



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# Development of master curricula for natural disasters risk management in Western Balkan countries



University of Nis

10–11 May 2018



# Zemljotresi kao prirodne katastrofe

dr Elefterija Zlatanovi , docent  
Univerzitet u Nišu, Građevinsko – arhitektonski fakultet



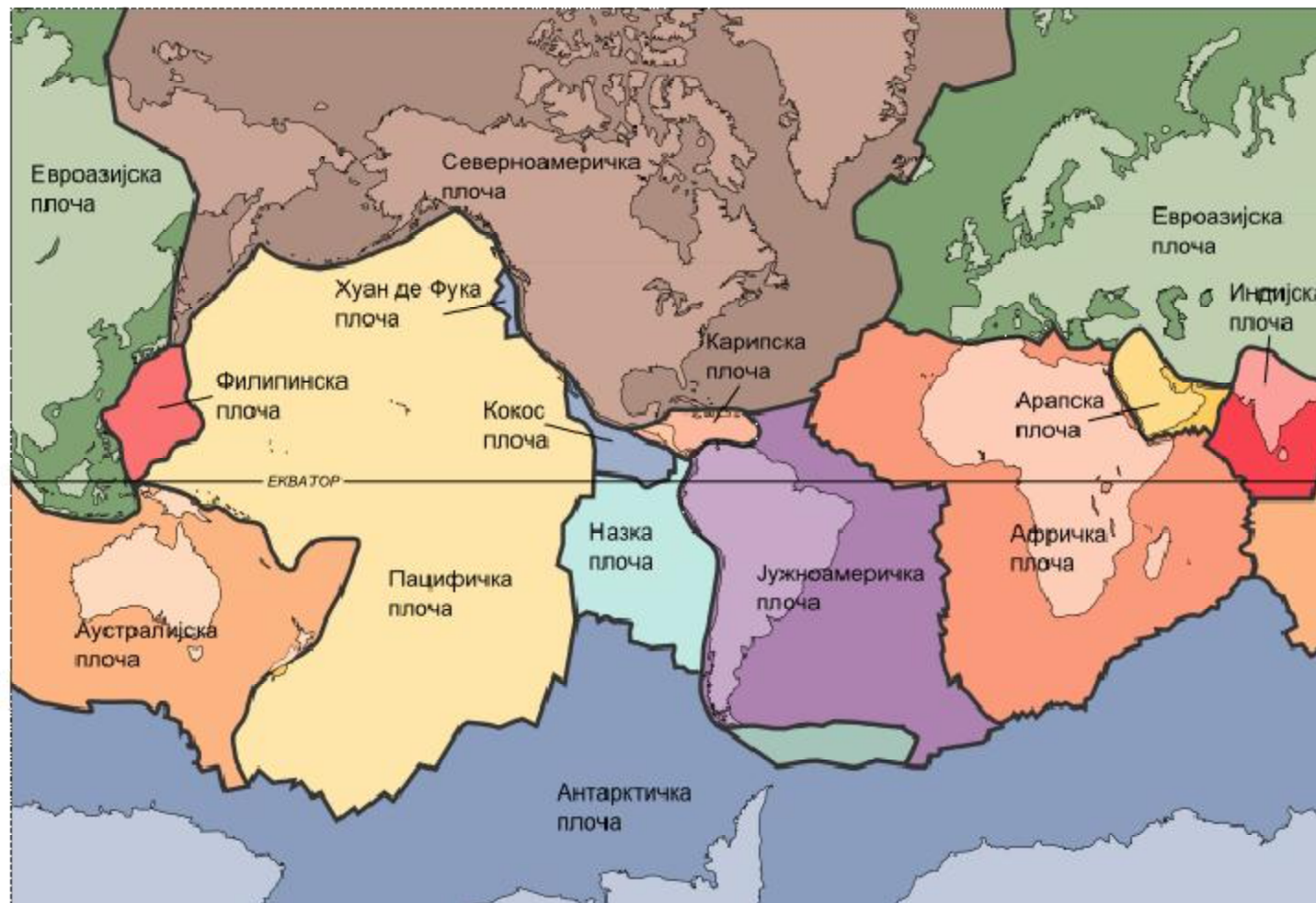
Obuka za postupanje u uslovima prirodnih katastrofa / 10 – 11. maj, 2018.

Project number: 573806-EPP-1-2016-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP

*"This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein"*

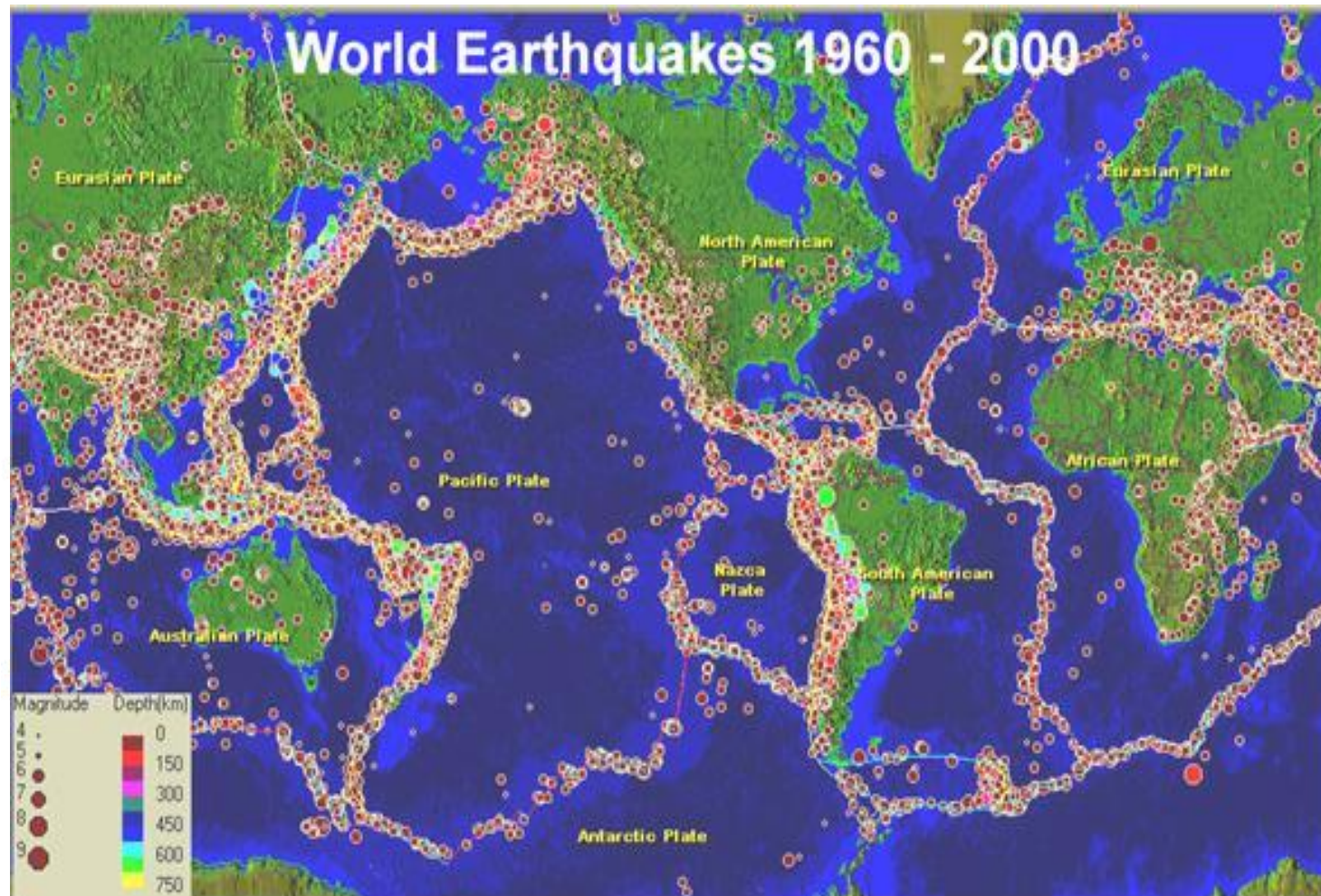
# 1. *Zemljotresi – nastanak, opšti pojmovi i definicije*

## Tektonske ploče



# 1. *Zemljotresi – nastanak, opšti pojmovi i definicije*

## Tektonske ploče

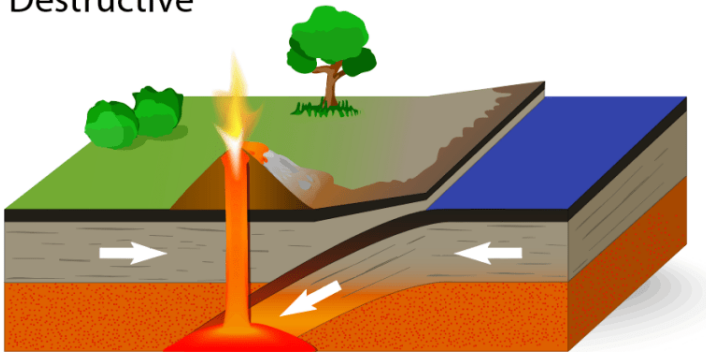


# 1. *Zemljotresi – nastanak, opšti pojmovi i definicije*

## Tektonske ploče

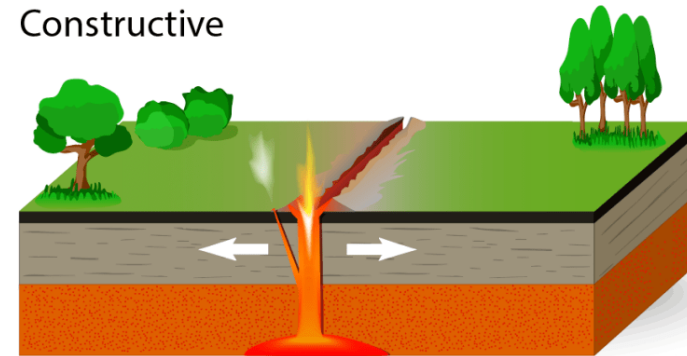
### Konvergentne granice ploča

Destructive



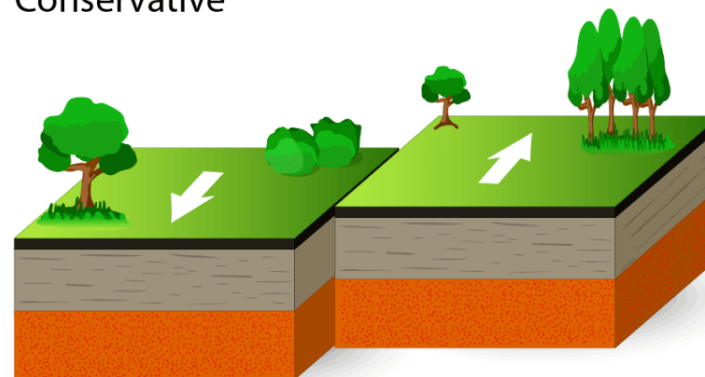
### Divergentne granice ploča

Constructive



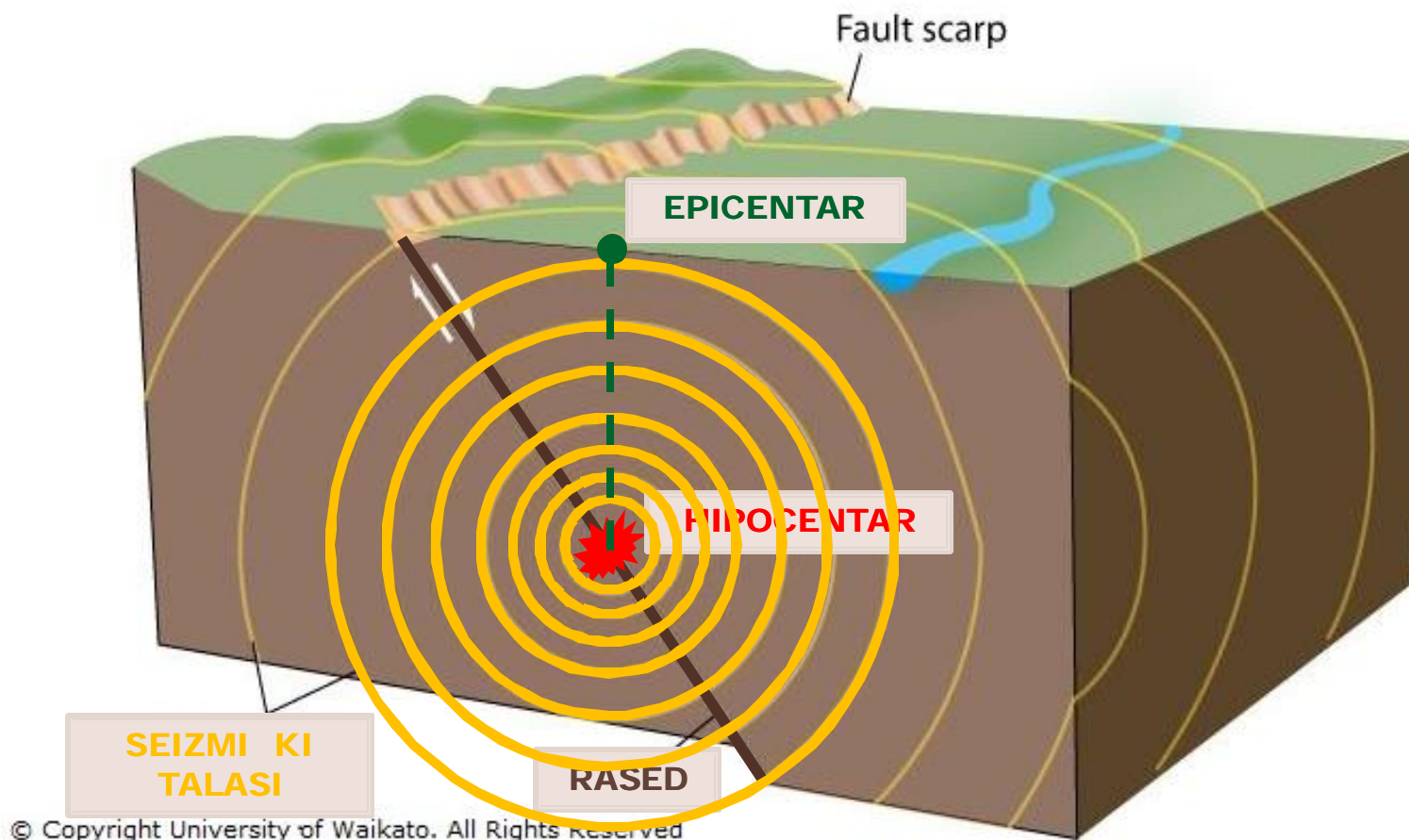
### Transformne granice ploča

Conservative

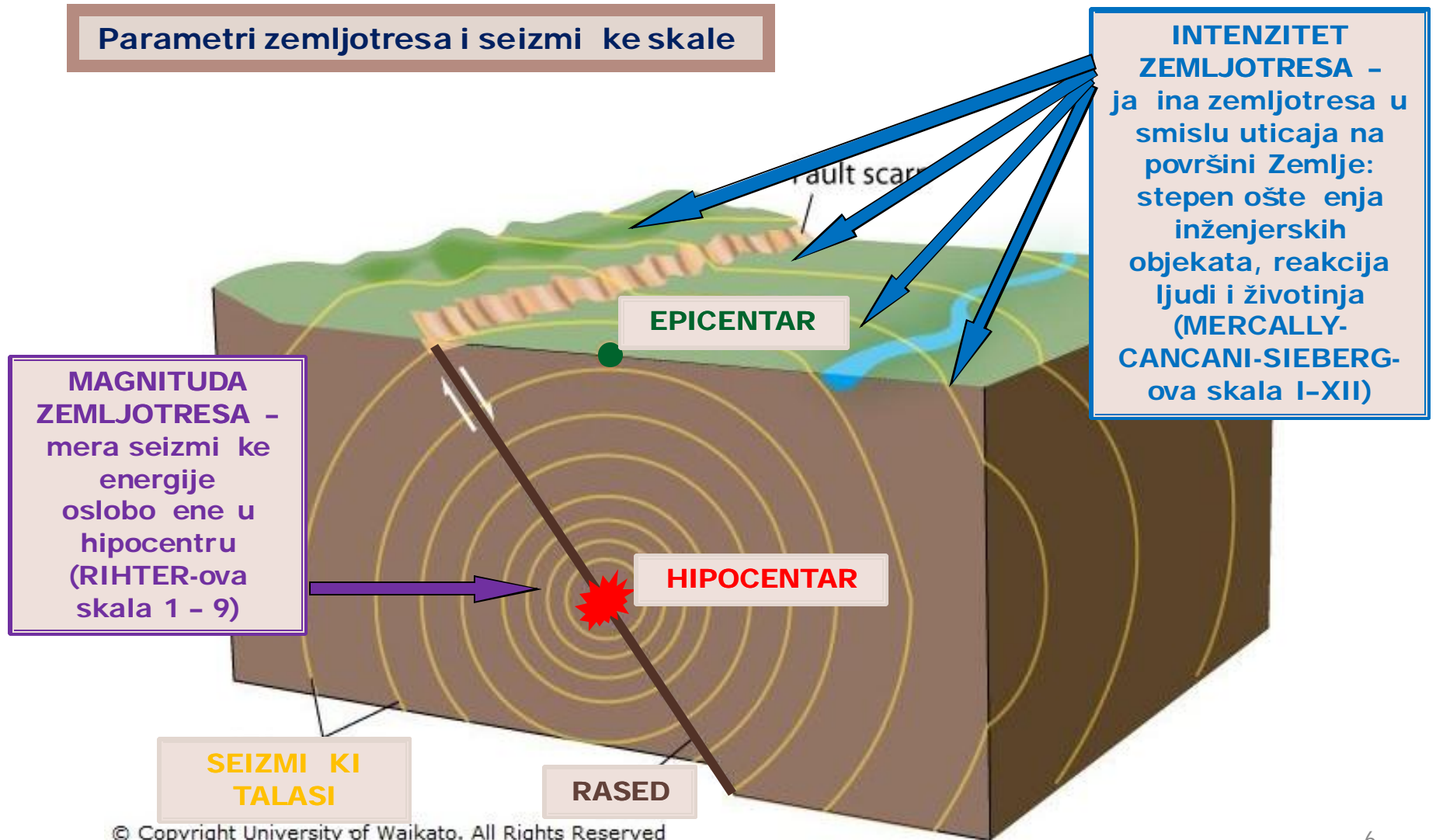


# 1. *Zemljotresi – nastanak, opšti pojmovi i definicije*

## Mehanizam nastanka zemljotresa

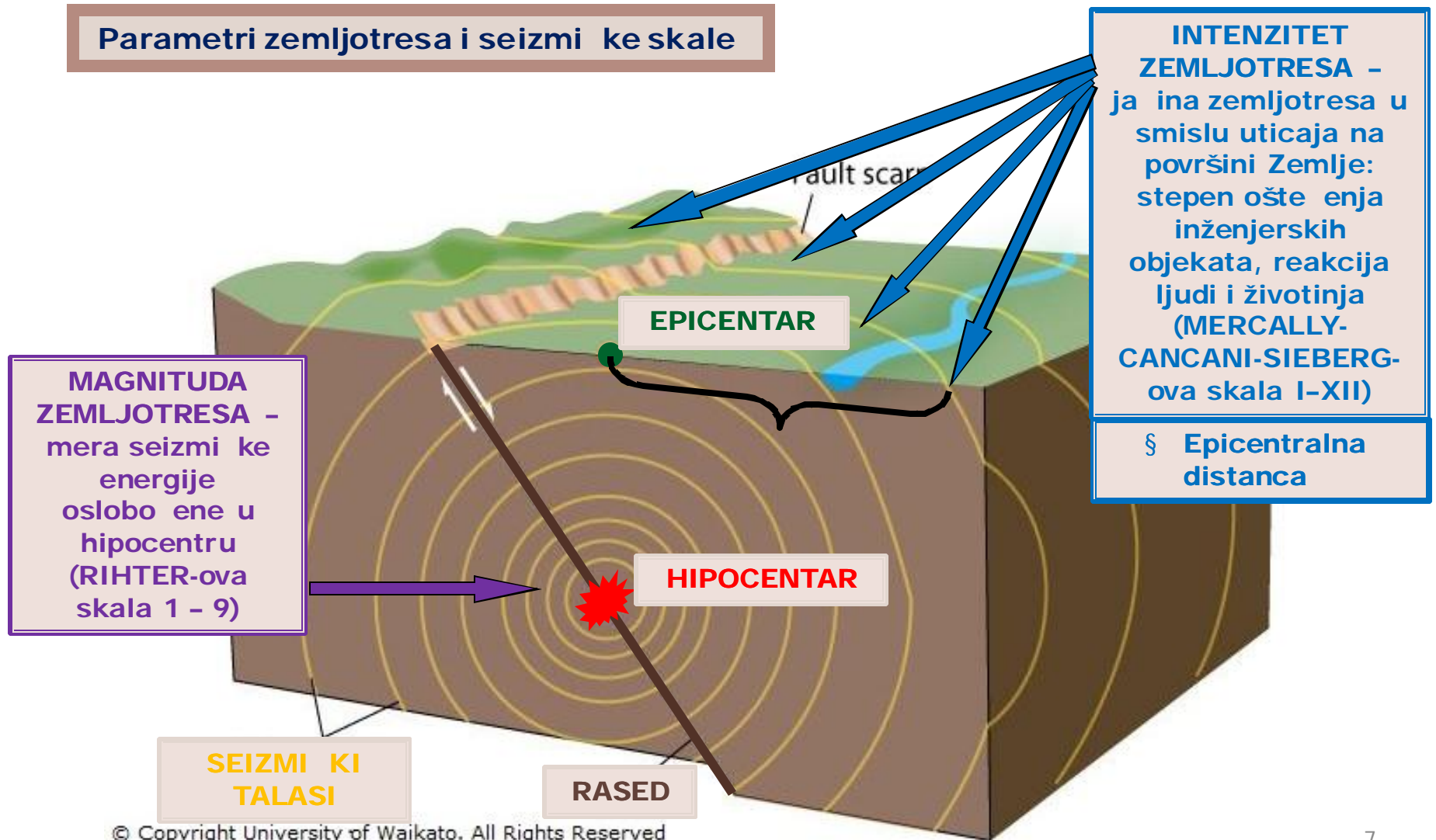


# 1. Zemljotresi – nastanak, opšti pojmovi i definicije



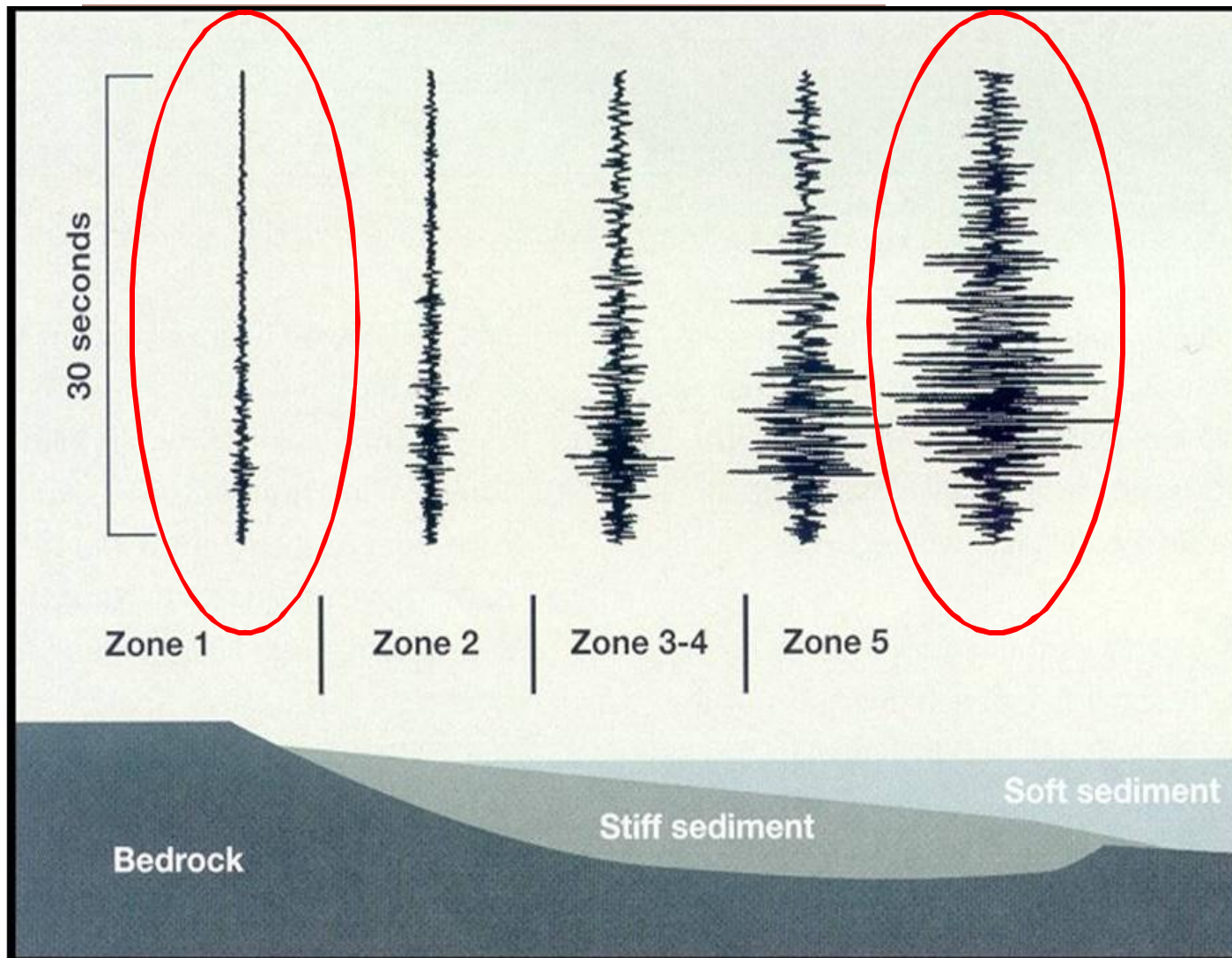
# 1. Zemljotresi – nastanak, opšti pojmovi i definicije

Parametri zemljotresa i seizmi ke skale





# 1. Zemljotresi – nastanak, opšti pojmovi i definicije



**INTENZITET ZEMLJOTRESA** – ja ina zemljotresa u smislu uticaja na površini Zemlje: stepen ošte enja inženjerskih objekata, reakcija ljudi i životinja (MERCALLY-CANCANI-SIEBERG-ova skala I-XII)

§ Epicentralna distanca

§ Geološka gra a terena

## 1. *Zemljotresi – nastanak, opšti pojmovi i definicije*



**INTENZITET  
ZEMLJOTRESA** –  
ja ina zemljotresa u  
smislu uticaja na  
površini Zemlje:  
stepen ošte enja  
inženjerskih  
objekata, reakcija  
ljudi i životinja  
(MERCALLY-  
CANCANI-SIEBERG-  
ova skala I-XII)

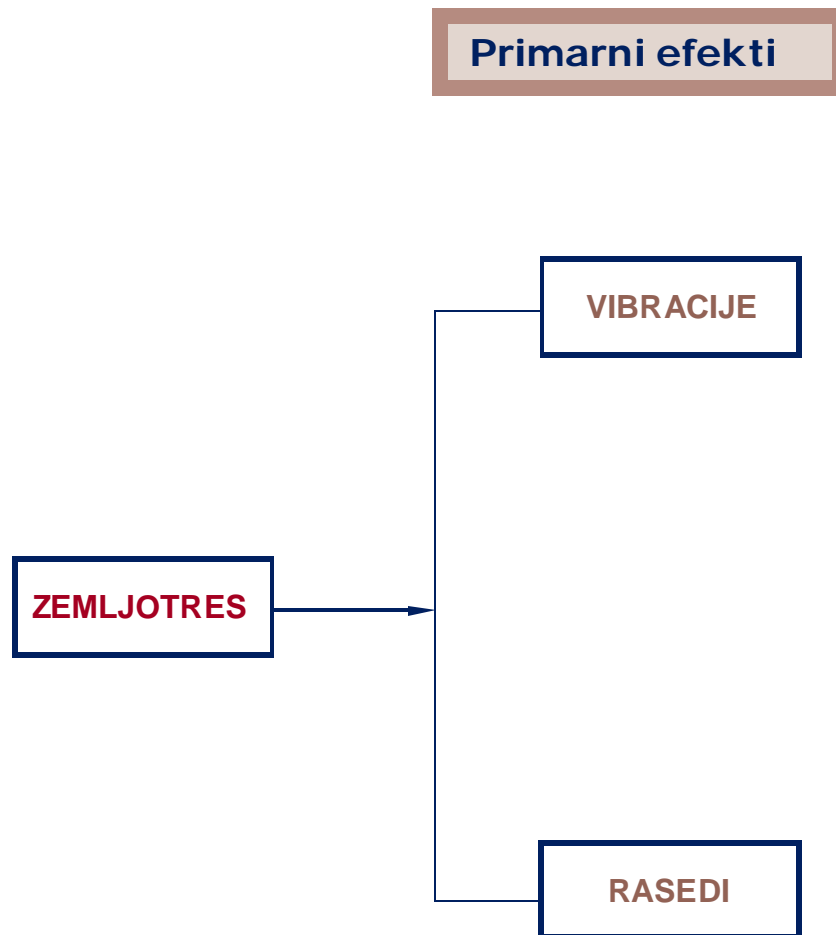
§ Epicentralna  
distanca

§ Geološka  
gra a terena

§ Tip  
konstrukcije i  
kvalitet  
gradnje

**Kalamata, Gr ka, zemljotres 1985.**

## 2. Primarni i sekundarni efekti zemljotresa



2.



*mljotresa*

Sekundarni efekti

SLEGANJE  
TERENA



2.1



*mljotresa*

**Sekundarni efekti**

SLEGANJE  
TERENA

KLIZIŠTA  
I ODRONI

2.1



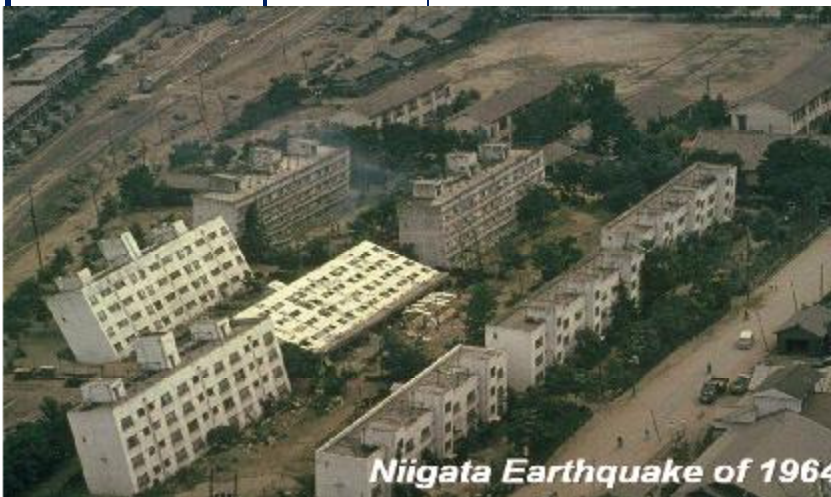
*zemljotresa*

**Sekundarni efekti**

SLEGANJE  
TERENA

KLIZIŠTA  
I ODRONI

LIKVEFAKCIJA



*Niigata Earthquake of 1964*

2.



*zemljotresa*



**Sekundarni efekti**

SLEGANJE  
TERENA

KLIZIŠTA  
I ODRONI

LIKVEFAKCIJA

POPLAVE



## *opasnosti*

### Sekundarni efekti

SLEGANJE  
TERENA

KLIZIŠTA  
I ODRONI

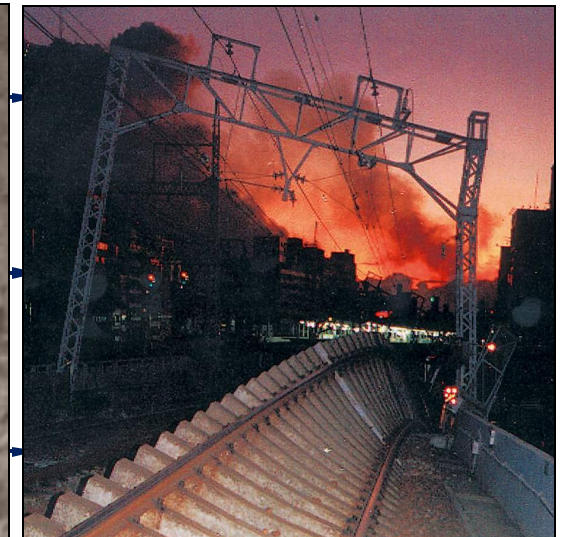
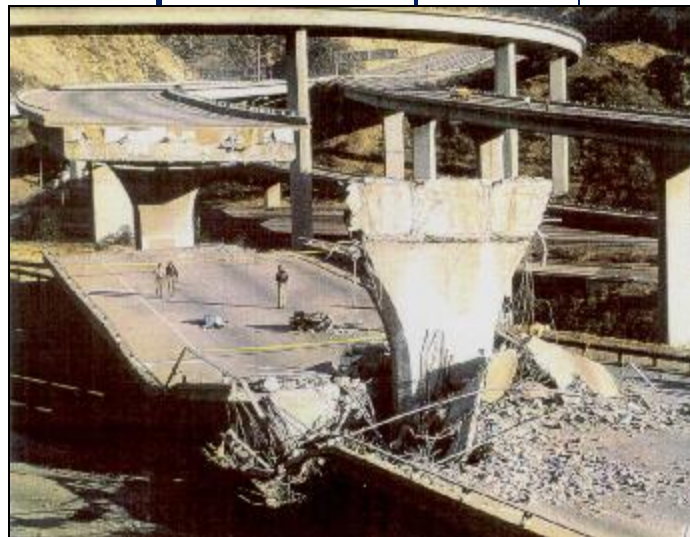
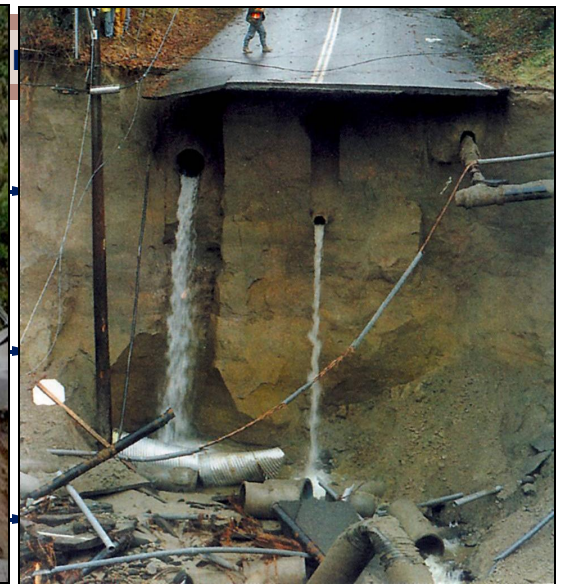
LIKVEFAKCIJA

POPLAVE

CUNAMI



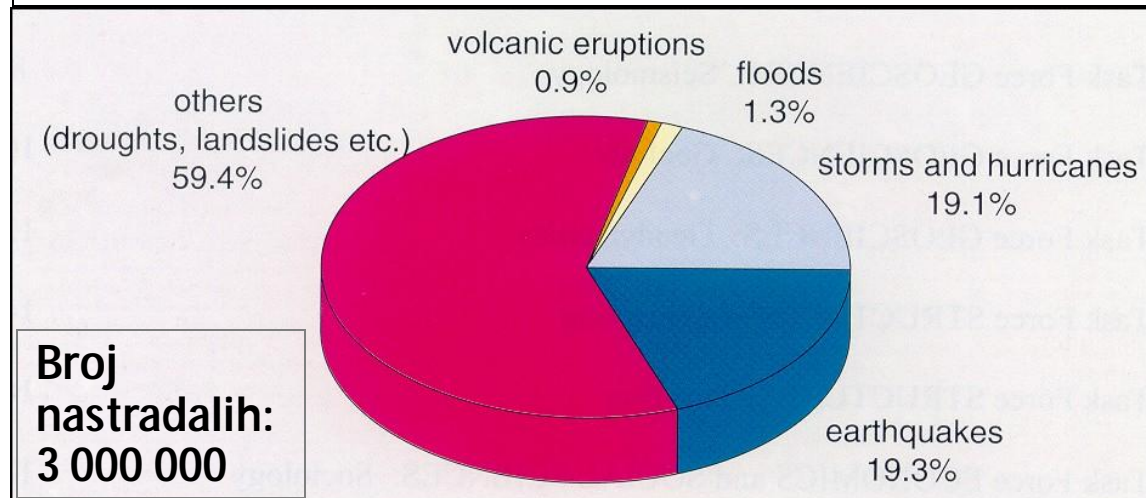
## *2. Primarni i sekundarni efekti zemljotresa*



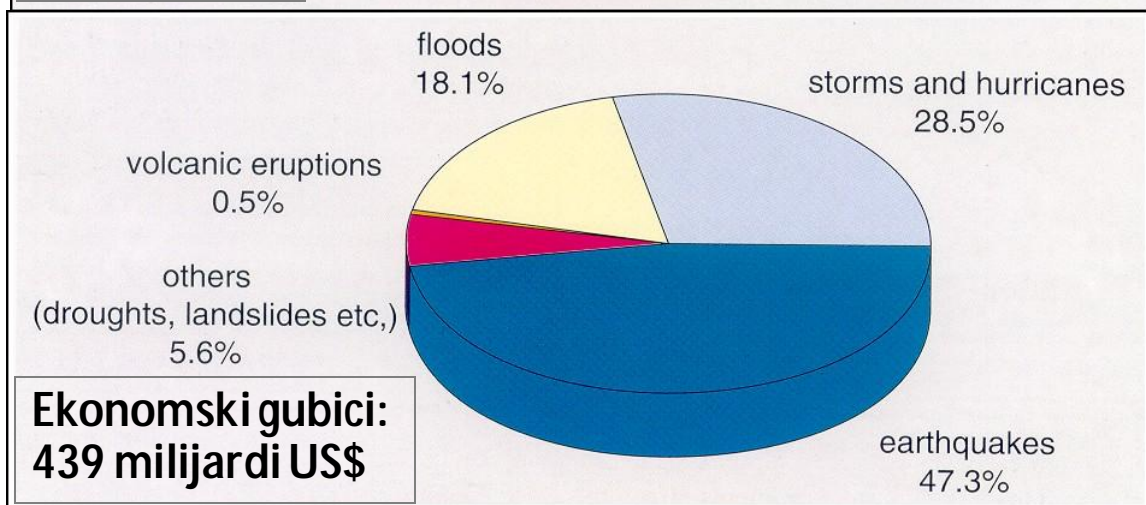
### 3. *Direktne i indirektne posledice zemljotresa*

#### Prirodne katastrofe 1960. – 1995.

(Izvor: Munich Re 1996)



**Broj nastradalih:**  
**3 000 000**



**Ekonomski gubici:**  
**439 milijardi US\$**

#### Zemljotres u Crnoj Gori 15. april 1979. godine

##### Direktni ekonomski gubici:

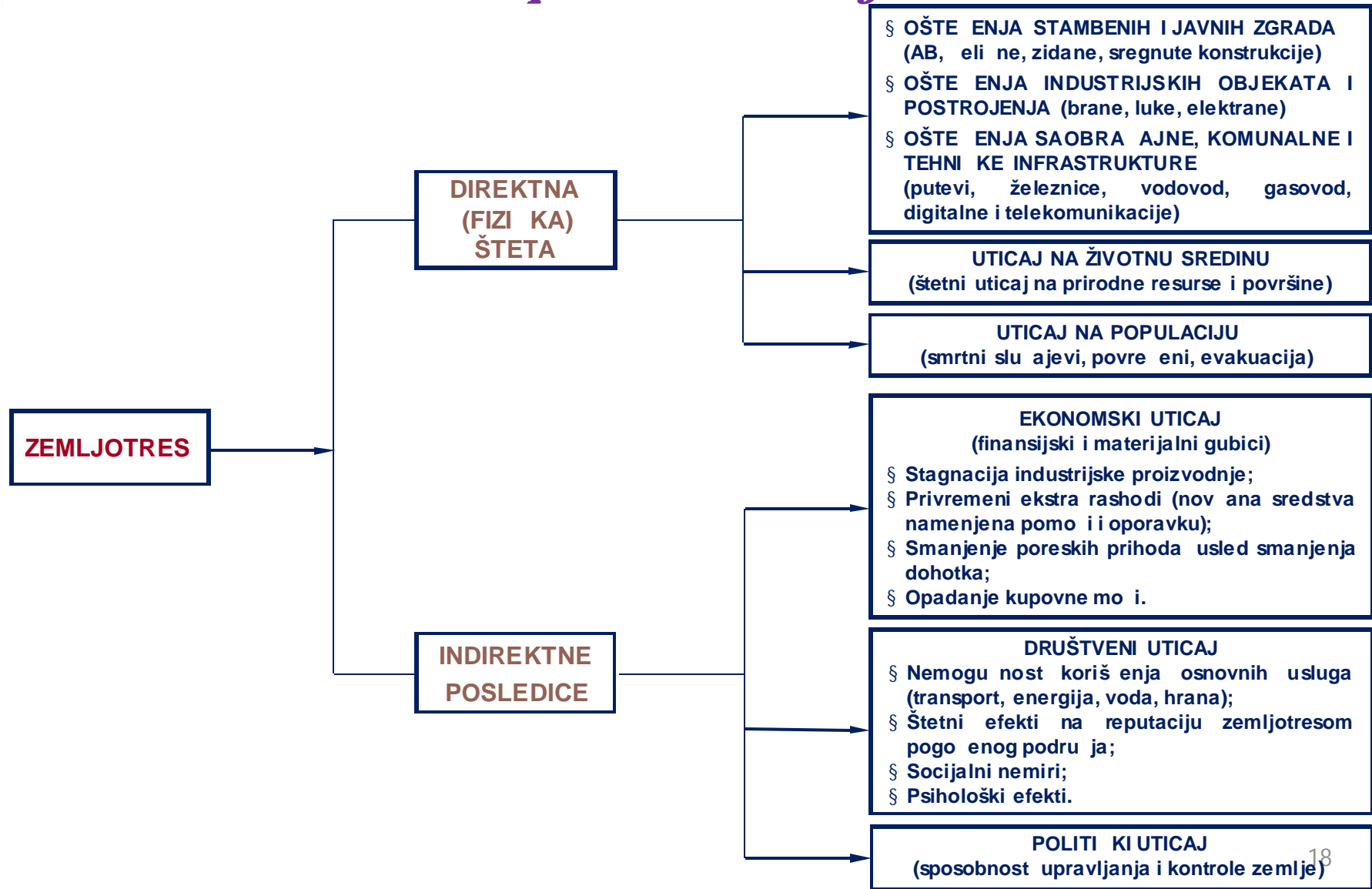
§ 10% bruto nacionalnog proizvoda (BDP) Jugoslavije za 1979. godinu;

§ etiri puta više nego BDP Crne Gore.

##### EKONOMSKI UTICAJ (finansijski i materijalni gubici)

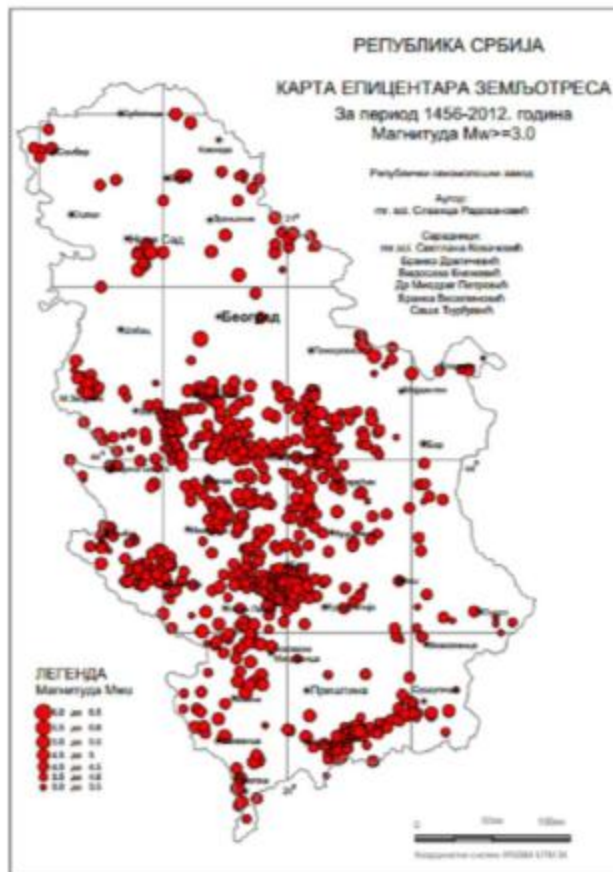
- § Stagnacija industrijske proizvodnje;
- § Privremeni ekstra rashodi (novana sredstva namenjena pomoći i oporavku);
- § Smanjenje poreskih prihoda usled smanjenja dohotka;
- § Opadanje kupovne moći.

### 3. *Direktne i indirektne posledice zemljotresa*



## 4. Seizmi ka aktivnost na teritoriji Srbije

- § 50% teritorije Srbije potencijalno ugroženo zemljotresom magnitude 7, 20% teritorije zemljotresom magnitude 8;
- § Dosada naj snažniji registrovani zemljotres na teritoriji Srbije bio je magnitude 6,3 stepena po Rihтеру;
- § Prose no, u Republici Srbiji se *svakih desetak godina dogodi snažan zemljotres* koji može da pri ini štete na gra evinskim objektima;
- § Najve i broj zemljotresa lociran je u zonama *centralne Srbije, južne Srbije i Kosova i Metohije*. Manji broj zemljotresa lociran je u isto noj i jugoisto noj Srbiji, dok je najmanji broj lociran na teritoriji Vojvodine.



Природни hazard	Површина [km <sup>2</sup> ]	Процент укупне површине Србије [%]
Сеизмички hazard VIII-IX MCS	16388,59	18,55
Сеизмички hazard IX-X MCS	1109,71	1,26

## 5. *Seizmi ki hazard, seizmi ki rizik i ciklus upravljanja*

### Seizmi ki hazard

§ O ekivana pojava budu eg neželjenog seizmi kog doga aja (seizmi ka opasnost).

### Seizmi ki rizik

§ O ekivane posledice budu eg seizmi kog doga aja na prirodnu sredinu i objekte (potencijal hazarda).

### Upravljanje seizmi kim rizikom

§ Proces sistematske primene politika, procedura i praksi upravljanja zadacima identifikacije, analize, procene, tretmana i pra enja seizmi kog rizika.

Utemeljenje kulture upravljanja seizmi kim rizikom



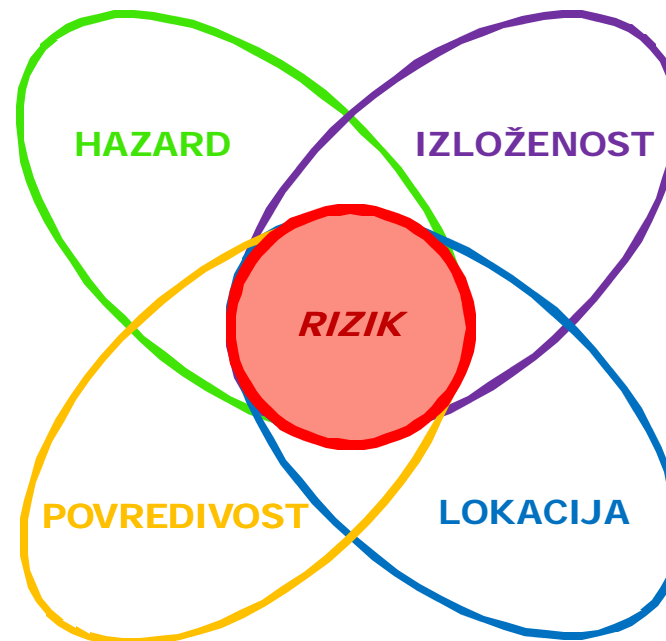
Tri stuba održivosti:

- § razvoj liderstva (ljudstvo)
- § razvoj kapaciteta (sredstva)
- § ja anje svesti javnosti (informisanost, obuka, edukacija)

## 5. Seizmi ki hazard, seizmi ki rizik i ciklus upravljanja

### Procena seizmi kog rizika

§ Proces utvrđivanja prioriteta u upravljanju rizikom putem procene i upoređivanja nivoa seizmi kog rizika sa *nivoom prihvatljivog (ciljnog) rizika*, koji predstavlja nivo zaštite koji društvo može prihvatiti prema svojim ekonomskim mogućnostima.



## 5. *Seizmi ki hazard, seizmi ki rizik i ciklus upravljanja*

### Vanredna situacija

- § Realizacija hazarda koja zahteva organizaciju i odgovor društva koji su drugačiji nego u normalnim okolnostima.

### Upravljanje vanrednom situacijom

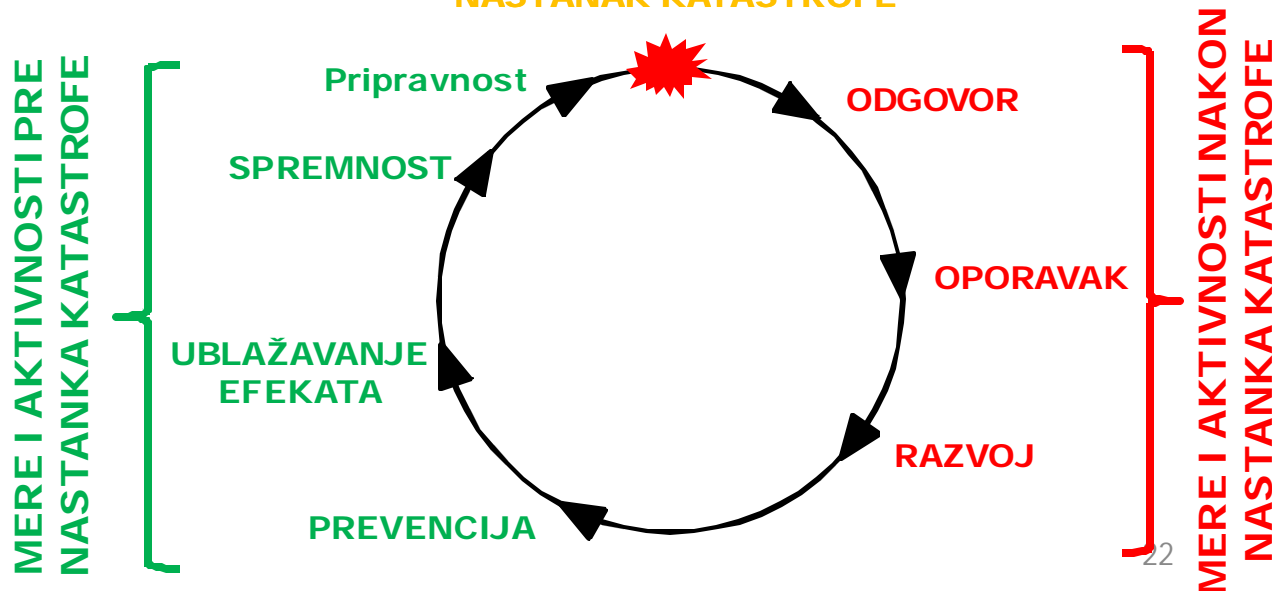
- § Organizovana analiza;
- § Planiranje;
- § Donošenje odluka;
- § Raspoređivanje raspoloživih resursa.

### Problemi u upravljanju vanrednom situacijom u slučaju zemljotresa:

- § Pojava zemljotresa iznenadna, bez upozorenja;
- § Veliki broj žrtava i gubici širokih razmera;
- § Nepristupačnost i ograničenost kretanja u postupku spasavanja iz ruševina;
- § Oporavak skup i dugotrajan (5-10 godina ili više).

### CIKLUS UPRAVLJANJA VANREDNOM SITUACIJOM

#### NASTANAK KATASTROFE



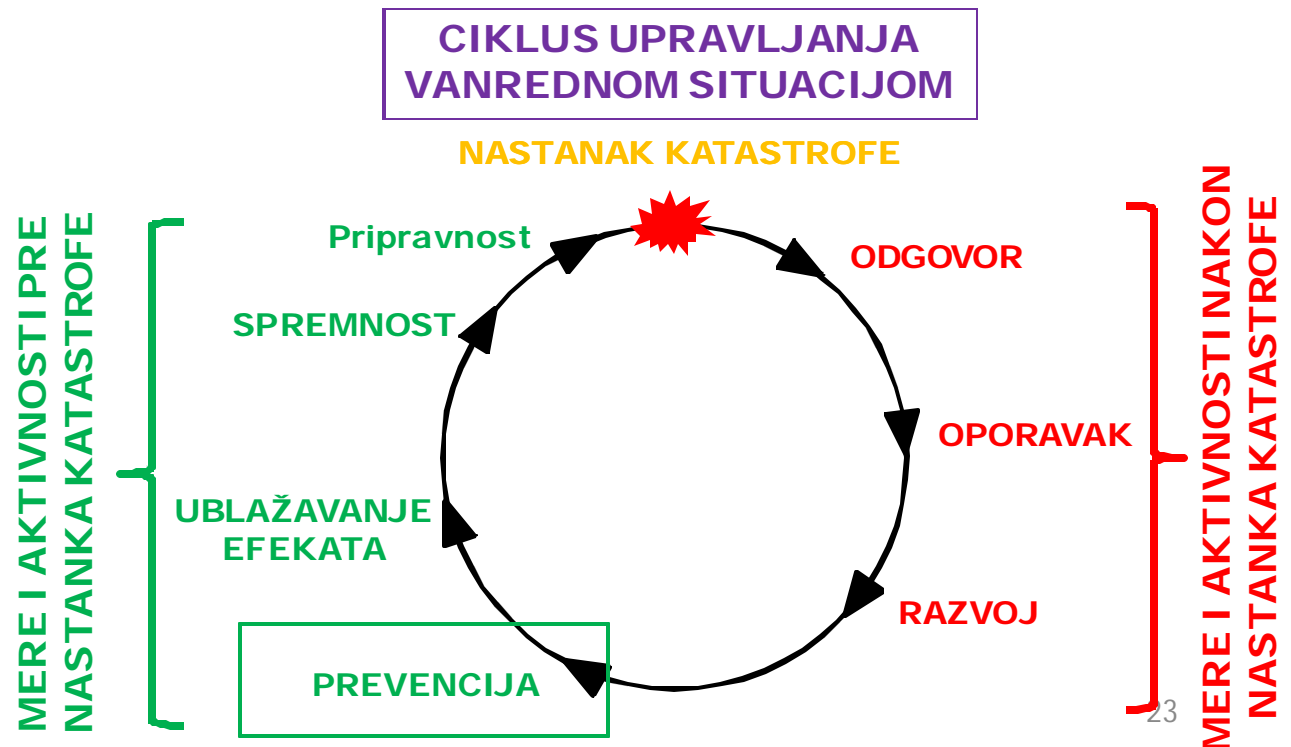
## 5. Seizmi ki hazard, seizmi ki rizik i ciklus upravljanja

*„Uspostavljanje kulture prevencije nije jednostavno. I dok troškovi prevencije moraju biti plaćeni u sadašnjosti, njeni benefiti leže u dalekoj budu nosti. Štaviše, koristi od prevencije nisu opipljive; to su zapravo katastrofe koje se nisu dogodile “.*

(Kofi Anan, generalni sekretar Ujedinjenih nacija, 1999)

### § Iskustva u zemljama Evropske Unije:

1€ investiran u *prevenciju* katastrofe rezultuje uštedom od 4 - 7€ u fazi odgovora na pojavu prirodne katastrofe.





## *6. Normativno-pravni okvir angažovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa u Republici Srbiji*

§ **Zakon o vanrednim situacijama (2009., 2011. i 2012.)**

Normativno regulisanje strateške dimenzije sistema zaštite i spasavanja.

§ **Nacionalna strategija zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama (2011.)**

Integralno uspostavljanje strateške dimenzije sistema zaštite i spasavanja.

§ **Uputstvo o metodologiji za izradu procene ugroženosti i planova zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama (2012.)**

Blisko definisanje neophodnih elemenata značajnih za funkcionisanje sistema zaštite i spasavanja.

§ **Nacionalni program upravljanja rizikom od elementarnih nepogoda (2014.)**

Izgradnja odgovarajućeg sistema dugoročnog upravljanja rizicima od prirodnih katastrofa u zemlji.

§ **Akcioni plan za sprovođenje Nacionalnog programa upravljanja rizikom od elementarnih nepogoda (2016. – 2020.)**

Definisanje detaljne implementacije strateških aktivnosti, kao i nosilaca realizacije, indikatora u inku, vremenskog okvira za implementaciju i neophodnih finansijskih sredstava.

STRATEŠKI  
PRISTUP

INTEGRISANI  
SISTEM

DUGOROČNO I  
SVEOBUHVAĆUĆE  
UPRAVLJANJE  
RIZICIMA

## 6. Normativno-pravni okvir angažovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa u Republici Srbiji

### Republiki seizmološki zavod

- § Detaljno praćenje seizmičke aktivnosti na teritoriji Republike Srbije i pograničnim prostorima;
- § Informisanje javnosti o glavnim parametrima zemljotresa i procene njihovih posledica, kako bi se blagovremeno preduzele neophodne mere pomoći ugroženom stanovništvu;
- § Organizovanje predavanja u centrima za obaveštavanje sa temom razumevanja osnovnih informacija sa terena o zemljotresima.

AKCELEROGRAF



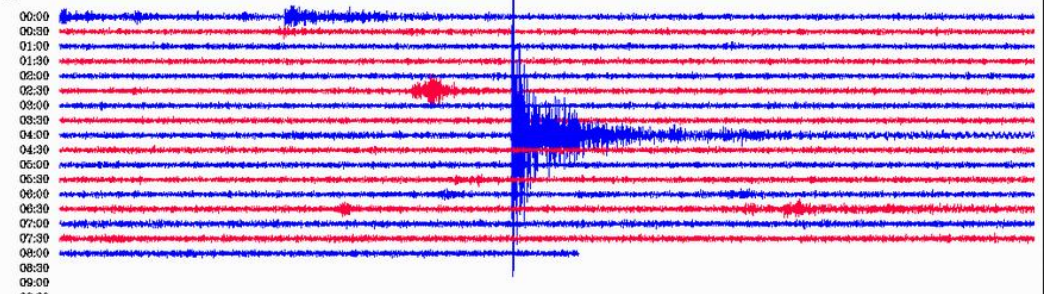
SEIZMOLOŠKE STANICE



REGISTROVANI SEIZMOGRAM

SJ\_Bovan

Applied filter: WSSN-SP



2018-05-02

## 6. Normativno-pravni okvir angažovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa u Republici Srbiji

### Sektor za vanredne situacije

#### Štabovi za vanredne situacije

§ Stalna operativno-stru na tela za koordinaciju i rukovo enje zaštitom i spasavanjem u vanrednim situacijama na svim nivoima politike teritorijalne organizacije;

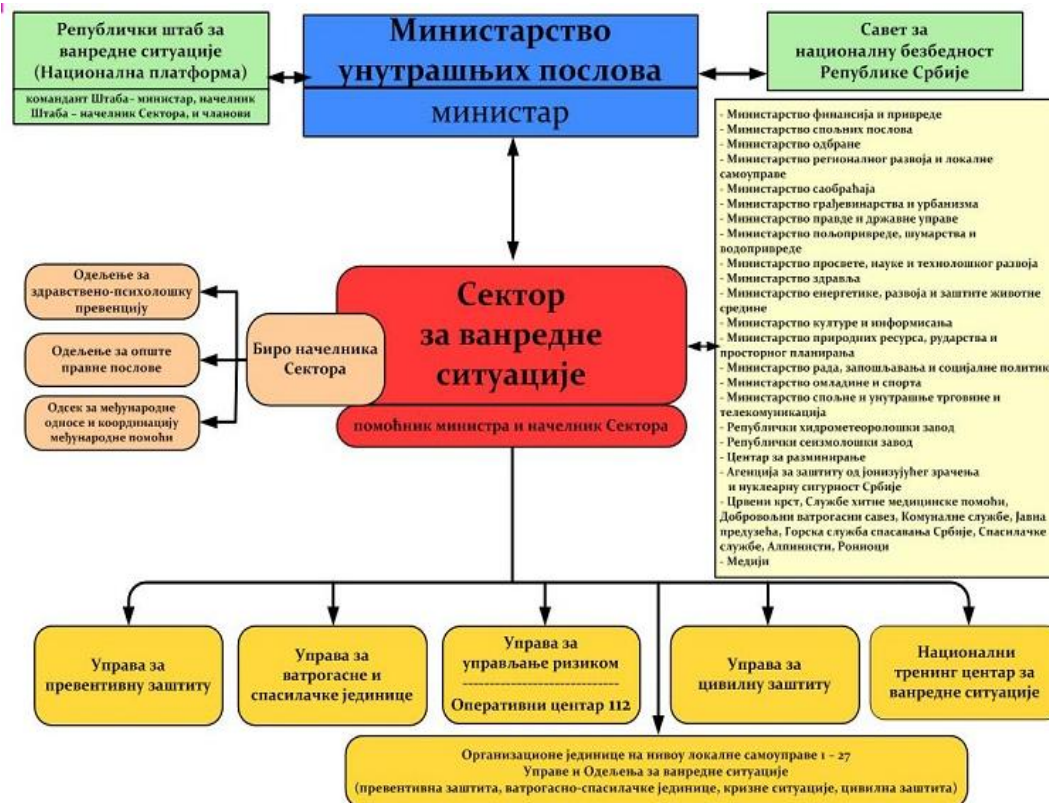
§ Na republi kom, regionalnom i lokalnom nivou;

§ članovi štaba su predstavnici:

- državnih organa;
- organa lokalne samouprave;
- javnih preduze a;
- zdravstvenih ustanova;
- centara za socijalni rad;
- Crvenog krsta;
- Gorske službe spasavanja;
- ronila ke službe;
- udruženja građana.

§ Specijalizovana organizaciona jedinica MUP-a;

§ Koordiniranje aktivnosti svih državnih i civilnih institucija uklju enih u upravljanje vanrednim situacijama na svim nivoima politike teritorijalne organizacije.



## 6. Normativno-pravni okvir angažovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa u Republici Srbiji

### Sektor za vanredne situacije

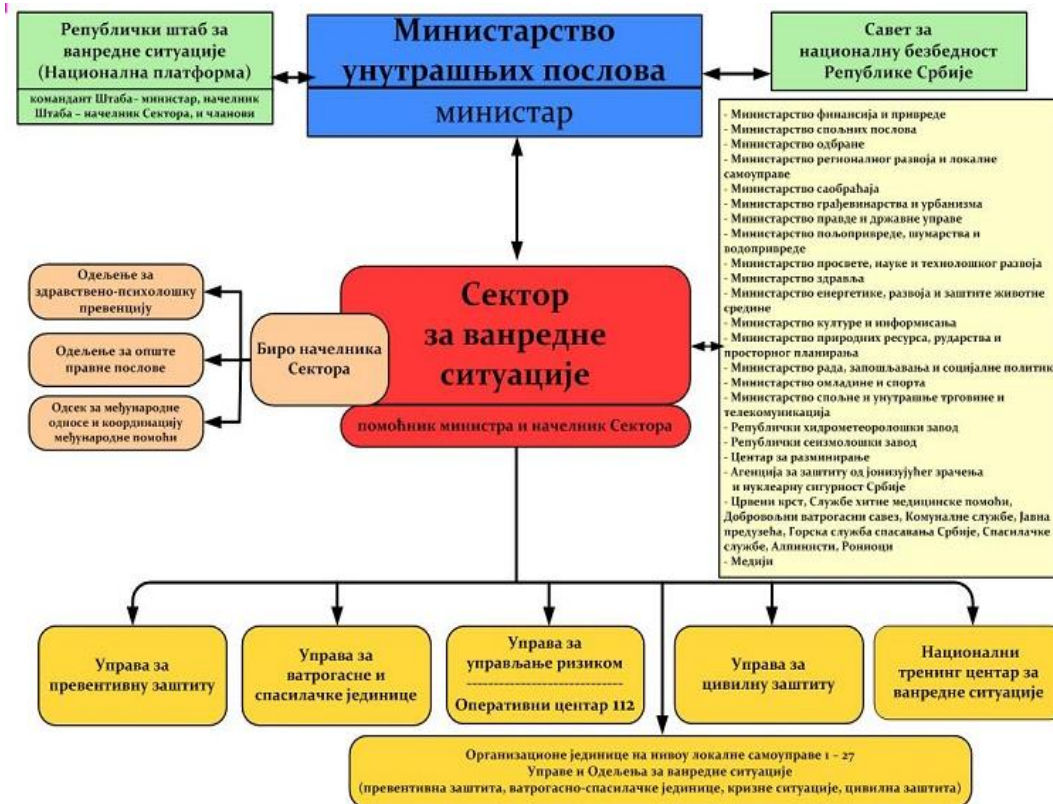
- § Uprava za preventivnu zaštitu;
- § Uprava za vatrogasne i spasilačke jedinice;
- § Uprava za upravljanje rizikom:
- § Uprava za civilnu zaštitu;
- § Nacionalni trening centar za vanredne situacije:

➔ **univerzalni sistem: broj 112 za hitne pozive;**

➔ **obuka osoblja i komandanata štabova;**

Jedan od prioriteta je i uključivanje Republike Srbije u Mehanizam civilne zaštite Evropske Unije

- § Specijalizovana organizaciona jedinica MUP-a;
- § Koordiniranje aktivnosti svih državnih i civilnih institucija uključenih u upravljanje vanrednim situacijama na svim nivoima političke teritorijalne organizacije.



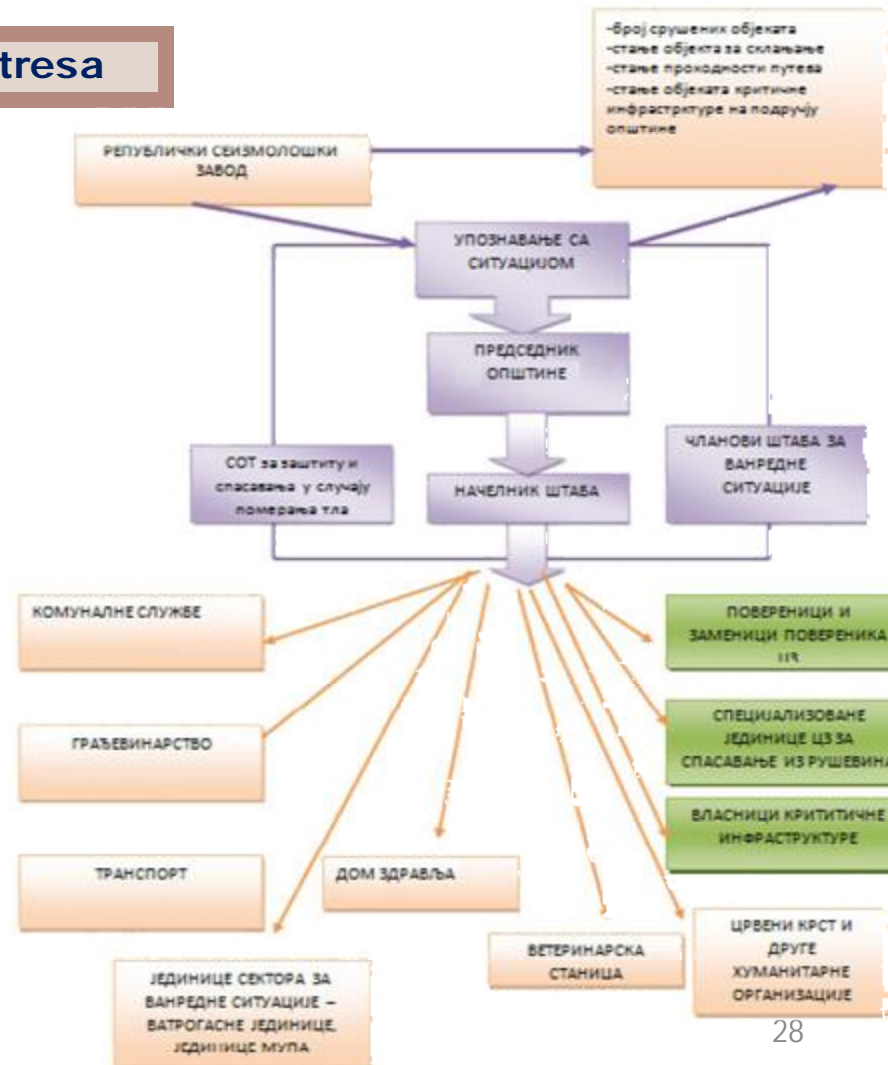
## 6. Normativno-pravni okvir angažovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa u Republici Srbiji

### Plan zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa

§ *Jedinice lokalne samouprave, grada ili opštine imaju primarnu operativnu ulogu, region je posrednik između lokalnog i nacionalnog nivoa vlasti;*

§ *Gradski i opštinski štabovi:*

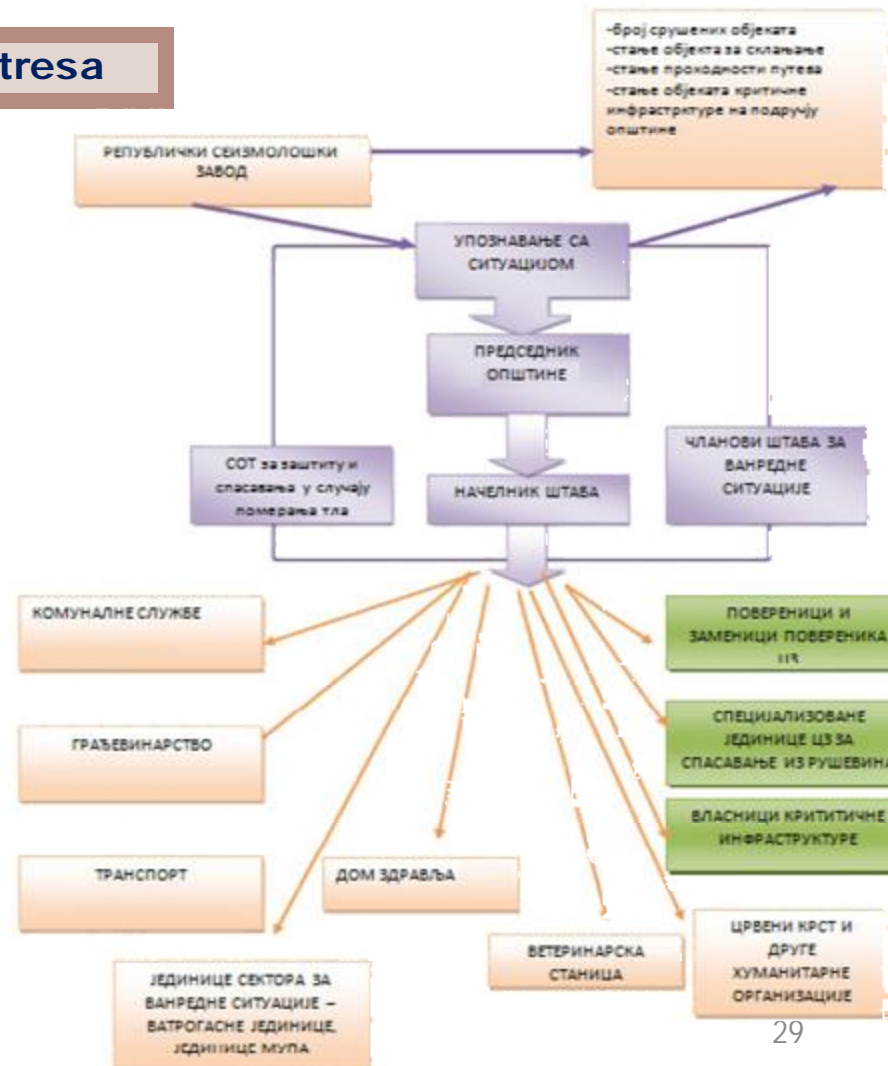
- **komandant** (gradonačelnik, odnosno, predsednik opštine, po položaju);
- **zamenik komandanta** (zamenik gradonačelnika, odnosno predsednika opštine, ili član gradskog ili opštinskog veća);
- **načelnik** (predstavnik podružne organizacione jedinice nadležne službe);
- **članovi štaba** (direktori javnih i komunalnih preduzeća i ustanova čija je delatnost u vezi sa zaštitom i spasavanjem, rukovodioci organa lokalne samouprave, sekretari organizacija Crvenog krsta, stručnjaci iz pojedinih oblasti zaštite i spasavanja i druga lica).



## 6. Normativno-pravni okvir angažovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa u Republici Srbiji

### Plan zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa

- § Plan zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama jedinica lokalne samouprave izrađuju nadležni organi jedinica lokalne samouprave u saradnji sa nadležnom službom, a donosi ga izvršni organ jedinica lokalne samouprave.
- § Planovi zaštite i spasavanja jedinice lokalne samouprave moraju biti usklađeni sa Nacionalnim planom zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama Republike Srbije.
- § Plan zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama izrađuje se na osnovu procene ugroženosti.
- § Plan zaštite i spasavanja i Procenu ugroženosti izrađuju lica sa licencom za procenu rizika.
- § Licencu izdaje Ministarstvo licu koje ima:
  - najmanje visoku stručnu spremu,
  - položen stručni ispit iz oblasti procene rizika.

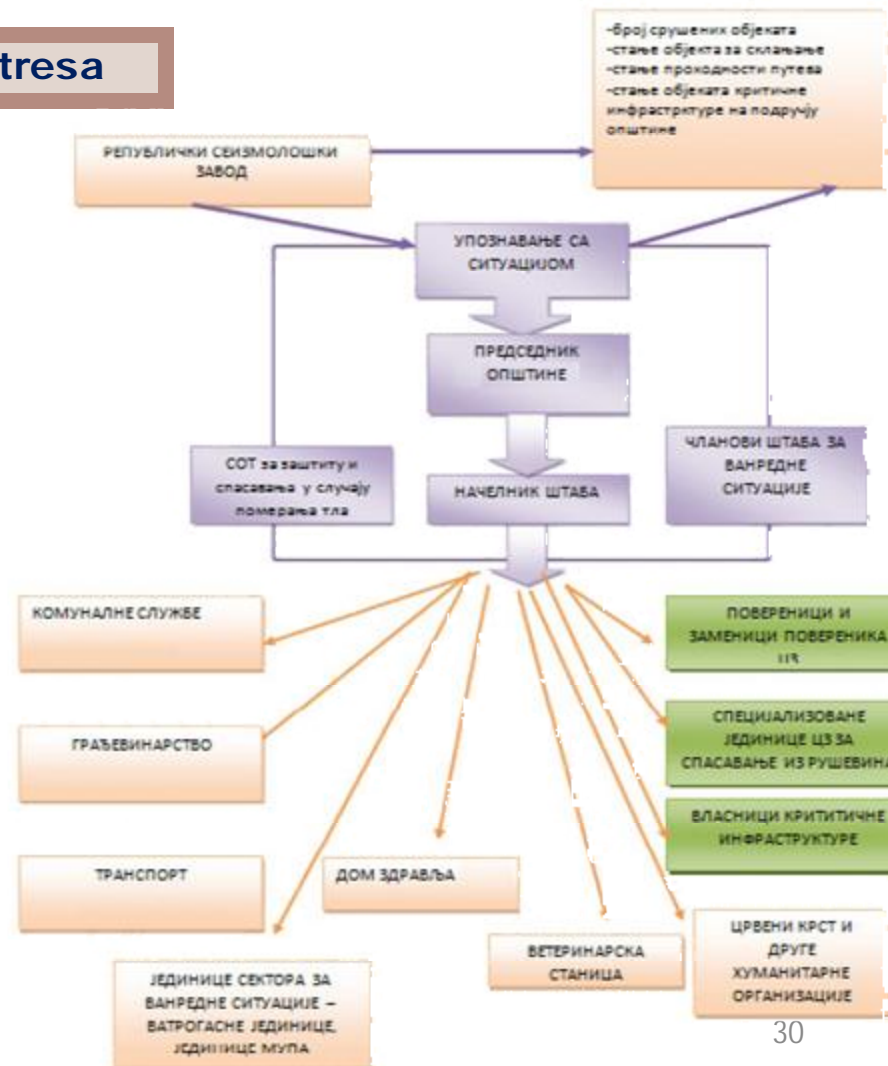


## 6. Normativno-pravni okvir angažovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa u Republici Srbiji

### Plan zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa

Plan zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa sadrži:

- § Šematski prikaz subjekata koji se angažuju u zaštiti i spasavanju;
- § Pregled mera i zadataka u esnika;
- § Pregled snaga i raspoloživih kapaciteta;
- § Evakuaciju, zbrinjavanje, prva i medicinska pomoć, asanacija i ostali zadaci civilne zaštite;
- § Tabelarni pregled ugroženih područja, mesta ili građevina sa pregledom broja ugroženih objekata i broja stanovnika za koje se procenjuje da mogu biti ugroženi;
- § Kartu sa ucrtanim ugroženim urbanim zonama;
- § Razrađene operativne postupke delovanja snaga zaštite i spasavanja;

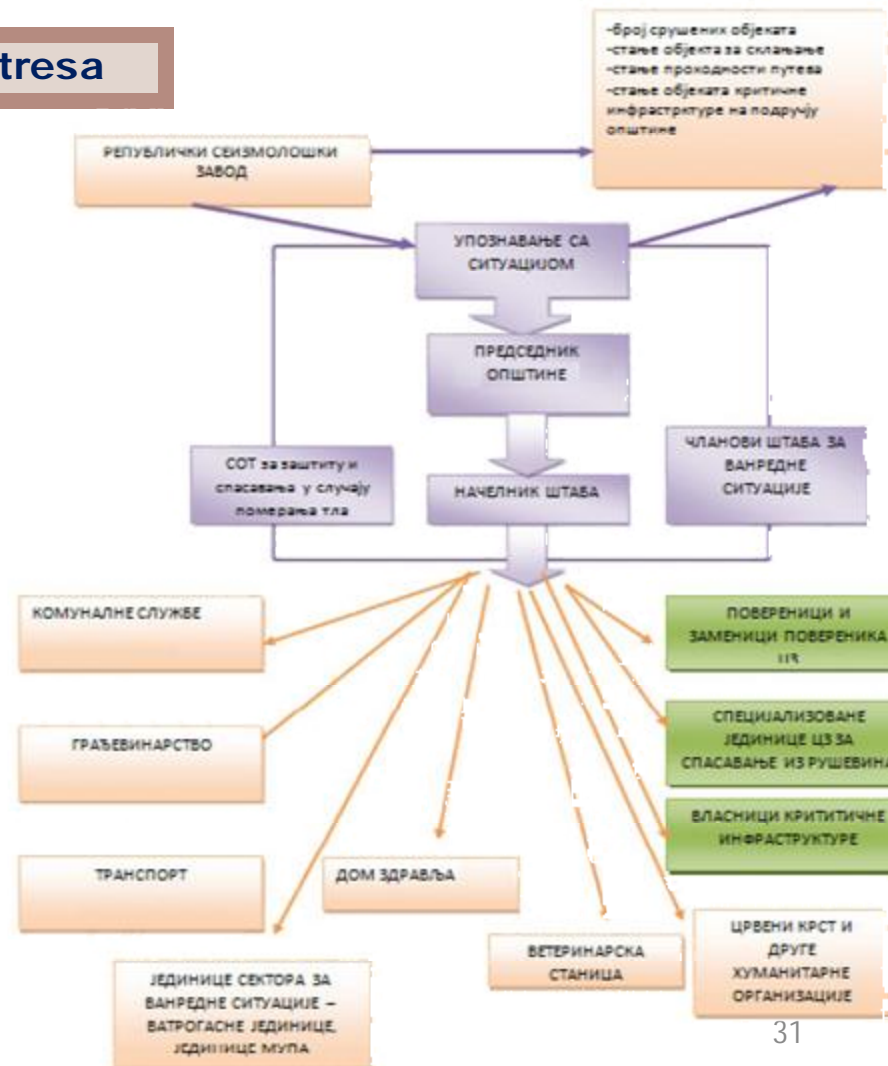


## 6. Normativno-pravni okvir angažovanja subjekata sistema zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa u Republici Srbiji

### Plan zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa

Plan zaštite i spasavanja u slučaju zemljotresa sadrži:

- § Pregled stručno-operativnih timova:
  - procena bezbednosti objekata nakon zemljotresa i aktiviranja klizišta,
  - uklanjanje delova oštećenih objekata,
  - saniranje klizišta,
  - zbrinjavanje ugroženog stanovništva,
  - prihvatanje i distribucija građevinskog materijala,
  - prihvatanje i distribucija hrane, vode, higijenskog i sanitarnog materijala,
  - organizacija i angažovanje volontera za pomoć;
- § Organizacija higijensko-epidemiološke zaštite (nosioci i aktivnosti);
- § Organizacija obezbeđenja hrane, vode i lekova;
- § Organizacija prihvatanja pomoći i u ljudstvu i materijalno-tehničkim sredstvima;
- § Pregled lokacija za odlaganje otpadnog materijala u toku radova na terenu.





## *7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe*

Zemljotres se ne može spremiti i ne može se predvideti ta no vreme kada e se dogoditi, ali zato možemo nauiti kako da se zaštitimo.

### **➔ Prethodne mere ublažavanja posledica zemljotresa:**

- imaju dugotrajni karakter;
- podrazumevaju permanentnu angažovanost države i stručnjaka;
- cilj je uspostavljanje konzistentnih naučnih osnova i njihova praktična primena za umanjenje i ublažavanje seizmičkog rizika.

### **➔ U seizmički aktivnim regionima:**

- komponente za umanjenje efekata zemljotresa treba ostvariti zajedničkim naporima svake pojedinačne zemlje regiona u bliskoj saradnji sa drugim zemljama;
- mere za umanjenje seizmičkog rizika na regionalnom i nacionalnom nivou.

# 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

Mere za umanjenje seizmi kog rizika na regionalnom i nacionalnom nivou



РЕПУБЛИКА СРБИЈА  
КАРТА СЕИЗМИЧКОГ ХАЗАРДА

Макросеизмички интензитет на површини локалног тла вероватноћа превазилажења 10% у 10 година (повратни период 95 година) изражен у степенима по EMS-98

Републички сеизмолошки завод  
Аутор: др. сол. Славица Радовановић  
Сарадници: др. сол. Светлана Ковачевић, Бранко Драпичевић

ЛЕГЕНДА

VI
VI до VI
VII
VII до VII
VIII
VIII до IX
IX



РЕПУБЛИКА СРБИЈА  
КАРТА СЕИЗМИЧКОГ ХАЗАРДА

Макросеизмички интензитет на површини локалног тла вероватноћа превазилажења 10% у 10 година (повратни период 95 година) изражен у степенима по EMS-98

Републички сеизмолошки завод  
Аутор: др. сол. Славица Радовановић  
Сарадници: др. сол. Светлана Ковачевић, Бранко Драпичевић

ЛЕГЕНДА

VI
VI до VII
VII до VIII
VIII до IX

§ Izrada nacionalnih zakona i propisa za zaštitu od zemljotresa;

§ Izrada nacionalnih standarda, uputstava i priručnika za aseizmičko projektovanje i građenje novih i prevenciju postojećih objekata, kao i kontinuirani rad na njihovom poboljšanju;

§ Razvoj i unapređenje nacionalnih organizacija za kontrolu projektovanja i izgradnje sa specijalizovanim odeljenjem u oblasti zemljotresnog inženjerstva i inženjerske seizmologije;



EN 1998-3:2005  
Evrokod 8

PRORAČUN SEIZMIČKI OTPORNIH KONSTRUKCIJA

DEO 3: PROCENA STANJA I OJAČANJE ZGRADA

Beograd, novembar 2009.

## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

Mere za uma



- § Permanentn zemljotresa;
- § Razvoj, ins prikupljanje za jake monitoring t uspostaljjanje podataka o z
- § Razvoj i seizmoloških i kompjuteri prikupljanje



## *7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe*

### **Glavne kontra-mere**

- Ø Planiranje koriš enja zemljišta (prostorno i urbanisti ko planiranje).
- Ø Sveobuhvatna procena seizmi kog rizika.
- Ø Kriterijumi projektovanja seizmi ki otpornih konstrukcija.
- Ø Planiranje, projektovanje i izgradnja kriti ne infrastrukture.

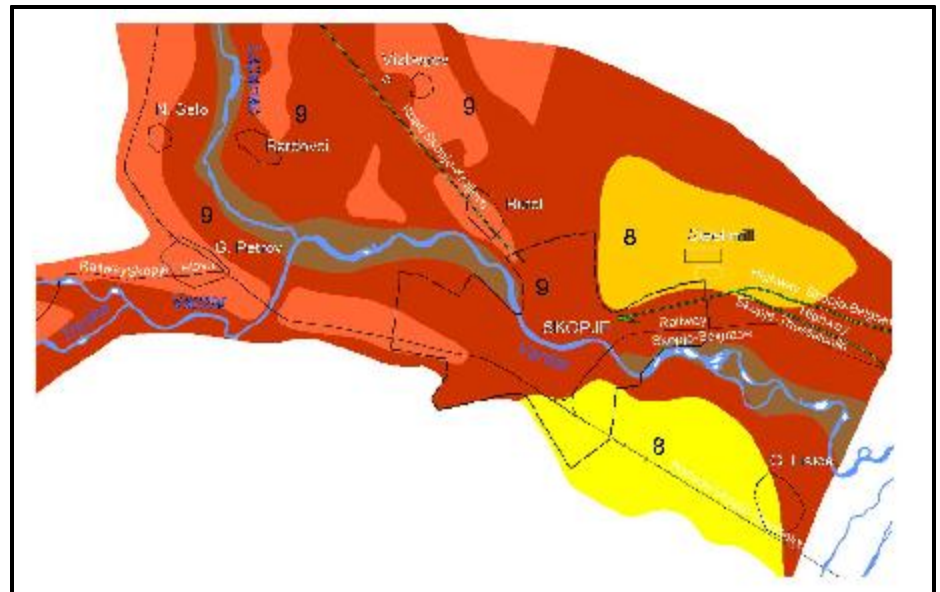
## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

### Planiranje koriš enja zemljišta

- § Efekti zemljotresa mogu se ublažiti **pravilnom politikom koriš enja zemljišta**, koja se postepeno realizuje kroz procese **prostornog i urbanisti kog planiranja** i podrazumeva da obrazac urbanizacije bude usaglašen sa nivoom i prostornom raspodelom o ekivanog seizmi kog hazarda.
- § Seizmi ko zoniranje gradova i seizmi ka **mikrorejonizacija** gra evinskih površina;
- § Izrada **karata seizmi ke mikrorejonizacije** zna ajnih urbanih podru ja i zona izloženih seizmi kom hazardu snažnog intenziteta kao **podloge za projektovanje i planiranje**:

- ➔ **Iskoriš enost zemljišta**
- ➔ **Usvajanje tipa konstrukcije**
- ➔ **Raspodela i koncentracija materijalne svojine**

### Karta seizmi ke mikrorejonizacije urbanog podru ja



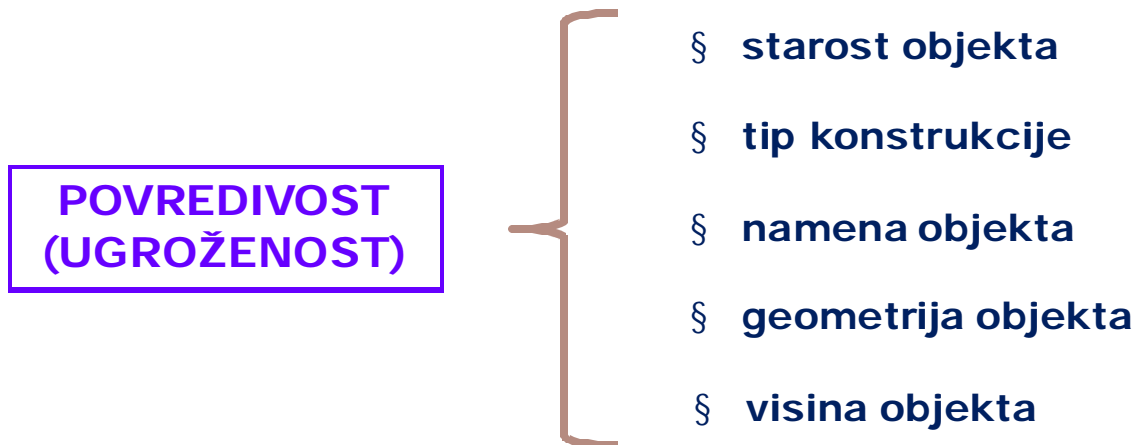
**Podloga za projektovanje i planiranje**



## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

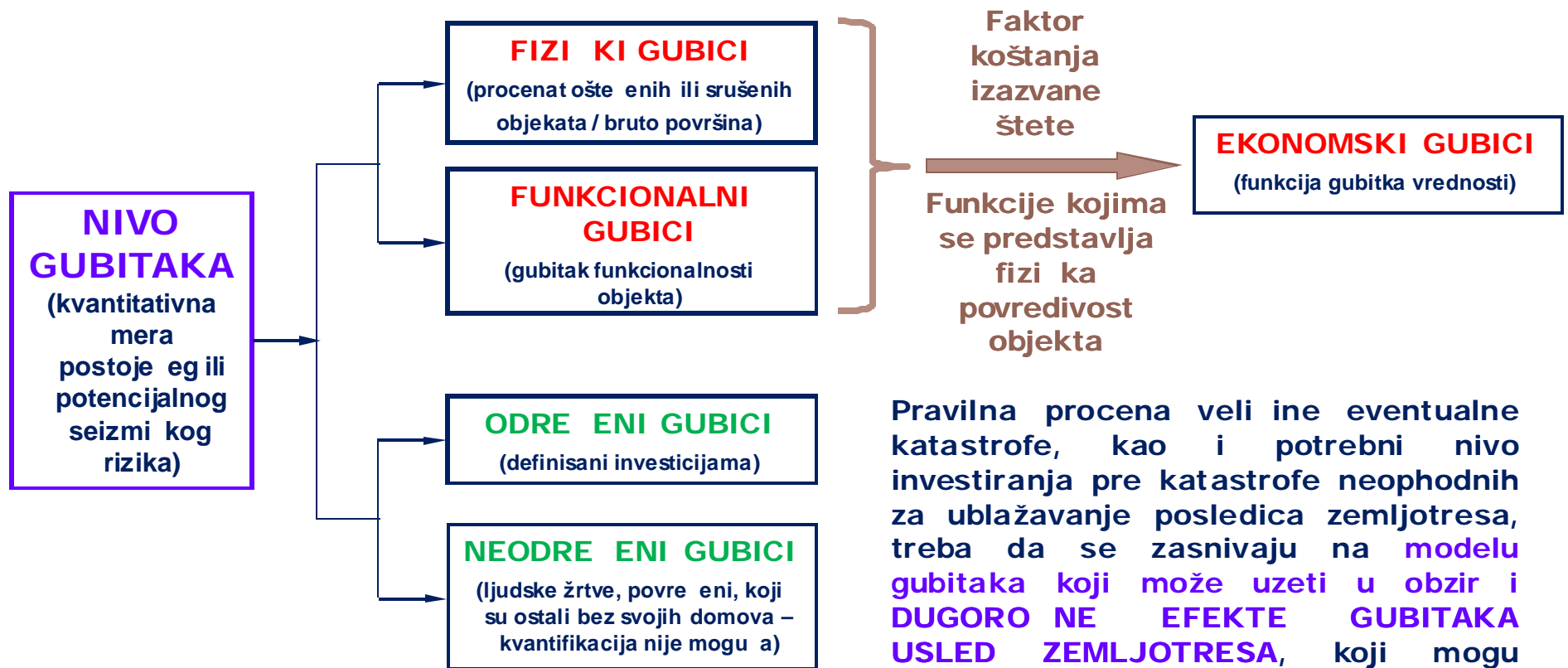
### Sveobuhvatna procena seizmi kog rizika

§ Upravljanje seizmi kim rizikom može se realizovati na bazi **modela povredivosti i gubitaka** za zgrade, objekte infrastrukture i kapitalne objekte.



## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

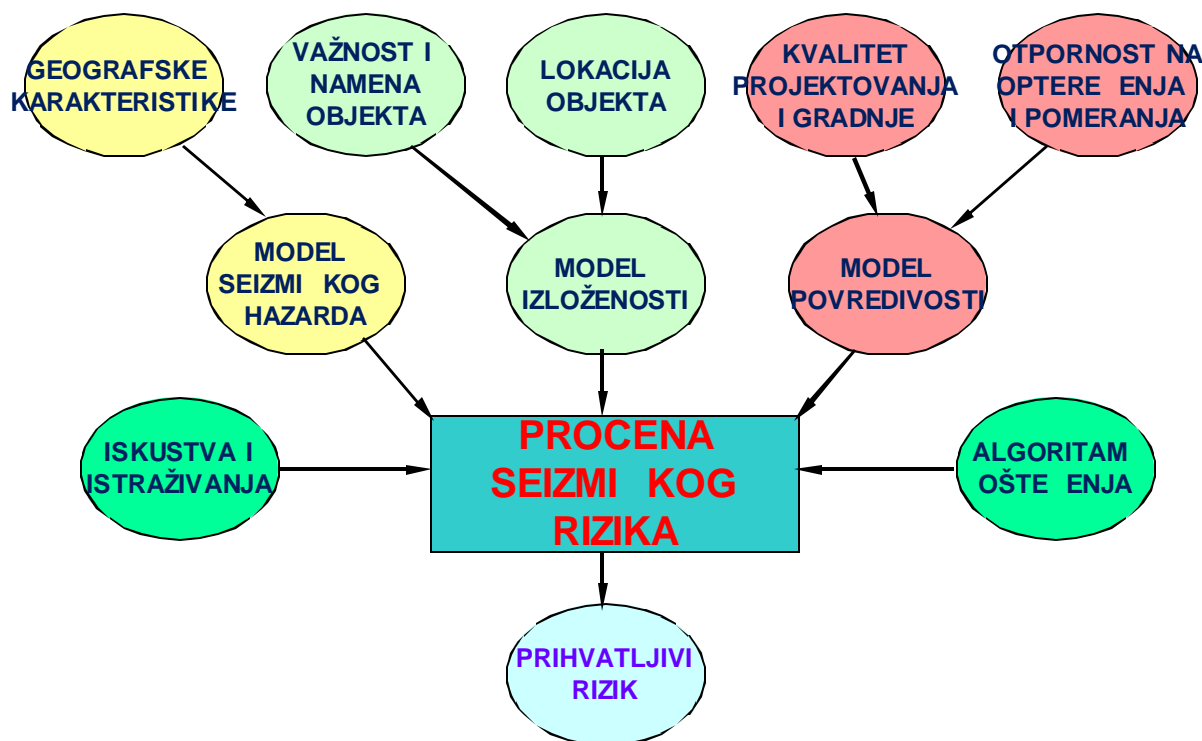
### Sveobuhvatna procena seizmi kog rizika



Pravilna procena veli ine eventualne katastrofe, kao i potrebni nivo investiranja pre katastrofe neophodnih za ublažavanje posledica zemljotresa, treba da se zasnivaju na modelu gubitaka koji može uzeti u obzir i DUGORO NE EFEKTE GUBITAKA USLED ZEMLJOTRESA, koji mogu dovesti do nenadoknadivih ekonomskih gubitaka države.

## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

### Kriterijumi projektovanja seizmi ki otpornih konstrukcija





## *7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe*

Kriterijumi projektovanja seizmi ki otpornih konstrukcija

**PRIHVATLJIVI SEIZMI KI RIZIK = NIVO ZAŠTITE**

Nivo zaštite jednog društva zavisi od njegovih ekonomskih mogućnosti.

Potpuna zaštita od zemljotresa nije ekonomski prihvatljiva, niti tehni ki izvodljiva.

Tako e, rizik od kompletnog rušenja objekata, posebno objekata visokih kategorija, u potpunosti je neprihvatljiv.



## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

### Kriterijumi projektovanja seizmi ki otpornih konstrukcija

KATEGORIJA OBJEKTA	PROSEČNI EKSPLOATACIONI VEK (godine)	PRIHVATLJIVI RIZIK	POVRATNI PERIOD (godine)	MAKSIMALNO UBRZANJE TLA	RIZIK / GODINA
I (bolnica)	50	20%	225	0.4g	0.4%
II (škola)	30	30%	100	0.3g	1.0%
III (skladište)	10	40%	20	0.15g	4.0%



Inženjeri su spremni da prihvate 20% šanse za pojavu ošte enja usled zemljotresa tokom 50 godina eksploatacionog veka objekta.

## *7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe*

### Kriterijumi projektovanja seizmi ki otpornih konstrukcija

#### Ø Projektovanje seizmi ki otpornih konstrukcija ( aseizmi ko projektovanje) :

- ➔ obezbe ivanje adekvatne sigurnosti od povreda i gubitka života;
- ➔ obezbe ivanje minimalne štete materijalnih dobara;
- ➔ osiguranje kontinuiteta u radu vitalnih sistema;
- ➔ uskla ivanje sa nivoom prihvatljivih troškova.

## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

### Kriterijumi projektovanja seizmi ki otpornih konstrukcija

#### Ø Kriterijumi aseizmi kog projektovanjagra evinskih objekata :

- ➔ Odolevanje **slabim zemljotresima**, bez pojave ošte enja objekata;
- ➔ Odolevanje **zemljotresima umerenog intenziteta** (tzv. **projektni zemljotres**, koji se može pojaviti jednom ili više puta tokom eksploatacionog veka objekta):
  - bez pojave ošte enja nose ih (primarnih) elemenata,
  - sa izvesnim stepenom ošte enja prate ih (sekundarnih) elemenata, uglavnom arhitektonskih komponenti;
- ➔ Odolevanje **snažnim, katastrofalnim zemljotresima** (tzv. **maksimalni zemljotres**, ija je verovatno a pojave tokom itavog eksploatacionog veka objekta mala, ali se ipak može dogoditi):
  - dozvoljavanje ograni enih ošte enja nose ih elemenata i vitalnih ošte enja prate ih elemenata,
  - spre avanje rušenja objekta,
  - ošte enja nose ih elemenata ograni ena na nivo ošte enja koja se mogu sanirati.

VREDNOSTI PRIHVATLJIVOG RIZIKA ZA <u>PROJEKJNI ZEMLJOTRES</u>				
KATEGORIJA OBJEKTA	PROSEČNI EKSPLOATACIONI VEK (godine)	PRIHVATLJIVI RIZIK	POVRATNI PERIOD (godine)	RIZIK / GODINA
I	100	20%	500	0.2%
II	50	30%	150	0.6%
III	20	40%	40	2.0%

VREDNOSTI PRIHVATLJIVOG RIZIKA ZA <u>MAKSIMALNI ZEMLJOTRES</u>				
KATEGORIJA OBJEKTA	PROSEČNI EKSPLOATACIONI VEK (godine)	PRIHVATLJIVI RIZIK	POVRATNI PERIOD (godine)	RIZIK / GODINA
I	100	10%	1000	0.1%
II	50	10%	500	0.2%
III	20	30%	60	1.5%

## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

### Kriterijumi projektovanja seizmi ki otpornih konstrukcija



## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

### Planiranje, projektovanje i izgradnja kritične infrastrukture

#### KRITIČNA INFRASTRUKTURA

- § *transport*  
(putevi, železnice, mostovi, tuneli, aerodromi, luke)
- § *voda*  
(snabdevanje, zaštita od poplava, kanalizacija)
- § *energija*  
(struja, gas, nafta, nuklearna energija)
- § *hrana*
- § *zdravstvo*
- § *telekomunikacije i digitalne komunikacije*
- § *finansije*
- § *sistemi bezbednosti*
- § *hitne službe*

*Seizmička zaštita kritične infrastrukture*  
od suštinskog značaja za:

- § **Efikasna odgovor u vanrednim situacijama:**
  - snabdevanje energijom, vodom i hranom,
  - funkcionisanje hitnih i zdravstvenih službi, transporta i komunikacija;
- § **Obezbeđivanje ključnih funkcija u društvu nakon zemljotresa;**
- § **Pokretanje socijalnog i ekonomskog oporavka.**

## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

Planiranje, projektovanje i izgradnja kritične infrastrukture

§ Od izuzetnog je značaja da se za ove veoma složene i skupe objekte donesu ispravne odluke u pogledu procene seizmičkog rizika i aseizmičkog projektovanja i gradnje, naročito velikih brana, hemijskih postrojenja i drugih industrijskih objekata, elektrana, cevovoda i drugih sistema, u kojima su sekundarni efekti zemljotresa, poput poplava ili zagađenja životne sredine, mogu biti daleko katastrofalniji nego direktni efekti samog zemljotresa.

### ZEMLJOTRES U TOHOKU, JAPAN, 2011. (M = 9)

Hidrogenska eksplozija u  
nuklearnoj elektrani Fukušima



## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

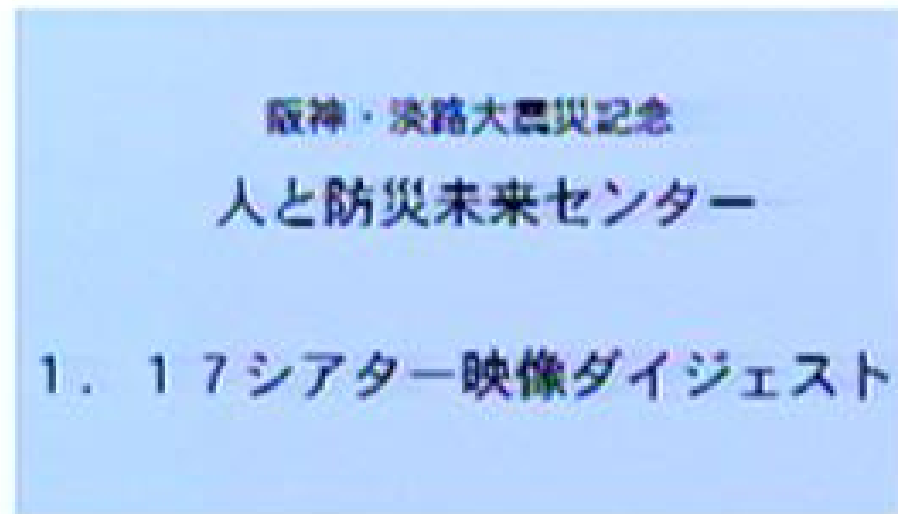
### Planiranje, projektovanje i izgradnja kritične infrastrukture

#### § ZEMLJOTRES

HYOGOKEN NANBU (KOBE), JAPAN, 1995. (M = 6.9)

- Zemljotres Kobe karakteriše razarajuća šteta koja je uticala na lokalnu ekonomiju. Rad luke Kobe je bio obustavljen na dve godine, pri emu su brojni klijenti napustili luku.

- Prema tome, u aseizmi kom projektovanju kapitalnih infrastrukturnih objekata treba uzeti u obzir i ekonomske aspekte.





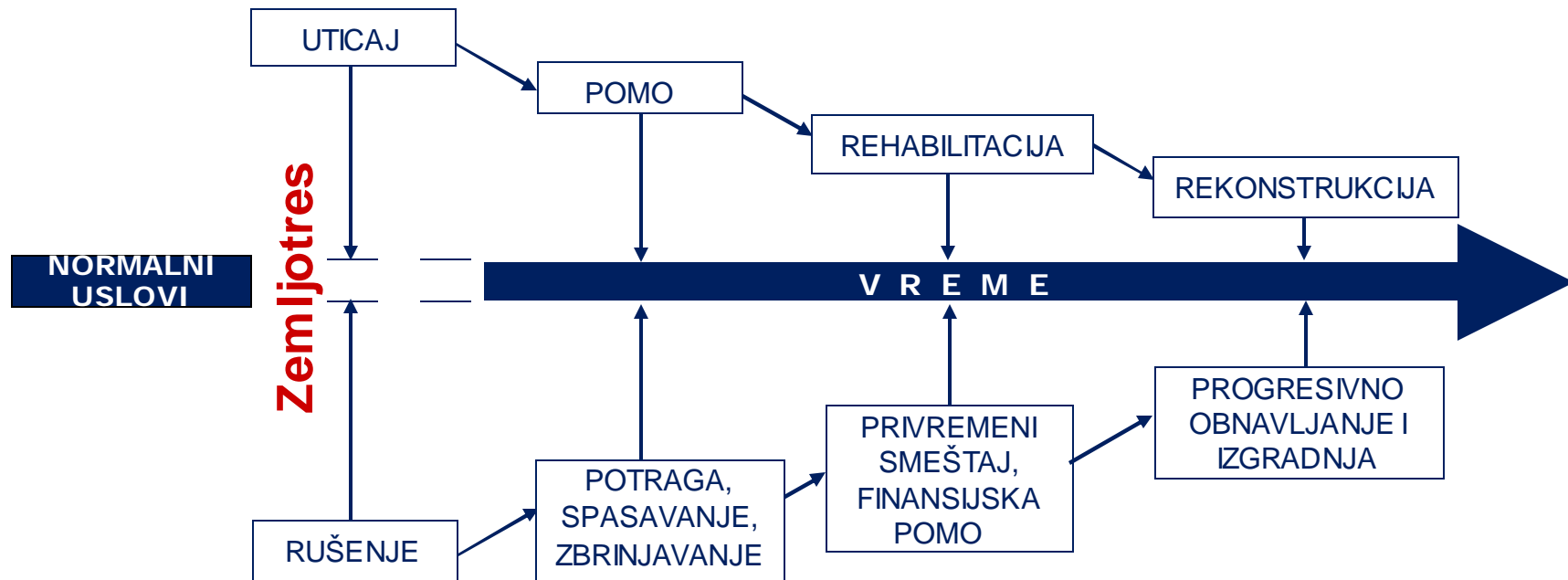
## 7. Studije, mere i aktivnosti za umanjenje efekata zemljotresa pre nastanka prirodne katastrofe

### Planiranje, projektovanje i izgradnja kriti ne infrastrukture

#### KRITI NA INFRASTRUKTURA

- § Detaljne studije lokalnog terena sa ciljem utvrđivanja faktora amplifikacije i modifikacije o ekvivalentnog kretanja tla;
  - § Određivanje dva nivoa prihvatljivog seizmičkog rizika, uzimajući u obzir poznate i potencijalne seizmičke zone;
  - § Određivanje dva nivoa kriterijuma projektovanja (funkcionalnost i granica nosivosti) na bazi operativnih i sigurnosnih zahteva;
  - § Posebni zahtevi za planiranje, izradu detaljnih planova, kontrolu kvaliteta i seizmički monitoring objekta.
- 
- § Preporučuje se sistematski pristup metodologiji procene rizika u kojem se **objekti kriti ne infrastrukture tretiraju kao međusobno povezana mreža.**
  - § Vlasnici ovih objekata i operativci su u obavezi da:
    - pripreme **planove zaštite i bezbednosti servisa**, i
    - predstavljaju **ni sektor koji će biti uključeni u proces procene rizika.**

## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*



**Faze u progresivnom obnavljanju normalnih uslova u području nakon zemljotresa kroz aktivnosti pomoći, rehabilitacije i rekonstrukcije**

Mere i aktivnosti u fazi nakon zemljotresa treba da budu usmerene ka postizanju kako naučnih, tako i praktičnih ciljeva kroz koordinirane napore centara za civilnu zaštitu i timova inženjera-eksperata.

## **8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa***

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

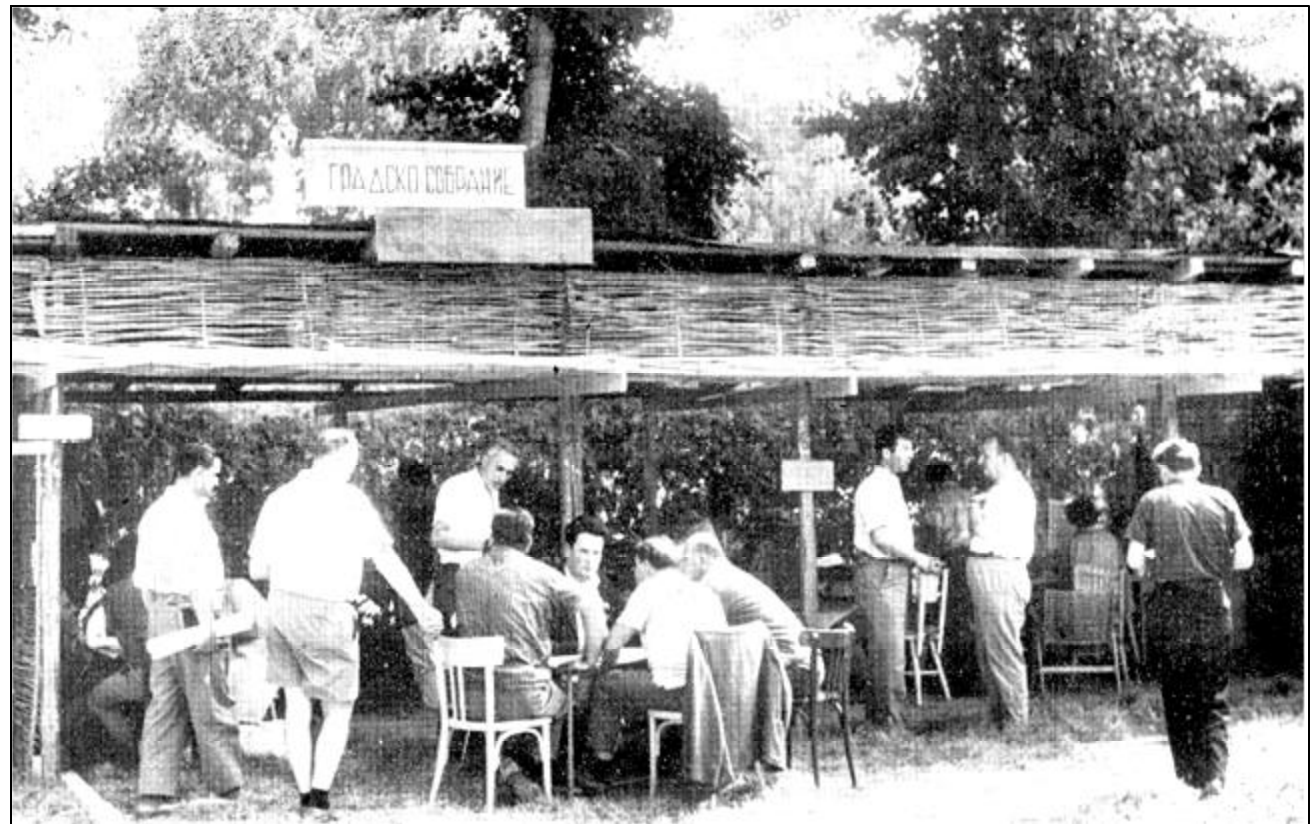
- ➔ **Zaštita stanovništva i materijalnih dobara u zemljotresom pogođenom području;**
- ➔ **Mere urgentne rehabilitacije funkcionalnosti sistema od vitalnog značaja.**



## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

- § **Mobilizacija centara**, koji e u svakom gradu, selu i instituciji sprovoditi hitne mere zaštite.



## *8. Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

#### § Gašenje požara:

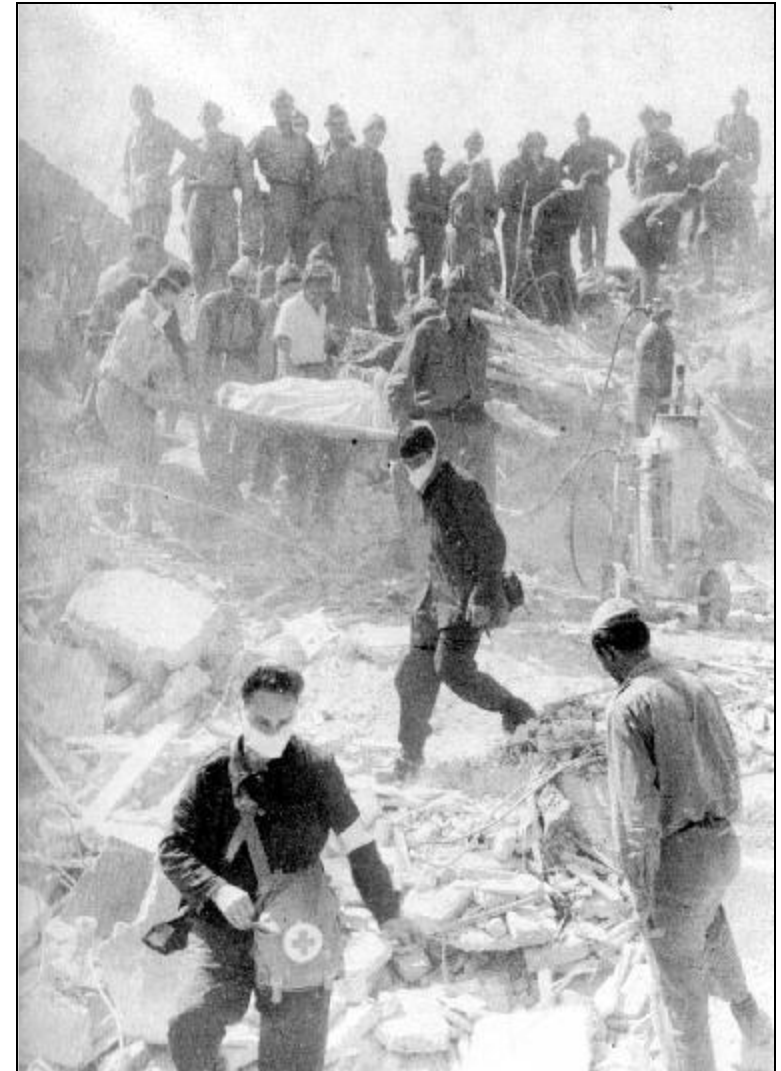
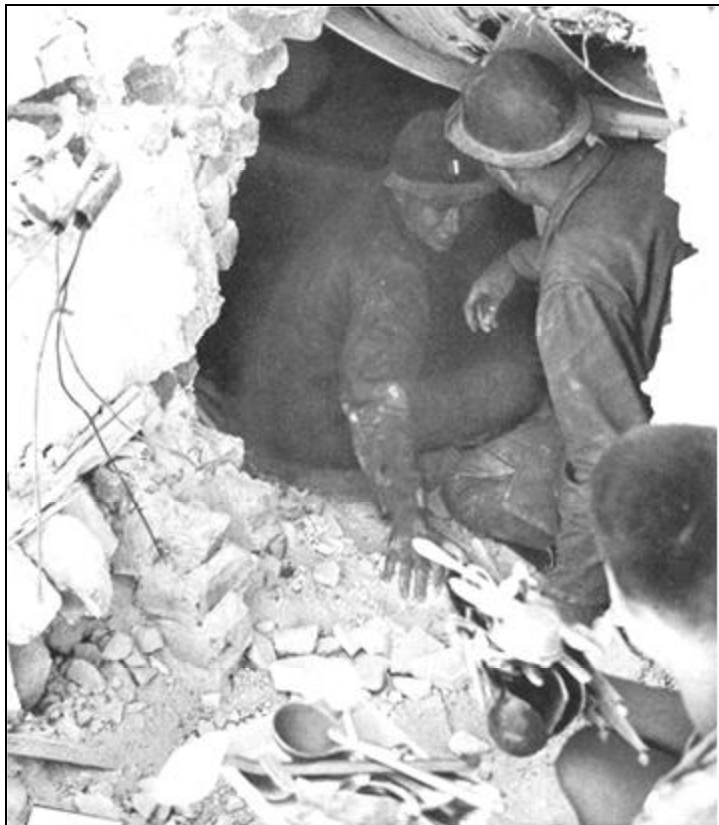
- u prvi mah uključivanjem volontera,
- angažovanjem vatrogasnih službi.



## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

- § **Spasavanje:** hitno spasavanje ljudi koji su zarobljeni u zgradama i pod ruševinama (oprema za otkrivanje preživelih).



## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

#### § **Le enje i zbrinjavanje žrtava:**

- odlaganje mrtvih,
- pružanje prve pomoći,
- identifikacija žrtava,
- organizovanje terenskih trijažnih centara u parkovima i/ili na travnatim površinama izvan objekta,
- organizovanje improvizovanih hirurških sala sa operacionim stolovima za le enje teško povre enih,
- identifikovanje potreba u smislu le enja, hospitalizacije i medicinske evakuacije;
- evakuacija povre enih koji ne zahtevaju hitnu medicinsku pomoć i koji nisu u kritičnom stanju do medicinskih centara u susednim gradovima;
- organizovanje vazdušnog prevoza teško povre enih lica.

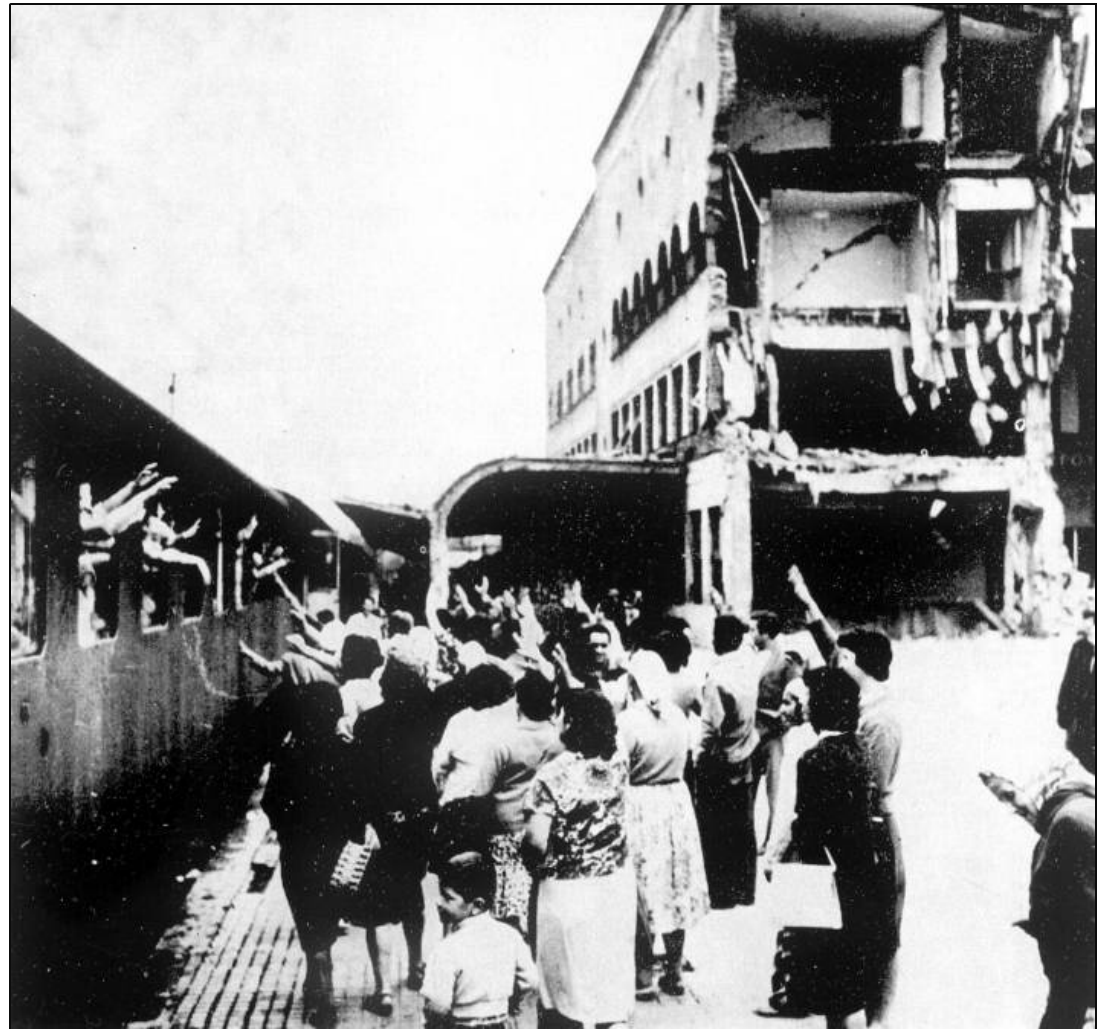


## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

#### § Evakuacija:

- evakuacija stanovništva iz gusto naseljenih i ugroženih područja;
- utvrđivanje da li je potrebno odmah evakuisati stanovništvo iz pogođenog područja ili se evakuacija može spovesti kasnije.





## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

#### § Sklonište:

- Organizovanje privremenih smeštaja, medicinskih centara i drugih javnih servisa na osnovu hitnih potreba;
- Obezbe ivanje skloništa onima iji su domovi uništeni ili nisu bezbedni:
  - hitna sanacija nekih objekata;
  - obezbe ivanje šatora, cirada i/ili kontejnera kao privremenog skloništa;
  - smeštanje grupe besku nika u škole, sportske sale itd.



## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

#### § Snabdevanje hranom:

- uspostavljanje centara za snabdevanje hranom i organizacija drugih hitnih aktivnosti;
- organizovanje poljskih kuhinja;
- obezbeivanje i distribucija hrane ugroženoj populaciji, kao i timovima za zaštitu i spasavanje;
- procena štete na zalihama hrane;
- procena dostupnih rezervi hrane (uključujući i nepožnjevenu letinu).



## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

- § **Sistemi komunikacije:** ponovno uspostavljanje radio, telefonskih, teleks, faksimil i informativnih (internet) veza.
- § **Rašišavanje i pristup:**
  - rašišavanje ključnih puteva, aerodroma i luka kako bi se omogućio pristup vozilima, vazduhoplovima i brodovima;
  - priprema lokacija za sletanje helikoptera.
- § **Snabdevanje vodom i strujom:**
  - ponovno uspostavljanje snabdevanja vodom i električnom energijom, angažovanje cisterni;
  - snabdevanje vodom za piće je često teško, naročito u ranim fazama nakon zemljotresa; stoga se treba snabdeti opremom za preišavanje vode i/ili koristiti tablete za preišavanje.
- § **Snabdevanje ostalim sredstvima:** obezbeđivanje odeće, ležaljki, kompleta za elementarne nepogode, posuđa za kuvanje i plastičnih folija, kako bi se ugroženoj populaciji omogućili uslovi za ostanak u području i time smanjila potreba za evakuacijom.
- § **Zdravlje i sanitet:** preduzimanje mera za zaštitu zdravlja ljudi u pogođenom području i održavanje neophodnih sanitarnih objekata.

## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Hitne mere i aktivnosti nakon zemljotresa

- § **Obnavljanje javnih usluga:** klinike pod improvizovanim krovom, apoteke, pošte i prodavnice u mobilnim vozilima.
- § **Javne informacije:**
  - informisanje građana pogodnog područja o tome šta treba da urade, posebno u pogledu samopomoći, i u kojim akcijama bi mogli da pomognu;
  - sprečavanje spekulacija i glasina o trenutnoj situaciji i budućem stanju.
- § **Bezbednost i sigurnost:**
  - održavanje reda i zakona, posebno da bi se predupredile pljačke i nepotrebna šteta;
  - ograničavanje ulaska u teško oštećene objekte koji nisu bezbedni.



## **8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa***

**Kratkoročne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa**

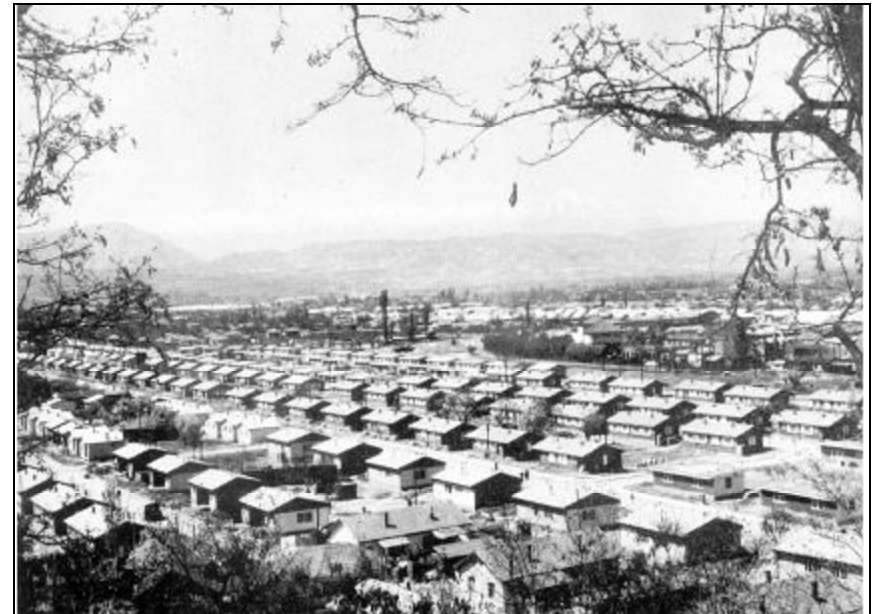
- ➔ **Dobijanje praktičnih podataka o zemljotresu i izazvanim posledicama;**
- ➔ **Potencijalno korišćenje podataka za razvoj programa revitalizacije, obnove i dugoročne rehabilitacije.**



## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Kratkoro ne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

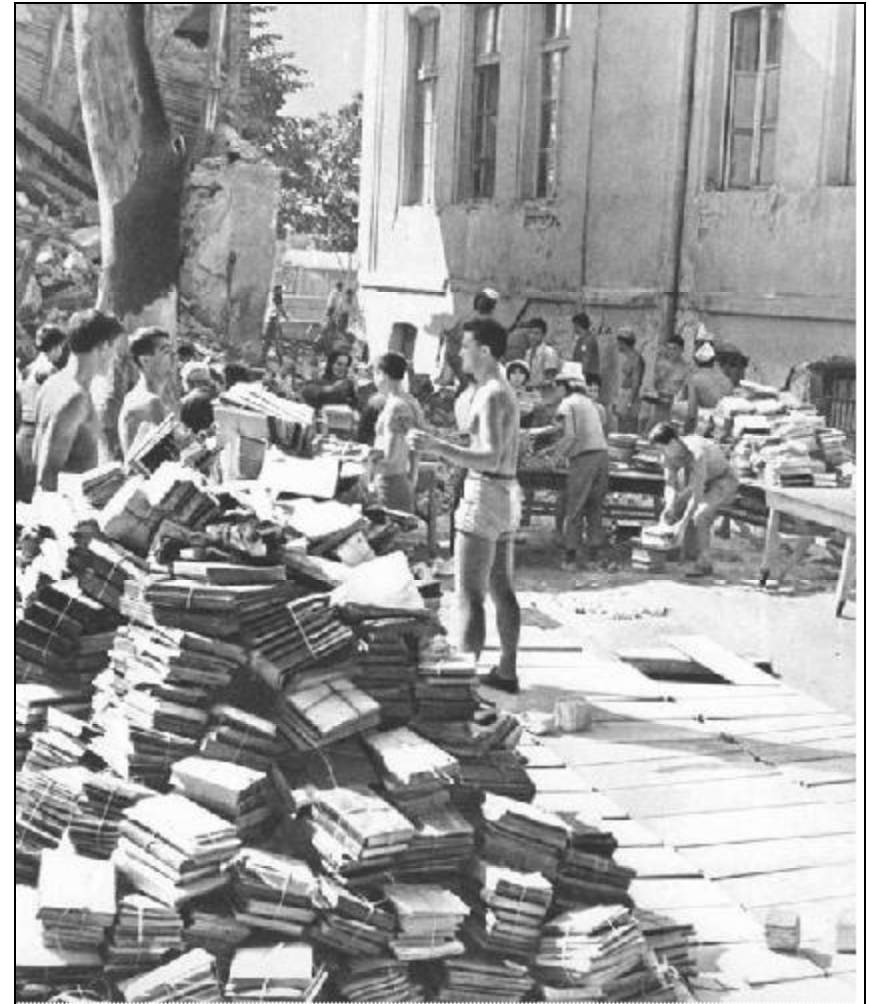
§ Planiranje i obezbe ivanje  
privremenog smeštaja (**montažna  
naselja**), organizacija medicinskih  
centara, zaliha, škola (**hangari**) i dr.



## *8. Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

Kratkoro ne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

§ Spasavanje i izmeštanje **arhiva i nacionalnih bogatstava.**



## **8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa***

### **Kratkoro ne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa**

- § **Dezinfekcija** ugroženog područja zračnim prskanjem.
- § **Studije** efekata zemljotresa i distribucije nastale štete.
- § **Istraživanja seizmičke aktivnosti** sa postojećim i privremeno instaliranim seizmičkim stanicama i **hitno montiranje akcelerografa i seizmoskopa za jake zemljotrese** sa ciljem snimanja naknadnih potresa.
- § **Prikupljanje seizmičkih zapisa i njihova obrada** u svrhu razrađivanja seizmičkih kriterijuma za izradu projekata sanacije i ojačanja oštećenih objekata.
- § **Izrada zahteva i uputstava za sanaciju i ojačanje** oštećenih zgrada i drugih objekata.
- § **Ponovno razmatranje prostornih i urbanističkih planova** sa kartiranjem prostorne raspodele efekata zemljotresa.
- § **Procena vrednosti štete** izazvane zemljotresom, **planiranje finansijskih i pravnih akcija** za umanjenje posledica zemljotresa.
- § **Urbanističko planiranje za izgradnju** novih stambenih naselja, medicinskih centara, škola i drugih javnih i komunalnih sistema **na osnovu hitnih potreba, zalihe upotrebljivih objekata i budućeg urbanog razvoja.**



## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Kratkoročne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

#### § Građevinske mere i aktivnosti:

- uklanjanje ruševina i nestabilnih delova objekata koji predstavljaju direktnu opasnost za stanare, korisnike ili pešake;
- rušenje (eksplozivom) teško oštećenih objekata ije iznenadno urušavanje može ugroziti ljude ili druge objekte u blizini;
- sanacija i ojačanje oštećenih objekata uz paralelno sprovođenje terenskih istraživanja i izradu projekata sanacije i ojačanja.



## *8. Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Kratkoročne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

- § **Socijalna pomoć** :
  - bavljenje socijalnim problemima stanovništva i građana;
  - potraga za nestalim licima i ponovno okupljanje porodica.
  
- § **Održavanje javnog morala**: mere za pomoć fizičkoj i psihološkoj rehabilitaciji osoba koje su pretrpele posledice katastrofe.

## **8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa***

Kratkoročne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

### **➔ Hitna inspekcija i klasifikacija oštećenja objekata**

- Sveobuhvatna inspekcija i klasifikacija nivoa oštećenja i upotrebljivosti zgrada, inženjerskih objekata, lokalne i regionalne infrastrukture;
- Primena uniformne metodologije klasifikacije oštećenja.



## **8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa***

### **Kratkoročne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa**

#### **➔ Hitna inspekcija i klasifikacija oštećenja objekata**

##### § **Primarni cilj:**

- **spasavanje ljudskih života i sprečavanje povreda** identifikacijom objekata koji su oštećeni zemljotresom i samim tim su ugroženi pojavom naknadnih (mogućih) potresa.

##### § **Sekundarni ciljevi:**

- **identifikacija hitnih potreba i mera oštećenja objekata;**
- **snimanje oštećenja i procena upotrebljivosti objekata;**
- **naznačavanje saobraćajnih tokova koji mogu biti izloženi potencijalnoj opasnosti od urušavanja obližnjih objekata;**
- **pružanje informacija o potrebnom broju privremenih stambenih jedinica;**
- **utvrđivanje lokacije podesne za privremena skloništa;**
- **prikupljanje podataka neophodnih za dobijanje pouzdanih procena efekata zemljotresa;**
- **osiguravanje podataka na osnovu kojih će biti identifikovani estivi uzroci oštećenja i usvajanje potencijalnih planova rehabilitacionih mera na bazi sprovedenih procena;**
- **osiguravanje informacija za sprovođenje studija sa ciljem:**
  - **preispitivanja urbanističkih planova** kartiranjem prostorne raspodele efekata zemljotresa,
  - **preispitivanja postojećih standarda** za aseizmičko projektovanje i građevinske prakse,
  - **ažuriranja seizmičkih karata,**
  - **izrada modela seizmičke povredivosti** za procenu potencijalnog seizmičkog rizika.

## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Kratkoro ne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

#### Hitna inspekcija i klasifikacija ošte enja objekata

#### § Prikupljanje podataka o ošte enjima izazvanih zemljotresom

- Odlu uju i faktor klasifikacije ošte enja objekata:  
**nivo ozbiljnosti fizi kog ošte enja** (u kojoj meri su nastala ošte enja uticala na nosivost glavnog konstrukcijskog sistema).
- Dobra procena i klasifikacija ošte enja i upotrebljivosti objekata moraju biti zasnovane na **pouzdanom inženjerskom prosu ivanju**.
- **Prethodne pripreme (u normalnim uslovima pre pojave zemljotresa)** su od suštinskog zna aja za osposobljavanje timova za brzo i kvalitetno sprovo enje klasifikacije ošte enja primenom uniformne metodologije.
- **Priprema neophodne inspeksijske dokumentacije (karte i formulari) i organizacija obuke inspeksijskih timova veoma teško izvodljive u izuzetno teškim uslovima nakon zemljotresa.**
- **Fotografisanje ošte enja objekata** je veoma važno radi kompletiranja dokaza i podataka o zemljotresom izazvanim ošte enjima, imaju i u vidu da e zate eno stanje na terenu nestati u kratkom vremenskom periodu.

## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

### Kratkoročne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

#### Hitna inspekcija i klasifikacija oštećenja objekata

#### § Sastav i zadaci tima za inspekciju oštećenja i upotrebljivosti objekata

- Tim treba da ima najmanje **dva inženjera** i **jedan tehničar - vozač**.
- **Inženjeri:**
  - procena stepena oštećenja i upotrebljivosti objekata nakon zemljotresa;
  - odlučivanje i preporuka hitnih mera, ukoliko je to potrebno;
  - dokumentovanje oštećenja;
  - popunjavanje inspekcijskog formulara;
  - pripremanje dnevnog, sedmičnog i završnog izveštaja sa kumulativnim prikazom pregledanih objekata;
  - podnošenje izveštaja štabovima sektora.
- **Tehničar:**
  - asistiranje u prikupljanju informacija o objektima;
  - crtanje skica.

## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

Kratkoro ne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

### Hitna inspekcija i klasifikacija ošte enja objekata

§ Procedura inspekcije i klasifikacije ošte enja i upotrebljivosti objekata nakon zemljotresa i efektivnog prikupljanja podataka

- Mobilizacija osoblja inspekcijskih timova i štabova;
- Raspodela unapred pripremljenih formulara za inspekciju ošte enja objekata svakom štabu i inspekcijskom timu;
- Popunjavanje inspekcijskih formulara za svaki pregledani objekat paralelno u svakom sektoru ugroženog područja;

## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

Kratkoro ne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

### ➔ Hitna inspekcija i klasifikacija ošte enja objekata

§ Procedura inspekcije i klasifikacije ošte enja i upotrebljivosti objekata nakon zemljotresa i efektivnog prikupljanja podataka

- **Klasifikacija** nivoa ošte enja i upotrebljivosti objekata;





## 8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa*

Kratkoro ne studije, mere i aktivnosti nakon zemljotresa

### Hitna inspekcija i klasifikacija ošte enja objekata

§ Procedura inspekcije i klasifikacije ošte enja i upotrebljivosti objekata nakon zemljotresa i efektivnog prikupljanja podataka

- Priprema kumulativnih dnevnih i nedeljnih izveštaja, kao i završnih izveštaja inspeksijskih timova i štabova sektora i opština;
- Podnošenje kumulativnih izveštaja opštinskim, regionalnim i državnim organima nadležnim za klasifikaciju ošte enja i upotrebljivosti objekata nakon zemljotresa;
- Arhiviranje jedne kopije kompletne dokumentacije o izvršenoj klasifikaciji ošte enja i upotrebljivosti objekata u sedištima oštinskih štabova za vanredne situacije i podnošenje druge dve kopije regionalnom i državnom štabu koji su odgovorni za dalje postupke u smislu procene ekonomskih gubitaka i mera ublažavanja posledica zemljotresa.

## **8. *Mere i aktivnosti nakon zemljotresa***

### **Dugoro ne mere i aktivnosti nakon zemljotresa**

- ➔ **Dugoro ne mere nakon zemljotresa u osnovi se ne razlikuju od prethodnih mera koje treba sprovesti pre pojave zemljotresa;**
- ➔ **Sve podatke i rezultate dobijene tokom kratkoro nih aktivnosti nakon zemljotresa, posebno podatke o raspodeli i klasifikaciji ošte enja i o zapaženoj povredivosti objekata, treba dosledno primenjivati radi umanjenja seizmi kog rizika u slu aju ponovljene seizmi ke aktivnosti koju realno treba o ekivati;**
- ➔ **Mere rekonstrukcije objekata, uklju uju i i izgradnju objekata koji su uništeni usled zemljotresa, tako e su dugoro ne prirode.**

## 9. Mesto i uloga pojedinca - građanina u slučaju zemljotresa

Porodici ni prilikom za ponašanje u vanrednim situacijama

- Sektor za vanredne situacije MUP-a Republike Srbije;
- Povećanje svesti javnosti o rizicima od katastrofa i prevenciji istih;
- Pomoć građanima da shvate svoju ulogu u sistemu civilne zaštite i da je sprovedu u skladu sa svojim sposobnostima.



## 9. Mesto i uloga pojedinca - građanina u slučaju zemljotresa

Porodici ni prilikom nastanka za ponašanje u vanrednim situacijama

### § Šta činiti tokom zemljotresa?

- Ostanite mirni i prisebni i ne dozvolite da vas obuzme panika. Budite svesni da su neki zemljotresi samo po etni potresi i da ubrzo može uslediti sledeći, jači i potres.
- Ne paničite!
- Ne pokušavajte da bežite.
- Spustite se na pod, sklonite se i zaštitite glavu.



## 9. Mesto i uloga pojedinca - građanina u slučaju zemljotresa

Porodi ni priručnik za ponašanje u vanrednim situacijama

### § Šta činiti ukoliko se nalazite u zatvorenom prostoru za vreme zemljotresa?

- Nađite zaklon na bezbednim mestima u kući kao što su: dovratnici, nose i zidovi, mesto ispod stola, vrstog nameštaja i ostanite tamo dok traje potres, ili pokrijte svoje lice i glavu rukama i sklonite se u ugao unutrašnjih zidova postorije.
- Udaljite se od stakla, prozora, spoljnih zidova i vrata, i bilo čega što može da padne, poput lustera ili polica.
- Ukoliko ste u krevetu, spustite se pored njega i zaštitite glavu.
- Ostanite u kući dok potres ne prestane i ne bude bezbedno za vas da izađete (pokazalo se da najviše povreda nastaje kad ljudi pokušavaju da izađu iz zgrade za vreme potresa). Iz prizemne zgrade ili sa prvog sprata možete izaći na otvoren prostor, ali vodite računa da budete na bezbednoj udaljenosti od zgrada.
- Sve dok zemljotres traje, izbegavajte stepeništa i liftove.
- Ne izlazite na terasu ili balkon.



## 9. Mesto i uloga pojedinca - građanina u slučaju zemljotresa

Porodici ni prilikom za ponašanje u vanrednim situacijama

### § Šta činiti ukoliko se nalazite u zatvorenom prostoru za vreme zemljotresa?

- Ne držite police iznad kreveta.
- Ukoliko ste u blizini visoke zgrade ili unutar nje, sklonite se od stakla i spoljnih zidova.
- Ukoliko ste u javnom objektu (škola, preduzeće, tržni centar ili prodavnica), ostanite mirni i izbegavajte paniku. Držite se dalje od mase ljudi koja se u panici kreće ka izlazu.
- Budite svesni da može doći do nestanka struje, i da se alarmi (protivpožarni i drugi) mogu uključiti.
- Uvek imajte pripremljenu baterijsku lampu i tranzistorski prijemnik sa rezervnim baterijama.
- Odmah isključite sve izvore električne energije, gasa i vode. Ukoliko ste koristili neki izvor toplote, isključite ga kada se potres smiri.
- Ukoliko dođe do pojave požara, pokušajte da ga ugasite i obavestite lokalnu vatrogasno-spasilačku jedinicu.
- Ukoliko je potrebno i u mogućnosti ste, pridružite se timovima za spasavanje iz ruševina i uključite se u potragu i pružanje pomoći nastradalima pod ruševinama srušenih objekata.



## 9. Mesto i uloga pojedinca - građanina u slučaju zemljotresa

Porodi ni priru nik za ponašanje u vanrednim situacijama

### § Šta činiti tokom zemljotresa ukoliko ste na otvorenom?

- Sklonite se od uli ne rasvete, elektri nih kablova i zgrada, najve a opasnost je u blizini građevina, na izlazima i uz spoljne zidove.
- Ukoliko ste na ulici vodite računa o objektima koji mogu pasti na vas, kao što su dimnjaci, crepovi sa krova, slomljeno prozorsko staklo i slično.
- Zaštitite glavu rukama ili tašnom.



## 9. Mesto i uloga pojedinca - građanina u slučaju zemljotresa

Porodici ni prilikom za ponašanje u vanrednim situacijama

### § Šta činiti tokom zemljotresa ukoliko ste u vozilu u pokretu?

- Zaustavite se ukoliko vam bezbednost u saobraćaju dozvoljava.
- Izbegavajte zaustavljanje u blizini zgrada, drveća, nadvožnjaka ili električnih kablova.
- Nastavite oprezno kada potres prestane. Izbegavajte puteve, mostove ili rampe koji su možda oštećeni u potresu.





## 9. Mesto i uloga pojedinca - građanina u slučaju zemljotresa

Porodici ni prilikom nikada za ponašanje u vanrednim situacijama

### § Uputstva za ponašanje ukoliko se nadjete pod ruševinama

- Ne palite šibicu.
- Ne krećite se.
- Prekrijte usta maramicom ili tkaninom.
- Udarajte o cev ili zid kako bi spasila ekipa mogla da vas prona u. Ukoliko imate pištaljku iskoristite je.
- Vičite samo ukoliko je to poslednja opcija. Vikanje može izazvati udisanje opasno velike količine prašine.
- Sačuvajte prisobnost i pokušajte da se orijentirate.
- Ako ste pritisnuti materijalom, započnite sa laganim odstranjivanjem, pri čemu štedite snagu i izbegavajte se oštrog predmeta i naknadnog povređivanja.



## 9. Mesto i uloga pojedinca - građanina u slučaju zemljotresa

Porodici ni prilikom za ponašanje u vanrednim situacijama

### § Uputstva za ponašanje posle prvog udara zemljotresa

- Budite spremni za dodatne potrese. Ako je objekat oštećen, zbog mogućnosti nastanka jačeg zemljotresa, napustite ga smireno, bez panike i po redu: majke sa decom, stari, bolesni, osobe sa invaliditetom itd.
- Ukoliko se nalazite u oštećenom objektu i osetite miris gasa ili vidite pokidane kablove, ne palite sveće i šibice zbog opasnosti od požara i eksplozija.
- Proverite da li je neko povređen.
- Ne pomerajte ozbiljno povređene osobe.
- Pratite uputstva nadležnih organa.
- Koristite telefon samo u slučaju nužde kako se telefonske linije ne bi opteretile.
- Ne koristite automobile kako ne biste ometali spasilačke ekipe u obavljanju njihovih funkcija.
- Izbegavajte ulazak u kuću, pogotovo ukoliko postoje oštećenja, osetite miris gasa ili vidite oštećene kablove.



**HVALA NA PAŽNJI!**



## Development of master curricula for natural disasters risk management in Western Balkan countries

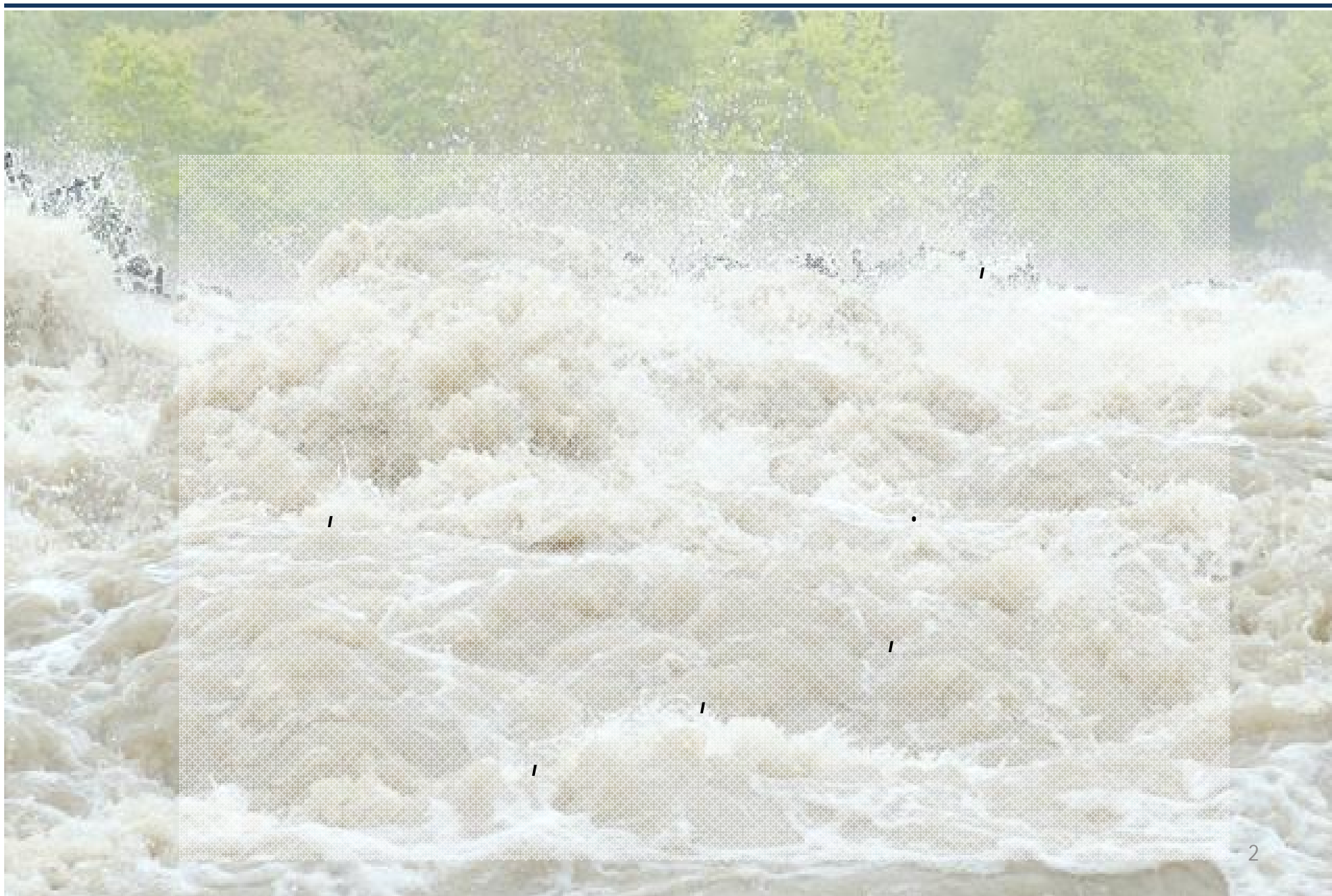
---



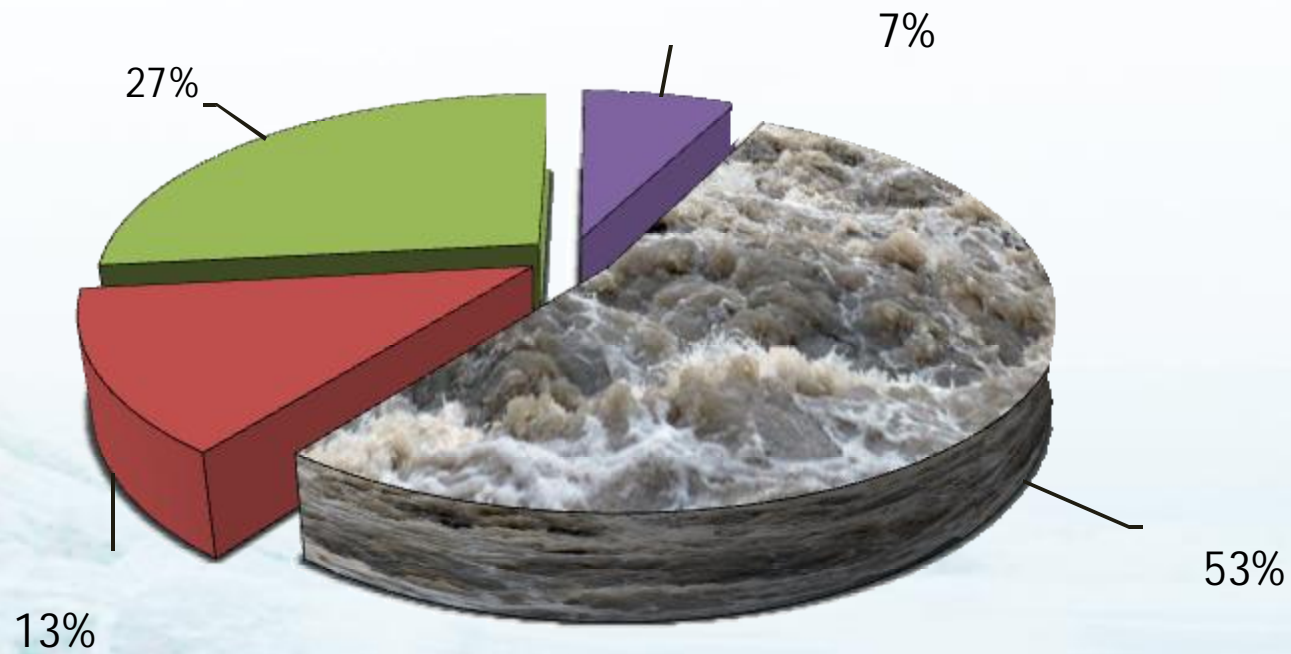
/ 11. 2018. /

Project number: 573806-EPP-1-2016-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP

*"This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein"*



2000-2011



Глобална дистрибуција катастрофа изазваних природним опасностима и њиховим утицајима (1980-2007)



: EM DAT

## УЗРОЦИ ПОПЛАВА

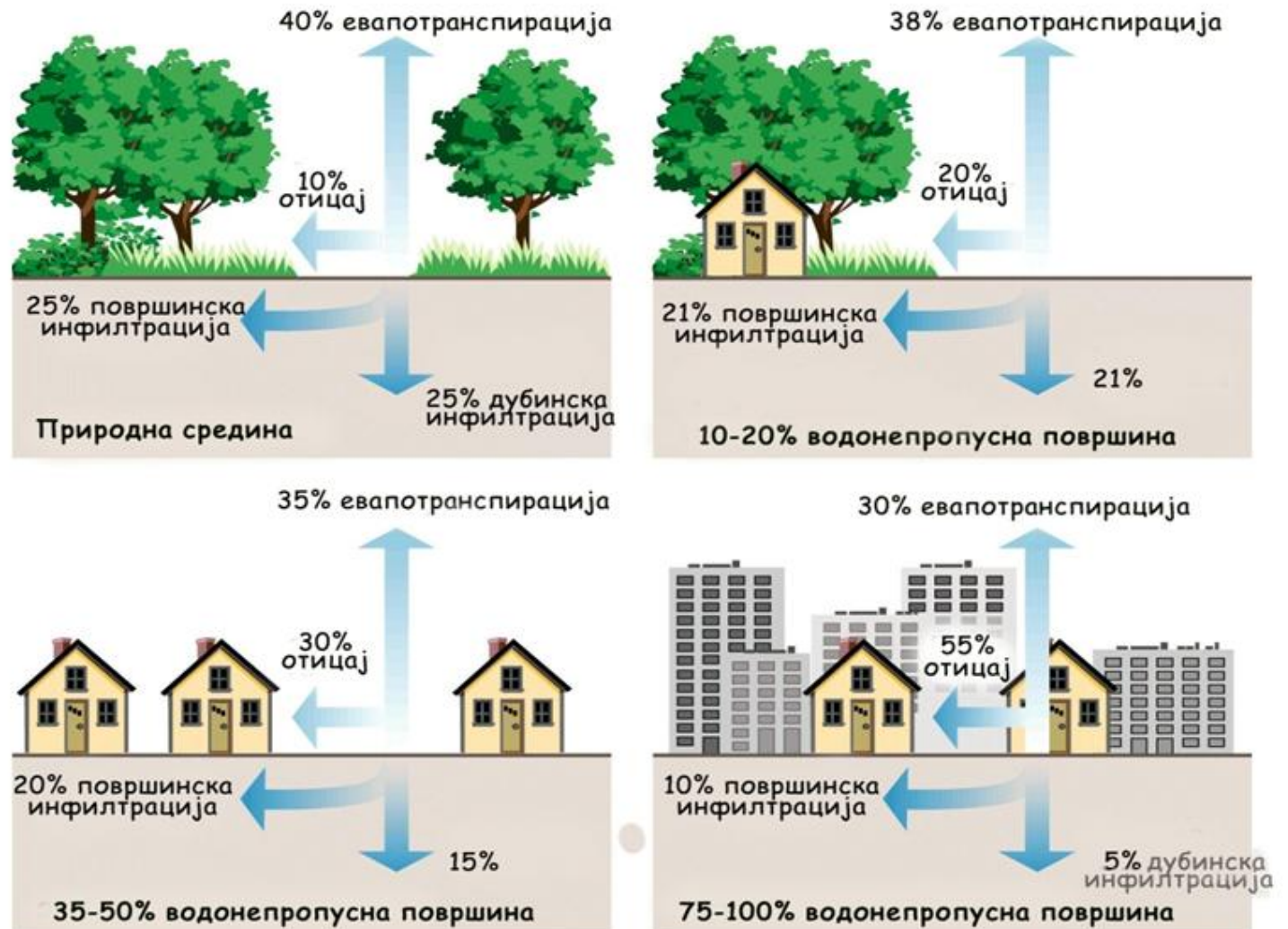




## УЗРОЦИ ПОПЛАВА



## Мере за превенцију поплава



## ТИПОВИ ПОПЛАВА



).

## ТИПОВИ ПОПЛАВА

, 2014.





## ТИПОВИ ПОПЛАВА

—



## ТИПОВИ ПОПЛАВА

2014.



## ТИПОВИ ПОПЛАВА





## ТИПОВИ ПОПЛАВА

К е је

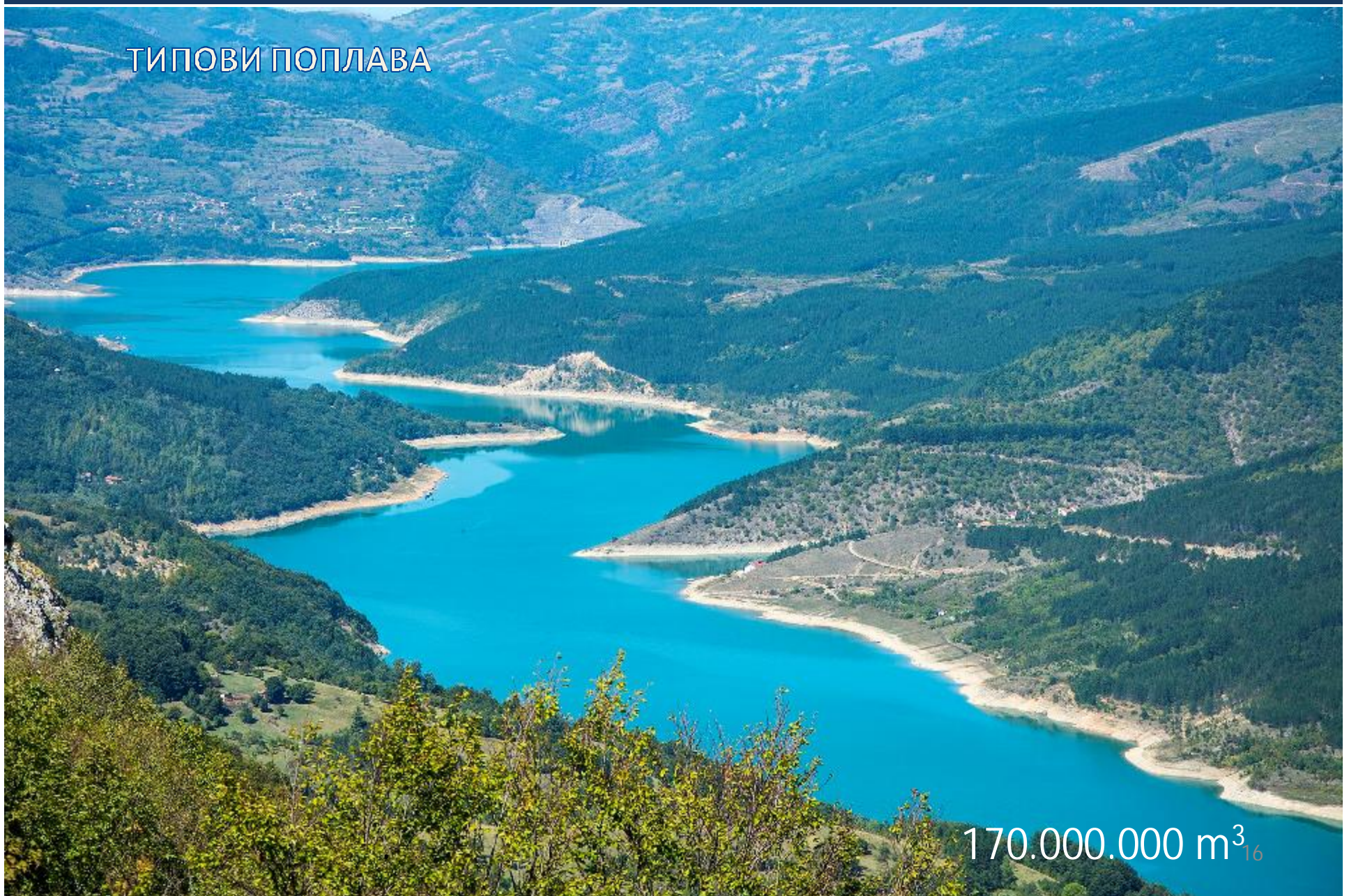


## ТИПОВИ ПОПЛАВА



Висина бране	86 m
Дужина круне	290 m
Ширина круне	10 m

## ТИПОВИ ПОПЛАВА



170.000.000 m<sup>3</sup><sub>16</sub>

## ТИПОВИ ПОПЛАВА



## ТИПОВИ ПОПЛАВА



## ТИПОВИ ПОПЛАВА

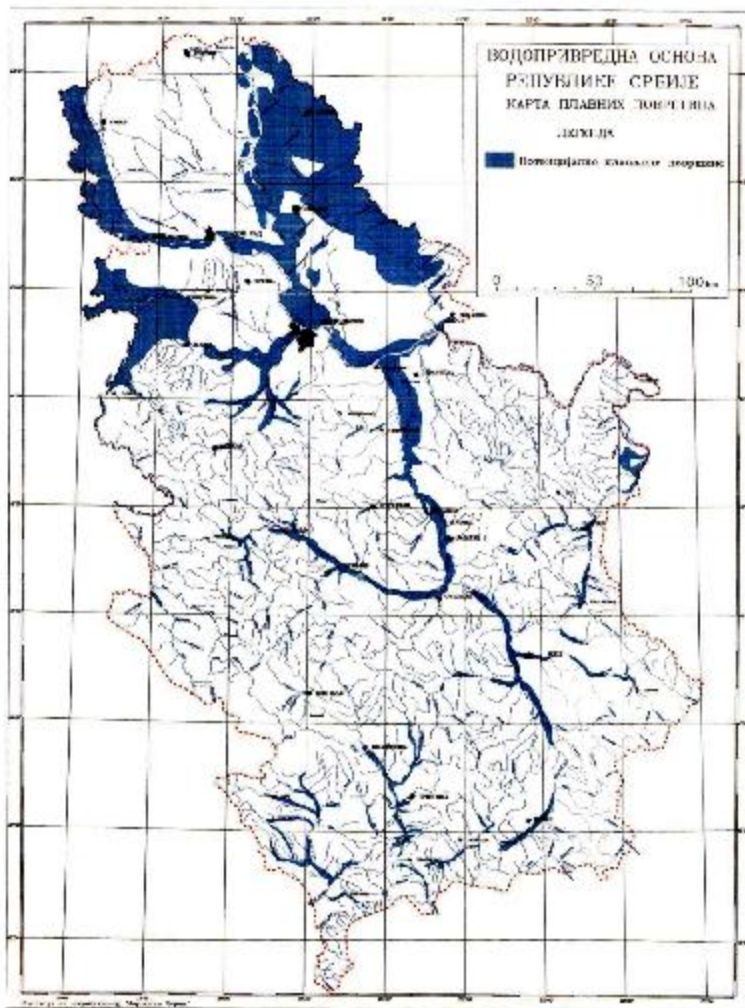


## Плавне површине у Србији

10.968 km<sup>2</sup>

12,4 %

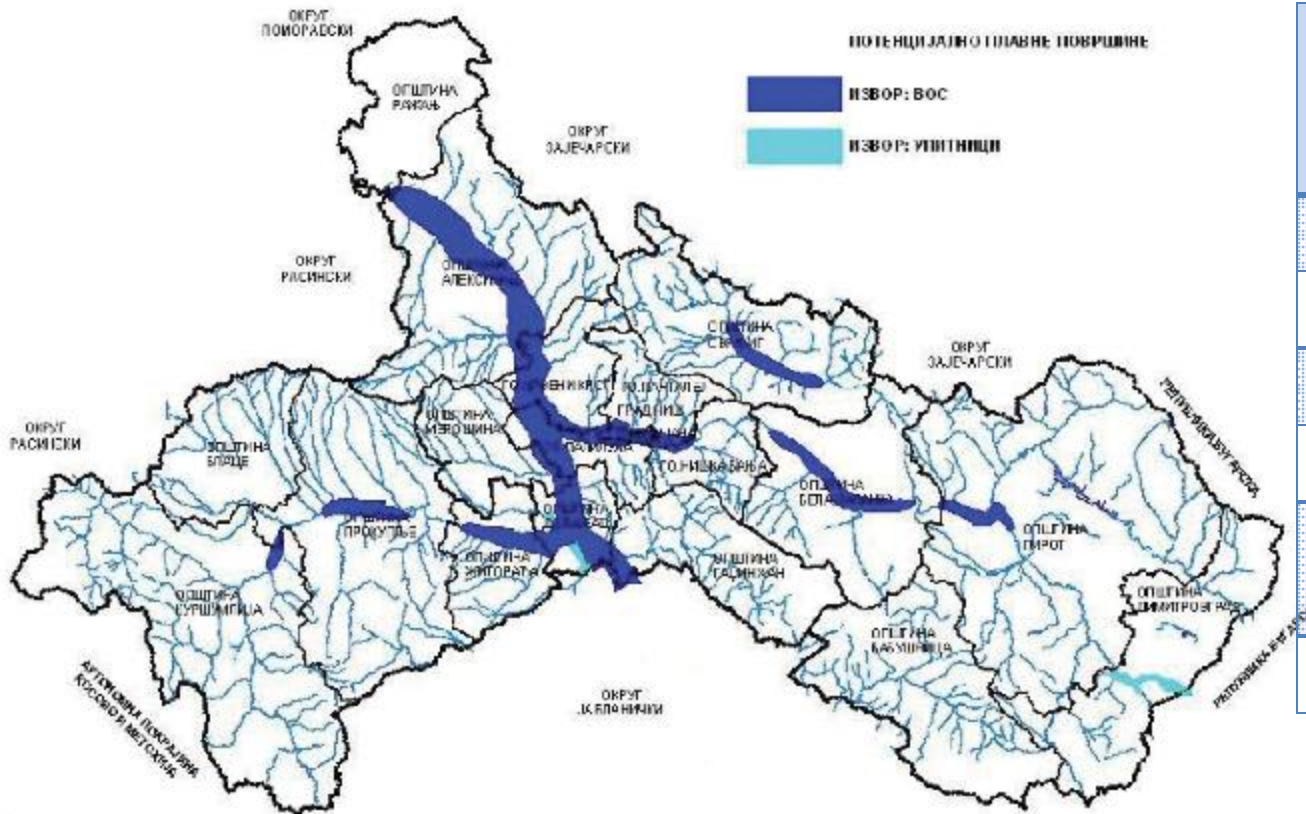
– 80%



( )	(ha)
	1 290 000
	127 000
	30 000
	17 000
	26 400
	38 890
	19 110
	17 300
	12 900

:

## Плавне површине у Србији



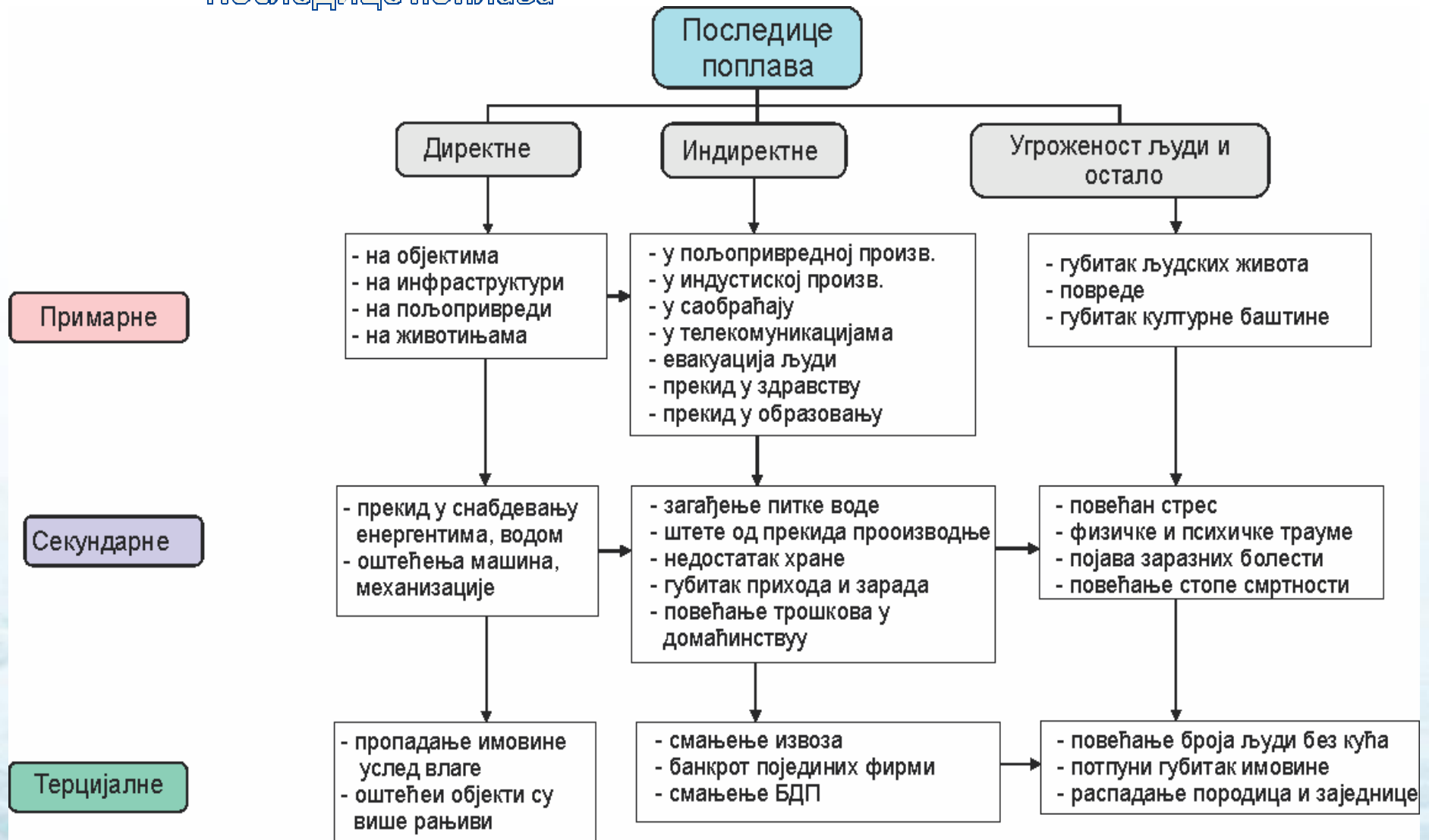
	%
	37
	16
	13
	10
	7
	5



## Поседице поплава

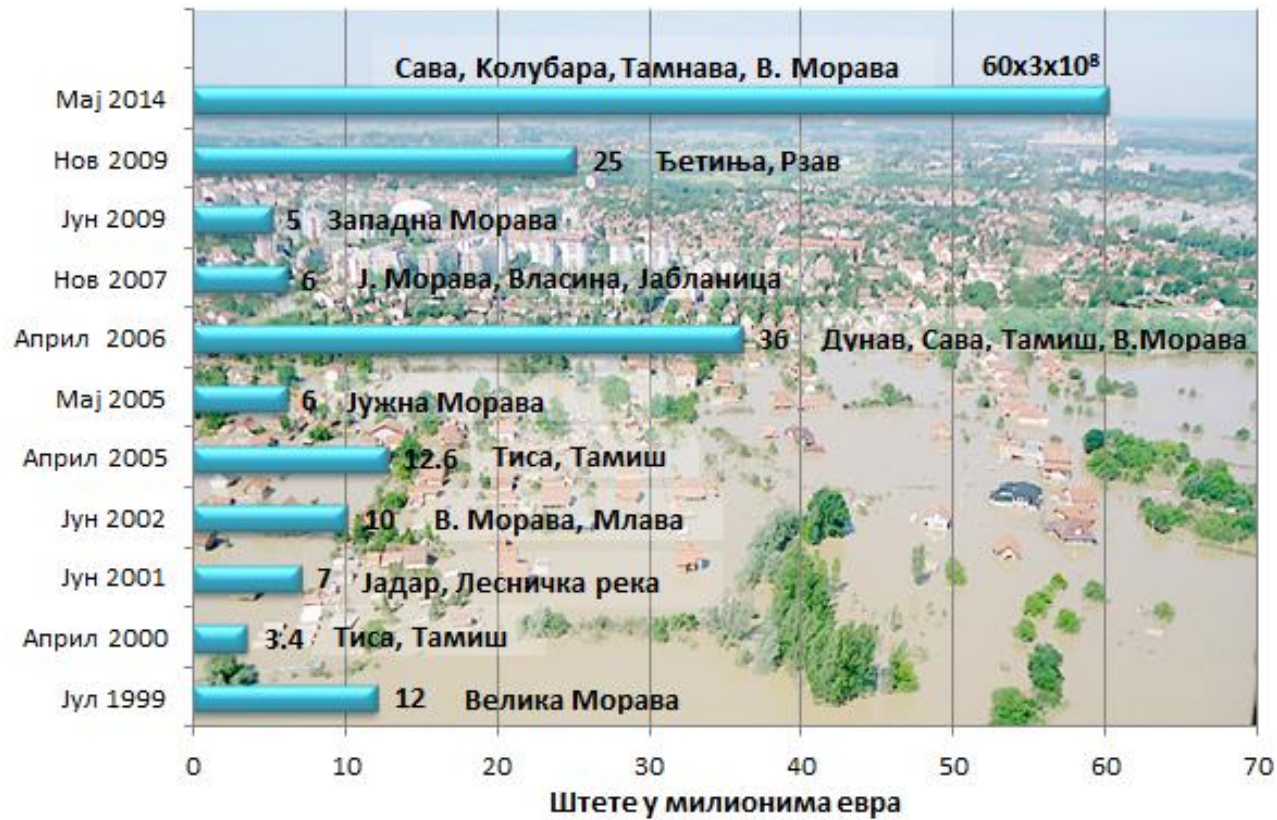


## Последице поплава



Последице поплава

1999. 2014. .

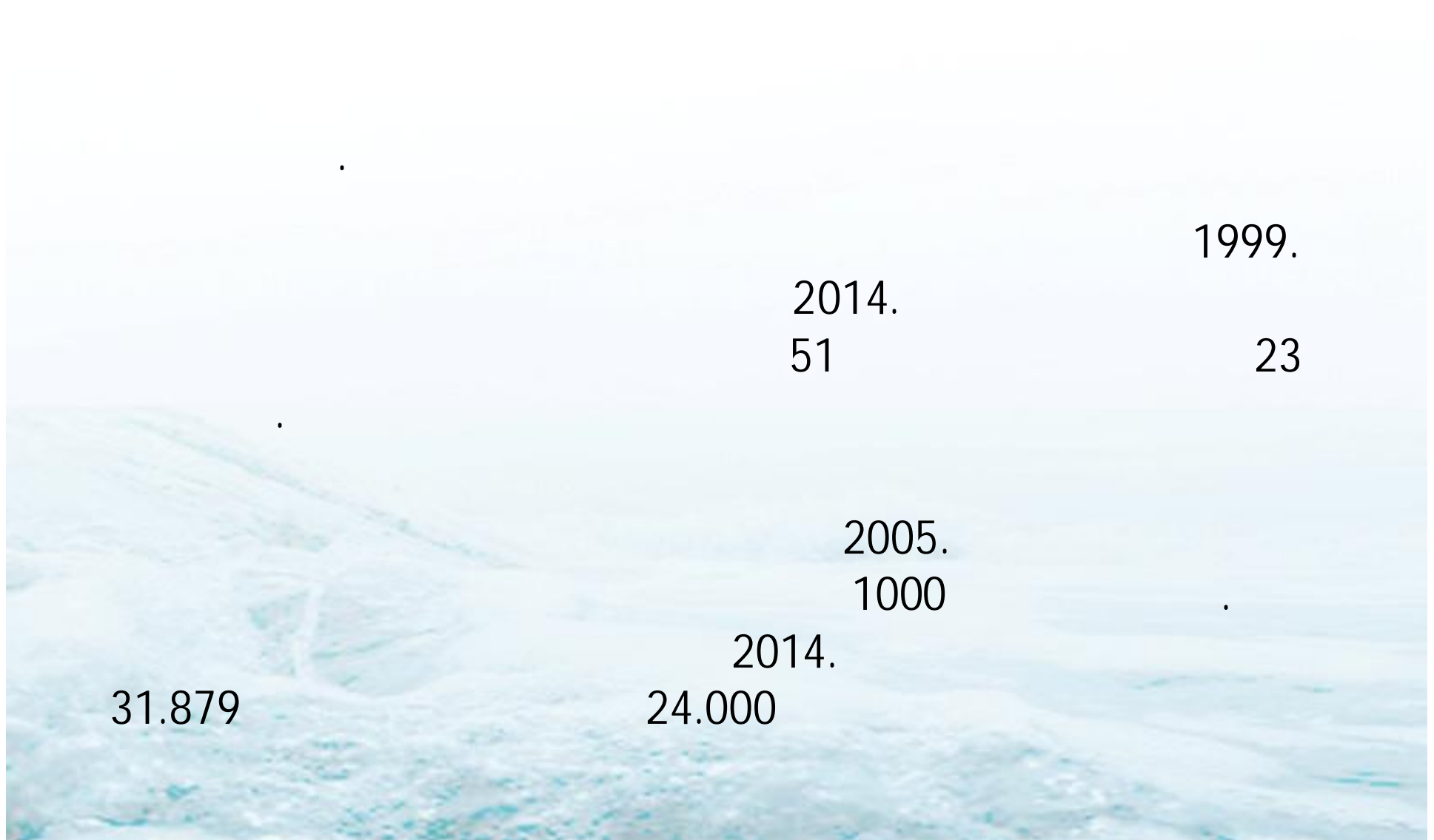


2014.

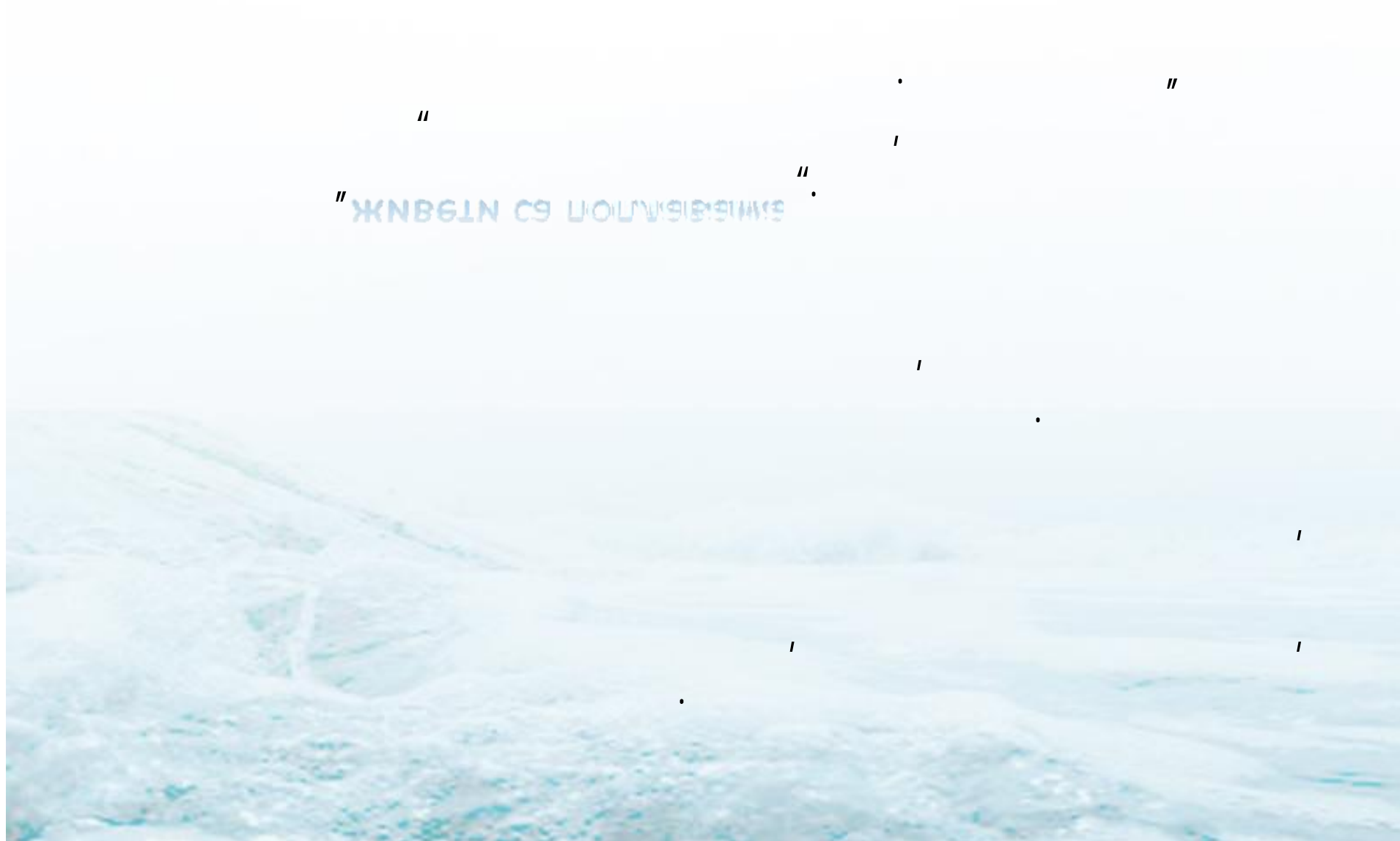
1.800

3 %

## Последице поплава



## Заштита од поплава



Заштита од поплава



EUR-Lex

Access to European Union law

## Pravna regulativa EU



2007/60/EC



Заштита од поплава



EUR-Lex

Access to European Union law

# Pravna regulativa EU



§  
§  
§

, :

, /



## Заштита од поплава



e

:

e

§

§

$\geq 100$

)

(

§

:



,

,



## Заштита од поплава



:

§

§

§

§

,

.

## Заштита од поплава



§

|

|

|

|

.

§

|

|

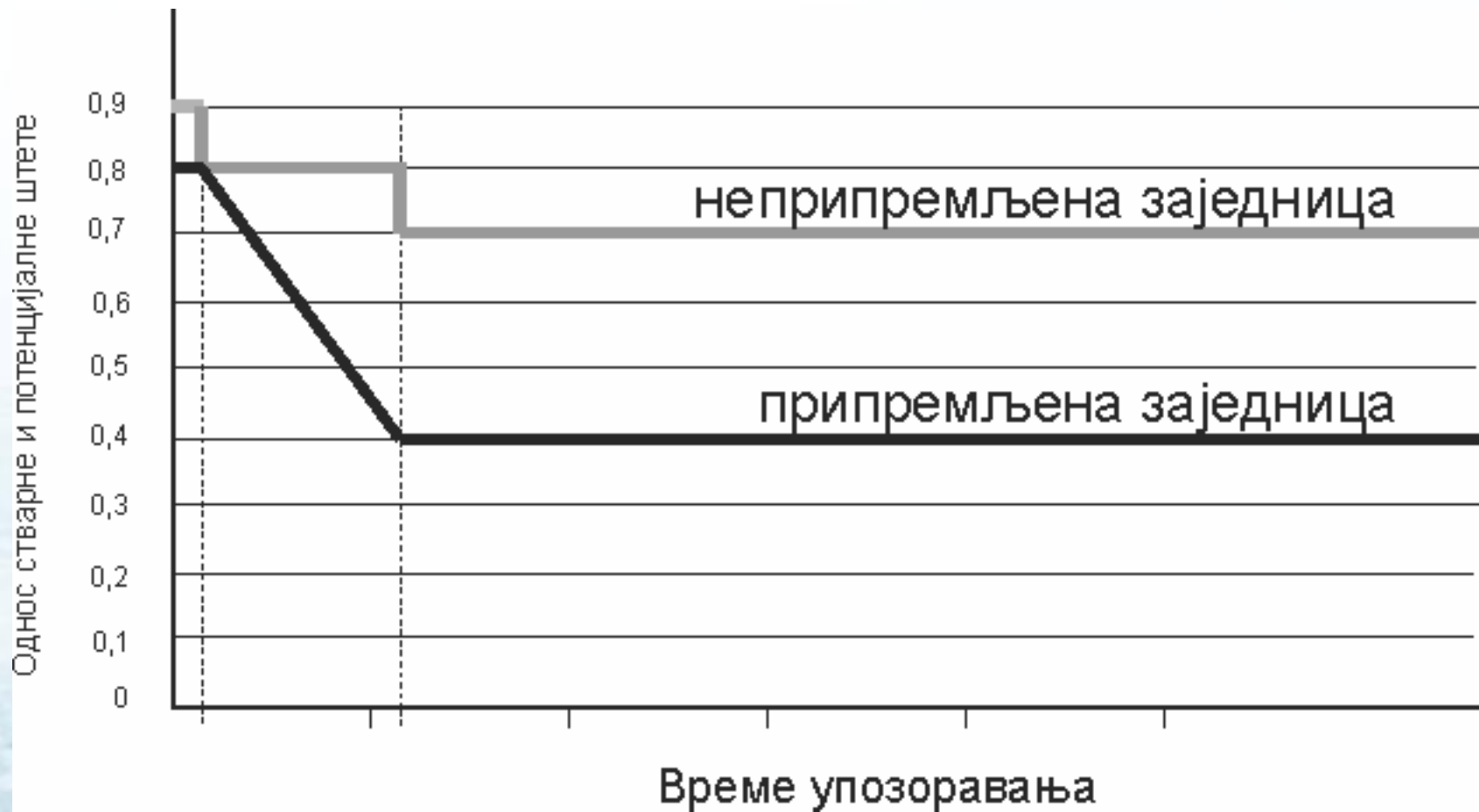
.

§

|

.

## Заштита од поплава



## Заштита од поплава

( . . . 30/10, 93/12 101/16)



## Заштита од поплава



## Заштита од поплава



## Заштита од поплава



## Заштита од поплава





## Заштита од поплава





## Мере за превенцију поплава



## Мере за превенцију поплава



## Мере за превенцију поплава



**ТИПСКИ ПОПРЕЧНИ ПРОФИЛ РЕКОНСТРУИСАНОГ НАСИПА НА 1% ВЕЛИКУ ВОДУ:**

1. ТЕЛО СТАРОГ НАСИПА
2. ПОЈАЧАЊЕ КОХЕРЕНТНИМ МАТЕРИЈАЛОМ
3. ПОЈАЧАЊЕ ХИДРАУЛИЧКИ УГРАЂЕНИМ ПЕСКОМ
4. ХУМУСНИ СЛОЈ



## Мере за превенцију поплава



## Мере за превенцију поплава



## Мере за превенцију поплава

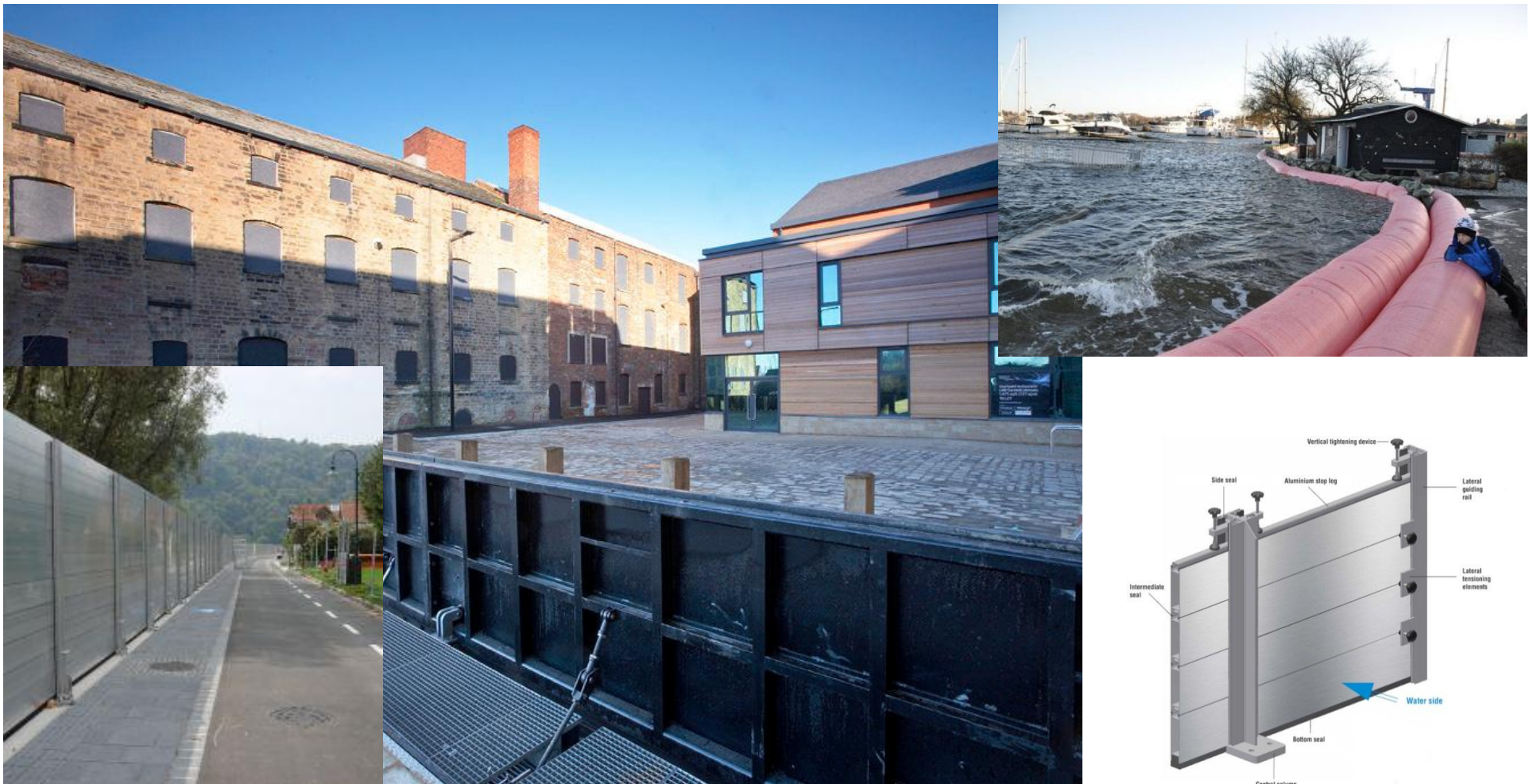




## Мере за превенцију поплава

I	km/
	3550
	1109
	134
	29
	11
	47

## Мере за превенцију поплава



## Мере за превенцију поплава

§  
§  
§  
§



## Мере за превенцију поплава



## Мере за превенцију поплава



—

/ /



## Мере за превенцију поплава



## Мере за превенцију поплава



## Мере за превенцију поплава





## Поступак у случају поплава

p



∅

∅

∅

∅

## Поступак у случају поплава



## Закључак



## Закључак





## Development of master curricula for natural disasters risk management in Western Balkan countries

---

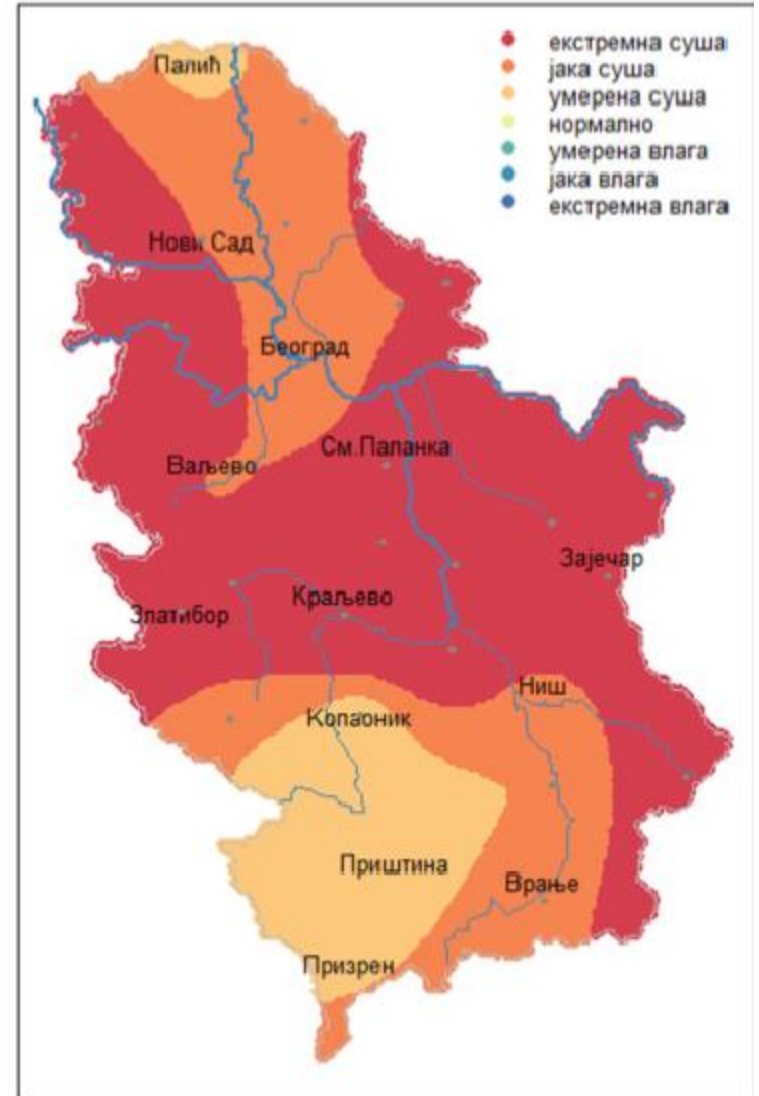


Univerzitet u Nišu/ 11. 2018.

Project number: 573806-EPP-1-2016-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP

*"This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein"*

2007.  
 :  
 :  
 9-10 (45 C)  
 )  
 2012.  
 50%.  
 : — ( )  
 :



,

,

,

.





## Development of master curricula for natural disasters risk management in Western Balkan countries

---



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

(1965)

”

,

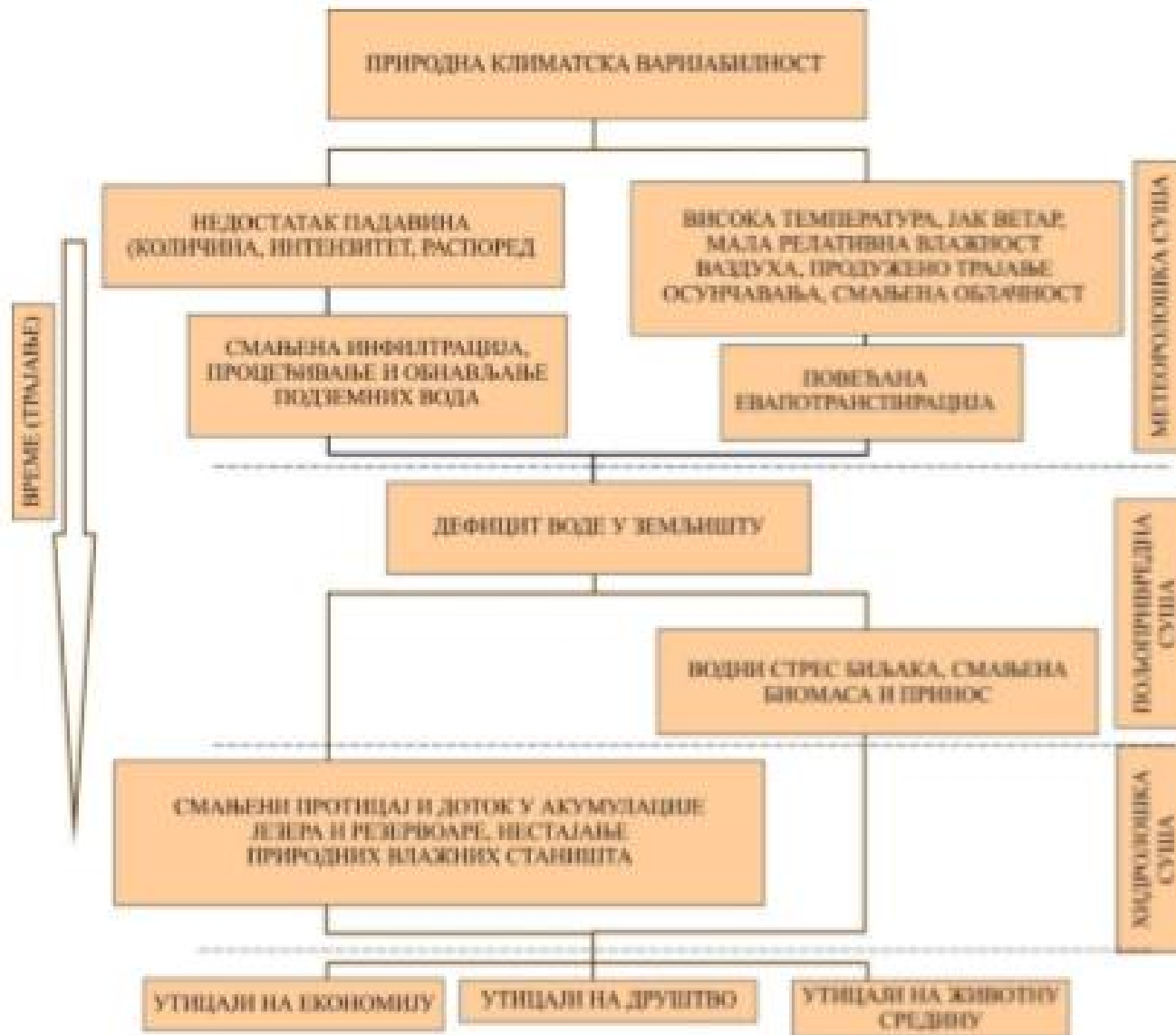
”

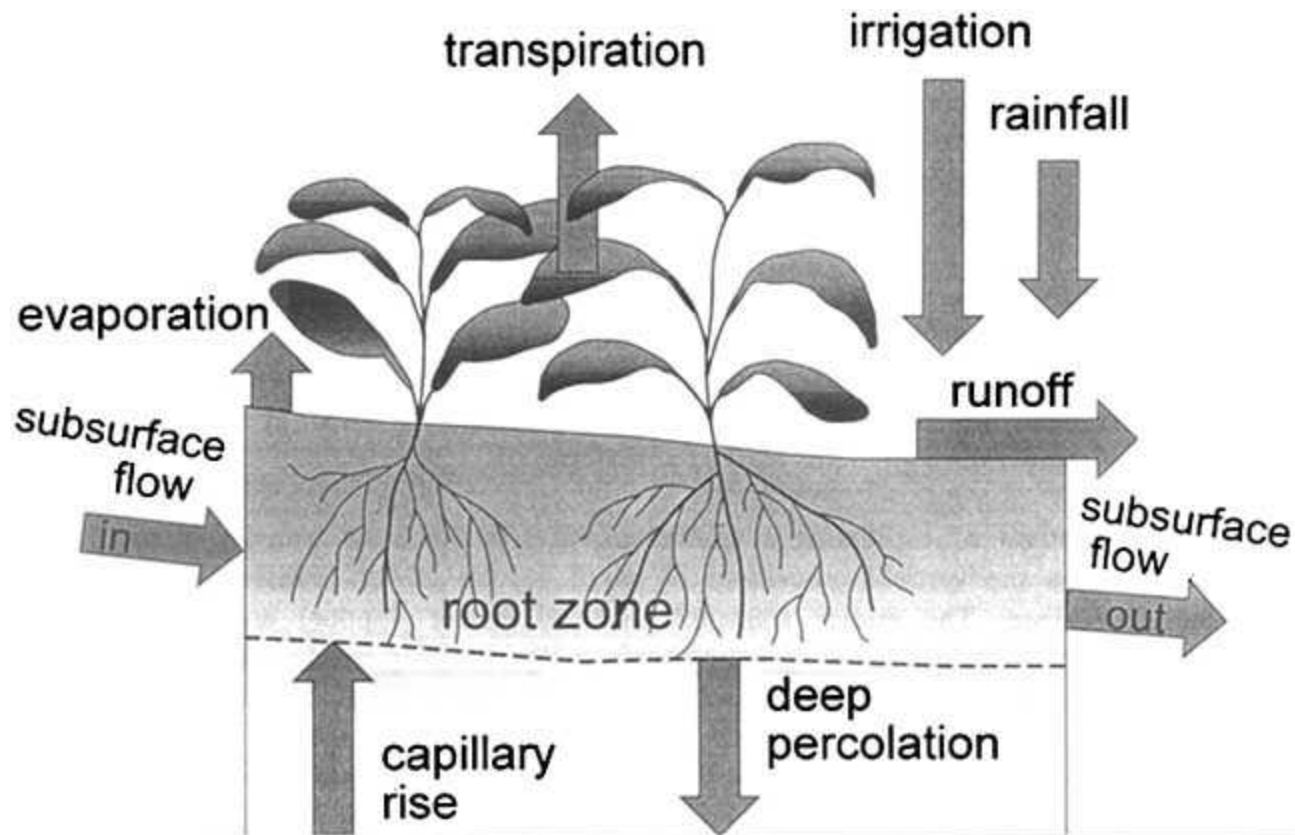
.

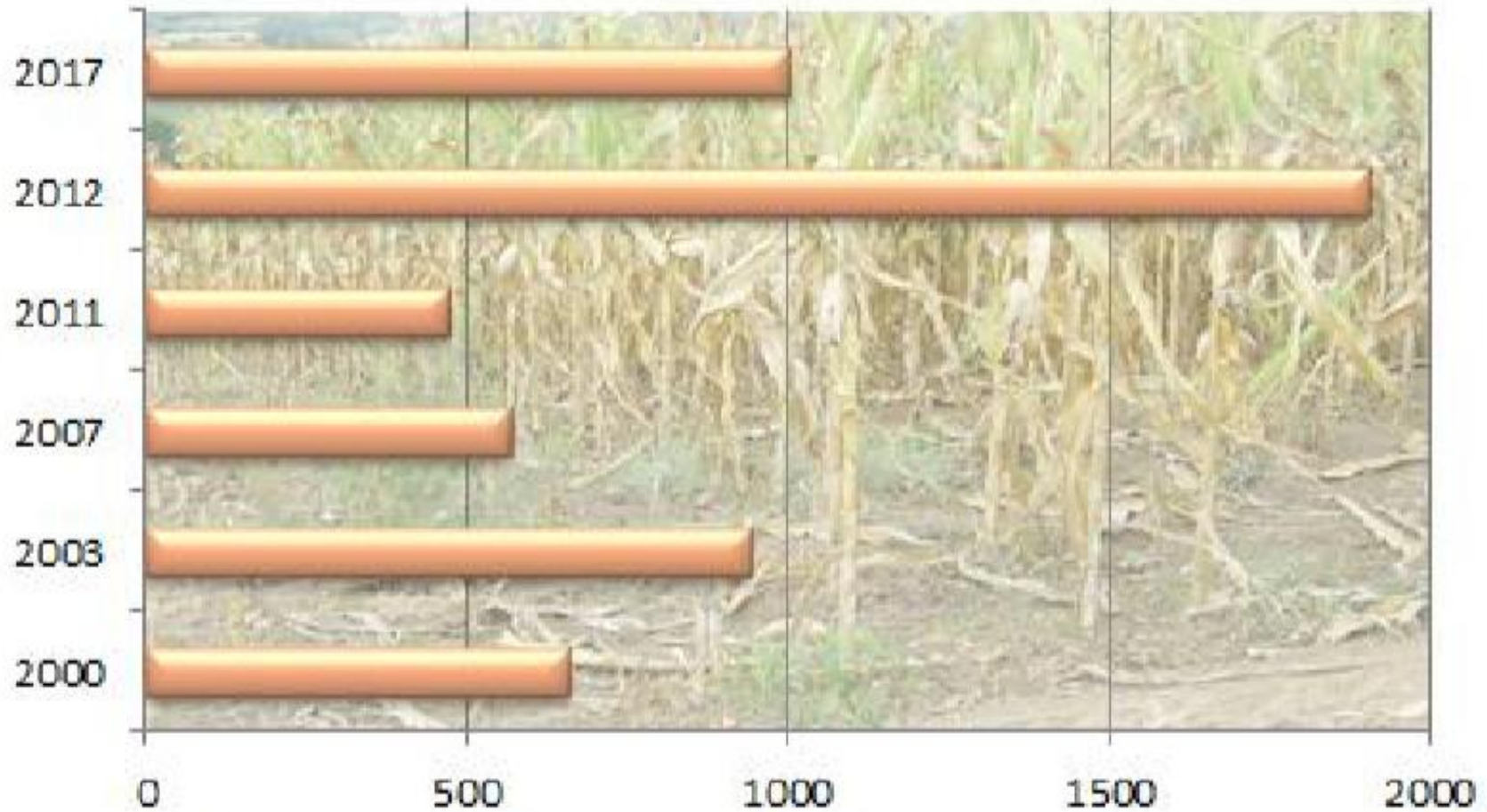
,

.









100

•

,

•

•

•

•

•

,

# SPI

McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist, 1993: The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 17–22 January 1993, Anaheim, CA. Boston, MA, American Meteorological Society.

Precipitation Index, SPI)  
(1993, 1995)

(Standardized  
McKee et al.

(1, 3, 6, 12, 24, 48 ).

:



SPI-3 ( e , )

SPI-6 ( e – )

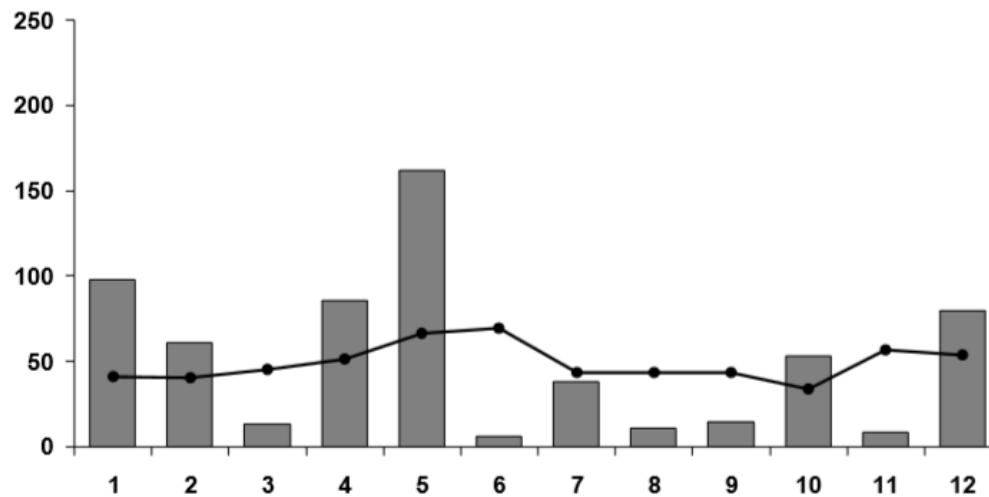
SPI-12 ( – )

SPI –

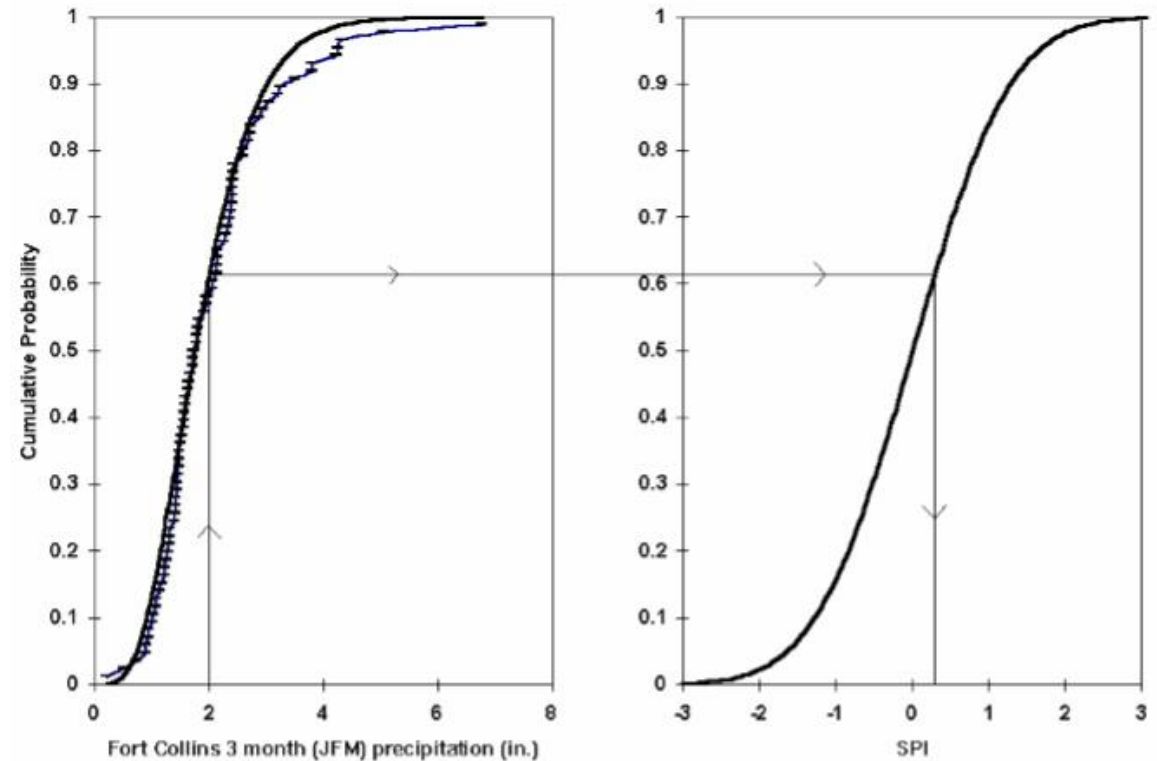
SPI-1 – SPI-3

SPI-1 – SPI-6

SPI-6 – SPI-24



## SPI



### Класе суше

### SPI вредности

Екстремно влажно

$SPI \geq 2,0$

Веома влажно

$1,5 \leq SPI < 2,0$

Умерено влажно

$1,0 \leq SPI < 1,5$

Скоро нормално

$-1,0 \leq SPI < 1,0$

Умерена суша

$-1,5 \leq SPI < -1,0$

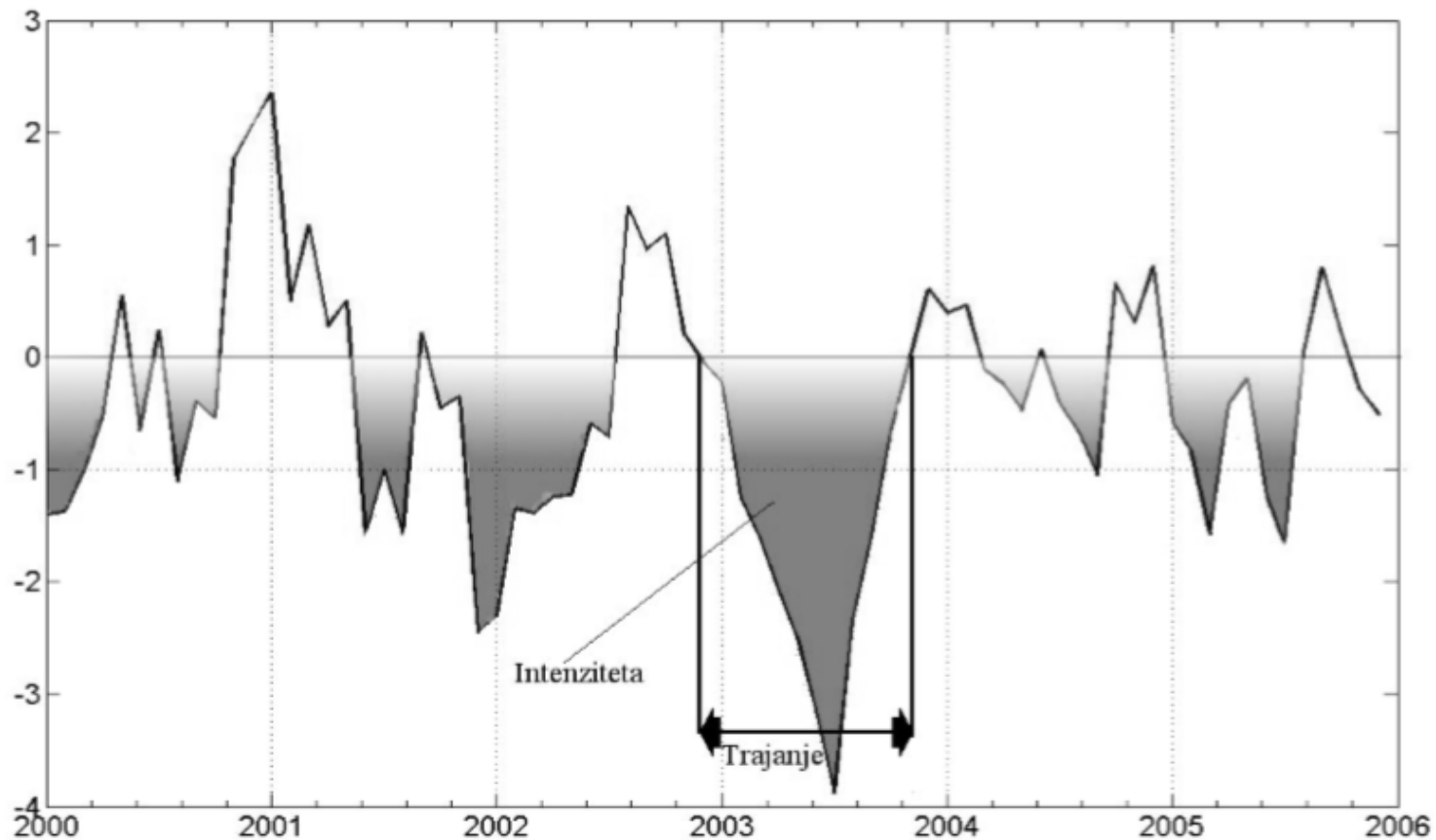
Јака суша

$-2,0 \leq SPI < -1,5$

Екстремна суша

$SPI < -2,0$

# SPI



$$DM = - \left( \sum_{j=1}^x SPI_{ij} \right)$$

# SPI -

SPI-1    SPI-3  
.  
. SPI  
,    SPI  
.

Guttman, N. B., 1998: Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. *J. Amer. Water Resour. Assoc.*, 34, 113–121.

The SPI is recommended as a drought index because it is simple, spatially consistent (invariant) in its interpretation, probabilistic so that it can be used in risk and decision analyses, and can be tailored to time periods of a user's interest

# SPI -

•

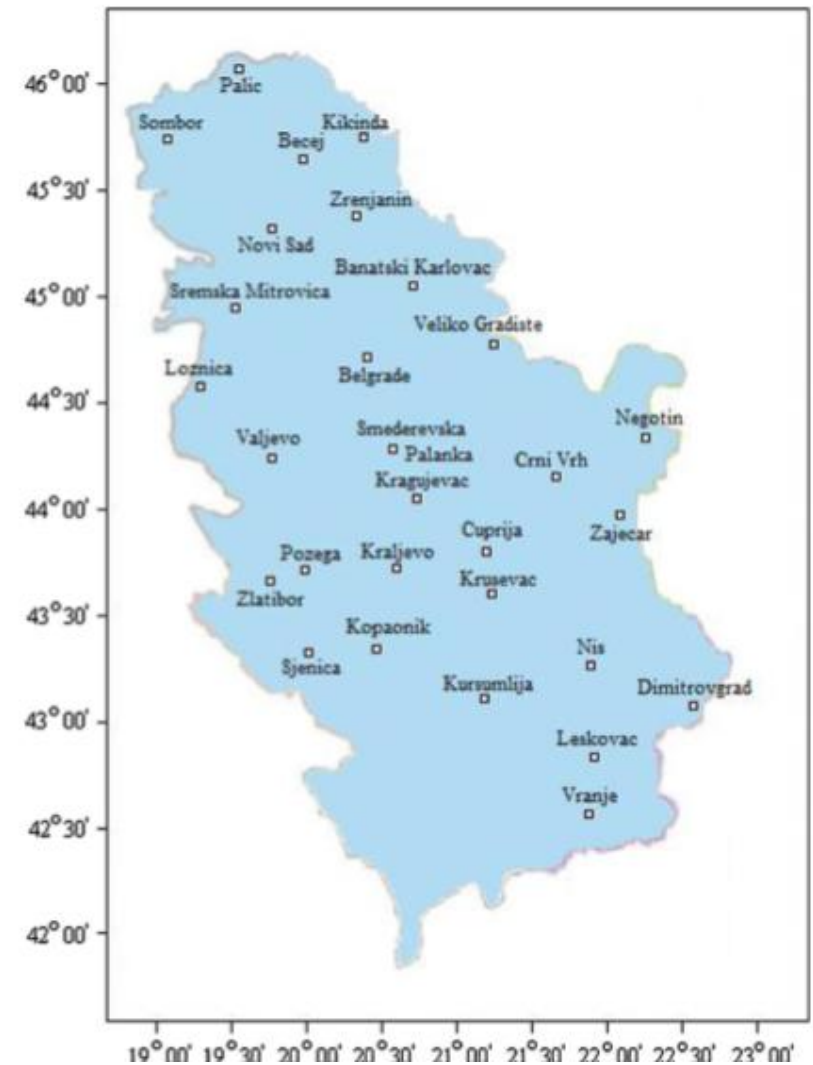
•

•

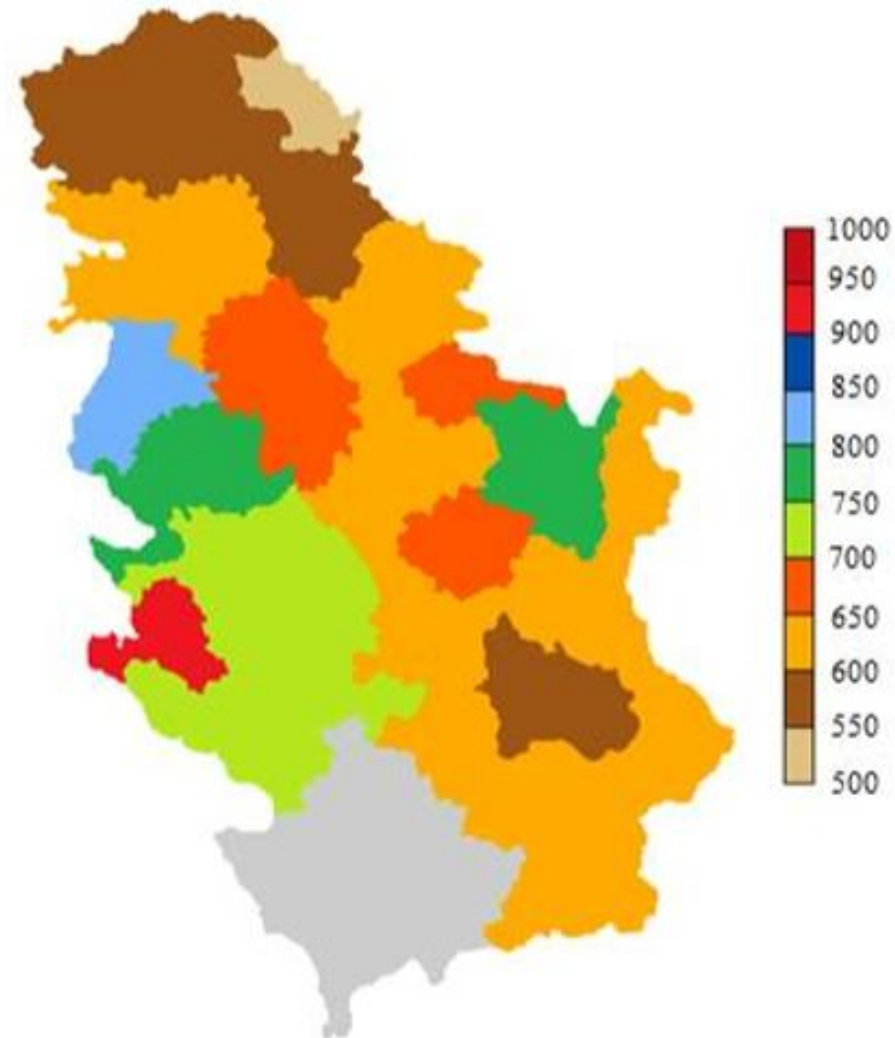
•

29

1948–2012

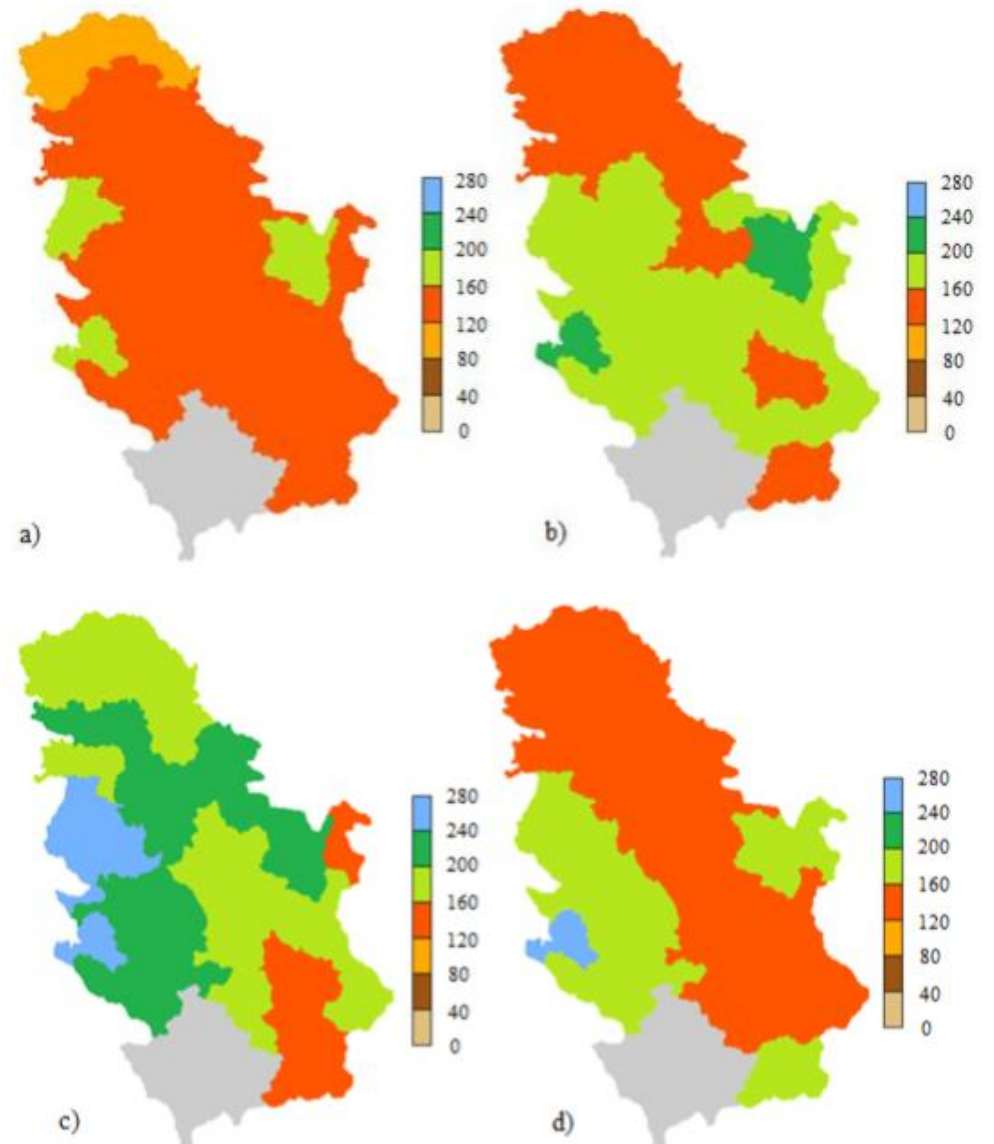


Station name	Mean (mm)
Banatski Karlovac	627.0
Becej	579.7
Belgrade	692.1
Cmi Vrh	789.9
Cuprija	651.8
Dimitrovgrad	631.0
Kikinda	549.7
Kopaonik	727.3
Kragujevac	628.6
Kraljevo	748.1
Krusevac	643.6
Kursumlija	635.4
Leskovac	614.6
Loznica	820.0
Negotin	637.5
Nis	578.8
Novi Sad	613.8
Palic	550.1
Pozega	746.7
Sjenica	718.7
Sombor	588.2
Smederevska Palanka	635.7
Sremska Mitrovica	621.9
Valjevo	775.9
Veliko Gradiste	666.5
Vranje	601.5
Zajecar	603.2
Zlatibor	954.9
Zrenjanin	576.4

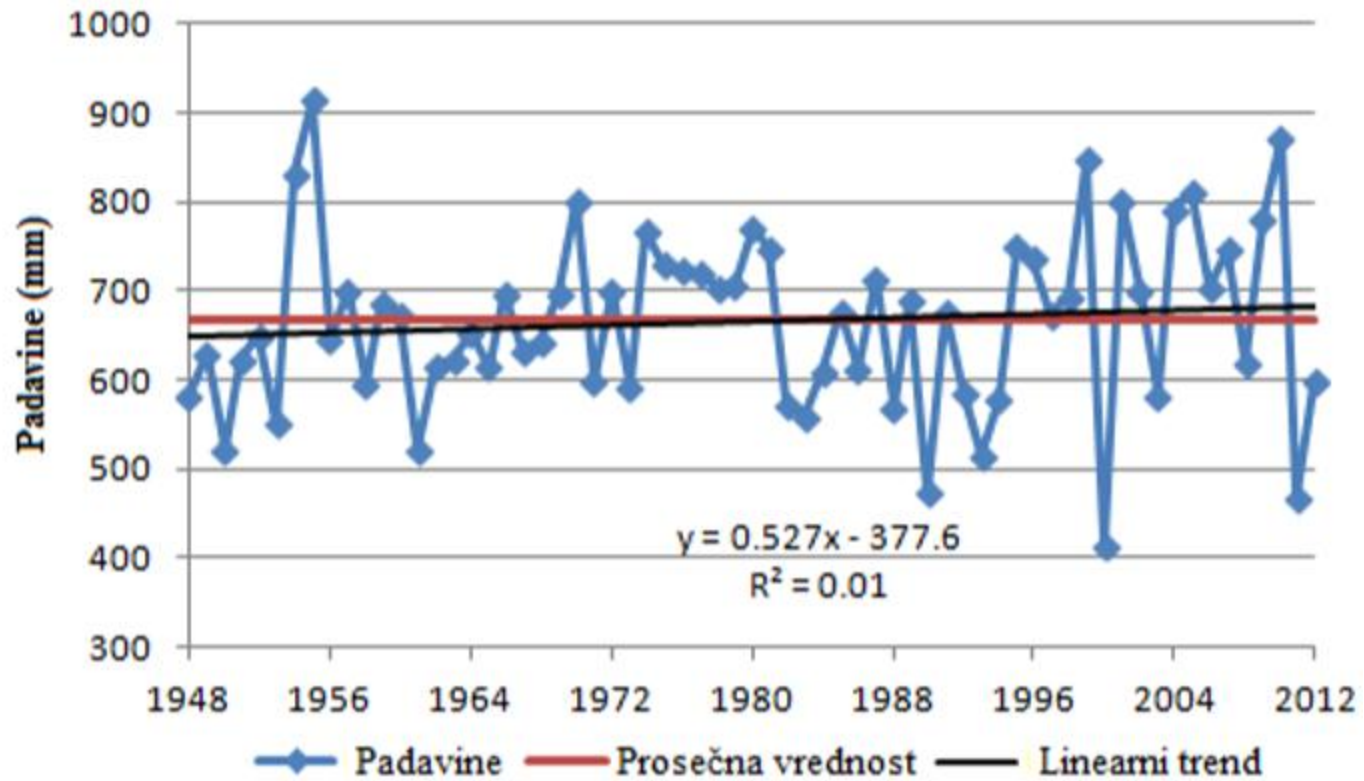


Podaci nisu dostupni

196 : 141 , 167  
 158 .  
 120 ,  
 160  
 200  
 .  
 (271 ) ,  
 (112 ) .



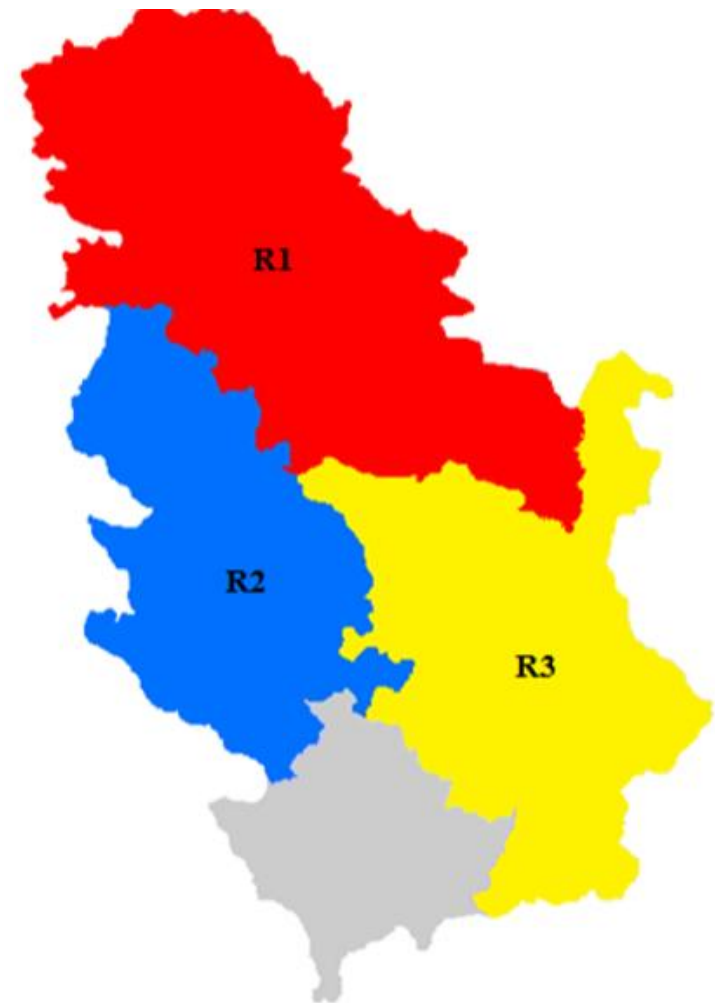


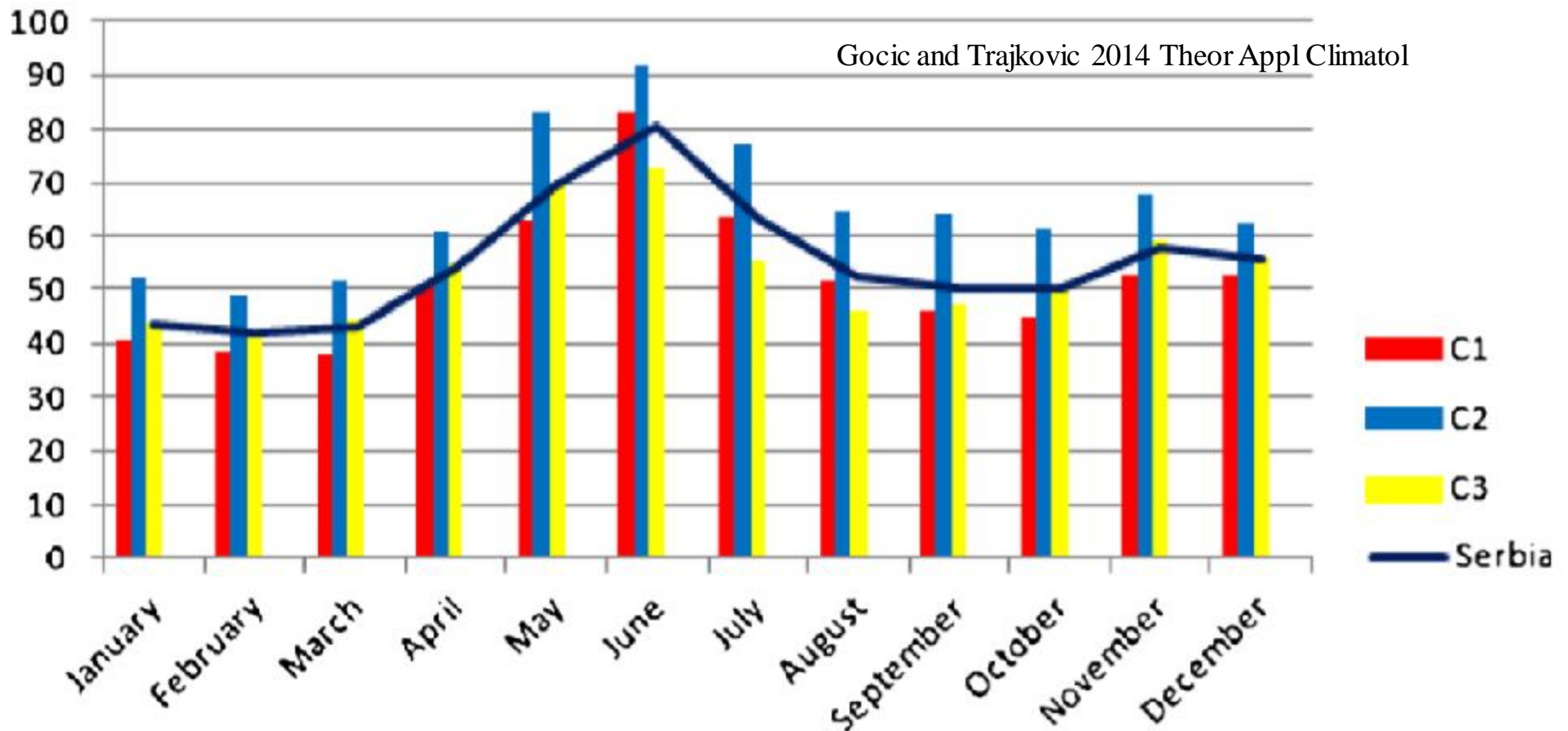


(Principal Component Analysis, PCA) (Hotelling, 1933)  
 (Cluster Analysis, CA) (Anderberg, 1973; Everitt, 1993)

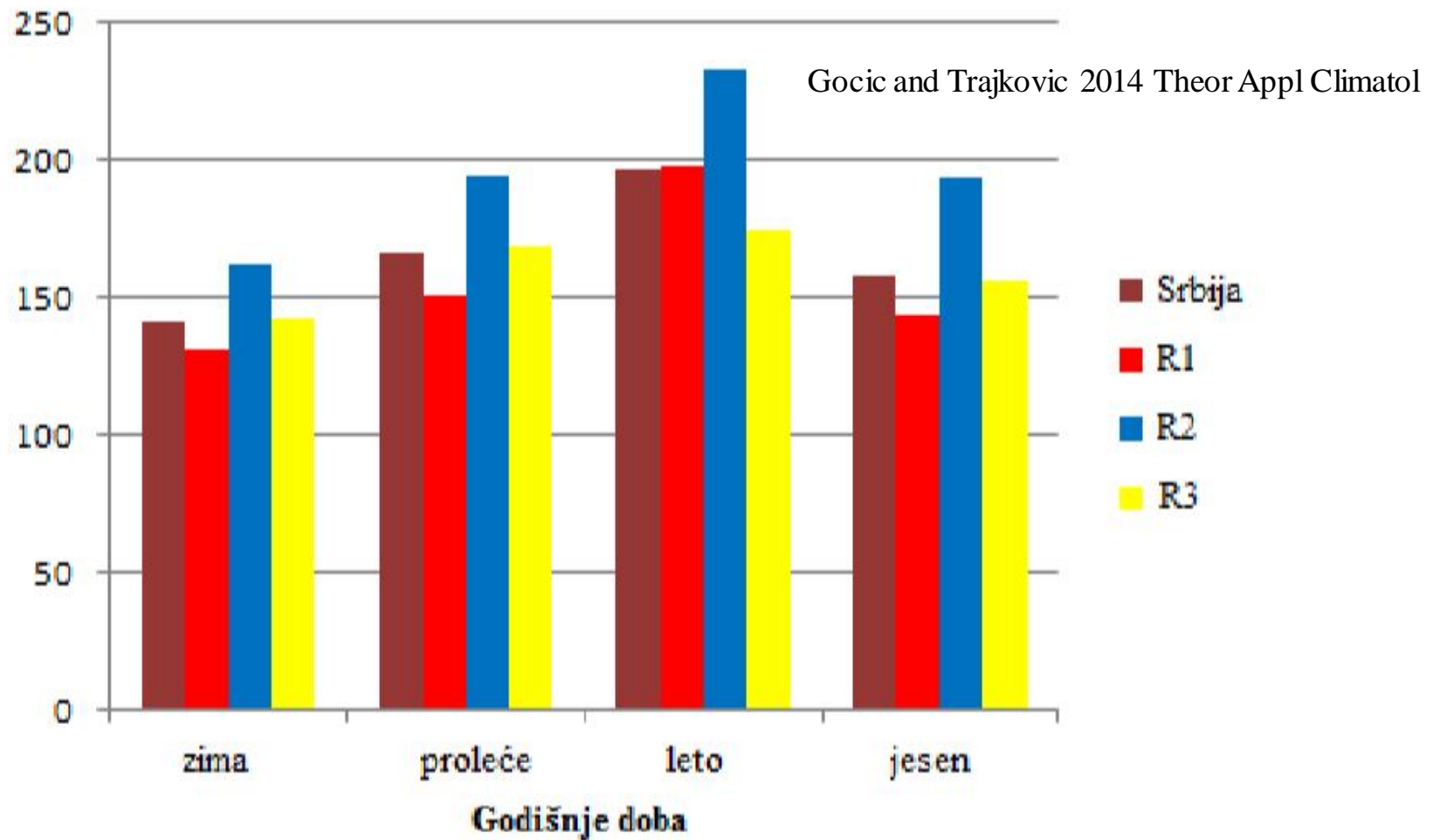
(R1, R2, R3).

Region	Naziv stanice
R1	Banatski Karlovac, Bečej, Beograd, Crni Vrh, Kikinda, Kragujevac, Novi Sad, Palić, Sombor, Sremska Mitrovica, Veliko Gradište, Zrenjanin
R2	Kopaonik, Kraljevo, Loznica, Požega, Sjenica, Valjevo, Zlatibor
R3	Ćuprija, Dimitrovgrad, Kruševac, Kuršumlija, Leskovac, Negotin, Niš, Smederevska Palanka, Vranje, Zaječar



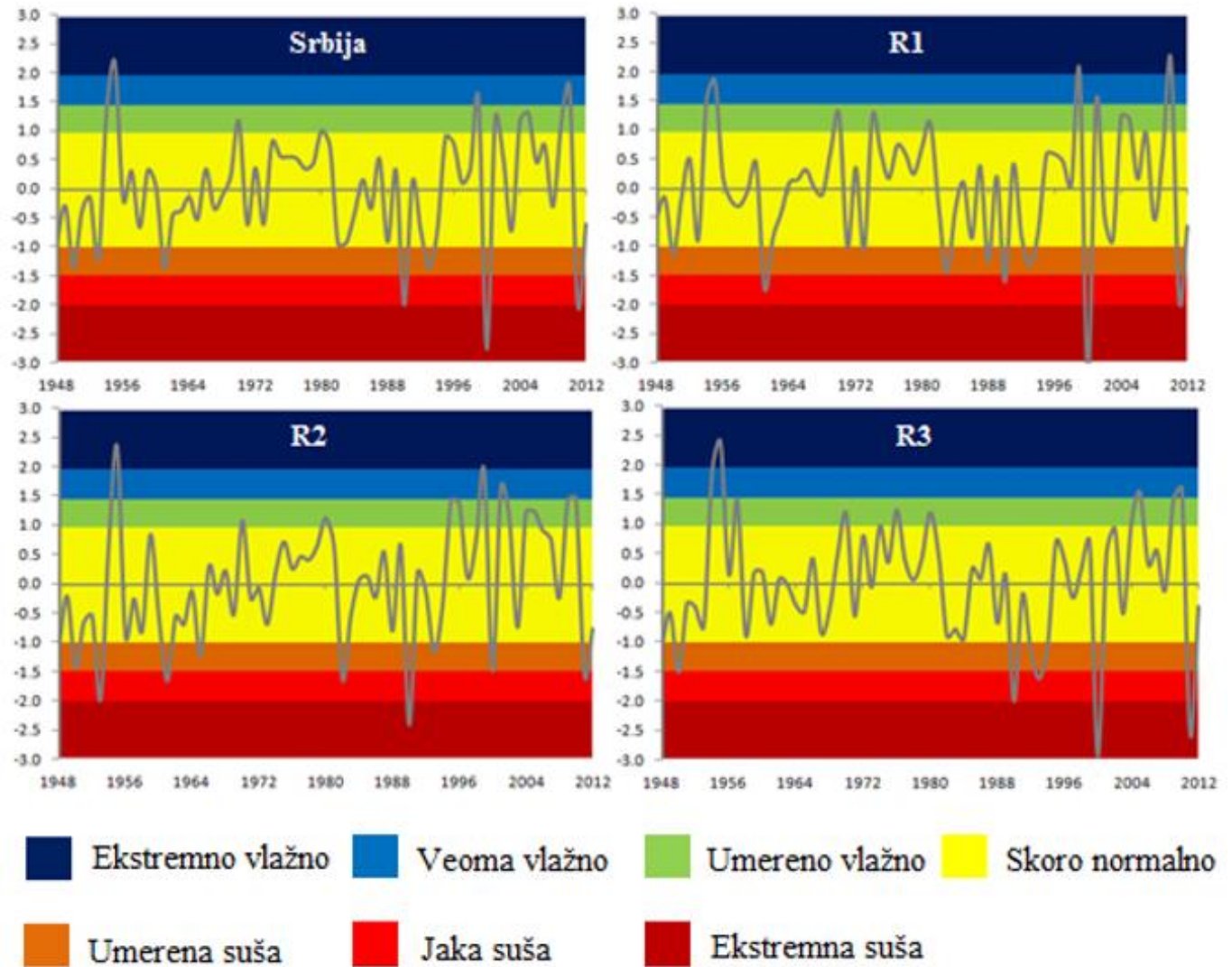


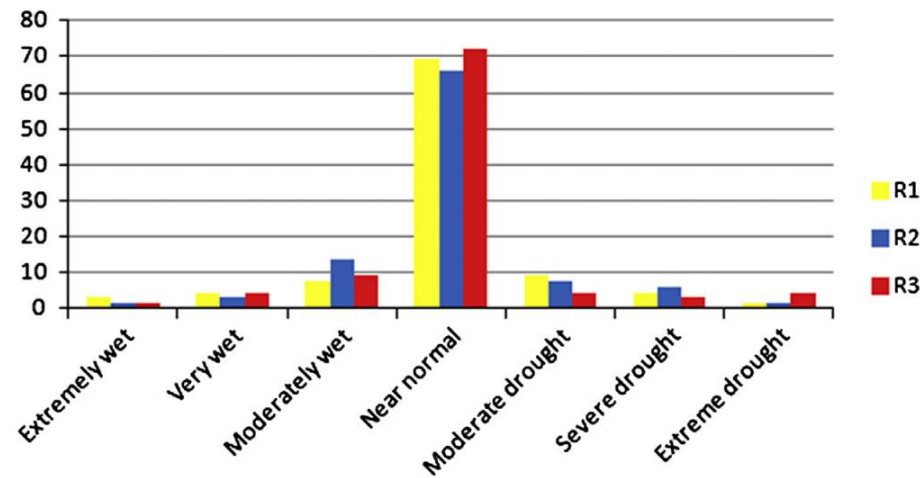
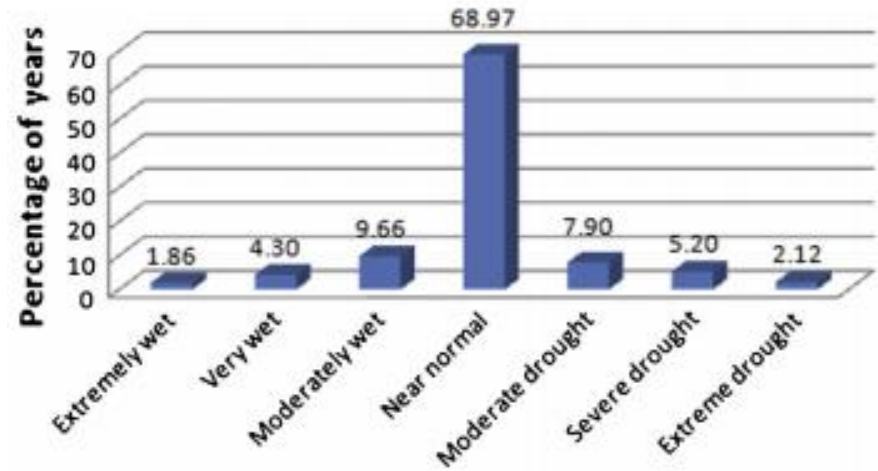
The highest amount of rain falls in June (12 % of total precipitation) and May (10 % of total precipitation), while the least rainy month is February (6.3 % of total precipitation).



# SPI-12

1 – 29 (36)  
 ( ) ,  
 2 – 33 (32)  
 ( )  
 3 – 30 (35)  
 ( ) .  
 2000.  
 ,  
 1955.  
 .  
 3 1  
 .





69%

. 8%

, 5%

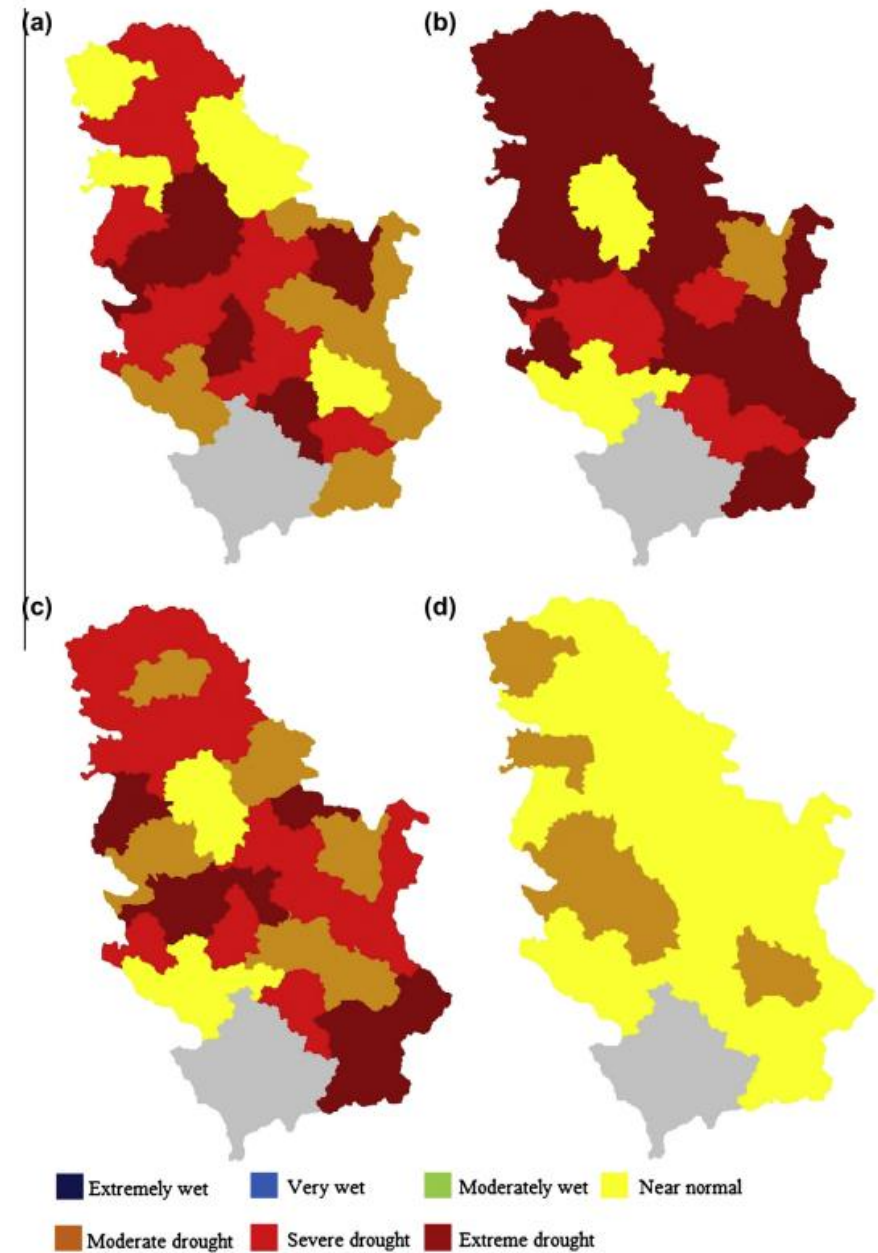
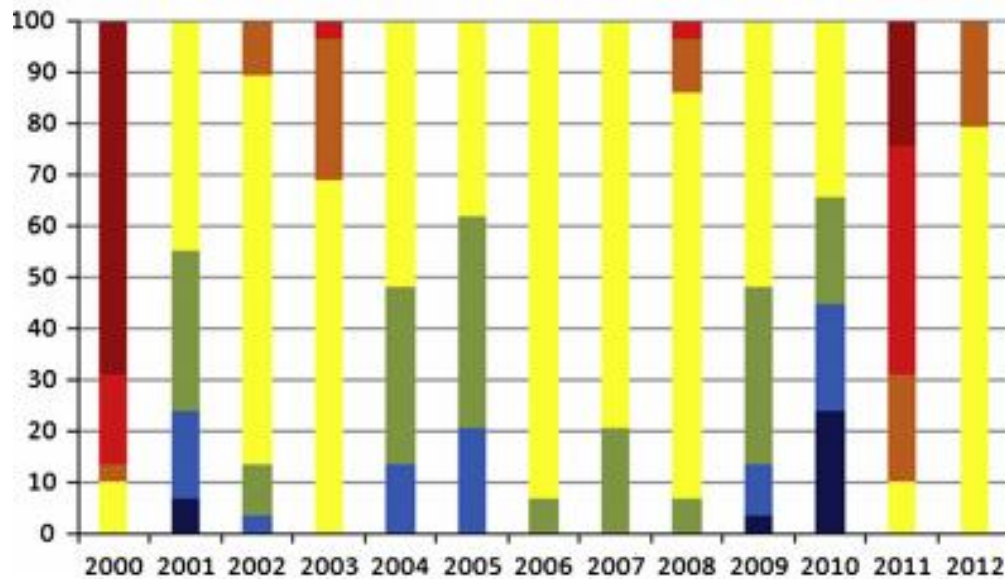
2%

. 25

1

3.

SPI-12 1990, 2000,  
2011, 2012



: 1980-2010

Gocic and Trajkovic 2013  
Global and Planetary Change

Stanica	Test	Trend				
		Proleće	Leto	Jesen	Zima	Godišnji
Beograd	$Z_S$	-1,34	-0,48	1,00	0,14	-0,09
	$Q_{med}$	-2,33	-2,26	2,32	0,61	-0,33
Dimitrovgrad	$Z_S$	-0,57	-0,61	1,81	1,27	1,29
	$Q_{med}$	-1,05	-3,82	3,05	4,68	3,44
Kragujevac	$Z_S$	-1,17	-0,77	1,41	0,27	-0,05
	$Q_{med}$	-2,98	-2,60	2,37	0,88	-0,35
Kraljevo	$Z_S$	0,31	0,24	0,82	0,41	0,07
	$Q_{med}$	1,03	1,35	3,63	2,83	0,01
Loznica	$Z_S$	0,00	0,65	1,24	1,80	1,87
	$Q_{med}$	-0,05	4,95	3,22	6,63	5,02
Negotin	$Z_S$	<b>1,97*</b>	0,14	0,94	1,12	0,34
	$Q_{med}$	<b>2,55*</b>	1,00	2,75	1,87	1,12
Niš	$Z_S$	0,36	-0,54	0,82	0,71	0,54
	$Q_{med}$	1,73	-2,43	3,13	3,37	1,06
Novi Sad	$Z_S$	0,61	0,42	<b>2,53*</b>	0,61	1,80
	$Q_{med}$	3,26	3,92	<b>2,55*</b>	2,58	4,58
Palić	$Z_S$	1,05	0,75	1,51	0,53	1,80
	$Q_{med}$	4,92	4,83	4,47	1,62	4,42
Sombor	$Z_S$	0,58	1,62	1,17	0,87	<b>1,99*</b>
	$Q_{med}$	2,07	3,70	3,80	3,30	<b>4,18*</b>
Vranje	$Z_S$	0,36	-0,38	1,39	0,54	1,31
	$Q_{med}$	1,85	-2,68	2,38	1,55	3,38
Zlatibor	$Z_S$	0,58	0,07	1,48	0,73	1,21
	$Q_{med}$	2,93	0,30	3,45	2,63	3,36

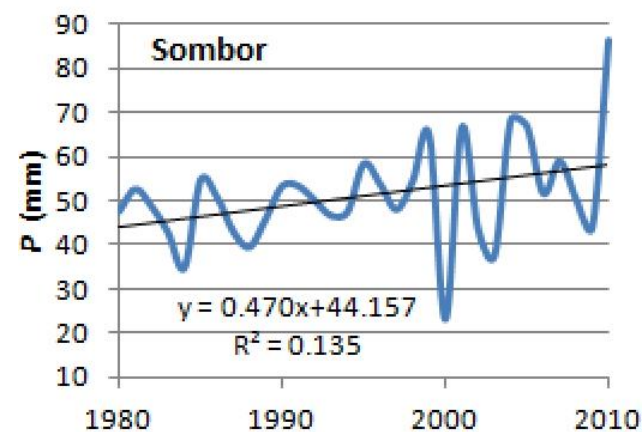
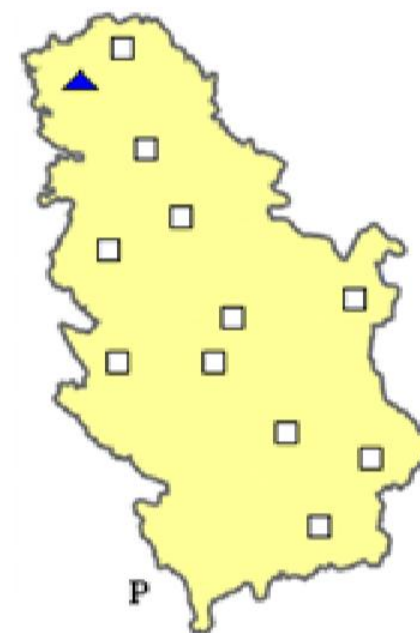
$Z_S$ : Mann-Kendall-ov test,  $Q_{med}$ : Senov estimator nagiba

\* Statistički značajni trendovi za 5 % nivoa značajnosti.

\*\* Statistički značajni trendovi za 1 % nivoa značajnosti.

$Z_S > 1.96$

$Z_S > 2.576$



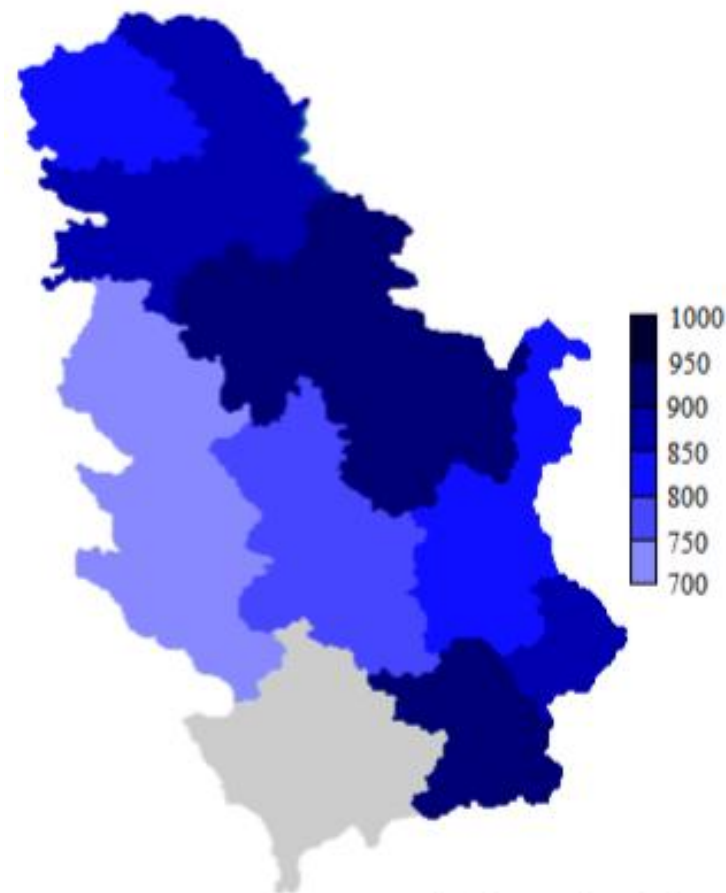
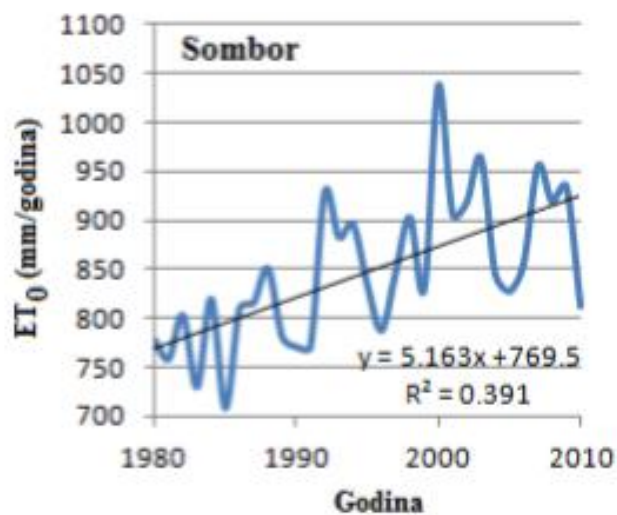



Naziv stanice	$Z_5$	$Z_{p_5}$	b (mm/godina)
Beograd	2,55*	2,91**	4,30
Dimitrovgrad	0,58	0,42	0,98
Kragujevac	2,50*	2,89**	2,91
Kraljevo	2,52*	2,71*	3,00
Loznica	2,38*	2,64*	2,58
Negotin	<b>3,47**</b>	<b>4,37**</b>	<b>3,77</b>
Niš	1,63	1,49	2,89
Novi Sad	1,77	1,96	2,95
Palić	<b>3,26**</b>	<b>3,55**</b>	<b>4,56</b>
Sombor	<b>3,76**</b>	<b>4,86**</b>	<b>5,16</b>
Vranje	0,10	0,08	0,88
Zlatibor	1,94	2,26*	2,41

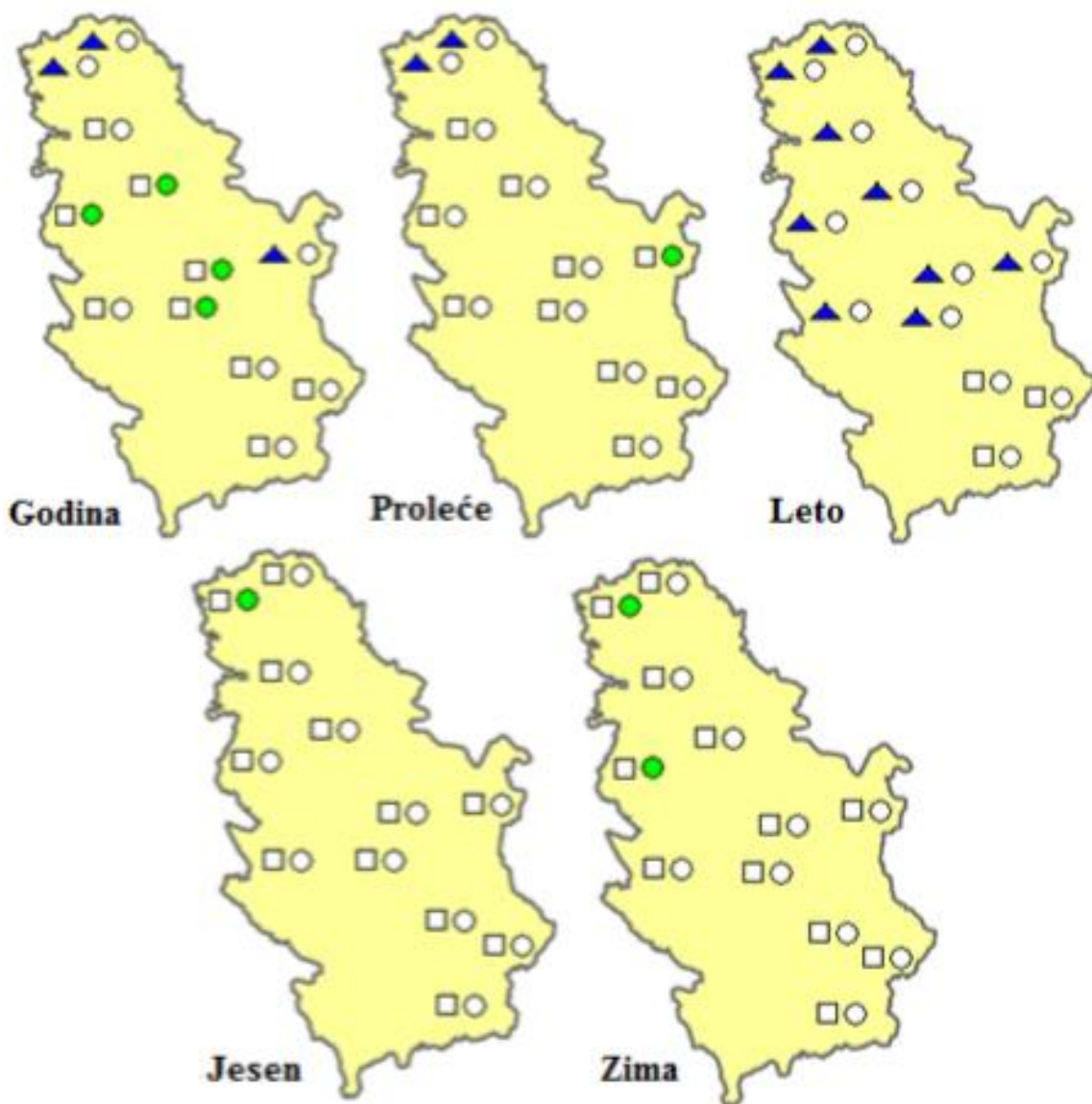
b: nagib linerane regresije,  $Z_5$ : Mann–Kendall-ov,  $Z_{p_5}$ : Spirmenov ro test

\* Statistički značajni trendovi za 5 % nivoa značajnosti.

\*\* Statistički značajni trendovi za 1 % nivoa značajnosti.



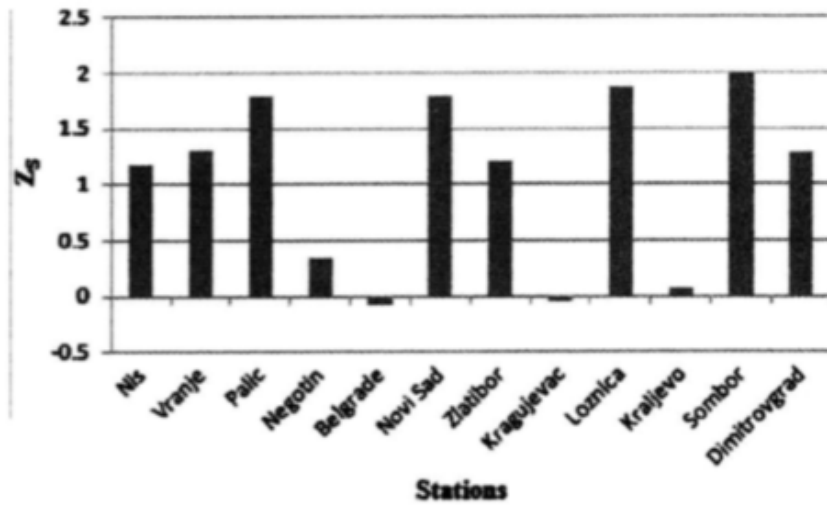
Napomena:  Ne postoje dostupni podaci



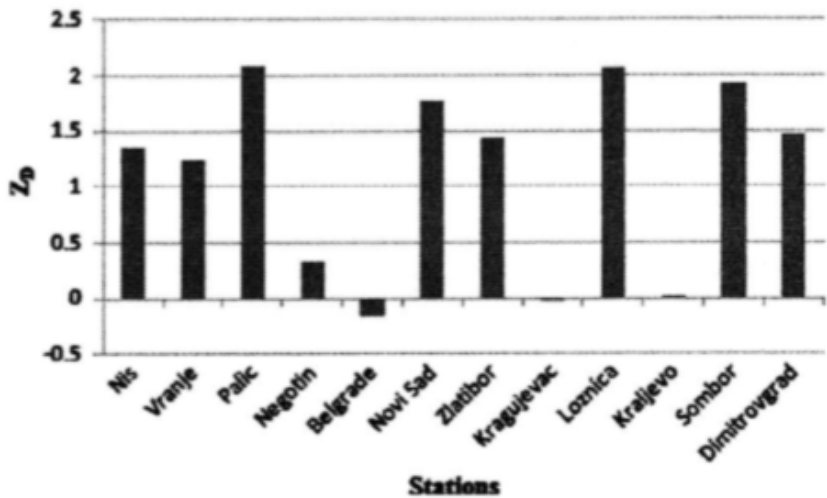
- ▲ Povećani trend (1 % nivo značajnosti)
- Povećani trend (5 % nivo značajnosti)
- Nema trenda (1 % nivo značajnosti)
- Nema trenda (5 % nivo značajnosti)

# SPI

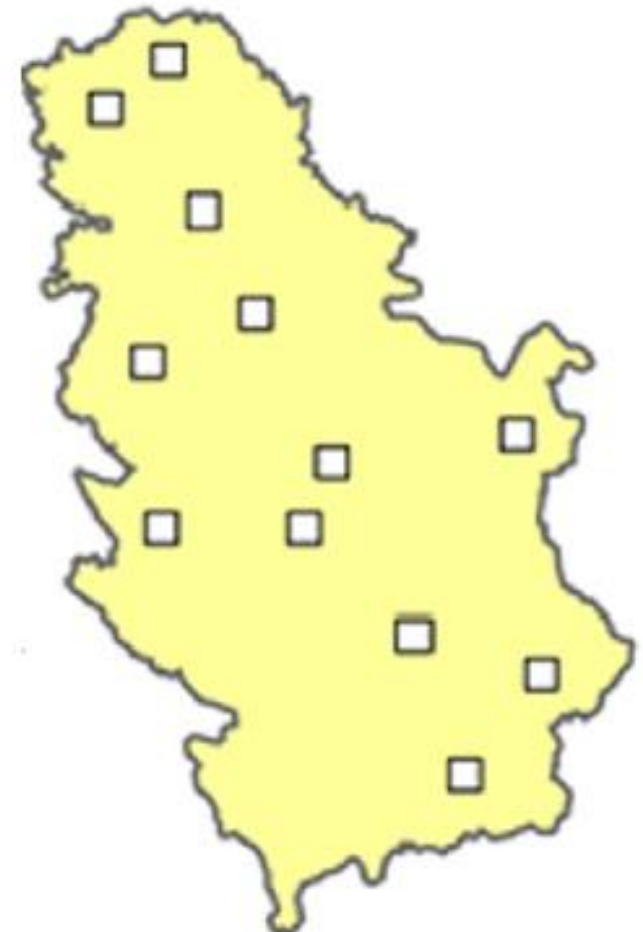
: 1980-2010



5%  $Z_s > 1.96$   
1%  $Z_s > 2.576$



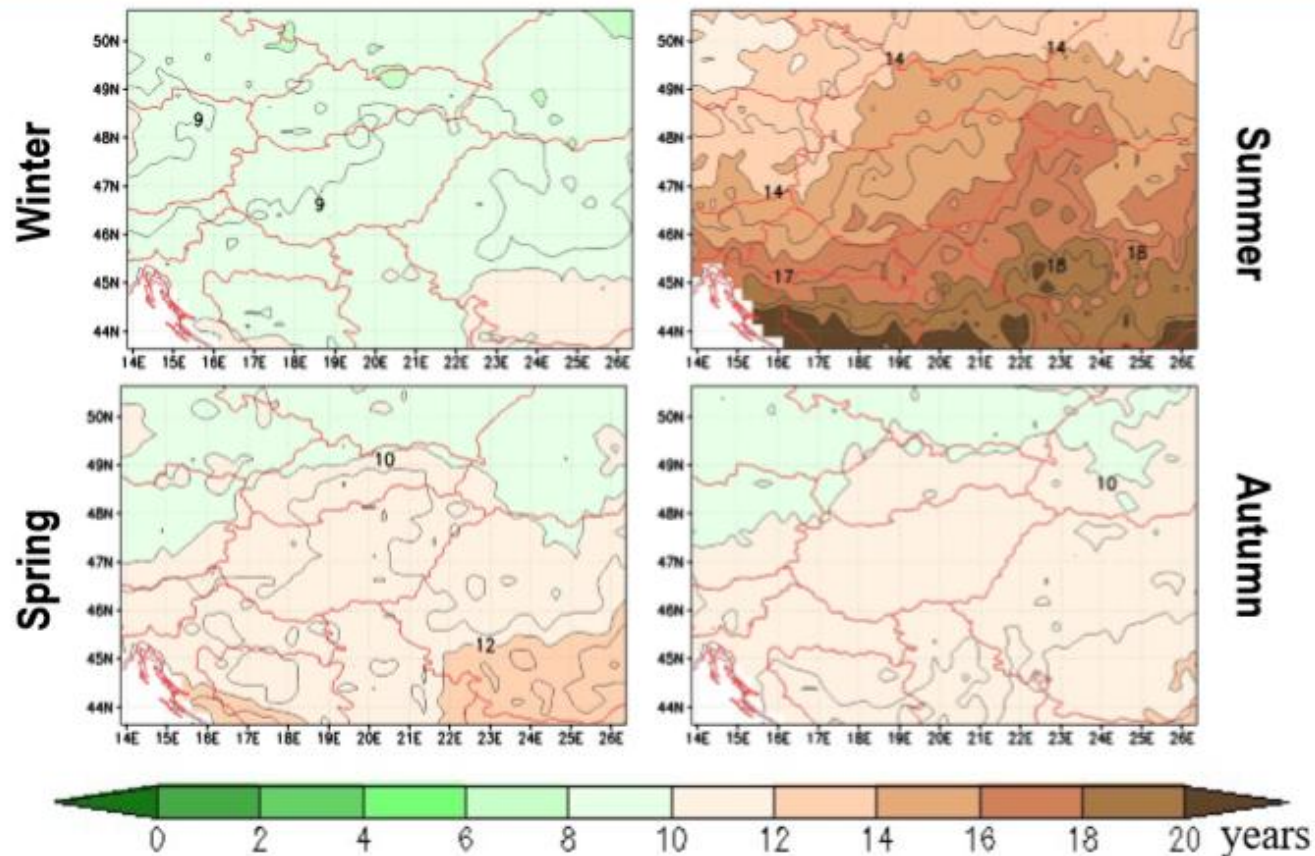
5%  $Z_D > 2.08$   
1%  $Z_D > 2.831$



Gocic and Trajkovic 2013 Journal of Hydrology

Fig. 9. Mann-Kendall test ( $Z_s$ ) and Spearman's Rho test ( $Z_D$ ) for the SPI-12 series.

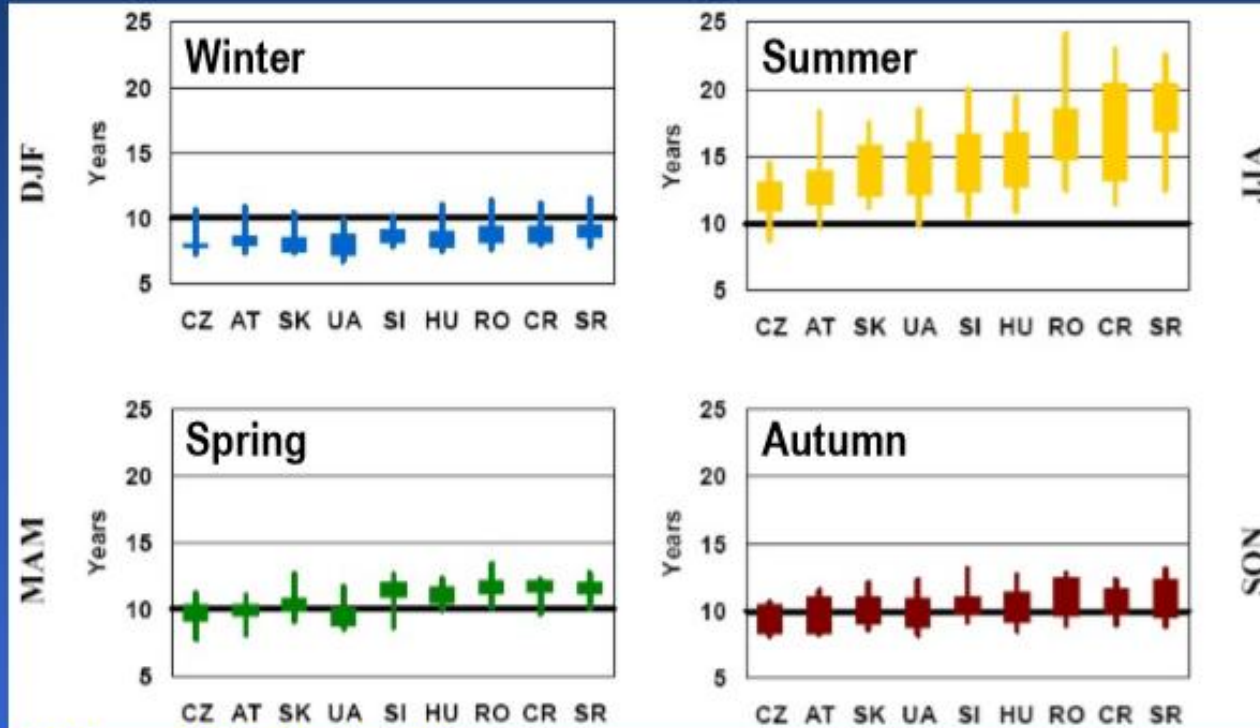
## Estimated change of the precipitation return period



⇒ Composite maps for 2071-2100 compared to 1961-1990: increase (drying) except in winter

## Estimated change of the precipitation return period

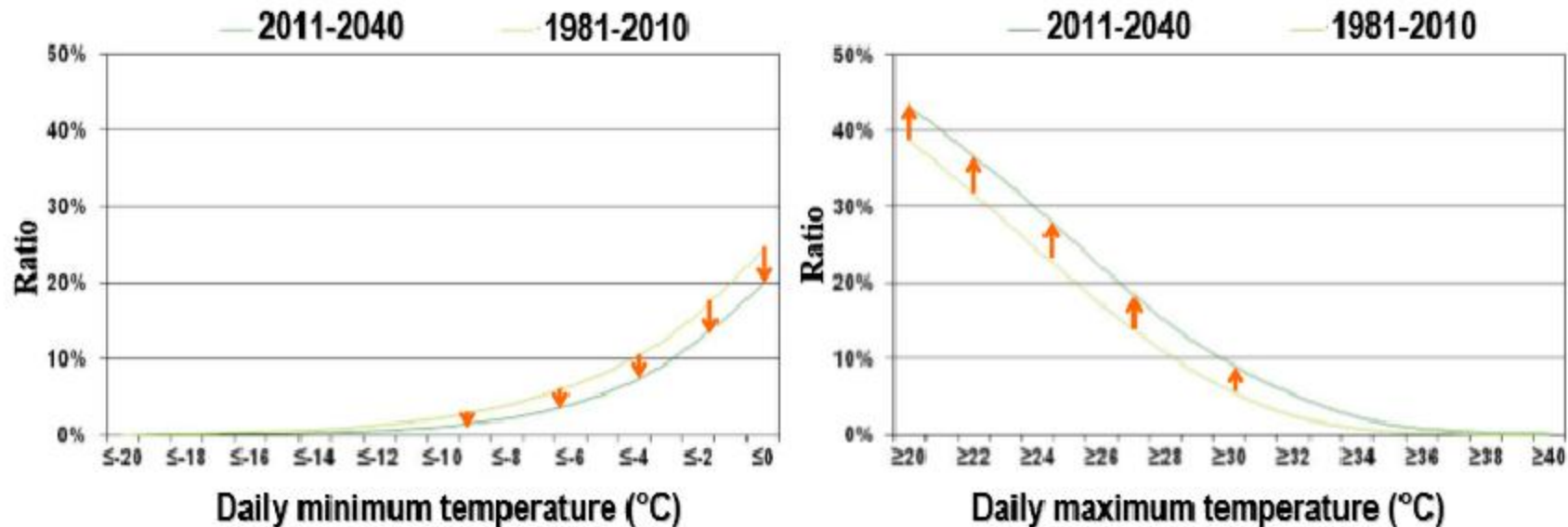
- ⇒ The largest increase: in summer (drier conditions in the future)
- ⇒ The largest decrease: in winter (wetter conditions in the future)



Regions within the domain:

CZ: SE-Czech Republic, AT: E-Austria, SK: Slovakia, UA: SW-Ukraine, SI: Slovenia, HU: Hungary, RO: Romania, CR: Croatia, SR: Serbia

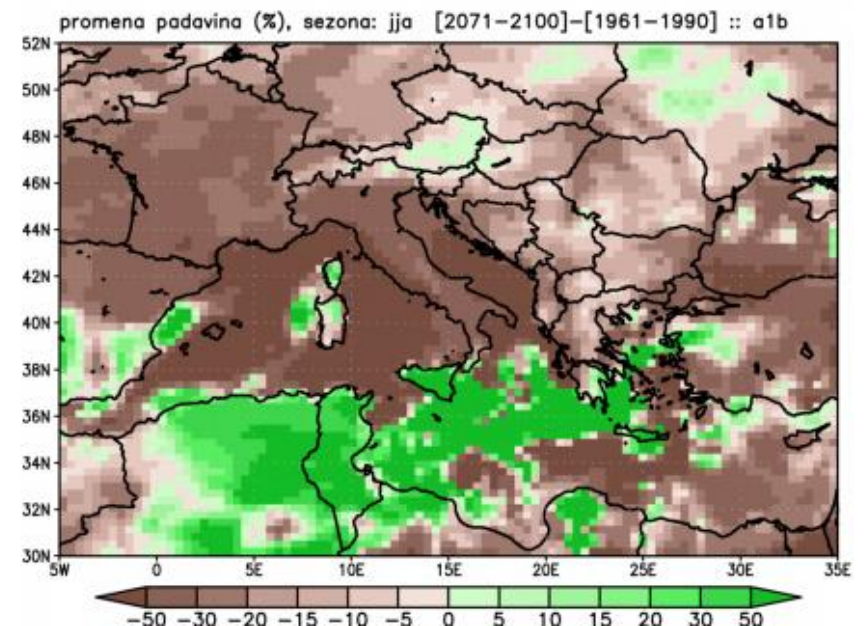
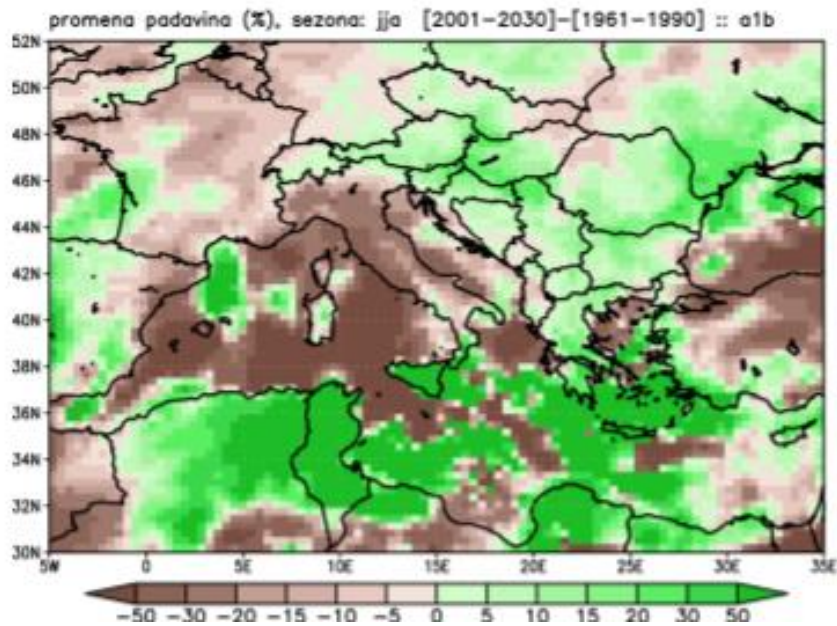
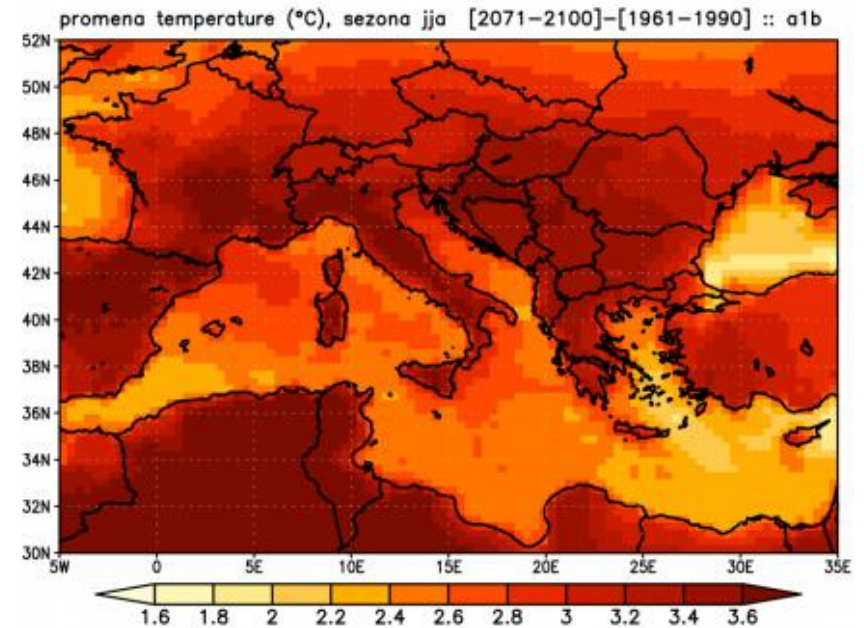
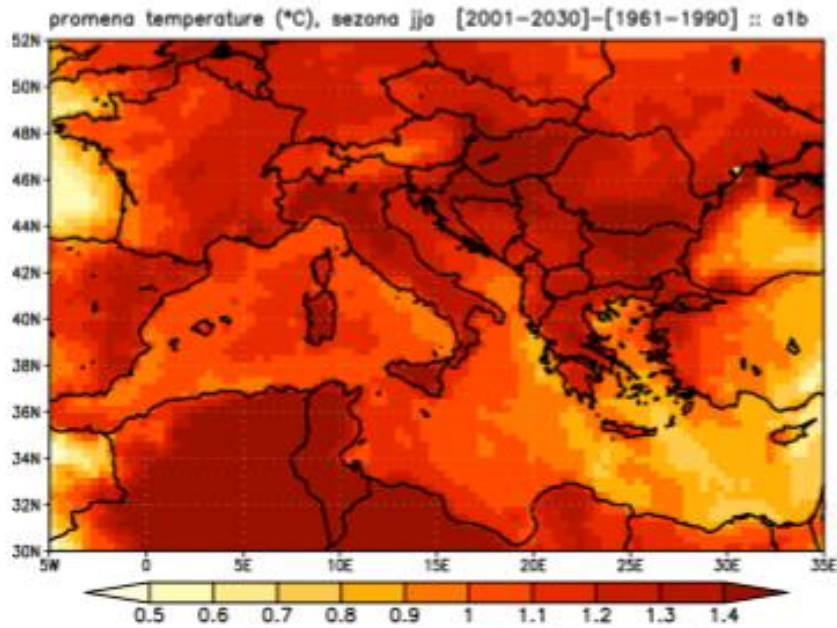
## Projected changes in exceedance of temperature thresholds: Hungary, 1981-2010 vs. 2011-2040 (PRECIS A1B results)



**As a consequence of regional warming**

**frequency of cold extremes  
is projected to decrease**

**frequency of warm extremes  
is projected to increase**



**Nis**

Begin–end	Duration	Severity
3/1950–5/1951	15	–31.5
4/1952–11/1952	8	–13.2
11/1958–7/1959	12	–19.8
8/1990–6/1991	12	–20.1
7/1961–2/1962	8	–16.2
1/1964–12/1964	12	–17.4
6/1990–2/1991	9	–15.8
6/1993–7/1994	14	–27.0
6/2000–10/2001	17	–39.0
7/2006–3/2008	21	–63.0

**(j) Vranje**

Begin–end	Duration	Severity
6/1950–2/1951	9	–14.8
5/1952–12/1952	8	–14.3
1/1972–8/1972	8	–12.3
10/1982–5/1983	8	–12.8
2/1985–10/1985	9	–11.1
7/1990–6/1991	12	–24.2
2/1992–6/1994	29	–47.5
6/2000–7/2001	14	–32.7

Tosic and Unkasevic 2014  
 Analysis of wet and dry periods in Serbia,  
 Int. J. Climatol. 34: 1357-1368

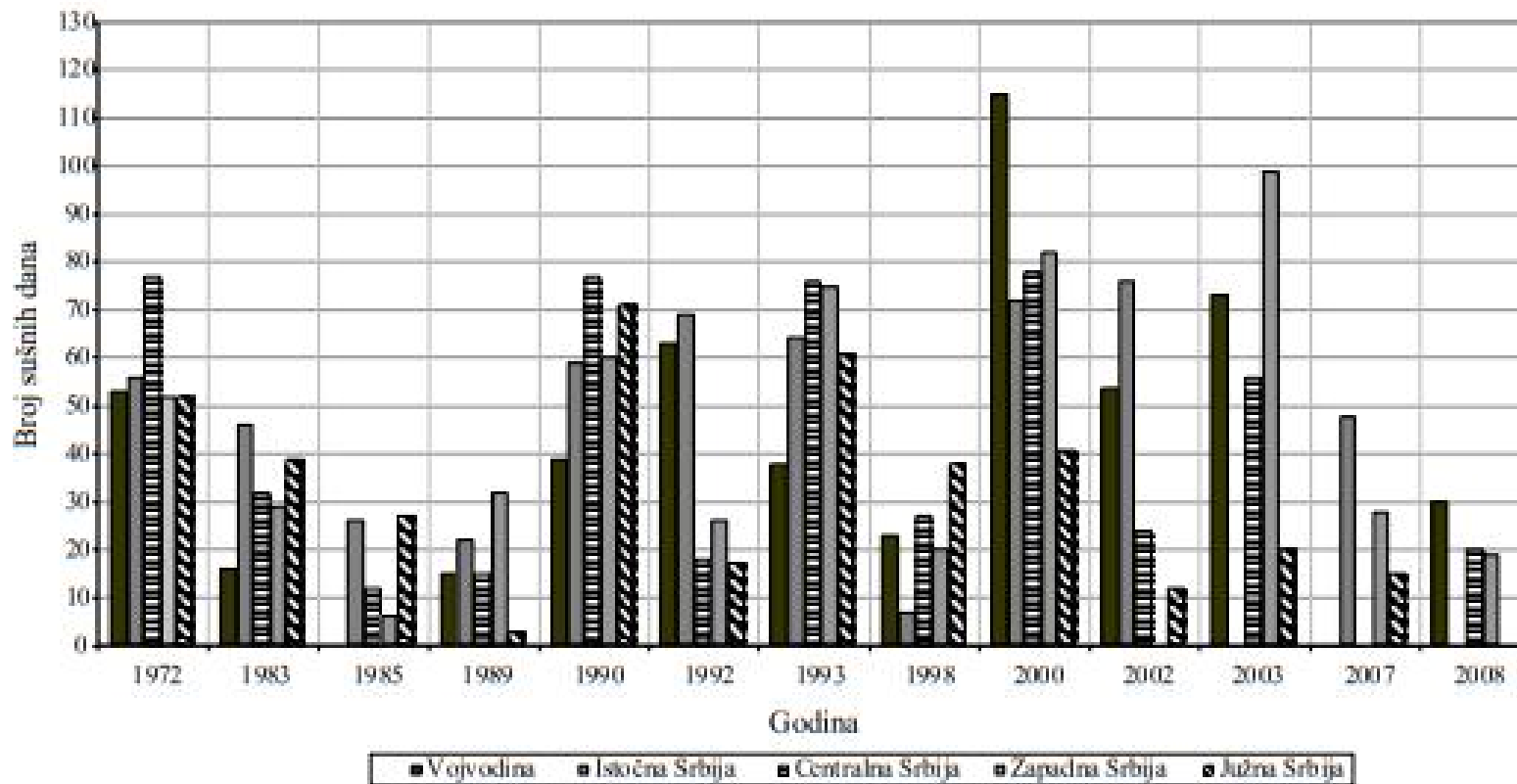
SPI-12, 10 , : 1949-2011.

, 7 , 12 .

: , 21 , 63.0

: , 29 , 47.5



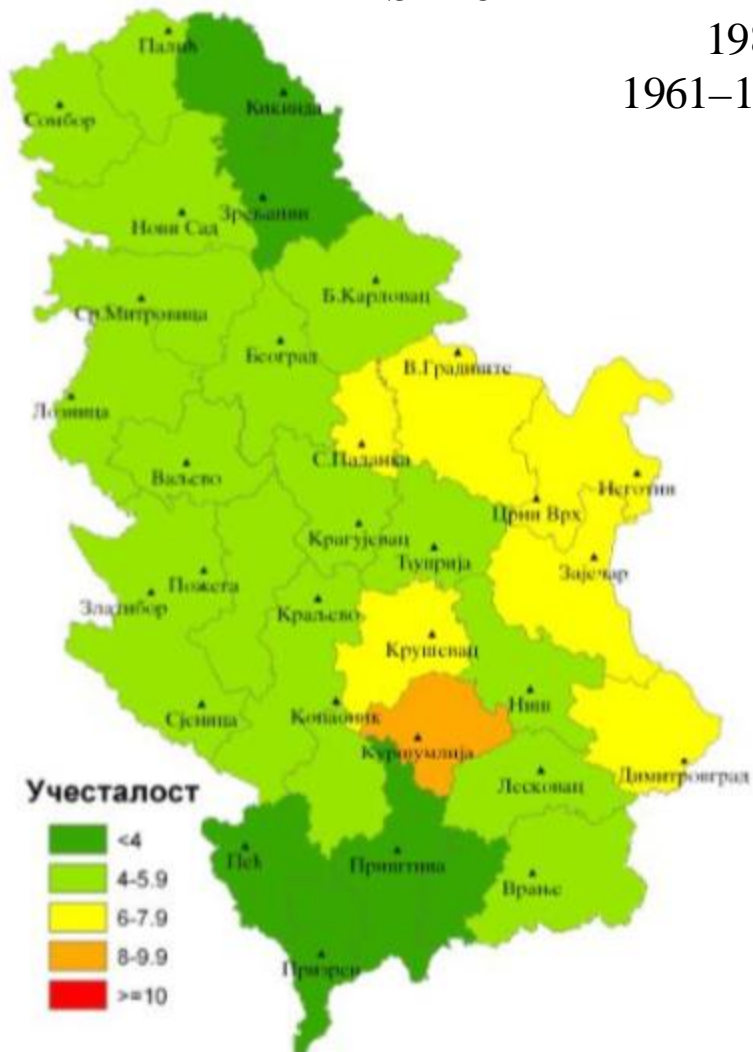


Slika 2. - Broj dana sa indeksima suše (Z, PDSI, SPI90, SPI180) nižim od normalnih u periodu od 1971. do kraja jula 2010. na teritoriji Srbije.

Fig. 2. - Number of days with drought indices (Z, PDSI, SPI90, SPI180) lower than normal in the period from 1971 to the end of July 2010 on the territory of Serbia.

А – вегетациони период  
1961–1990.

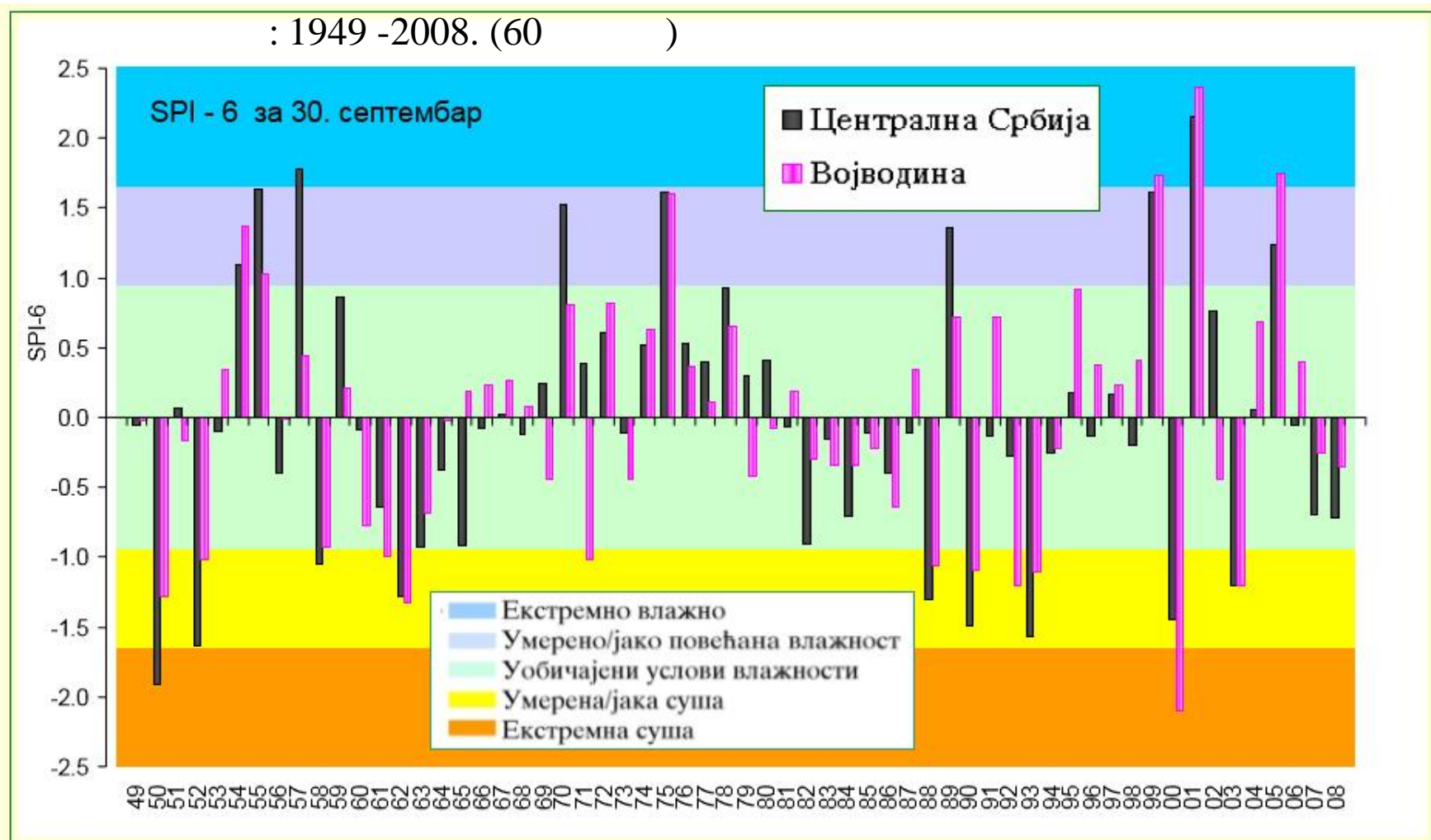
SPI-6



Б – вегетациони период  
1981–2012.



# SPI-6

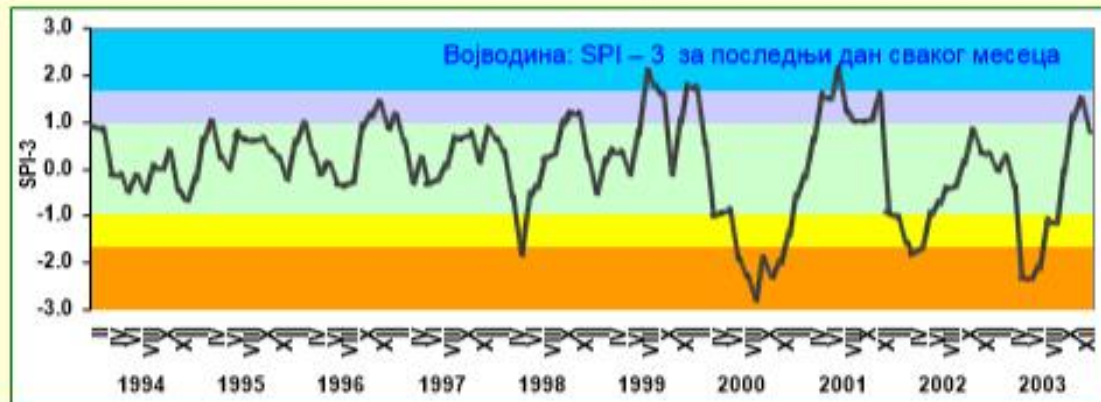
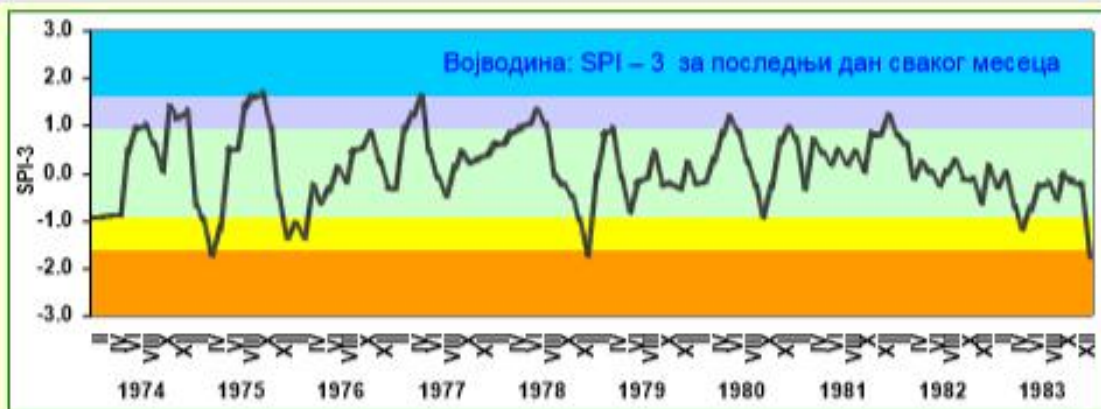


- 6 (10%)

- 3 (5%)

1950, 1952, 1962, 1988, 1990, 1993, 2000, 2003

/



# SPI-3

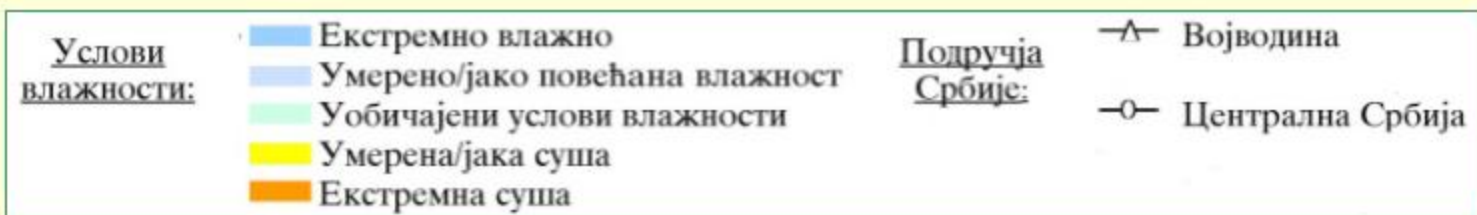
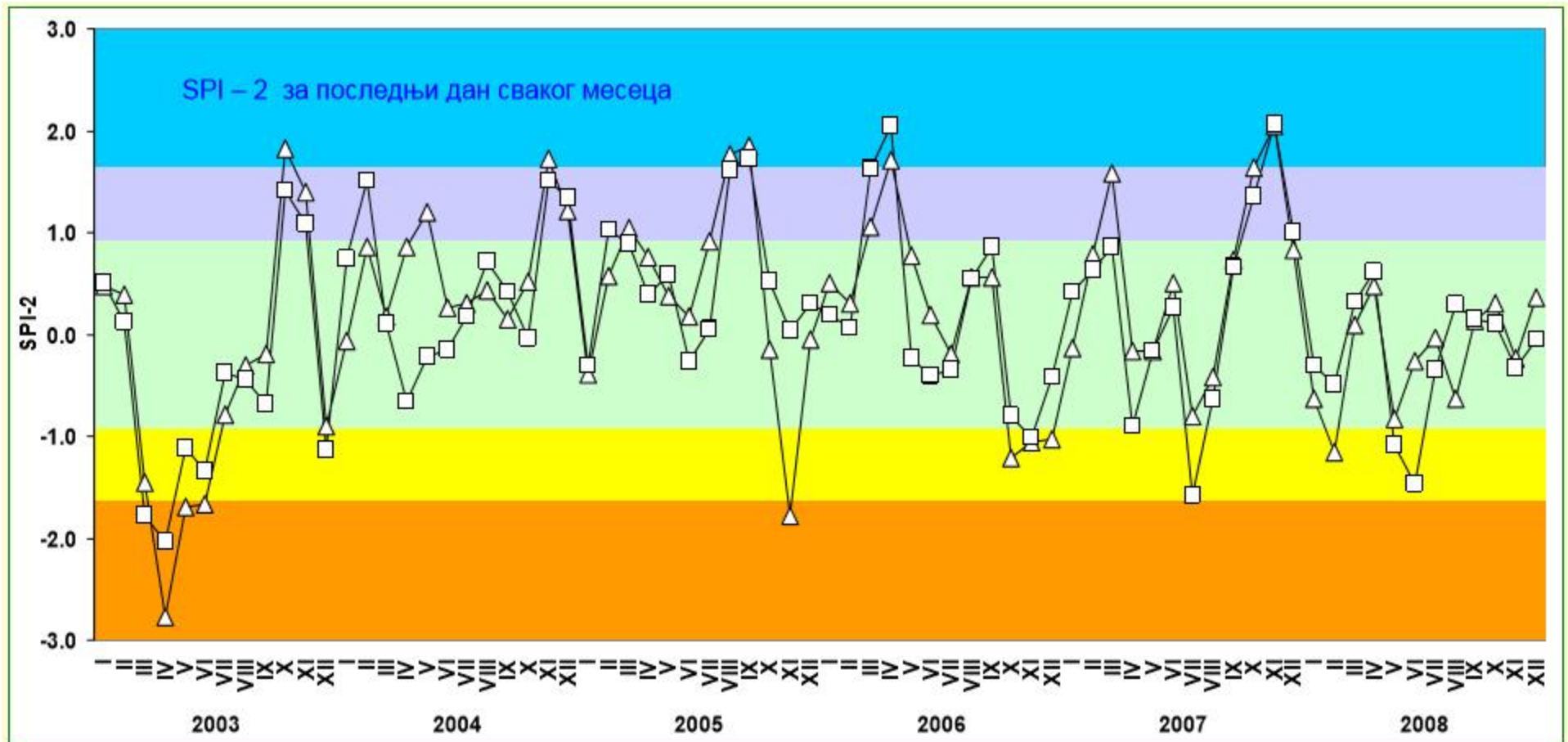
: 1974 -2003. (30 )

- 19 (5%)

/ - 22/8 (8%)

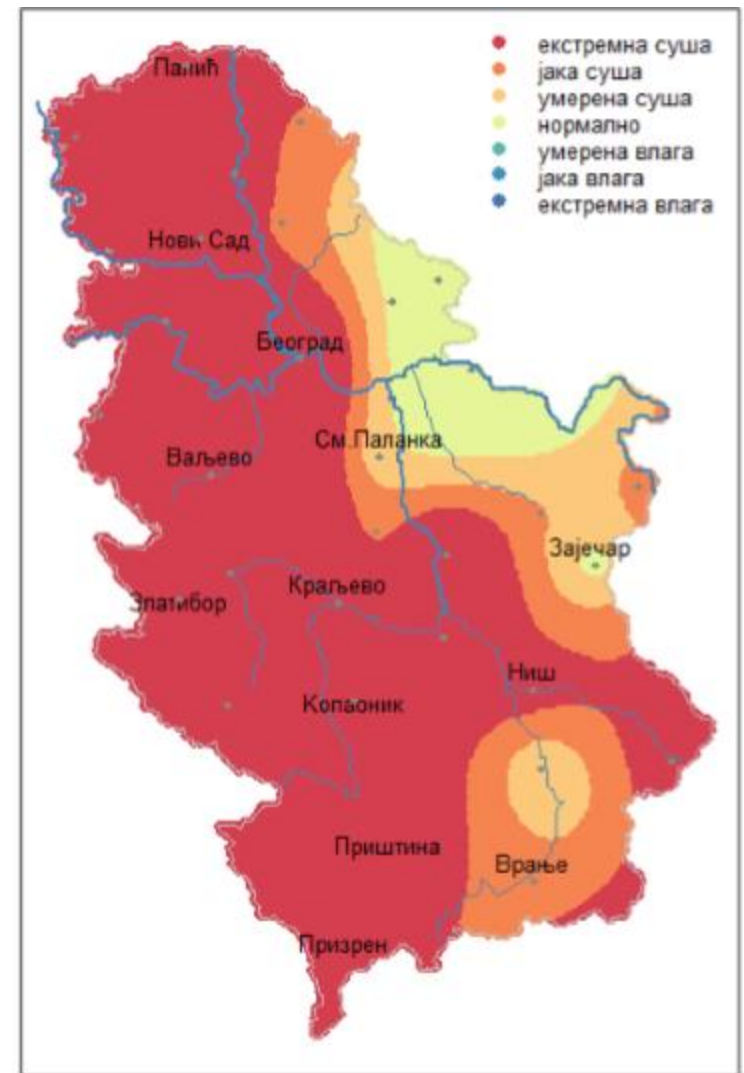
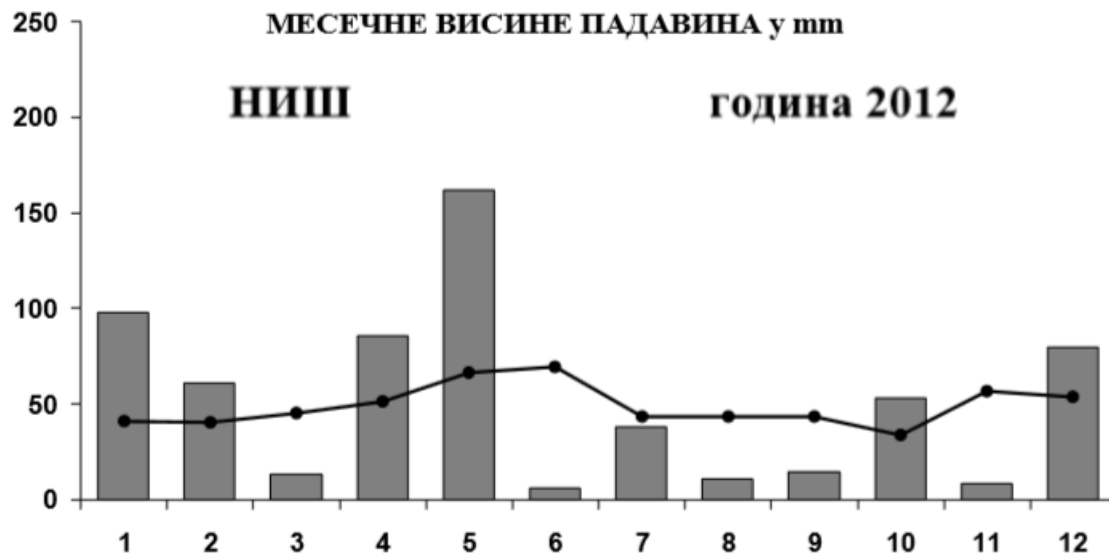
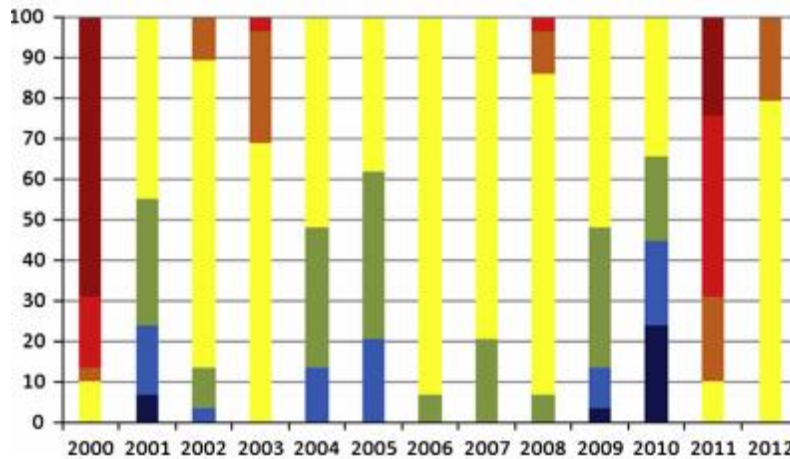
- 1986
- 1992
- 2000
- 2003

# SPI-2



# SPI -3, 6 12

SPI-12

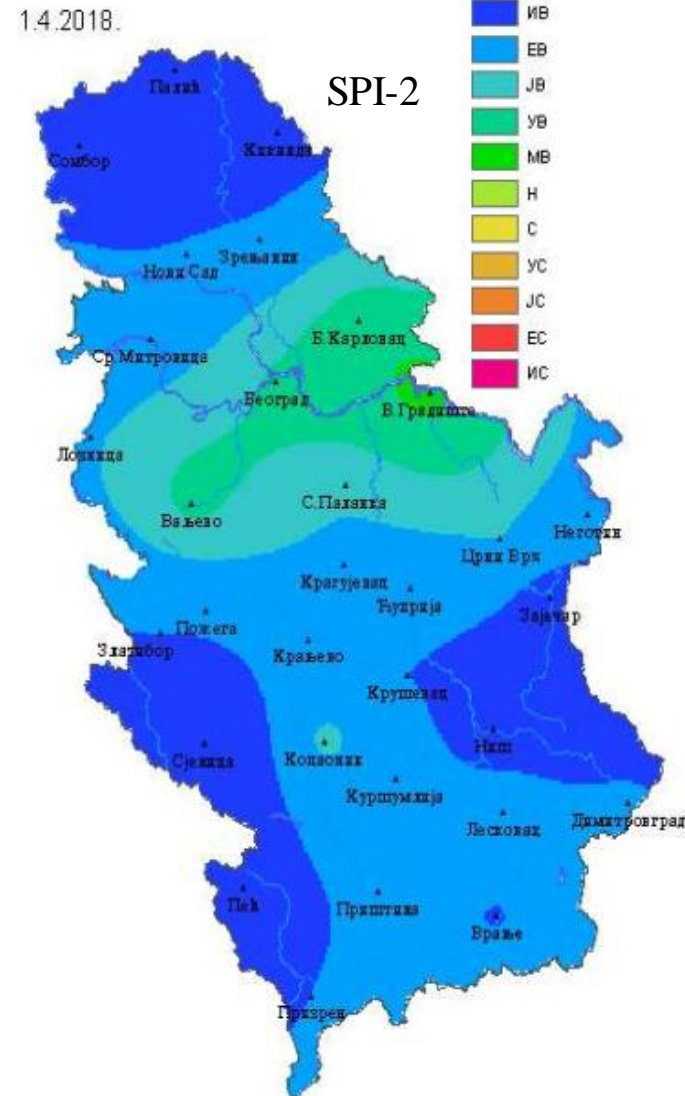


SPI-3

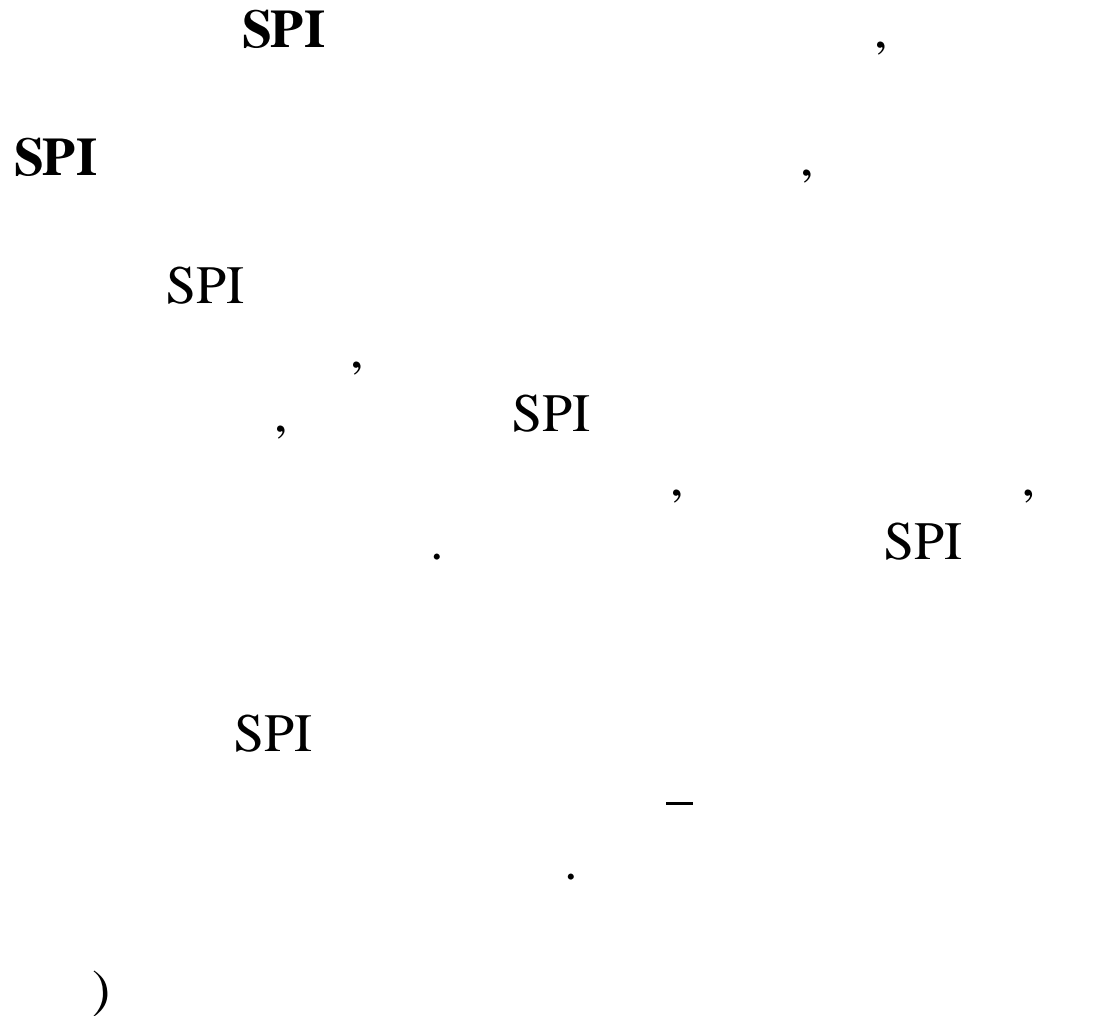
2012.

Место	Оцена услова влажности на основу SP за 1,2,3,6, и 12 месеци (базни период 1961-2005)				
	SPI-1	SPI-2	SPI-3	SPI-6	SPI-12
Палић	ЕВ	ЕВ	ЈВ	ЈВ	Н
Сомбор	ЕВ	ЈВ	ЈВ	УВ	Н
Нови Сад	ЈВ	ЈВ	УВ	УВ	Н
Зрењанин	ЈВ	УВ	УВ	МВ	УС
Кикинда	ЈВ	ЈВ	УВ	УВ	Н
Б. Карловац	Н	Н	Н	Н	УС
Вршац	Н	МВ	МВ	Н	С
Лозница	ЈВ	ЈВ	ЈВ	УВ	МВ
С. Митровица	ЈВ	УВ	УВ	УВ	Н
Ваљево	УВ	УВ	МВ	УВ	Н
Београд-ош.	МВ	Н	Н	Н	УС
Крагујевац	УВ	УВ	УВ	ЈВ	Н
См. Паланка	МВ	Н	МВ	Н	Н
В. Градиште	Н	Н	Н	Н	Н
Црни Врх	ЈВ	МВ	МВ	Н	С
Неготин	ЕВ	ЈВ	ЈВ	УВ	Н
Златибор	ЈВ	УВ	УВ	МВ	Н
Сјеница	ЕВ	УВ	ЈВ	МВ	Н
Пожега	УВ	МВ	МВ	МВ	Н
Краљево	УВ	МВ	МВ	УВ	Н
Копаоник	Н	МВ	УВ	ЕВ	УВ
Крушевац	ЈВ	УВ	ЈВ	ЈВ	Н
Ђурија	МВ	МВ	ЈВ	ЈВ	МВ
Ниш	МВ	МВ	ЕВ	ЕВ	МВ
Лесковац	МВ	МВ	ЕВ	ИВ	ЈВ
Зајечар	ЕВ	УВ	ЕВ	ЈВ	МВ
Димитровград	ЈВ	МВ	ЕВ	ЕВ	УВ
Врање	ЈВ	МВ	ЕВ	ЈВ	Н

## SPI -3, 6 12

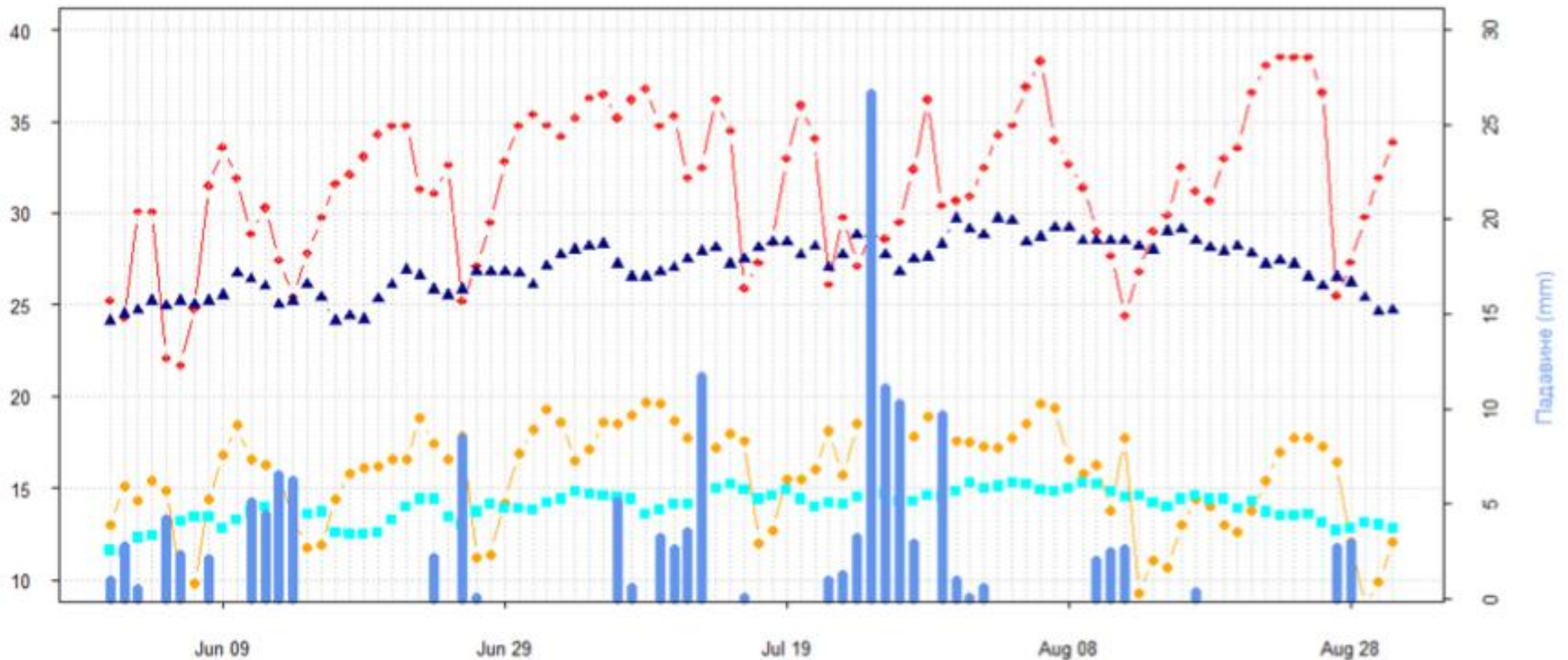


# SPI 3, 6 12



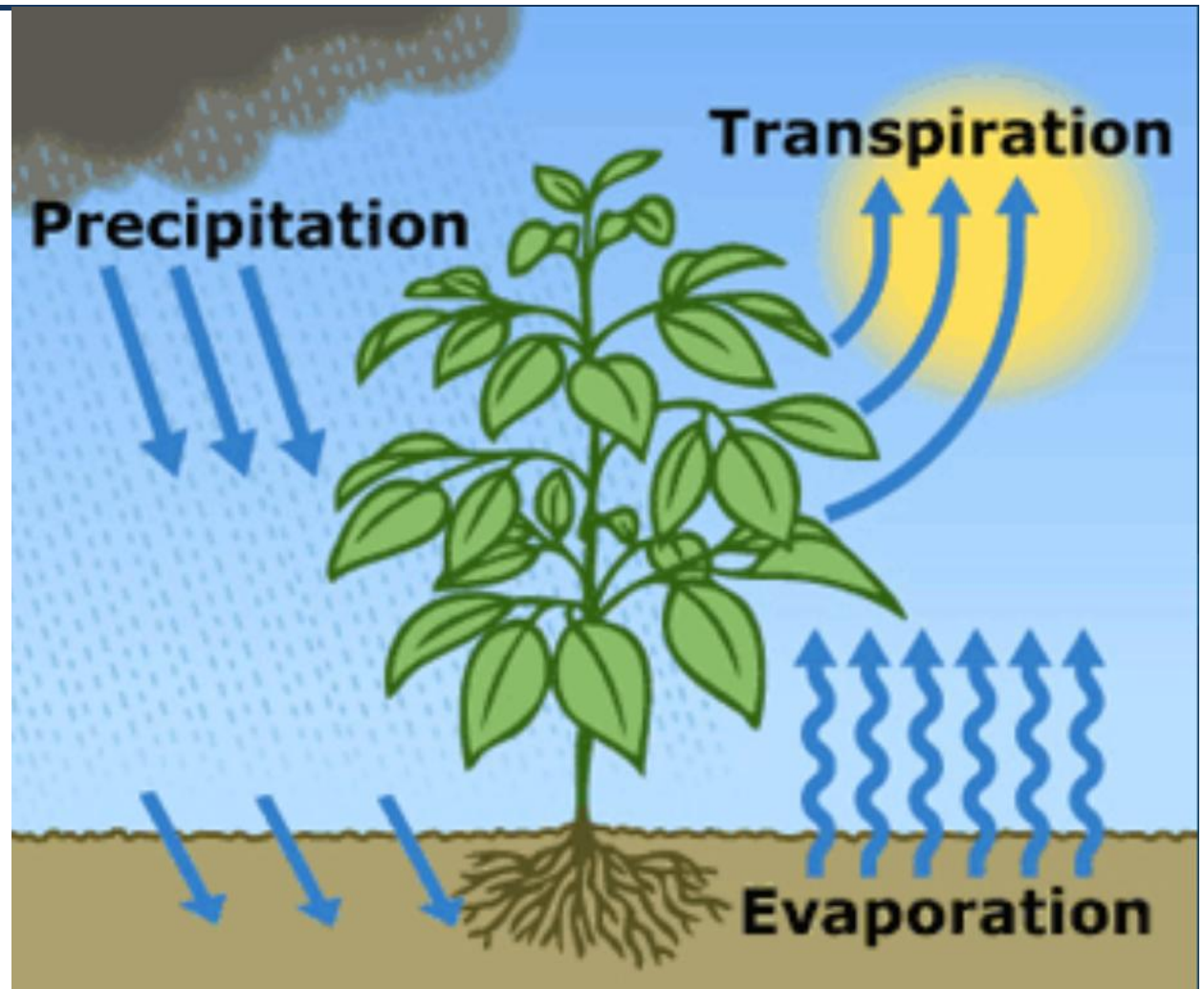


’ ’



, 2012, (1971-2000), VII = 100

**ET**



U FAO-56 Penman-Monteith metodi koriste se sledeći parametri u proračunu evapotranspiracije :

1. Latentna toplota isparavanja ( $\lambda$ )

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \cdot 10^{-3}) \cdot T \quad (67)$$

gde je:  $\lambda$  = latentna toplota isparavanja ( $\text{MJ kg}^{-1}$ );  $T$  = srednja dnevna temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

2. Pad napona zasićene vodene pare ( $\Delta$ )

$$\Delta = \frac{2504 \cdot \exp\left(\frac{17.27 \cdot T}{T + 237.3}\right)}{(T + 237.3)^2} \quad (68)$$

gde je:  $\Delta$  = pad napona zasićene vodene pare ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ );  $T$  = srednja dnevna temperatura vazduha ( $^{\circ}\text{C}$ ).

3. Psihometrijska konstanta ( $\gamma$ )

$$\gamma = 0.00163 \cdot \frac{P}{\lambda} \quad (69)$$

gde je:  $\gamma$  = psihometrijska konstanta ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ );  $P$  = atmosferski pritisak ( $\text{kPa}$ );  $\lambda$  = latentna toplota vaporizacije ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ).

4. Atmosferski pritisak ( $P$ )

$$P = 101.3 \cdot \left(\frac{293 - 0.0065 \cdot z}{293}\right)^{5.26} \quad (70)$$

gde je:  $P$  = atmosferski pritisak ( $\text{kPa}$ );  $z$  = nadmorska visina ( $\text{m}$ ).

5. Napon zasićene vodene pare ( $e_a$ )

Proračun za dvadesetčasovni period vrši se prema :

$$e_a = \frac{0.611}{2} \cdot \left( \exp\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3}\right) + \exp\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3}\right) \right) \quad (71)$$

gde je:  $e_a$  = saturisani napon vodene pare ( $\text{kPa}$ );  $T_{max}$  = maksimalna dnevna temperatura vazduha ( $^{\circ}\text{C}$ );  $T_{min}$  = minimalna dnevna temperatura vazduha ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Proračun za časovni period vrši se prema :

$$e_a = 0.611 \cdot \exp\left(\frac{17.27 \cdot T}{T + 237.3}\right) \quad (72)$$

gde je:  $T$  = srednja dnevna temperatura vazduha ( $^{\circ}\text{C}$ ).

6. Stvarni napon vodene pare ( $e_d$ )

U našoj zemlji ovaj podatak je lako dostupan u meteorološkim godišnjacima. U svetu, zbog korišćenja savremenijih uređaja (Katul et al 1992; Howell and Dusek 1995; Todorovic 1999) koji očitavaju samo relativnu vlažnost, vrednost stvarnog napona vodene pare dobija se računskim putem preko temperature tačke rose ili preko relativne vlažnosti i napona zasićene vodene pare

a. proračun na osnovu temperature tačke rose ( $T_{dev}$ )

$$e_d = 0.611 \cdot \exp\left(\frac{17.27 \cdot T_{dev}}{T_{dev} + 237.3}\right) \quad (73)$$

gde je:  $e_d$  = stvarni napon vodene pare ( $\text{kPa}$ );  $T_{dev}$  = temperatura tačke rose ( $^{\circ}\text{C}$ ). U humidnim klimatskim uslovima može se  $T_{dev}$  zameniti sa  $T_{min}$  i onda se dobija :

$$e_d = 0.611 \cdot \exp\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3}\right) \quad (74)$$

b. proračun na osnovu maksimalne i minimalne relativne vlažnosti ( $RH_{max}$  i  $RH_{min}$ )

$$e_d = \frac{0.611}{2} \cdot \left( \exp\left(\frac{17.27 \cdot T_{max}}{T_{max} + 237.3}\right) \cdot \frac{RH_{min}}{100} + \exp\left(\frac{17.27 \cdot T_{min}}{T_{min} + 237.3}\right) \cdot \frac{RH_{max}}{100} \right) \quad (75)$$

Za časovne proračune

$$e_d = 0.611 \cdot \exp\left(\frac{17.27 \cdot T}{T + 237.3}\right) \cdot \frac{RH}{100} \quad (76)$$

7. Ekstraterestrijalna radijacija ( $R_a$ )

Za 24-satni period :

$$R_a = \frac{24 \cdot (60)}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r \cdot (\omega_s \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s) \quad (77)$$

gde je:  $R_s$  = ekstraterestrijalna radijacija ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ );  $G_{sc}$  = solarna konstanta ( $G_{sc} = 0.0820 \text{ MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ );  $d_r$  = reativno rastojanje Zemlja - Sunce;  $\delta$  = sunčeva deklinacija (rad);  $\varphi$  = geografska širina (rad) (ima negativnu vrednost za južnu poluloptu).

$$d_r = 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J\right) = 1 + 0.033 \cdot \cos(0.017 \cdot J)$$

$$\delta = 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J - 1.39\right) = 0.409 \cdot \sin(0.017 \cdot J - 1.39)$$

gde je  $J$  = broj dana u godini.

$$\omega_z = \arccos(-\tan \varphi \cdot \tan \delta)$$

Postoje izrazi za dobijanje mesečnih vrednosti ekstraterestrijalne radijacije po mesecima. O proračunu na časovnom nivou proračunaju se izrazi za neto radijaciju po mesecima (Allen et al. (1994), Allen et al. (1998) i Allen et al. (1999)).

## 8. Maksimalno trajanje sunčevog sjaja ( $N$ )

$$N = \frac{24}{\pi} \cdot \omega_z = 7.64 \cdot \omega_z$$

gde je:  $N$  = maksimalno trajanje sunčevog sjaja (h);

## 9. Neto radijacija ( $R_n$ )

Neto radijacija ( $R_n$ ) računa se kao zbir neto kratkogotalasne radijacije ( $R_{ni}$ ):

$$R_n = R_{ni} + R_{nl}$$

### a. Neto kratkogotalasna radijacija ( $R_{ni}$ )

a1. Ako postoje merenja solarne radijacije

$$R_{ni} = (1 - \alpha) \cdot R_s = 0.77 \cdot R_s$$

gde je:  $R_{ni}$  = neto kratkogotalasna radijacija ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ) ( $\alpha = 0.23$ );  $R_s$  = dolazeća solarna radijacija ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ). Solarna radijacija može se meriti u bolje opremljenim stanicama različitim radiometrima i piranometrima kalibracijom i održavanjem. Merene vrednosti solarne radijacije treba proveriti u odnosu na stanica. U tom slučaju solarna radijacija se računaju sunčevog sjaja. Pre korišćenja treba proveriti pouzdanost.

a2. Ako postoje merenja stvarnog trajanja sunčevog sjaja

$$R_{ni} = 0.77 \cdot (0.25 + 0.50 \frac{n}{N}) \cdot R_s \quad (84)$$

gde je:  $R_{ni}$  = neto kratkogotalasna radijacija ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ) ili ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ );  $n$  = stvarno trajanje sunčevog sjaja (h);  $N$  = maksimalno trajanje sunčevog sjaja ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ).

### b. Neto dugogotalasna radijacija ( $R_{nl}$ )

Neto dugogotalasna radijacija se može izraziti na sledeći način:

$$R_{nl} = R_{ni} \downarrow - R_{lu} \uparrow \approx f \cdot (\varepsilon_a - \varepsilon_{ca}) \cdot \sigma \cdot \frac{(T_{k,max}^4 + T_{k,min}^4)}{2}$$

gde je:  $R_{nl}$  = neto dugogotalasna radijacija ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ) ili ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ );  $R_{lu}$  = odlazeća termalna radijacija koju emituju atmosfera i oblaci ka površ (silazni fluks) ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ) ili ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ );  $R_{lu}$  = odlazeća termalna radijacija koju emituju vegetacija i zemljište u atmosferu (uzlazni fluks) ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ) ili ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ );  $f$  = faktor oblačnosti;  $\varepsilon_a$  = efektivna emisivnost atmosfere,  $\varepsilon_{ca}$  = emisivnost vegetacije i zemljišta ( $\varepsilon_{ca} = 0.98$ ),  $\sigma$  = Stefan-Boltzmann konstanta ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ dan}^{-1}$ ) za period od 24 sata ili  $\sigma = 2.04 \times 10^{-10} \text{ (MJ m}^{-2} \text{ K}^{-4} \text{ h}^{-1})$  period;  $T_{k,max}$  = maksimalna dnevna temperatura vazduha ( $^{\circ}\text{K}$ );  $T_{k,min}$  = minimalna dnevna temperatura vazduha ( $^{\circ}\text{K}$ ).

Faktor oblačnosti ( $f$ ) dobija se iz izraza:

b1. Ako postoje merenja solarne radijacije

$$f = 1.35 \cdot \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35$$

gde je:  $R_s$  = solarna radijacija u ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ) ili ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ );  $R_{so}$  = solarna radijacija u danu bez oblaka ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ ) ili ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ), koja se dobija

$$R_{so} = (0.75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot R_s$$

b2. Ako postoje merenja stvarnog trajanja sunčevog sjaja

$$f = 0.9 \frac{n}{N} + 0.1$$

Neto emisivnost zemljišta ( $\varepsilon'$ ) se dobija iz sledećeg izraza:

$$\varepsilon' = \varepsilon_{ca} - \varepsilon_a = 0.34 - 0.14 \sqrt{e_d}$$

gde je:  $\varepsilon'$  = neto emisivnost zemljišta,  $e_d$  = stvarni napon vodene pare (kP);

Sumiranjem svih elemenata izraza (85) dobijaju se dve jednačine i to:

b1. Ako postoje merenja solarne radijacije

$$R_{ni} = -(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35) \cdot (0.34 - 0.14 \sqrt{e_d}) \cdot \sigma \cdot \frac{(T_{k,max}^4 + T_{k,min}^4)}{2} \quad (90)$$

b2. Ako postoje merenja stvarnog trajanja sunčevog sjaja

$$R_{ni} = -(0.9 \frac{n}{N} + 0.1) \cdot (0.34 - 0.14 \sqrt{e_d}) \cdot \sigma \cdot \frac{(T_{k,max}^4 + T_{k,min}^4)}{2} \quad (91)$$

### c. Neto radijacija ( $R_n$ )

Nakon svih proračuna vrednost neto radijacije se dobija iz izraza:

c1. Ako postoje merenja solarne radijacije

$$R_n = 0.77 \cdot R_s - (1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35) \cdot (0.34 - 0.14 \sqrt{e_d}) \cdot \sigma \cdot \frac{(T_{k,max}^4 + T_{k,min}^4)}{2} \quad (92)$$

c2. Ako postoje merenja stvarnog trajanja sunčevog sjaja

$$R_n = 0.77 \cdot (0.25 + 0.50 \frac{n}{N}) \cdot R_s - (0.9 \frac{n}{N} + 0.1) \cdot (0.34 - 0.14 \sqrt{e_d}) \cdot \sigma \cdot \frac{(T_{k,max}^4 + T_{k,min}^4)}{2} \quad (93)$$

Wright (1982) je razvio svoj metod za proračun neto radijacije koji je primenjivan u Allen et al (1989) i Jensen et al (1990). Verzija Penman-Monteith metode u kojoj se proračun neto radijacije obavlja prema Wright (1982) je poznata u literaturi kao ASCE Penman-Monteith metoda. FAO-56 Penman-Monteith i ASCE Penman-Monteith metode su analizirane u Allen et al. (1994) i pokazalo se da su razlike u proračunu evapotranspiracije minimalne.

## 10. Zemljišni toplotni fluks ( $G$ )

Detaljnije o proračunu zemljišnog fluksa može se naći u Wright (1982), Jensen et al. (1990), Allen et al. (1994b), Ortega-Farias et al (1995), Perez et al. (1999), Todd et al. (1999), Amarakoon et al. (2000), Gavilan et al. (2007). U praksi se ovaj element jednačine zanemaruje ako su proračuni na dnevnom ili mesečnom nivou (Allen et al. 1994b; Allen et al. 1998; Steduto and Snyder 1998). Za proračune na časovnom nivou predlažu se izrazi u zavisnosti doba dana. Za period dnevnog svetla:

$$G = 0.1 \cdot R_n \quad (94)$$

Za periode u toku noći:

$$G = 0.5 \cdot R_n \quad (95)$$

gde je:  $G$  = zemljišni toplotni fluks ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ );  $R_n$  = neto radijacija ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ).

## FAO-56 PM & ASCE PM

$$ET_{0,pm} = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

gde je  $ET_{0,pm}$  referentna evapotranspiracija ( $\text{mm dan}^{-1}$ );  $\Delta$  je pad napona zasićene vodene pare ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $R_n$  je neto radijacija ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ );  $G$  je zemljišni fluks toplote ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ );  $\gamma$  je psihrometrijska konstanta;  $T$  srednja temperatura vazduha na 2 m visine ( $^\circ\text{C}$ );  $U_2$  je brzina vetra na 2 m visine ( $\text{m s}^{-1}$ );  $(e_a - e_d)$  je deficit napona vodene para na 2 m visine ( $\text{kPa}$ ).



## Development of master curricula for natural disasters risk management in Western Balkan countries

---



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

$$ET_{0,Harg} = HC \cdot R_a \cdot (T_{\max} - T_{\min})^{HE} \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} + HT \right)$$

$$HC = 0.0023, HE = 0.5, HT = 17.8$$

Allen (1993)

$$ET_0 = 0.0030 \cdot 0.408RA \cdot (T_{avg} + 20) \cdot TD^{0.4}$$

Droogers and Allen (2002)

$$ET_0 = 0.0025 \cdot 0.408RA \cdot (T_{avg} + 16.8) \cdot TD^{0.5}$$

Droogers and Allen (2002)

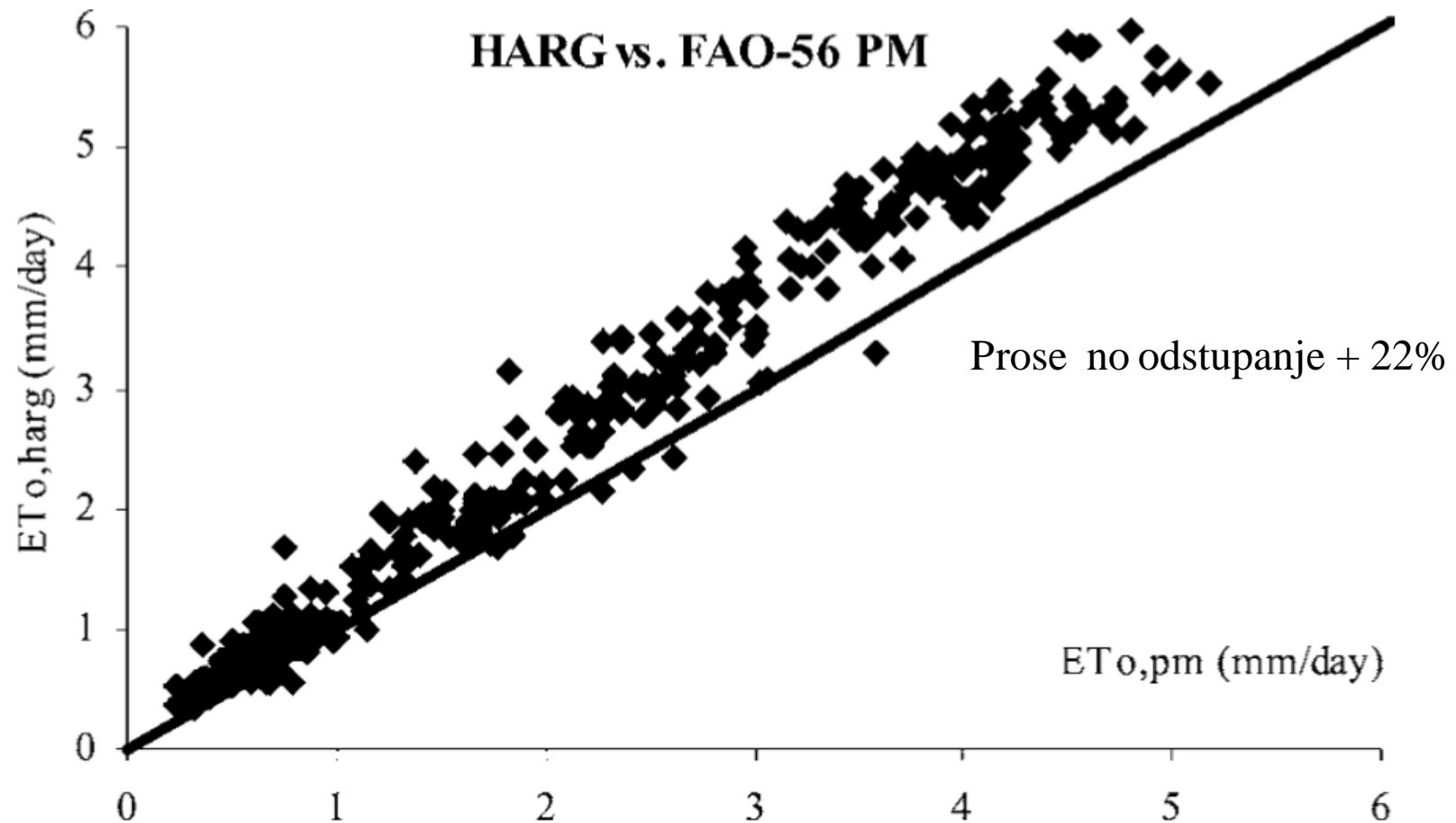
$$ET_0 = 0.0013 \cdot 0.408RA \cdot (T_{avg} + 17.0) \cdot (TD - 0.0123P)^{0.76}$$



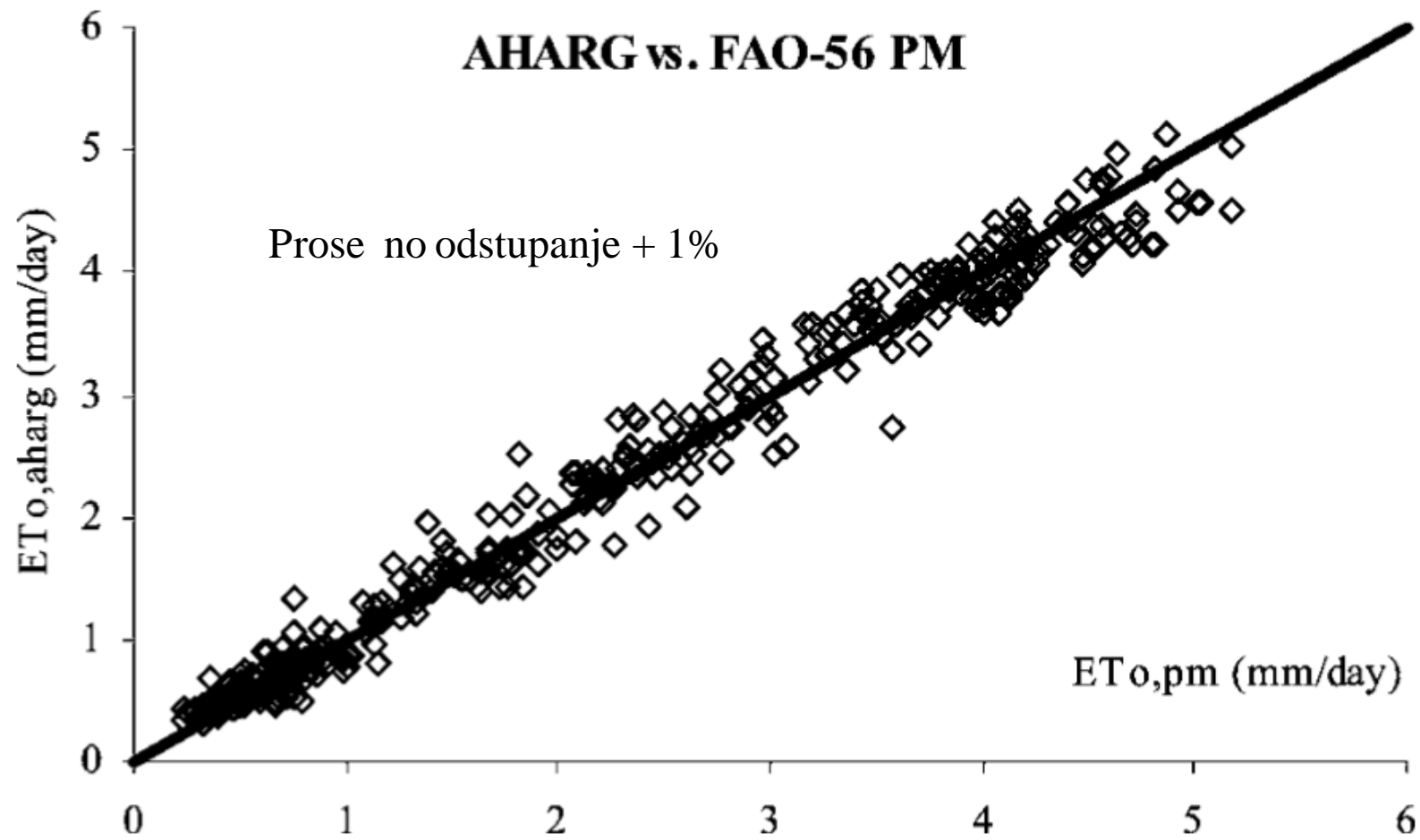
Trajkovic 2007 J. Irr. Drain. Eng.

$$ET_{0,AHarg} = 0.0023 \cdot R_a \cdot (T_{\max} - T_{\min})^{0.424} \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} + 17.8 \right)$$

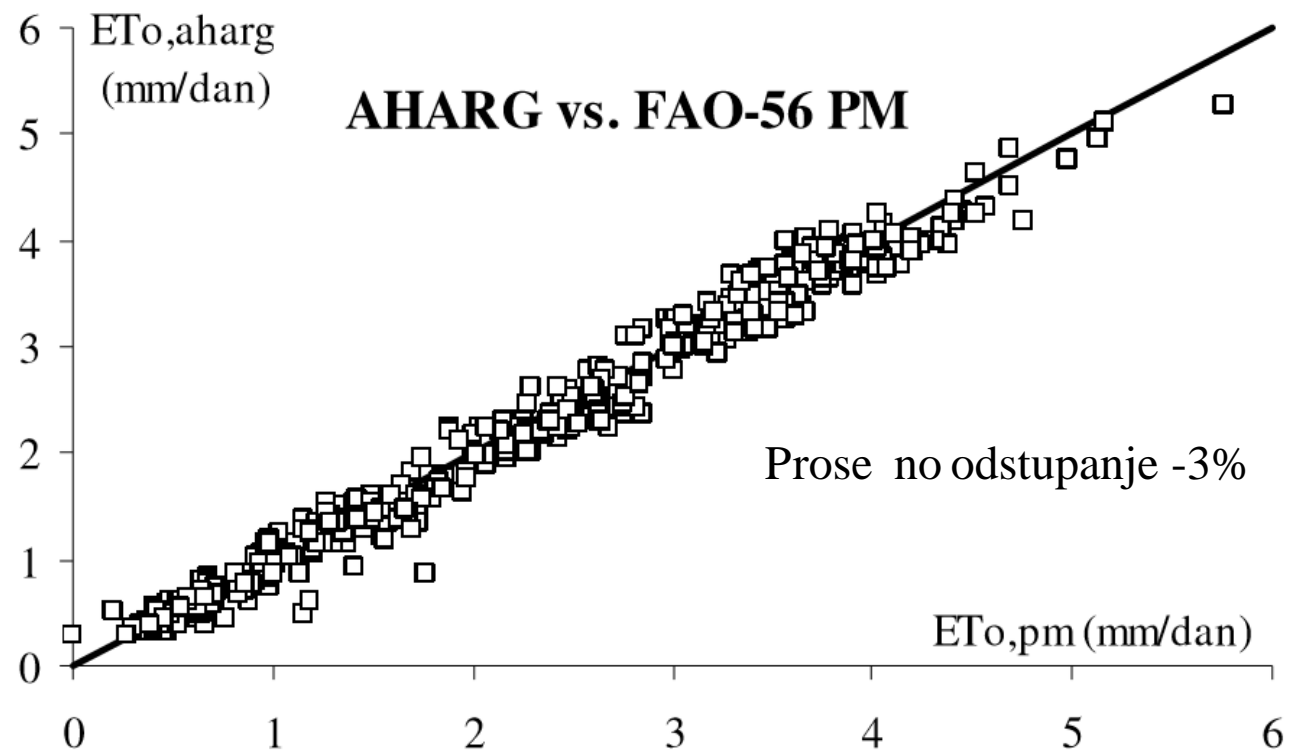
# ET<sub>o</sub>



# ET<sub>o</sub>



Stanica	SEE (mm dan <sup>-1</sup> )	ET <sub>0,aharg</sub> / ET <sub>0,pm</sub>	pET <sub>0,aharg</sub> / pET <sub>0,pm</sub>
Agen	0.12	1.00	0.96
Alencon	0.15	1.04	1.05
Auxerre	0.19	0.93	0.95
Belfort	0.18	0.96	0.95
Bordeaux	0.09	1.00	0.98
Brest-Gui.	0.15	0.92	0.97
Caen	0.19	0.91	0.95
Clermont	0.21	0.92	0.95
Dijon	0.27	0.91	0.90
Gourdon	0.21	1.07	1.05
Grenoble	0.10	0.98	0.96
Le-mans	0.10	0.99	0.98
Lille	0.15	0.97	1.00
Limoges	0.24	0.99	1.04
Lyon	0.29	0.91	0.88
Le Pui Cha.	0.17	0.94	0.93
Millau	0.15	0.96	0.94
Nancy	0.17	1.06	1.06
Nantes	0.16	0.95	0.91
Nevers	0.12	0.96	1.00
Orleans	0.23	0.91	0.92
Paris	0.27	0.89	0.91
Poiters	0.13	0.97	0.93
Reims	0.13	0.98	0.98
Rennes	0.06	1.00	0.99
Rouen	0.17	1.07	1.08
Strasbourg	0.12	1.03	1.04
Toulouse	0.19	0.95	0.94
Tours-st.	0.29	0.90	0.93
Prosek	0.17	0.97	0.97



Tabari et al. 2013 Irrig Sci 31:107–117

Temperature-based methods	$R^2$	RMSE (mm/day)	MBE (mm/day)	PE (%)
Thornthwaite	0.82	0.64	0.24	10.30
Blaney–Criddle	0.99	0.33	−0.03	1.17
Schendel	0.87	1.03	−0.86	37.32
Hargreaves-M1	0.95	1.08	−0.96	41.57
Hargreaves-M2	0.95	0.94	−0.81	35.06
Hargreaves-M3	0.90	0.67	−0.32	14.21
Hargreaves-M4	0.95	0.34	−0.18	7.87

Farzanpour et al. 2018 Hydrology Research

	Temperature- based							Radiation- based					Mass transfer- based							
	BC	Schendel	HS1	HS2	HS3	HS4	JH	RI	IR	T1	T2	DA	TR	ME	RO	PE	AL	BW	WMO	MA
Ahar	0.24	0.40	0.18	0.20	0.25	0.19	0.22	0.50	0.17	0.20	0.18	0.32	0.33	0.32	0.32	0.32	0.40	0.33	0.33	0.33
Bonab	0.23	0.46	0.20	0.21	0.25	0.20	0.20	0.42	0.18	0.21	0.17	0.33	0.36	0.33	0.32	0.33	0.67	0.35	0.35	0.34
Jolfa	0.21	0.35	0.30	0.31	0.37	0.30	0.21	0.42	0.26	0.28	0.23	0.28	0.33	0.29	0.28	0.31	0.45	0.32	0.33	0.33
Kalibar	0.22	0.40	0.19	0.18	0.22	0.19	0.22	0.54	0.18	0.20	0.19	0.36	0.37	0.36	0.36	0.37	0.41	0.36	0.37	0.37
Marageh	0.18	0.43	0.17	0.17	0.19	0.17	0.16	0.43	0.18	0.23	0.18	0.27	0.29	0.27	0.27	0.29	0.36	0.29	0.30	0.29
Marand	0.24	0.51	0.18	0.18	0.22	0.18	0.21	0.56	0.20	0.23	0.20	0.34	0.40	0.34	0.35	0.37	0.48	0.39	0.39	0.40
Mianeh	0.22	0.45	0.20	0.21	0.24	0.20	0.18	0.39	0.20	0.23	0.18	0.33	0.35	0.33	0.32	0.33	0.42	0.34	0.34	0.35
Sahand	0.23	0.55	0.21	0.21	0.24	0.21	0.23	0.59	0.23	0.26	0.24	0.30	0.29	0.32	0.29	0.29	0.37	0.29	0.30	0.29
Sarab	0.25	0.43	0.17	0.19	0.24	0.18	0.19	0.53	0.17	0.20	0.18	0.32	0.33	0.33	0.32	0.32	0.39	0.32	0.32	0.33
Tabriz	0.20	0.44	0.18	0.19	0.22	0.18	0.18	0.50	0.20	0.24	0.19	0.29	0.31	0.29	0.29	0.31	0.39	0.31	0.32	0.31

Note: BC: Blaney-Criddle; HS1: Hargreaves-Samani 1; HS2: Hargreaves-Samani 2; HS3: Hargreaves-Samani 3; HS 4: Hargreaves-Samani 4; JS: Jensen-Haise; RI: Ritchie; IR: Imak; T1: Tabari-1; T2: Tabari-2; DA: Dalton; TR: Trabert; ME: Meyer; RO: Rohwer; PE: Penman; AL: Albrecht; BW: Brockamp-Wenner; MA: Mahringer.

Approach	PM <sub>t,l</sub>	PM <sub>t,r</sub>	TURC	AHARG
Measured parameters	T	T	T, n	T
Estimated parameters	U <sub>l</sub> , R <sub>s</sub> (T), VP	U <sub>r</sub> , R <sub>s</sub> (T), VP	—	—
<b>Vranje</b>				
RMSE (mm day <sup>-1</sup> )	0.186	0.194	0.308	0.234
PM <sub>x</sub> /PM	1.027	0.984	0.907	0.971
RE	0.080	0.084	0.133	0.101
<b>Nis</b>				
RMSE (mm day <sup>-1</sup> )	0.205	0.293	0.356	0.213
PM <sub>x</sub> /PM	1.042	1.089	0.926	1.050
RE	0.086	0.124	0.150	0.090
<b>Kragujevac</b>				
RMSE (mm day <sup>-1</sup> )	0.217	0.266	0.249	0.209
PM <sub>x</sub> /PM	1.069	1.098	0.992	1.069
RE	0.104	0.127	0.119	0.100
<b>Negotin</b>				
RMSE (mm day <sup>-1</sup> )	0.240	0.196	0.270	0.214
PM <sub>x</sub> /PM	1.056	1.006	0.918	0.980
RE	0.103	0.084	0.116	0.092
<b>Novi Sad</b>				
RMSE (mm day <sup>-1</sup> )	0.179	0.142	0.334	0.184
PM <sub>x</sub> /PM	1.043	0.974	0.902	0.953
RE	0.077	0.061	0.144	0.080
<b>Palic</b>				
RMSE (mm day <sup>-1</sup> )	0.128	0.147	0.244	0.214
PM <sub>x</sub> /PM	1.013	0.969	0.932	0.938
RE	0.058	0.066	0.110	0.096
<b>All stations</b>				
RMSE (mm day <sup>-1</sup> )	0.190	0.208	0.291	0.212
PM <sub>x</sub> /PM	1.038	1.019	0.929	0.987
RE	0.083	0.092	0.128	0.093

-56

( )

Trajkovic (2007).

Trajkovic and Kolakovic 2009  
J. Irr. Drain. Eng.

- (PDSI)
- (SPEI),
- (RDI) i
- (WSVI).

## - PDSI

Palmer, W.C., 1965: Meteorological Drought. Research Paper No. 45, US Weather Bureau, Washington, DC.

:

.

(water-holding capacity).

:

.

:

.



# PDSI

PDSI

•  
,  
•

,

•

PDSI

•

Guttman, N. B., 1998: Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. *J. Amer. Water Resour. Assoc.*, 34, 113–121.

The PDSI is very complex, spatially variant, difficult to interpret, and temporally fixed.

Standardizovan indeks zasnovan na evapotranspiraciji i padavinama (*Standardised Precipitation Evapotranspiration Index*, SPEI) (Vicente-Serrano et al., 2010; Begueria et al., 2010) kao što mu i samo ime kaže zavisi od padavina i referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ).  $ET_0$  se izračunava na osnovu FAO-56 Penman-Monteith (FAO-56 PM) jednačine (Allen et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (3.11)$$

gde je  $ET_0$  = referentna evapotranspiracija ( $\text{mm day}^{-1}$ );  $\Delta$  = pad napona zasićene vodene pare ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $R_n$  = neto radijacija ( $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ );  $G$  = solarna konstanta ( $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$ );  $\gamma$  = psihometrijska konstanta ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $T$  = srednja temperature vazduha ( $^\circ\text{C}$ );  $U_2$  = prosečna brzina vetra na 2 m visine ( $\text{m s}^{-1}$ ); i  $e_s - e_a$  = deficit zasićenosti vodene pare ( $\text{kPa}$ ).

Vodni balans ( $D$ ) se dobija kao razlika između mesečnih padavina i  $ET_0$ , a SPEI se izračunava:

$$SPEI = W - \frac{c_0 + c_1 W + c_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3}, \quad (3.12)$$

gde se  $W$  izračunava kao  $W = \sqrt{-2 \ln(P)}$  za  $P \leq 0,5$  i  $P$  ( $P = 1 - F(x)$ ) je verovatnoća koja prelazi izračunatu vrednost  $D$ . Ako je  $P > 0,5$ , onda se  $P$  zamenjuje sa  $1 - P$ . Koeffijenti  $c_0, c_1, c_2, d_1, d_2$  i  $d_3$  imaju iste vrednosti kao za SPI.  $F(x)$  je funkcija raspodele  $D$  serija i data je kao

$$F(x) = \left[ 1 + \left( \frac{\alpha}{x - \gamma} \right)^\beta \right]^{-1}, \quad (3.13)$$

gde se  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$  dobijaju na osnovu Singh et al. (1993):

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{2w_1 - w_0}{6w_1 - w_0 - 6w_2}, \\ \alpha &= \frac{(w_0 - 2w_1)\beta}{\Gamma(1 + 1/\beta)\Gamma(1 - 1/\beta)}, \\ \gamma &= w_0 - \alpha\Gamma(1 + 1/\beta)\Gamma(1 - 1/\beta). \end{aligned} \quad (3.14)$$

$w_s$  ( $s = 0, 1, 2$ ) je težinski moment reda  $s$  i računa se kao

# SPEI

Vicente-Serrano, S.M., S. Begueria and J.I. Lopez-Moreno, 2010: A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23:1696–1718.

# RDI

Rekultivacija indeksa suše (*Reconnaissance Drought Index*, RDI) (Tsakiris and Vangelis, 2005; Tsakiris et al., 2007) je meteorološki indeks kojim se procenjuje suša na osnovu padavina i potencijalne evapotranspiracije. Inicijalna vrednost indeksa ( $a_k$ ) za referentni period od  $k$  meseci izračunava se kao:

$$a_k = \frac{\sum_{j=1}^k P_j}{\sum_{j=1}^k PET_j} \quad (3.17)$$

Tsakiris, G. and H. Vangelis, 2005: Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, 9/10:3–11.

gde su  $P_j$  i  $PET_j$  padavine i potencijalan evapotranspiracija za  $j$ -ti mesec hidrološke godine.

Normalizovani RDI ( $RDI_n$ ) se izračunava kao

$$RDI_n(k) = \frac{a_k}{a_k} - 1 \quad (3.18)$$

Standardizovani RDI ( $RDI_{st}$ ) se izračunava kao

$$RDI_{st}(k) = \frac{y_k - \bar{y}_k}{\sigma_k} \quad (3.19)$$

gde je  $y$  vrednost za  $\ln a_k$ ,  $\bar{y}_k$  je aritmetička sredina, a  $\sigma_k$  standardna devijacija.

Indeks varijabilnosti suficita vode (*Water Surplus Variability Index*, WSVI) (Gocic and Trajkovic, 2014d, 2014e) izračunava se kao:

$$WSVI_k^{(i)} = \frac{D_k^{(i)} - \mu}{\sigma} \quad (3.20)$$

gde je  $WSVI_k^{(i)}$  = indeks varijabilnosti suficita vode za  $k$ -ti mesec za godinu  $i$ ,  $D_k^{(i)}$  = mesečni deficit vode za  $k$ -ti mesec za godinu  $i$ ,  $\mu$  = srednja vrednost i  $\sigma$  = standardna devijacija za posmatrani period.

Deficit vode  $D_k^{(i)}$  za godinu  $i$  i referentni period od  $k$  meseci se izračunava kao:

$$D_k^{(i)} = \sum_{j=1}^k (P_{ij} - ET_{ij}), i = 1(1)N \quad (3.21)$$

gde su  $P_{ij}$  = padavine i  $ET_{ij}$  = referentna evapotranspiracija za mesec  $j$  za godinu  $i$  i  $N$  = ukupan broj dostupnih podataka.

Klase suše definisane na osnovu WSVI vrednosti prikazne su u tabeli 3.2.

**Tabela 3.2.** Klasifikacija suše prema WSVI indeksu

Klasa suše	WSVI vrednost
Ekstremno vlažno	$WSVI \geq 2,0$
Veoma vlažno	$1,5 \leq WSVI < 2,0$
Umereno vlažno	$1,0 \leq WSVI < 1,5$
Skoro normalno	$-1,0 \leq WSVI < 1,0$
Umerena suša	$-1,5 \leq WSVI < -1,0$
Jaka suša	$-2,0 \leq WSVI < -1,5$
Ekstremna suša	$WSVI < -2,0$

# WSVI

Gocic, M., Trajkovic, S., 2014: Drought characterisation based on Water Surplus Variability Index. *Water Resources Management* 28 (10), 3179–3191.

**Table 5** Pearson correlation coefficient between WSVI and three drought indices (SPI, RDI and SPEI) in selected weather stations

Climate		Hyper-arid	Arid	Semi-arid		Humid		Sub-humid	
Station name		Zabol	Tehran	Khoy	Ghazvin	Belgrade	Loznica	Palic	Vranje
WSVI-1	SPI-1	0.252	0.548	0.732	0.608	0.918	0.946	0.906	0.908
	RDI-1	0.078	0.561	0.751	0.677	0.899	0.912	0.888	0.894
	SPEI-1	0.157	0.503	0.731	0.619	0.975	0.979	0.972	0.955
SPI-1	RDI-1	0.261	0.622	0.828	0.683	0.957	0.963	0.961	0.961
	SPEI-1	0.069	0.124	0.437	0.226	0.933	0.968	0.921	0.896
RDI-1	SPEI-1	0.662	0.762	0.775	0.790	0.920	0.941	0.914	0.919
WSVI-3	SPI-3	0.287	0.645	0.740	0.734	0.925	0.955	0.901	0.913
	RDI-3	0.040	0.619	0.810	0.729	0.950	0.948	0.932	0.940
	SPEI-3	0.095	0.397	0.698	0.568	0.974	0.975	0.973	0.953
SPI-3	RDI-3	0.569	0.904	0.962	0.929	0.958	0.961	0.954	0.970
	SPEI-3	0.072	0.259	0.520	0.437	0.932	0.960	0.907	0.900
RDI-3	SPEI-3	0.600	0.408	0.577	0.527	0.955	0.946	0.944	0.924
WSVI-6	SPI-6	0.289	0.681	0.689	0.777	0.917	0.937	0.886	0.910
	RDI-6	0.297	0.729	0.824	0.842	0.958	0.951	0.939	0.956
	SPEI-6	0.023	0.274	0.646	0.485	0.967	0.973	0.967	0.954
SPI-6	RDI-6	0.688	0.982	0.957	0.978	0.961	0.960	0.956	0.966
	SPEI-6	0.078	0.186	0.419	0.366	0.927	0.943	0.896	0.888
RDI-6	SPEI-6	0.389	0.215	0.536	0.401	0.959	0.948	0.944	0.929
WSVI-12	SPI-12	0.306	0.685	0.582	0.731	0.894	0.917	0.847	0.900
	RDI-12	0.485	0.785	0.822	0.868	0.952	0.956	0.942	0.949
	SPEI-12	0.038	0.250	0.733	0.475	0.980	0.978	0.979	0.949
SPI-12	RDI-12	0.969	0.984	0.928	0.967	0.941	0.939	0.938	0.959
	SPEI-12	0.012	0.177	0.374	0.333	0.917	0.933	0.870	0.889
RDI-12	SPEI-12	0.007	0.203	0.575	0.408	0.976	0.969	0.970	0.946

Gocic, M., Trajkovic, S., 2014: Drought characterisation based on Water Surplus Variability Index. Water Resources Management 28 (10), 3179–3191.

Indeks	PDSI	RDI	SPEI	WSVI
Metoda	Thornthwaite	Thornthwaite	Thornthwaite	FAO-24 PM

$$ET_{0,k} = \frac{16N_k}{360} \left( \frac{10T_k}{\sum_{k=1}^{12} (0.2T_k)^{1.514}} \right)^{0.016 \sum_{k=1}^{12} (0.2T_k)^{1.514+0.5}}$$

**Table 2.** Statistical Summary of Evapotranspiration<sub>0</sub> (ET<sub>0</sub>) Estimates for Seven Locations in Serbia

Trajkovic (2005) J. Irr. Drain. Eng.

Method	ET <sub>eq</sub> /ET <sub>pm</sub> (%/100)	pET <sub>eq</sub> /ET <sub>pm</sub> (%/100)	MXE (mm day <sup>-1</sup> )	MAE (mm day <sup>-1</sup> )	RMSE (mm day <sup>-1</sup> )
<b>Palic (1977–1983)</b>					
PMt	1.045	0.999	0.450	0.134	0.161
Harg	1.137	1.117	0.746	0.306	0.371
Thw	0.873	0.993	1.189	0.387	0.485
<b>Novi Sad (1981–1984)</b>					
PMt	1.053	1.046	0.663	0.155	0.173
Harg	1.146	1.166	0.907	0.344	0.448
Thw	0.849	0.993	1.320	0.454	0.571
<b>Belgrade (1977–1984)</b>					
PMt	0.922	0.937	0.791	0.208	0.263
Harg	1.013	1.049	0.626	0.193	0.232
Thw	0.816	0.961	1.622	0.506	0.636
<b>Negotin (1971–1974)</b>					
PMt	1.090	1.016	0.768	0.237	0.300
Harg	1.182	1.125	1.163	0.442	0.524
Thw	0.841	0.962	1.114	0.425	0.511
<b>Kragujevac (1981–1984)</b>					
PMt	1.187	1.107	0.873	0.394	0.445
Harg	1.286	1.224	1.296	0.601	0.704
Thw	0.915	1.004	1.036	0.335	0.415
<b>Nis (1977–1984)</b>					
PMt	1.194	1.126	1.193	0.432	0.513
Harg	1.289	1.243	1.420	0.640	0.773
Thw	0.894	0.994	1.348	0.416	0.514
<b>Nis (1993–1996)</b>					
PMt	1.187	1.165	1.013	0.449	0.525
Harg	1.274	1.270	1.486	0.659	0.792
Thw	0.876	1.009	1.102	0.459	0.545
<b>Vranje (1971–1974)</b>					
PMt	1.080	1.033	0.533	0.217	0.251
Harg	1.168	1.141	0.866	0.393	0.463
Thw	0.807	0.927	1.318	0.474	0.573

**Table 3**

Performance statistical indicators of  $RDI_{st}$  values calculated by the various PET methods for the 3-month periods (October–December, January–March, April–June and July–September).

Type of area	PET method	RMSE	MBE
<i>3-month period, October–December</i>			
<b>Mountainous</b>	Hargreaves	0.12	$33 \cdot 10^{-5}$
	Thornthwaite	0.50	$273 \cdot 10^{-5}$
	Blaney–Criddle	0.20	$161 \cdot 10^{-5}$
	FAO P–M (only T)	0.10	$-32 \cdot 10^{-5}$
<b>Coastal</b>	Hargreaves	0.11	$12 \cdot 10^{-5}$
	Thornthwaite	0.12	$-30 \cdot 10^{-5}$
	Blaney–Criddle	0.10	$-188 \cdot 10^{-5}$
	FAO P–M (only T)	0.13	$58 \cdot 10^{-5}$
<i>3-month period, January–March</i>			
<b>Mountainous</b>	Hargreaves	0.07	$-55 \cdot 10^{-5}$
	Thornthwaite	0.72	$-1304 \cdot 10^{-5}$
	Blaney–Criddle	0.14	$-112 \cdot 10^{-5}$
	FAO P–M (only T)	0.10	$-72 \cdot 10^{-5}$
<b>Coastal</b>	Hargreaves	0.12	$91 \cdot 10^{-5}$
	Thornthwaite	0.20	$-15 \cdot 10^{-5}$
	Blaney–Criddle	0.10	$180 \cdot 10^{-5}$
	FAO P–M (only T)	0.14	$101 \cdot 10^{-5}$
<i>3-month period, April–June</i>			
<b>Mountainous</b>	Hargreaves	0.05	$-5 \cdot 10^{-5}$
	Thornthwaite	0.10	$-31 \cdot 10^{-5}$
	Blaney–Criddle	0.09	$34 \cdot 10^{-5}$
	FAO P–M (only T)	0.06	$-52 \cdot 10^{-5}$
<b>Coastal</b>	Hargreaves	0.03	$55 \cdot 10^{-5}$
	Thornthwaite	0.04	$-6 \cdot 10^{-5}$
	Blaney–Criddle	0.04	$98 \cdot 10^{-5}$
	FAO P–M (only T)	0.03	$50 \cdot 10^{-5}$
<i>3-month period, July–September</i>			
<b>Mountainous</b>	Hargreaves	0.08	$-33 \cdot 10^{-5}$
	Thornthwaite	0.16	$-186 \cdot 10^{-5}$
	Blaney–Criddle	0.13	$-212 \cdot 10^{-5}$
	FAO P–M (only T)	0.06	$-10 \cdot 10^{-5}$
<b>Coastal</b>	Hargreaves	0.01	$29 \cdot 10^{-5}$
	Thornthwaite	0.01	$1 \cdot 10^{-5}$
	Blaney–Criddle	0.02	$-5 \cdot 10^{-5}$
	FAO P–M (only T)	0.02	$38 \cdot 10^{-5}$

Vangelos et al. (2013) J. Arid Environm.



,

/

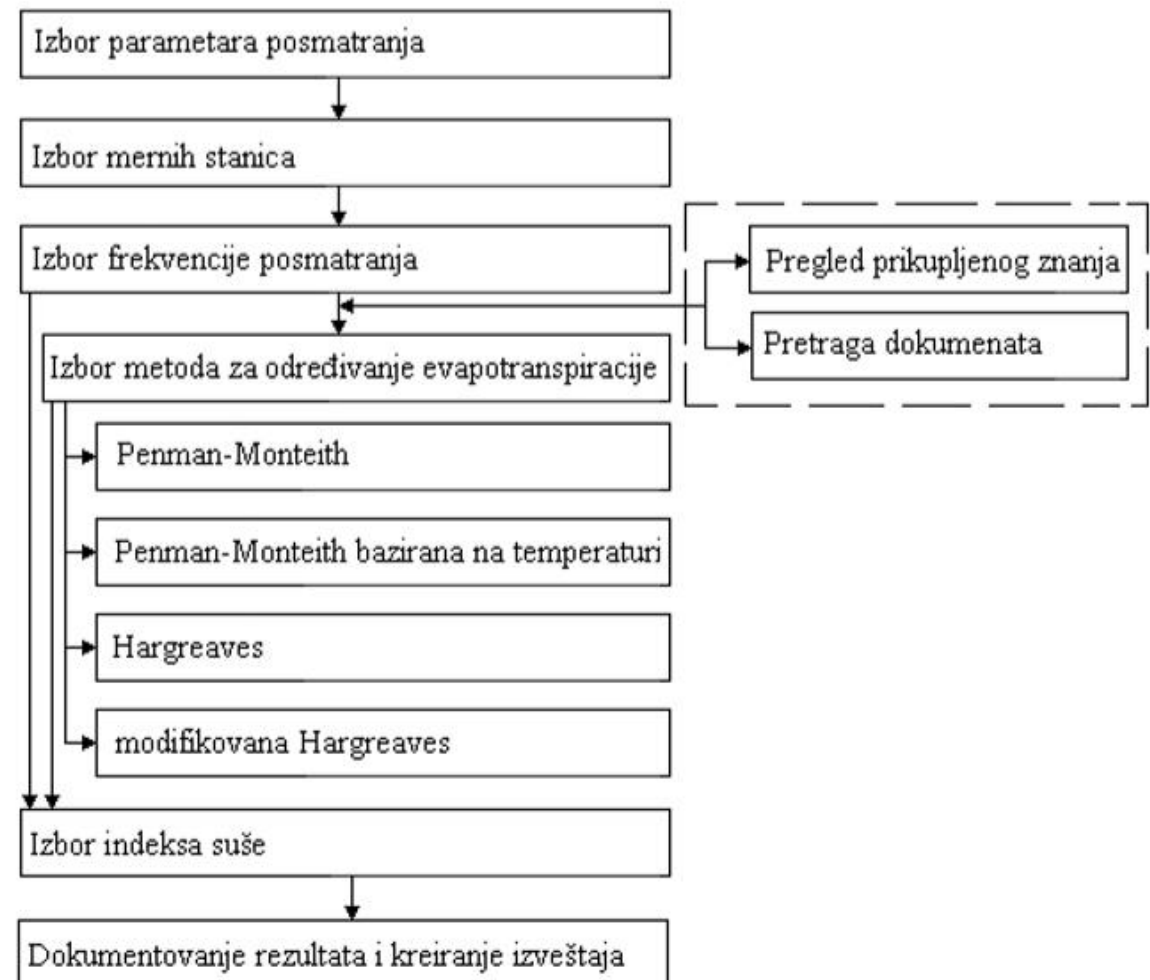
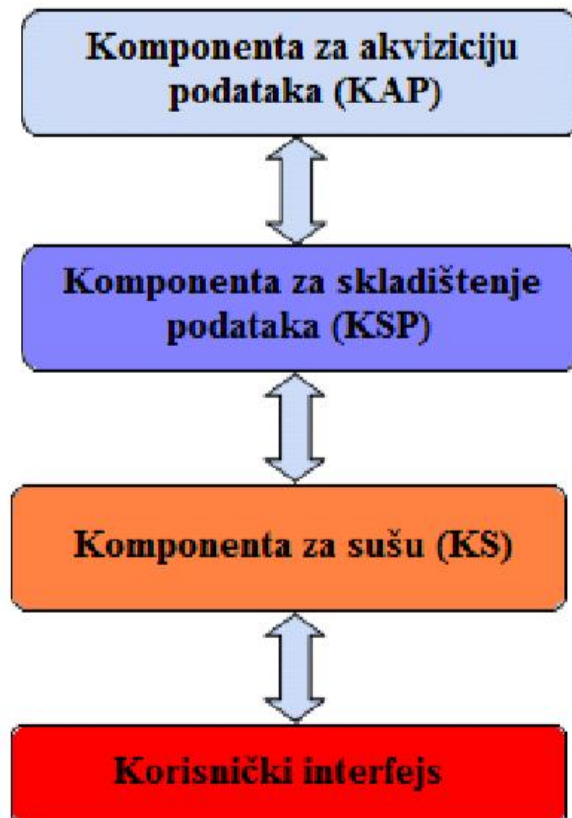
)

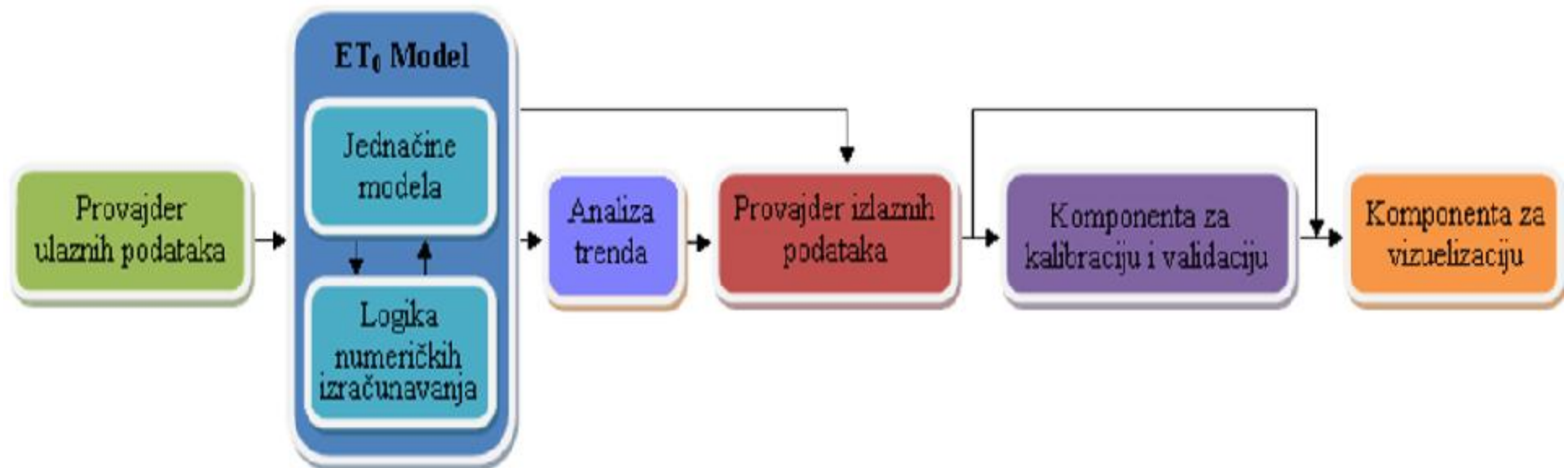
(

37003

:  
:  
: 2011.  
: 4.000.000

:  
: 15  
: 30 , 4  
:  
,





**ETO Estimation**

Date: 01 January 2009    Latitude: 46.1 °    Estimation Period:  daily  monthly

Tmax: 4.4 °C    Elevation: 104.9 m

Tmin: -1.8 °C

---

**Rs Estimation**

Solar radiation:  MJm<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>    OR    Sunshine hours: 2.05 h day<sup>-1</sup>    as: 0.25    bc: 0.5    OR    k:

---

Wind speed: 1.871 m s<sup>-1</sup>    OR    Long-term average wind speed:  m s<sup>-1</sup>

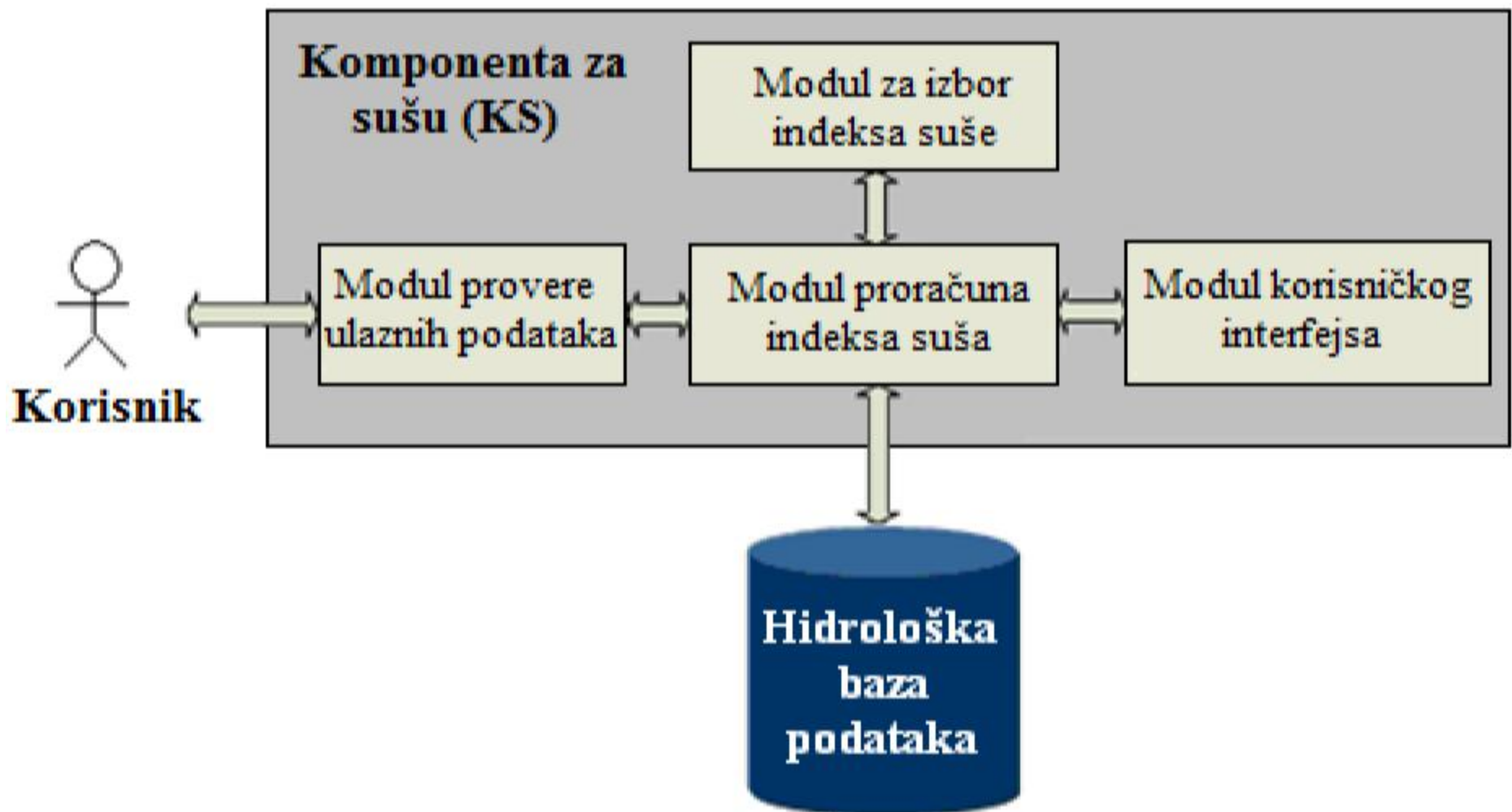
---

VP: 0.57 kPa    OR    Tdew:  °C    OR    RHmin:  %    RHmax:  %    OR    Dew-point offset:  °C

---

Ra: 11.5485 MJm<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>    Penman-Monteith    Rn: 1.2477 MJm<sup>-2</sup>day<sup>-1</sup>    Hargreaves    HC: 0.0023    HA: 17.8

N: 6.8972 h day<sup>-1</sup>    ETO: 4.505 mm day<sup>-1</sup>    HE: 0.424    ETO: 4406 mm day<sup>-1</sup>



**Proračun SPI indeksa**

Izaberite stanicu:     Izaberite proračun:     Referentni period: Od  Do        

Prikaz izračunatih vrednosti

Godina	Januar	Februar	Mat	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Sept	Okt	Nov	Dec
1961												-0.84
1962	-0.66	-0.31	0.31	0.67	-0.42	-0.56	-0.22	-0.14	-0.16	0.25	0.64	0.75
1963	1.52	1.75	1.27	0.98	1.05	1.08	0.83	0.98	1.30	1.31	0.53	0.27
1964	-0.87	-1.19	-1.23	-1.20	-0.86	-0.96	-0.46	-0.36	-0.04	-0.09	0.57	0.38
1965	0.88	1.00	0.76	0.81	0.75	1.35	1.07	0.86	0.39	-0.34	-0.87	0.03
1966	0.40	0.17	0.28	0.14	-0.04	-0.04	-0.05	0.11	0.09	0.48	0.54	0.21
1967	-0.41	-0.68	-0.71	-0.55	-0.49	-0.66	-0.06	-0.34	-0.21	-0.21	-0.49	-0.61
1968	-0.25	-0.01	0.03	-0.46	-0.64	-0.54	-1.54	-0.91	-0.83	-1.16	-0.38	-0.42
1969	-0.58	-0.07	0.27	0.46	0.34	0.90	1.20	0.74	0.73	0.62	-0.23	0.15
1970	0.25	0.17	0.02	0.15	1.10	0.24	0.71	0.74	0.65	1.44	1.51	0.95
1971	0.89	0.61	0.83	0.50	0.24	0.07	-0.41	-0.62	0.24	-0.58	-0.61	-0.69
1972	-0.86	-1.14	-1.95	-1.76	-2.05	-2.13	-1.76	-1.36	-0.49	0.61	0.94	0.78
1973	0.89	0.88	1.24	1.71	1.72	1.96	1.80	1.33	0.80	0.29	0.09	0.70
1974	0.83	0.83	0.60	0.50	0.96	1.30	1.10	0.75	0.40	0.52	0.91	0.95
1975	0.67	0.45	0.61	0.24	0.29	0.77	0.71	1.10	1.07	1.08	0.88	0.41
1976	0.83	0.87	0.46	0.85	0.28	0.10	0.85	0.84	1.24	1.02	1.45	1.89
1977	1.73	2.12	2.36	2.48	2.53	2.26	1.87	1.66	1.37	0.84	0.29	0.39
1978	0.35	0.32	0.61	0.55	0.58	0.79	0.19	-0.02	0.92	0.77	0.23	0.27
1979	0.58	0.34	-0.33	-0.40	-0.69	-0.81	-0.71	0.24	-0.71	-0.11	0.34	-0.06
1980	0.00	-0.16	0.29	0.31	1.18	1.14	1.15	0.56	0.35	0.54	0.54	1.15
1981	0.90	0.97	0.79	0.91	0.02	-0.01	0.41	0.34	1.01	0.78	0.65	0.43
1982	0.30	0.27	0.21	0.34	0.09	-0.04	-0.09	-0.08	-0.68	-0.92	-0.83	-1.00
1983	-0.92	-0.78	-1.04	-1.56	-1.34	-0.53	-0.14	-0.53	-0.15	-0.34	-0.30	-0.46
1984	-0.16	0.16	0.48	0.67	0.72	-0.14	-1.05	-0.80	-1.30	-1.43	-1.56	-1.64
1985	-1.32	-1.65	-1.64	-1.70	-1.61	-1.67	-1.60	-1.49	-1.85	-1.72	-0.21	-0.31
1986	-0.33	-0.01	-0.15	-0.37	-0.42	0.14	1.06	0.60	0.58	0.72	-0.87	-0.72
1987	-0.36	-0.90	-0.46	-0.11	0.57	-0.07	-1.37	-1.27	-1.06	0.85	0.23	0.57
1988	-0.23	-0.12	0.06	-0.15	-0.81	0.15	0.15	-0.28	-0.09	-0.08	0.00	-0.23
1989	-0.33	-0.67	-1.39	-1.32	-0.74	-1.03	-0.33	0.18	0.61	0.75	0.39	0.35
1990	0.39	0.53	0.54	0.73	0.45	-0.34	-0.99	-1.56	-2.27	-2.56	-3.09	-1.90
1991	-1.76	-1.38	-1.11	-1.21	-0.78	-0.90	0.08	0.25	0.19	0.41	0.66	-0.18
1992	-0.19	-0.59	-0.74	-1.00	-1.45	-0.64	-1.28	-1.71	-1.95	-1.68	-0.94	-1.03
1993	-0.87	-0.89	-0.47	-0.92	0.75	-1.81	-2.26	-2.29	-1.99	-2.36	-2.64	-2.04

## 30

Trajković, Slaviša [Back to author details page](#)

University of Niš, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Niš, Serbia

Author ID:6602874202

Documents (30)

**h-index (15)**

Citations (1000)

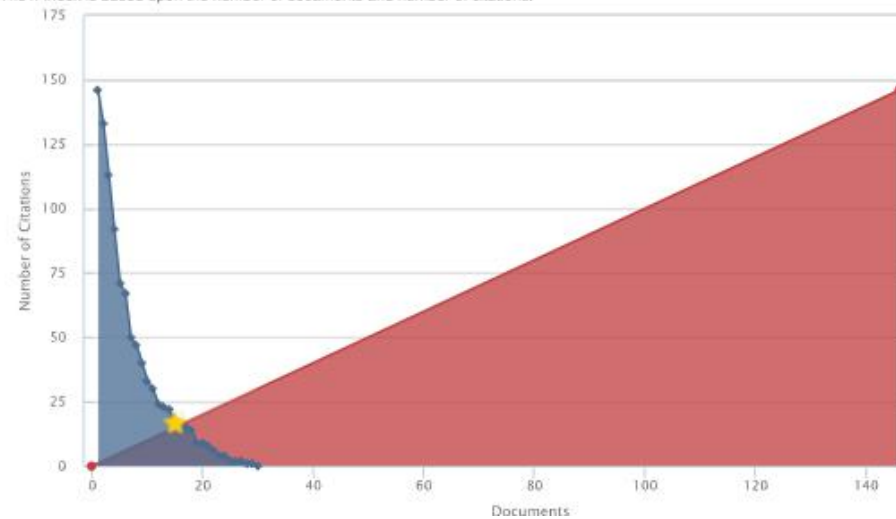
Co-authors (33)

Analyze documents published between:  to   Exclude self citations  Exclude citations from books [Update Graph](#)

1	146	Analysis of changes in meteorologi...
2	133	Forecasting of reference evapotran...
3	113	Temperature-based approaches for
4	92	Hargreaves versus Penman-Monte...
5	71	Comparative analysis of 31 referen...
6	67	Evaluation of reference evapotrans...
7	50	Analysis of precipitation and droug...
8	47	Spatiotemporal characteristics of d...
9	40	Software for estimating reference e...
10	33	Wind-adjusted Turc equation for es...
11	30	Estimating reference evapotranspir...
12	24	Determination of the most influenti...
13	23	Comparison of radial basis function
14	22	Testing hourly reference evapotran...
15	17	*Forecasting of reference evapotra...

**This author's h-index is 15**

The h-index is based upon the number of documents and number of citations.





1948-2012 (64 ) – 15%

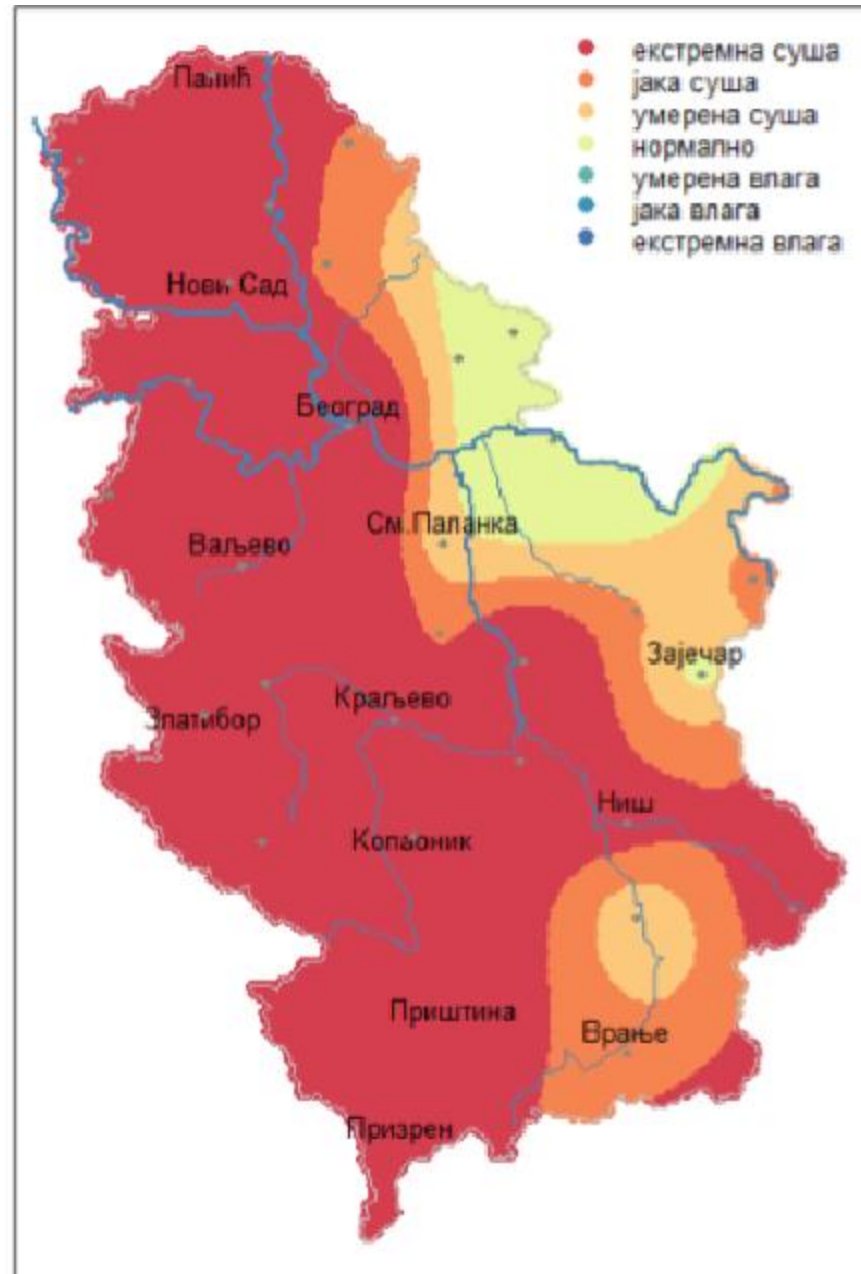
1988.

– (+ )

– (SPEI, Z, PDSI)

SPEI WSVI

!



# Klizišta i odroni kao prirodne katastrofe

dr Zoran Boni , vanr. prof.  
Univerzitet u Nišu, Građevinsko – arhitektonski fakultet



Obuka civilnog sektora u slučaju prirodnih katastrofa/ 10 – 11. maj, 2018.

Project number: 573806-EPP-1-2016-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP

*"This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein"*

## OPŠTI POJMOVI

§ **Katastrofa** je elementarna nepogoda ili druga nesreća i događaj koji veličinom, intenzitetom i neekvivalentnošću ugrožava živote i zdravlje većeg broja ljudi, materijalna dobra i životnu sredinu.

§ **Elementarna nepogoda** je događaj prouzrokovan delovanjem:

§ zemljotresa,

§ poplava,

§ bujica,

§ oluja, jake kiše,

§ atmosferskih pražnjenja,

§ grada,

§ suše,

§ odronjavanja ili klizanja zemljišta,

§ snežnih nanosa i lavina,

§ ekstremnih temperatura vazduha,

§ nagomilavanja leda na vodotocima,

§ epidemija zaraznih bolesti

§ **Hazard** - je verovatnoća pojave opasnog događaja koja odgovara njegovim karakteristikama. Pod opasnim događajem se podrazumeva događaj koji predstavlja potencijalnu pretnju po zdravlje ljudi, imovinu i životnu sredinu.

§ Opasni događaji se mogu da se svrstaju u dve kategorije: prirodni i prouzrokovani ljudskim aktivnostima.

§ U prirodne opasne događaje ubrajamo: zemljotrese, poplave, suše, klizišta, odroni, vulkanske erupcije, požare u prirodi, tornada, uragane, cunamije itd.

§ **Rizik** - mera o ekivanih gubitaka usled odre enog hazarda. O ekivani gubici se odnose na povre ivanje i gubitak ljudskih života kao i na materijalnu štetu.

§ **Vanredna situacija** je stanje u društvu kada su rizici i pretnje od opasnih doga aja po živote ljudi, životnu sredinu i materijalna dobra takvog obima i intenziteta da ih nije mogu e spre iti ili otkloniti redovnim delovanjem nadležnih organa i službi, zbog ega je za njihovo ublažavanje i otklanjanje neophodno **upotrebiti posebne mere, snage i sredstva uz poja an režim rada.**

§ **Kliženje** predstavlja savremeni geološki proces otkidanja i pokretanja delova terena na padinama i kosinama, preko stabilne podloge, duž jasno ispoljene površine kliženja. Klizište je tvorevina procesa kliženja.

§ **Odron** predstavlja skupinu većih blokova ili manjih odlomaka stenskih masa, odloženih pri dnu padine ili obale.

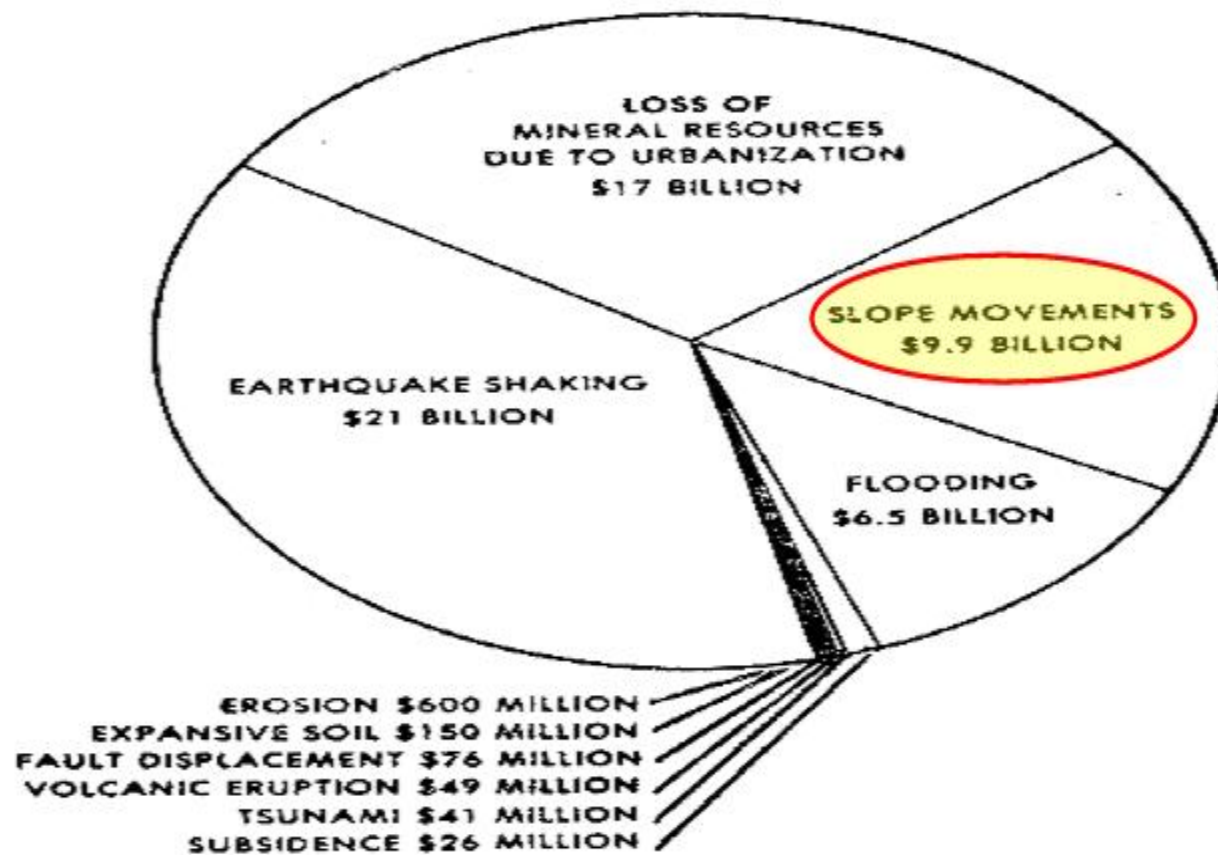
§ **Erozija** padina predstavlja savremeni egzogeni geološki proces planarnog i linijskog spiranja padina i kosina povremenim atmosferskim vodama.

§ Koliko su klizišta katastrofalna pokazuju podaci iz Japana (Sassa, 2009.). U razdoblju od 1967.-2002. u Japanu je, usled katastrofalnih klizišta, stradalo 3285 ljudi.

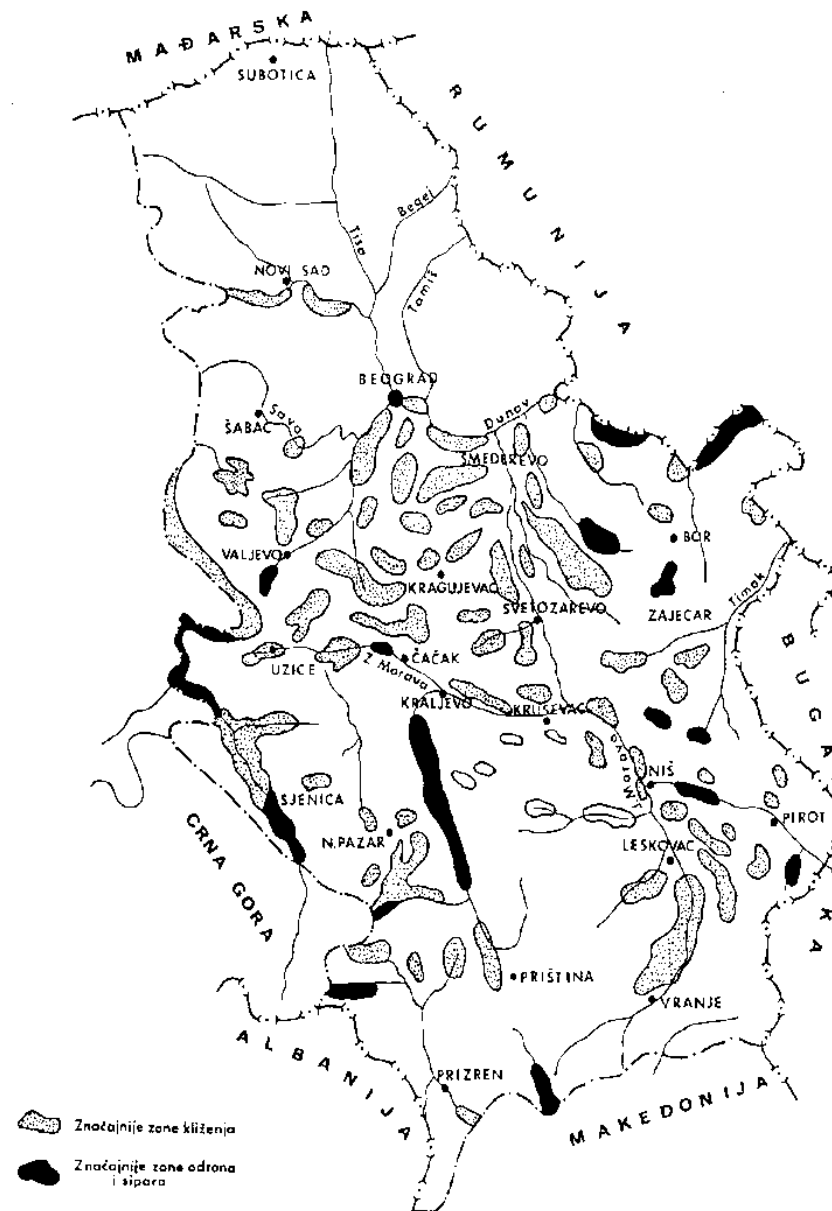
§ O štetama i žrtvama kliženja tla na svetskom nivou podatke daju Lacasse i Nadim (2009.). Prema ovom izvoru u Evropi je broj žrtava izazvan klizištima u razdoblju od 1903.-2004. godine veći od 15 000 pri čemu nisu uzeti u obzir slučajevi sa manje od 10 žrtava.

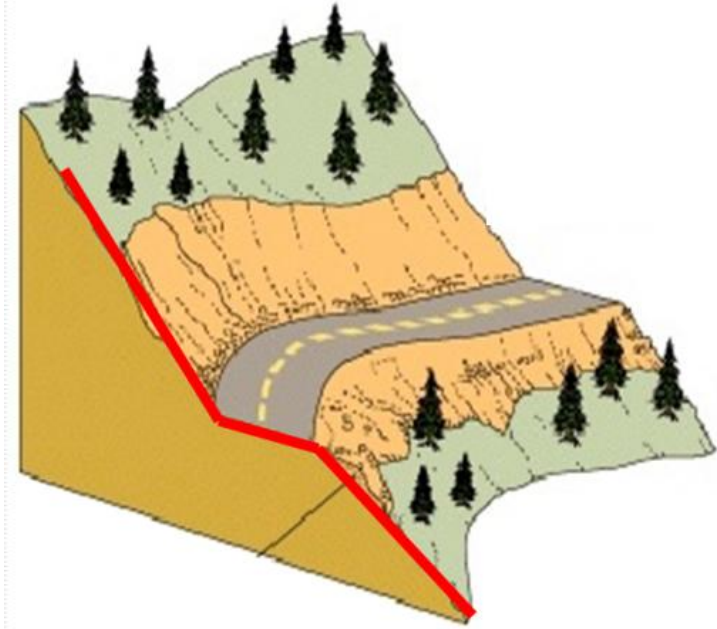
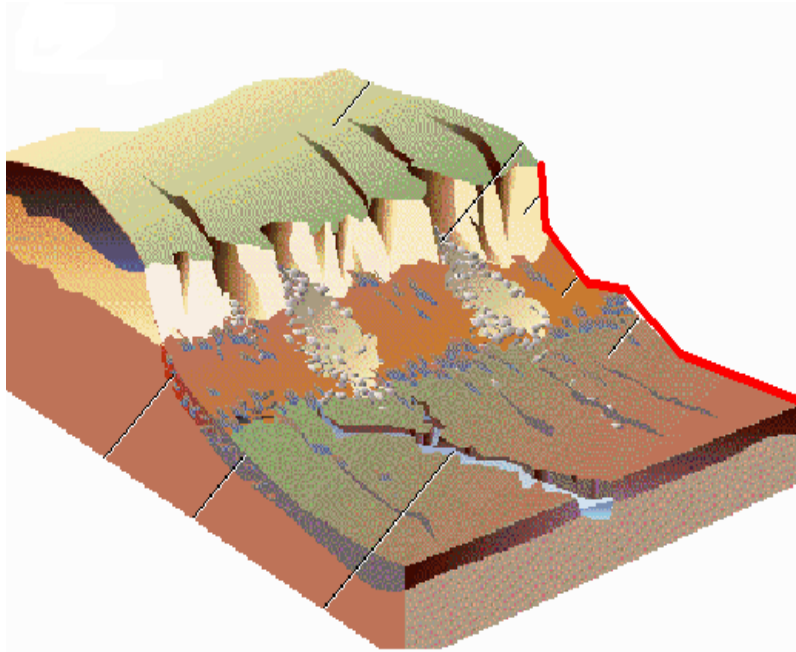


**Figure 1.5. Predicted economic losses from geologic hazards and urbanization in California from 1970 to 2000 (7.7).**



## Klizišta i odroni u Srbiji





Podela kosina prema na inu nastanka:

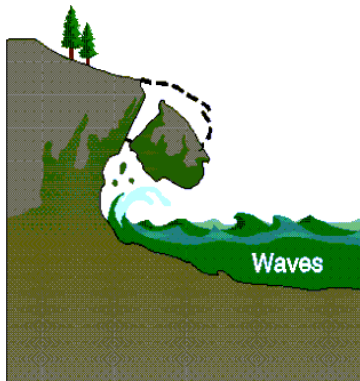
§ *prirodne kosine (padine)*

-nastale pri pokretima Zemljine kore i tokom procesa degradacije, erozije, transporta i sedimentacije

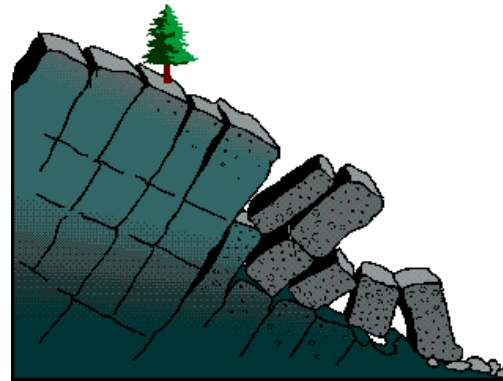
§ *vešta ke kosine* - nastaju ljudskom aktivnoš u pri iskopu ili nasipanju tla (nasipi, useci, zaseci)

Prema meunarodnim standardima kretanja tla obuhvataju veliki broj različitih tipova pomeranja tla od kojih se kod nas u praksi najčešće susrećemo sa:

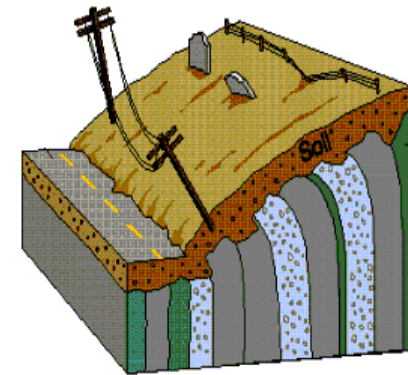
- § klizanjem tla
- § odronjavanjem (odroni stenskog materijala)
- § tečenjem raskvašenog tla (tecišta)
- § složenim kretanjem



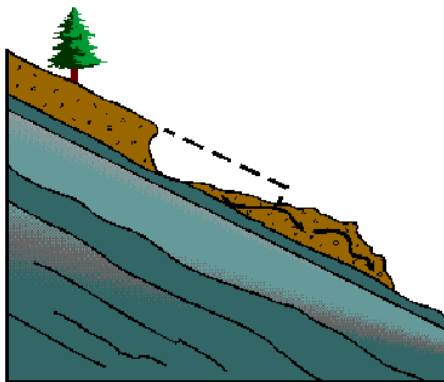
Otkidanje



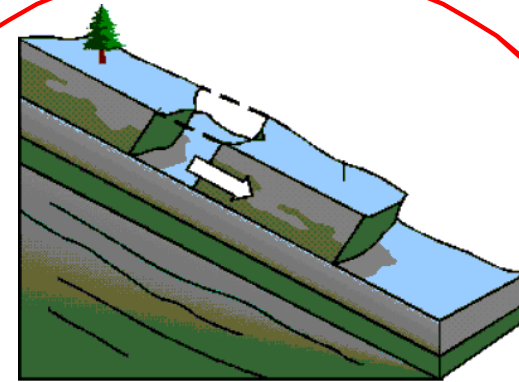
Preturanje



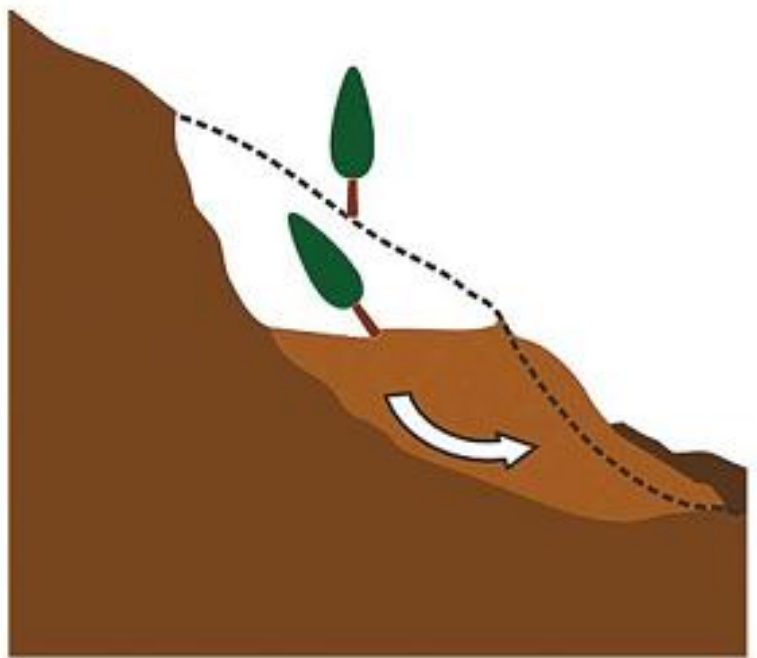
Puženje



Plasti no te enje



Kliženje



Šematski prikaz klizišta i fotografija klizišta sa terena

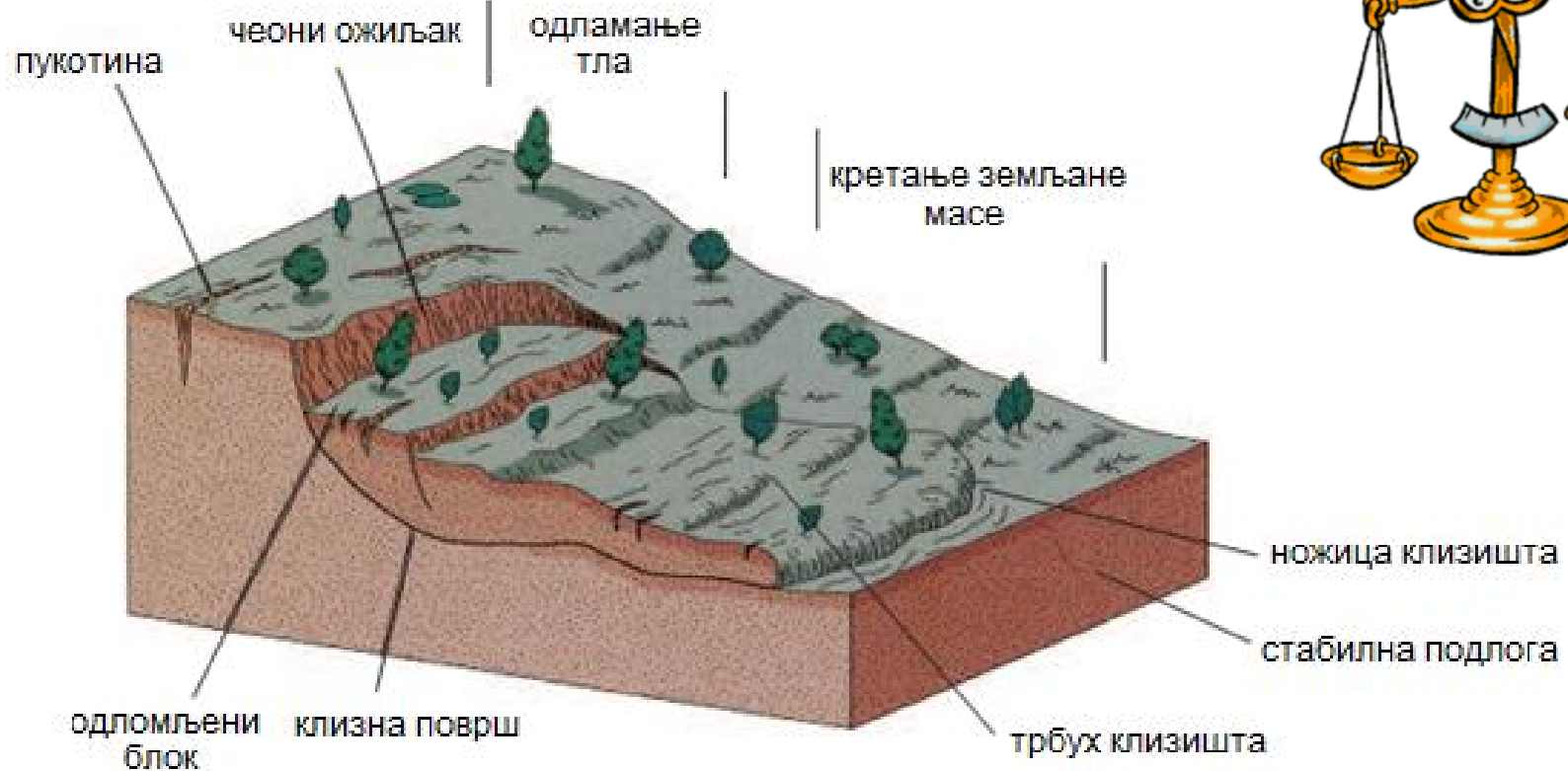


Šematski prikaz odrona i fotografija odrona sa terena

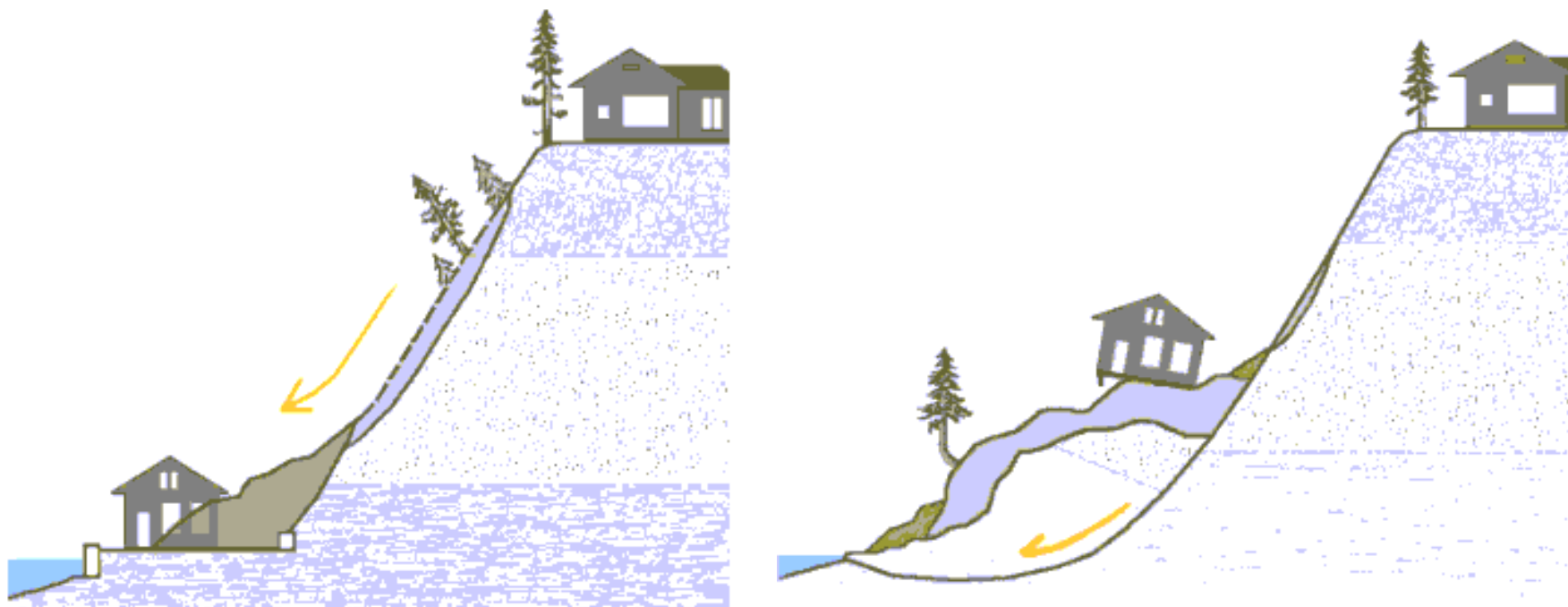


Šematski prikaz tecišta i fotografija tecišta sa terena

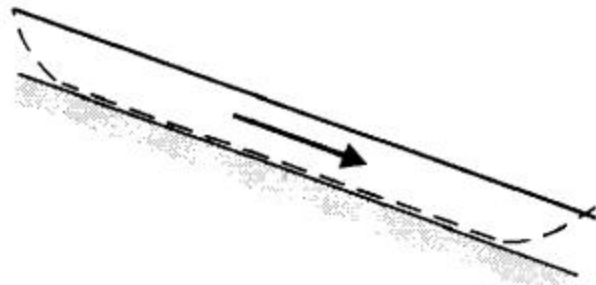




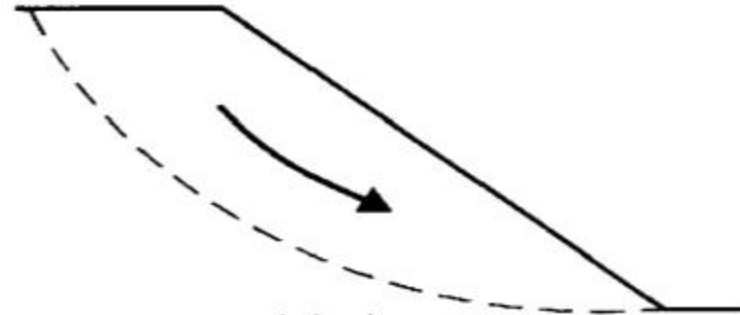
Osnovni elementi klizišta



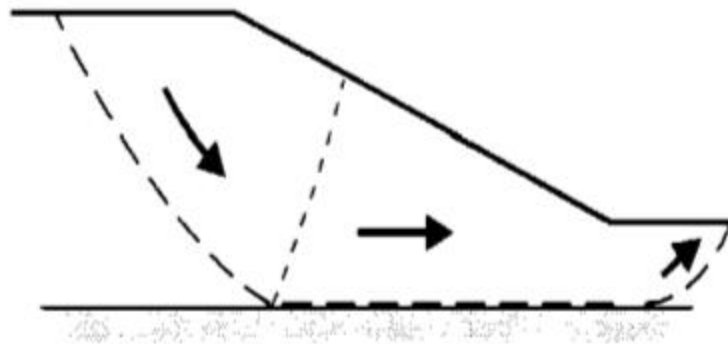
Klizišta sa plitkom i dubokom kliznom površi



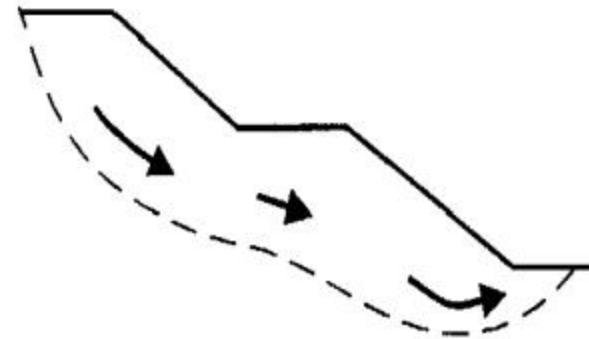
Translacija



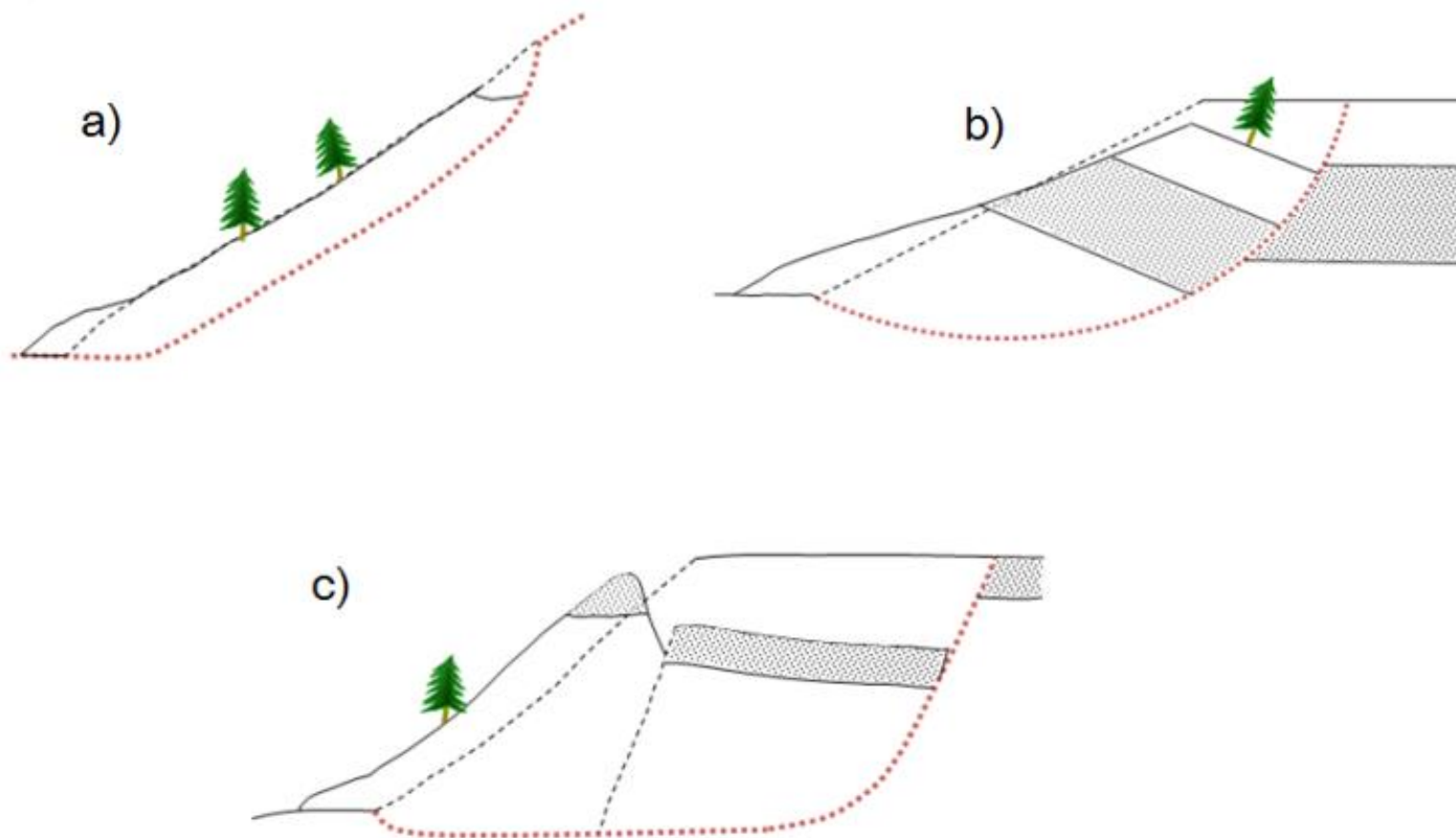
Rotacija



Složeno pomeranje



Vidovi kretanja klizišta



Mogu i oblici klizne površine

## Uzroci koji dovode do povećanja smrti u njihovih sila u kliznoj površini



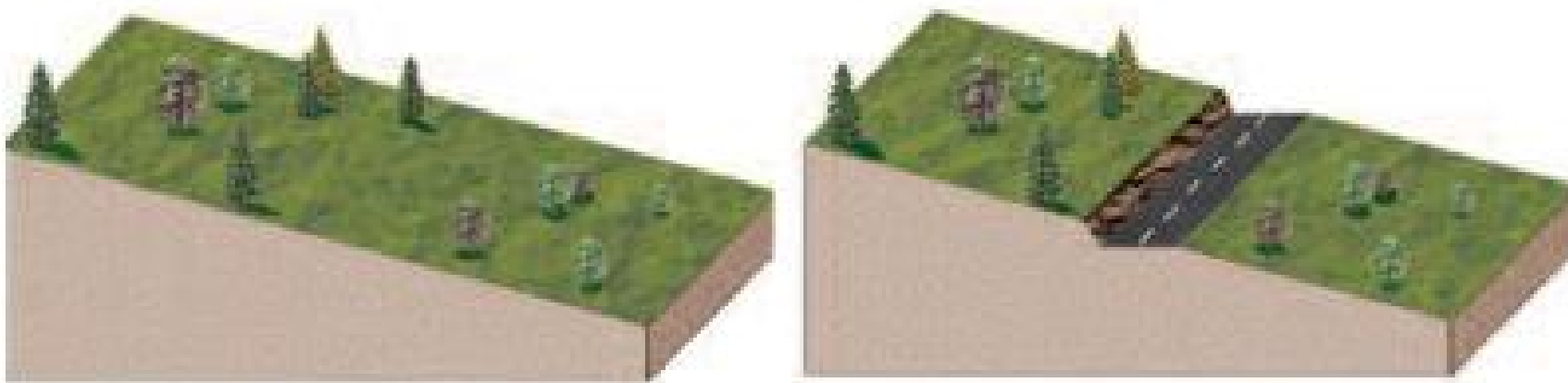
Kliranje kosine izazvano izgradnjom objekata

## Uzroci koji dovode do pojave kliženja:

§ povećanja smičuće sile u kliznoj površini

§ smanjenja smičuće sile u određenoj vrsti tla u kliznoj površini

## Uzroci koji dovode do povećanja smičuće sile u kliznoj površini



Kliranje kosine izazvano zasecanjem kosine

## Uzroci koji dovode do povećanja smiču ih sila u kliznoj površini



Kliranje kosine izazvano usecanjem toka reke

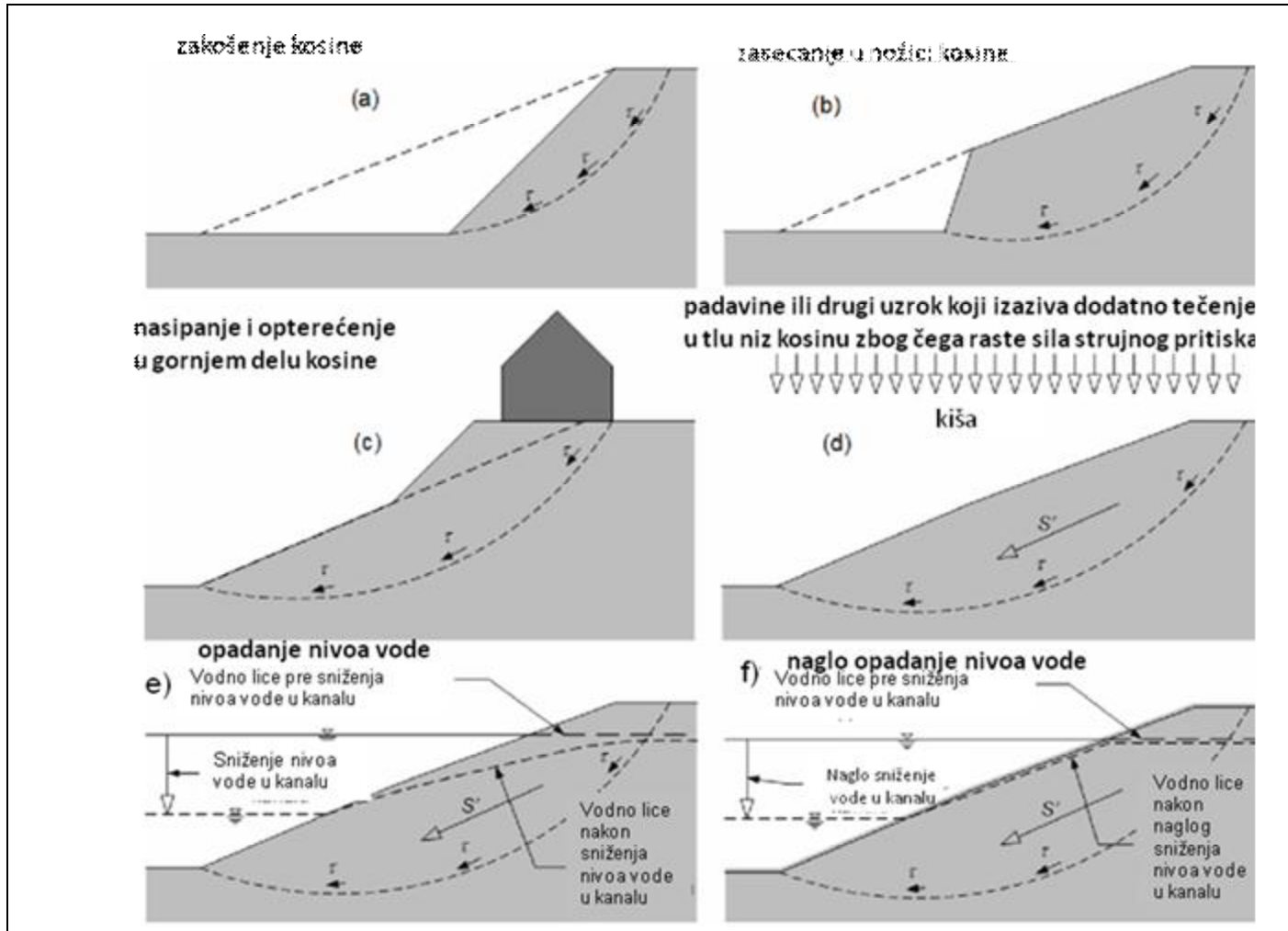


## Uzroci koji dovode do smanjenja smi u e vrsto e tla

- § smanjenje vrsto e materijala u kosini (promena  $c$  i  $\phi$ )
- § dinami ki uticaji u nekoherentnom tlu
- § dejstvo mraza
- § kr enje šuma na kosini

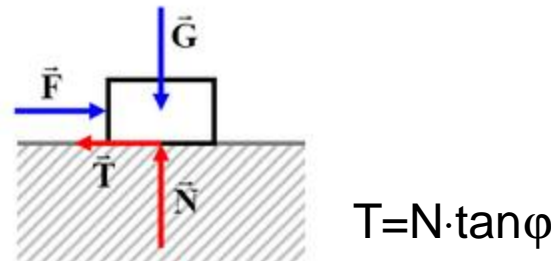
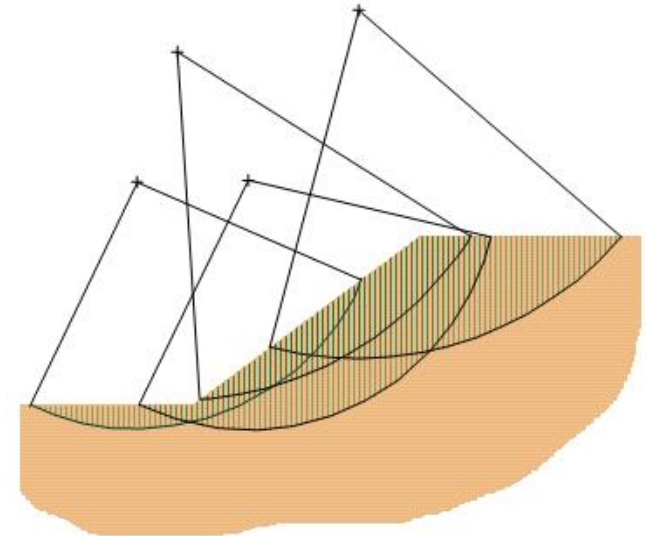


## Uloga vegetacije pri stabilizaciji kosine



Uzroci koji dovode do kliženja tla

Stabilnost kosine se ocenjuje na osnovu velicine *faktora sigurnosti* u pogledu klizanja ( $F_s$ ) po pretpostavljenoj kliznoj površini.



Pretpostavke metode grani ne ravnoteže:

- § materijal u kosini kruto-plastičan
- § klizno telo se kao celina pomera duž pretpostavljene klizne površine
- § važi *Möhr-Coulomb*-ov uslov loma:  $\tau_f = c' + \sigma' \cdot \tan \varphi'$

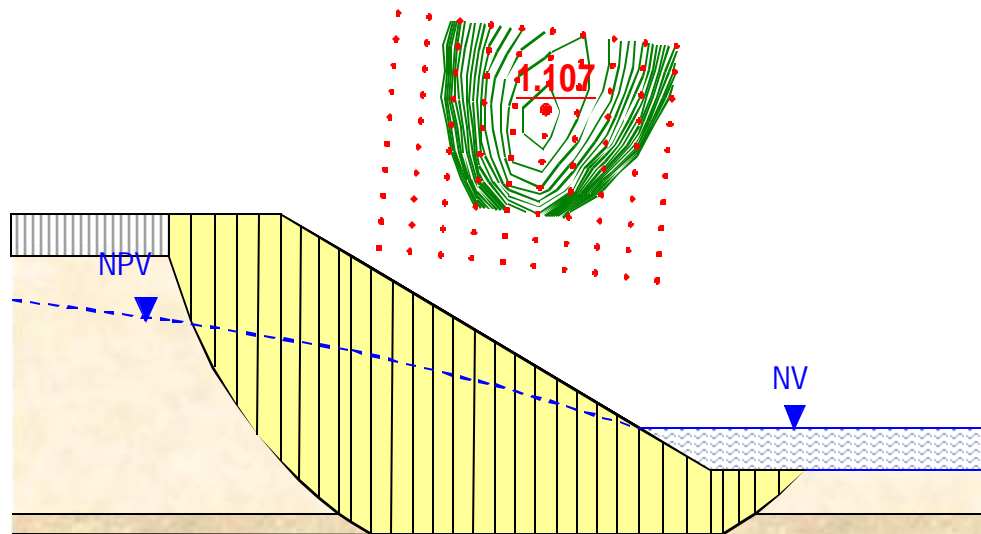
Stabilnost kosine se ocenjuje na osnovu velicine *faktora sigurnosti* ( $F_S$ ) u pogledu kliženja po pretpostavljenoj kliznoj površini.

$F_S$  - odnos prosečne otpornosti na smicanje ( $\tau_f$ ) i prosečnog smičnog napona ( $\tau_m$ ) duž pretpostavljene klizne površine:

$$F_S = \frac{\tau_f}{\tau_m}$$

Ra una se  $F_s$  za svaku pretpostavljenu kliznu površinu.

$\min F_s$  kriti na (merodavna) površina klizanja.



Teorijski, kosina je stabilna ako je:  $\min F_s > 1$



## Znakovi prepoznavanja klizišta

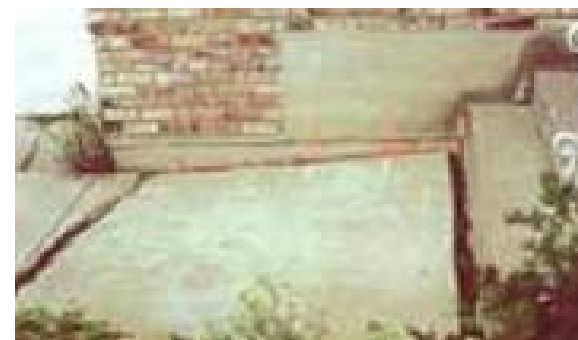
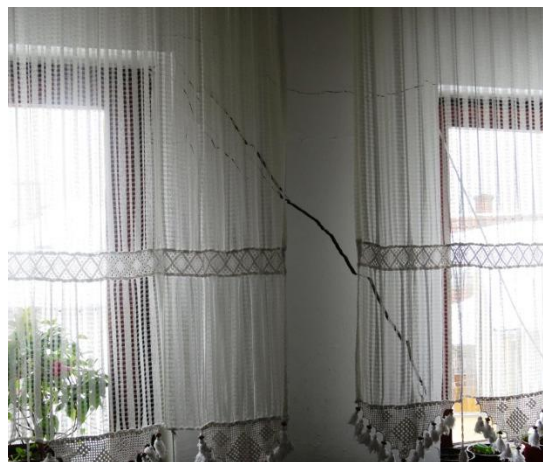


Znakovi: pojava pukotina, eonih ožiljaka, novih izvora i bara, nagnuto drve e





Znakovi: nabrano tlo, pukotine na putu, pokretanje lamele zida



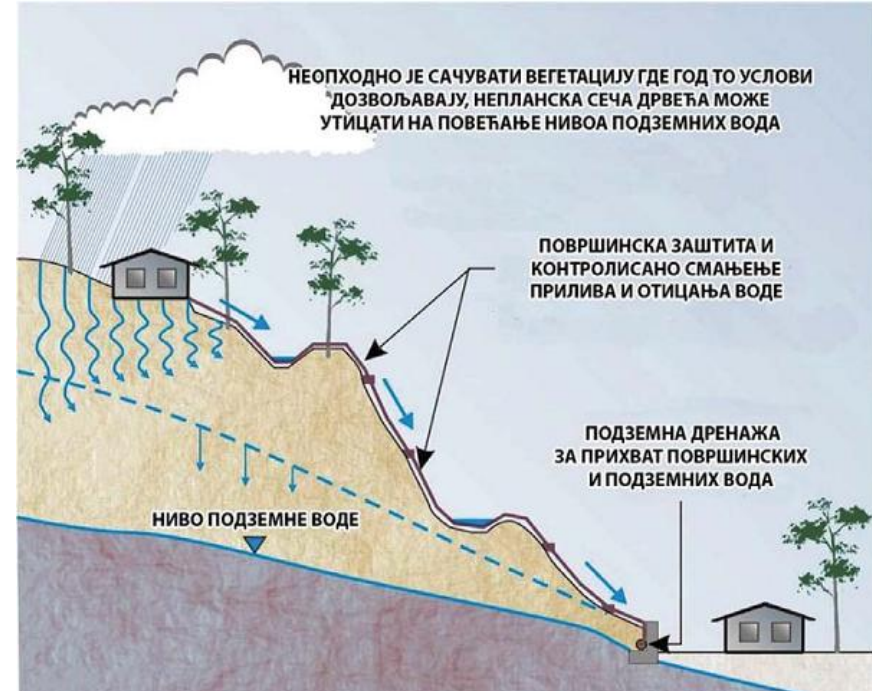
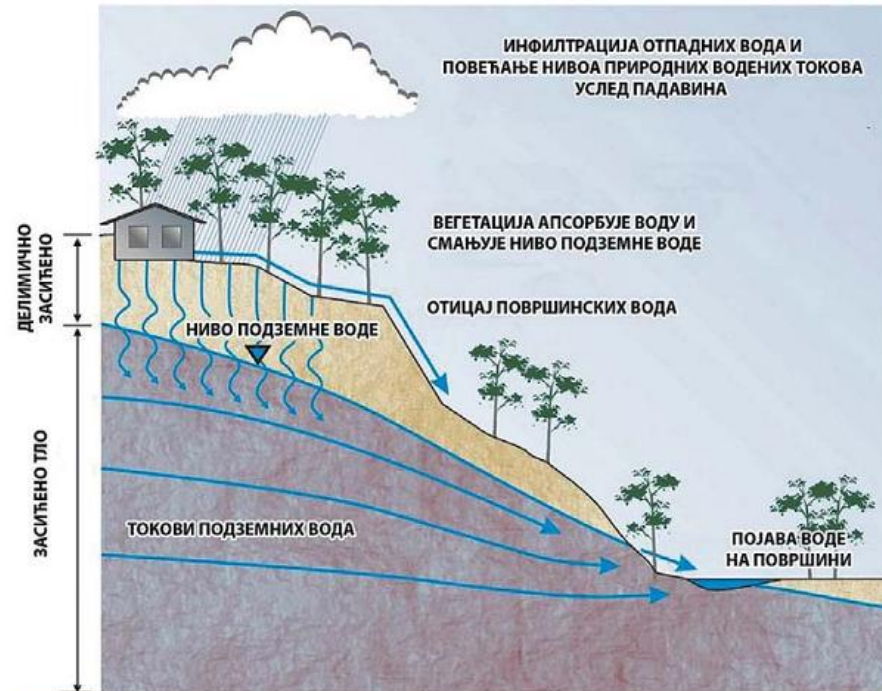
Znakovi: pukotine na zidovima, trotoaru, deformisan bunar

## Hitne sanacione mere: zapunjavanje pukotina glinom i prekrivanje PVC folijom

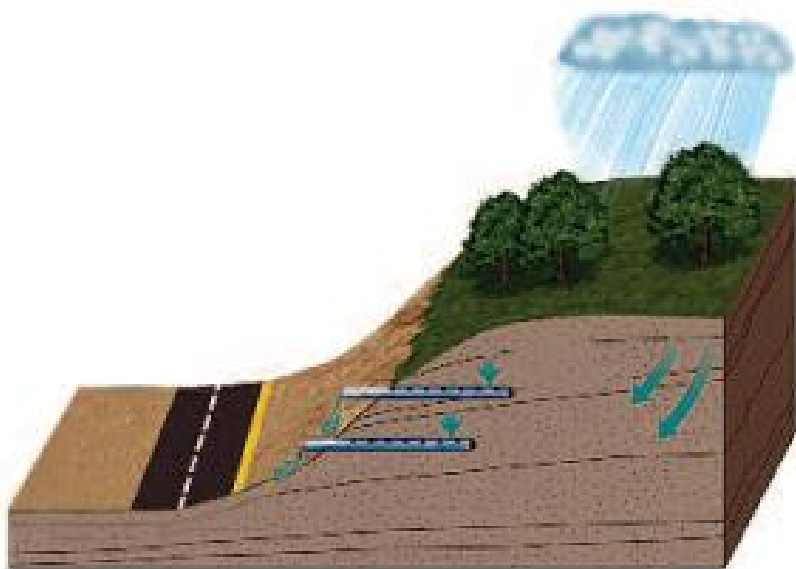




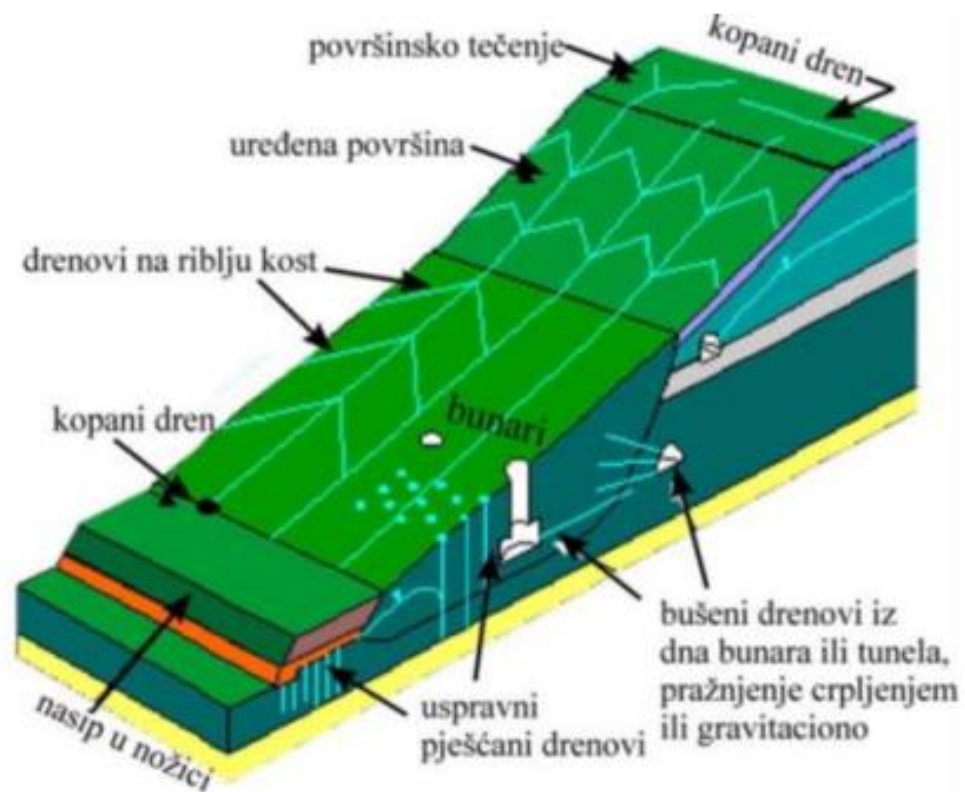
Hitne sanacione mere: prihvatanje i odvođenje površinskih voda izradom kanala i drenažnih kanala



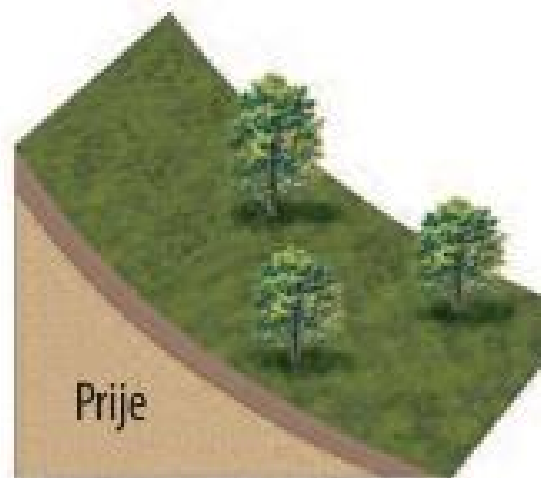
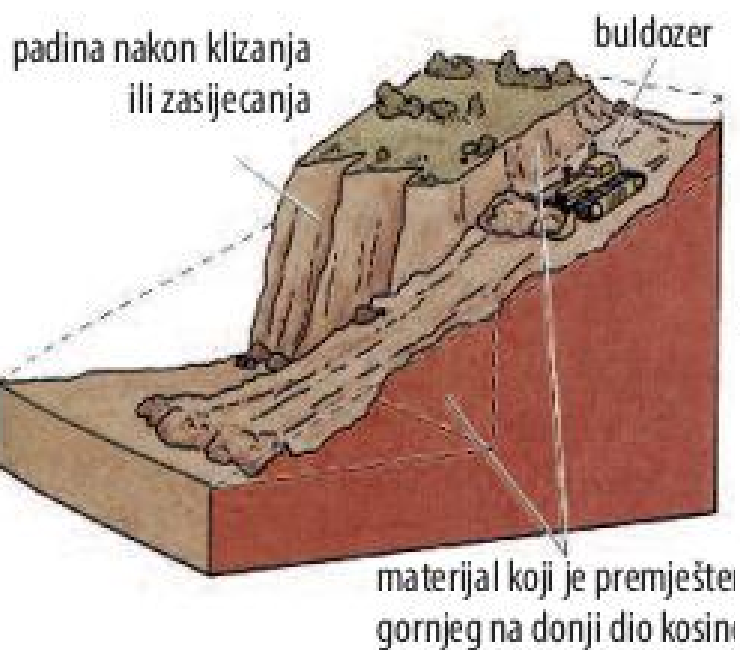
Hitne sanacione mere: prihvatanje i odvođenje površinskih voda



Hitne sanacione mere: prihvatanje i odvođenje voda iz tela klizišta



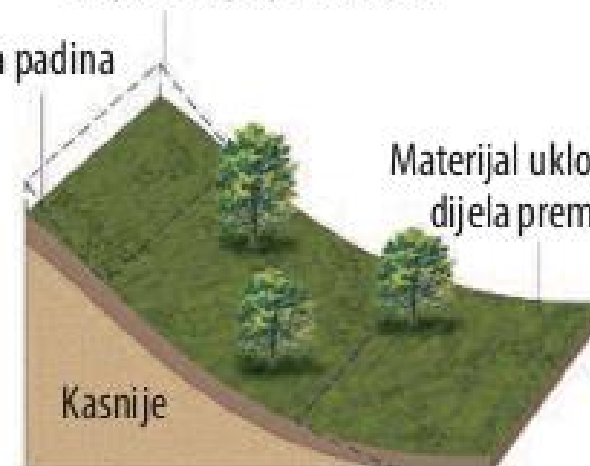
Hitne sanacione mere: odvođenje vode iz tela klizišta



Ovaj materijal je uklonjen

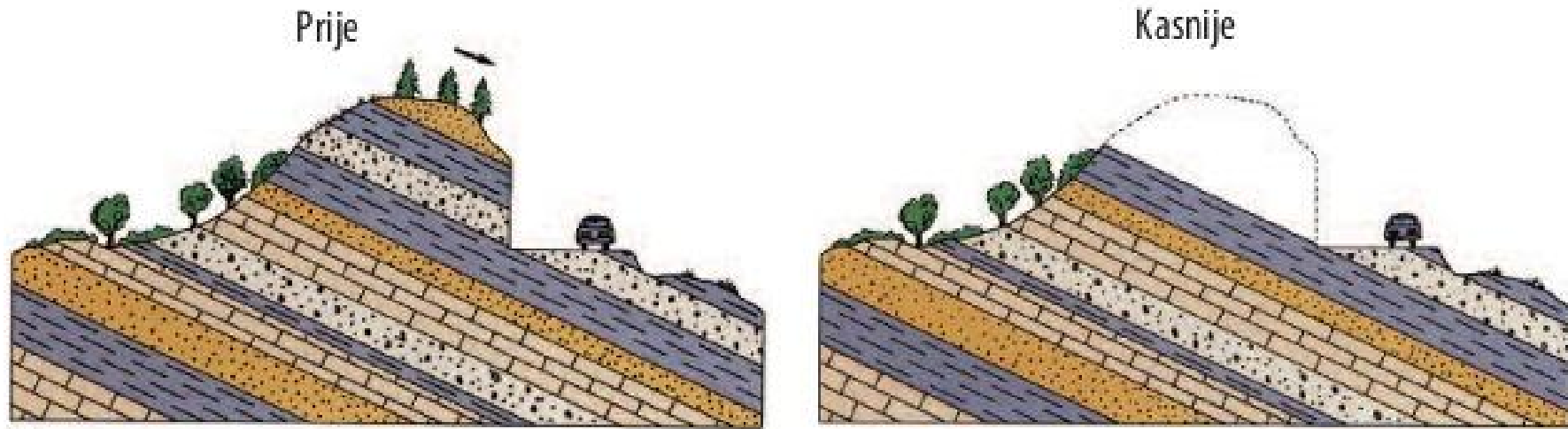


Prvobitna padina



Hitne sanacione mere: ublažavanje nagiba kosine



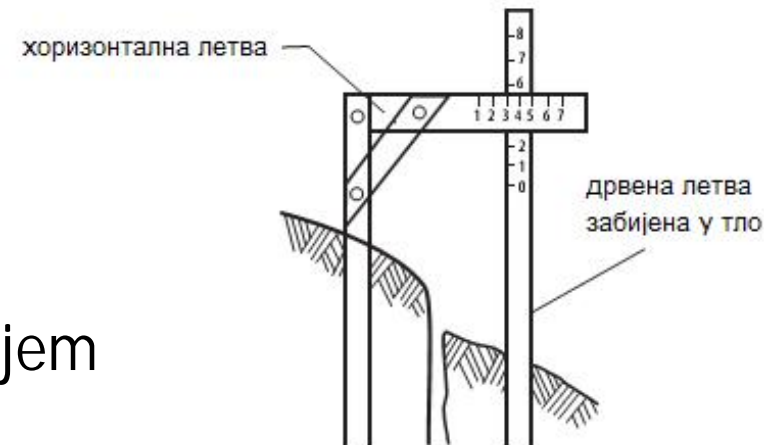


Hitne sanacione mere: rastere enje vrha klizišta



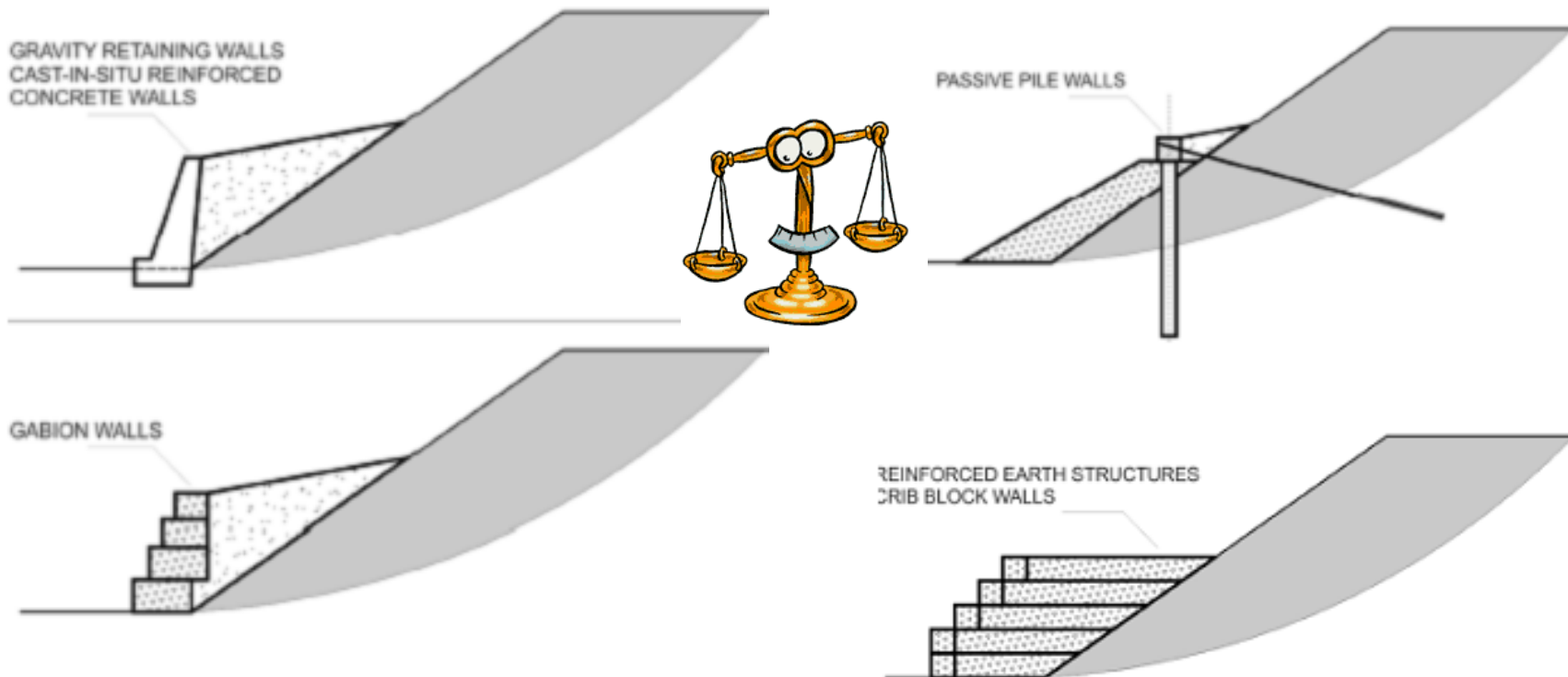
Hitne sanacione mere: zabijanje šipova u stabilnu podlogu

## Praćenje kretanja klizišta

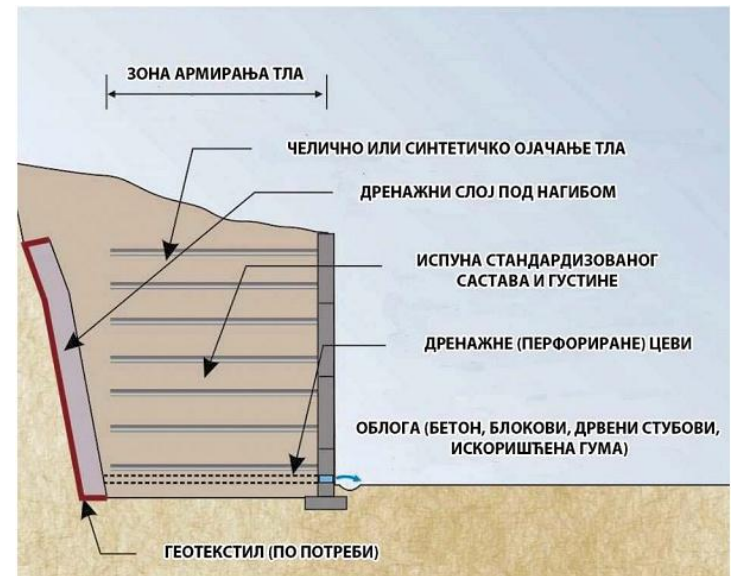
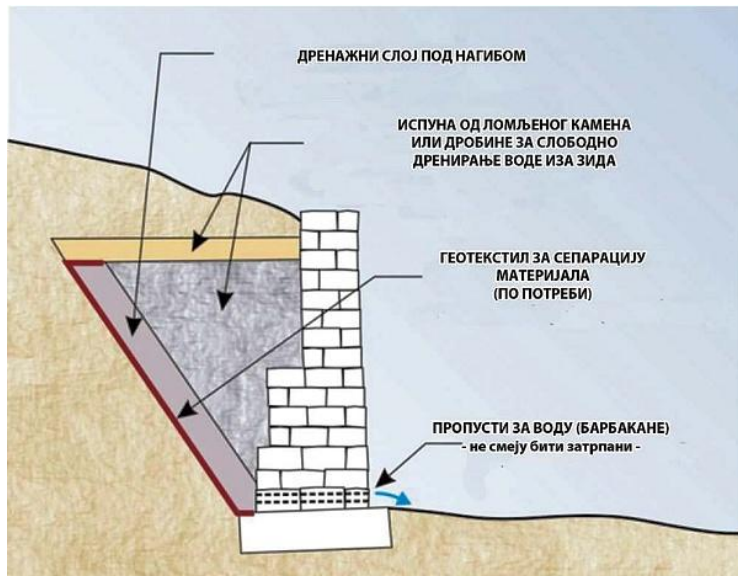
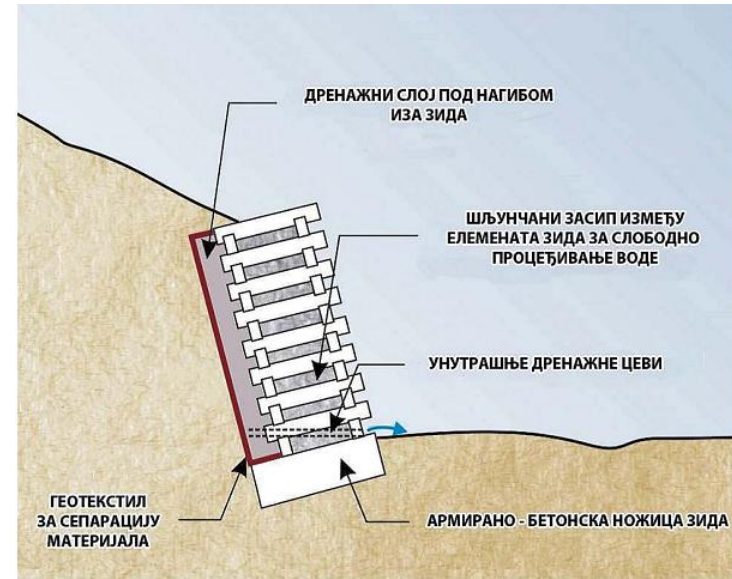
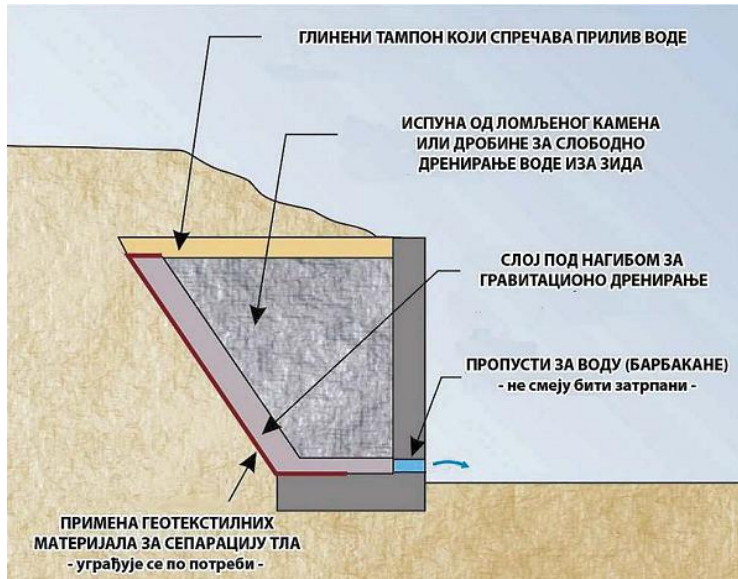


- § aerofotogrametrijskim snimanjem
- § radarskim snimanjem
- § inklinometrima

Pomoću ovako dobijenih podataka o pomeranjima tačaka na klizištu i registrovanog ožiljaka moguće je rekonstruirati i potencijalnu kliznu površinu što je od prvorazrednog značaja pri sanaciji klizišta.



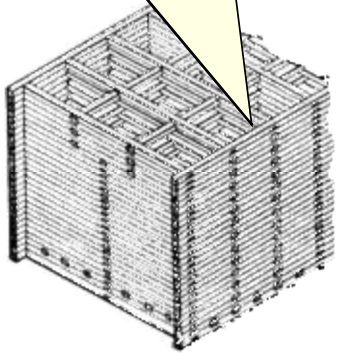
Trajne sanacione mere: izrada potpornih zidova



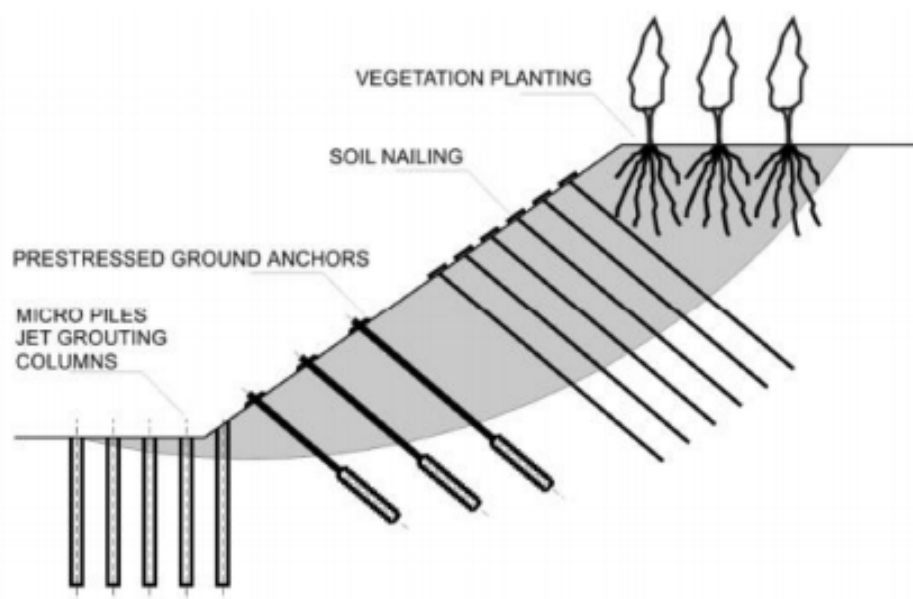
Trajne sanacione mere: izrada potpornih zidova



Ispuna krupnozrnim tlom







Trajne sanacione mere: unutrašnje ojačanje kosine



## **Rukovodjenje u vanrednim situacijama - štabovi za vanredne situacije:**

§ Republički štab za vanredne situacije, koji obrazuje Vlada (za celokupnu teritoriju);

§ Pokrajinski štab, koji obrazuje izvršni organ autonomne pokrajine;

§ Okružni štab za vanredne situacije, koji obrazuje Republički štab za vanredne situacije;

§ Gradski štab za vanredne situacije, koji obrazuje skupština grada;

§ Opštinski štab za vanredne situacije, koji obrazuje skupština opštine.

§ Štab line: komandant, načelnik i članovi štaba, a u gradskom i opštinskom štabu i zamenik komandanta štaba.

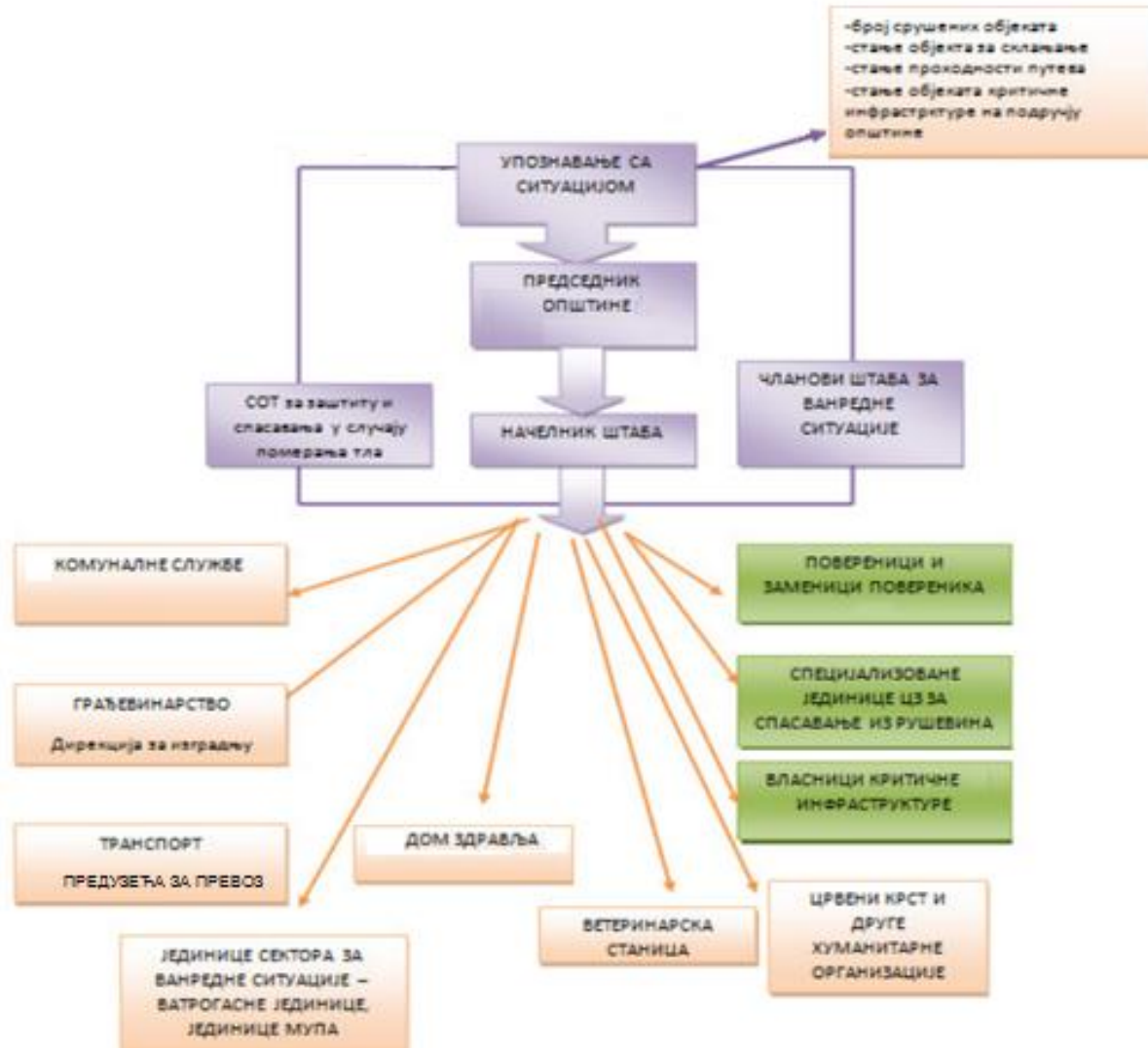
§ Za članove štabova se imenuju predstavnici vlasti u kojima su delokrugu poslovi iz oblasti saobraćaja, građevine, energetike, usluga, trgovine, direktori javnih komunalnih preduzeća i ustanova čiji je rad vezan sa zaštitom i spasavanjem (Crveni krst, centri za socijalni rad, domovi zdravlja, bolnice...).

§ Štab obrazuje, po potrebi, pomoćne stručno-operativne timove za specifične zadatke zaštite i spasavanja (SOT).

- § Plan zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama u jedinica lokalne samouprave izra uju nadležni organi jedinica lokalne samouprave u saradnji sa nadležnom službom, a donosi ga izvršni organ jedinica lokalne samouprave.
- § Planovi zaštite i spasavanja jedinice lokalne samouprave moraju biti uskla eni sa Nacionalnim planom zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama Republike Srbije.
- § Plan zaštite i spasavanja u vanrednim situacijama izra uje se na osnovu procene ugroženosti.
- § Plan zaštite i spasavanja i Procenu ugroženosti izra uju lica sa licencom za procenu rizika.
- § Licencu izdaje Ministarstvo

Plan zaštite i spasavanja u slučaju klizišta sadrži:

- § Šematski prikaz subjekata koji se angažuju u zaštiti i spasavanju;
- § Pregled mera i zadataka u esnika;
- § Pregled snaga i raspoloživih kapaciteta;
- § Evakuaciju, zbrinjavanje, prvu medicinska pomoć, asanaciju i ostale zadatke civilne zaštite;
- § Tabelarni pregled ugroženih područja, mesta ili građevina sa pregledom broja ugroženih objekata i broja stanovnika za koje se procenjuje da mogu biti ugroženi;
- § Kartu sa ucrtanim ugroženim urbanim zonama;
- § Razrađene operative postupke delovanja snaga zaštite i spasavanja.



Šematski prikaz subjekata koji se angažuju u zaštiti i spasavanju

Preventivno delovanje pre nastanka klizišta:

§ Ne graditi blizu strmih padina, planinskih odseka, na pravcima jaruga i uz njih.

§ Kontaktirajte lokalne vlasti ili državne institucije (kao što je Geološki zavod Srbije), stručna udruženja (Inženjersku Komoru Srbije i inženjere sa odgovarajućom licencom. Klizišta najčešće nastaju na područjima na kojima ih je bilo i ranije u prošlosti, ali i na novim lokacijama. Raspitajte se o klizištima u vašoj okolini i tražite stručni izveštaj za detaljnu analizu lokacije vašeg imanja, savet za preventivne mere koje možete preduzeti ukoliko je to neophodno.

§ Kod obilnih kiša posmatrajte pravce kretanja bujica u vašoj okolini i zabeležite gde se intenzivno slivaju površinske vode. Ova područja bi trebalo izbegavati.

§ Morate imati procenu vaše imovine i po mogućstvu osiguranje iste.

§ Saznajte o službama za vanredne situacije i planu evakuacije za područje u kome živite. Napravite sami svoj plan u vanrednim situacijama za vašu porodicu i posao.

Umanjite ugroženost vašeg doma instva tako što:

§ koristite fleksibilne spojeve za vodovodne i komunalne cevi jer su mnogo otpornija na lom/prekid, da bi izbegli isticanje usled pucanja.

§ sadite različite rastinje na padinama. Ukoliko gradite potporne zidove, uradite propuste za oticanje vode i sa slojem filtera od tucanika iza zida.

§ u zonama tečenja tla, sagradite kanale ili zidove koji će da preusmere tečenje oko objekta, ali tako da preusmeravanjem ne ugrožavate susede.

Србија спада у подручја која су угрожена клизиштима и одронима, 30% наше територије подложно је клизиштима. Да би се штете умањиле, важно је упознати се са овом елементарном непогодом сеизмолошког и литосферског карактера.

Клизишта представљају кретање земље, камења и других наноса. Активирају се и развијају брзо, када се вода акумулира у земљишту као последица јаких и обилних киша, подземних вода, отапања снега и неадекватне експлоатације земљишта. Могу да настану

### Уколико живите у областима која су подложна клизиштима и одронима:

- обратите пажњу на чудне звукове који могу бити показатељи покретања клизишта или одрона – попут ломљења дрвећа и слично;
- уколико сте у близини потока или канала, будите на опрезу због повећања или смањења протока воде или замућивања воде;
- размотрите могућност напуштања угроженог места под условом да то можете безбедно учинити;
- останите будни и на опрезу – слушајте упозорења са радија и телевизије о могућим јаким кишама.

као последица лошег односа према земљишту, поготову у планинским областима, кањонима, или у близини обала.

У случају клизишта, обрушава се маса камења и земље. Клизишта могу бити мала и велика, спора или брза, а активирају се као последица:

- јаких киша,
- земљотреса,
- пожара,
- јаких зима и смрзавања,
- ерозија у случају људске модификације терена и
- подземних вода.

### Уколико приметите опасност од клизишта:



- обавестите надлежну службу на број 193 или 1985,
- обавестите комшије које могу бити погођене овом опасношћу и
- удаљите се из зоне клизишта, будући да је то најбоља заштита.

### Упутства после клизишта



- Држите се даље од области која је погођена клизиштима.
- Слушајте радио и телевизијске вести како бисте били у току са свежим информацијама.
- Обратите пажњу на поплаве, које се могу појавити после клизишта и одрона.
- Проверите да ли има повређених или заробљених људи у близини клизишта.
- Помозите комшијама којима је потребна посебна помоћ – деци, старијима и људима са посебним потребама.
- Проверите и пријавите локалним властима уколико има покиданих електричних водова или оштећених путева или пруга.
- Пријавите оштећења у темељу кућа, на димњацима или крововима.
- Поново засадите дрвеће, у најкраћем могућем року, пошто ерозија може довести до губљења земљаног прекривача и нових клизишта у будућности.



## Top 10 Landslides