

PROJEKT ZNANSTVENICI KATEDRE ZA GEOTEHNIKU GRAĐEVINSKOG FAKULTETA SVEUČILIŠTA U RIJEČI SANIRALI ODRONE OMIŠKE DINARE

Naprednim tehnologijama od odrona zaštićene 22 opasne točke iznad Omiša

Grad Omiš je vjerojatno najugroženije naselje u Hrvatskoj uslijed odronjavanja stijenske mase sa strmih padina masiva Omiške Dinare, napominje prof. dr. Željko Arbanas, voditelj Katedre za geotehniku riječkog Građevinskog fakulteta



U izvedbi radova alpinisti i helikopteri

Prema izradenim izvedbenim projektima od jeseni 2016. godine do kraja 2018. godine provedeni su radovi zaštite od odrona na 22 lokacije na stjenjanskim padinama Omiške Dinare iznad Grada Omiša. Radove je izvela zajednica ponuditelja Swietelsky B.m.b.H. i Skladgradnja d.o.o., a veliki dio radova, navodi prof. dr. Arbanas izvela su riječke tvrtke Monterra d.o.o. i Octopus d.o.o.

– Te su tvrtke specijalizirane za izvedbu radova zaštite pokosa od odrona s izvednim radovima u cijeloj regiji. Zbog složenosti radova većina radova izvedena je u vrlo teškim

uvjetima, a radove su izveli visoko obučeni radnici – alpinisti. S obzirom na vrlo strme litice, doprema opreme i elementa zaštite nije bila moguća uobičajenim tehnikama, pa su se pri dopremi i montaži elementa za zaštitne barijere koristili helikopteri. Nedostupnost lokacija koja utječe na vrlo složene uvjete izvođenja, dopreme materijala i postavljanja bušilica za geotehnička sidra utjecali su i na visoku cijenu radova, kao i rok izvođenja radova. Unatoč svim teškoćama, radovi su uspješno završeni krajem prošle godine, kaže voditelj Katedre.

Prof. dr. Željko Arbanas

Ingrid ŠESTAN KUČIĆ

Više od 40 posto površine Hrvatske predstavlja krško područje. Plozno odronima koji su u prošlosti izazvali značajne štete na infrastrukturnim građevinama i naseljima, kao i ozljede te smrtne slučajeve, a grad Omiš je vjerojatno najugroženije naselje u Hrvatskoj uslijed odronjavanja stijenske mase sa strmih padina masiva Omiške Dinare koje se uzdižu nekoliko stotina metara iznad stare gradske jezgre – kaže voditelj Katedre za geotehniku riječkog Građevinskog fakulteta prof. dr. Željko Arbanas. Znanstvenici te Katedre zajedno sa znanstvenicima s Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu čine Hrvatsku grupu za klizišta, a ta je grupa u dva navrata proglašena Svjetskim centrom izvrsnosti za smanjenje rizika od klizišta u koje pripadaju i odroni. Zajednički su istraživali brojna klizišta i odrone koristeći napredna znanstvena dostignuća i tehnologije koje omogućuju projektiranje sanacijskih mjera iznad razina uobičajenih u svakodnevnom inženjerskom projektiranju zaštite od odrona. Jedan od tih projekata je i zaštita od odrona grada Omiša.

– U posljednjih 20 godina dogodili su se brojni odroni blokova mase od nekoliko desetaka kilograma do nekoliko tisuća kilograma koji su oštetili brojne stambene građevine, ali ugrozile i ceste i vozila te drugu infrastrukturu. Odroni stijenske mase po definiciji su tip klizišta koji uključuje odvajanje pojedinačnog ili nekoliko blokova stijene s uglavnom vertikalnih stijenskih kosina nakon čega slijedi brzi pokret niz padinama u fazama slobodnog pada, odskakanja, kotrljanja i klizanja, predstavljajući veoma značajni hazard u područjima koja karakteriziraju strme

kosine izgrađene u stijenskoj masi. Grad Omiš je pred desetak godina pokrenuo izradu projektne dokumentacije za zaštitu od odrona koja je izrađena na osnovi tadašnjih saznanja i iskustava, kao i dostupnih modernih tehnika izrade geodetskih snimaka i stijenskih kosina i litica te modeliranja i simulacije pokretanja odrona te propagacije odronjavanja stijenske mase niz padine. U skladu s potrebama sigurnosti energije odrona i mogućih oštećenja građevina. Na osnovi tako izradenih glavnih projekata ishodovana je građevinska dozvola, a Fond za zaštitu okoliša i energetiku učinio je sigurnost od 2016. godine 30 milijuna kuna za sanaciju odrona. Na temelju raspisanog javnog natječaja radove na sanaciji odrona dobila je zajednica ponuditelja Swietelsky B.m.b.H. i Skladgradnja d.o.o. Kako bi radovi mogli započeti, a glavni građevinski projekti nisu osigurali dovoljno podataka za izvedbu radova, glavni izvođač radova tvrtka Swietelsky B.m.b.H. ugovorila je izradu izvedbenih projekata s Građevinskim fakultetom Sveučilišta u Rijeci i Rudarsko-geološko-naftnim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, pojašnjava prof. dr. Arbanas.

Moderne metode

Za potrebe izrade projekta zaštite od odrona grada Omiša primijenjene su napredne tehnike izrade digitalnog modela terena (DTM) koje omogućuju izradu trodimenzionalnih modela stijenskih kosina i litica. Tako dobivene digitalne geodetske podloge omogućuju provedbu daljinskih istraživanja (remote sensing) stijenske mase na svakom dijelu stijenskih litica koje gotovo i nije moguće fizički dosegnuti, osim iskusnih alpinista. Ujedno omogućuju i određivanje osnovnih elemenata stijenske mase koji su važni za moguće pokretanje odrona: pukotine u stijenskoj masi, dimenzije kao što su žljebi i duljina, hrapavost pu-



Prof. dr. Željko Arbanas

detekcija tipografskih podloga.

– Za potrebe analiza izradeni su digitalni modeli terena s točnošću od 1,0 centimetara u sve tri dimenzije korištenjem tzv. structure from motion (SfM) tehnike fotogrametrijskih snimaka kamerama visoke rezolucije instaliranim na dron koji prelijeće i snima lokaciju u kombinaciji s terestričkim laserskim skeniranjem lokacija vidljivih s površine terena. Rezultat ovakvih snimanja je digitalni trodimenzionalni (3D) oblik točaka (point cloud) visoke rezolucije s više desetaka tisuća točaka po kvadratnom metru snimljene površine. Tako dobivene digitalne geodetske podloge omogućuju provedbu daljinskih istraživanja (remote sensing) stijenske mase na svakom dijelu stijenskih litica koje gotovo i nije moguće fizički dosegnuti, osim iskusnih alpinista. Ujedno omogućuju i određivanje osnovnih elemenata stijenske mase koji su važni za moguće pokretanje odrona: pukotine u stijenskoj masi, dimenzije kao što su žljebi i duljina, hrapavost pu-

Zaštita od odrona

Nakon što su utvrđene zone ishidista mogućih odrona i veličina blokova koji se mogu pokrenuti, provedene su numeričke 3D simulacije čiji je cilj bilo utvrditi po kojim se trajektorijama mogu kotrljati pokrenuti blokovi, da li će se isti zaustaviti, odnosno do kojih se



“ Za potrebe analiza izradeni su digitalni modeli terena s točnošću od 1,0 centimetar u sve tri dimenzije korištenjem tzv. structure from motion (SfM) tehnike fotogrametrijskih snimaka

Prof. dr. Željko Arbanas

lokacija mogu otkriti, koje će građevine pri tome dosegnuti i kojom će se energijom obrušiti na građevine. Rezultati ovih analiza ukazali su na opasne blokove na liticama i njihove dimenzije, kao i na opasnosti koje slijede iz njihovog pokretanja, a to su bili osnovni elementi za određivanje konstrukcija za zaštitu od odrona.

– Zaštita od odrona obuhvaća dva osnovna pristupa. Prvi je pristup zadržati opasne blokove stijene na lokacijama na liticama na kojima se nalaze različitim konstruktivnim mjerama. Konstruktivne mjere obuhvaćaju aletima i pasivna geotehnička sidra, koja se buše i sidre kroz blokove stijene; čelični uzad komom se obuhvaćaju i zatežu opasni blokovi stijene, te zaštitne žičane mreže kojima se obuhvaćuju opasni blokovi i pridržavaju na liticama, kao i različite kombinacije navedenih mjera. U drugom se pristupu analiziraju mogućnosti da se blok stijene pokrene s litice, analizira se njegova trajektorija te se na određeni blok zaustav-

lja barijerama za zaštitu od odrona. Barijere za zaštitu od odrona sastoje se od niza stupova između kojih se postavljaju čelične mreže i čelična uzad čija je uloga preuzeti kinetičku energiju kotrljaćeg bloka i zadržati blok prije pada na građevine. Barijere se postavljaju na padinama iznad građevina, a ovisno o blokovima koje trebaju zadržati imaju različite dimenzije i energetske kapacitete, objašnjava voditelj Katedre.

Uz njega suradnici na projektu bili su i doc. dr. Martina Vivoda Prodan, doc. dr. Sanja Dugonjić Jovančević i dr. Josip Peranić, a analize i izvedbeni projekti zaštite od odrona radeni su na ukupno 22 lokacije utvrđene glavnim projektom. Na tim lokacijama provedene su analize stabilnosti i analizirane su mjere moguće zaštite te određene zaštitne konstrukcije. Određene su sve mjere zaštite, uključujući geotehnička sidra, njihovu nosivost i duljinu, položaj i nosivost mreža za zaštitu od odrona i, možda najvažnije, energetske kapacitete

Znanstveni projekti

Prof. dr. Arbanas ujedno dodaje i da Katedra za geotehniku i dalje razvija svoja znanja i vještine na smanjenju opasnosti od odrona stijenske mase kroz dva aktivna znanstvena projekta, a riječ je o međunarodnom projektu »Rockfall Hazard Identification and Rockfall Protection in the Coastal Zone of Croatia« Međunarodnog programa za klizišta te istraživačkom projektu riječkog Sveučilišta »Istraživanje procesa i procjena hazarda od odrona u stijenskoj masi«.

i položaj barijera za zaštitu od odrona iznad stare gradske jezgre grada Omiša. Svaki detalj zaštitnih konstrukcija određen je na 3D digitalnom modelu terena, što je omogućilo točno pozicioniranje svake od zaštitnih mjera na terenu s centimetarskom točnošću, te izvedbu radova koji osiguravaju visoki stupanj sigurnosti Omiša od budućih odrona. Ovakvi izvedbeni projekti osigurali su visoki stupanj uspješnosti izvedbe radova. Međutim, unatoč provedenim radovima grad Omiš, napominje Arbanas, samo je djelomično zaštićen.

Dodatne mjere

– Kako je već navedeno, glavni projekt na temelju kojeg su provedeni radovi zaštite, određio je 22 lokacije na kojim je provedena zaštita od odrona. Međutim, simulacije odrona provedene na Građevinskom fakultetu u Rijeci koristeći znanstvene simulacijske analize ukazale su na područja koja ovom fazom zaštite nisu pokrivena, pa će biti nužno provesti dodatne analize i dodatne mjere zaštite koje bi osigurali da Omiš bude siguran, a da rizici od odrona stijenske mase s padina Omiške Dinare budu svedeni na najmanju moguću i prihvatljivu mjeru. Katedra za geotehniku Građevinskog fakulteta podržava i projekat zaštite Omiša od odrona kao jedan od svojih značajnijih projekata i svakako očekuje nastavak suradnje s Gradom Omišom u slijedećim fazama radova, zaključuje voditelj Katedre.

