

Procjena hazarda i rizika od odrona u stijenskoj masi

PROF.DR.SC. ŽELJKO ARBANAS

GRAĐEVINSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U RIJECI

PRIMJER

primijenjena istraživanja klizišta
za razvoj mjera ublažavanja
i prevencije rizika



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET



Sveučilište
u Rijeci
Građevinski
fakultet

JutarnjiLIST

**FOTO: ZASTRAŠUJUĆI PRIZOR S
JADRANSKE MAGISTRALE**
Ogromne kamene gromade odronile
se na cestu kod mjesta koje je
potpuno uništio požar

Jutarnji.hr OBJAVLJENO: 07.10.2018.



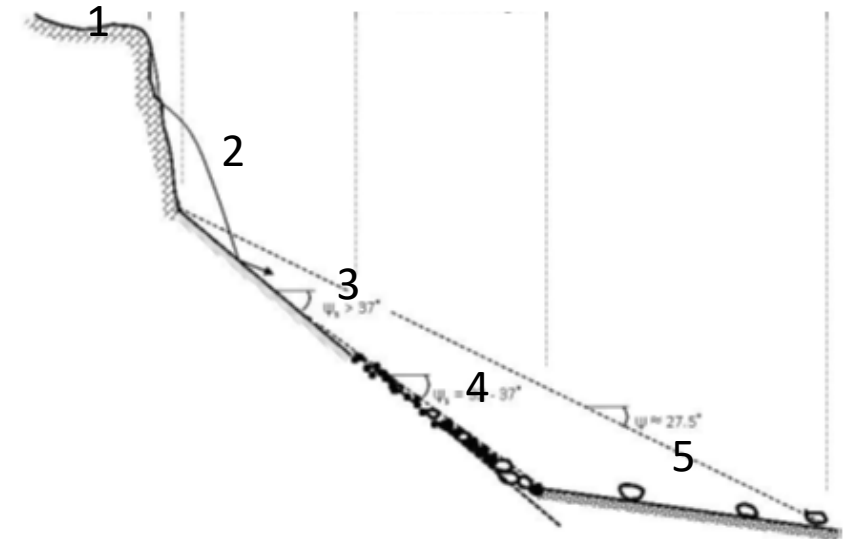
PRIMJER

primijenjena istraživanja klizišta
za razvoj mjera ublažavanja
i prevencije rizika

Odron u stijenskoj masi je **tip klizišta** čiji se mehanizam sastoji od odvajanja pojedinog bloka (ili više blokova) od vertikalne ili subvertikalne litice (1) koje slijedi brzo gibanje niz padinu kroz faze slobodnog pada (2), odskakivanje (3), kotrljanja (4) i klizanja (5).

Pri tome su odroni **ekstremno brze pojave s velikim dosegom pokrenute mase**, a zbog velike brzine, osobe se uglavnom ne stignu evakuirati.

Zbog toga su **odroni tip klizišta koji uzrokuju najveći broj žrtava**, čak i pri niskim stupnjevima izloženosti kao što su prometnice, a odroni mogu izazvati i značajna oštećenja na građevinama i infrastrukturi te poremećaje u životnim procesima.



PRIMJER

primijenjena istraživanja klizišta
za razvoj mjera ublažavanja
i prevencije rizika

SLOBODNA DALMACIJA

Gromada od 20 tona smrkskala prikolicu Viadukta
NOVI ODRON U OMIŠU

16.04.2012.



Glas Istre

Odron na pruzi kraj Buzeta Na željezničkoj
pruzi između Buzeta i Roča došlo je do
odrona stijena s litice Raspadalice
na Ćićariji, 15.11.2013.



HRT

Posljedica otapanja snijega: odron
stijena u Hrvatskoj Kostajnici ugrozio
kuće, 11.03.2018.



PRIMJER

primijenjena istraživanja klizišta
za razvoj mjera ublažavanja
i prevencije rizika



Stijena teška tonu i pol pala Omišaninu u dnevni boravak Kamene gromade odronile su se s brda Stomarica u petak navečer tijekom olujnog nevremena. Nitko nije ozlijeđen. Još su dvije gromade pale na kuće ispod brda...

Subota, 21.01.2012



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET



Sveučilište
u Rijeci
Građevinski
fakultet

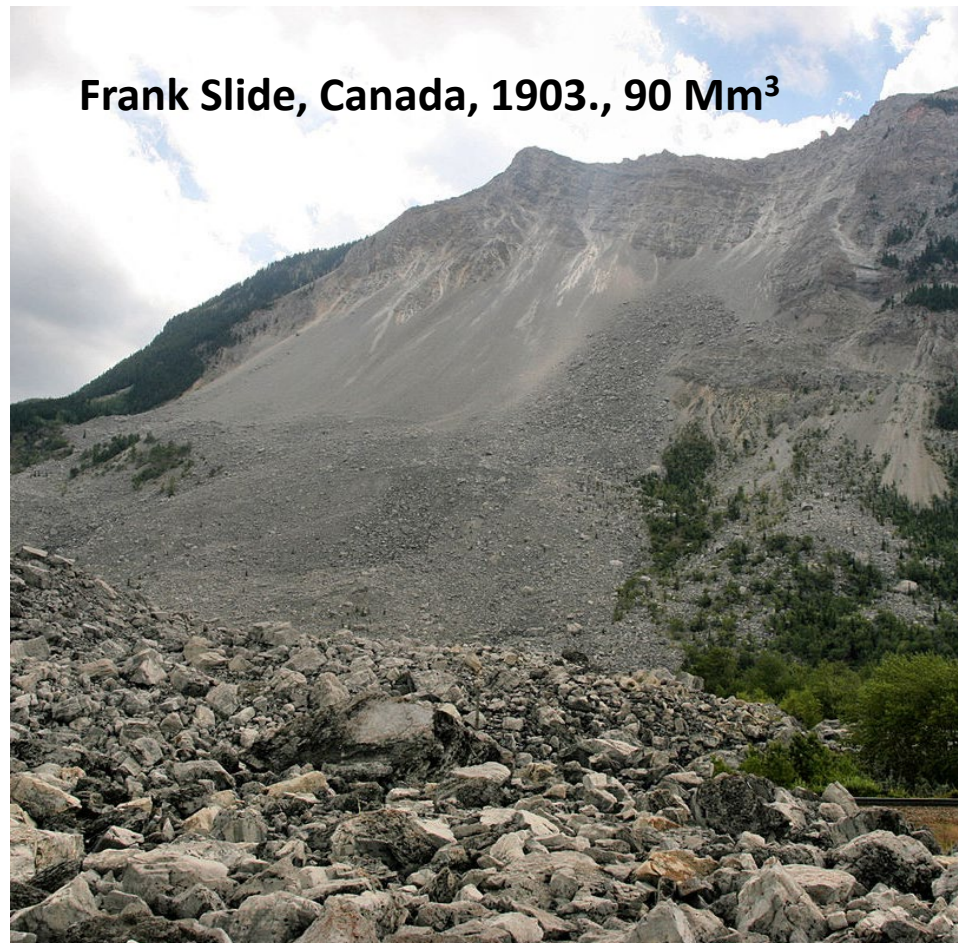
JutarnjiLIST

Odron kamenja ubio Mađara na divljoj plaži
Jutarnji.hr OBJAVLJENO: 18.07.2009.

Banska vrata, Rijeka, 2011.



Frank Slide, Canada, 1903., 90 Mm³



Randa, Switzerland, 1991., 30 Mm³



Više od **40% površine Hrvatske** predstavlja krško područje izloženo odronima koji su u prošlosti izazvali značajne štete na infrastrukturnim građevinama i naseljima, kao i ozljede i smrtne slučajeve.

U Republici Hrvatskoj **ne postoji ustaljena praksa procjene podložnosti i hazarda, kao ni analize rizika od odrona u stijenskoj masi**, iako su pojave odrona česte.

Također, **nije usvojena ili razvijena neka od metoda procjene podložnosti, hazarda ili rizika od odrona primjenjiva u Republici Hrvatskoj**. Praktični problemi koje koji nastaju uslijed ugroženosti infrastrukture ili naselja odronima rješavaju se deterministički, pri čemu se analize podložnosti i rizika od odrona provode samo djelomično, kao sastavni dio inženjerskih rješenja mjera za umanjenje rizika od odrona.

Hazard od odrona određuje vjerojatnost pojave odrona određene magnitude (volumena) ili intenziteta (definiranog energijom odrona) u određenom vremenskom periodu i na određenom području (površini) i ovisi o tri faktora:

Vjerojatnost odvajanja bloka određene magnitude (definirane preko veličine bloka) od stijenske litice na određenoj lokaciji u određenom periodu vremena, što uključuje prostornu (spacijalnu) komponentu vjerojatnosti pojave odrona (podložnost) i vremensku (temporalnu) komponentu vjerojatnosti pojave odrona (frekvenciju),

Propagaciju gibanja bloka niz kosinu što uključuje trajektoriju gibanja i maksimalni doseg pokrenutog bloka, i

Intenzitet odrona izražen kinetičkom energijom pokrenutog bloka duž trajektorije gibanja.

Rizik je opisan s tri temeljne komponente: hazardom, izloženosti elemenata pod rizikom i njihovom ranjivosti, a mogu biti karakterizirani prostornim ili ne-prostornim atributima. Izloženost je određena prostornom i vremenskom vjerojatnosti da je element pod rizikom prisutan u području zahvaćenom opasnosti od odrona u trenutku pojave odrona. Uobičajeni redoslijed određivanja u analizi rizika od stijenskog odrona je slijedeći:

Analiza hazarda koja uključuje analizu intenziteta, vjerojatnosti pojave odrona i doseg potencijalnog odrona,

Identifikacija elemenata pod rizikom koja uključuje njihov broj, vrijednost i stupanj izloženosti,

Analiza ranjivosti, i

Procjena rizika.

Tijekom posljednjih 40 godina razvijen je cijeli niz metoda za kvalitativnu procjenu hazarda od odrona u stijenskoj masi, pri čemu je većina razvijena za primjenu na ograničenim zonama uz prometnice ili naselja ugrožena odronima.

Rockfall Hazard Rating System (RHRS) i modifikacije

Metode proizašle iz *Rock Engineering System (RES)*

Druge metode (AHP, QRHRS, ...)

Rockfall Hazard Rating System (RHRS) i modifikacije (naročito *Colorado Rockfall Hazard Rating System (CRHRS)*) predstavlja sustav koji bi uz određene daljnje modifikacije mogao biti usvojen za procjenu hazarda i rizika u od odrona stijenske mase u Republici Hrvatskoj.

RHRS i CRHRS analiziraju slijedeće elemente u procjeni hazarda:

- i) **visinu kosine** s koje prijeti odron;
- ii) **djelotvornost jarka** za prikupljanje odronjenog materijala;
- iii) **prosječan rizik vozila** (eng. average vehicle risk, AVR) koji predstavlja vjerojatnost da vozilo bude prisutno u zoni odrona u trenutku odrona izraženo u postotku vremena;
- iv) **postotak duljine preglednosti** za donošenje odluke (eng. percent of decision sight distance, PDSD) koji predstavlja postotak udaljenosti koja je vozaču potrebna da reagira na pojavu odrona;
- v) **širina prometnice** predstavlja ukupnu širinu prometnice uključujući bankine koja predstavlja prostor raspoloživ za zaobilazanje prepreke;
- vi) **geološke značajke** koje uključuju dva međusobno isključiva slučaja: postojanje višestrukih setova diskontinuiteta u stijenskoj masi i stijenska masa je podložna eroziji (trošenju);
- vii) **veličina bloka** ili **volumen odrona** po pojedinom događaju;
- viii) **klimatski uvjeti i prisutnost vode** na kosini izraženi preko intenziteta kiše, ciklusi smrzavanja i otapanja te cirkulacija vode u kosini; i
- ix) **povijest odrona** predstavlja informaciju o prošloj aktivnosti odrona na kosini iz postojeće baze podataka ili od osoblja koje održava prometnicu.

PRIMJER

primijenjena istraživanja klizišta
za razvoj mjera ublažavanja
i prevencije rizika

Rizik se određuje na osnovi 3 parametra:

- i) duljine preglednosti,
- ii) rizika za vozila i
- iii) broja nesreća uzrokovanih odronima u proteklom periodu.

Pristup koje koriste RHRS i CRHRS mogu se **uz određene modifikacije koristiti u procjeni hazarda i rizika od odrona stijenske mase u Republici Hrvatskoj.**

Primjena ne samo na prometnice

Utjecaj modernih mjera zaštite od odrona

Utjecaj lokalnih uvjeta na hazard i rizik.

ZAKLJUČCI

U Republici Hrvatskoj ne postoji ustaljena praksa procjene podložnosti i hazarda kao ni analize rizika od odrona u stijenskoj masi, iako su pojave odrona česte te izazivaju značajne štete na prometnicama i drugoj infrastrukturi, stambenim i drugim građevinama, a ljudskih žrtava bilo je i u nedavnoj povijesti. **Više od 40% površine Hrvatske predstavlja krško područje izloženo odronima.**

Do sada nije usvojena ili razvijena neka od metoda procjene podložnosti, hazarda ili rizika od odrona primjenjiva u Republici Hrvatskoj, a **uslijed posljedica klimatskih promjena** mogu se očekivati sve **učestalije pojave odrona u stijenskoj masi**. Naime, dugotrajniji periodi oborina i suše, kao i duži i učestali periodi s negativnim vrijednostima temperature, značajno negativno utječu na ponašanje stijenske mase rezultirajući pojavom sve većeg broja odrona u stijenskoj masi u Republici Hrvatskoj posljednjih godina.

ZAKLJUČCI

Sve to navodi na **potrebu izrade karte hazarda i rizika od pojava odrona u stijenskoj masi**, a s tim i potrebe odabira odgovarajuće metode za procjenu hazarda i rizika od odrona stijenske mase, čemu bi trebala pripomoći iskustva iz svjetske literature. Pri tome svakako neće biti nužno izraditi potpuno novu metodu procjene hazarda i rizika od odrona, ali neće biti moguće prihvatiti neku od poznatih i provjerenih metoda bez odgovarajuće prilagodbe lokalnim topografskim, geološkim i klimatskim uvjetima u Republici Hrvatskoj.

ZAKLJUČCI



Trodimenzionalne snimke terena visoke rezolucije, kao što su zračne iterestričke snimke korištenjem LiDAR (Light Detection and Ranging) tehnologije ili fotogrametrijske snimke korištenjem SfM (Structure from Motion) tehnologije, omogućuju provođenje visoko sofisticiranih determinističkih prostornih simulacija pokretanja i propagacije odrona kao podloga za utvrđivanje rizika.

Razvoj odgovarajuće metode procjene hazarda i rizika od stijenskih odrona svakako treba usvojiti uvođenje modernih metoda procjene posljedica odrona na osnovi determinističkih metoda, dok heurističke metode mogu predstavljati jedino pomoćni alat u neizostavnim terenskim potvrdama rezultata.

PRIMJER

primijenjena istraživanja klizišta
za razvoj mjera ublažavanja
i prevencije rizika



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET



Sveučilište
u Rijeci
Građevinski
fakultet



primijenjena istraživanja klizišta
za razvoj mjera ublažavanja
i prevencije rizika



STUPICA

Odron na cesti Makarska – Vrgorac, 24. listopada 2010. godine

