



**Univerzitet u Beogradu**  
**Elektrotehnički fakultet**

# **PROJEKTOVANJE POMOĆU RAČUNARA**

## **U ELEKTROENERGETICI**

**Osnovne akademske studije**

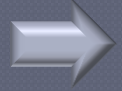
**Dr Zlatan Stojković, redovni profesor**  
**[zstojkovic@etf.rs](mailto:zstojkovic@etf.rs)**  
**<http://ees.etf.rs>**

# AutoCAD

---

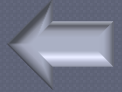
# UVOD

Primeri



Prednosti AutoCAD-a:

1. Mogućnost izrade tehničke dokumentacije
2. Prostorno 3D modelovanje
3. Programiranje – AutoLISP, Visual LISP i VBA
4. Dinamičko povezivanje podataka
5. Pristupanje spoljnim bazama podataka



# Primeri

---

Primer 1 – 3D modelovanje turbogeneratorsa.

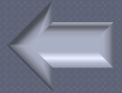
*Primer*

Primer 2 – proračun momenta inercije sabirnica u obliku U-profila.

*Primer*

Primer 3 – projektovanje gromobranske zaštite objekata opšte i posebne namene.

*Primer*

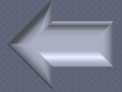


# Primer 1: 3D model turbogenerators

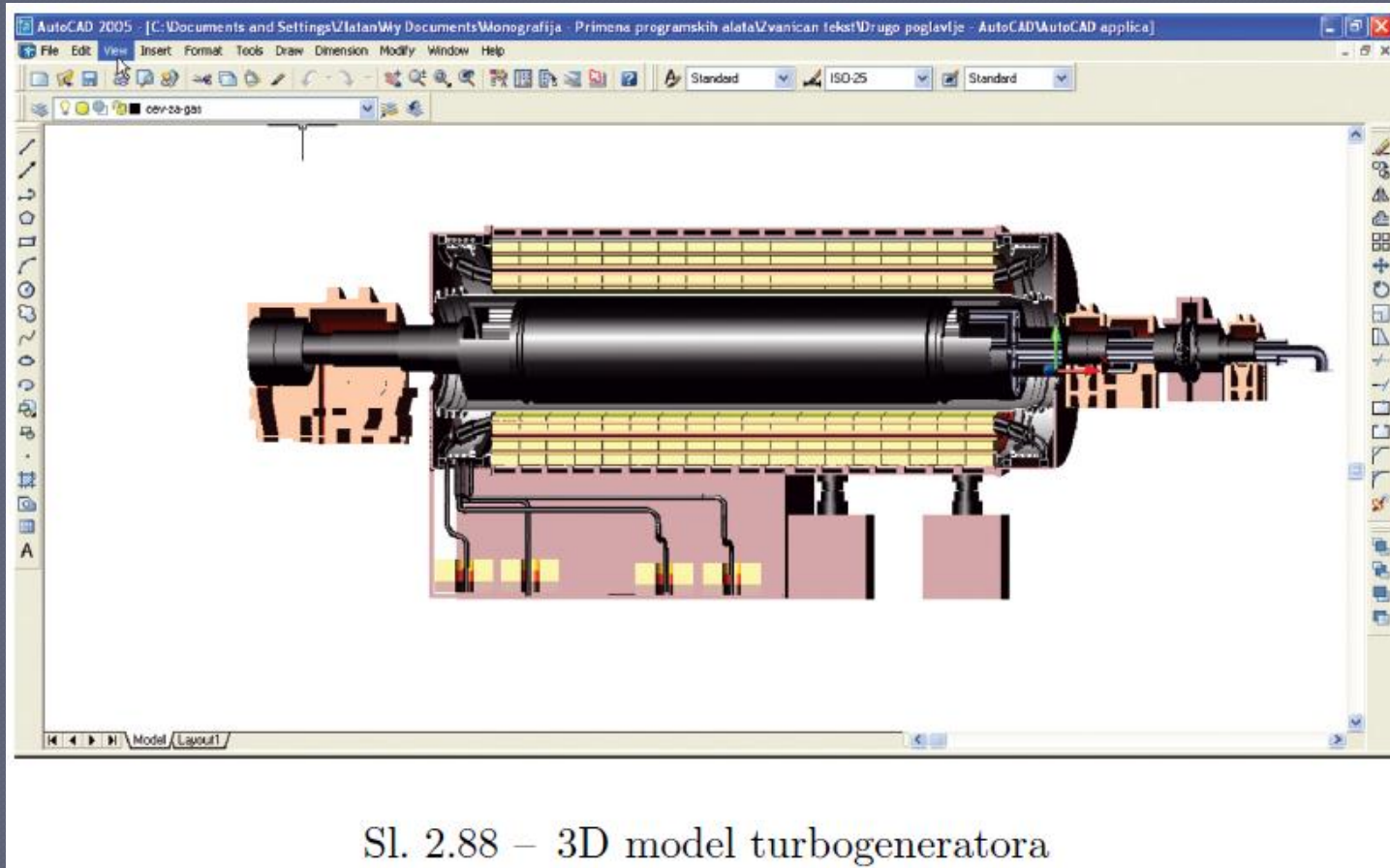
---

Tri tipa 3D objekata:

1. Žičani modeli
2. Površine
3. Puna tela

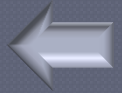


# Primer 1: 3D model turbogenerators



Sl. 2.88 – 3D model turbogenerators





# Primer 2:

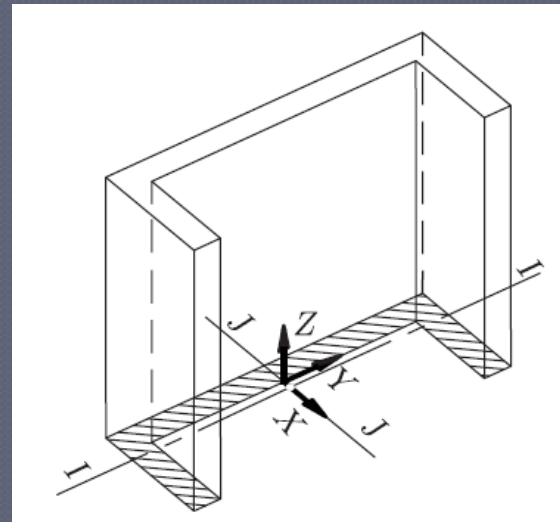
## Moment inercije sabirnica

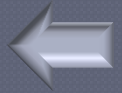
Mehanički proračun sabirnica – moment inercije za dati raspored i profil provodnika.

Šinska veza generator-transformator HE „Bajina Bašta“ – dva aluminijumska provodnika po fazi, U-profilu 120 x 45 x 10 mm (profil U12).

Koraci proračuna:

1. Formirati 3D model
2. Izdvojiti presek za koji je potrebno izračunati moment inercije
3. Primeniti komandu Massprop





## Primer 3:

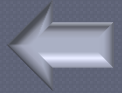
# Gromobranska zaštita objekata

Zaštita od direktnog udara groma i njegovog sekundarnog dejstva – sigurnost ljudi i životinja, opreme i materijala od eksplozije, požara i rušenja.

Sekundarno dejstvo udara groma je rezultat elektromagnetne indukcije.





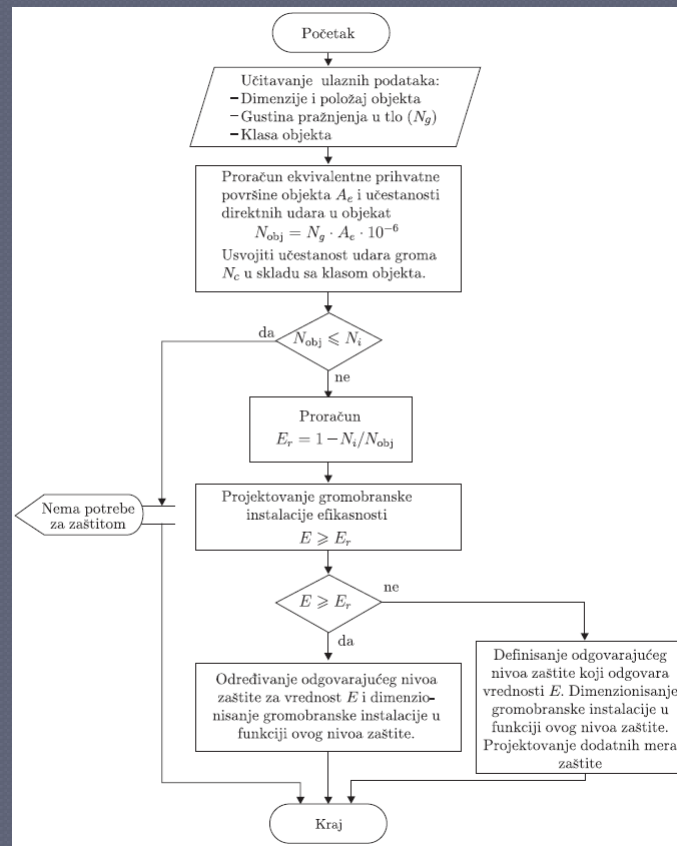


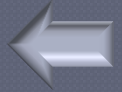
# Primer 3:

## Gromobranska zaštita objekata

Zaštićen objekat – verovatnoća pražnjenja u objekat manja od prihvatljive vrednosti.

Apsolutno sigurna zaštita – ekonomski neprihvatljiva.





## Primer 3:

# Gromobranska zaštita objekata

---

$$N_c = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{(C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4)}$$

Usvojena učestanost udara groma



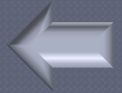
## Primer 3:

## Gromobranska zaštita objekata

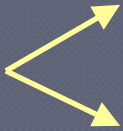
$$R = K \cdot I^n \quad \text{Udarno rastojanje}$$

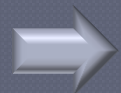
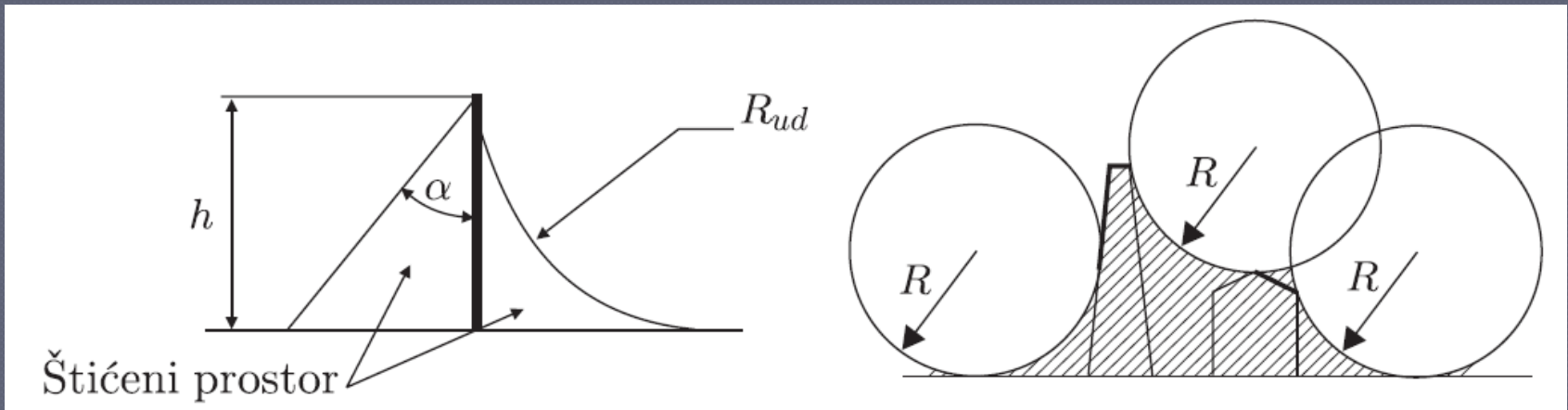
Amplituda struje groma I (kA)	Udarno rastojanje $R_{ud}$ (m)	Računska efikasnost $E_r$	Nivo zaštite
–	–	$E_r > 0,98$	Nivo I sa dodatnim merama
2,8	20	$0,98 \geq E_r > 0,95$	Nivo I
5,2	30	$0,95 \geq E_r > 0,90$	Nivo II
9,5	45	$0,90 \geq E_r > 0,80$	Nivo III
14,7	60	$0,80 \geq E_r > 0,00$	Nivo IV

Nivo zaštite I sa dodatnim merama: ograničenje napona dodira i napona koraka, ograničenje širenja vatre, smanjenje dejstva indukovanih prenapona atmosferskog porekla na osetljivu električnu opremu.



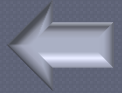
# Primer 3: Gromobranska zaštita objekata

Zaštitna zona  metod zaštitnog ugla: zaštitni ugao  
metod fiktivne sfere: udarno rastojanje



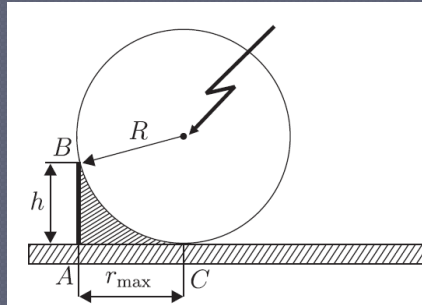
# Primer 3:

Primeri

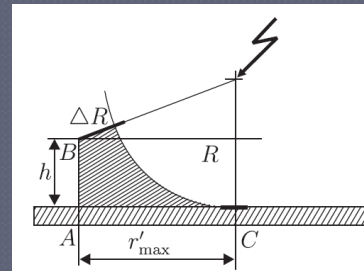


## Gromobranska zaštita objekata

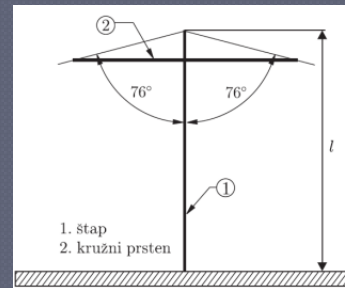
Štapna hvataljka:



Štapna hvataljka sa ranim startovanjem:



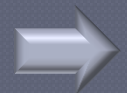
Štapna hvataljka sa kružnim prstenom:

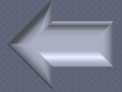


5/15



7/15





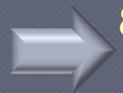
# Primer 3: Zaštita stambenog objekta

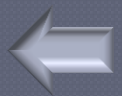
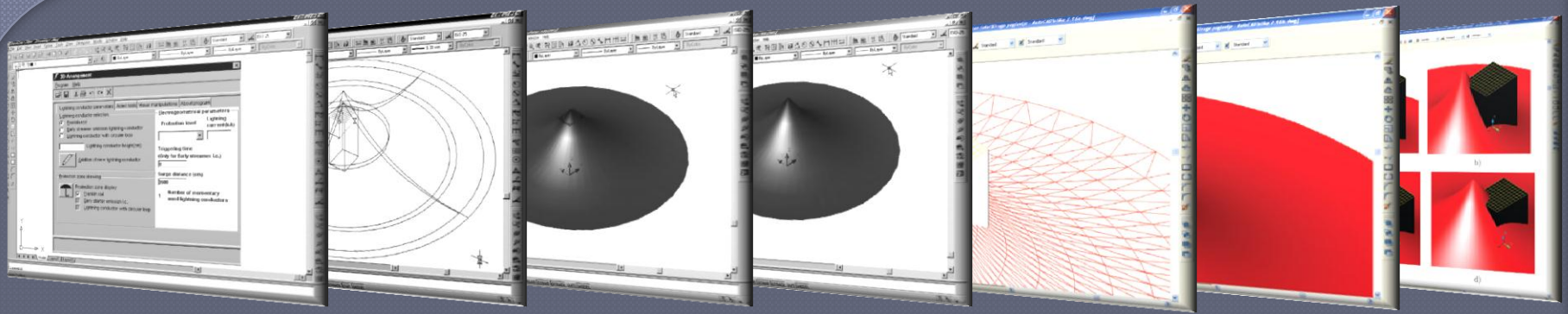
---

Algoritam:

1. U AutoCAD-u nacrtati objekat u 2D ili 3D prikazu
2. Za nacrtan objekat izabrati jedan od tri tipa štapnih hvataljki
3. U zavisnosti od nivoa zaštite usvojiti vrednost udarne struje
4. Proračunava se udarno rastojanje
5. Na osnovu udarnog rastojanaj određuje se zaštitna zona (kupa sa izlomljenom stranom)
6. Ponoviti postupak za novu štapnu hvataljku

*Primer*



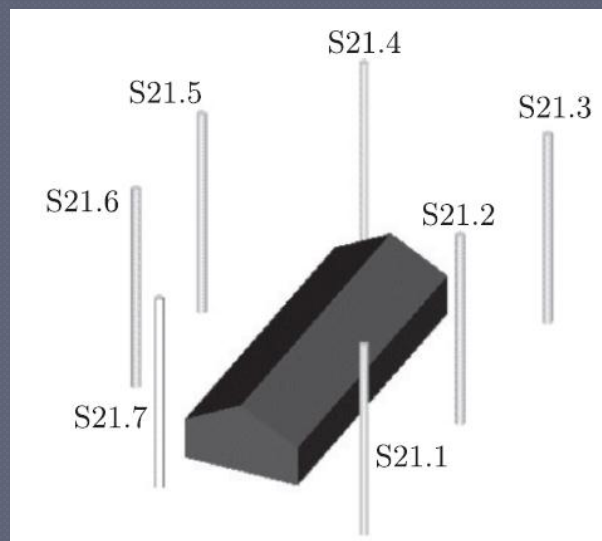




## Primer 3:

## Zaštita objekta posebne namene

Sedam gromobranskih stubova. Visina stuba uključuje i visinu hvataljke od 0,5m.



Stub	Tip stuba	Visina stuba sa hvataljkom (m)	Kota dna stuba	Kota vrha hvataljke na stubu	Maksimalan poluprečnik štíćenog prostora $r_{\max}$ (m)
S21.1	SG - 24.0	24.5	742.90	767.40	20.00
S21.2	SG - 24.0	24.5	742.70	767.20	20.00
S21.3	SG - 24.0	24.5	742.60	767.10	20.00
S21.4	SG - 20.5	21	745.80	766.80	20.00
S21.5	SG - 17.0	17.5	753.60	771.10	19.84
S21.6	SG - 17.0	17.5	753.60	771.10	19.84
S21.7	SG - 20.5	21	746.60	767.60	20.00

Gromobranski stubovi	Prečnik opisanog kruga oko vrha stuba $d$ (m)	Vertikalna prodor fiktivne sfere $p$ (m)	Oznaka temena fiktivne sfere	Kota temena fiktivne sfere
S21.1, S21.2, S21.7	32.4	8.27	T1	758.93
S21.2, S21.6, S21.7	34.0	9.46	T2	757.74
S21.2, S21.5, S21.6	34.2	9.63	T3	757.57
S21.2, S21.3, S21.4	34.0	9.46	T4	757.34

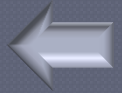
Primer



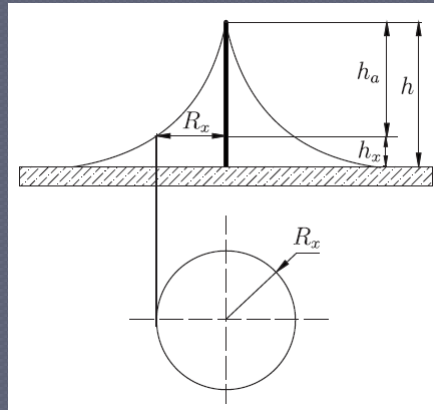
# Primer 3:

## Zaštita razvodnih postrojenja

Primeri

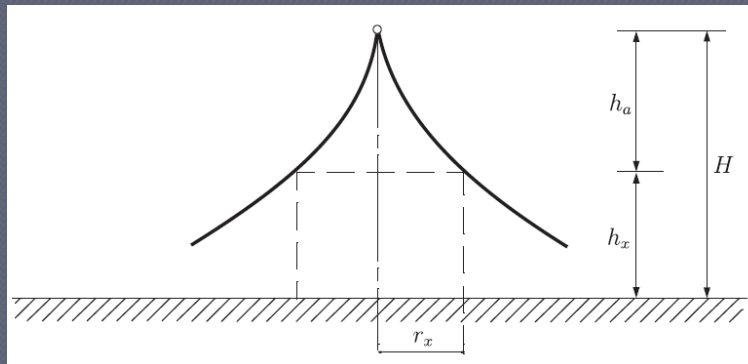


Štapne hvataljke:



Primer

Zaštitna užad:



Primer

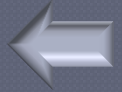
8/15



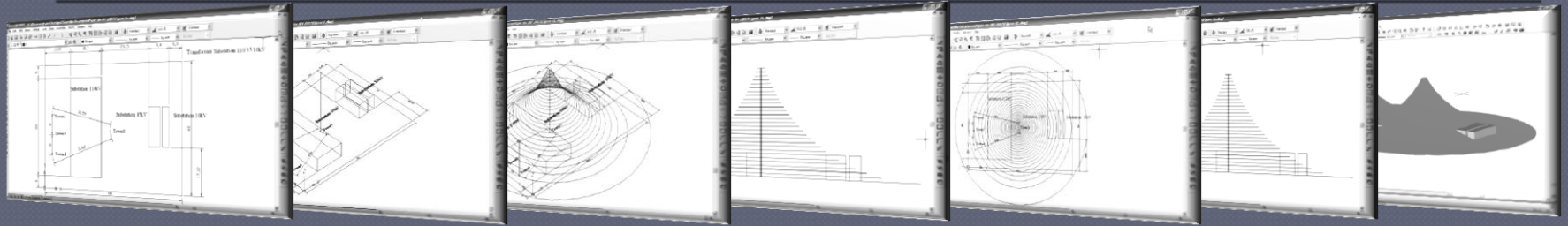
10/15



Primeri



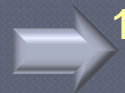
# Primer 3: Zaštita razvodnih postrojenja



9/15



11/15





## Primer 3:

# Zaštita nadzemnih vodova

---

Vrste stubova:

- Čelično-rešetkasti ili armirano-betonski stubovi bez zaštitnog užeta
- Čelično-rešetkasti ili armirano-betonski stubovi sa zaštitnim užetom
- Drveni stubovi bez zaštitnog užeta

Pražnjenja:

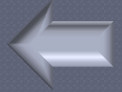
- U fazni provodnik
- U vrh stuba (povratni preskok)
- U okolinu voda (indukovanje prenapona)



# Primer 3:

## Zaštita nadzemnih vodova

Primeri



Metod zaštitnog ugla – min. 30°

$$\log P = \frac{\alpha \cdot \sqrt{h}}{A} - B$$

$A = 90$ ;  $B = 4$  – empirijske konstante

verovatnoća prodora groma mimo  
zaštitnog užeta

Metod fiktivne (kotrljajuće) sfere:

- Geometrijski model – udarno rastojanje nezavisno od amplitude struje groma i geometrije objekta
- Elektrogeometrijski model – udarno rastojanje je funkcija amplitude struje groma

Literatura [84]	R za fazni provodnik i zaštitno uže ( $R_1$ )		R prema zemlji ( $R_2$ )	
	K	$\nu$	K	$\nu$
Wagner	14,2	0,42	14,2	0,42
Armstrong i Whitehead	6,7	0,80	6,0	0,80
Love	10,0	0,65	10,0	0,65
Young	27,0	0,32	27,0	0,32
Mousa i IEEE 1993	8,0	0,65	8,0	0,65
Anderson i IEEE 1985	8,0	0,65	$\beta \cdot R_1$	0,65

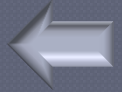
- Generički model – udarno rastojanje je funkcija amplitude struje groma i strukture objekta

11/15



13/15





## Primer 3:

## Zaštita nadzemnih vodova

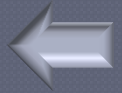
Model Eriksson:

$$r_a = 0,84 \cdot I_0^{0,74} \cdot h^{0,6} \quad [m, kA]$$

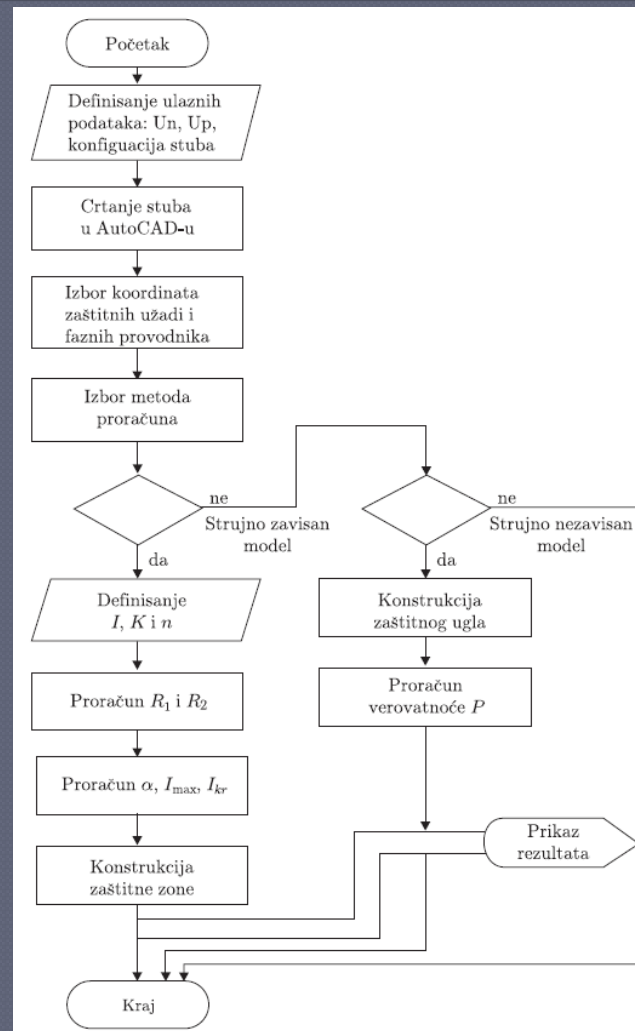
Model Petrov-Waters

$$r_a = 0,8 \cdot [(h + 15) I_0]^{2/3} \quad [m, kA]$$

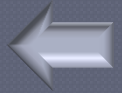




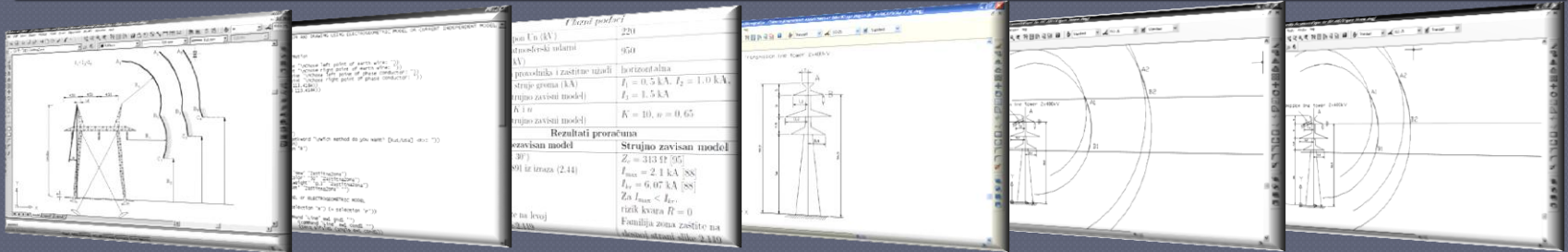
# Primer 3: Zaštita nadzemnih vodova



Primeri



# Primer 3: Zaštita nadzemnih vodova



14/15

