

KLIZIŠTA U PRIMORSKO-GORANSKOJ ŽUPANIJI – POSTOJEĆE STANJE I PRILAGODBA KLIMATSKIM PROMJENAMA

Dan Civilne zaštite

Rijeka, 3.3.2023.

Doc. dr. sc. Petra JAGODNIK

Sveučilište u Rijeci
GRAĐEVINSKI FAKULTET

primijenjena
istraživanja klizišta
za razvoj mjera
ublažavanja
i prevencije rizika



Zajedno do fondova EU



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

SADRŽAJ

- Općenito o klizištima
- Istraživanja klizišta
- Tipovi klizišta u Primorsko-goranskoj županiji
- Karte klizišta u Primorsko-goranskoj županiji –
alati znanstvenog projekta PRI-MJER
- Rano prepoznavanje klizišta na terenu
- Mjere nakon pokretanja klizišta
- Monitoring klizišta

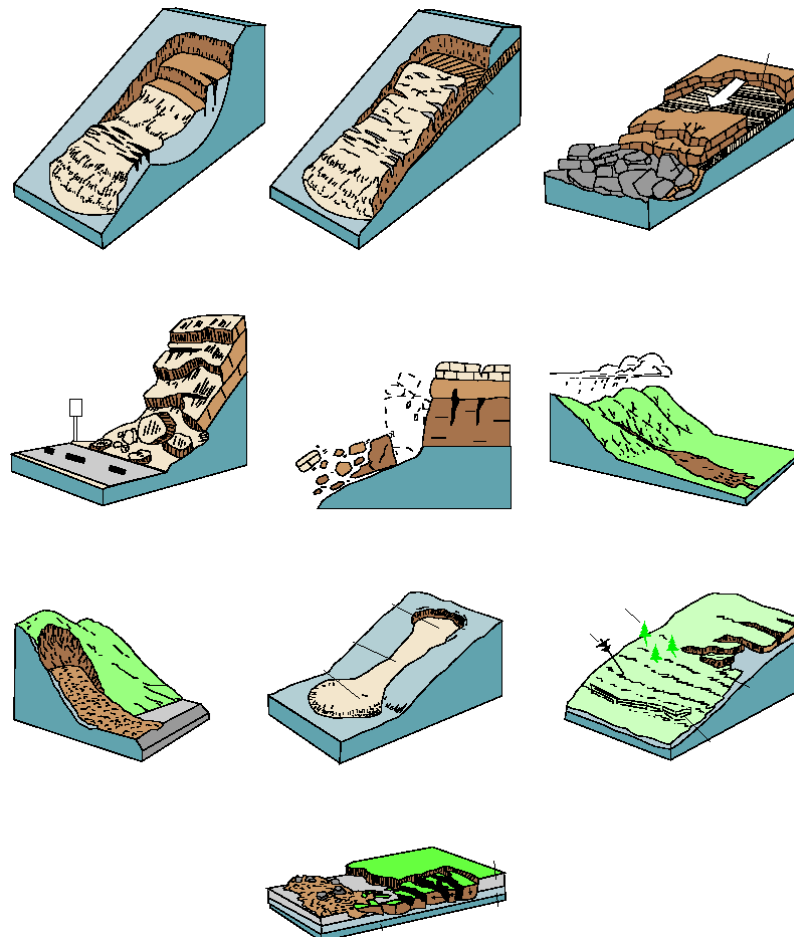
primijenjena
istraživanja klizišta
za razvoj mjera
ublažavanja
i prevencije rizika

DEFINICIJA KLIZIŠTA

Klizište je morfološka pojava nastala kao posljedica gibanja materijala niz padinu pod utjecajem gravitacije.

Definicija klizišta podrazumijeva sve pokrete na padinama pod utjecajem gravitacije, neovisno o mehanizmu gibanja pokrenutog materijala.

Svako klizište karakteriziraju njegov specifični oblik i veličina, kao posljedica načina, brzine gibanja i volumena gravitacijski pokrenutog materijala.



MEHANIZMI GIBANJA

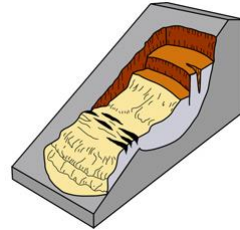
ODRONJAVANJE



PREVRTANJE



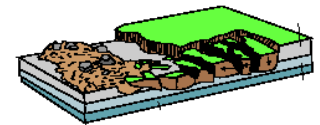
KLIZANJE



TEČENJE



BOČNO
RAZMICANJE



UZROCI KLIZIŠTA

PREDUVJETI KLIZIŠTA– čine padinu osjetljivom na klizanje, ali ne iniciraju gibanje već padinu dovode u stanje granične ravnoteže

POKRETAČI KLIZIŠTA – procesi koji iniciraju gibanje, tj. padinu iz stanja granične ravnoteže dovode u aktivno nestabilno stanje

Osnovni **preduvjet** klizišta je **VRSTA MATERIJALA** koja izgrađuje padinu.

Klizišta najčešće **pokreću OBORINE**, a važni pokretači su i erozija tekućom vodom u nožici padine, slobodno otjecanje vode po površini padine, potresi, ljudske djelatnosti.

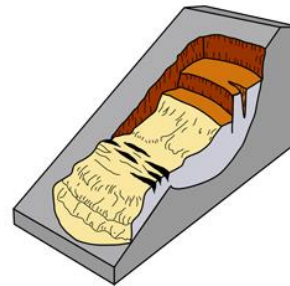


BRZINA POKRETA

Razred	Opis	Brzina mm/s	Karakteristična brzina
7	Ekstremno brzo		
		5×10^3	5 m/s
6	Vrlo brzo		
		5×10^1	3 m/min
5	Brzo		
		5×10^{-1}	1.8 m/h
4	Umjereno		
		5×10^{-3}	13 m/mjesec
3	Sporo		
		5×10^{-5}	1.6 m/godinu
2	Vrlo sporo		
		5×10^{-7}	16 mm/godinu
1	Ekstremno sporo		



Brza gibanja pokrenutog materijala tipična su za nagle krte slomove u stijenskim masama, nakon što je ona značajno oslabljena trošenjem i povećanjem gustoće diskontinuiteta.



Spora gibanja pokrenutog materijala češća su u plastičnim, mekanim koherentnim tlima (glinama).

ELEMENTI KLIZIŠTA

Idealizirani model klizišta s opće prihvaćenom terminologijom koja opisuje njegove elemente.

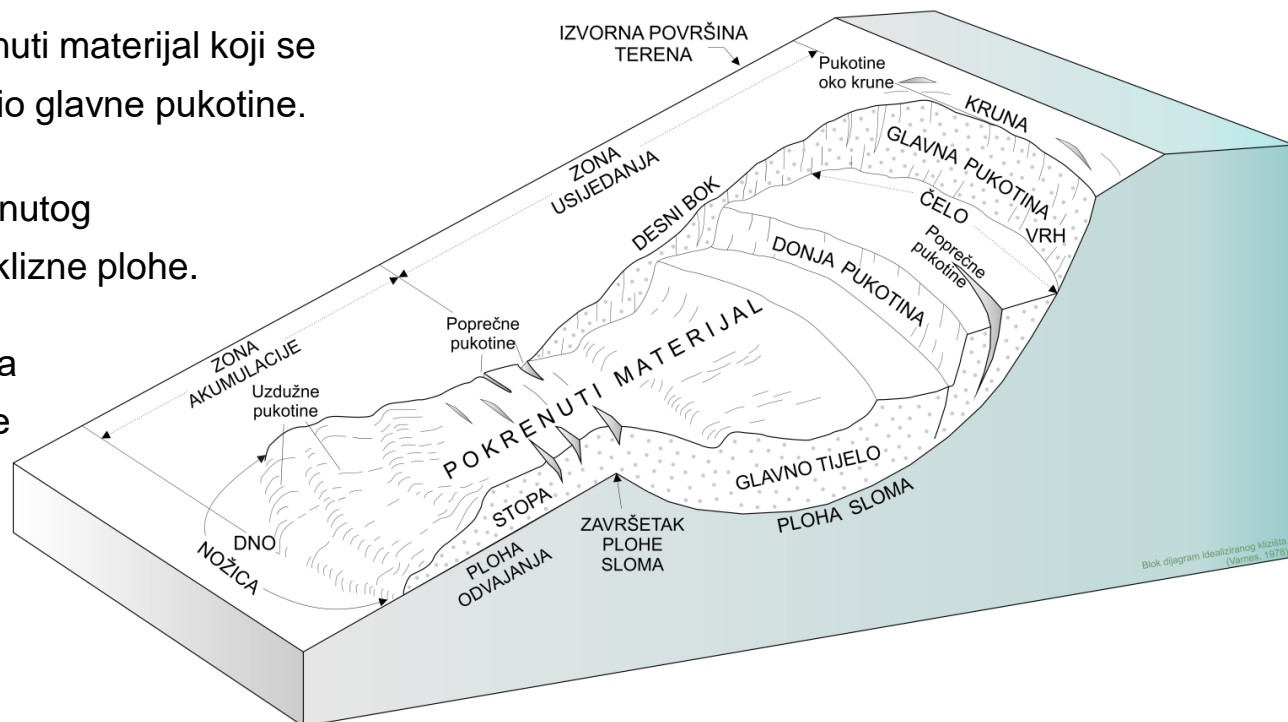
KLIZNA PLOHA je ploha sloma, tj. ploha koja odvaja pokrenuti materijal od nepokrenute podloge.

Klizna ploha je vidljiva u vrhu klizišta, kao **GLAVNA PUKOTINA**.

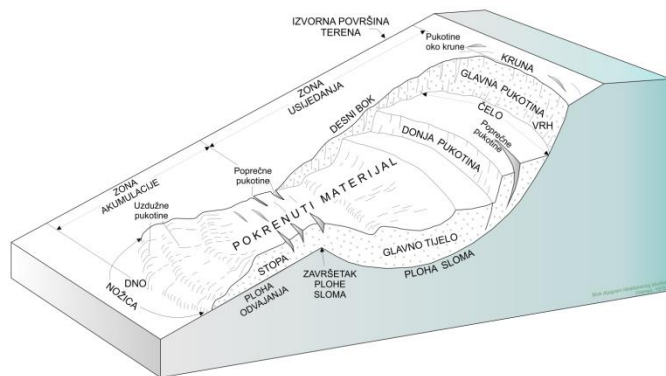
KRUNA KLIZIŠTA je nepokrenuti materijal koji se nalazi neposredno uz najviši dio glavne pukotine.

GLAVNO TIJELO je dio pokrenutog materijala koji se nalazi iznad klizne plohe.

STOPA KLIZIŠTA je dio klizišta pokrenut izvan završetka plohe sloma koji izravno naliježe na originalnu površinu terena.



ELEMENTI KLIZIŠTA



ELEMENTI KLIZIŠTA: AKTIVNA KLIZIŠTA

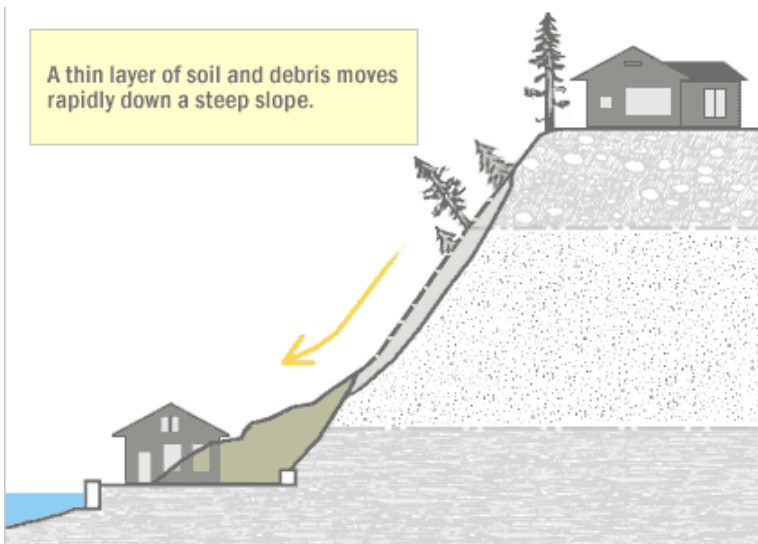


ELEMENTI KLIZIŠTA: NEAKTIVNA KLIZIŠTA

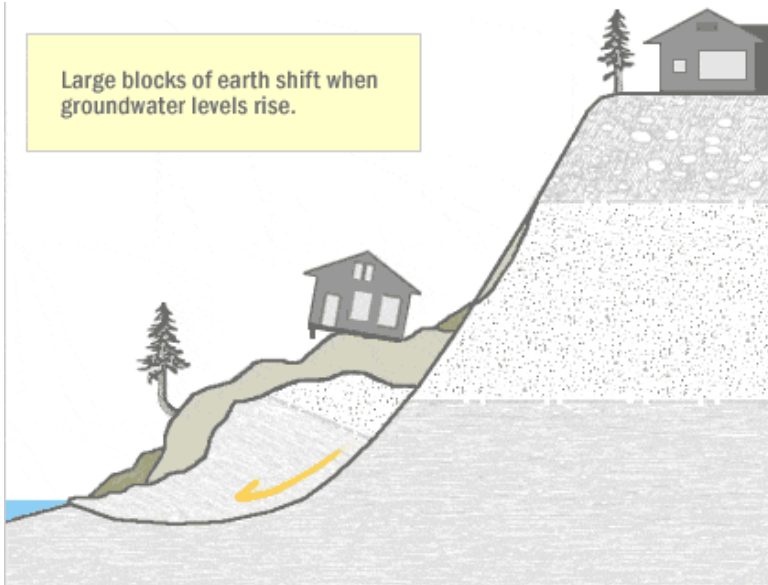


DIMENZIJE KLIZIŠTA

A thin layer of soil and debris moves rapidly down a steep slope.



Large blocks of earth shift when groundwater levels rise.



Prema **DUBINI KLIZNE PLOHE** razlikuju se:

POVRŠINSKA KLIZIŠTA imaju kliznu plohu na dubini manjoj od jednoga metra.

PLITKA KLIZIŠTA imaju kliznu plohu na dubini od 1 – 5 metara.

DUBOKA KLIZIŠTA imaju kliznu plohu na dubini od 5 – 20 metara.

VRLO DUBOKA KLIZIŠTA imaju kliznu plohu na dubini većoj od 20 metara.

AKTIVNOST KLIZIŠTA

Prema **STANJU AKTIVNOSTI** razlikuju se **AKTIVNA** i **NEAKTIVNA** klizišta.

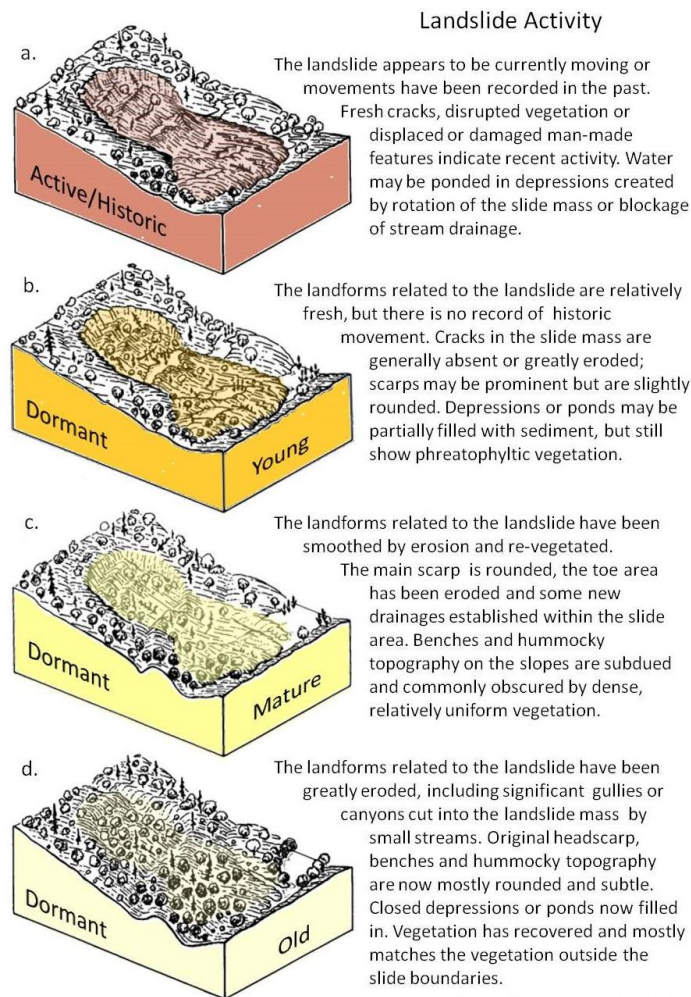
AKTIVNA KLIZIŠTA su klizišta koja se trenutčno gibaju, odnosno koja su se gibala u posljednjih 12 mjeseci. Jasno su vidljivi elementi klizišta.

PRIVREMENO UMIRENA KLIZIŠTA su neaktivna klizišta koja se mogu reaktivirati iz istih ili nekih drugih uzroka.

TRAJNO UMIRENA KLIZIŠTA su neaktivna klizišta koja više nisu pod utjecajem uzročnika klizanja.

RELIKTNA KLIZIŠTA su neaktivna klizišta koja su bila aktivna u klimatskim i geomorfološkim uvjetima koji više ne vladaju.

STABILIZIRANA KLIZIŠTA su neaktivna klizišta stabilizirana mjerama sanacije.



(Modified from Wieczorek, 1984)

POSljedICE OD KLIZIŠTA

UTJECAJ NA OKOLIŠ.

Smanjenje kvalitete vode, uništavanje vegetacijskog pokrova, izmjena vodnog režima stvaranjem koluvijalnih brana na vodotocima.

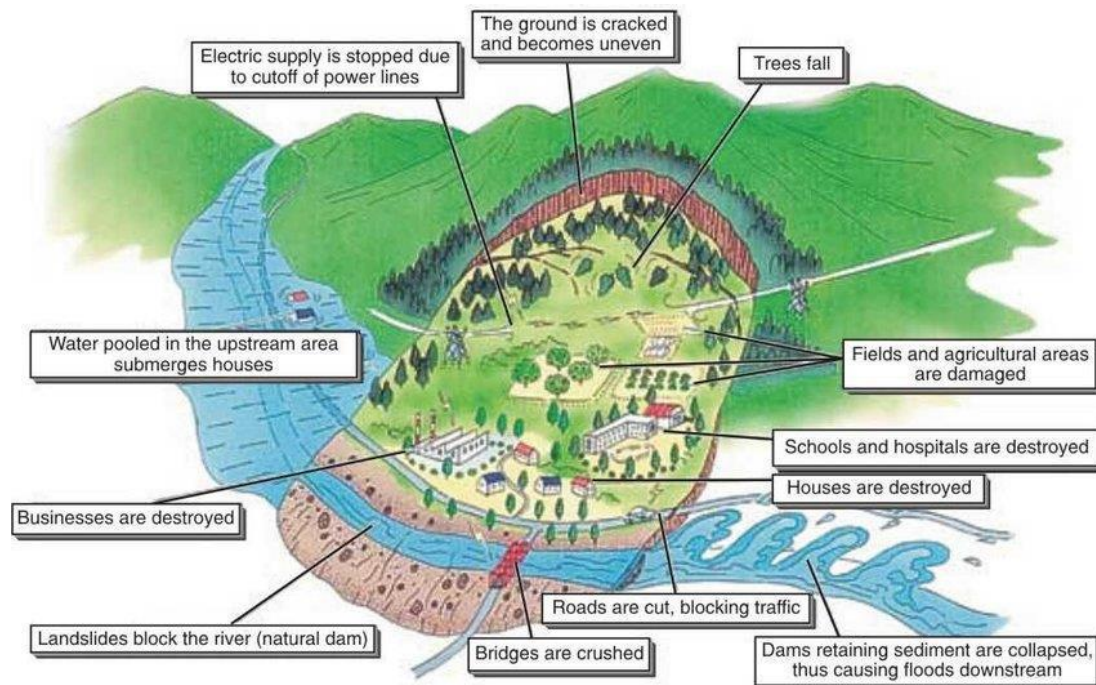
ŠTETE NA POLJOPRIVREDNIM POVRŠINAMA.

Uništavanje gospodarskih parcela, gubitak usjeva, materijalna šteta na sustavima navodnjavanja.

ŠTETE NA GRAĐEVINAMA I INFRASTRUKTURI.

EKONOMSKI GUBICI.

GUBITAK ŽIVOTA I SOCIJALNA IZOLIRANOST.



ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA

1. Sanacija nastalih klizišta.

Poduzimanje odgovarajućih inženjerskih mjera radi sprečavanja pokrenutog procesa klizanja te osposobljavanja zemljišta za daljnje korištenje.

2. Prevencija nastanka novih klizišta.

Upravljanje područjima na kojima postoje klizišta ili područjima koja su potencijalno opasna za nastanak klizišta, kroz sustav prostornog planiranja.

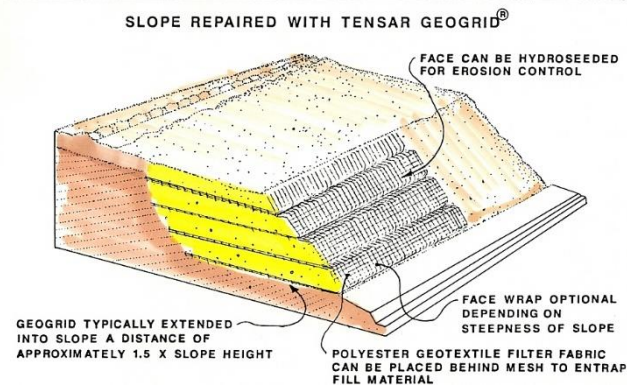
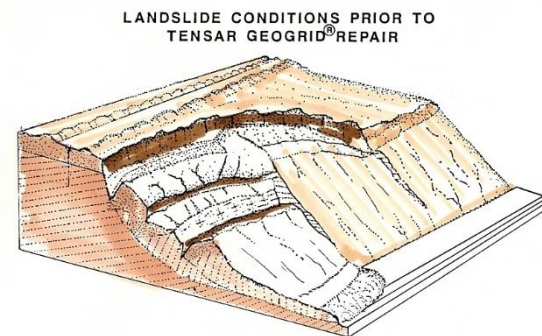
3. Prevencija štete uzrokovane klizištima.

Upravljanje područjima na kojima postoje klizišta, kroz sustav civilne zaštite.

4. Nadoknada štete uzrokovane klizištima.

Osiguranje ljudi i materijalnih dobara u slučaju gubitka istih.

 PRIMJER

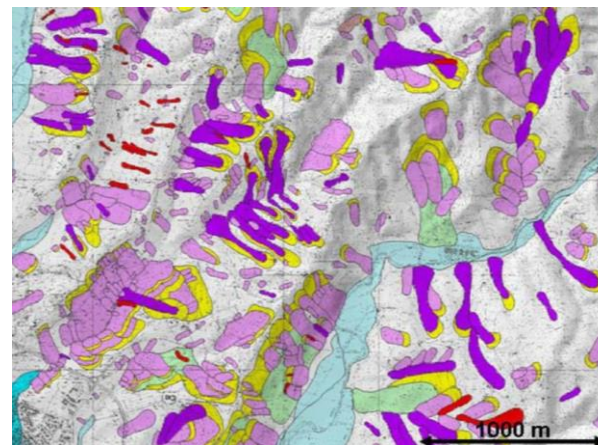
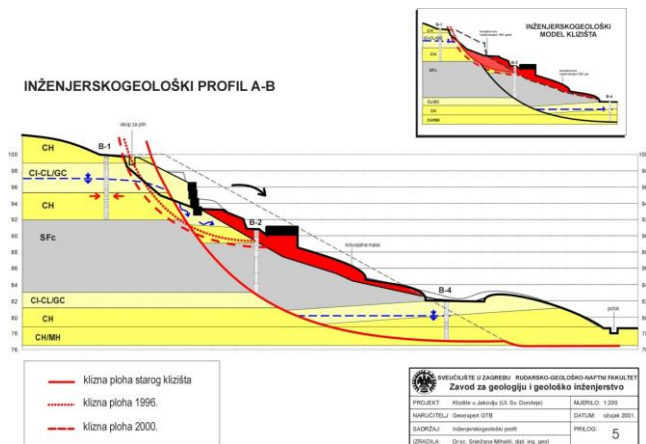


ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA

REZULTATI ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA s obzirom na razloge istraživanja klizišta.

INŽENJERSKOGEOLOŠKI MODEL KLIZIŠTA

KARTA KLIZIŠTA



Za projektiranje mjera sanacije klizišta.

Za prevenciju klizišta i upravljanje područjem.

Provodi se istraživanje pojedinačnog klizišta primjenom terenskih metoda istraživanja.

Provode se regionalna istraživanja primjenom daljinskih metoda istraživanja.

DALJINSKA ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA

Vizualna interpretacija digitalnoga modela reljefa visoke rezolucije

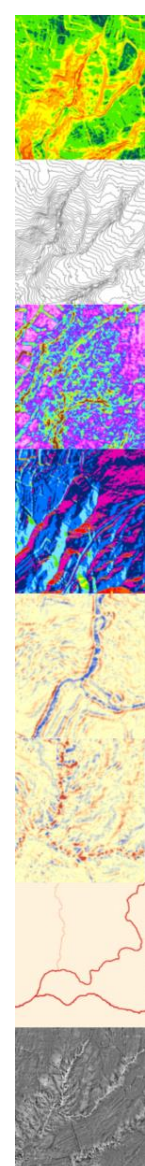
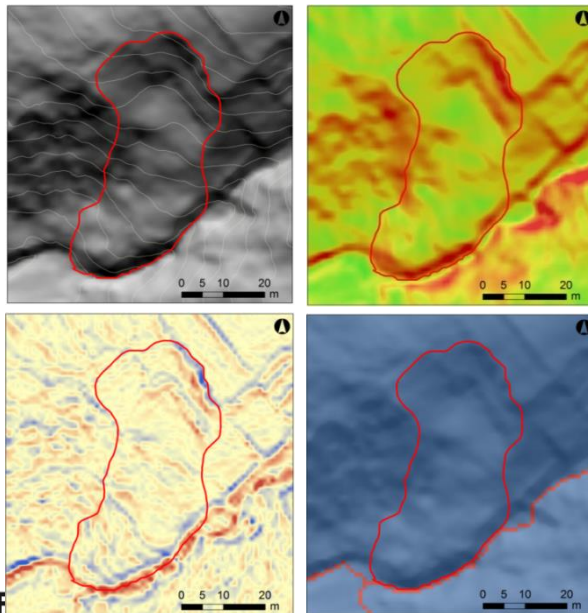
LiDAR



Digitalni model reljefa

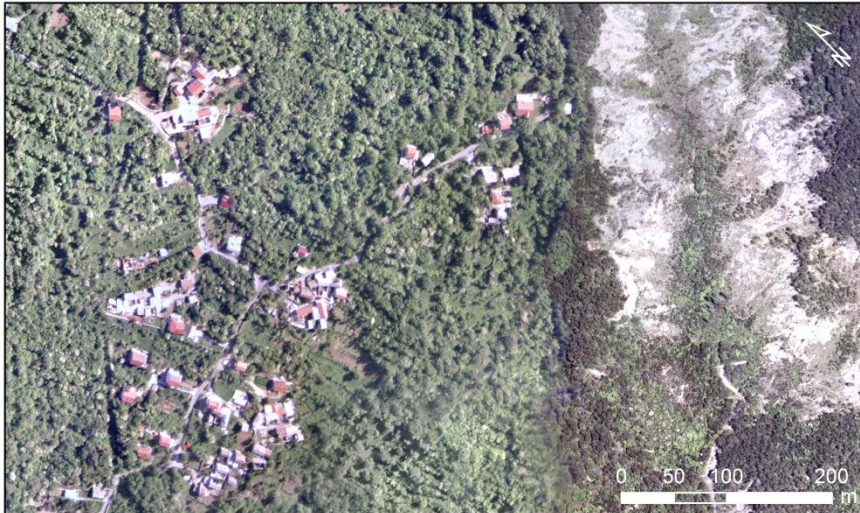


GIS

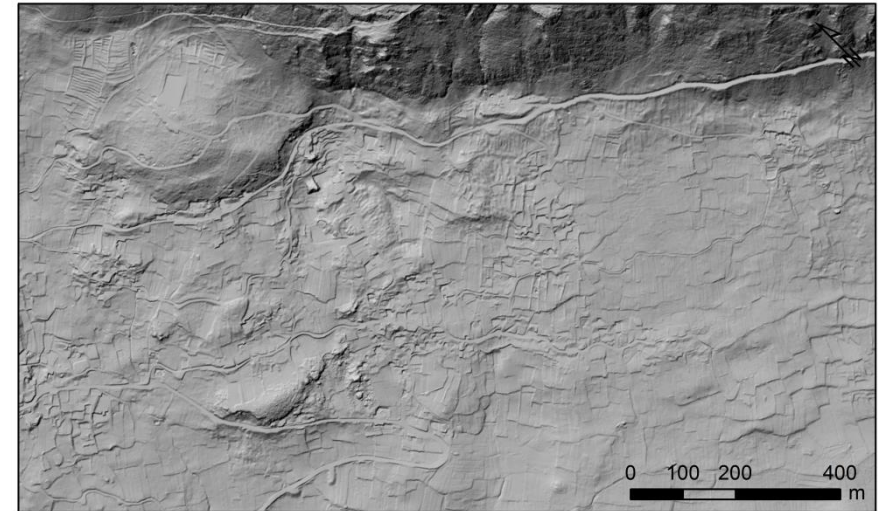
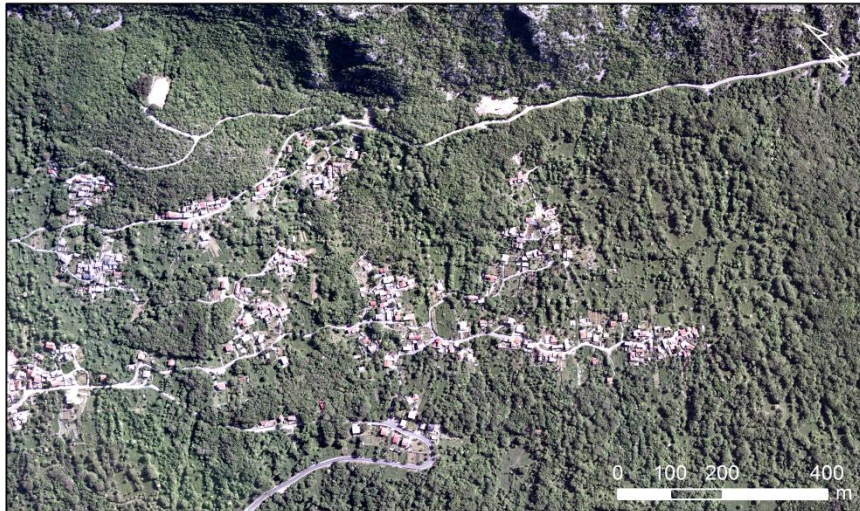
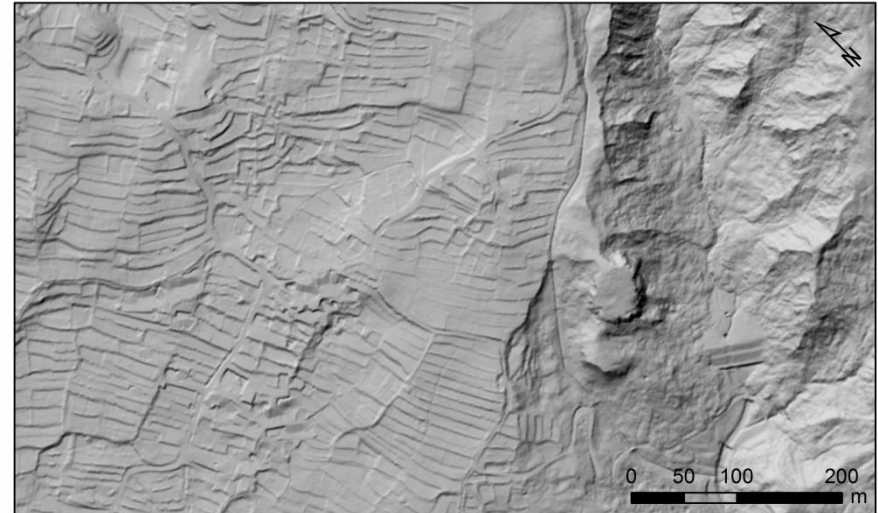


DALJINSKA ISTRAŽIVANJA KLIZIŠTA

NEKADA: DIGITALNI ORTOFOTO



DANAS: **DIGITALNI MODEL RELJEFA**



KLIZIŠTA U HRVATSKOJ

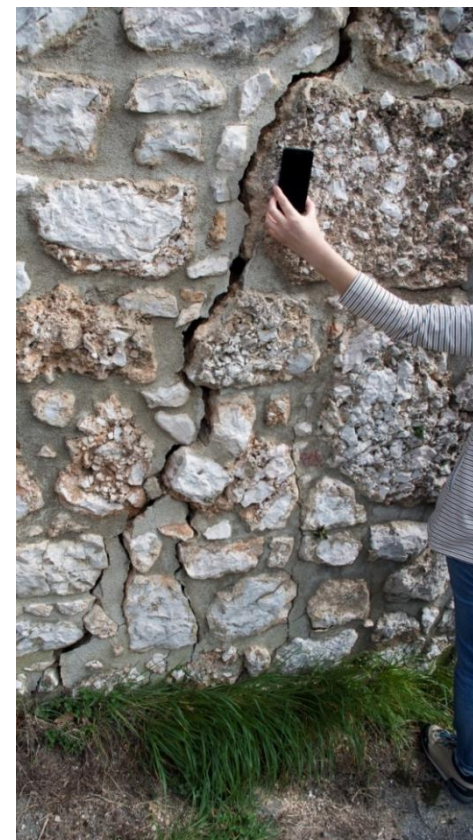
Klizišta velikih razmjera, odnosno klizišta s katastrofalnim posljedicama nisu tako učestala pojava, barem ne u Republici Hrvatskoj.

Iznimka je pojava klizišta koje se aktiviralo 13.3.2018. u Hrvatskoj Kostajnici.



KLIZIŠTA U HRVATSKOJ

Klizišta veličine od nekoliko 10-aka do 100-tinjak m² su puno učestalija. Iako relativno mala, ostavljaju posljedice ako se pojavljuju u urbaniziranim sredinama gdje svojim utjecajem izazivaju oštećenja prometnica i/ili građevina.



KLIZIŠTA U HRVATSKOJ

Značajan izazov predstavljaju i **REAKTIVIRANA KLIZIŠTA**, koja se na jednoj te istoj lokaciji pojavljuju zbog nepovoljnih inženjerskih svojstava geološke podloge. Pri tome je iznimno važan sve više izražen utjecaj klimatskih promjena.



Travanj, 2013.



Travanj, 2015.



Ožufak, 2016.



Travanj, 2013.



Veljača, 2014.



Veljača, 2014.



Svibanj, 2013.



Travanj, 2014.



Lipanj, 2016.



Travanj, 2014.



Rujan, 2016.



Svibanj, 2018.

PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA

GEOLOŠKA GRAĐA

INŽENJERSKOGEOLOŠKE SKUPINE STIJENA

TLA (kvartar):

aluvij, deluvij, proluvij, sipar, fluvioglacijalno tlo, eolsko tlo

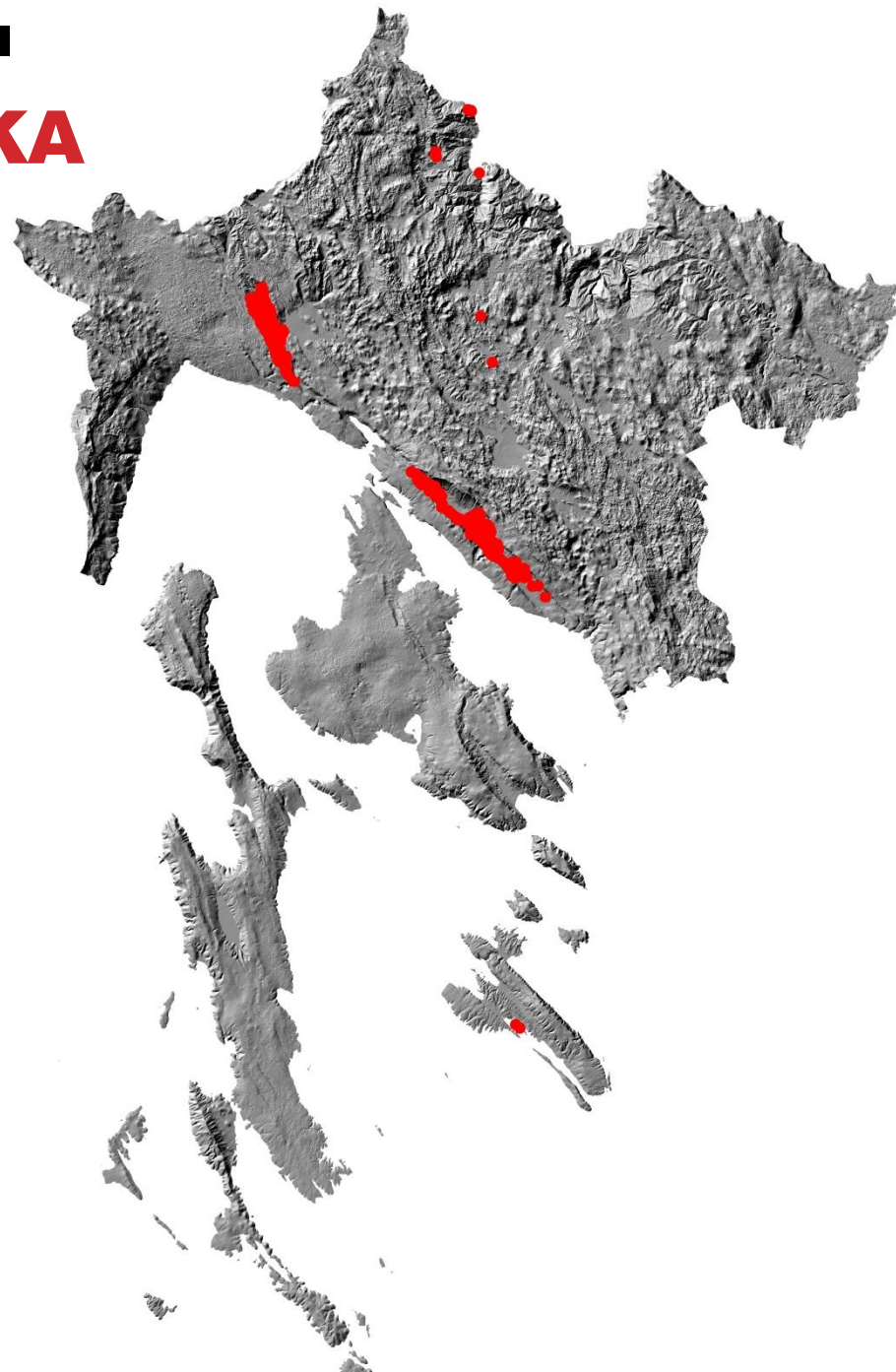
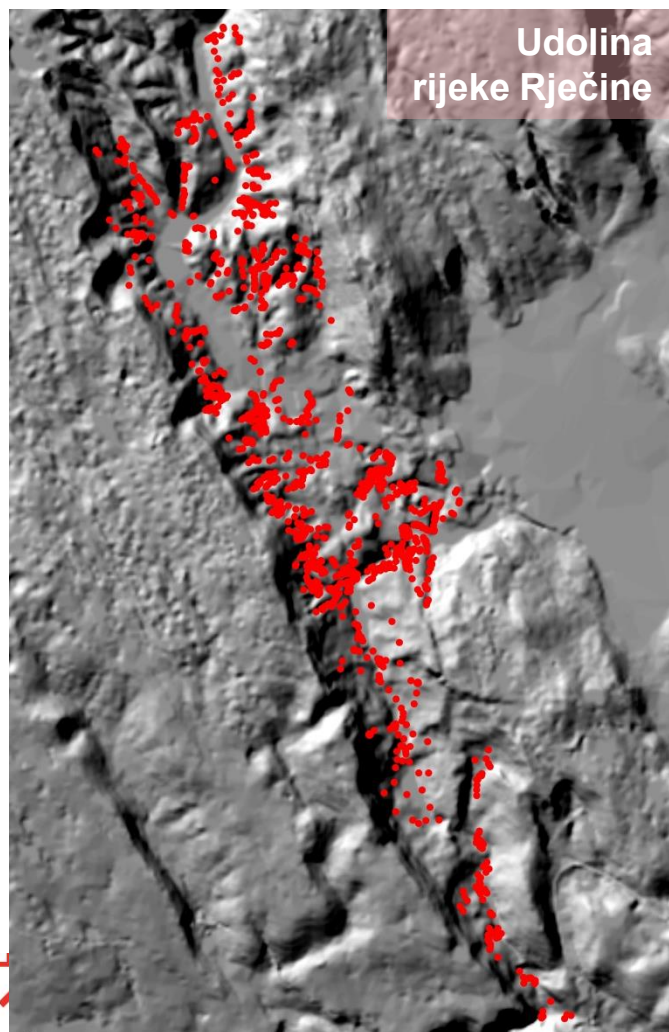
**KLASTIČNE SEDIMENTNE STIJENE (paleogen) –
FLIŠOLIKE STIJENE:** lapori, pješčenjaci, prahovnjaci,
glinjaci

KLASTIČNE SEDIMENTNE STIJENE (paleozoik):
pješčenjaci, glinjaci, konglomerati

KARBONATNE SEDIMENTNE STIJENE (mezozoik – paleogen):
vapnenci, dolomiti, vapnenačke breče

PREDUVJETI KLIZIŠTA

PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA






PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA



PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA

Karta podložnosti na klizanje M 1:25.000

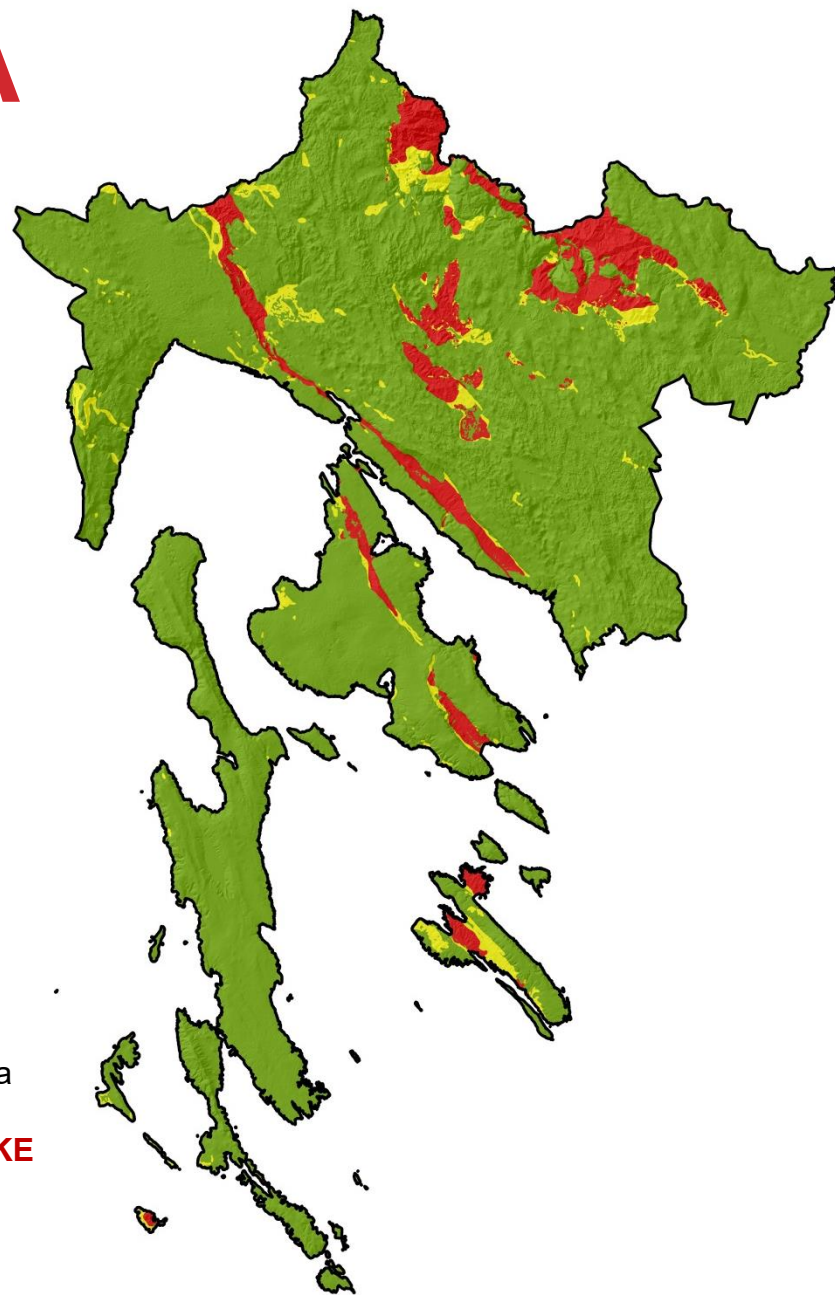
Podložnost na klizanje

-  niska podložnost
-  srednja podložnost
-  visoka podložnost



PROGNOSTIČKA KARTA: Prikazuje vjerojatnost pojava klizišta na određenom području

GDJE SE KLIZIŠTA MOGU POJAVITI S OBZIROM NA ZNAČAJKE PODRUČJA?



PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA



Visoka podložnost na klizanje

GRADOVI

ČABAR

DELNICE

RIJEKA

Rab

Vrbovsko

Kraljevica

Novi Vinodolski

OPĆINE

SKRAD

FUŽINE

LOKVE

VINODOLSKA OPĆINA

KLANA

JELENJE

Brod Moravice

Baška

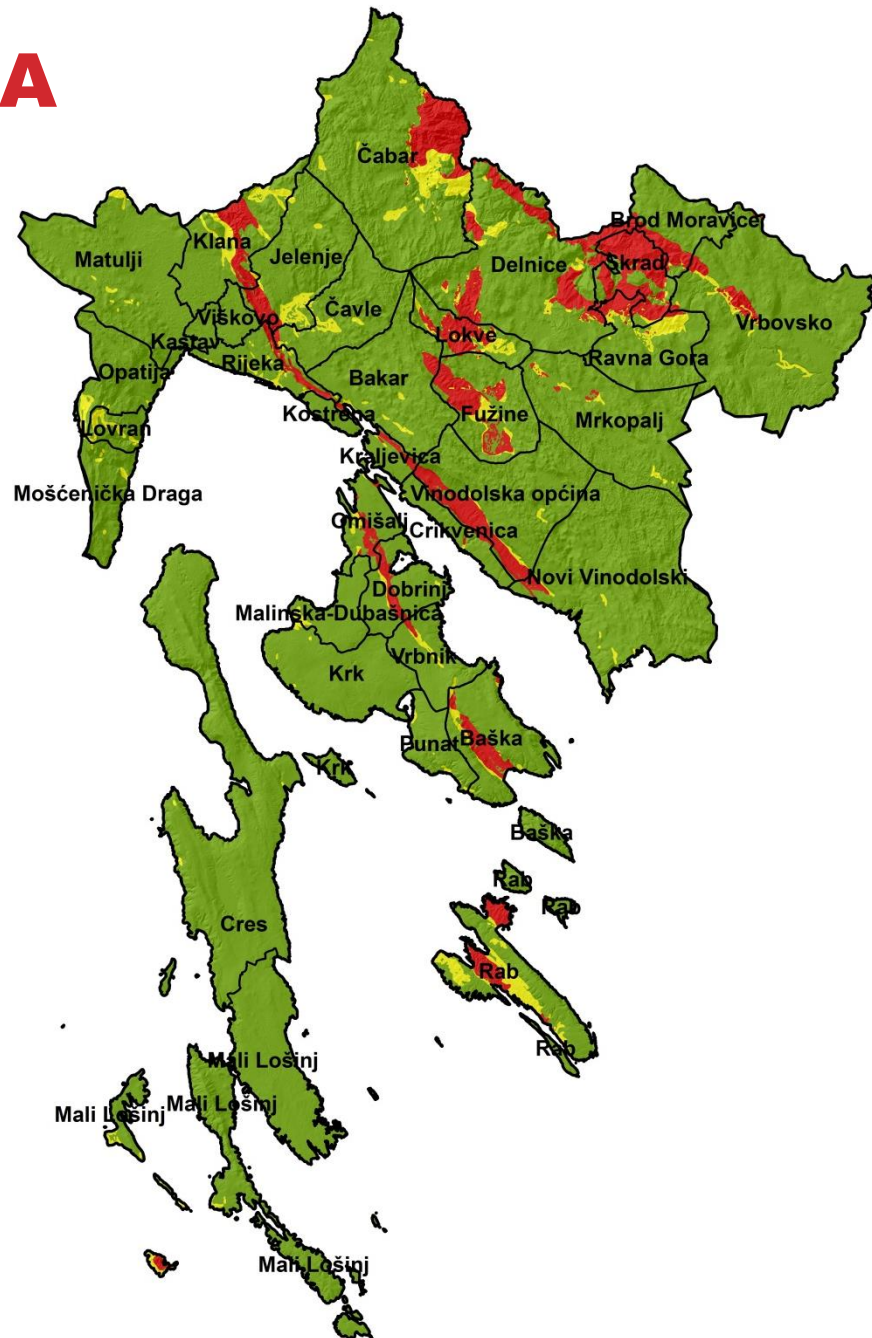
Lopar

Dobrinj

Omišalj

Vrbnik

Čavle

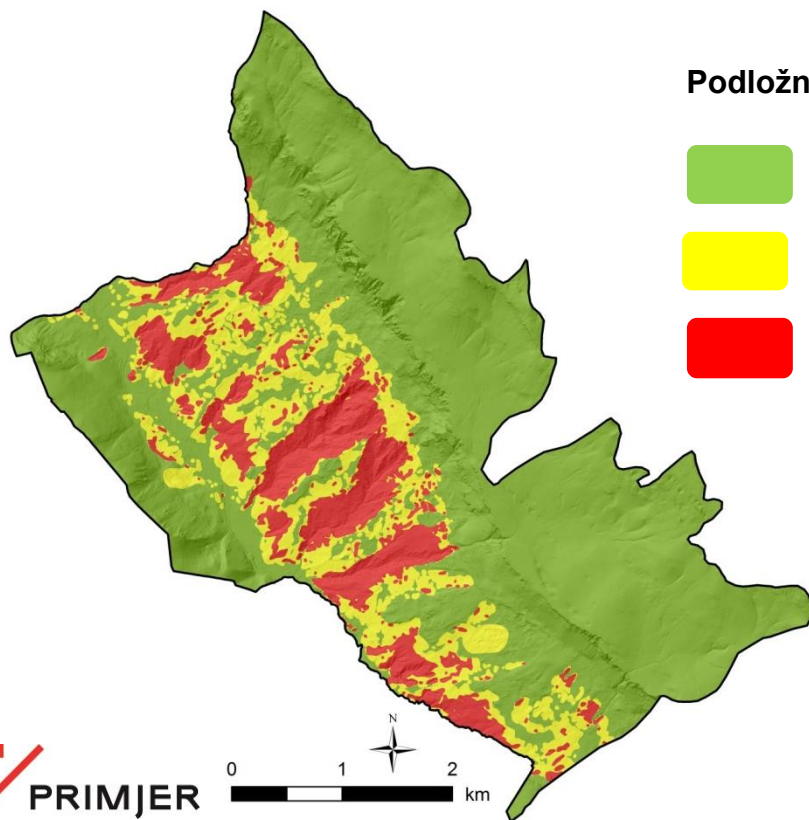


PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA

Za pojedine jedinice lokalne samouprave ugrožene klizištima izrađene su detaljnije

KARTE PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE M 1:5.000.

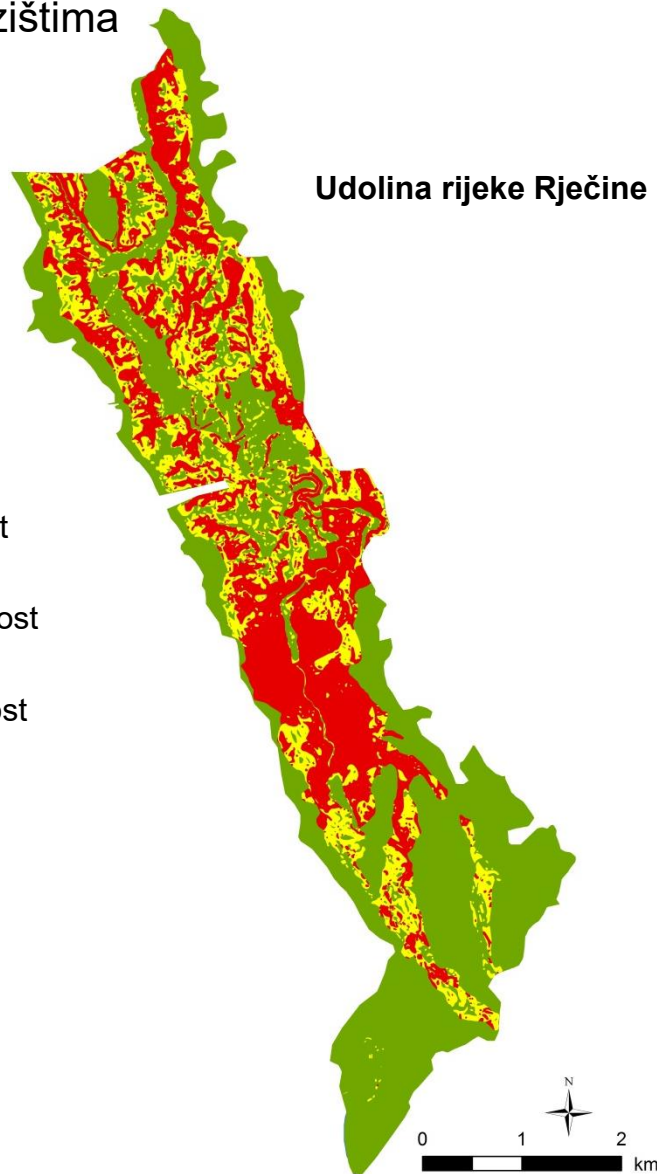
Vinodolska općina u slivu rijeke Dubračine



Podložnost na klizanje

-  niska podložnost
-  srednja podložnost
-  visoka podložnost

Udolina rijeke Rječine



PRIMORSKO-GORANSKA ŽUPANIJA

Karte inventara klizišta M 1:2.000

Vinodolska općina u slivu rijeke Dubračine

- prikazuje prostorni položaj postojećih klizišta, njihove granice i veličinu

Broj klizišta

458

P_{TOT} (km²)

1,07

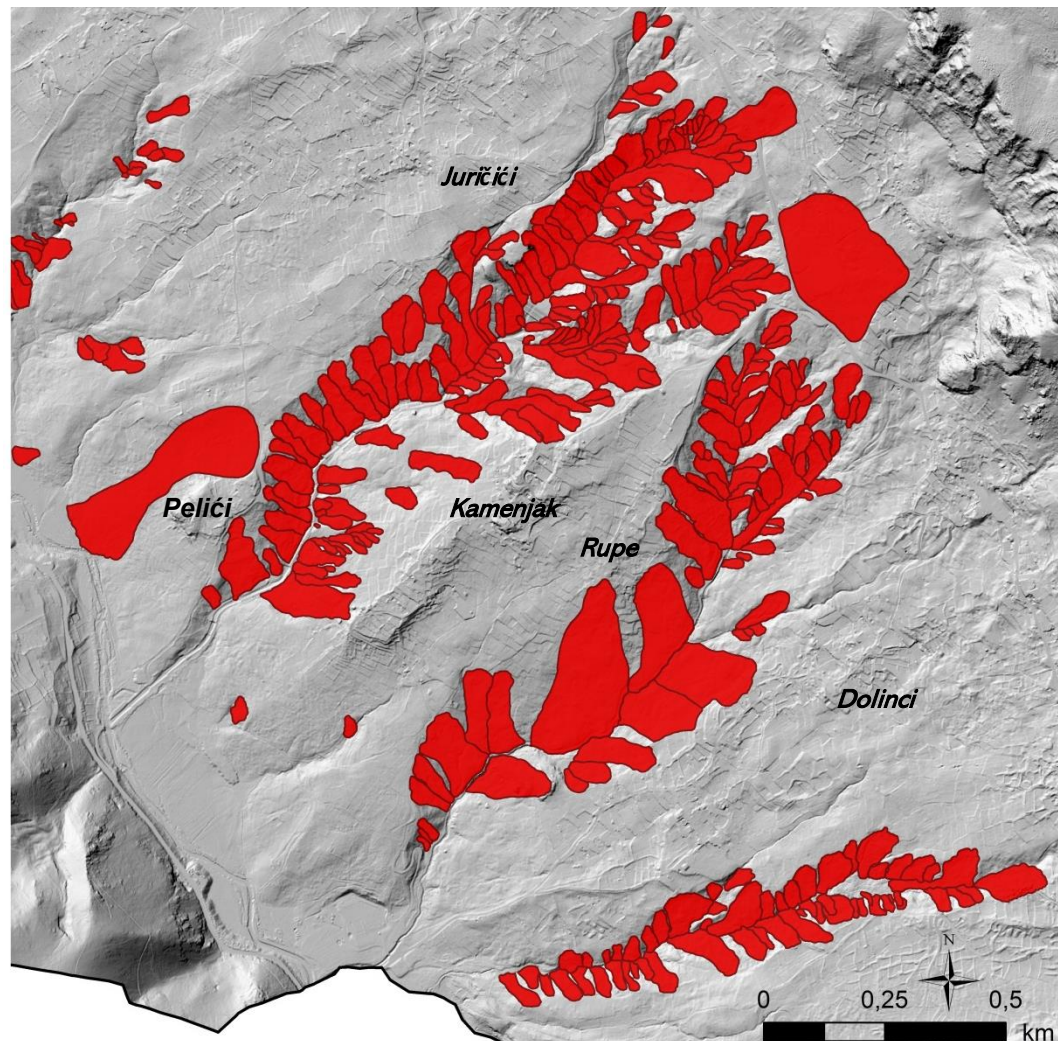
5 %
površine
PP7

Gustoća klizišta

22
kl/km²


Broj klizišta
u jarugama

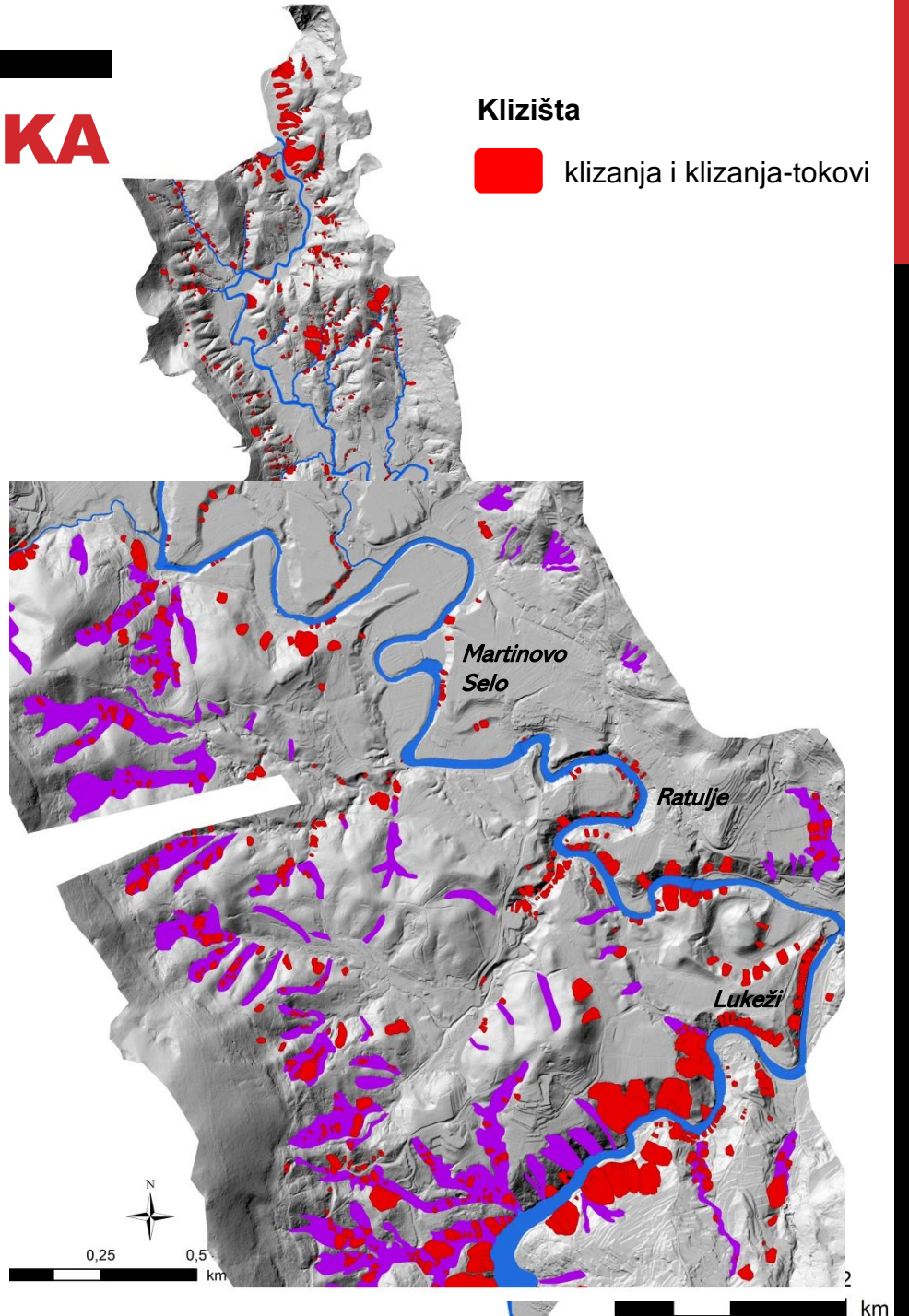
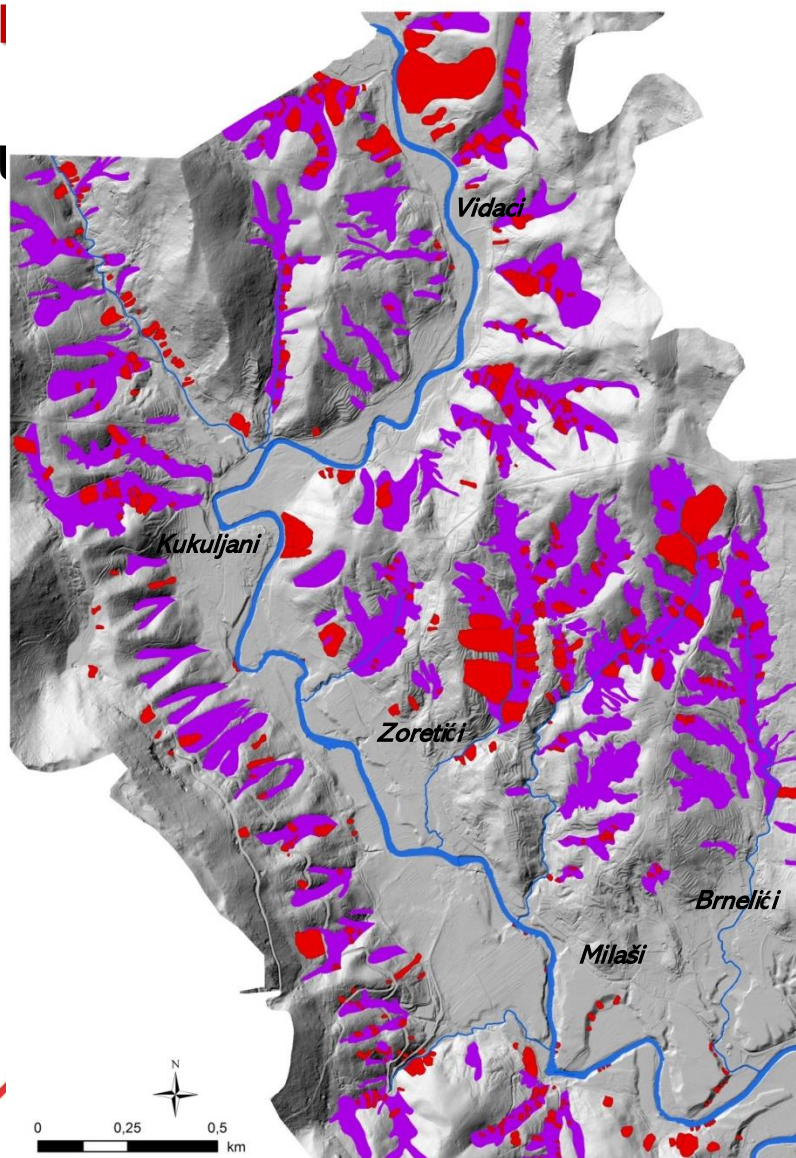
422



PRIMORSKO-GORANSKA

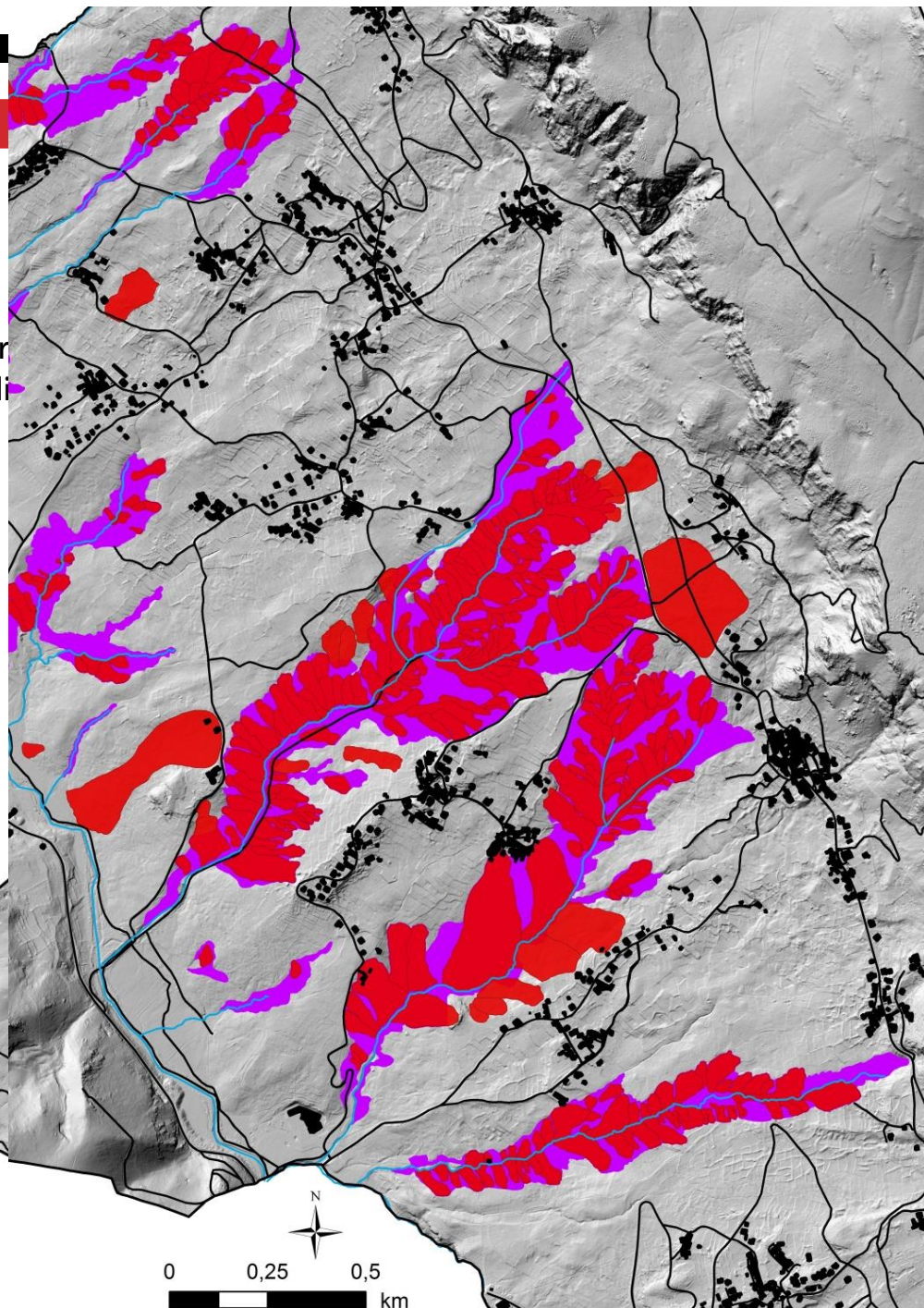
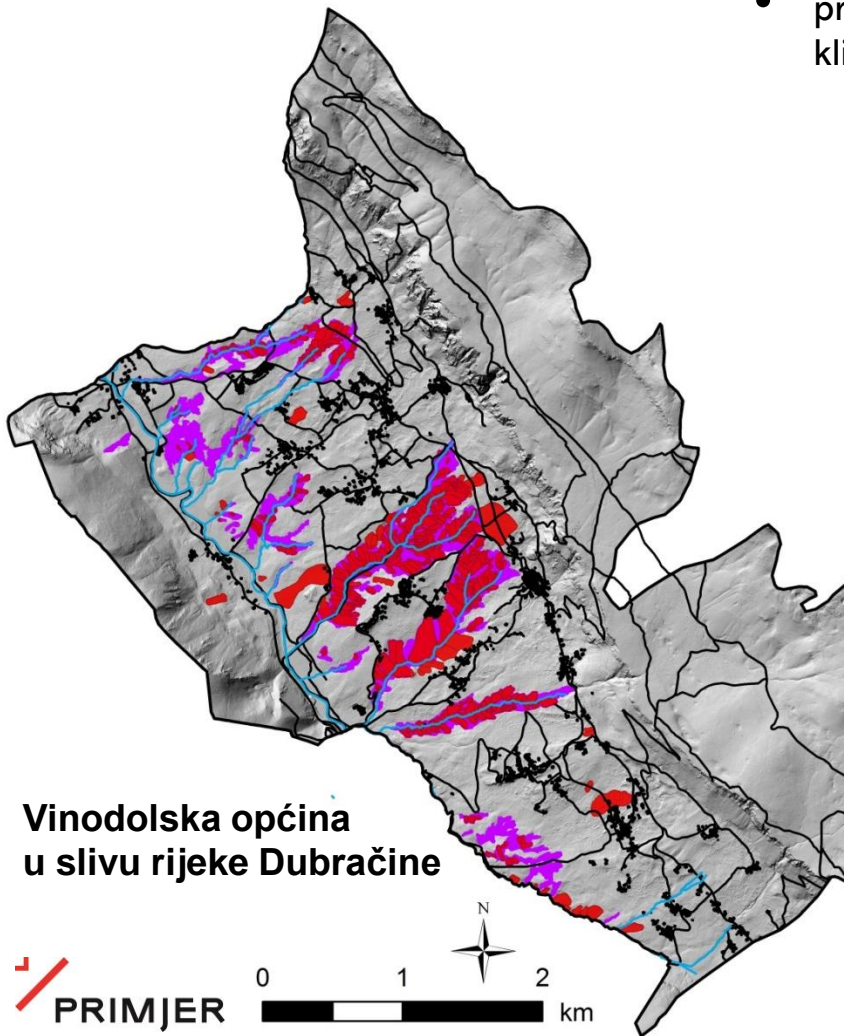
Klizišta

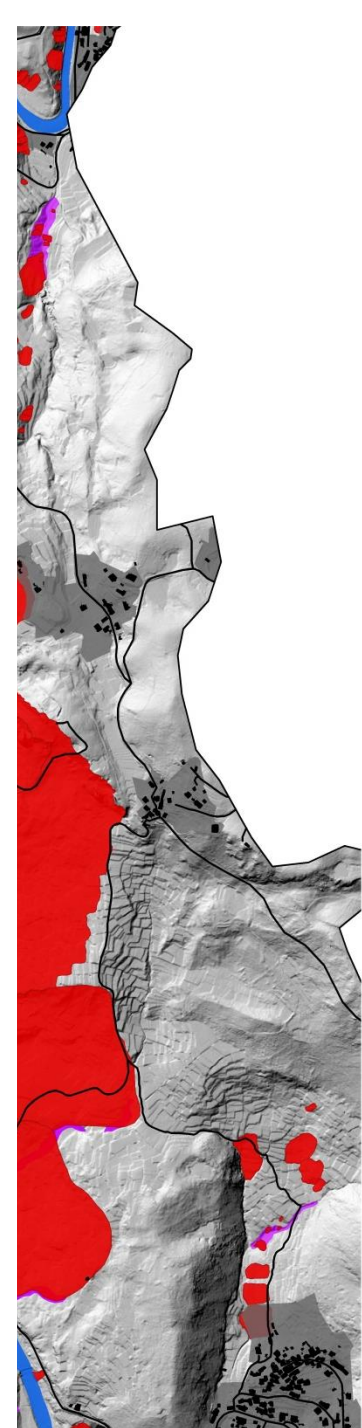
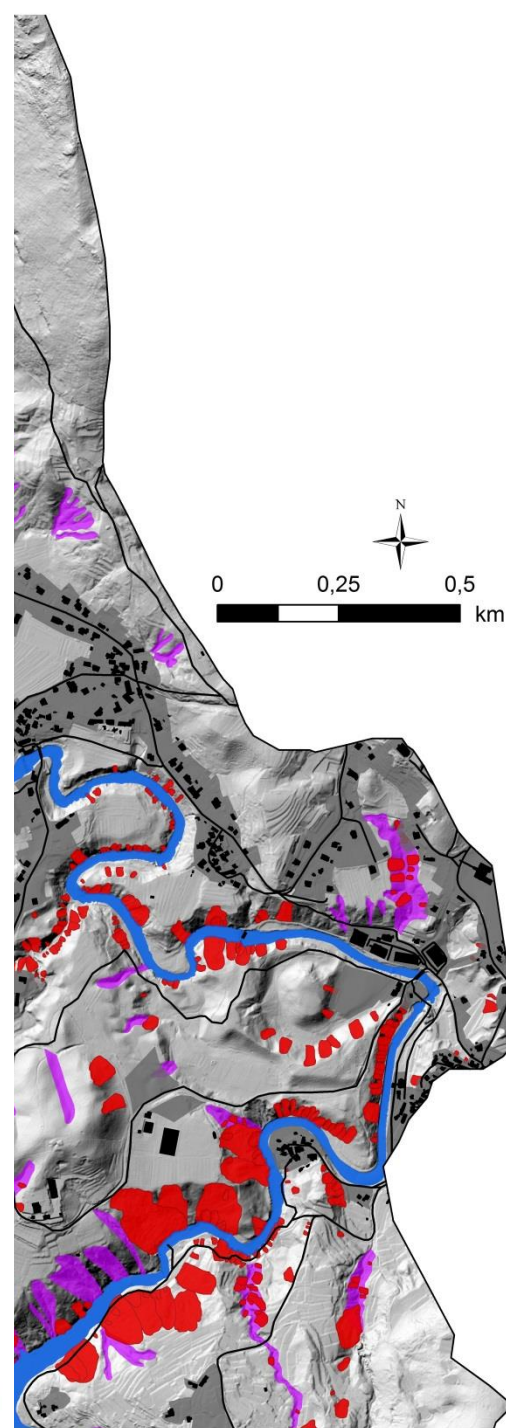
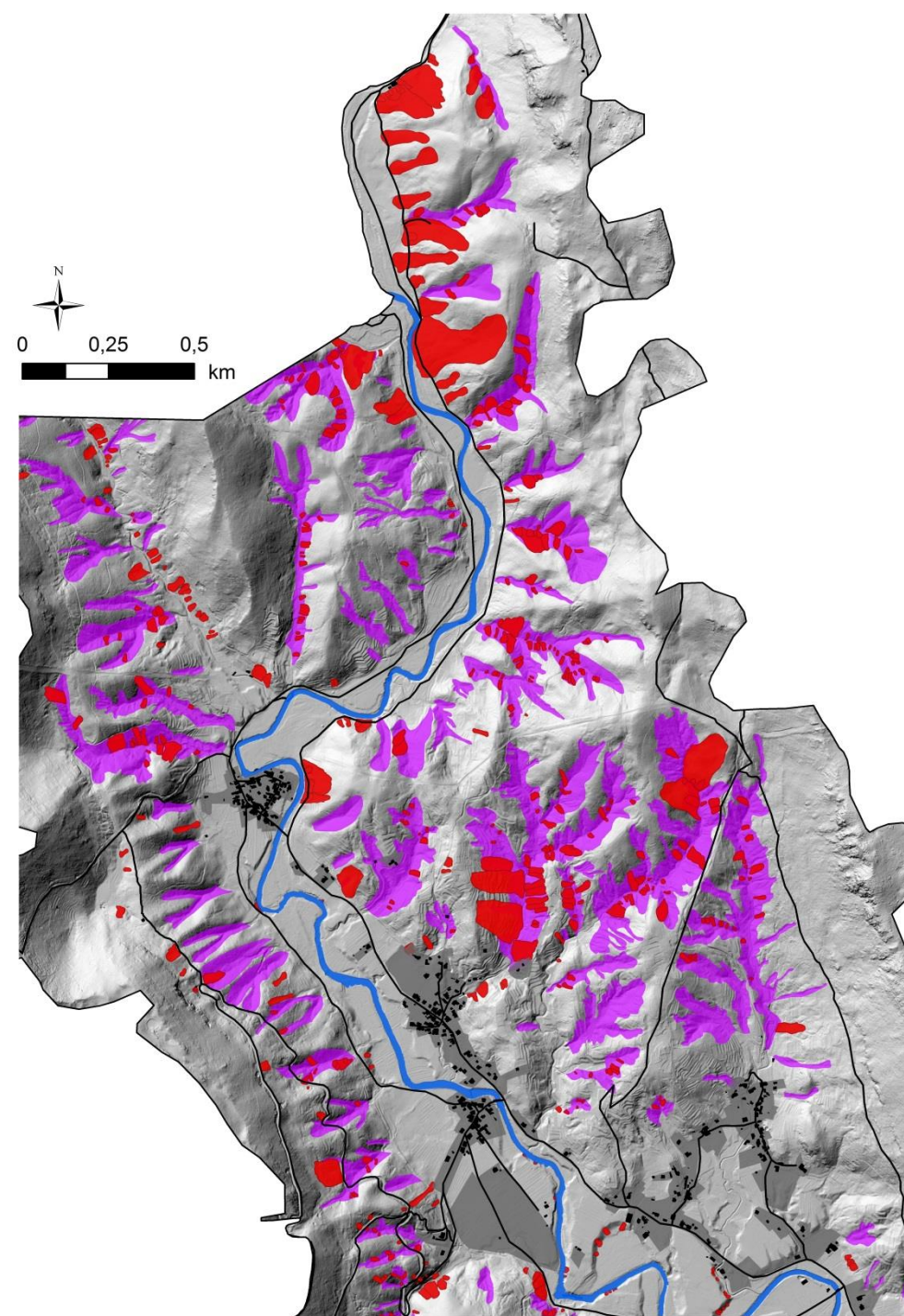
 klizanja i klizanja-tokovi



PRIMORSKO-GORAN

Karte ugroženosti od klizišta M





ŠTO PRETHODI KLIZIŠTU?

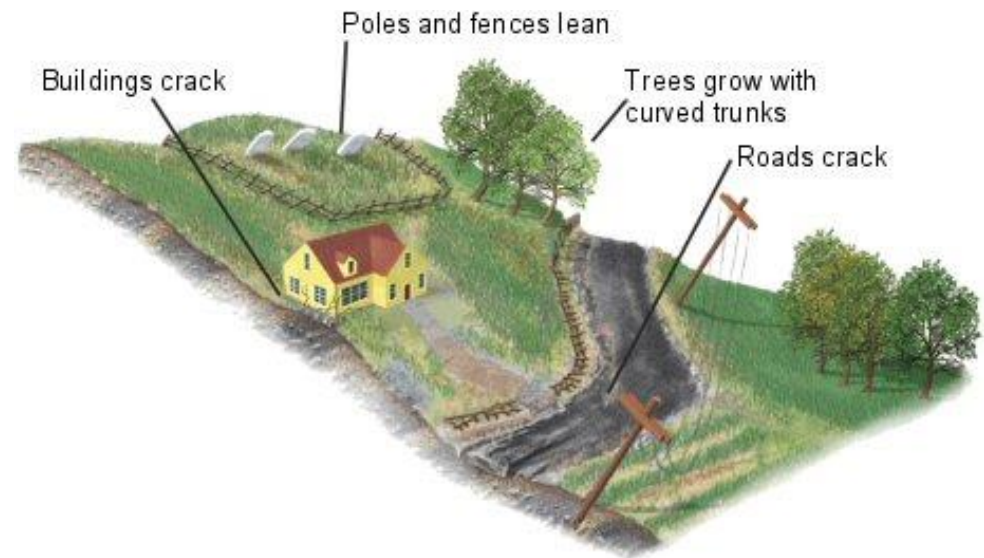
RANO PREPOZNAVANJE KLIZIŠTA: PUZANJE NA PADINI

PUZANJE je vrlo sporo (<1 cm/god) postupno gravitacijsko gibanje materijala niz padinu.

To je faza deformacije materijala koja prethodi slomu, odnosno klizanju.

Tijekom puzanja tla, dakle, još nije došlo do formiranja klizne plohe.

Puzanje se na terenu opaža tek nakon nekoliko mjeseci ili godina, po specifičnim deformacijama same površine ili objekata na njoj.



- oštećenja prometnica: pojava vlačnih pukotina
- oštećenja građevina: pojava pukotina
- naginjanje ograda, zidova, stupova u smjeru nagiba padine
- naginjanje i povijanje stabala u smjeru nagiba padine

ŠTO PRETHODI KLIZIŠTU?

Kamenjak, Vinodolska općina



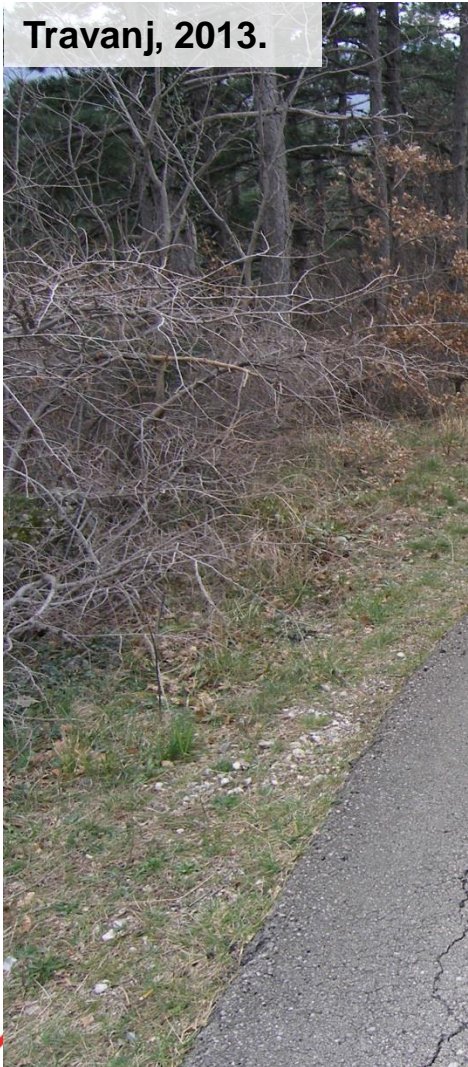
Veljača, 2014.



Siječanj, 2023.

ŠTO PRETHODI KLIZIŠTU?

Travanj, 2013.



Ožujak, 2016.



Arhivski podaci :
PRETHODNO KLIZANJE EVIDENTIRANO 1976. GODINE!

MJERE PRI POKRETANJU KLIZIŠTA

1. PREPOZNAVANJE POJAVE KLIZIŠTA:

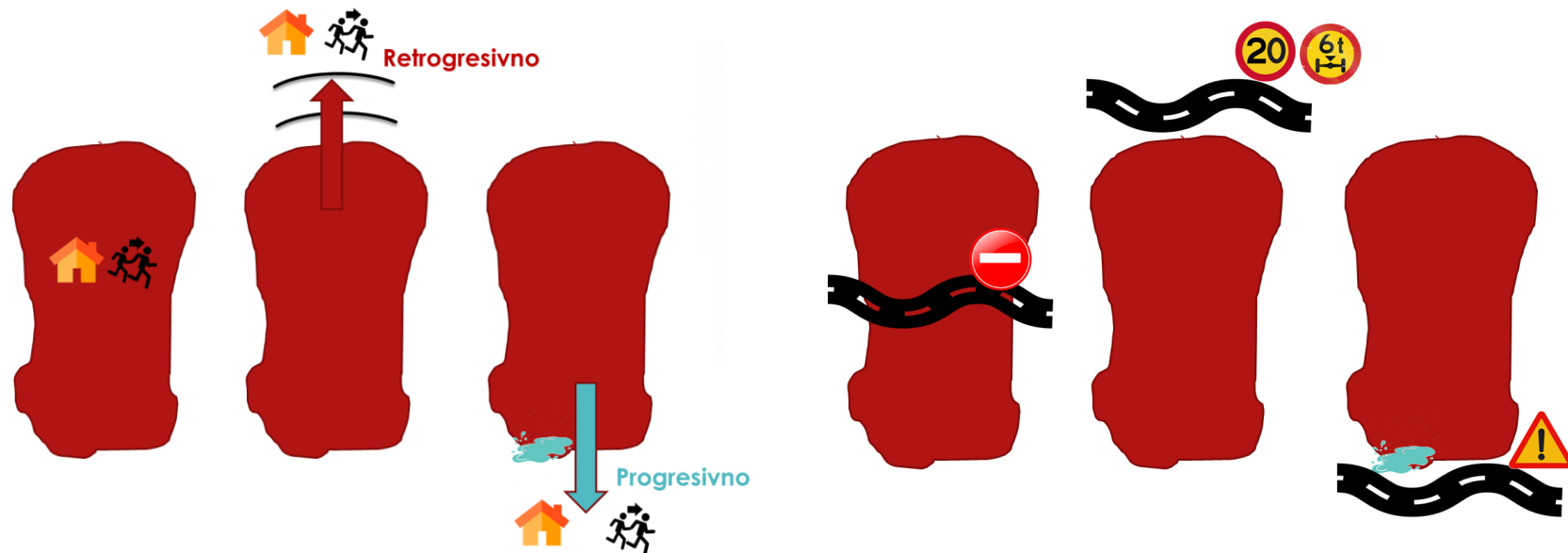
- i. prepoznavanje **tipa** klizišta: odron, klizanje, tok
- ii. prepoznavanje **elemenata** klizišta: kruna, glavna pukotina, bokovi, stopa
- iii. prepoznavanje **stila aktivnosti** klizišta: retrogresivno, progresivno širenje
- iv. procjena **dimenzije** klizišta: dužina, širina
- v. procjena **dubine** klizne plohe: površinsko, plitko, duboko
- vi. procjena nagiba kosine: blagi nagib, strmi nagib



MJERE PRI POKRETANJU KLIZIŠTA

2. PREPOZNAVANJE UGROŽENOSTI GRAĐEVINA, PROMETNICA, INSTALACIJA:

- i. unutar klizišta
- ii. iznad vrha klizišta
- iii. ispod stope klizišta



MJERE PRI POKRETANJU KLIZIŠTA

3. MJERE ZA SMANJENJE POSLJEDICA OD KLIZIŠTA

- i. sprječavanje dotoka oborinskih voda s gornjih dijelova kosina
- ii. površinska odvodnja stajaćih voda iz kliznog tijela
- iii. površinska odvodnja vode iz stope klizišta
- iv. čišćenje propusta i kanala za odvodnju
- v. prekrivanje otvorenih pukotina nepropusnim folijama u gornjem dijelu kliznog tijela
- vi. zatrpavanje stope klizišta krupnim kamenim materijalom
- vii. crpljenje vode iz zdenaca u kliznom tijelu i na kosini iznad klizišta

4. MJERENJE I PROMATRANJE POJAVE KLIZIŠTA

- i. promatranje pukotina i mogućih novih pomaka: fotografiranje istih elemenata klizišta s istih pozicija u različitim vremenskim intervalima
- ii. mjerenje razmaka postavljenih točaka preko pukotina
- iii. mjerenje razine podzemne vode u bunarima

MONITORING KLIZIŠTA

Često nije moguće ili nije praktično provesti mjere sanacije (**cijena!**). U tom slučaju provode se preventivne mjere smanjenja rizika od klizišta, a koje uključuju uspostavu sustava **praćenja (monitoringa) klizišta**. Svrha dugoročnog praćenja klizišta i uzroka klizanja je uspostava **sustava ranog upozoravanja**.

Kontinuiranim praćenjem mogu se odrediti uvjeti koji dovode do gibanja klizišta te predvidjeti vrijeme sloma.

Najčešći parametri koji se prate:

- **gibanje**
 - pomak
 - deformacija
 - aktivnost
- **uzroci klizanja**
 - hidrološka svojstva
 - vanjski inicijatori klizanja



MONITORING KLIZIŠTA

Praćenje gibanja (pomak, deformacija i aktivnost)

Geodetsko

GNSS/GPS

totalna stanica

avionske/satelitske
snimke

Geotehničko

ekstenzometar

crack-metar

optička vlakna

inklinometar

Geofizičko

akceleromatar

terestrički radar
(InSAR)



glavna mjerna postaja 'Opservatorija za praćenje klizišta Kostanjevka'

MONITORING KLIZIŠTA

Elementi monitoringa



GNSS

Sustav satelita i zemaljskih stanica (antena i prijemnika) koji služi za precizno pozicioniranje na površini Zemlje. Funkcionira 24 sata dnevno u svim vremenskim uvjetima.



Ekstenzometar

Mjeri relativne pomake između dvije točke. Horizontalan – mjeri pomake na površini. Vertikalni – mjeri pomake u podzemlju. Omogućava prijenos podataka u gotovo realnom vremenu. Jeftiniji od GNSS-a.



Meteorološka stanica

Praćenje na njima nužno je radi određivanja uvjeta koji dovode do gibanja klizišta.



MONITORING KLIZIŠTA

Praćenje uzroka klizanja – OBORINE

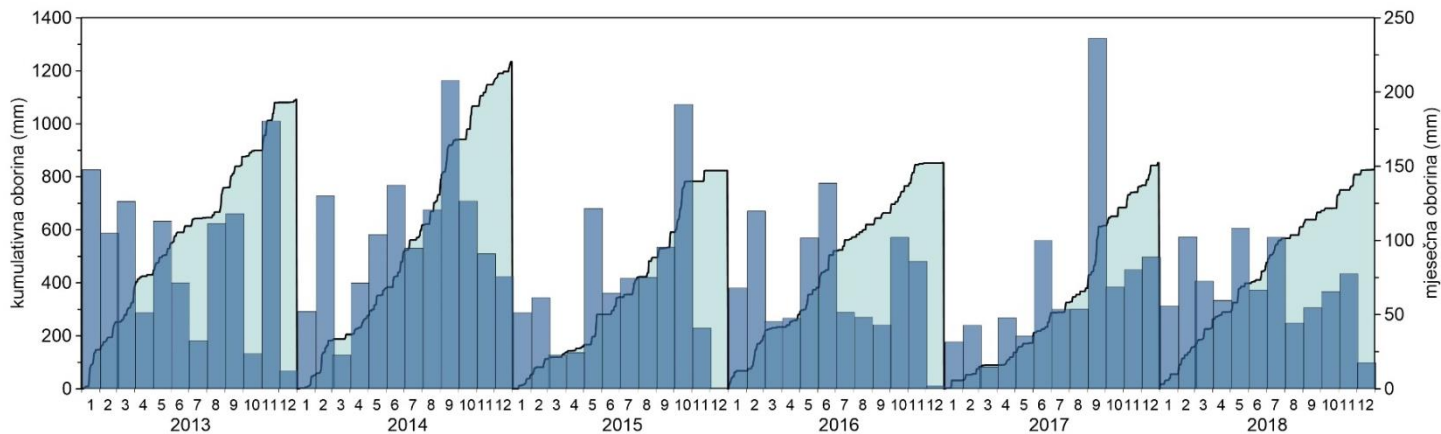
Razina podzemne vode

Informacije o RPV omogućavaju uspostavu odnosa između porednog tlaka u materijalu na padini i brzine klizanja. Može se koristiti pri određivanju graničnih vrijednosti za sustav ranog upozoravanja.

Kišomjer



Analiza oborina – utjecaj klimatoloških uvjeta



KLIZIŠTA U PRIMORSKO-GORANSKOJ ŽUPANIJI - POSTOJEĆE STANJE I PRILAGODBA KLIMATSKIM PROMJENAMA

HVALA NA PAŽNJI!

primijenjena
istraživanja klizišta
za razvoj mjera
ublažavanja
i prevencije rizika



Sveučilište u Zagrebu
**RUDARSKO
GEOLOŠKO
NAFTNI FAKULTET**



Sveučilište
u Rijeci
**Građevinski
fakultet**



Europska unija
Zajedno do fondova EU



**EUROPSKI STRUKTURNI
I INVESTICIJSKI FONDOVI**



FOND ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I
ENERGETSKU UČINKOVITOST

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj