

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

TK II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

NELINEARNI DINAMIČKI PRORAČUN

Najtočnija metoda za dobivanje odziva konstrukcije na seizmičko djelovanje

NEDOSTACI:

- ❖ zahtijeva podloge u obliku pomaka tla na točno određenoj lokaciji usklađene sa seizmičkim spektrom
- ❖ složene računalne programe
- ❖ specijalistička znanja

NELINEARNI STATIČKI PRORAČUN

Pojednostavnjene metode, nedostatak učinaka ovisnih o vremenu - određene pogreške

VAŽNE INFORMACIJE O ODZIVU KONSTRUKCIJE:

- ❖ otkrivanje kritičnih područja u kojima su moguće velike neelastične deformacije
- ❖ određivanje nepravilnosti u raspodjeli krutosti točno ili po visini
- ❖ procjena potrebne sile u potencijalno krhkim elementima
- ❖ predviđanje slijeda popuštanja i/ili sloma konstrukcijskog elementa

TK II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

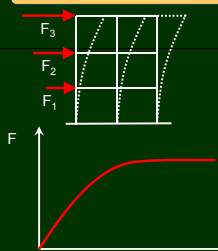
1.

METODA POSTUPNOG GURANJA (PUSHOVER METHOD)

- ❖ Suvremena verzija klasičnog proračuna do sloma

- ❖ iterativni postupak rješavanja statičkih jednadžbi ravnoteže (obnavljanje matrice krutosti u svakom koraku)

- ❖ konstantno vertikalno stalno opterećenje + monotono rastuće bočno opterećenje



na lokacijama masa u konstrukcijskom modelu kako bi simuliralo inercijske sile izazvane jednom horizontalnom komponentom seizmičkog djelovanja

može opisati razvoj očekivanog plastičnog mehanizma i konstrukcijskog oštećenja, kao funkcija $F - d$

TK II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

1.

METODA POSTUPNOG GURANJA (PUSHOVER METHOD)

POPREČNA SILA

$$F_i = \alpha \cdot m_i \cdot \Phi_i$$

Poprečne sile F_i primijenjene na mase m_i u odabranom smjeru proračuna uzimaju se da ostaju proporcionalne određenom obliku horizontalnih pomaka Φ_i

Dva oblika poprečnog djelovanja

Najnepovoljniji rezultat mjerodavan

- ❖ JEDNOLIKI OBLIK, temeljen na poprečnim silama koje su proporcionalne s masom bez obzira na visinu, koji odgovara jednolikim poprečnim akceleracijama u jednom smjeru, za $\Phi_i = 1$
- ❖ MODALNI OBLIK, s poprečnim silama u skladu s njihovom razdiobom u promatranom smjeru

ako zgrada zadovoljava uvjete za primjenu razdiobe poprečne sile u obliku obrnutog trokuta s jednosmjernim silama, slično silama koje se rabe u toj metodi $\Phi = z$

ako ne zadovoljava, rabi se oblik koji simulira vršne inercijske sile osnovnog oblika titranja u horizontalnom smjeru u kojem se proračun provodi.

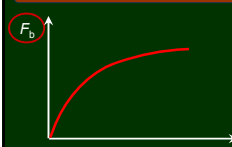
TK II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

1.

METODA POSTUPNOG GURANJA (PUSHOVER METHOD)

KRIVULJA KAPACITETA NOSIVOSTI



Ukupna poprečna sila u podnožju

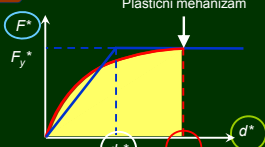
Pomak u kontrolnom čvoru (krov)

ELASTOPLASTIČNA IDEALIZACIJA

Pomak popuštanja elasto-plastičnog ekviv.sustava $d_y = \frac{F_y}{k}$

Pomak ekviv.sustava pri formiranju plastič.mehanizma

Deformacijska energija ispod stvarne krivulje kapaciteta nosivosti



Poprečna sila SDOF $F^* = F_u$

Pomak SDOF $d^* = d_n$

Transformacijski faktor $\Gamma = \frac{F_u}{F_y}$

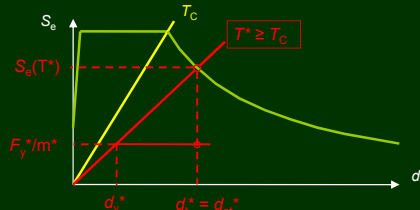
Masa SDOF $m^* = \sum m_i \Phi_i^2$

Period SDOF $T^* = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_y^2}{F_y^*}} = 2\pi \sqrt{\frac{m^* d_n}{F_{by}}}$

1.

METODA POSTUPNOG GURANJA (PUSHOVER METHOD)

CILJANI POMAK

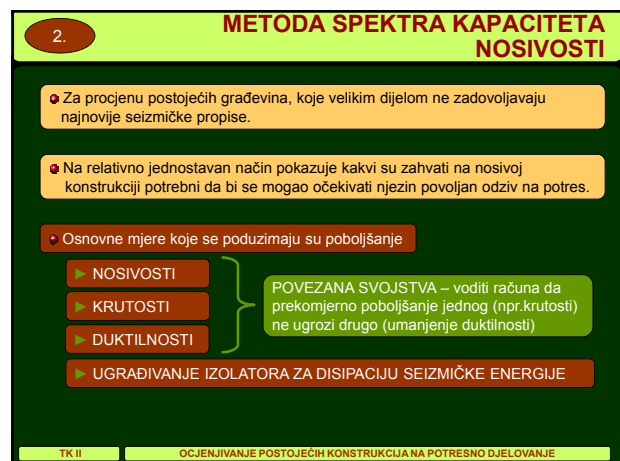
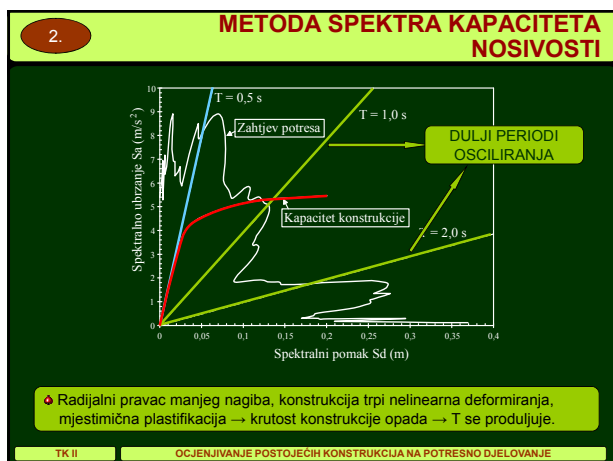
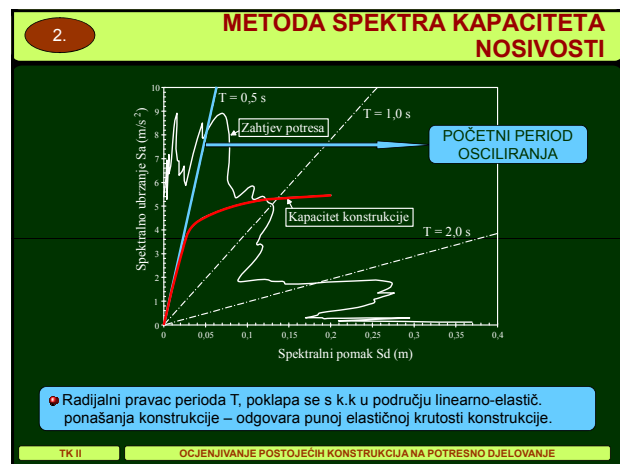
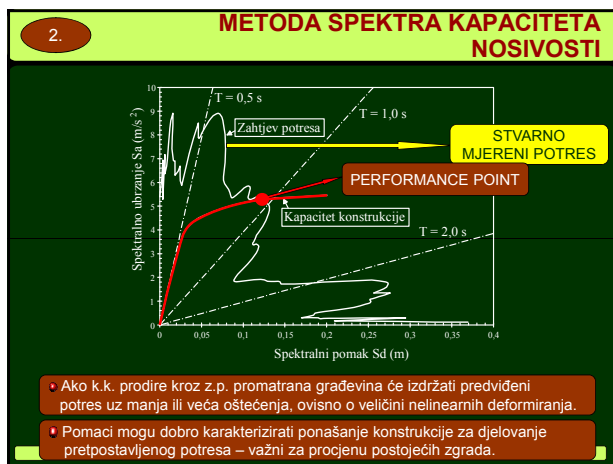
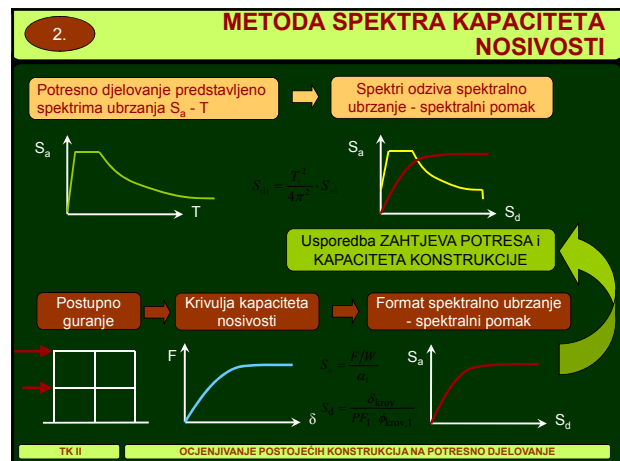
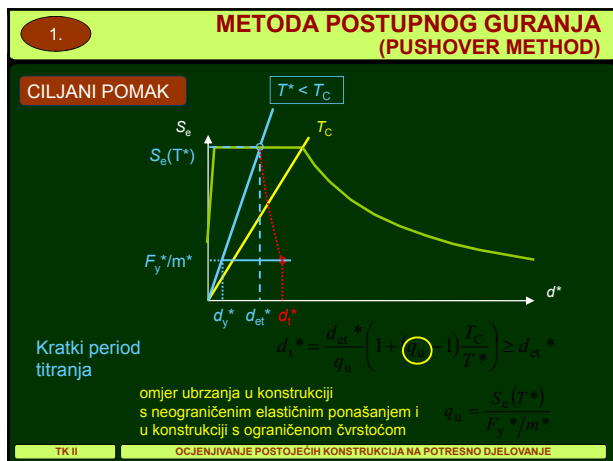


Srednji ili dugi period titranja

$$d_{et}^* = S_e(T^*) \left(\frac{T^*}{2\pi} \right)^2$$

TK II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE



3. RAZVOJ METODA POSTUPNOG GURANJA ZA OCJENIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA

Ograničenje UOBIČAJENE PUSHOVER METODE → odziv konstrukcije kontroliran je samo osnovnim oblikom titranja

VIŠEMODALNE PUSHOVER METODE

Provođenje više odvojenih proračuna postupnim guranjem, od kojih svaki odgovara pojedinom obliku titranja, a onda se odziv konstrukcije dobiva kombiniranjem učinaka djelovanja dobivenih od pojedinih oblika titranja.

	PREDNOSTI	NEDOSTACI
Modal Pushover Analysis, MPA	• jednostavnije od dinamičkih metoda	• složenije od jednostrukih statičkih proračuna
Energy-based Pushover formulation	• uobičajeni računalni programi	• poteškoće u sklopu metode
Incremental Response Spectrum Analysis, IRSA		• spektra kapaciteta zbog potrebe za krivulj. kapac. povezanim uz oblike opterećenja viših oblika vibriranja

TK II OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

3. RAZVOJ METODA POSTUPNOG GURANJA ZA OCJENIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA

UOBIČAJENE PUSHOVER METODE → nepromjenjivi oblici opterećenja su ograničavajući

Povećanje deformiranja
Nakupljanje oštećenja
Smanjenje krutosti
Produljenje perioda T
Bitne promjene u odzivu

PRILAGODAVAJUĆE METODE (Adaptive Pushover Methods)

vektor opterećenja se ponovo određuje (dakle prilagođava) u svakom koraku, uzimajući u obzir smanjenje krutosti konstrukcije zbog ulaska u neelastično područje.

TK II OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

3. RAZVOJ METODA POSTUPNOG GURANJA ZA OCJENIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA

Force-based Adaptive Pushover (FAP)

- kombiniranje modalnih odziva (SRSS, CQC) The Square Root of the Sum of the Squares, Complete Quadratic Comb.

▶ OGRANIČENJE: mogućnost promjene predznaka unaprijed isključena, a može biti potrebna kako bi predstavila nejednoliku preraspodjelu sila nakon što je neelastični mehanizam aktiviran na nekom mjestu.

direktno vektorsko zbrajanje modalnih oblika (DVA)

$$F_0 = \sum_{j=1}^n \alpha_j \Gamma_j \phi_j M_j S_{aj}$$

broj katova broj oblika titranja

faktor sudjelovanja j -tog oblika titranja
vrijednost α_j obzirom na masu normaliziranog oblika za i -ti kat i j -ti oblik masa i -tog kata
ordinata spektra ubrzanja za period titranja j -tog oblika
faktor opterećivanja kojim se uzima u obzir promjenjiva relativna važnost koju svaki pojedini oblik titranja j ima na maksimalni odziv

▶ OGRANIČENJE: ne postoji točna metoda za određivanje faktora α_j

TK II OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

3. RAZVOJ METODA POSTUPNOG GURANJA ZA OCJENIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA

Displacement-based Adaptive Pushover (DAP)

- definiranje nominalnog vektora opterećenja U_0
- proračun faktora opterećenja λ
- proračun normaliziranog skalarnog vektora $\bar{D}$
- prilagođavanje opterećavajućeg vektora pomaka

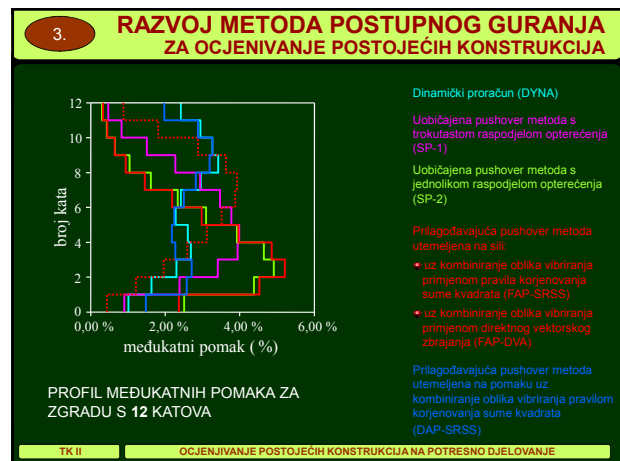
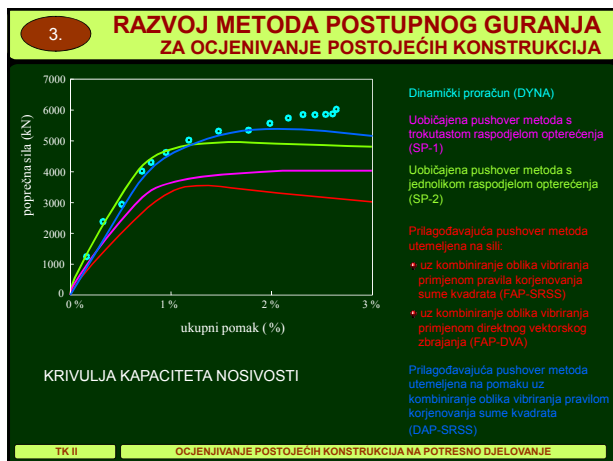
Ponavljanje na svakoj razini ravnoteže

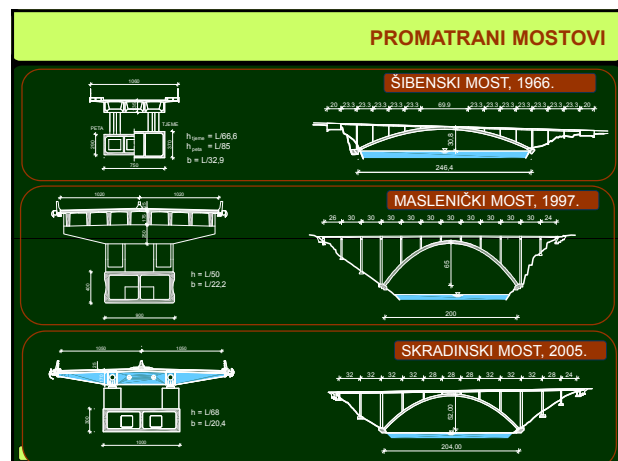
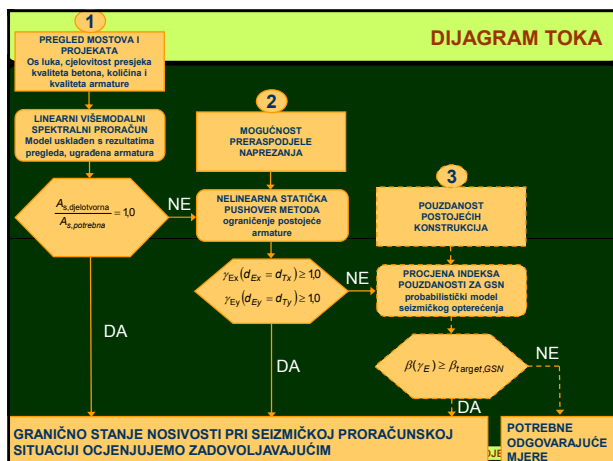
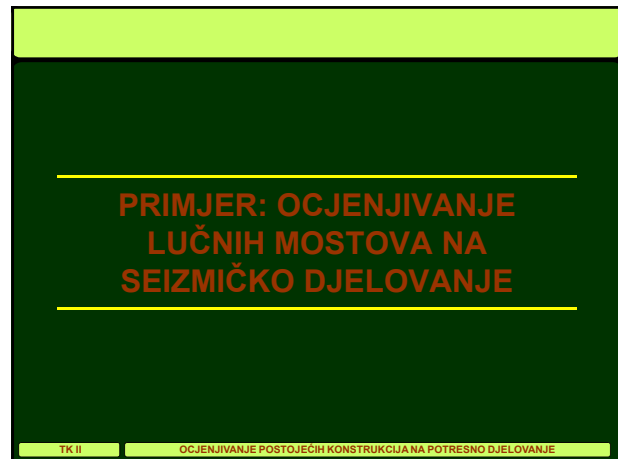
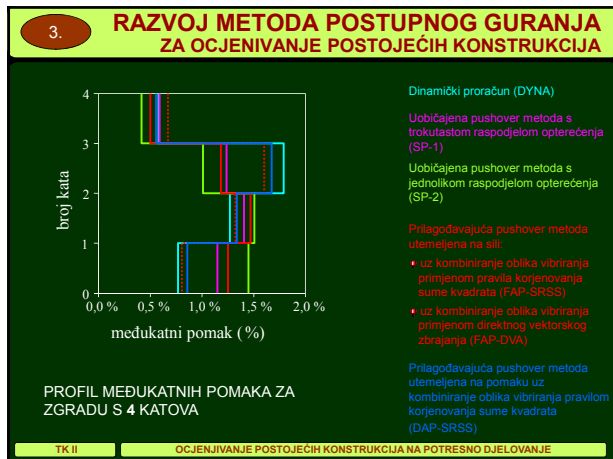
$$U_i = U_{i-1} + \Delta U_i$$

$$\Delta U_i = \Delta \lambda_i \times \text{normalizirani oblik u koraku } i \times \text{nominalni vektor opterećenja} = \text{novi pomaci primijenjeni u koraku } i$$

$$U_i = U_{i-1} + \Delta \lambda_i \bar{D}_i U_0$$

TK II OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE





OCJENA LUKOVA NA SEIZMIČKO OPTEREĆENJE

KORACI OCJENE	ŠIBENSKI MOST	MASLENIČKI MOST	SKRADINSKI MOST
1. KORAK OCJENE			
Provjera ugrađene armature linearnim višemodalnim spektralnim proračunom	ne zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava

TK II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

OCJENA LUKOVA NA SEIZMIČKO OPTEREĆENJE

KORACI OCJENE	ŠIBENSKI MOST	MASLENIČKI MOST	SKRADINSKI MOST
1. KORAK OCJENE			
Provjera ugrađene armature linearnim višemodalnim spektralnim proračunom	ne zadovoljava	zadovoljava	zadovoljava
2. KORAK OCJENE			
Parcijalni koeficijent na potresno djelovanje γ_E	1,0 zadovoljava	1,25 zadovoljava	1,55 zadovoljava

TK II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

DETALJNIJI PRORAČUN ŠIBENSKOG MOSTA POTRESNO OPTEREĆENJE

3.3.1. Potresno opterećenje u poprečnom smjeru mosta

Zbog efektivnih modalnih masa, za razmatrane tonove osciliranja treba iznositi najmanje 90% ukupne mase konstrukcije. Stoga je za poprečni smjer mosta korišteno 80 tonova, da bi ukupna masa iznosila 90-95% ukupne mase.

Sample	Sample description	Sample size	Sample mean	Sample standard deviation	Sample standard error	Sample t-value	Sample p-value	Sample confidence interval
1	Sample 1	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
2	Sample 2	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
3	Sample 3	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
4	Sample 4	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
5	Sample 5	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
6	Sample 6	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
7	Sample 7	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
8	Sample 8	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
9	Sample 9	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
10	Sample 10	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
11	Sample 11	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
12	Sample 12	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
13	Sample 13	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
14	Sample 14	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
15	Sample 15	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
16	Sample 16	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
17	Sample 17	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
18	Sample 18	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
19	Sample 19	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
20	Sample 20	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
21	Sample 21	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
22	Sample 22	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
23	Sample 23	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
24	Sample 24	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
25	Sample 25	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
26	Sample 26	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
27	Sample 27	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
28	Sample 28	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
29	Sample 29	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
30	Sample 30	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
31	Sample 31	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
32	Sample 32	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
33	Sample 33	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
34	Sample 34	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
35	Sample 35	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
36	Sample 36	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
37	Sample 37	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
38	Sample 38	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
39	Sample 39	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
40	Sample 40	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
41	Sample 41	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
42	Sample 42	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
43	Sample 43	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
44	Sample 44	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
45	Sample 45	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
46	Sample 46	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
47	Sample 47	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
48	Sample 48	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
49	Sample 49	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32
50	Sample 50	10	1.0	0.5	0.158	6.32	0.0001	0.68 - 1.32

Slika 20 postoci aktivne mase u prvih 80 tonova osciliranja konstrukcije

Statistička metoda
 Iz slike 22 vidljivo je da je u prvom obliku stranja konstrukcije aktivno 55,0% ukupne mase konstrukcije tako da je taj oblik stranja dominantan. Pomoću perioda stranja koji odgovara ovom obliku stranja dobivamo ordinatu pronaosnog spektra odziva iz koje izračunamo zamjenjivu horizontalnu silu u poprečnom smjeru y :

$$F_x = 2,40t \Rightarrow F_x(T) = 0,633$$

Priloga 1: Matematične metode
 Ekvivalentni period trnaja dobiva se razmatranjem postotka mase aktivnog pri svakom pojedinačnom obliku trnaja.

$$T_{tr} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i^2}{M_i} T_i}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i^2}{M_i}}$$

$$T_{tr} = 1,724 \rightarrow E(T_{tr}) = 1,528$$

3.3.2. Potresno opterećenje u uzdužnom smjeru mosta

Za uzdužni smjer mosta korišteno je 150 tonova osciliranja da bi aktivna masa iznosila 91,2% ukupne mase.

[illegible]

Slika 21. postoji aktivne mase u prvih 150 tonova osciliraju konstrukcije

Normirana metoda
Iz slike 21. vidi se da je u 20. obliku tiranja konstrukcije aktivno 30,4% ukupne mase konstrukcije tako da je taj oblik tiranja dominantan. Pomoću perioda tiranja koji odgovara ovom obliku tiranja dobivamo ordinatu proračunskog spektra odziva iz koje računamo zategnenu horizontalnu silu u uzdužnom smjeru x

$$T_{\text{pr}} = 0,271 - Z(T_{\text{pr}}) = 4,965$$

DETALJNIJI PRORAČUN ŠIBENSKOG MOSTA CILJANI POMOCI

3.4. Cilijani pomaci

U poprečnom smjeru mosta vještosti ciljanog pomaka $\delta_{\perp}$, dobiva se na temelju linearnog dinamičkog proračuna zasnovanog na poslačnom spektru odziva uz faktor poslažanja $q=1.0$

Forma od 138,9 mm očišćen je iz rada [7], a predstavlja vrijednosti pomaka u tjemenu luka dobivena na temelju ravnopostrojnice od sljedećih kombinacija djelovanja

Tom pomaku dodaje se i veličina pomaka od statičnog djelovanja i dodatnog statičnog djelovanja koja iznosi 129,5 mm

Slika 29: vizuelni prikaz kuka u poprečnom smjeru od potresnog djelovanja

TK II OCJENJIVANJE POS

Na isti način dobije se i vrijednost ciljanog pomaka d_{cil} u uzdužnom smjeru mosta:

Tom posmaku dodaje se i veličina posmaka od stalnog djelovanja i dodatnog stalno djelujućeg kipa iznosi 19,1 mm.

Poruci sa slika 31 i 32 očitari su u Defetari regiona Iuka (Zvor 6).

The diagram illustrates a 5-stage pipeline with the following stages: Instruction, Fetch, Decode, Execute, and Write Back. The instructions are numbered 1 through 10. The flow of instructions is as follows:

- Instruction 1: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 2: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 3: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 4: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 5: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 6: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 7: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 8: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 9: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)
- Instruction 10: Fetch (Stage 1) → Decode (Stage 2) → Execute (Stage 3) → Write Back (Stage 4) → Instruction (Stage 5)

Slika 31. vrijednost pomaka čvaka u vertikalnom smjeru od prethodnog čvaka

1. **Identify the main idea** of the passage.

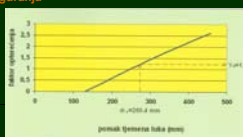
Slika 32: vrijednost pomaka luka u uzdužnom smjeru od vlastite težine i dodatno stalnog opterećenja

INSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE

DETALJNIJI PRORAČUN ŠIBENSKOG MOSTA
REZULTATI PRORAČUNA – FAKTORI SIGURNOSTI NA POTRES

POPREČNI SMJER MOSTA (luky)

Približna višemodalna metoda postupnog
guriranja

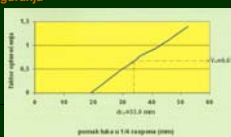


Normirana metoda postupnog qurania

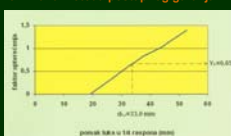


UZDUŽNI SMJER MOSTA (luk)

Približna višemodalna metoda postupnog gurania



Normirana metoda postupnog qurania



DETALJNIJI PRORAČUN ŠIBENSKOG MOSTA

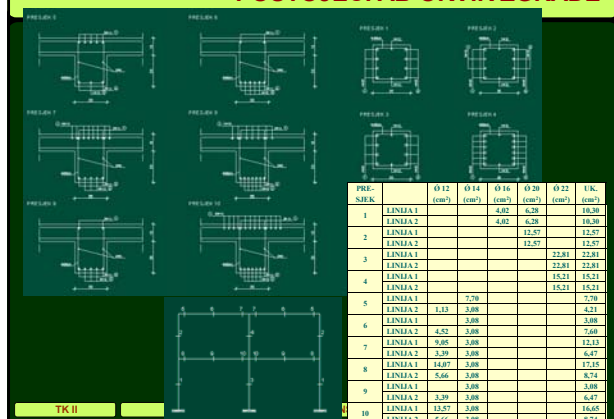
REZULTATI PRORAČUNA – FAKTORI SIGURNOSTI NA POTRES

	LUK		LUK+STUPOVI		LUK+STUPOVI BEZ TJEMENIH	
	POPREČNO	UZDUŽNO	POPREČNO	UZDUŽNO	POPREČNO	UZDUŽNO
NORMIRANA	1,9	0,65	0,6	0,65	1,9	0,65
PRIBLIŽNA	1,2	0,65	0,3	0,65	1,2	0,65

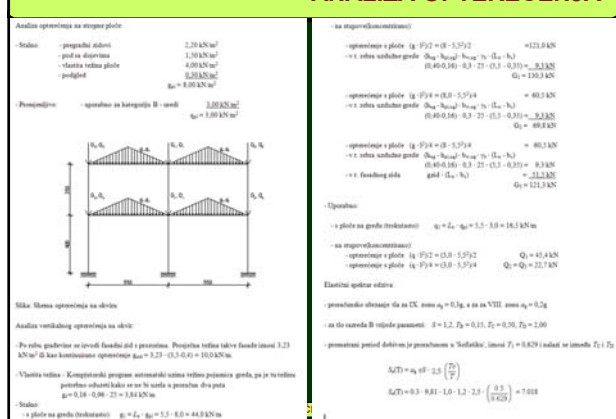
PRIMJER: OCJENJIVANJE AB OKVIRA ZGRADE NA POTRESNO DJELOVANJE

- ❑ Stupovi su na rasteru $L_x = L_y = 5,5 \text{ m}$ u oba smjera.
- ❑ Visine etaža su $H_{priz.} = 4,0 \text{ m}$ i $H_{kat.} = 3,5 \text{ m}$.
- ❑ Stupovi su presjeka $b_y/h_y = 35/35 \text{ cm}$.
- ❑ Grede poprečnog okvira su T-presjeka pri čemu je
 - ❑ širina hrpta $b_w = 30 \text{ cm}$,
 - ❑ visina ploče $h_t = 16 \text{ cm}$,
 - ❑ ukupna visina $h = 45 \text{ cm}$.
- ❑ Za određivanje proračunske širine grede T-presjeka u polju uzet će se razmak nul-točaka momentnog dijagrama:
$$0,6 \cdot L = 0,6 \cdot 550 = 330 \text{ cm},$$
$$b_{eff} = 330/5 + 30 = 96 \text{ cm}.$$
- ❑ Dimenzije greda uzdužnog smjera zgrade
 $b_{w, ug} = 30 \text{ cm}, h_{ug} = 40 \text{ cm}, h_{t, ug} = 16 \text{ cm}$
- ❑ Efektivna visina rubne grede $b_{eff} = 63 \text{ cm}$
- ❑ Beton je razreda C25/30
- ❑ Kvaliteta čelika za armiranje je B500B

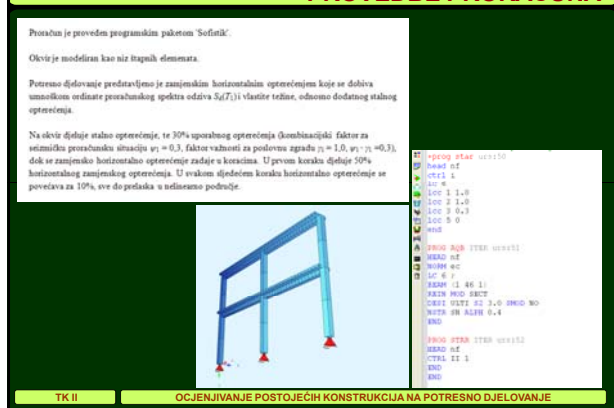
POSTOJEĆI AB OKVIR ZGRADE



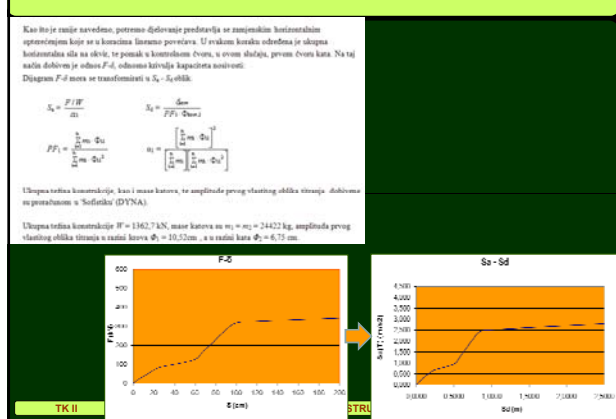
ANALIZA OPTEREĆENJA



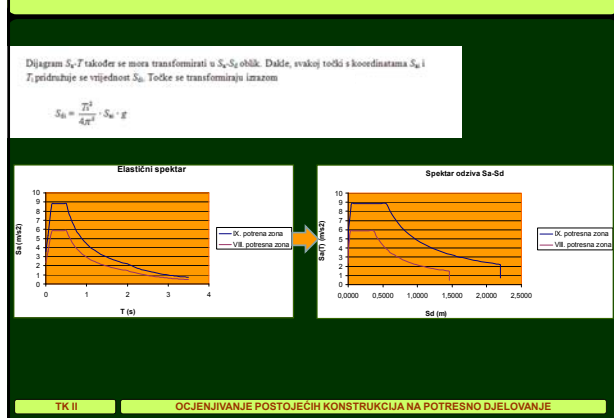
MODELIRANJE OKVIRA I NAČIN PROVEDBE PRORAČUNA



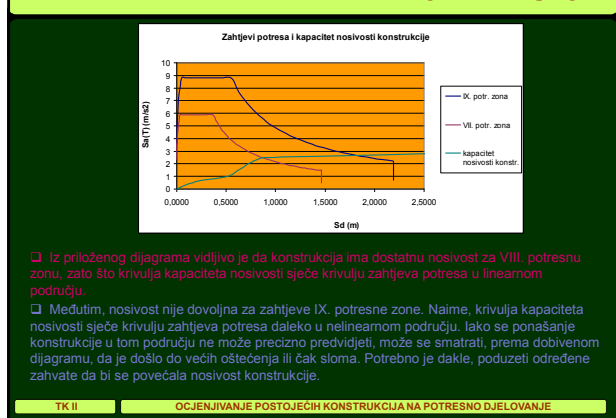
KAPACITET NOSIVOSTI KONSTRUKCIJE



ZAHTJEV POTRESA



PREKLAPANJE KRIVULJA



TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Idući tjedan: UDARI

TK II

OCJENJIVANJE POSTOJEĆIH KONSTRUKCIJA NA POTRESNO DJELOVANJE