

TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



- 9 -

TRAJNOST KONSTRUKCIJA I
GRANIČNA STANJA

EUROKODOVI



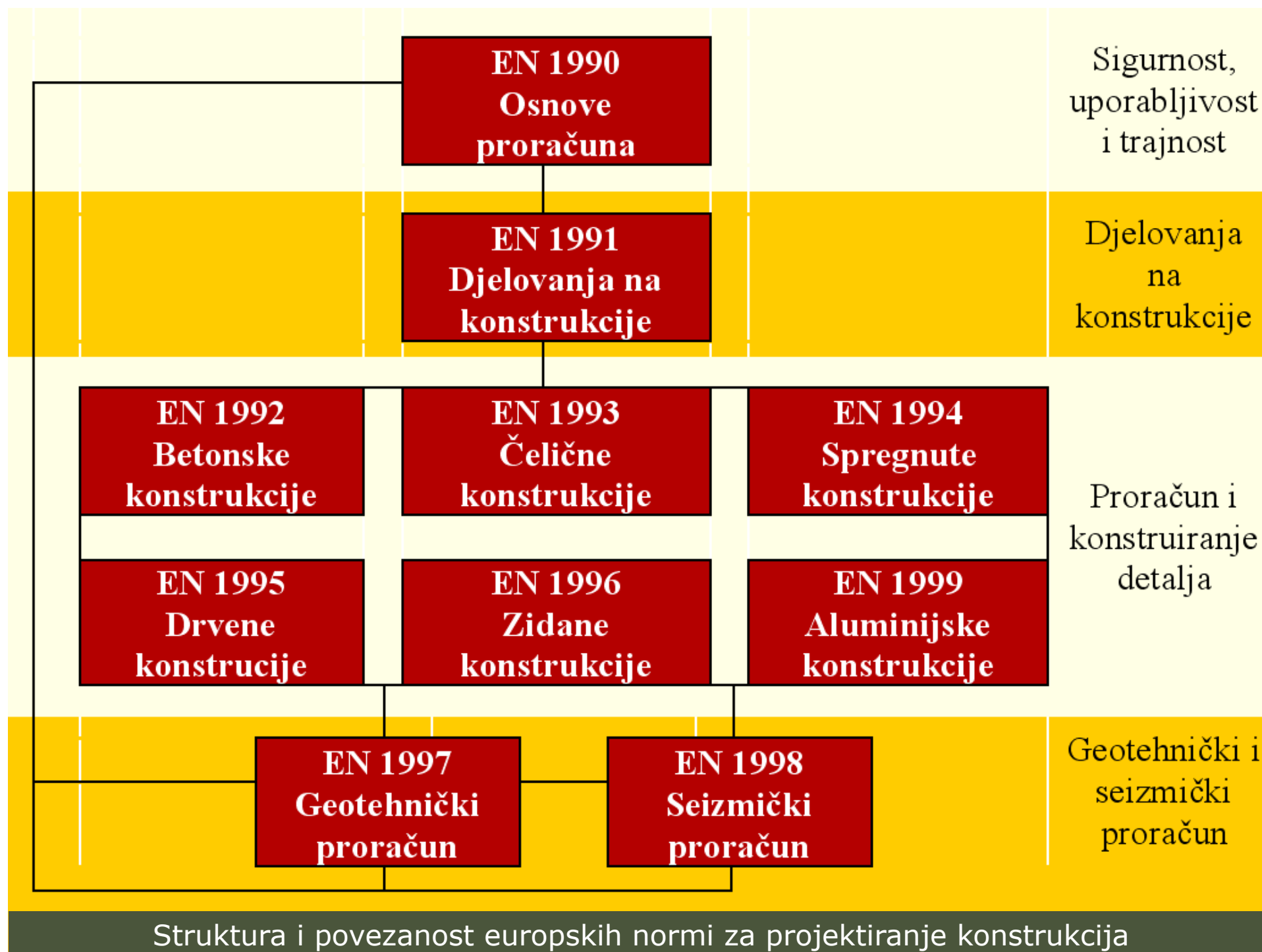
- Osnovna ideja stvaranja konstrukcijskih eurokodova



- Ujednačavanje uvjeta projektiranja i građenja konstrukcija zgrada i drugih građevina u svim europskim zemljama

EUROKODOVI

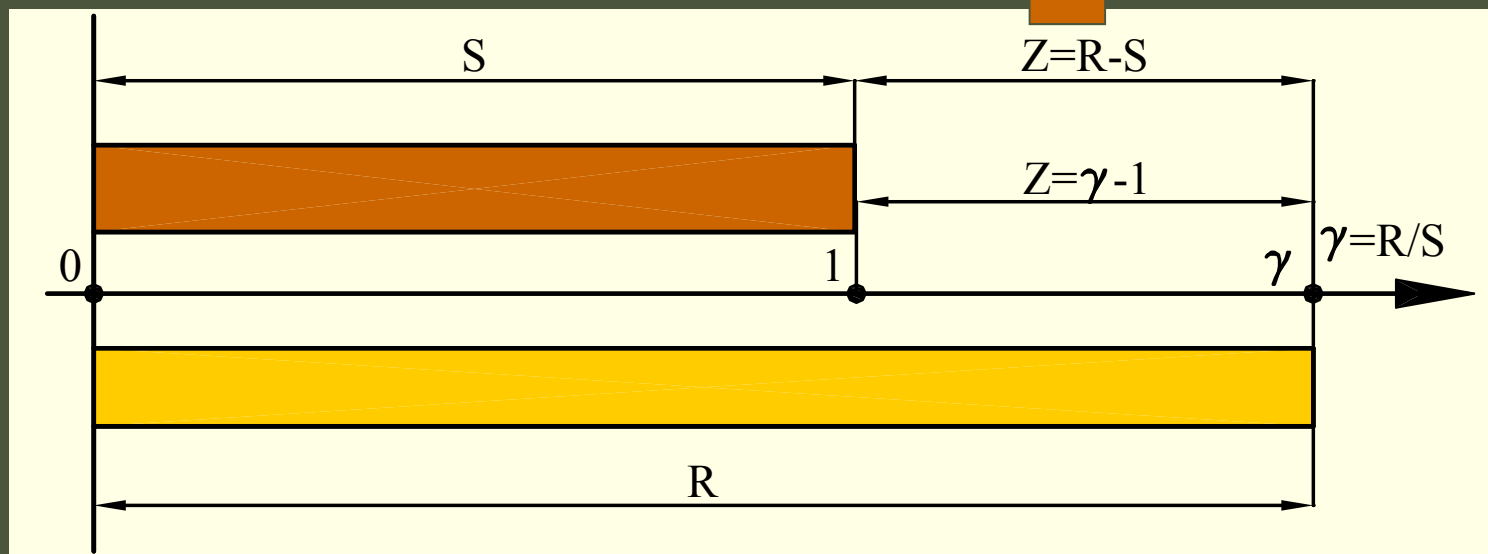
- Konstrukcija mora biti projektirana i izvedena tako da:
 - uz uzimanje u obzir predviđenog vijeka uporabe i troškova izvedbe s prihvatljivom vjerojatnošću zadrži zahtijevana uporabna svojstva (GSU) i
 - da se s primjerenom pouzdanošću odupire djelovanjima i učincima koji mogu nastupiti za vrijeme izvedbe i uporabe (GSN) te
 - da ima primjerenu trajnost u odnosu na troškove njezina održavanja (Opt.Tr.).



DETERMINISTIČKI PRISTUP PRORAČUNU KONSTRUKCIJA

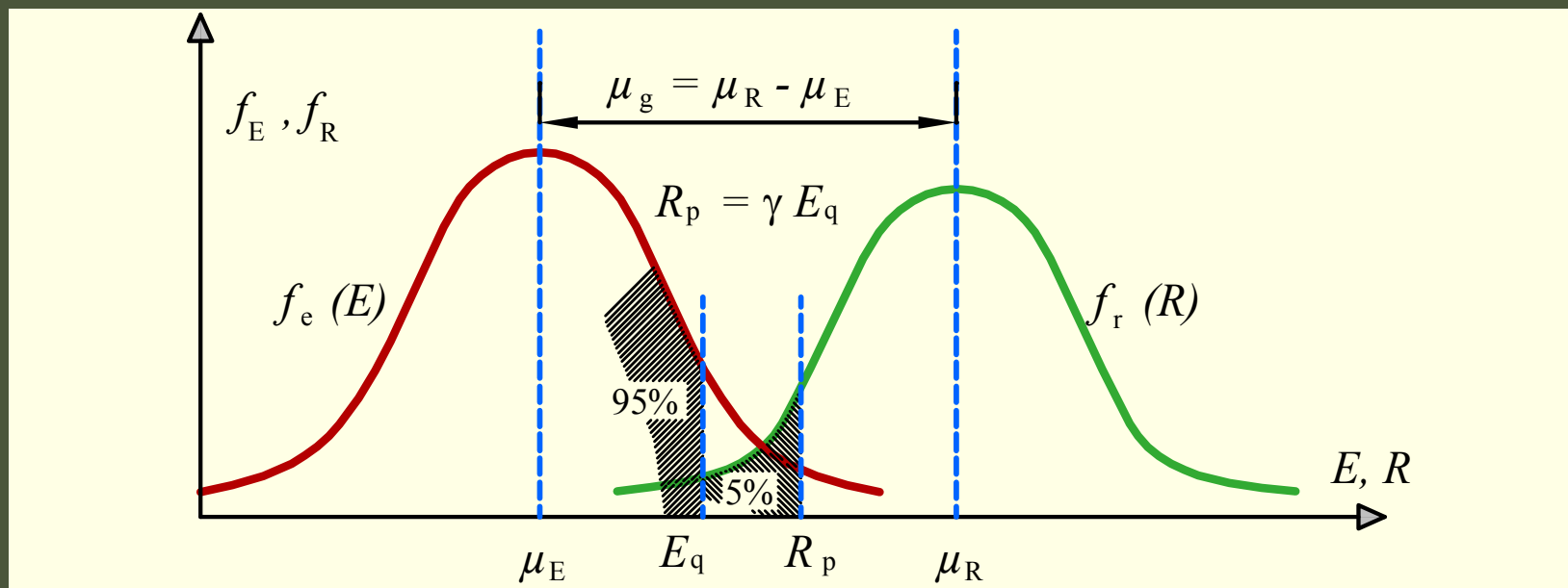
- PODRUČJE SIGURNOSTI
- Uz bezdimenzionalni $\gamma = R/S \Leftrightarrow Z = \gamma - 1$
- Konstrukcija je sigurna:

$$\gamma \cdot S \leq R$$



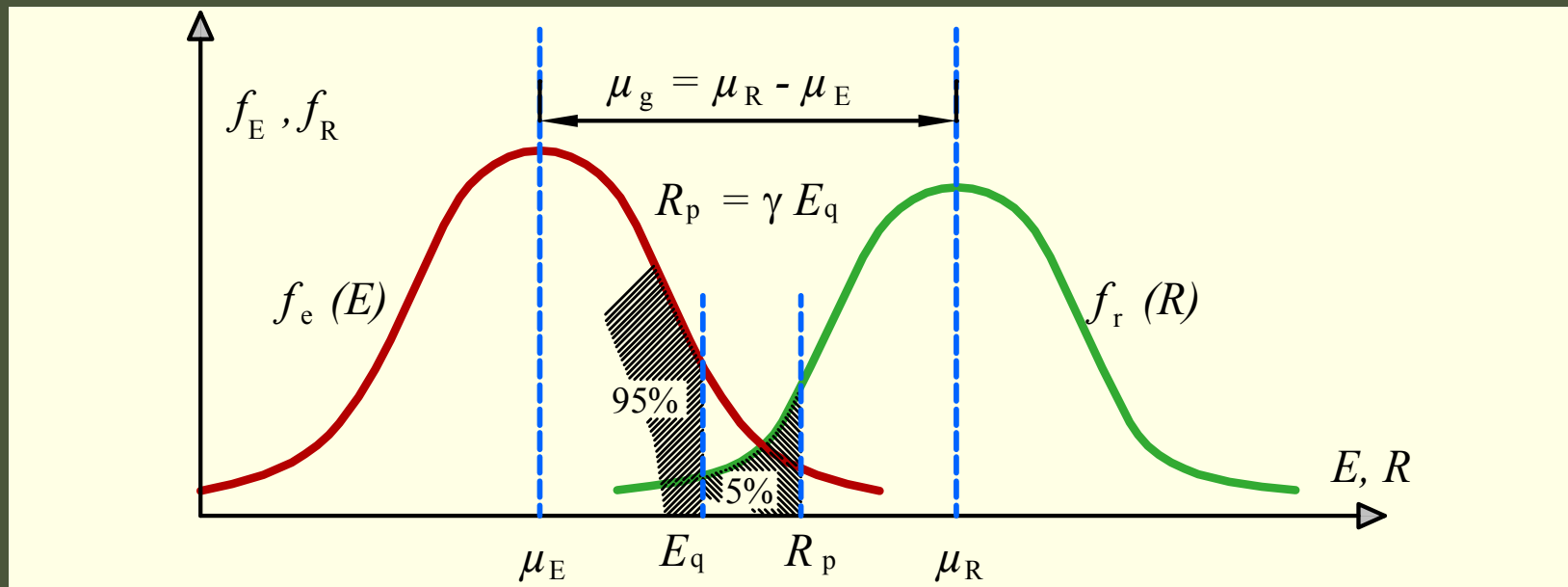
PROBABILISTIČKI PRISTUP PRORAČUNU KONSTRUKCIJA

- ❑ Pretpostavka: ne postoji potpuno sigurna konstrukcija.
- ❑ Vjerojatnost otkazivanja vezana je uz:
 - nepovoljne kombinacije svojstva materijala, stanja naprezanja i deformacija,
 - pri čemu se uzima u obzir promjenjivost vanjskih djelovanja, različitosti svojstava materijala i konstrukcije.



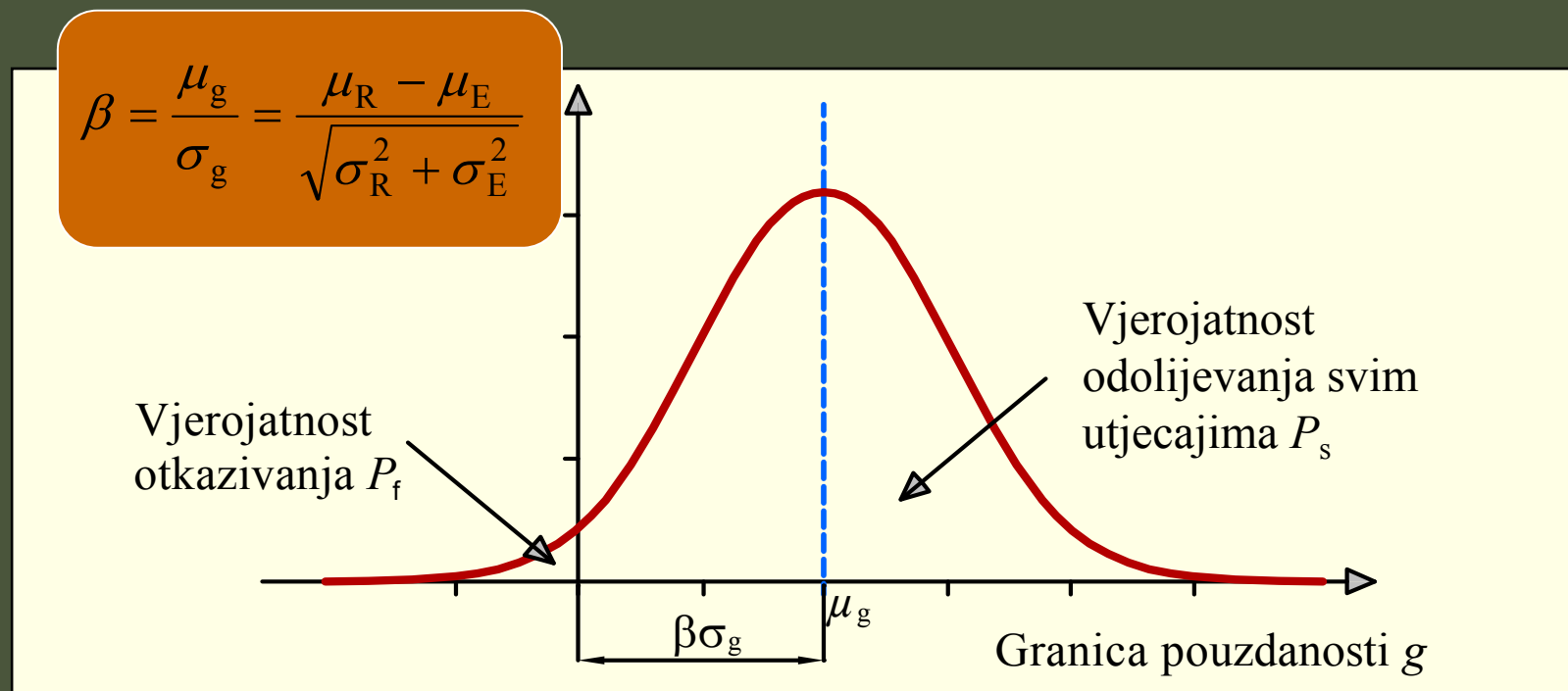
PROBABILISTIČKI PRISTUP PRORAČUNU KONSTRUKCIJA

- ▣ f_E i f_R funkcije raspodjele učestalosti
- ▣ E_q i R_p karakteristične vrijednosti funkcije učinka djelovanja i otpornosti
- ▣ μ_E i μ_R srednje vrijednosti funkcije učinka djelovanja i otpornosti.



PROBABILISTIČKI PRISTUP PRORAČUNU KONSTRUKCIJA

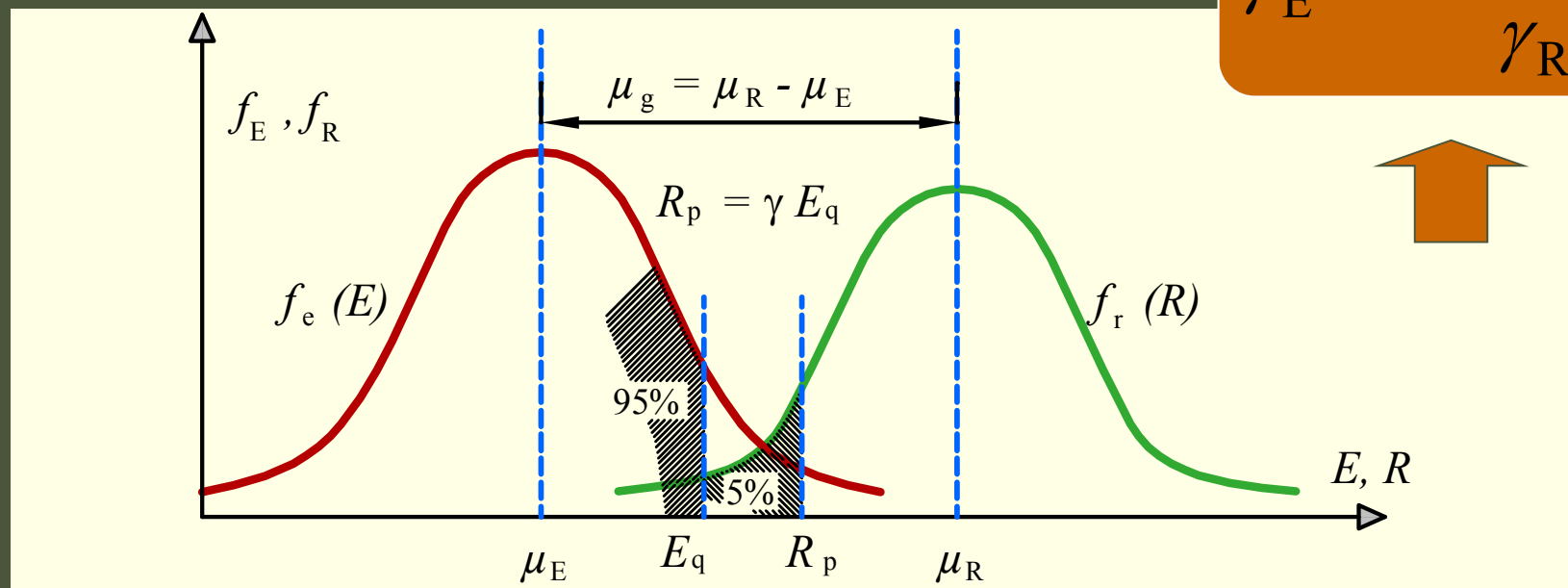
- Raspodjela granice pouzdanosti
- Uz pretpostavku normalnih raspodjela otpornosti R i učinka djelovanja E indeks β predstavlja udaljenost srednje vrijednosti granice pouzdanosti od početka, uzimajući standardnu varijaciju kao jediničnu mjeru.



PROBABILISTIČKI PRISTUP PRORAČUNU KONSTRUKCIJA

- Stari globalni koeficijent sigurnosti razdjeljuje se na parcijalni koeficijent za djelovanja i parcijalni koeficijent za otpornost konstrukcije $\gamma = \gamma_E \cdot \gamma_R$.
- Konstrukcija se smatra pouzdanom:

$$\gamma_E \cdot E \leq \frac{R}{\gamma_R}$$



EUROPSKA NORMA EN 1990

- ❑ Utvrđuje načela i zahtjeve u pogledu sigurnosti i uporabljivosti konstrukcija za primjenu svih ostalih eurokodova
- ❑ Daje osnove i opća načela za projektiranje konstrukcija i njihovu ocjenu te smjernice za pouzdanost i trajnost
- ❑ Počiva na načelu graničnih stanja, koje se koristi zajedno s postupkom parcijalnih koeficijenata.
- ❑ Primjenjuje se zajedno s nizom normi EN 1991 koji definiraju djelovanja na konstrukcije te odgovarajućim proračunskim eurokodovima (EN 1992-EN 1999)

EUROPSKA NORMA EN 1990

□ Namijenjena je:

- normizacijskim odborima
- investitorima, projektantima i izvoditeljima pri ugovaranju radova
- državnim ustanovama zaduženim za javnu sigurnost u graditeljstvu.



EUROPSKA NORMA EN 1990

- ❑ Pretpostavke koje trebaju biti zadovoljene za korištenje cijelog kompleta eurokodova su:
 - konstruiranje i projektiranja provode kvalificirane osobe
 - izvođenje je povjereno vještim i iskusnim osobama
 - tijekom izvedbe osiguran je nadzor i kontrola kvalitete
 - građevni materijali i proizvodi upotrebljavaju se kako je određeno odgovarajućim europskim normama
 - konstrukcija će se prikladno održavati
 - konstrukcija će se koristiti sukladno pretpostavkama proračuna.

TEMELJNI ZAHTRAJEVI

■ Konstrukcija mora biti planirana, projektirana i izvedena na način da

■ tijekom predviđenog uporabnog vijeka, uz zadovoljavajući stupanj pouzdanosti i na ekonomičan način ostane uporabiva za predviđenu namjenu

UPORABLJIVOST

■ bude u stanju podnijeti sva predviđiva djelovanja i učinke tijekom izvedbe i uporabe.

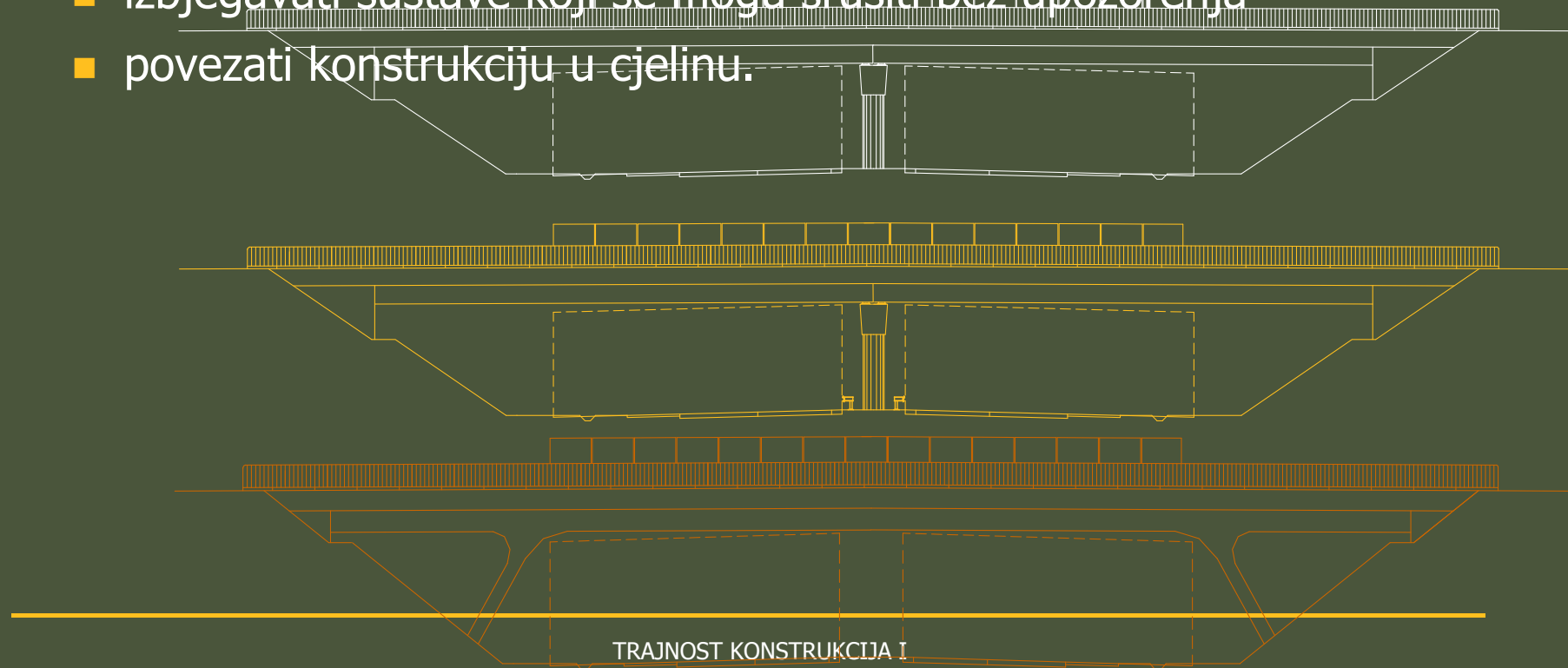
SIGURNOST

■ da se ne može oštetiti zbog požara, eksplozije, udara ili ljudske greške nerazmjerno uzroku

ROBUSNOST

TEMELJNI ZAHTJEVI

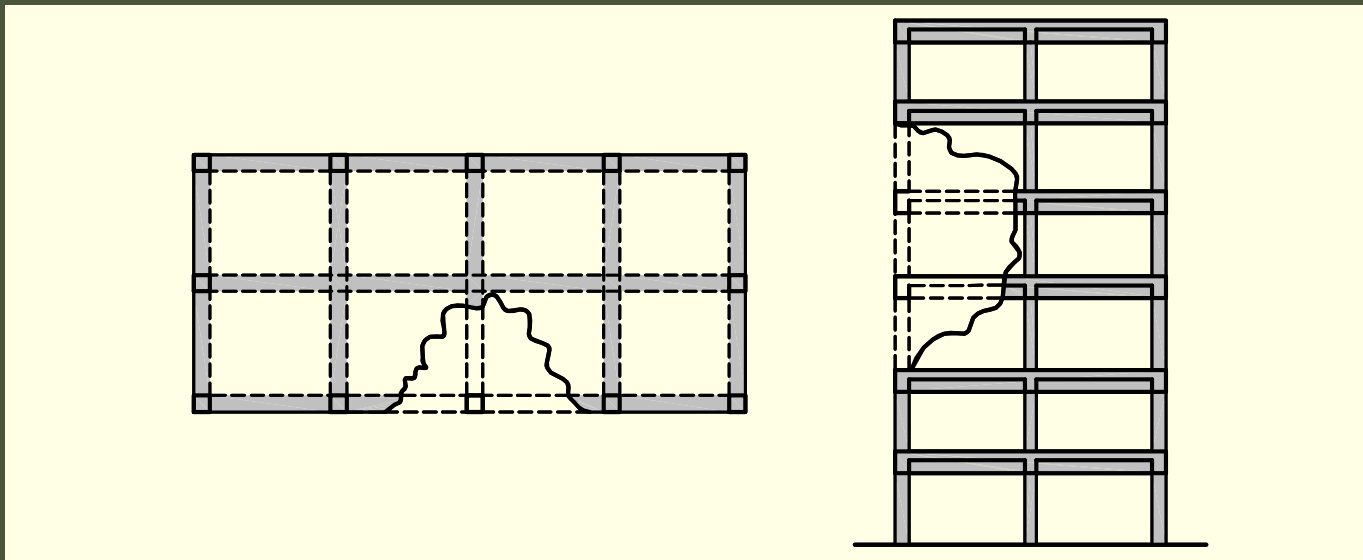
- Potencijalne štete moguće je ograničiti sljedećim mjerama:
 - odabrati oblik konstrukcije koji je manje osjetljiv na određene rizike
 - smanjiti ili izbjeći rizik koji konstrukcija treba podnijeti
 - izbjegavati sustave koji se mogu srušiti bez upozorenja
 - povezati konstrukciju u cjelinu.



TEMELJNI ZAHTJEVI

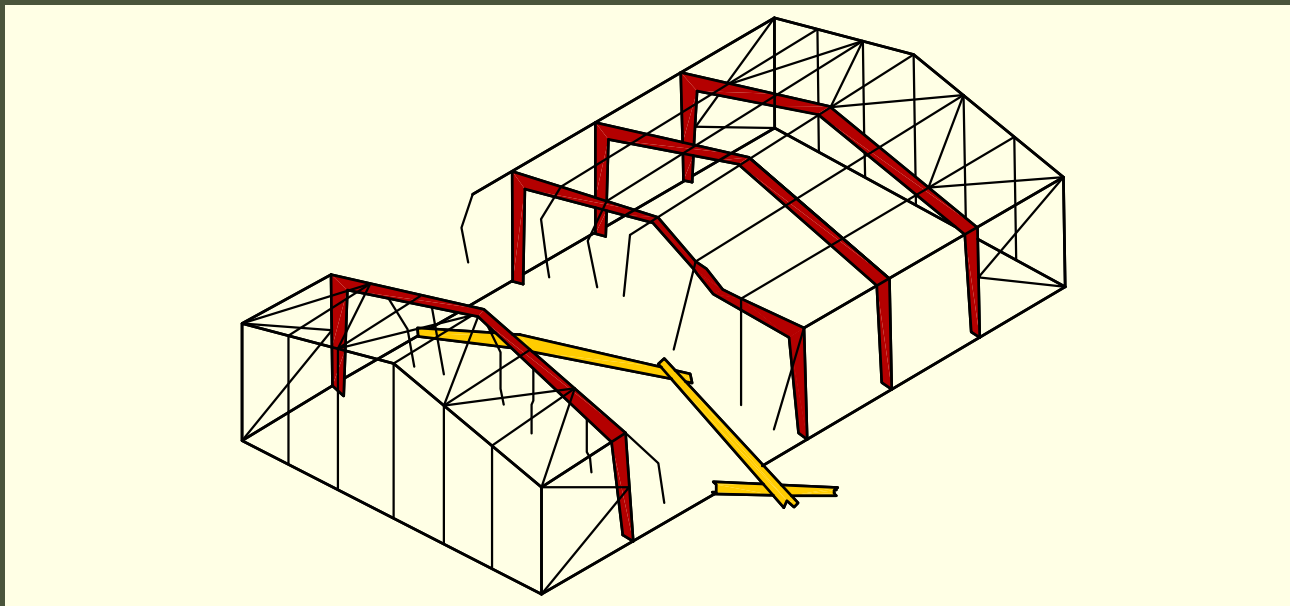
□ Primjeri ograničenja šteta **ZGRADA > 4 KATA**

- Ukoliko nije moguće na zadovoljavajući način povezati elemente zgrade u horizontalnom i vertikalnom smislu, proračunavaju se slučajevi kada je iz zgrade uklonjen jedan po jedan bitan element.
- Kod otkazivanja jednog elementa smije se urušiti najviše 15% površine zgrade ili 70 m² (mjerodavna je veća vrijednost).



TEMELJNI ZAHTRAJEVI

- Primjeri ograničenja šteta **HALA S KROVOM RASPONA > 9M**
 - provjerava se stanje kada je bilo koji od elemenata uklonjen (srušen)
 - u tom se slučaju s njim smiju rušiti samo na njega neposredno priključeni dijelovi građevine, a ostatak mora ostati, eventualno uz veliko deformiranje.



RAZLIKOVANJE POUZDANOSTI

Posljedice otkazivanja
utječu na prihvatljive
vjerovatnosti!

Razlikovati tražene pouzdanosti za različita granična stanja!
 β_{target} za GSU može biti manje stroga nego tražena za GSN.

Razred posljedica otkazivanja	Razred pouzdanosti	Granično stanje nosivosti		Zamor		Uporabljivost	
		β za povratni period		β za povratni period		β za povratni period	
		1 god.	50 god.	1 god.	50 god.	1 god.	50 god.
CC3	RC3	5,2	4,3		1,5-3,8	2,9	1,5
CC2	RC2	4,7	3,8				
CC1	RC1	4,2	3,3				

Referentni period uključiti u
proračun! Godišnje vjerovatnosti
otkazivanja su naravno manje
od vjerovatnosti otkazivanja u
uporabnom vijeku konstrukcije.

RAZLIKOVANJE POUZDANOSTI

Posljedice
utječu na
vjerovanja

Velike posljedice za gubitak ljudskih života ili vrlo
velike ekonomske, socijalne i ambijentalne posljedice
(tribine, koncertne dvorane)

za različita granična stanja!
troga nego tražena za GSN.

Razred posljedica otkazivanja	Razred pouzdanosti	Granično stanje nosivosti		Zamor		Uporabljivost	
		β za povratni period		β za povratni period		β za povratni period	
		1 god.	50 god.	1 god.	50 god.	1 god.	50 god.
CC3	RC3	5,2	4,3		1,5-3,8	2,9	1,5
CC2	RC2	4,7	3,8				
CC1	RC1	4,2	3,3				



RAZLIKOVANJE POUZDANOSTI

Ve Srednje posledice za gubitak ljudskih života ili znatne
ve ekonomske, socijalne i ambijentalne posledice
(tr (poslovne zgrade i zgrade za stanovanje)

Razred posljedica otkazivanja	Razred pouzdanosti	Granično stanje nosivosti		Zamor		Uporabljivost	
		β za povratni period		β za povratni period		β za povratni period	
		1 god.	50 god.	1 god.	50 god.	1 god.	50 god.
CC3	RC3	5,2	4,3		1,5-3,8	2,9	1,5
CC2	RC2	4,7	3,8				
CC1	RC1	4,2	3,3				



RAZLIKOVANJE POUZDANOSTI

Srednje male posljedice za gubitak ljudskih života ili male odnosno
ekonomski zanemarive ekonomske, socijalne i ambijentalne posljedice
(posebno poljoprivredne zgrade, skladišta)

Razred posljedica otkazivanja	Razred pouzdanosti	Granično stanje nosivosti		Zamor		Uporabljivost	
		β za povratni period		β za povratni period		β za povratni period	
		1 god.	50 god.	1 god.	50 god.	1 god.	50 god.
CC3	RC3	5,2	4,3		1,5-3,8	2,9	1,5
CC2	RC2	4,7	3,8				
CC1	RC1	4,2	3,3				



PRORAČUNSKE SITUACIJE

- ❑ opisuju okolnosti u kojima konstrukcija ispunjava svoju ulogu, a moraju biti dovoljno zahtjevne i tako varirane da obuhvate sve uvjete koji se mogu očekivati tijekom izvedbe i uporabe konstrukcije.
- ❑ Proračunske situacije dijele se na:
 - **STALNE SITUACIJE:**
svi uobičajeni
uvjeti uporabe



PRORAČUNSKE SITUACIJE

- ❑ opisuju okolnosti u kojima konstrukcija ispunjava svoju ulogu, a moraju biti dovoljno zahtjevne i tako varirane da obuhvate sve uvjete koji se mogu očekivati tijekom izvedbe i uporabe konstrukcije.
- ❑ Proračunske situacije dijele se na:
 - **PROLAZNE SITUACIJE:** povremeni uvjeti, npr. tijekom izvedbe ili popravka



PRORAČUNSKE SITUACIJE

- ❑ opisuju okolnosti u kojima konstrukcija ispunjava svoju ulogu, a moraju biti dovoljno zahtjevne i tako varirane da obuhvate sve uvjete koji se mogu očekivati tijekom izvedbe i uporabe konstrukcije.
- ❑ Proračunske situacije dijele se na:
 - **IZVANREDNE SITUACIJE:**
iznimni uvjeti ili požar,
eksplozija, udar



PRORAČUNSKJE SITUACIJE

- opisuju okolnosti u kojima konstrukcija ispunjava svoju ulogu, a moraju biti dovoljno zahtjevne i tako varirane da obuhvate sve uvjete koji se mogu očekivati tijekom izvedbe i uporabe konstrukcije.
- Proračunske situacije dijele se na:
 - SEIZMIČKE SITUACIJE:
potres.



PRORAČUNSKI UPORABNI VIJEK

- ❑ Pretpostavljeno razdoblje korištenja konstrukcije uz redovito održavanje, ali bez velikih popravaka
- ❑ Početna pretpostavka u postupku dokaza trajnosti konstrukcija, neovisno o materijalu od kojega su izvedene

Razred	Proračunski uporabni vijek [godine]	Primjer konstrukcije
1	10	Privremene konstrukcije
2	10-25	Zamjenljivi dijelovi konstrukcije
3	15-30	Poljoprivredne i slične konstrukcije
4	50	Konstrukcije zgrada ili druge uobičajene konstrukcije
5	100	Monumentalne građevine, mostovi i druge inženjerske konstrukcije

ZAHTJEV TRAJNOSTI

- ▣ Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:

- PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
- ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
- OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
- SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
- IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
- OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
- KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
- POSEBNE MJERE ZAŠTITE
- ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA

- valja uzeti u obzir učinke promjene namjene na trajnost konstrukcije
- npr. promjena mikroklimе u prostoriji koja je prenamijenjena u praonicu (vlažnost u praonici) nakon što je služila kao prostorija za nekakav industrijski pogon pa je došlo do oštećenja industrijskoga poda uslijed opterećenja strojevima (uvjeti izloženosti poda su promijenjeni)

ZAHTJEV TRAJNOSTI

■ Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:

- PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
- ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
- OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
- SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
- IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
- OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
- KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
- POSEBNE MJERE ZAŠTITE
- ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA

- osnovni zahtjev u postizanju trajnosti je uporabni vijek.
- važno je zahtijevano vrijeme u kojem će konstrukcijski element zadovoljavati uvjete, i hoće li se pojedini elementi zamijeniti, održavati ili će imati dugi vijek trajanja
- npr. prijelazne naprave kod mostova možemo proračunati na puno seizmičko opterećenje i time predvidjeti da se u slučaju potresa neće dogoditi njihovo oštećenje
- ili ih možemo proračunati na reducirano seizmičko djelovanje i time predvidjeti da će pri potresu prijelazna naprava biti oštećena i zahtijevati zamjenu



ZAHTJEV TRAJNOSTI

■ Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:

- PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
- ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
- OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
- SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
- IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
- OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
- KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
- POSEBNE MJERE ZAŠTITE
- ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

OČEKIVANI UTJECAJ OKOLIŠA

- oštećenja betona i drva i korozija čelika su pojave koje se događaju uslijed utjecaja okoliša, i valja koristiti prikladne mjere u postupku postizanja trajnosti konstrukcije (npr. pravilan izbor zaštitnog sloja betona do armature)
- promjenjivost djelovanja iz okoliša, npr. vjetra, snijega, toplinskih djelovanja i njihov učinak na trajnost konstrukcije važno je uzeti u obzir (primjer je kombinacija bure i morske soli)



ZAHTJEV TRAJNOSTI

▣ Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:

- PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
- ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
- OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
- SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
- IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
- OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
- KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
- POSEBNE MJERE ZAŠTITE
- ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA

- u postupku osiguranja trajnosti konstrukcija važno je korištenje materijala koji će povećati trajnost (čelik za armiranje premazan epoksidom, veze stijenki od nehrđajućeg čelika, beton niske propusnosti)
- kod konstrukcija koje služe kao skladišta materijal konstrukcije može biti presudan za trajnost, npr. za skladištenje korozivnih tvari kao što su neki proizvodi koji sadrže ugljični dioksid, lamelirano drvo je bolje nego armirani beton ili konstrukcijski čelik



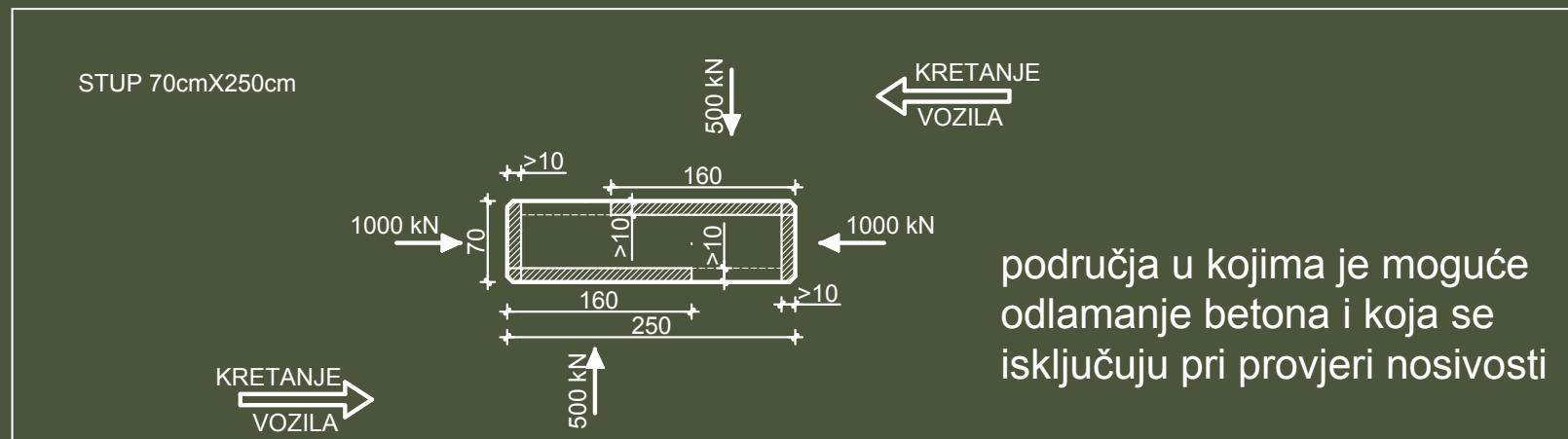
ZAHTJEV TRAJNOSTI

▣ Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:

- PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
- ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
- OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
- SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
- IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
- OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
- KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
- POSEBNE MJERE ZAŠTITE
- ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA

- u fazi projektiranja valja odabrati robusne konstrukcijske sustave
- kada se projektira npr. za posljedice poznatih izvanrednih događaja (udar vozila), valja koristiti masivne izmjere
- valja izbjegavati konstrukcijske sustave osjetljive na očekivana oštećenja i razaranja (zglob u rasponskom sklopu)
- valja osigurati da konstrukcija može preuzeti npr. pomake od temperature



ZAHTJEV TRAJNOSTI

- Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:
 - PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
 - ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
 - OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
 - SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
 - IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
 - OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
 - KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
 - POSEBNE MJERE ZAŠTITE
 - ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI

- npr. zaobljenje stupova u vodi zbog hidrauličkih djelovanja, izvedba zida upornjaka u nagibu s cijevi za procjeđivanje, ugradba hidro-izolacije ispod pješačke staze i između konzole i vijenca, itd. mogu utjecati na produljenje trajnosti



ZAHTJEV TRAJNOSTI

■ Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:

- PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
- ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
- OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
- SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
- IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
- OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
- KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
- POSEBNE MJERE ZAŠTITE
- ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE

- razina kontrole pri izvedbi može imati utjecaj na trajnost konstrukcija, npr. slabo zbijanje može rezultirati šuplinama u armiranom betonu i time smanjiti trajnost



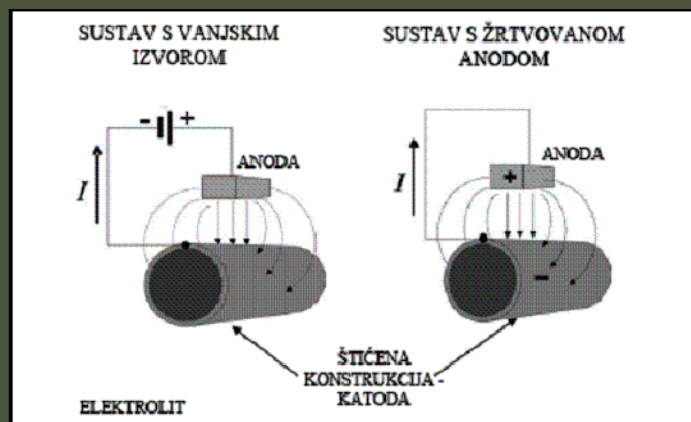
ZAHTJEV TRAJNOSTI

■ Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:

- PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
- ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
- OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
- SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
- IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
- OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
- KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
- POSEBNE MJERE ZAŠTITE
- ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

POSEBNE MJERE ZAŠTITE

- za povećanje trajnosti elementi trebaju biti zaštićeni od štetnog okoliša
- npr. drvo može biti tretirano konzervansima i premazano zaštitnim premazima, čelični elementi mogu biti galvanizirani, premazani ili obavijeni betonom
- primjenom katodne zaštite čelika je također moguće produljiti trajnosti



ZAHTJEV TRAJNOSTI

■ Osiguranje trajnosti ovisi o sljedećim faktorima koje treba uzeti u obzir:

- PLANIRANA I MOGUĆA BUDUĆA UPORABA
- ZAHTIJEVANI KRITERIJI PONAŠANJA
- OČEKIVANI UTJECAJI OKOLIŠA
- SASTAV, SVOJSTVA I PONAŠANJE MATERIJALA
- IZBOR KONSTRUKCIJSKOG SUSTAVA
- OBLIK ELEMENATA I KONSTRUKCIJSKIH POJEDINOSTI
- KVALITETA IZVEDBE I RAZINA KONTROLE
- POSEBNE MJERE ZAŠTITE
- ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

ODRŽAVANJE TIJEKOM UPORABNOG VIJEKA

- održavanje treba biti planirano već pri projektiranju konstrukcije i to sukladno s konceptom projekta
- valja osigurati preglede, održavanje i moguću potrebnu zamjenu dijelova
- konstrukciju treba projektirati tako da osjetljivi ali važni dijelovi mogu biti lako zamijenjeni u slučaju oštećenja
- npr. treba omogućiti zamjenu prednapetih natega u prednapetom betonu u korozivnom okolišu, ako je moguće njihovo oštećenje i pucanje



GRANIČNA STANJA

GSN

- ❑ Vezana uz rušenje ili druge oblike otkazivanja konstrukcije.
- ❑ Predstavljaju nosivost konstrukcije s prelaganjem naprezanja i eventualnim mogućim plastificiranjem u presjeku.
- ❑ Obuhvaćaju sigurnost konstrukcije i njenih dijelova te sigurnost ljudi.
- ❑ Odnose se na stalne, povremene ili izvanredne proračunske situacije

GSU

- ❑ Odgovaraju stanjima izvan kojih zahtjevi na uporabu konstrukcije ili konstrukcijskog elementa više nisu zadovoljeni.
- ❑ Obuhvaćaju
 - zadržavanje konstrukcije u elastičnom području,
 - funkcionalnost konstrukcije ili dijelova,
 - udobnost ljudi i vanjski izgled konstrukcije.

DOKAZIVANJE GRANIČNIH STANJA

- Provedi se na statičkim modelima konstrukcije za različita projektna stanja i različite slučajeve opterećenja, valja zadovoljiti

GRANIČNO
STANJE
STATIČKE
RAVNOTEŽE

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

$E_{d,dst}$ – proračunska vrijednost učinka destabilizir. djelovanja,
 $E_{d,stb}$ – proračunska vrijednost učinaka stabilizirajućeg djelov.

GRANIČNO
STANJE
NOSIVOSTI

$$E_d \leq R_d$$

E_d – proračunska vrijednost učinka djelovanja,
 R_d – proračunska vrijednost odgovarajuće otpornosti

GRANIČNO
STANJE UPO-
RABLJIVOSTI

$$E_d \leq C_d$$

E_d – prorač. vrijednost učinka djelovanja za kriterij uporablj.
 C_d – granična prorač. vrijednost bitnog kriterija uporablj.

PRORAČUNSKE VRIJEDNOSTI UČINAKA DJELOVANJA

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Proračunske} \\ \text{vrijednosti} \\ \text{djelovanja} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{reprezentativne} \\ \text{vrijednosti} \\ \text{djelovanja} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \gamma_F \\ \hline \end{array}$$

Parcijalnim koeficijentima γ_F uzima se u obzir:

- mogućnost nepovoljnih odstupanja djelovanja,
- mogućnost netočnog modeliranja djelovanja,
- nepouzdanost u određivanju učinaka djelovanja.

Vrijednosti parcijalnih koeficijenata dane su ovisno o

- graničnom stanju,
- proračunskoj situaciji i
- vrsti djelovanja

PREPORUČENE VRIJEDNOSTI PARCIJALNIH KOEFICIJENATA

Slučaj graničnog stanja nosivosti		Djelovanje	Vrsta djelovanja	
			stalno	promjenljivo
			γ_G	γ_Q
A	Gubitak statičke ravnoteže; čvrstoća materijala ili tla je nevažna	Nepovoljno (sup)	1,10	1,50
		Povoljno (inf)	0,90	0
B	Slom konstrukcije ili elementa konstrukcije, uključujući temelje, pilote, temeljne zidove itd. uvjetovano čvrstoćom materijala	Nepovoljno (sup)	1,35	1,50
		Povoljno (inf)	1,00	0
C	Slom u tlu	Nepovoljno (sup)	1,00	1,30
		Povoljno (inf)	1,00	0

REPREZENTATIVNE VRIJEDNOSTI PROMJENLJIVOG DJELOVANJA



KOEFICIJENTI KOMBINACIJE ZA REDUKCIJU PROMJENLJIVIH DJELOVANJA (ZGRADE)

Promjenljivo djelovanje	Za vrijednost u kombinaciji ψ_0	Za čestu vrijednost ψ_1	Za nazovistalnu vrijednost ψ_2
Uporabna opterećenja u zgradama			
stambene prostorije	0,7	0,5	0,3
uredi	0,7	0,5	0,3
prostori za veće skupove ljudi	0,7	0,7	0,6
trgovine	0,7	0,7	0,6
skladišta	1,0	0,9	0,8
Prometna opterećenja u zgradama			
Težine vozila ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Težine vozila ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Krovovi	0,0	0,0	0,0
Opterećenje vjetrom na zgrade	0,6	0,5	0,0
Opterećenje snijegom	0,6	0,2	0,0
Temperatura (ne i požar) u zgradama	0,6	0,5	0,0

PRORAČUNSKE VRIJEDNOSTI SVOJSTAVA OTPORNOSTI

Proračunske
vrijednosti
otpornosti

=

reprezentativne
vrijednosti
otpornosti

:

γ_M

Parcijalnim koeficijentima γ_M uzima se u obzir:

- nesigurnosti u modelu otpornosti,
- nepovoljna odstupanja svojstava materijala od karakt. vrijednosti

Kombinacija djelovanja	Beton γ_c	Armatura i čelik za prednapinjanje γ_s
Osnovna	1,5	1,15
Izvanredna izuzev požar	1,2	1,0
Izvanredna požarna	1,0	1,0

KOMBINACIJE ZA GSN

Stalne ili prolazne proračunske situacije (za provjeru GSN koja su različita od onih koja se odnose na zamor)	P,T	$\sum_{j \geq 1} (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_Q \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} (\gamma_Q \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}) + \gamma_p \cdot P_k$
	P,T a)	$\sum_{j \geq 1} (\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} (\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}) + \gamma_p \cdot P_k$
	P,T b)	$\sum_{j \geq 1} (\xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j}) + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} (\gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}) + \gamma_p \cdot P_k$
Izvanredne proračunske situacije	A	$\sum_j (\gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j}) + \psi_{11} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}) + A_d + \gamma_{pA} \cdot P_k$
Seizmička proračunska situacija	A _E	$\sum_{j \geq 1} (G_{k,j}) + \gamma_I A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} (\psi_{2i} \cdot Q_{k,i}) + P_k$

KOMBINACIJE ZA GSU

Karakteristična kombinacija

$$S_d = S_d \left[\sum_j G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}) + P_k \right]$$

Česta kombinacija

$$S_d = S_d \left[\sum_j G_{k,j} + \psi_{11} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}) + P_k \right]$$

Nazovi-stalna kombinacija

$$S_d = S_d \left[\sum_j (G_{k,j}) + \sum_{i \geq 1} (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}) + P_k \right]$$

POJEDNOSTAVNJENA PROVJERA KONSTRUKCIJA ZGRADA (HRN ENV)

□ GSN

- stalno + uporabno (ili snijeg): $1,35 G_k \text{ "+" } 1,5 Q_k$
- stalno + uporabno (ili snijeg) + vjetar: $1,35 G_k \text{ "+" } 1,35 \Sigma Q_k$

□ GSU

- stalno + uporabno (ili snijeg): $G_k \text{ "+" } Q_k$
- stalno + uporabno (ili snijeg) + vjetar: $G_k \text{ "+" } 0,9 \Sigma Q_k$



TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



- 9.2 -

DJELOVANJA NA
KONSTRUKCIJE

DJELOVANJA NA KONSTRUKCIJE

- ❑ U odnosu na dosadašnje hrvatske propise za opterećenja odnosno djelovanja Eurokod 1 je daleko složeniji i razrađeniji.
- ❑ Djelovanja na konstrukcije nastaju općenito uslijed nekog događaja koji može podrazumijevati
 - građenje,
 - padanje snijega na građevinu,
 - prolaz vozila preko mosta,
 - promjenu temperature okoliša ili
 - pojavu potresa ili požara.
- ❑ Na konstrukciji, djelovanja izazivaju učinke djelovanja, odnosno odziv konstrukcije.
- ❑ Djelovanja mogu biti
 - neovisna (djelovanje snijega na tlo)
 - ili ovisna o samoj konstrukciji (djelovanje snijega na pokrov).

HRVATSKE I EUROPSKE NORME ZA DJELOVANJA

Hrvatska norma	Europska norma	Djelovanje
HRN ENV 1991-2-1	EN 1991-1-1	Vlastita težina i uporabna opterećenja
HRN ENV 1991-2-2	EN 1991-1-2	Požarno djelovanje
HRN ENV 1991-2-3	EN 1991-1-3	Snijeg
HRN ENV 1991-2-4	EN 1991-1-4	Vjetar
HRN ENV 1991-2-5	EN 1991-1-5	Toplinska djelovanja
HRN ENV 1991-2-6	EN 1991-1-6	Djelovanja pri izvedbi
HRN ENV 1991-2-7	EN 1991-1-7	Izvanredna djelovanja uzrokovana eksplozijom ili udarom
HRN ENV 1991-3	EN 1991-2	Prometna opterećenja mostova
HRN ENV 1991-4	EN 1991-3	Djelovanja na silose i spremnike tekućina
HRN ENV 1991-5	EN 1991-4	Djelovanja od kranova i strojeva
HRN EN 1998-1	EN 1998-1	Potres

RAZREDBA DJELOVANJA

PREMA PROMJENLJIVOSTI TIJEKOM VREMENA

- ▣ stalna djelovanja G
 - ▣ vlastita težina,
 - ▣ nepomična oprema,
 - ▣ kolnički zastor,
 - ▣ prednapinjanje,
 - ▣ slijeganje oslonaca
- ▣ promjenljiva djelovanja Q
 - ▣ uporabno opterećenje,
 - ▣ opterećenje snijegom,
 - ▣ opterećenje vjetrom,
 - ▣ potres,
 - ▣ djelovanje temperature,
 - ▣ prometno opterećenje)
- ▣ izvanredna djelovanja A
 - ▣ eksplozije,
 - ▣ požar,
 - ▣ udar vozila,
 - ▣ potres,
 - ▣ opterećenje snijegom

PREMA MOGUĆNOSTI PROMJENE POLOŽAJA U PROSTORU

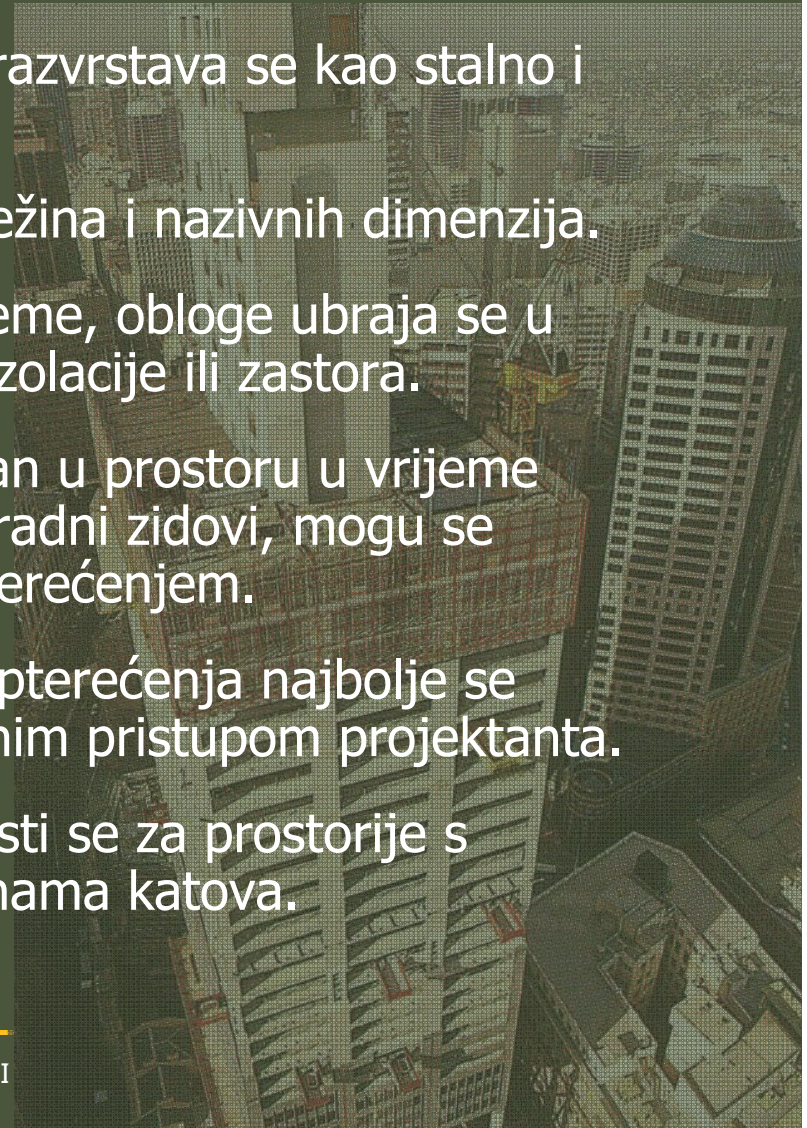
- ▣ nepomična
 - ▣ vlastita težina
- ▣ slobodna djelovanja
 - ▣ pomična uporabna opterećenja,
 - ▣ vjetar,
 - ▣ snijeg

PREMA SVOJOJ PRIRODI I/ILI ODZIVU KONSTRUKCIJE

- ▣ statička djelovanja
 - ▣ koja ne izazivaju znatna ubrzanja konstrukcije ili konstrukcijskih elemenata
- ▣ dinamička djelovanja
 - ▣ koja izazivaju znatna ubrzanja konstrukcije ili konstrukcijskih elemenata.

VLASTITA TEŽINA

- ❑ Vlastita težina građevinskih elemenata razvrstava se kao stalno i nepomično djelovanje.
- ❑ Proračunava se na temelju prostornih težina i nazivnih dimenzija.
- ❑ Težina nepomičnih strojeva, elektroopreme, obloge ubraja se u vlastitu težinu isto kao i težina zemlje, izolacije ili zastora.
- ❑ Oprema kojoj položaj nije točno definiran u prostoru u vrijeme projektiranja ili primjerice pomični pregradni zidovi, mogu se modelirati jednoliko raspodijeljenim opterećenjem.
- ❑ Vrijednosti zamjenskog kontinuiranog opterećenja najbolje se procjenjuju na temelju iskustva, razumnim pristupom projektanta.
- ❑ Minimalna vrijednost od $1,0 \text{ kN/m}^2$ koristi se za prostorije s uobičajenim pregradnim zidovima i visinama katova.



VLASTITA TEŽINA

- uz uvjet da strop dopušta poprečnu raspodjelu opterećenja, jednoliko raspodijeljeno opterećenje $q_k(P)$ ovisno o vlastitoj težini pregrada i to kako slijedi:
 - za pomične pregrade s vlastitom težinom $\leq 1,0$ kN/m duljine zida:
 $q_k(P) = 0,5$ kN/m²
 - za pomične pregrade s vlastitom težinom $\leq 2,0$ kN/m duljine zida:
 $q_k(P) = 0,8$ kN/m²
 - za pomične pregrade s vlastitom težinom $\leq 3,0$ kN/m duljine zida:
 $q_k(P) = 1,2$ kN/m².



UPORABNA OPTEREĆENJA

- promjenjiva i slobodna
- proizlaze iz samog korištenja i uglavnom se modeliraju jednoliko raspoređenim opterećenjem
- prema namjeni pet osnovnih razreda prostorijske u zgradama

Razred površine	Namjena prostorije
A	Stambene prostorije, odjeljenja u bolnicama, hotelske sobe
B	Uredi
C	Površine na kojima je moguće okupljanje ljudi (5 podrazreda prema vjerojatnoj gustoći okupljanja i gužve)
D	Prodajne površine
E	Površine s mogućnošću gomilanja robe i stvari

UPORABNA OPTEREČENJA

(Za usporedbu: Pravilnik za korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada)

Razred površine	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
A - uobičajene stamb. prostorije	2,0 (1,5)	2,0 (1,5)
- stubišta	3,0 (2,5)	2,0 (1,5)
- balkoni	4,0 (2,0)	2,0 (1,0)
B - uredi	3,0 (2,0)	2,0 (1,5)



UPORABNA OPTEREĆENJA

(Za usporedbu: Pravilnik za korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada)

Razred površine	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
C1 (prostorije sa stolovima, škole, kafići, restorani, čitaonice, recepcije)	3,0 (2,0)	4,0
C2 (prostorije s nepomičnim sjedalima, crkve, kina, predavaonice, čekaonice, konferencijske dvorane)	4,0 (4,0)	4,0
C3 (prostorije bez prepreka za ljude, površine u muzejima, izložbene prostorije, pristupi u javnim i državnim zgradama, hoteli, bolnice, željezničke stanice)	5,0 (4,0)	4,0
C4 (športske prostorije, plesne dvorane, gimnastičke dvorane, scenske površine)	5,0 (4,0; 5,0)	7,0
C5 (prostorije za velika okupljanja, zgrade za javne događaje, koncertne dvorane, športske dvorane)	5,0 (4,0; 5,0)	4,0



UPORABNA OPTEREĆENJA

(Za usporedbu: Pravilnik za korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada)

Razred površine	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
D1 (prostorije u trgovinama)	5,0 (4,0)	4,0
D2 (prostorije u robnim kućama i trgovinama na veliko)	5,0 (4,0)	7,0



UPORABNA OPTEREĆENJA

(Za usporedbu: Pravilnik za korisna opterećenja stambenih i javnih zgrada)

Razred površine	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
E (skladišta uključujući i knjižnice)	min 6,0 (5,0)	min 7,0



UPORABNA OPTEREĆENJA

- ❑ Krovovi koji su pristupačni projektiraju se na istu razinu uporabnog opterećenja kao i međukatne konstrukcije zgrade
- ❑ Odvojeno se promatraju:
 - krovovi za posebne namjene (slijetanje helikoptera),
 - garaže i
 - površine s prometnim opterećenjem



UPORABNA OPTEREĆENJA

- Uporabna opterećenja konstrukcijskih elemenata koji podupiru velike podne površine reduciraju se odgovarajućim faktorima α

- ovisno o površini poduprtoj **GREDOM** ili

$$\alpha_A = 5\psi_o / 7 + 10m^2 / A$$

- broju katova koji su poduprti **STUPOM**.

$$\alpha_n = \{2 + (n - 2) \psi_o\} / n$$



Dijagram toka

UPORABNA OPTEREĆENJA

Odrediti razred površine u zgradi



Odrediti odgovarajuću vrijednost uporabnog kontinuiranog opterećenja q_k (kN/m²). Uzeti u obzir da se koncentrirano opterećenje (Q_k) uzima samo za lokalne proračune.



Odrediti ploštinu (A) poduprtu pojedinačnim gredama ili broj katova (n) poduprt pojedinačnim stupom.



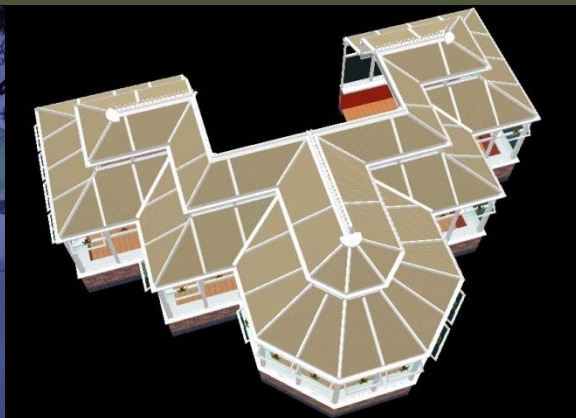
Prikladno odrediti koeficijente redukcije uporabnog opterećenja.



Karakteristično uporabno opterećenje pomnožiti odgovarajućim redukcijskim koeficijentom α ako je manji od 1,0.

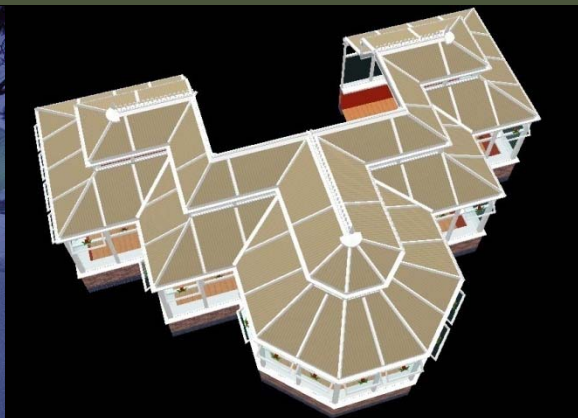
OPTEREĆENJE SNIJEGOM

- ❑ Promjenljivo slobodno djelovanje
- ❑ Eurokodom nisu obuhvaćeni sljedeći slučajevi:
 - lokacije iznad 1500 m nadmorske visine,
 - udarna opterećenja od snijega koji klizi niz krov ili pada s višeg krova,
 - dodatna opterećenja od vjetra uslijed nagomilavanja leda,
 - lokacije na kojima je snijeg prisutan tijekom cijele godine,
 - bočno opterećenje od snijega izazvano smetovima,
 - povećano opterećenje uslijed padanja jake kiše na snijeg.



OPTEREĆENJE SNIJEGOM

- ❑ Karakteristično opterećenje snijegom s_k koje odgovara jednolikom snijegu koji je napadao pri mirnim vremenskim uvjetima na ravno tlo.
- ❑ Ova vrijednost se prilagođava ovisno o:
 - obliku krova (*jednostrešni, dvostrešni, višestrešni i valjkasti*)
 - hrapavosti površine
 - utjecaju vjetra na raspodjelu snijega,
 - učinku topline koja se skuplja ispod krova,
 - okolnom terenu,
 - blizini susjednih zgrada



OPTEREĆENJE SNIJEGOM NA KROV

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

karakteristična vrijednost opterećenja od snijega na tlo (kN/m²)

koeficijent oblika opterećenja snijegom (učinak oblika krova)

koeficijent izloženosti, koji obično ima vrijednost 1,0
(utjecaj oštrog vjetra: $C_e < 1,0$)

toplinski koeficijent, koji obično ima vrijednost 1,0
(utjecaj gubitka topline kroz krov: $C_t < 1,0$)

PODRUČJA OPTEREĆENJA SNIJEGOM U HRVATSKOJ PREMA NAD HRN ENV 1991-2-3

kontinentalni nizinski dio
Hrvatske 1,1 – 4,3 kN/m²

Planinsko područje 1,1
– 11,40 kN/m²

područje Istre i Kvarnera
i obalno područje
Hrvatske 0,45 - ? kN/m²

Dalmatinsko zaleđe
0,35 – 1,15 ? kN/m²



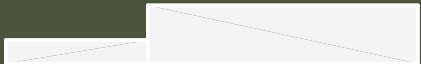
Karta snježnih područja prema HRN EN 1991-1-3:20xx/NA, Studeni 20xx.

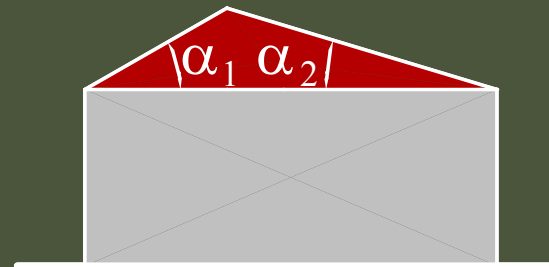


Opterećenje snijegom za snježna područja i pripadne nadmorske visine prema HRN EN 1991-1-3:20xx/NA, Studeni 20xx.

NADMORSKA VISINA DO (m)	PODRUČJE 1 Priobalje i otoci 0,50 (kN/m ²)	PODRUČJE 2 Zaleđe Dalmacije, Primorja i Istre 0,75 (kN/m ²)	PODRUČJE 3 Kontinent. Hrv. 1,00 (kN/m ²)	PODRUČJE 4 Gorska Hrvatska 1,25 (kN/m ²)
100	0,50	0,75	1,00	1,25
200	0,50	0,75	1,25	1,50
300	0,50	0,75	1,50	1,75
400	0,50	1,00	1,75	2,00
500	0,50	1,25	2,00	2,50
600	0,50	1,50	2,25	3,00
700	0,50	2,00	2,50	3,50
800	0,50	2,50	2,75	4,00
900	1,00	3,00	3,00	4,50
1000	2,00	4,00	3,50	5,00
1100	3,00	5,00	4,00	5,50
1200	4,00	6,00	4,50	6,00
1300	5,00	7,00		7,00
1400	6,00	8,00		8,00
1500		9,00		9,00
1600		10,00		10,00
1700		11,00		11,00
1800		12,00		

KOEFICIJENT OBLIKA: PRIMJER ZA DVOSTREŠNI KROV

- I. $\mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_2)$
- II. $0,5 \mu_1(\alpha_1)$  $\mu_1(\alpha_2)$
- III. $\mu_1(\alpha_1)$  $0,5 \mu_1(\alpha_2)$



(I.) oblik opterećenja bez i (II.), (III.) oblici opterećenja uz nošenje snijega

Kut nagiba krova	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
Koeficijent oblika μ_1	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0

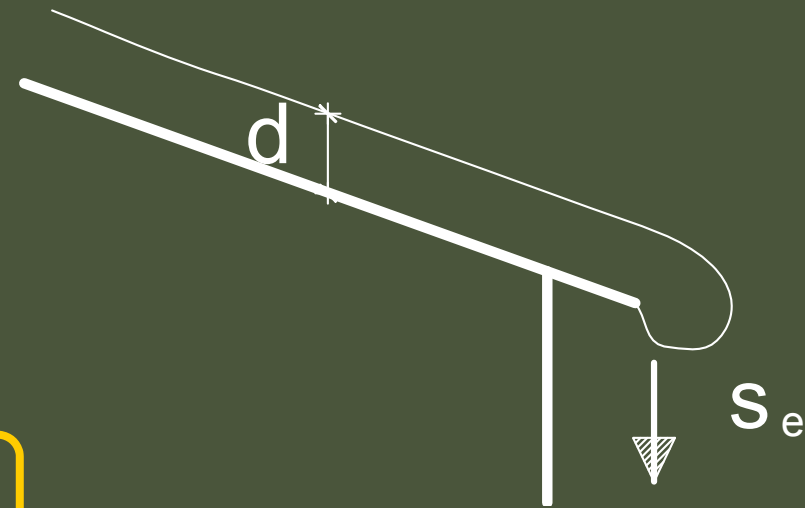
SNIJEG NA KONZOLNIM PRIJEPUSTIMA KROVA – DODATAK OPTEREĆENJA

$$s_e = k \cdot s^2 / \gamma$$

prostorna težina snijega, 3 kN/m³

najteži slučaj opterećenja bez zapuha za odgovarajući tip krova $s = \mu_i \cdot s_k$

koeficijent kojim se uzima u obzir nepravilan oblik snijega i koji iznosi od 0,0 do 2,5



SILA KLIZAJUĆE MASE SNIJEGA NA SNJEGOBRANE

opterećenje snijegom koje odgovara površini krova s kojega bi snijeg mogao kliznuti

horizontalni razmak snjegobrana na krovu

nagib krova, mjeren od horizontale

$$F_s = s b \sin \alpha$$



Dijagram toka

OPTEREĆENJE SNIJEGOM

Odrediti karakterističnu vrijednost opterećenja snijegom na tlu za odgovarajuću zemljopisnu lokaciju i nadmorsku visinu, (s_k)



Odrediti koeficijent oblika snijega ovisno o tipu krova (μ_i)



Odrediti opterećenje snijegom (s) kao umnožak karakterističnog opterećenja snijegom (s_k) i koeficijenta oblika (μ_i) te, ako se ocijeni potrebnim, koeficijenta izloženosti (C_e) i toplinskog koeficijenta (C_t)

OPTEREĆENJE VJETROM

- Promjenljivo slobodno djelovanje
- Pojednostavnjeni proračun (statičko opterećenje) primjenjuje se za konstrukcije neosjetljive na dinamičku uzbudu i dinamički umjereno osjetljive konstrukcije:
 - zgrade i dimnjake visine manje od 200 m,
 - cestovne i željezničke mostove najvećeg raspona manjeg od 200 m,
 - pješačke mostove najvećeg raspona manjeg od 30 m.
- Privremene konstrukcije mogu se proračunati na manje opterećenje vjetra.
- Za zgrade tlakovi vjetra djeluju okomito na površine zgrade.
- Za mostove proračunava se djelovanje vjetra u svim horizontalnim smjerovima.



TLAK VJETRA NA VANJSKE w_e I UNUTRAŠNJE w_i POVRŠINE

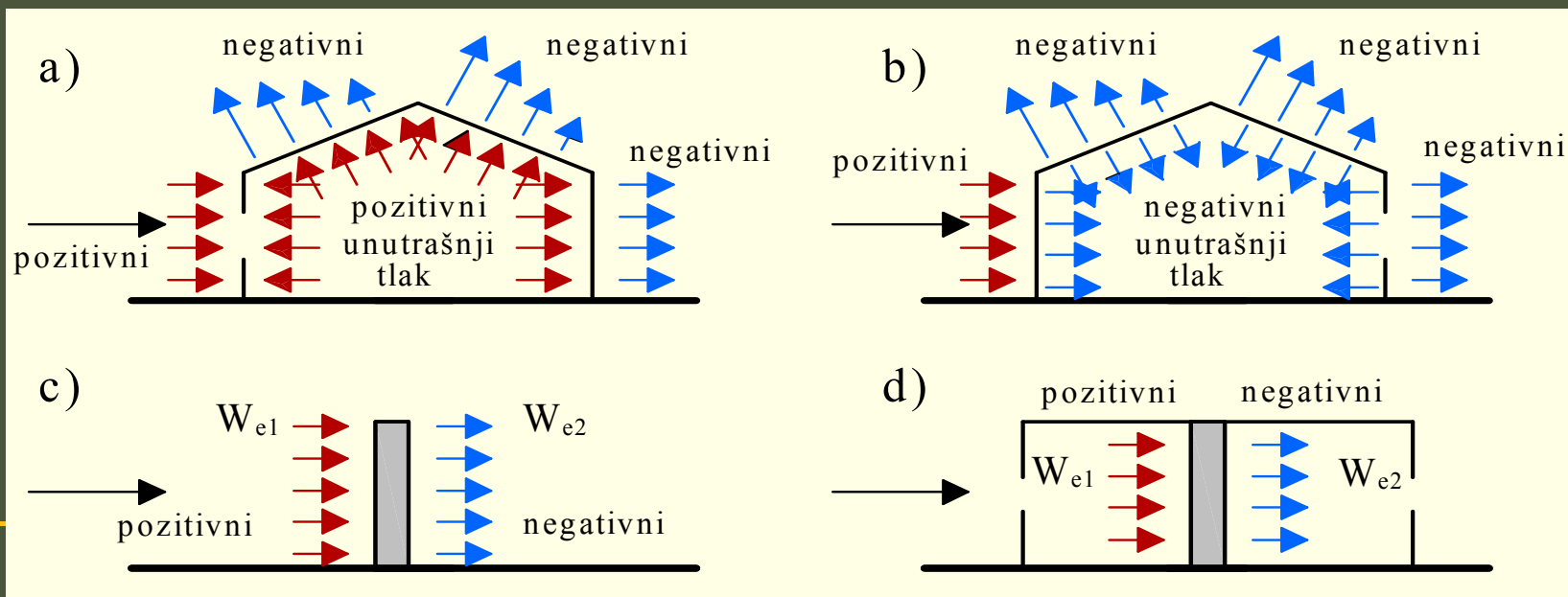
$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi}$$

vršni tlak brzine vjetra

poredbene visine za vanjski i unutrašnji tlak

koeficijenti vanjskog i unutrašnjeg tlaka



VRŠNI TLAK BRZINE VJETRA q_p

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

koeficijent izloženosti

osnovni tlak
brzine vjetra:

$$q_b = \rho \cdot v_b^2 / 2$$

gustoća
zraka

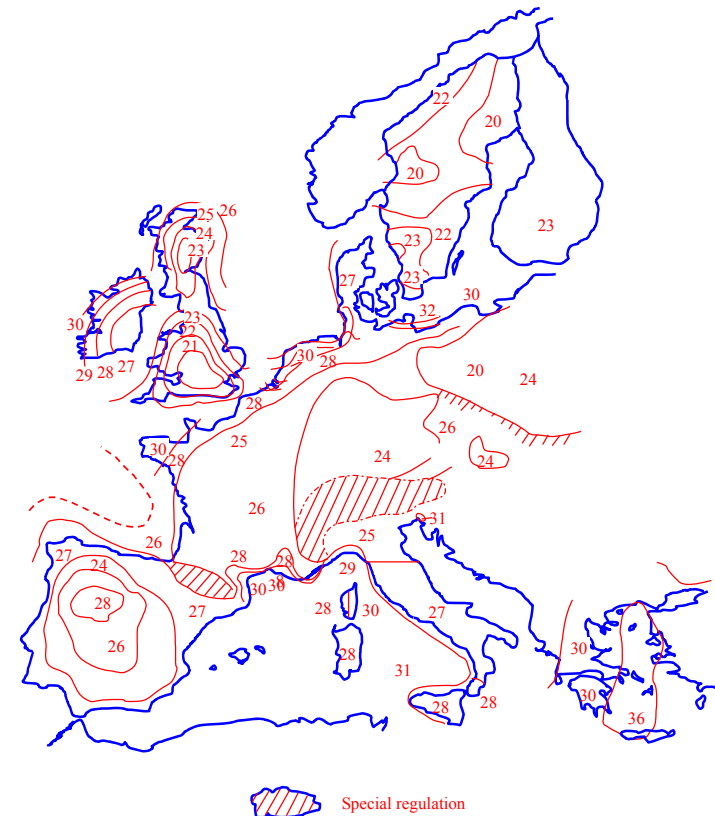
osnovna brzina vjetra:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

utjecaja smjera vjetra

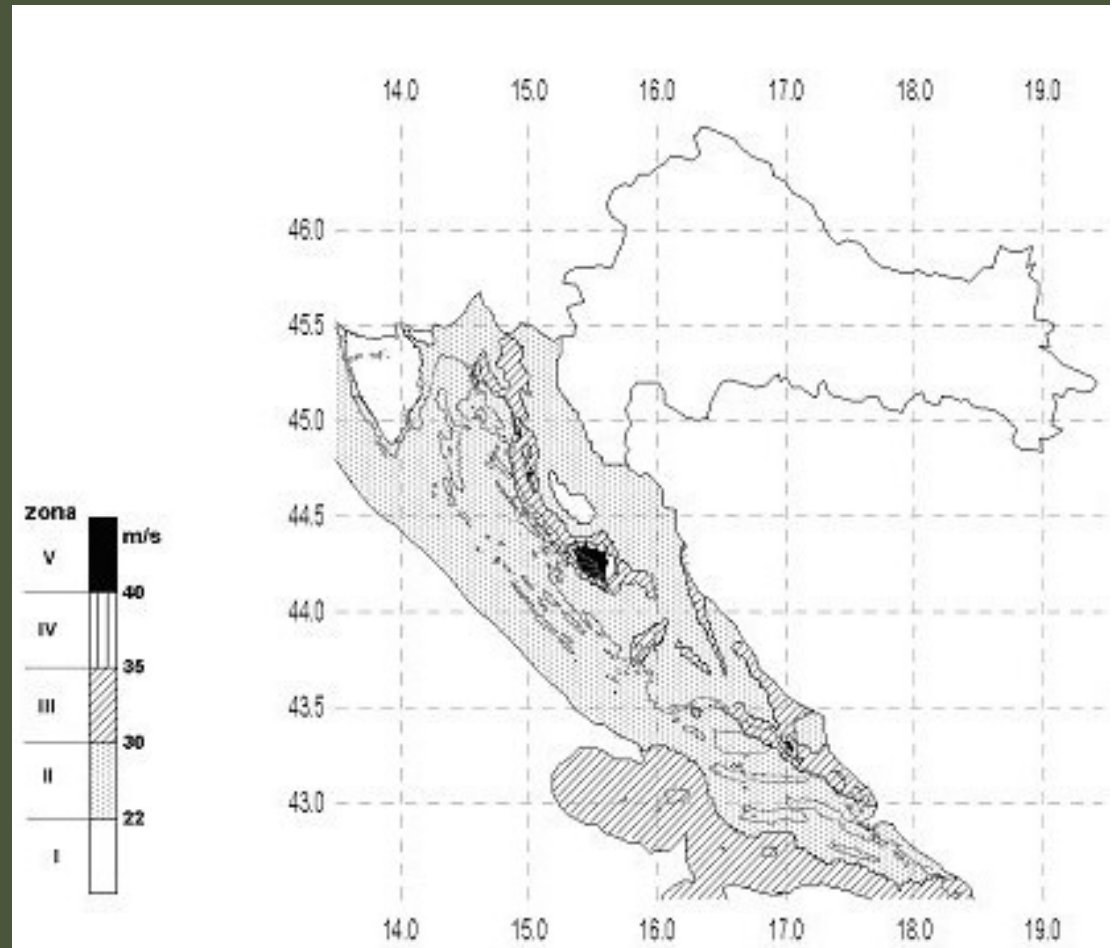
... doba godine

Temeljna vrijednost osnovne brzine vjetra:
karakteristična 10-minutna srednja brzina
vjetra na visini 10,0 m iznad tla II. razreda

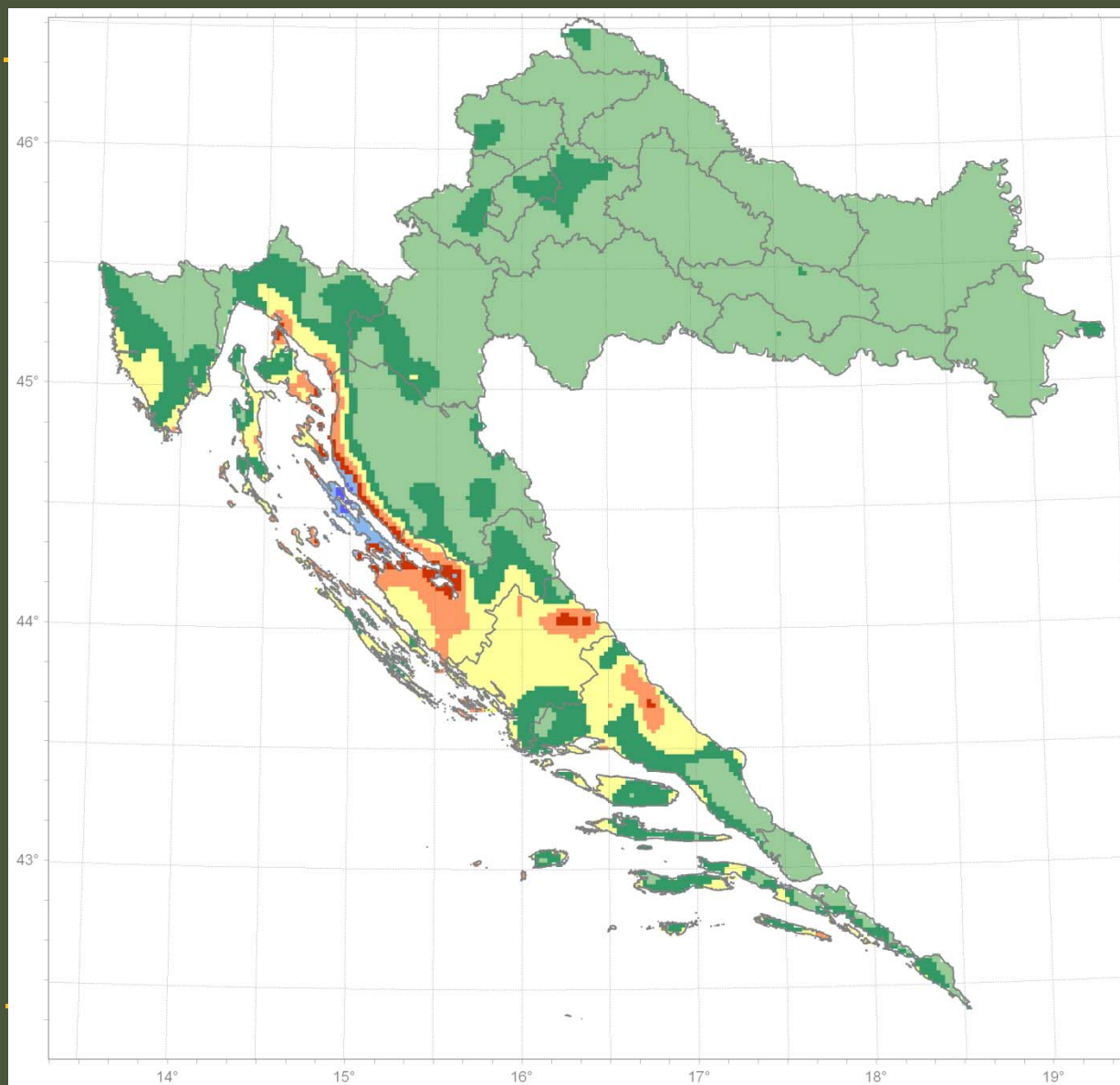


POREDBENA SREDNJA 10-min BRZINA VJETRA, HRN ENV 1991-2-4

- $V_{\text{ref}} = V_{\text{ref},0} \cdot C_{\text{alt}}$
- koeficijent nadmorske visine:
 $C_{\text{ALT}} = 1 + 0,001 a_s$
- nadmorska visina (m):
 A_s
- 5 vjetrovnih područja
- 10 regija

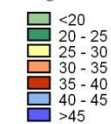


Meteorološka podloga za nacionalni dodatak HRN EN 1991-1-4 za djelovanje vjetra



Maksimalne 10-minutne brzine vjetra na 10 m iznad ravnog tla
kategorije hrapavosti II za povratni period 50 godina

Vref (m/s)
Legenda:



KOEFICIJENT IZLOŽENOSTI $c_e(z)$

- uzima u obzir
 - učinke hrapavosti terena,
 - topografije i
 - visine iznad tla,na srednju brzinu vjetra i
turbulenciju.



KOEFICIJENT IZLOŽENOSTI $c_e(z)$

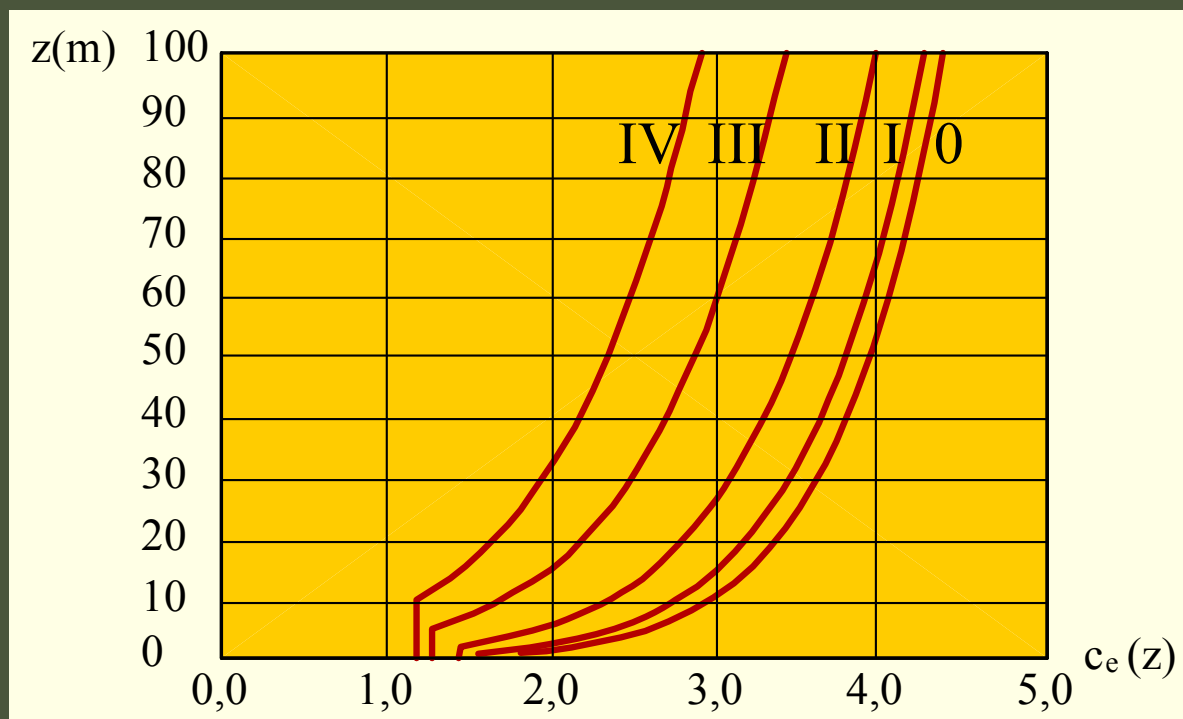
□ Kategorije zemljišta:

- kategorija 0: more ili obalno područje uz otvoreno more
- kategorija I: jezera ili ravan teren bez prepreka
- kategorija II: površine s niskom vegetacijom, povremene prepreke kao što su drveće ili zgrade na razmacima 20 puta većim od visine prepreke (poljoprivredno zemljište)
- kategorija III: površine s uobičajenom vegetacijom ili zgradama ili preprekama na razmacima do 20 puta većim od visine prepreke (industrijske zone i šume)
- kategorija IV: područja s najmanje 15% površine prekrivene zgradama srednje visina najmanje 15 m (gradska područja).



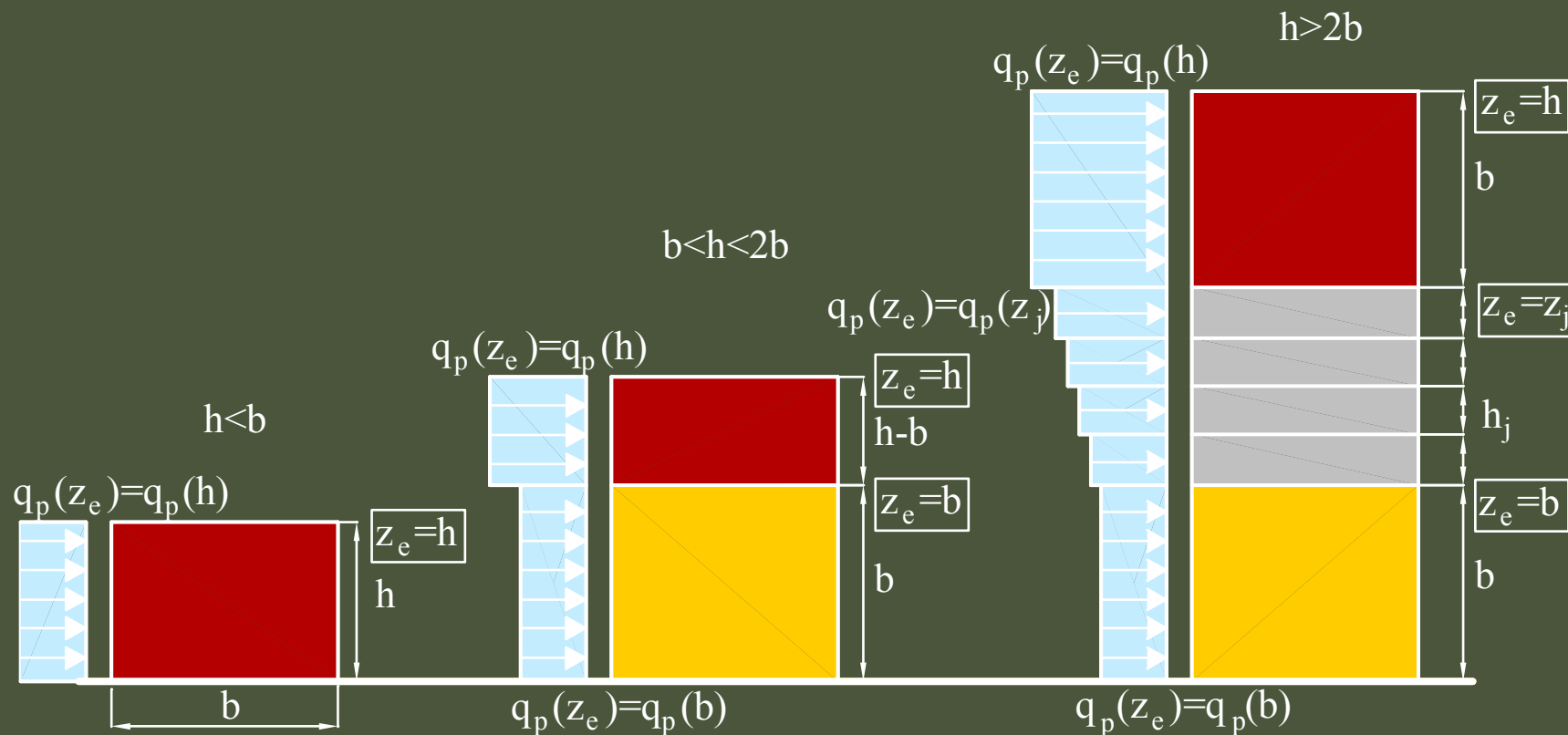
KOEFICIJENT IZLOŽENOSTI $c_e(z)$

- Za ravno zemljište kada je koeficijent topografije $c_o(z) = 1,0$ (osim za lokacije blizu izdvojenih brežuljaka i strmih nagiba), određuje se ovisno o visini i kategoriji zemljišta:



POREDBENA VISINA z_e VANJSKOG TLAKA

- ovisno o odnosu visine i širine zgrade h/b



POREDBENA VISINA z_i UNUTRAŠNJEG TLAKA

- Uzima se jednakoj poredbenoj visini z_e vanjskog tlaka na površinama koje otvorima doprinose stvaranju unutrašnjeg tlaka.
- Ako postoji više otvora najveća vrijednost z_e koristi se za određivanje z_i .

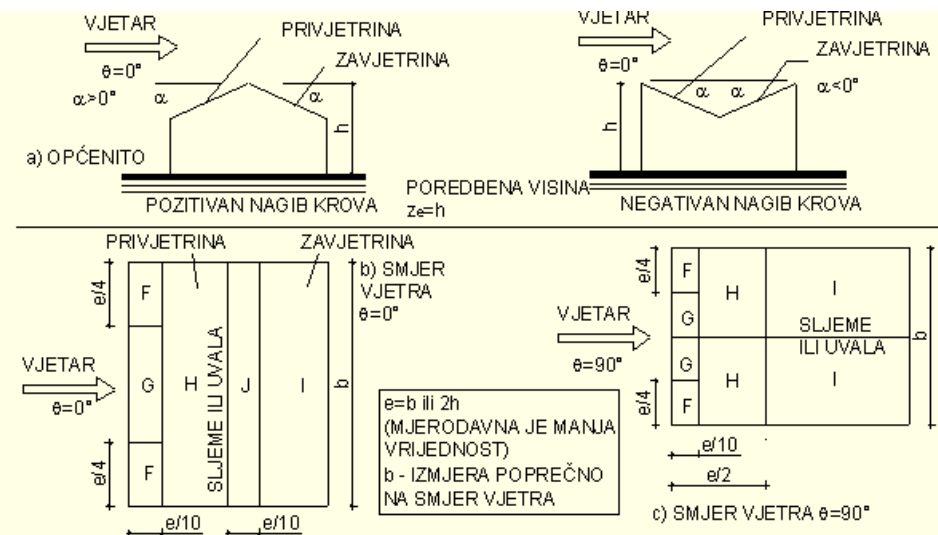
KOEFICIJENTI VANJSKOG TLAKA c_{pe}

- ❑ Ovisi o veličini opterećene ploštine A
- ❑ Dani su za opterećene ploštine od 1 m^2 i $10 \text{ m}^2 \Rightarrow c_{pe,1}$ i $c_{pe,10}$.
- ❑ Između 1 i 10 m^2 : $c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10} A$
- ❑ Koeficijenti su dani u slikama i tablicama za:
 - vertikalne zidove zgrada pravokutnoga tlocrta,
 - ravne krovove nagiba manjeg od $\pm 5^\circ$,
 - jednostrešne krovove,
 - dvostrešne krovove,
 - četverostrešne krovove,
 - pilaste krovove,
 - svodove i kupole.



Primjer: DVOSTREŠNI KROV

- podjela po područjima,
- koeficijenti
 - za različita područja,
 - za različite smjerove puhanja vjetra te
 - za različite odnose dimenzija odnosno nagibe krovova.



Smjer vjetra $\theta = 0^\circ$										
Nagib α	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
5°							-0,6		-0,6	
	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
15°	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
30°	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	
	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
45°	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
	-0,0		-0,0		-0,0		-0,2		-0,3	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Smjer vjetra $\theta = 90^\circ$								
Nagib α	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

KOEFICIJENTI UNUTARNJEG TLAKA c_{pi}

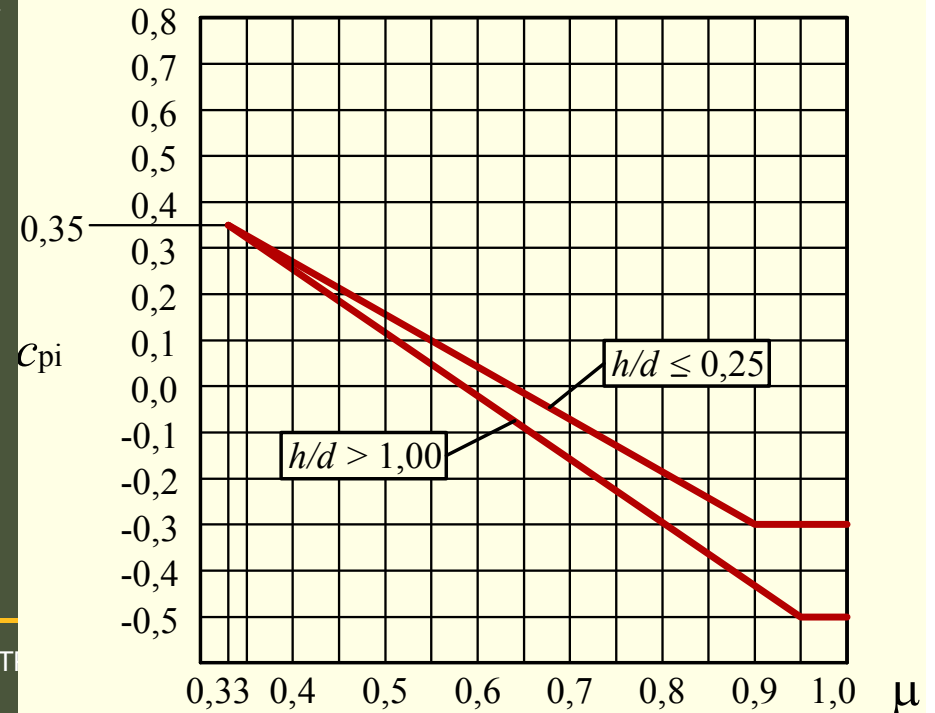
- ❑ Ovisi o veličini i rasporedu otvora na oplošju zgrade.
- ❑ Za zgrade s dominantnim pročeljem unutarnji tlak c_{pi} se uzima kao postotak vanjskog tlaka c_{pe} na otvorima dominantnog pročelja.
- ❑ Kada je ploština otvora na dominantnoj plohi
 - jednaka dvostrukoj ploštini otvora na preostalim plohama
$$c_{pi} = 0,75 c_{pe},$$
 - a kada je najmanje tri puta veća
$$c_{pi} = 0,9 c_{pe}.$$
- ❑ Između dvostruko i trostruko veće ploštine uzima se linearna interpolacija.

KOEFICIJENTI UNUTARNJEG TLAKA c_{pi}

- Za zgrade bez dominantnog pročelja određuje se ovisno o odnosu visine i dubine zgrade h/d i ovisno o koeficijentu otvora μ

$$\mu = \frac{\sum \text{ploha otvora gdje je } c_{pe} \text{ negativan ili } -0,0}{\sum \text{ploha svih otvora}}$$

- Za vrijednosti između $h/d = 0,25$ i $h/d = 1,0$ linearna interpolacija



Dijagram toka

OPTEREĆENJE VJETROM

Odrediti osnovnu brzinu vjetra v_b
(HRN ENV poredbenu brzinu vjetra v_{ref})
obzirom na zemljopisnu lokaciju i
nadmorsku visinu



Odrediti osnovni tlak brzine vjetra q_b



Odrediti poredbenu visinu z_e



Odrediti razred zemljišta 0, I, II, III ili IV



Odrediti koeficijent izloženosti $c_e(z)$



Odrediti vršni tlak brzine vjetra $q_p(z)$



Odrediti koeficijente tlaka:

a) koeficijent vanjskog tlaka c_{pe} za
zidove i krovove različitih oblika

b) koeficijent unutarnjeg tlaka c_{pi}
ovisno o koeficijentu otvora μ

Ponoviti postupak za drugi smjer
djelovanja vjetra.



Odrediti vanjski tlak w_e



Odrediti unutarnji tlak w_i



Odrediti neto tlak na površine = $w_e \pm w_i$

POŽAR

- ❑ Izvanredno djelovanje
- ❑ Građevina mora biti projektirana i izvedena tako da u slučaju izbijanja požara:
 - nosivost građevine ostane sačuvana tijekom određenog vremena,
 - ograničeni su nastanak i širenje požara i dima unutar građevine,
 - ograničeno je širenje požara na susjedne građevine,
 - korisnici mogu napustiti zgradu ili da je na drugi način moguće njihovo spašavanje,
 - sigurnost spasilačkih ekipa uzeta je u obzir.



POŽAR

▣ Ponašanje konstrukcije pri požaru ovisi o

- toplinskom djelovanju i njegovom učinku na svojstva materijala i posredno na mehaničko djelovanje

**TEMPERATURNI PRORAČUN
I
TOPLINSKA DJELOVANJA**

- neposrednom učinku na mehaničko djelovanje

**MEHANIČKI PRORAČUN
I
MEHANIČKA DJELOVANJA**

POŽAR – MEHANIČKI PRORAČUN

□ Požarna otpornost utvrđuje se:

■ u pogledu vremena:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}$$

Proračunska vrijednost
požarne otpornosti

Zahtijevano vrijeme
požarne otpornosti

■ ili u pogledu nosivosti:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$$

Prorač. vrijednost
otpornosti elementa u
pož. situaciji u t

Pror. vrijednost važnih
učinaka djelovanja u
pož. situaciji u trenutku t

■ ili u pogledu temperature:

$$\Theta_d \geq \Theta_{cr,d}$$

Proračunska vrijednost
temperature materijala

Proračunska vrijednost
kritične temp. materijala

POŽAR — MEHANIČKI PRORAČUN U POGLEDU NOSIVOSTI

- Učinci djelovanja mogu se izvesti iz onih koji su određeni u proračunu za običnu temperaturu:

$$E_{fi,d,t} = E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d$$

- E_d proračunska vrijednost učinka od djelovanja iz osnovne kombinacije djelovanja prema EN 1990
- $E_{fi,d}$ odgovarajuća konstantna proračunska vrijednost u požarnoj situaciji,
- η_{fi} koeficijent umanjenja za proračunsko opterećenje u požarnoj situaciji

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

- $\psi_{f,i}$ koeficijent kombinacije, $\psi_{1,1}$ ili $\psi_{2,1}$.

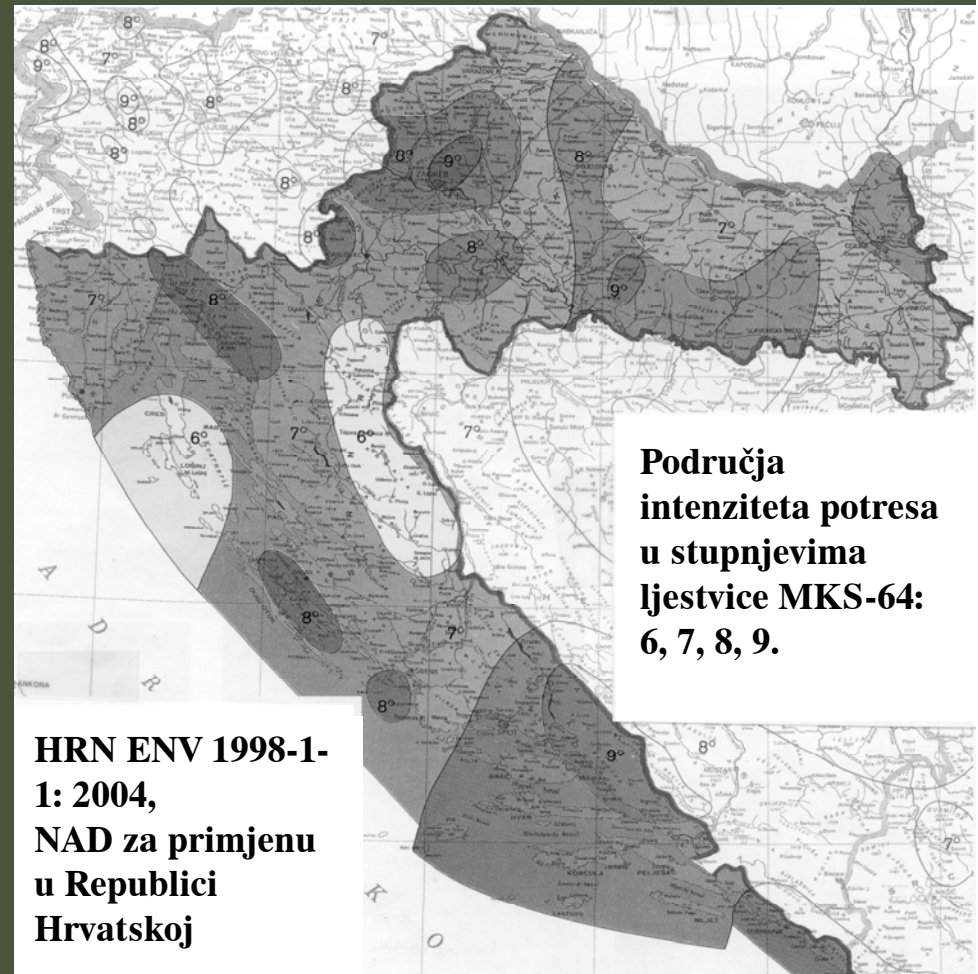
POTRES

- ❑ Jedna od općenito najopasnijih izvanrednih prirodnih pojava s velikim,
 - ponekad i katastrofalnim materijalnim i ljudskim žrtvama.

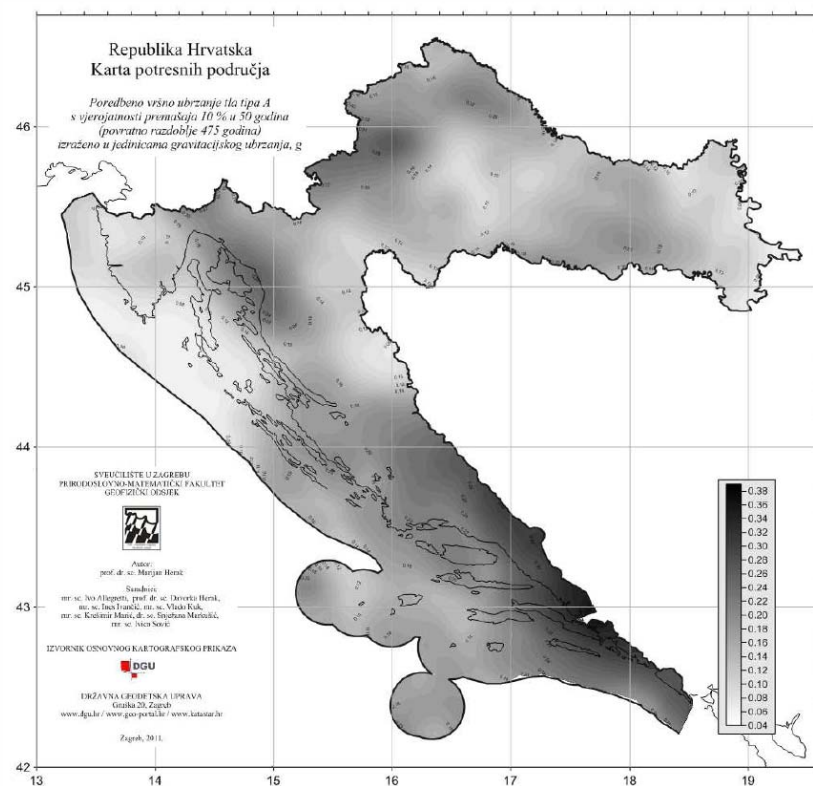
- ❑ U pravilu su područja pojedine zemlje podijeljena u potresne zone,
 - na temelju analiza prirodnih okolnosti te povijesnih i iskustvenih podataka,
 - i to s obzirom na maksimalni intenzitet očekivanog potresa u nekom povratnom periodu (npr. 500 godina),
 - na što se onda i proračunavaju građevine u toj potresnoj zoni.

SEIZMIČKA KARTA HRVATSKE, HRN-ENV 1998-1

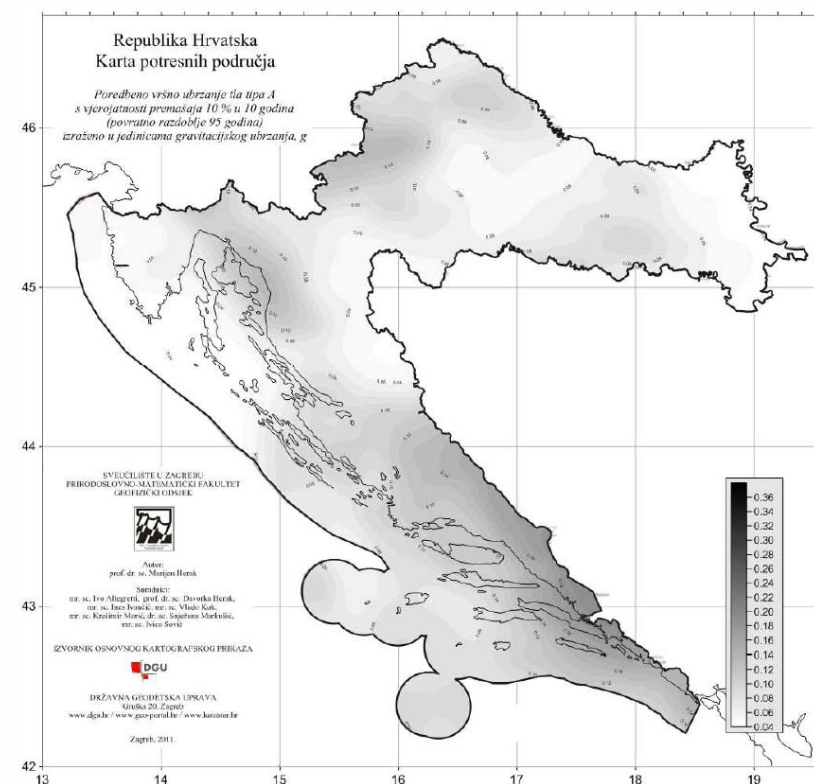
Područje intenziteta potresa u stupnjevima ljestvice MKS-64	Proračunsko ubrzanje a_g
6	0,05g
7	0,1g
8	0,2g
9	0,3g



SEIZMIČKA KARTA HRVATSKE, za Nacionalni dodatak HRN EN 1998-1



Slika B.1(HR) - Karta potresnih područja Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla a_{GR} , za temeljno tlo tipa A, s vjerojatnosti premašaja 10 % u 50 godina, za poredbeno povratno razdoblje potresa $T_{NCR} = 475$ godina, u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g



Slika B.2(HR) - Karta potresnih područja Hrvatske za poredbena vršna ubrzanja temeljnog tla a_{GR} , za temeljno tlo tipa A, s vjerojatnosti premašaja 10 % u 10 godina, za poredbeno povratno razdoblje potresa $T_{DLR} = 95$ godina, u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g

POTRES

- ❑ Veličina i učinak djelovanja potresa općenito će ovisiti o:
 - udaljenosti epicentra potresa od građevine,
 - položaju građevine u odnosu na smjer širenja potresnih valova,
 - vrsti tla te svojstvima temelja građevine,
 - težini građevine te razdiobi masa,
 - svojstvima prigušivanja uzbudnih djelovanja.

POTRES

- Normirane metode proračuna:

- LINEARNE:

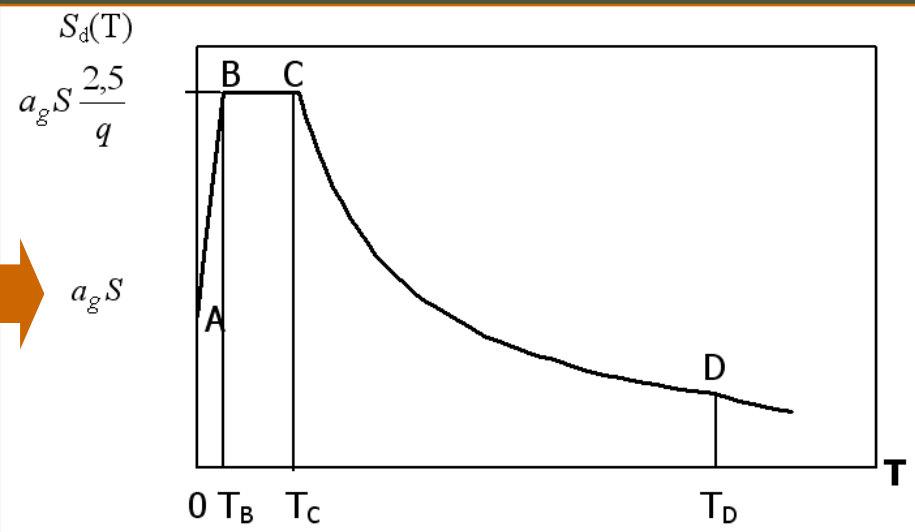
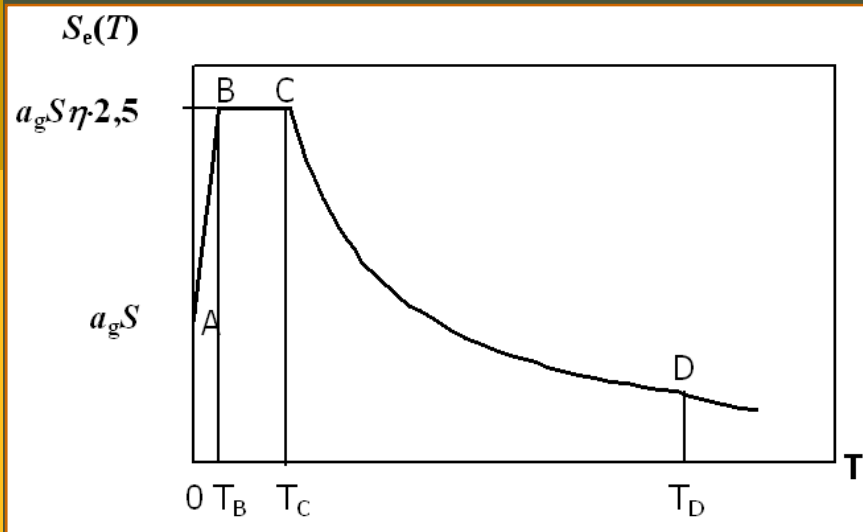
- višemodalni spektralni proračun
- pojednostavnjena metoda osnovnog oblika vibriranja,
- analiza vremenskog slijeda - time series

- NELINEARNE

- dinamička analiza vremenskog tijeka odgovora - time history
- statička metoda postupnog guranja – pushover

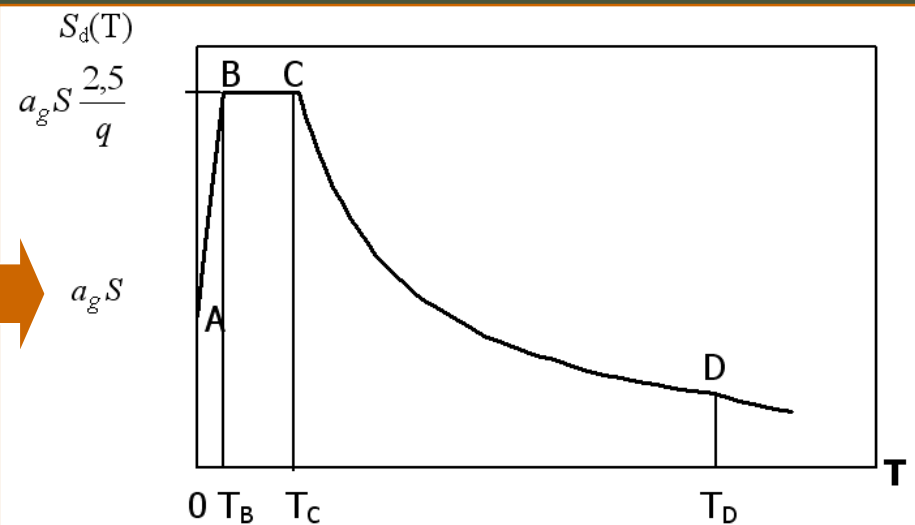
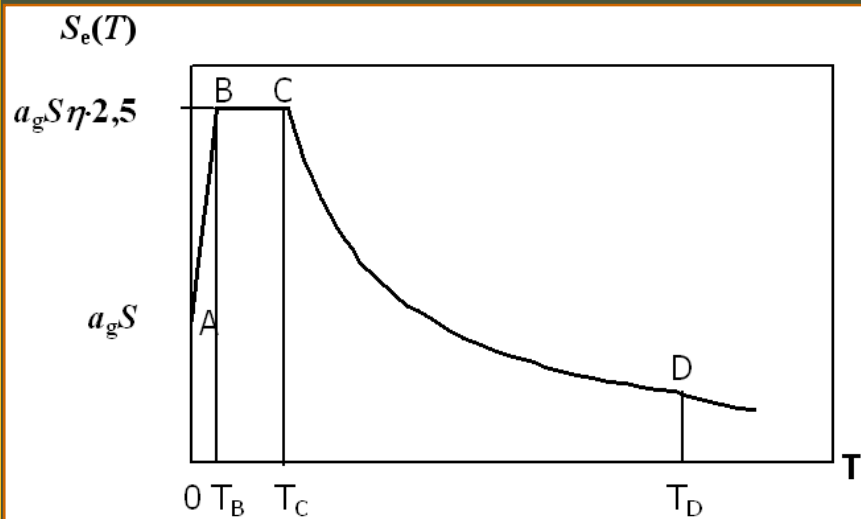
LINEARNI DINAMIČKI VIŠEMODALNI SPEKTRALNI PRORAČUN

- Obuhvaća ekstreme dinamičkih odgovora svih važnijih oblika vibriranja konstrukcije
- Ukupan odgovor se dobiva statističkom metodom kombinacije maksimalnih doprinosa vibriranja.
- Proračunski spektar odgovora dobiva se prilagodbom elastičnog spektra faktorom ponašanja.



LINEARNI DINAMIČKI VIŠEMODALNI SPEKTRALNI PRORAČUN

- ❑ Elastični spektar - temeljni pokazatelj seizmičkog djelovanja,
 - definira se ovisno seizmičkoj zoni i modificira sukladno razredu tla
 - zadaje se za dva horizontalna i nešto drukčije za vertikalni smjer.
- ❑ Faktor ponašanja q odražava duktilnost konstrukcije te ovisi o
 - vrsti elementa,
 - gradiva i
 - razini duktilnosti (ograničeno ili potpuno duktilno ponašanje konstrukcije).



TRAJNOST KONSTRUKCIJA I



kraj