

Karte i monitoring klizišta kao mjera ranog upozoravanja i prilagodba klimatskim promjenama

**Dan Civilne zaštite
3.3.2023., Zagreb**

**dr. sc. Sanja BERNAT GAZIBARA
izv. prof. dr. sc. Martin KRKAČ**

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

Što su klizišta?

Definicija klizišta:

Pojava koja nastaje gibanjem mase stijene ili tla niz padinu.

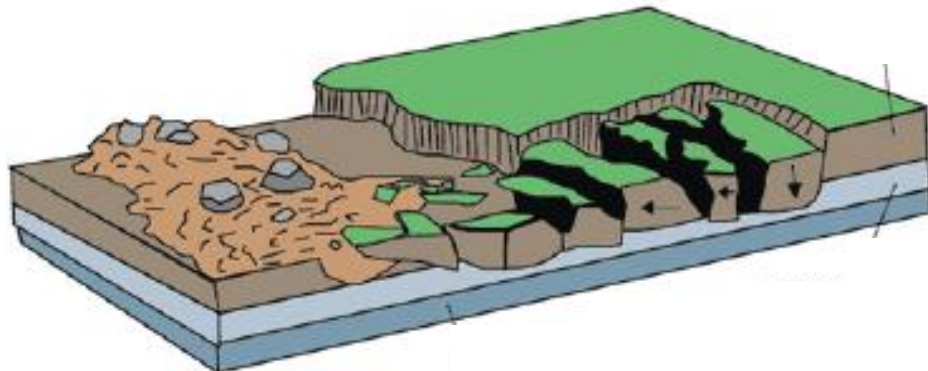
Uključuje sve pokrete na padinama, neovisno o mehanizmu pokreta.



ODRONJAVANJE

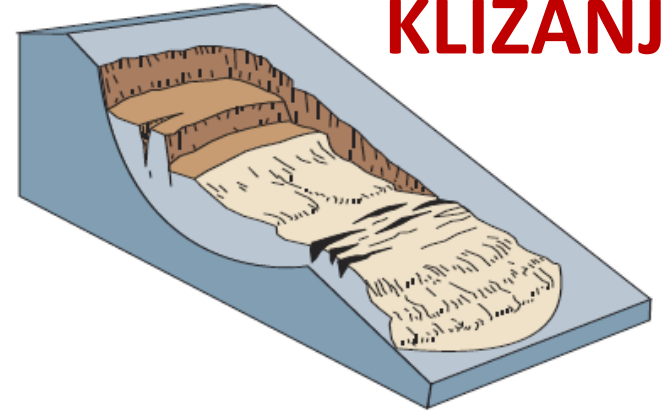


PREVRTANJE

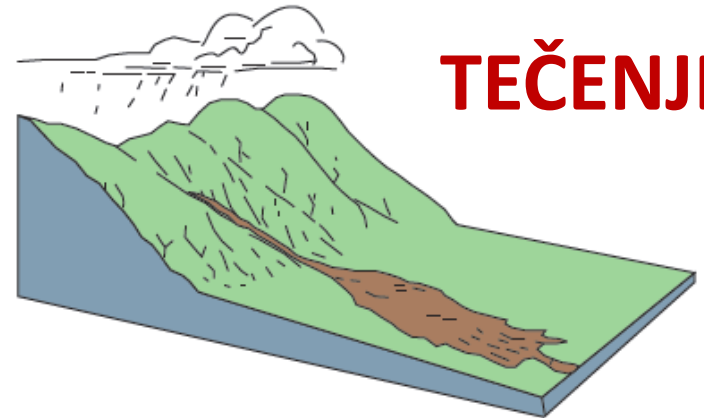


Vrste klizišta

KLIZANJE



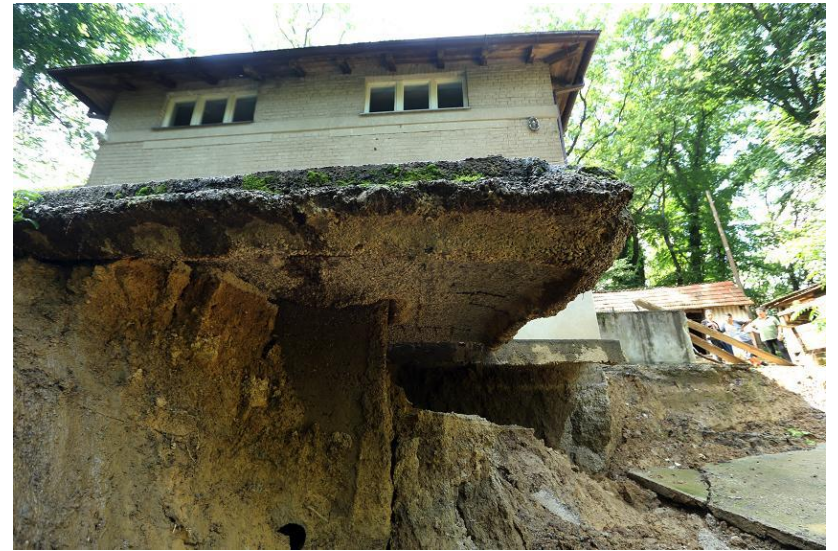
TEČENJE



BOČNO RAZMICANJE

Klizanje

Klizišta na području podsljemenske zone Grada Zagreba



Inicijatori klizanja

- oborine
- erozija
- ljudska aktivnost
- potresi



Učestalost pojave klizišta u RH

- U okviru Procjene rizika od katastrofa Republike Hrvatske izrađena je **analiza hazarda od klizanja** na temelju dva scenarija masovne regionalne pojave klizišta:

Scenarij 1

Najkatastrofalniji mogući scenarij
ožujak 2013.

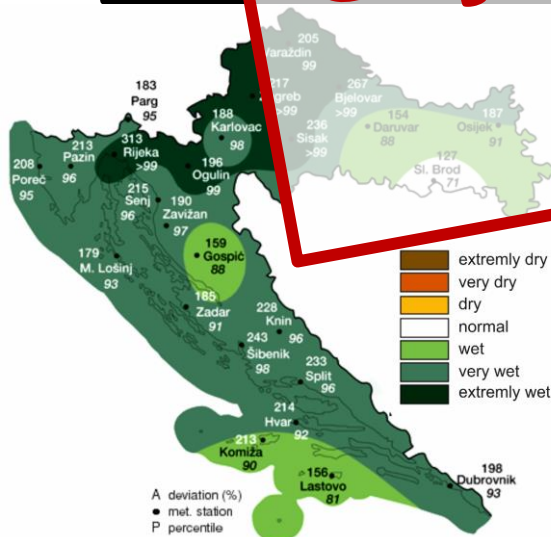
521 evidentirano klizišta
u Krapinsko-zagorskoj županiji

Scenarij 2

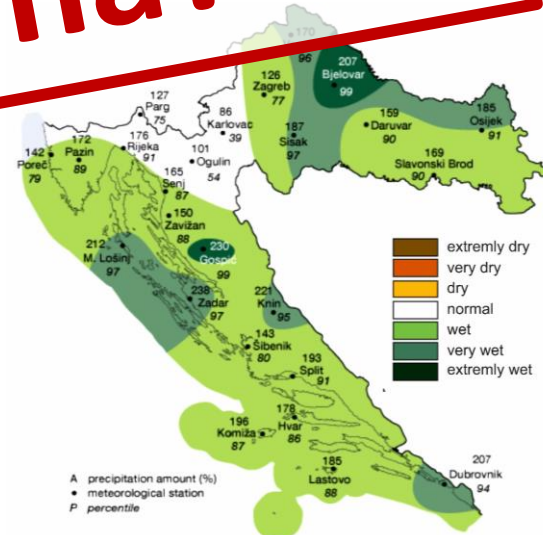
Najvjerojatniji mogući scenarij
ožujak 2018.

260 evidentiranih klizišta
u Krapinsko-zagorskoj županiji

Utjecaj klimatskih promjena?



**Učestalost
pojave
klizišta svakih
100-130 god.**



**Učestalost
pojave
klizišta svakih
15-20 god.**

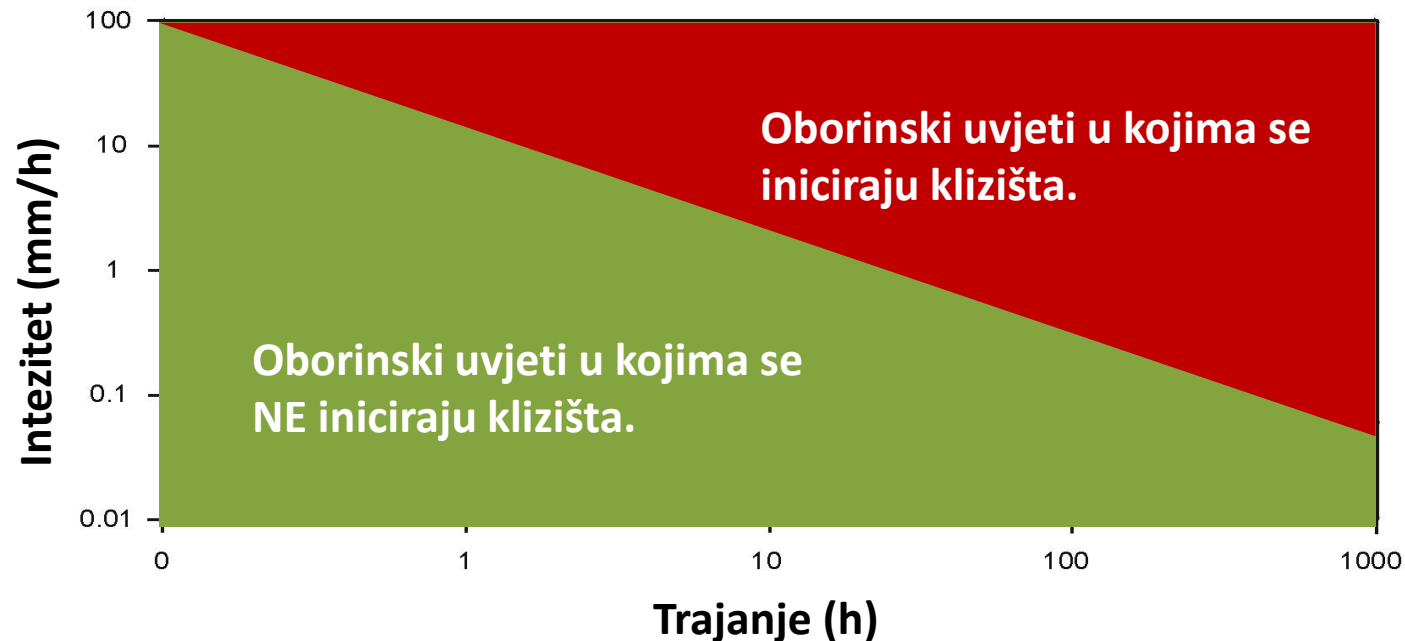
Granične vrijednosti oborina koje iniciraju masovnu pojavu klizišta mogu se definirati za regije ili gradove/općine.

Oborinski događaj započinje **30.1.**

Trajanje oborine koje je uzrokovalo klizanje je **15 dana = 360 h**

Kumulativna oborina tijekom oborinskog događaja iznosi **301.8 mm**

Intenzitet oborine koja je uzrokovala klizanje je **0.84 mm/h**



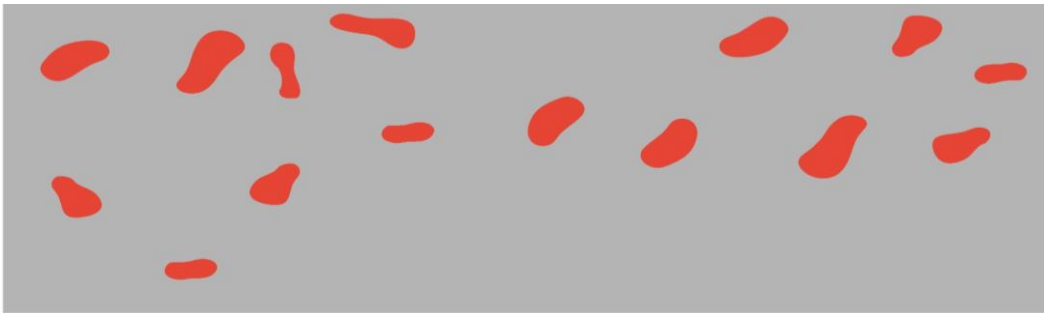
- **U Republici Hrvatskoj ne postoji jedinstvena nacionalna baza/evidencija aktiviranih klizišta!**

Baza klizišta trebala bi sadržavati slijedeće informacije:

- točna lokacija klizišta (koordinate čela klizišta)
- datum i vrijeme aktiviranja klizišta (ukoliko je poznato)
- vrsta klizišta (klizište, tečenje, odron, prevrtanje, bočno razmicanje)
- procjena veličine klizišta (površina/volumen)
- inicijator klizišta (oborina/potres/ljudska aktivnost)
- procjena štete ili elemenata pod rizikom
- aktivnost klizišta (aktivno/umireno/sanirano)

Vrste karata klizišta

KARTE INVENTARA KLIZIŠTA



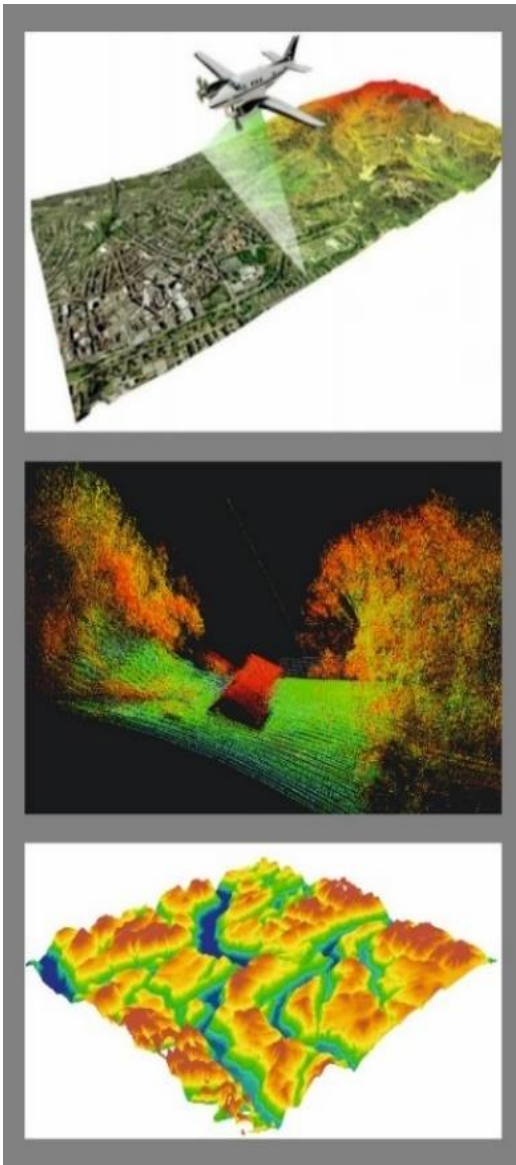
prikazuju područja na kojima se **dogodilo klizanje u prošlosti**

PROGNOSTIČKE KARTE KLIZIŠTA



prikazuju **prostornu i vremensku vjerojatnost pojave klizišta, te potencijalnu štetu**

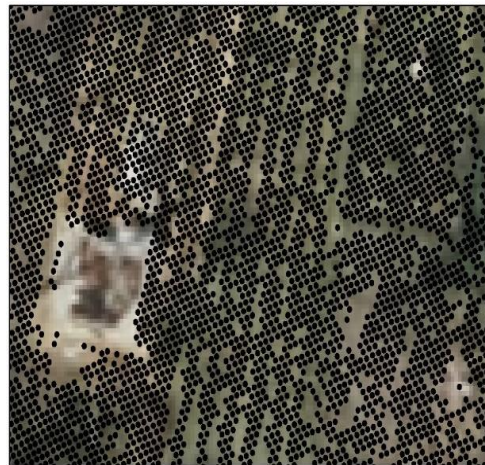
Klizanje i tečenje



Lasersko skeniranje iz zraka

LiDAR (eng. *Light Detection and Ranging*) je skraćenica koja se koristi za 3D lasersko skeniranje, odnosno postupak snimanja objekata korištenjem laserskog skenera koji radi na principu odašiljanja laserskih zraka prema objektu te mjeri njihovu refleksiju od objekta.

Oblak točaka

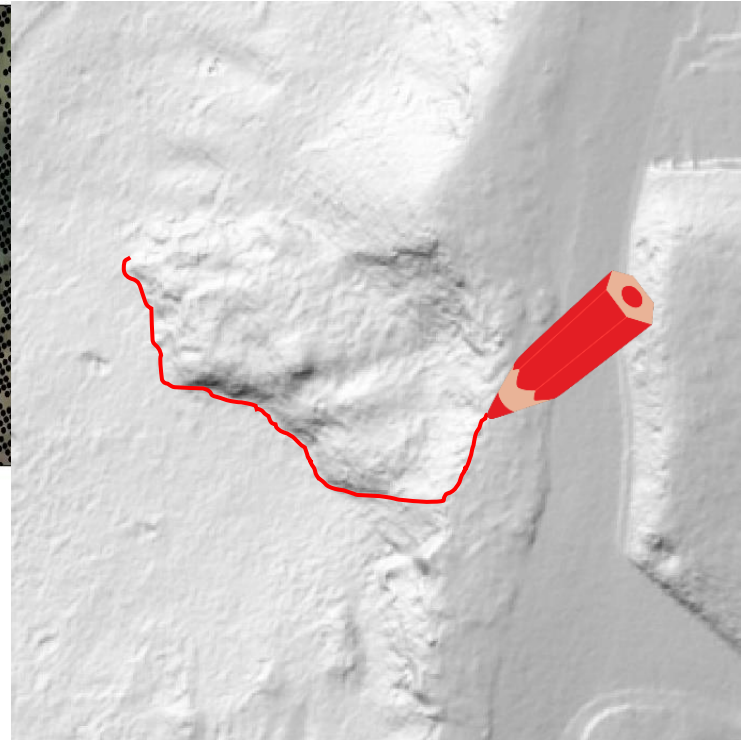


0 5 10 20 m



Digitalni model terena, DMT

Vizualno kartiranje aktivnih geomorfoloških procesa

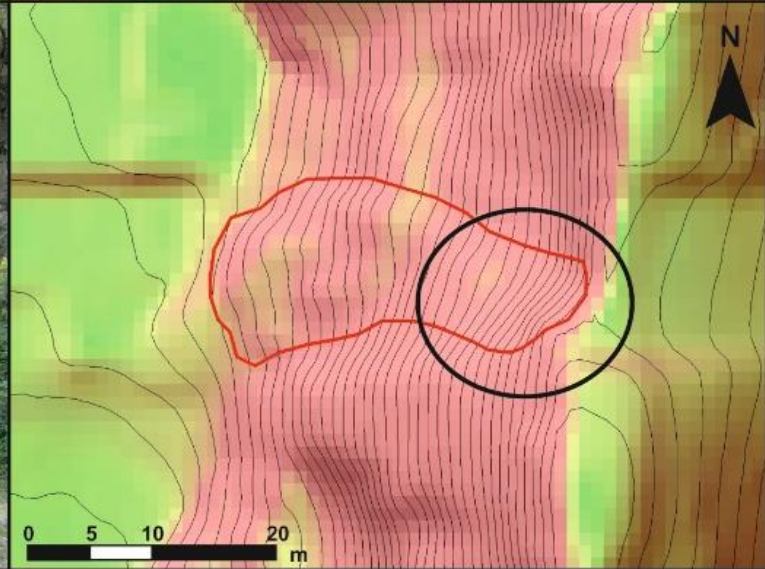
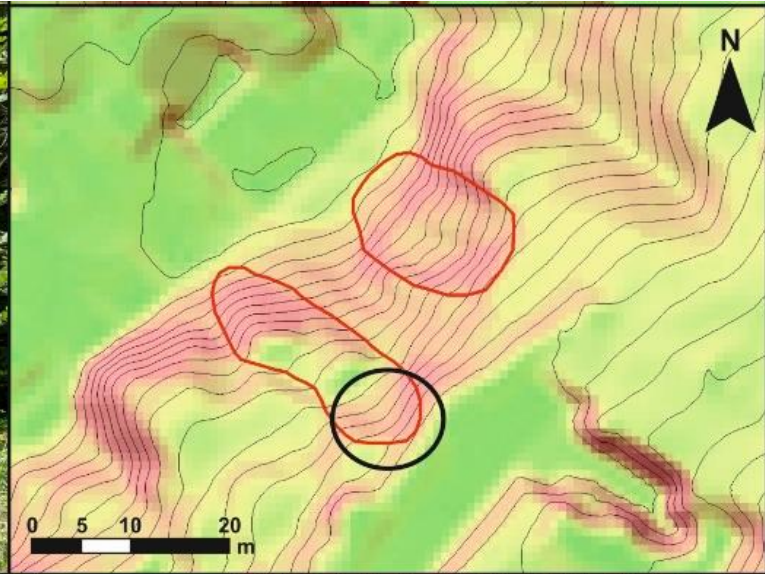


DOF → LiDAR

Istraživanje klizišta



Istraživanje klizišta



PRIMJER

Karte klizišta

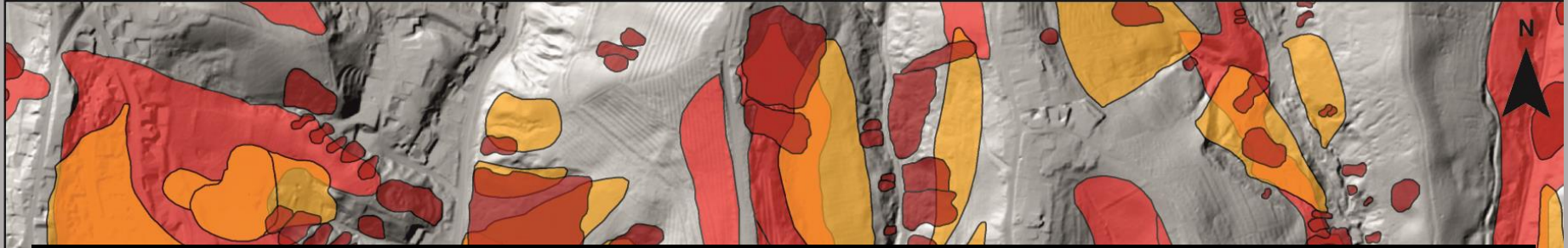


KARTA INVENTARA KLIZIŠTA 1:2.000

PODSLJEMENSKA ZONA GRADA ZAGREBA

- inventar klizišta se sastoji od **707 klizišta**
- ukupna površina klizišta je **0,5 km²** ili **2,43 %**
- srednja gustoća klizišta je **33,3 klizišta/km²**

usporedba s povijesnim inventarima



| Inventar | Inventar klizišta iz 1979. godine (Polak et al., 1979) | Inventar klizišta iz 2007. godine (Miklin et al., 2007) | Inventar klizišta iz 2013. godine |
|---|---|--|-----------------------------------|
| Broj klizišta | 166 | 159 | 702 |
| Najmanje kartirano klizište (m ²) | 467 | 282 | 43 |
| Srednja veličina klizišta (m ²) | 3.666 | 23.471 | 730 |
| Medijan (m ²) | 2.407 | 11.981 | 427 |
| Standardna devijacija (m ²) | 4.446 | 35.906 | 942 |
| Najveće kartirano klizište (m ²) | 43.228 | 317.262 | 8.064 |
| Površina svih klizišta (km ²) | 0,61 | 3,73 | 0,51 |
| Udio površine klizišta na pilot području (%) | 2,88 | 17,69 | 2,43 |
| Gustoća klizišta (br.klizišta/km ²) | 7,9 | 7,5 | 33,3 |







Karte klizišta

PRIMJER IZ GRADA ZAGREBA

- 50% klizišta se nalazi na udaljenosti od 50 m od prometnica
- 30% klizišta se nalazi na udaljenosti od 10 m od stambenih i gospodarskih objekata i prometnica



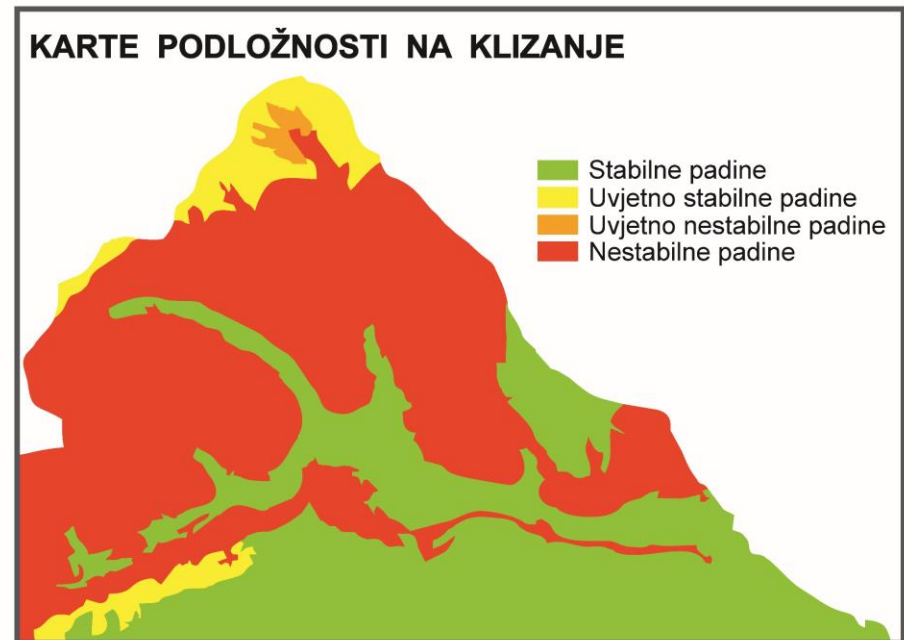
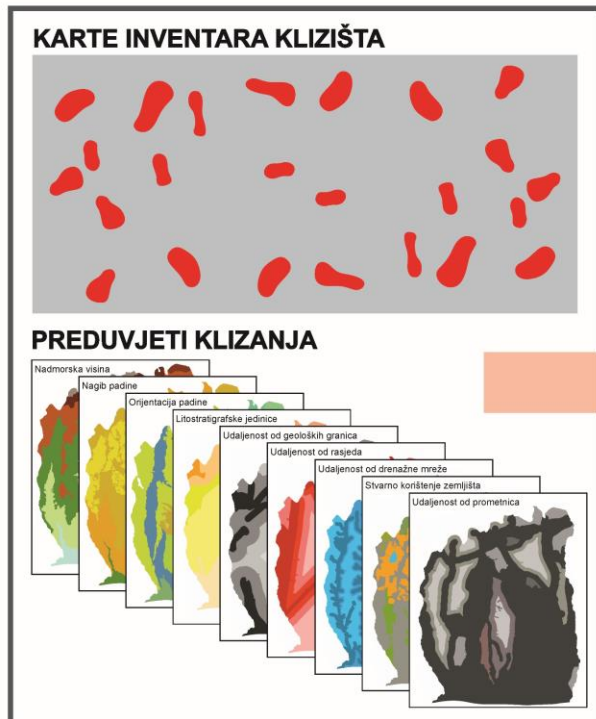
Legenda

| | | | |
|---|---------------------------------|---|-------------------------|
|  | Klizišta kartirana 2017. godine |  | Šume |
|  | Stambeni objekti |  | Poljoprivredne površine |
|  | Prometnice |  | Umjetne površine |

0 100 200 400
m

- **prognostičke karte** koje prikazuju **prostornu vjerojatnost pojave klizišta** u budućnosti – **KARTE PODLOŽNOSTI NA KLIZANJE**

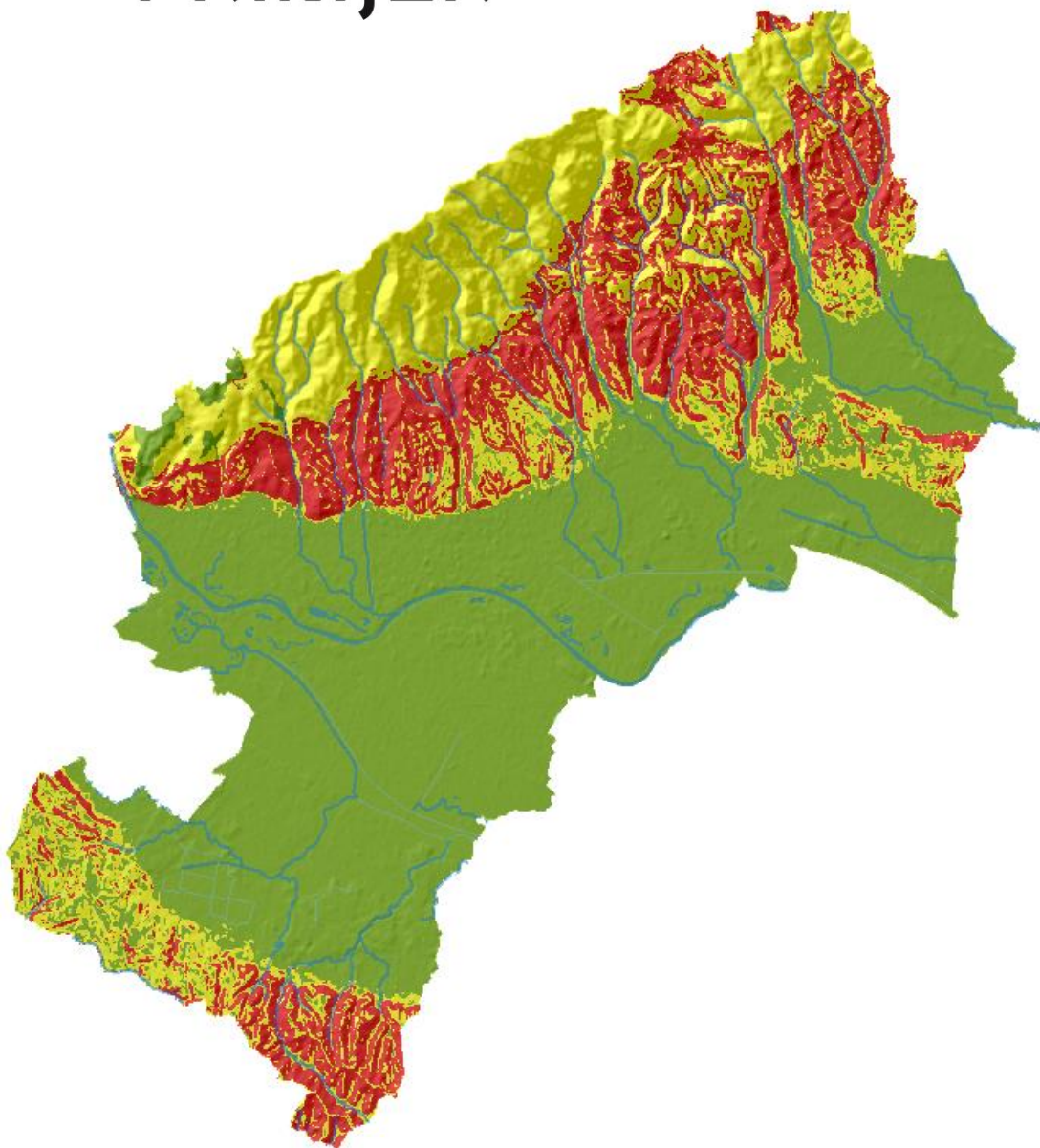
ULAZNI PODACI





PRIMJER

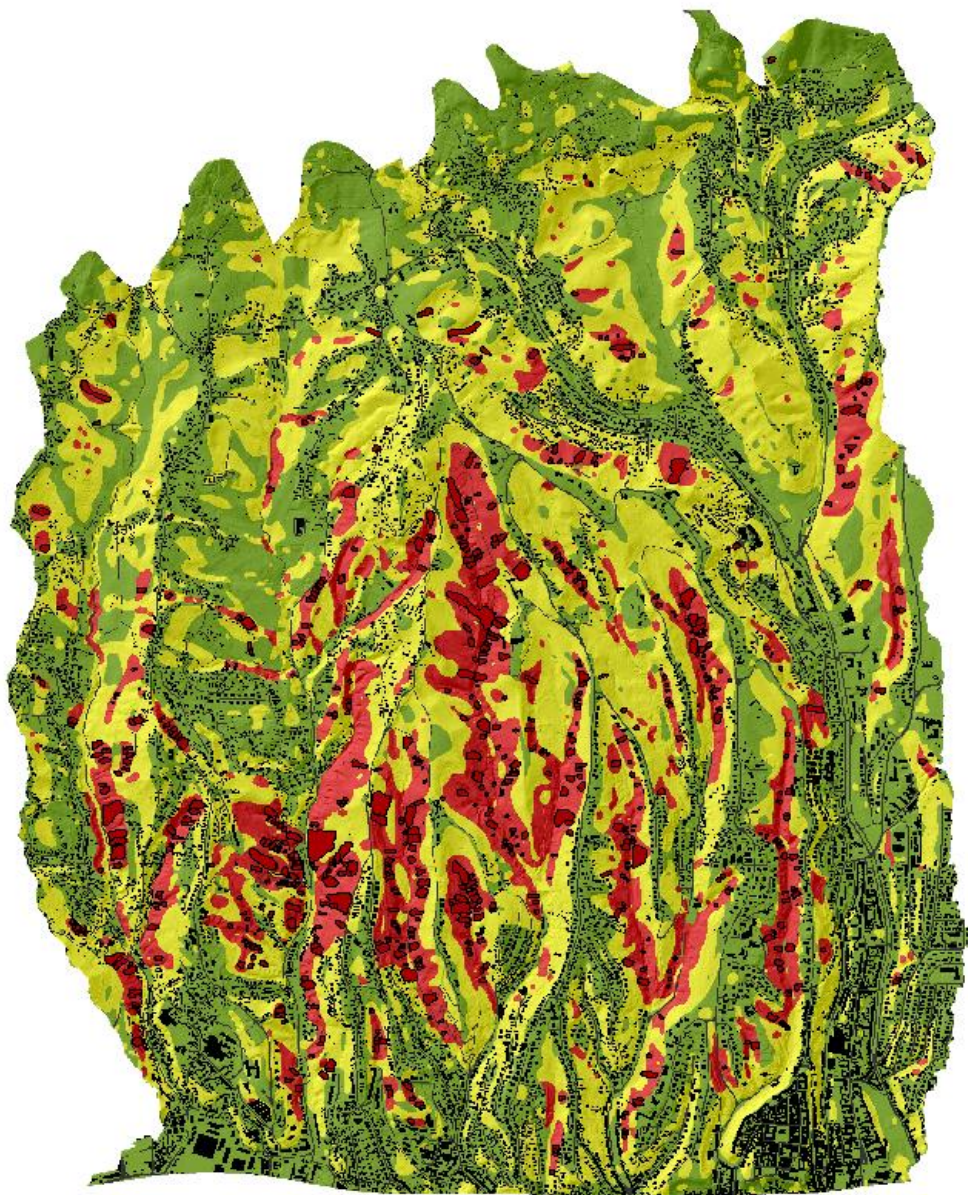
Karte klizišta



**KARTA
PODLOŽNOSTI NA
KLIZANJE 1:25.000**

 PRIMJER

Karte klizišta



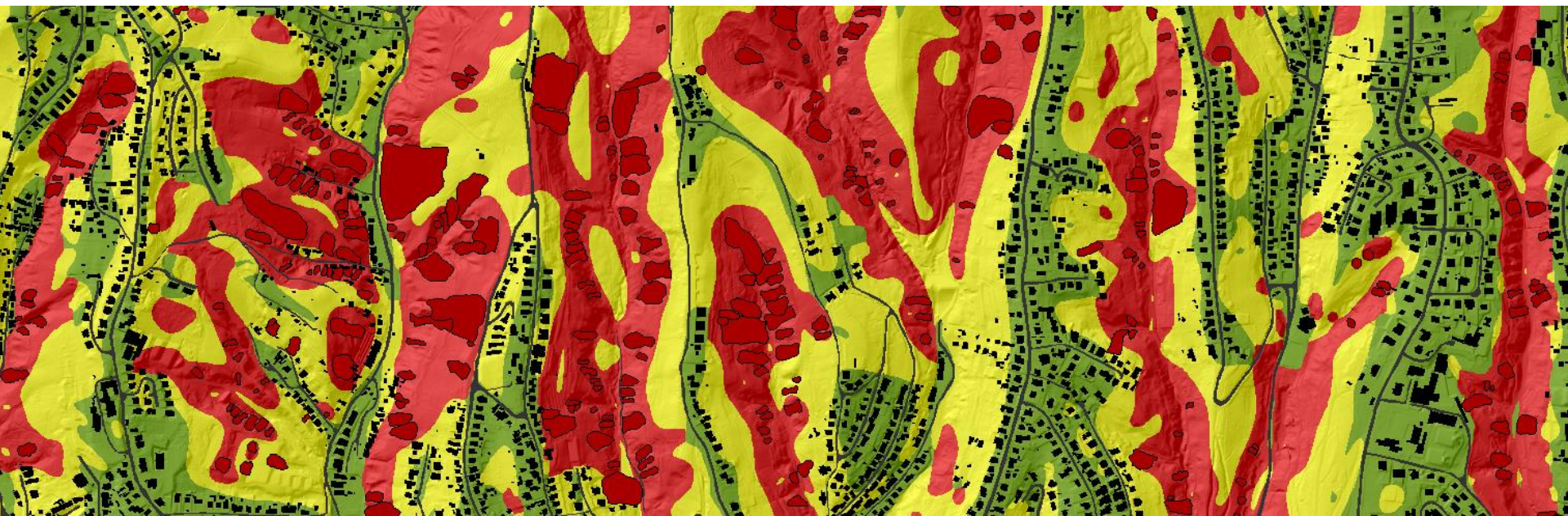
**KARTA
PODLOŽNOSTI
NA KLIZANJE
1:5.000**

PRIMJER

PRIMJENA U CIVILNOJ ZAŠTITI

- Ulazni podaci*:
- površina podložna klizanje u prethodnom definiranom obuhvatu oko građevina i prometnica ✓
- gustoća klizišta na području Grada Zagreba ✓
- iskustvena procjena iznosa štete uzrokovane klizanjem

*prema metodologiji
procjene rizika od klizanja
na državnoj razini





PRIMJER

Monitoring klizišta

- često nije moguće ili nije praktično provesti mjere sanacije **(cijena!)**
- u tom slučaju provode se preventivne mjere smanjenja rizika, a koje uključuju uspostavu **praćenja (monitoringa) klizišta**





PRIMJER

Općeniti ciljevi praćenja

- otkrivanje klizišta
- brzo određivanje značajki klizišta i kartiranje klizišta
- **praćenje gibanja klizišta i uzorka gibanja sa svrhom uspostave sustava ranog upozoravanja**



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



PRIMJER

Najčešći parametri koji se prate:

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

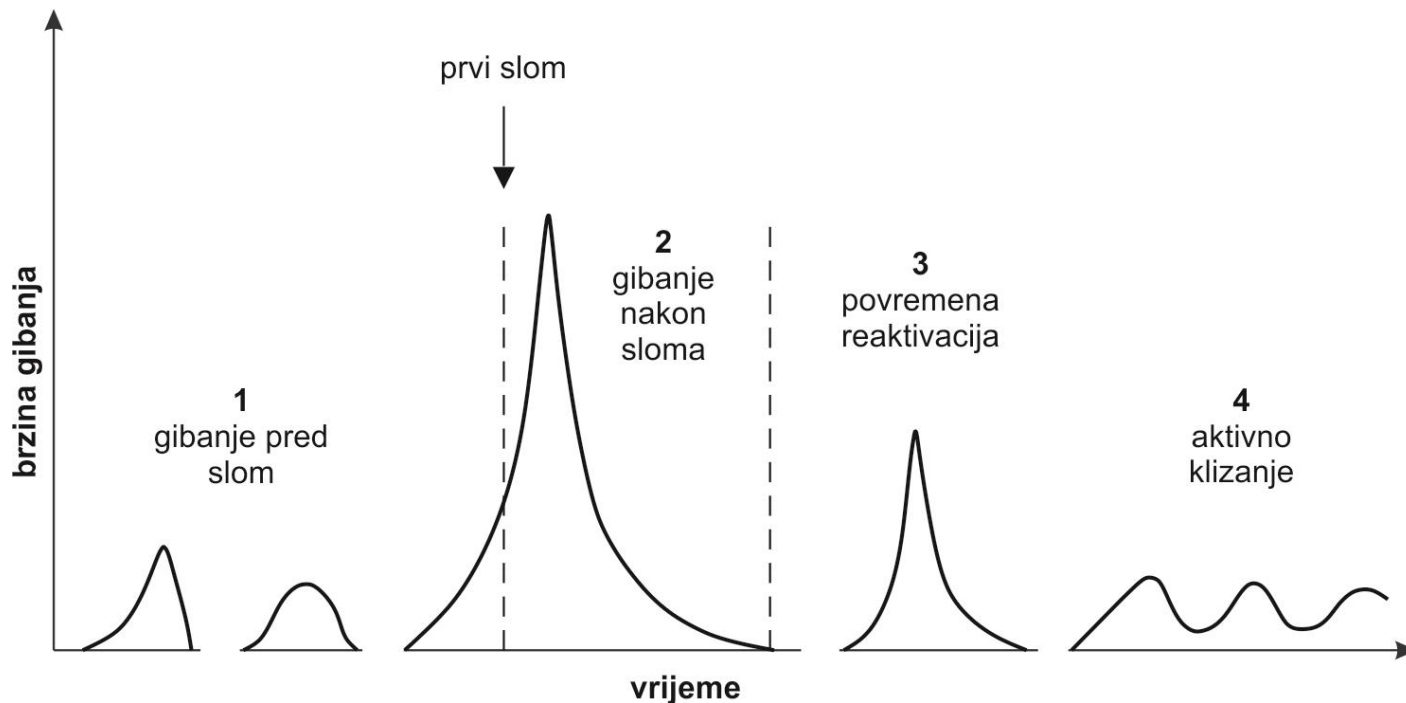




PRIMJER

Praćenje gibanja

- **ukazuje na kinematiku (stanje aktivnosti) klizišta i mehanizam klizanja**
- služi za predviđanje sloma klizišta
- potvrda da se radi o trajno umirenom ili stabiliziranom klizištu

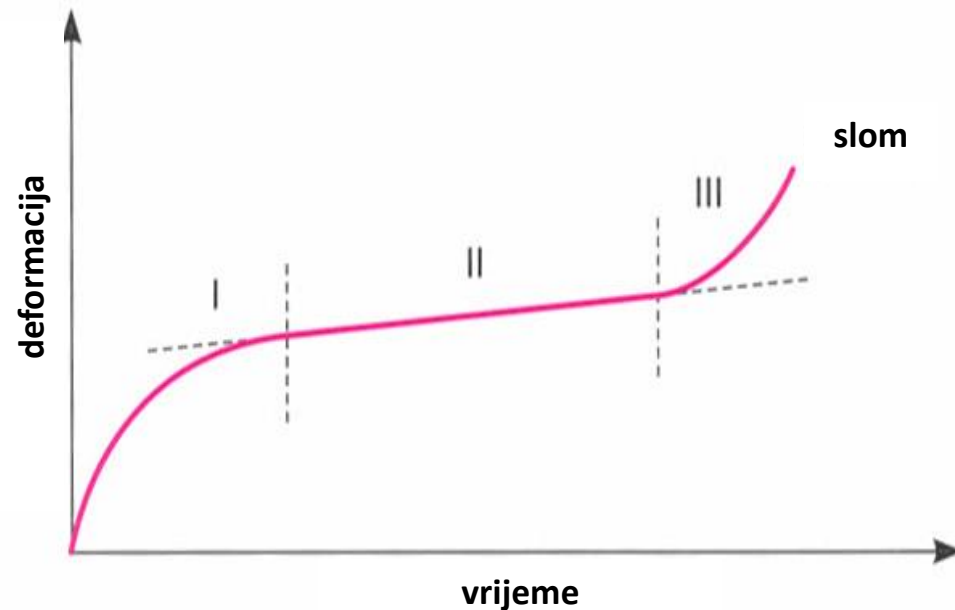
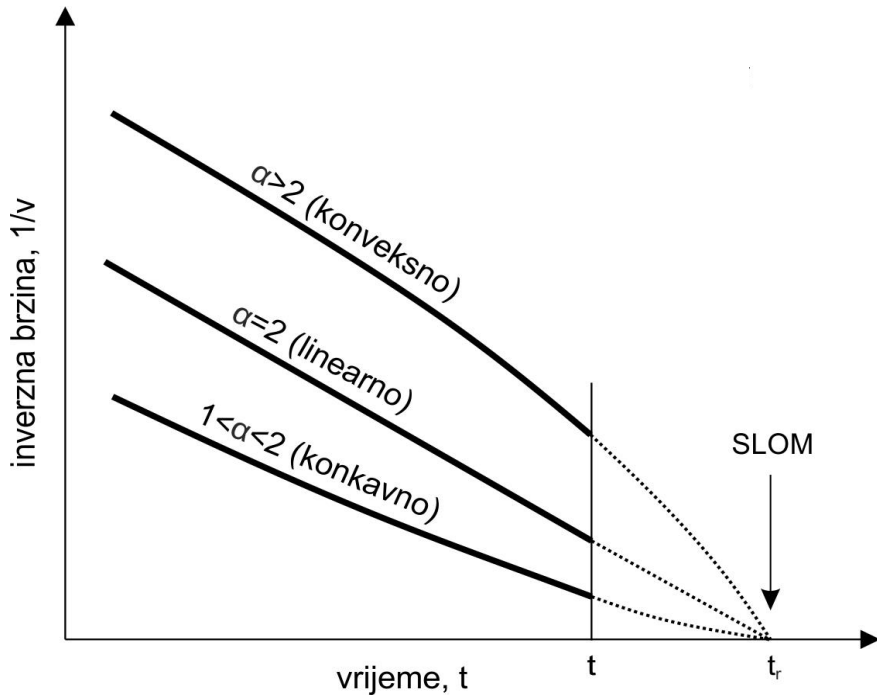




PRIMJER

Praćenje gibanje

- ukazuju na kinematiku (stanje aktivnosti) klizišta i mehanizam klizanja
- **služi za predviđanje sloma klizišta**
- potvrda da se radi o trajno umirenom ili stabiliziranom klizištu





PRIMJER

Praćenje gibanje

- ukazuju na kinematiku (stanje aktivnosti) klizišta i mehanizam klizanja
- služi za predviđanje sloma klizišta
- **potvrda da se radi o trajno umirenom ili stabiliziranom klizištu**

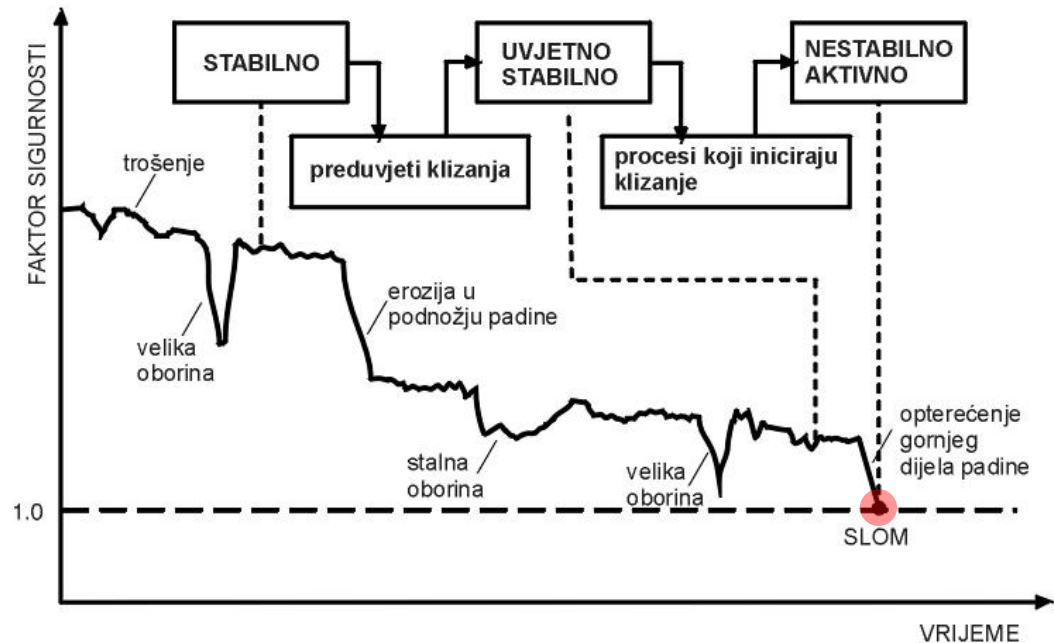




PRIMJER

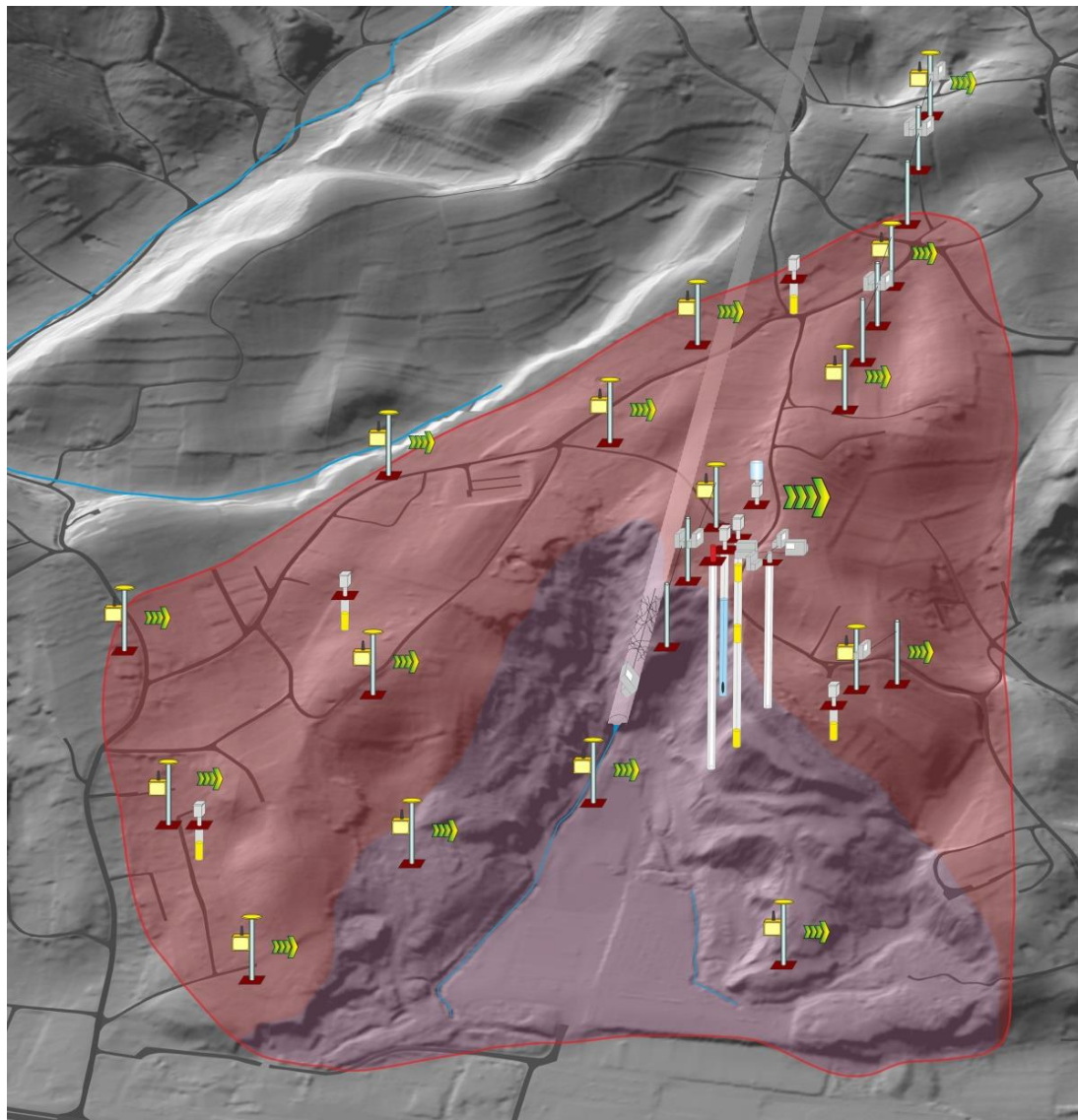
Praćenje uzroka klizanja

- klizišta su posljedica niza uzroka: preduvjeta klizanja i procesa koji iniciraju klizanje
- najčešći inicijatori su:
 - **oborine**
 - **promjena razine podzemne vode**
 - erozija podnožja padine
 - potresi
 - ljudska aktivnost
- **praćenje nužno radi određivanja uvjeta koji dovode do gibanja klizišta**



Primjer monitoringa na klizišta Kostanjev

- najveće klizište u Republici Hrvatske
- približno 300 stambenih i gospodarskih zgrada
- površina cca. 1 km^2
- procijenjeni volumen: cca. $32 \times 10^6 \text{ m}^3$
- aktivno, aktivirano 1963
- glavni uzrok klizanja (inicijator): ljudska aktivnost, rudarenje
- uspostavljen sustav praćenja sa svrhom procjena hazarda klizanja





PRIMJER

glavna mjerna postaja 'Opservatorija za praćenje klizišta Kostanjek'





PRIMJER

GNSS

- sustav satelita i zemaljskih stanica koji služi za precizno pozicioniranje na površini Zemlje
- GNSS sustav funkcionira kontinuirano 24 sata dnevno u svim vremenskim uvjetima te ne zahtijeva optičku vidljivost između mjernih senzora



GPS is a single satellite system that utilizes 31 satellites

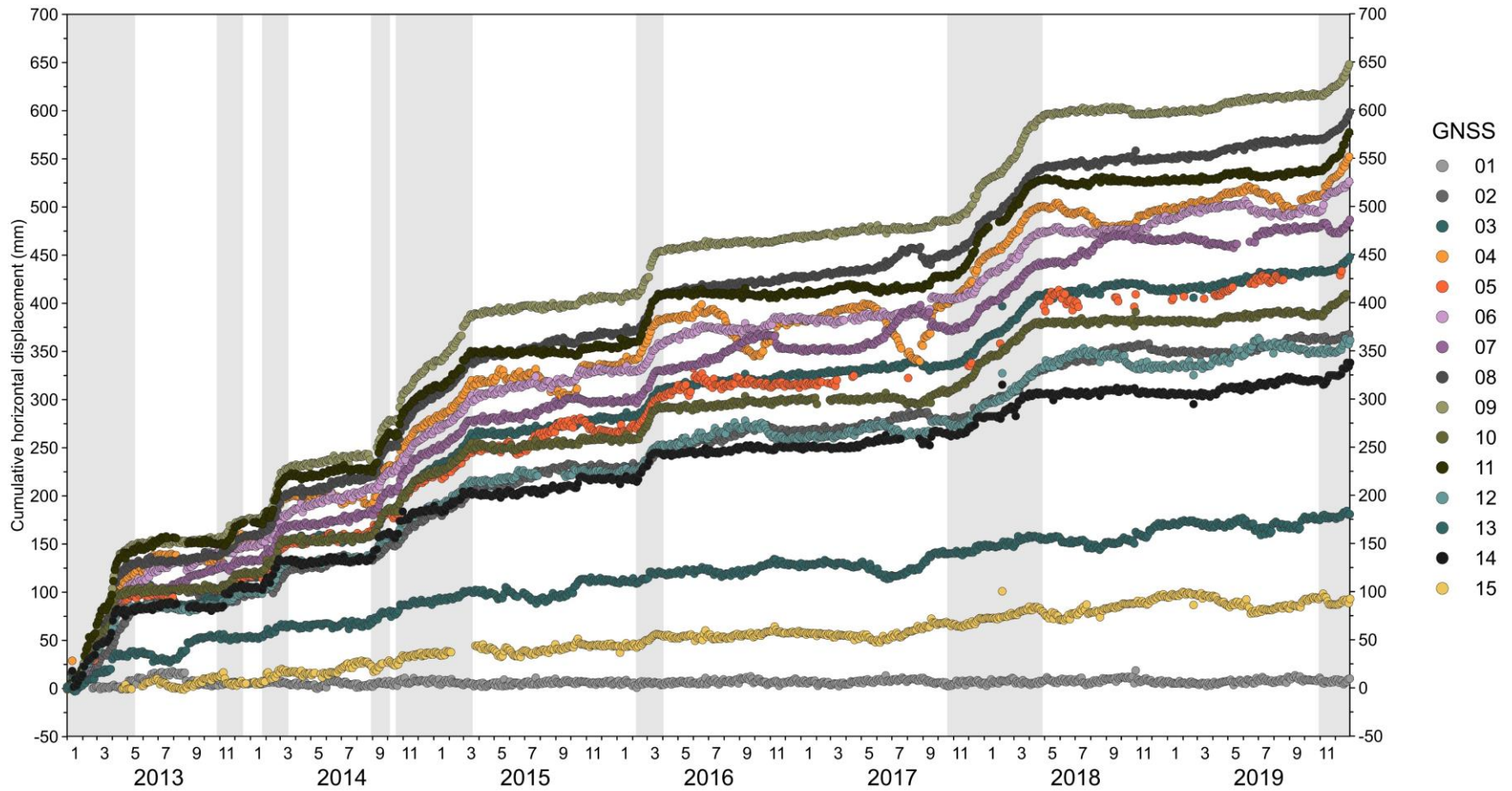
VS

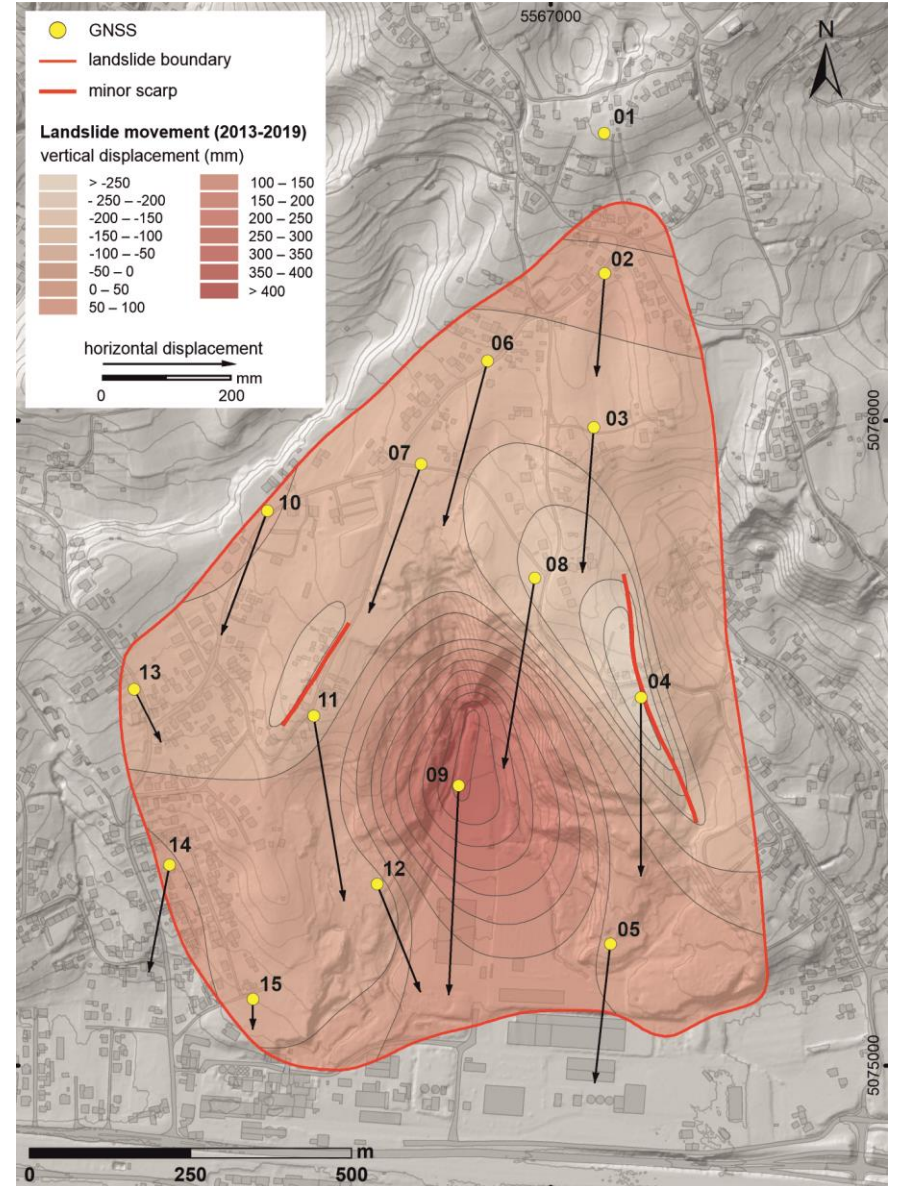
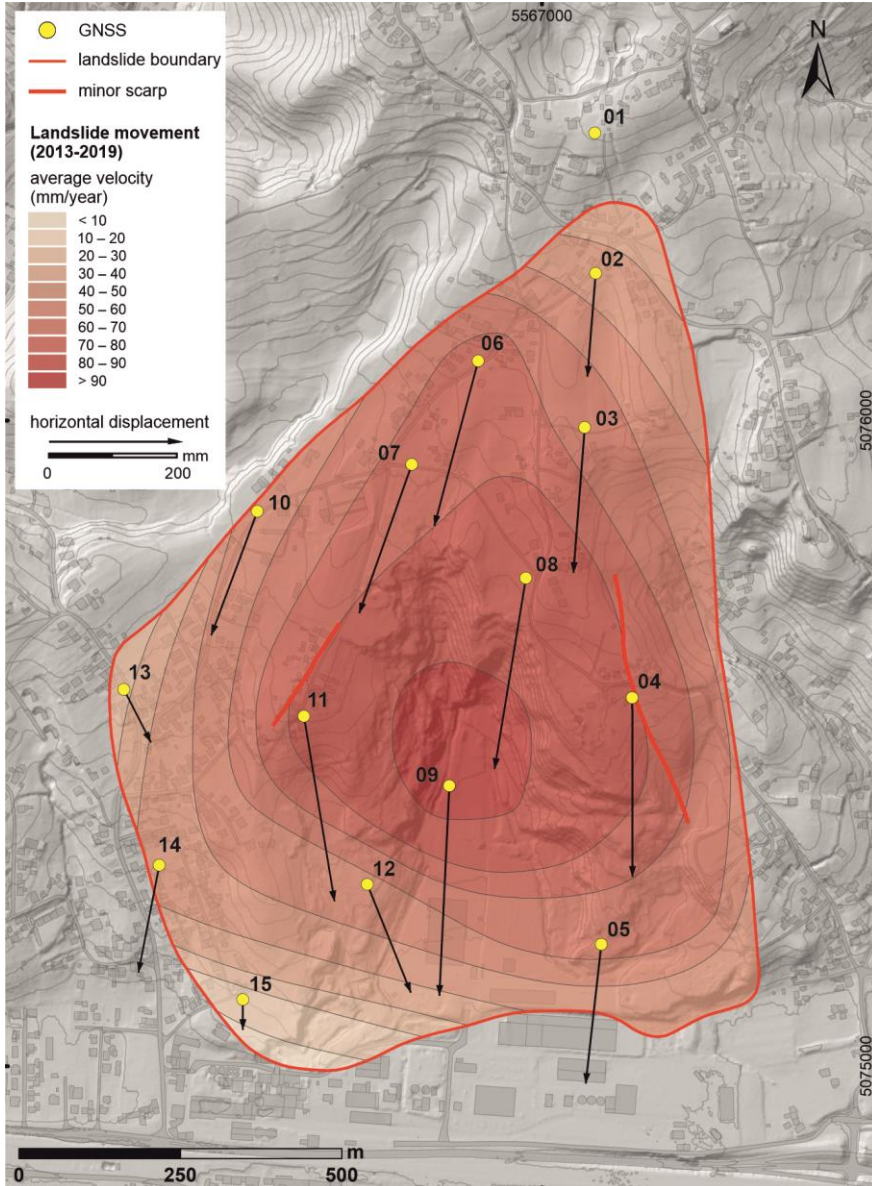


GNSS utilizes 89 satellites from all 4 satellite systems



GNSS – horizontalni pomaci



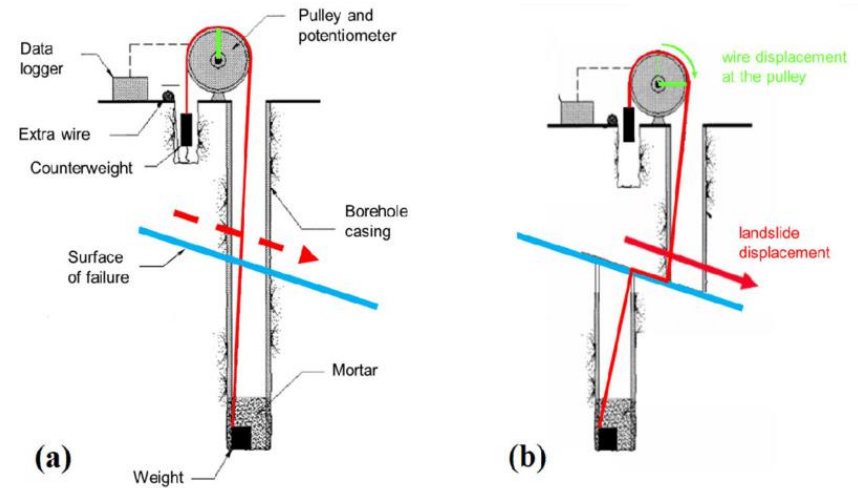
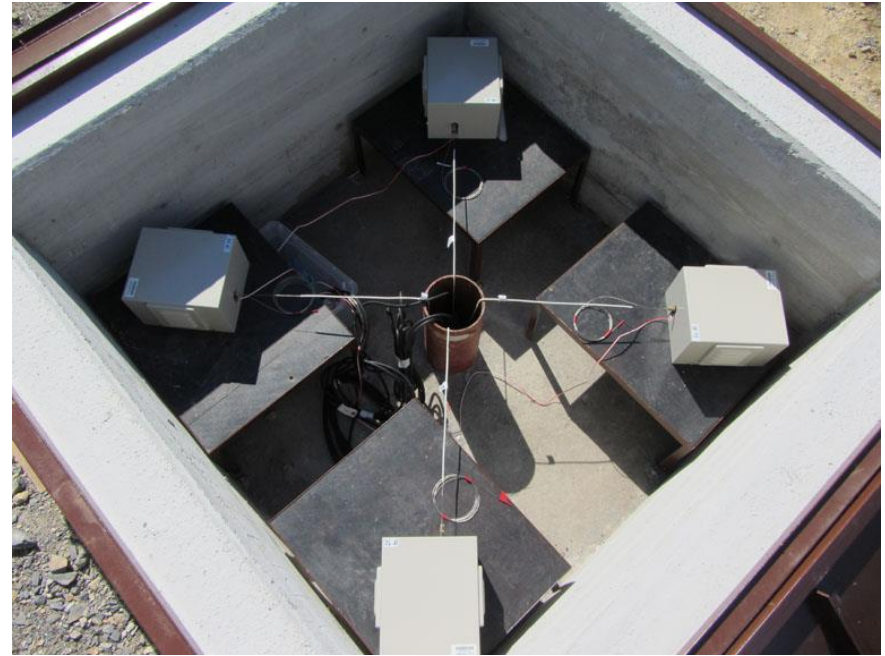




PRIMJER

EKSTENZOMETAR

- mjere relativne pomake između dvije točke
- jeftiniji od GNSS-a
- preciznost podataka ovisi o instalaciji
- omogućava prijenos podataka u gotovo realnom vremenu

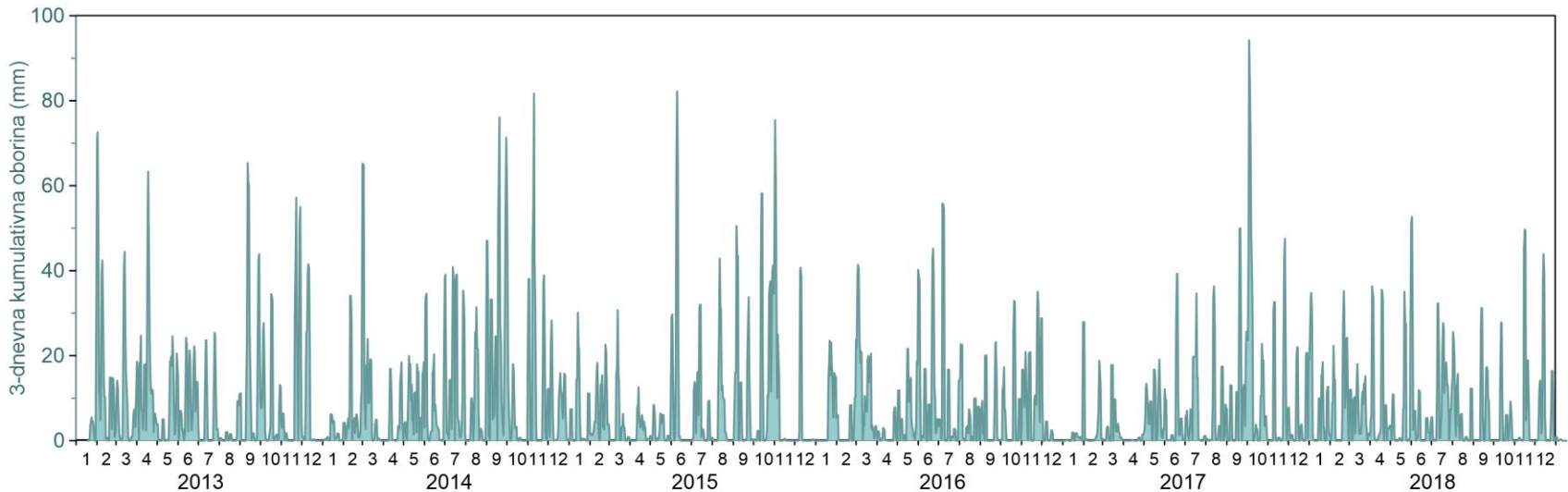
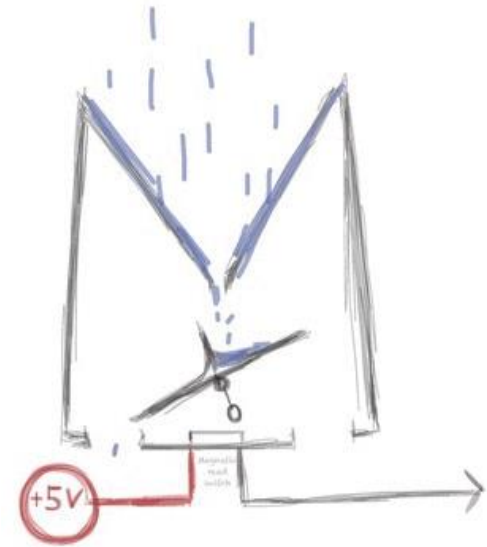




PRIMJER

OBORINE

- analize različitih vrsta oborina s obzirom na količinu, trajanje i intenzitet
- utjecaj klimatoloških uvjeta

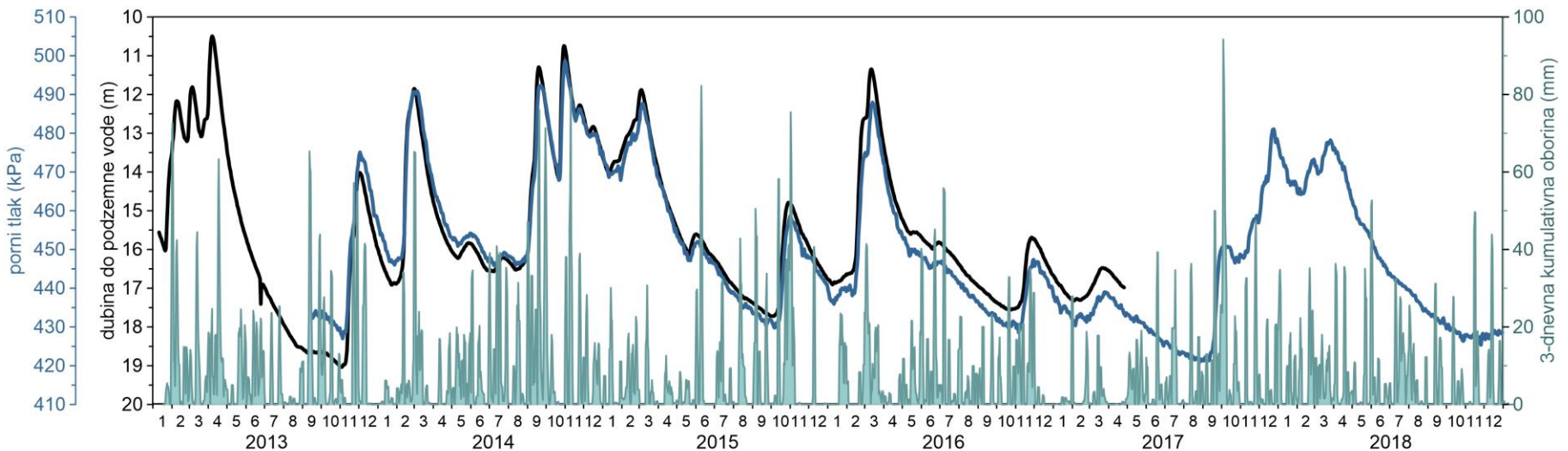




PRIMJER

RAZINA PODZEMNE VODE

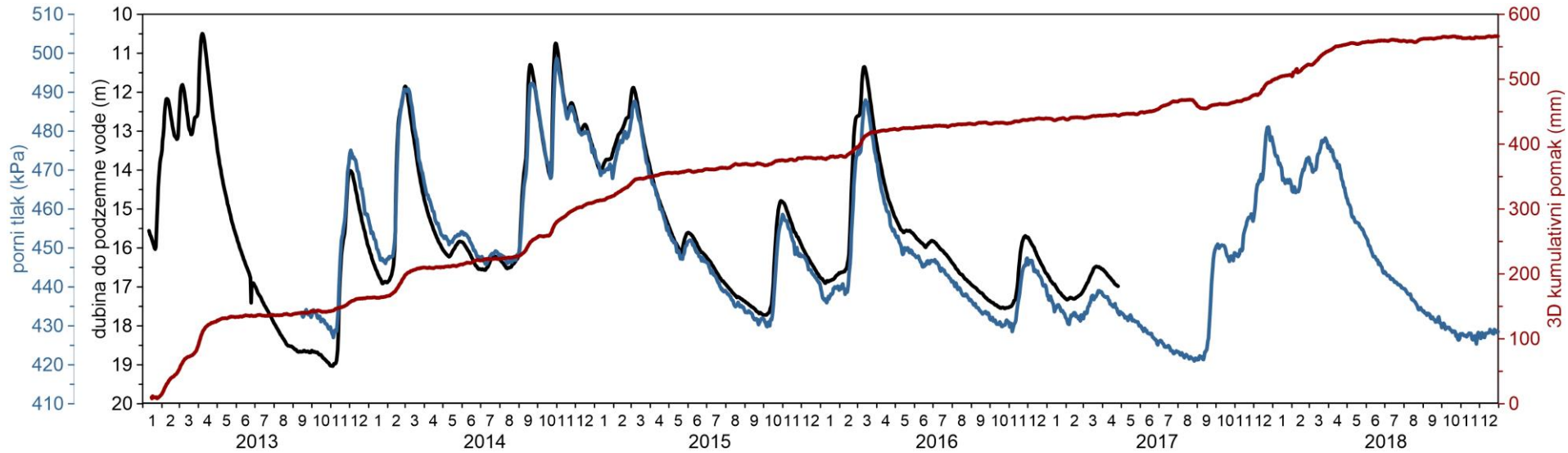
- mijenja čvrstoću materijala i stanje naprezanja u padini
- **može se koristiti pri određivanju graničnih vrijednosti za sustav ranog upozoravanja**





PRIMJER

Odnos razine podzemne vode i gibanja klizišta Kostanjek





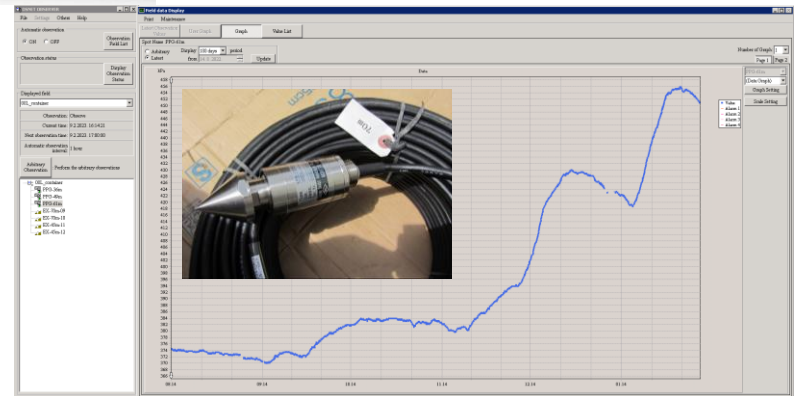
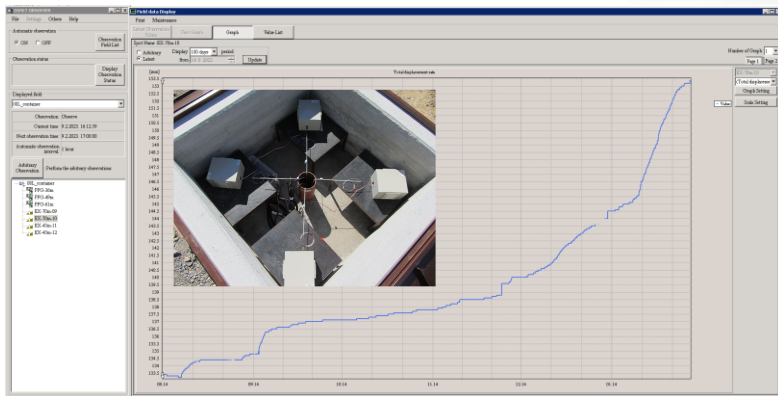
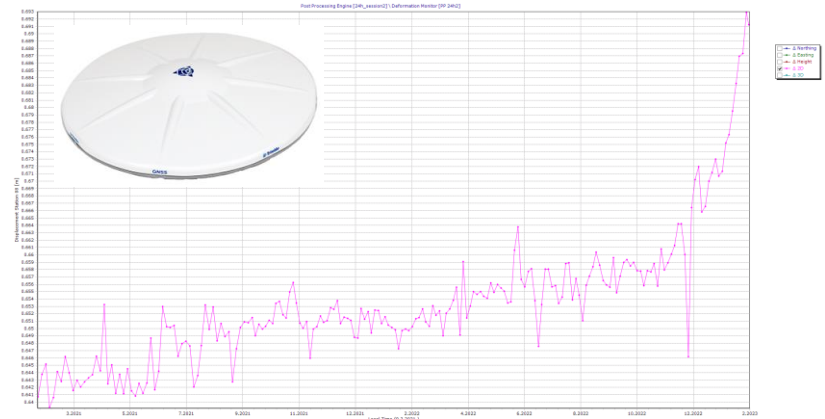
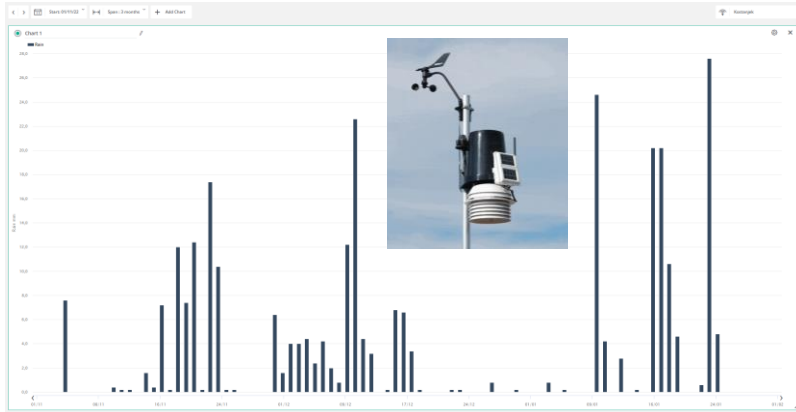
PRIMJER

- razvoj alata za vizualizaciju i predviđanje klizanje (upozoravanje) za dva klizišta (Kostanjek i Priselci)
- implementacija u sustavu civilne zaštite



Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

PRIMJER





PRIMJER

SUSTAV RANOG UPOZORAVNJA NA KLIZIŠTA Web aplikacija – naslovnica

SRUK

sustav ranog upozoravanja na klizišta



KLIZIŠTA



POMACI



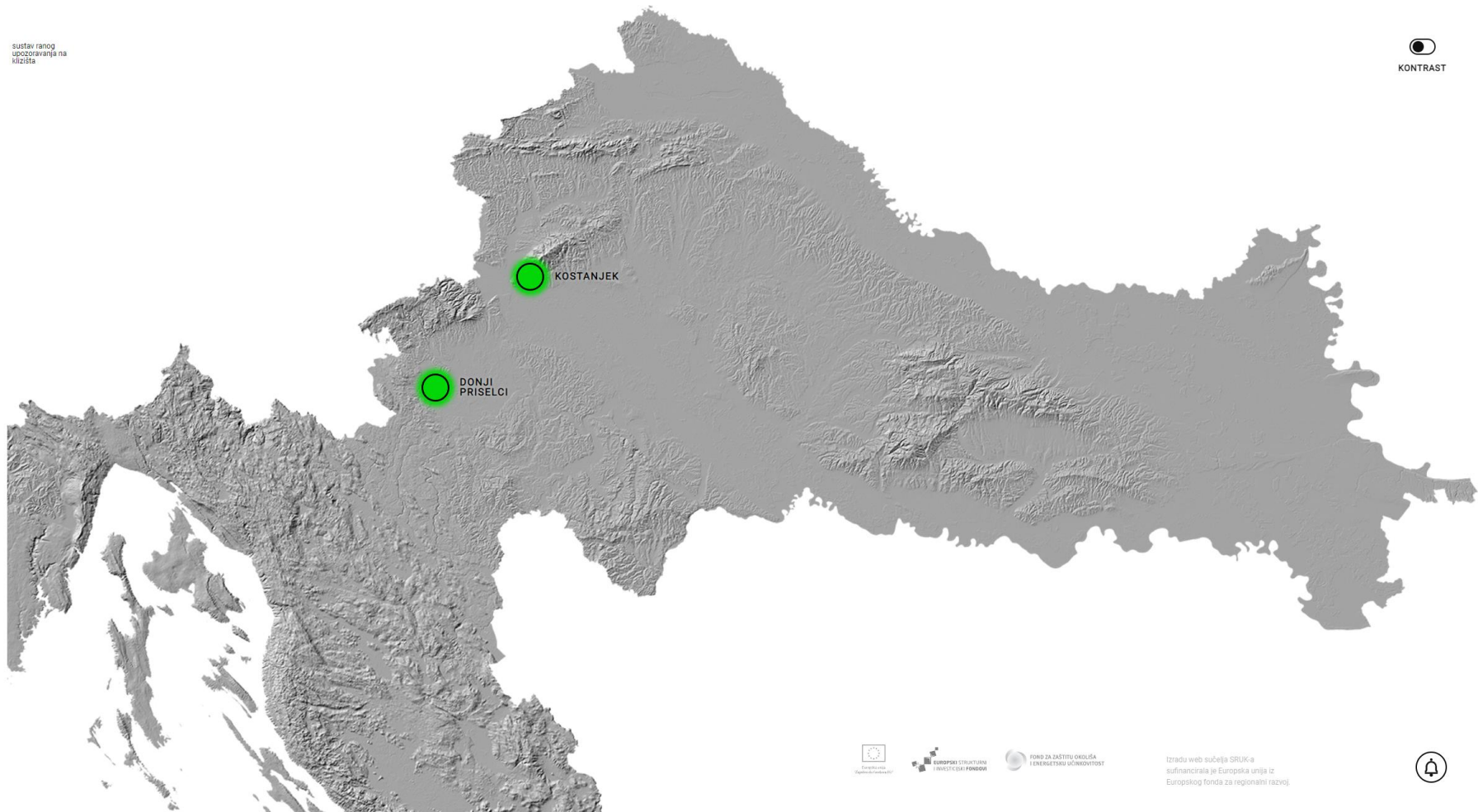
TUMAC



O SUSTAVU



KONTRAST



Izradu web sučelja SRUK-a
sufinancirala je Europska unija iz
Europskog fonda za regionalni razvoj.





PRIMJER

Vizualizacija podataka

1 sat

5 sati (prosjeak)

Dan

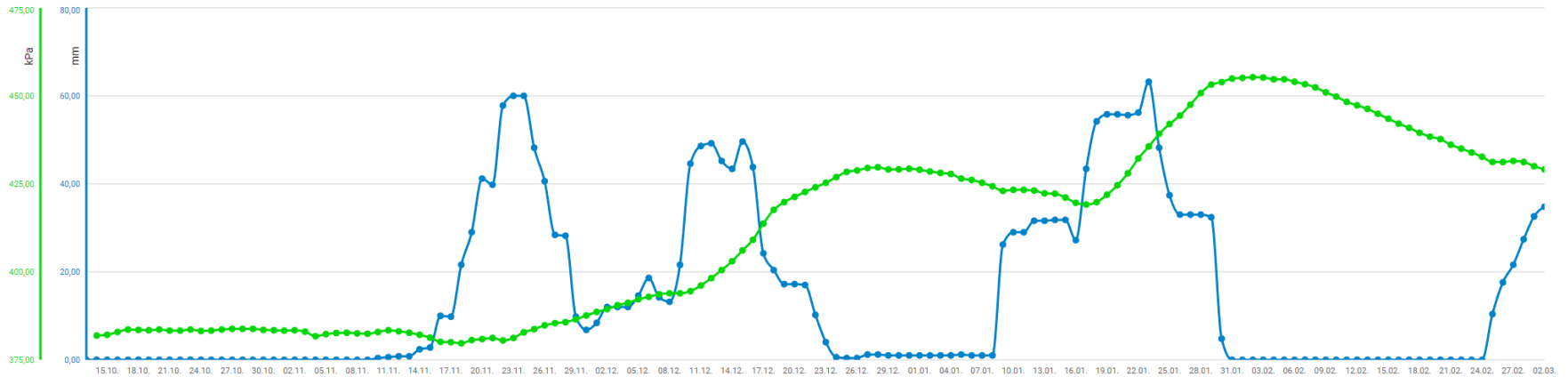
3 dana

Tjedan

Mjesec

6 mjeseci

Poništi zoom



GNSS

- 3D pomak Trend
- Brzina Trend
- Inverzna brzina Trend

Ekstenzometar

- Pomak Trend
- Brzina Trend
- Inverzna brzina Trend

Meteorološka stanica

- Oborina (Dnevna) Trend
- Oborina (Tjedna) Trend
- Evapotranspiracija Trend

Piezometar

- Pomi tiak Trend





PRIMJER

Vizualizacija podataka

1 sat

5 sati (prosjeak)

Dan

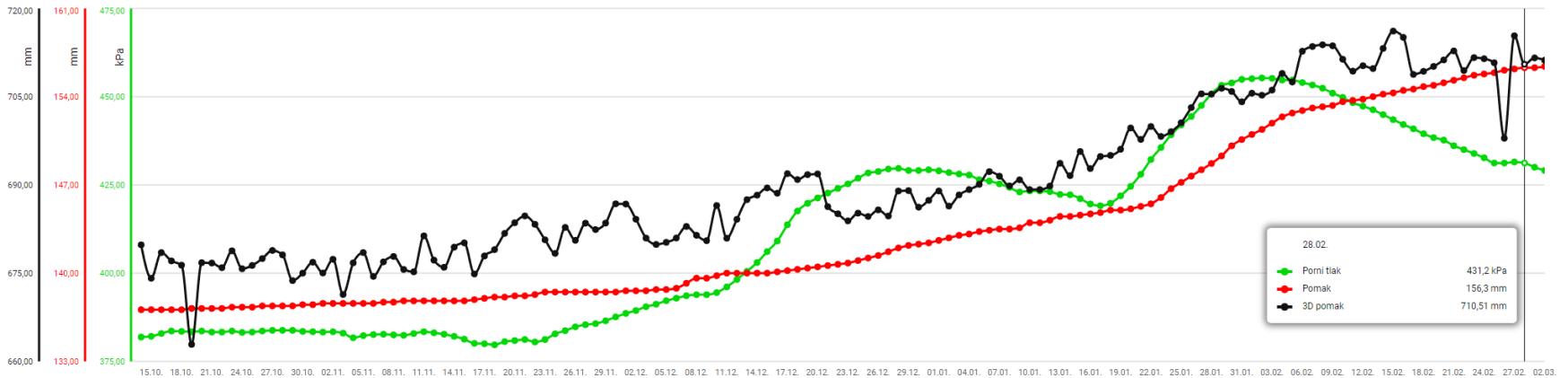
3 dana

Tjedan

Mjesec

6 mjeseci

Poništi zoom



GNSS

- 3D pomak
- Brzina
- Inverzna brzina

- Trend
- Trend
- Trend

Ekstenzometar

- Pomak
- Brzina
- Inverzna brzina

- Trend
- Trend
- Trend

Meteorološka stanica

- Oborina (Dnevna)
- Oborina (Tjedna)
- Evapotranspiracija

Piezometar

- Pomi tiak
- Trend
-





PRIMJER

Administracija podataka i definiranje stupnjeva upozorenja

STANJA KLIZIŠTA MJERENJA PROFIL POSTAVKE POVIJEST

Kostanjek

Granične vrijednosti ^

| | NEMA OPASNOSTI | NISKA OPASNOST | SREDNJA OPASNOST | VISOKA OPASNOST | |
|---|----------------|----------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|
| BRZINA (EKSTENZOMETAR - SATNA) (mm/h) | -10 | 0,1 | 0,5 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| BRZINA (EKSTENZOMETAR - DNEVNA) (mm/d) | -10 | 0,1 | 0,5 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| BRZINA (GNSS - SATNA) (mm/h) | -100 | -10 | -9 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| BRZINA (GNSS - DNEVNA) (mm/d) | -100 | -10 | -9 | 1 | <input type="checkbox"/> |
| OBORINA (SATNA) (mm/h) | 0,6 | 1 | 2 | 3 | <input type="checkbox"/> |
| OBORINA (DNEVNA) (mm/d) | 10 | 8 | 7 | 10 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| OBORINA (TJEDNA) (mm/tj) | -10 | -5 | -2 | 50 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| PORNI TLAK (kPa) | 0 | 460 | 470 | 490 | <input type="checkbox"/> |

Obavijesti v

Klizište Kostanjek

klizište miruje
[više informacija](#)



Hvala Vam na pažnji!