataka bio je pristup „event tree“ prema Whitman (1984); Bunce et al. (1997); Hoek (1998); Budetta (2002); Budetta i Panico (2002). U ovom pristupu, vjerojatnost pojavljivanja dodjeljuje se svakom događaju u nizu koji bi mogao dovesti do katastrofalnog klizanja odrona.

Prednosti statističke analize rizika pojave odrona očituju se u razrađenosti i preciznosti rezultata, ali su također nedostaci u tome što određeni podaci kroz vrijeme o pojedinim klizištima nisu dostupni. Obično se stijenski odroni koji se ne smatraju životnim opasnostima ili onima koji mogu načiniti velike štete ni ne prijavljuju. Također, mana je u tome što je dostupna dokumentacija loša za većinu cesta te to utječe na evidenciju o stijenskim odronima i klizištima u naseljenim područjima. Na kraju, kao rezultat svega donosi se zaključak da postoji nesrazmjer između ulaznih podataka u odnosu na visoku razinu sofisticiranih izračuna.

### *2.3.2. Sustav ocjene hazarda od odrona*

Sustav ocjenjivanja prema RHRS metodi sažet u Tablici 5. i pojašnjen u prethodnom poglavlju, kao krajnji rezultat procjenjuje stupanj izloženosti riziku duž promatranog područja. Na Slici 4. prikazana je eksponencijalna funkcija koja se koristi za procjenu sustava ocjene hazarda od odrona. Funkcija prikazuje odnos ocjene od hazarda u ovisnosti o visini pokosa.



Slika 4. Eksponecijalna funkcija za procjenu sustava ocjene hazarda od odrona

Prvi korak u procesu klasificiranja jest napraviti inventar pokosa s obzirom na uvjete stabilnosti koji su prisutni. Takav inventar poslužit će za rangiranje pokosa ovisno o potencijalu pojave hazarda na određenoj lokaciji. Zatim, područja koja su inventarom utvrđena da imaju velik potencijal opasnosti od odrona ocjenjuju se prema kategorijama iz Tablice 5. Određene kategorije zahtijevaju subjektivnu procjenu, dok se neke mogu mjeriti pa potom i ocijeniti. Bodovi koji se dodjeljuju su između 3 i 81 boda, gdje veći broj označava nepovoljnije uvjete. Takvim načinom ocjenjivanja moguće je brzo identificirati ugrožena područja.

### 2.3.3. Parametri modificiranog sustava ocjene hazarda od odrona

U Tablici 13. dan je sumarni prikaz kriterija ocjenjivanja i bodovanja parametara unutar mRHRS metode. U nastavku su pojašnjeni parametri koji se razlikuju u odnosu na originalnu metodu.

Tablica 13. Sumirani prikaz mRHRS metode

KATEGORIJA	KRITERIJ OCJENJIVANJA I BODOVI			
	3 BODA	9 BODOVA	27 BODOVA	81 BOD
VISINA PADINE	7.5 m	15 m	22.5 m	> 30 m
UČINAK SLIVA JARKA	Dobar	Umjeren	Ograničen	Nema
PROSJEČNI RIZIK VOZILA	25 % vremena	50 % vremena	75 % vremena	100 % vremena
POSTOTAK ODABRANE UDALJENOSTI VIDLJIVOSTI	Odgovarajuća udaljenost vidljivosti, 100 % niske projektirane vrijednosti	Umjereni udaljenost vidljivosti, 80 % niske projektirane vrijednosti	Ograničena udaljenost vidljivosti, 60 % niske projektirane vrijednosti	Vrlo ograničena udaljenost vidljivosti, 40 % niske projektirane vrijednosti

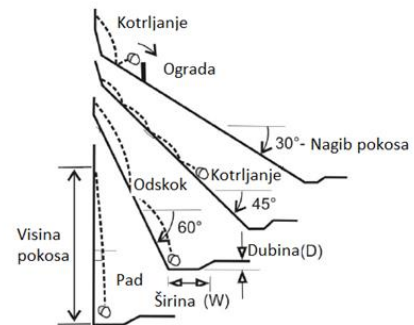
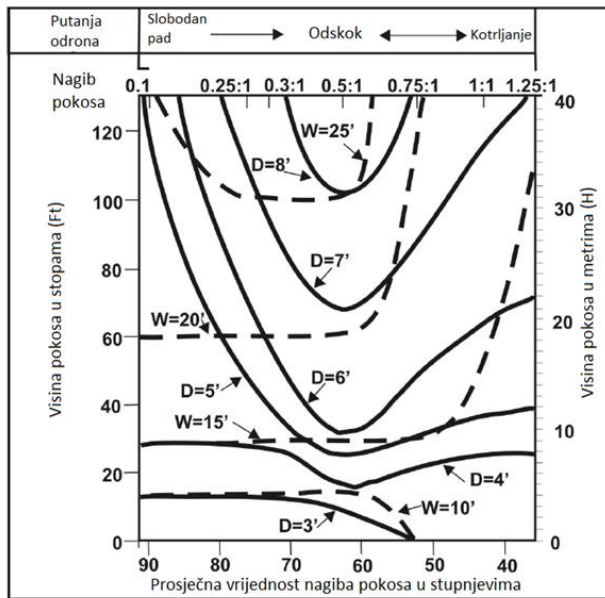
ŠIRINA CESTE UKLJUČIVO ASFALTIRANE BANKINE	21.5	15.5 m	9.5 m	3.5 m
SMR (Stanje padine)	80	40	27	20
Veličina bloka Volumen oblutka	30 cm 26 dm <sup>3</sup>	60 cm 0.21 dm <sup>3</sup>	90 cm 0.73 dm <sup>3</sup>	120 cm 1.74 dm <sup>3</sup>
Volumen odrona po događaju	2.3 m <sup>3</sup>	4.6 m <sup>3</sup>	6.9 m <sup>3</sup>	9.2 m <sup>3</sup>
Godišnja količina oborina i periodi smrzavanja	h=300 mm, nema smrzavanja	h= 600 mm, kraći periodi smrzavanja	h= 900mm, duži periodi smrzavanja	h= 1200 mm, duži periodi smrzavanja
Učestalost odrona	1 u 10 god.	3 u godini	6 u godini	9 u godini

### Visina pokosa

Ova kategorija predstavlja vertikalnu visinu pokosa. Mjerenje visine je od najviše točke pokosa do mjesta na kojem se očekuje stijenski odron. Ako stijenski odron dolazi s prirodnog pokosa iznad usjeka, za mjerenje se koristi visina usjeka te dodatna visina pokosa iznad usjeka. Ova je kategorija ista kao i za RHRS.

### Učinkovitost jarka

Učinak jarka mjeri se u njegovoj sposobnosti da spriječi padanje odrona na cestu, a u obzir se uzimaju sljedeći faktori: i) visina i nagib pokosa; ii) širina, dubina i oblik jarka. U originalnoj RHRS verziji, ovaj faktor se procjenjuje kvalitativno. Kao što je vidljivo na Slici 5., u modificiranoj metodi koristi se Ritchieva nadograđena metoda (1963) predložena od Fookesa i Sweenyja (1976) i Whitesidea (1986). Nadalje, ovom se kategorijom također upućuje i na zaštitne mjere (barijere, stijenske ograde, žičane mreže itd.) pokosa kojima se nadvisuju ceste.



Slika 5. Modificirana Ritchijeva shema za određivanje potrebne širine (W) i dubine (D) jarka za stijene u odnosu na visinu (H) i kut nagiba pokosa ( $\Psi$ ) (prema Whitesideu 1986).

### Prosječni rizik vozila

U ovoj kategoriji uzeta je u obzir prostorna vjerojatnost pojave vozila u zoni stijenskog odrona. Prosječni rizik prometa (PRV) dan je jednadžbom (2) prethodno danoj u radu.

## Postotak potrebne udaljenosti vidljivosti (PPUV)

Ovom kategorijom mjeri se postotak smanjivanja potrebne udaljenosti vidljivosti (PUV). PUV predstavlja duljinu ceste (km) potrebnu vozaču u slučaju da mora donijeti kompleksnu ili trenutnu odluku. Postotak potrebne udaljenosti vidljivosti (PPUV) je dan jednadžbom (4):

$$PPUV = \left( \frac{SUV}{PUV} \right) \cdot 100\% \quad (4)$$

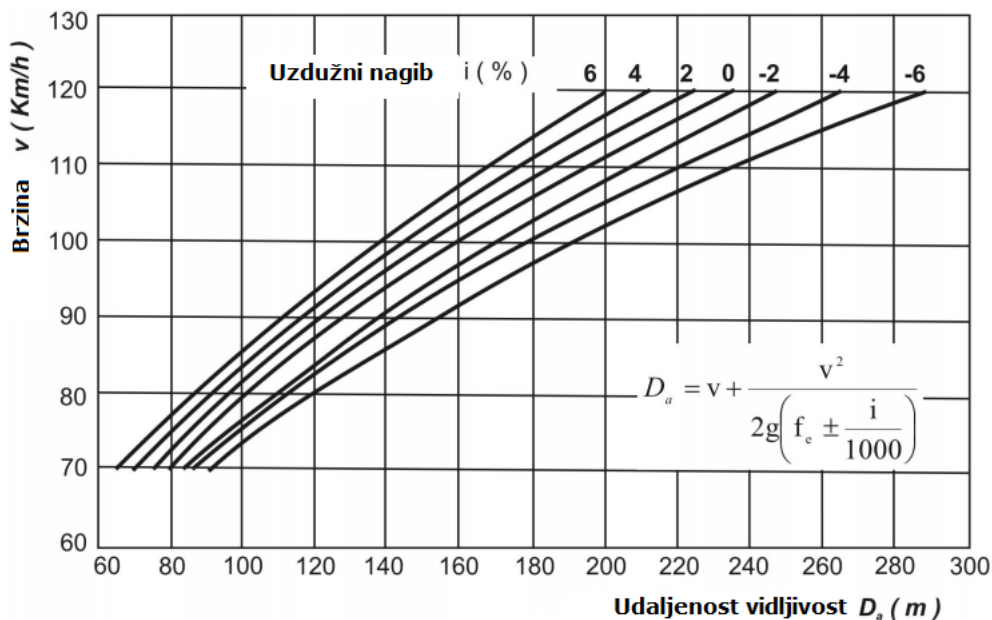
gdje je:

*SUV - stvarna udaljenost vidljivosti (km)*

*PUV – duljina prometnice potrebna vozaču da može sigurno reagirati na eventualni odron*

Budući da se PUV za ceste u SAD-u računa drugačije u odnosu na ceste u Italiji, u modificiranoj RHRS metodi koristio se talijanski nacionalni standard (Ferrari i Giannini 1975; CNR 1980) što je najbolje prikazano na Slici 6. Potrebna udaljenost vidljivosti smatra se kao udaljenost duž kolnika u kojoj se stacionarni objekt od 15 cm visine kontinuirano vidi od 1.10 m iznad ceste (tj. u visini vozačeva oka na cesti). PUV se smatra kritičnim kada je teško uočiti prepreke na cesti ili kada određena situacija iziskuje neočekivane ili neuobičajene manevre. Nadalje, udaljenost vidljivosti može se znatno mijenjati tijekom dionica na kojima postoji rizik od odrona. Zavoji autocesta, kao i prepreke poput površinskih stijenskih oblika ili vegetacije, mogu ozbiljno ograničiti sposobnost vozača da uoči kliznu masu na području vožnje. Također, loša vidljivost tokom olujnog nevremena može smanjiti udaljenost vidljivosti. U mRHRS-u, stvarna udaljenost vidljivosti (SUV) kod dvosmjernog prometa treba se procijeniti jer je velika vjerojatnost da će objekt biti zasjenjen kada je stacioniran izvan najoštrijeg dijela zavoja.





Slika 6. Korelacije između potrebne udaljenosti vidljivosti ( $D_a$ ) i brzine vozila ( $v$ ) za različite longitudinalne pokose ( $i$ )

### Širina ceste

Širina dostupnog manevriranja duž ceste radi izbjegavanja stijenjskih odrona mjeri se okomito na os ceste s jednog ruba do drugog ruba kolnika ceste. U modificiranoj metodi koriste se talijanski standardi.

Tablica 14. Objašnjenje ocjene stanja padine SMR (Slope Mass Rating), prema (Romana 1993).

Kategorija	V	IV	III	II	I
SMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Opis	Vrlo loše	Loše	Normalno	Dobro	Vrlo dobro
Stabilnost	Kompletno nestabilno	Nestabilno	Djelomično stabilno	Stabilno	Kompletno stabilno
Tip sloma	Ravninski slom	Ravninski ili klinasti	Nekolicina diskontinuiteta ili puno klinova	Nekolicina blokova	Nema

### Geološki uvjeti

Modificirana metoda predstavljena je s ocjenom pokosa prema (Romana 1993) prikazanom u Tablici 14. Da bi se procijenile geološke karakteristike, koje uvjetuju

odrone, uvedeni su neki od parametara koji obuhvaćaju geomehaničke značajke diskontinuiteta (orijentacija, posmična čvrstoća diskontinuiteta), tipove sloma (ravninski, klinasti, odron) i metode iskopa (iskop strojem, miniranje). SMR se određuje preko RMR klasifikacije oduzimajući faktore koje ovise o diskontinuitetima (jednadžba 5).

$$SMR = RMR - (F_1 \cdot F_2 \cdot F_3) \cdot F_4 \quad (5)$$

gdje je:

*RMR – Rock Mass Rating (Bienievski 1989)*

*F<sub>1</sub> – faktor koji ovisi o paralelnosti između diskontinuiteta i lica pokosa (raspon između 0.15 – 1.00)*

*F<sub>2</sub> – faktor koji se odnosi na kut nagiba diskontinuiteta u ravninskom slomu (raspon između 0.15 – 1.00)*

*F<sub>3</sub> – faktor odnosa nagiba diskontinuiteta i lica pokosa*

*F<sub>4</sub> – korekcijski faktor ovisno o metodi iskopa (Prirodne padine F<sub>4</sub> = + 15; Presplitting metoda F<sub>4</sub> = + 10; Glatko miniranje F<sub>4</sub> = + 8; Normalno miniranje F<sub>4</sub> = 0; Nedovoljno dobro miniranje F<sub>4</sub> = - 8; Mehanički iskop F<sub>4</sub> = 0)*

mRHRS se mora primijeniti dva puta kada su u pitanju trošne stijenske mase: prvi puta za svježju stijensku masu, a drugi za buduće trošno stanje. Dodatni razlog za korištenje Romanine klasifikacije u modificiranoj metodi je u tome što ocjenjuje razmak diskontinuiteta i stanje podzemne vode.

### **Volumen bloka**

U originalnoj metodi nije definirano na koji se točno volumen bloka misli, onaj prije odrona ili onaj čiji se volumen smanjio prethodnim odvajanjem manjih blokova. Vrlo je bitno definirati o kojem bloku se radi jer padajući blok rijetko zadrži svoj prvotni volumen. Slijedno tome, volumen bloka u modificiranoj metodi određuje se statistički pomoću podataka o razmaku glavnih diskontinuiteta (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, ..., S<sub>n</sub>). Za stijensku masu s tri seta diskontinuiteta, što je najčešće, volumen bloka dan je izrazom (6):

$$V_b = \frac{(S_1 \cdot S_2 \cdot S_3)}{(\sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot \sin\gamma)} \quad (6)$$

gdje je:

$V_b$  – volumen bloka

$S_1, S_2, S_n$  – razmaci glavnih diskontinuiteta

$\alpha, \beta$  i  $\gamma$  - kutevi između setova diskontinuiteta

Veličina bloka dana je izrazom (7):

$$D_b = \sqrt[3]{V_b} \quad (7)$$

gdje je:

$V_b$  – volumen bloka

### **Klimatski uvjeti i prisutnost vode na pokosu**

Velika količina oborina, ciklusi smrzavanja i pojava vode znatno doprinose nestabilnosti i trošenju stijenske mase. U modificiranoj metodi pojava vode je uzeta u obzir preko SMR-a te su pokosi ocijenjeni prema srednjim godišnjim oborinama. Područje gdje padne manje od 600 mm godišnje definiraju se kao područja s umjerenim količinama oborina, dok se područja gdje padne više od 1200 mm definiraju kao područja s velikom količinom oborina. Što se tiče ciklusa smrzavanja i odmrzavanja koriste se podatci prema originalnom RHRS-u.

### **Povijest odronjavanja**

Potrebna je temeljita baza podataka kako bi se provelo ocjenjivanje. Što su kvalitetniji podatci o prethodnim odronima, to će i zaključci o potencijalnim budućim odronima biti precizniji.

### **Eksponecijalne funkcije**

EkspONENTI jednadžbi  $y = 3^{f(x)}$  određeni su nakon više pokušaja. Kompletna matematička objašnjenja funkcija dana je u Tablica 2. Pomoću njih moguće je detaljno ocjenjivanje osam kategorija.

## 2.4. Modificirani Colorado Rockfall hazard rating System CRHRS – parametri i postupci

### 2.4.1. Modifikacije

Pregled trenutnog RHRS-a u tablicama 13. i 14. otkriva da se mnogi parametri ocjenjuju temeljem subjektivne terminologije kao što su "moguće, manje, mnogo; nisko, umjereno, visoko; nekoliko, povremeno, mnogo" itd. Izmjene u sustavu bodovanja parametara numeričkim vrijednostima ili deskriptivnom terminologijom donesene su na temelju istraživanja provedenih tijekom pregleda literature.

Osim toga, RHRS ne ocjenjuje nekoliko čimbenika koji su u novijoj literaturi široko prihvaćeni kao oni koji doprinose nestabilnosti stijenskog pokosa. Stoga je nekoliko kategorija promijenjeno, prošireno ili dodano na temelju podataka o istraživanju.

Izmijenjeni sustav CRHRS (tablica 15.) sadrži četiri zasebne kategorije koje doprinose hazardu od stijenskog odrona: obilježja padine, klimatske uvjete, geološke uvjete i uvjete diskontinuiteta. Kategorija koja zasebno ocjenjuje rizik, sastoji se od prometnih uvjeta (zadnji redak u tablici 15.).

Nekoliko lokacija koje su ocijenjivane prilikom razvoja metode bilo je već sanirano. Predviđeno je da se ta mjesta rangiraju kao da sanacija nije provedena, a zatim se dodaje komentar o učinkovitosti mjera sanacije. Koristila se jednostavna skala za ocjenjivanje A - F, gdje A znači potpuno djelotvorna, a F znači nezadovoljavajuća sanacija. U slučaju da je padina dobila ocjenu mjera sanacije od C ili nižu, tu padinu će najvjerojatnije revidirati inženjer kako bi se procijenilo može li se padina bolje sanirati.

Tablica 15. Modificirani Colorado RHRS (Santi et al. 2009)

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	6 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 puta godišnje	1 do 2 puta godišnje	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine/ Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terene)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
	Sliv jarka	95% do 100%/ Klasa 1	65% do 94% / Klasa 2	30 % do 64% / Klasa 3	< 30% / Klasa 4/ ≥ Jako velike značajke pokretanja	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	< 25.5 cm	25.5 do 51 cm	51 do 89 cm	> 89 cm	
	Godišnji ciklusi smrzavanja i odmrzavanja	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan / Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E, W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
	Krist. stijena	Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Prevjes	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Trošnost	Svježa	Obojana površina	Blago promjenjena/omekšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajaj	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m , dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Udaljenost vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	

#### 2.4.2. Uvjeti padine (pokos)

Ova kategorija uključuje parametre koji se odnose na obilježja i dimenzije padine. Parametri ukazuju na vjerojatnost da će stijena zapravo doseći kolnik ako se odvoji od padine. Postupci koji su korišteni za mjerenje navedeni su u opisu svakog parametra.

#### Visina padine

Ovaj se parametar nije promijenio u odnosu na originalni sustav, osim opcije za ocjenu ukupne visine padine uz visinu zasjeka padine/kosine (koja se ocjenjivala u izvornom sustavu). Ukupna visina padine mjeri se od ceste do najvišeg mjesta potencijalne izvorišne zone odrona. Ako postoji opasnost od stijenskog odrona visoko na padini, a iznad zasjeka, mjeri se ukupna visina padine. Ako se ocjenjuje samo nagib padine, uzima se u obzir maksimalna visina padine. Za izračun visine padine koristi se jednačba (8).

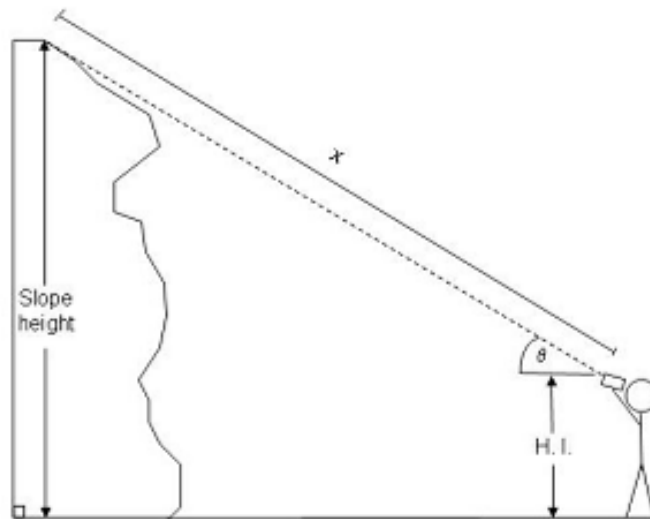
$$\text{Visina padine} = H.I. + x \sin \vartheta \quad (8)$$

gdje je:

*H.I.* – visina instrumenta

*x* – očitavanje daljinomjera

*ϑ* – očitavanje kuta nagiba iz klinometra



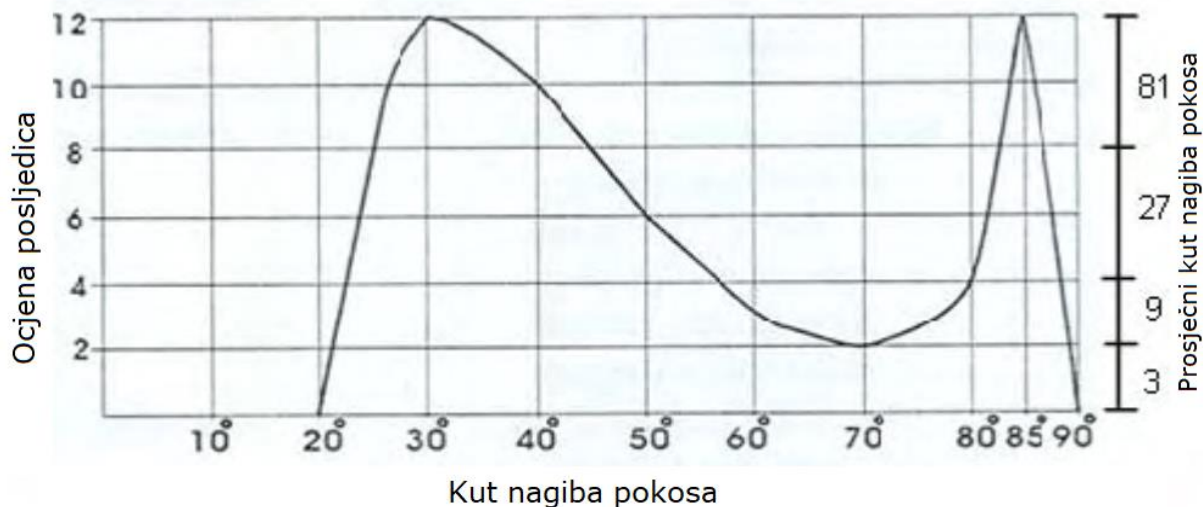
Slika 7. Metodologija određivanja visine padine

## Učestalost stijenskog odrona

Izvorni parametar povijesti stijenskog odrona promijenjen je u učestalost stijenskog odrona. Različiti bodovi ocjene su izmijenjeni kako bi se uklonila subjektivnost prisutna u izvornom ocjenjivanju. Preporučena promjena je pojava stijenskog odrona u određenom vremenu, kao što je sezonsko pojavljivanje odrona ili događaj odrona svake 1 - 2 godine.

## Prosječni nagib padine

Originalni RHRS izdvaja kut nagiba padine u sljedeće kategorije:  $35^\circ - 45^\circ$ ,  $45^\circ - 55^\circ$ ,  $55^\circ - 65^\circ$  i  $> 65^\circ$ , koje se, kako slijedi, ocjenjuju s 3, 9, 27 i 81 bodom. Ocjena kuta nagiba padine izmijenjena je na osnovu istraživanja koje su proveli Maerz i sur. (2005). Kut nagiba padine utječe na putanju odrona i na hazard za niže položenu cestu. Slika 8. prilagođena od Maerz i sur. (2005), koristila se za ocjenu kuta nagiba padine na temelju ocjene posljedica u slučaju da stijene dođu do kolnika zbog različitih putanja odrona iz različitih kutova nagiba padine. Stijene koje se odvajaju/odronjavaju s padina koje imaju kuteve veće ocjene, imaju veću vjerojatnost da će završiti na cesti ispod.



Slika 8. Ocjena posljedica odronjavanja kao funkcija kuta nagiba pokosa i odgovarajućeg prosječnog kuta nagiba pokosa (prema Maerz et. al. 2005)

Kut nagiba padine mjereno je klinometrom nakon dovoljno dugog hodanja od padine kako bi se dobio profil lica padine. Često iznad lica zasjeka postoji prirodna padina. Ako nema hazarda od odrona iznad lica zasjeka, kut nagiba padine preuzima se iz zasjeka. Ako



postoji hazard od odronjavanja na višim dijelovima padine, iznad lica zasjeka, mjere se i bilježe i kut zasjeka kosine i kut prirodne padine iznad zasjeka. Mjerenje koje je rezultiralo većim hazardom za kolnik, koristi se za ocjenu kuta nagiba kosine.

### **Pokretačke značajke**

Izvorni kriteriji za pokretačke značajke bili su vrlo subjektivni pa je bio potreban deskriptivniji pristup. Položaj pokretačkih značajki na kosini uvelike će utjecati na to hoće li stijene doseći kolnik, stoga će i dalje biti potrebna određena subjektivnost i stručna procjena. Slike i opisi iz nastavka navedeni su kao primjeri nove ocjene.

**Nijedan:** relativno glatka padina, s malo ili nimalo varijacije topografije na profilu padine. Ove padine se ocjenjuju s 3 boda.

**Malo:** profil padine s malim varijacijama topografije/materijala koje mogu uzrokovati pokretanje blokova, poput prisutnosti malih grebena koji se protežu <0,6 m od površine padine ili povremenih blokova na površini. Ove padine se ocjenjuju s 9 bodova.

**Mnogo:** profil padine s nekoliko varijacija topografije/ materijala koje mogu uzrokovati pokretanje, kao što je prisutnost grebena ili profila koji se protežu 0,6 - 1,8 m od površine padine. Ove padine se ocjenjuju s 27 bodova.

**Glavni:** izrazito nepravilan profil padine s velikim izdancima stijena ili uz prisutnost velikih grebena ili profila koji se protežu više od 1,8 m od površine padine. Ove padine se ocjenjuju s 81 bodom.



Slika 9. Primjer pokosa s većom prisutnošću značajki pokretanja (27 bodova), lokacija Oštrovica



Slika 10. Primjer pokosa sa značajnom prisutnošću značajki pokretanja (81 bod), lokacija Križišće D501

## Sliv jarka

Sliv jarka znatno je izmijenjen parametar u novom RHRS-u. Izvorni kriteriji ocjene za ovaj parametar su vrlo subjektivni. Novi RHRS ocjenjuje učinkovitost dimenzija i oblika jaraka. Onaj s višom ocjenom će se koristiti za ocjenu sliva jarka.

Za ocjenu učinkovitosti dimenzija jarka preporuča se korištenje postotnog odnosa između stvarnih dimenzija i zahtijevanih Ritchijevih dimenzije (Flatland 1993; NYDOT 1996). Modificirani sustav to radi na temelju izraza:

$$\text{Učinkovitost dimenzija jarka} = \frac{(D_a + W_a)}{D_r + W_r} \cdot 100\% \quad (9)$$

*Gdje je:*

*D<sub>a</sub> – Stvarna dubina jarka*

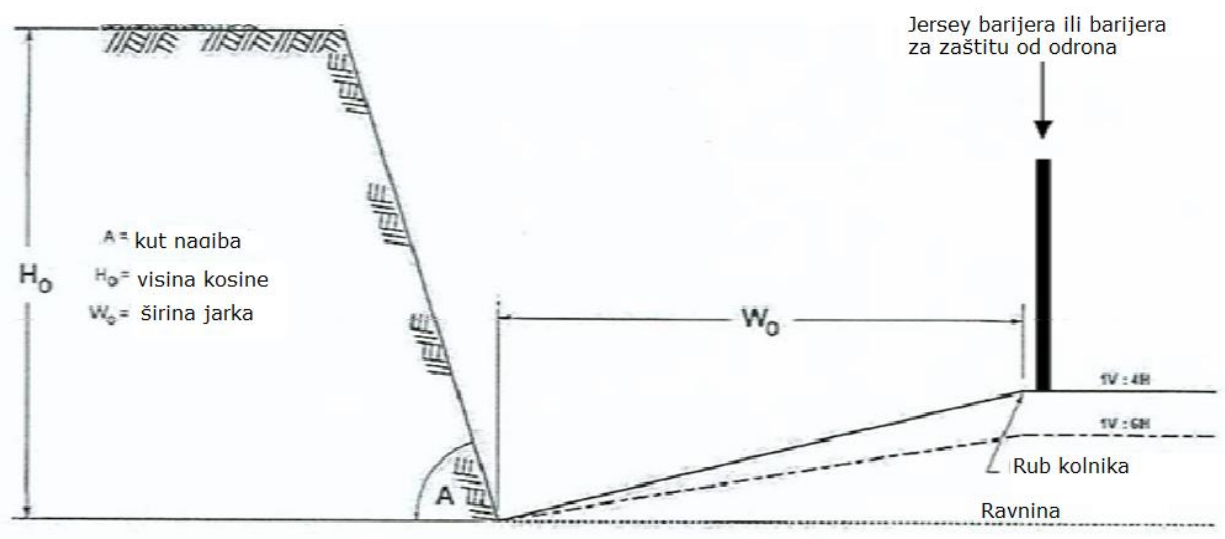
*W<sub>a</sub> – Stvarna širina jarka*

*D<sub>r</sub> – Dubina Ritchiejeva jarka temeljena na visini i kutu nagiba padine*

*W<sub>r</sub> – Širina Ritchiejeva jarka temeljena na visini i kutu nagiba padine*

Širina i dubina jarka mjere se mjernom trakom. Dimenzije jarka često znatno variraju na pojedinačnoj lokaciji (čak 3 m, dok dubine variraju u rasponu od ravnog do dubine od 0,6 m), a najlošije ocijenjen slučaj koristi se za ocjenu parametra sliva jarka. Ako se na padini često pojavljuju odroni, stijene će vjerojatno doći do kolnika u segmentu padine s najmanjim jarkom.

Učinkovitost oblika jarka ocjenjuje se temeljem kuta nagiba bankine ili postojanja bilo kakvih barijera (Jersey barijera, ograda protiv odrona, zaštitna ograda) između jarka i ceste (Badger and Lowell 1992; Maerz i sur. 2005; NYDOT 2003; Ritchie 1963). Tablica 16. može se koristiti za pridruživanje odgovarajuće ocjene identificiranoj klasi.



Slika 11. Stvarne i potrebne dimenzije jarka

Tablica 16. Učinkovitost oblika jarka temeljena na kutu nagiba bankine

Učinkovitost oblika jarka				
	Klasa 1 (3 boda)	Klasa 2 (9 bodova)	Klasa 3 (27 bodova)	Klasa 4 (81 bod)
Nagib bankine	>30° ili prisustvo barijera	21°- 30°	11°- 20°	0°- 10°

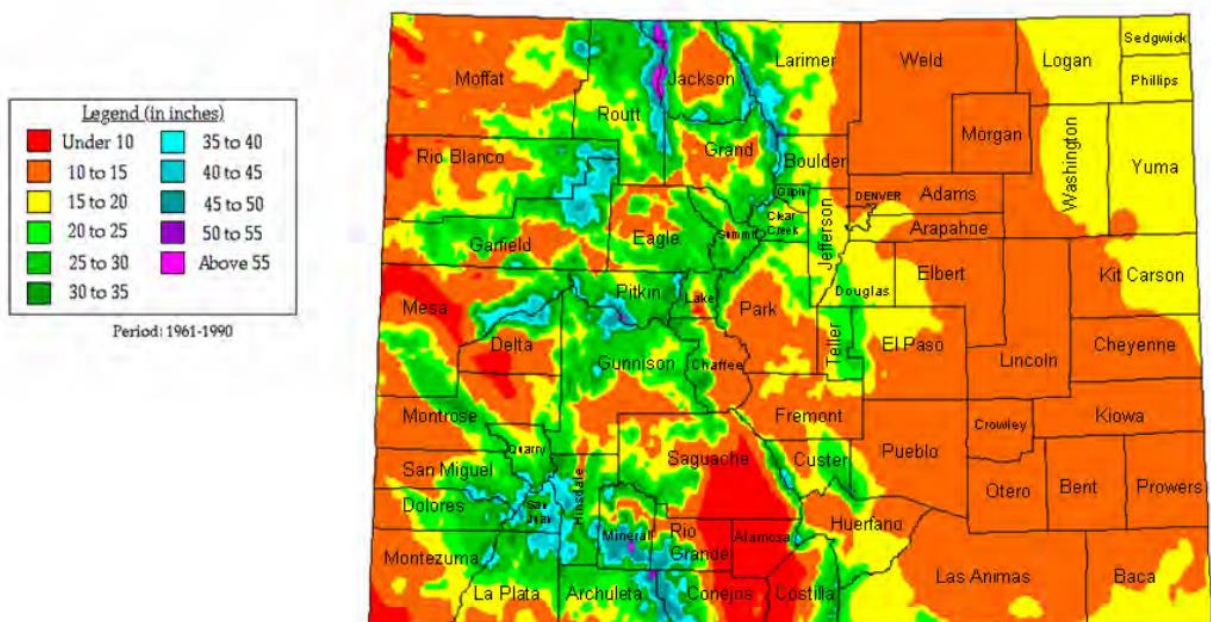
#### 2.4.3. Uvjeti klime

Izvorni RHRS kombinirao je sljedeće kategorije: padaline, procjeđivanje i izloženost. Značenje čimbenika "izloženosti" je nepoznato, niti se koristi (Ortiz 2006). Modificirani RHRS koristi sljedeće parametre: godišnje količine padalina, godišnje cikluse smrzavanja i otapanja, procjeđivanje/prisutnost vode i aspekt kosine pojašnjene u nastavku. Ciklusi smrzavanja i otapanja te aspekt kosine su nove kategorije, uključene zbog njihova dokumentiranog učinka na nestabilnost stijenskih padina (Arndt i sur. 2003; Barrett & White 1991; Eliassen & Ingraham 2000; Flatland 1993; Moore 1986; Senior 1999; Mazzoccola & Hudson 1996; Nichol & Watters 1983; Romana 1988; Watters 1998;).

#### 2.4.4. Godišnje padaline

Godišnja količina padalina određuje stvarne količine kiše i snijega kako bi se izbjegla subjektivnost izvorno korištenih kriterija "niske, umjerene, velike". Prosječna godišnja količina padalina za Colorado može se iščitati iz slike 12.

## Prosječna godišnja količina oborina Colorado



Slika 12. Prosječna godišnja količina padalina za Colorado

### 2.4.5. Godišnji ciklusi smrzavanja - odmrzavanja

Arnold i sur. (1996) proveli su nacionalno istraživanje koristeći preko 5.000 meteoroloških stanica kako bi kvantificirali indeks vlažnog smrzavanja/otapanja korištenjem dnevnih podataka. Indeks vlažnog smrzavanja/otapanja Lienhart (1988) definira kao produkt mjesečnog postotka dana s oborinama većim od 0,025 cm i brojem dana u ciklusu smrzavanja. Dnevni ciklus smrzavanja definirali su kao prosječni godišnji broj dana kada dnevna temperatura varira iznad i ispod temperature smrzavanja (Lienhart 1988). Arnold i sur. (1996) brojali su cikluse smrzavanja/otapanja koristeći Lienhartov (1988) indeks smrzavanja - otapanja na 5.000 lokacija mjereći srednju temperaturu, prosječnu padalinu te uvjete vlage u 2,5 cm površinskog materijala tijekom jednogodišnjeg razdoblja. Ove su informacije korištene za ocjenu geografske raspodjele ciklusa vlažnog smrzavanja/otapanja.

### 2.4.6. Procjeđivanje / prisutnost vode

Kod parametra procjeđivanje ili prisutnost vode na padini izmijenjeni su izvorni opisi "ništa, nešto, umjereno, visoko" i koriste se sljedeći: suha, vlažna/mokra, kaplje, tekuća voda,

koji se ocjenjuju s 3, 9, 27 i 81 bod. Primjer ocjene pokosa s obzirom na prisutnost vode dan je na slikama 13 i 14.

Dokazi na licima stijenskih padina, kao što su oznake i crta od vode te zone dislokacije podrazumijevaju postojanje sezonskog procjeđivanja. Stoga se padine ocjenjuju subjektivno na temelju brojnosti navedenih značajki uz dodatna opažanja trenutnog aktivnog procjeđivanja kako bi se procijenilo maksimalno sezonsko procjeđivanje koje se može pojaviti na određenoj lokaciji. (Smolić 2013).



Slika 13. Primjer vlažnog pokosa ocijenjen s 9 bodova



Slika 14. Primjer suhog pokosa ocijenjen s 3 boda

#### 2.4.7. *Aspekt padine*

Aspekt ili ekspozicija padine je novi čimbenik u CRHRS metodologiji, a temelji se na dokazima da južne padine prolaze kroz više godišnjih ciklusa smrzavanja/otapanja u odnosu na sjeverne kosine (Flatland 1993; Mazzoccola & Hudson 1996; Watters 1998). Sjeverne padine su većim dijelom dana u sjeni, tako da prolaze kroz najmanje promjene temperature tijekom određenog dana i ocjenjuju se najnižom ocjenom. Istočne, zapadne, sjeveroistočne i sjeverozapadne padine imaju nešto sunca tijekom dana, a ocjenjuju se nešto višom ocjenom. Jugoistočne i jugozapadne padine imat će više sunca te se ocjenjuju drugom po veličini ocjenom. Izravne južne kosine proći će kroz najviše promjena temperature tijekom 24 sata, a ocjenjuju se najvišom ocjenom.

Aspekt padine također utječe na formiranje vegetacije na padini, što utječe na eroziju padina u blok-u-matriks materijalu (Branson 1990). Veće sunčevo zračenje omogućuje veću evaporaciju na južnim padinama. Tako nastaju suha tla koja ne dozvoljavaju formiranje vegetacije. Zbog toga su južne padine karakterizirane izloženijim tlom i osnovnom stijenom, s više površinskog otjecanja i većom stopom erozije i sedimentacije,



što stvara veći potencijal za debrinne tokove i velike pokrete masa na padinama. S druge strane, na sjevernim padinama ima puno manje isparavanja tijekom cijele godine. Vegetacija se bolje formira, a erozija se smanjuje. (Smolić 2013).

#### 2.4.8. Geološki uvjeti

Po RHRS metodi, padina visine 100 metara bez jarka, velike količine prometa, minimalne udaljenost vidljivosti i visokim kutem nagiba padine, bit će ocijenjena visokim bodovima. Međutim, na takvoj padini možda čak i ne postoji hazard od odrona stijenske mase zbog povoljnih uvjeta stijenske mase i diskontinuiteta, a upravo ti visoki bodovi mogu navesti na krivi zaključak (Flatland 1993). Stoga su, kako bi ocjena bila realnija, za ocjenu geoloških čimbenika i uvjeta diskontinuiteta uključeni i neki dodatni parametri. Razmatraju se tri vrste geoloških uvjeta:

1. **Sedimentne stijene** gdje potkopavanje i diferencijalna erozija kontroliraju odron stijenske mase.
2. **Kristalična stijenska masa** gdje nehomogenost stijenske mase i pukotine kontroliraju odron stijenske mase.
3. **Blok-u-matriksu materijali** (koluvij, glacijalni materijali, protočni nanos i dr.) gdje erozija matričnog materijala i posljedično odvajanje većih blokova kontroliraju odron stijenske mase.

Izvorna RHRS metoda, modificirana je tako da uključuje nekoliko dodatnih parametara za procjenu diskontinuiteta unutar stijenskih padina. Stabilnost stijenske mase može se preciznije procijeniti s obzirom na korisnije informacije o karakteru i stanju diskontinuiteta unutar stijenskog pokosa (Bienawski 1989; Barton i dr. 1974). Diskontinuiteti će biti ocijenjeni na padinama u sedimentnim ili kristaličnim stijenama, ali ne za padine u blok-u-matriks materijalu.

#### Sedimentne stijenske mase

##### **Stupanj potkopavanja**

Kod odrona stijenske mase u sedimentnim stijenama uglavnom dominira diferencijalna erozija i vremenske promjene u različitim litologijama, što rezultira potkopavanjem i slomom (Slika 15) (Vandewater et al. 2005; Shakoore 2005). Količina potkopavanja odražava stupanj litološke promjene unutar stijenske padine (Vandewater et al. 2005) te je utvrđeno da u velikoj mjeri pridonosi potencijalu odrona stijenskih masa u izdancima

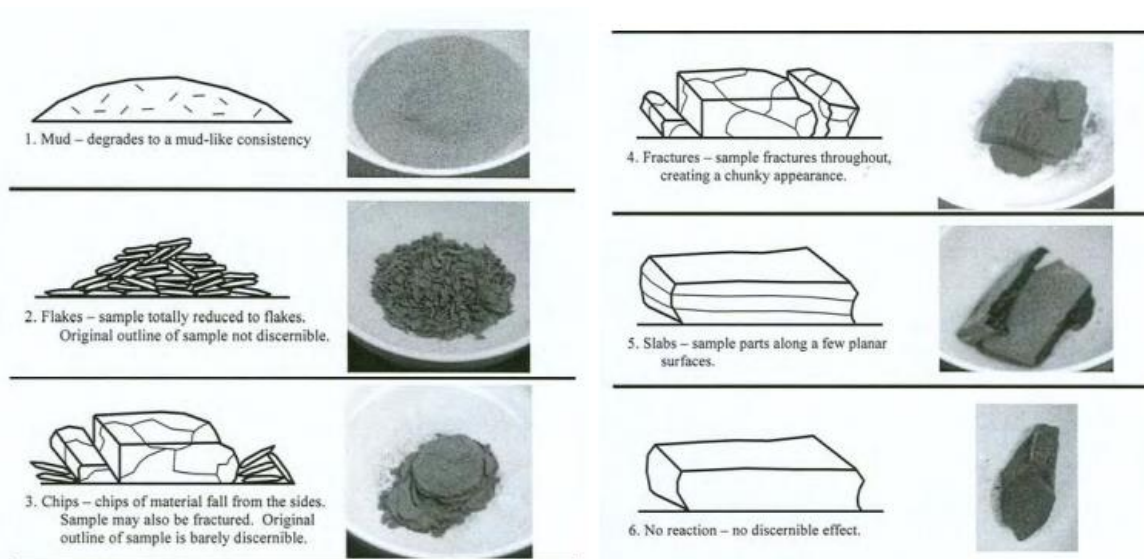
sedimentnih stijena (Shakoor 2005). Ovo je jedan od dodatnih parametara u modificiranom RHRS-u i sadrži specifične numeričke kriterije za uklanjanje subjektivnosti.



Slika 15. Stupanj potkopavanja prikazan na sedimentnom pokosu na državnoj cesti D501

### **Jar Slake**

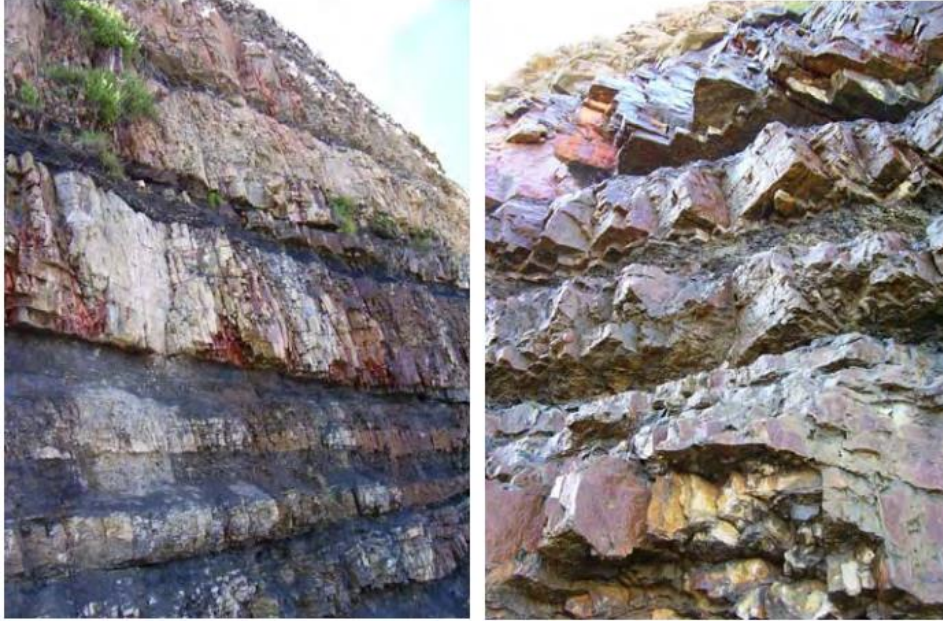
Tipično, potkopavanje u heterogenim sedimentnim jedinicama uključuje slabiji sloj šejla koje se izmjenjuje s kompetentnijim slojem pješčenjaka ili vapnenca. Zbog toga je u modificiranom RHRS-u preporučeno određivanja postojanosti glinovitih stijena (slake durability) kao doprinos pojave odrona u stijenskoj masi (Senior 1999; Shakoor 2005). Shakoor (2005) je izveo statističku analizu o dominantnim čimbenicima koji pridonose odronu stijenske mase u državi Ohio te je utvrdio da je postojanost stijenske mase jedan od najvažnijih detalja. S obzirom na to da test određivanja postojanosti stijenske mase nije izvediv na terenu, mogu se provesti jednostavniji 30 minutni testovi te korelirati s indeksima postojanosti (slake durability index) šejla (Santi 2006). Ti rezultati pružaju izravnu mjeru razlike u trošenju i eroziji različitih heterogenih materijala padine. Slika 18 prikazuje različite reakcije koje se mogu pojaviti u jar slake testu. Test određivanja postojanosti te njihove odgovarajuće ocjene služe za rangiranje (jar slake) parametra. Kompetentnim sedimentnim stijenama (pješčenjacima i vapnencima) koji ne podliježu brzom trošenju, u testovima dodjeljuje se 6 bodova za jar slake (3 u RHRS-u).



Slika 16. Različite reakcije na test određivanja postojanosti (Jar slake test) te odgovarajući rezultati (Santi 2006).

### Stupanj uslojenosti

Provedena je i statistička analiza kako bi se utvrdilo koji geološki čimbenici najviše pridonose odronu stijenske mase. Primijetilo se da magnituda odrona stijenske mase i vrsta odrona u većoj mjeri ovise o stupnju litološke izmjene te o debljini slojeva unutar padine (Vandewater et al. 2005). Upravo zbog ovog razloga, stupanj uslojenosti uključen je u modificirani RHRS. Glavne karakteristike koje se razmatraju su broj slabih proslojaka unutar stijenske padine te njihove odgovarajuće debljine.



Slika 17. Stupanj uslojenosti

### Kristalična stijenska masa

#### **Svojstva stijena**

Odroni u kristalinskim stijenama u velikoj mjeri kontrolirani su ukupnom homogenošću stijenske mase. S obzirom da je utvrđeno da je litološka varijacija dominantni kontrolni čimbenik odronjavanja kod sedimentnih stijena (Vandewater et al. 2005), za očekivati je slično ponašanje i kod kristalinih stijenskih masa. Ocjena svojstava kristalične stijenske mase može se opisati kao:

- **Homogena/masivna stijenska masa** podrazumijeva male mineraloške ili litološke varijacije unutar stijenske mase (tj. nekoliko zona slabosti).
- **Manji rasjedi/izražene pukotine** je samorazumljiv, tj. kao što naziv upućuje, no treba napomenuti da prisutnost pukotina u ovoj kategoriji podrazumijeva mali gubitak čvrstoće stijenske mase (tj. pukotine nisu glavne zone slabosti, već postoje u kristaliziranom stanju).
- **Šistna/smičuća zona < 15 cm** podrazumijeva postojanje smičuće zone ili šista unutar stijenske mase koja može pridonijeti nestabilnosti. Male smične zone očito će oslabiti stijensku masu i stvoriti puteve za povećano kemijsko i fizikalno trošenje.

- **Slabi pegmatiti/tinjci/smičuće zone > 15 cm** na temelju prethodnih događaja čini se da je dominantan čimbenik koji kontrolira nestabilnosti velikih razmjera i slomove stijenske mase.



Slika 18. Stupanj uslojenosti – primjer 1.



Slika 19. Stupanj uslojenosti – primjer 2.



Slika 20. Stupanj uslojenosti – primjer 3.



Slika 21. Stupanj uslojenosti – primjer 4.

### **Stupanj prevjesa**

Iako diferencijalna erozija obično ne dovodi do potkopavanja u kristaličnim stijenama, česti odroni na padini mogu stvoriti razne oblike prevjesa i nestabilnih uvjeta (Senior 1999; Maerz at al. 2005). Stoga je stupanj prevjesa za kristaličnu stijensku masu razmatran u promijenjenom RHRS-u slično kao potkopavanje u sedimentnim stijenama.

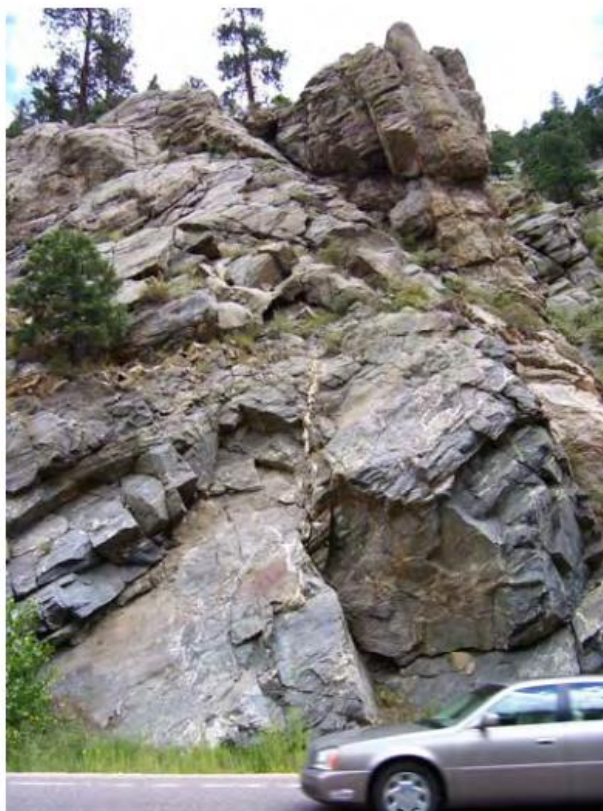




Slika 22. Primjeri različitih stupnjeva prevjesa u kristaličnoj stijenskoj masi

### **Stupanj trošnosti**

Stupanj trošnosti također se smatra glavnim čimbenikom koji doprinosi potencijalu odronjavanja u kristalinskim stijenama. Kao kriterij za ovaj parametar korištene su specifične, samorazumljive definicije koje odražavaju tipične stupnjeve trošnosti kristalinskih stijenskih masa. Treba napomenuti da ovaj parametar za ocjenjivanje uzima u obzir stupanj trošnosti intaktne stijene, a ne stupanj trošnosti na plohama diskontinuiteta.



Slika 23. Primjeri različitih stupnjeva trošnosti u kristaličnoj stijenskoj masi

### Diskontinuiteti

#### **Veličina bloka**

Broj diskontinuiteta i razmak među njima u velikoj mjeri kontroliraju način, veličinu i učestalost pojavljivanja odrona (Maerz et al. 2004; Nichol and Watters 1983; Senior 1999; 2005; Mazzoccola and Hudson 1996; Romana 1988; Vandewater et al. 2005). Veličina bloka inherentno daje informacije o razmaku diskontinuiteta. Pojave odrona mogu se karakterizirati pojedinačnim blokovima ili volumenom materijala različitih veličina. Parametar veličine bloka / volumena važan je u određivanju veličine pojave odrona. Veći blokovi posjeduju više kinetičke energije pri padu, pa imaju veću vjerojatnost da će se kotrljati dalje kada dođu do dna padine, a vjerojatnije će i doseći cestu. Veći blokovi također će uzrokovati veću štetu pri sudaru s vozilom. Pored toga, veći blokovi koji padaju

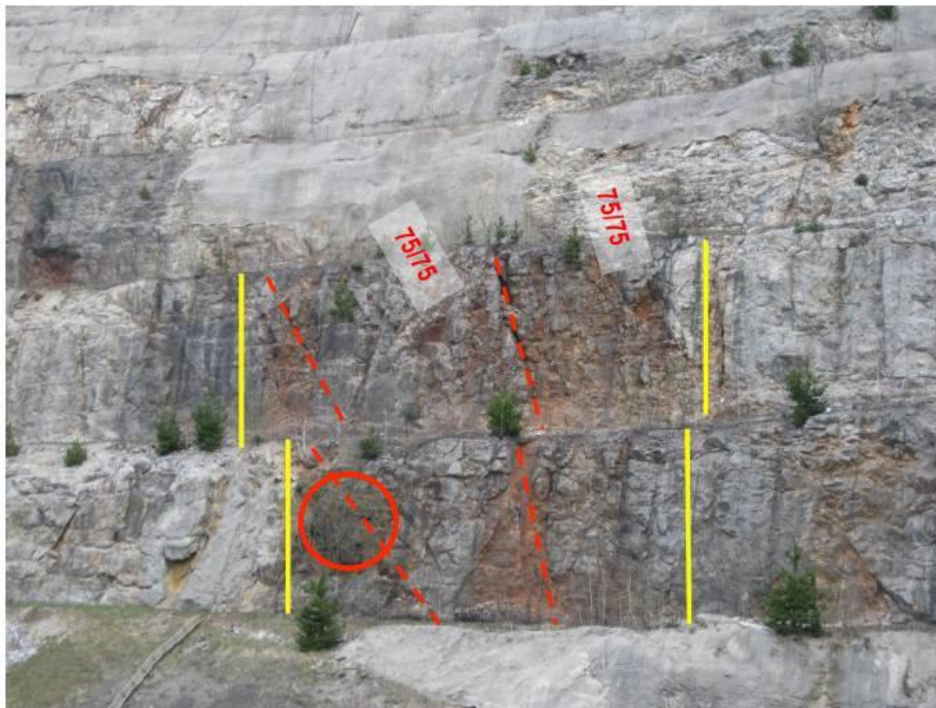
niz padinu vjerojatno će pridonijeti i pokretanju drugih blokova i rezultirati dodatnim odronjavanjem.



Slika 24. Diskontinuiteti - veličina i volumen bloka

### **Broj setova diskontinuiteta**

Broj setova diskontinuiteta dodan je kao parametar modificiranom RHRS-u da bi iskazao važnost povećane infiltracije vode, pucanja stijenske mase zbog smrzavanja pukotina i kemijskog trošenja koje se javlja unutar raspucale stijenske mase (Maerz i sur. 2005; Mazzoccola & Hudson 1996; Nichol & Watters, Romana 1989; Senior 1999; Vandewater i sur. 2005). Što više diskontinuiteta postoji na padini, to je više puteva koji omogućuju fizičko i kemijsko trošenje (Mazzoccola and Hudson 1996; Maerz i sur. 2005; Nichol and Watters 1983; Romana 1988; Senior 1999; Vandewater et al. 2005).



Slika 25. Nasumični diskontinuiteti na lokaciji Tunel Vrata

### Postojanost i orijentacija

Postojanost i orijentacija promijenjeni su u CRHRS-u vezivanjem brojeva iz Pierson i Van Vickle (1993), koji se koriste za definiranje kontinuirane i diskontinuirane postojanosti ( $> 3$  m i  $< 3$  m). Orijentacija je izmijenjena u odnosu na izvorni RHRS tako da se definira „nepovoljnom“ kada dnevno osvjetljenje pada suprotno licu padine, a „povoljnom“ kada je usmjereno niz lice padine.



Slika 26. Diskontinuiteti – postojanost i orijentacija

## Zijev

Neki autori daju preporuku za dodavanje zijeva diskontinuiteta kao parametra u RHRS-u kako bi se uzela u obzir povećana vjerojatnost infiltracije vode, pojave pukotina zbog smrzavanja i druge povezane promjene (Senior 1999; Maerz i sur. 2005; Romana 1989; Mazzoccola & Hudson 1996). Za ovu kategoriju koriste se jednostavne i mjerljive numeričke vrijednosti.



Slika 27. Diskontinuiteti - zijev

### Stanje trošnosti diskontinuiteta

Neki autori sugeriraju da su i fizičko i kemijsko trošenje diskontinuiteta drugi glavni čimbenik koji pridonosi odronjavanju (Flatland 1993; Maerz i sur. 2005; Eliassen & Ingraham 2000; Barrett & White 1991; Ritchie 1963). Čvrstoća ploha diskontinuiteta ima veliki utjecaj na potencijal odronjavanja, a kemijsko trošenje smanjuje mehanička svojstva na plohi diskontinuiteta smanjujući i koheziju i trenje (Piteau 1970; Flatland 1993;

Mazzoccola & Hudson 1996). I kemijsko trošenje i hidrotermalna izmjena degradiraju čvrstoću cijele stijenske mase (Patton & Deere 1970; Romana 1988). Dodatno, dokazi o kemijskom trošenju podrazumijevaju prisutnost vode duž ploha diskontinuiteta, što stvara povišene porne tlakove i razvoj pukotina zbog zamrzavanja koji znatno doprinose pojavi odrona (Anderson et al. 1999).



Slika 28. Diskontinuiteti - Stanje trošnosti kao parametar u diskontinuitetu stijenske mase

## Trenje

Trenje diskontinuiteta u određivanju hazarda u stijenskim masama razmatra se kao zasebna kategorija. Postupak ocjene sličan je parametru trenja u izvornom RHRS-u, osim što se uzima u obzir samo glatkoća/hrapavost ploha diskontinuiteta. Izvorni RHRS uključivao je i materijal ispune za ovaj parametar, ali modificirani RHRS uzima u obzir materijal ispune u uvjetima trošenja diskontinuiteta. Trenje na diskontinuitetima procjenjuje se i promatranjem i opipom ploha diskontinuiteta. Grube površine imaju istaknute i oštre neravnine i grubu teksturu kada ih se prijeđe rukom. Valovitost podrazumijeva da su neravnine smicanjem postale zaobljene i glatke. Zaravnjenost pak podrazumijeva da uopće nema neravnina, već su relativno glatke površine u kontaktu jedna s drugom. Gorska zrcala (glatke paraklaze) podrazumijevaju da se u prošlosti dogodilo gibanje koje je rezultiralo stvaranjem strija, glatkih linija na plohama

diskontinuiteta, pa je u tom slučaju čvrstoća diskontinuiteta snižena do rezidualne vrijednosti.

### Blok-u-Matriksu

Da bi se svi geološki čimbenici jednako ocijenili, sve ocjene za parametre „blok-u-matriks-u“ materijalu pomnožit će se s faktorom 3. Ovaj multiplikator se koristi kako bi se izbjeglo postojanje padina koje su ocijenjene višim bodovima od onih u blok-u-matriksu, kada oba mogu imati jednak potencijal odronjavanja. Padine u sedimentnim i kristaličnim stijenskim masama imaju 9 parametara ocjene zbog dodavanja parametara ocjene diskontinuiteta. Padine u blok-u-matriks materijalu imaju samo 3 parametra za ocjenu: veličina bloka, oblik bloka i vegetacija na padini.



Slika 29. Blok u matriksu





Slika 30. Blok u matriksu s veličinom bloka manjom od 30 cm - Križišće D501 (2)

Naišlo se na nekoliko lokacija na kojima su padine bile izgrađene od dva različita tipa materijala koji su predstavljali hazard od stijenskog odrona, uključujući i izdanke stijena kao i blok-u- matriksu materijale (block-in-matrix). U tim situacijama, oba su materijala ocijenjena geološkim parametrima, a materijal koji je predstavljao najveći hazard od stijenskog odrona korišten je za određivanje ukupne ocjene hazarda. Dodana je napomena kako bi se riješile ovakve situacije i jasno objasnilo koje vrste hazarda od stijenskog odrona su bile prisutne.



Slika 31. Primjer pokosa s dva tipa materijala

### **Veličina bloka**

Veličina bloka za ove će materijale biti ocijenjena na temelju toga što veći blokovi posjeduju više kinetičke energije dok se kotrljaju niz kosinu i stoga imaju veću vjerojatnost da dosegnu kolnik (Senior 1999; Maerz et al. 2005; Pierson & Van Vickle 1993). Iako veći blokovi predstavljaju veću opasnost, vjerojatnije je da će s ovih padina češće padati manji blokovi. Potrebna je mnogo veća erozije materijala matriksa kako bi se pomaknuli blokovi promjera od 1,5 m od onih promjera 30 cm. Bodovanje prema veličini bloka izvršeno je imajući upravo to u vidu. Bodovi se ne dodjeljuju temeljem najvećih blokova na padini, već dajući najveći broj bodova najvećim blokovima koji će vjerojatno postati nestabilni.



Slika 32. Blok u matriksu - veličina bloka

### **Oblik bloka**

Državni odjel za promet države Tennessee ima zasebnu kategoriju za stijenske odrone uzrokovane osipavanjem blokova-u-matriks materijalu. Oni predlažu ocjenu oblika bloka kao da on ima direktan utjecaj na to hoće li se stijena moći kotrljati niz padinu ili ne. Kolvij ili sipar, koji sadrže velike pločaste blokove, neće predstavljati velik rizik u odnosu na zaobljene blokove unutar matriksa (Vandewater et al. 2005).



Slika 33. Blok u matriksu - oblik bloka

## **Vegetacija**

Vegetacija može imati i pozitivne i negativne učinke na stijenske odrone. Otvaranje pukotina korijenjem vegetacije i djelovanje vjetra na vegetaciji mogu poboljšati fizičku eroziju i dodatno oslabiti blokove stijena na padinama. Međutim, općenito postoji usuglašenost da vegetacija poboljšava stabilizaciju padina u tlu i u blok-u-matriks materijalu, smanjenjem erozije materijala matriksa (Miller 2003; Anderson i sur. 1999; Arndt i sur. 2003).



Slika 34. Blok u matriksu s veličinom bloka manjom od 30 cm – GP Brgat

#### 2.4.9. *Promet*

Parametri prometa nepromijenjeni su u odnosu na originalni RHRS sustav (s izuzetkom prosječnog rizika vozila, umjesto prosječnog dnevnog prometa). Ovi parametri procjenjuju ukupni rizik da vozilo ima nesreću zbog nastanka odrona stijenske mase. Zbroj rezultata tih parametara daje ukupni rezultat rizika. Maerz i sur. (2005), preporučuje da se hazard i rizik zasebno rangiraju u RHRS-u. Zbroj bodova iz kategorija nagiba, klime i geoloških uvjeta sažima stvarni hazard od odrona koju ta padina predstavlja i daje ukupnu ocjenu hazarda.

#### **Duljina vidljivosti**

Postotak duljine vidljivosti (decision sight distance) definirana je izrazom 11:

$$\frac{\text{Stvarna duljina vidljivosti}}{\text{Potrebna duljina vidljivosti}} \cdot 100\% \quad (10)$$

Stvarna duljina vidljivosti definirana je kao duljina na kolniku na kojoj je objekt od 15 cm postavljen na rub ceste vidljiv vozaču. Potrebna duljina vidljivosti prikazana je u Tablica 17.

*Tablica 17. Potrebna duljina vidljivosti*

Ograničenje brzine (km/h)	Duljina vidljivosti (m)
40	114
48	137
56	160
64	183
72	205
80	228
88	267
96	305
104	320



Slika 35. Mjerenje udaljenosti vidljivosti slijepog kuta od ruba kolnika

Kada se putuje duljinom dionice/segmenta za određenu lokaciju odrona stijenske mase, često je vozaču dostupan širok raspon vidljivosti (padini se može pristupiti ravnom cestom iz jednog smjera ili zavojem iz suprotnog smjera). Za ocjenu parametra duljine vidljivosti upotrijebljena je minimalna duljina vidljivosti koja je dostupna kako se vozač približava potencijalnom mjestu odrona.

Ova je napomena jednostavno dodana kako bi se razlikovalo je li dostupna udaljenost vidljivosti horizontalna ili vertikalna. Horizontalna udaljenost vidljivosti je slučaj kada se stijenski pokos nalazi na mrtvom kutu ceste. Vertikalna udaljenost vidljivosti je slučaj kada uspon ceste sprečava vozača da vidi stijene koje mogu biti na suprotnoj strani kolnika.

### **Prosječni rizik vozila**

Prosječni rizik vozila (Average Vehicle Risk) definira vremenski period u kojem je vozilo unutar duljine dionice područja sklonog odronima stijenske mase. PRV uzima u obzir

prosječni dnevni promet PDP, koji se dobiva s web stranice podataka o prometu, a ovisan je o ograničenju brzine i duljini padine. PRV se izračunava iz izraza (11) (Pierson & Van Vickle 1993).

$$PRV = 100 \cdot \frac{[PDT \cdot L]/24}{\text{Ograničenje brzine}} \quad (11)$$

*gdje je:*

*PRV – prosječni rizik vozila (AVR)*

*PDP – Prosječni dnevni promet (ADT)*

Jednadžba za PRV može dati brojeve veće od 100, što ukazuje da postoji više od jednog vozila na segmentu padine.

### **Broj nesreća**

Ove informacije dobivene su iz Ureda za sigurnost prometa 2006. Upotrijebljena je baza podataka koja navodi sve nesreće uzrokovane „stijenama na kolniku" ili „velikim blokovima" od 1. siječnja 1976. do 31. prosinca 2004. godine. Izvještaji o ovim događajima uključivali su broj autoceste i kilometražu (točnosti desetine milje - 160 m), što omogućuje zbrajanje nesreća povezanih s odronima na određenoj lokaciji. Točnost ovih podataka nije savršena s obzirom da Colorado State Highway Patrol (patrola državne autoceste Colorada) ne razlikuje u svojim izvješćima o nesreći/događaju jesu li „stijene na kolniku" prouzročene odronima ili padom stijene s kamiona. Osim toga, ne postoje informacije o tome je li stijena koja je uzrokovala nesreću stajala ili se kretala. Također nema podataka o tome je li se vozilo sudarilo s blokom/stijenom koja je zapravo bila na cesti ili je vozilo skrenulo s ceste i sudarilo se sa stijenom na rubu ceste (Russel et al. 2008).



### 3. UVJETI POJAVLJIVANJA ODRONA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Uvjeti pojavljivanja odrona u Republici Hrvatskoj uvelike ovise o uvjetima na cestama i željezničkoj infrastrukturi koji su kako za Republiku Hrvatsku tako i za gotovo svaku zemlju jedinstveni zbog mikroklimatskih ali i geografskih uvjeta koje svaka pojedina zemlja ima. Kako svaka država ima svoj pravilnik o uvjetima za ceste, važno je u ovom poglavlju dotaknuti se pravilnika ili barem glavnih uvjeta za ceste i željeznice koji bitno utječu na modifikaciju postojećih metoda određivanja hazarda od odrona stijenske mase u Republici Hrvatskoj. Uz uvjete na cestama veliki značaj imaju i klimatske promjene i zone smrzavanja i odmrzavanja koje imaju najveći utjecaj na eventualne odrone i glavna su pokretačka sila u periodima između zime i proljeća te jeseni i zime. Također veliki utjecaj imaju dubine smrzavanja u pojedinim periodima godine.

Pravilnikom se definiraju osnovni uvjeti koje javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju zadovoljavati. Osnovni uvjeti propisani Pravilnikom podrazumijevaju vrste javnih cesta, prometa, terena te svih potrebnih parametara za projektiranje prometnica kao i njezinih elemenata. Stoga je u ovom dijelu rada opisana podjela cesta te njezini sastavni elementi (tlocrtni, visinski i elementi poprečnog presjeka). U nastavku je opisano i ograničenje metoda prilikom njihove primjene na području RH.

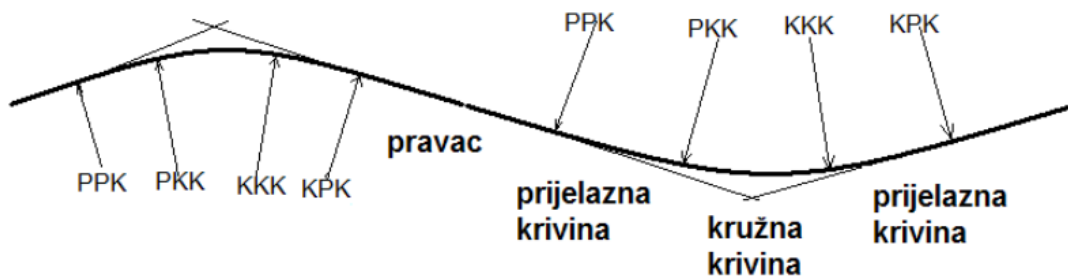
#### 3.1. Pravilnik o uvjetima za ceste izvan naselja

U Republici Hrvatskoj podjela cesta definirana je Pravilnikom prema društvenom i gospodarskom značenju te vrsti prometa i cesta. U donjoj shemi prikazana je grafička raspodjela cesta prema vrsti prometa, društvenom i gospodarskom značenju pojedine ceste.

- Državne ceste
  - Županijske ceste
  - Lokalne ceste
- Društveno i gospodarsko značenje*
- 
- Ceste za promet motornih vozila
  - Ceste za mješoviti promet
- Prema vrsti prometa*

Tlocrtni elementi definirani Pravilnikom (slika 37) su sljedeći:

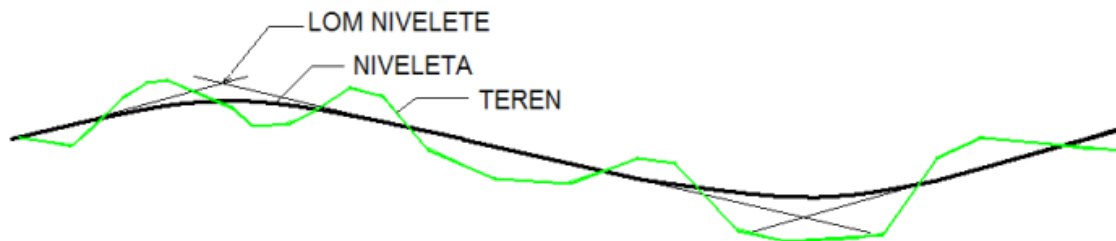
- pravac
- prijelazna krivina - između pravca i luka kako bi se postigao postupni porast sile koja djeluje na vozilo u zavoju
- kružna krivina
- stacionaža - udaljenost bilo koje točke na osi ceste mjerena od početka trase ceste (početak trase se označava s 0+000,00).



Slika 36. Tlocrtni elementi ceste (Korlaet 1995; Dragčević 2003)

Visinski elementi definirani Pravilnikom (slika 37) su sljedeći:

- niveleta – presječnica vertikalne plohe
- trasa ceste – zamišljena linija osi ceste
- trasiranje – utvrđivanje tlocrtnog i visinskog položaja prometnice.



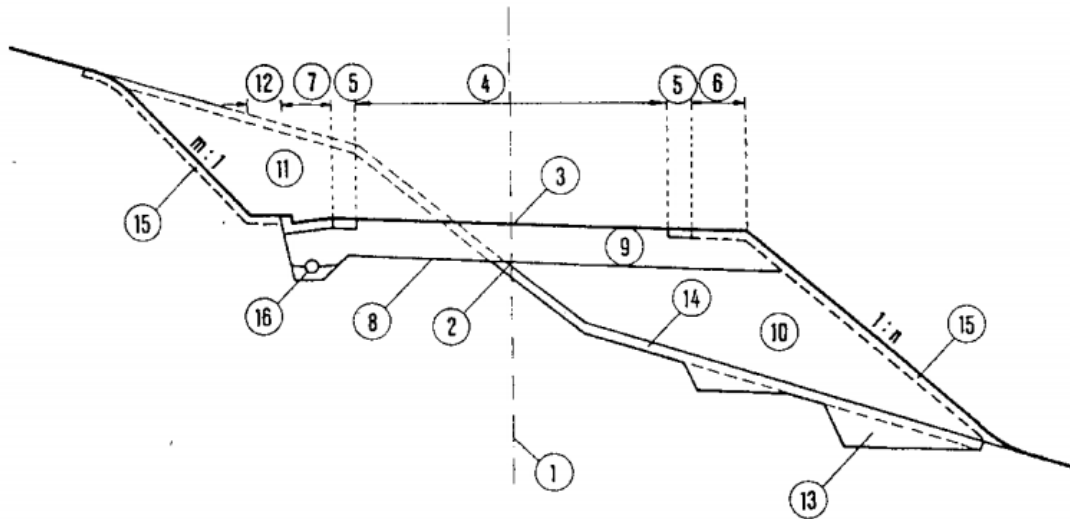
Slika 37. Visinski elementi ceste (Korlaet 1995; Dragčević 2003)

Poprečni profil ceste sastoji se od niza elemenata propisanih Pravilnikom zajedno s njihovim dimenzijama (Korlaet 1995; Dragčević 2003).

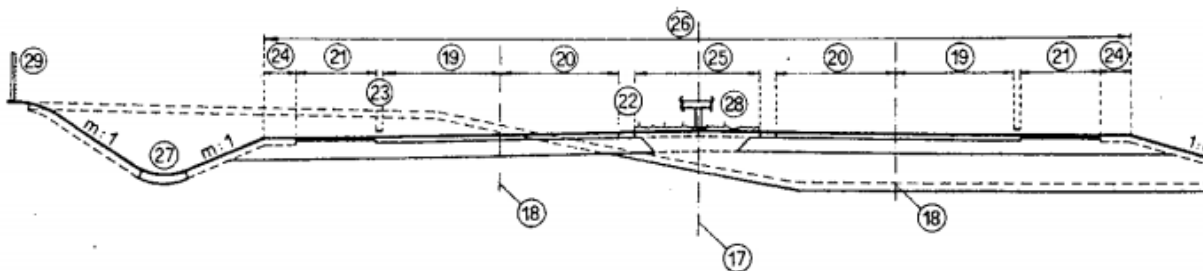
Elementi poprečnog profila su:

- prometni trak
- rubni trak
- bankina
- berma
- uređaji za odvodnju
- obrada pokosa usjeka i nasipa
- slojevi kolničke konstrukcije.

Takav normalni poprečni profil tipski je profil prema kojem se oblikuje karakteristični poprečni profil. Tipski poprečni profili prikazani su slikama 39 i 40. Na slici 40 oznake odgovaraju sljedećim elementima: 1. os, 2. linija terena, kota terena, 3. niveleta, kota nivelete, 4. kolnik, 5. rubni trak, 6. bankina, 7. rigol, 8. posteljica, 9. kolnička konstrukcija, 10. nasip, 11. iskop, 12. berma, 13. stepenica, 14. skidanje humusa, 15. oblaganje pokosa, 16. drenaža, 17. os autoceste, 18. os kolnika, 19. vozni trak, 20. pretjecajni trak, 21. zaustavni trak, 22. rubni trak, 23. rubna crta, 24. bankina, 25. razdjelni međupojas, 26. kruna autoceste, 27. odvodni jarak, 28. elastični odbojnik, 29. ograda protiv divljači.



Slika 38. Normalni poprečni profil usjeka i zasjeka (Korlaet 1995; Dragčević 2003)



Slika 39. Normalni poprečni profil s dva prometna traka – autocesta (Korlaet 1995; Dragčević 2003)

Uz ocjenu svake padine prema gore navedenim parametrima, smatra se da je potrebno uključiti dodatne napomene o značajnom potencijalu klizanja u stijenama, dominantnom modelu stijenskog odronjavanja, smjeru udaljenosti vidljivosti i učinkovitosti mjera sanacije.



Slika 40. Primjer mjere sanacije pokosa

## 3.2. Klimatski uvjeti

### 3.2.1. Podatci o temperaturi zraka na krškom području Republike Hrvatske

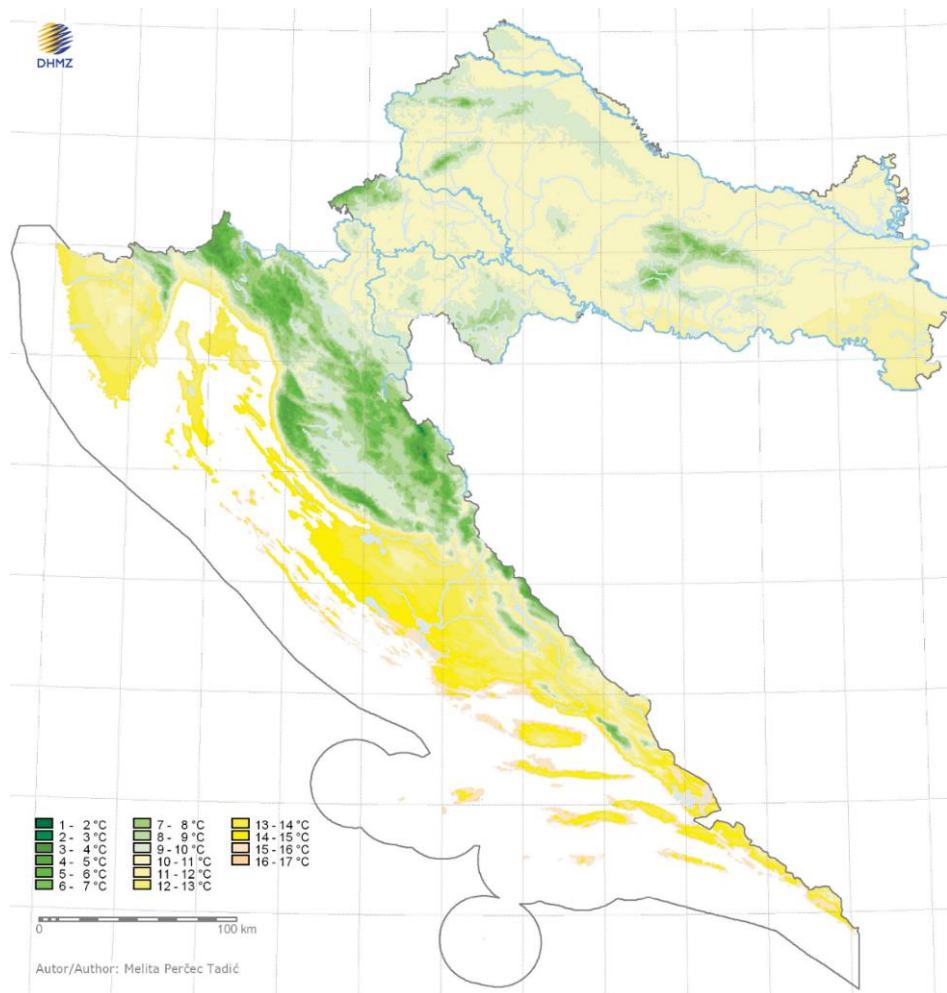
Podatci o temperaturama zraka vrlo su bitni klimatološki element. Poznavanjem srednjih godišnjih prosječnih temperatura moguće je predvidjeti temperature i njihovu promjenu, a time je i mogućnost prilagodbe na njih veća. Odabir materijala za gradnju prilikom projektiranja složen je proces u kojem veliki značaj ima informacija o temperaturnim razlikama na području gdje će se izvoditi radovi. Također, nije svejedno gdje će se radovi izvoditi. Područja gdje se mogu očekivati niske temperature zahtijevaju dodatnu pozornost i analize jer zbog nedostatka iskustva i informacija, može doći do nepoželjnih komplikacija prilikom izvođenja radova.

Svi podatci prikazani u nastavku temelje se na klimatološkom razdoblju od 30 godina, od 1960. do 1990. Područja od interesa su: Istra, sjeverni Jadran, Gorski kotar, Lika, južni Jadran, odnosno područja u kojem prevladavaju vapnenačke stijene. Na području Like i Gorskog kotara raspon srednjih godišnjih temperatura je najveći zbog velike razvedenosti područja. U Lici se srednja godišnja temperatura kreće između 5°C i 9°C, dok se u Gorskom kotaru kreće između 3°C i 6°C. Najniže srednje godišnje temperature pojavljuju se na vrhovima Risnjaka, Bjelolasice, sjevernog Velebita te Zavižana (od 2°C do 3°C).

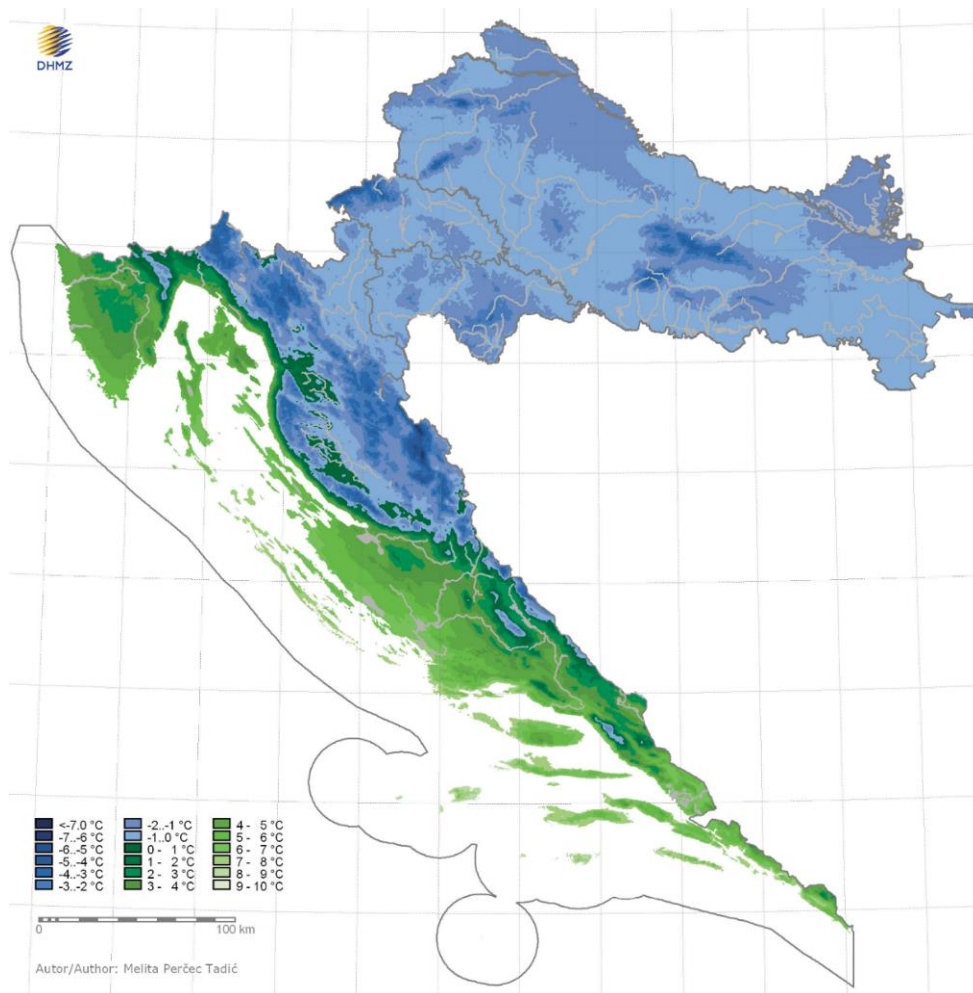
Obala Istarskog poluotoka ima nešto veće vrijednosti srednjih godišnjih temperatura (13°C) od one u unutrašnjosti Istre (11°C). Najniže vrijednosti zabilježene su na vrhovima Ćićarije i Učke, a iznose oko 8°C. Otoci sjevernog Jadrana imaju vrijednosti srednjih godišnjih temperatura u rasponu 13 -15°C.

U primorskom području oko srednjeg i južnog Jadrana temperatura zraka kreće se između 14 i 17 °C. Dalmatinsko zaleđe zbog utjecaja mora također bilježi veće vrijednosti i to oko 15°C. Temperature se smanjuju na području Sinjske i Imotske krajine te se kreću oko 13°C i 14 °C. Na vrhovima Svilaja, Mosora i Dinare temperature se kreću između 3°C i 7 °C.

U nastavku su prikazane karte Hrvatske s obzirom na srednje godišnje temperature zraka te srednja temperatura zraka za siječanj i srpanj i to za period od 30 godina (Zaninović 2009).

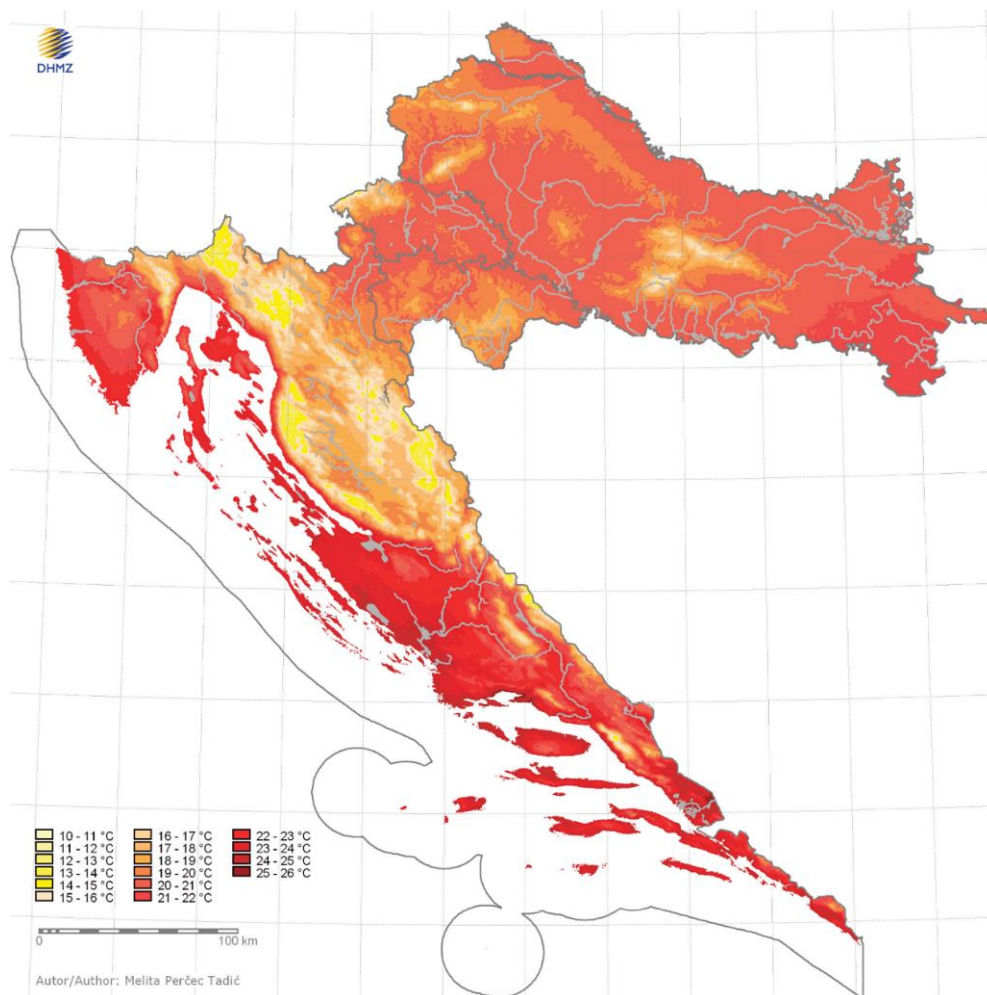


Slika 41. Srednje godišnje temperature zraka za razdoblje od 30 godina (Zaninović 2009)



Slika 42. Srednje godišnje temperature zraka za siječanj za razdoblje od 30 godina (Zaninović 2009)





Slika 43. Srednje godišnje temperature zraka za srpanj za razdoblje od 30 godina (Zaninović 2009)

Tablica 18. Podatci za srednje mjesečne temperature za razdoblje 1961. – 1990. °C

(Statistički ljetopis RH)

1961. – 1990.												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ogulin	-0,5	1,4	5,1	9,6	14,2	17,4	19,2	18,2	15,0	10,3	5,3	1,0
Rijeka	5,3	6,1	8,5	12,2	16,6	20,1	22,8	22,4	18,9	14,5	9,8	6,5
Split	7,6	8,2	10,5	13,9	18,7	22,5	25,4	24,9	21,4	16,9	12,3	8,9
Dubrovnik	8,8	9,3	11,1	14,1	18,1	21,8	24,5	24,4	21,5	17,7	13,7	10,4

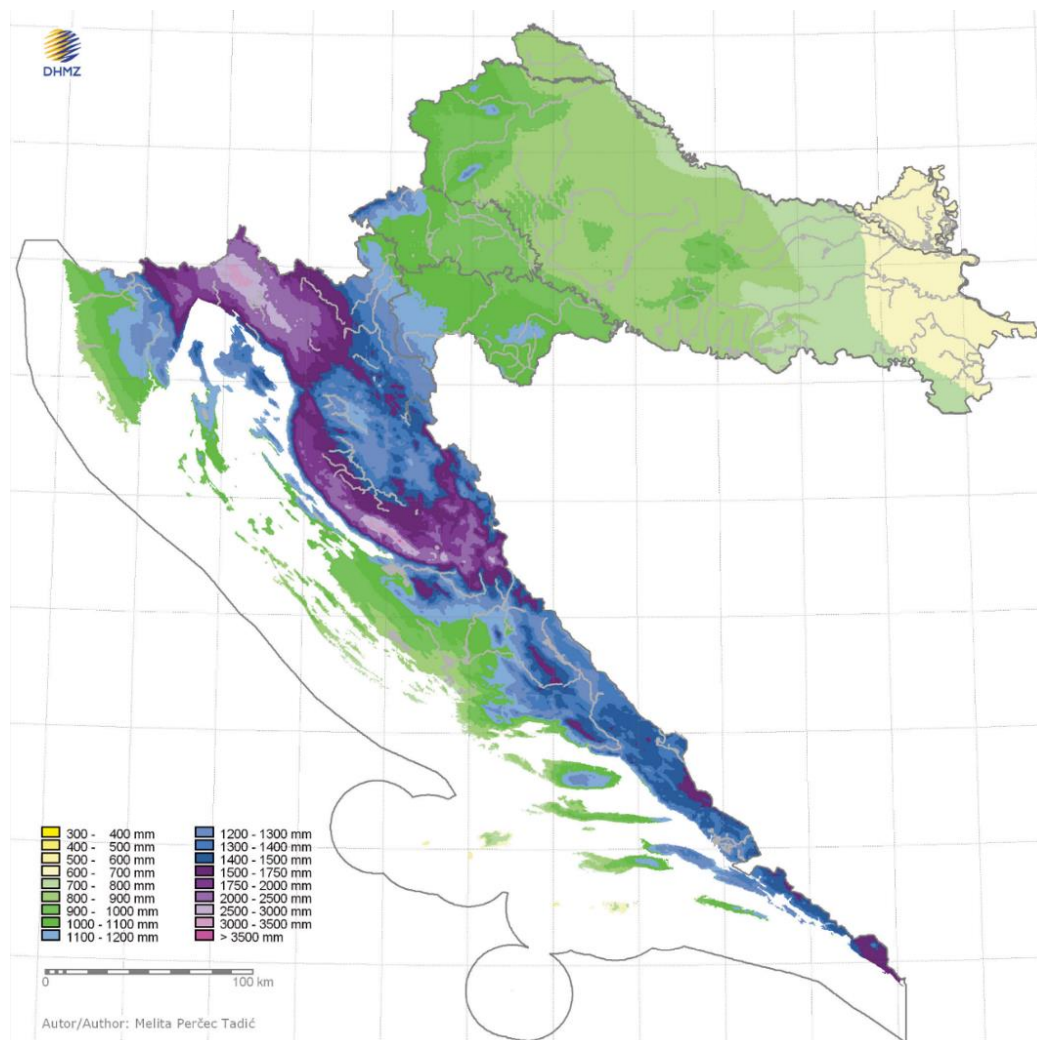
### 3.2.2. Podatci o količini oborina na krškom području RH

Oborine koje padnu posljedica su kretanja ciklone iznad određenog područja. Koliko će oborine pasti i na kojim mjestima, ovisi o mnogo čimbenika, od kojih je najznačajnije strujanje zraka i njegova vlažnost. Dodatna modifikacija tih čimbenika uzrokovana je lokalnim uvjetima koji mogu ojačati ili oslabiti proces nastanka oborina. Odnos kopna i mora, kao i vrlo razvijena orografija Dinarida, neki su od lokalnih uvjeta koji imaju velik utjecaj na kretanje zračnih masa, a time i stvaranje uvjeta za nastanak oborina. (Zaninović 2009).

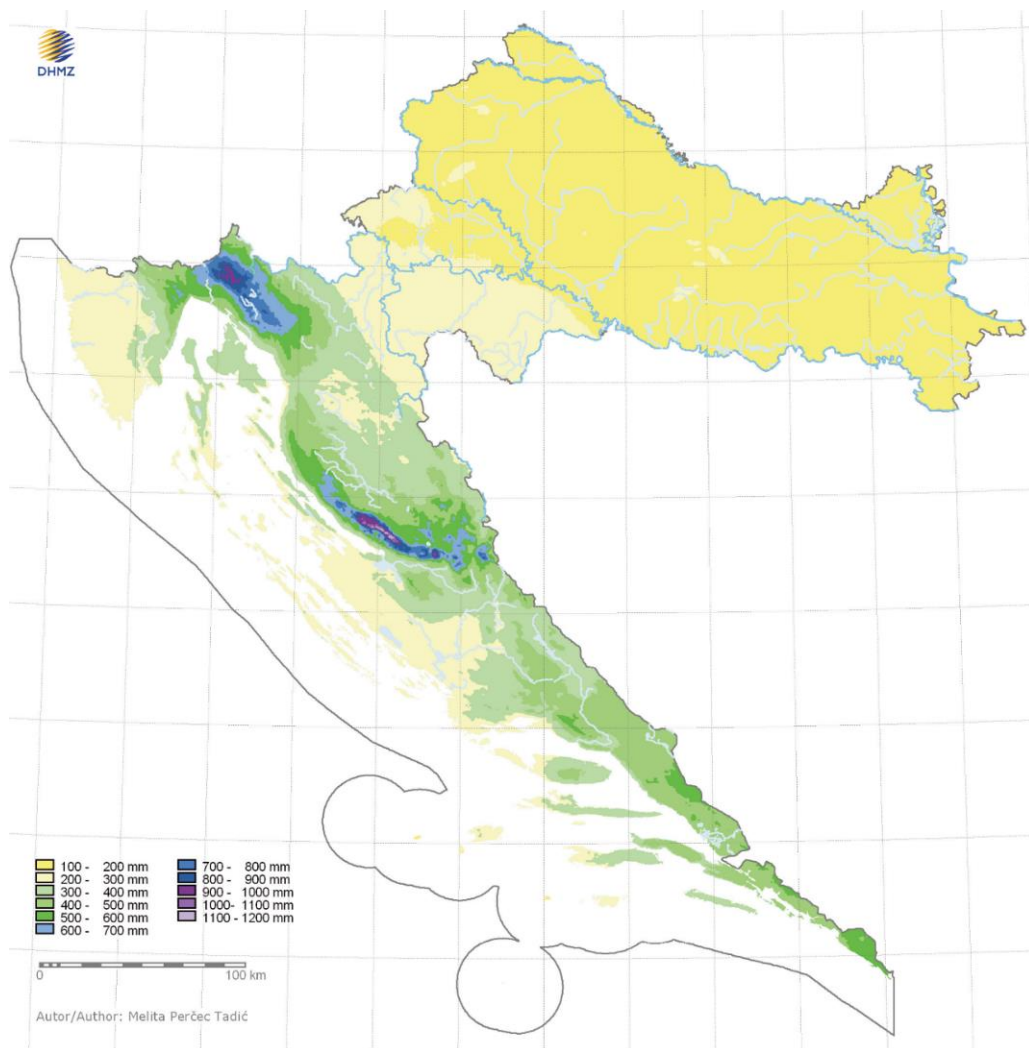
Podatci o količini palih oborina vrlo su bitan element u segmentu planiranja, projektiranja, izvođenja te prilikom primjene određenih klasifikacijskih metoda. S inženjerske strane gledišta, oborina koja padne direktno je vezana sa stabilnošću stijenskog pokosa. Na području krša, gdje je prisutna velika vodopropusnost, neće biti duljeg zadržavanja vode na površini. Problematika koje se može pojaviti u vidu je ispuhe pojedinih diskontinuiteta, najčešće glinom, što stvara hidrogeološku barijeru i veće hidrostatske pritiske. Veći hidrostatski pritisci smanjuju efektivnu čvrstoću što uzorkuje klizanje ili ispadanje većih blokova stijenske mase. Stoga, informacije o količini oborina i razini podzemnih voda vrlo su bitni kako bi se eventualni rizici od odrona sveli na minimum.

Srednja godišnja količina oborina za hrvatsko područje kreće se između 300 mm i 3500 mm. Najmanje godišnje količine oborina padnu na vanjskim otocima srednjeg Jadrana – Palagruža, 311 mm. Na otocima srednjeg i sjevernog Jadrana te na zapadnoj obali Iste može se očekivati 800 mm – 900 mm. Zbog prisilnog dizanja zračne mase na područjima planina očekuju se veće količine oborina. Tako na obroncima Učke padne između 2000 mm i 2500 mm, a jednake se vrijednosti očekuju na sjevernom dijelu Biokova. Najveće količine godišnjih oborina padnu na području Gorskog kotara, Velebita i na sjeveroistočnim obroncima Konavoskog polja (3000 mm - 3500 mm).

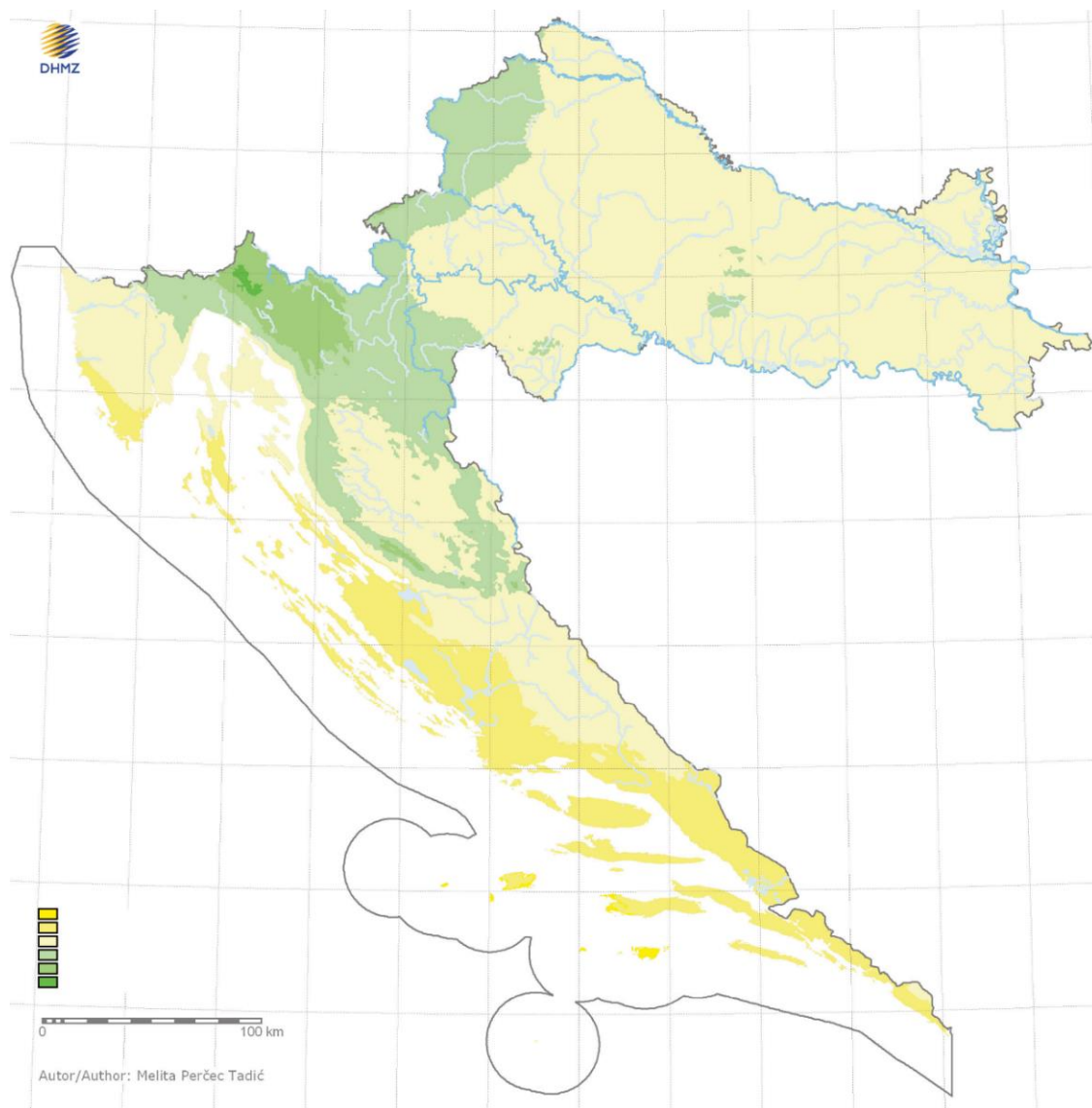
U nastavku su prikazane karte Hrvatske s obzirom na srednje godišnje količine oborina te srednja količina oborina za siječanj i srpanj i to za period od 30 godina (Zaninović 2009).



Slika 44. Srednje godišnje količine oborina za razdoblje 1960. – 1990. (Zaninović 2009)



Slika 45. Srednje godišnje količine oborina za zimu za razdoblje 1960. – 1990. (Zaninović 2009)



Slika 46. Srednja godišnja količina oborina za ljetu za razdoblje 1960. – 1990. (Zaninović 2009)

Tablica 19. Podatci srednjih mjesečnih količina oborina za razdoblje 1961. - 1990. u mm  
(Statistički ljetopis RH).

1961. – 1990.												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ogulin	105,8	109,8	122,3	137,6	124,7	129,3	118,8	135,5	138,6	139,0	174,5	141,3
Rijeka	136,5	118,7	123,6	117,6	106,7	116,2	80,9	113,4	166,2	167,3	174,9	139,6
Split	82,8	68,5	75,3	65,5	56,6	50,8	28,3	50,2	60,6	78,7	108,4	99,6
Dubrovnik	129,9	117,3	108,1	90,6	65,9	61,0	35,7	78,7	92,7	131,8	151,3	135,5

### 3.2.3. *Analiza temperature tla i smrzavanja na području Republike Hrvatske*

Temperatura tla direktna je posljedica bilance zračenja u sustavu Zemlja-atmosfera. Mjeri se na dubinama 2, 5, 10, 20, 30 i 50 cm, a ponegdje i na 100 cm, instrumentima (na običnim i ekstremnim geotermometrima) duboko ukopanima u golom tlu. Stvarna temperatura te njena najviša i najniža vrijednost tijekom dana mjeri se u tri klimatološka termina (7, 14 i 21 sat). Temperatura gornjeg sloja tla tijekom dana mijenja se od minimuma (u rano jutro) do maksimuma (oko 13 sati). Promjene u temperaturi tla gube se dubinom i iščezavaju na oko 60 cm. Raspon u godišnjem hodu temperature tla se smanjuje s dubinom, a ekstremi nastupaju sve kasnije u odnosu na površinske ekstreme temperature. Na dubini od oko 10 m godišnje promjene temperature tla ne postoje. Temperatura tla kao i njegovo smrzavanje vrlo su važne pojave u građevinarstvu, te se kao takve moraju shvatiti vrlo ozbiljno. Ciklusi smrzavanja i odmrzavanja dovode do trošenja stijenske mase čime se povećava njena nestabilnost i rizik od mogućeg hazarda. Razina trošenja proporcionalno se povećava brojem ciklusa u godini. S druge strane, kada se govori o smrzavanju tla, onda se mora uzeti u obzir bubrenje i izdizanje tla koji nastaju kao posljedica skupljanja vode i stvaranje ledenih leća u zimskom periodu.

Zbog gore navedenih razloga važno je znati kretanje temperatura tla i njegovo smrzavanje tijekom zimskog perioda kako bi se mogući rizici mogli predvidjeti i svesti na minimum. Cilj je u ovom dijelu rada prikazati podatke o minimalnim temperaturama tla, njihovom trajanju te početku i kraju pojavljivanja minimalnih temperatura. Isto tako, dan je prikaz pojave smrzavanja tla, njegov završetak i dubina smrzavanja.

Prikazani podatci poslužit će za kasniji sustav ocjenjivanja te su podijeljeni na način da prikazuju ponašanje za spomenute postaje koje se smatraju relevantnima za ovo istraživanje (Smolić 2013).

## Minimalne temperature tla

Za potrebe ovog rada preuzeta je analiza minimalnih temperatura tla sa postaja relevantnih za provedeno istraživanje u periodu od 1960. do 2010. Informacije o minimalnim temperaturama neophodne su u građevinarstvu jer su direktna poveznica sa smrzavanjem tla. Postaje koje se smatraju relevantnima za ovaj rad redom su: Gospić, Ogulin, Knin, Dubrovnik, Pazin, Rijeka i Zadar. Minimalne negativne temperature tla uglavnom se pojavljuju u studenom i traju sve do ožujka, a najčešće su prisutne u siječnju i veljači. Minimalne temperature tla uglavnom su u najplićem sloju do 2 cm, a porastom dubine mjerenja te vrijednosti rastu. U sljedećim tablicama prikazani su podatci o razdoblju s najduljim vremenom trajanja (dani) minimalnih temperatura s obzirom na dva uvjeta i dubinu mjerenja (Smolić 2013):

1. Uvjet:  $T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$  (2, 5, 10, 20 cm)
2. Uvjet:  $T_{\min} \leq -5^{\circ}\text{C}$  (2, 5, 10, 20 cm)

Prikazani podatci odnose se na minimalne temperature koje su trajale tri ili više dana.

*Tablica 20. Najdulje razdoblje s minimalnom temperaturom tla  $T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$  i  $-5^{\circ}\text{C}$  za razdoblje 1980. – 2010. – dubina 2 cm (Smolić 2013)*

Postaje	$T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$		Trajanje (dani)	$T_{\min} \leq -5^{\circ}\text{C}$		Trajanje (dani)
	<b>Dubina 2 cm</b>					
<b>Ogulin</b>	17.01.1981.	3.02.1981.	18	2.02.1992.	4.02.1991.	3
<b>Gospić</b>	9.02.1980.	6.03. 1981.	88	7.01.1990.	16.01.1990.	10
<b>Rijeka</b>	6.01.1985.	19.01.1985.	14	/	/	/
<b>Pazin</b>	30.12.1989.	23.01.1990.	25	1.02.1991.	4.02.1991.	4
<b>Zadar</b>	6.02.2003.	26.02.2003.	21	/	/	/
<b>Knin</b>	5.02.2003.	2.03.2003.	26	/	/	/
<b>Dubrovnik</b>	7.01.1990.	17.01.1990.	11	/	/	/

Tablica 21. Najdulje razdoblje s minimalnom temperaturom tla  $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$  i  $-5^{\circ}\text{C}$  za razdoblje 1980. – 2010. – dubina 5 cm (Smolić 2013)

Postaje	$T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$		Trajanje (dani)	$T_{min} \leq -5^{\circ}\text{C}$		Trajanje (dani)
	Dubina 5 cm					
Ogulin	6.01.1981.	7.02.1981.	33	/	/	/
Gospić	9.12.1980.	6.03.1981.	88	1.02.1991.	6.02.1991.	6
Rijeka	6.01.1985.	18.01.1985.	13	/	/	/
Pazin	2.01.1990.	23.01.1990.	22	/	/	/
Zadar	1.01.2002.	5.01.2002.	5	/	/	/
Knin	2.01.1985.	21.01.1985.	20	/	/	/
Dubrovnik	8.01.1990.	12.01.1990.	5	/	/	/

Tablica 22. Najdulje razdoblje s minimalnom temperaturom tla  $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$  i  $-5^{\circ}\text{C}$  za razdoblje 1980. – 2010. – dubina 10 cm (Smolić 2013)

Postaje	$T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$		Trajanje (dani)	$T_{min} \leq -5^{\circ}\text{C}$		Trajanje (dani)
	Dubina 10 cm					
Ogulin	27.01.1986.	23.03.1986.	55	/	/	/
Gospić	29.12.1980.	11.03.1981.	73	1.02.1991.	4.02.1991.	4
Rijeka	8.01.1985.	14.01.1985.	7	/	/	/
Pazin	8.01.1981.	3.02.1981.	27	/	/	/
Zadar	/	/	/	/	/	/
Knin	2.01.1985.	21.01.1985.	20	/	/	/
Dubrovnik	/	/	/	/	/	/



Tablica 23. Najdulje razdoblje s minimalnom temperaturom tla  $T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$  i  $-5^{\circ}\text{C}$  za razdoblje 1980. – 2010. – dubina 20 cm (Smolić 2013).

Postaje	$T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$		Trajanje (dani)	$T_{min} \leq -5^{\circ}\text{C}$		Trajanje (dani)
	Dubina 20 cm					
Ogulin	7.01.1983.	8.03.1983.	61	/	/	/
Gospić	24.12.1986.	23.03.1987.	93	/	/	/
Rijeka	/	/	/	/	/	/
Pazin	9.01.1981.	5.02.1981.	28	/	/	/
Zadar	/	/	/	/	/	/
Knin	17.02.1985.	26.02.1985.	10	/	/	/
Dubrovnik	/	/	/	/	/	/

Analiza prikazana tablicama 22 - 25 pokazuje kako sjeverozapadni dio Hrvatske te Lika i Gorski kotar bilježe najdulja razdoblja minimalnih temperatura tla, dok otoci Kvarner i Dalmacija bilježe najkraća razdoblja.

### Smrzavanje tla

Već je ranije spomenuta važnost smrzavanja tla u građevinarstvu gdje ciklusi smrzavanja i odmrzavanja mogu imati veliki utjecaj na stabilnost stijenske mase i ponašanje tla. Postaje koje su se uzele kao relevantne za ovaj rad su: Gospić, Ogulin, Pazin i Zagreb. Podatci uzeti s tih postaja pokazuju kako smrzavanje počinje od početka listopada i traje do kraja travnja, a u prosjeku, smrzavanje počinje od kraja studenog do kraja prosinca, a završava od sredine veljače do sredine ožujka, kako za koju postaju (Smolić 2013).

Radoblje koje se uzelo za analizu pojave smrzavanja je 1981. - 2010. godine. Uzela se srednja vrijednost početka i kraja pojavljivanja. Podatci su prikazani u tablici 24.

Tablica 24. Srednja vrijednost početka i kraja pojave smrzavanja tla za radoblje 1981. – 2010. (Smolić 2013)

	Prvi dan	Posljednji dan	Trajanje (dani)	Maksimalna dubina (cm)
<b>Gospić</b>				
Prosjek (81.-10.)	26.11.	14.03.	112	26
<b>Ogulin</b>				
Prosjek (81.-10.)	12.12.	5.03.	84	18
<b>Pazin</b>				
Prosjek (81.-10.)	23.12.	18.12.	58	15
<b>Zagreb</b>				
Prosjek (81.-10.)	22.11.	16.03.	119	22

Podatci pokazuju da se smrzavanje pojavljuje u najduljem razdoblju na postaji Zagreb, a potom na postaji Gospić. Najveća dubina smrzavanja pojavila se u Gospiću i iznosi 26 cm (Smolić 2013).

## 4. SUVREMENI SUSTAVI ZAŠTITE POKOSA

### 4.1. Zaštita pokosa ovješanim mrežama protiv erozije

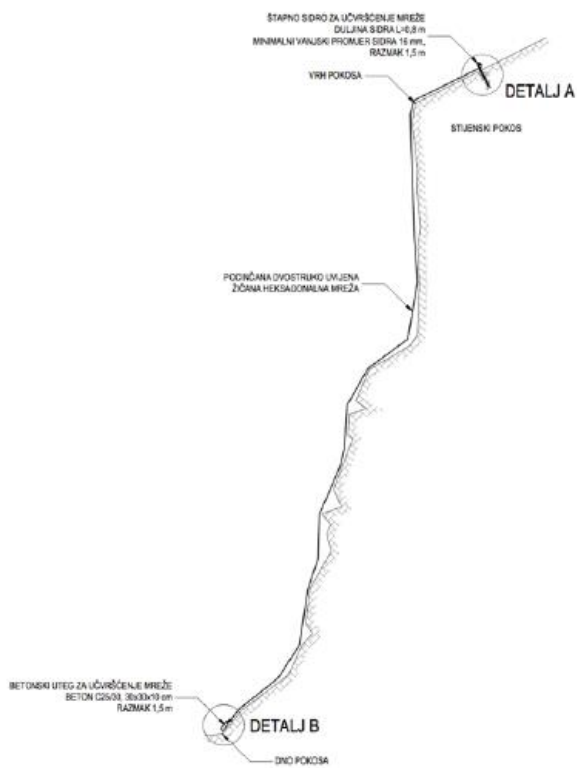
#### 4.1.1. Uvod

Područje na kojem se gradi građevina poput prometnice, mostova, nasipa ili slično potrebno je osigurati određenim mjerama kako prirodni procesi ne bi ugrozili stabilnost same građevine. Dva su problema vezana za stabilnost pokosa. Prvi problem odnosi se na projektiranje i izvedbu pokosa zasijecanjem ili nasipavanjem pri izvedbi novih građevina. Drugi problem proizlazi iz moguće nestabilnosti postojećih pokosa. Takve nestabilne pokose potrebno je prepoznati i odgovarajućim mjerama zaštititi potencijalno ugroženo područje. Upravo zbog toga visoki usjeci ili zasjeci izvode se etažama i bermama.

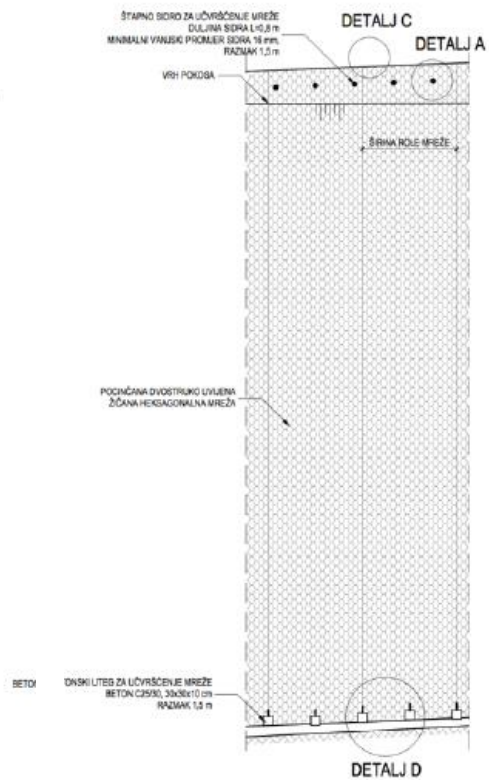
Poznate su brojne mjere sanacije nestabilnih pokosa koje uključuju zaštitu pokosa od erozije. Naglasak u ovom dijelu rada bit će na ovješene žičane mreže koje u kombinaciji s drugim sustavima ojačanja (hidrosjetva, mlazni beton, sidra) čine kvalitetni sustav zaštite pokosa od erozije.

#### 4.1.2. Dvostruko uvijene žičane mreže

Kao jedan od sustava zaštite stijenskih pokosa koriste se dvostruko uvijene mreže (eng. DT). Mogu biti od žičanog pletiva, organskog materijala (kokos) i plastičnih vlakana. Ovakav tip zaštite koristi se kod pokosa gdje se ne očekuje erozija/odron većih stijenskih blokova. Njezine karakteristike, koje uključuju oblik i sistem dvostrukog uvijanja, čine ju najboljom i najčešće korištenom mrežom. Heksagonalni oblik omogućava bolju i pravilniju distribuciju zatezanja prilikom opterećenja, dok sistem dvostrukog uvijanja lokalizira bilo koje oštećenje mreže. U slučajevima rasta vegetacije ili strmih nagiba potrebno je postići dobru prionjivost. Mreža se postavlja na lice pokosa i na područje iznad pokosa u širini od 1 – 3 m. Na Slika 47 i Slika 48 vidljivo je kako se mreža može osigurati sidrima na vrhu i betonskim blokovima (sidrima) na dnu.

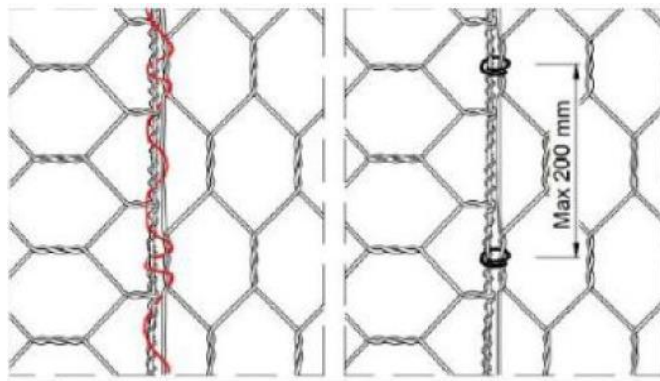


Slika 47. Normalni poprečni presjek kroz kosinu



Slika 48. Pogled na kosinu

Međusobno spajanje osigurava se dodatnim žicama ili prstenovima (slika 49)

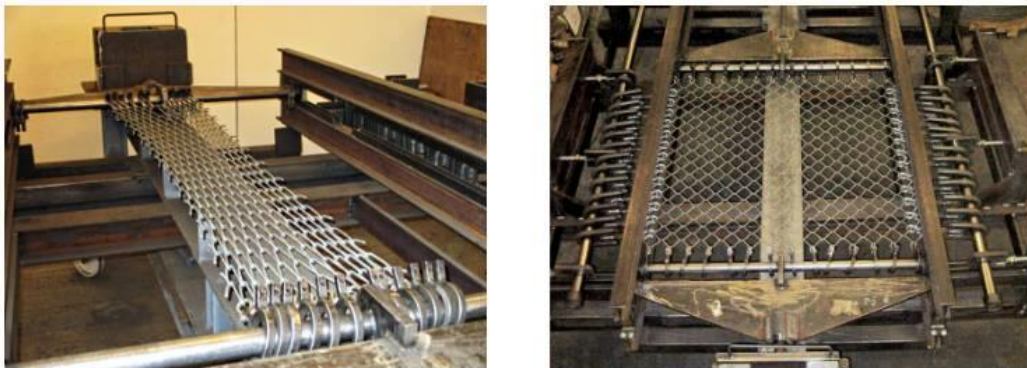


Slika 49. Različiti načini spajanja mreža

Dvostruko uvijene žičane mreže dijele se prema:

- promjeru žice: od 2,00 do 3,40 mm
- veličini otvora: 50, 60 i 80 mm
- širini trake pletiva: od 2,00 do 4,00 m
- dužini trake: od 25 do 100 m
- načinu pletenja: univerzal pletivo (jednostruko uvijena), dvostruko uvijena.

Čvrstoća žičanog pletiva raste s debljinom žice, a također zavisi i od načina pletenja. Vrlo važni parametri, poput vlačne čvrstoće i otpornosti na proboj, ispituju se u laboratoriju. Vrijednosti otpornosti na proboj za ovaj tip mreže dane su u tablici 27.



Slika 50. Ispitivanje vlačne čvrstoće mreže



Slika 51. Ispitivanje mreža na proboj

Tablica 25. Standardni parametri za dvostruko pletenu mrežu

Tip mreže	Promjer žice (mm)	Širina otvora M (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
6 x 8	2.7	60	55	82
8 x 10	2.7	80	50	67
	3.0		60	82

Žičano pletivo koje se koristi u proizvodnji mreža je od hladno vučenog čelika toplo cinčanog u leguri cinka i aluminija. Naknadno se može primijeniti i presvlaka od plastičnih polimera kako bi se produžio životni vijek i povećala otpornost na agresivnu okolinu. U tablici 28 dan je opći prikaz kategorija žičanih pletiva ovisno o uvjetima ugradnje.

Tablica 26. Kategorije žičanih pletiva ovisno o uvjetima ugradnje

Uvjeti okoline	Vrsta antikorozivne zaštite		Klasa	Trajnost
Nisko agresivna: (C2) Suhi uvjeti	Cink		A	5 – 10 godina
	Legura Zn – Al 5%			10 – 50 godina
	Legura Zn – Al 10%			
Srednje agresivna (C3)	Cink		A	5 – 10 godina
	Legura Zn – Al 5%			10 – 50 godina
	Legura Zn – Al 10%			
Visoko agresivna (C4)	Legura Zn – Al 5%		A	5 – 10 godina
	Legura Zn – Al 10%			10 – 50 godina
Veoma agresivna (C5)	Legura Zn – Al 5%	PVC	A	>120 godina
		PA6	E	>120 godina

#### <sup>1</sup>Napomena

U nastavku ovog rada antikorozivna zaštita žičanih mreža bit će objašnjena preko prikazane tablice 27. Konkretno, u ovom slučaju antikorozivna zaštita koja se najčešće koristi kod dvostruko pletenih mreža prikazana je tablicom 28.

<sup>1</sup> C1 koja nije prikazana u tablici označava neagresivnu okolinu gdje antikorozivna zaštita nije potrebna.

Tablica 27. Antikorozivna zaštita kod dvostruko uvijenih mreža

Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost
6 x 8	Zn – Al 5%	A	10 – 50 godina
8 x 10	Zn – Al 5%	A	10 – 50 godina
6 x 8	Zn – Al 5% + PVC	A	>120 godina
8 x 10	Zn – Al 5% + PVC	A	>120 godina

Ranije je bilo spomenuto kako čvrstoća znatno ovisi o načinu pletenja mreža. Heksagonalan oblik mreža, za koje je karakteristično dvostruko uvijanje, može osigurati približno dva puta veću čvrstoću u odnosu na jednostruko pletene mreže. Na slici 55 prikazane su takve dvije različite mreže. Mora se napomenuti kako dvostruko uvijena mreža lokalizira oštećenja i onemogućava njihovo širenje, što nije slučaj kod jednostruko uvijenih mreža.



Slika 52. Dvostruko i jednostruko uvijena mreža

Može se zaključiti da su dvostruko uvijene mreže fleksibilne i jednostavne za ugradnju na lice pokosa. Uglavnom se koriste kao osiguranje pokosa od erozije manjih stijenskih blokova. Najčešće dolazi uz ostale sustave ojačanja poput sidara i mlaznog betona što ju čini kvalitetnim sustavom osiguranja i zaštite pokosa od erozije.

## 4.2. Zaštita pokosa nosivim mrežama

Na područjima gdje su pokosi većih visina i gdje se očekuju veća opterećenja (snijeg, led, veći odroni) koriste se nosive zaštitne mreže. To su mreže koje se sastoje od klasičnih dvostruko uvijenih mreža ojačanim čeličnom užadi visoke vlačne čvrstoće prethodno opisane. Ovisno o tipu takvih mreža čelični kablovi mogu biti postavljeni u vertikalnom ili dijagonalnom smjeru. Uz spomenute postoje i druge vrste nosivih mreža, a one najčešće korištene bit će opisane u nastavku poglavlja.

### 4.2.1. HEA paneli (*High Energy Absorption paneli*)

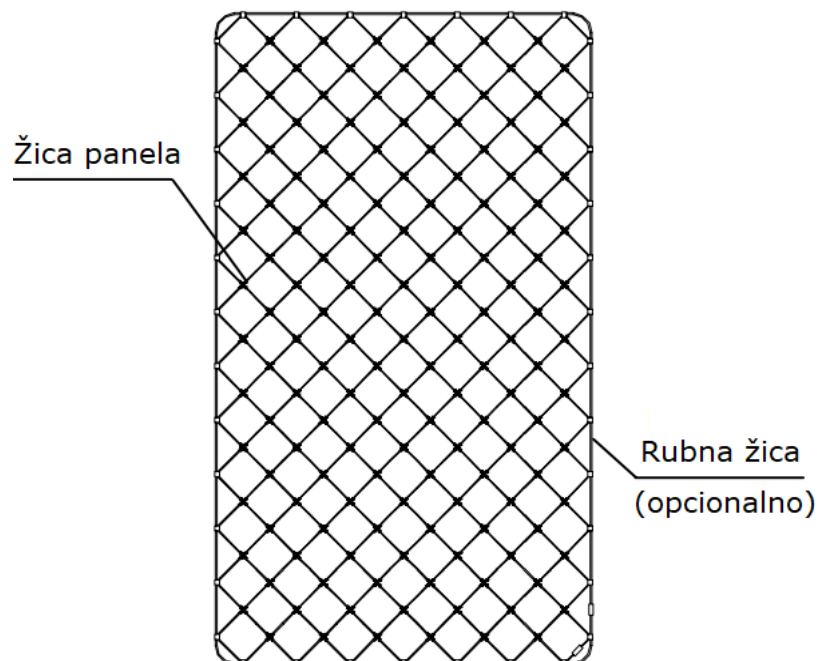
HEA paneli nosive mreže uglavnom se koriste na području gdje je znatno izražena potreba za malim odstupanjem po vertikali i velikom čvrstoćom. Takve mreže u mogućnosti su prihvatiti veće stijenske blokove bez velikih deformacija zahvaljujući njihovoj velikoj krutosti. HEA paneli proizvedeni su od jedne kontinuirane čelične žice povezane dvostrukim čvorom na mjestima presijecanja (slika 53)



Slika 53. Patentirani dvostruki čvor - HEA

Patentirani dvostruki čvor znatno je otporniji na razdvajanje i kidanje od tradicionalnih spojeva. Struktura, odnosno oblik HEA panela omogućava efektivni prijenos opterećenja s mreže na sidra. Na slici 54 može se vidjeti shema jednog takavog sustava osiguranja pokosa.





Slika 54. Struktura HEA panela

Parametri dobiveni ispitivanjem u laboratoriju dani su u Tablica 28. Dodani parametar u odnosu na ovještene mreže jest nosivost čvora. Čelični kablovi koji se koriste imaju visoku vlačnu čvrstoću ( $1770 \text{ N/mm}^2$ ).

Tablica 28. Standardni parametri HEA panela

Tip mreže (mm)	Promjer žice (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)	Nosivost čvora (kN)
250 x 250	8	237	277	24.4
300 x 300	8	211	271	
300 x 300	10	299	456	
400 x 400	8	156	212	
400 x 400	10	221	344	

Antikorozivna zaštita koja se provodi na HEA panelima može biti standardna (pocinčana) ili PLUS zaštita koja koristi GalMac premaz (Tablica 29). Na temelju Tablica 29. odabire se i kategorija koja ovisi o uvjetima ugradnje.

Tablica 29. Antikorozivna zaštita za HEA panele

Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost
Zaštita cinkom	B	5 - 10 godina
Zaštita legurom (Zn-Al 5%)	A	10 – 50 godina

Može se zaključiti da je primjena HEA panela široka pogotovo kada se želi što efektivnije prenijeti opterećenje s mreže na sidra uslijed većih opterećenja. Spomenuti patentirani dvostruki čvor omogućava veliku čvrstoću i krutost mreže, a fleksibilnost da se prilagodi raznim oblicima pokosa. Ovakav sustav pokazao se kvalitetnim pogotovo u kombinaciji s ostalim sustavima ojačanja.

#### 4.2.2. STEELGRID nosiva mreža

Steelgrid sustav nosivih mreža kompletan je sustav zaštite i osiguranja pokosa uslijed nestabilnosti koje se mogu pojaviti u vidu erozije ili odrona većih stijenskih blokova. Sustav se sastoji od heksagonalne dvostruko uvijene mreže ojačane čeličnim kablovima koji su najčešće postavljeni u vertikalnom smjeru. Čelični kablovi mogu biti različitih promjera (30, 50, 100 mm). Nakon postavljanja mreže izvode se bušotine u koje se smještaju sidra te se potom cijeli sustav povezuje čeličnim podložnim pločama.



Slika 55. Steelgrid zaštitna nosiva mreža



Slika 56. Čelična podložna pločica

Steelgrid mreže podijeljene su prema promjeru čeličnih kablova, pa su i na taj način ispitane vlačne čvrstoće i otpornost na proboj. Parametri koji su dobiveni ispitani su u laboratoriju prema važećim normama, a prikazani su u tablici 30. Uspoređujući dvije tablice 30 i 31, može se uočiti kako se dodatnom korozivnom zaštitom smanjuje vlačna čvrstoća i otpornost na proboj.

Tablica 30. Standardni parametri za Steelgrid mrežu s normalnom antikoroziivnom zaštitom

Tip mreže	Promjer čeličnog kabla (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
HR 30	30	177	149
HR 50	50	122	125
HR 100	100	80	85

Tablica 31. Standardni parametri za Steelgrid mrežu s dodatnom antikoroziivnom zaštitom

Tip mreže	Promjer čeličnog kabla (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
HR 30	30	119	125
HR 50	50	89	105
HR 100	100	73	74

Antikoroziivna zaštita koja se koristi kod Steelgrid nosive mreže jest GalMac ili GalMac u kombinaciji s PVC presvlakom za dodatnu zaštitu (Tablica 32).

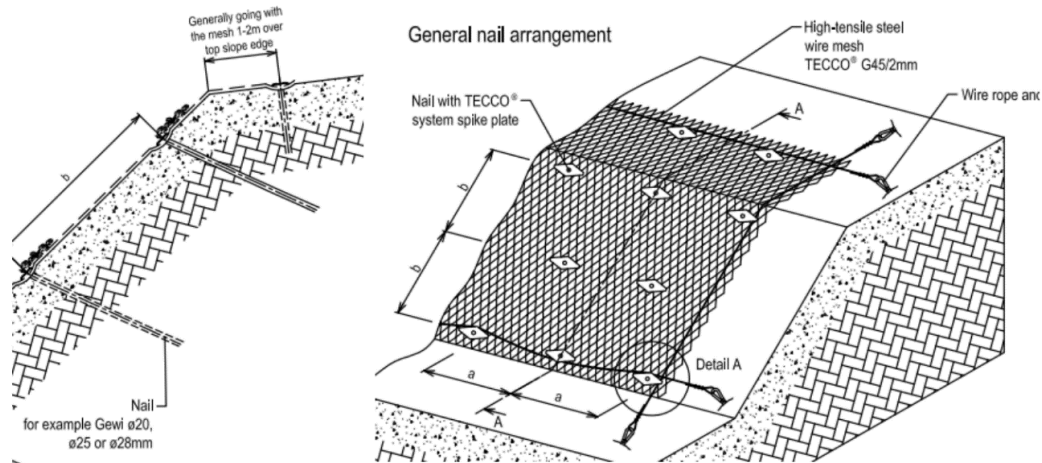
Tablica 32. Antikoroziivna zaštita za Steelgrid mreže

Vrsta antikoroziivne zaštite	Klasa	Trajnost
GalMac (Zn-Al 5%)	A	10 - 50 godina
GalMac + PVC	A	> 120 godina

Zaključno se može reći da je Steelgrid sustav zaštite pokosa gotovo identičan ovješanim dvostruko uvijenim mrežama, osim što se Steelgrid sustav sastoji još od čeličnih kablova koji dodatno ukrućuju sustav. Način prijenosa sile isti je kao i kod HEA panela, gdje se sile s mreže jednostavno prenose na sidra. Može se zaključiti kako Steelgrid sustavi imaju veću čvrstoću i krutost od dvostruko uvijenih, dok su u odnosu na HEA panele ipak manje čvrstoće. Unatoč tome čine vrlo kvalitetan sustav zaštite te je kao takav dosta često u upotrebi.

#### 4.2.3. Nosiva mreža TECCO

TECCO mreža može se koristiti za stabilizaciju gotovo bilo koje vrste nagiba, bilo da se sastoji od stijene ili slabog tla. Njima se štite pokosi visine i preko 100 m gdje je jako velika kinetička energija i skućen prostor za sprečavanje odrona. Instaliraju se u rolama 3,5 x 30 m. Jedinstveni romboidni oblik mreže efektivno prenosi sile na sidra čime se sprečava deformacija unutar samog sustava (slika 57). Jedna žica ovakvog sustava ima jako veliku vlačnu čvrstoću čime je osigurana prednapregnutost mreže i ograničeno njeno istezanje. Preklapanje mreža nije potrebno što pogoduje jednostavnom i nezavisnom odrolavanju mreže prilikom njene ugradnje.



Slika 57. Shematski prikaz TECCO sistema

Ugradnja se izvodi na način da se prvo postave sidra, potom se položi mreža po pokosu, poveže se pričvrsnim pločicama te se zategne specijalnim stezaljkama. Ovakav sustav zaštite, obzirom na visoku vlačnu čvrstoću, ima iznimno malenu težinu što olakšava ugradnju i sam transport mreže. Za osiguranje tla obično se koriste mreže s manjim otvorom.



Slika 58. Prikaz izvedbe TECCO mreže na pokosu

TECCO mreža koristi žice izrađene od visokokvalitetnog čelika. Jedna žica ovakvog sustava ima veliku vlačnu čvrstoću ( $1770 \text{ N/mm}^2$ ). U tablici 33 prikazane su vrijednosti

određenih parametara za ovaj tip mreže. Vlačna čvrstoća i otpornost na proboj ispitani su laboratorijski kao što je prikazano u poglavlju 4.1.2.

*Tablica 33. Standardni parametri za TECCO mrežu*

Tip mreže	Promjer žice (mm)	Širina otvora x•y (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
TECCO G65/3	3	83 x 143 (±3%)	≥150	≥180/240

Za antikorozivnu zaštitu koriste se SUPERCOATING ili ULTRACOATING sistemi koji zahtijevaju vrlo malo održavanja. Za posebno zahtjevna okruženja nude se također i PET premazi ili nehrđajući čelik (Tablica 34).

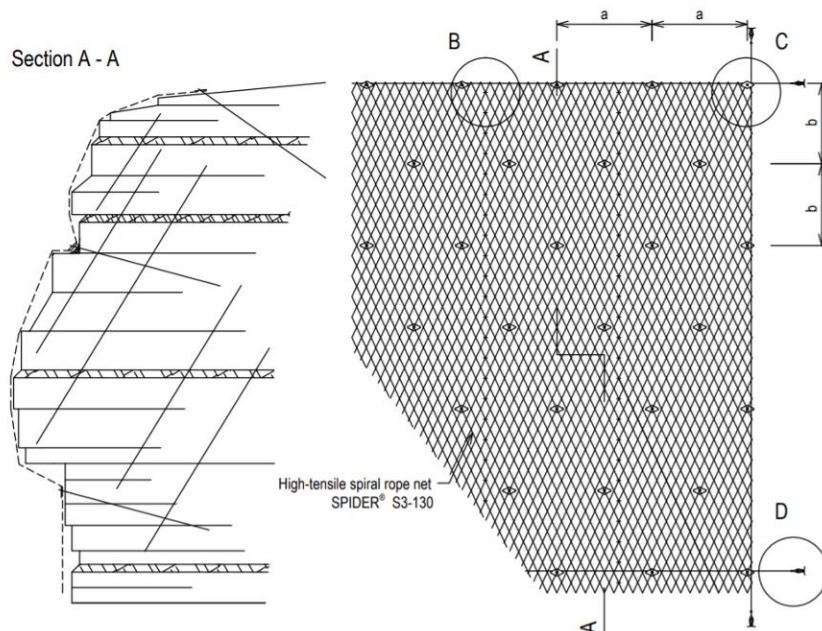
*Tablica 34. Antikorozivna zaštita za TECCO mrežu*

Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost (god.)
TECCO G65/3	95% Zn – Al 5%	A	10 - 50

U usporedbi s potpornim zidovima, mlaznim betonom, žičanim mrežama, teškim kvadratnim mrežama i ojačanim heksagonalnim mrežama, prednosti TECCO sustava mreža očituju se kroz mjerljivost dimenzija sustava, slobodno odabiranje točaka sidrenja, brzu instalaciju na velikim površinama te praktičnu nevidljivost nakon rasta vegetacije.

#### 4.2.4. Nosiva mreža SPIDER

SPIDER mreža od spiralnih užadi izrađena je od visoko-vlačne žice. Osigurava labave, blokirane stijene, izbočine ili nestabilne stijene s izrazito nepravilnim površinskim strukturama. SPIDER sustav koristi fleksibilnu rešetku sidara i granične užadi zajedno s mrežom od spiralnih užadi. Njome se štite pokosi visine iznad 100 metara gdje je prisutna velika kinetička energija i problem sprječavanja stijenskih odrona zbog skučenosti prostora. Instaliraju se u rolama 3,5 x 20 m. Jedna žica ovog sustava ima jako veliku vlačnu čvrstoću čime je ograničeno istežanje mreže i pruža se pouzdana stabilnost za bilo kakav nagib pokosa te se minimiziraju deformacije. Kao i kod TECCO sustava, jedinstveni romboidni oblik mreže efektivno prenosi sile na sidra čime se sprječava deformacija unutar samog sustava. Na slici 59 prikazana je shema sustava SPIDER mreže.



Slika 59. Shematski prikaz SPIDER mreže

Prilikom ugradnje preklapanje mreža nije potrebno što pogoduje jednostavnom i nezavisnom odrolavanju mreže. Ugradnjom SPIDER mreža osiguravaju se slabe stijene, stijenski prevjesi te nestabilne stijenske formacije s vrlo nepravilnim površinskim strukturama.



Slika 60. Primjer izvedenog SPIDER sustava mreža

SPIDER mreža koristi žice promjera 3 mm. Jedna žica ovakvog sustava ima veliku vlačnu čvrstoću ( $1770 \text{ N/mm}^2$ ). U tablici 35 prikazane su vrijednosti određenih parametara za ovaj tip mreže. Vlačna čvrstoća i otpornost na proboj ispitani su laboratorijski kao što je prikazano u poglavlju 4.1. 2.

Tablica 35. Standardni parametri za SPIDER mrežu

Tip mreže	Promjer žice (mm)	Širina otvora x*y (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
SPIDER S3 -130	3	164 x 270 ( $\pm 5\%$ )	$\geq 220$	$\geq 230/300$

Za antikorozivnu zaštitu koriste se SUPERCOATING ili ULTRACOATING sistemi koji zahtijevaju vrlo malo održavanja. Za posebno zahtjevna okruženja nude se također i PET premazi ili nehrđajući čelik.



Tablica 36. Antikorozivna zaštita za SPIDER mrežu

Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost (god.)
SPIDER S3 -130	95% Zn – Al 5%	A	10 - 50

U usporedbi sa sidrima, oblogama od betona ili žičanim mrežama s užadi, prednosti SPIDER sustava mreža očituju se kroz slobodno odabiranje točaka sidrenja, brzu instalaciju na velikim površinama te pogodnost za održavanje postojećih mjera zaštite.

#### 4.2.5. 3STUTOR Plus mreža

3Stutor Plus sustav je inovativan, fleksibilan sustav za stabilizaciju nagiba i pasivnu konsolidaciju. Zahvaljujući novoj proizvodnoj tehnologiji, sveobuhvatna učinkovitost se poboljšava i povećava. Proizvod jamči visokokvalitetni standard i optimizirane troškove instalacije. Glavna komponenta sustava je 3Stutor Plus mreža - žičana mreža (romboidni otvori) s vrlo niskom strukturnom deformacijom i visokom vlačnom čvrstoćom, proizvedena od visokokvalitetnih čeličnih žica. Također, uključuje rešetku sidara koje su povezane s mrežom čeličnim galvaniziranim pločicama. U slučaju posebnih potreba, moguće je koristiti vodoravnu užad za ojačanje povezanih s mrežom čeličnom spiralom. Za slabija opterećenja sistem 3Stutor Light je bolji izbor (posjeduje iste karakteristike u vidu niske deformabilnosti, visoke učinkovitosti i niske cijene).



Slika 61. Primjer korištenja 3STUTOR mreže za zaštitu pokosa

3Stutor Plus mreža koristi žice od visokokvalitetnog čelika promjera 3.4, 4.0 i 4.5 mm. Jedna žica ovakvog sustava ima veliku vlačnu čvrstoću ( $900 \text{ N/mm}^2$ ). U Tablica 37 prikazane su vrijednosti određenih parametara za ovaj tip mreže. Vlačna čvrstoća i otpornost na proboj ispitani su laboratorijski kao što je prikazano u poglavlju 4.1.2.

Tablica 37. Standardni parametri za 3STUTOR mrežu

Tip mreže	Promjer žice (mm)	Širina otvora x*y (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
3Stutor Plus ST-100	4.5	100 x 155	160	100

Za antikorozivnu zaštitu koriste se čelične žice koje osiguravaju visoku zaštitu od korozije premazane klasom premaza cink-aluminij ili većom na specijalan zahtjev.

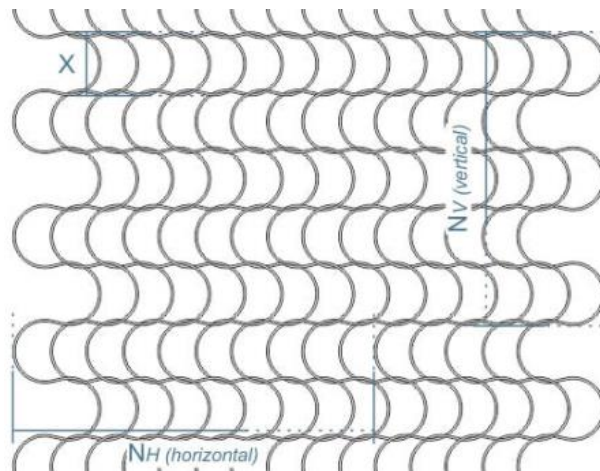
Tablica 38. Antikorozivna zaštita za 3STUTOR mrežu

Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost (god.)
3Stutor Plus ST-100	95% Zn – Al 5%	A	10 - 50

Visoka kvaliteta žice osigurava bolji odnos između otpornosti na proboj i vlačne čvrstoće same mreže, čak i u usporedbi s drugim vrstama mreža koje koriste žicu visoke otpornosti. Mehanička svojstva, sposobnost deformacije i vlačna čvrstoća mreža testirana je i certificirana od strane kvalificiranih laboratorija za ispitivanje.

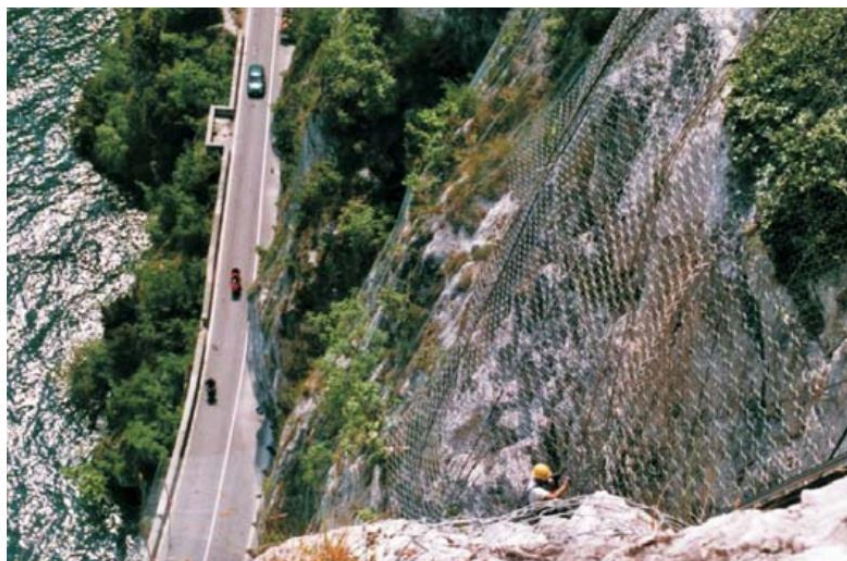
#### 4.2.6. OMEGA mreža

Omega mreža je rješenje za zaštite pod većom snagom opterećenja. Mreže su izuzetno fleksibilne i veličine panela mogu biti prilagođene pojedinačnim projektima što ga čini idealnim za vrlo nepravilne stijene. Omega mreža je unikatan proizvod koji se lako transportira te ugrađuje (slika 62).



Slika 62. Prikaz Omega mreže

Omega mreža sastoji se od prethodno formirane valovite i isprepletene pocinčane užadi visoke čvrstoće. Omega mreža se ne koristi samo za stabilizaciju pokosa nego i za visoke energetske ograde za odrone i strukture za zaštitu od lavina (slika 63).



Slika 63. Prikaz upotrebe Omega mreže na čvrstoj stijeni

Za konstruiranje mreža koriste se različiti promjeri užeta mreža, počevši od promjera 4.5 mm s veličinom otvora mreže 100 mm. Jedna žica ovakvog sustava ima veliku vlačnu čvrstoću ( $1750 \text{ N/mm}^2$ ). U tablici 39 prikazane su vrijednosti određenih parametara za ovaj tip mreže. Vlačna čvrstoća i otpornost na proboj ispitani su laboratorijski kao što je prikazano u poglavlju 4.1.2.

Tablica 39. Standardni parametri za Omega mrežu

Tip mreže	Promjer žice (mm)	Širina otvora x*y (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
Omega	4.5	100 x 100	756	105

Za antikoroziivnu zaštitu koriste se čelične žice koje osiguravaju visoku zaštitu od korozije premazane klasom premaza cink-aluminij ili samo cink (Tablica 40).

Tablica 40. Antikorozivna zaštita za Omega mrežu

Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost (god.)
Omega	95% Zn – Al 5%	A	10 - 50
Omega	100% Zn	B	5 - 10

U odnosu na ostale proizvode, kao prednost ovog sustava ističe se velika čvrstoća i fleksibilnost, estetski više prihvatljiv od klasičnih gravitacijskih zidova i mlaznog betona, mogućnost obnove vegetacije, nema potrebe za jarcima te pokos ostaje u izvornom obliku. Kao i svi već spomenuti sustavi zaštite, u kombinaciji sa sidrima čini kvalitetan izbor.

#### 4.3. Mlazni beton

Mlazni beton ima vrlo široko područje primjene u kojem zaštita pokosa ima manji značaj u odnosu na ostale segmente. Pod mlaznim betonom podrazumijeva se beton koji se ugrađuje u struji zraka pod tlakom kroz posebne mlaznice i velikom brzinom i energijom nanosi na podlogu, pri čemu se i kompaktira i prijanja uz podlogu (64).



Slika 64. Ugradnja mlaznog betona za zaštitu pokosa

#### 4.3.1. Područje primjene

Najčešće se primjenjuje u podzemnim građevinama i tunelima – osnovni element podgrade tunela gdje štiti stijene od zraka, sprječava pojave bubrenja, sprječava odlamanje blokova te poboljšava mehanička svojstva stijene. Kod zaštite pokosa ima sve veću upotrebu zbog svojih prednosti i razvijene tehnologije. Nedostatak mu je loše uklapanje u prirodni okoliš što je vidljivo na slici 65. Mlazni beton upotrebljava se i kod rekonstrukcije oštećenih površina ili kod gradnje novih konstrukcija (npr. bazeni i tankovi, stupovi, grede, građevne jame).



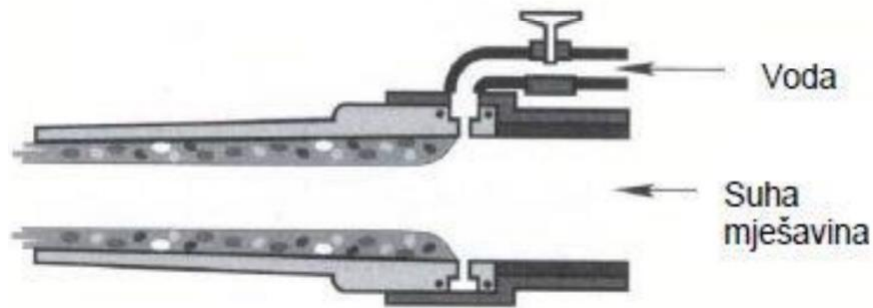
Slika 65. Zaštita pokosa mlaznim betonom

#### 4.3.2. Tehnologija izvedbe

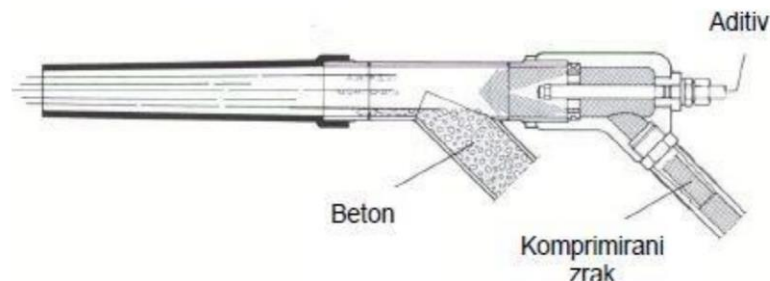
Osnovne komponente za pripremu mlaznog betona su voda, cement, agregat i aditivi. Primjena agregata max veličine zrna 16 mm (udio pijeska i šljunka oko 75%) te je potrebno paziti na udio sitnih čestica zato što prevelik udio sitnih čestica smanjuje otpornost betona na smrzavanje. Cement mora biti skladišten na suhom mjestu te se najčešće koriste portland cementi. Voda mora biti čista u skladu sa zahtjevima norme te bez komponenti koje mogu usporiti ili onemogućiti hidrataciju (ulje, kloridi, sulfati itd.). Aditivima se pospješuje djelovanje mlaznog betona.

Postoje dvije tehnologije nanošenja mlaznog betona, odnosno suhi i mokri postupak (slika 66 i slika 67). U suhom postupku nanošenja smjesi cementa i agregata na mlaznici se dodaje voda (također pod tlakom), a u mokrom se na mlaznicu dovodi gotova smjesa konzistencije 3,0 do 5,0 cm po mjeri slijeganja. Omjer masa cementa i agregata u suhom

postotku treba, ovisno o uvjetovanoj čvrstoći, biti u granicama od 1:6 (za C 25/30) do 1:2 (za C 40/50). Omjer se nakon ugradnje zbog odskoka pretežno krupnijih zrna reducira na 1:4 do 1:1,2. Zbog toga maksimalno zrno agregata iznad 16 mm treba izbjegavati. Uobičajeni se v/c faktor kod suhog postupka kreće oko 0,425, a kod mokrog oko 0,45.



Slika 66. Prikaz suhog postupka



Slika 67. Prikaz mokrog postupka (Putzmeister 2013)

Opremu za prijevoz i nanošenje smjese mlaznog betona treba ispravno dimenzionirati (kompresor kapaciteta najmanje 10,0 m<sup>3</sup> komprimiranog zraka tlaka najmanje 2,5 do 3,0 bara, tako da daje jednoliki mlaz smjese, i dovod vode na mlaznicu s tlakom oko 4,0 bara, uvijek većim od tlaka zraka). Sloj mlaznog betona na okomitoj plohi nanosi se odozdo prema gore radi izbjegavanja mogućeg zatvaranja odskoka. Mlaznica mora biti okomita na plohu na koju se vrši nabacivanje, a podebljavanje sloja mlaznog betona vrši se zakretanjem mlaznice u koncentričnim krugovima. Udaljenost mlaznice od površine nanošenja mora iznositi 1,0 – 1,5 m.

#### 4.3.3. *Karakteristike mlaznog betona*

Svojstva mlaznog betona slična su svojstvima obično ugrađenog betona pa ih treba ispitivati i kontrolirati istim ili sličnim postupcima. Bitno je svojstvo mlaznog betona čvrstoća veze s podlogom, koju treba ispitivati kidanjem zarezanih uzoraka dimenzija 40x40 mm ili još bolje (radi izbjegavanja koncentracije naprezanja) kružnih uzoraka promjera 50 mm. Na jednom mjernom mjestu treba izvršiti tri ili još bolje pet kidanja i utvrditi njihov prosjek. Klasu tlačne čvrstoće mlaznog betona treba uvjetovati prema klasama C24/30 do C48/60. Tlačnu čvrstoću mlaznog betona s maksimalnim zrnom agregata do 16,0 mm treba ispitivati na uzorcima promjera 50,0 mm. Tlačne čvrstoće mlaznog betona utvrđene na takvim uzorcima visine 100,0 mm. Tlačnu čvrstoću debljih obloga mlaznog betona s maksimalnim zrnom agregata većim od 16,0 mm treba ispitivati na odgovarajućim uzorcima većih dimenzija i preračunavati ih na tlačnu čvrstoću valjka promjera 50,0 mm i visine 100,0 mm. Rezultate ispitivanja valjaka omjera visine i promjera različitih od 2,0 treba preračunavati na čvrstoću ekvivalentnog valjka.

#### 4.3.4. *Vrste mlaznog betona*

##### Mlazni beton armiran čeličnom mrežom

Za ovu vrstu mlaznog betona karakteristična je uobičajena metoda izvedbe. Mrežasta armatura svojim vibriranjem nastalim udarom mlaznog betona dodatno rastresa mlazni beton tijekom njegove ugradnje. Danas se sva armaturna mreža zamjenjuje upotrebom vlakana.





Slika 68. Ugradnja mlaznog betona armiranog čeličnom mrežom

#### Mikroarmirani mlazni beton s čeličnim vlaknima (MAMB)

Posebno dizajnirana ojačanja betona, ovisno o potrebi projekta, razlikuju se po dimenzijama i po oblicima (valovita vlakna, ravna vlakna s kukastim krajevima, ravna vlakna s plosnatim krajevima). U odnosu na mlazni beton armiran armaturnom mrežom MAMB ima svoje prednosti koje se očituju u manjem utrošku betona, manjem utrošku rada, boljem prilagođavanju neravninama iskopa, lakšoj organizaciji rada u skućenom prostoru itd.

#### Armiranje mlaznog betona makrosintetičkim vlaknima

Makrosintetička vlakna u potpunosti zamjenjuju čeličnu mrežnu, odnosno čelična vlakna te su napravljena od kombinacije polipropilena i polietilena. Osim velike financijske uštede postižu se i neke dodatne koristi svojstvene sintetičkim vlaknima, kao npr. mala obujamska masa, manja vjerojatnost stvaranja gruda, stabilnost u alkalnoj okolini betona, nema magnetskih svojstava i svojstava vodiča, povećanje požarne otpornosti, smanjen rizik od korozije itd.

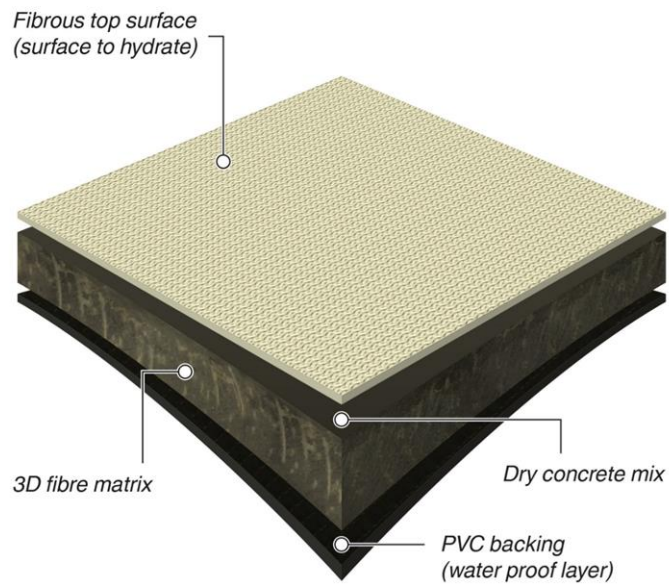


Slika 69. Makrosintetička vlakna

Zaključno se može reći da se mlazni beton u odnosu na klasičnu ugradnju betona ističe praktičnošću, manjim troškovima, brzom ugradnjom, mogućnošću pristupa teško dostupnim radnim površinama, betoniranjem u tankim slojevima te mogućnošću betoniranja u promjenjivim debljinama.

#### 4.4. **Concrete Canvas – suvremeni geosintetici**

Concrete Canvas jedan je od suvremenih geosintetika koji se još nazivaju i cementni geokompoziti (slika 70). To su fleksibilni, cementno impregirani geosintetici koji nakon hidratacije očvršćuju te čine tanki, trajni, vodootporni i vatrootporni betonski sloj. Takav materijal omogućuje stvaranje betonskog sloja bez potrebe za dopremanjem betona s betonare.



Slika 70. Uzorak Concrete Canvasa s pripadajućim slojevima

Concrete Canvas (CC) sastoji od:

- vlaknaste hidrofилne gornje površine
- potporne vlaknaste matrice
- smjese suhog betona
- vodonepropusne PVC donje površine (po potrebi).

Proizvod može biti različitih debljina te se na taj način i označava. Dolazi u razvrstanim ili masivnim rolama (slika 71).



Slika 71. Različiti načini pakiranja proizvoda

#### 4.4.1. Karakteristike CC-a

##### Fizikalna svojstva

Fizikalne karakteristike Concrete Canvasa dane su u Tablica 41, a istaknute su debljina materijala, masa, gustoća prije postavljanja.

Tablica 41. Fizikalna svojstva Concrete Canvasa

Proizvod	Debljina (mm)	Masa (prije postavljanja) (g/cm <sup>2</sup> )	Gustoća (prije postavljanja) (g/cm <sup>3</sup> )
CC5	5	7	1.43 – 1.54
CC8	8	12	1.43 – 1.54
CC13	13	19	1.43 – 1.54

##### Mehanička svojstva

Vrlo visoka rana čvrstoća je temeljna karakteristika Concrete Canvasa. Tlačna čvrstoća nakon 24 h naraste na 50 MPa, dok je nakon 28 dana 80 MPa. Vidljivo je kako čvrstoća naglo naraste na određenu vrijednost unutar samo jednog dana, dok nakon otprilike 30 dana dosegne svoju krajnju čvrstoću. Tlačne čvrstoće i čvrstoća na savijanje dane su u Tablica 42.

Tablica 42. Vrijednosti čvrstoća dobivene ispitivanjem

Proizvod	Čvrstoća na savijanje (Početno pucanje) – MPa	Čvrstoća na savijanje (Krajnje pucanje) – MPa	Tlačna čvrstoća (24h) – MPa	Tlačna čvrstoća (28 dana) – MPa
CC5	4.0	>10.0	50	80
CC8	4.0	>6.0	50	80
CC13	4.0	>6.0	50	80

### Otpornost na vanjske utjecaje

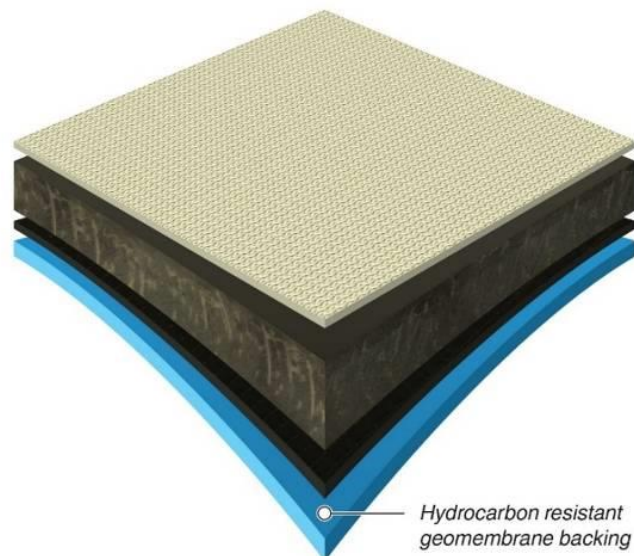
Otpornost na vanjske utjecaje ispituje se prema važećim normama i to redom na:

- cikluse smrzavanja i odmrzavanja +20 i -20 (200 ciklusa)
- cikluse smrzavanja i odmrzavanja +50 i -50 (100 ciklusa)
- sušenje i vlaženje (50 ciklusa)
- toplinu i vlaženje (50 ciklusa)
- nepropusnost vode (prošao test)
- kemijsku otpornost (prošao test).

Minimalni očekivani životni vijek je 50 godina.

#### 4.4.2. Cementni geokompozit – CC HYDRO

CC Hydro spaja tehnologiju betonsko – impregnirane tkanine s visoko nepropusnom, kemijski otpornom geomembranom, što dopušta termalno spajanje spojeva za in-situ testiranje kanaliziranjem zraka. Koristi se kada je potrebno imati apsolutno vodonepropusni sloj kao što je slučaj kod određenih kanala ili tankvana. Glavna razlika u odnosu na obični CC je u PVC nepropusnom donjem sloju (slika 72).



Slika 72. Sanacija tankvane

### *Karakteristike HYDRO cementnog geokompozita*

Glavne značajke i kod HYDRO cementnog geokompozita su fizičke i mehaničke karakteristike uz još jednu bitnu značajku, a to je vodonepropusnost.

### Fizikalna svojstva - CC Hydro

Fizikalne karakteristike Concrete Canvasa Hydro dane su u tablici 43, a istaknute su debljina materijala, masa, gustoća prije postavljanja.

Tablica 43. Fizikalna svojstva Hydro Concrete Canvasa

Proizvod	Debljina (mm)	Masa (prije postavljanja) (kg/cm <sup>2</sup> )	Gustoća (prije postavljanja) (g/cm <sup>3</sup> )
CC5	5	8	1.43
CC8	8	13	1.43

### Mehanička svojstva – CC Hydro

Vrlo visoka rana čvrstoća je temeljna karakteristika i Hydro Concrete Canvasa. Tlačna čvrstoća nakon 10 dana iznosi 40 MPa. Tlačne čvrstoće i čvrstoća na savijanje, kao i vodonepropusnost dane su u Tablica 44.

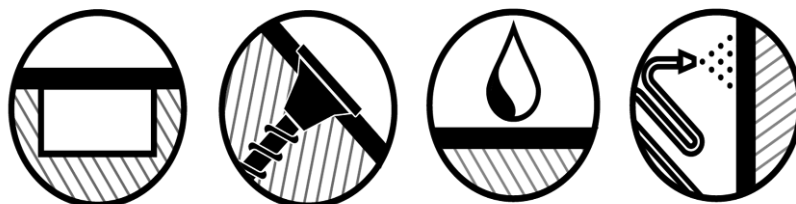
Tablica 44. Vrijednosti čvrstoća dobivene ispitivanjem

Proizvod	Static puncture (kN)	Dynamic Perforation (kN)	Tlačna čvrstoća (10 dana) – MPa	Vodopropusnost
CC5	3.6	6.9	10	7.5 x 10 <sup>-12</sup>
CC8	4.45	11.1	10	

#### 4.4.3. Izvedba CC-a

Izvedba običnog CC i Hydro CC temelji se na četiri principa instalacije koji su prikazni slikom 73. Prilikom postavljanja potrebno je izbjegavati rupe i pravilno pričvrstiti platno. Spajanje dva susjedna platna potrebno je izvesti s preklapom (min. 10 cm), a može se izvesti vijcima, ljepilom, ispunom ili nekom drugom metodom. Na kraju, potrebno je i fiksirati platna bilo za zemlju, beton ili nešto drugo.

Nakon što se platno postavilo, spojilo i fiksiralo potrebno je u potpunosti hidratizirati platno. Voda se nabacuje sve dok platno ne bude na dodir vlažno. Konačni efekt učvršćivanja vidljiv je već nakon 48 h.



Slika 73. Pojednostavljen prikaz četiri principa instalacije

#### 4.4.4. Primjena CC-a

Primjena običnog i PVC cementnog geokompozita je široka, prvenstveno zbog prednosti koje taj materijal ima. Concrete Canvas moguće je primijeniti prilikom oblaganja kanala, zaštite pokosa od erozije, oblaganje nasipa, oblaganje tankvana i dr. Primjer jedne takve primjene dan je slikom 74.

Među glavnim prednostima koje se trebaju istaknuti su:

- brza ugradnja (200m<sup>2</sup>/h – 10x brže od ugradnje konvencionalnog betona)
- jednostavna upotreba

- ekološki prihvatljivo
- niska projektna cijena.



Slika 74. Primjena Concrete Canvasa prilikom oblaganja pokosa

#### 4.5. SN štapna sidra

SN sidro ili štapno adhezijsko sidro (slika 75) izrađuje se od rebrastog armaturnog željeza za čiju se ugradnju i injektiranje mogu koristiti cementni mortovi ili smole. Upotrebljavaju se za armiranje stijene u podzemnom rudarstvu i tuneliranju.



Slika 75. SN sidro

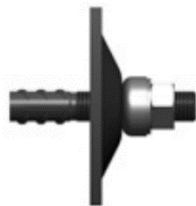
Za posebne zahtjeve u tuneliranju, posebno u vidu stijenskog ojačanja za stezanje tla i velikih izravnih pomaka nakon instalacije vijaka, mogu se koristiti SN sidra posebnim



rebrima za povećani kapacitet nosivosti. Također, SN sidra koriste se u podzemnim radovima kao potporni dio sustava za podupiranje.

Ugrađuju se na način da se prvo izbuši bušotina za sidrenje te se ta bušotina puni mortom. Nakon toga se sidra ručno ugrađuju u prethodno izbušene bušotine te se fiksiraju pomoću klina ili sličnog sredstva. Vrijeme sušenja treba podesiti ovisno o vrsti ispune ili predviđenim uputama. Glava vijka samog sidra zateže se zatezanjem matice.

Rebrasto čelično sidro izrađeno je od čvrstog čelika B500, B670 ili B1050 standardnih dimenzija 120 mm ili maksimalno 200 mm na poseban zahtjev. Posebna geometrija SN sidra omogućuje povećanu vezu između sidra i stijene. Standardna podložna pločica je obložena dugim rupama dok se ostale pločice s drugim dimenzijama mogu naručiti na poseban zahtjev. Vijak može biti polukružnog ili standardnog oblika (Slika 76). U tablici 47, 48, 49 prikazane su osnovne tehničke karakteristike SN sidara.



Slika 76. Glava sidra s polukružnim i standardnim vijkom te maticom

Tablica 45. Prikaz tehničkih karakteristika SN sidara za čelik B500

ČELIK B500								
Promjer (mm)	16	20	25	28	32	40	50	63.5
Sila istezanja (kN)	100	160	245	310	405	630	980	1760
Sila loma	110	175	270	340	440	690	1080	2215
Površina poprečnog presjeka (mm <sup>2</sup> )	201	314	491	616	804	1260	1960	3167
Duljine (mm)	1000 -12 000							

Tablica 46. Prikaz tehničkih karakteristika SN sidara za čelik B670

ČELIK B670									
Promjer (mm)	18	22	25	28	30	35	43	57.5	63.5
Sila istezanja (kN)	170	250	330	410	475	640	980	1740	2120
Sila loma (kN)	200	300	390	490	565	770	1170	2080	2540
Površina poprečnog presjeka (mm <sup>2</sup> )	250	375	491	616	707	962	1466	2597	3167
Duljine (mm)	1000 - 12 000								

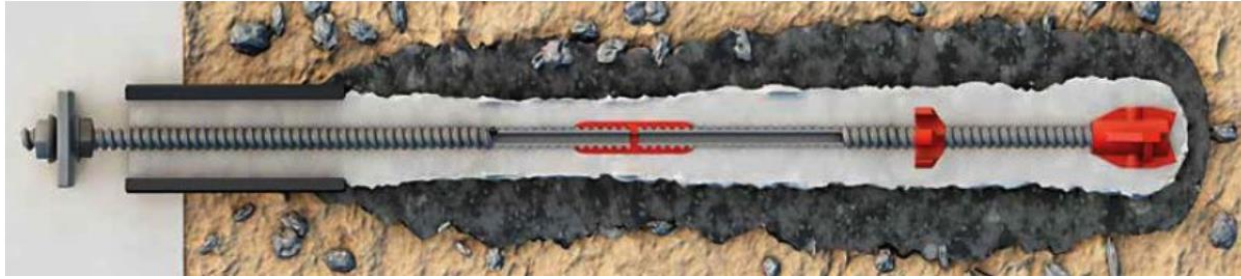
Tablica 47. Prikaz tehničkih karakteristika SN sidara za čelik B1050

ČELIK B1050								
Promjer (mm)	18	26.5	32	36	40	47	65	75
Sila istezanja (kN)	230	525	760	960	1190	1650	2780	3690
Sila loma (kN)	255	580	850	1070	1320	1820	3447	4572
Površina poprečnog presjeka (mm <sup>2</sup> )	241	551	804	1020	1257	1735	3331	4418
Duljine (mm)	1000 - 12 000							

U uvjetima koji zahtjevaju trajnost sidra, čelične šipke se mogu dodatno zaštititi vrućim cinčanjem ili odabirom nehrđajućeg čelika.

Neke od antikorozivnih zaštita su:

- toplo cinčani – min 55 mikrona; max. dužina sidara 12 m
- elektro – cinčanje – cca 20 mikrona cinka; max. dužina sidara 4 m
- zaštita Epoxi premazom – izvrsna otpornost na habanje te na vanjske utjecaje, zadržana velika fleksibilnost.

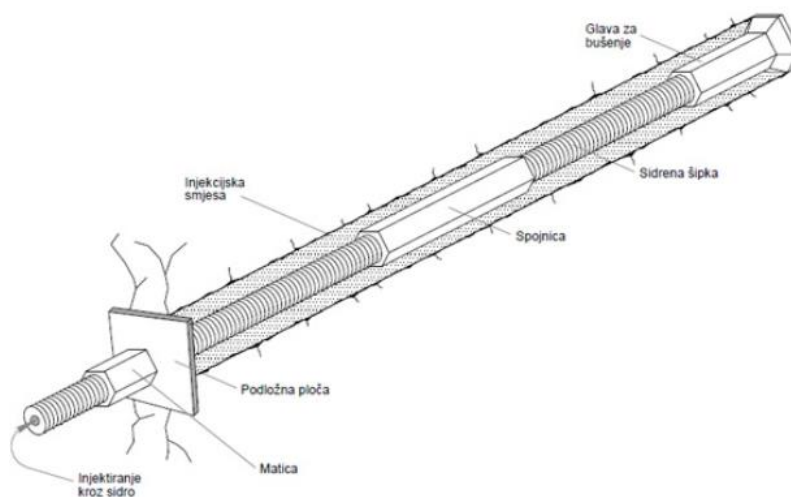


Slika 77. Samobušivo sidro

SN sidra u odnosu na ostale proizvode ističu se brojnim prednostima. U kombinaciji sa sustavima kao što su nosive mreže i mlazni beton predstavljaju trajni sustav zaštite pokosa. Način instalacije je standardiziran i optimiziran te se može pratiti detaljno ponašanje sidra i sila u sidru u svakom trenutku, što ga čini vrlo pogodnim za trajne zaštite pokosa.

#### 4.6. Samobušiva sidra (SDA – Self Drilling Anchors)

SDA sidra su posebna vrsta štapnih sidara. Dio su bušačkog sustava, a sastoje se od bušaće krune, šuplje čelične cijevi odgovarajućeg vanjskog i unutarnjeg promjera s odgovarajućim spojnicama. Tijelo sidra čini čelična cijev s kontinuiranim navojem koja na jednom kraju ima bušaću krunu, a na drugom odgovarajuću maticu s podložnom pločom. Ukoliko je potrebna veća duljina sidara, sidra se mogu nastavljati pomoću spojnica. Na samobušivo sidro postavljaju se distanceri koji osiguravaju zaštitni sloj injekcijske smjese oko sidra, ali i pozicioniraju šipku sidra u sredini bušotine. Na Slika 78 i Slika 79 prikazane su sheme jednog takvog sidra.



Slika 78. Shema Samobušivog sidra



Slika 79. Shema Samobušivog sidra u pogledu sa strane

Šuplje čelične cijevi sidra proizvode se u sekcijama dužina 2,0, 3,0 ili 4,0 m. Vanjski promjeri čeličnih cijevi kreću se od 25,00 mm do 135,00 mm. Različite veličine bušačkih

kruna mogu se koristiti ovisno o materijalu u kojem se izvode. Ovako dizajnirane šuplje cijevi pokazivat će bolje konstrukcijsko ponašanje u vidu izvijanja i savijanja u odnosu na pune cijevi istog poprečnog presjeka. Dakle, šuplje šipke imaju veću otpornost na izvijanje i savijanje za istu količinu čelika zbog bolje kvalitete čelika kao osnovnog materijala sidra i bolje termičke obrade čelika. U tablici 48 prikazane su tehničke karakteristike.

*Tablica 48. Standardne tehničke karakteristike Samobušivih sidara*

Tip sidra	Sila loma (kN)	Sila istezanja (kN)	Dužina (m)
RB 25/13	200	160	3 - 4
RB 32/24	240	190	
RB 32/20	280	230	
RB 32/18	340	275	
RB 32/15	405	335	
RB 38/15	530	440	
RB 44/24	700	550	
RB 51/28	838	693	
RB 63/43	1100	909	
TB 76/56	1380	1140	
TB 89/69	1600	1280	
TB 103/83	1980	1636	
TB 135/75	5520	4480	

Čelične cijevi samobušivih sidra također se mogu dodatno zaštititi vrućim cinčanjem ili odabirom nehrđajućeg čelika.

Neke od antikorozivnih zaštita su:

- toplo cinčani – min 55 mikrona; max. dužina sidara 12 m
- elekto – cinčanje – cca 20 mikrona cinka; max. dužina sidara 4 m
- zaštita Epoxi premazom – izvrsna otpornost na habanje te na vanjske utjecaje, zadržana velika fleksibilnost.



Slika 80. Toplo pocinčani čelik



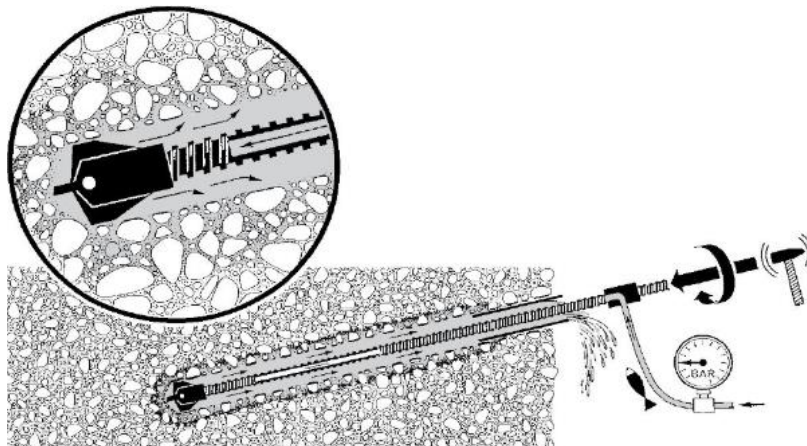
Slika 81. Elektro - cinčani čelik



Slika 82. Epoksi premaz

### *Tehnologija ugradnje*

Čelična šuplja cijev se ugrađuje do projektirane dubine udarnim rotacijskim bušenjem. Injektiranje se izvodi kroz šuplju bušaću cijev, gdje potom izlazi kroz bušaću krunu. Injektiranje se smatra potpunim kada smjesa počinje izlaziti kroz otvor na bušotini. Za injektiranje se koristi cementni mort v/c omjera najčešće između 0,40 – 0,50. Na Slika 83 prikazana je shema ugradnje Samobušivog sidra.



Slika 83. Shema ugradnje SDA sidra

Samobušiva sidra primjenjuju se u uvjetima gdje postoji opasnost od urušavanja bušotine uslijed izvlačenja bušaće šipke gdje zbog litoloških karakteristika stijenske mase nije moguće izvoditi štapna SN sidra.

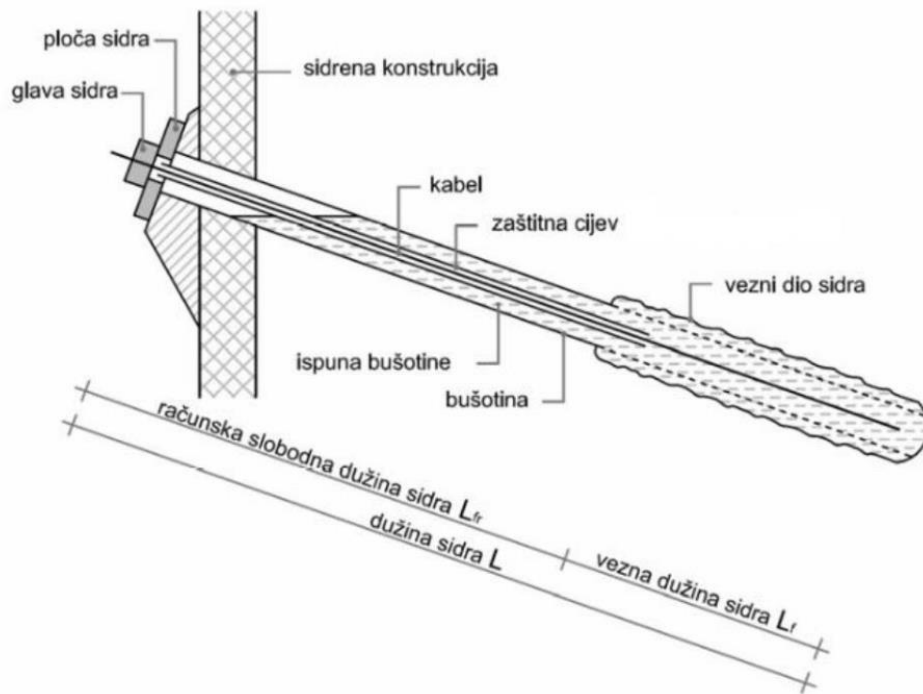
Mogu se koristiti kao:

- mikropiloti – veći promjeri
- osiguranje od uzgona
- osiguranje stijenskih pokosa i građevnih jama
- stabiliziranje nasipa
- osiguranje potpornih konstrukcija.

Već je navedeno kako samobušiva sidra mogu biti većih duljina od punih štapnih sidara, zbog nemogućnosti ugradnje velikih dužina na terenu.

#### **4.7. Geotehnička sidra**

Upotreba geotehničkih sidara je primarno namijenjena zaštiti nestabilnih pokosa ili sličnih zaštita pokosa. Geotehnička sidra su jedan od glavnih građevinskih materijala koji se koriste kod sanacija klizišta, građevnih jama i potpornih konstrukcija. Sastoje se od snopova čeličnih užadi sačinjenih od visokovrijednog čelika. Njihova funkcija je trajno prenošenje vlačne sile s konstrukcije u tlo na određenoj udaljenosti od sidrene konstrukcije. Sidro se sastoji od slobodne i sidrišne dionice. Trajni životni vijek sidra znači da je njegova upotreba duža od dvije godine – jednaka životnom vijeku sidrenog objekta.



Slika 84. Shema geotehničkog sidra s pripadajućim elementima

Na slici 85 prikazani su osnovni elementi geotehničkog sidra opisani u nastavku.



Slika 85. Geotehničko sidro



## Opis konstrukcije geotehničkog sidra

1. Zaključna antikorozivna zaštita postiže se upotrebom plastičnog poklopca u obliku kupole iz umjetne mase, koji je UV postojan, otporan na mehanička oštećenja i oštećenja zbog vremenskih uvjeta (magla, soljenje cesta). Namještanje kupole je jednostavno jer nije potrebno dodatno bušenje rupa za ugradnju. Zaštitni poklopac je sive boje – u skladu s betonskom konstrukcijom.
2. Dvojno zaštitno tijesnilo glave sidra s dodatnim drenažnim otokom štiti glavu sidra pred prodorom vode. Tijesnila su rezultat razvoja geotehničkog sidra i pružaju visoku razinu tiješnjenja okruglih i elipsastih zaštitnih cijevi sidra.
3. Za sidra se koristi čelična užad visoke vrijednosti i kvalitete: promjer = 15,7 mm Ø (0,62), nominalna površina presjeka 150 mm<sup>2</sup>, kvaliteta čelika (granica plastičnosti  $f_{p0}$ ,  $1k = 1670$  N/mm<sup>2</sup>, natezna čvrstoća  $f_{pk} = 1860$  N/mm<sup>2</sup>).
4. Rebrasta cijev geotehničkog sidra - spiralna navojnica s većom razlikom između korijena i tjemena geotehničkog sidra omogućava bolji otpor na savijanje kod različitih temperatura okoline i bolji otpor injekcijske mase na rebra. Na takav način je moguće veće opterećenje sidra.
5. Čelični dijelovi sidra umeću se u prethodno pripremljene utore koji omogućavaju središnje postavljanje sidra i time jednakomjeran prijenos sile na zaleđnu konstrukciju.
6. Sidro sa sistemom napinjanja je jednostavno i nudi visoku kvalitetu napetosti, sukladno s europskim tehničkim sporazumom.
7. Osnovna se antikorozivna zaštita s poklopcem glave sidra, napunjenog vrućim vazelinom, može zamijeniti i ispunom od prozirnog antikorozivnog gela, što nudi veliki napredak kod jednostavne manipulacije, kontrole i vizualnog izgleda.

### *Karakteristike*

U tablici 49 prikazane su tehničke karakteristike geotehničkog sidra u ovisnosti o broju struna (opterećenje greda određeno je propisom).

Tablica 49. Tehničke karakteristike geotehničkog sidra

Broj struna	Površina poprečnog presjeka (mm <sup>2</sup> )	Čvrstoća na istezanje (kN)	Maksimalna dozvoljena sila kod testiranja napetosti (kN)	Maksimalna dozvoljena sila kod testiranja sidra (kN)	Proračunska minimalna sila tijekom životne dobi sidra (kN)	Maksimalna sila tijekom životne dobi sidra (kN)
2	300	558	419	335	167	391
3	450	837	626	502	251	586
4	600	1116	837	670	335	781
5	750	1395	1046	837	419	977
6	900	1674	1256	1004	502	1172
7	1050	1953	1465	1172	586	1367

Antikorozivna zaštita se postiže upotrebom plastičnog metalnog poklopca u obliku kupole iz umjetne mase, koji je UV postojan, otporan na mehanička oštećenja i oštećenja zbog vremenskih uvjeta (magla, soljenje cesta). Osnovna se antikorozivna zaštita s poklopcem glave sidra, napunjenog vrućim vazelinom, može zamijeniti i ispunom od prozirnog antikorozivnog gela, što nudi veliki napredak kod jednostavne manipulacije, kontrole i vizualnog izgleda.

Zaključno se može reći da geotehnička sidra imaju veliku mogućnost primjene koja se očituje kroz zaštitu iskopa, ukopa, iskopa za izgradnju tunela, sidrenje mostova, sanacije klizišta i padina, hidro gradnji, željezničkih gradnji i ostalog.

#### 4.8. Roštiljne konstrukcije

Roštiljne konstrukcije za stabilizaciju prirodnog ili umjetnog zasjeke u upotrebi su više od 30 godina diljem svijeta. Ovakav tip sustava zaštite može se koristiti kao zaštita od erozije ili kao potporna konstrukcija kombinirana sa sidrima. Najčešće se područje okruženo izvedenim gredama ozelenjava kako bi se takva konstrukcija i estetski uklopila u okoliš. Zbog svoje geometrije jednostavno prilagođavaju se nepravilnom terenu i ostvaruju dobar kontakt s podlogom.



Slika 86. Roštiljna konstrukcija protiv erozije



Slika 87. Potporna roštiljna konstrukcija u kombinaciji sa sidrima

#### *Osnovna struktura roštiljnih konstrukcija*

Osnovna komponenta roštiljnih konstrukcija uključuje jedinstveni okvir izrađen od armirano-betonskih greda. Na prethodno ugrađenu oplatu ugrađuje se armatura za buduće armirano-betonske grede. Uobičajene dimenzije mjesta presjeka dviju greda iznose 200 x 600 x 600 mm, ovisno o nosivosti koju je potrebno zadovoljiti. Također,

uobičajena udaljenost između dvije susjedne grede kreće se od 1.5 m do 3 m od osi do osi grede, ovisno o propračunu i silama koje takva konstrukcija mora preuzeti (slika 87).



Slika 88. Postavljeni sustav roštiljne konstrukcije

Već je spomenuto kako se roštiljne konstrukcije najčešće koriste u kombinaciji sa sidrima prilikom stabilizacije pokosa. Sidra se izvode nakon armirano-betonskih greda na mjestima presjeka greda kroz, prethodno ostavljene u oplati, šuplje cijevi. Šuplje cijevi služe kako bi se sidra izvela upravo na tim mjestima, vidljivo na slici 88.

Projektiranje roštiljne konstrukcije uključuje odabir dimenzije mjesta presjeka dviju greda, potrebnu količinu armature, udaljenost između dviju susjednih greda te potrebnu čvrstoću.

Takvi parametri mogu se dobiti iz:

- analize stabilnosti promatranog pokosa
- analize sila koje djeluju na mjestima presjeka AB greda (vlačna sila prenosi se preko sidra na roštiljnu konstrukciju). Generalno, maksimalna vlačna sila koja se može pojaviti iznosi u rasponu 300 – 500 kN

Naprezanje je uobičajeno analizirano u vidu savijanja i posmičnih naprezanja na AB grede roštiljne konstrukcije. Armirano-betonska greda roštiljne konstrukcije projektira se kao kontinuirana greda s osloncima na mjestima presjeka ili kao kontinuirana greda na elastičnoj podlozi, ovisno o materijalu pokosa (Winklerov model).

#### 4.9. Krute i fleksibilne barijere za zaštitu od odrona

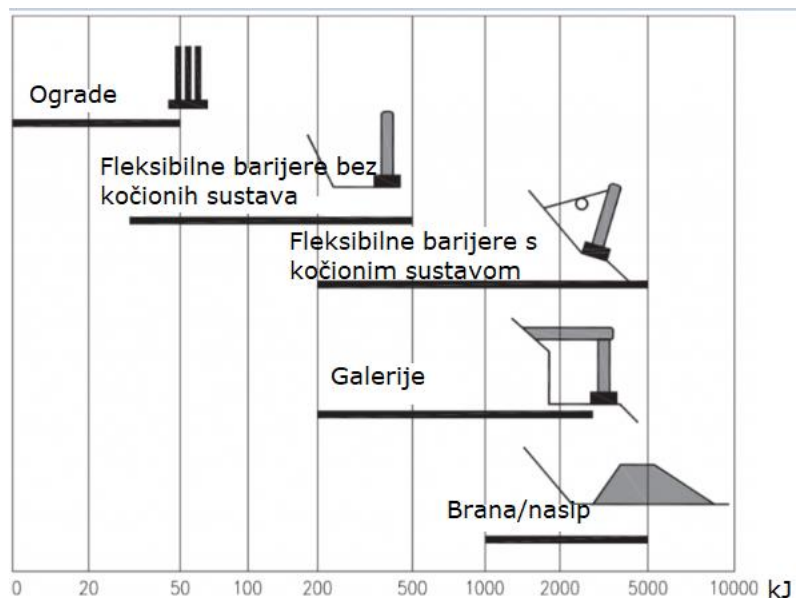
Barijere predstavljaju pasivni sustav zaštite od odrona. Koriste se na područjima gdje se očekuju odroni nestabilnih stijenskih blokova. Najbitnije karakteristike kojima su barijere definirane su:

- energetski razred
- visina barijere
- elongacija barijere uslijed odrona.

Barijere funkcioniraju na način da absorbiraju energiju udara stijenskog bloka. Energija bloka definirana je masom i brzinom bloka. Takav tip zaštite od odrona samo je jedan od mnogih, a primjena im ovisi o energiji udara. Upravo zbog toga razlikujemo:

- krute ograde i galerije
- fleksibilne konzolne barijere
- fleksibilne barijere sa sustavom užadi.

Danas se najčešće koriste fleksibilne ograde koje omogućavaju deformaciju sustava, a ujedno su i estetski bolja rješenja (slika 92). Upravo zbog toga naglasak u ovom dijelu rada bit će na fleksibilne barijere, dok će se krute samo ukratko objasniti.



Slika 89. Primjeri sustava zaštite od odrona

#### 4.9.1. Krute barijere za zaštitu od odrona

Krute barijere koriste se na području gdje se ne očekuju odroni većih stijenskih blokova s većom kinetičkom energijom. Pouzdani su sustavi, no razvojem novijih tehnologija sve se manje izvode. Konstrukcije koje se izvode su krute ograde i galerije. Konstrukcije koje se koriste za ovakav tip zaštite ponekad mogu biti masivne i estetski neprihvatljive. Jedan od primjera se može vidjeti na slici 90.



Slika 90. Konstrukcija za zaštitu od odrona – galerija

#### 4.9.2. *Fleksibilne barijere za zaštitu od odrona*

Fleksibilne barijere projektirane su na način da zaustave odron nastao nestabilnostima stijenskog pokosa. Za razliku od krutih konstrukcija fleksibilne barijere dopuštaju deformaciju u odnosu na očekivanu energiju odrona i tako se projektiraju, odnosno primjenjuju. Mogu biti konzolne ili sa zateznom užadi.



Slika 91. Konzolna fleksibilna barijera protiv odrona

Barijere se isporučuju u kompletu sa svim potrebnim elementima:

- nosiva mreža
- čelična užad
- temeljne ploče
- stupovi
- kočioni sustav
- sidra za sidrenje barijere.

Proizvod predstavlja iznimno kvalitetnu zaštitu od odrona na mjestima koja nisu lako dostupna i na mjestima gdje obični sustavi nisu dovoljni. U ovom dijelu rada spomenut će se nekoliko vrsta barijera od različitih proizvođača.

Već je ranije spomenuto kako se barijere dijele prema energetskom razredu, visini i elongaciji. Upravo su to najznačajnije karakteristike koje će se i prikazati tablicom 50 i 51. Energija koja se može apsorbirati iznosi sve do 10000 kJ, a cijeli sustav je osmišljen kako bi ugradnja bila što jednostavnija i brža.

*Tablica 50. Standardni parametri za Maccaferri fleksibilne barijere*

Proizvod	Apsorbirana energija (kJ)	Nominalna visina barijere (m)	Max. elongacija barijere (m)
RB 750 plus	750	3,16	4,21
RB 1500 plus	1637	4,0	5,80
RMC 200A plus	2083	4,0	5,25
RMC 300A plus	3163	5,0	6,05
RMC 850A plus	8644	7,0	8,10

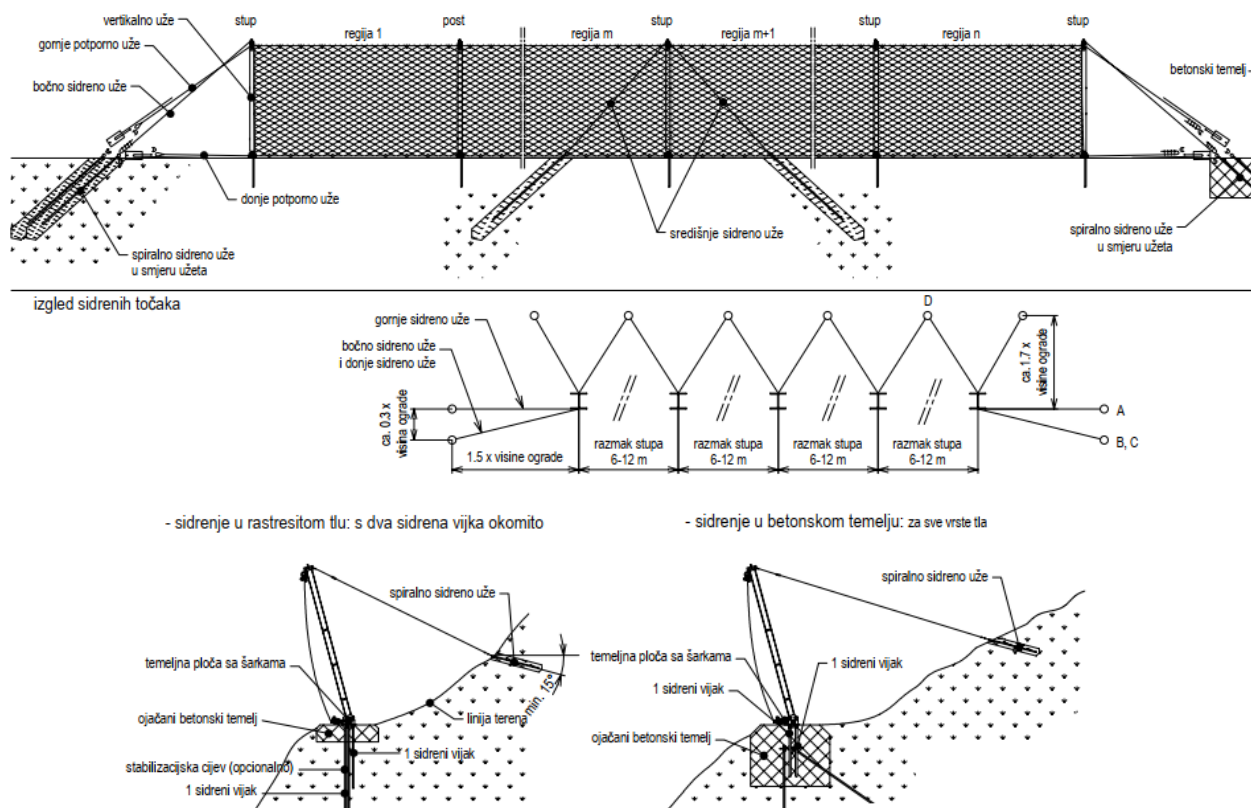


Slika 92. Stvarno stanje na terenu



Tablica 51. Standardni parametri za Geobrugg fleksibilne barijere

Proizvod	Apsorbirana energija (kJ)	Nominalna visina barijere (m)
GBE 100A	>100	2 - 4.5
GBE 500A	>500	3 - 3.5
GBE 1000A	>1000	4 - 5
GBE 3000A	>3000	5 - 6
RXE 500	500	3 - 5
RXE 1000	1000	4 - 5
RXE 2000	2000	5 - 6
RXE 3000	3000	5 - 6
RXE 5000	5000	6 - 7
RXE 8000	8000	7 - 8
RXE 10000	10000	7 - 8



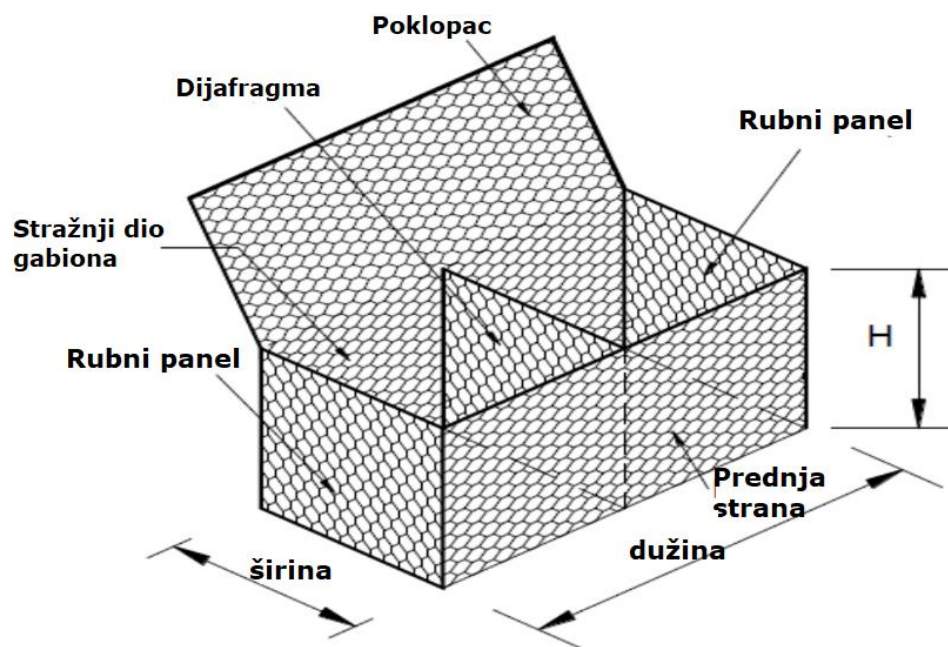
Slika 93. Shema RXE 1000 fleksibilne barijere

Sve navedene fleksibilne barijere zaštićene su u leguri cinka i aluminija (Zn – Al 5%) klase A. Ovisno o uvjetima ugradnje odabire se i kategorija prema tablici 26.

#### 4.10. Gabionske konstrukcije

##### 4.10.1. Gabioni

Gabioni su košare sa žičanom mrežom kompaktno ispunjene kamenjem koje se koriste kao moderni zidni sustavi (slika 97). Gabioni sa statičkom funkcijom najčešće imaju funkciju gravitacijskih zidova, a mogu biti i u funkciji ojačanja tla (TERRAMEH SUSTAV, ZELENI TERRAMESH SUSTAV ili MINERALNI ZELENI TERRAMESH). Gabioni bez statičke funkcije postavljaju se radi uređenja lica pokosa.



Slika 94. Shema gabionskog koša

Gabion se sastoji od košare i kamene ispune. Košara može biti izrađena od dvostruko uvijene mreže ili biti varena. Dimenzije gabionskih košara su 1.0 x 1.0 x (1.0; 1.5 ; 4.0 m). Kao kamena ispuna najčešće se upotrebljava andenzit i granit (frakcije 150-300 mm). Fleksibilne gabionske strukture na slici 98 pretežno se upotrebljavaju za više statičke oblike. Otporne su na velike sile, dozvoljavaju pomake te ukoliko dođe do otkazivanja nekog dijela strukture, konstrukcija ostaje i dalje stajati. S druge strane, krute gabionske

strukture koriste se za niže statičke oblike (< 1-2 m). Nisu fleksibilne te ukoliko dođe do popuštanja određenog vara, može doći do popuštanja cijele konstrukcije.



Slika 95. Primjer fleksibilne gabionske konstrukcije.



Slika 96. Prikaz gabionskog zida za zaštitu pokosa na području Maslenice

U tablici 52 prikazane su tehničke karakteristike pojedinog tipa mreže koje se koriste za gabionske koševe.

Tablica 52. Tehničke karakteristike gabiona

Tip gabiona	Tip mreže	Širina otvora M (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
Gabion GalMac	6x8	60	55	82
Gabion GalMac	8x10	80	50 60	67 82
Gabion GalMac PVC	8x10	80	50	67
Gabion Galmac PVC + PA6	8x10	80	50	67

Antikorozivna zaštita koja se koristi kod gabiona jest Galvanizacija ili Galvanizacija (95%Zn+5%Al) u kombinaciji s PVC presvlakom za dodatnu zaštitu ili Galvanizacija u kombinaciji s poliakrilnom zaštitom (PA) (tablica 53).

Tablica 53. Antikorozivna zaštita za gabione

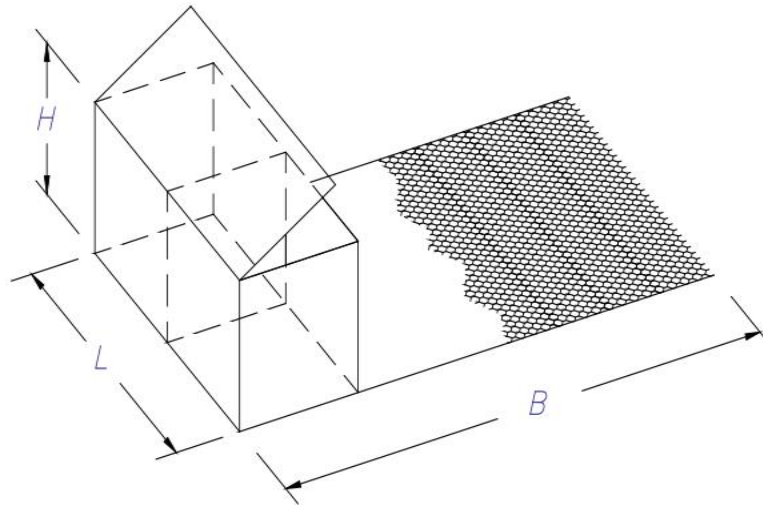
Tip gabiona	Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost
Gabion Galfan	6x8	Zn – Al 5%	A	10 – 50 godina
Gabion Galfan	8x10	Zn – Al 5%	A	10 – 50 godina
Gabion Galfan + PVC	8x10	Zn – Al 5% + PVC	A	>120 godina
Gabion Galfan + PA6	8x10	Zn – Al 5% + PVC + PA6	A	>120 godina

Prednosti gabiona u odnosu na ostale konstrukcije zaštite su: suha gradnja, povoljna cijena i mogućnost uporabe lokalnih materijala, fleksibilnost i propusnost te sama estetska svrhovitost. Gabioni su u svojoj funkcionalnosti prvenstveno gravitacijski zidovi, ali u kombinaciji s mrežom ili geomrežom mogu služiti za ojačanje pokosa.

#### 4.10.2. Terramesh sustav

Terramesh sustav je modularni sustav koji se koristi za oblikovanje kamenih zidova i nasipa. Sastoji se od dvostruko uvijene žičane mreže (tip 8 × 10), debljina žice 2.7/3.7 mm s PVC oblogom ili debljina žice 2.2/3.2 mm s PVC oblogom. Mogu dolaziti u 3 vrste nagiba: 60°, 65° i 70°. Dužina repa kod svih terramesh sustava može iznositi od 3 do 8

metara i širina 3 m. Visine variraju prema kutu nagiba od 0,70 m, 0,73 m i 0,76 m. Rep gabiona, lice i poklopac su jedna neprekinuta cjelina mreže što je vidljivo na slici 97.



Slika 97. Shema TERRAMESH sustava zaštite.

TERRAMESH sustav ima široku primjenu u građevinarstvu. Ovim sustavom moguće je ojačati pokose armiranjem tla sa stepenastim licem i nagibom do  $70^{\circ}$ , za zaštitu od buke, zaštitu pokosa od erozije te za utvrđivanje obala.



Slika 98. Primjena TERRAMESH sustava za stabilizaciju trupa prometnice

U tablica 54 prikazane su tehničke karakteristike pojedinog tipa mreže koje se koriste za TERRAMESH sustav.

Tablica 54. Tehničke karakteristike TERRAMESH sustava

Tip TERRAMESH sustava	Tip mreže	Širina otvora M (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
TERRAMESH Galfan + PVC	8x10	80	50	67
TERRAMESH Galfan + PA6	8x10	80	50	67

Antikorozivna zaštita koja se koristi kod TERRAMESH sustava je Galfan u kombinaciji s PVC presvlakom za dodatnu zaštitu ili Galfan u kombinaciji s PA (Poliakrilna zaštita) (tablica 55).

Tablica 55. Antikorozivna zaštita za TERRAMESH sustav.

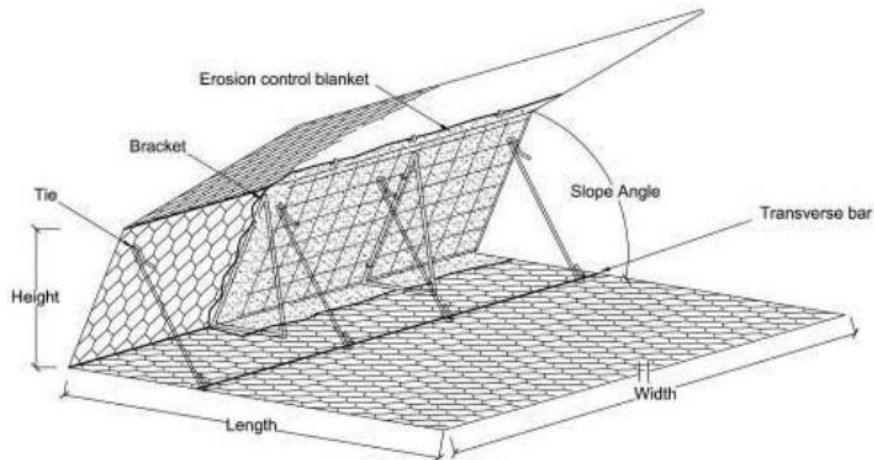
Tip TERRAMESH sustava	Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost (god.)
TERRAMESH Galfan + PVC	8x10	Zn – Al 5% + PVC	A	<120
TERRAMESH Galfan + PA6	8x10	Zn – Al 5% + PA6	A	>120

Može se zaključiti da se, u odnosu na klasične gravitacijske sustave, TERRAMESH sustav ističe boljom raspodjelom i prijenosom opterećenja unutar same strukture, malom potrebom za temeljenjem strukture, mogućnošću upotrebe lokalnog materijala, ekonomičnošću, brzinom izvedbe i mogućim raznim rješenjima.

#### 4.10.3. *Green terramesh sustav*

Funkcija Green Terramesh sustava je ista kao i kod Terramesh sustava uz mogućnost ozelenjavanja lica zida. Green Terramesh je ekološki prihvatljiv modularni sustav koji se koristi za oblikovanje vegetiranih (zelenih) ojačanih tla i nasipa. Sastoji se od dvostruke uvijene žičane mreže (tip 8 × 10) obložene materijalom za kontrolu erozije i Q armaturnom mrežom. Isporučuju se dva predformirana čelična zatezača za spajanje na mjestu rada kako bi jedinica održala kut nagiba. Debljina žice 2.7/3.7 mm s PVC oblogom ili debljina

žice 2.2/3.2 mm s PVC oblogom. Mogu dolaziti u 3 vrste nagiba: 60°, 65° i 70°. Dužina repa kod svih terramesh sustava može iznositi od 3 do 8 metara, a širina terramesh sustava je 3 m. Visine variraju prema kutu nagiba od 0,70 m, 0,73 m i 0,76 m. Kod žice debljine 2.2/3.2 mm s PVC oblogom dolaze samo pod nagibom od 60°.



Slika 99. Shematski prikaz GREEN TERRAMESH sustava

Lice pod kutem i materijal za kontrolu erozije osmišljeni su kako bi olakšali uspostavljanje prirodne vegetacije.

Sustav se jednostavno instalira na mjestu, čelični zatezači podupiru lice pod određenim kutom bez potrebe za vanjskim oplatom. Zatrpavanje nasipnim materijalom izvodi se na geomreže te zbijanje istog za ojačanje tla, a odmah iza lica se ispunjavaju sa zemljom i nasipnim materijalom. U mineralnoj verziji lice se napuni kamenjem umjesto vegetativnog tla, a okrenute čelične ploče imaju manji otvor i imaju premaz od Galmac 10% Al za arhitektonsku namjenu.



Slika 100. Prikaz uporabe GREEN TERRAMESH sustava

U tablici 56 prikazane su tehničke karakteristike pojedinog tipa mreže koje se koriste za GREEN TERRAMESH sustav.

Tablica 56. Tehničke karakteristike za GREEN TERRAMESH sustav

Tip TERRAMESH sustava	Tip mreže	Širina otvora M (mm)	Nominalna vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
GREEN TERRAMESH Galfan + PVC	8x10 Light	80	35	/
GREEN TERRAMESH Galfan + PA6	8x10	80	50	/

### Antikorozivna zaštita

Antikorozivna zaštita koja se koristi kod TERRAMESH sustava je GalMac u kombinaciji s PVC presvlakom za dodatnu zaštitu ili GalMac u kombinaciji s PVC + PA6 (tablica 57).

Tablica 57. Antikorozivna zaštita za TERRAMESH sustav

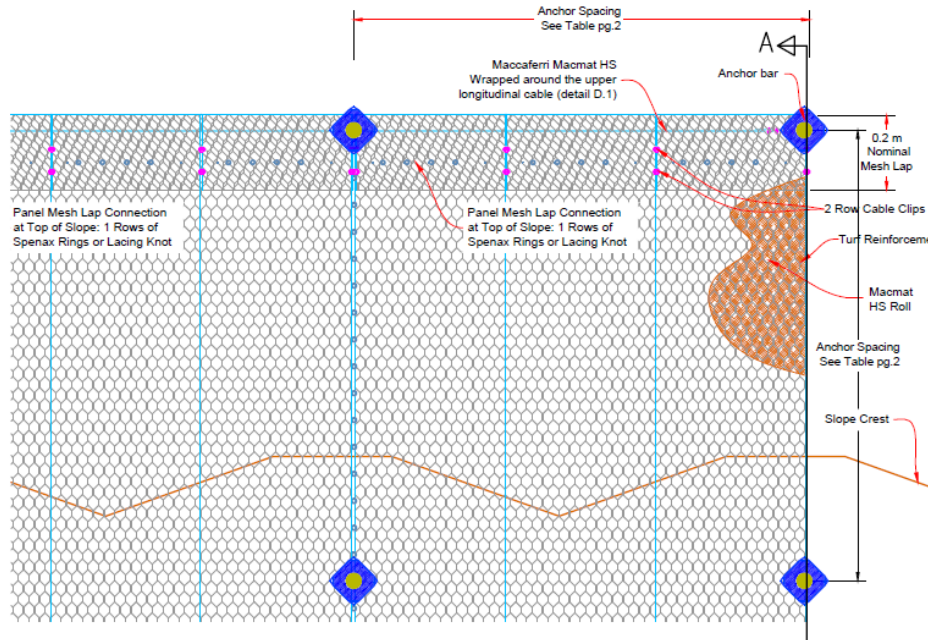
Tip TERRAMESH sustava	Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost (god.)
TERRAMESH Galfan + PVC	8x10	Zn – Al 5% + PVC	A	>120
TERRAMESH Galfan PVC + PA6	8x10	Zn – Al 5% + PA6	A	>120



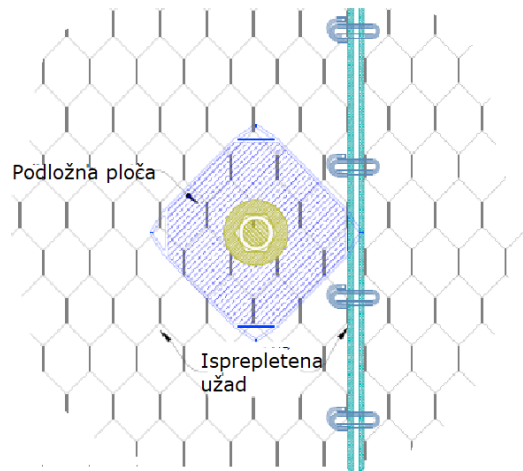
GREEN TERRAMESH sustav ima iste prednosti kao i TERRAMESH sustav u odnosu na klasične gravitacijske sustave, uz dodatnu pogodnost ozelenjavanja zaštićenog pokosa što pridonosi estetici. GREEN TERRAMESH sustav služi za ojačavanje pokosa kuta nagiba 45°, 60°, 65° i 70°, ojačanje brana i riječnih obala kuta nagiba 45° do 60°, ojačanje dvostranih nasipa te zaštitu od buke.

#### 4.10.4. *MACMAT HS*

MacMat HS je poseban ojačani geokompozit izrađen od polipropilenskog 3D matriksa. Tijekom proizvodnje 3D matriks se ekstrudira na dvostruko uvijenu heksagonalnu mrežu tipa 8x10 ojačanu čeličnim užadima visoke vlačne čvrstoće. Takav sustav mreža poznatiji je kao Steelgrid sustav opisan ranije u ovom radu. MacMat HS može doći u kombinaciji sa sidrima kao sustav čavlanog tla. Uobičajene dimenzije ovakvog sustava su 2 m širine i 25 m dužine. Na sljedećim slikama mogu se vidjeti sheme jednog takvog sustava.



Slika 101. Shema MacMat sustava u kombinaciji sa sidrima.



Slika 102. Detalj spoja dviju mreža i sidra

MacMat geokompozit koji dolazi u kombinaciji sa Steelgrid sustavom mora biti minimalne debljine od 12 mm. Mehaničke značajke u vidu vlačne čvrstoće i otpornosti na proboj neće se previše razlikovati u odnosu na Steelgrid sistem. U tablici 58. prikazat će se osnovne značajke tog materijala. Otpornost na proboj, kao i vlačna čvrstoća tog materijala ne bi trebale biti manje od 70 kN, tj. kN/m.

Tablica 58. Mehaničke značajke MacMat geokompozita

Tip	Vlačna čvrstoća (kN/m)	Otpornost na proboj (kN)
MacMat HS 100 8127G0	73	74

Antikorozivna zaštita koja se provodi je premaz Galfan s udjelom od 95% cinka i 5% aluminija. Količina premaza je 245g/m<sup>2</sup> što odgovara klasi A s dodatkom PVC sloja debljine 0.5 mm. Iznesene vrijednosti prikazane su u tablici 59.

Tablica 59. Antikorozivna zaštita za MacMat HS 100 geokompozit

Tip sustava	Tip mreže	Vrsta antikorozivne zaštite	Klasa	Trajnost (god.)
MavMat HS 100 Galfan + PVC	8x10	Zn – Al 5% + PVC	A	>120

MacMat geokompozit koristi se ukoliko je na lokaciji potrebna stabilizacija pokosa i kontroliranje erozije. Svojom strukturom vrlo je pogodan za kasniji rast vegetacije, te samim time pridonosi boljem estetskom izgledu pokosa.

## **5. ANALIZA PRIMJENE CRHRS METODE RADI UTVRĐIVANJA RIZIKA OD ODRONA STIJENSKE MASE NA PROMETNICAMA U REPUBLICI HRVATSKOJ**

U ovom poglavlju izvedena je analiza karakterističnih lokacija na cestama u Republici Hrvatskoj prema CRHRS (Colorado Rockfall Hazard Rating System) metodologiji kako bi se vidjela primjenjivost ove metode na uvjete u Republici Hrvatskoj. Lokacije su odbabrane na način da su geografski dovoljno udaljene jedna od druge, da su geološki drugačije, ali vezane uz karbonatnu stijensku masu. Također se vodilo računa da su lokacije vezane za primorsku Hrvatsku, Gorski kotar, sjevernu Dalmaciju, centralnu Dalmaciju i južnu Dalmaciju kako bi bio pokrivena čitava zona u Republici Hrvatskoj u kojoj se nalaze karbonatne stijenske mase. Uz to vrlo je bilo bitno da su te lokacije već sanirane kako bismo imali mogućnost provjere mjera zaštite u kasnijoj fazi na svaku pojedinu lokaciju. Ukupno je obrađeno 7 lokacija. U nastavku su prikazani rezultati provedenih analiza po lokacijama.

### **5.1. Oštrovica – Kikovica – sanacija pokosa**

#### *5.1.1. Osnovne informacije o lokaciji Oštrovica - Kikovica*

Istraživano područje nalazi se na dionici autoceste Zagreb – Rijeka (A6) na 63+500 km u smjeru Rijeke. Visina pokosa kreće se između cca 12,0 m i 25,0 m. Usjek je duljine 250,0 m te se zahvat radi po cijelom usjeku.

Na predmetnoj lokaciji uočene su nestabilnosti pokosa u vidu raspucalosti stijenske mase i ispadanja dijelova stijenske mase na postojeću prometnicu te mogućnosti klizanja manjih i većih blokova stijene duž nepovoljno orijentiranih diskontinuitetnih površina. U sklopu projekta provedeni su istražni radovi, obavljeno je snimanje pokosa i neki od kritičnih dijelova pokosa prikazani su na slikama 104 i 105.



Slika 103. Lokacija pokosa na dionici autoceste A6.



Slika 104. Pogled na stijenski pokos u km 63+500 u smjeru Rijeke



Slika 105. Pogled na stijenski pokos u km 63+500 u smjeru Rijeke

### 5.1.2. Inženjerskogeološke značajke lokacije Oštrovica - Kikovica

Istraživani pokos nalazi se stotinu metara sjeverno od čvora Oštrovica, prema vijaduktu Bukovo u smjeru Rijeke. Korištenjem različitih klasifikacija ustanovljeno je da se stijena na promatranom području može svrstati u srednje dobru kvalitetu (II. do III. stijenska kategorija). Stijenska masa predstavljena je s tri seta diskontinuiteta, od kojih se svaki posebno promatra i boduje prema CRHRS metodi. Na određenim dijelovima uočena su pogoršanja kvalitete zbog kavernoznih oblika ispunjenih glinom. Promatrano područje nalazi se u vapnencima, gdje je slojevitost izražena pretežito debljinama 20 – 40 cm.

### 5.1.1. Analiza lokacije primjenom CRHRS metode na lokaciji Oštrovica – Kikovica

Primjenom CRHRS metode predmetna lokacija se bodovala te je određen stupanj rizika od stijenskih odrona. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji sumirane su u tablici 62 i 63. Postupak ocjenjivanja proveden je pomoću tablice 60 za jednu inženjerskogeološku cijelinu, a na kraju su bodovi zbrojeni za sve inženjerskogeološke cijeline i sumirani tablicom 65. Stupanj rizika se definira kao nizak, umjereno nizak, umjeren, umjereno visok i visok stupanj rizika od odrona stijenske mase.

Tablica 60. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji

Podatci o gradilištu	
Trasa	Autocesta Zagreb – Rijeka A6
Identifikacijski br. segmenta	RN0490 - 18
Županija	Primorsko - goranska
Stacionaža	Početna: 64+000,00
	Krajnja: 64+160,00
D/L od centralne linije	Desno od centralne linije

Tablica 61. Stvarne vrijednosti opisane projektom

Stvarne vrijednosti	
Visina pokosa (m)	12 – 25 (uzet prosjek 18.5 m)
Kut nagiba (°)	80 - 85
Jarak	Nema
Duljina preglednosti (m)	250 – 340 (prema pravilniku – potrebna udaljenost)
Ograničenje brzine (km/h)	130 (prema pravilniku)
PLDP (2016., 2017.)	17 309.5
Gl. potencijal klizanja	Klizanje manjih i većih blokova duž nepovoljno orijentiranih diskontinuiteta
Dominantna udaljenost vidljivosti	Horizontalna
Učinkovitost postojeće sanacije	Vrlo loša - F
Dominantni model odronjavanja	Sedimentne stijene



Tablica 62. Primjer bodovanja regije 1 - Oštrovica

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	6 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine/ Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terena)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
	Sliv jarka	95% do 100%/ Klasa 1	65% do 94% / Klasa 2	30 % do 64% / Klasa 3	< 30% / Klasa 4/ ≥ Jako velike značajke pokretanja	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	< 25.5 cm/m <sup>2</sup>	25.5 do 51 cm/m <sup>2</sup>	51 do 89 cm/m <sup>2</sup>	> 89 cm/m <sup>2</sup>	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan/Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E, W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5 cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5 cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
	Krist. stijena	Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Prevjes	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Trošnost	Svježā	Obojana površina	Blago promjenjena/omekšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajaj	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m , dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Duljina vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	

Tablica 63. Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom

Promatrano područje Oštrovica					
Ocjena za inženjerskogeološko područje 1	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	501/2187
	72	117	222	90	
Ukupan broj bodova	501				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 2	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	495/2187
	72	117	216	90	
Ukupan broj bodova	495				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 3	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	483/2187
	72	117	144	90	
Ukupan broj bodova	423				
Stupanj rizika	Nizak	Umjereno nizak	Umjeren	Umjereno visok	Visok
	<300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	>600
Inženjerskogeološko područje 1	Umjereno visok				
Inženjerskogeološko područje 2	Umjeren				
Inženjerskogeološko područje 3	Umjeren				

## 5.2. Bosiljevo – Vrbovsko – sanacija pokosa

### 5.2.1. Osnovne informacije o lokaciji Bosiljevo – Vrbovsko

Obostrani usjek duljine 500 m nalazi se na autocesti Zagreb – Rijeka na km 15+500, nekoliko kilometara istočno i jugoistočno od Vrbovskog u Gorskom kotaru. Nestabilne zone pojavljuju se na pokosima s jedne i druge strane, a visine tih pokosa kreću se 4 – 20 m. Kao i na prethodnoj lokaciji uočene su nestabilnosti stijenske mase u vidu raspucalosti stijenske mase i ispadanje dijelova stijenske mase na postojeću prometnicu.

Također, u sklopu istražnih radova provedeno je snimanje pokosa, a fotografije su prikazane u nastavku.



Slika 106. Lokacija pokosa na dionici autoceste A6



Slika 107. Pogled na stijenski pokos u smjeru  
Rijeke



Slika 108. Pogled na stijenski pokos u  
smjeru Zagreba

### 5.2.2. Inženjerskogeološke značajke lokacije Bosiljevo - Vrbovsko

Inženjerskogeološkim snimanjem područja usjeka uočene su manje zone stabilnosti, vezane za pojavu glinovitih komponenti unutar pukotina. Naslage koje se nalaze u

promatranim usjecima zastupljene su pretežno vapnencima koji ponegdje prelaze u vapnenačkedolomite.

Na slici 108 na promatranim usjecima prevladavaju vertikalni i subvertikalni diskontinuiteti, dok je u lijevim dijelovima usjeka, pored vertikalne razlomljenosti, ponegdje prisutna i znatna međuslojna horizontalna ili koso nagnuta razlomljenost. Promatrane stijenske mase u usjecima mogu se svrstati u srednje dobru kategoriju (III kategorija), a samo ponegdje ima lokalnih pogoršanja zbog kavernoznih oblika ispunjenih glinom.

### 5.2.3. Analiza lokacije primjenom CRHRS metode na lokaciji Vrbovsko - Bosiljevo

Postupak ocjenjivanja proveden je prema CRHRS metodi i prikazan u tablici 64 za jedno inženjerskogeološko područje, a na kraju su bodovi zbrojeni za sva inženjerskogeološka područja i sumirani u tablici 67. Stupanj rizika se definira kao nizak, umjereno nizak, umjeren, umjereno visok i visok stupanj rizika od odrona stijenske mase.

Tablica 64. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji (M.S.Kovačević, Bačić 2015)

Podatci o gradilištu	
Trasa	Autocesta Zagreb – Rijeka A6
Identifikacijski br. segmenta	RN0490 - 18
Županija	Primorsko - goranska
Stacionaža	Početna: 15+150,00
	Krajnja: 15+650,00
D/L od centralne linije	Lijevo od centralne linije

Tablica 65. Stvarne vrijednosti opisane projektom

Stvarne vrijednosti	
Visina pokosa (m)	4 – 24
Kut nagiba (°)	70 - 80
Jarak	Nema
Duljina preglednosti (m)	150 - 280 (prema pravilniku – potrebna udaljenost)
Ograničenje brzine (km/h)	100 -120 (prema pravilniku)
PLDP (2016., 2017.)	23 266
Gl. potencijal klizanja	Klizanje manjih i većih blokova duž nepovoljno orijentiranih diskontinuiteta
Dominantna udaljenost vidljivosti	Horizontalna
Učinkovitost postojeće sanacije	Vrlo loša - F
Dominantni model odronjavanja	Sedimentne stijene

Tablica 66. Primjer bodovanja za Inženjersku regiju 1 - Bosiljevo

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	6 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine/ Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terene)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
	Sliv jarka	95% do 100%/ Klasa 1	65% do 94% / Klasa 2	30 % do 64% / Klasa 3	< 30% / Klasa 4 / ≥ Jako velike značajke pokretanja	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	< 25.5 cm/m <sup>2</sup>	25.5 do 51 cm/m <sup>2</sup>	51 do 89 cm/m <sup>2</sup>	> 89 cm/m <sup>2</sup>	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan/Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E, W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122 cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
	Krist. stijena	Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Prevjes	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Trošnost	Svježā	Obojana površina	Blago promijenjena/omekšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajan	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Udaljenost vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	



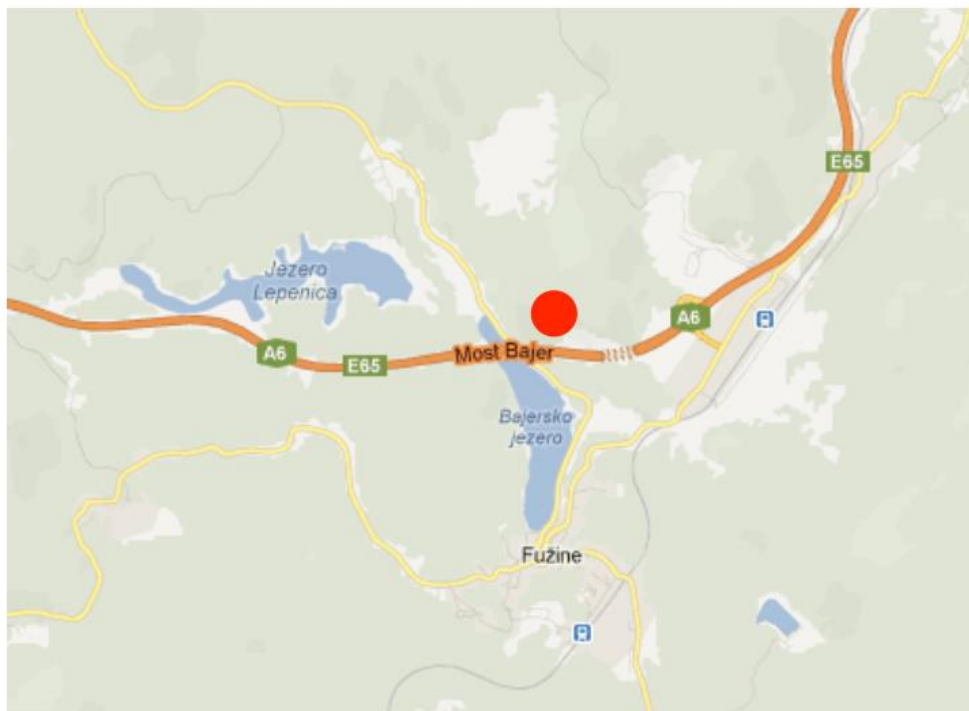
Tablica 67. Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom

Promatrano područje Vrbovsko - Bosiljevo					
Ocjena za inženjerskogeološku regiju 1	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	519/2187
	72	117	150	90	
Ukupan broj bodova	429				
Ocjena za inženjerskogeološku regiju 2	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	459/2187
	72	117	144	90	
Ukupan broj bodova	423				
Ocjena za inženjerskogeološku regiju 3	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	393/2187
	72	117	72	90	
Ukupan broj bodova	352				
Stupanj rizika	Nizak	Umjereno nizak	Umjeren	Umjereno visok	Visok
	<300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	>600
Inženjerskogeološka regija 1	Umjeren				
Inženjerskogeološka regija 2	Umjeren				
Inženjerskogeološka regija 3	Umjereno nizak				

### 5.3. Oštrovica – Vrata – sanacija pokosa

#### 5.3.1. Osnovne informacije o lokaciji Oštrovica - Vrata

Predmetna lokacija nalazi se u Primorsko-goranskoj županiji, na autocesti A6 Rijeka - Zagreb, dionica Oštrovica – Vrata na km 52+310. Pokos predusjeka tunela čini šest etaža međusobno odvojenim bermama. Lokacija istraženog pokosa prikazana je na slici 109.



Slika 109. Lokacija pokosa predusjeka Tunela Vrata

#### 5.3.2. Inženjerskogeološke značajke lokacije Oštrovica - Vrata

Već je spomenuto kako pokos čini 6 etaža odvojenih bermama, na visini od 770 do 825 m nadmorske visine. Slojevitost je jasno izražena u vapnenačkoj stijeskoj masi, debljine od oko 0,7 do 2,0 m, a ponegdje i tanji sloj od 0,2 do 0,3 m. Istraživani dio podijeljen je u tri inženjerskogeološke zone u ovisnosti o pojavama nestabilnosti. Duž predmetnog pokosa javljaju se nestabilnosti u obliku ispadanja i klizanja blokova obujma 0,5 do 5,0 m<sup>3</sup> duž nepovoljno orijentiranih diskontinuiteta i njihovih sistema, rasjednih zona te nepravilnih pukotina izazvanih erozijom. Nisu provedeni hidrogeološki istražni radovi, no postoji mogućnost pojave podzemne vode. (Grošić 2012)



Slika 110. Pogled na pokos predusjeka Tunela *Vrata*

### 5.3.3. *Primjena CRHRS metode na lokaciji Oštrovica - Vrata*

Postupak ocjenjivanja proveden je pomoću tablice 70 za jednu inženjerskogeološku cjelinu, a na kraju su bodovi zbrojeni za sve inženjerskogeološke cjeline i sumirani tablicom 71. Stupanj rizika se definira kao nizak, umjereno nizak, umjeren, umjereno visok i visok stupanj rizika od odrona stijenske mase.

Tablica 68. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji

Podatci o gradilištu	
Trasa	Autocesta Zagreb – Rijeka A6
Identifikacijski br. segmenta	RN0490 - 18
Županija	Primorsko - goranska
Stacionaža	Početna: 52+310,00
D/L od centralne linije	Desno od centralne linije

Tablica 69. Stvarne vrijednosti opisane projektom

Stvarne vrijednosti	
Visina pokosa (m)	10 - 12
Kut nagiba (°)	70 - 80
Jarak	Nema
Duljina preglednosti (m)	150 - 280 (prema pravilniku – potrebna udaljenost)
Ograničenje brzine (km/h)	100 - 120 (prema pravilniku)
PLDP (2016., 2017.)	24 148
Gl. potencijal klizanja	Klizanje manjih i većih blokova duž nepovoljno orijentiranih diskontinuiteta
Dominantna udaljenost vidljivosti	Horizontalna
Učinkovitost postojeće sanacije	Vrlo loša - F
Dominantni model odronjavanja	Sedimentne stijene

Tablica 70. Primjer bodovanja Inženjerske regije 1 - Vrata

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	6 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje – Sezonski	Tijekom cijele godine/ Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 – 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terene)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
	Sliv jarka	95% do 100%/ Klasa 1	65% do 94% / Klasa 2	30 % do 64% / Klasa 3	< 30% / Klasa 4/ ≥ Jako velike značajke pokretanja	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	< 25.5 cm/m <sup>2</sup>	25.5 do 51 cm/m <sup>2</sup>	51 do 89 cm/m <sup>2</sup>	> 89 cm/m <sup>2</sup>	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan / Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E , W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
	Krist. stijena	Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Prevjes	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Trošnost	Svježā	Obojana površina	Blago promjenjena/omekšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajaj	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do Uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Udaljenost vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	

Tablica 71. Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom

Promatrano područje Oštrovica – Vrata					
Ocjena za inženjerskogeološko područje 1	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	378/2187
	48	111	129	90	
Ukupan broj bodova	378				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 2	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	378/2187
	48	111	129	90	
Ukupan broj bodova	378				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 3	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	453/2187
	48	111	204	90	
Ukupan broj bodova	453				
Stupanj rizika	Nizak	Umjereno nizak	Umjeren	Umjereno visok	Visok
	<300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	>600
Inženjerskogeološko područje 1	Umjereno nizak				
Inženjerskogeološko područje 2	Umjereno nizak				
Inženjerskogeološko područje 3	Umjeren				

## 5.4. Čvor Škurinje – Riječka zaobilaznica

### 5.4.1. Osnovne informacije o lokaciji Čvor Škurinje

Predmetna lokacija nalazi se u Rijeci neposredno nakon izlaza iz Tunela „Škurinje I“ s desne strane u smjeru Rupe (slika 111). Pokos se nalazi na stacionaži 23 + 950 km.



Slika 111. Prikaz lokacije pokosa

Visina pokosa kreće se između 10,0 m i 23,0 m, a duljina zahvata je 70,0 m. Na lokaciji su uočene nestabilnosti u vidu raspucalosti stijenske mase i ispadanja dijelova stijenske mase na prometnicu. Postoji mogućnost klizanja manjih i većih blokova stijene duž nepovoljno orijentiranih diskontinuitetnih površina. Predmetna lokacija snimljena je iz zraka i prikazana na slikama u nastavku.





Slika 112. Pogled na stijenski pokos na km 23 + 950 autoceste Rijeka – Zagreb (foto M.S. Kovačević)



Slika 113. Lijevi pogled na stijenski pokos na km 23 + 950 autoceste Rijeka – Zagreb (foto M.S.Kovačević)

#### 5.4.2. *Inženjerskogeološke značajke lokacije Čvor Škurinje*

Predmetna lokacija sastoji se od jedne litografske jedinice unutar koje su geološke i geotehničke karakteristike bitne za problem zaštite pokosa približno istovjetne. Litografsku jedinicu čine foraminiferski vapnenci.

### 5.4.3. Primjena CRHRS metode na lokaciji Čvor Škurinje

U tablicama 74 i 75 sumirane su osnovne informacije, dok se predmetna lokacije ocijenila pomoću tablice 76.

Tablica 72. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji

Podatci o gradilištu	
Trasa	Riječka zaobilaznica – čvor Škurinje
Identifikacijski br. segmenta	RN0490 - 18
Županija	Primorsko-goranska
Stacionaža	Početna: 23 + 950,00
D/L od centralne linije	Desno od centralne linije

Tablica 73. Stvarne vrijednosti opisane projektom

Stvarne vrijednosti	
Visina pokosa (m)	10 - 23 (uzet prosjek 16.5)
Kut nagiba (°)	70 - 80
Jarak	Nema
Duljina preglednosti (m)	100 - 120 (prema pravilniku – potrebna udaljenost)
Ograničenje brzine (km/h)	80 (prema pravilniku)
PLDP (2016., 2017.)	Pretpostavka cca 20 000
Gl. potencijal klizanja	Klizanje manjih i većih blokova duž nepovoljno orijentiranih diskontinuiteta
Dominantna udaljenost vidljivosti	Horizontalna
Učinkovitost postojeće sanacije	Vrlo loša - F
Dominantni model odronjavanja	Sedimentne stijene

Tablica 74. Primjer bodovanja za inženjerskogeološku cjelinu

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	6 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine/ Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terena)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
	Sliv jarka	95% do 100%/ Klasa 1	65% do 94% / Klasa 2	30 % do 64% / Klasa 3	< 30% / Klasa 4/ ≥ Jako velike značajke pokretanja	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	< 25.5 cm/m <sup>2</sup>	25.5 do 51 cm/m <sup>2</sup>	51 do 89 cm/m <sup>2</sup>	> 89 cm/m <sup>2</sup>	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan / Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E , W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
	Krist. stijena	Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Prevjes	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Trošnost	Svježa	Obojana površina	Blago promijenjena/omekšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajaj	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m , dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do Uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Udaljenost vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	

Tablica 75. Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom

Promatrano područje Čvor Škurinje					
OCJENA	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	306/2187
	72	117 <sup>2</sup>	9	108	
Ukupan broj bodova	306				
Stupanj rizika	Nizak	Umjereno nizak	Umjeren	Umjereno visok	Visok
	<300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	>600
Određeni stupanj rizika	Umjereno nizak				

<sup>2</sup> Nisu sve kategorije ocijenjene

## 5.5. Križišće – sanacija pokosa na D501

### 5.5.1. Osnovne informacije o lokaciji Križišće

Predmetna kosina se nalazi na lijevoj strani državne ceste D501, južno od naselja Hreljin, sjeveroistočno od brze ceste A7 i zapadno od utvrde „Hreljin“ (slika 114). Duljina kosine je cca 330 m i promjenjive visine 2 – 18 m. Većim dijelom je subvertikalna do strmog nagiba i ogoljena, a mjestimice je prekrivena bršljanom.



Slika 114. Prikaz lokacije pokosa

### 5.5.2. Inženjerskogeološke značajke lokacije Križišće

Područje je predstavljeno terenom promjenjivog nagiba prema sjeveru, sjeverozapadu i zapadu. Stijenska masa predstavljena je siparnim brečama te slabo uslojenim vapnencima. Prisutni su značajni aktivni geomorfološki procesi u vidu osipanja karbonatnih breča i odrona pojedinih karbonatnih blokova uslijed nepovoljne strmine i visine otvorenih zasjeka u stijenskoj masi.

Predmetna lokacija detaljnim inženjerskogeološkim mjerenjima podijeljena je na 6 inženjerskogeoloških blokova svojstvenih karakteristika prikazanih slikama u nastavku. Važno je napomenuti da se prvi inženjerski blok smatra kao blok u matriksu, dok se ostali smatraju vapnenačkom stijenskom masom različitih starosti. Na predmetnoj lokaciji nije uočena podzemna voda, dok je zadržavanje oborinskih voda na površini moguće.



Slika 115. Predmetna kosina u sklopu inženjerskog bloka 1



Slika 116. Predmetna kosina u sklopu inženjerskog bloka 2



Slika 117. Predmetna kosina u sklopu inženjerskogeološkog bloka 3





Slika 118. Predmetna kosina u sklopu inženjerskogeološkog bloka 4



Slika 119. Predmetna kosina u sklopu inženjerskogeološkog bloka 5



Slika 120. Predmetna kosina u sklopu inženjerskogeološkog bloka 6

### 5.5.3. Primjena CRHRS metode na lokaciji Križišće

Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji dane se tablicom 76 i 77. Postupak ocjenjivanja proveden je pomoću tablice 78 za jednu inženjerskogeološku cjelinu, a na kraju su bodovi zbrojeni za sve inženjerskogeološke cjeline i sumirani tablicom 79. Stupanj rizika se definira kao nizak, umjereno nizak, umjeren, umjereno visok i visok stupanj rizika od odrona stijenske mase.

Tablica 76. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji

Podatci o gradilištu	
Trasa	Državna cesta - D501
Identifikacijski br. segmenta	RN0100 - 18
Županija	Primorsko-goranska
Stacionaža	Početna: 10 + 100,00
	Krajnja: 10 + 400,00
D/L od centralne linije	Desno od centralne linije

Tablica 77. Stvarne vrijednosti opisane projektom

Stvarne vrijednosti	
Visina pokosa (m)	2 - 18
Kut nagiba (°)	80 – 85
Jarak	Nema
Duljina preglednosti (m)	70 (prema pravilniku – potrebna udaljenost)
Ograničenje brzine (km/h)	60 (prema pravilniku)
PLDP (2016., 2017.)	2 631
Gl. potencijal klizanja	Klizanje manjih i većih blokova duž nepovoljno orijentiranih diskontinuiteta
Dominantna udaljenost vidljivosti	Horizontalna
Učinkovitost postojeće sanacije	Vrlo loša - F
Dominantni model odronjavanja	Sedimentne stijene/Blok u matriksu

Tablica 78. Primjer bodovanja za inženjerskogeološku regiju 1 – Blok – u - matriksu - Križišće

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	6 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine/ Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terene)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
	Sliv jarka	95% do 100%/ Klasa 1	65% do 94% / Klasa 2	30 % do 64% / Klasa 3	< 30% / Klasa 4/ ≥ Jako velike značajke pokretanja	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	< 25.5 cm	25.5 do 51 cm	51 do 89 cm	> 89 cm	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan/Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E , W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
	Krist. stijena	Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Prevjes	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Trošnost	Svježa	Obojana površina	Blago promijenjena/omekšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajaj	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m , dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do Uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Udaljenost vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	

Tablica 79. Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom

Promatrano područje Križišće – Hreljin					
Ocjena za inženjerskogeološko područje 1	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	288/2187
	48	99	135	6	
Ukupan broj bodova	288				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 2	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	351/2187
	42	99	204	6	
Ukupan broj bodova	351				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 3	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	333/2187
	48	99	180	6	
Ukupan broj bodova	333				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 4	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	333/2187
	48	99	180	6	
Ukupan broj bodova	333				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 5	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	399/2187
	48	99	282	6	
Ukupan broj bodova	435				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 6	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	309/2187
	/	/	/	/	
	Moguće nestabilnosti nemaju bitan utjecaj na sigurnost prometovanja vozila				
Stupanj rizika	Nizak	Umjeren nizak	Umjeren	Umjeren visok	Visok
	<300	300 -400	400 -500	500 -600	>600
Inženjerskogeološko područje 1	Nizak				

Inženjerskogeološko područje 2	Umjereno nizak
Inženjerskogeološko područje 3	Umjereno nizak
Inženjerskogeološko područje 4	Umjereno nizak
Inženjerskogeološko područje 5	Umjeren
Inženjerskogeološko područje 6	Nema rizika

## 5.6. Sv. Rok – Maslenica – sanacija pokosa

### 5.6.1. Osnovne informacije o lokaciji Sveti Rok - Maslenica

Predmetna kosina nalazi se na dionici Sveti Rok - Maslenica, autoceste A1 Zagreb – Split – Dubrovnik, s desne strane. Pokos je izveden tijekom izgradnje autoceste, duljine 60 m i visine do 15 m. Lokacija i izgled pokosa prikazani su slikama u nastavku.



Slika 121. Prikaz dijela predmetne dionice autoceste A1



Slika 122. Pogled na predmetni pokos prema SZ

### 5.6.2. Inženjerskogeološke značajke lokacije Sveti Rok - Maslenica

Predmetna lokacija predstavlja desni zasjek autoceste. Zasjek je izveden u vapnenačkim brečama tijekom radova na autocesti čime je otvoreni pokos u visini od 15 m. Struktura stijenske mase je pretežito blokovita do vrlo blokovita. Značajni aktivni geomorfološki procesi su prisutni u vidu odrona pojedinih olabavljenih i nestabilnih blokova do 5 m<sup>3</sup>.

Uslojenost stijenske mase je mjestimice vidljiva i slabo izražena. Slojevi su debljine 3,0 m u nagibu 30 – 40°. Stijenska masa je raspucala kao posljedica miniranja tijekom gradnje. Što se hidrogeoloških značajki tiče, na predmetnoj lokaciji nema pojave podzemne vode, a oborinske se brzo infiltriraju u sklopu sekundarne poroznosti.

### 5.6.3. Primjena CRHRS metode na lokaciji Sveti Rok - Maslenica

Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji dane se tablicom 80 i 81. Postupak ocjenjivanja proveden je pomoću tablice 82 za inženjerskogeološku cjelinu, a na kraju su bodovi zbrojeni i sumirani tablicom 83. Stupanj rizika definira se kao nizak, umjereno nizak, umjeren, umjereno visok i visok stupanj rizika od odrona stijenske mase.

Tablica 80. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji Sv. Rok - Maslenica

Podatci o gradilištu	
Trasa	Autocesta A1 – Sv. Rok
Identifikacijski br. segmenta	RN0200 - 18
Županija	Zadarska
Stacionaža	Početna:
	Krajnja:
D/L od centralne linije	Desno od centralne linije



Tablica 81. Stvarne vrijednosti opisane projektom

Stvarne vrijednosti	
Visina pokosa (m)	Do 15 m
Kut nagiba (°)	80 - 85
Jarak	Nema
Duljina preglednosti (m)	150 - 280 (prema pravilniku – potrebna udaljenost)
Ograničenje brzine (km/h)	120 (prema pravilniku)
PLDP (2016., 2017.)	42 000
Gl. potencijal klizanja	Odlamanje stijenskih blokova
Dominantna udaljenost vidljivosti	Horizontalna
Učinkovitost postojeće sanacije	Vrlo loša - F
Dominantni model odronjavanja	Sedimentne stijene

Tablica 82. Primjer bodovanja za inženjerskogeološku cijelinu – Sv. Rok

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	6 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine/ Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 – 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terene)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
	Sliv jarka	95% do 100% / Klasa 1	65% do 94% / Klasa 2	30 % do 64% / Klasa 3	< 30% / Klasa 4 / ≥ Jako velike značajke pokretanja	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	< 25.5 cm	25.5 do 51 cm	51 do 89 cm	> 89 cm	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan/Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E , W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122 cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
	Krist.stijena	Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Prevjes	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122 cm
		Trošnost	Svježa	Obojana površina	Blago promjenjena/omekšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajaj	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m , dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u – matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Udaljenost vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	

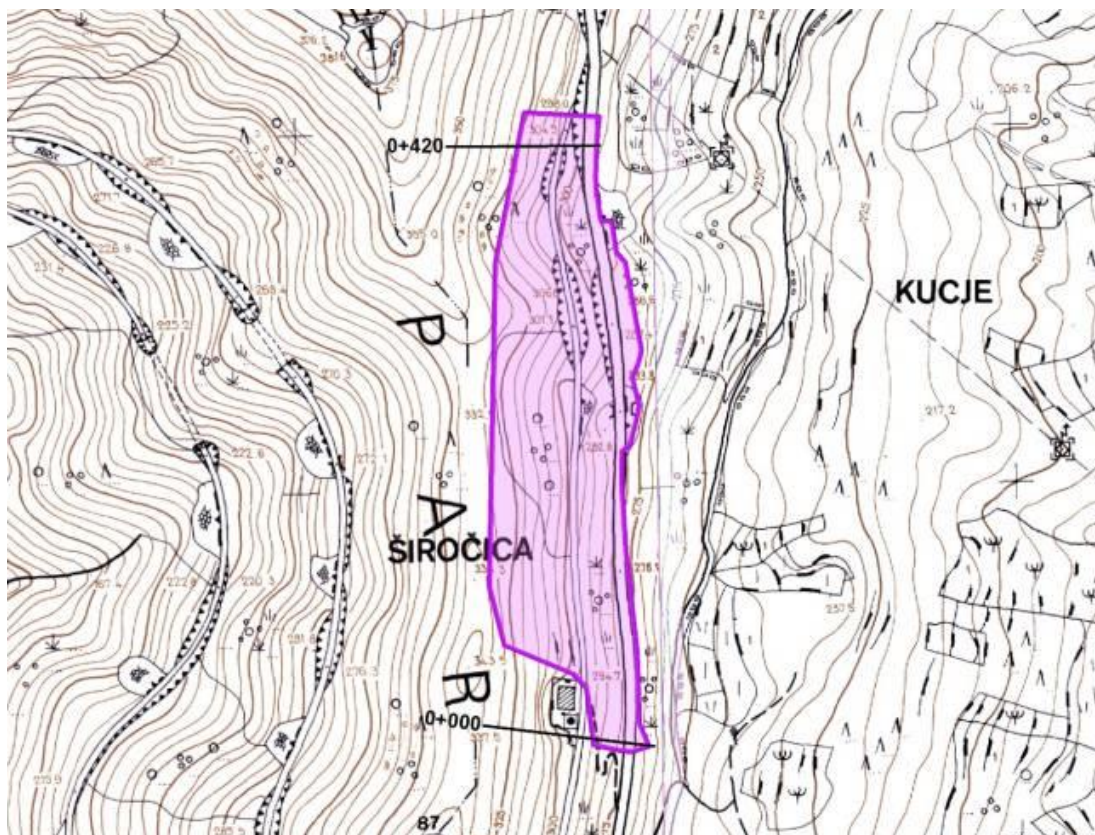
Tablica 83. Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom

Promatrano područje Sv. Rok					
OCJENA	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	621/2187
	66	117	162	90	
Ukupan broj bodova	435				
Stupanj rizika	Nizak	Umjereno nizak	Umjeren	Umjereno visok	Visok
	<300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	>600
Određeni stupanj rizika	Umjeren				

## 5.7. Gornji Brgat – Dubrovnik – sanacija pokosa

### 5.7.1. Osnovne informacije o lokaciji Gornji Brgat

Istraživana lokacija nalazi se u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, uz državnu cestu D223 granični prijelaz Gornji Brgat – Dubac (slika 123).



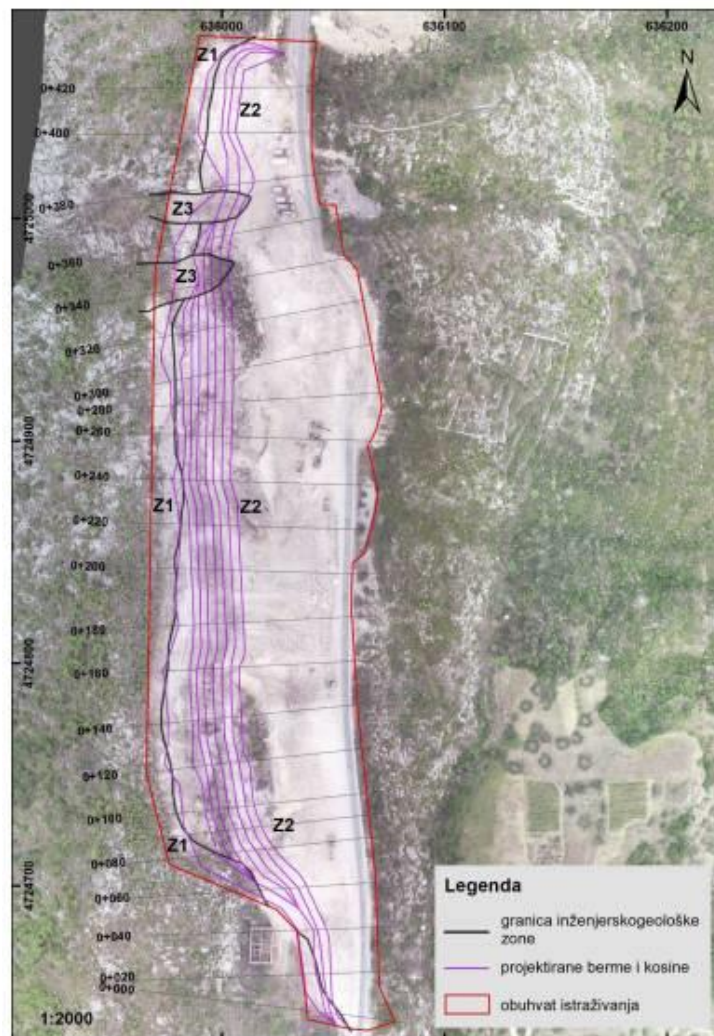
Slika 123. Položaj predmetne lokacije (označeno ljubičastom bojom)

Izvedbom pokosa osigurava se potrebna širina platoa za granični prijelaz. Visina pokosa kreće se do 45 m i približno je dužine od 450 m. Zasjeak se izvodi u dolomitima u ukupno četiri visinske etaže od 10 do 12 m.

### 5.7.2. Inženjerskogeološke značajke lokacije Gornji Brgat

Prosječni kut padine je 30°, a nagnuta je istoku. Dužina projektiranog zasjeaka iznosi oko 500 m, a visina mu varira od oko 15 m na južnom dijelu, oko 45 m u središnjem dijelu te do 25 m na sjevernom dijelu. Matičnu stijenu na istraživanoj lokaciji čini glavni dolomit čija je slojevitost slabo izražena. Pojava vode na površini predmetne lokacije nije uočena kao ni tragovi povremenih tokova.

Na istraživanom pokosu izdvojene su tri inženjerskogeološke cijeline (Z1, Z2, Z3). Raspored zona prikazan je na slici 124. Z3 se uzima kao blok u matriksu.



Slika 124. Prostorni raspored inženjerskogeoloških zona na lokaciji Gornji Brgat.

### 5.7.3. Primjena CRHRS metode na lokaciji Gornji Brgat

Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji dane se tablicom 84. i 85. Postupak ocjenjivanja proveden je pomoću tablice 86. za jednu inženjerskogeološku cijelinu, a na kraju su bodovi zbrojeni za sve inženjerskogeološke cijeline i sumirani tablicom 87. Stupanj rizika definira se kao nizak, umjereno nizak, umjeren, umjereno visok i visok stupanj rizika od odrona stijenske mase.

Tablica 84. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji

Podatci o gradilištu	
Trasa	Državna cesta – D223-Gornji Brgat
Identifikacijski br. Segmenta	RN0430 - 18
Županija	Dubrovačko-neretvanska
Stacionaža	Početna: 0+000,00
	Krajnja: 0+420,00
D/L od centralne linije	Desno od centralne linije

Tablica 85. Stvarne vrijednosti opisane projektom

Stvarne vrijednosti	
Visina pokosa (m)	15 - 45
Kut nagiba (°)	30
Jarak	Nema
Duljina preglednosti (m)	0
Ograničenje brzine (km/h)	100 km/h
PLDP (2016., 2017.)	1 720
Gl. potencijal klizanja	Klizanje manjih i većih blokova duž nepovoljno orijentiranih diskontinuiteta
Dominantna udaljenost vidljivosti	Horizontalna
Učinkovitost postojeće sanacije	Vrlo loša - F
Dominantni model odronjavanja	Sedimentne stijene/blok-u-matriksu

Tablica 86. Primjer bodovanja inženjerskogeološke zone 1 – Gornji Brgat

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	6 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine / Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terene)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
	Sliv jarka	95% do 100% / Klasa 1	65% do 94% / Klasa 2	30 % do 64% / Klasa 3	< 30% / Klasa 4 / ≥ Jako velike značajke pokretanja	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	< 25.5 cm	25.5 do 51 cm	51 do 89 cm	> 89 cm	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan/Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E , W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
	Krist. stijena	Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Prevjes	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Trošnost	Svježa	Obojana površina	Blago promijenjena/omekšana	Potpuno trošna



Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajaj	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m , dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Udaljenost vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	

Tablica 87. Sumirani prikaz bodova s procijenjenim rizikom

Promatrano područje Gornji Brgat					
Ocjena za inženjerskogeološko područje 1	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	567/2187
	144	93	294	36	
Ukupan broj bodova	567				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 2	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	345/2187
	54	93	162	36	
Ukupan broj bodova	345				
Ocjena za inženjerskogeološko područje 3	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Blok u matriks – max. 729	Promet – max. 243	438/2187
	66	93	135	36	
Ukupan broj bodova	336				
Stupanj rizika	Nizak	Umjereno nizak	Umjeren	Umjereno visok	Visok
	<300	300 -400	400 -500	500 -600	>600
Inženjerskogeološko područje 1	Umjereno visok				
Inženjerskogeološko područje 2	Umjereno nizak				
Inženjerskogeološko područje 3	Umjereno nizak				

## 5.8. Ograničenja u primjeni metode za utvrđivanje rizika hazarda od odrona

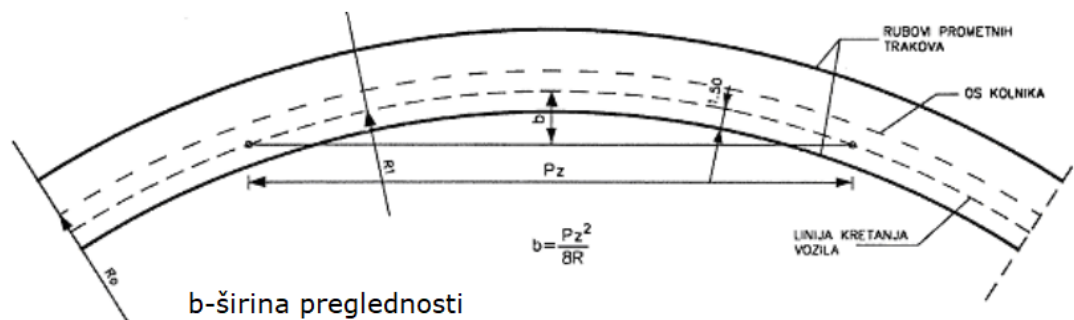
Primjena modificirane CRHRS metode na području Hrvatske pokazala je određene nedostatke i ograničenja. Metoda definira „Sliv jarka“ koji se opisuje nagibom i dimenzijama. Što su veće dimenzije, raste i učinkovitost jarka. Problematika korištenja jarka, kao referentnog parametra na prometnicama u RH, vrlo je izražena zbog nemogućnosti izvedbe istog prilikom projektiranja i održavanja prometnica duž jadranske obale, a osobito na D8. Njegovo naknadno izvođenje izazvalo bi pojavu nepovoljnih naprezanja stijenske mase, a time i nestabilnosti u vidu odlamanja stijenskih blokova ili klizanja stijenske mase. Sliv jarka nije definiran pravilnikom te kao takav nije obvezan za izvođenje. Prilikom ocjenjivanja sliv jarka se nije uzimao u obzir, čime je ukupan broj bodova smanjen za 81 bod.

U trenutku pisanja ovog rada podatci o godišnjem broju ciklusa smrzavanja i odmrzavanja nisu bili u potpunosti dostupni. Podatci su prikazani u potpoglavlju 3.2.3. s obzirom na početak i kraj pojave smrzavanja. S obzirom na nedostatak podataka, primjena tog parametra u metodi nije bila moguća. Također se i ovdje ukupan zbroj bodova smanjuje za 81 bod.

*Jar slake* test (dalje u tekstu: postojanost) originalno je razvijen kako bi omogućio uvid u ponašanje materijala prilikom izloženosti naprezanja tijekom ciklusa sušenja i vlaženja. Ispitivanjem postojanosti moguće je odrediti stupanj trošnosti materijala. U ovom se radu nije provelo takvo ispitivanje čime se parametar izostavlja prilikom ocjenjivanja.

Geološki uvjeti odredili su se prema inženjerskogeološkim značajkama gdje su se koristili parametri sedimentne stijene, opisi diskontinuiteta i blok-u-matriksu, ovisno o zatečenim uvjetima. U ovom dijelu ocjenjivanja primjećeno je kako postoji dosta prostora za poboljšanje metode, pogotovo u vidu opisa diskontinuiteta, ali i korištenja parametara koji se trenutno u metodi koriste za opisivanje kristalinske stijenske mase. Dakle, prilikom ocjenjivanja geoloških uvjeta, kristalinska stijena se izostavila, dok su se druga dva uvjeta koristila, ovisno o uočenim karakteristikama pokosa.

U modificiranoj CRHRS metodi razmatraju se uvjeti prometa. Metoda definira horizontalnu i vertikalnu preglednost prometnice. Duljina preglednosti  $P_z$  određivala se prema pravilniku uz prethodnu informaciju o ograničenju brzine na toj prometnici prema tablici 88 i slici 125.



Slika 125. Određivanje preglednosti

Tablica 88. Određivanje parametara  $b$ ,  $P_z$  u ovisnosti o ograničenju brzine.

$V_r$ (km/h) ceste	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$R_{min}$ (m)	25	45	75	120	175	250	350	450	600	750	850
$P_z$ (m)	25	35	50	70	90 (80)	120 (100)	150 (120)	190 (150)	230 (170)	280 (200)	340 (250)
$b$ (m)	2.9	3.6	4.3	5.1	6.0 (4.6)	7.1 (5.0)	8.3 (5.1)	9.9 (6.3)	11.3 (6.0)	13.3 (6.7)	17.0 (9.2)

Parametri i ukupan broj bodova koji su se izostavili prikazani su tablicom 89.

Tablica 89. Broj izostavljenih bodova prilikom primjene CRHRS metode

Parametri	Broj izostavljenih bodova
Sliv jarka	81
Ciklusi smr. i odmz.	81
Postojanost (Jar slake test)	81
Udaljenost vidljivosti	81
Ukupan broj izostavljenih bodova	324

## 6. MODIFIKACIJA CRHRS METODE ZA UVJETE U KARBONATNIM STIJENAMA

### 6.1. Uvod

Metoda CRHRS-a objektivno je najkompletnija metoda koja zbog niza parametara objektivno određuju egzaktno broj bodova koji nas navode na razinu hazada i rizika od odrona stijenske mase. CRHRS metodom promatrane su četiri osnovne karakteristike kod analize pokosa. Kao prva su karakteristike pokosa u smislu: visine pokosa, frekvencije učestalosti odrona, kuta nagiba pokosa, pokretačke značajke pojedine lokacije te sliv jarka, odnosno utjecaj jarka na sami pokos. Nadalje su u obzir uzimani uvjeti klime kao što su: smrzavanja, procjeđivanje vode, aspekt kosine. Geološki uvjeti pokosa su podijeljeni na sedimentne stijene i kristalaste stijene, diskontinuiteti u stijenskoj masi te blok u matriksu. Sedimentne stijene su razmatrane kroz uvjete potpopavanja slojeva, Jar slake faktor i uslojenost same stijene, dok su kristalaste stijene razmatrane prema godišnjoj količina oborina u pojedinoj zoni, ciklusima odmrzavanja, njezinoj strukturi, prevjesu (ukoliko je prisutan) te trošnosti stijene. Diskontinuiteti u stijenskoj masi su pomatrani kroz veličinu pojedinih blokova, setovima blokova, orijentaciji pojedinih blokova, otvorima u pokosu te općem stanju i hrapavosti površine. Blok u matriksu je promatran prema veličini bloka, obliku bloka te vegetaciji koja je prisutna na samoj lokaciji. Nadalje su razmatrani uvjeti prometa kroz prosječan rizik vozila te broj nesreća koje su evidentirane na nekom pojedinom sektoru. Svaki se od gore navedenih parametara ocjenjuje ocjenama od 3, 9, 27 i 81 bod, ovisno o karakteristikama pojedinog parametra te se na kraju, ovisno o pojedinoj kategoriji, izračunava ukupan broj bodova.

Već se kod određivanja uvjeta pokosa vidi da postoje nedostaci u samoj klasifikaciji i uviđa se potreba razrađivanja sustava ocjenjivanja pojedinih parametara te izrada klasifikacije samo za karbonatne stijenske mase koje prevladavaju u Republici Hrvatskoj.

## 6.2. Prilagodba i modifikacija

### 6.2.1. Analiza utjecaja suvremenih metoda zaštite pokosa na CRHRS-u

U Poglavlju 2.4. opisana je modificirana CRHRS metoda koja je podijeljena u četiri kategorije za ocjenu hazarda od odrona (Pokos; Uvjeti klime; Geološki uvjeti; Promet). Svaku od tih četiri kategorije čine parametri kojima se iste opisuju. Parametri se opisuju ocjenama od 3, 9, 27 i 81 bodom. Tablica 90 prikazuje ukupan broj bodova za svaku od kategorija, a temelji se na tablici 17 prikazanoj u potpoglavlju 2.4.

Tablica 90. Ukupan broj bodova za svaku od kategorija

Kategorija	Broj parametra	Ukupan broj bodova
Pokos	5	405
Uvjeti klime	4	324
Geološki uvjeti	15	1215
Promet	3	243

Suvremeni tipovi zaštite pokosa smanjuju rizik od odrona, a time i umanjuju ukupan broj bodova za pojedinu kategoriju. Neovisno postoji li na predmetnom pokosu zaštita ili se ona planira postaviti, ovakav sustav bi direktno povezao suvremene zaštite s proučavanim pokosom. Pomoću takve direktne poveznice bilo bi moguće predvidjeti koliko određeni sustav zaštite zaista utječe na smanjenje rizika hazarda od odrona. Tablicama u nastavku prikazane su mjere zaštite i njihov utjecaj na smanjenje bodova. Bodovi su podijeljeni u četiri razreda:

- prvi razred ocjenjivanja – 3 boda
- drugi razred ocjenjivanja – 9 bodova
- treći razred ocjenjivanja – 27 bodova
- četvrti razred ocjenjivanja – 81 bod.

Mjere zaštite koje su u nastavku označene oznakama MZ uzete su kao mjere koje su najsuvremenije u ovom trenutku i koje su u stalnoj upotrebi za sanaciju pokosa u Republici Hrvatskoj:

- zaštita pokosa ovješnim mrežama protiv erozije – MZ1
- zaštita pokosa ovješnim mrežama u kombinaciji sa sidrima – MZ2

- zaštita pokosa ovješnim mrežama u kombinaciji sa sidrima i čeličnom užadi – MZ3
- zaštita pokosa nosivim mrežama – MZ4
- zaštita pokosa nosivim mrežama u kombinaciji sa sidrima – MZ5
- mlazni beton – MZ6
- mlazni beton u kombinaciji sa sidrima – MZ7
- roštiljna konstrukcija – MZ8
- roštiljna konstrukcija u kombinaciji sa sidrima – MZ9
- gabionska konstrukcija protiv odrona – MZ10
- armirani nasip protiv odrona – MZ11
- fleksibilna barijera protiv odrona – MZ 12
- galerija protiv odrona – MZ13.

Tablica 91. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razredu 3	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ1 - Dvostruko uvijene žičane mreže	Pokos	Visina pokosa	1	54
		Frekvencija odrona	1	54
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	1	54
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/
		Procjeđivanje	0	/
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	1	54
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	1	54
		Oblik bloka (x3)	0	/
		Vegetacija (x3)	1	54
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78
		Broj nesreća	3	78
<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>561</b>

<sup>3</sup> Ako je visina pokosa ocijenjena s 81 bodom (četvrti razred) bez primjene zaštite, tada mjera zaštite MZ1 umanjuje rizik za jedan razred. Visina pokosa se onda ocjenjuje s 27 bodova.



Tablica 92. Mjera zaštite pokosa MZ2 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ2 - Dvostruko uvijene žičane mreže sa sidrima	Pokos	Visina pokosa	2	72
		Frekvencija odrona	2	72
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	2	72
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/
		Procjeđivanje	0	/
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	2	72
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	2	72
		Oblik bloka (x3)	0	/
		Vegetacija (x3)	2	72
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78
		Broj nesreća	3	78
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			

Tablica 93. Mjera zaštite pokosa MZ3 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ3 - Dvostruko uvijene žičane mreže sa sidrima i sajlama	Pokos	Visina pokosa	3	78
		Frekvencija odrona	3	78
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	3	78
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/
		Procjeđivanje	0	/
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	3	78
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	3	78
		Oblik bloka (x3)	0	/
		Vegetacija (x3)	3	78
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78
		Broj nesreća	3	78
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			

Tablica 94. Mjera zaštite pokosa MZ4 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ4 – Nosiva mreža	Pokos	Visina pokosa	2	72
		Frekvencija odrona	2	72
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	2	72
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/
		Procjeđivanje	0	/
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	2	72
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	2	72
		Oblik bloka (x3)	0	/
		Vegetacija (x3)	2	72
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	2	72
		Broj nesreća	2	72
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			

Tablica 95. Mjera zaštite pokosa MZ5 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ5 – Nosiva mreža sa sidrima	Pokos	Visina pokosa	3	78
		Frekvencija odrona	3	78
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	3	78
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/
		Procjeđivanje	0	/
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	3	78
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	3	78
		Oblik bloka (x3)	0	/
		Vegetacija (x3)	3	78
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78
		Broj nesreća	3	78
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			

Tablica 96. Mjera zaštite pokosa MZ6 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ6 – Mlazni beton	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	3	78	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	1	54	
		Procjeđivanje	1	54	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	1	54	
		Uslojenost	1	54	
		Struktura	1	54	
		Prevjes	3	78	
		Trošnost	1	54	
		Volumen bloka	3	78	
		Setovi diskon.	1	54	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	1	54	
		Stanje	1	54	
		Hrapavost	1	54	
		Veličina bloka (x3)	3	78	
		Oblik bloka (x3)	3	78	
		Vegetacija (x3)	0	/	
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78	
		Broj nesreća	3	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>1323</b>

Tablica 97. Mjera zaštite pokosa MZ7 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ7 – Mlazni beton sa sidrima	Pokos	Visina pokosa	4	81
		Frekvencija odrona	4	81
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	4	81
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	1	81
		Procjeđivanje	1	81
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	1	54
		Uslojenost	1	54
		Struktura	1	54
		Prevjes	4	81
		Trošnost	1	54
		Volumen bloka	4	81
		Setovi diskon.	1	54
		Orijentacija	0	/
		Otvor	1	54
		Stanje	1	54
		Hrapavost	1	54
		Veličina bloka (x3)	4	81
		Oblik bloka (x3)	4	81
		Vegetacija (x3)	0	/
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	4	81
		Broj nesreća	4	81
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			

Tablica 98. Mjera zaštite pokosa MZ8 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ8 – Roštiljna konstrukcija	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	3	78	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	2	72	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	2	72	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	3	78	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		2	72	
	Broj nesreća		2	72	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>681</b>

Tablica 99. Mjera zaštite pokosa MZ9 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ9 – Roštiljna konstrukcija sa sidrima	Pokos	Visina pokosa	4	81
		Frekvencija odrona	4	81
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	4	81
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/
		Procjeđivanje	0	/
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	2	72
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	2	72
		Oblik bloka (x3)	0	/
		Vegetacija (x3)	2	72
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78
		Broj nesreća	3	78
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			



Tablica 100. Mjera zaštite pokosa MZ10 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ10 – Gabionska konstrukcija protiv odrona	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	3	78	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	2	72	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	2	72	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	3	78	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		2	78	
	Broj nesreća		2	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>681</b>

Tablica 101. Mjera zaštite pokosa MZ11 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ11 – Armirani nasip protiv odrona	Pokos	Visina pokosa	2	72
		Frekvencija odrona	2	72
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	2	72
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/
		Procjeđivanje	0	/
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	2	72
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	2	72
		Oblik bloka (x3)	0	/
		Vegetacija (x3)	2	72
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78
		Broj nesreća	3	78
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			

Tablica 102. Mjera zaštite pokosa MZ12 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ12 – Barijera protiv odrona	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	4	81	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	3	78	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	3	78	
		Oblik bloka (x3)	3	78	
		Vegetacija (x3)	1	54	
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	4	81	
		Broj nesreća	4	81	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>768</b>

Tablica 103. Mjera zaštite pokosa MZ13 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ13 – Galerija	Pokos	Visina pokosa	4	81
		Frekvencija odrona	4	81
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	4	81
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborine	3	78
		Ciklusi smrz. i odmrz.	1	54
		Procjeđivanje	3	78
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	4	81
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	4	81
		Oblik bloka (x3)	4	81
		Vegetacija (x3)	4	81
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	4	81
		Broj nesreća	4	81
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			

6.2.2. *Pojedinačni kumulativni utjecaj suvremenih metoda zaštite na smanjenje bodova pri bodovanju prema CRHRS-u*

Tablica 104. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa

Red. br.	Mjera zaštite	Ukupan broj bodova			
		Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
1	MZ1 – Zaštitna mreža	27	63	189	561
2	MZ2 – Zaštitna mreža + sidra	27	81	225	669
3	MZ3 – Zaštitna mreža + sidra + sajle	27	81	243	705
4	MZ4 – Nosiva mreža	27	81	219	657
5	MZ5 – Nosiva mreža + sidra	27	81	243	705
6	MZ6 – Mlazni beton	60	150	450	1323
7	MZ7 – Mlazni beton + sidra	60	150	450	1350
8	MZ8 – Roštiljna konstrukcija	27	81	231	681
9	MZ9 – Roštiljna konstrukcija + sidra	27	81	234	696
10	MZ10 – Gabionska konstrukcija protiv odrona	27	81	312	681
11	MZ11 – Armirani nasip protiv odrona	27	81	225	669
12	MZ12 – Barijera protiv odrona	27	90	261	768
13	MZ13 - Galerija	36	90	342	1020

U tablici 104 prikazani su kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa. U nastavku analiziranja utjecaja mjera zaštite pokosa razrađeno je tablično umanjenje svakog pojedinog parametra u ovisnosti o odabranoj mjeri zaštite počevši od MZ1 pa do MZ13.

Tablica 105. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ1

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ1	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	1	3	6	18	54
	Frekvencija odrona	1	3	6	18	54
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	1	3	6	18	54
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	1	3	6	18	54
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	1	3	6	18	54
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	1	3	6	18	54
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0			
Prosječan rizik vozila (PRV)		3	3	9	27	78
Broj nesreća		3	3	9	27	78

Tablica 106. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ2

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ2	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	2	3	9	24	72
	Frekvencija odrona	2	3	9	24	72
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	2	3	9	24	72
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	2	3	9	24	72
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	2	3	9	24	72
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	2	3	9	24	72
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	9	27	78
	Broj nesreća	3	3	9	27	78

Tablica 107. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ3

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ3	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	3	3	9	27	78
	Frekvencija odrona	3	3	9	27	78
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	3	3	9	27	78
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	3	3	9	27	78
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	3	3	9	27	78
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	3	3	9	27	78
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	9	27	78
	Broj nesreća	3	3	9	27	78



Tablica 108. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ4

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ4	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	2	3	9	24	72
	Frekvencija odrona	2	3	9	24	72
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	2	3	9	24	72
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	2	3	9	24	72
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	2	3	9	24	72
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	2	3	9	24	72
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	2	3	9	24	72
	Broj nesreća	2	3	9	24	72

Tablica 109. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ5

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ5	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	3	3	9	27	78
	Frekvencija odrona	3	3	9	27	78
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	3	3	9	27	78
	Sliv jarka	4	3	9	27	78
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	3	3	9	27	78
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	3	3	9	27	78
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	3	3	9	27	78
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	9	27	78
	Broj nesreća	3	3	9	27	78

Tablica 110. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ6

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ6	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	3	3	9	27	78
	Frekvencija odrona	3	3	9	27	78
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	3	3	9	27	78
	Sliv jarka	4	3	9	27	78
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	1	3	6	18	54
	Procjeđivanje	1	3	6	18	54
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	1	3	6	18	54
	Uslojenost	1	3	6	18	54
	Struktura	1	3	6	18	54
	Prevjes	3	3	9	27	78
	Trošnost	1	3	6	18	54
	Volumen bloka	3	3	9	27	78
	Setovi diskon.	1	3	6	18	54
	Orijentacija	0				
	Otvor	1	3	6	18	54
	Stanje	1	3	6	18	54
	Hrapavost	1	3	6	18	54
	Veličina bloka (x3)	3	3	9	27	78
	Oblik bloka (x3)	3	3	9	27	78
	Vegetacija (x3)	0				
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	9	27	78
	Broj nesreća	3	3	9	27	78

Tablica 111. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ7

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ7	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	4	3	9	27	81
	Frekvencija odrona	4	3	9	27	81
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	4	3	9	27	81
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	1	3	6	18	54
	Procjeđivanje	1	3	6	18	54
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	1	3	6	18	54
	Uslojenost	1	3	6	18	54
	Struktura	1	3	6	18	54
	Prevjes	4	3	9	27	81
	Trošnost	1	3	6	18	54
	Volumen bloka	4	3	9	27	81
	Setovi diskon.	1	3	6	18	54
	Orijentacija	0				
	Otvor	1	3	6	18	54
	Stanje	1	3	6	18	54
	Hrapavost	1	3	6	18	54
	Veličina bloka (x3)	4	3	9	27	81
	Oblik bloka (x3)	4	3	9	27	81
	Vegetacija (x3)	0				
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0			
Prosječan rizik vozila (PRV)		4	3	9	27	81
Broj nesreća		4	3	9	27	81

Tablica 112. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ8

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ8	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	3	3	9	27	78
	Frekvencija odrona	3	3	9	27	78
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	3	3	9	27	78
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	3	3	9	27	78
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	3	3	9	27	78
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	3	3	9	27	78
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	2	3	9	24	72
	Broj nesreća	2	3	9	24	72

Tablica 113. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ9

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ9	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	4	3	9	27	81
	Frekvencija odrona	4	3	9	27	81
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	4	3	9	27	81
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	2	3	9	24	72
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	2	3	9	24	72
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	2	3	9	24	72
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	9	27	78
	Broj nesreća	3	3	9	27	78

Tablica 114. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ10

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ10	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	3	3	9	27	78
	Frekvencija odrona	3	3	9	27	78
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	3	3	9	27	78
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	2	3	9	24	72
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	2	3	9	24	72
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	3	3	9	27	78
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	2	3	9	24	72
	Broj nesreća	2	3	9	24	72

Tablica 115. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ11

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ11	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	2	3	9	24	72
	Frekvencija odrona	2	3	9	24	72
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	2	3	9	24	72
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	2	3	9	24	72
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	2	3	9	24	72
	Oblik bloka (x3)	0				
	Vegetacija (x3)	2	3	9	24	72
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	9	27	78
	Broj nesreća	3	3	9	27	78



Tablica 116. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ12

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ12	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	3	3	9	27	78
	Frekvencija odrona	4	3	9	27	81
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	3	3	9	27	78
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0				
	Ciklusi smrz. i odmrz.	0				
	Procjeđivanje	0				
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	3	3	9	27	78
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	3	3	9	27	78
	Oblik bloka (x3)	3	3	9	27	78
	Vegetacija (x3)	1	3	6	18	54
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	4	3	9	27	81
	Broj nesreća	4	3	9	27	81

Tablica 117. Kumulativni zbrojevi maksimalnog broja umanjenja u ovisnosti o određenoj mjeri zaštite pokosa MZ13

Kategorija	Parametri	Utjecaj zaštite MZ13	Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
Pokos	Visina pokosa	4	3	9	27	81
	Frekvencija odrona	4	3	9	27	81
	Kut nagiba	0				
	Pokretačke značajke	4	3	9	27	81
	Sliv jarka	4	3	9	27	81
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	3	3	9	27	78
	Ciklusi smrz. i odmrz.	1				
	Procjeđivanje	3	3	9	27	78
	Aspekt kosine	0				
Geološki uvjeti	Postojanost	0				
	Uslojenost	0				
	Struktura	0				
	Prevjes	0				
	Trošnost	0				
	Volumen bloka	4	3	9	27	81
	Setovi diskon.	0				
	Orijentacija	0				
	Otvor	0				
	Stanje	0				
	Hrapavost	0				
	Veličina bloka (x3)	4	3	9	27	81
	Oblik bloka (x3)	4	3	9	27	81
	Vegetacija (x3)	4	3	9	27	81
Promet	Udaljenost vidljivosti	0				
	Prosječan rizik vozila (PRV)	4	3	9	27	81
	Broj nesreća	4	3	9	27	81

### 6.2.3. Modifikacija CRHRS metode na pilot projektu Raspadalica

#### 6.3. Pilot projekt – Raspadalica

Predmetna lokacija nalazi se pokraj grada Buzeta u Istri, cca 3 km sjeveroistočno od centra grada. Lokacija je prikazana na slici 126.



Slika 126. Lokacija predmetnog pokosa

Subvertikalna litica „Raspadalica“ visoka je oko 100 m. Nalazi se iznad strme padine na kojoj je sagrađena pruga Državna granica – Buzet - Pula, s lijeve strane pruge, od km 36+350 do km 36+810. Lokacija Raspadalica sastavljena je od uslojenih i razlomljenih vapnenaca i od vremena gradnje pruge, zbog povremenih iznenadnih odrona s litice stijenskih blokova, zapremine i od nekoliko desetaka kubičnih metara, trajno je ugrožen siguran tijek željezničkog prometa (slika 127) (Grošić 2012).



Slika 127. Pogled na predmetni pokos

Predmet projekta je zaštita željezničke pruge Državna granica - Buzet – Pula, od km 36+350 do km 36+810, od odrona stijenskih blokova sa subvertikalne litice

„Raspadalica“. Za određivanje adekvatnih mjera zaštite željezničke pruge ključno je odrediti kritične trajektorije (putanje) i masu možebitno odronjenih kamenih blokova (Grošić 2012). Za potrebe izrade ovog rada izvedeno je detaljno inženjerskogeološko kartiranje stjenovitog područja na predmetnoj lokaciji. Tijekom kartiranja za potrebe ovog rada provedena je detaljna klasifikacija i specifikacija blokova, određene su dimenzije blokova, prostorni položaj, određeni su tipovi mogućeg sloma itd.

### 6.3.1. *Inženjerskogeološke značajke lokacije Raspadalica*

Subvertikalnu liticu područja Raspadalice izgrađuje kozinski vapnenac (2Pc1). To je morfološki istaknuta, razvedena litološka jedinica s vrlo strmim do vertikalnim padinama, te predstavlja područje s potencijalno nestabilnim blokovima podložnim odlamanju i obrušavanju. Kozinski vapnenac je tamnosmeđe do sivocrne i crne boje; homogen, sitnozrnast, a u svom sastavu sadrži promjenjivi udio bitumena. Dobro je uslojen, a slojevi su debljine od par centimetara do otprilike dva metra. Među naslagama vapnenca u intervalu od 10 centimetara do dva metra i više, umetnuti su, nekoliko centimetara debeli, proslojci ugljena. Smjer pružanja i kutovi nagiba slojeva variraju u rasponu  $300 - 25^{\circ}/5-25^{\circ}$ . Njihova orijentacija je generalno vrlo povoljna jer u većini slučajeva slojne plohe padaju u padinu, odnosno prema sjeveru, te ne predstavljaju razlog za pojavu nestabilnosti. Međutim, na srednjem dijelu stijene Raspadalica, iznad novoizgrađenog suhozida, otprilike na 30 metara visine od podnožja stijene, vidljivo je boranje koje lokalno mijenja naklone slojeva, a time i stabilnost blokova. Upravo na tom dijelu stijene u prošlosti su se dogodili, najveći zabilježeni, odroni stijene Raspadalica. Nagibi slojevitosti tog segmenta stijene su otprilike  $60 - 70^{\circ}/20^{\circ}$ , dakle okrenuti prema jugu. Ako pridodamo tome još tanke slojeve ugljena, koji su niže smične čvrstoće od vapnenaca te smanjuju silu trenja, dobijemo plohu po kojoj gornji slojevi vapnenca kližu prema padini i time predstavljaju veliku opasnost od većih odrona (Grošić 2012).

Osim slojevitosti, prisutna su još dva lokalno promjenjiva izražena seta, približno vertikalnih pukotina, generalnog pružanja istok - zapad (u rasponu  $90 - 120^{\circ}/85^{\circ}$ ) te sjever - jug (u rasponu  $340 - 40^{\circ}/80^{\circ}$ ). Uz ova dva sistema, pojavljuju se i brojni drugi diskontinuitetni sistemi sličnih značajki (Grošić 2012).

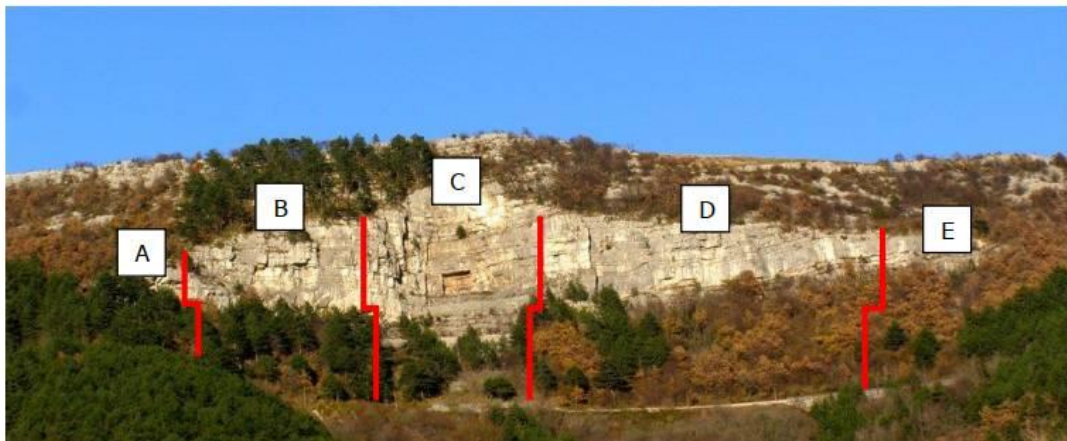
U kombinaciji sa diskontinuitetima slojevitosti, setovi pukotina dijele Raspadalicu na blokove približno kockastog oblika. Razmak između diskontinuiteta istoga seta se

kreće između par cm do maksimum izmjerenih pet metara, u većini slučajeva su otvorene i bez ispune te tvore nestabilne blokove, dok su diskontinuitetne površine u većini slučajeva izgladene i neznatno rastrošene (Grošić 2012).

### 6.3.2. Opis izdvojenih segmenata

Područje Raspadalice podijeljeno je u pet različitih segmenata s obzirom na: promjenjivu visinu stijene, veličinu i način obrušavanja nestabilnih blokova, oblik i vrstu trajektorije po kojoj se odroni kreću (slika 128). Svaki segment je posebno opisan, sa svim specifičnim parametrima koji utječu na nestabilnost blokova i opasnost od odrona.

Općenito s predmetne subvertikalne stijene Raspadalice prijete opasnost od odrona materijala obujma do 30 m<sup>3</sup>. Međutim, potrebno je napomenuti da se blokovi prilikom pada i kotrljanja niz padinu, a na osnovu gustoće diskontinuiteta i mikropukotina, raspadaju na više manjih blokova (Grošić 2012).



Slika 128. Prikaz segmenata ovisno o geološkim karakteristikama (Grošić 2012)

#### Segment A (stac. 36+385 do 36+415)

Ovaj segment nalazi se na zapadnom rubu stijene Raspadalica i zahvaća područje od samog ruba stijene pa 30-ak metara prema istoku. Na zapadnom kraju Raspadalice, gdje visina iznosi svega dva metra, vidljiva su 3 pukotinska sustava:

- 240/10, pukotinski sistem razmaka 20 -100 cm i zijeve 5 - 50 mm, glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki

- 120/85, pukotinski sistem razmaka 20 - 100 cm i zijeva 1 - 100 mm, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki
- 120/20, pukotinski sistem razmaka 10 - 50 cm i zijeva 5 mm, glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki.

Ovi sistemi dijele stijenu na relativno male blokove obujma do 1 m<sup>3</sup>, ali postoji opasnost od istovremenog odrona više takvih blokova, kao i u svim ostalim segmentima. Iako visina stijene nije velika, a veći odvojeni blokovi se nalaze uz samo podnožje stijene, padina prema prugi je strma, te stijene i bez inicijalne kinetičke energije pada, mogu razviti visoke brzine kotrljajući se po padini. Dvadesetak metara prema istoku Raspadalica raste na otprilike dvadeset metara visine i na njoj su vidljivi ožiljci starijih odrona promjera 5 -10 m, a iznad njih često i viseći, nestabilni blokovi. I ovdje su vidljiva 3 pukotinska sistema:

- 30/85, pukotinski sistem razmaka 300 - 500 cm i zijeva 5 - 100 mm, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki
- 30/85, pukotinski sistem razmaka 300 - 500 cm i zijeva 5 - 100 mm, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki
- 30/85, pukotinski sistem razmaka 300 - 500 cm i zijeva 5 - 100 mm, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki.

Česti su i previsi blokova, naročito iznad ožiljaka starijih odrona, a nestabilni blokovi po diskontinuitetnim sistemima su veličine do otprilike 10 m<sup>3</sup>. Padina ispod stijene je izrazito nagnuta te pokrivena travom, niskim raslinjem i drvećem.



Slika 129. Blok obujma  $1\text{m}^3$  u potpunosti odvojen od stijene pukotinom orijentacije 30/85 (Grošić 2012)



Slika 130. Nestabilni viseći blok obujma  $3\text{m}^3$  s prisutnim ožiljkom starijeg odrona (Grošić 2012)

#### Segment B (stac. od 36+415 do 36+485)

Područje istočno od istočnog ruba segmenta A, odnosno 30-ak metara od zapadnog ruba Raspadalice pa sve do zapadnog kraja novog zaštitnog zida u dužini od 80 m je predstavljeno kao segment B. Četrdeset metara zapadno od centralnog novog suhozida, iznad starog zaštitnog zida, na stijeni se pojavljuju ožiljci starijih odrona promjera 0,5 - 20 m. Kao i kod prvog segmenta ponavljaju se 3 sistema pukotina:

- 25/25, razmaka 50 - 300 cm i zijeva <5 mm, glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki
- 120/85, razmaka 100 - 300 cm i zijeva 0,1 - 5 mm, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki
- 210/85, razmaka 100 cm i više te zijeva 1 - 5 mm, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki.

Ovi sistemi odijeljuju stijensku masu na blokove obujma do  $9\text{m}^3$ . Nestabilnih previsnih blokova je u ovom segmentu Raspadalice najviše, a najveći je obujma  $15\text{m}^3$ . Ovaj segment je djelomično zaštićen starim zaštitnim zidom, ali unatoč tome okarakteriziran je kao najkritičniji zbog strme padine u podnožju i visoke litice s velikim brojem



nestabilnih blokova većeg obujma. Padina ispod ovog segmenta Raspadalice je, slično kao i kod segmenta A, prekrivena travom, niskim raslinjem i drvećem. (Grošić, M.)



Slika 131. Segment B s vidljivim nestabilnim blokovima (Grošić 2012)

#### Segment C (stac. od 36+485 do 36+545)

Segment C nalazi na samoj sredini Raspadalice, iznad novog zaštitnog zida, dužine otprilike 75 m. Gotovo svi veći odroni Raspadalice obrušili su se baš s ovog segmenta. Ovdje je glavni negativni faktor naboranost slojeva vapnenca, što uzrokuje lokalnu nagnutost slojeva prema jugu, odnosno prema padini, te posljedično i mogućnost klizanja većih blokova stijene, pogotovo po slojevima ugljena koji su niže smične čvrstoće od slojeva vapnenaca. Novo izgrađeni zaštitni zid predstavlja solidnu obranu od manjih odrona. Na padini u podnožju zaštitnog zida nema drveća i vegetacije zbog starijih velikih odrona koji su pred sobom sve pokosili. Padina je u skladu s tim prekrivena recentnim siparom nedavnih odrona, što posljedično i ublažava nagib padine. (Grošić, M. 2012)

Sistemi diskontinuiteta dijele ovaj segment na blokove obujma do 20 m<sup>3</sup>:

- 230/20, slojevitost, razmaka 10 - 200 cm i zijeva 1 - 5 mm, glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki
- 110/80, pukotinski sistem, razmaka 20 - 300 cm i zijeva >5 mm, glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki

- 160/75, pukotinski sistem, razmaka 50 - 300 cm i zijeva >5 mm, glatkih i neznatno rastrošenih stijenki.



Slika 132. Ožiljak promjera 15 m na zapadnom rubu segmenta C (Grošić 2012)



Slika 133. Zapadni rub segmenta C s vidljivom borom (Grošić 2012)

#### Segment D (stac. od 36+545 do 36+670)

Ovaj segment se prostire od istočnog ruba novog zaštitnog zida do 30-ak metara zapadno od istočnog kraja Raspadalice u dužini od 180 m. Trideset metara od istočnog ruba Raspadalice pa zapadnije uz stijenu, duž 30-ak metara, stijena ima velik broj ožiljaka starijih odrona, čiji promjer varira od 1m do 2m, a najveći ožiljak je promjera 5 m. Ožiljci su popraćeni blokovima u podnožju stijene obujma do 1m<sup>3</sup>, no vrlo vjerojatno su to bili veći blokovi koji su se pri padu razlomili na manje komade. Prevladavajući pukotinski sistem je azimuta 40/75, a slojevitosti 0/15. Ravnine svih ožiljaka su generalnog azimuta 320/85 i 0/90. Sljedećih 130 metara zapadno uz stijenu sve do suhozida, nailazimo na ožiljke izrazito velikih starijih odrona. Zbog nedostupnosti terena nije bilo moguće izmjeriti točne vrijednosti, no procjena je na 10-ak metara promjera. (Grošić, M. 2012)

Zabilježena su tri značajna sistema koja dijele nekoliko većih blokova, obujma otprilike 5m<sup>3</sup> od stijene, a nekoliko ih je visećih:

- 10/85 pukotinski sistem, gustoće 50 - 300 cm i zijeva <5 mm neznatno hrapavih do glatkih i neznatno rastrošenih stijenki
- 280/75, pukotinski sistem, gustoće 50 - 300 cm i zijeva <5 mm neznatno hrapavih do glatkih i neznatno rastrošenih stijenki
- 0/15, slojevitost, razmaka 50 - 300 cm i zijeva <5 mm, glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki.

Ovaj segment je po visini stijene i prisutnim ožiljcima sličan prethodno opisanom segmentu B, međutim ovdje je prisutno znatno manje visećih, nestabilnih blokova, a padina između stijene i željezničke pruge je duža i znatno manje strmine nego padina na segmentu B, te je poput padine segmenta A i B prekrivena travom, niskim raslinjem i drvećem. Stoga segment D predstavlja manju (ali još uvijek veliku) opasnost od odrona od segmenta B. (Grošić, M. 2012)



Slika 134. Ožiljak promjera 5 m s manjim, lagano visećim blokovima obujma do 3 m<sup>3</sup> (Grošić 2012)



Slika 135. Ožiljak promjera 5 m s lagano visećim blokom obujma 5 m<sup>3</sup> (Grošić 2012)

### Segment E (stac. od 36+670 do 36+705)

Na istočnom kraju stijene Raspadalica visine od oko 2 metra javljaju se diskontinuitetni sistemi:

- 90/80, gustoće 50 - 300 cm i zijeva <5 mm pukotinski sistem, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki
- 155/75, gustoće 50 - 300 cm i zijeva <5 mm pukotinski sistem, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki
- 10/20, slojevitost, razmaka 20 - 200 cm i zijeva 1 - 5 mm, neznatno hrapavih do glatkih i umjereno do neznatno rastrošenih stijenki.

Ovi sistemi odijeljuju stijenu na blokove obujma do maksimalno 3 m<sup>3</sup>. Visina stijene ovog segmenta prema zapadu naraste do 10 m. Uz stijenu su vidljivi blokovi starijih odrona, obujma do 2 m<sup>3</sup>. Ovaj segment, zbog male visine stijene, položnije padine prekrivene travom, niskim raslinjem i drvećem, te nedostatka nestabilnih blokova, predstavlja malu opasnost od odrona, no oni su još uvijek mogući. (Grošić, M. 2012)

#### 6.3.3. *Postojeće stanje na pruzi – lokalitet Raspadalica*

Željeznička pruga između državne granice s Republikom Slovenijom (Podgorje) – Buzet – Pazin – Pula ukupne duljine 91.140 metara povezuje pojedine dijelove Istarske županije te Istru sa susjednom regijom u Republici Sloveniji, odnosno s prugama V. paneuropskoga koridora. Ova jednokolosječna neelektrificirana željeznička pruga pod nazivom R 101 nema neposredan spoj sa željezničkim prugama u Republici Hrvatskoj. Prugom se odvija mješoviti promet s vrlo malim opsegom međunarodnog putničkog karaktera. Najveća dopuštena brzina ovom prugom je od 70 km/h do 90 km/h. Najveći mjerodavni nagib je 21 ‰ i najveći mjerodavni otpor 24 daN/t. Pružno tijelo je, zbog značajki terena kojim pruga prolazi, vrlo raznoliko tako da u brdskom predjelu pruga prolazi po padinama od fliša i vapnenca na kojima su izgrađeni visoki strmi nasipi, usjeci, zasjeci i dugački propusti (više od 100 m) kroz koje ponekad teku bujični vodotoci.

Pruga prolazi brdskim područjem od državne granice do kolodvora Borut u duljini od 27,8 km na kojoj se nalaze brojna klizišta od kojih je sanirano njih 13. U skoroj budućnosti će biti potrebno sanirati još nekoliko aktivnih klizišta. Na predmetnoj dionici nalaze se brojni zasjeci sa strmim padinama visokim i preko 150 metara.

#### 6.3.4. Povijest događaja na lokalitetu *Raspadalica*

Na lokalitetu *Raspadalica* s nekim se radovima sanacije započelo još davne 1951. godine, iako tada nije postojao idejni projekat sanacije koji bi obuhvatio sve radove. Lokalitet *Raspadalica* je već u travnju 1951. godine determiniran kao nestabilna zona (Duhovnik, Poljanšek i Šuklje 1951; Poljanšek 1952) te u Hrvatskim željeznicama postoji dosta sačuvane dokumentacije o klizanju terena na predmetnoj lokaciji. Klizanje terena sanirano je odgovarajućom potpornom konstrukcijom jer se sam iskop, koji je izveden, pokazao nestabilnim te nakon toga, prema dostupnim informacijama, nije bilo problema vezanih uz klizanje terena.

Rješavanjem klizanja terena, nažalost, nije riješena stabilnost uzbrežnog pokosa visine preko 100 metara te se u narednim godinama događao niz odrona stijenske mase na premetnoj dionici:

- 11. 02. 1963. u 21:48 h na stac km 36+750 dogodio se odron stijenske mase na prugu.
- 18. 11. 1975. na stac km 36+685/690 dogodio se veliki odron stijenske mase zapremine veće od 500 m<sup>3</sup> na prugu, prilikom čega su teško oštećene željezničke tračnice. Nakon toga vlak je velikom brzinom naletio na predmetni odron stijenske mase te izletio s pruge uz ljudske žrtve.
- 16. 03. 1976. u 20:30 sati dogodio se odron stijenske mase na prugu.
- 28. 05. 1976. u 20:30 sati dogodio se odron stijenske mase na prugu.
- 28. 01. 1977. u 24:25 sati na stac km 36+600 dogodio se odron stijenske mase na prugu.
- 02. 03. 1977. u 10:20 sati na stac km 36+6/7 dogodio se odron stijenske mase na prugu.
- 07. 05. 1987. u 17:30 sati na stac km 34+300 dogodio se odron stijenske mase na prugu te je oštećen branik pružnog vozila.
- 11. 11. 1987. u 01:45 sati dogodio se odron stijenske mase na prugu prilikom čega je zaustavljen vlak koji je nadolazio, te je izbjegnuta nesreća.

- 21. 12. 1990. u 03:45 sati na stac km 36+450 dogodio se odron stijenske mase na prugu. Veličina stijenskog bloka bila je otprilike 20 m<sup>3</sup>, zaustavljen je sav promet na dionici.
- 11. 08. 1992. u 14:15 sati, uslijed velikog nevremena, dogodio se odron stijenske mase na prugu, prilikom čega se odronilo cca 500 m<sup>3</sup> zemljanog materijala i stijenske mase; prekinut je promet.
- 21. 10. 1993. uslijed velikog nevremena dogodio se odron stijenske mase na prugu prilikom čega se odronilo cca 10 m<sup>3</sup> stijenske mase na prugu, prekinut je promet.
- 11. mjesec 1998. na stac km 36+669 odronilo se šest velikih komada stijenske mase prosječne veličine 0.5 m<sup>3</sup> prilikom čega su svi završili 15-ak metara iznad pruge u borovoj šumi. Preventivno je bio zatvoren promet.
- 27.11.1999. dogodio se odron stijenske mase veličine bloka cca 0.75 m<sup>3</sup> uz prugu te je radi prevencije privremeno zaustavljen promet.
- 16. 12. 2013. došlo je do odrona stijenske mase na lokalitetu *Raspadalica* prilikom čega je teško oštećena konstrukcija kolosijeka te je zaustavljen promet prugom u trajanju od nekoliko mjeseci. Tračnice su iskočile iz svog početnog položaja te je poremećena prizma kolosijeka.



Slika 136. Odron 16. 12. 2013. na *Raspadalici*

#### 6.3.5. *Projekti sanacije na dionici pruge stac km 31+200 do stac km 36+842*

Lokalitet *Raspadalica* je već u travnju 1951. determiniran kao nestabilna zona. U Hrvatskim željeznicama postoji sačuvana dokumentacija o klizanju terena na predmetnoj lokaciji. Spomenuto klizanje trenu sanirano je odgovarajućom potpornom konstrukcijom i nakon toga, prema dostupnim informacijama, nije bilo problema vezanih uz klizanje terena. No na projekat se, u ono vrijeme, nije moglo čekati, već su se započinjali radovi kako bi se osigurala sigurnost prometa te se, prema usmenim uputama i dogovoru s izvođačem radova, izvodila sanacija klizišta, u koordinaciji sa z.o.p Pula, bez projekta.

Na temelju tog dogovora u tijeku 1951. izveden je sadašnji drenažni prokop br. 5 u stac km 36+681 te su započeti iskopi za sadašnji drenažni prokop br. 3 na stac km 36+563 koji je završen 1952. godine. Drenažni prokop br. 4 u stac 36+687 kao i prokopi br. 3 i 5 izvedeni su u širini 2,3 metra i dubini 6 metara. Prokop br. 4 završen je 1952. s odvodnim kanalom fi 80/120 kroz njega. Drenažni prokop br. 1 u stac 36+641 te drenažni prokop br. 2 u stac 36+629 završeni su 1952. godine.

Izvedenim radovima u 1952. godini povećao se i broj podataka o dubini klizne plohe lapora te se predviđa izvesti potporni zid koji će se protezati cijelom dužinom već izvedenih prokapnica, odnosno drenažnih kanala, odnosno dužine 58,10 metara.



Na predmetnoj lokaciji izvedeni su sljedeći radovi:

1. Drenažni kanal br. 1 stac 36+629 L = 18 metara 1952. godine
2. Drenažni kanal br. 2 stac 36+641 L = 12 metara 1952. godine
3. Drenažni kanal br. 3 stac 36+653 L = 15,30 metara 1953. godine
4. Drenažni kanal br. 4 stac 36+667 L = 39 metara 1952. godine
5. Drenažni kanal br. 5 stac 36+681 L = 18 metara 1952. godine
6. Potporni zid ukupne dužine 58,10 metara 1954. godine
7. Suhi obložni zid od lomljenog kamena H = 2 – 5 m 1954. godine
8. Odvodni betonski jarak uz obložni zid u dužini od 76,3 m 1954. godine
9. Obložni zid od kamena povrh pruge i popravak postojećeg u dužini od 109 metara 1954. godine.

Prema dostupnim informacijama na saniranim potezima nije došlo do klizanja terena u fazi korištenja željezničke pruge.

Početakom 90-ih godina pojavljuje se stalno slijeganje kolosijeka na području Raspadalice na dva poteza, od kojih je jedan na početku dionice (stac od km 36+450 do stac km 36+485), a drugi je između stacionaža cca km 36+550 do stac km 36+610. U skladu s navedenim činjenicama definiran je projektni zadatak koji se sastoji u pobližem utvrđivanju uzroka slijeganja nasipa te pokušaju objašnjenja fenomena ispadanja stijenskih blokova vapnenca i davanju preporuka za moguća rješenja. U funkciji ovako definiranog projektnog zadatka u Zavodu za geotehniku IGH d.d. tijekom 1992. godine izrađen je program manjeg opsega geotehničkih istražnih radova kojim je obuhvaćena samo lokacija klizišta 4 (stac od km 36+450 do stac km 36+485). Godine 1994. naručeni su istražni radovi od strane Hrvatskih željeznica kojima je obuhvaćena i lokacija klizišta 5 u km 36+550 do stac km 36+610 te je isti napravljen od strane IGH – Zavoda za geotehniku.

Terenski istražni radovi obavljani su u veljači i ožujku 1995. godine.

Godine 1999. izrađen je Geotehnički projekt i smjernice detaljih istraživanja klizišta br. 4 u stac od km 36+450 do stac km 36+485 i klizišta br. 5 u stac. km 36+550 do stac km 36+610 na lokaciji *Raspadalice* kod Buzeta od strane Instituta građevinarstva Hrvatske d.d. Zavoda za geotehniku.

Godine 1999. izrađen je elaborat pod nazivom „Posebna stručna ocjena stanja lokaliteta *Raspadalice* DG-BUZET-UPLA od strane Instituta građevinarstva Hrvatske d.d. Zavoda za geotehniku i njihovog odjela za laboratorijska i terenska ispitivanja i opažanja.

U rujnu 2003. godine izrađen je projekt sanacije klizišta br. 4 u stac od km 36+450 do stac km 36+485 na željezničkoj pruzi Državna granica – Buzet – Pula od strane Geotehničkog studija d.o.o.

U listopadu 2004. godine izrađen je glavni projekt sanacije klizišta br. 5 u stac km 36+550 do stac km 36+610 željezničkoj pruzi Državna granica – Buzet – Pula od strane Geotehničkog studija d.o.o.

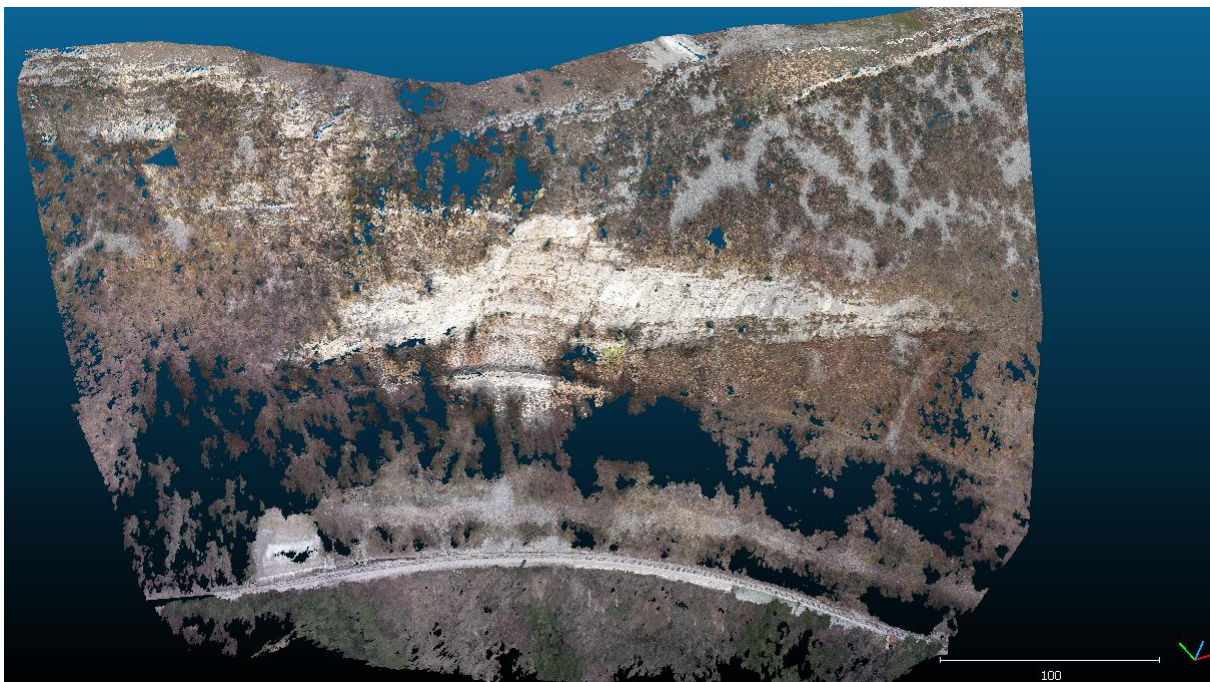
U svibnju 2011. godine izrađen je idejni projekt zaštite željezničke pruge od odrona kamena na lokalitetu *Raspadalice* od strane Geotech d.o.o. (Grošić, M. 2012)

U lipnju 2012. godine izrađen je glavni projekt zaštite željezničke pruge od odrona kamena na lokalitetu *Raspadalice* od strane Geotech d.o.o. (Grošić, M. 2012)

Sanacije klizišta br. 4 i klizišta br. 5 kao i sanacija, odnosno zaštita željezničke pruge od odrona stijenske mase, izvedene su prema gore navedenoj projektnoj dokumentaciji.

### 6.3.6. Klasifikacija prema CRHRS-u

Za potrebe provedbe što točnije klasifikacije izvršen je fotogrametrijski snimak *Raspadalice* iz zraka korištenjem bespilotne letjelice. Fotogrametrijski snimak podrazumijeva izradu oblaka točaka (eng. point cloud), model površine pokosa visoke rezolucije i digitalni orto-foto visoke rezolucije kao fotorealistične 3D modele i vizualizacije. U izradi ovih modela korištena je tehnologija Structure from Motion (SfM) za procesiranje fotogrametrijskih podataka, a samo snimanje je izvršeno VTOL (Vertical Takeoff and Landing) heksakopterske bespilotne letjelice. Letjelica je bila opremljena Sony Alpha 7R digitalnom kamerom za snimanje 36.3 megapikselskih snimaka i Sony FE 35mm visoko kvalitetnim Carl Zeiss lećama.



Slika 137. 3D oblak točaka visoke rezolucije (32 milijuna točaka) stijenskog pokosa na lokaciji *Raspadalica* snimljen SfM tehnikom iz bespilotne letjelice

Sam snimak je proveden u dva odvojena leta. Snimanje oko 20 ha površine pokriveno je s 273 slike, a točnost snimanja je, zahvaljujući odabranoj 3D trajektoriji leta u postprocesingu, iznosila 3 cm u horizontalnoj orijentaciji i do 5 cm po visini. U prvom koraku SfM tehnike bila je identifikacija pojava koje su poslužile za preklapanje slika koristeći SIFT (Scale Invariant Feature Transform) sustav prepoznavanja objekata. Na osnovi pozicioniranja i orijentacije točaka u koordinatni sustav stvoren je gusti oblak točaka od približno 32 milijuna točaka i digitalni ortofoto visoke rezolucije s približnom udaljenosti točaka od oko 2 cm, što je omogućilo vrlo detaljnu analizu značajki stijenske mase za provedbu klasifikacije.



Slika 138. Digitalni ortofoto visoke rezolucije stijenskog pokosa na lokaciji Raspadalica snimljen SfM tehnikom iz bespilotne letjelice

Korištenje bespilotnih letjelica (eng. Unmanned Aerial Vehicle, UAV) opremljenih digitalnim kamerama visoke rezolucije omogućuje korištenjem Structure from Motion tehnike izradu 3D modela i uvid u stanje stijenskih pokosa u svim njihovim dijelovima. Daljnji razvoj analiza značajki stijenske mase u 3D oblacima točaka omogućio je i vrlo precizno određivanje strukturnog sklopa stijenske mase u zasjecima, uključujući određivanje postojanosti diskontinuiteta, razmak diskontinuiteta, hrapavosti diskontinuiteta, a u kombinaciji s drugim tehnikama snimanja (npr. LiDAR, infracrvena tomografija i dr.) i širi spektar podataka. Izvorne metodologije procjene hazarda i rizika na prometnicama u vrijeme kada su iste razvijane su na vizualnom ocjenjivanju i procjeni pojedinih parametara (uključujući i procjenu visine zasjeka) procjenitelja s vizurom na razini prometnice s rijetkim mogućnostima u detaljniji uvid u cjelokupno stanje pokosa. S obzirom na mogućnosti, ali i relativno nisku cijenu opreme (UAV) za izradu 3D modela, kao i jednostavnost njihove izrade u svrhu procjene kvalitete stijenske mase u zasjeku, nameće se korištenje 3D modela u provedbi modernih procjena hazarda i rizika na prometnicama. Klasifikacija je provedena za sve segmente predmetnog pokosa.

U tablici 120 i 121 definirane su osnovne informacije potrebne za sustav ocjenjivanja CRHRS metodom. Stupanj rizika definira se kao nizak, umjereno nizak, umjeren, umjereno visok i visok stupanj rizika od odrona stijenske mase.

Tablica 118. Osnovne informacije o predmetnoj lokaciji

Podatci o gradilištu	
Trasa	Autocesta Zagreb – Rijeka A6
Identifikacijski br. segmenta	Pilot projekt <i>Raspadalica</i>
Županija	Istarska županija
Stacionaža	Početna: 36 + 350
	Krajnja: 36 + 810
D/L od centralne linije	S lijeve strane pruge

Tablica 119. Stvarne vrijednosti opisane projektom

Stvarne vrijednosti	
Visina pokosa (m)	Oko 100 m
Kut nagiba (°)	80 - 90
Jarak	Ima – željeznica – nije opisan
Duljina preglednosti (m)	/
Ograničenje brzine (km/h)	70 - 90
PLDP (2016., 2017.)	6 vlakova
Gl. potencijal klizanja	Naboranost slojeva vapnenca, nagnutost slojeva prema jugu, tj. prema padini, mogućnost klizanja većih blokova stijene
Dominantna udaljenost vidljivosti	Horizontalna
Učinkovitost postojeće sanacije	Vrlo loša - F
Dominantni model odronjavanja	Sedimentne stijene

Tablica 120. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment A

Lokacija - Raspadalica segment A				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	9	Visna se kreće između 2-20m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80-90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
	Sliv jarka			
	<b>UKUPNO</b>	<b>198</b>		
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz.i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
	<b>UKUPNO</b>	<b>111</b>		
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	81	Vidljiva slojevitost, 50 - 200cm
	Kris. stijena	Struktura		
		Prevjes		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	1 - 10 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 6 pukotinskih sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	9	10 - 20 m dužina, svjetlo niz lice pokosa
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
Vegetacija				
	<b>UKUPNO</b>	<b>576</b>		
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
	<b>UKUPNO</b>	<b>6</b>		
<b>UKUPNI BROJ BODOVA</b>			<b>891</b>	

Tablica 121. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment B

Lokacija - Raspadalica segment B				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	27	Visna se kreće između 23-31m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80-90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
	Sliv jarka			
UKUPNO		216		
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
UKUPNO		111		
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	81	Vidljiva slojevitost, 50 - 200cm
	Kris. stijena	Struktura		
		Prevjes		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	1 - 15 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 3 pukotinskih sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	9	10 - 20 m dužina, svjetlo niz lice pokosa
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
		Vegetacija		
UKUPNO		576		
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNO		6		
UKUPNI BROJ BODOVA		909		

Tablica 122. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment C

Lokacija - Raspadalica segment C				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	81	Visna se kreće između >30m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80 - 90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
	Sliv jarka			
UKUPNO		270		
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
UKUPNO		111		
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	81	Vidljiva slojevitost, 10 - 300cm
	Kris. stijena	Struktura		
		Prevjes		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	Do 20 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 3 pukotinskih sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	27	10 - 20 m dužina, svjetlo niz lice pokosa, jedan od skupa nepovoljno orijentiran
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
Vegetacija				
UKUPNO		594		
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNO		6		
UKUPNI BROJ BODOVA		981		



Tablica 123. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment D

Lokacija - Raspadalica segment D				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	27	Visna se kreće između 23-31m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80-90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
	Sliv jarka			
UKUPNO		216		
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
UKUPNO		111		
Geološki uvjeti	Sed. stijena	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	81	Vidljiva slojevitost, 50 - 200cm
	Kris. stijena	Struktura		
		Prevjes		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	1 - 15 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 3 pukotinskih sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	9	10 - 20 m dužina, svjetlo niz lice pokosa
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
		Vegetacija		
UKUPNO		576		
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNO		6		
UKUPNI BROJ BODOVA		909		

Tablica 124. Primjer bodovanja prema CRHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment E

Lokacija - Raspadalica segment E				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	3	Visna se kreće između 2-10m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80-90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
	Sliv jarka			
UKUPNO		192		
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
UKUPNO		111		
Geološki uvjeti	Sed.stijena	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	3	Slojevitost nije izražena
	Kris.stijena	Struktura		
		Prevjes		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	Do 3 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 3 pukotinskih sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	9	10 - 20 m dužina, svjetlo niz lice pokosa
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
		Vegetacija		
UKUPNO		498		
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNO		6		
UKUPNI BROJ BODOVA		807		

Tablica 125. Sumirani prikaz bodova za segmente A, B, C, D i E

Promatrano pilot područje <i>Raspadlica</i>					
Ocjena za inženjerskogeološko područje A	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	891/2187
	198	111	576	6	
Ukupan broj bodova	891				
Ocjena za inženjerskogeološko područje B	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	909/2187
	216	111	576	6	
Ukupan broj bodova	909				
Ocjena za inženjerskogeološko područje C	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	981/2187
	270	111	594	6	
Ukupan broj bodova	981				
Ocjena za inženjerskogeološko područje D	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	909/2187
	216	111	576	6	
Ukupan broj bodova	909				
Ocjena za inženjerskogeološko područje E	Pokos – max. 405	Uvjeti klime – max. 324	Geološki uvjeti – max. 1215	Promet – max. 243	807/2187
	192	111	498		
Ukupan broj bodova	807				
Stupanj rizika	Nizak	Umjereno nizak	Umjeren	Umjereno visok	Visok
	<300	300 - 400	400 - 500	500 - 600	>600
Inženjerskogeološko područje A	Visok				
Inženjerskogeološko područje B	Visok				
Inženjerskogeološko područje C	Visok				
Inženjerskogeološko područje D	Visok				
Inženjerskogeološko područje E	Visok				

### 6.3.7. Klasifikacija prema CRORHRS-u *CROatian Rockfall Hazard Risk Systemu*

#### Opći opis nove klasifikacije CRORHRS-a

Prema dosadašnjim analizama i klasifikacijama CRHRS metode promatrane su četiri osnovne karakteristike kod analize pokosa. Kao prva su karakteristike pokosa u smislu: visine pokosa, frekvencije učestalosti odrona, kut nagiba pokosa, pokretačke značajke pojedine lokacije te sliv jarka, odnosno utjecaj jarka na sami pokos. Nadalje su u obzir uzimani uvjeti klime kao što su: godišnja količina oborina u pojedinoj zoni, ciklusi odmrzavanja i smrzavanja, procjeđivanje vode, aspekt kosine. Geološki uvjeti pokosa su podijeljeni na sedimentne stijene i kristalaste stijene, diskontinuiteti u stijenskoj masi te blok u matriksu. Sedimentne stijene su razmatrane kroz uvjete potpopavanja slojeva, Jar slake faktor i uslojenost same stijene, dok su kristalaste stijene razmatrane prema njezinoj strukturi, prevjesu (ukoliko je prisutan) te trošnosti stijene. Diskontinuiteti u stijenskoj masi su pomatrani kroz veličinu pojedinih blokova, setovima blokova, orijentaciji pojedinih blokova, otvorima u pokosu te općem stanju u hrapavosti površine. Blok u matriksu je promatran prema veličini bloka, obliku bloka te vegetaciji koja je prisutna na samoj lokaciji. Nadalje su razmatrani uvjeti prometa kroz prosječan rizik vozila te broj nesreća koje su evidentirane na nekom pojedinom sektoru. Svaki se od, gore navedenih, parametara ocjenjuje ocjenama od 3, 9, 27 i 81 bod, ovisno o karakteristikama svakog pojedinog parametra, te se na kraju, ovisno o pojedinoj kategoriji, izračunava ukupan broj sume bodova.

Na bazi prethodno određenih inženjerskogeoloških regija na lokaciji Raspadalica, razmatrani su gore navedeni faktori i ocjenjivani te se na kraju određivao stupanj rizika i to prema sljedećim ocjenama. Za uvjete pokosa se uzimao maksimalan broj bodova od 405, za uvjete klime maksimalno 324, za geološke uvjete maksimalno 1215 te za promet 243 bodova prema izračunu maksimalnog broja bodova. Kako u samoj metodologiji CRHRS-a nije određena točna ljestvica ocjenjivanja samih pokosa, došlo se do ocjene da je većina rezultata zbroja ocjena između 300 i 600 bodova te se tako i odredio stupanj rizika od odrona sljedećim ocjenama:  $\leq 250$  nizak stupanj rizika, između 250 i 450 srednji stupanj rizika, između 450 i 600 srednje visok stupanj rizika, između 600 i 900 visok stupanj rizika te  $\geq 900$  vrlo visok stupanj rizika.

Već se kod ovih određivanja uvjeta pokosa vidi kako postoje nedostaci u samoj klasifikaciji i kako je potrebno razraditi sustav ocjenjivanja pojedinih parametara te kako je potrebno napraviti klasifikaciju samo za karbonatne stijenske mase koje prevladavaju u Hrvatskoj.

Pojam sedimentnih stijenskih masa je uklonjen u novoj klasifikaciji prema CRORHRS -u te se razmatraju samo karbonatne stijenske mase prikazane kroz geološke uvjete stijenske mase bez podjele na sedimentne i kristalaste stijene. Nadalje izbačen je sliv jarka kao parametar jer on nije prisutan u našim uvjetima izvođenja prometnica niti je moguće izvesti isti u većini slučajeva uz obalu u karbonatnim stijenskim masama. Kako se pojavila velika razlika u ocjenjivanju, osobito u geološkom dijelu pokosa na primjerima gdje smo imali prethodno zaštite pokosa već napravljene, došlo se do zaključka kako je potrebno uzeti u obzir i metode sanacije pokosa kao bitan parametar prilikom ocjenjivanja samog pokosa jer utječe, odnosno umanjuje određeni parametar. Primjer za to je trošnost stijene, struktura stijenske mase i ostali uvjeti koji, ukoliko je pokos prethodno tretiran npr. mlaznim betonom, nije moguće determinirati i uzeti u obzir kao relevantan faktor niti u ocjenjivanju samog pokosa. Zbog toga je napravljena i modifikacija CRHRS metode na uvjete u karbonatnim stijenskim masama gdje je napravljena klasifikacija mjera zaštite pokosa na bazi 13 mjera počevši od najslabijih mjera zaštita do trenutno najsuvremenijih mjera zaštite pokosa.

Mjere koje su uzete u obzir prilikom klasifikacije su sljedeće:

1. zaštita pokosa ovješnim mrežama protiv erozije – MZ1
2. zaštita pokosa ovješnim mrežama u kombinaciji sa sidrima – MZ2
3. zaštita pokosa ovješnim mrežama u kombinaciji sa sidrima i čeličnom užadi – MZ3
4. zaštita pokosa nosivim mrežama – MZ4
5. zaštita pokosa nosivim mrežama u kombinaciji sa sidrima – MZ5
6. mlazni beton – MZ6
7. mlazni beton u kombinaciji sa sidrima – MZ7
8. roštiljna konstrukcija – MZ8
9. roštiljna konstrukcija u kombinaciji sa sidrima – MZ9
10. gabionska konstrukcija protiv odrona – MZ10

11. armirani nasip protiv odrona – MZ11
12. fleksibilna barijera protiv odrona – MZ 12
13. galerija protiv odrona – MZ13.

Mjere zaštite pokosa koje su uzete u obzir su trenutno najsuvremenije mjere koje su u upotrebi za sanaciju pokosa u Republici Hrvatskoja, a ujedno i one koje se u učestaloj upotrebi. Neke od mjera koje se rijetko koriste ili su zastarjele nisu uzimane u obzir kao relevantne.

#### Opis metode CRORHRS-a

U prethodnom poglavlju opisana je klasifikacija nove CRORHRS metode. Prilikom izrade nove metode na bazi CRHRS-a primijećeno je da neki parametri kao što su karakteristike pokosa u vidu jarka, zatim geoloških uvjeta gdje kod karbonatnih stijenskih masa ne dijelimo iste na kristalaste i sedimentne, već se reducira broj opisa, osobito kod prevjesa, na sedimentne stijeske mase. Kao baza, tablica iz CRHRS metode modificirana je u ta dva segmenta i napravljena je nova tablica u kojoj su, gore spomenuti parametri, izbačeni i modificirani. Razlog zbog kojeg je izbačen jarak uz prometnicu (kao pojam) je taj što ga je u našim uvjetima gotovo nemoguće realizirati, a slučajevi u kojima je i izveden su toliko rijetki da smatramo da to u našim uvjetima ne može biti relevantan parametar za ocjenjivanje. Kako smo modificirali kristalaste i sedimentne stijenske mase u karbonatne stijenske mase, dogodilo nam se da imamo prevjes i potkop kao dva pojma, no u biti radi se o istom parameru, no u različitim stijenskim masama pa je jedan od tih parametara i ukinut.

Tablica 126. Primjer bodovanja prema CROHRS-u

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	0 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine / Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terene)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	< 25.5 cm/m <sup>2</sup>	25.5 do 51 cm/m <sup>2</sup>	51 do 89 cm/m <sup>2</sup>	> 89 cm/m <sup>2</sup>	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan/Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E, W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Karbonatna stijenska masa	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
		Struktura	Homogena/Masivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Trošnost	Svjež	Obojana površina	Blago promjenjena/omekšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajan	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoren o	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni /Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do Uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
	Promet	Udaljenost vidljivosti		> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%
Prosječan rizik vozila (PRV)		0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
Broj nesreća		0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	



Na temelju analiza koje su provedene primijećeno je da pokosi koji su tretirani nekom vrstom zaštite pokosa nemaju iste karakteristike, odnosno ocjena tih pokosa ne bi smjela biti ista upravo zbog zaštite koja je integrirana na pokosu. Ubrzo se došlo do zaključka da određena vrsta zaštite bitno utječe na same parametre i konačnu ocjenu samih pokosa umanjnjem ocjene rizika od odrona u stijenskoj masi za barem jedan razred. Na temelju ovog zaključka napravljena je analiza svih vrsta zaštita te je u poglavlju 4 napravljena podjela na 13 mjera zaštite koje su tablično prikazane od MZ1 do MZ13, odnosno od mjere zaštite 1 do mjere zaštite 13, ovisno o težini i kompleksnosti zaštite. Nadalje kroz analize je primijećeno da glavna ocjena ovisi uvelike o geološkim uvjetima samog pokosa te da svaki od analiziranih slučajeva kao podjelu ponajprije mora imati onu geološku jer to uvelike utječe na konačnu ocjenu samih pokosa. Kao baza tablica CRHRS-a koja je modificirana na gore navedeni način, izbacivanjem dvaju parametara, napravljena je sukladno rezultatima i i ljestvici ocjenjivanja samih pokosa.

Tablica 127. Općeniti primjer ocjenjivanje rizika od odrona stijenske mase

Stupanj rizika	Nizak	srednji	visok	visok
	<250	250 - 450	450 - 600	>600
Inženjerskogeološko područje 1	srednji			
Inženjerskogeološko područje 2	nizak			
Inženjerskogeološko područje 3	nizak			

Prilikom analize pokosa na desetak slučajeva primijećeno je da su sve ocjene dobivene za karbonatne stijenske mase uglavno između 300 i 600 bodova, iako je suma mogućih bodova daleko veća. Minimalan broj mogućih bodova u novoj CRORHRS metodi je 75, a predstavlja sumu svih parametara kojih ima 25 pomnoženih minimalnim brojem bodova 3. Maksimalan broj bodova u novoj CRORHRS metodi je 2025, a predstavlja sumu svih parametara pomnoženu s maksimalnim brojem bodova pojedinog parametra, a to je broj 81. U tablici 127 prikazan je primjer ocjenjivanja pojedinog geološkog područja prema novoj CRORHRS metodi. Na temelju dobivenih podataka napravljena je ljestvica

ocjenjivanja i to na način da se sve ispod 250 bodova smatra niskim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, od 250 do 450 bodova srednjim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, od 450 do 600 visokim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, dok se sve ocjene preko 600 pa do 2025 bodova smatraju vrlo visokim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase.

Nadalje, kod određivanja tablice mjera zaštite samih pokosa izračunata je, na bazi umanjenja bodova svake pojedine zaštite na pojedini parametar u osnovnoj tablici nove metode, ukupna maksimalna suma umanjenja bodova. Izračunato je točno koliko bodova pojedina mjera zaštite može umanjiti određeni parametar te je na bazi toga napravljena dolje navedena tablica, koja točno pokazuje koliki je broj umanjenja bodova pojedine mjere zaštite, na pojedini razred određenog parametra.

Ovo je i baza nove metode u kojoj se želi pokazati korelacija između dobivenog broja bodova koji su dobiveni na temelju uvjeta pokosa, klime, geoloških uvjeta i prometa s brojem umanjениh bodova zbog utjecaja same mjere zaštite što će kasnije u radu biti prikazano i kroz aplikaciju koja je nazvana GEOHAZARD.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ1 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 128. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda <sup>4</sup>	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ1 - Dvostruko uvijene žičane mreže	Pokos	Visina pokosa	1	54	
		Frekvencija odrona	1	54	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	1	54	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	1	54	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	1	54	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	1	54	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		3	78	
	Broj nesreća		3	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>561</b>

<sup>4</sup> Ako je visina pokosa ocijenjena s 81 bodom (četvrti razred) bez primjene zaštite, tada mjera zaštite MZ1 umanjuje rizik za jedan razred. Visina pokosa se onda ocjenjuje s 27 bodova.

U Tablica 128 prikazana je mjera zaštite - zaštitna mreža protiv odrona MZ1 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona anulira se frekvencija odrona kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kako ugradnja mreža protiv odrona nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koje imaju mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona anulira se utjecaj pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja mreže protiv odrona nema utjecaja na **godišnju količinu oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanje, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, strukturu, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreža protiv odrona anulira se volumen bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan

broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kako ugradnja mreža protiv odrona nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreža protiv odrona nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreža protiv odrona nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreža protiv odrona anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreža protiv odrona anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite - zaštitna mrežama protiv odrona MZ1 (tablica 128) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 561 bod što dokazuje da mjera zaštite pokosa ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ2 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 129. Mjera zaštite pokosa MZ2 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ2 - Dvostruko uvijene žičane mreže sa sidrima	Pokos	Visina pokosa	2	72	
		Frekvencija odrona	2	72	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	2	72	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz.i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	2	72	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	2	72	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	2	72	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	
	Prosječan rizik vozila (PRV)		3	78	
	Broj nesreća		3	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>669</b>

U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite zaštitna mreža protiv odrona sa sidrima MZ2 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra anulira se frekvencija odrona kao relevantna te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreže protiv odrona + sidra nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koje imaju mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra anulira se utjecaj pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja mreže protiv odrona + sidra nema utjecaja na **godišnju količinu oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanja, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, strukturu, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na



minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreža protiv odrona sa sidrima nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreža protiv odrona + sidra anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreža protiv odrona sa sidrima nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreža protiv odrona + sidra anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreža protiv odrona sa sidrima nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreža protiv odrona sa sidrima anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreža protiv odrona sa sidrima anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite - zaštitna mreža protiv odrona + sidra MZ2 (tablica 129) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 669 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ2 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ3 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 130. Mjera zaštite pokosa MZ3 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ3 - Dvostruko uvijene žičane mreže sa sidrima i sajlama	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	3	78	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	3	78	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	3	78	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	3	78	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		3	78	
	Broj nesreća		3	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>705</b>

U gornjoj tablici prikazana je mjera mreže protiv odrona + sidra + sajle MZ3 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra + sajle anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra + sajle anulira se frekvencija odrona kao relevantna te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreže protiv odrona + sidra + sajle nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjeње nije uzeto u obzir te je rezultat umanjeња 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koje imaju mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra + sajle anulira se utjecaj pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja mreže protiv odrona + sidra + sajle nema utjecaja na **godišnju količinu oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanja, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, strukturu, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjeње nije uzeto u obzir te je rezultat umanjeња 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra + sajle anulira se volumen bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova

na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreže protiv odrona + sidra + sajle nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra + sajle anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreže protiv odrona + sidra + sajle nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra + sajle anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mreže protiv odrona + sidra + sajle nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra + sajle anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mreže protiv odrona + sidra + sajle anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se

umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite - zaštitne mreže protiv odrona + sidra + sajle MZ3 (tablica 130) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 705 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ3 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ4 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 131. Mjera zaštite pokosa MZ4 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ4 – Nosiva mreža	Pokos	Visina pokosa	2	72	
		Frekvencija odrona	2	72	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	2	72	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	2	72	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	2	72	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	2	72	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		2	72	
	Broj nesreća		2	72	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>657</b>

U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite - zaštita nosivim mrežama MZ4 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže anulira se frekvencija odrona kao relevantna te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja nosive mreže nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koje imaju mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže anulira se utjecaj pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja nosive mreže nema utjecaja na **godišnja količina oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanja, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, struktura, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj



bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja nosive mreže nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod ugradnjom nosive mreže anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja nosive mreže nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja nosive mreže nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjera zaštite – zaštita nosivim mrežama MZ4 (tablica 131) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 657 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ4 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ5 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 132. Mjera zaštite pokosa MZ5 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova
MZ5 – Nosiva mreža sa sidrima	Pokos	Visina pokosa	3	78
		Frekvencija odrona	3	78
		Kut nagiba	0	/
		Pokretačke značajke	3	78
		Sliv jarka	4	81
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/
		Procjeđivanje	0	/
		Aspekt kosine	0	/
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/
		Uslojenost	0	/
		Struktura	0	/
		Prevjes	0	/
		Trošnost	0	/
		Volumen bloka	3	78
		Setovi diskon.	0	/
		Orijentacija	0	/
		Otvor	0	/
		Stanje	0	/
		Hrapavost	0	/
		Veličina bloka (x3)	3	78
		Oblik bloka (x3)	0	/
		Vegetacija (x3)	3	78
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78
		Broj nesreća	3	78
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>			

U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite - zaštita nosivim mrežama sa sidrima MZ5 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže sa sidrima anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nisivih mreža sa sidrima anulira se frekvencije odrona kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja nosivih mreža sa sidrima nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže sa sidrima anulira se pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja nosive mreže sa sidrima nema utjecaja na **godišnja količina oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanja, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, struktura, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže sa sidrima anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na

minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja nosive mreže sa sidrima nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentaciju pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže sa sidrima anulira se utjecaj veličine bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja nosive mreže sa sidrima nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže sa sidrima anulira se utjecaj vegetacije kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja nosive mreže sa sidrima nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže sa sidrima anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom nosive mreže sa sidrima anulira se utjecaj beoja nesreća kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na načni da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite - zaštita nosivim mrežama sa sidrima MZ5 (tablica 132) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 705 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ6 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 133. Mjera zaštite pokosa MZ6 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ6 – Mlazni beton	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	3	78	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	1	54	
		Procjeđivanje	1	54	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	1	54	
		Uslojenost	1	54	
		Struktura	1	54	
		Prevjes	3	78	
		Trošnost	1	54	
		Volumen bloka	3	78	
		Setovi diskon.	1	54	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	1	54	
		Stanje	1	54	
		Hrapavost	1	54	
		Veličina bloka (x3)	3	78	
		Oblik bloka (x3)	3	78	
		Vegetacija (x3)	0	/	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		3	78	
	Broj nesreća		3	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>1323</b>

U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite - zaštita mlaznim betonom MZ6 koja ima utjecaj na 20 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se frekvencije odrona kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mlaznog betona nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se parametar pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja mlaznog betona nema utjecaja na **godišnje količine oborina**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **ciklusi smrzavanja i odmrzavanja** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj ciklusa smrzavanja i odmrzavanja kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.



Kod parametra **procjeđivanje** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj procjeđivanja kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kako ugradnja mlaznog betona nema utjecaja na **aspekt kosine**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjeње nije uzeto u obzir te je rezultat umanjeња 0.

Kod parametra **postojanost** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj postojanosti kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **uslojenost** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj uslojenosti kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **struktura** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj strukture kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **prevjes** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se prevjes kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **trošnost** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj trošnosti kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo

na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **setovi diskontinuiteta** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj setova diskontinuiteta kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kako ugradnja mlaznog betona nema utjecaja na **orientacija pukotina**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **otvor** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj otvora kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **stanje** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj stanja kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **hrapavost** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj hrapavosti kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj

bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj veličine bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **oblik bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj oblika bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja mlaznog betona nema utjecaja na **vegetaciju**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kako ugradnja mlaznog betona nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona anulira se utjecaj broja nesreća kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju zaštitne mjere - zaštita mlaznim betonom MZ6 (tablica 133) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 1323 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ7 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 134. Mjera zaštite pokosa MZ7 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ7 – Mlazni beton sa sidrima	Pokos	Visina pokosa	4	81	
		Frekvencija odrona	4	81	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	4	81	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	1	81	
		Procjeđivanje	1	81	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	1	54	
		Uslojenost	1	54	
		Struktura	1	54	
		Prevjes	4	81	
		Trošnost	1	54	
		Volumen bloka	4	81	
		Setovi diskon.	1	54	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	1	54	
		Stanje	1	54	
		Hrapavost	1	54	
		Veličina bloka (x3)	4	81	
		Oblik bloka (x3)	4	81	
		Vegetacija (x3)	0	/	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		4	81	
	Broj nesreća		4	81	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>1350</b>

U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite - zaštita mlaznim betonom sa sidrima MZ7 koja ima utjecaj na 20 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da visina pokosa nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da frekvencija odrona nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja mlaznog betona sa sidrima nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da pokretačke značajke nemaju utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja mlaznog betona sa sidrima nema utjecaja na **godišnje količine oborina**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **ciklusi smrzavanja i odmrzavanja** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj ciklusa smrzavanja i odmrzavanja kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **procjeđivanje** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj procjeđivanja kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kako ugradnja mlaznog betona sa sidrima nema utjecaja na **aspekt kosine**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjeње nije uzeto u obzir te je rezultat umanjeња 0.

Kod parametra **postojanost** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj postojanosti kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **uslojenost** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj uslojenosti kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **struktura** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj strukture kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **prevjes** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da prevjes nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **trošnost** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj trošnosti kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da nam volumen bloka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **setovi diskontinuiteta** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj setova diskontinuiteta kao relevantan te se umanjuje

broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kako ugradnja mlaznog betona sa sidrima nema utjecaja na **orientaciju**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **otvor** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj otvora kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **stanje** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj stanja kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **hrapavost** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom mlaznog betona sa sidrima anulira se utjecaj hrapavosti kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **veliĉine bloka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da veliĉina bloka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **oblik bloka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da oblik bloka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja mlaznog betona sa sidrima nema utjecaja na **vegetaciju**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kako ugradnja mlaznog betona sa sidrima nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjeње nije uzeto u obzir te je rezultat umanjeња 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da prosječan rizik vozila nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da broj nesreća nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite - zaštita mlaznim betonom sa sidrima MZ7 suma maksimalno umanjeњih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 1350 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.



U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ8 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 135. Mjera zaštite pokosa MZ8 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ8 – Roštiljna konstrukcija	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	3	78	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	2	72	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	2	72	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	3	78	
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	2	72	
		Broj nesreća	2	72	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>681</b>

U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite – zaštita roštiljnom konstrukcijom MZ8 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije anulira se frekvencija odrona kao relevantna te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koje imaju mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije anulira se utjecaj pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije nema utjecaja na **godišnja količina oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanja, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, strukturu, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan

broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije anulira se utjecaj broja nesreća kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite – zaštita roštiljnom konstrukcijom MZ8 (tablica 135) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 681 bod što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ8 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ9 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 136. Mjera zaštite pokosa MZ9 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ9 – Roštiljna konstrukcija sa sidrima	Pokos	Visina pokosa	4	81	
		Frekvencija odrona	4	81	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	4	81	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	2	72	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	2	72	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	2	72	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		3	78	
	Broj nesreća		3	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>696</b>

U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite - zaštita roštiljnom konstrukcijom + sidra MZ9 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da visina pokosa nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da frekvencija odrona nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije sa sidrima nema utjecaja na **kut nagiba pokosa** u ovom primjeru mjere zaštite, umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačne značajke** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da pokretačke značajke nemaju utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije sa sidrima nema utjecaja na **godišnju količinu oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanje, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, strukturu, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije sa sidrima anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije sa sidrima nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije sa sidrima anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije sa sidrima nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije sa sidrima anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja roštiljne konstrukcije sa sidrima nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije sa sidrima anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom roštiljne konstrukcije sa sidrima anulira se utjecaj broja nesreća kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite - zaštita roštiljnom konstrukcijom MZ9 (tablica 136) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 696 bod što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ9 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ10 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 137. Mjera zaštite pokosa MZ10 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ10 – Gabionska konstrukcija protiv odrona	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	3	78	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	2	72	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	2	72	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	3	78	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		3	78	
	Broj nesreća		3	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>681</b>



U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite - zaštita gabionskom konstrukcijom protiv odrona MZ10 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom gabionske konstrukcije protiv odrona anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 boda, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom gabionske konstrukcije protiv odrona anulira se frekvencija odrona kao relevantna te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja gabionske konstrukcije protiv odrona nema utjecaja na **kut nagiba pokosa** u ovom primjeru mjere zaštite, umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koje imaju mogući 81 bod, ugradnjom gabionske konstrukcije protiv odrona anulira se utjecaj pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja gabionske konstrukcije protiv odrona nema utjecaja na **godišnju količinu oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanje, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, struktura, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom gabionske konstrukcije protiv odrona anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje

broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja gabionske konstrukcije nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom gabionske konstrukcije protiv odrona anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja gabionske konstrukcije nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom gabionske konstrukcije protiv odrona anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja gabionske konstrukcije protiv odrona nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom gabionske konstrukcije protiv odrona anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom gabionske konstrukcije protiv odrona anulira se utjecaj broja nesreća kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81,

umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite – zaštita gabionskom konstrukcijom protiv odrona MZ10 (tablica 137) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 681 bod što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ10 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ11 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 138. Mjera zaštite pokosa MZ11 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ11 – Armirani nasip protiv odrona	Pokos	Visina pokosa	2	72	
		Frekvencija odrona	2	72	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	2	72	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	2	72	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	2	72	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	2	72	
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	78	
		Broj nesreća	3	78	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>669</b>

U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite – zaštita armiranim nasipom protiv odrona MZ11 koja ima utjecaj na 9 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona anulira se frekvencija odrona kao relevantna te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja armiranog nasipa protiv odrona nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koje imaju mogući 81 bod, ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona anulira se utjecaj pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja armiranog nasipa protiv odrona nema utjecaja na **godišnju količinu oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanje, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, strukturu, prevjes i trošnost stijena**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj

bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja armiranog nasipa protiv odrona nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja armiranog nasipa protiv odrona nema utjecaja na **oblik bloka**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 72. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 9, na način da je broj 81 umanjen za 72 boda, kako bi se došlo do broja 9 i smanjenja za 2 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja armiranog nasipa protiv odrona nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila (PRV)** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Također kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona anulira se utjecaj prosječnog rizika vozila kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova

81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite - zaštita ugradnjom armiranog nasipa protiv odrona MZ11 (tablica 138) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 669 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ11 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ12 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 139. Mjera zaštite pokosa MZ12 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ12 – Barijera protiv odrona	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	4	81	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	78	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	3	78	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	3	78	
		Oblik bloka (x3)	3	78	
		Vegetacija (x3)	1	54	
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	4	81	
		Broj nesreća	4	81	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>768</b>



U gornjoj tablici prikazana je mjera zaštite – zaštita ugradnjom barijere protiv odrona MZ12 koja ima utjecaj na 10 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom barijere protiv odrona anulira se utjecaj visine pokosa kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da frekvencija odrona nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja barijere protiv odrona nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koje imaju mogući 81 bod, ugradnjom barijere protiv odrona anulira se utjecaj pokretačkih značajki kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja barijere protiv odrona nema utjecaja na **godišnju količinu oborina, ciklus smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanje, aspekt kosine, postojanost, uslojenost, strukturu, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom barijere protiv odrona anulira se volumena bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja barijere protiv odrona nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjene nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom barijere protiv odrona anulira se veličina bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **oblik bloka** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom barijere protiv odrona anulira se oblik bloka kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom barijere protiv odrona anulira se vegetacija kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na nači da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kako ugradnja barijere protiv odrona nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjene nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da prosječan rizik vozila nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da broj nesreća nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite – zaštita ugradnjom barijere protiv odrona MZ12 (tablica 139) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila

bi 768 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ12 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

U nastavku je prikazan primjer utjecaja određene mjere zaštite MZ13 na ukupan broj bodova po svakom pojedinom parametru. Bitno je naglasiti da pojedine zaštite pokosa ne utječu na jednake parametre te se povećanim brojem mjera zaštite došlo do maksimalnog trenutnog broja zaštita koje bitno utječu na samo ocjenjivanje.

Tablica 140. Mjera zaštite pokosa MZ13 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda	Maksimalni br. smanjenih bodova	
MZ13 – Galerija	Pokos	Visina pokosa	4	81	
		Frekvencija odrona	4	81	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	4	81	
		Sliv jarka	4	81	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	3	78	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	1	54	
		Procjeđivanje	3	78	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Postojanost	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Prevjes	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	4	81	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	4	81	
		Oblik bloka (x3)	4	81	
		Vegetacija (x3)	4	81	
		Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/
	Prosječan rizik vozila (PRV)		4	81	
	Broj nesreća		4	81	
	<b>Ukupan broj maks. smanjenih bodova</b>				<b>1020</b>

U Tablica 140 prikazana je mjera zaštite – zaštita ugradnjom galerije MZ13 koja ima utjecaj na 13 parametara od ukupno 26 parametra.

Kod parametra **visina pokosa** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da visina pokosa nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **frekvencija odrona** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da frekvencija odrona nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja galerije nema utjecaja na **kut nagiba pokosa**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat smanjenja 0.

Kod parametra **pokretačke značajke** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da pokretačke značajke nemaju utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **sliv jarka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da sliv jarka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **godišnja količina oborina** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom galerije anulira se godišnja količina oborina kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kod parametra **ciklusi smrzavanja i odmrzavanja** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom galerije anulira se ciklusi smrzavanja i odmrzavanja kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 54. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova 27, na način da je broj 81 umanjen za 54 boda, kako bi se došlo do broja 27 i smanjenja za 1 razred u tom parametru.

Kod parametra **procjeđivanje** koji ima mogući 81 bod, ugradnjom galerije anulira se procjeđivanje kao relevantan te se umanjuje broj bodova za 78. Do tog broja se došlo na način da se od ukupnog broja bodova 81, umanjuje broj bodova na minimalan broj bodova

3, na način da je broj 81 umanjen za 78 bodova, kako bi se došlo do broja 3 i smanjenja za 3 razreda u tom parametru.

Kako ugradnja galerije nema utjecaja na **aspekt kosine, postojanost, uslojenost, strukturu, prevjes i trošnost stijene**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **volumen bloka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da volumen bloka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja galerije nema utjecaja na **setove diskontinuiteta, orijentacije pukotina, otvor pukotina, stanje stijenskog pokosa i hrapavost**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **veličina bloka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da veličina bloka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **oblik bloka** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da oblik bloka nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **vegetacija** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da vegetacija nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kako ugradnja galerije nema utjecaja na **udaljenost vidljivosti**, u ovom primjeru mjere zaštite umanjenje nije uzeto u obzir te je rezultat umanjenja 0.

Kod parametra **prosječan rizik vozila** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da prosječan rizik vozila nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Kod parametra **broj nesreća** koji ima mogući 81 bod, ukidamo sva 4 razreda, zato što smatramo da broj nesreća nema utjecaj na ukupnu sumu bodova te se umanjuje za 81 bod.

Nadalje u ovom slučaju mjere zaštite – zaštita ugradnjom galerije protiv odrona MZ13 (tablica 140) suma maksimalno umanjenih bodova, u odnosu na dobiveni rezultat, iznosila bi 1020 bodova što dokazuje da mjera zaštite pokosa MZ13 ima velik utjecaj na samu ocjenu rezultata, odnosno rizika od odrona u stijenskim masama.

Rezultat ove metode biti će prikazan u tablici 141 koja povezuje osnovnu tablicu prema CRORHRS-u i tablicu umanjenja uslijed utjecaja zaštite pokosa kao bitnog parametra umanjenja te će se konačan prikaz putem aplikacije prikazivati tablično i grafički. Tablično će biti prikazan sumaran broj bodova nakon umanjenja, pa će se, na osnovi ljestvice koja je predhono navedena, određeni pokos moći svrstati u kategoriju rizika od stijenske mase, od niskog rizika pa sve do visokog rizika od odrona stijenske mase.

Tablica 141. Prikaz ukupnog broja bodova prema mjerama zaštite

Red. br.	Mjera zaštite	Ukupan broj bodova			
		Razred 1	Razred 2	Razred 3	Razred 4
1	MZ1 – Zaštitna mreža	27	63	189	561
2	MZ2 – Zaštitna mreža + sidra	27	81	225	669
3	MZ3 – Zaštitna mreža + sidra + sajle	27	81	243	705
4	MZ4 – Nosiva mreža	27	81	219	657
5	MZ5 – Nosiva mreža + sidra	27	81	243	705
6	MZ6 – Mlazni beton	60	150	450	1323
7	MZ7 – Mlazni beton + sidra	60	150	450	1350
8	MZ8 – Roštiljna konstrukcija	27	81	231	681
9	MZ9 – Roštiljna konstrukcija + sidra	27	81	234	696
10	MZ10 – Gabionska konstrukcija protiv odrona	27	81	312	681
11	MZ11 – Armirani nasip protiv odrona	27	81	225	669
12	MZ12 – Barijera protiv odrona	27	90	261	768
13	MZ13 - Galerija	36	90	342	1020



Grafički je prikazano na slici 139, a što će kroz aplikaciju biti vrlo jednostavno i realizirano, u bojama zona u kojoj naš određeni broj bodova cijeli određeni slučaj kategorizira prema dolje navedenoj ljestvici. Hazard od odrona stijenske mase je izražen u bodovima od 75 do 2025 bodova. Na temelju dobivenih podataka napravljena je ljestvica ocjenjivanja i to na način da se sve ispod 250 bodova smatra niskim stupnjem rizika od odrona stijenske mase te se označava zelenom bojom, od 250 do 450 bodova smatra se srednjim stupnjem rizika od odrona stijenske mase te se označava žutom bojom, od 450 do 600 bodova visokim stupnjem rizika od odrona stijenske mase koji se označava narančastom bojom, dok se sve ocjene preko 600 pa sve do 2025 bodova smatraju vrlo visokim stupnjem rizika od odrona stijenske mase i označavaju se crvenom bojom.

Analizom je procijenjeno da za različite visine zasjeka: 0 - 16 metara, 16 - 23 metra, 23 - 31 metar i visine preko 31 metar, ovisno o bodovima iz sustava procjene, određujemo razinu hazarda u stijenskim masama. Primjenom odgovarajućih mjera zaštite od MZ1 do MZ 13 nužno je umanjiti razinu hazarda za barem jednu razinu.

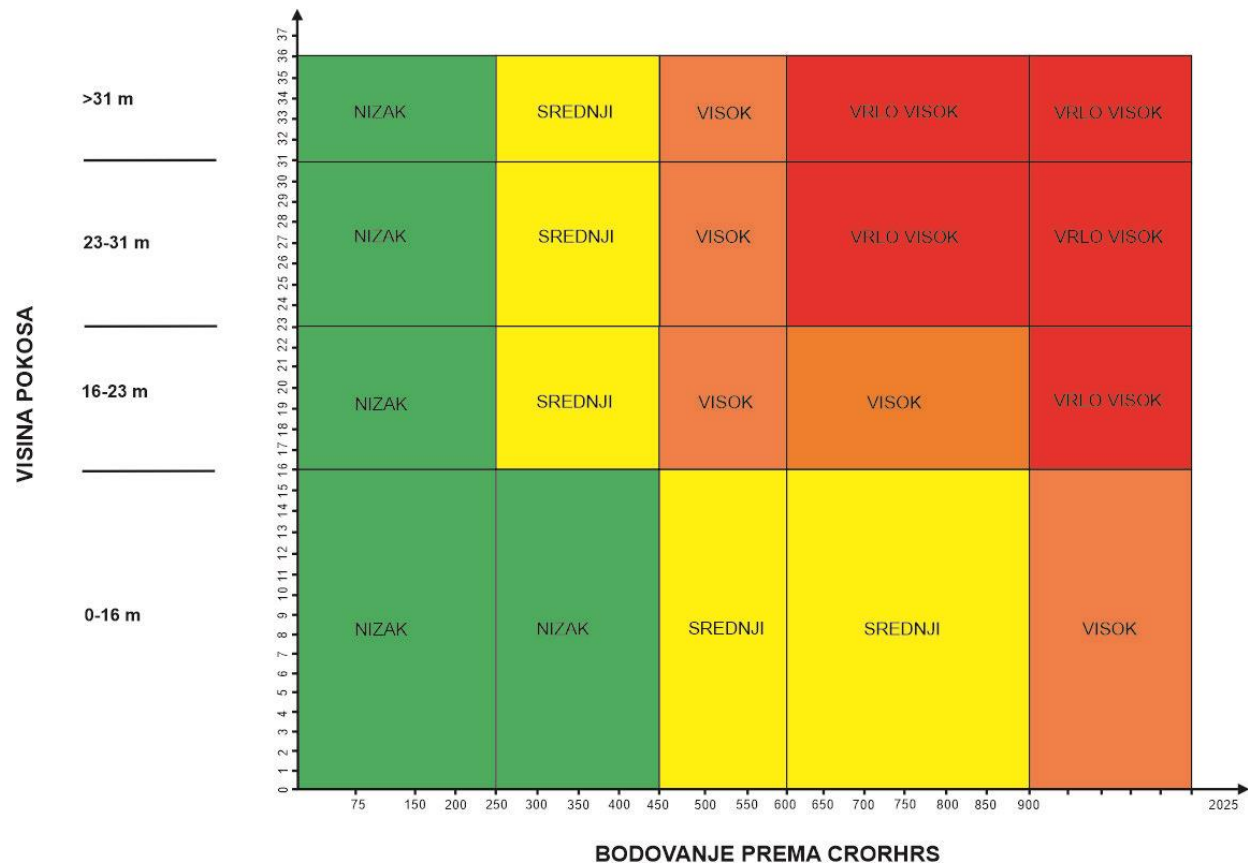
Tablica 142. Predložena CRORHRS metodologija za procjenu hazarda od odrona stijenske mase

		3 boda	9 bodova	27 bodova	81 bod	
Pokos	Visina pokosa	0 do 16 m	16 do 23	23 do 31	> 31 m	
	Frekvencija odrona	> 2 godine	1 do 2 godine	Godišnje - Sezonski	Tijekom cijele godine / Ozbiljni događaji	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	0 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8	
	Pokretačke značajke	Nema (glatka padina)	Malo (< 0.61 m promjene terena)	Mnogo (0.61 do 1.85 m promjene terena)	Glavne (> 1.85 m promjene terena)	
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	< 25.5 cm/m <sup>2</sup>	25.5 do 51 cm/m <sup>2</sup>	51 do 89 cm/m <sup>2</sup>	> 89 cm/m <sup>2</sup>	
	Br.ciklusi smrz. i odmrz.	1 do 5	6 do 10	11 do 15	16 ili više	
	Procjeđivanje/voda	Suho	Vlažan/Mokar	Kapanje	Tečenje	
	Aspekt kosine	N	E, W, NE, NW	SE, SW	S	
Geološki uvjeti	Karbonatna stijenska masa	Potkop.	0 do 30.5 cm	30.5 do 61 cm	61 do 122 cm	>122cm
		Jar slake	6	5	3 do 4	1 do 2
		Uslojenost	1 do 2 slaba sloja, < 15.5 cm	1 do 2 slaba sloja, > 15.5 cm	> 2 slaba sloja, < 15.5 cm	> 2 slaba sloja, > 15.5 cm
		Struktura	Homogena/M asivna	Manji rasjedi/Jake žile	Smična zona, < 15.5cm	Slabi pegmatiti/Tinjci, > 15.5 cm
		Trošnost	Svježa	Obojana površina	Blago promijenjena/ome kšana	Potpuno trošna

Geološki uvjeti	Diskontinuiteti	Veličina bloka/ Volumen	< 0.30 m / 0.76 m <sup>3</sup>	0.3 do 0.6 m / 0.76 do 2.3 m <sup>3</sup>	0.6 do 1.5 m / 2.3 do 7.6 m <sup>3</sup>	>1.5 m / > 7.6 m <sup>3</sup>
		Setovi	1	1 plus slučajan	2	>2
		Orijentacija	< 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	> 3 m, dnevno svjetlo niz lice pokosa	< 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine	> 3 m, dnevno svjetlo suprotno licu padine
		Otvor	Zatvoreno	0.1 do 1 mm	1 do 5 mm	> 5 mm
		Stanje	Svježe	Obojana površina	Granularna ispuna	Glinena ispuna
		Hrapavost	Hrapava površina	Valovita površina	Ravna površina	Zaglađena površina
	Blok – u - matriksu	Veličina bloka (x3)	< 0.30 m	0.30 do 0.60 m	0.60 do 1.5 m	> 1.5 m
		Oblik bloka (x3)	Tabularni/Pločasti	Blokoviti	Blokoviti do Uglati	Zaobljeni i glatki
		Vegetacija (x3)	Potpuno razvijena vegetacija	Neravnomjerno razvijena vegetacija	Izolirane biljke	Nema vegetacije
Promet	Udaljenost vidljivosti	> 80%	60% do 80 %	40 % do 60%	< 40%	
	Prosječan rizik vozila (PRV)	0 do 24%	25 do 49%	50 do 74 %	75 % ili više	
	Broj nesreća	0 do 2	3 do 5	6 do 8	9 i više	

Grafički prikaz rezultata prikazat će se u grafu matrica rizika od odrona stijenske mase gdje je na apscisi stavljen kriterij bodovanja na način da se sve ispod 250 bodova smatra niskim stupnjem rizika od odrona stijenske mase te je označen zelenom bojom; od 250 do 450 bodova smatra se srednjim stupnjem rizika od odrona stijenske mase i označen je žutom bojom; od 450 do 600 bodova smatra se visokim stupnjem rizika od odrona stijenske mase, a označen je narančastom bojom; sve ocjene od 900 do 2025 bodova smatraju se vrlo visokim stupnjem rizika od odrona stijenske mase i označen je crvenom bojom.

Na ordinati su prikazane različite visine zaszeka 0 - 16 metara, 16 - 23 metra, 23 - 31 metar i visine preko 31 metar. Ovisno o bodovima iz sustava procjene, određujemo razinu hazarda u stijenskim masama.



Slika 139. Matrica rizika

### **6.3.8. *Analiza lokacije Raspadalica prema CRORHRS-u CROatian Rockfall Hazard Risk Systemu***

Na osnovi provedenih analiza za lokaciju Raspadalica dobiveni rezultati po metodi CRHRS će u ovom poglavlju biti uspoređeni s bodovima dobivenim prema CROHRS metodi. U ovoj analizi prikazajemo rezultate tablično dobivene analiziranjem svakog od geoloških područja lokacije Raspadalica. U drugom koraku ove analize za svaki od geoloških područja rezultat se prikazuje tablično s umanjenjem broja bodova, ovisno o mjeri zaštite koja se uzima u obzir za pojedino područje. Nakon dobivenih konačnih rezultata u Matrici se prikazuju rezultati metode CRORHRS-a, uzimajući u obzir mjere zaštite, u odnosu na klasičnu CRHRS metodu.

Područje Raspadalice podijeljeno je u pet različitih segmenata opisanih u poglavlju 6.3.2.

U donjoj tablici prikazano je bodovanje segmenta A prema CRORHRS metodi

Tablica 143. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment A

Lokacija - Raspadalica segment A				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	9	Visina se kreće između 2 i 20m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80 i 90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
<b>Uvjeti klime</b>				
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
<b>Geološki uvjeti</b>				
Geološki uvjeti	Karbonatna stijenska masa	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	81	Vidljiva slojevitost, 50 - 200cm
		Struktura		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	1 - 10 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 6 pukotinskih sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	9	10 - 20 m dužina, svjetlo niz lice pokosa
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u – matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
Vegetacija				
<b>Promet</b>				
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNI BROJ BODOVA		891		

U sljedećoj tablici prikazano je umanjeње broja bodova s obzirom na primijenjenu mjeru zaštite MZ1.

Tablica 144. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment A

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda 12	Broj umanjeња bodova	
MZ1 - Dvostruko uvijene žičane mreže	Pokos	Visina pokosa	1	6	
		Frekvencija odrona	1	54	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	1	18	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Potkopavanje	0	/	
		Jar slake	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	1	54	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	1	/	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	1	/	
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	
		Broj nesreća	3	3	
	<b>Ukupan broj smanjenih bodova</b>				<b>138</b>

Iz gore navedenih tablica vidljivo je da je za Segment A, koji je bodovan prema CRORHRS metodi, ukupno dobiven 891 bod. Primjenom mjera zaštite MZ1 umanjuje se svaka ocjena za 1 razred te ukupan broj bodova, kada se oduzme 138 bodova od 891 boda, u konačnici

iznosi 753 boda čime se rizik smanjuje s vrlo visokog na visok rizik od hazarda od odrona stijenske mase.



U sljedećoj tablici prikazano je bodovanje segmenta B prema CROHRS metodi

Tablica 145. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment B

Lokacija - Raspadalica segment B				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	27	Visina se kreće između 23 i 31m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80 i 90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
<b>Uvjeti klime</b>				
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
<b>Geološki uvjeti</b>				
Geološki uvjeti	Karbonatna stijenska masa	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	81	Vidljiva slojevitost, 50 - 200cm
		Struktura		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	1 - 15 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 3 pukotinska sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	9	10 - 20 m dužina
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
	Blok – u matriksu	Hrapavost	81	Glatka površina
		Veličina bloka		
		Oblik bloka		
Vegetacija				
<b>Promet</b>				
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNI BROJ BODOVA		829		

U sljedećoj tablici prikazano je umanjeње broja bodova s obzirom na primijenjenu mjeru zaštite MZ1.

Tablica 146. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment B

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda 24	Broj umanjeња bodova	
MZ1 - Dvostruko uvijene žičane mreže	Pokos	Visina pokosa	3	27	
		Frekvencija odrona	3	78	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	27	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Potkopavanje	0	/	
		Jar slake	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	3	78	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	3	/	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	3	/	
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	
		Broj nesreća	3	3	
	<b>Ukupan broj smanjenih bodova</b>				<b>216</b>

Iz gore navedenih tablica vidljivo je da je za Segment B, koji je bodovan prema CRORHRS metodi, ukupno dobiveno 829 bodova. Primijenom mjera zaštite MZ1 umanjuje se svaka ocjena za određeni broj razreda te ukupan broj bodova, kada se oduzme 216 bodova od 829 bodova, u konačnici iznosi 613 bodova čime se rizik približava visokom riziku u odnosu na vrlo visok rizik hazarda od odrona stijenske mase.

U slijedećoj tablici prikazano je bodovanje segmenta C prema CROHRS metodi

Tablica 147. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment C

Lokacija - Raspadalica segment C				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	81	Visina se kreće preko 30 m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80 i 90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
<b>Uvjeti klime</b>				
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
<b>Geološki uvjeti</b>				
Geološki uvjeti	Karbonatna stijenska masa	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	81	Vidljiva slojevitost od 10 do 300 cm
		Struktura		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	Do 20 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 3 pukotinska sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	27	10 - 20 m dužina, jedan vidljivo nepovoljno orijentiran sistem
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u – matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
Vegetacija				
<b>Promet</b>				
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNI BROJ BODOVA		981		

U sljedećoj tablici prikazano je umanjeње broja bodova s obzirom na primijenjenu mjeru zaštite MZ1.

Tablica 148. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment C

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda 32	Broj umanjeња bodova	
MZ1 - Dvostruko uvijene žičane mreže	Pokos	Visina pokosa	3	78	
		Frekvencija odrona	4	81	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	27	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Potkopavanje	0	/	
		Jar slake	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	3	78	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	3	/	
		Oblik bloka (x3)	3	/	
	Vegetacija (x3)	1	/		
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	4	3	
		Broj nesreća	4	3	
	<b>Ukupan broj smanjenih bodova</b>				<b>270</b>

Iz gore navedenih tablica vidljivo je da je za Segment C, koji je bodovan prema CRORHRS metodi, ukupno dobiven 981 bod. Primijenom mjera zaštite MZ1 umanjuje se svaka ocjena za određeni broj razreda te ukupan broj bodova, kada se oduzme 270 bodova od

981 boda, u konačnici iznosi 711 bodova čime se rizik približava visokom riziku u odnosu na vrlo visok rizik od hazarda od odrona stijenske mase.

U sljedećoj tablici prikazano je bodovanje segmenta D prema CROHRS metodi

Tablica 149. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment D

Lokacija - Raspadalica segment D				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	27	Visina se kreće između 23 i 31 m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80 i 90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
<b>Uvjeti klime</b>				
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
<b>Geološki uvjeti</b>				
Geološki uvjeti	Karbonatna stijenska masa	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	81	Vidljiva slojevitost od 50 do 200 cm
		Struktura		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	1 do 15 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 3 pukotinska sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	9	10 - 20 m dužina,
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
Vegetacija				
<b>Promet</b>				
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNI BROJ BODOVA		909		

U sljedećoj tablici prikazano je umanjeње broja bodova s obzirom na primijenjenu mjeru zaštite MZ1.

Tablica 150. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment D

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda 32	Broj umanjeња bodova	
MZ1 - Dvostruko uvijene žičane mreže	Pokos	Visina pokosa	3	27	
		Frekvencija odrona	4	81	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	3	27	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Potkopavanje	0	/	
		Jar slake	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	3	78	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	3	/	
		Oblik bloka (x3)	3	/	
	Vegetacija (x3)	1	/		
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	4	3	
		Broj nesreća	4	3	
	<b>Ukupan broj smanjenih bodova</b>				<b>219</b>

Iz gore navedenih tablica vidljivo je da je za Segment D, koji je bodovan prema CRORHRS metodi, ukupno dobiveno 909 bodova. Primijenom mjera zaštite MZ1 umanjuje se svaka ocjena za određeni broj razreda te ukupan broj bodova, kada se oduzme 219 bodova od



909 bodova, u konačnici iznosi 690 bodova čime se rizik približava visokom riziku u odnosu na vrlo visok rizik od hazarda od odrona stijenske mase.

U tablici je prikazano bodovanje segmenta E prema CROHRS metodi

Tablica 151. Primjer bodovanja prema CRORHRS-u pilot područja *Raspadalica* – Segment E

Lokacija - Raspadalica segment E				
Kategorija	Parametri	Iznos bodova	Opis	
Pokos	Visina pokosa	3	Visina se kreće između 2 i 10m	
	Frekvencija odrona	81	Tijekom cijele godine	
	Prosječna vrijednost kuta nagiba	81	Kut nagiba je između 80 i 90°	
	Pokretačke značajke	27	Mnogo pokretačkih značajki	
<b>Uvjeti klime</b>				
Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	81	>100cm	
	Ciklusi smrz. i odmrz.			
	Procjeđivanje	3	Suhi uvjeti	
	Aspekt kosine	27	SE, SW	
<b>Geološki uvjeti</b>				
Geološki uvjeti	Karbonatna stijenska masa	Potkopavanje	81	Vidljivo potk. i preko 1,5 m
		Jar slake		
		Uslojenost	3	Slojevitost nije izražena
		Struktura		
		Trošnost		
	Diskontinuiteti	Veličina bloka	81	Do 3 m <sup>3</sup>
		Setovi	81	Vidljivih 6 pukotinskih sistema na različitim dijelovima
		Orijentacija	9	10 - 20 m dužina
		Otvor	81	>5 mm
		Stanje	81	Meka ispuna > 5mm
		Hrapavost	81	Glatka površina
	Blok – u -matriksu	Veličina bloka		
		Oblik bloka		
		Vegetacija		
<b>Promet</b>				
Promet	Udaljenost vidljivosti			
	Prosječan rizik vozila (PRV)	3	6 vlakova dnevno (0.14% prema proračunu)	
	Broj nesreća	3		
UKUPNI BROJ BODOVA		807		

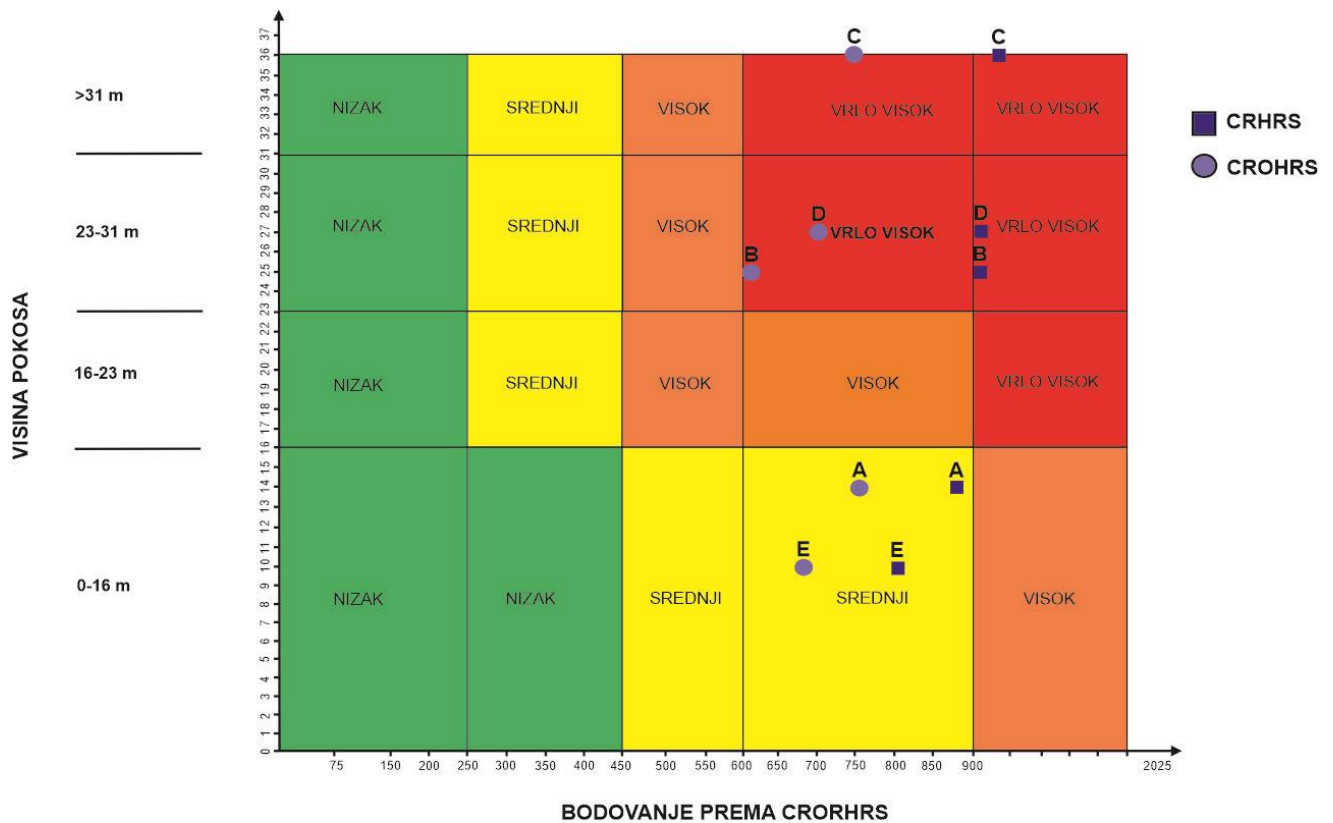
U tablici je prikazano umanjeње broja bodova s obzirom na primijenjenu mjeru zaštite MZ1.

Tablica 152. Mjera zaštite pokosa MZ1 i njezin utjecaj na smanjenje bodova prilikom ocjenjivanja prema CRORHRS metodi za Segment E

Mjera zaštite	Kategorija	Parametri	Broj umanjenih razreda 12	Broj umanjeња bodova	
MZ1 - Dvostruko uvijene žičane mreže	Pokos	Visina pokosa	1	3	
		Frekvencija odrona	1	54	
		Kut nagiba	0	/	
		Pokretačke značajke	1	18	
	Uvjeti klime	Godišnja količina oborina	0	/	
		Ciklusi smrz. i odmrz.	0	/	
		Procjeđivanje	0	/	
		Aspekt kosine	0	/	
	Geološki uvjeti	Potkopavanje	0	/	
		Jar slake	0	/	
		Uslojenost	0	/	
		Struktura	0	/	
		Trošnost	0	/	
		Volumen bloka	1	54	
		Setovi diskon.	0	/	
		Orijentacija	0	/	
		Otvor	0	/	
		Stanje	0	/	
		Hrapavost	0	/	
		Veličina bloka (x3)	1	/	
		Oblik bloka (x3)	0	/	
		Vegetacija (x3)	1	/	
	Promet	Udaljenost vidljivosti	0	/	
		Prosječan rizik vozila (PRV)	3	3	
		Broj nesreća	3	3	
	<b>Ukupan broj smanjenih bodova</b>				<b>135</b>

Iz gore navedenih tablica vidljivo je da je za Segment E, koji je bodovan prema CRORHRS metodi, ukupno dobiveno 807 bodova. Primijenom mjera zaštite MZ1 umanjuje se svaka ocjena za 1 razred te ukupan broj bodova, kada se oduzme 135 bodova od 891 bod, u konačnici iznosi 672 boda čime se rizik smanjuje sa vrlo visokog na srednji rizik hazarda od odrona stijenske mase.

Nadalje u matričnom prikazu rizika od odrona stijenske mase prikazan je odnos bodovanja prema CRHRS metodi u odnosu na novu metodu CRORHRS-a u kojoj su uzete u obzir mjere zaštite pokosa.



Slika 140. Prikaz matrice rizika prema CRHRS-u i dobivenim rezultatima CRORHRS-a

### 6.3.9. **Aplikacija GEOHAZARD za CRORHRS metodu**

Na osnovi utvrđenih utjecaja mjera zaštite pokosa razvijena je aplikacija za određivanje hazarda od odrona stijenske mase na prometnicama korištenjem CRORHRS metode uz mogućnost provjere intervencije na pokosu u vidu unošenja neke od mjera zaštite čime se automatski određuje doprinos zaštite na smanjenje rizika od odrona stijenske mase.

Aplikacija GEOHAZARD omogućuje da procjenu na terenu provedu inženjeri – korisnici tehničkih službi koji su zaduženi za održavanje prometnica. Primjena je jednostavna te se uz malo tehničkog znanja može dobiti brzi pregled stanja na pokosu, odnosno lokaciji i može se odrediti nivo hazarda od odrona stijenske mase bez potrebnog geotehničkog elaboriranja. Naravno, što je kvalitetniji unos podataka u bazu programa, time je veća mogućnost točnijeg definiranja razine hazarda.

Aplikacija se bazira na unosu podataka u tablicu koja je određena novom metodom CRORHRS-a na bazi CRHRS metode s reduciranim brojem parametara u smislu: sliva jarka, geoloških uvjeta i klimatskih uvjeta, te se njima dobiva konačan rezultat, odnosno bodovno se ocjenjuje rizik od hazarda u karbonatnim stijenskim masama na prometnicama u Republici Hrvatskoj. Nadalje, automatizmom se dobivena tablica računski umanjuje na osnovi tablice (broja bodova umanjenja određenog razreda ocjene) zadanih mjera zaštite na pokosu, te se dobiva konačna tablica u kojoj je sumiran rezultat, odnosno broj bodova i klasificira rizik od odrona stijenske mase. Na bazi broja bodova dobivamo grafički prikazan određeni rizik od odrona stijenske mase prikazan u bojama, ovisno o razini rizika. Ovisno o novo dobivenoj vrijednosti rizika, korisnik može mijenjati prijedlog mjera zaštite sve dok konačni rezultat ne bude prihvatljiva razina rizika za sanirani pokos.

Navedena aplikacija GEOHAZARD razvijena je za korištenje na stolnom računalu i smart telefonima, čime se olakšava korisniku primjena i dostupnost istog.



Slika 141. Aplikacija Geohazard (1)

**Aplikacija Geohazard** je *native* mobilna aplikacija razvijena za Android i OsX (iPhone) uređaje. Kao takva može se distribuirati putem službenih *Store* distribucijskih sustava. Razvojno okruženje je bazirano na *React Native* platformi, te je pogodno za korištenje naprednih funkcionalnosti poput pristupa geo-lokaciji i sl. Aplikacija je pogodna za rad u *Cloud* okruženju, čime bi se omogućilo pristupanje svim unesenim podacima, kreiranju „globalne” baze kartiranih podataka.

### **Korištenje aplikacije**

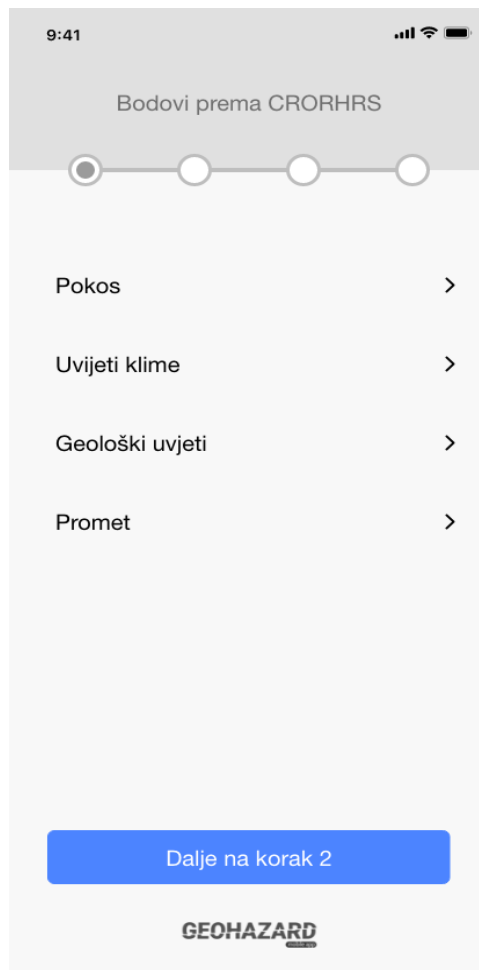
Aplikacija (slika 142) koristi intuitivno sučelje koje kroz korake dovodi do konačnog izračuna.



Slika 142. Aplikacija Geohazard (2)

#### Unos podataka – visina pokosa

U ovom koraku se u aktivno sučelje unose karakteristike pokosa od kojih je glavna karakteristika visina pokosa koja je u konačnoj matrici rizika prikazana na osi Y. Na isti način unose se i elementi geoloških značajki, uvjeti klime kao i utjecaj prometa (slika 145), čime se dobiva procjena rizika prema CRORHRS metodi bez utjecaja apliciranih mjera zaštite.



Slika 143. Unos podataka

Aplikacija radi na način da skrolanjem možemo pretraživati po sučelju uređaja dijelove u koje želimo unositi određene veličine. U ovom slučaju unosimo pokos na načina da jednostavno kliknemo na izbornik pokos i kliknemo na *Dalje na korak 2*.



### Unos ocjena pojedinih karakteristika pokosa

Korak koji sadrži 4 upita u smislu unošenja parametara pokosa kao što su: visina pokosa, frekvencija odrona, prosječna vrijednost kuta nagiba te pokretačke značajke. Svaki od njih nudi 4 moguća odgovora. Sustav bodovno tretira svaki rezultat te formira ukupni broj bodova koje možemo brzim pregledom vidjeti na ekranu.

9:41

< Pokos

1. Karakteristike pokosa

**Visina pokosa**

0 do 16 m

16 do 23 m

23 do 31 m

> 31 m

**Frekvencija odrona**

> 2 godine

1 do 2 godine

godišnje - sezonski

tijekom cijele godine / ozbiljni događaji > 8

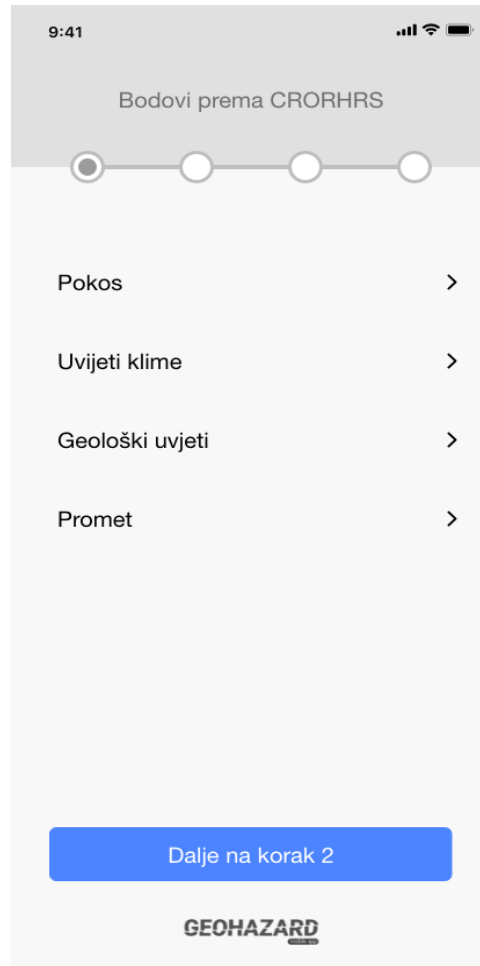
Dalje na korak 3

**GEOHAZARD**

Slika 144. Unos karakteristika pokosa prema CRORHRS -u

### Unos podataka – uvjeti klime

U ovom koraku se u aktivno sučelje unose uvjeti klime. Na isti način unose se i prikazani elementi pokosa, geološki uvjeti pokosa kao i utjecaj prometa (slika 145), čime se dobiva procjena rizika prema CRORHRS metodi, bez utjecaja apliciranih mjera zaštite.



Slika 145. Unos podataka

Aplikacija radi na način da skrolanjem možemo pretraživati po sučelju uređaja dijelove u koje želimo unositi određene veličine uvjeta klime. U ovom slučaju unosimo klimu na načina da jednostavno kliknemo na Uvjeti klime i kliknemo na *Dalje na korak 2*.

## Unos ocjena pojedinih uvjeta klime

Korak koji sadrži 4 upita u smislu unošenja parametara klime kao što su: godišnja količina oborina, broj ciklusa smrzavanja i odmrzavanja, procjeđivanje/stanje vlažnosti i aspekt kosine. Svaki od njih nudi 4 moguća odgovora. Sustav bodovno tretira svaki rezultat, te formira ukupni broj bodova koje možemo brzim pregledom vidjeti na ekranu.

9:41

Klima

2. Uvjeti klime

Godišnja količina oborina

< 25,5 cm/m<sup>2</sup>

25,5 - 51 cm/m<sup>2</sup>

51 - 89 cm/m<sup>2</sup>

> 89 cm/m<sup>2</sup>

Br. ciklusa smrzavanja i odmrzavanja

1 - 5

6 - 10

11 - 15

> 16

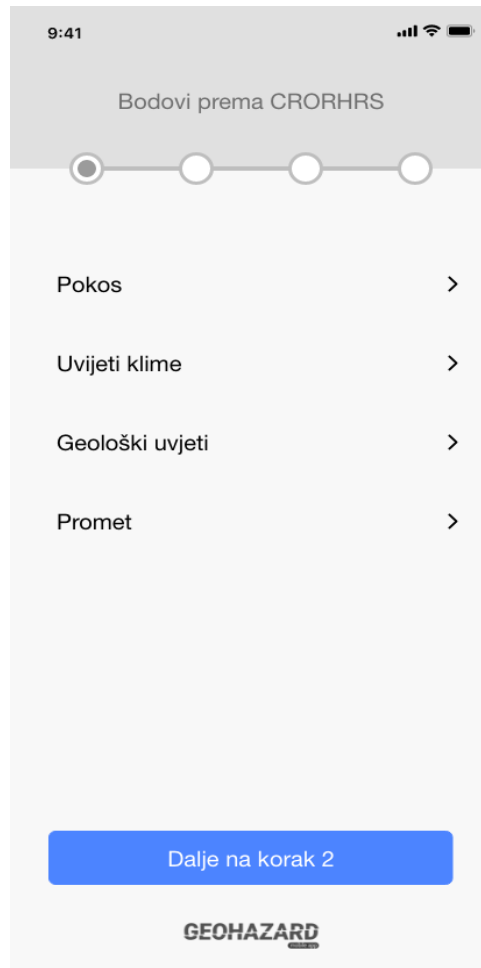
Dalje na korak 3

**GEOHAZARD**

Slika 146. Unos uvjeta klime prema CRORHRS -u

### Unos podataka – geološki uvjeti

U ovom koraku se u aktivno sučelje unose geološke značajke lokacije. Na isti način unose se i elementi visine pokosa, uvjeti klime pokosa kao i utjecaj prometa (slika 145), čime se dobiva procjena rizika prema CRORHRS metodi bez utjecaja apliciranih mjera zaštite.



Slika 147. Unos podataka

Aplikacija radi na način da skrolanjem možemo pretraživati po sučelju uređaja dijelove u koje želimo unositi određene veličine geoloških parametara. U ovom slučaju unosimo geološki uvjeti na način da jednostavno unesemo geološki uvjeti i kliknemo na *Dalje na korak 2*.

### Unos ocjena pojedinih geoloških značajki

Korak koji sadrži 14 upita u smislu unošenja parametara klime kao što su: potkopavanje, jar slake index, uslojenost, struktura, trošnost, veličina bloka/volumen, setovi diskontinuiteta, orijentacija diskontinuiteta, otvor diskontinuiteta, stanje diskontinuiteta, hrapavost diskontinuiteta, veličina bloka u matriksu, oblik bloka u matriksu te vegetacija. Svaki od njih nudi 4 moguća odgovora. Sustav bodovno tretira svaki rezultat te formira ukupni broj bodova koje možemo brzim pregledom vidjeti na ekranu.

9:41

< Geološki uvjeti

3. Karbonatna stijenska masa

**Potkopavanje**

0 - 30,5 cm

30,5 - 61 cm

61 - 122 cm

> 122 m

**Jar slake**

6

5

3 - 4

1 - 2

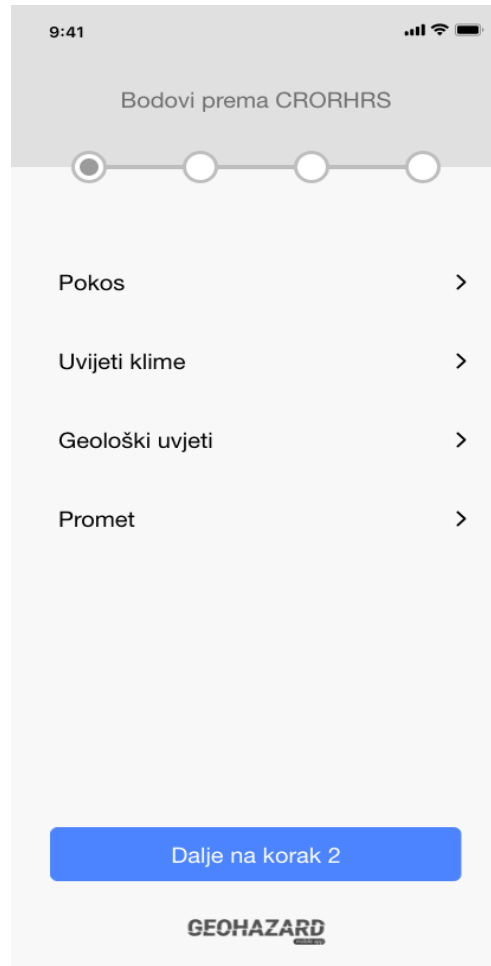
Dalje na korak 3

**GEOHAZARD**

Slika 148. Unos geoloških značajki prema CRORHRS-u

## Unos podataka – promet

U ovom koraku se u aktivno sučelje unose uvjeti prometa. Na isti način unose se i elementi visine pokosa, uvjeti klime i geološki uvjeti čime se dobiva procjena rizika prema CRORHRS metodi bez utjecaja apliciranih mjera zaštite.



Slika 149. Unos podataka

Aplikacija radi na način da skrolanjem možemo pretraživati po sučelju uređaja dijelove u koje želimo unositi određene veličine. U ovom slučaju unosimo visinu pokosa na načina da jednostavno unesemo visinu i kliknemo na *Dalje na korak 2*.

### Unos ocjena pojedinih uvjeta prometa

Korak koji sadrži 3 upita u smislu unošenja parametara prometa kao što su: udaljenost vidljivosti, prosječan rizik vozila (PRV) i broj nesreća. Svaki od njih nudi 4 moguća odgovora. Sustav bodovno tretira svaki rezultat te formira ukupni broj bodova koje možemo brzim pregledom vidjeti na ekranu.

9:41

Promet

4. Uvjeti prometa

Udaljenost vidljivosti

> 80%

60% - 80%

40% - 60%

< 40%

Prosječan rizik vozila

0% - 24%

25% - 49%

50% - 74%

> 75%

Dalje na korak 3

GEOHAZARD

Slika 150. Unos uvjeta prometa prema CRORHRS -u

### Unos mjera zaštite od MZ1 do MZ13

Aplikacija sadrži 26 upita u smislu unošenja veličina parametara te svaki od njih nudi 4 moguća odgovora što je istovjetno tablici metode CRORHRS-a. Sustav bodovno tretira svaki rezultat te formira ukupni broj bodova koje možemo brzim pregledom vidjeti na ekranu.

Unosom ocjena koje nam se nude, a koje su usklađene s osnovnim tabelarom CRORHRS metode, unosimo sve ocjene parametara.

Kroz 13 točaka koje pokrivaju metode zaštite pokosa nudi se za svaku točku po četiri moguća razreda. Svaki razred bodovno umanjuje ukupni broj bodova koji je izračunat u prehodnom koraku.

9:41

< Zaštitne mjere

Zaštitne mjere

**MZ1 - Zaštitna mreža**

Razred 1

Razred 2

Razred 3

Razred 4

**MZ2 - Zaštitna mreža + sidra**

Razred 1

Razred 2

Razred 3

Razred 4

Dalje na korak 4

**GEOHAZARD**

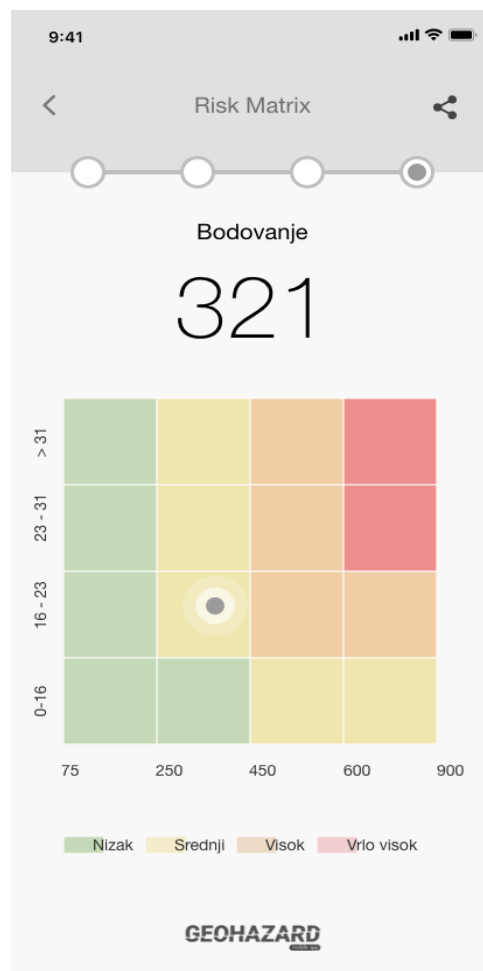
Slika 151. Unos mjera zaštite od MZ1 do MZ13



Unosom razreda automatski se određuje broj bodova za koji se umanjuje svaki pojedini parametar iz osnovne CRORHRS tablice.

### Izračun rezultata – konačan broj bodova

Zadnji korak daje konačni izračun broja bodova, koji je ujedno prikazan na priloženom grafu te vizualno procijenjeni rizik smješta u *Risk Matrix*.



Slika 152. Izračun rezultata – konačan broj bodova

Ukoliko je procijenjeni rizik s primijenjenom mjerom zaštite još uvijek previsok, korisnik može promijeniti mjeru zaštite sve dok aplikirana mjera zaštite ne dovede pokos u zonu prihvatljivog rizika.

To omogućuje korisniku da vrlo brzo dođe do potrebnih mjera zaštite, te da na osnovu prihvatljivog rizika može procijeniti adekvatne mjere zaštite pokosa i procijeni potrebne troškove za navedeni zahvat. Aplikaciju bi u budućnosti bilo moguće povezati s drugim

aplikacijama koje na jednostavan način mogu automatski razraditi troškove mjera zaštite u vidu tipskih troškovnika za pojedine mjere zaštite, pa čak i procijeniti ukupnu cijenu koštanja.

## 7. DISKUSIJA

U svijetu postoji više metoda procjene hazarda i rizika od odrona stijenske mase koje su prilagođene lokalnim uvjetima. U Republici Hrvatskoj ne postoji metoda procjene rizika od odrona stijenske mase na prometnicama, prilagođena lokalnim uvjetima prevladavajuće karbonatne stijenske mase.

U protekla tri desetljeća razvijeno je desetak metoda procjene hazarda i rizika od nestabilnosti na pokosima:

- HRHRS** Highway Rockfall hazard Rating System (Wyllie 1987)
- SSRS** Slope Stability rating System (FHWA 1989)
- RHRS** Rockfall Hazard Rating System ( Pierson and van Vickle 1993)
- RHRON** Ontario Rockfall Hazard Rating System ( Franclin and Senior 1997)
- NPCSS** New Priority Classification systems ( Wong 1998)
- USMS** Unstable Slope Management System ( Lowell and Morin 2000)
- USRS** Unstable Slope rating System (ODOT 2001)
- HiSIMS** Highway Slope Instability Management System (Miller 2003)
- MORFH-RS** Missouri Rock Fall Hazard Rating System (Maerz and Youssef 2004)
- mRHRS** modified Rockfall Hazard Rating System (Budetta 2004)
- RHCMS** Rockfall hazard Classification and mitigation System (Pierson et al. 2005)
- RCSA** Rock Cut Stability assesment (Uribe-Etxebarria et al. 2005)
- RHRM** Rockfall Hazard Rating Matrix for Ohio (Woodward and Shakoor 2005)
- LHRS** Landslide Hazard Rating System (Liang et al. 2006)
- UDOT-RHRS** UDOT Rockfall Hazard Rating System (Pack et al. 2006)
- TRHRS** Tennessee Rockfall Hazard Rating System (Mauldon et al. 2007)

**RSRP** Rock Slope Rating Procedure (NYDOT 2007)

**CRHRS** Colorado Rockfall Hazard Rating System (Russell et al. 2008)

**TENNESSEE** Tennessee Rockfall Hazard Rating System (2015)

Najpogodnije metode u uvjetima sličnim onima u Republici Hrvatskoj su:

RHRS – Rockfall Hazard Rating System

mRHRS – modified Rockfall Hazard Rating System

CRHRS – Colorado Rockfall Hazard Rating System

***RHRS – Rockfall Hazard Rating System***

Ovu metodu razvili su Pierson i van Vickle 1993. Metoda se koristi kao jednostavna metoda za utvrđivanje rizika te kvalifikacije rizika od odrona stijenske mase na transportnim rutama.

RHRS – Rockfall Hazard Rating System sastoji se od deset različitih parametara koji se mogu podijeliti u dvije grupe:

Parametri koji definiraju hazard od odrona stijenske mase:

- visina pokosa
- geološke karakteristike
- volumen odrona / veličina stijenskog bloka
- klimatski utjecaj
- prisutnost vode na pokosu
- povijest odrona stijenske mase– vremenski faktor.

Parametri koji indiciraju štetu na vozilima / sudionicima u prometu:

- učinkovitost odvodnih jaraka
- prosječan rizik vozila
- preglednost prometnice u postocima
- širina prometnice.

RHRS metoda temelji se na ne mnogo geoloških čimbenika, kvalitativno opisanih koji prema tome i nisu dovoljno pouzdani. Također se klima, prisutnost vode na kosini i kategorija povijest stijenskog odrona subjektivno ocjenjuju.

### ***mRHRS – Modified Rockfall Hazard Rating System***

Ova metoda koju su razvili Budetta i Nappi od 2004. do 2013. godine (Budetta 2004) koristi se kao modifikacija RHRS-a gdje se pokušala izbjeći subjektivnost inženjerske odluke za utvrđivanje rizika te kvalifikacije rizika od odrona stijenske mase na transportnim koridorima. Neke kategorije u originalnoj metodi opisane su kvalitativno te nedovoljno objektivno i mogu dovesti do previše subjektivnih i grubih ocjena stanja. Ovo se osobito odnosi na parametre kao što su: učinkovitost jaraka, geološke karakteristike, klimatski uvjeti na pokosu i prisutnost vode.

**mRHRS** – modified Rockfall Hazard Rating System koristi devet različitih parametara. U pregledu je prikazano u čemu se razlikuje od osnovne RHRS metode:

- Visina pokosa ostaje identična kao i u originalnoj metodi.
- Učinkovitost jarka u mRHRS-u referira se na oblik i karakteristike jarka prema (Ritchiu 1976).
- Prosječan rizik vozila – AVR (Average vehicle Risk) – ostaje isti kao i u originalnoj metodi.
- Preglednost prometnice – DSD (Decision Sight Distance) - u modificiranoj verziji ASD (Actual Sight Distance).
- Geološke karakteristike - u modificiranoj verziji koristi se SMR (Slope Mass Rating) klasifikacija za sraslu i poremećenu stijensku masu.
- Volumen odrona / veličina stijenskog bloka –  $V_b$  - statistička ocjena volumena bloka prije nastanka odrona.
- Klimatski utjecaj – uključuju se ciklusi intenzivnih oborina, ciklusi smrzavanja/odmrzavanja te cirkuliranje podzemnih voda.

- Povijest odrona stijenske mase – u modificiranoj verziji detaljna baza podataka povijesnih informacija o odronu stijenske mase potrebna je kako bi se moglo izvesti kvalitativno ocjenjivanje stanja stijenskog pokosa te rizika od odrona.
- Učestalost odrona stijenske mase.

mRHRS metodom i primjenom SMR indeksa moguće je izbjeći subjektivne ocjene geoloških značajki. Međutim, kako bi se primijenio Romanin SMR potrebna su mnoga skeniranja linija i terenska mjerenja koja provode iskusni alpinistički geolozi. Uporaba SMR indeksa može dati bolji opis stabilnosti stijenskog pokosa, ali se čini znatno složeniji od izvorne RHRS metode i zahtijeva više treninga i iskustva. Ovaj pristup je složen i ne može se primijeniti za mnogo kilometara ceste. Nemoguće je statistički usporediti konačne ocjene mRHRS metode s onima dobivenim s druge dvije navedene metode.

### ***CRHRS – Colorado Rockfall Hazard Rating System***

Metoda koju su razvili Russell i Santi 2008 godine (Santi et al. 2009) prema nalogu Colorado transportnog odjela (CDOT Colorado Department of Transportation) kako bi unaprijedili postojeću RHRS metodu dodajući nekolicinu klimatskih i geoloških faktora prepoznatih u tehničkoj literaturi kao parametri koji će pridonijeti objašnjenju stijenskih odrona.

Kada je metoda razvijena, uzeto je u razmatranje 200 kritičnih pokosa te su na temelju rezultata dobiveni parametri koji su uneseni kao relativni za ovu metodu:

1. Karakteristike pokosa:
  - visina pokosa
  - učestalost odrona
  - prosječna ocjena pokosa
  - karakteristike podloge – odskok
  - učinkovitost jarka.
2. Geološke karakteristike:
  - a. sedimentna stijena:
    - stupanj iskopa

- stupanj dreniranja
  - orijentacija slojeva.
- b. Eruptivne stijene:**
- karakteristike stijenske mase
  - stupanj prevjesa stijenske mase
  - stupanj okršenosti.
- c. Diskontinuiteti:**
- veličina bloka/volumen
  - broj setova diskontinuiteta
  - izgled zidova diskontinuiteta
  - uvjeti okršenosti
  - trenje između slojeva.
- d. Stijenski blokovi:**
- veličina bloka
  - oblik bloka
  - vegetacija.
- e. Utjecaj prometa na stijenski odron:**
- preglednost prometnice
  - prosječan rizik vozila
  - broj nesreća.

CRHRS metoda je objektivno najkompletnija metoda koja zbog niza parametara objektivno određuju egzaktno broj bodova koji nas navode na razinu hazarda i rizika od odrona stijenske mase. CRHRS metodom promatrane su četiri osnovne karakteristike kod analize pokosa. Kao prva su **karakteristike pokosa** u smislu: visine pokosa, frekvencije

učestalosti odrona, kut nagiba pokosa, pokretačke značajke pojedine lokacije te sliv jarka, odnosno utjecaj jarka na sami pokos. Nadalje su u obzir uzimani **uvjeti klime** kao što su: godišnja količina oborina u pojedinoj zoni, ciklusi odmrzavanja i smrzavanja, procjeđivanje vode, aspekt kosine. **Geološki uvjeti** pokosa su podijeljeni na sedimentne stijene i kristalaste stijene, diskontinuiteti u stijenskoj masi te blok u matriksu. Sedimentne stijene su razmatrane kroz uvjete potpopavanja slojeva, Jar slake faktor i uslojenost same stijene, dok su kristalaste stijene razmatrane prema njezinoj strukturi, prevjesu (ukoliko je prisutan) te trošnosti stijene. Diskontinuiteti u stijenskoj masi su promatrani kroz veličinu pojedinih blokova, setovima blokova, orijentaciji pojedinih blokova, otvorima u pokosu te općem stanju u hrapavosti površine. Blok u matriksu je promatran prema veličini bloka, obliku bloka te vegetaciji koja je prisutna na samoj lokaciji. Nadalje su razmatrani **uvjeti prometa** kroz prosječan rizik vozila te broj nesreća koje su evidentirane na pojedinom sektoru. Svaki se od, gore navedenih, parametara ocjenjuje ocjenama 3, 9, 27 i 81 bod, ovisno o karakteristikama svakog pojedinog parametra te se na kraju, ovisno o pojedinoj kategoriji, izračunava ukupan broj sume bodova.

Na bazi prethodno određenih inženjerskogeoloških regija razmatrani su i ocjenjivani gore navedeni faktori te se na kraju određivao stupanj rizika i to prema sljedećim ocjenama. Za uvjete pokosa se uzimao maksimalan broj bodova 405, za uvjete klime maksimalno 324, za geološke uvjete maksimalno 1215 te za promet 243 boda, prema izračunu maksimalnog broja bodova.

Već se kod određivanja uvjeta pokosa vidi da postoje nedostaci u samoj klasifikaciji i uviđa se potreba razrade sustava ocjenjivanja pojedinih parametara te klasifikacija samo za karbonatne stijenske mase koje prevladavaju u Hrvatskoj.

U CRHRS metodi pojam **kristalastih stijenskih masa** neprikladan je za korištenje u Republici Hrvatskoj te se razmatraju samo karbonatne stijenske mase, prikazane kroz geološke uvjete stijenske mase, bez podjele na sedimentne i kristalaste stijene.

Nadalje je kao parametar suvišan **sliv jarka** jer on nije prisutan u našim uvjetima izvođenja prometnica niti je moguće izvesti isti u većini slučajeva uz obalu u karbonatnim stijenskim masama. **Klimatski uvjeti** koji su razmatrani u originalnoj CRHRS metodi ne odgovaraju našim uvjetima te ih je kao takve potrebno posebno razmatrati. Kako se je pojavila velika



razlika u ocjenjivanju, osobito u geološkom dijelu pokosa na primjerima gdje smo imali prethodno izvedenu zaštitu pokosa, došlo se do zaključka o potrebi uzimanja u obzir i metode sanacije, odnosno metode zaštita pokosa kao bitan parametar prilikom ocjenjivanja samog hazarda i rizika od odrona stijenske mase jer bitno utječe, odnosno umanjuje određene parametre. Primjer za to je trošnost stijene, struktura stijenske mase i ostali uvjeti koji, ukoliko je pokos prethodno tretiran npr. mlaznim betonom, nije moguće determinirati i uzeti u obzir kao relevantan faktor niti u ocjenjivanju samog pokosa niti u ocjeni rizika od odrona stijenske mase.

Moderne metode zaštite pokosa koje nisu obuhvaćene niti jednom dosadašnjom metodom su:

1. zaštita pokosa ovješnim mrežama protiv erozije – MZ1
2. zaštita pokosa ovješnim mrežama u kombinaciji sa sidrima – MZ2
3. zaštita pokosa ovješnim mrežama u kombinaciji sa sidrima i čeličnom užadi – MZ3
4. zaštita pokosa nosivim mrežama – MZ4
5. zaštita pokosa nosivim mrežama u kombinaciji sa sidrima – MZ5
6. mlazni beton – MZ6
7. mlazni beton u kombinaciji sa sidrima – MZ7
8. roštiljna konstrukcija – MZ8
9. roštiljna konstrukcija u kombinaciji sa sidrima – MZ9
10. gabionska konstrukcija protiv odrona – MZ10
11. armirani nasip protiv odrona – MZ11
12. fleksibilna barijera protiv odrona – MZ12
13. galerija protiv odrona – MZ13

Moderne mjere zaštite pokosa bitno utječu na smanjenje rizika i hazarda od odrona stijenske mase.

Za potrebe procjene hazarda i rizika od odrona stijenske mase na prometnicama u Republici Hrvatskoj potrebna je metoda koja će usvojiti lokalne uvjete (metode građenja, geološki uvjeti i klimatski uvjeti), a također treba usvojiti i moderne mjere zaštite pokosa.

S obzirom na iskustva, nije potrebno u cijelosti razvijati novu metodu, već je predloženo modificirati CRHRS metodu kao najprihvatljiviju metodu za uvjete u Republici Hrvatskoj.

Stoga je napravljena modifikacija CRHRS metode prema uvjetima u karbonatnim stijenskim masama, nazvana CRORHRS metoda u kojoj su klasificirane mjere zaštite pokosa na bazi 13 mjera, počevši od najslabijih do trenutno najsuvremenijih. Na temelju analiza koje su provedene primijećeno je da pokosi, koji su tretirani nekom vrstom zaštite, nemaju iste karakteristike, odnosno ocjena istih ne bi smjela biti ista upravo zbog zaštite koja je integrirana na pokosu. Ubrzo se došlo do zaključka da određena vrsta zaštite bitno utječe na same parametre i konačnu ocjenu samih pokosa. Na temelju ovog zaključka napravljena je analiza svih vrsta zaštite i podjela, ovisno o težini i kompleksnosti, na 13 mjera. Nadalje kroz analize je primijećeno da glavna ocjena uvelike ovisi o geološkim uvjetima samog pokosa te da svaki od analiziranih slučajeva kao podjelu ponajprije mora imati onu geološku. Baza je tablica CRHRS metode koja je modificirana na gore naveden način izbacivanjem dvaju parametara, napravljena prema dobivenim rezultatima te ljestvica ocjenjivanja samih pokosa koja do sada nije nigdje definirana .

Prilikom analiza pokosa na osam slučajeva (Oštrovica – Kikovica, Bosiljevo – Vrbosko, Oštrovica – Vrata, Čvor Škurinje – Riječka zaobilaznica, Križišće – Meja, Sveti Rok – Maslenica, Gornji Brgat – Dubrovnik), a osobito na pilot projektu lokaliteta Raspadalica kod Buzeta, primijećeno je da su sve ocjene koje smo mi dobili za karbonatne stijenske mase uglavno između 250 i 600 bodova, iako je suma mogućih bodova daleko veća. Na temelju dobivenih podataka napravljena je ljestvica ocjenjivanja i to na način da se sve ispod 250 bodova smatra niskim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, od 250 do 450 bodova srednjim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, od 450 do 600 visokim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase, dok se sve ocjene preko 600 pa do 2025 bodova smatraju vrlo visokim stupnjem hazarda od odrona stijenske mase

Pokazano je da predložena CRORHRS metoda uspješno procjenjuje hazard i rizik od odrona stijenske mase na prometnicama u Republici Hrvatskoj.

Analizama je utvrđen utjecaj primjene modernih metoda mjera zaštite pokosa na neki postojeći zasjek u stijenskoj masi čime se dobiva nova umanjena vrijednost razine hazarda (izražena u bodovima).

Ukoliko koristimo mjeru zaštite MZ1, odnosno zaštitu pokosa zaštitnim mrežama protiv odrona, izračunan je utjecaj umanjenja bodova u osnovnoj razdiobi bodova po svakom pojedinom parametru te je određen maksimalan broj umanjenja bodova za određenu mjeru zaštite pokosa, što u slučaju zaštite mrežama iznosi (ovisno o razredu bodovanja): 27 bodova za 1. razred, 63 boda za 2. razred, 189 bodova za 3. razred te 561 bod za 4. razred.

Ukoliko koristimo mjeru zaštite MZ12, odnosno zaštitu pokosa zaštitnim barijerama protiv odrona stijenske mase, izračunan je utjecaj umanjenja bodova u osnovnoj razdiobi bodova po svakom pojedinom parametru te je određen maksimalan broj umanjenja bodova za određenu mjeru zaštite pokosa, što u slučaju zaštite barijerama iznosi (ovisno o razredu bodovanja): 27 bodova za 1. razred, 90 boda za 2. razred, 261 bodova za 3. razred te 768 bodova za 4. razred.

Gore navedeni rezultati omogućuju vrlo brzu procjenu učinka mjera zaštite pokosa na dostizanje prihvatljivog rizika od odrona stijenske mase, odnosno omogućuju vrlo brzu procjenu potrebnih mjera zaštite.

Na osnovi utvrđenih utjecaja mjera zaštite pokosa razvijen je software za određivanje hazarda od odrona stijenske mase na prometnicama, uz mogućnost unošenja neke od mjera zaštite, čime se automatski određuje smanjenje hazarda, odnosno rizika od odrona stijenske mase.

Software se bazira na unosu podataka u tablicu koja je određena novom metodom CRORHRS-a na bazi CRHRS metode s raduciranim brojem parametara. Nadalje automatizmom se dobivena tablica računski umanjuje na osnovi zadanih mjera zaštite na pokosu te se dobiva konačna tablica u kojoj je sumiran rezultat, odnosno broj bodova i klasificiran rizik od odrona stijenske mase. Na bazi broja bodova dobivamo u boji grafički prikaz predviđenog hazarda od odrona stijenske mase.

Navedeni software GEOHAZARD razvijen je za korištenje na smart telefonima čime se korisnicima olakšava primjena i dostupnost istog.

Software GEOHAZARD omogućuje da procjenu na terenu provedu inženjeri – korisnici tehničkih službi koji su zaduženi za održavanje prometnica. Primjena je u osnovi

jednostavna te se uz malo tehničkog znanja može dobiti brzi pregled stanja na pokosu, odnosno lokaciji i može se odrediti nivo hazarda od odrona stijenske mase bez potrebnog elaboriranja geotehničara. Naravno, što je bolji unos podataka u bazu programa to je veća mogućnost točnijeg definiranja razine hazarda.

Aplikacija GEOHAZARD je *native* mobilna aplikacija razvijena za Android i OsX (iPhone) uređaje. Kao takva može se distribuirati putem službenih *Store* distribucijskih sustava. Razvojno okruženje je bazirano na *React Native* platformi, te je pogodno da za korištenje naprednih funkcionalnosti poput pristupa geo-lokaciji i sl. Aplikacija je pogodna za rad u *Cloud* okruženju, čime bi se omogućilo pristupanje svim unesenim podacima, kreiranju „globalne” baze kartiranih podataka.

Time se pokazuje praktična primjena predložene metode i jednostavnost primjene softwarea.

Bez obzira na provedene analize u okviru ovog rada, predloženu metodu CRORHRS za određivanje razine hazarda u stijenskim masama na prometnicama u Republici Hrvatskoj nužno je dodatno provjeriti u praktičnoj primjeni.

## 8. ZAKLJUČAK

Odron je gotovo trenutno odvajanje dijelova stijene zbog klimatskih, bioloških i antropogenih čimbenika.

Odrone uvjetuju klimatski i biološki čimbenici. Klimatski čimbenici su: povećanje pornog tlaka tijekom infiltracije oborina, erozija materijala tijekom jakih kiša, ciklusi smrzavanja-odmrzavanja. Važnost klimatskih čimbenika pojačavaju recentne klimatske promjene koje se odražavaju vrlo negativno na stabilnost odrona. Biološki čimbenici su: mrvljene i kemijsko raspadanje stijena, širenje pukotina uslijed rasta korijenja, odvajanje dijelova stijena po sistemu poluge.

Dimenzije odronjenog bloka ovise o prostornom rasporedu diskontinuiteta, a mehanizam gibanja o orijentaciji diskontinuiteta. Mehanizmi gibanja blokova po pokosu mogu biti: pad (eng. falling), odskakivanje (eng. bouncing), klizanje (eng. sliding) ili kotrljanje (eng. rolling). Odrone u stijenskoj masi odlikuju: velike brzine odvijanja pojave odrona, nemogućnost pravovremene reakcije, velike štete na vozilima i infrastrukturi, ljudske žrtve.

Odroni predstavljaju veliku opasnost u područjima koja se odlikuju izrazitom raznovršnošću litografskog sastava tla, visokim stupnjem tektonske i seizmičke aktivnosti, složenim geološkim karakteristikama, različitim reljefnim obilježjima, nepovoljnim klimatskim uvjetima, razvijenom vodnom mrežom i značajnim antropogenim utjecajem na oblikovanje reljefa. Odroni manjih i većih razmjera učestala su pojava na prometnicama u Republici Hrvatskoj.

Vjerojatnost da će se odron stijenske mase određene magnitude pojaviti u određenom području u određenom vremenskom periodu izražava se kao hazard od odrona stijenske mase.

Kako bismo prevenirali odrone i hazarde od odrona stijenske mase, moramo se poslužiti metodama za procjenu hazarda i rizika od odrona stijenske mase.

Razmotrene su metode procjene hazarda i rizika od odrona stijenske mase koje postoje u svijetu i koje su prilagođene lokalnim uvjetima, od kojih nijedna nije u potpunosti primjenjiva u Republici Hrvatskoj u kojoj prevladavaju karbonatne stijenske mase.

Republici Hrvatskoj potrebna je metoda koja će usvojiti lokalne uvjete (metode građenja, geološki uvjeti i klimatski uvjeti), ali i moderne mjere zaštite pokosa.

Stoga je napravljena modifikacija CRHRS metode prema uvjetima u karbonatnim stijenskim masama, nazvana CRORHRS metoda u kojoj su klasificirane mjere zaštite pokosa na bazi 13 mjera, počevši od najslabijih do trenutno najsuvremenijih.

Znanstveni doprinos ove metode procjene hazarda od odrona stijenske mase leži u tome da je to prva predložena metoda koja obuhvaća lokalne uvjete (građenje, geološki uvjeti, klima) za prometnice u Republici Hrvatskoj, kao i prva metoda procjene hazarda od odrona stijenske mase na prometnicama uopće koja usvaja primjenu modernih mjera zaštite pokosa.

Praktični doprinos metode procjene hazarda od odrona stijenske mase leži u vrlo jednostavnoj primjeni za potrebe održavanja stijenskih zasjeka na prometnicama u Republici Hrvatskoj. Na osnovi utvrđenih utjecaja mjera zaštite pokosa razvijen je software za određivanje hazarda od odrona stijenske mase na prometnicama, uz mogućnost unošenja neke od mjera zaštite, čime se automatski određuje smanjenje hazarda, odnosno rizika od odrona stijenske mase.

Software se bazira na unosu podataka u tablicu koja je određena novom metodom CRORHRS-a na bazi CRHRS metode s reduciranim brojem parametara.

Na osnovi softwera izrađena je mobilna aplikacija GEOHAZARD razvijena za korištenje na smart telefonima čime se korisnicima olakšava primjena i dostupnost istog.

Razvijena aplikacija za pametni telefon omogućit će široku primjenu, osobito tehničkim službama zaduženim za održavanje prometnica kojima će aplikacija uštedjeti vrijeme geotehničkog elaboriranja i uz pomoć koje će dobiti brzi pregled stanja na pokosu i određeni nivo hazarda od odrona stijenske mase.

## Popis literature

Anderson, S. A.; King, T. J.; Schloner M. 1999. Urban rockfall hazard and mitigation cost rating, in: Amandei, B.; Kranz, R.L.; Scott, G.A.; Smeallie, P.H.; *Proceedings of the 37th U.S. Rock Mechanics Symposium, Volume 2, Rock Mechanics for Industry*, pp. 1229-1234.

Arndt, B.P.; Andrew, R.; Herring, K.; 2003. Rockfall potential along I-70 at the Georgetown Incline, in: Boyer, D.D.; Santi, P. M.; Rogers, W.P.; *Engineering Geology in Colorado: Contributions, Trends, and Case Histories, Association of Engineering Geologists Special Publication no. 15*.

Arnold, J.G.; Allen, P.M.; Ramanarayanan, T.S.; Srinivasan, R.; Muttiah, R.S.; 1996. The geographical distribution of freeze/thaw and wet/dry cycles in the United States: *Environmental & Engineering Geoscience*, Vol. II, no. 4, pp. 596-603.

Arbanas, Ž., Grošić, M., Udovič, D., Mihalić, S. 2012. Rockfall hazard analyses and rockfall protection along the Adriatic coast of Croatia. *Journal of Civil Engineering and Architecture* 6(3), pp. 344-355.

Arbanas, Ž. *Vivoda Prodan, M., Dugonjić Jovančević, S, Peranić, J., Udovič, D., Bernat Gazibara, S., Krkač, M., Sečanj, M., Mihalić Arbanas, S. (2020) 'Rockfall Modelling and Rockfall Protection at the Slopes above the City of Omiš, Croatia', ISRM Specialised Conference GEOTECHNICAL CHALLENGES IN KARS, Croatian Geotechnical Society, pp. 1 - 6.*

Badger, T.C. & Lowell, S.M., 1992. Rockfall control in Washington State: *Transportation Research Record, National Research Council, Washington D.C.*, no. 1343, pp. 14 - 19.

Baillifard, F., Jaboyedoff, M. and Sartori, M. (2003) 'Rockfall hazard mapping along a mountainous road in Switzerland using a GIS-based parameter rating approach', *Natural Hazards and Earth System Sciences*. doi: 10.5194/nhess-3 -435 -2003.

Barrett, R.K. & White, J.L., 1991, Rockfall prediction and control: *National Symposium on Highway and Railroad Slope Maintenance, 34th Annual Meeting of the Association of Engineering Geologists*, pp. 23-40.

Barton, N. 1976. The shear strength of rock and rock joints. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.* 13,1-24.

Barton, N.R., Lien, R., and Lunde, J., 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support: *Rock Mechanics*, Vol. 6, no 4, pp. 189-239.

Bateman V (2003) Development of a database to manage rockfall hazard: the Tennessee rockfall hazard database. Proceedings of 82nd annual meeting of Transportation Research Board, Washington

Bieniawski, Z. T.: *Engineering Rock Mass Classifications*, Wiley, New York, 1989.

Brabb EE (1984) Innovative approaches to landslide hazard mapping. In: Proceedings 4th international symposium on landslides, Toronto, vol 1, pp 307–324

Branson, F.A., 1990. *Contrasts of vegetation, soils, microclimates, and geomorphic processes between north and south-facing slopes on Green Mountain near Denver, Colorado*. United States Geological Survey, Department of the Interior, Water-resources investigations report 89-4094

Budetta, P.: Risk assessment from debris flows in pyroclastic deposits along a motorway, Italy, *Bull. Eng. Geol. Env.*, 61, 293 – 301, 2002.

Budetta, P. and Panico, M.: Il metodo “Rockfall Hazard Rating System” modificato per la valutazione del rischio da caduta massi, *Geologia Tecnica ed Ambientale*, 2, 3 – 13, 2002.

Budetta, P. (2004) ‘Assessment of rockfall risk along roads’, *Natural Hazards and Earth System Science*. doi: 10.5194/nhess-4 - 71-2004.

Budetta P, Nappi M (2013) Comparison between qualitative rockfall risk rating systems for a road affected by high traffic intensity. *Nat Hazards Earth Syst Sci* 13(6):1643 – 1653

Bunce, C. M., Cruden, D. M., and Morgenstern, N. R.: Assessment of the hazard from rockfall on a highway, *Can. Geotech. J.*, 34, 344 – 356, 1997.



Cancelli A, Crosta GB (1993) Hazard and risk assessment in rockfall prone areas. In: Telford T (ed) Risk reliability in ground engineering, pp 177–190

Consiglio Nazionale delle Ricerche – CNR: Norme tecniche per le costruzioni stradali, Pon 1V, 11– 15, 1980.

Corominas J, Van Westen C, Frattini P, Cascini L, Malet JP, Fotopoulou S, Catani F, Van Den Eeckhaut M, Mavrouli O, Agliardi F, Pitilakis K, Winter MG, Pastor M, Ferlisi S, Tofani V, Hervas J, Smith JT (2014) Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bull Eng Geol Environ* 73:209 – 263

Crosta, G. B. and Agliardi, F. (2003) 'A methodology for physically based rockfall hazard assessment', *Natural Hazards and Earth System Sciences*. doi: 10.5194/nhess-3 - 407-2003.

Dragčević, V. K. Ž. (2003) *Osnove projektiranja ceste*. Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Elliasen, T.D. & Ingraham, P.C., 2000. Review, rockfall hazard rating and repair of aging interstate rock cuts in northeastern Vermont: *51st Annual Highway Geology Symposium Proceedings*, Seattle Washington, pp. 233 - 243.

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z (2008) 'Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning', *Engineering Geology*, 102(3–4), pp. 99 – 111. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.03.014.

Ferlisi S, Cascini L, Corominas J, Matano F (2012) Rockfall risk assessment to persons travelling in vehicles along a road: the case study of the Amalfi coastal road (southern Italy). *Nat Hazards* 62(2):691 – 721

Ferrari, P. and Giannini, F.: *Geometria e progetto di strade – Ingegneria stradale*, I, ISEDI, Milano, 1975.

Ferrero AM, Migliazza M, Roncella R, Segalini A (2011) Rock cliffs hazard analysis based on remote geostructural surveys: the Campione del Garda case study (Lake Garda, Northern Italy). *Geomorphology* 125(4):457 – 471

Flatland, R., 1993. *Application of the Rockfall Hazard Rating System to the rock slopes adjacent to U.S. 50 and State Route 28 on the east side of Lake Tahoe, Nevada*. University of Nevada, Reno, M.S. Thesis, 318 p.

Fookes, P. G. and Sweeny, M.: Stabilization and control of local rockfalls and degrading rock slopes, *Quart. J. Eng. Geol.*, 9, 37 – 55, 1976.

Franklin, J.A., Senior, S.A.: The Ontario rockfall hazard rating system. *Proceedings of the conference on engineering geology and environment, Athens*, pp. 647 – 658, 1997.

Frattini P, Crosta G, Carrara A, Agliardi F (2008) Assessment of rockfall susceptibility by integrating statistical and physicallybased approaches. *Geomorphology* 94:419–437

Guzzetti, F., Crosta, G., Detti, R., and Agliardi, F.: STONE: a computer program for the three-dimensional simulation of rockfalls, *Computers and Geosciences* 28, 1079–1093, 2002.

Guzzetti, F., Reichenbach, P. and Ghigi, S. (2004) 'Rockfall hazard and risk assessment along a transportation corridor in the Nera valley, central Italy', *Environmental Management*. doi: 10.1007/s00267-003-0021-6.

Harp, E. L. and Noble, M. A.: An engineering rock classification to evaluate seismic rockfall susceptibility and its application to the Wasatch Front, *Bull. Assoc. Eng. Geologists*, 30, 293 – 319, 1993.

Hoek, E.: *Practical Rock Engineering*, Rocscience, Toronto, 1998.

Jaboyedoff, M., Dudt, J. P. and Labiouse, V. (2005) 'An attempt to refine rockfall hazard zoning based on the kinetic energy, frequency and fragmentation degree', *Natural Hazards and Earth System Science*. doi: 10.5194/nhess-5 - 621 2005.

Jaboyedoff, M. and Labiouse, V. (2003) 'Preliminary assessment of rockfall hazard based on GIS data', *Rock Mechanics*.

Korlaet, Ž. (1995) *Uvod u projektiranje i građenje cesta*. Zagreb: Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci.

Lienhart, D.A., 1988. The geographic distribution of intensity and frequency of freezethaw cycles: *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, Vol. XXV, no. 5, pp. 465 - 469.

Maerz NH, Youssef A, Lauer R (2004) MORFH RS: a rockcut rating system for Missouri highways. In: *Proceedings of the 55th highway geology symposium*, Kansas City, Missouri, pp 406 – 424

Maerz NH, Youssef A, Fennessey TW (2005) New risk—consequence rockfall hazard rating system for Missouri highways using digital image analysis. *Environ Eng Geosci* 11(3):229 – 249

Mauldon M, Drumm EC, Dunne WM, Bateman N, Rose B, Kim M (2007) Rockfall management system for Tennessee. Tennessee Department of Transportation Division of Material and Tests, Nashville, p 301

Mazzocola, D.F. & Hudson, J.A., 1996. A comprehensive method of rock mass characterization for indicating natural slope instability: *Quarterly Journal of Engineering Geology*, Vol. 29, pp. 37 - 56.

Miller, S.M., 2003. *Development and implementation of the Idaho Highway Slope Instability and Management System (HiSIMS)*. Idaho Transportation Department, report # N03-07.

Moore, H.L., 1986. Wedge failures along Tennessee highways in the Appalachian Region: Their occurrence and correction: *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, Vol. 23, no. 4, pp. 441 - 460.

New York State DOT (1996) Rock slope rating procedure. Geotechnical engineering manual, 15, Geotechnical Engineering Bureau, Albany

New York State DOT (2007) Rock slope rating procedure. Geotechnical Engineering Manual, 15, revision no. 1. Geotechnical Engineering Bureau, Albany

Nichol, M.R. & Waters, R.J., 1983. Comparison and effectiveness of rockfall mitigation techniques applied by states in the U.S.A. and Canada: *Proceedings of the 20th Annual Engineering Geology and Soils Engineering Symposium, Boise, Idaho*.

Pack R, Boie K, Mather S, Farrell J (2006) UDOT rockfall hazard rating system: final report and user's manual (report UT-06.07). Utah State University, Logan

Pantelidis L (2009) System of quantitative and qualitative assessment of highway geotechnical assets failure hazard and relevant consequences. PhD thesis, Aristotle University of Thessaloniki

Pantelidis L (2011) A critical review of highway slope instability risk assessment systems. *Bull Eng Geol Environ* 70:395 – 400

Paronuzzi P (1989) Probabilistic approach for design optimization of rockfall protective barriers. *Q J Eng Geol* 22:175 – 183

Patton, F.D. & Deere, D.U., 1970. Significant geologic factors in rock slope stability, in: Van Rensburg, P.W.J., *Planning Open Pit Mines: Proceedings of the Symposium on the Theoretical Background to the Planning of Open Pit Mines with Special Reference to Slope Stability*, A.A. Balkema, Cape Town, Amsterdam, pp. 265 - 274.

Pfeiffer TJ, Bowen TD (1989) Computer simulation of rockfalls. *Bull Assoc Eng Geol* 26(1):135–146

Pfeiffer, T. J., Higgins, J. D., Schultz, R., and Andrew, R. D.: Colorado rockfall simulation program users manual for version 2.1, Colorado Dept. of Transp., Denver, 1991.

Pierson LA (1992) The rockfall hazard rating system. *Transportation research record: rockfall prediction and control and landslide case histories*, no 1343, pp. 6 – 13

Pierson LA, Davis SA, Van Vickle R (1990) Rockfall hazard rating system implementation manual, federal highway administration (FHWA), report FHWA-OR-EG-90–01, FHWA. US Department of Transportation, Oregon

Pierson, L. A. and Van Vickle, R. (1992) *Rockfall hazard rating system, Transportation Research Record*. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

Pierson LA, Beckstrand DL, Black BA (2005) Rockfall hazard classification and mitigation system. Montana Department of Transportation, final report, FHWA/MT-05-011/8176

Piteau, D.R., 1970. Geologic factors significant to the stability of slopes cut in rock, in: Van Rensburg, P.W.J., *Planning Open Pit Mines: Proceedings of the Symposium on the Theoretical Background to the Planning of Open Pit Mines with Special Reference to Slope Stability*, A.A. Balkema, Cape Town, Amsterdam, pp. 33-53.

Ritchie AM (1963) Evaluation of rockfall and its control. Highway research board record, 17, Washington

Romana M (1985) New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes. In: Proceedings of international symposium on the role of rock mechanics, Zacatecas

Romana M (1988) Practice of SMR classification for slope appraisal. In: Proceedings of 5th international symposium on landslides. Balkema, Rotterdam

Romana M (1991) SMR classification. In: Proceedings of 7th international congress on rock mechanics. Balkema, Rotterdam

Romana, M. (1993) *A Geomechanical Classification for Slopes: Slope Mass Rating, Comprehensive Rock Engineering*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-042066-0.50029-X>.

Rose, B.T.: *Tennessee rockfall management system. PhD. thesis*, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2005.

Russell CP, Santi PM, Humphrey JD (2008) Modification and statistical analysis of the Colorado rockfall hazard rating system. Colorado Department of Transportation, DTD Applied Research and Innovation Branch (No. CDOT-2008-7)

Santi, P. M. (2006) 'Field methods for characterizing weak rock for engineering', *Environmental and Engineering Geoscience*. doi: 10.2113/12.1.1.

Santi PM, Russell CP, Higgins JD, Spriet JI (2009) 'Modification and statistical analysis of the Colorado Rockfall Hazard Rating System', *Engineering Geology*. doi: 10.1016/j.enggeo.2008.08.009.

Senior, S.A., 1999. Rockfall hazard remediation along Ontario highways: *50th Annual Highway Geology Symposium, Proceedings and Field Trip Guide*, pp. 276-286.

Shakoor, A., 2005. Development of a rockfall hazard rating matrix for the state of Ohio: *The Ohio Department of Transportation Office of Research & Development Executive Summary Report*.

Smolić, A. (2013) *Analiza minimalnih temperatura tla*. Prirodoslovno matematički fakultet.

Straub, D. and Schubert, M. (2008) 'Modeling and managing uncertainties in rock-fall hazards', *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 2(1), pp. 1–15. doi: 10.1080/17499510701835696.

Vandewater, C.J.; Dunne, W.M.; Mauldon, M.; Drumm, E.C.; Batemann, V.; 2005. Classifying and assessing the geologic contribution to rockfall hazard: *Environmental & Engineering Geoscience*, Vol XI, no. 2, pp. 141-154.

Watters, R.J., 1998. Modification to the Rockfall Hazard Rating System for successful mitigation in mountainous terrain as a result of climate and slope aspect considerations: *Association of Engineering Geologists 41st Annual Meeting, Programs with Abstracts* Vol. 41, p. 134.

Whiteside, P. G. D.: Discussion on rockfall protection measures, Conf. on Rock Eng. and Excavation in an Urban Env., Institution of Mining and Metallurgy, Hong Kong, 490–498, 1986.

Whitman, R. V.: Evaluating calculated risk in geotechnical engineering, *J. Geotech. Eng. Div., ASCE*, 110, 145–188, 1984.

Woodard MJ, Baker MJ, Shakoor A (2005) Development of a rock fall hazard rating matrix for Ohio, USA. In: *Proceedings of Geoline*, Lyon, France

Wyllie DC (1987) Rock slope inventory system. In: *Proceedings of the Federal Highway Administration Rockfall Mitigation Seminar FHWA Region 10*

Youssef, A.M., Maerz, N.H.: Development, justification, and verification of a rock fall hazard rating system. *BULL ENG GEOL ENVIRON* **71** (2012), pp. 171–186.

Zaninović, K. (2009) *Climate Atlas of Croatia 1961-1990, 1971-2000*, 9th EMS Annual Meeting, 9th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM) Abstracts, held Sept. 28 - Oct. 2, 2009 in Toulouse, France. <http://meetings.copernicus.org/ems2009/>, id. EMS2009-245.

## ŽIVOTOPIS

Dalibor Udovič je rođen 01. kolovoza 1978. godine u Rijeci. Dodiplomski sveučilišni studij građevinarstva, opći smjer – usmjerenje konstruktorsko na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci završio je 20. siječnja 2004. godine i stekao zvanje diplomirani inženjer građevinarstva. U listopadu 2003. godine zapošljava se u tvrtci Rijekaprojekt Inženjering d.o.o. u Rijeci kao pomoćnik nadzornog inženjera, a od ožujka 2004. godine zaposlen je kao pomoćnik Inženjera gradilišta u tvrtci Werkos d.o.o. u Osijeku. U srpnju 2005. godine postaje tehnički direktor iste tvrtke te ostaje na toj funkciji do veljače 2010. godine. Tijekom rada u tvrtci Werkos d.o.o. sudjelovao je i vodio preko stotinu gradilišta, preko 30 ak projekata projekata iz područja geotehnike, obavljajući gotovo sve vrste geotehničkih poslova, kako za potrebe izvođenja tako i za potrebe projektiranja u geotehnici.

U veljači 2010. godine zapošljava se u tvrtci Geotech d.o.o. Opatija te iste godine postaje njezin suvlasnik i direktor. Tijekom dvogodišnjeg rada u tvrtci Geotech sudjeluje u projektiranju i nadziranju niza radova u geotehnici kao i sudjelovanju u raznim istražnim radovima u geotehnici.

U svibnju 2011. godine osnuje tvrtku Monterra d.o.o. gdje je zaposlen do današnjeg dana na mjestu predsjednika uprave. U tvrtci Monterra d.o.o. doživio je svoj puni potencijal upravljajući najkompleksnijim i najzahtjevnijim vrstama izvođenja radova kako u Hrvatskoj, tako i u Sloveniji, Francuskoj, Srbiji, Kosovu, Bosni i Hercegovini, Makedoniji, Albaniji i Italiji. Osim u polju geotehničkih radova usko se specijalizirao za geomehaničke radove i radove opremanja cesta i željeznica u smislu zaštitnih ograda i zaštita od buka. Također se usko specijalizirao za zaštitu od poplava, klizanja terene i stijenskih odrona. Godine 2015. postaje ovlašten inženjer građevinarstva u Republici Sloveniji za teške objekte u svojstvu glavnog inženjera, nadzora i projektanta. Do današnjeg dana se bavi vođenjem gradilišta uz vodeću funkciju u tvrtci Monterra d.o.o.

Poslijediplomski doktorski studij na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, smjer Geotehnika, upisuje 2007. godine. Studij je u završnoj fazi i očekuje da će titulu doktora znanosti steći u 2022. godini. Doktorska disertacija pod naslovom "Identifikacija rizika od odrona u karbonatnim stijenskim masama na prometnicama u Republici Hrvatskoj" pod



mentorstvom izv.prof. dr. sc. Lea Matešića i komentorstvom prof. dr. sc. Željka Arbanasa je u fazi obrane.

Član je: Hrvatske Komore inženjera građevine ( HKIG ), Slovenske Inženjerske zbornice ( IZS ), Hrvatskoga geotehničkog društva ( HGD ), Slovenskog geotehničkog društva ( SloGeD ) (slo. Slovensko geotehniško društvo), Međunarodnog društva za mehaniku stijena ( ISRM ) (engl. International Society for Rock Mechanics) te Međunarodnog društva za mehaniku tla i geotehničkog inženjerstva (ISSMGE) (engl. International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering).

Odlično se služi engleskim i slovenskim jezikom u pismu i govoru. Aktivno se služi računalnim programima Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint, Rock fall, CorelDRAW, Autocad, MacWall, MacGRid, Civil 3D , Ruvolum, Debflow, Spider i Shallslide. Posjeduje vozačku dozvolu B-kategorije. Od socijalnih karakteristika i organizacijskih vještina ističem komunikativnost, otvorenost i pristupačnost u ophođenju s pojedincima i skupinama, sklonost javnim nastupima i izlaganjima, organiziranost, odgovornost i samodisciplinu u radu, sklonost učenju te razvoju znanstvenoga i stručnog iskustva.

## Bibliografija

Udovič, D., Kordić, B., Arbanas, Ž., 2022. Geotechnical Study of Raspadalica Cliff Rockfall, Croatia

Sušac, M., Vugrinski, M., Udovič, D., Arbanas, Ž., 2022. Design of the rockfall protection at the Špičunak location, Gorski kotar, Croatia

Peranić, J., Sečanj, M., Vivoda Prodan, M., Dugonjić Jovančević, S., Udovič, D., Arbanas, Ž., 2021. A Modern Approach in Analyzing and Designing of Rockfall Protection Measures: The City of Omiš Rockfall Protection Case Study

Arbanas, Ž., Sečanj, M., Vivoda Prodan, M., Udovič, D., Mihalić Arbanas, S., 2019. Protection of the City of Omiš, Croatia, from rockfall threats

Arbanas, Ž., Vivoda Prodan, M., Dugonjić Jovančević, S., Udovič, D., Mihalić Arbanas, S., 2019. Rockfall Modelling and Rockfall Protection at the Slopes above the City of Omiš, Croatia

Arbanas, Ž., Udovič, D., Sečanj, M., Mihalić Arbanas, S., 2018. Recent experiences in rockfall hazard and risk assessment

Udovič, D., Kovačević, M.S., Igrac, I. and Čavar, D., 2015. Sanacija klizišta na željezničkoj pruzi između kolodvora Karlovac i Mrzlog polja

Udovič, D., Kovačević, M.S. and Bačić, M., 2014. Remediation of landslides on railway line between Karlovac and Mrzlo Polje stations

Udovič, D., Arbanas, Ž., Mihalić Arbanas, S., Grošić, M., 2013. Rockfall Hazard Management on Traffic Facilities in Croatia

Arbanas, Ž., Grošić, M., Udovič, D., Mihalić Arbanas, S., 2012. Rockfall Hazard Analyses and Rockfall Protection along the Adriatic Coast of Croatia

Arbanas, Ž., Grošić, M., Udovič, D., 2009. Designing and constructing rockfall barriers – Experiences in Republic of Croatia

Arbanas, Ž., Grošić, M., Udovič, D. and Jagodnik, V., 2009. Optimization of rock mass support systems during deep excavations

Grošić, M., Dugonjić, S. and Udovič, D., 2008 . Designing, constructing and monitoring of slopes in rock mass in Croatia