

**Primjena Eurokoda 7  
u inženjerskoj praksi u Republici Hrvatskoj  
Zagreb, 14. travnja 2011.**

**PROGRAM RADA**

<b>14:00-14:15</b>	<b>Davorin Kovačić</b>	<b>Osnovni pojmovi i definicije</b>
<b>14:15-14:30</b>	<b>Luka Bolfan</b>	<b>Dimenzioniranje pilota u čvrstoj glini</b>
<b>14:30-14:45</b>	<b>Marija Đurinek</b>	<b>Pritisak vode i tla na podrumski zid</b>
<b>14:45-15:00</b>	<b>Ivan Mihaljević</b>	<b>Nasip temeljen na tresetu</b>
<b>15:00-15:15</b>	<b>Igor Sokolić</b>	<b>Duboko temeljenje na pilotu u pijesku</b>
<b>15:15-15:30</b>	<b>Goran Dizdar Zdenek Opolzer</b>	<b>Primjena HRN EN 1536:2008 za bušene pilote</b>
<b>15:30-15:45</b>	<b>Pauza</b>	
<b>15:45-17:00</b>	<b>Rasprava o riješenim zadacima i prijedlogu proračunskog pristupa u Eurokodu 7 za primjenu u Republici Hrvatskoj Moderatori: Antun Szavits Nossan, Davorin Kovačić, Predrag Kvasnička, Leo Matešić</b>	

**Primjena Eurokoda 7  
u inženjerskoj praksi u Republici Hrvatskoj**  
Zagreb, 14. travnja 2011.

**OSNOVNI POJMOVI I DEFINICIJE**

Dr. sc. Davorin Kovačić, Geoekspert d.o.o.

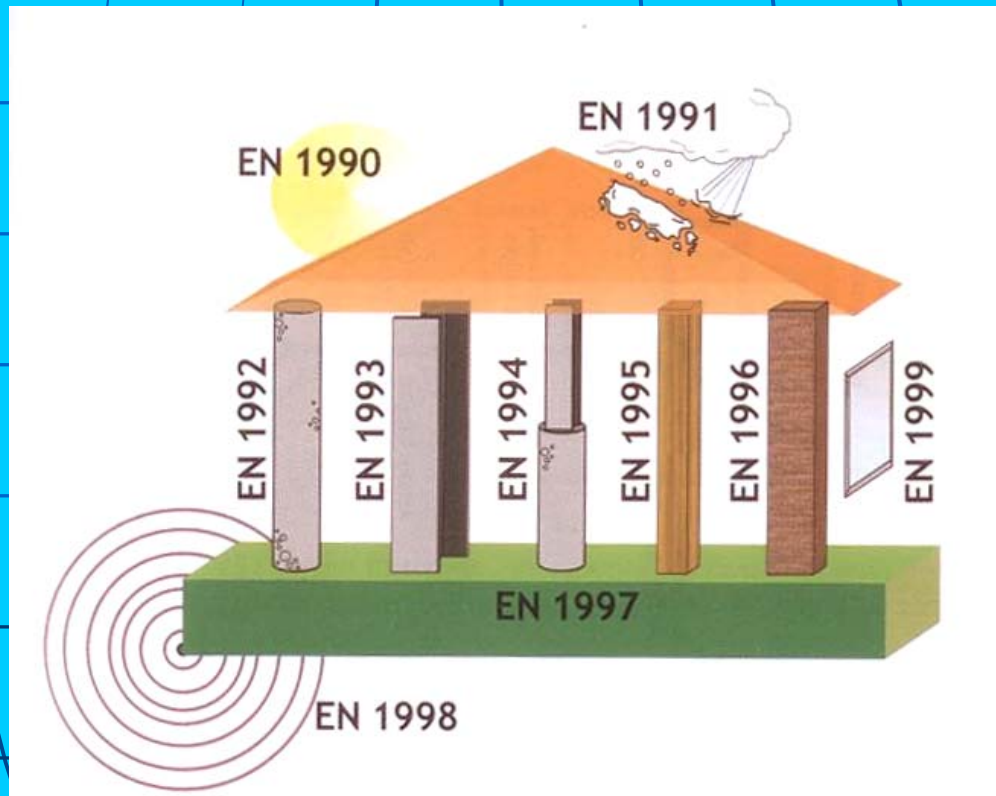
# DEFINICIJA

- Eurokodovi su europske norme za proračun raznih vrsta građevinskih konstrukcija.
- Osnovna ideja pri razvoju eurokodova jest stvaranje ujednačenog sustava konstrukcijskih pravila pridržavajući se CEN-ovih normizacijskih pravila, tj. eurokodovi trebaju postati europske norme.
- CEN – Comité Européen de Normalisation

# SUSTAV EUROKODOVA

- EN 1990, *Eurokod: Osnove projektiranja konstrukcija*
- EN 1991, *Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije*
- EN 1992, *Eurokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcija*
- EN 1993, *Eurokod 3: Projektiranje čeličnih konstrukcija*
- EN 1994, *Eurokod 4: Proj. čelično-beton. spreg. konstrukcija*
- EN 1995, *Eurokod 5: Projektiranje drvenih konstrukcija*
- EN 1996, *Eurokod 6: Projektiranje zidanih konstrukcija*
- EN 1997, *Eurokod 7: Geotehničko projektiranje*
- EN 1998, *Eurokod 8: Proj. konstr. otpornih na potres*
- EN 1999, *Eurokod 9: Projektiranje aluminijskih konstrukcija*

# SUSTAV EUROKODOVA



# POVIJEST EUROKODOVA

- Razlike u građevinskoj regulativi zemalja članica EU
- 1975. – akcijski program
- Eurokodovi 1995. – 1. generacija
- Eurokodovi 2005. – 2. generacija
  
- 2008. – Eurokodovi usvojeni kao hrvatske norme

# EUROKOD 7

## Oznaka norme

## Izvorni naslov norme

EN 1997-1: 2004

Eurocode 7: Geotechnical design  
– Part 1: General rules

EN 1997-2: 2007

Eurocode 7: Geotechnical design  
– Part 2: Ground investigation  
and testing

# EUROKOD 7

EN 1997-1  
Stranica 1/145

**EUROPSKA NORMA**  
**EUROPEAN STANDARD**  
**NORME EUROPÉENNE**  
**EUROPÄISCHE NORM**

**EN 1997-1**

studeni 2004

ICS 91.120.20 Zamjenjuje normu ENV 1997-1:1994

Engleska verzija

**Eurokod 7: Geotehničko projektiranje – 1. dio: Opća pravila**

Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules	Eurocode 7: Calcul géotechnique – Partie 1: Règles générales	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln
--	---	---

Prijevod: Vlasta Szavits-Nossan, travanj 2008.  
Stručna redakcija: Dražen Aničić, travanj 2008.



# EUROKOD 7

## Referencijski broj

## Izvorni naslov norme

HRN EN 1997-1: 2008 en

Eurokod 7 – Geotehničko projektiranje – 1.dio: Opća pravila (EN 1997-1:2004)

Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules (EN 1997-1:2004)

HRN EN 1997-2: 2008 en

Eurokod 7 – Geotehničko projektiranje – 2.dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla (EN 1997-2:2007)

Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing

# Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules

- General
- Basis of geotechnical design
- Geotechnical data
- Supervision of construction, monitoring and maintenance
- Fill, dewatering, ground improvement and reinforcement
- Spread foundations
- Pile foundations
- Anchorages
- Retaining structures
- Hydraulic failure
- Overall stability
- Embankments

# Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing

- General
- Planning of ground investigations
- Soil and rock sampling methods and laboratory quality classes of samples
- Field tests in soil and rock
- Laboratory tests on soil and rock
- Ground investigation report

# NAPOMENA

- Eurokod 7 se odnosi na konstrukcije obuhvaćene "materijalnim eurokodovima"
- Eurokod 7 ne obuhvaća "čisto" geotehničke konstrukcije kao što su nasute brane, klizišta, tuneli itd. (iako može poslužiti pri projektiranju tih konstrukcija)

# NAPOMENA

- Eurokod 7 daje samo okvirne zahtjeve pri projektiranju u skladu sa suvremenim saznanjima geotehničke struke.
- Eurokod razlikuje:
  - načela projektiranja - obavezno
  - pravila primjene - neobavezno
- Pravila primjene su uglavnom općenita i ne daju razrađene i detaljne upute za primjenu pojedinih postupaka u projektiranju.

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## PROJEKTIRANJE PREMA GRANIČNIM STANJIMA

- *Principi projektiranja prema graničnim stanjima:* projektom treba dokazati da konstrukcija tijekom svog projektiranog života neće prijeći ni jedno od mogućih graničnih stanja koja se definiraju kao granični slučajevi između prihvatljivog i neprihvatljivog ponašanja konstrukcije.

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## OSNOVNE VARIJABLE

- *Definicija osnovnih varijabli*: osnovne varijable u analizi konstrukcija su:
  - *djelovanja* ( $F$ ),
  - *svojstva materijala* ( $X$ )
  - *geometrijski podaci* ( $a$ )
- Osnovne veličine ovih varijabli nazivaju se *karakterističnim vrijednostima* ( $F_k$ ,  $X_k$  i  $a_k$ )

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## OSNOVNE VARIJABLE

- *Djelovanja ( $F$ )* čine:
  - trajna djelovanja (oznaka  $G$ ) kao što je vlastita težina, pritisak vode, pritisak tla i sl.)
  - djelovanja prednapinjanja (oznaka  $P$ )
  - promjenjiva djelovanja (oznaka  $Q$ ) kao što su prometna opterećenja, opterećenja od temperature, i sl.
  - slučajna djelovanja (oznaka  $A$ ) kao što je eksplozija, pad kamenja i sl.
  - djelovanja od potresa (oznaka  $A_E$ ).



# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## OSNOVNE VARIJABLE

- Pojedina se djelovanja mogu javiti u kombinacijama s drugim djelovanjima (prvenstveno  $Q$  djelovanja) pa se u tom slučaju množe kombinacijskim faktorima  $\psi$  ( $\psi \leq 1$ ).
- Umnožak karakteristične vrijednosti djelovanja s kombinacijskim faktorom daje reprezentativnu vrijednost djelovanja.

$$F_{rep} = \psi \cdot F_k$$

- Neka se djelovanja ne pojavljuju kao sile (premda ih izazivaju) kao što je temperatura ili nametnuti pomak.

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## OSNOVNE VARIJABLE

- *Svojstva materijala (X)* su čvrstoća, krutost, vodopropusnost, gustoća i sl.
- *Geometrijski podaci (a)* su dimenzije građevine i njenih dijelova te njen položaj u okolini, topografija, raspored slojeva tla, razine podzemne vode, razine vode iznad terena itd.

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## OSNOVNE VARIJABLE

- **Dodatni pojmovi**
- **Učinci djelovanja (E)**, npr. moment savijanja u presjeku elementa konstrukcije ili opterećenje temelja na tlo
- **Otpornost konstrukcije ili njenih dijelova (R)**, npr. otpornost presjeka elementa konstrukcije na savijanje ili nosivost tla.

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## METODA PARCIJALNIH FAKTORA

- *Provjera dosezanja graničnih stanja metodom parcijalnih faktora* je formalni postupak kojim se provjerava da učinci djelovanja  $E$  ne ugrožavaju otpornost konstrukcije ili njenih dijelova  $R$ .

$$E_d \leq R_d$$

- $E_d$  proračunski (projektne) učinci
- $R_d$  proračunske (projektne) otpornosti

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## METODA PARCIJALNIH KOEFICIJENATA

- Proračunski učinci  $E_d$  su posljedica djelovanja proračunskih djelovanja  $F_d$
- Proračunska djelovanja  $F_d$  dobiju se kao umnožak reprezentativnih vrijednosti djelovanja  $F_{rep}$  i parcijalnih koeficijenata djelovanja  $\gamma_F$

$$F_d = \gamma_F \cdot F_{rep}$$

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## METODA PARCIJALNIH KOEFICIJENATA

- Proračunske otpornosti  $R_d$  rezultat su proračunskih svojstava materijala  $X_d$
- Proračunska svojstva materijala  $X_d$  dobiju se kao kvocijent karakterističnih svojstava materijala  $X_k$  i parcijalnih koeficijenata materijala  $\gamma_M$

$$X_d = \frac{X_k}{\gamma_M}$$

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## METODA PARCIJALNIH KOEFICIJENATA

- Proračunske vrijednosti geometrijskih veličina  $a_d$  određuju se kao

$$a_d = a_K \pm \Delta a$$

# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA

## GRANIČNA STANJA

- **Granična stanja** razvrstavaju se s obzirom na štetu koja bi nastala njihovim prekoračenjem. Razlikuju se:
  - *granična stanja nosivosti*
  - *granična stanja uporabivosti*
- **Granična stanja nosivosti** odnose na pojave sloma i rušenja konstrukcije te se tiču sigurnosti ljudi i konstrukcija.
- **Granična stanja uporabivosti** odnose se na normalnu uporabivost konstrukcija (udobnost ljudi, prihvatljivost za strojeve, izgled i sl.).



# OPĆI PRINCIPI PROJEKTIRANJA PRORAČUNSKE SITUACIJE

- Provjera dosezanja graničnih stanja konstrukcije ili njenog dijela počinje izborom odgovarajućih *proračunskih situacija*.
- **Proračunske situacije** mogu biti:
  - *trajne*
  - *prolazne*

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GEOTEHNIČKE KATEGORIJE

- Građevine bitno različitih stupnjeva složenosti i različitih stupnjeva izloženosti visokom riziku:
  - Geotehnička kategorija 1
  - Geotehnička kategorija 2
  - Geotehnička kategorija 3

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GEOTEHNIČKE KATEGORIJE

### ■ Geotehnička kategorija 1

- Temelji jednokatnica, niski potporni zidovi i nasipi, i sl.
- Istražni radovi: pregled terena, primjena iskustava sa susjednih građevina i sl.
- Računska provjera dosizanja graničnih stanja može se zamijeniti usporedivim iskustvom

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GEOTEHNIČKE KATEGORIJE

- **Geotehnička kategorija 2**
  - Rutinski geotehnički zahvati
  - Ovom kategorijom je obuhvaćen pretežni dio geotehničkih projekata

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GEOTEHNIČKE KATEGORIJE

### ■ Geotehnička kategorija 3

- Vrlo složeni zahvati i zahvati velikog rizika (na pr. temeljenje na mekom tlu, složene građevne jame u blizini postojećih građevina, klizišta, tuneli, visoke nasute brane, nuklearne elektrane i sl.)
- Eurokod 7 ne daje posebne upute, već traži strože kriterije i postupke istražnih radova, projektiranja, opažanja i nadziranja pod vodstvom geotehničara specijalista s odgovarajućim iskustvom.

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI

- Eurokod 7 uvodi pet graničnih stanja nosivosti:
  - **EQU** – gubitak ravnoteže konstrukcije
  - **STR** – slom ili velika deformacija konstrukcije ili njenog elementa
  - **GEO** – slom ili velika deformacija tla
  - **UPL** – gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla uslijed uzgona
  - **HYD** – hidrauličko izdizanje (hidraulički slom)

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI

- **Granično stanje ravnoteže (EQU)**
  - gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla promatranog kao kruto tijelo, u kojem čvrstoća konstruktivnog materijala ili tla značajno ne pridonosi otpornosti
  - na pr. prevrtanje gravitacijskog betonskog zida na podlozi od čvrste stijene

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI

- **Granično stanje nosivosti konstrukcije (STR)**
  - slom ili velika deformacija betonske, metalne, drvene ili zidane konstrukcije ili njenog elementa, uključivo temelje, pilote, sidra i potporne zidove, u kojima čvrstoća konstruktivnog materijala bitno pridonosi otpornosti
  - na pr. slom pri jakom savijanju armirano-betonske dijafragme, slom pilota uslijed horizontalne sile, popuštanje čelične šipke geotehničkog sidra i sl.



# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI

- **Granično stanje nosivosti tla (GEO)**
  - slom ili velika deformacija tla pri čemu čvrstoća tla ili stijene bitno pridonosi otpornosti
  - na pr. slom tla ispod temelja, naginjanje potpornog zida, čupanje sidra iz tla, klizanje i odron tla, slom i propadanje tla iznad tunelskog iskopa i sl.

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI

- **Granično stanje izdizanja (UPL)**
  - gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla uslijed uzgona ili drugih vertikalnih sila
  - na pr. izdizanje lagane podzemne konstrukcije uslijed pritiska uzgona podzemne vode, izdizanje i probijanje slabopropusnog sloja tla na dnu građevne jame od uzgona podzemne vode u nižem vodonosnom sloju, čupanje temelja dalekovodnog stupa i sl.

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## GRANIČNA STANJA NOSIVOSTI

- **Granično stanje hidrauličkog izdizanja tla (HYD)**
  - hidrauličko izdizanje (hidraulički slom), interna erozija tla uzrokovana hidrauličkim gradijentima
  - na pr. hidraulički slom u pjeskovitom dnu građevne jame uslijed vertikalnog strujanja vode prema dnu jame, interna erozija pjeskovitog tla od strujanja vode u nasipu i stvaranje erozijskih kanala i sl.

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## PRORAČUNSKI PRISTUPI

- Granična stanja EQU, UPL i HYD → **jedinstveni pristup**, tj. definirani parcijalni koeficijenti
- Granična stanja STR i GEO → **tri projektna pristupa**, parcijalni koeficijenti se primjenjuju:
  - na ulazne podatke (djelovanja  $F$  i svojstva materijala  $X$ ), ili
  - na rezultate proračuna (učinke djelovanja  $E$  i otpornosti  $R$ )

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## PRORAČUNSKI PRISTUPI

- **Parcijalni koeficijenti** podijeljeni su za svaki projektni pristup u skupine:
  - Skupina A za djelovanja
  - Skupina M za svojstva materijala
  - Skupina R za otpornosti

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## PRORAČUNSKI PRISTUPI

- Preporučene vrijednosti parcijalnih koeficijenata djelovanja  $\gamma_F$  i učinka djelovanja  $\gamma_E$  za granična stanja STR i GEO

Djelovanja		Simbol	A1	A2
trajna	nepovoljna	$\gamma_G$	1,35	1,0
	povoljna	$\gamma_G$	1,0	1,0
promjenjiva	nepovoljna	$\gamma_Q$	1,5	1,3
	povoljna	$\gamma_Q$	0	0

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## PRORAČUNSKI PRISTUPI

- Preporučene vrijednosti parcijalnih koeficijenata svojstava materijala (tlo, stijena)  $\gamma_M$  za granična stanja STR i GEO

Svojstvo	Simbol	M1	M2
Tangens efektivnog kuta trenja	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Efektivna kohezija	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Nedrenirana čvrstoća	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Jednoosna tlačna čvrstoća	$\gamma_{qu}$	1,0	1,4
Zapreminska težina	$\gamma_{\gamma}$	1,0	1,0

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## PRORAČUNSKI PRISTUPI

- Preporučene vrijednosti parcijalnih faktora otpora  $\gamma_R$  (na pr. za potporne konstrukcije)

Otpornost	Simbol	R1	R2	R3
Nosivost	$\gamma_{Rv}$	1,0	1,4	1,0
Klizanje	$\gamma_{Rh}$	1,0	1,1	1,0
Pasivni otpor	$\gamma_{Re}$	1,0	1,4	1,0



# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## PRORAČUNSKI PRISTUPI

- Kombinacije pojedinih skupina parcijalnih koeficijenata za svaki projektni pristup

Proračunski pristup	Kombinacija
1	$A1 + M1 + R1$
	$A2 + M2 + (R1 \text{ ili } R4)$
2	$A1 + M1 + R2$
3	$(A1 \text{ ili } A2) + M2 + R3$

# PROJEKTIRANJE PREMA EN 1997-1

## PRORAČUNSKI PRISTUPI

- Ne postoji zajednički stav o izboru projektnog pristupa među zemljama članicama EU
- Odluka o izboru projektnog pristupa prepuštena je pojedinim zemljama
- Hrvatska:
  - Definiranje projektnog pristupa u pratećem dokumentu "Nacionalni dodatak"
  - Odluku o projektnom izboru donosi projektant

# HRVATSKI ZAVOD ZA NORME

- Tehnički odbori
  - HZN/TO 548, Konstrukcijski eurokodovi
- Pododbori
  - HZN/TO 548/PO 7, Geotehničko projektiranje

<b>Ustanova/Član HZN-a</b>	<b>Broj članova</b>
Građevinski fakultet, Rijeka	1
Institut IGH d.d.	1
Conex-ST d.o.o., Split	1
Geotehnički fakultet, Varaždin	1
Građevinski fakultet, Zagreb	3
Geoekspert d.o.o., Zagreb	1
Rudarsko-geološko-naftni fakultet	1
Ministarstvo zaštite okoliša	1
Geokon – Zagreb d.d.	1
Građevinski fakultet, Osijek	1
Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split	1
Tehničko veleučilište u Zagrebu	1
Pozvani član	1
<b>Ukupno</b>	<b>15</b>

# Usvajanje Eurokoda 7 kao hrvatske norme

- Prijevod i lektoriranje
- Recenzija i prihvaćanje prijevoda
- Utvrđivanje postupaka za određivanje NDP
- Provedba postupaka za određivanje NDP
- Utvrđivanje NDP
- Utvrđivanje teksta za javnu raspravu
- Prihvaćanje teksta i upućivanje na javnu raspravu
- Javna rasprava
- Obrada i rasprava primjedbi
- Finalizacija teksta
- Objava u glasilu HZN

# LITERATURA

- EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules, CEN, 2004.
- EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing, CEN, 2007.
- A. Bond & A. Harris: Decoding Eurocode 7, Taylor & Francis, 2008.
- A. Szavits-Nossan & T. Ivšić: Novi Eurokod 7 - geotehničko projektiranje, Priopćenja 4. savjetovanja Hrvatskog geotehničkog društva, Opatija 2006, 455-470.
- Oglasnik za normativne dokumente 6/2008, Hrvatski zavod za norme