

# Primijenjena istraživanja Monitoring klizišta

1. radionica

2.7.2021., Zagreb

doc. dr. sc. Martin KRKAČ

primijenjena  
istraživanja klizišta  
za razvoj mjera  
ublažavanja  
i prevencije rizika



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





# PRIMJER

---

- klizanje je kretanja mase stijena ili tla niz padinu (Cruden, 1991)
- jedan od najčešćih aktivnih geomorfoloških procesa
- uzrokuju ekonomske i socijalne gubitke, izravne ili neizravne, na privatnim i/ili javnim dobrima





# PRIMJER

---

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



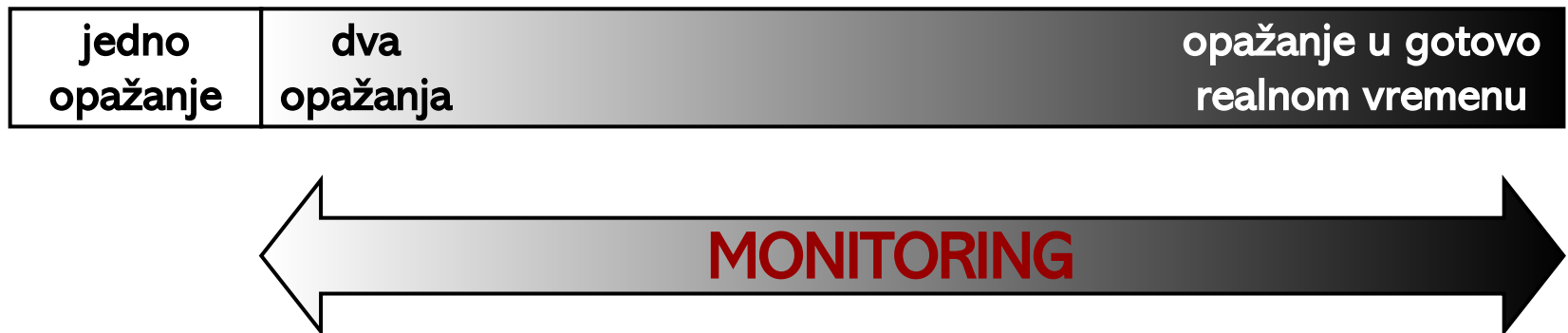


# PRIMJER

---

## Monitoring (praćenje)

opažanje određene građevine ili pojave koje se sustavno ponavlja







# PRIMJER

---

**Monitoring klizišta** - praćenje pojava vezanih za klizanje mase stijena ili tla niz padinu





# PRIMJER

---

Općeniti ciljevi praćenja klizišta su:

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





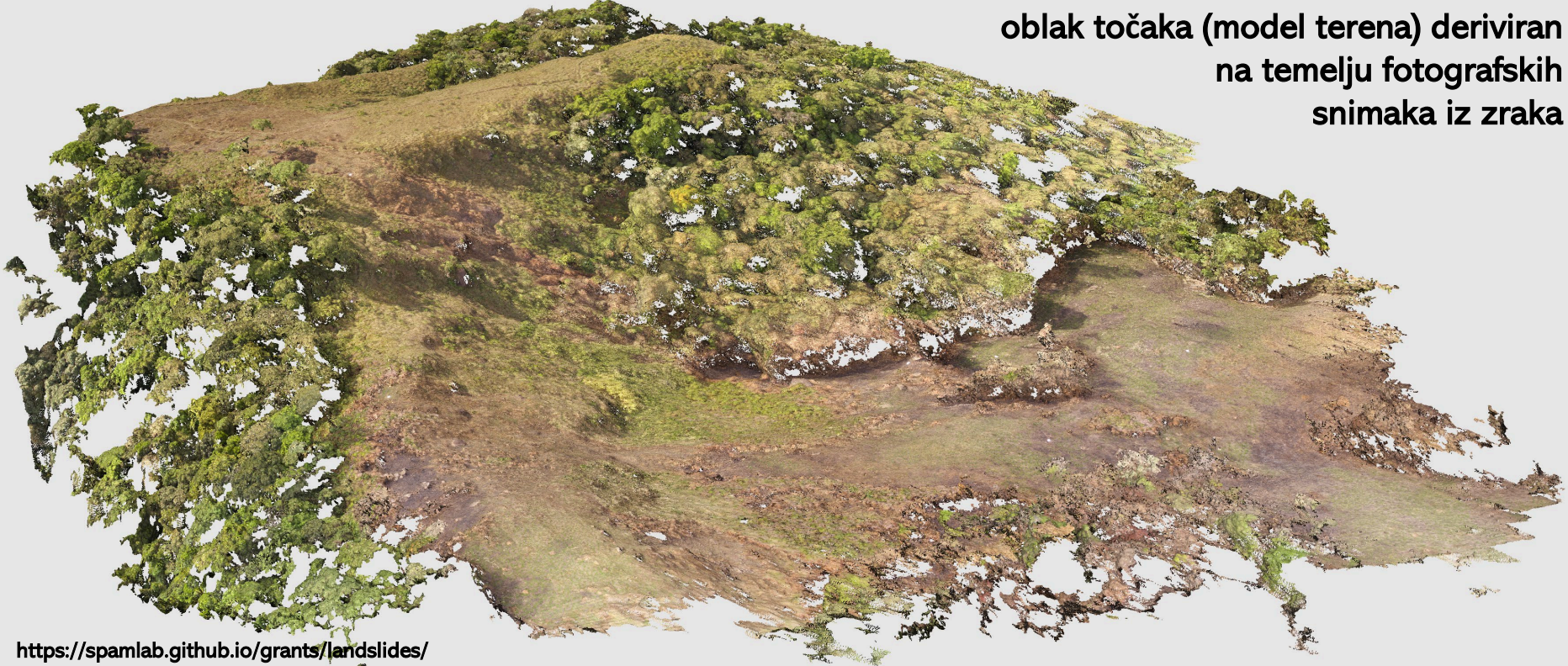
# PRIMJER

---

- otkrivanje klizišta
- brzo određivanje značajki klizišta i kartiranje klizišta



oblak točaka (model terena) deriviran  
na temelju fotografskih  
snimaka iz zraka







# PRIMJER

- otkrivanje klizišta
- brzo određivanje značajki klizišta i kartiranje klizišta



satelitska snimka  
(Google Earth)





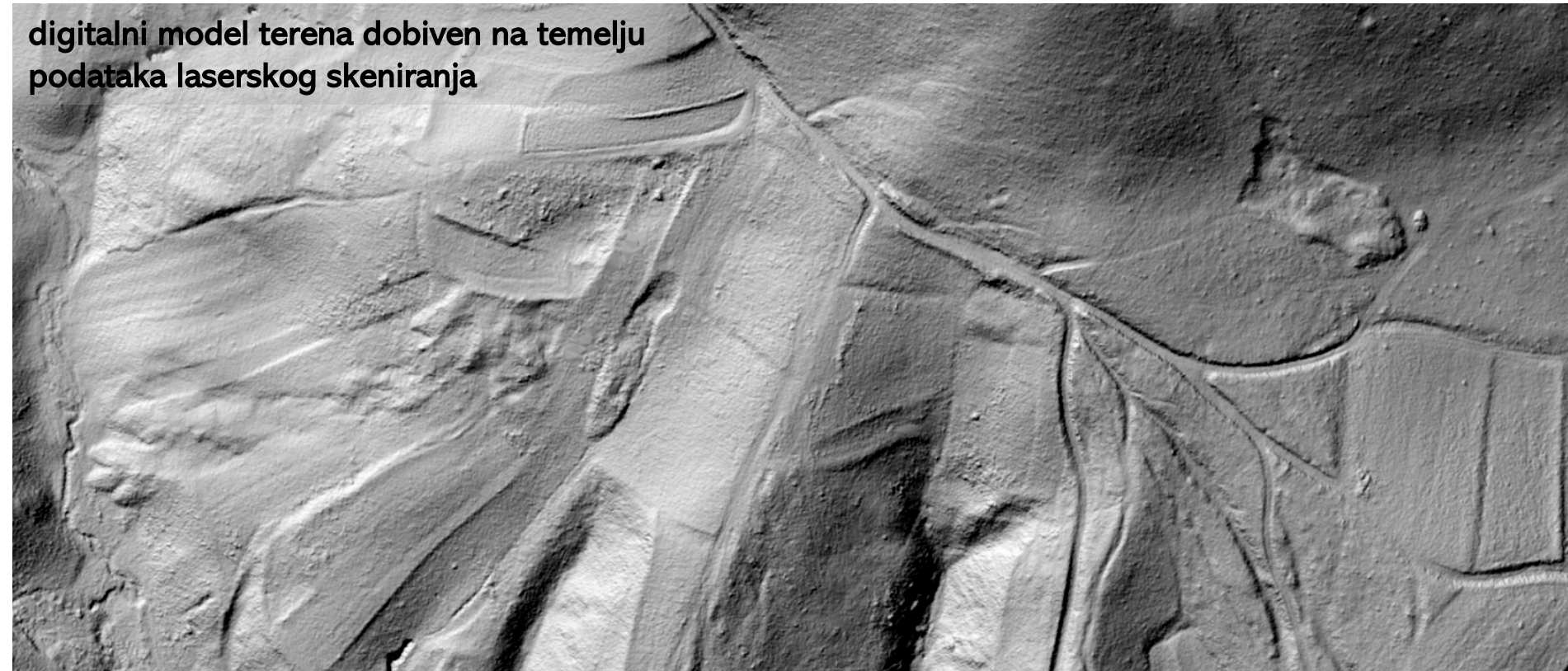
# PRIMJER

---

- otkrivanje klizišta
- brzo određivanje značajki klizišta i kartiranje klizišta



digitalni model terena dobiven na temelju podataka laserskog skeniranja





# PRIMJER

---

- dugoročno praćenje klizišta i uzorka klizanja sa svrhom uspostave **sustava ranog upozoravanja**
- prema definiciji Ujedinjenih naroda sustav ranog upozoravanja predstavlja „skup mjera potrebnih za dobivanje smislenih informacija, vezanih za upozoravanje pojedinaca, zajednica ili organizacija pod utjecajem hazarda, da bi se omogućila priprema i pravovremeno djelovanje radi smanjenja štete ili gubitka“ (UNISDR, 2009)





# PRIMJER

---

**Samo kontinuiranim praćenjem se mogu 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

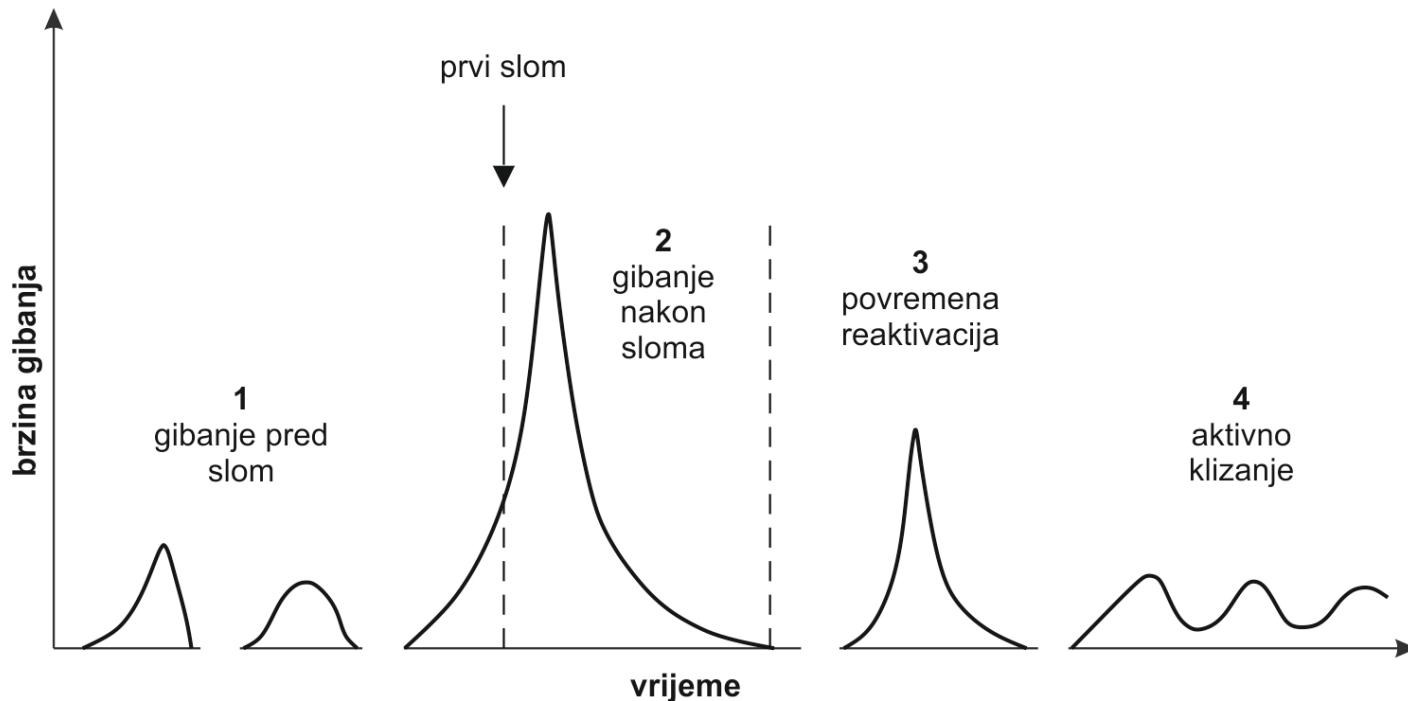




# PRIMJER

## Praćenje gibanje (pomak, deformacija i aktivnost)

- **ukazuju na kinematiku (stanje aktivnosti) klizišta i mehanizam klizanja**
- služe za predviđanje sloma klizišta
- potvrda da se radi o trajno umirenom ili stabiliziranom klizištu
- koreliraju se drugim parametrima da bi se odredili uzroci klizanja

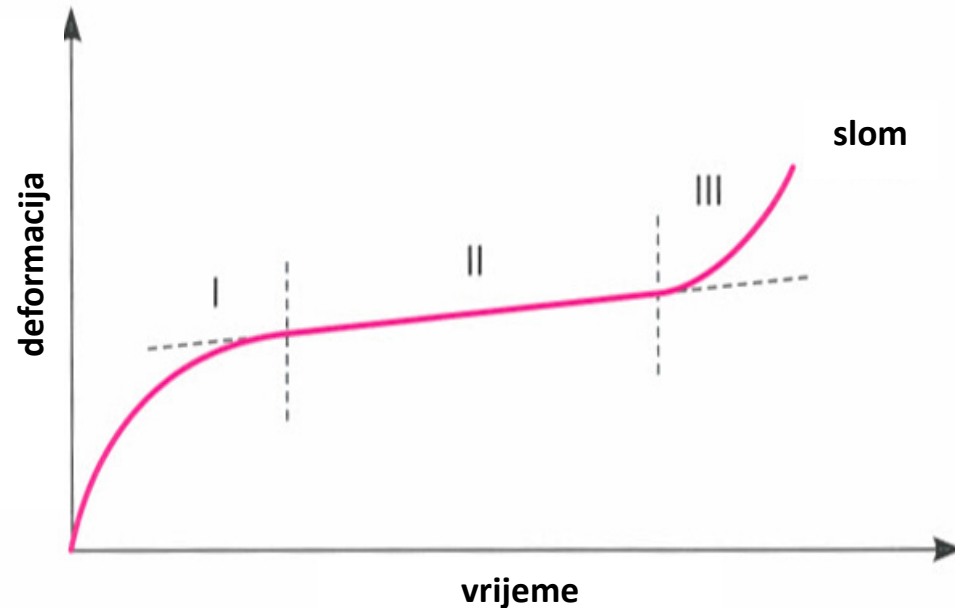
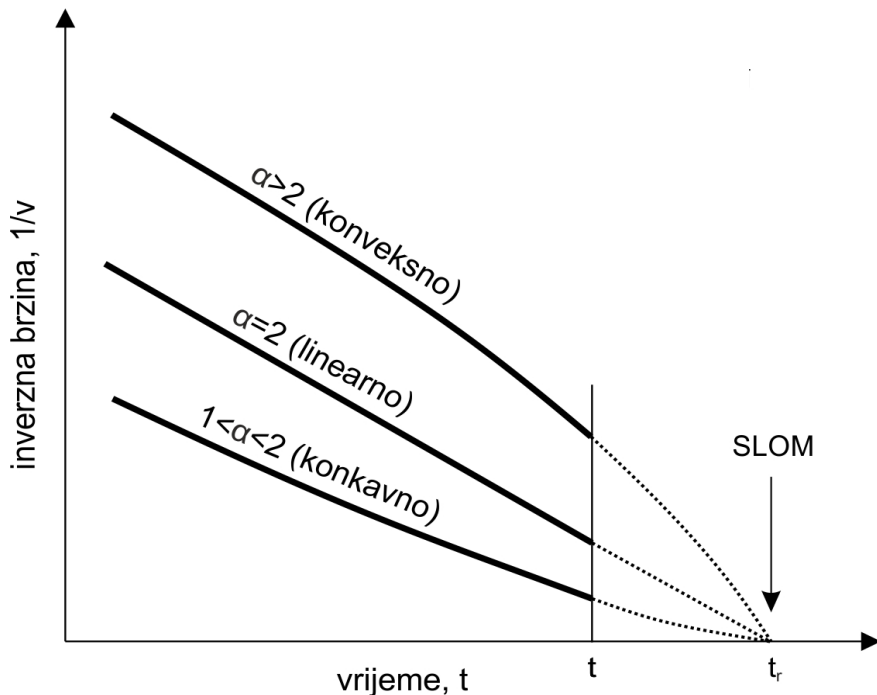




# PRIMJER

## Praćenje gibanje (pomak, deformacija i aktivnost)

- ukazuju na kinematiku (stanje aktivnosti) klizišta i mehanizam klizanja
- **služe za predviđanje sloma klizišta**
- potvrda da se radi o trajno umirenom ili stabiliziranom klizištu
- koreliraju se drugim parametrima da bi se odredili uzroci klizanja







# PRIMJER

---

## Praćenje gibanje (pomak, deformacija i aktivnost)

- ukazuju na kinematiku (stanje aktivnosti) klizišta i mehanizam klizanja
- služe za predviđanje sloma klizišta
- **potvrda da se radi o trajno umirenom ili stabiliziranom klizištu**
- koreliraju se drugim parametrima da bi se odredili uzroci klizanja





# PRIMJER

## Praćenje gibanja (pomak, deformacija i aktivnost)

### Geodetsko

- GNSS/GPS
- totalna stanica

### Geotehničko

- ekstenzometar
- crack-metar
- optička vlakna
- inklinometar

### Geofizičko

- akceleromatar
- terestrički radar (InSAR)



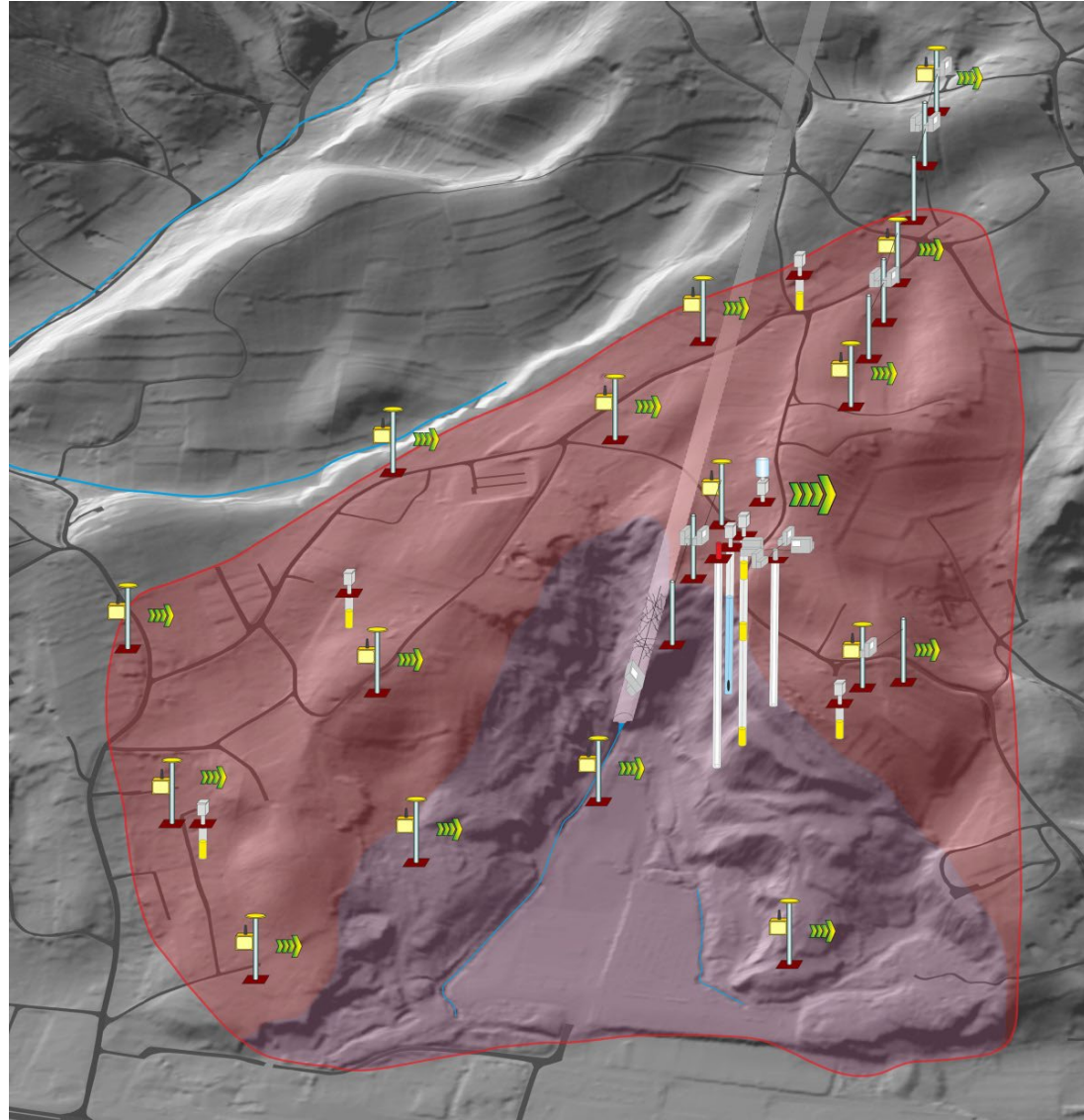
glavna mjerna postaja 'Opservatorija za praćenje klizišta Kostanjev'





# PRIMJER

- najveće klizište u Republici Hrvatske
- približno 300 stambenih i gospodarskih zgrada
- uspostavljen sustav praćenja sa svrhom procjena hazarda klizanja
- površina klizišta: cca **1 km<sup>2</sup>**
- procijenjeni volumen: cca. **32x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>**
- aktivnost klizišta: **aktivno, aktivirano 1963**
- glavni uzrok klizanja (inicijator): **ljudska aktivnost, rudarenje**

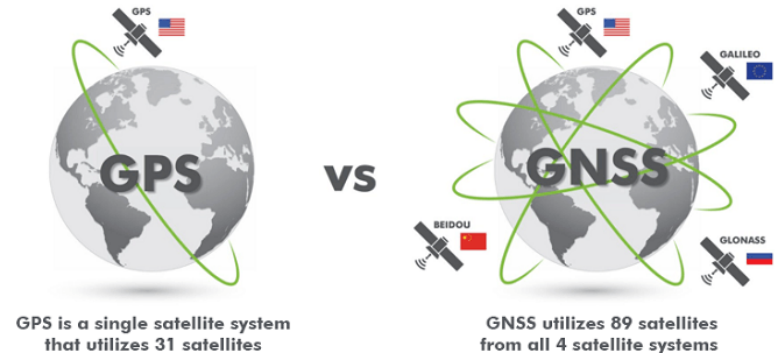


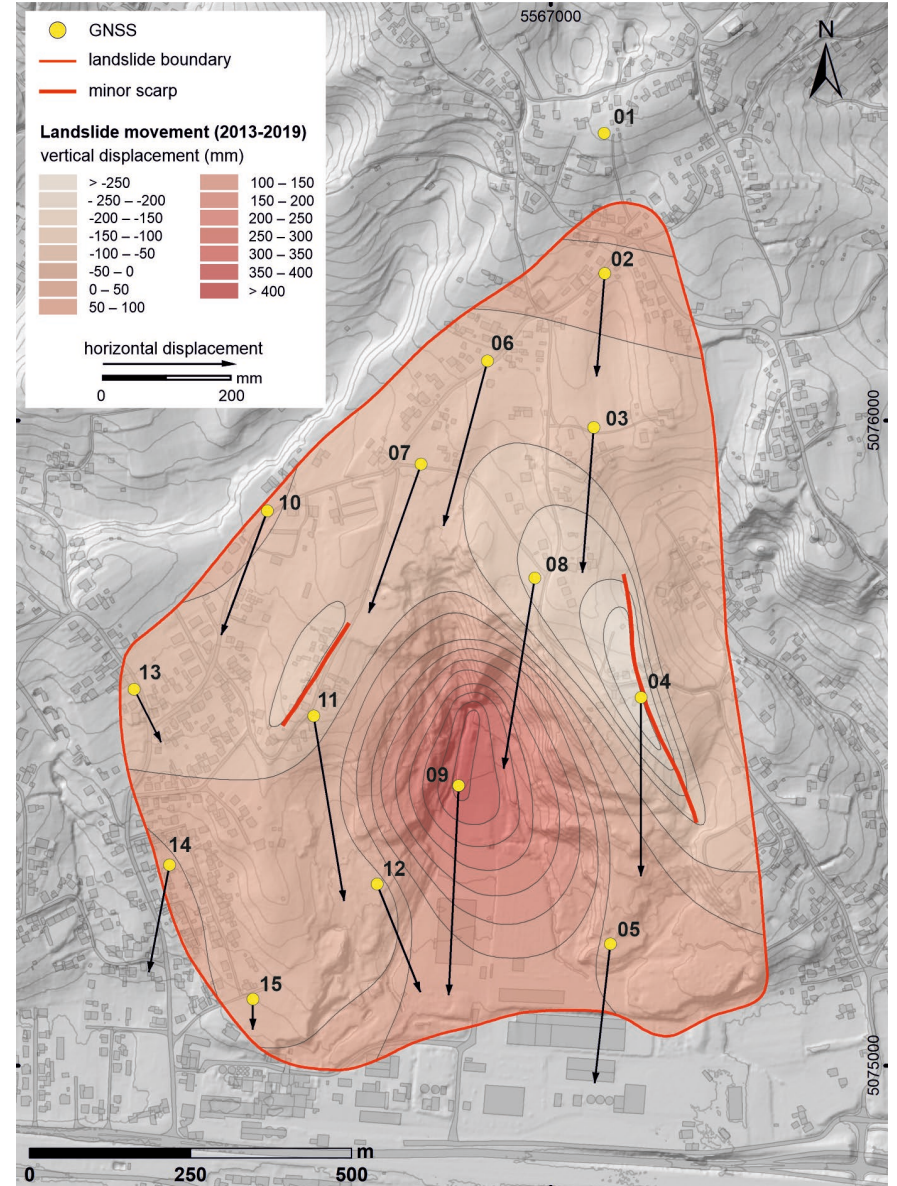
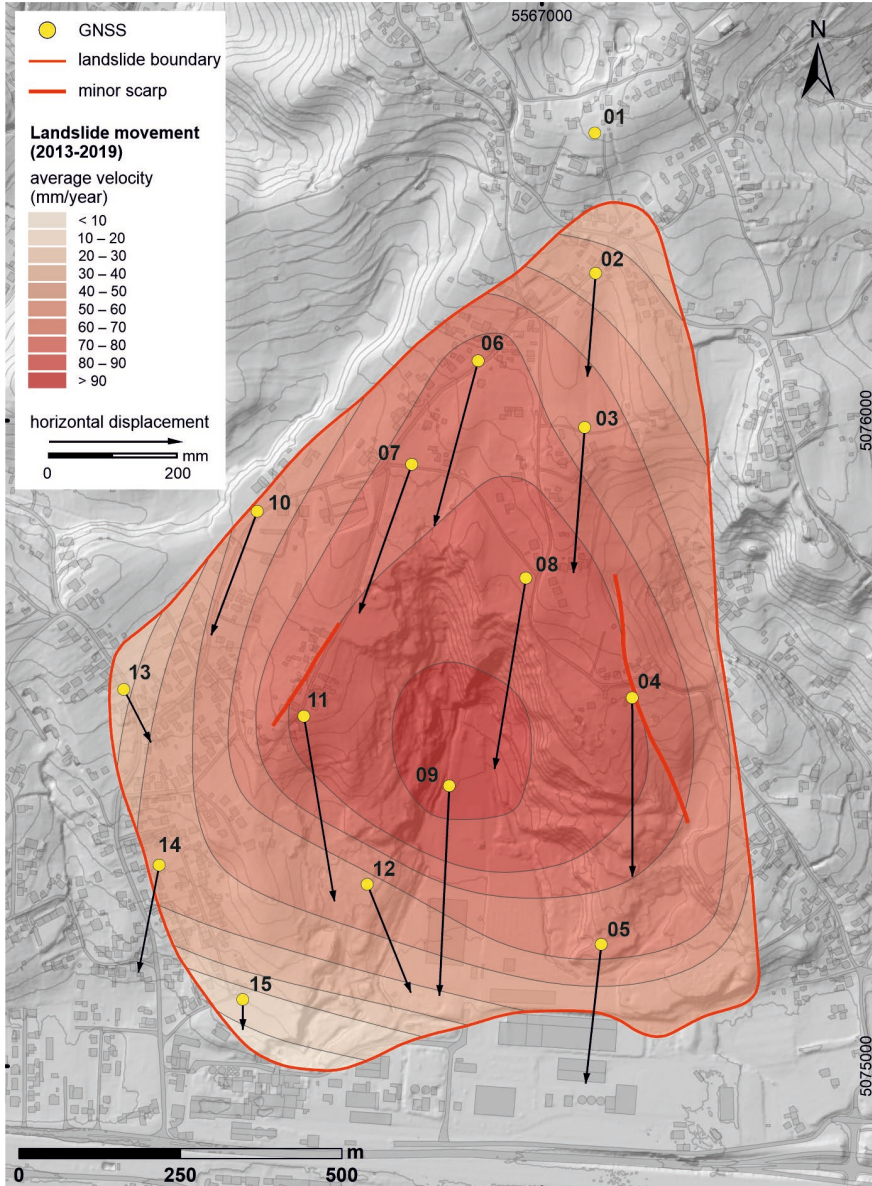


# PRIMJER

## GNSS/GPS

- **sustav satelita i zemaljskih stanica koji služi za precizno pozicioniranje na površini Zemlje**
- sateliti kruže oko Zemlje dva puta dnevno po vrlo precizno određenim orbitama i kontinuirano odašilju signale s informacijom o vremenu odašiljanja signala i o svojoj poziciji u trenutku odašiljanja signala
- zemaljske stanice koje se sastoje od antena i prijemnika primaju satelitske signale te na temelju razlike u vremenu odašiljanja i primanja signala određuju udaljenost satelita
- na temelju određenih udaljenosti između antene i minimalno četiri satelita te položaja tih satelita prijemnici precizno računaju poziciju na Zemlji
- **GNSS sustav funkcionira kontinuirano 24 sata dnevno u svim vremenskim uvjetima te ne zahtijeva optičku vidljivost između mjernih senzora**

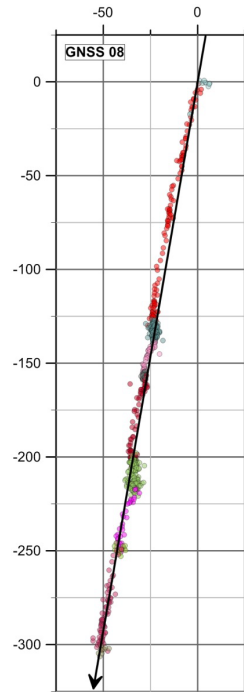
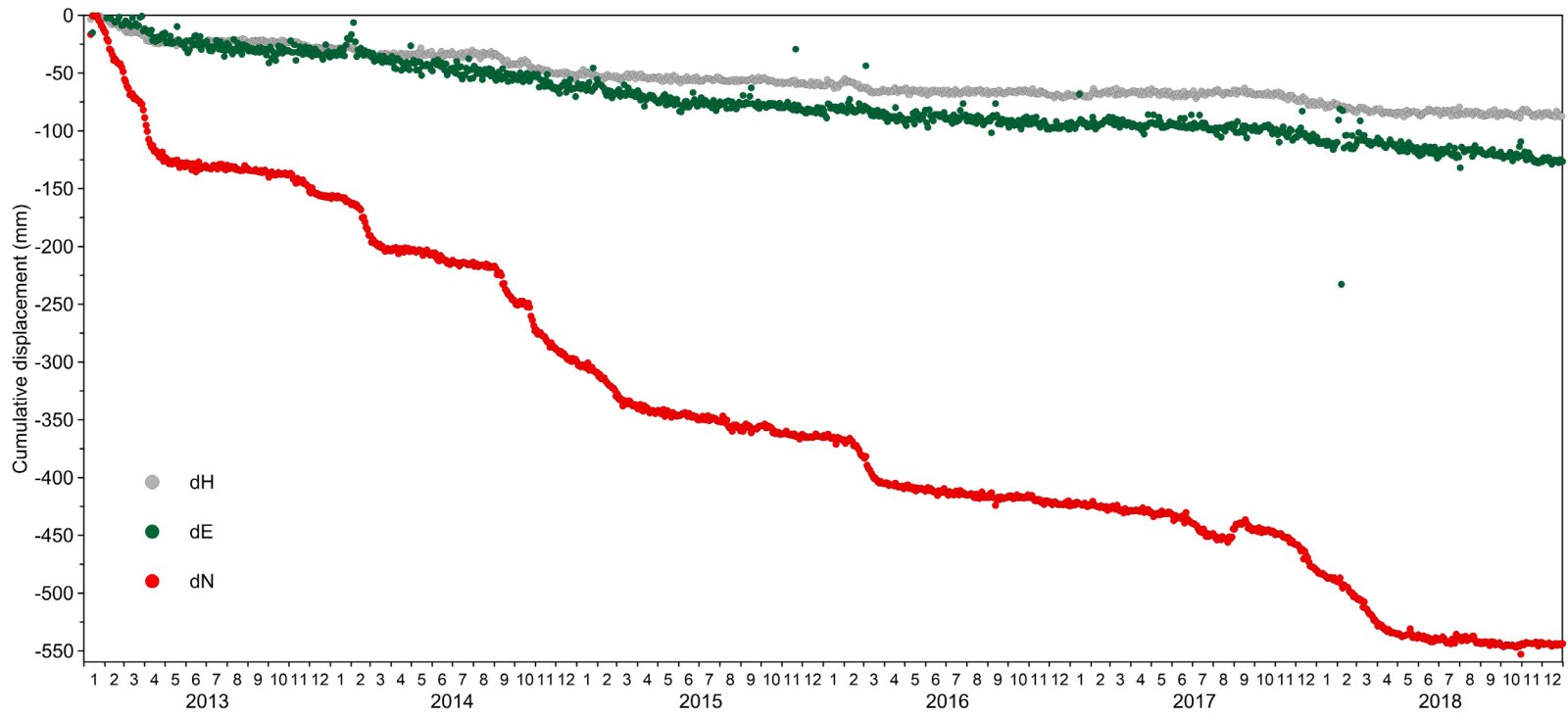






# PRIMJER

## GNSS/GPS



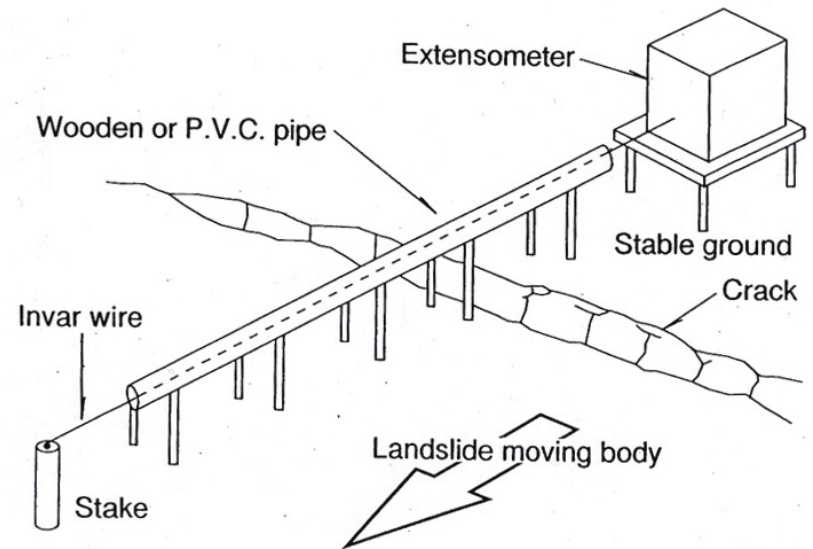




# PRIMJER

## EKSTENZOMETAR

- **mjere relativne pomake između dvije točke**
- može biti horizontalan (mjeri pomake na površini)
- može biti vertikalan (mjeri pomake u podzemlju/na kliznoj plohi)
- jeftiniji od GNSS-a
- preciznost podataka ovisi o instalaciji
- **omogućava prijenos podataka u gotovo realnom vremenu**



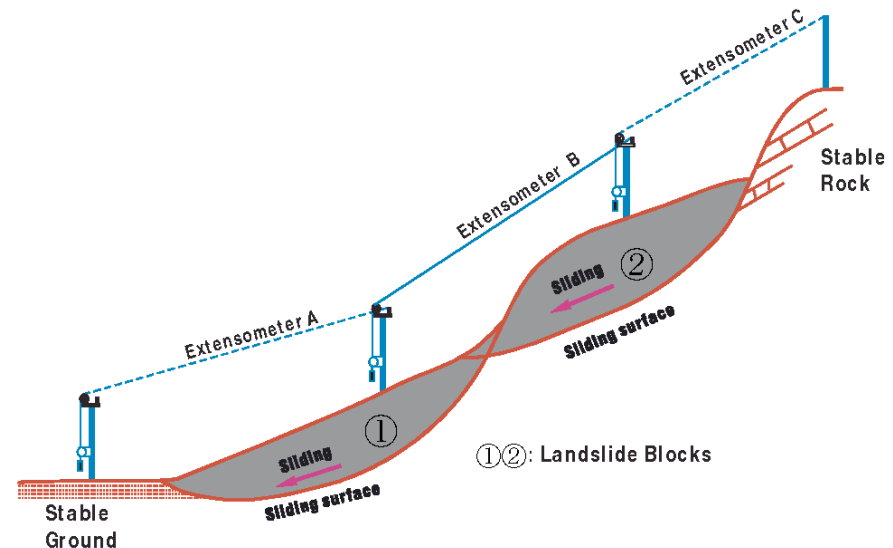
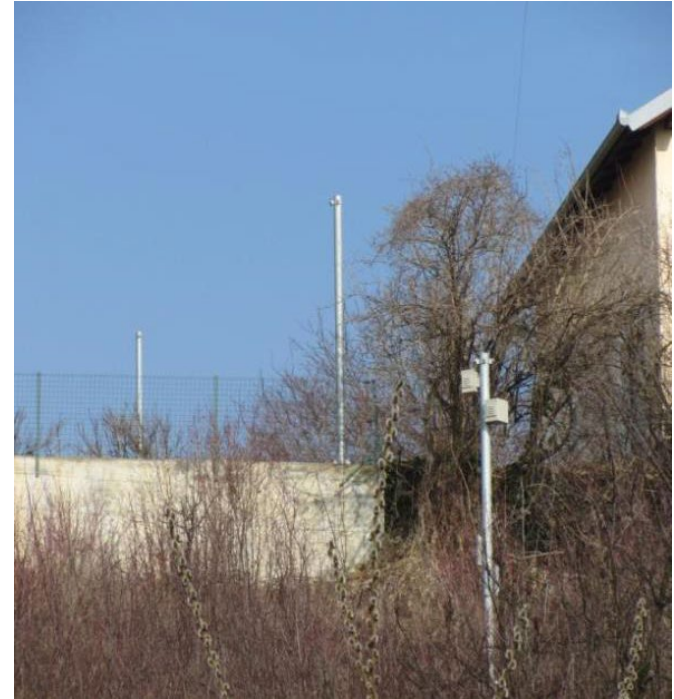




# PRIMJER

## EKSTENZOMETAR

- **mjere relativne pomake između dvije točke**
- može biti horizontalan (mjeri pomake na površini)
- može biti vertikalan (mjeri pomake u podzemlju/na kliznoj plohi)
- jeftiniji od GNSS-a
- preciznost podataka ovisi o instalaciji
- **omogućava prijenos podataka u gotovo realnom vremenu**

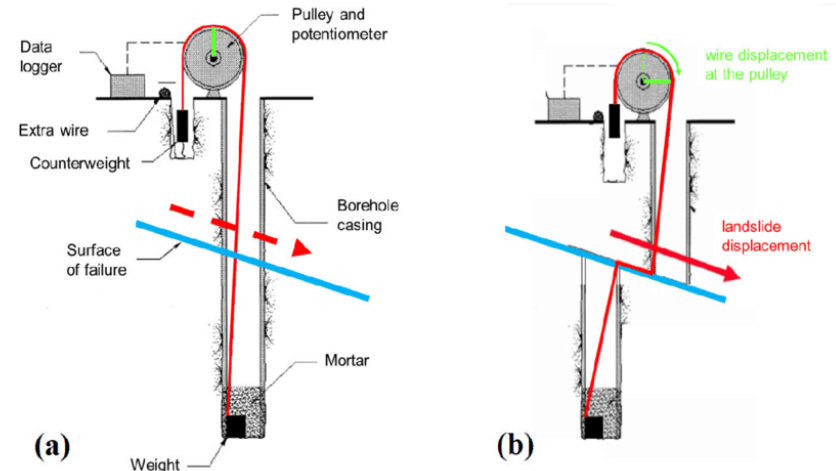
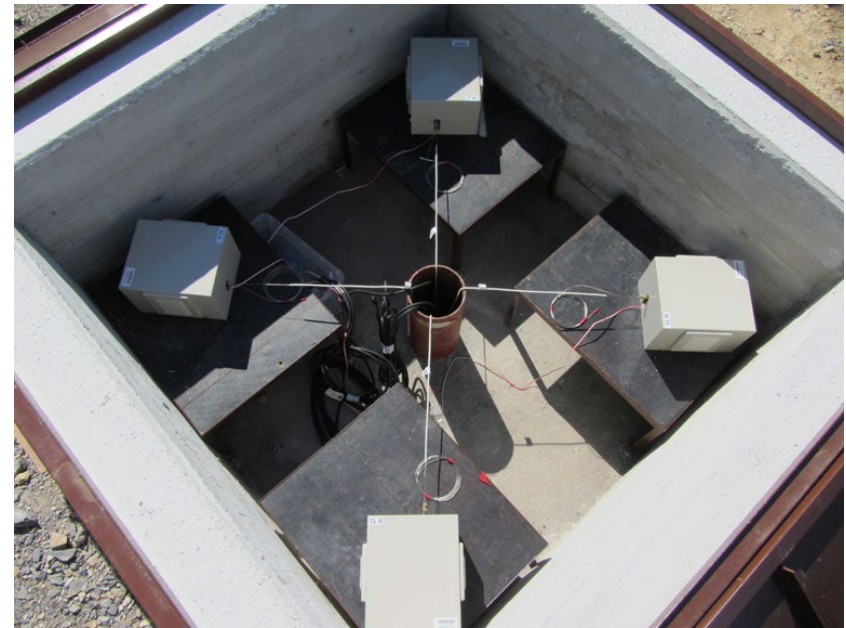




# PRIMJER

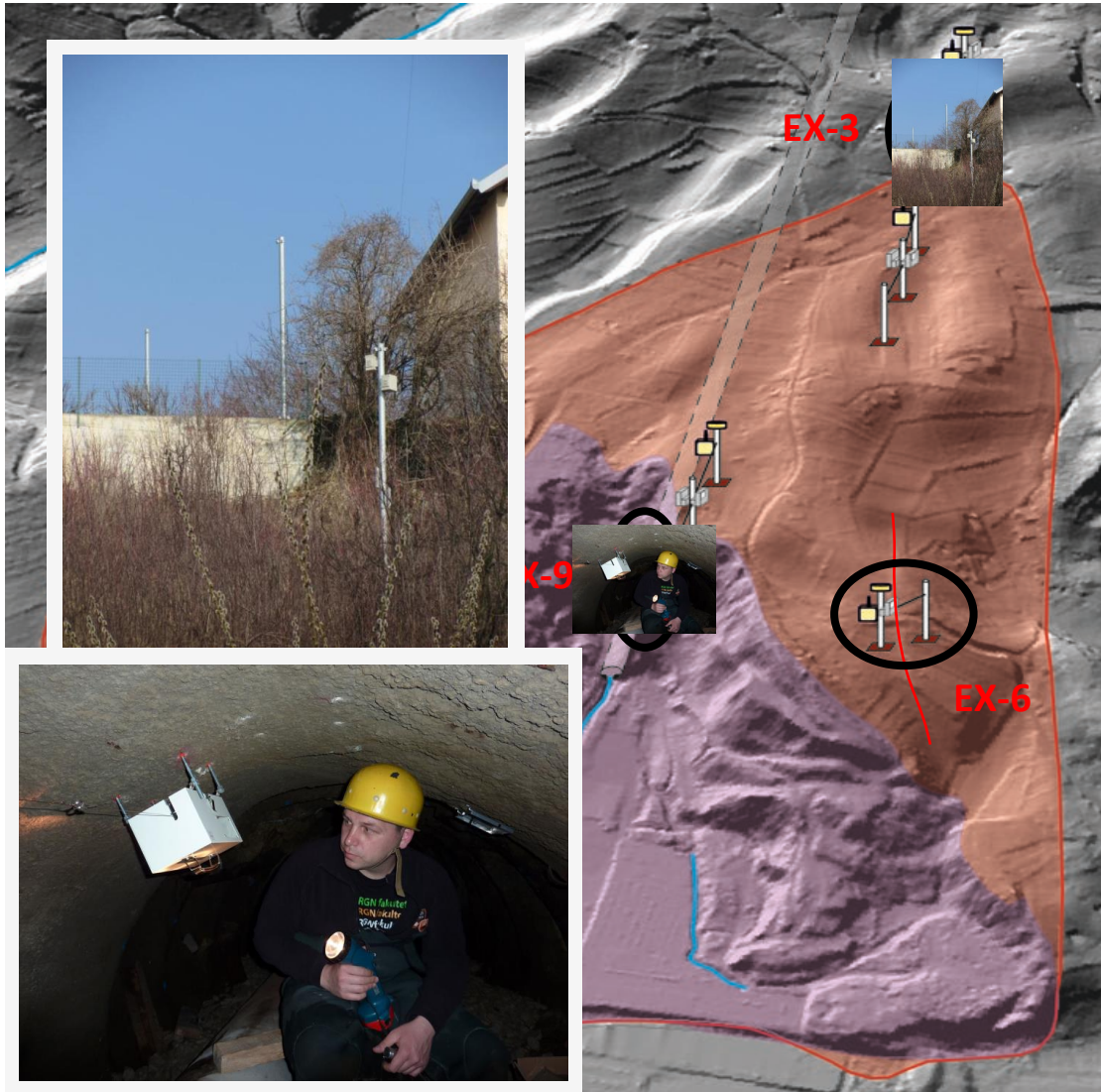
## EKSTENZOMETAR

- **mjere relativne pomake između dvije točke**
- može biti horizontalan (mjeri pomake na površini)
- može biti vertikalan (mjeri pomake u podzemlju/na kliznoj plohi)
- jeftiniji od GNSS-a
- preciznost podataka ovisi o instalaciji
- **omogućava prijenos podataka u gotovo realnom vremenu**



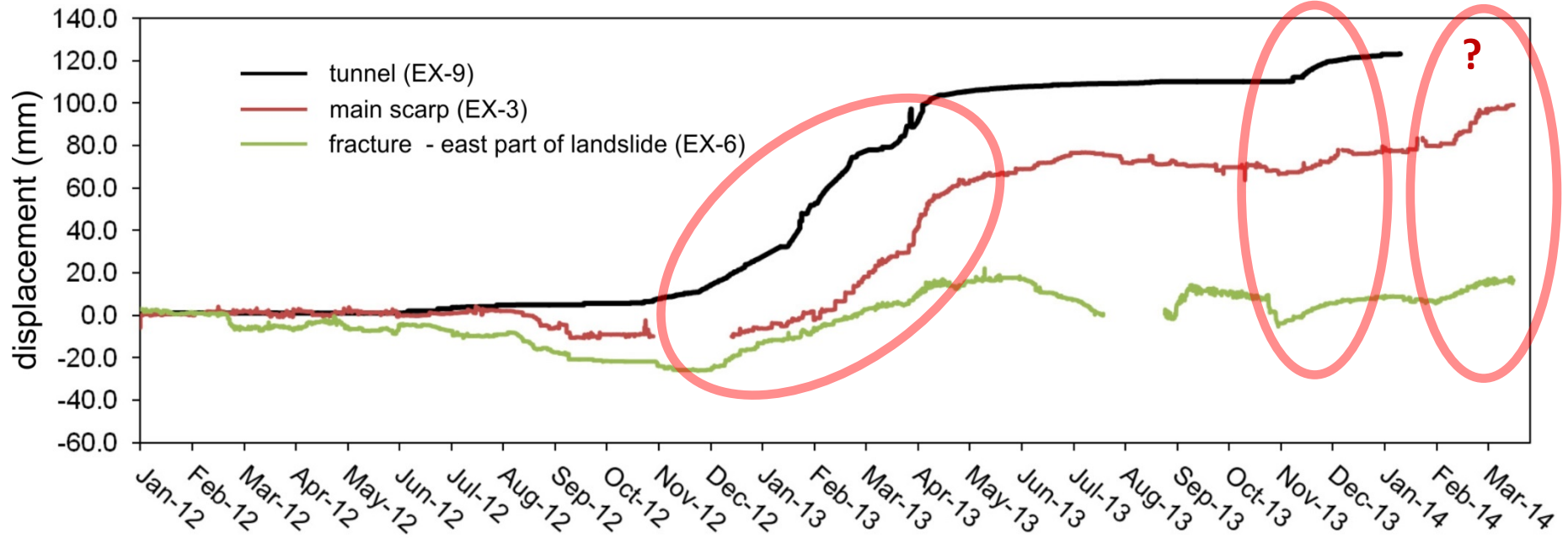


# PRIMJER





# PRIMJER



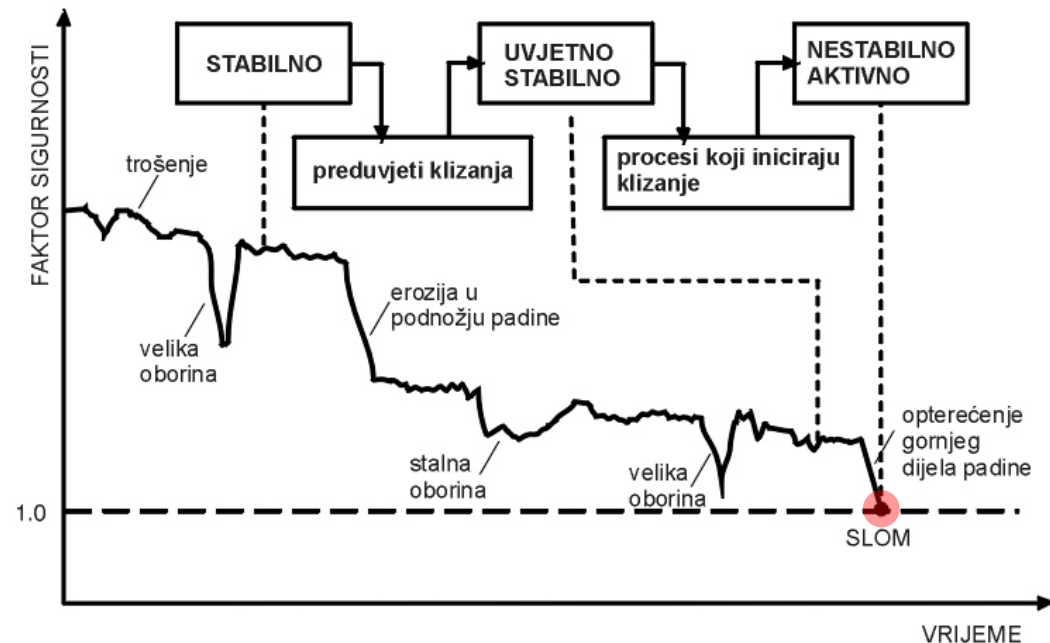




# PRIMJER

## Uzroci klizanja

- klizišta su posljedica niza uzroka: preduvjeta klizanja i procesa koji iniciraju klizanje
- preduvjeti klizanja - čine padinu osjetljivom na klizanje, ali ga ne iniciraju
- **inicijatori klizanja - su procesi koji iniciraju kretanje, jer padinu iz granično stabilnog stanja dovode u aktivno nestabilno stanje**
- najčešći inicijatori su:
  - oborine
  - erozija podnožja padine
  - potresi
  - ljudska aktivnost
- **praćenje nužno radi određivanje uvjeta koji dovode do gibanja klizišta**



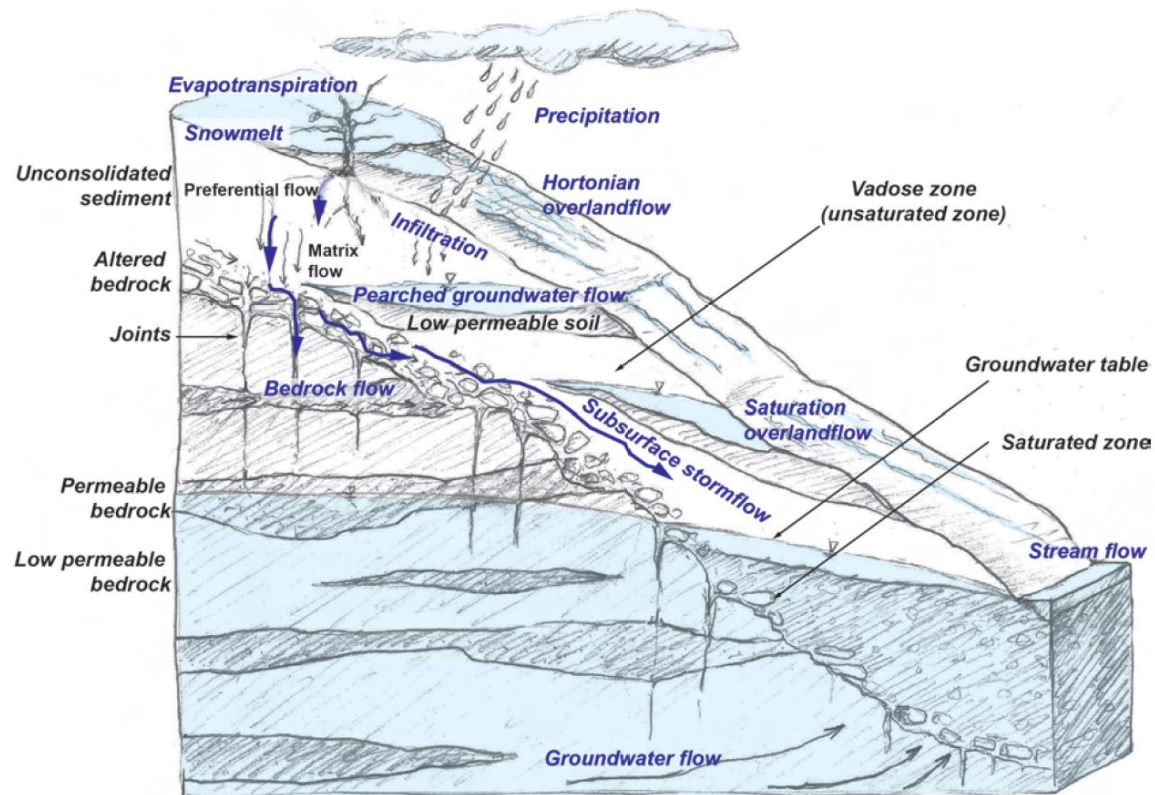


# PRIMJER

## OBORINE

• uzrokuju klizanja/nastanak klizišta kao posljedica:

- porasta razine podzemne vode
- porasta sila uzrokovanih procjeđivanjem
- erozije tla uzrokovane procjeđivanjem
- saturacije površinskog sloja
- promjene svojstava materijala





# PRIMJER

## kišomjer "tipping bucket"



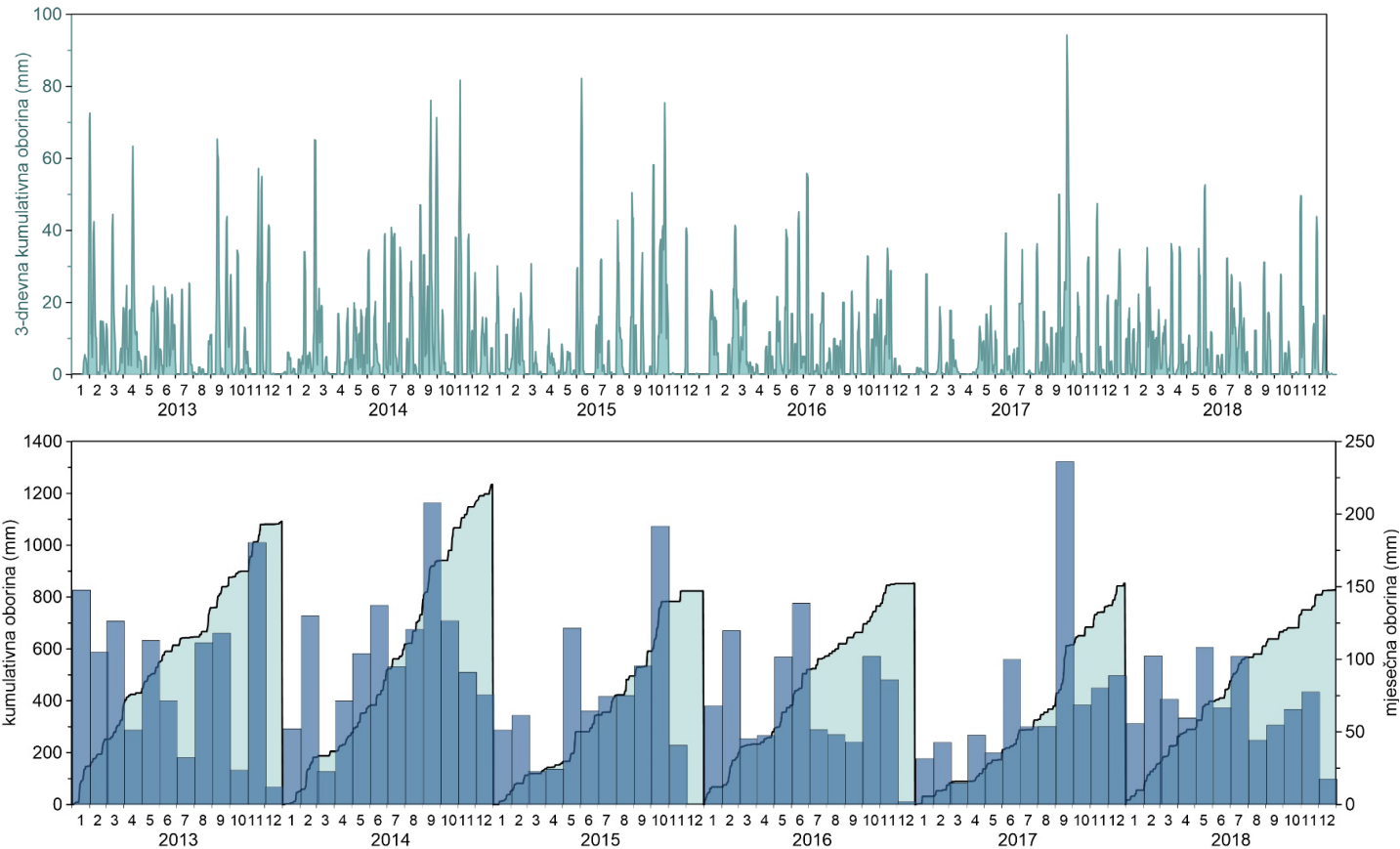




# PRIMJER

## OBORINE

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

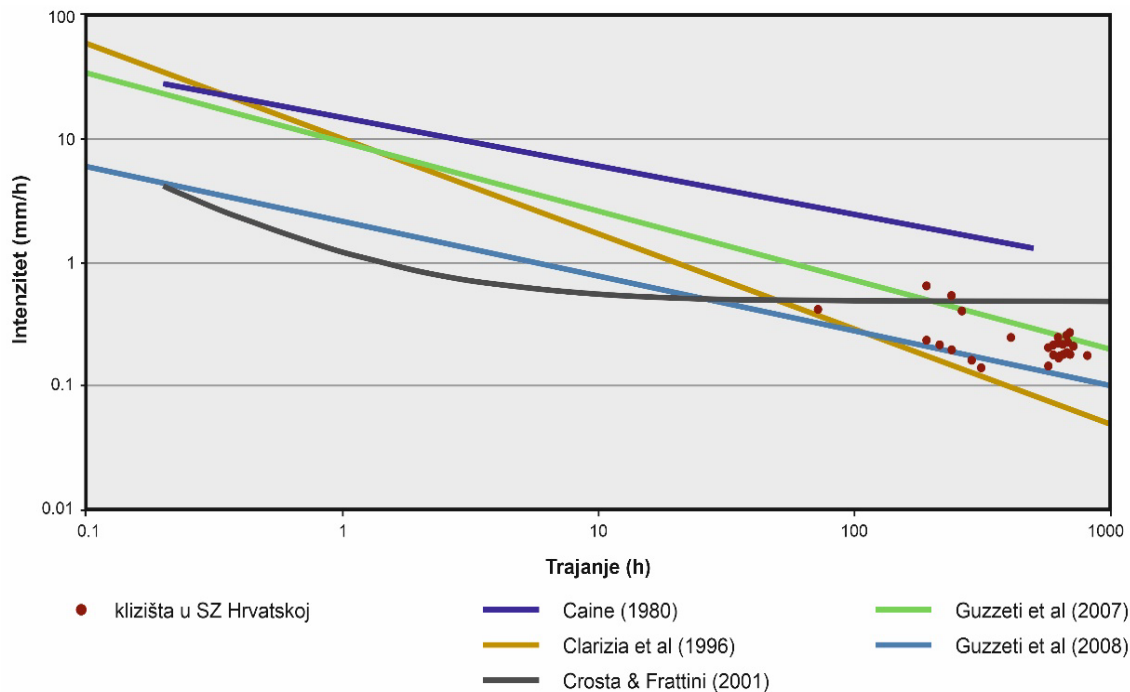




# PRIMJER

## OBORINE

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





# PRIMJER

## RAZINA PODZEMNE VODE

- jedan od najčešćih inicijatora klizanja
- mijenja čvrstoću materijala i stanje naprezanja u padini
- **informacije o razinama podzemnih voda omogućavaju uspostavu odnosa između pornog tlaka i brzine klizanja (može se koristiti pri određivanju graničnih vrijednosti za sustav ranog upozoravanja)**
- pratiti s dovoljnom učestalosti da se mogu odrediti utjecaji intenzivnih oborina, ali i sezonskih promjena

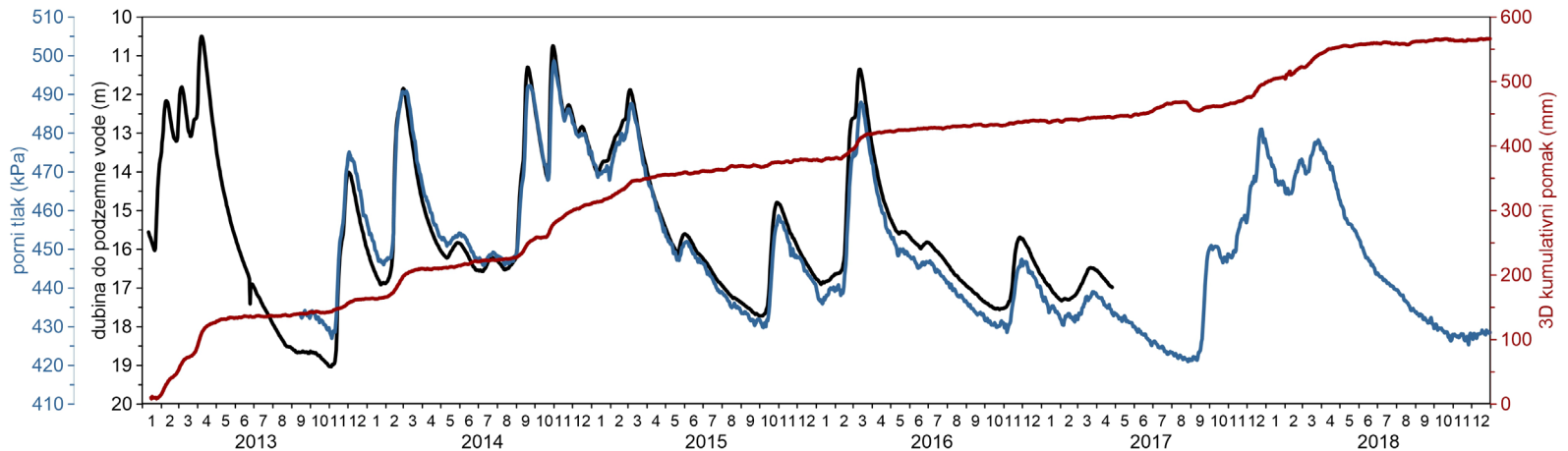
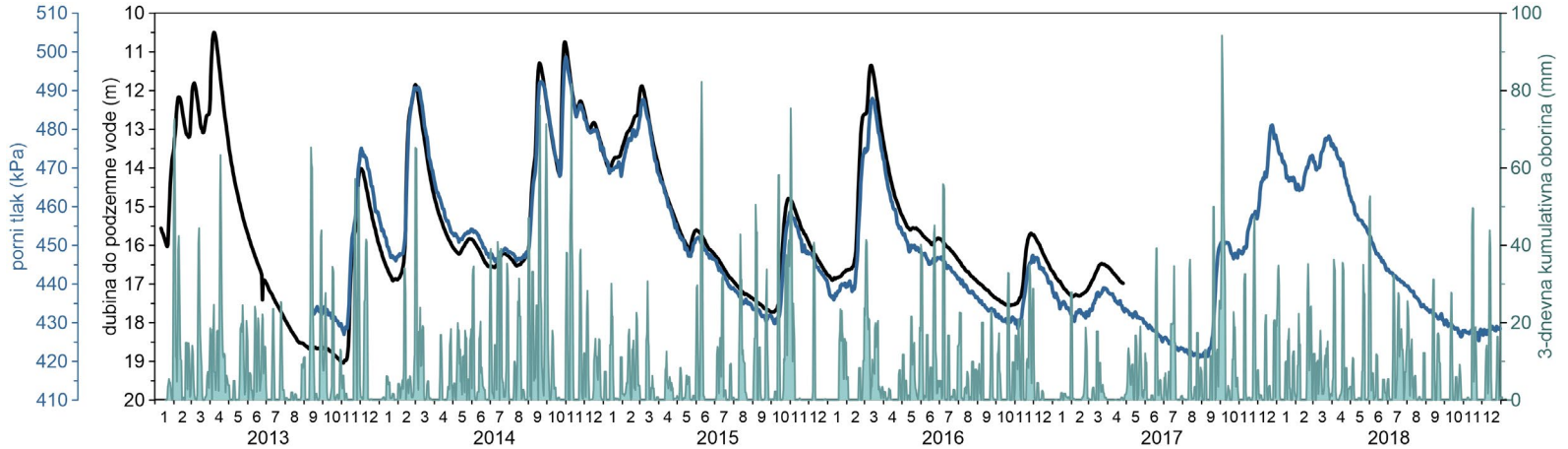






# PRIMJER

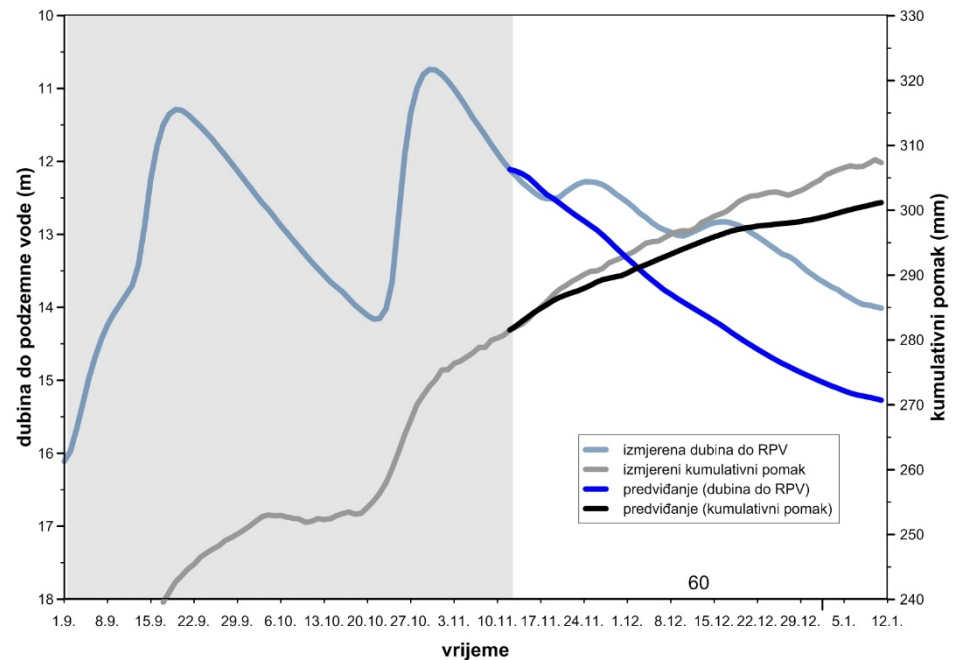
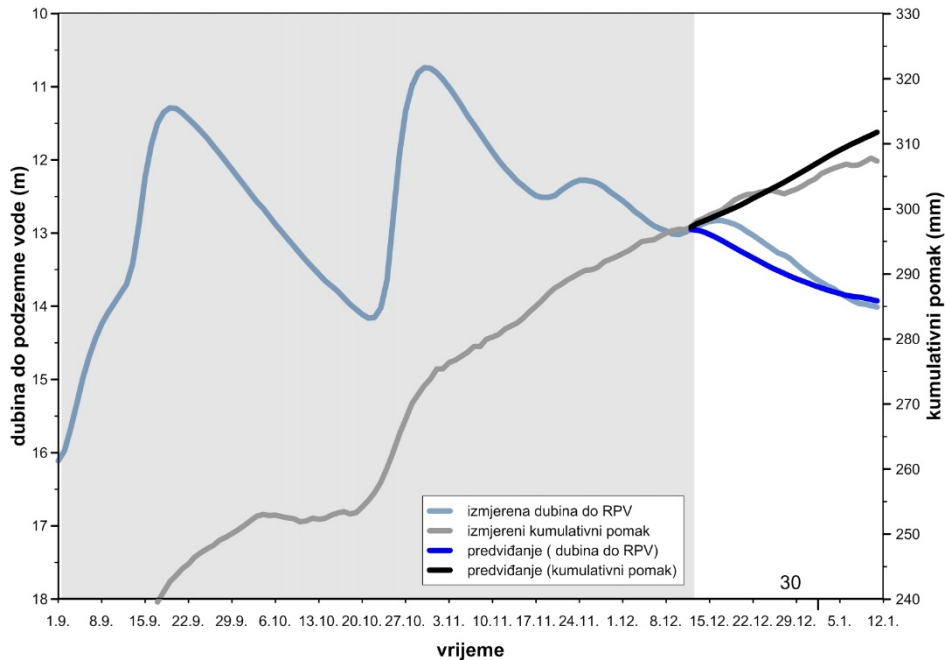
## Određivanje uvjeta koji dovode do gibanja klizišta





# PRIMJER

## Predviđanje gibanja





**Hvala Vam na pažnji!**