

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Konstrukcijska smer

Kandidat:

Miran Šmon

Program za dimenzioniranje armiranobetonskih gred v skladu s standardom EC8

Diplomska naloga št.: 2961

Mentor:

izr. prof. dr. Matjaž Dolšek

Ljubljana, 26. 6. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MIRAN ŠMON** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»PROGRAM ZA DIMENZIONIRANJE ARMIRANOBETONSKIH GRED V
SKLADU S STANDARDOM EC8«.**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

(podpis)

Ljubljana, 12.06.2007

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali profesorji konstrukcijske smeri:

DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 004.42:006(4):624.012.45
Avtor: Miran Šmon
Mentor: doc. dr. Matjaž Dolšek
Naslov: Program za dimenzioniranje armiranobetonskih gred v skladu s standardom EC8
Obseg in oprema: 93 str., 4 pregl., 29 sl., 31 en.
Ključne besede: armiranobetonska greda, potresnoodporno projektiranje, načrtovanje nosilnosti, Matlab

Izvelek:

Potresnoodporno dimenzioniranje armiranobetonskih konstrukcij po standardu EN 1998-1 zahteva kontrolo pogojev, ki pri potresu zagotavljajo neporušitev konstrukcije in omejitev poškodb. V diplomski nalogi je najprej predstavljeno projektiranje potresnoodpornih konstrukcij po EC8, kjer so podani principi glede določitve potresne obtežbe in analize. V nadaljevanju pa je podrobno predstavljeno projektiranje armiranobetonskih gred za srednjo (DCM) in visoko stopnjo duktilnosti (DCH), kar predstavlja glavno temo diplomske naloge. Ker programi za analizo in dimenzioniranje konstrukcij ponavadi omogočajo dimenzioniranje le po standardu EN 1992-1, je potrebno kontrolo potresnoodpornega dimenzioniranja izvesti "peš". Program Gredko dimenzionira armiranobetonske grede v skladu z EN 1998-1. Rezultate analize in dimenzioniranja po EC2 vnesemo kot vhodne podatke v program, ki nam nato preveri pogoje potresnoodpornega dimenzioniranja in poda izpis rezultatov, iz katerega je razvidna izpolnjenost pogojev in rezultati dimenzioniranja strižne armature. Omogočena je kontrola upogibnih nosilnosti v kritičnih in izvenkritičnih območjih, kar programu zagotavlja celovitost dimenzioniranja betonskih gred. Grafična oblika algoritma nazorno prikazuje potek projektiranja in dimenzioniranja gred. Za izdelavo aplikacije sem uporabil program MATLAB. Uporabniku prijazen način dela s programom Gredko omogoča uporaba Matlabovega grafičnega vmesnika. V nalogi je poleg klasičnega programiranja funkcij predstavljen tudi princip dela in programiranja grafičnega vmesnika. Program sem testiral s primeri, rezultate pa primerjal z rezultati dobljenimi na drug način. S prvim primerom sem pokazal potek dela s prikazom pogovornih oken, pri ostalih dveh pa so prikazani vhodni podatki in primerjava rezultatov.

DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.42:006(4):624.012.45
Author: Miran Šmon
Supervisor: Assist. Prof. Matjaž Dolšek
Title: Application for designing a reinforced concrete beams in accordance with EC8
Notes: 93 pa., 4 tab., 29 fig., 31 eq.
Key words: reinforced concrete beam, earthquake resistance design, capacity design, Matlab

Abstract:

Earthquake resistance design of reinforced concrete beams in accordance with EN 1998-1 requires the non-collapse and the damage limitation under the design seismic action. The earthquake resistance design in accordance with EC8 is introduced in the beginning. The continuation of diploma thesis introduces the designing of reinforced concrete beams for medium ductility class (DCM) and high ductility class (DCH) in details. In most cases, programs and applications for construction analysis and design enables designing only in accordance with EN 1992-1, the controls of earthquake resistance design must be done by hand. Application called Gredko, designs reinforced concrete beams in accordance with EN 1998-1. Analysis and designing results by EC2 are input parameters for application Gredko, where the conditions of earthquake designing are checked. The completion of designing conditions and results of shear reinforcement determination are visible on output results list. Design resistance to bending in critical and uncritical sections enables the program a completion of designing concrete reinforced beams. Graphical layout of algorithm evidently shows the procedure for beams designing. Program MATLAB was used for making out application. User-friendly way of working with application Gredko is enabled by MATLAB tool, called graphical user interface development environment. The diploma thesis, besides introducing classical programming of functions also introduces principles of working and programming the graphical user interface. Application Gredko was tested by examples and results were compared with results from different analyses. In the first testing example, a procedure of working with application is introduced with interactive windows; by other two examples input parameters and results comparison are shown.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	PROJEKTIRANJE POTRESNOODPORNIH KONSTRUKCIJ PO EC 8	2
2.1	Merila za izpolnitev osnovnih zahtev	2
2.2	Potresni vpliv	3
2.2.1	Vodoravni elastični spekter odziva	3
2.2.2	Projektni spekter za elastično analizo	4
2.3	Projektiranje stavb	5
2.3.1	Vodilni principi pri zasnovi	5
2.3.2	Analiza in metode analize	5
2.3.2.1	Metoda z vodoravnimi silami	6
2.3.2.2	Modalna analiza s spektri odziva	6
2.3.2.3	Nelinearne metode	7
2.3.2.4	Kombinacija učinkov komponent potresnega vpliva	7
2.3.2.5	Račun pomikov	7
2.3.3	Varnost	7
2.3.3.1	Mejno stanje nosilnosti	7
2.3.3.1.1	Pogoj nosilnosti	8
2.3.3.1.2	Pogoj globalne in lokalne duktilnosti	8
2.3.3.1.3	Nosilnost vodoravnih diafragm	9
2.3.3.1.4	Nosilnost temeljev	9
2.3.3.2	Mejno stanje uporabnosti	10
3	PROJEKTIRANJE PRIMARNIH AB POTRESNIH GRED PO EC8	11
3.1	Koncepti projektiranja	11
3.2	Dimenzioniranje AB gred za stopnjo duktilnosti DCM	13
3.2.1	Materiali in geometrija	13
3.2.2	Projektne notranje sile	13
3.2.3	Preverjanje nosilnosti in konstruiranje grede	16
3.3	Dimenzioniranje AB gred za stopnjo duktilnosti DCH	18

3.3.1	Materiali in geometrija	18
3.3.2	Projektne notranje sile	18
3.3.3	Preverjanje nosilnosti in konstruiranje grede	18
4	ALGORITEM	21
4.1	Algoritem za stopnjo duktilnosti DCM	22
4.2	Algoritem za stopnjo duktilnosti DCH	26
5	APLIKACIJA V MATLABU	31
5.1	Grafični vmesnik	31
5.2	Programiranje komponent grafičnega vmesnika	33
5.3	Zapis podatkov o gredi	34
5.4	Opis funkcij programa GREDKO	38
5.4.1	Funkcija Gredko.m	39
5.4.2	Funkcija Izpis_rezultatov.m	41
5.4.3	Funkcija Ime_dodaj.m	47
5.4.4	Funkcija Ime_kopiraj.m	47
5.4.5	Funkcija prvo1.m	48
5.4.6	Funkcija material.m	50
5.4.7	Funkcija drugo_prerez.m	51
5.4.8	Funkcija tretje_armatura.m	54
5.4.9	Funkcija armatura_polje.m	57
5.4.10	Funkcija mreza_armatura.m	59
5.4.11	Funkcija obremenitev.m	62
5.4.12	Funkcija streme.m	64
5.4.13	Funkcija beff.m	65
5.4.14	Funkcija test_geometrije.m	66
5.4.15	Funkcija test_armature_krit.m	66
5.4.16	Funkcija test_armature_polje.m	67
5.4.17	Funkcija DSA.m	68
5.4.18	Funkcija DSA_polje.m	69
5.4.19	Funkcija DPA.m	70

5.4.20	Funkcija A_armature.m	70
5.4.21	Funkcija lokalna_duktilnost.m	71
5.4.22	Funkcija max_precna.m	72
5.4.23	Funkcija najtanjsa_palica.m	73
5.4.24	Funkcija MRbeam.m	73
6	PRIMERI	76
6.1	Primer 1	76
6.2	Primer 2	86
6.3	Primer 3	88
7	ZAKLJUČEK	91
	VIRI	93

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovne vrednosti faktorja obnašanja (q_0) za sisteme, ki so pravilni po višini	12
Preglednica 2: Primerjava rezultatov za Primer 1	84
Preglednica 3: Primerjava rezultatov za Primer 2	87
Preglednica 4: Primerjava rezultatov za Primer 3	89

KAZALO SLIK

Slika 1 : Oblika elastičnega spektra odziva	3
Slika 2 : Velikost prečnih sil v gredah, določena s postopkom načrtovanja nosilnosti	14
Slika 3: Smeri delovanja momentov v krajišjih grede	15
Slika 4 : Sodelujoče širine b_{eff} pasnic gred v odvisnosti od položaja grede	16
Slika 5: Oblikovni urejevalnik grafičnega vmesnika	32
Slika 6: Grafični prikaz podatkov shranjenih v strukturi	37
Slika 7: Organigram funkcij v programu Gredko	38
Slika 8 : Napetostno-deformacijski diagram za beton	75
Slika 9 : Napetostno-deformacijski diagram za jeklo	75
Slika 10: Aksonometrični pogled konstrukcije (levo) in prečni okvir (desno)	77
Slika 11: Prerezi gred za Primer 1	77
Slika 12 : Začetno pogovorno okno programa Gredko	78
Slika 13 : Vnos imena grede	78
Slika 14: Izgled programa po vnosu imena	79
Slika 15 : Podatki o konstrukciji, kateri pripada greda	79
Slika 16 : Podatki o materialnih karakteristikah	80
Slika 17 : Pogovorno okno za vnos geometrijskih podatkov prereza grede	80
Slika 18: Vnos armature za kritično območje	81
Slika 19 : Pogovorno okno za vnos armature v polju grede	82
Slika 20 : Vnos mrežne in konstruktivne armature v kritičnem območju	82
Slika 21 : Izbira strižne armature	83
Slika 22 : Vnos prečnih sil in upogibnih momentov ter dolžine grede	84
Slika 23: Izpis iz programa za Primer 1	85
Slika 24: Tloris in prerez konstrukcije	86
Slika 25: Prerezi gred za Primer 2	86
Slika 26: Izpis iz programa za Primer 2	87
Slika 27: Trietažna armiranobetonska stavba	88
Slika 28: Prerezi gred za Primer 3	89
Slika 29: Izpis iz programa za Primer 3	90

1 UVOD

Potres predstavlja večjo ali manjšo nevarnost za vsak objekt. Z razvojem tehnike in znanja ter upoštevanjem izkušenj iz preteklosti lahko tveganja zaradi potresne nevarnosti zmanjšamo. Pri projektiranju stavb je potrebno poleg ostalih vplivov na konstrukcijo preveriti tudi odziv konstrukcije na potresno obremenitev, ki je v večini primerov merodajna obtežba. Potres je zelo nepredvidljiva obtežba, zato je modeliranje in analiza konstrukcije zahtevna. S potresnoodpornim projektiranjem stavb moramo pri močnih potresih preprečiti porušitev konstrukcije, vendar dovoljujemo poškodovanost na izbranih mestih, pri šibkejših pa omejimo poškodbe konstrukcije. Potres s svojim delovanjem v konstrukcijo vnese veliko energije, ki jo mora konstrukcija biti sposobna sipati, kar dosežemo z metodo načrtovanja nosilnosti. Ker bi bilo projektiranje v elastičnem območju pri potresni obremenitvi neekonomično, lahko s pomočjo posebnih mehanizmov in ukrepov zagotovimo duktilno obnašanje konstrukcije v plastičnem območju, ne da bi prišlo do porušitve le-te.

Računalniški programi ponavadi ne omogočajo potresnoodpornega dimenzioniranja elementov konstrukcije po standardu EN 1998-1, ampak omogočajo dimenzioniranje le po standardu EN 1992-1, zato sem se odločil, da naredim računalniški program, ki bo omogočal preverjanje dodatnih pogojev in zahtev, ki so določeni v EN 1998-1. Zaradi kompleksnosti problema je program omejen samo na dimenzioniranje primarnih potresnih gred. Program Gredko je napisan v programu MATLAB. V program Gredko je potrebno vnesti podatke o konstrukciji in podatke o gredah, kjer je del teh podatkov tudi grafično prikazan, nato pa program preveri vse pogoje in gredo dimenzionira na strižno obremenitev po EN 1992-1, z upoštevanjem dodatnih zahtev iz EN 1998-1. Omogočeno je dimenzioniranje gred za stopnji duktilnosti DCM in DCH. Za izdelavo uporabniku prijaznega, enostavnega in preglednega programa je bila bistvena uporaba grafičnega vmesnika, ki omogoča enostavno in hitro kreiranje pogovornega okna. Pravilen vnos vhodnih podatkov, predvsem podatkov o armaturi, je ključnega pomena za pravilnost rezultatov.

Program je bilo potrebno tudi testirati, kar sem izvedel s primerjavo izhodnih podatkov pridobljenih na dva različna načina. Razlika, ki se pojavlja pri rezultatih, je predvsem posledica upoštevanja različnih načinov izračuna upogibnih nosilnosti.

2 PROJEKTIRANJE POTRESNOODPORNIH KONSTRUKCIJ PO EC 8

Namen projektiranja potresnoodpornih konstrukcij je v primeru potresa zaščititi človeška življenja, omejiti škodo in zagotoviti, da ostanejo konstrukcije pomembne za civilno zaščito, uporabne. Konstrukcije v potresnih področjih morajo biti projektirane in zgrajene tako, da izpolnjujejo zahteve po neporušitvi in po omejitvi poškodb. Konstrukcija mora prenesti projektni potresni vpliv brez porušitve dela ali celote konstrukcije, ohranjeni pa morata ostati njena integriteta in preostala nosilnost. Prav tako na konstrukciji ne sme priti do takih poškodb in z njimi povezanih omejitev uporabe, da bi bili stroški popravila nesorazmerno veliki v primerjavi s ceno konstrukcije.

2.1 Merila za izpolnitev osnovnih zahtev

Za izpolnitev osnovnih zahtev moramo preveriti mejna stanja nosilnosti, ki so povezana s porušitvijo ali z drugimi oblikami odpovedi konstrukcije, in mejna stanja uporabnosti, ki so povezana s poškodbami na meji uporabnosti.

Konstruktivskemu sistemu je potrebno zagotoviti zadostno nosilnost in sposobnost sipanja energije, ki pa sta odvisni od izkoriščanja nelinearnega odziva. S faktorjem obnašanja in s tem stopnjo duktilnosti določamo odnos med nosilnostjo in sposobnostjo sipanja energije. S tem upoštevamo sipanje histerezne energije, ki naj bi se dogajala v ta namen projektiranih območjih, imenovanih kritična območja. Preveriti je potrebno tudi stabilnost konstrukcije, temeljna tla, vplive teorije drugega reda in obnašanje nekonstruktivskih elementov pri projektnem potresnem vplivu.

Konstrukcije naj bodo enostavnih in pravilnih oblik, da pa bi zagotovili globalno sipanje energije in duktilno obnašanje je potrebo preprečiti krhki lom ali prezgodnjo tvorbo nestabilnih mehanizmov. Z metodo načrtovanja nosilnosti določimo hierarhijo nosilnosti, različnih elementov nosilne konstrukcije, s čimer pa zagotovimo primeren plastičen mehanizem in preprečimo krhke načine porušitve.

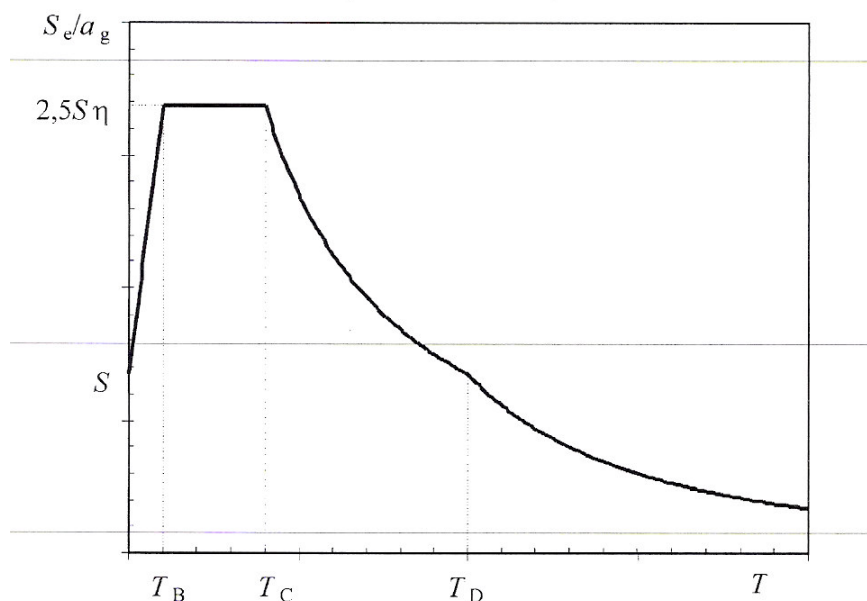
Pri projektiranju je potrebno biti pozoren na konstruiranje stikov med posameznimi nosilnimi elementi kot tudi na izbiro ustreznega modela konstrukcije za analizo. Enakomerno

prenašanje vplivov konstrukcije na tla zagotovimo z ustrezno togostjo temeljev. Za doseganje zgoraj naštetega pa moramo narediti načrt zagotavljanja kakovosti izvedbe konstrukcije, ki mora biti vsebovan v projektni dokumentaciji.

2.2 Potresni vpliv

Ozemlje posameznih držav je razdeljeno v potresna območja glede na potresno nevarnost. Za večino primerov uporabe EN 1998 potresno nevarnost določa en sam parameter, in sicer referenčna vrednost maksimalnega pospeška na tleh tipa A a_{gr} , ki ustreza referenčni povratni dobi T_{NCR} potresnega vpliva za zahtevo po neporušitvi. Potresno gibanje na površini je predstavljeno v obliki elastičnega spektra pospeškov, ki je v nadaljevanju imenovan elastičen spekter odziva. Vodoraven potresni vpliv opisujeta dve neodvisni pravokotni komponenti, predstavljeni z istim spektrom.

2.2.1 Vodoravni elastični spekter odziva



Slika 1¹ : Oblika elastičnega spektra odziva

Za vodoravno komponento potresnega vpliva je elastični spekter odziva $S_e(T)$ definiran z naslednjimi enačbami (EN 1998-1, poglavje 3.2.2.2):

¹ Slovenski standard SIST EN 1998-1, 2005, str.37

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right] \quad (1)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \quad (2)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \quad (3)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right], \quad (4)$$

kjer je:

- $S_e(T)$ elastičen spekter odziva;
 T nihajni čas linearnega sistema z eno prostostno stopnjo;
 a_g projektni pospešek za tla tipa A ($a_g = \gamma_I \cdot a_{gR}$);
 T_B spodnja meja nihalnega časa na območju spektra, kjer ima spektralni pospešek konstantno vrednost;
 T_C zgornja meja nihajnega časa na območju spektra, kjer ima spektralni pospešek konstantno vrednost;
 T_D vrednost nihajnega časa, pri kateri se začne območje konstantne vrednosti spektralnega pomika;
 S faktor tal;
 η faktor za korekcijo vpliva dušenja z referenčno vrednostjo $\eta = 1$ pri 5 % viskozne dušenja.

Projektni pospešek na tleh tipa A a_g izračunamo kot produkt referenčnega maksimalnega pospeška, ki ga dobimo iz karte potresne nevarnosti in faktorja pomembnosti objekta, ki je podan v EN 1998-1, poglavje 4.2.5 ($a_g = a_{gR} \cdot \gamma_I$).

2.2.2 Projektni spekter za elastično analizo

Če je konstrukcijski sistem sposoben prenašati potresne vplive v nelinearnem območju, se lahko pri projektiranju uporabljajo sile manjše od tistih pri linearnem elastičnem odzivu. V primeru, da je konstrukcija sposobna sipati energijo s svojim duktilnim obnašanjem, lahko opravimo elastično analizo z zmanjšanim spektrom odziva – projektnim spektrom. To zmanjšanje izvedemo z uvedbo faktorja obnašanja q . Vrednost faktorja obnašanja q je podana za različne materiale in različne konstrukcijske sisteme, glede na ustrezno stopnjo duktilnosti.

Poleg predstavitve potresnega vpliva s spektri odziva lahko gibanje tal predstavimo tudi v obliki časovnega poteka pospeška tal (umetni akceleroگرامi, zabeleženi ali simulirani akceleroگرامi) oziroma z uporabo prostorskega modela potresnega vpliva.

2.3 Projektiranje stavb

2.3.1 Vodilni principi pri zasnovi

Osnovni principi, ki odločilno vplivajo na zasnovo potresnoodpornih objektov so naslednji:

- enostavnost konstrukcije: jasni prenosi potresne obtežbe, predviden odziv konstrukcije;
- uniformnost, simetrija in statična nedoločnost (sposobnost za prerazporejanje obremenitev): uravnorežena porazdelitev elementov nosilne konstrukcije, porazdelitev učinkov vplivov po celotni konstrukciji;
- nosilnost in togost v dveh smereh: vodoravno potresno gibanje tudi ima komponenti v dveh smereh;
- torzijska nosilnost in togost: omejevanje torzijskega nihanja;
- učinek diafragm na nivojih etaž: zbiranje in prenašanje vztrajnostne sile na navpične konstrukcijske elemente;
- ustrezno temeljenje: vzbujanje celotne stavbe je enakomerno.

Pravilnost konstrukcije vpliva na izbiro modela konstrukcije, metodo analize in vrednost faktorja obnašanja q . Kriteriji so podani v EN 1998-1, poglavje 4.2.3.

2.3.2 Analiza in metode analize

Pri modelu stavbe je potrebno izbrati takšen razpored togosti in mase, da pri upoštevanem potresnem vplivu z njim zajamemo vse pomembne deformacijske oblike in vztrajnostne sile. V modelu je potrebno upoštevati prispevek vozliščnih območij in nekonstrukcijskih elementov. Vpliv slučajne torzije zajamemo s premaknitvijo masnega središča v vsaki etaži iz nazivne lege v vsaki smeri za slučajno ekscentričnost (EN 1998-1, poglavje 4.3.2) :

$$e_{ai} = \pm 0,05 \cdot L_i, \quad (5)$$

kjer je:

e_{ai} slučajna ekscentričnost mase v etaži i glede na nazivni položaj;

L_i tlorisna dimenzija etaže pravokotno na smer potresnega vpliva.

Analiza se opravi ob predpostavki, da je obnašanje konstrukcije linearno elastično. Linearna elastična analiza se lahko opravi z dvema ravninskima modeloma za vsako od glavnih smeri, če so izpolnjeni kriteriji za tlorisno pravilnost (EN 1998-1, poglavje 4.2.3.2 in 4.3.3.1).

2.3.2.1 Metoda z vodoravnimi silami

Uporablja se za stavbe, pri katerih višje nihajne oblike (v nobeni od glavnih smeri) ne vplivajo pomembno na odziv (EN 1998-1, poglavje 4.3.3.2). Celotna prečna sila F_b , na mestu vpetja konstrukcije za vsako od obeh glavnih smeri, ki ju analiziramo, je določena z enačbo :

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda, \quad (6)$$

kjer je:

$S_d(T_1)$ ordinata v projektnem spektru pri nihajnem času T_1 ;

T_1 osnovni nihajni čas konstrukcije za translacijsko gibanja v obravnavani smeri;

m celotna masa stavbe nad temelji ali nad togo kletjo;

λ korekcijski faktor za zmanjšanje efektivne modalne mase.

Porazdelitev vodoravnih potresnih sil po etažah pa določimo z enačbo:

$$F_i = F_b \cdot \frac{s_i \cdot m_i}{\sum s_j \cdot m_j}, \quad (7)$$

kjer je:

F_i vodoravna sila, ki deluje v etaži i ;

F_b celotna potresna sila;

s_i, s_j pomika mase m_i in m_j v osnovni nihajni obliki;

m_i, m_j mase etaž i in j .

2.3.2.2 Modalna analiza s spektri odziva

Referenčna metoda za analizo pri potresnih vplivih ob uporabi linearno elastičnega modela konstrukcije in je uporabna za vse tipe stavb. Upoštevati je potrebno vse nihajne oblike, ki pomembno prispevajo k globalnemu odzivu. Maksimalno vrednost učinka potresnega vpliva za vodoravno komponento lahko izračunamo kot kvadratni koren vsote kvadratov vrednosti tega učinka potresnega vpliva zaradi relevantnih nihajnih oblik.

2.3.2.3 Nelinearne metode

EN 1998 – 1 : 2004 omenja dve nelinearni metodi:

- nelinearna statična (pushover) analiza;
- nelinearna analiza časovnega odziva.

2.3.2.4 Kombinacija učinkov komponent potresnega vpliva

Pri kombiniranju učinkov komponent lahko ocenimo po SRSS pravilu (metoda kvadratnega korena vsote kvadratov) ali pa upoštevamo naslednji kombinaciji (EN 1998-1, poglavje 4.3.3.5) :

$$E_{Edx} "+" 0,30 E_{Edy} \text{ in } 0,30 E_{Edx} "+" E_{Edy} , \quad (8)$$

kjer E_{Ed} pomeni učinek potresnega vpliva vzdolž izbrane vodoravne smeri konstrukcije.

2.3.2.5 Račun pomikov

Račun pomikov, ki jih povzroča projektni potresni vpliv izračunamo z izrazom (EN 1998-1, poglavje 4.3.4) :

$$d_s = q \cdot d_e , \quad (9)$$

kjer je:

- d_s pomik zaradi potresnega vpliva;
- q faktor obnašanja;
- d_e pomik določen z linearno analizo z uporabo projektne spektra.

2.3.3 Varnost

Preverjanje varnosti konstrukcije je ena izmed bistvenih nalog projektiranja. Zagotoviti moramo, da se konstrukcija pri potresni obremenitvi ne poruši in s tem ne ogroža človeških življenj ter ostane v uporabnem stanju oziroma, da je njena sanacija še ekonomična.

Varnost proti porušitvi preverimo s kontrolo mejnega stanja nosilnosti, kjer pri konstrukciji preverimo nosilnost, duktilnost, ravnotežje ter stabilnost temeljev in dilatacij. Pri mejnem stanju uporabnosti pa se izvede kontrola etažnih pomikov.

2.3.3.1 Mejno stanje nosilnosti

Zagotovitev varnosti proti porušitvi doseženo z izpolnitvijo naslednjih pogojev:

2.3.3.1.1 Pogoj nosilnosti

Nosilnost pomeni največjo obremenitev, ki jo je konstrukcija sposobna prevzeti in mora biti v vsakem trenutku večja od obremenitve, ki jo povzroča katerakoli obtežba. Zato mora biti za vse konstrukcijske elemente – vključno s spoji – in za vse relevantne konstrukcijske elemente izpolnjen naslednji pogoj (EN 1998-1, poglavje 4.4.2.2) :

$$E_d \leq R_d, \quad (10)$$

kjer je:

E_d projektna obtežba pri projektni potresni kombinaciji;

R_d projektna nosilnost elementa.

Če je v vseh etažah konstrukcije izpolnjen naslednji pogoj:

$$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h} \leq 0,10, \quad (11)$$

kjer je:

θ koeficient občutljivosti za etažne pomike;

P_{tot} celotna gravitacijska obtežba v etaži pri projektni obtežni kombinaciji;

d_r projektni medetažni zamik;

V_{tot} celotna prečna sila v etaži pri potresni obtežbi;

h višina etaže,

nam vpliva teorije 2. reda ni potrebno upoštevati.

2.3.3.1.2 Pogoj globalne in lokalne duktilnosti

Duktilnost je sposobnost prenašanja plastičnih deformacij (deformacij, ki se pojavijo pri plastifikaciji prereza). Ko govorimo o globalni duktilnosti konstrukcije, moramo preveriti zadostno duktilnost konstrukcije kot celote oziroma zmožnost konstrukcije, da prenaša plastične deformacije. Pri lokalni duktilnosti se omejimo na posamezni konstrukcijski element in pri elementu preverimo zadostno duktilnost. Naš cilj je predvideti razporeditev nastanka plastičnih členkov, saj lahko s tem kontroliramo obnašanje konstrukcije med potresom. Z uporabo metode načrtovanja nosilnosti postavimo hierarhijo nosilnost različnih konstrukcijskih komponent, preprečimo krhki lom in pojav mehke etaže.

Preprečitev mehke etaže dosežemo, če v vseh različnih potresnih nosilcih s stebri izpolnimo naslednji pogoj (EN 1998-1, poglavje 4.4.2.3) :

$$\sum M_{Rc} \geq 1,3 \cdot \sum M_{Rb} , \quad (12)$$

kjer je:

$\sum M_{Rc}$ vsota upogibnih nosilnosti stebrov v vozlišču;

$\sum M_{Rb}$ vsota upogibnih nosilnosti nosilcev v vozlišču.

Pogoj mora biti izpolnjen v dveh pravokotnih ravninah upogiba in za dve smeri vpliva momentov.

Če so pri nelinearni statični analizi (pushover) izpolnjeni vsi pogoji, se upošteva, da je izpolnjen tudi pogoj duktilnosti.

2.3.3.1.3 Nosilnost vodoravnih diafragm

Horizontalni potresni vpliv moramo čim bolj enakomerno prenašati na vertikalni nosilni sistem elementov. To storimo z betonsko ploščo oziroma vodoravno diafragmo, ki pa mora imeti dovolj veliko nosilnost in biti dovolj toga v svoji ravnini. Masivno armiranobetonsko ploščo lahko upoštevamo kot diafragmo, če je ta debelejša od 70 mm in je v obeh smereh armirana vsaj z minimalno armaturo, ki je določena v EN 1992 – 1 – 1:

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d \geq 0,0013 \cdot b_t \cdot d , \quad (13)$$

kjer je:

f_{ctm} srednja vrednost natezne trdnosti betona;

f_{yk} karakteristična natezna trdnost armature;

b_t širina natezno obremenjenega dela prereza;

d statična višina prereza plošče.

2.3.3.1.4 Nosilnost temeljev

Pri temeljih je potrebno upoštevati metodo načrtovanja nosilnosti in upoštevati možno dodatno nosilnost temeljev. Te vrednosti naj ne bodo večje od vrednosti, dobljenih pri potresnem projektnem stanju ob predpostavki elastičnega obnašanja. Projektna vrednost vpliva na temelje izpeljemo na naslednji način (EN 1998-1, poglavje 4.4.2.6) :

$$E_{Fd} = E_{F,G} + \gamma_{Rd} \cdot \Omega \cdot E_{F,E}, \quad (14)$$

kjer je:

- γ_{Rd} faktor dodatne nosilnosti ($q \leq 3 \rightarrow \gamma_{Rd} = 1,0$; $q \geq 3 \rightarrow \gamma_{Rd} = 1,2$);
 $E_{F,G}$ učinek vpliva gravitacijske obtežbe pri projektnejm potresnem stanju na temelj;
 $E_{F,E}$ učinek pri projektnejm potresnem vplivu;
 Ω razmerje projektne nosilnosti in projektne obremenitve v najnižjem prerezu elementa, kjer je možna plastifikacija prereza. Pri temeljih nosilnih stebrov je ta manjša od vrednosti razmerja M_{Rd}/M_{Ed} za obe glavni pravokotni smeri.

2.3.3.2 Mejno stanje uporabnosti

Delovanje potresnega vpliva, ki ima večjo verjetnost dogodka kot projektnej potresni vpliv, ne sme povzročati nepopravljivih poškodb na konstrukcijo, zato omejitev poškodb na konstrukciji dosegamo z omejitvijo etažnih pomikov (EN 1998-1, poglavje 4.4.3.2):

$$d_r \cdot v \leq 0,005 \cdot h \quad \text{na konstrukciji pritrjeni krhki nekonstrukcijski elementi} \quad (15)$$

$$d_r \cdot v \leq 0,0075 \cdot h \quad \text{stavbe z duktilnimi nekonstrukcijskimi elementi} \quad (16)$$

$$d_r \cdot v \leq 0,010 \cdot h \quad \text{deformacije konstrukcije ne vplivajo na} \quad (17)$$

nekonstrukcijske elemente,

kjer pomeni:

- d_r projektnej etažnej zamik (razlika pomika na vrhu in dnu elementa);
 h višina etaže;
 v redukcijski faktor za upoštevanje potresa z manjšo povratno dobo.

3 PROJEKTIRANJE PRIMARNIH AB POTRESNIH GRED PO EC8

3.1 Koncepti projektiranja

Projektiranje betonskih stavb se izvede v skladu z EN 1992–1–1. Pravila v EN 1998–1 so dodatna k tistim v EN 1992–1–1.

Potresnoodporna betonska stavba mora biti sposobna sipati energijo brez večje redukcije nosilnosti v vodoravni ali navpični smeri. Nosilnost konstrukcijskih elementov mora biti večja od obremenitev pri projektni potresni situaciji, nelinearne deformacije v kritičnih območjih pa v okviru predvidenih z računom.

Vodilo potresnega projektiranja je, da imajo stavbe sposobnost sipanja energije in globalnega duktilnega obnašanja. Duktilna področja za sipanje energije morajo biti razporejena po velikem številu elementov po konstrukciji in predstavljati čim večji volumski delež konstrukcije. Težimo k temu, da se vedno najprej pojavi upogibna pred strižno porušitvijo.

Sposobnost sipanja histerezne energije betonske stavbe opredelimo z dvema stopnjama duktilnosti – DCM in DCH. Stavbe, ki se uvrščajo v ti dve stopnji duktilnosti, omogočajo razvoj stabilnega mehanizma, ki sipa veliko potresne energije brez krhke porušitve. Razpoložljiva duktilnost stavbe nam določa različne faktorje obnašanja q .

Obnašanje betonskih stavb med potresom jih deli v naslednje konstrukcijske tipe:

- okvirni sistem;
- mešani sistem (ekvivalenten okvirnemu ali stenastemu sistemu);
- duktilni stenasti sistem;
- sistem velikih, šibko armiranih sten;
- sistem obrnjenega nihala;
- torzijsko podajen sistem,

na osnovi katerih se izvednoti vrednost faktorja obnašanja q . Faktor obnašanja q nam pove, kakšno sposobnost sipanja energije ima konstrukcija, izračuna pa se za vsako smer posebej na naslednji način (EN 1998-1, poglavje 5.2.2.2) :

$$q = q_0 \cdot k_w \geq 1,5 , \quad (18)$$

kjer pomeni:

q_0 osnovno vrednost faktorja obnašanja v odvisnosti od konstrukcijskega tipa in pravilnosti sistema po višini (glej Preglednica 1);

k_w faktor, ki upošteva prevladujoč sistem rušenja.

Preglednica 1²: Osnovne vrednosti faktorja obnašanja (q_0) za sisteme, ki so pravilni po višini

TIP KONSTRUKCIJE	DCM	DCH
Okvirni sistem, mešani sistem, sistem povezanih sten (sten z odprtini)	3,0 α_u/α_1	4,5 α_u/α_1
Sistem nepovezanih (konzolnih) sten	3,0	4,0 α_u/α_1
Torzijsko podajen sistem	2,0	3,0
Sistem obrnjenega nihala	1,5	2,0

α_1 in α_u sta definirana takole:

α_1 faktor, s katerim pomnožimo vodoravne potresne sile, da se v konstrukciji pojavi prvi plastičen členek;

α_u faktor, s katerim pomnožimo vodoravne potresne sile, da se v konstrukciji zaradi plastičnih členkov pojavi globalna nestabilnost (plastični mehanizem).

Faktor α_u/α_1 lahko iz vrednotimo eksplicitno z uporabo nelinearne statične analize ali uporabimo naslednje približne vrednosti (EN 1998-1, poglavje 5.2.2.2):

a) Okvirni ali mešani sistemi, ekvivalentni okvirnemu :

- enoetažne stavbe : $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$;
- večetažni okvirni z enim poljem: $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$;
- večetažni okvirni z več polji ali večetažni mešani sistemi, ekvivalentni okvirnemu : $\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$.

b) Stenasti sistemi in mešani sistemi, ekvivalentni stenastemu :

- stenasti sistemi s samo dvema nepovezanimi stenama v vsaki vodoravni smeri: $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$;
- drugi sistemi z nepovezanimi stenami: $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$;
- mešani sistemi, ekvivalentni stenastemu ali sistemi povezanih sten: $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$.

Največja dovoljena vrednost faktorja α_u/α_1 za projektiranje je 1,5.

² Slovenski standard SIST EN 1998-1, 2005, str. 80

Mesta, ki so predvidena za nastanek plastičnih členkov, morajo imeti veliko sposobnost plastične rotacije, saj s tem zagotovimo globalno duktilnost stavbe. Sposobnost plastičnih rotacij v kritičnih območjih zagotavljamo z zadostno duktilnostjo za ukrivljenost, kar pomeni, da mora biti faktor duktilnosti za ukrivljenost μ_{Φ} vsaj enak (EN 1998-1, poglavje 5.2.3.4) :

$$\begin{aligned} \mu_{\Phi} &= 2 \cdot q_0 - 1; & \text{če } T_1 \geq T_C \\ \mu_{\Phi} &= 1 + 2 \cdot (q_0 - 1) \cdot T_C / T_1; & \text{če } T_1 < T_C \end{aligned} \quad (19)$$

kjer je

T_1 osnovna nihajna doba stavbe;

T_C zgornja meja nihajnega časa.

Izbira materialov primerne kakovosti je zelo pomembna pri zagotavljanju lokalne duktilnosti.

3.2 Dimenzioniranje AB gred za stopnjo duktilnosti DCM

3.2.1 Materiali in geometrija

V primarnih potresnih elementih razred tlačne trdnosti ne sme biti manjši od C16/20. Uporablja se lahko le rebrasto armaturo po določilih v EN 1992-1-1 (razred B in C). Učinkovit prenos cikličnih momentov iz grede v steber zagotovimo z omejitvijo razdalje med težiščnima osema obeh elementov, ki pa mora biti manjša od četrte širine podpornega stebra ($e \leq b_c/4$). Ugoden vpliv tlačne sile na sprijemnost vodoravnih armaturnih palic položenih skozi vozlišče dosežemo z izpolnitvijo naslednjega izraza :

$$b_w \leq \min \begin{cases} b_c + h_w \\ 2 \cdot b_c \end{cases}, \quad (20)$$

kjer je b_w širina potresne grede, h_w višina grede in b_c širina stebra v vozlišču.

3.2.2 Projektne notranje sile

Projektne vrednosti notranjih sil (upogibnih momentov in osnih sil) se določi s pomočjo analize konstrukcije za potresno projektno stanje skladno s pravili načrtovanja nosilnosti. Projektiranje duktilne konstrukcije zahteva od nas zagotavljanje duktilnih mehanizmov porušitve – upogibne porušitve – in preprečevanje krhkih porušitev – strižne porušitve. S pravili načrtovanja nosilnosti preprečujemo krhke porušitve. Kot je že bilo omenjeno, lahko upogibni mehanizmi sipajo veliko več energije kot strižni.

Pri metodi načrtovanja nosilnosti se v primarnih potresnih gredah ravnotežje določi pri :

- gravitacijski prečni obtežbi, ki deluje na gredo v potresnem projektne stanju in
- krajiščnih momentih grede, ki nastanejo pri formaciji plastičnih členkov pri delovanju potresne obremenitve.

Momente v krajiščih določimo na naslednji način (EN 1998-1, poglavje 5.4.2.2) :

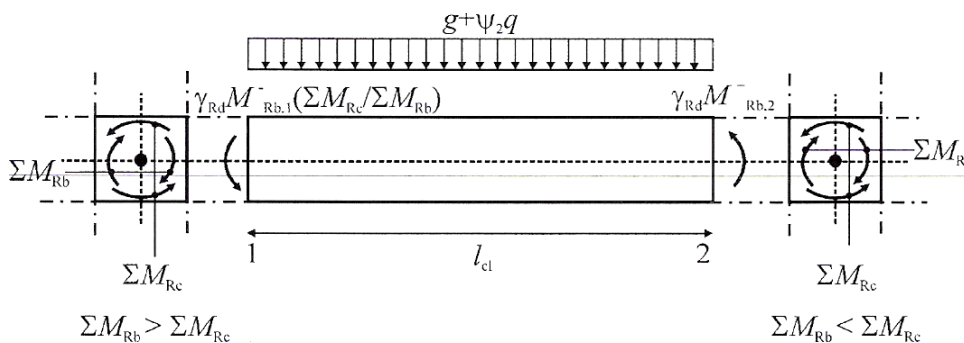
$$M_{i,d} = \gamma_{Rd} \cdot M_{Rb,i} \cdot \min\left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}}\right), \quad (21)$$

kjer je

γ_{Rd} faktor, ki upošteva večjo nosilnost, zaradi utrjevanja jekla, pri DCM je $\gamma_{Rd}=1,0$;

$M_{Rb,i}$ projektna upogibna nosilnost grede v vozlišču i pri potresnem vplivu;

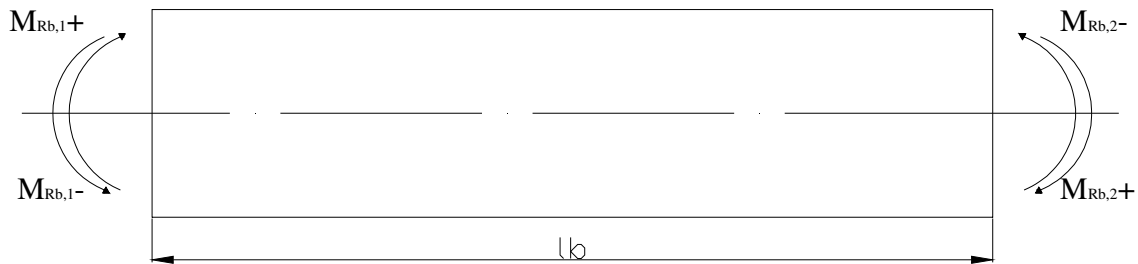
$\sum M_{Rc}$ in $\sum M_{Rb}$ vsota projektne vrednosti upogibnih nosilnosti stebrov in vsota projektne vrednosti upogibnih nosilnosti gred, ki se stikajo v vozlišču.



Slika 2³ : Velikost prečnih sil v gredah, določena s postopkom načrtovanja nosilnosti

V krajiščih grede izračunamo maksimalno in minimalno prečno silo, ki ustrežata maksimalnim pozitivnim in maksimalnim negativnim momentom v krajiščih, ki se lahko pojavijo v krajiščih pri negativni in pozitivni smeri delovanja potresne obtežbe. Ko imamo določene pozitivne in negativne projektne upogibne nosilnosti v krajiščih, lahko prečne sile izračunamo na naslednji način:

³ Slovenski standard SIST EN 1998-1, 2005, str. 88



Slika 3: Smeri delovanja momentov v krajiščih grede

$$V_{E,\min} = \frac{M_{Rn,1}^- + M_{Rn,2}^-}{l_b} \quad (22)$$

$$V_{E,\max} = \frac{M_{Rn,1}^+ + M_{Rn,2}^+}{l_b}, \quad (23)$$

kjer je

$V_{E,\min}$ in $V_{E,\max}$ maksimalna in minimalna prečna sila zaradi delovanja krajiščnih projektних upogibnih nosilnosti;

$M_{Rn,1}^-$ in $M_{Rn,2}^-$ sta pozitivna in negativna projektna upogibna nosilnost v krajiščih grede;

l_b svetla dolžina grede.

Maksimalna in minimalna prečna sila zaradi krajiščnih momentov imata konstantno vrednost po celotni dolžini grede. Projektno potresno prečno silo po metodi načrtovanja nosilnosti dobimo na naslednji način :

$$V_{\max} = |V_E| + |V_P|, \quad (24)$$

kjer je

$|V_E|$ absolutno največja prečna sila pri delovanju krajiščnih momentov;

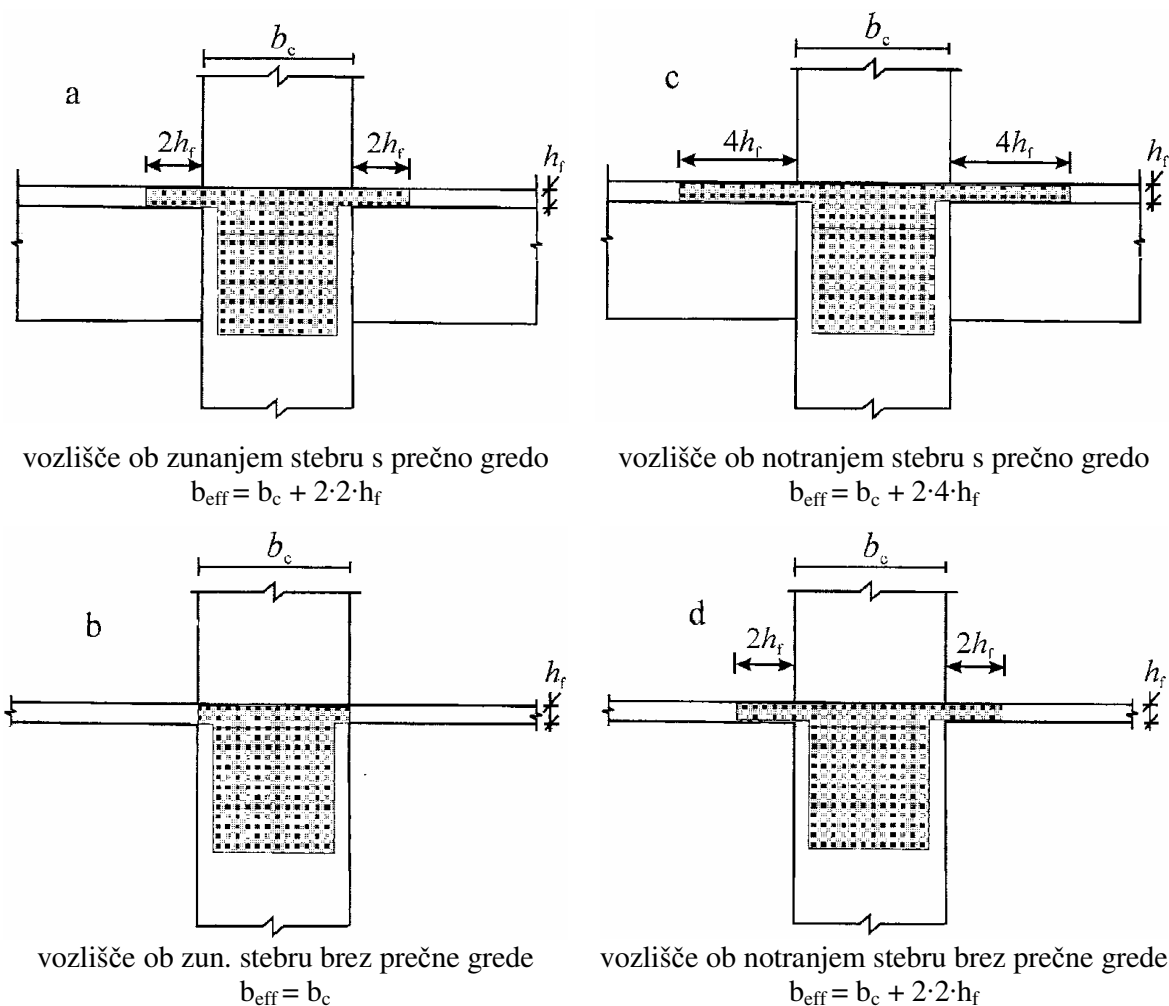
$|V_P|$ absolutno največja prečna sila pri delovanju gravitacijske prečne obtežbe($g+\Psi_2 \cdot q$);

V_{\max} projektna prečna sila po metodi načrtovanja nosilnosti.

V kolikor je prečna sila pri vplivu statične projektne kombinacije večja od prečne sile, določene po pravilu načrtovanja nosilnosti, se v nadaljevanju računa upošteva le-ta.

3.2.3 Preverjanje nosilnosti in konstruiranje grede

Upogibno in strižno nosilnost grede določimo v skladu z EN 1992-1-1. Če imamo v prerezu prisotno tlačno ploščo (obravnavamo kot T- ali L-prerez), moramo pri analizi upoštevati tudi armaturo plošče (v smeri vzporedni gredi) znotraj sodelujoče širine b_{eff} , ki se določi na naslednji način :



Slika 4⁴ : Sodelujoče širine b_{eff} pasnic gred v odvisnosti od položaja grede

Kot kritično območje (območje, kjer se lahko pojavijo plastični členki) se obravnava območje na razdalji $l_{cr} = h_w$ od krajin prerezov gred. Lokalno duktilnost v kritičnih območjih zagotavljamo z izpolnitvijo izraza (19) za faktor duktilnosti za ukrivljenost. Če vrednost

⁴ Slovenski standard SIST EN 1998-1, 2005, str. 93

faktorja duktilnosti za ukrivljenost ni izvedena z eksplisnim računom, lahko pogoj v izrazu (19) izpolnimo z izpolnitvijo naslednjih dveh zahtev (EN 1998-1, poglavje 5.4.3.1.2) :

- a) Če pri potresnem projektne stanju, pri upogibni obremenitvi, v tlačni coni potrebujemo tlačno vzdolžno armaturo (beton sam ni sposoben prenesti tlačnih napetosti), je potrebno tej armaturi dodati še vsaj polovico prereza dejanske natezne armature. Program je narejen tako, da preveri, ali je prerez skupne tlačne armature vsaj 50% prereza natezne armature (za veliko večino primerov je to pravilno).
- b) Delež vzdolžne armature v natezni coni ρ mora biti omejen z naslednjim izrazom :

$$\rho_{\max} = \rho' + \frac{0,0018}{\mu_{\Phi} \cdot \varepsilon_{sy,d}} \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} > \rho , \quad (25)$$

kjer je

- ρ' delež armature v tlačni coni : $\rho' = A'_s/b_w \cdot d$;
 μ_{Φ} zahtevan faktor duktilnosti za ukrivljenost, izveden iz izraza (19);
 $\varepsilon_{sy,d}$ projektna vrednost deformacij na meji plastičnosti;
 f_{cd} projektna tlačna trdnost betona : $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$;
 f_{yd} projektna natezna trdnost jekla : $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$;
 ρ delež armature v natezni coni : $\rho = A_s/b_w \cdot d$.

Minimalno vzdolžno armaturo moramo položiti vzdolž cele dolžine potresne grede, njen delež pa ne sme biti manjši (EN 1998-1, poglavje 5.4.3.1.2) :

$$\rho_{\min} = 0,5 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} < \rho , \quad (26)$$

kjer je

- f_{ctm} srednja vrednost natezne trdnosti betona;
 f_{yk} karakteristična natezna trdnost jekla.

Pri konstruiranju strižne armature (stremen) je potrebno upoštevati nekaj zahtev (EN 1998-1, poglavje 5.4.3.1.2) :

- a) najmanjši premer stremen je lahko $\Phi 6$ mm;
- b) računsko potreben razmak med stremeni mora biti manjši od

$$s = \min \begin{cases} h_w / 4 & ; \quad h_w \text{ je višina grede v mm} \\ 24 \cdot d_{bw} & ; \quad d_{bw} \text{ je premer stremen v mm} \\ 225 \text{ mm} \\ 8 \cdot d_{bl} & ; \quad d_{bl} \text{ je premer najtanjše palice vzdolžne armature v mm ;} \end{cases} \quad (27)$$

c) prvo streme ne sme biti oddaljeno več kot 50 mm od stika prečka-steber.

Z zgoraj navedenimi ukrepi preprečimo nastanek krhkega loma in zagotovimo duktilno obnašanje grede pri potresnem projektnem stanju, s tem pa morebitni nastanek plastičnih členkov na predvidenih mestih.

Zahteve za vozlišča gred in stebrov so opisane v EN 1998-1, saj na tem mestu niso obravnavane.

3.3 Dimenzioniranje AB gred za stopnjo duktilnosti DCH

Postopek dimenzioniranja pri stopnji duktilnosti DCH je enak kot pri stopnji duktilnosti DCM, zato bom v nadaljevanju navedel samo spremembe oziroma dodatne zahteve glede na postopek pri stopnji duktilnosti DCM.

3.3.1 Materiali in geometrija

Ni dovoljeno uporabljati betona nižjega razreda tlačne trdnosti od C20/25. V kritičnih območjih je dovoljena uporaba armaturnega jekla razreda C po EN 1992-1-1.

Širina primarnih potresnih gred je navzdol omejena in ne sme biti manjša od 200 mm. Razmerje med višino (h) in širino (b) je omejeno in mora izpolnjevati pogoj $h/b \leq 3,5$.

3.3.2 Projektne notranje sile

V izrazu (21) namesto vrednosti $\gamma_{Rd} = 1,0$ vzamemo vrednost $\gamma_{Rd} = 1,2$.

3.3.3 Preverjanje nosilnosti in konstruiranje grede

Pri računu strižne nosilnosti se v modelu paličja upošteva naklon betonskih diagonal $\theta = 45^\circ$. Strižno nosilnost elementa lahko zagotavljamo s stremensko in poševno armaturo (poševno

krivljene palice). Razmerje ζ med minimalno ($V_{Ed,min}$) in maksimalno ($V_{Ed,max}$) strižno silo nam določa tudi razmerje vrste armature (EN 1998-1, poglavje 5.5.3.1.2) :

$$\zeta = \frac{V_{Ed,min}}{V_{Ed,max}}. \quad (28)$$

Če je $\zeta \leq -0,5$, pričakujemo strižne sile nasprotnih predznakov in približno enakih absolutnih vrednosti, potem moramo preveriti naslednji pogoj (EN 1998-1, poglavje 5.5.3.1.2) :

$$|V_E|_{\max} \geq (2 + \zeta) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d, \quad (29)$$

kjer je

$|V_E|_{\max}$ absolutno največja projektna strižna sila;

f_{ctd} projektna natezna trdnost betona;

b_w in d širina in statična višina prereza grede.

Izpoljenost pogoja (29) določata dva ukrepa (EN 1998-1, poglavje 5.5.3.1.2) :

- a) 50% strižne sile moramo prevzeti z bidiagonalno (v dveh smereh) poševno armaturo pod kotom 45° ali vzdolž dveh diagonal, ki jo izračunamo iz naslednjega pogoja :

$$0,5 \cdot |V_E|_{\max} \leq 2 \cdot A_s \cdot f_{yd} \cdot \cos \alpha, \quad (30)$$

kjer pomeni

A_s prerez poševne armature v eni smeri;

α kot med poševno armaturo in osjo grede.

- b) 50% strižne sile morajo prevzeti navpična stremena.

Kot kritično območje (območje, kjer se lahko pojavijo plastični členki) se obravnava območje na razdalji $l_{cr} = 1,5 \cdot h_w$ od krajnih prerezov gred . Poleg zahtev pri konstruiranju strižne armature iz stopnje duktilnosti DCM, je potrebno za zagotovitev duktilnosti grede preveriti naslednje pogoje (EN 1998-1, poglavje 5.5.3.1.3) :

- a) po vsej dolžini grede sta zgoraj in spodaj položeni vsaj dve palici premera vsaj $\Phi 14$ mm;
- b) po vsej dolžini grede morata biti prereza tlačne oziroma natezne armature večja od 25% prereza zgornje armature ob podpori.

Računsko potreben razmak med stremeni pri stopnji duktilnosti DCM mora biti manjši od

$$s = \min \begin{cases} h_w / 4 & ; \quad h_w \text{ je višina grede v mm} \\ 24 \cdot d_{bw} & ; \quad d_{bw} \text{ je premer stremen v mm} \\ 175 \text{ mm} \\ 6 \cdot d_{bl} & ; \quad d_{bl} \text{ je premer najtanjše palice vzdolžne armature v mm.} \end{cases} \quad (31)$$

Zahteve za vozlišča gred in stebrov so opisana v EN 1998-1, saj na tem mestu niso obravnavana.

4 ALGORITEM

Algoritem je napisan po standardu SIST EN 1998-1 in sicer obravnava peto poglavje, Posebna pravila za betonske stavbe. Zajete so vse točke poglavja, ki se nanašajo na potresnoodporno projektiranje AB gred.

Prvi del algoritma je namenjen vnosu vhodnih podatkov o gredi. Poznati moramo podatke o konstrukciji, kateri pripada greda, podatke o materialnih karakteristikah grede, geometrijskih karakteristikah prereza, obremenitvah in vzdolžnem armiranju grede. Vnesti je potrebno tudi želeno strižno armaturo grede.

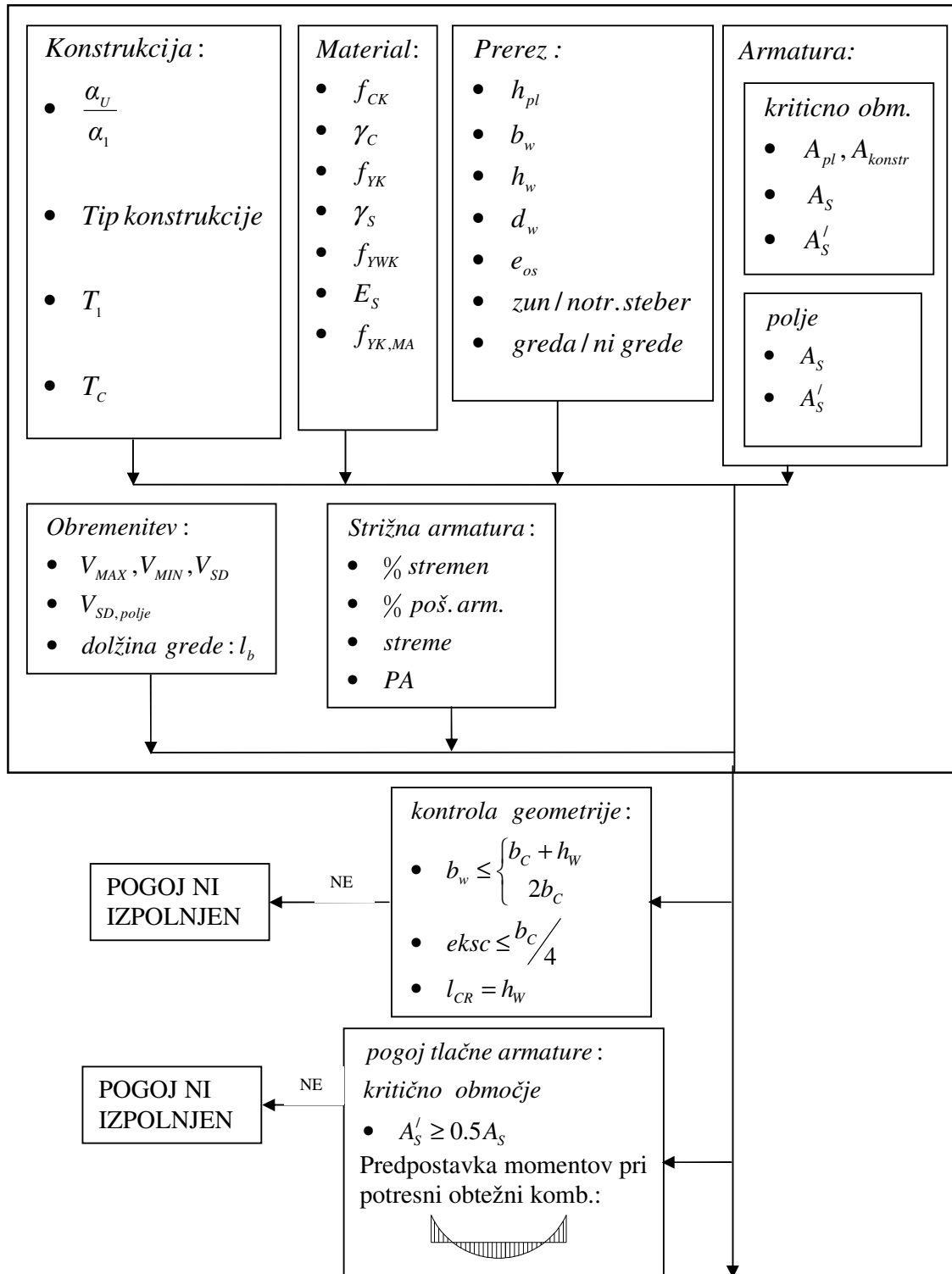
V drugem delu preverimo pogoje in zahteve podane v standardu za potresnoodporno projektiranje grede. V primeru neizpoljenosti pogoja algoritem to sporoči, ampak nadaljuje preverjanje naslednjega pogoja. Najprej se preveri pogoj geometrije, nato pogoj količine tlačne armature v kritičnem območju in nazadnje pogoj količine tlačne in natezne armature v polju. Kontrola pogoja lokalne duktilnosti zahteva podatek o faktorju duktilnosti za ukrivljenost in podatek o efektivni sodelujoči širini pasnic. Zato najprej iz vrednotimo ti dve vrednosti, nato pa izvedemo kontrolo lokalne duktilnosti.

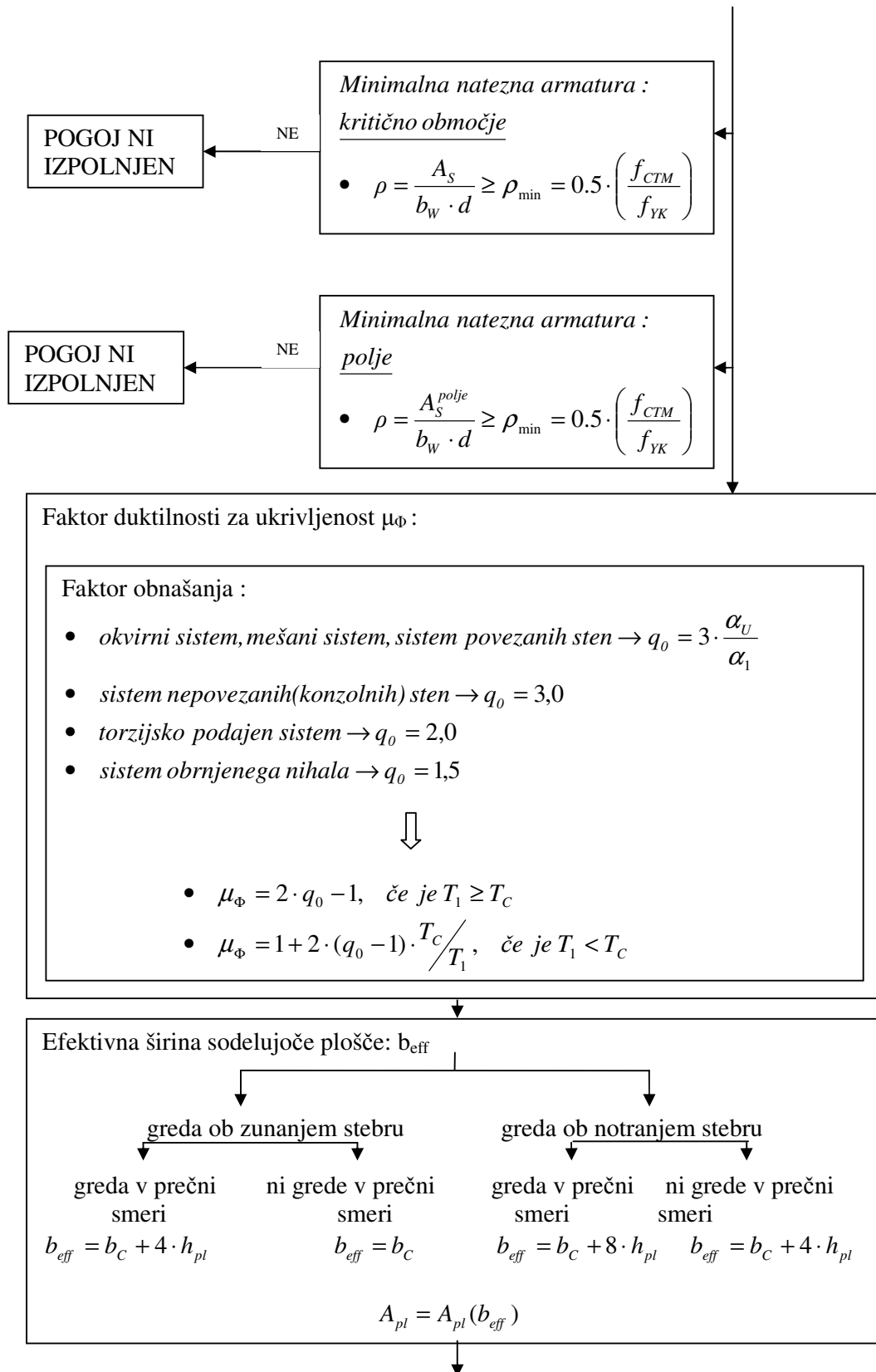
Tretji del algoritma je določitev projektnih notranjih sil in dimenzioniranje AB gred. Projektno strižno silo dobimo z metodo načrtovanja nosilnosti, kjer upoštevamo prečno silo, določeno iz upogibne nosilnosti grede in prečno silo iz trajnega (statičnega) projektnega stanja. Dimenzioniranje strižne armature je izvedeno po postopku iz EC2. Privzame se, da vso strižno obremenitev prevzame strižna armatura. Glede na želeni odstotek stremenske armature se del prečne sile prevzame s stremeni (izvede se dimenzioniranje stremen), ostali del prečne sile pa s poševno strižno armaturo (izvede se dimenzioniranje poševno krivljenih palic).

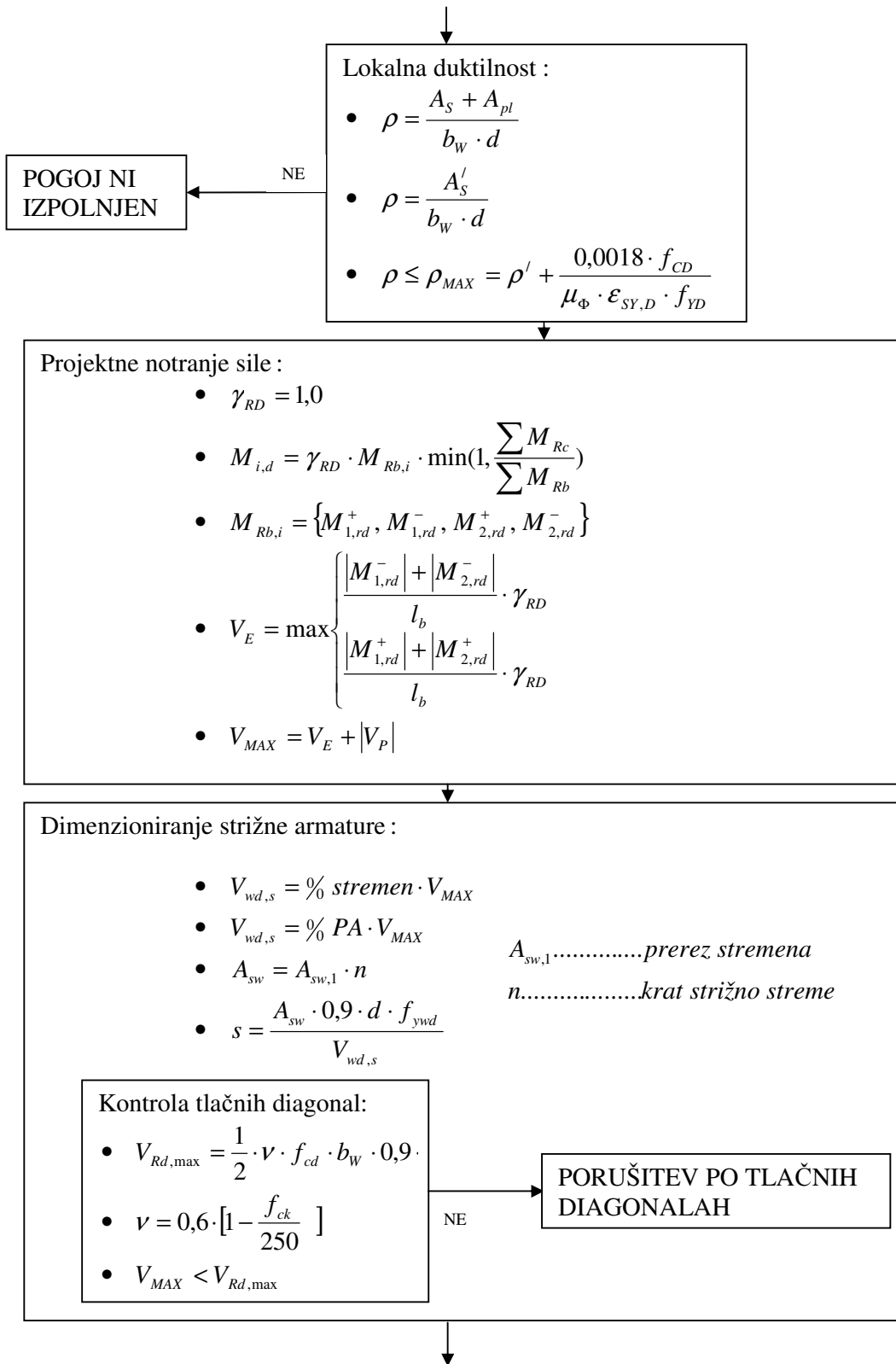
Zgoraj opisani algoritem je za stopnjo duktilnosti DCM, za stopnjo DCH pa je algoritem enak z nekaj dodatnimi pogoji. Sprememba je pri kontroli geometrije, kontroli vzdolžne armature v polju in pogoju oblikovanja strižne armature v odvisnosti od razmerja prečnih sil.

4.1 Algoritem za stopnjo duktilnosti DCM

VHODNI PODATKI :







↓
Dimenzioniranje strižne armature :

$$\bullet \quad s \leq \min \begin{cases} h_w / 4 \\ 24 \cdot d_{bw} \\ 225 \\ 8 \cdot d_{bl} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{Prvo streme ne sme biti oddaljeno več kot 50 mm} \\ \text{od stebra!} \end{array}$$

$$\bullet \quad A_{sw,d} = \frac{V_{wd,d} \cdot s_d}{0,9 \cdot f_{ywd} \cdot \sqrt{2}} \quad \left[\frac{\text{cm}^2}{\text{m}'} \right], \quad s_d = 100 \text{ cm}$$

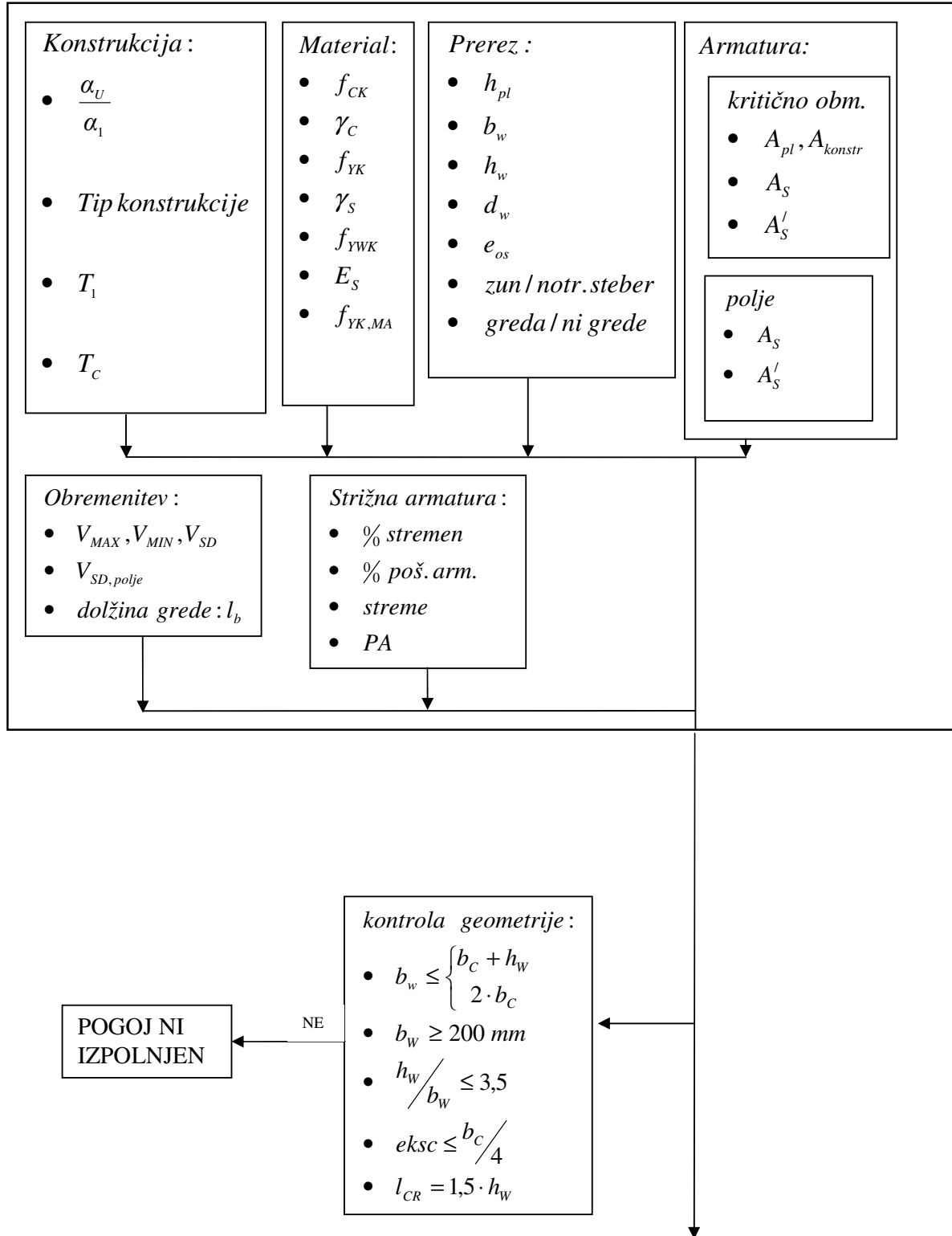
$$\bullet \quad \text{število palic} = \frac{A_{sw,d}}{\frac{\pi \cdot d_p^2}{4}} \quad \left[\frac{\text{št. palic}}{\text{m}'} \right]$$

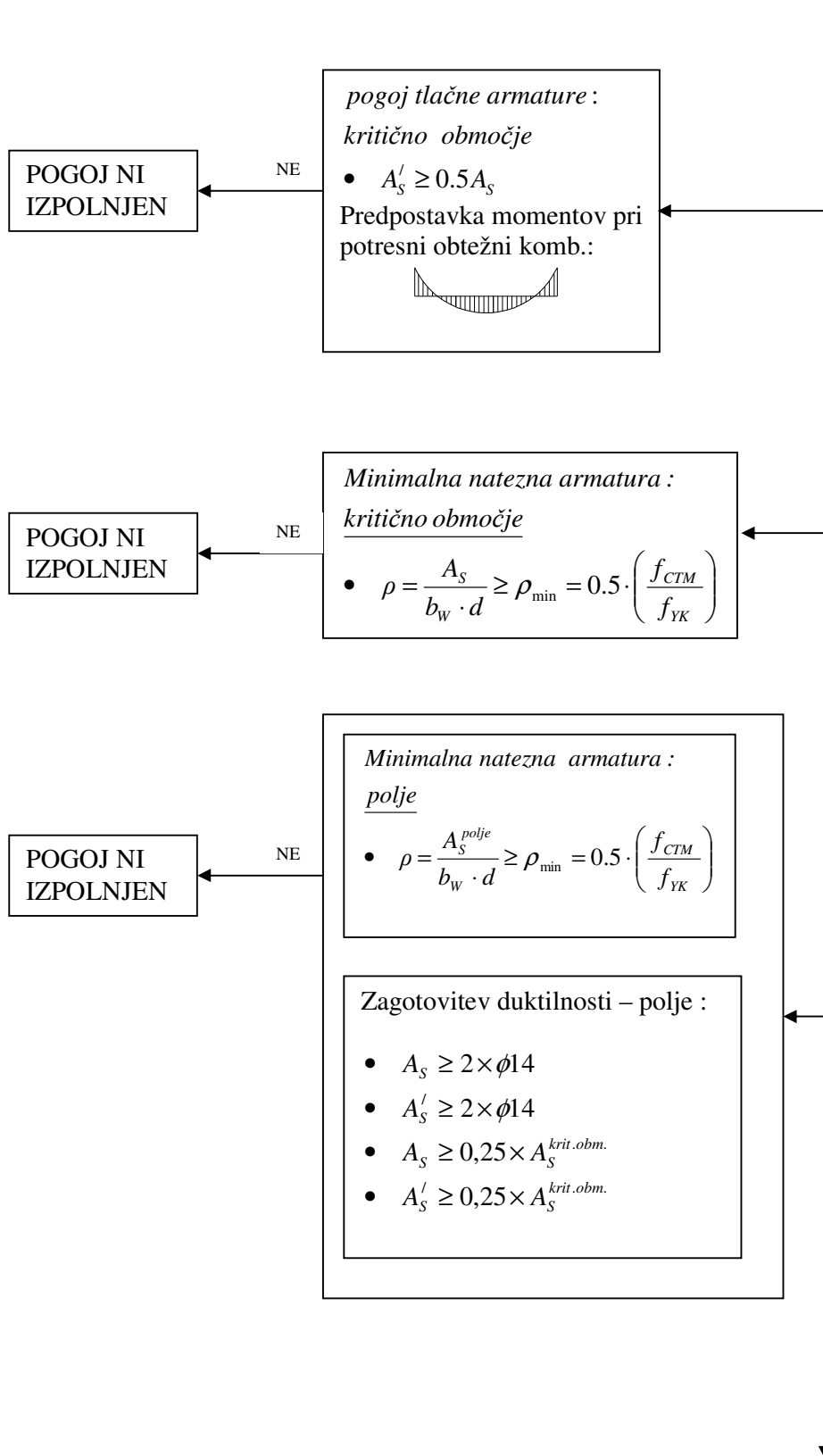
$$\bullet \quad s_d = \frac{100}{\text{število palic}}$$

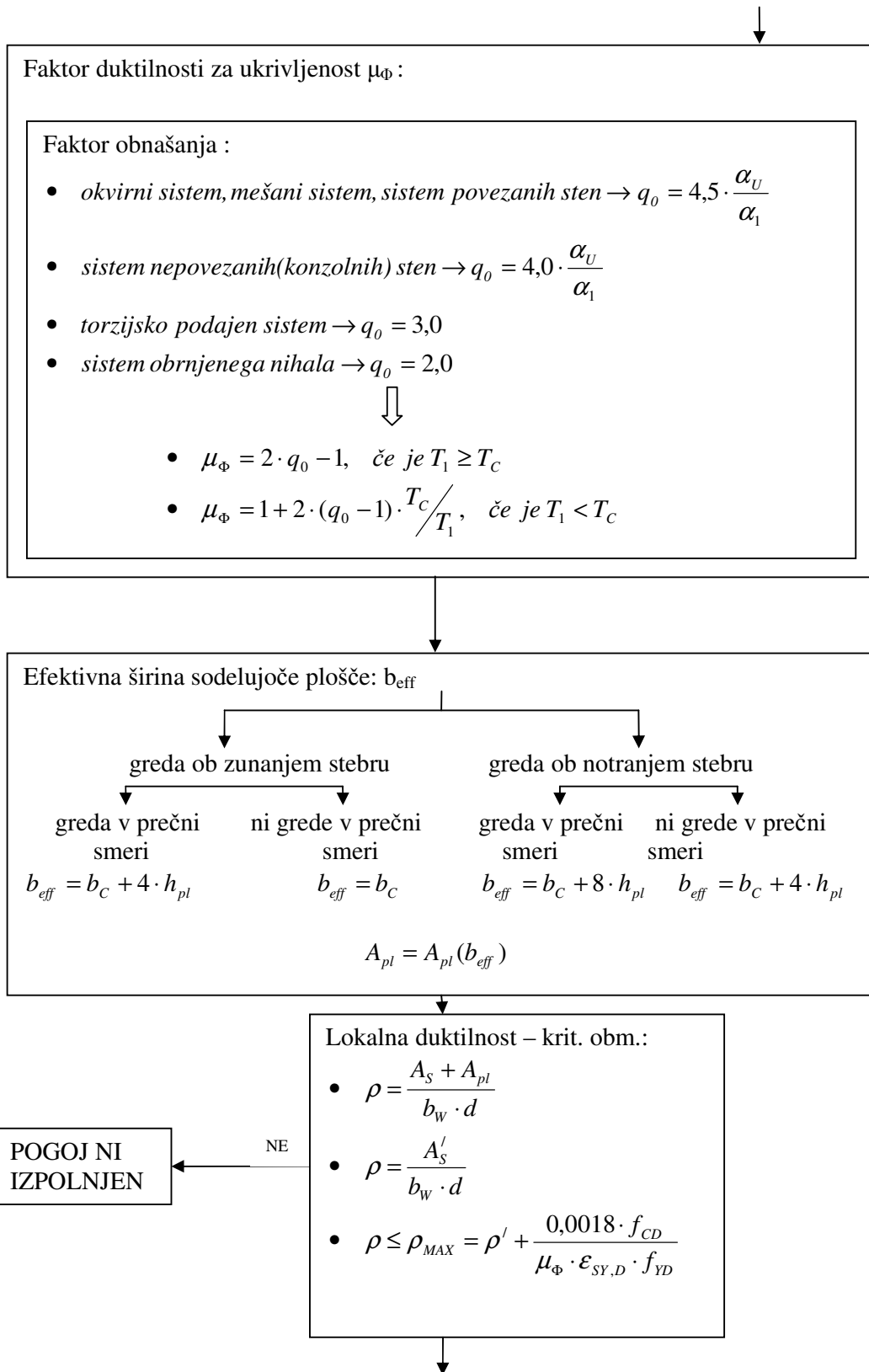
$$\bullet \quad \Delta A_s = \frac{V_{MAX}}{2 \cdot f_{yk} / \gamma_s}$$

4.2 Algoritem za stopnjo duktilnosti DCH

VHODNI PODATKI :



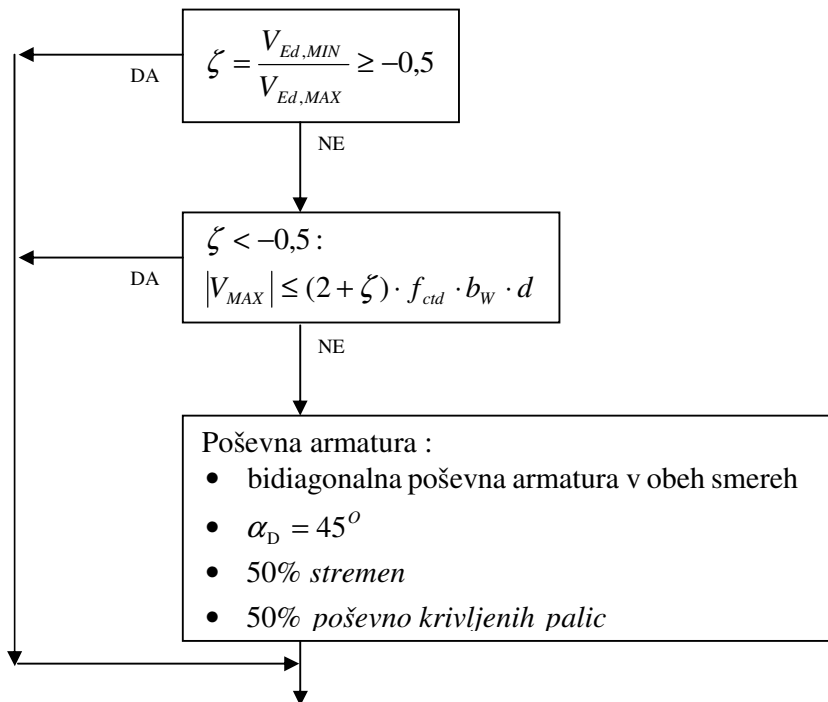


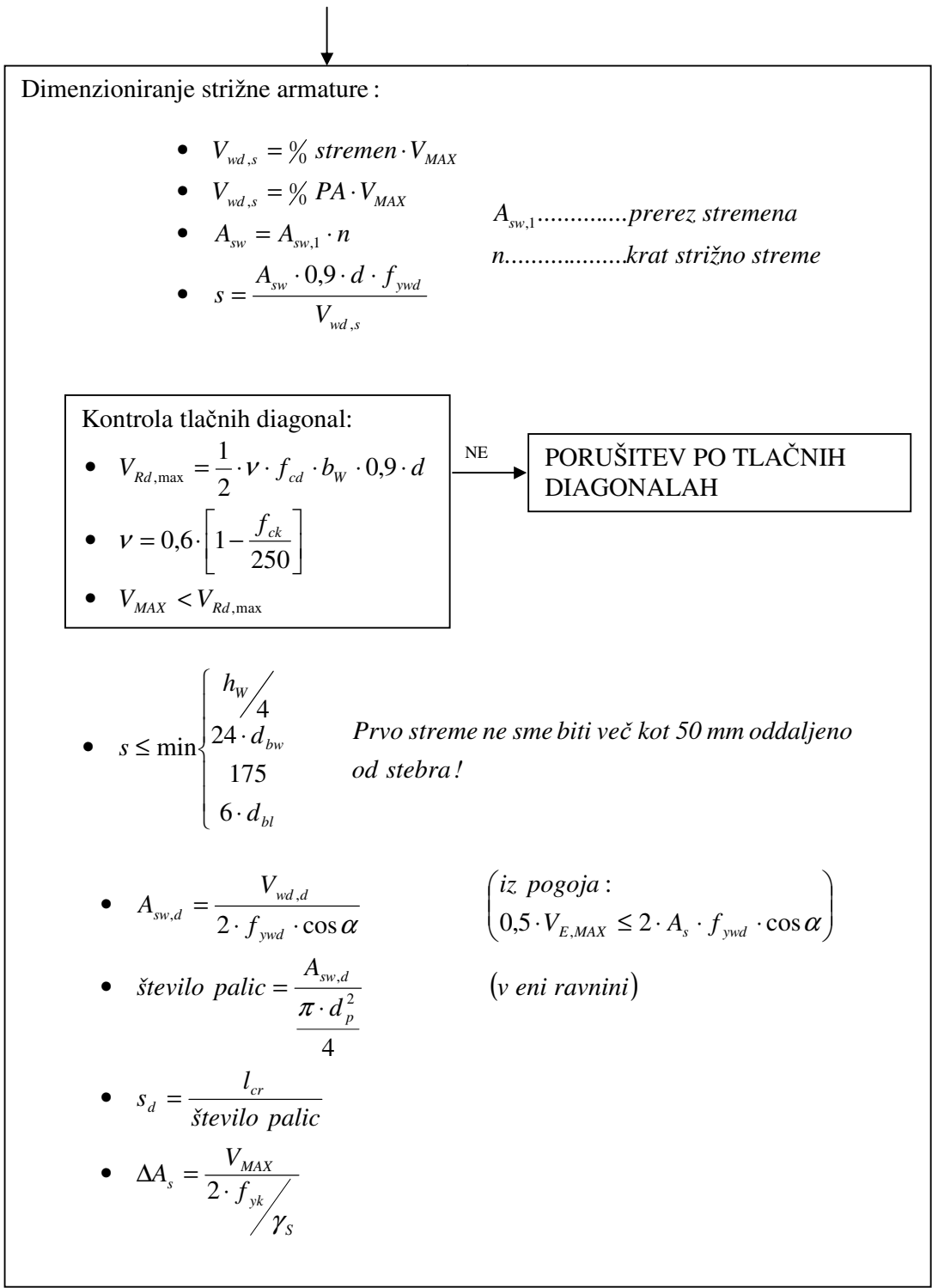


Projektne notranje sile :

- $\gamma_{RD} = 1,2$
- $M_{i,d} = \gamma_{RD} \cdot M_{Rb,i} \cdot \min\left(1, \frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}}\right)$
- $M_{Rb,i} = \{M_{1,rd}^+, M_{1,rd}^-, M_{2,rd}^+, M_{2,rd}^-\}$
- $V_{E,1} = -\frac{|M_{1,rd}^-| + |M_{2,rd}^-|}{l_b} \cdot \gamma_{RD}$
- $V_{E,2} = \frac{|M_{1,rd}^+| + |M_{2,rd}^+|}{l_b} \cdot \gamma_{RD}$
- $V_{Ed,MAX} = V_{E,2} + |V_P|$
- $V_{Ed,MIN} = V_{E,1} + |V_P|$
- $V_{MAX} = \max(|V_{Ed,MAX}|, |V_{Ed,MIN}|)$

NAČIN OBLIKOVANJA STRIŽNE ARMATURE :





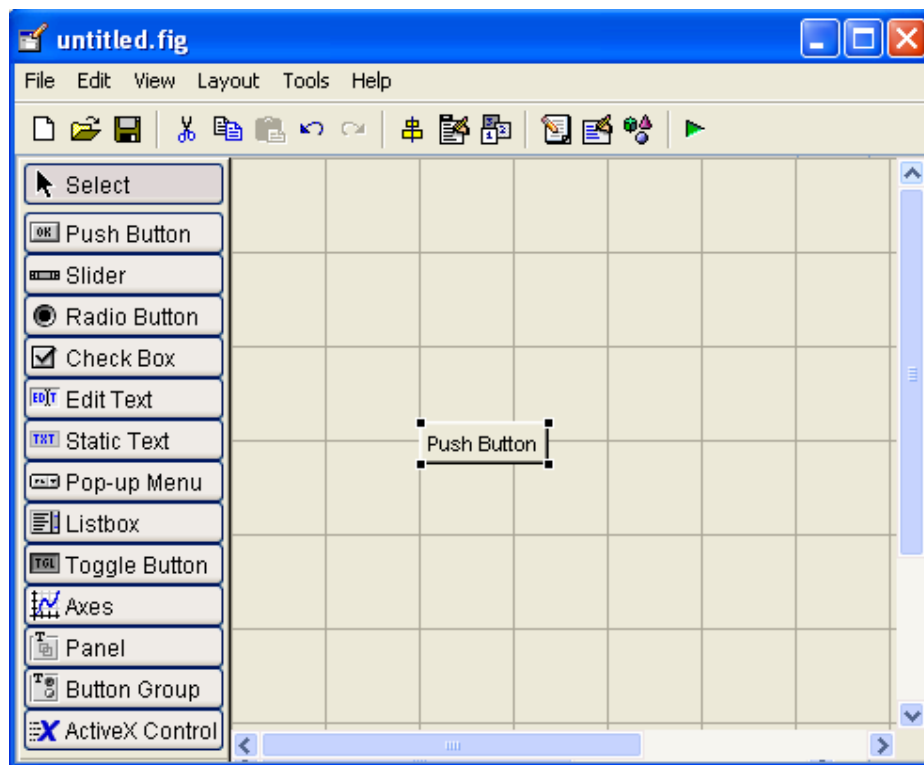
5 APLIKACIJA V MATLABU

MATLAB je visoko zmogljiv programski jezik za tehnično programiranje. Omogoča nam izračun, vizualizacijo in programiranje v enostavnem in uporabniku prijaznem okolju, kjer so problemi in rešitve predstavljeni v prijaznem matematičnem zapisu. Uporabljamo ga lahko pri matematiki in njenih izračunih, razvijanju algoritmov, pridobivanju podatkov, modeliranju, simuliranju, analiziranju podatkov, vizualizaciji podatkov, znanstvenem in inženirskem grafičnem modeliranju in razvijanju aplikacij s pomočjo vgrajenega grafičnega vmesnika. MATLAB je interaktivni sistem, katerega osnovni podatkovni element je zapis, ki ne potrebuje določanja dimenzij podatkov. To omogoča reševanje mnogih tehničnih programerskih problemov, še posebno tistih s formuliranjem matrik in vektorjev. Sistem programa je sestavljen iz petih delov : delovno področje (namizje), Matlabova knjižnica matematičnih funkcij, programski jezik, grafični del in Matlabov aplikacijski programski jezik. Na kratko bom predstavil grafični vmesnik (angl. GUIDE), s katerim sem oblikoval celotno grafično podobo programa, ki omogoča tudi programiranje njegovih funkcij. Programiranje teh funkcij je klasično s pomočjo vgrajenih funkcij in stavkov.

5.1 Grafični vmesnik

Okolje za izdelavo grafičnega vmesnika (angl. GUIDE - graphical user interface development environment) je komplet orodij za kreiranje grafičnega vmesnika. Ta orodja zelo poenostavijo proces načrtovanja in izdelave samega vmesnika. Z njimi lahko najprej enostavno s kliki in potegi komponent grafičnega vmesnika, kot so paneli, gumbi, tekstovna polja, drsniki, meniji ..., oblikuješ grafično okno (grafična podoba vmesnika je shranjena v .fig datoteki), nato pa te komponente tudi programiraš. Okolje avtomatsko generira M-datoteko (.m), ki kontrolira delovanje vmesnika. M-datoteka inicializira vmesnik in za vsako komponento grafičnega vmesnika pripravi ogrodje funkcije, v katero se potem programira delovanje komponente. Matlab pripravi funkcije za najbolj pogosto uporabljen klic komponente – ukaz, ki se izvede, ko uporabnik pritisne na komponento. To pomeni, da program npr. pri gumbu pripravi funkcijo, ki se požene takoj, ko z miško pritisnemo nanj. Urejevalnik M-datoteke pa nam omogoča, da funkcijo programiramo na želeno delovanje. Znotraj funkcije dodajamo ukaze in algoritme, ki se poganjajo pri aktiviranju komponent.

Za oblikovanje grafičnega vmesnika uporabimo Oblikovni urejevalnik, ki ureja vsa orodja vmesnika (Slika 5). Na levi strani urejevalnika imamo prikazane vse komponente grafičnega vmesnika, ki jih enostavno s klikom in potegom miške postavimo na želeno mesto na pripravljene podlagi (panel s pomožnimi mrežnimi črtami). Na Sliki 4 je prikazana uporaba gumba. Komponente, ki so na razpolago v grafičnem vmesniku so : gumb (Push Button), drsник (Slider), radijski gumb (Radio Button), potrditveni gumb (Check Box), vnosno okno (Edit Text), tekstualno okno (Static Text), viseči seznam (Pop-up Menu), seznam (List Box), vklopno-izklopni gumb (Toggle Button), graf (Axes), panel (Panel), skupina gumbov (Button Group) in kontrolnik ActiveX (ActiveX Control). V urejevalniku je možno ustvariti menijsko vrstico in menije, nastavljam pa tudi osnovne lastnosti komponent grafičnega vmesnika.



Slika 5: Oblikovni urejevalnik grafičnega vmesnika

Zelo pomembno in uporabno je nastavljanje lastnosti (Property Inspector) komponent. Nastavimo lahko veliko grafičnih lastnosti komponent in nekaj lastnosti, ki vplivajo na izvajanje klicane podfunkcije komponente.

5.2 Programiranje komponent grafičnega vmesnika

M-datoteka kontrolira grafični vmesnik in določa reakcijo na uporabnikovo akcijo kot je pritisk gumba ali izbiranje opcije iz visečega seznama. Datoteka vsebuje vso kodo za poganjanje vmesnika, vključno s funkcijami komponent. Okolje za izdelavo grafičnega vmesnika generira osnovno ogrodje grafičnega vmesnika (vse, kar je potrebno za osnovni zagon vmesnika), medtem ko moramo za delovanje vmesnika po naših željah, funkcije in podfunkcije programirati sami. Ko poženemo grafični vmesnik, M-datoteka generira objektno strukturno spremenljivko *handles* (v nadaljevanju strukturo), ki vsebuje vse podatke o kontrolnikih, menijih, grafih... Struktura je zapis z nosilci podatkov imenovanih polja. Polja lahko vsebujejo katerikoli tip podatkov, npr. eno polje lahko vsebuje tekst, drugo številko, tretje mogoče matriko, itd. *Handles* struktura je vhodni parameter vsake funkcije znotraj vmesnika, uporabljamo pa jo lahko za izmenjavo podatkov med funkcijami ali pa za dostop podatkov o grafičnem vmesniku, zato je to strukturo dobro uporabljati za shranjevanje skupnih podatkov. Na koncu vsake funkcije, v kateri smo shranjevali podatke v *handles* strukturo je z ukazom potrebno to shranjevanje potrditi. Vsi podatki o komponentah vmesnika, vsako aktiviranje komponente, vsaka izbira opcije na seznamu, skratka vsaka sprememba znotraj vmesnika je shranjena v *handles* strukturi. S tem je pridobivanje in dostop do podatkov hiter in enostaven, zato se tudi programiranje poenostavi.

V M-datoteki lahko programiramo tri osnovne tipe funkcij : *OpeningFcn* funkcijo, *OutputFcn* funkcijo in *Callback* funkcijo.

- *OpeningFcn* funkcija se požene in izvrši preden grafični vmesnik postane viden in je uporabna, kadar želimo nekaj izračunati, narisati ali prirediti podatkom neke vrednosti, še preden ti postanejo vidni na zaslonu.
- *OutputFcn* funkcija pošlje podatke v komandno vrstico in je posebno uporabna takrat, ko želimo vrniti spremenljivko v neki drugi vmesnik.
- *Callback* funkcija pa se izvrši vedno, ko uporabnik aktivira komponento vmesnika. Ime funkcije je določeno v lastnosti *Tag* komponente vmesnika.

Vmesnik lahko poženemo z vhodnimi parametri, s katerimi definiramo lastnosti pogovornega okna, poženemo kakšno podfunkcijo v vmesniku ali prenesemo vrednosti kakšne spremenljivke v vhodno funkcijo.

Osnovni mehanizem delovanja grafičnega vmesnika je programiranje uporabljenih komponent v vmesniku. Zgoraj so opisane osnovne tri funkcije, ki jih okolje za izdelavo grafičnega vmesnika generira ob prvem zagonu za vsako komponento vmesnika. Vmesnik pa nam omogoča programiranje dodatnih funkcij, ki se sprožijo ob točno določenem aktiviranju komponente. Dodatne funkcije, ki jih imajo vse komponente grafičnega vmesnika so naslednje :

- ButtonDownFcn funkcija, ki se požene, ko je miškin kazalec postavljen na komponento vmesnika in pritisnemo levi gumb miške;
- CreateFcn funkcija, ki se požene pri kreiranju komponente;
- DeleteFcn funkcija, ki se požene tik preden se komponenta izbriše.

Dodatne funkcije, ki jih ima glavno pogovorno okno vmesnika in nekatere specifične komponente vmesnika so naslednje :

- CloseRequestFcn funkcija, ki se požene, ko želimo zapreti pogovorno okno z ukazom, z miško ali pa za zapiranje celega programa;
- KeyPressFcn funkcija, se izvrši, ko preprosto nekje na območju pogovornega okna pritisnemo kakšno tipko;
- ResizeFcn funkcija se požene, ko uporabnik spreminja velikost okna ali komponente;
- WindowButtonDownFcn funkcija se požene, kadar z miško kliknemo kjerkoli znotraj pogovornega okna;
- WindowButtonMotionFcn funkcija se požene, ko se z miškinim kazalcem premaknemo znotraj pogovornega okna;
- WindowButtonUpFcn funkcija se požene ob spuščanju miškega gumba.

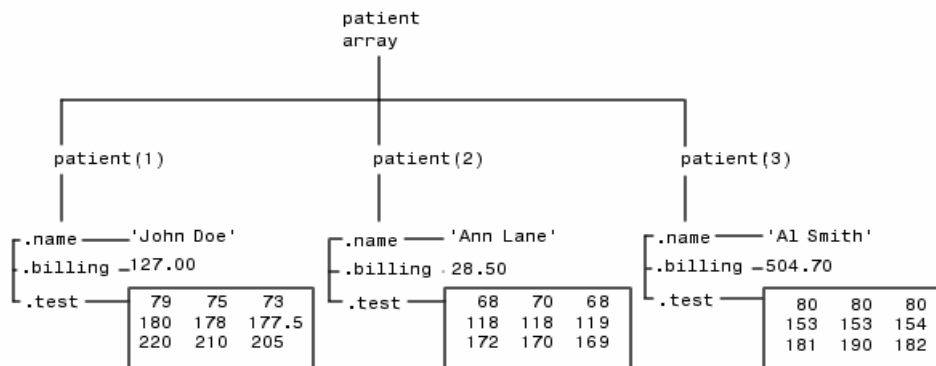
5.3 Zapis podatkov o gredi

Zgoraj je že bila omenjena struktura, ki je tip zapisa podatkov. Okolje za izdelavo grafičnega vmesnika pri izdelavi grafičnega vmesnika samodejno ustvari strukturo, imenovano handles. Namenjena je shranjevanju vseh podatkov o grafičnem vmesniku in analizi podatkov znotraj

- 'armatura' – 'levo_plosca', 'desno_plosca', 'polje_plosca' : [$\Phi_m y_i$], kjer je
 Φ_m tip mrežne armature;
 y_i oddaljenost te armature od spodnjega roba prereza.
- 'armatura' – 'polje_spodaj', 'polje_zgoraj', 'polje_konst' : [$n \Phi y_i$], kjer je
 n število palic;
 Φ premer palic;
 y_i oddaljenost te armature od spodnjega roba prereza.
- 'obremenitve' - 'V' : [$V_{Ed,max}, V_{Ed,min}, V_{polje}, V_{sd}$]), kjer je
 $V_{Ed,max}$ maksimalna prečna sila v kritičnem območju pri potresnem projektne stanju;
 $V_{Ed,min}$ minimalna prečna sila v kritičnem območju pri potresnem projektne stanju;
 V_{polje} največja prečna sila v polju grede;
 V_{sd} projektne prečna sila pri statičnem projektne stanju.
- 'obremenitve' - 'M' : [$M_{sd,levo}, M_{sd,desno}, M_{sd,polje}$]), kjer je
 $M_{sd,levo}$ projektne upogibni moment iz analize na levem koncu grede;
 $M_{sd,desno}$ projektne upogibni moment iz analize na desnem koncu grede;
 $M_{sd,polje}$ projektne upogibni moment iz analize v polju grede.
- 'dolžina' : [l_b], kjer je
 l_b svetla dolžina grede v cm.
- 'streme' : [$\Phi_s, n, procent, \Phi_p$], kjer je
 Φ_s premer stremen;
 n krat strižno streme;
procent odstotek stremenske armature;
 Φ_p premer palic poševne armature.

Struktura, ki je zapisana zgoraj, je namerno dobesedno prenesena iz programa, da se lahko vidi sintaksa strukture. Velika prednost strukture je zbiranje podatkov na enem mestu, enostaven dostop do njih in tudi relativno enostavna obdelava podatkov. V strukturi lahko polja po želji enostavno dodajamo ali brišemo, ta polja pa so lahko različnih tipov. Struktura shranjuje podatke v obliki matrik, vendar ni potrebno, da so vsa polja definirana. Matlab za polja, kjer niso definirani podatki, privzame prazne matrike, tako da imajo vse strukture enako število polj. Strukturo lahko ustvarimo na dva načina, in sicer z določitvenim stavkom ali z uporabo vgrajene funkcije *struct*.

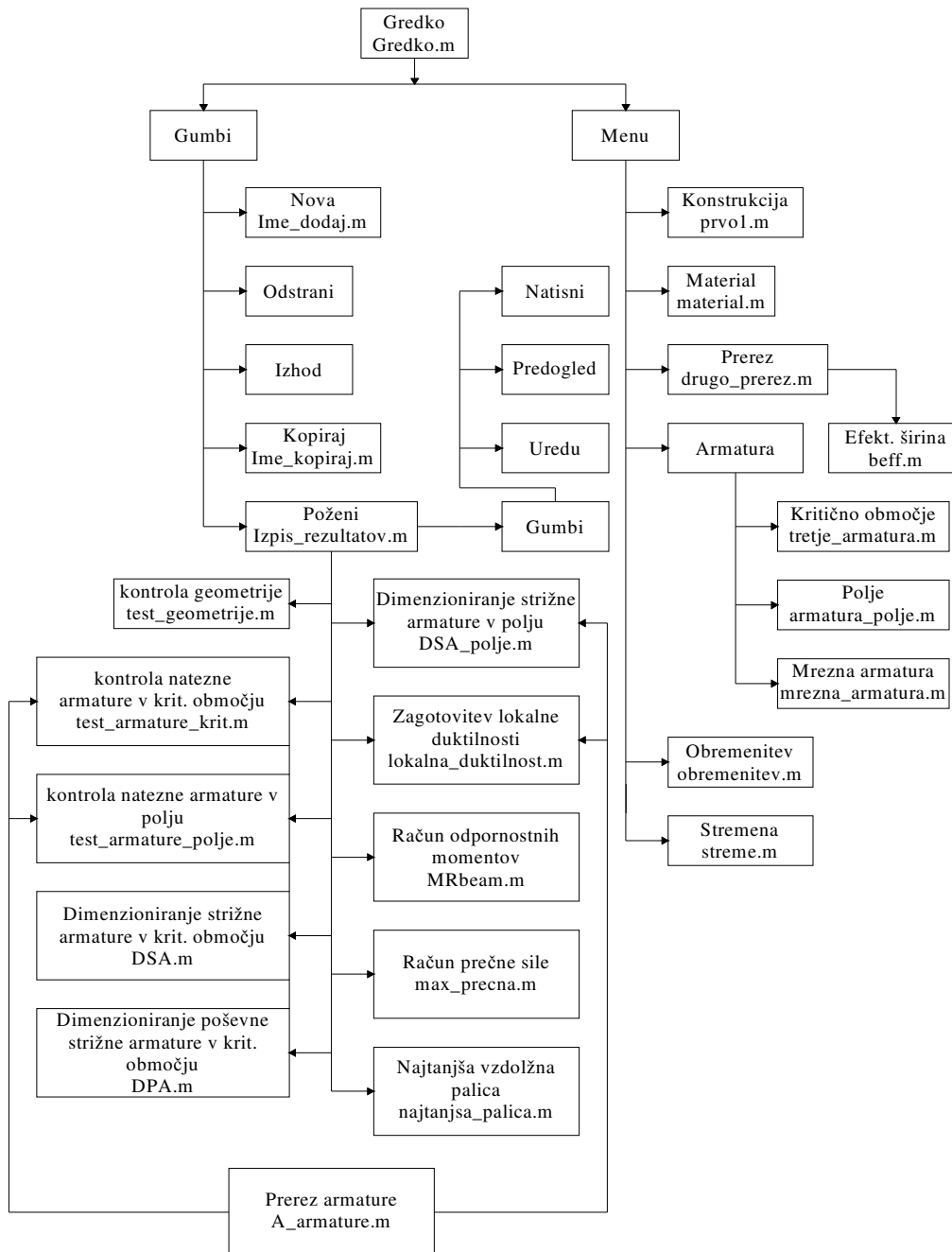
V naši strukturi *greda* je možno opaziti še dve lastnosti struktur in sicer uporaba dinamičnih imen polj strukture (*greda* = *struct(ime,struct(...))* ter vgnezdenje struktur. Pri dinamičnih imenih polj je polje definirano kot spremenljivka, ki tekom poganjanja programa dobi svojo vrednost. Na Sliki 6 so zapisi po vrsti označeni s številom ((1), (2), (3)), kar pa bi bilo v našem primeru nepregledno, saj lahko imamo več gred v analizi in če so le-te označene samo s številko, postane zadeva nepregledna. Zato sem se odločil za uporabo dinamičnih imen polj, kjer označujem zapise z imenom grede. Ko vnesemo ime grede, se gredi takoj priredi struktura z njenim imenom (npr. *greda.(greda1).dolžina*, kjer je *greda1* vneseno ime grede). Vgnezdenje strukture pa pomeni, da lahko znotraj strukture ustvarimo toliko novih "podstruktur", kolikor jih potrebujemo. V našem primeru so vgnezdene strukture prerez, armatura, obremenitve, dolžina in streme. V programu sta še posebej definirani strukturi materiali in konstrukcija, ki pa nista vezani na grede, ampak na celotno konstrukcijo. Sprememba materialnih karakteristik ali podatkov o konstrukciji v programu vpliva na vse obravnavane grede!



Slika 6: Grafični prikaz podatkov shranjenih v strukturi

5.4 Opis funkcij programa GREDKO

Na sliki 7 je organigram funkcij v programu Gredko za dimenzioniranje potresnoodpornih gred po EC8. Iz grafične predstavitve funkcij v programu je razvidna odvisnost funkcij v programu oziroma katera funkcija uporablja (kliče) katero funkcijo. V nadaljevanju pa so vse funkcije v programu tudi podrobno opisane.



Slika 7: Organigram funkcij v programu Gredko

5.4.1 Funkcija Gredko.m

Je glavna funkcija, s katero poženemo program. Odpre se nam glavno okno, v katerem najprej grede poimenujemo, lahko jih tudi kopiramo oz. brišemo iz seznama gred.

Preko menijev v orodni vrstici definiramo podatke o konstrukciji, kateri pripada greda (nihajni časi, tip konstrukcije...), o materialih karakteristikah grede, o geometrijskih karakteristikah samega prereza grede, o armaturi v gredi(definiramo armaturo na treh različnih mestih: v kritičnem območju – to je v območju sipanja potresne energije, kjer prihaja do plastificiranja armature, v izvenkritičnem območju – v polju grede, v AB plošči – v tlačni plošči, če je prisotna). V meniju Obremenitev podamo obremenitve, ki se pojavljajo v sami gredi in definiramo dolžino grede, v meniju Stremena pa določimo vrsto in dimenzije strižne armature.

V spodnjem delu pogovornega okna se nam sproti izrisuje greda in izpisuje nekaj ključnih podatkov o sami gredi, za lažjo grafično predstavo grede. Ko imamo podane vse vhodne podatke, z gumbom Poženi poženemo preverjanje vseh kriterijev zahtevanih pri potresnem dimenzioniranju in tudi samo strižno dimenzioniranje grede. Z gumbom Izhod program in pogovorno okno zapremo. Velja opozorilo, da z zapiranjem programa izgubimo vse vhodne podatke o vseh gredah.

Opis funkcije:

- V funkciji Gredko_OpeningFcn definiramo neko vzorčno (default) gredo, ki jo poimenujemo greda_testna, postavimo njene vhodne podatke na ničelne vrednosti, razen izbire stremen, materialne vrednosti pa priredimo na neke najbolj uporabljane vrednosti, tako, da je med samim vnašanjem vhodnih podatkov potrebno čim manj dela. Za stopnjo duktilnosti izberemo DCM, podamo pa tudi podatke o sami konstrukciji, ki so izbrani, ko odpremo meni iz menijske vrstice Konstrukcija. Definiramo tudi naslednje globalne spremenljivke : greda, materiali, ime, duktilnost, konstrukcija (z ukazom global). ;
- Funkcija seznam_gred_Callback določi, katera greda je izbrana na seznamu gred in nariše shemo grede v spodnjem delu okna. ;
- Funkcija pushbutton_nova_Callback (pritisk na gumb Nova) pokliče funkcijo Ime_dodaj (odpre se novo pogovorno okno, kjer vpišemo ime grede), doda ime na

seznam gred in novi gredi priredi vhodne podatke vzorčne(default) grede. Ponovno izriše gredo. ;

- Funkcija pushbutton_kopiraj_Callback (pritisk na gumb Kopiraj) prebere, katero gredo smo označili na seznamu gred, pokliče funkcijo Ime_kopiraj (odpre se novo okno, kjer imamo podano ime grede, ki jo želimo kopirati, vnesemo pa ime nove grede), doda ime na seznam gred in novi gredi priredi vhodne podatke kopirane grede. Ponovno izriše gredo. ;
- Funkcija pushbutton_izpis_Callback (pritisk na gumb Poženi) preveri, če je podanih nekaj ključnih vhodnih podatkov o gredi in potem pokliče funkcijo Izpis_rezultatov, ki je ena izmed pomembnejših funkcij, saj nam dimenzionira gredo po EC8 in izpiše rezultate. ;
- Funkcija odstrani_Callback (pritisk na gumb Odstrani) nam prebere, katero gredo smo označili v seznamu gred za brisanje in jo izbriše iz seznama gred. Aktivna greda postane greda nad izbrisano gredo (jo tudi izriše). ;
- Funkcija izhod_Callback zapre pogovorno okno. ;
- Funkcija menu_konstrukcija_Callback (pritisk na meni Konstrukcija) pokliče funkcijo prvo1, ki nam odpre novo okno, kjer definiramo karakteristike konstrukcije, ki ji greda pripada. Pomembno je, da ti parametri veljajo za vse grede iz seznama gred, torej ne moremo obravnavati gred iz različnih konstrukcij. ;
- Funkcija menu_material_Callback (pritisk na meni Material) pokliče funkcijo material, kjer definiramo materialne karakteristike grede. ;
- Funkcija menu_prerez_Callback (pritisk na meni Prerez) pokliče funkcijo drugo_prerez, ki nam odpre novo pogovorno okno, kjer definiramo geometrijske karakteristike grede. Osveži spodaj narisano shemo grede. ;
- Funkcija podmenu_arm_kriticno_Callback (pritisk na podmeni Kritično območje – meni Armatura) pokliče funkcijo tretje_armatura, ki nam odpre novo pogovorno okno, kjer definiramo vzdolžno armaturo znotraj kritičnega območja, t.j. na obeh konceh grede. Osveži spodaj narisano shemo grede. ;
- Funkcija podmenu_arm_polje_Callback (pritisk na podmeni Polje – meni Armatura) pokliče funkcijo armatura_polje, ki nam odpre novo pogovorno okno, kjer definiramo vzdolžno, mrežno in konstruktivno armaturo v polju grede, t.j. na ponavadi približno

na sredini grede, kjer se pojavljajo pozitivni upogibni momenti zaradi statične obtežbe.;

- Funkcija podmenu_mrez_armatura_Callback (pritisk na podmeni Mrežna armatura – meni Armatura) pokliče funkcijo mrežna_armatura, ki nam odpre novo pogovorno okno, kjer definiramo mrežno armaturo v plošči (če jo imamo) in pa konstruktivno armaturo, ki jo potrebujemo za samo izdelavo armature v gredi. ;
- Funkcija menu_obremenitev_Callback (pritisk na meni Obremenitev) pokliče funkcijo obremenitev, ki nam odpre novo pogovorno okno, kjer podamo obremenitve, ki se pojavljajo v gredi in pa svetlo dolžino grede. ;
- Funkcija menu_stremena_Callback (pritisk na meni Stremena) pokliče funkcijo streme, ki nam odpre novo pogovorno okno, kjer izberemo streme in določimo procent poševne strižne armature ter izberemo prerez palice, ki jo uporabimo kot poševno palico. ;
- Funkcija risanje shematsko nariše gredo, pripadajoča vozlišča in del sosednjih gred. Na obeh konceh nam izpiše zgornjo in spodnjo vzdolžno armaturo ter širino in višino grede. Na sredini grede nam na zgornjem robu izpiše ime grede, na spodnjem pa dolžino grede. Izpiše tudi vzdolžno armaturo sosednjih gred, ki imajo skupno vozlišče z obravnavano gredo. Če sosednje grede oz. gred ni, nam ne izpiše nič.

5.4.2 Funkcija Izipis_rezultatov.m

To je funkcija, ki je jedro tega programa. Kličemo jo iz funkcije Gredko.m. Ko imamo zbrane vse vhodne podatke o gredi, ki jih potrebujemo za kontrolo vseh kriterijev potresnega dimenzioniranja, lahko kontrolo teh kriterij tudi izvedemo in dimenzioniramo strižno armaturo na podlagi le teh. En del funkcije predstavlja računsko-matematične operacije, drugi del funkcije pa nam zagotavlja prijazen grafični izpis večine pomembnih podatkov v taki obliki, da je izpis pregleden. Možno pa je tudi samo tiskanje tega grafičnega izpisa tako v tiskani kot tudi v elektronski obliki.

Opis funkcije:

- Kot prvi kriterij preverimo kontrolo geometrije. Kličemo funkcijo test_geometrije, ki ima dva vhodna parametra: duktilnost in prerez grede, in izhodni parameter, to pa je

- sama vrednost funkcije, ki je lahko true ali false. Izpolnjenost pogoja geometrije je razvidna tudi na grafičnem izpisu. ;
- Drugi kriterij, ki ga kontroliramo, je kontrola natezne vzdolžne armature v kritičnem območju. Funkcija, ki nam to naredi, se imenuje test armature krit, ki ima tri vhodne parametre : vzdolžna armatura, prerez grede in uporabljeni materiali. Izhodni parameter je eden, ki nam pove izpolnjenost pogojev za natezno armaturo. Vrednost, ki jo parameter lahko zavzame pa je true oz. false. Podobno kot zgoraj, je tudi tukaj izpolnjenost pogoja razvidna na grafičnem izpisu. ;
 - Tretji kriterij nam zagotavlja zadostno natezno armaturo v polju grede. Funkcija test armature polje nam ta pogoj preveri in ima naslednje vhodne parametre : vzdolžna armatura, prerez grede, uporabljeni materiali in stopnjo duktilnosti. Izhodni parameter je spet kar sama vrednost funkcije, ki zavzame vrednost true oz. false. Izpolnjenost pogoja natezne armature v polju je razvidna na grafičnem izpisu. ;
 - V kritičnem območju moramo zagotoviti zadostno lokalno duktilnost. Ta pogoj nam preveri funkcija z imenom lokalna duktilnost, ki ima naslednje vhodne parametre : prerez grede, vzdolžna armatura, uporabljeni materiali, faktor duktilnosti za ukrivljenost. Izhodna parametra pa sta : izpolnjenost pogoja maksimalnega deleža natezne armature in pogoj tlačne armature v kritičnem območju. Ob izpolnjevanju pogojev zavzameta izhodna parametra vrednost true, v nasprotnem pa vrednost false. Izpolnjenost pogojev je razvidna na grafičnem izpisu. ;
 - Za izračun negativnih in pozitivnih upogibnih nosilnosti sem uporabil funkcijo MRbeam.m, ki zahteva vhodne podatke pripravljene v določeni obliki. Vhodni podatki funkcije MRbeam.m so: prerez grede, vzdolžna armatura grede in uporabljeni materiali. Upošteval sem možnost različnosti geometrijskih karakteristik prereza na levi in desni strani grede, kar je razvidno že pri vnosu vhodnih podatkov o prerezu grede. Material je po celi gredi enoten, le podatke je potrebno pripraviti v pravilni matrični obliki. Pri računu upogibnih nosilnosti je potrebno upoštevati tako armaturo v tlačni plošči, kot tudi konstruktivno armaturo, ki je dodana za samo izvedbo. Če je armatura v plošči v obliki mrežne armature, jo "pretopimo" v eno palico takšnega prereza, ki ustreza prerezu mrežne armature znotraj učinkovite sodelujoče širine plošče. Če je armatura v plošči v obliki palic, pa jo upoštevamo kot konstruktivno armaturo. Vse tri vrste armature pripravimo v eni skupni matriki, ki je potrebna kot vhodni

podatek za funkcijo MRbeam.m (za to uporabim vgrajeno funkcijo *cat*, ki nam omogoča združevanje matrik po dimenzijah). Funkcija MRbeam.m nam poleg upogibnih nosilnosti poda tudi deformacije v prerezu in osno silo, ki pripada upogibni nosilnosti. Za kontrolo vzdolžnega dimenzioniranja izračunamo tudi izkoristek vzdolžne upogibne armature, ki je razmerje med projektnim upogibnim momentom iz analize in upogibno nosilnostjo. Z *if* stavkom izberemo primerjavo momentov ustreznih predznakov. Izkoristek izračunamo za levi in desni konec grede. ;

- Za projektne prečne sile v gredah moramo uporabiti pravilo načrtovanja nosilnosti. Funkcija max_precna.m nam izračuna absolutno največjo, maksimalno in minimalno prečno silo, ki se lahko pojavi pri potresni obremenitvi. Vhodni podatki funkcije so: upogibne nosilnosti na obeh konceh grede, dolžina grede, maksimalna in minimalna prečna sila iz potresnega projektnega stanja in stopnja duktilnosti. Da dobimo merodajno prečno silo za dimenzioniranje, preverimo tudi prečno silo, ki se pojavi pri trajnem statičnem projektnem stanju. ;
- Pri računu upogibnih nosilnosti v polju grede je prav tako potrebno upoštevati armaturo v tlačni plošči, kot tudi konstruktivno armaturo, ki je dodana za samo izvedbo. Če je armatura v plošči v obliki mrežne armature, jo "pretopimo" v eno palico takšnega prereza, ki ustreza prerezu mrežne armature znotraj efektivne sodelujoče širine plošče. Če pa je armatura v plošči v obliki palic, jo upoštevamo kot konstruktivno armaturo. Vse tri vrste armature pripravimo v eni skupni matriki, ki je potrebna kot vhodni podatek za funkcijo MRbeam.m (za to uporabim vgrajeno funkcijo *cat*, ki nam omogoča združevanje matrik po dimenzijah). Ko imamo izračunano upogibno nosilnost v polju grede, lahko na osnovi upogibnih momentov iz analize z izračunom izkoristka kontroliramo dimenzioniranje vzdolžne armature. ;
- Dimenzioniranje strižne armature pa poteka po postopku za račun in preverjanje strižne nosilnosti v skladu z EC2. .

Pri računu razdalje med stremeni potrebujemo podatek o najtanjši palici vzdolžne nosilne armature. Tu je ločenost konstrukcijske, mrežne in nosilne armature velikega pomena. V nasprotnem bi bila v večini primerov najverjetneje najtanjša palica vzdolžne armature palica konstruktivne armature.

Pri stopnji duktilnosti DCM so sami pogoji dimenzioniranja precej blažji kot pri stopnji duktilnosti DCH.

- Opis dimenzioniranja pri DCM :
Strižno nosilnost prereza lahko zagotavljamo s stremeni ali poševno krivljenimi palicami, zato maksimalno prečno silo procentualno razdelimo na prečno silo, ki jo bomo prenašali s stremeni in prečno silo, katero bomo prenašali s poševno armaturo. Procent stremenske armature določimo pri vnosu podatkov o stremenih (default je nastavljen na 100%). Razdalja kritičnega območja se določi na osnovi višine grede in se izračuna kot $2h_w$.
- Funkcija DSA.m nam dimenzionira stremensko armaturo. Funkcija ima naslednje vhodne parametre : stremenska prečna sila; največja prečna sila na katero dimenzioniramo; prerez stremen; koliko strižno streme; karakteristična tlačna trdnost betona; širina grede; statična višina; karakteristična natezna trdnost stremen; višina grede; najtanjša palica vzdolžne armature in stopnja duktilnosti. Izhodni podatki, ki nam jih funkcija nudi pa so: razmak med stremeni v kritičnem območju, prerez dodatne vzdolžne armature, parameter v , nosilnost betonskih diagonal $V_{RD,max}$.
- V primeru, ko za strižno armiranje uporabimo tudi poševno armaturo, za dimenzioniranje poševno krivljenih palic uporabimo funkcijo DPA.m, ki ima naslednje vhodne podatke: del prečne sile, ki jo premagujemo s poševno armaturo; statično višino prereza; karakteristično natezno trdnostjo poševne armature; prerez palic poševne armature in stopnjo duktilnosti. Funkcija pa nam izračuna naslednje vrednosti: število poševno krivljenih palic na tekoči meter, skupni prerez poševne armature in razdaljo med poševno krivljenimi palicami.
- Funkcija DSA_polje.m je podobna funkciji DSA.m, le da je v DSA_polje.m račun narejen točno po postopku EC2 in se v primeru zadostne strižne nosilnosti betonskega prereza predpostavi minimalna strižna armatura. V nasprotnem strižno armaturo dimenzioniramo na celotno prečno silo – ne upoštevamo nosilnosti betona. Vhodni parametri za funkcijo so: prečna sila v polju grede, prerez stremen, koliko strižno streme, karakteristična tlačna trdnost betona, širina prereza grede, statična višina prereza, karakteristična natezna trdnost stremenske armature in vzdolžna armatura v polju. Rezultat funkcije je razdalja med stremeni in prerez dodatne vzdolžne armature v polju, zaradi delovanja strižnega paličja.

- Opis dimenzioniranja pri DCH :

Pri stopnji DCH pa je način oblikovanja strižne armature v kritičnih območjih odvisen od razmerja med maksimalno in minimalno prečno silo določeno po metodi načrtovanja nosilnosti. Če je ta vrednost večja ali enaka od -0.5, se račun strižne armature izvede po EC2 oz. kot pri stopnji duktilnosti DCM.

Strižno nosilnost prereza lahko zagotavljamo s stremeni ali poševno krivljenimi palicami, zato maksimalno prečno silo procentualno razdelimo na prečno silo, katero bomo prenašali s stremeni in prečno silo, ki jo bomo prenašali s poševno armaturo. Procent stremenske armature določimo pri vnosu podatkov o stremenih (default je nastavljen na 100%). Razdalja kritičnega območja se določi na osnovi višine grede in se izračuna kot $2h_w$.

- Funkcija DSA.m nam dimenzionira stremensko armaturo. Funkcija ima naslednje vhodne parametre : stremenska prečna sila, največja prečna sila na katero dimenzioniramo, prerez stremen, koliko strižno streme, karakteristična tlačna trdnost betona, širina grede, statična višina, karakteristična natezna trdnost stremen, višina grede, najtanjša palica vzdolžne armature in stopnja duktilnosti. Izhodni podatki, ki nam jih funkcija nudi pa so: razmak med stremeni v kritičnem območju, dodatna vzdolžna armatura, parameter v in nosilnost betonskih diagonal $V_{RD,max}$.
- V primeru, ko za strižno armiranje uporabimo tudi poševno armaturo, za dimenzioniranje poševno krivljenih palic uporabimo funkcijo DPA.m, ki ima naslednje vhodne podatke: del prečne sile, ki jo premagujemo s poševno armaturo, statično višino prereza, karakteristično natezno trdnostjo poševne armature, prerez palic poševne armature in stopnjo duktilnosti. Funkcija pa nam izračuna naslednje vrednosti: število poševno krivljenih palic na tekoči meter, skupni prerez poševne armature in razdaljo med poševno krivljenimi palicami.
- Če je razmerje med maksimalno in minimalno prečno silo določeno po metodi načrtovanja nosilnosti manjše od -0.5, moramo preveriti dodatni kriterij $|V_{E,max}| \leq (2+\zeta) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d$. Če je pogoj izpolnjen, se račun strižne nosilnosti izvede na način, ki je opisan zgoraj.
- Če pogoj ni izpolnjen, strižno silo razdelimo na dva dela in polovico prevzamemo s stremeni, polovico pa s poševno armaturo. Funkcija DSA.m nam dimenzionira stremensko armaturo. Dimenzioniranje poševne armature pa v tem primeru ne

izvedemo s funkcijo DPA.m, ampak jo iz vrednotimo iz pogoja $0.5 \cdot V_{E,max} \leq 2 \cdot A_{sd} \cdot f_{yd} \cdot \cos \alpha$. Poševno armaturo postavimo pod kotom 45° ($\alpha=45^\circ$). Število palic in razmak palic izračunamo na tekoči meter. Strižno armaturo v polju pa izračunamo z že zgoraj poznano funkcijo DSA_polje.

- Funkcija DSA_polje.m je podobna funkciji DSA.m, le da je v DSA_polje.m račun narejen točno po postopku EC2 in se v primeru zadostne strižne nosilnosti betonskega prereza predpostavi minimalna strižna armatura. V nasprotnem strižno armaturo dimenzioniramo na celotno prečno silo – ne upoštevamo nosilnosti betona. Vhodni parametri za funkcijo so: prečna sila v polju grede, prerez stremen, koliko strižno streme, karakteristična tlačna trdnost betona, širina prereza grede, statična višina prereza, karakteristična natezna trdnost stremenske armature in vzdolžna armatura v polju. Rezultat funkcije je razdalja med stremeni in prerez dodatne vzdolžne armature v polju, zaradi delovanja strižnega paličja.
- Grafika :
Za grafični prikaz sem uporabil pogovorno okno oz. okno grafičnega vmesnika. Ko zaženem funkcijo Izpis rezultatov.m, mi funkcija Izpis rezultatov OpeningFcn (funkcija, ki se poženi preden okno postane vidno) najprej dimenzionira, kar je opisano zgoraj, nato pa v samo okno izpiše rezultate. Z ukazom *text* izpišem vse podatke, uporabim le vgrajene ukaze za določanje lastnosti samega teksta. Na osnovi izkoristka v okno vpišem izpolnjevanje (OK) ali neizpolnjevanje pogoja (NI OK).
- Funkcija vredn_Callback (pritisk na gumb Uredi) mi zapre pogovorno okno.
- Funkcija predogled_Callback (pritisk na gumb Predogled) mi prikaže predogled tiskanja. Nastavim velikost papirja, orientacijo lista in avtomatsko poravnavo izpisa na list.
- Funkcija natisni_Callback (pritisk na gumb Natisni) najprej nastavi velikost papirja, orientacijo lista, avtomatsko poravnavo izpisa na papir, okno za nastavitve tiskalnika in njegovih lastnosti, potem pa natisne grafični izpis brez elementov grafičnega vmesnika (v našem primeru brez gumbov Uredi, Predogled in Natisni). Na koncu mi zapre okno z grafičnim izpisom.

5.4.3 Funkcija Ime_dodaj.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in nam prikaže pogovorno okno z eno vnosno vrstico in dvema gumboma. Z miško kliknemo v vnosno vrstico in vnesemo ime (naziv) grede. Pri tem moramo paziti le, da je prvi znak imena črka in ne številka. Vnos nove grede v program potrdimo s pritiskom na gumb Vredu, dejanje pa prekličemo s pritiskom gumba Prekliči. Vnos nove grede je viden na seznamu gred, hkrati pa dobimo dostop do gumbov Kopiraj, Poženi in Odstrani.

Opis funkcij:

- Funkcija ime_grede_Callback nam prebere vneseno ime iz vnosne vrstice in ga shrani v strukturo handles. ;
- Funkcija preklici_Callback nam brez shranjevanja imena zapre pogovorno okno. ;
- Funkcija vredu_Callback pa globalni spremenljivki *ime* priredi ime iz handles strukture (objekta). Nato zapre pogovorno okno. .

5.4.4 Funkcija Ime_kopiraj.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in nam prikaže pogovorno okno z eno vnosno vrstico in dvema gumboma. Pod vnosno vrstico se nam izpiše podatek, katera greda je bila izbrana za kopiranje. Gredo, ki jo želimo kopirati, moramo predhodno označiti na seznamu gred. Funkcija ima en vhodni parameter in to je ime označene grede na seznamu gred. Z miško kliknemo v vnosno vrstico in vnesemo ime (naziv) grede. Pri tem moramo paziti le, da je prvi znak imena črka in ne številka. Vnos nove grede v program potrdimo s pritiskom na gumb Kopiraj, dejanje pa prekličemo s pritiskom gumba Prekliči. Vnos nove (kopije) grede je viden na seznamu gred.

Opis funkcij:

- Funkcija Ime_kopiraj_OpeningFcn vhodni spremenljivki (imenu označene grede) priredi novo handles strukturo spremenljivko, hkrati pa nam zagotovi izpis imena izbrane grede v pogovornem oknu. ;
- Funkcija ime_grede_Callback nam prebere vneseno ime iz vnosne vrstice in ga shrani v strukturo handles. ;
- Funkcija preklici_Callback nam brez shranjevanja imena zapre pogovorno okno. ;

- Funkcija kopiraj_Callback pa globalni spremenljivki *ime* priredi ime iz handles strukture (objekta). Nato zapre pogovorno okno. .

5.4.5 Funkcija prvo1.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in jo požnemo s pritiskom na meni Konstrukcija. Naloga te funkcije je iz vrednotiti vrednost globalnega parametra faktorja duktilnosti za ukrivljenost μ_{ϕ} , ki ga v nadaljnjem upoštevamo za merilo lokalne duktilnosti. Prikaže se pogovorno okno, kjer določimo podatke o konstrukciji, kateri pripadajo naše grede. Te vrednosti veljajo za vse obravnavane grede in jih ni možno nastavljanje za vsako gredo posebej (obravnavamo lahko samo grede ene konstrukcije). Podatki, ki jih vnesemo so: vrednost faktorja α_u/α_1 , stopnja duktilnosti, tip konstrukcije in nihajni časi. Vse skupaj potrdimo z gumbom Vredu ali pa prekličemo z gumbom Prekliči.

Opis funkcij :

- Ko funkcijo požnemo in se nam prikaže pogovorno okno, je najprej potrebno nastavljene vrednosti vhodni parametrov tudi grafično prikazati. To naredimo s funkcijo prvo1_OpeningFcn, ki nam najprej preveri stopnjo duktilnosti in aktivira radijski gumb nastavljene stopnje duktilnosti (DCM ali DCH). Prav tako nam aktivira radijske gumbe za nastavljene vrednosti faktorja α_u/α_1 in tipa konstrukcije. Vrednosti za osnovni nihajni čas T_1 in zgornjo mejo nihajnega časa T_c nam vpiše v vnosni vrstici, kjer lahko vrednosti teh časov potem tudi spreminjamo. Vrednosti vhodnih parametrov, ki so shranjeni v globalni strukturi *konstrukcija*, prenesemo v handles strukturo, s katero potem operiramo znotraj funkcije prvo1.m. ;
- Funkcija vredu_Callback reagira na pritisk na gumb Vredu in najprej v odvisnosti od stopnje duktilnosti in nato še od tipa konstrukcije izračuna vrednost spremenljivke q_0 . Vrednost q_0 je pri nekaterih tipih konstrukcije odvisna od faktorja α_u/α_1 , pri nekaterih pa je kar numerično določena. Faktor duktilnosti za ukrivljenost μ_{ϕ} je odvisen tudi od razmerja osnovnega nihajnega časa in zgornjo mejo nihajnega časa. Če je vrednost osnovnega nihajnega časa večja ali enaka zgornji meji nihajnega časa, se faktor μ_{ϕ} iz vrednoti po enem izrazu, v nasprotnem pa se uporabi drugi izraz. Kot sem zgoraj že omenil, je faktor μ_{ϕ} (mifi) globalna spremenljivka. Vse vrednosti handles strukture, ki smo jih znotraj funkcije prvo1.m spreminjali ali pa tudi ne, prenesemo v globalno

strukturo *konstrukcija*. Tega ne počnemo sproti med spreminjanjem posameznih parametrov, ker če pritisnemo gumb Prekliči (ne želimo sprememb parametrov), podatki o konstrukciji ostanejo nespremenjeni. S sprotnim shranjevanjem sprememb v globalni strukturi konstrukcija bi lahko dobili mešanico napačnih podatkov. Na koncu pogovorno okno zapremo. ;

- Funkcija preklici_Callback zapre pogovorno okno in ne shrani nobenih sprememb. ;
- Funkcija unitgroup_SelectionChangeFcn se aktivira v primeru, ko spreminjamo stopnjo duktilnosti (spreminjamo aktivnost radijskih gumbov) in shrani podatke v handles strukturo. ;
- Funkcija tip_konstrukcije_SelectionChangeFcn se podobno kot zgoraj aktivira ob spremembi tipa konstrukcije (spreminjanje aktivnosti radijskih gumbov) in v handles strukturo shrani podatek o tipu konstrukcije. ;
- Funkcija t1_Callback prebere podatek iz vnosne vrstice za osnovni nihajni čas. Podatek najprej pretvorimo in preverimo, če je vneseni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o osnovnem nihajnem času shranimo v handles strukturo. Podatke, ki jih pridobivamo iz vnosnih vrstic ali jih želimo izpisovati, so oz. morajo biti *tipa string*. Za matematično operiranje s podatki moramo *string tip* pretvoriti v *double tip*. ;
- Funkcija tc_Callback je glede delovanja identična funkciji t1_Callback. Pridobivamo in shranjujemo podatek o zgornji meji nihalnega časa. ;
- Funkcija faktorja_SelectionChangeFcn se aktivira v primeru, ko spreminjamo vrednosti faktorja α_u/α_1 (spreminjamo aktivnost radijskih gumbov) in shrani podatke v handles strukturo. Če izberemo zadnjo možnost, se nam aktivira vnosna vrstica, kamor lahko vpišemo točno vrednost faktorja α_u/α_1 . ;
- Funkcija izracun_Callback prebere podatek iz vnosne vrstice za faktor α_u/α_1 . Podatek najprej pretvorimo in preverimo, če je vneseni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o faktorju α_u/α_1 shranimo v handles strukturo. .

5.4.6 Funkcija material.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in jo sprožimo s pritiskom na meni Material. V tem pogovornem oknu vnesemo materialne karakteristike za beton in armaturno jeklo. Pri betonu definiramo razred tlačne trdnosti f_{ck} in materialni varnostni faktor za beton γ_C , pri jeklu pa razred natezne trdnosti vzdolžne armature f_{yk} , razred natezne trdnosti strižne armature f_{ywk} , materialni varnostni faktor za jeklo γ_S , elastični modul jekla E_s in razred natezne trdnosti mrežne armature MA. Razred trdnosti betona in jekla lahko izbiramo iz visečih seznamov, medtem ko imamo za določitev ostalih vrednosti vnosne vrstice.

Opis funkcij:

- V funkciji material_OpeningFcn najprej nastavimo vrednosti posameznih grafičnih elementov pogovornega okna na nastavljene vrednosti vhodnih parametrov (ko se odpre okno, imamo pravilne vrednosti izpisane). Ker uporabljamo viseče sezname (in ne vnosne vrstice), ne moremo direktno vstaviti nastavljenih vrednosti, ampak moramo nastaviti indeks vrednosti s seznama, ki ustreza nastavljeni vrednosti. Pomagamo si s *switch* in *case* stavkom. Za pravilno grafično ponazoritev nastavljenih vrednosti uporabimo način indeksiranja pri razredu tlačne trdnosti betona ter razredu nateznih trdnosti vzdolžne, strižne in mrežne armature. Vrednosti za varnostne faktorje in elastični modul pa lahko nastavimo direktno v lastnosti vnosnih vrstic. Vse vrednosti globalne strukturne spremenljivke materiali prenesemo v handles strukturo, s katero upravljamo znotraj funkcije material.m. ;
- Funkcija MA_Callback se požene, ko iz visečega seznama izberemo mrežno armaturo in nam v handles strukturo shrani karakteristično natezno trdnost v MPa. ;
- Funkcija fck_Callback je zelo podobna kot zgoraj opisana funkcija in se požene, ko iz visečega seznama izberemo razred trdnosti betona. V handles strukturo se shrani vrednost v MPa. ;
- S funkcijo gamac_Callback vnesemo v program materialni varnostni faktor za beton. Podatek preberemo iz vnosne vrstice, pretvorimo in preverimo, če je vneseni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o varnostnem faktorju shranimo v handles strukturo. ;
- Funkcija fyk_Callback se požene, ko iz visečega seznama izberemo razred vzdolžne armature in nam v handles strukturo shrani karakteristično natezno trdnost v MPa. ;

- Funkcija fywk_Callback se požene, ko iz visečega seznama izberemo razred strižne armature in nam v handles strukturo shrani karakteristično natezno trdnost v MPa. ;
- Z funkcijo gama_s_Callback preberemo iz vnosne vrstice podatek o materialnem varnostnem faktorju za jeklo. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vneseni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o varnostnem faktorju shranimo v handles strukturo. ;
- Funkcija Es_Callback deluje na identičen princip kot zgoraj opisana funkcija. S to funkcijo dobimo podatek o elastičnem modulu jekla. ;
- Funkcija vredu_Callback priredi globalni strukturni spremenljivki *materiali* vrednosti iz handles strukture. V "odpiralni" funkciji smo naredili obratno potezo, tako da se nam v primeru ne spreminjanja parametrov znotraj funkcije materiali.m nastavljene vrednosti ohranijo. Na koncu funkcija pogovorno okno tudi zapre. .

5.4.7 Funkcija drugo_prerez.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in jo sprožimo s pritiskom na meni Prerez. Ta funkcija nam vnese vse potrebne geometrijske podatke prereza grede, ki jih potrebujemo za potresno analizo grede, razen same dolžine grede. Funkcija je napisana tako, da lahko imamo na konceh gred različne prereze in ostale karakteristike gred. Ker pa imamo v praksi ponavadi enake prereze gred na obeh straneh, nam tudi sama funkcija pri prerezu na desni strani privzema lastnosti prereza na levi strani. Torej, ko vnesemo npr. širino grede na levem koncu, se nam širina grede na desnem koncu avtomatsko prenese. Vse vrednosti je možno seveda tudi ročno spreminjati. Višina plošče, ali je steber zunanji ali notranji, ali imamo gredo v prečni smeri ali ne, ti podatki so potrebni za izračun efektivne sodelujoče širine grede, ki je potrebna za izračun deleža armature plošče znotraj te širine in je potreben pri potresnih kriterijih kot tudi pri izračunu upogibne nosilnosti. Pri širini stebra je potrebno vnesti širino stebra, v katerega se greda vpenja, prav tako pa ekscentričnost osi pomeni ekscentričnost osi grede glede na os stebra, v katerega se greda vpenja (biti mora omejena). Potrditev podatka o zunanjem stebri pomeni, da obravnavamo gredo, ki je vpeta v zunanji steber. Potrditev podatka greda v prečni smeri pomeni, da imamo v smeri pravokotno na obravnavano gredo tudi gredo, ki je pomembna za določitev efektivne sodelujoče širine. Vpisane vrednosti se nam sproti shranjujejo v globalno strukturno spremenljivko.

Opis funkcij:

- Funkcija drugo_prerez_OpeningFcn (se zažene, še preden postane okno vidno) ob prikazu ponastavi vrednosti v pogovornem oknu na nastavljene vrednosti. Če je podana višina prereza grede (je večja od nič), potem preberemo in prikažemo nastavljene vrednosti, v nasprotnem pa pustimo vnosne vrstice (da ne zgubljam časa z brisanjem ničel) in opsijske elemente prazne. V primeru, da nimamo plošče, vrednosti tudi ne vnašamo, vendar na koncu potrebujemo vrednost pri prenosu iz handles strukture v globalno strukturno spremenljivko. Za ta primer v handles strukturi nastavimo višino plošče na 0. ;
- Funkcija l_hpl_Callback se požene ob vnosu višine plošče na levi strani grede. Vnos se pretvori v tip *double* in preverimo ali je vnos število. Če vnos ni število, se izpiše opozorilno okno in funkcija se zaključi. V nasprotnem, se vnesena višina plošče na levi in desni strani shrani v globalno strukturno spremenljivko. Vrednost višine plošče na levem koncu grede se prikaže tudi v vnosni vrstici za desni konec grede. Ker je efektivna sodelujoča širina plošče odvisna od višine plošče, moramo efektivno sodelujočo širino plošče modificirati. To naredimo s funkcijo beff.m, ki ima štiri vhodne parametre, vrne pa nam efektivno sodelujočo širino plošče, ki jo nato prikažemo v pogovornem oknu in shranimo v globalno strukturno spremenljivko za oba konca grede. ;
- S funkcijo l_bw_Callback preberemo iz vnosne vrstice podatek o širini grede na levem koncu. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vneseni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Širini grede na desnem koncu priredimo vrednost širine grede na levem koncu. Podatek o širini grede za prereza na obeh koncih shranimo v globalno strukturno spremenljivko. ;
- Funkcija l_hw_Callback je identična zgoraj opisani funkciji, le da tukaj vnašamo podatek o višini grede na levem koncu. Višino grede na levem koncu pa prav tako priredimo višini na desnem koncu. ;
- Funkcija l_d_Callback je identična funkciji l_bw_Callback, s tem da pri tej funkciji vnašamo podatek o statični višini prereza grede na levem koncu. Za desni konec grede priredimo vrednost iz levega konca grede. ;
- Funkcija l_bc_Callback se požene ob vnosu širine stebra, v katerega je na levi strani vpeta greda. Vnos se pretvori v tip *double* in preverimo ali je vnos število. Če vnos ni

število, se izpiše opozorilno okno in funkcija se zaključi. V nasprotnem se vnesena širina stebra na levi in prirejena širina na desni strani shrani v globalno strukturno spremenljivko. Vrednost širine stebra na levem koncu grede se prikaže tudi v vnosni vrstici za desni konec grede. Ker je efektivna sodelujoča širina plošče odvisna od širine stebra, moramo efektivno sodelujočo širino plošče modificirati. To naredimo s funkcijo beff.m, ki ima štiri vhodne parametre, vrne pa nam efektivno sodelujočo širino plošče, ki jo nato prikažemo v pogovornem oknu in shranimo v globalno strukturno spremenljivko za oba konca grede. ;

- Funkcija poz_stebra_Callback se požene, ko potrdimo oz. zberemo opcijo za zunanji steber. Vrednost tega parametra shranimo v globalno strukturno spremenljivko. Ker je efektivna sodelujoča širina plošče odvisna od vpetosti grede v zunanji ali notranji steber, moramo efektivno sodelujočo širino plošče modificirati, kar naredimo s funkcijo beff.m. ;
- Funkcija precna_greda_Callback se požene, ko potrdimo oz. zberemo opcijo za greda v prečni smeri. Vrednost tega parametra shranimo v globalno strukturno spremenljivko in poženemo funkcijo beff.m na zgoraj opisan način. Razlika je, da pri opcijah za zunanji steber in gredo v prečni smeri efektivno širino grede izvednotimo samo za levi konec grede. ;
- Funkcija d_hpl_Callback se požene pri vnosu višine plošče prereza na desnem koncu grede in je identična l_hpl_Callback, le da vse vrednosti vrednotimo in shranjujemo samo za desni konec grede (ni povezave z levim koncem grede). ;
- Funkcija d_bw_Callback se požene pri vnosu širine stebra, v katerega je greda vpeta na desnem koncu in je identična l_bw_Callback, le da vse vrednosti shranjujemo samo za desni konec grede (ni povezave z levim koncem grede). ;
- Funkcija d_hw_Callback se požene pri vnosu višine prereza na desnem koncu grede in je identična l_hw_Callback, le da vrednosti shranjujemo samo za desni konec grede (ni povezave z levim koncem grede). ;
- Funkcija d_d_Callback se požene pri vnosu statične višine prereza na desnem koncu grede in je identična l_d_Callback, le da vrednosti shranjujemo samo za desni konec grede (ni povezave z levim koncem grede). ;
- Funkcija d_bc_Callback se požene ob vnosu širine stebra, v katerega je na desni strani vpeta greda. Vnos se pretvori v tip *double* in preverimo, ali je vnos število. Če vnos ni

- število, se izpiše opozorilno okno in funkcija se zaključi. V nasprotnem se vnesena širina stebra na desni strani shrani v globalno strukturno spremenljivko. Ker je učinkovita sodelujoča širina plošče odvisna od širine stebra, moramo učinkovito sodelujočo širino plošče modificirati, kar naredimo s funkcijo beff.m. ;
- Funkcija poz_stebra_d_Callback je identična zgoraj opisani funkciji poz_stebra_Callback, le da se vse vrednosti nanašajo na desni konec grede. ;
 - Tudi funkcija precna_greda_d_Callback je identična zgoraj opisani funkciji precna_greda_Callback, le da se vse vrednosti nanašajo na desni konec grede. ;
 - Funkcija d_eksc_Callback prebere iz vnosne vrstice podatek o ekscentričnosti osi grede glede na os stebra na desnem koncu. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vneseni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o ekscentričnosti grede za desni konec shranimo v globalno strukturno spremenljivko. ;
 - S funkcijo l_eksc_Callback iz vnosne vrstice preberemo podatek o o ekscentričnosti osi grede glede na os stebra na levem koncu. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vneseni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Ekscentričnosti grede na desnem koncu priredimo vrednost ekscentričnosti grede na levem koncu. Podatek o ekscentričnosti grede na obeh koncih shranimo v globalno strukturno spremenljivko. .

5.4.8 Funkcija tretje_armatura.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in jo sprožimo s pritiskom na meni Armatura, podmeni Kritično območje. Pri armiranju gred moramo biti natančni. Že majhne spremembe pri prerezu armature ali spremembe njene lokacije povzročijo pomembne spremembe pri samem računu, zato je pogovorno okno oz. funkcija napisana tako, da je vnos armiranja grede čimbolj nazorno prikazan in da so možne hitre korekcije. Na visečem seznamu preprosto izberemo premer oz. Φ palice, v okence kom. napišemo število palic izbranega premera, v okence ročica pa vpišemo razdaljo od spodnjega roba betonskega prereza do osi palic armature. Vnos potrdimo s pritiskom na gumb Dodaj. Pri pravilnem vnosu se morajo vnosni podatki izpisati v seznamu armaturnih palic. Za naslednji vnos armaturnih palic postopek ponovimo. Če želimo katero izmed vrstic iz seznama armaturnih palic zbrisati, je potrebno na seznamu armaturnih palic to vrstico označiti, potem pa pritisniti gumb Odstrani. Pogovorno

okno je razdeljeno na dva dela, in sicer na kritično območje na levem koncu grede in kritično območje na desnem koncu grede. Za vsako kritično območje posebej vnesemo natezno in posebej tlačno vzdolžno armaturo. Tako je vsa zadeva bolj pregledna in možnost napak je manjša. Ko je vsa vzdolžna armatura vnesena, s pritiskom na gumb Vredu vnos potrdimo in zapremo pogovorno okno.

Opis funkcij:

- Funkcija tretje_armatura.m je napisana na takšen način, da vhodne parametre, ki jih znotraj podfunkcij pridobivamo iz vnosnih vrstic, shranjujemo v handles strukturo (ki je aktivna samo znotraj funkcije tretje_armatura), s pritiskom na gumb Dodaj pa vse vnešene podatke iz handles strukture prenesemo v globalno strukturo spremenljivko, kjer so podatki dostopni tudi ostalim funkcijam. ;
- Funkcija tretje_armatura_OpeningFcn služi predvsem za pravilni grafični prikaz nastavljenih podatkov, s tem pa mislim na prikaz že vnesene armature v seznamu armaturnih palic. Če želimo vnesti armaturno palico fi 6, iz visečega seznama ni potrebno izbirati premer palice (je že nastavljena), zato se tudi funkcija, ki bi ta podatek shranila v handles strukturo, ni sprožila, je potrebno na začetku te vrednosti definirati (nastaviti na palico fi 6). Naslednja naloga je prikazati armiranje grede na seznam armaturnih palic. Če imamo v strukturi že shranjeno kakšno armaturno palico (število palic je večje od 0), potem najprej preštejemo vrstice v zapisu, nato pa ustvarimo matrični seznam z eno palico. Če imamo v zapisu več vrstic, potem matričnemu zapisu z eno vrstico dodamo še ostale vrstice. Seznam potem nastavimo za pravilen prikaz. Vse vrednosti je potrebno pretvoriti iz numeričnega v *string* tip zapis. Postopek s prikazom na seznamu ponovimo še za tlačno armiranje na levem koncu ter za natezno in tlačno armiranje na desnem koncu (levo spodaj, desno zgoraj, desno spodaj). ;
- Funkcija l_zgoraj_fipal_Callback "pobere" podatek, katera palica je izbrana iz visečega seznama palic. Ker seznam palic ni v numerični obliki oz. bi se ga lahko pretvorilo v numerično obliko, je potrebno uporabiti *switch* in *case* stavek. Izbrano vrednost shranimo v handles strukturo. ;
- S funkcijo l_zgoraj_kompal_Callback iz vnosne vrstice preberemo podatek o številu armaturnih palic. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni,

izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o številu palic shranimo v handles strukturo. ;

- Funkcija l_zgoraj_rocica_Callback iz vnosne vrstice prebere podatek o ročici armaturnih palic (razdalji med spodnjim robom betonskega prereza in osjo arm. palic). Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o ročici armaturnih palic shranimo v handles strukturo. ;
- Funkcija l_zgoraj_dodaj_Callback se požene s pritiskom na gumb Dodaj. Najprej se v handles strukturi preveri obstoj polja s podatkom o ročici (ali smo vnesli podatek za ročico), potem se prešteje število vrstic v globalni strukturi spremenljivki, ki opisuje natezno armaturo na levem koncu. Če vrstica v globalni strukturi spremenljivki že obstaja, dodamo zapis iz handles strukture v naslednjo novo vrstico. Če tega zapisa oz. vrstice ni, pa dodamo zapis v prvo novo vrstico. Zapišemo podatek o številu palic, premeru palic in ročici armaturnih palic. Osvežiti je potrebno tudi seznam armaturnih palic. Če imamo v strukturi že shranjeno kakšno armaturno palico (število palic je večje od 0), potem najprej preštejemo vrstice v zapisu, nato pa ustvarimo matrični seznam z eno palico. Če imamo v zapisu več vrstic, potem matričnemu zapisu z eno vrstico dodamo še ostale vrstice. Seznam potem nastavimo za pravilen prikaz. Vse vrednosti je potrebno pretvoriti iz numeričnega v *string* tip zapis. Gumb Odstrani postane spet aktiven. Vnosno polje za število palic počistimo. Vnosno polje za ročico pa pustimo, saj je ročica armaturnih palic pogosto enaka za različne premere palic. ;
- Funkcija l_zgoraj_odstrani_Callback izbriše označeno vrstico s seznama armaturnih palic in iz globalne strukturne spremenljivke. Najprej se preveri, katera vrstica je označena in koliko vrstic obstaja. Vrednosti v globalni strukturi spremenljivki, kot tudi v seznamu armaturnih palic se "izbrišejo" z vnosom praznih vrstic matrike. Če je zapis, ki ga brišemo edini oz. zadnji, potem nastavimo vrednosti v matriki na nič, v seznam arm. palic pa napišemo <prazno> in onemogočimo gumb Odstrani. Osveženi seznam armaturnih palic s pravilnimi parametri izpišemo. ;
- Funkcija l_spodaj_fipal_Callback → glej l_zgoraj_fipal_Callback. ;
- Funkcija l_spodaj_kompal_Callback → glej l_zgoraj_kompal_Callback. ;
- Funkcija l_spodaj_rocica_Callback → glej l_zgoraj_rocica_Callback. ;
- Funkcija l_spodaj_dodaj_Callback → glej l_zgoraj_dodaj_Callback. ;

- Funkcija l_spodaj_odstrani_Callback → glej l_zgoraj_odstrani_Callback. ;
- Funkcija d_zgoraj_fipal_Callback_Callback → glej l_zgoraj_fipal_Callback. ;
- Funkcija d_zgoraj_kompal_Callback → glej l_zgoraj_kompal_Callback. ;
- Funkcija d_zgoraj_rocica_Callback → glej l_zgoraj_rocica_Callback. ;
- Funkcija d_zgoraj_dodaj_Callback → glej l_zgoraj_dodaj_Callback. ;
- Funkcija d_zgoraj_odstrani_Callback → glej l_zgoraj_odstrani_Callback. ;
- Funkcija d_spodaj_fipal_Callback → glej l_zgoraj_fipal_Callback. ;
- Funkcija d_spodaj_kompal_Callback → glej l_zgoraj_kompal_Callback. ;
- Funkcija d_spodaj_rocica_Callback → glej l_zgoraj_rocica_Callback. ;
- Funkcija d_spodaj_dodaj_Callback → glej l_zgoraj_dodaj_Callback. ;
- Funkcija d_spodaj_odstrani_Callback → glej l_zgoraj_odstrani_Callback. ;
- Funkcija naprej_Callback ne shranjuje nobenih vrednosti, ampak samo zapre pogovorno okno. .

5.4.9 Funkcija armatura_polje.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in jo sprožimo s pritiskom na meni Armatura, podmeni Polje. Armatura v polju pomeni armaturo izven kritičnega območja. Zanj ne veljajo posebni pogoji in kriteriji dimenzioniranja, razen pogoj količine vzdolžne armature, ki izhaja iz količine armature iz kritičnega območja. Kriterij pravi, da moramo četrtno vzdolžne armature iz kritičnega območja "vleči" po celi gredi. Dimenzioniranje strižne armature poteka po EC2. Pri pogojih strižnega armiranja sicer potrebujemo samo količino vzdolžne armature, ne pa tudi točno pozicijo armature, ampak za določitev upogibne nosilnosti prereza na sredini potrebujemo tudi lokacijo armature. Sistem delovanja funkcije je zelo podoben sistemu funkcije tretje_armatura.m, le da je ta funkcija reducirana in skrajšana.

Opis funkcij:

- Funkcija armatura_polje_OpeningFcn deluje identično kot funkcija tretje_armatura_OpeningFcn (tretje_armatura.m) in služi predvsem za pravilni grafični prikaz nastavljenih podatkov, s tem pa mislimo na prikaz že vnešene armature v seznamu armaturnih palic. Če želimo vnesti armaturno palico fi 6, ni potrebno iz visečega seznama izbirati premer palice (je že nastavljena), zato se tudi funkcija, ki bi ta podatek shranila v handles strukturo ni sprožila in je potrebno na začetku te vrednosti

definirati (nastaviti na palico fi 6). Naslednja naloga je prikazati armiranje grede na seznamu armaturnih palic. Če imamo v strukturi že shranjeno kakšno armaturno palico (število palic je večje od 0), potem najprej preštejemo vrstice v zapisu, nato pa ustvarimo matrični seznam z eno palico. Če imamo v zapisu več vrstic, potem matričnemu zapisu z eno vrstico dodamo še ostale vrstice. Seznam potem nastavimo za pravilen prikaz. Vse vrednosti je potrebno pretvoriti iz numeričnega v string tip zapis. Postopek s prikazom na seznamu ponovimo še za natezno armaturo na spodnjem robu betonskega prereza, konstrukcijsko in mrežno armaturo. ;

- Funkcija polje_spodaj_fipal_Callback je enaka funkciji l_zgoraj_fipal_Callback in prebere podatek, katera palica je izbrana iz visečega seznama palic. Ker seznam palic (oz. njegove vrednosti) ni v numerični obliki oz. bi se ga lahko pretvorilo v numerično obliko, je potrebno uporabiti *switch* in *case* stavek. Izbrano vrednost shranimo v handles strukturo. Za pridobivanje lastnosti elementov oz. objektov uporabimo ukaz *get*, s katerim v tem primeru dobimo celoten seznam vrednosti kot tudi izbrano vrednost na seznamu. ;
- Funkcija polje_spodaj_kompal_Callback je enaka funkciji l_zgoraj_kompal_Callback. Iz vnosne vrstice preberemo podatek o številu armaturnih palic. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o številu palic shranimo v handles strukturo. ;
- Funkcija polje_spodaj_dodaj_Callback se požene s pritiskom na gumb Dodaj. Najprej se v handles strukturi preveri obstoj polja s podatkom o številu palic (ali smo vnesli podatek za komade palic). Nato se prešteje število vrstic v globalni strukturi spremenljivki, ki opisuje natezno armaturo na spodnjem delu prereza. Če vrstica v globalni strukturi spremenljivki že obstaja, potem dodamo zapis iz handles strukture v naslednjo novo vrstico. Če tega zapisa oz. vrstice ni, pa dodamo zapis v prvo novo vrstico. Zapišemo podatek o številu palic in premeru palic. Osvežiti je potrebno tudi seznam armaturnih palic - če imamo v handles strukturi že shranjeno kakšno armaturno palico (število palic je večje od 0), najprej preštejemo vrstice v zapisu, nato pa ustvarimo matrični seznam z eno palico. Če imamo v zapisu več vrstic, matričnemu zapisu z eno vrstico dodamo še ostale vrstice. Seznam potem nastavimo za pravilen prikaz. Vse vrednosti je potrebno pretvoriti iz numeričnega v string tip zapis. Gumb Odstrani postane spet aktiven. Vnosno polje za število palic počistimo. ;

- Funkcija polje spodaj odstrani Callback izbriše označeno vrstico s seznama armaturnih palic in iz globalne strukturne spremenljivke. Najprej preveri, katera vrstica je označena in koliko vrstic obstaja. Vrednosti v globalni strukturni spremenljivki, kot tudi v seznamu armaturnih palic se "izbrišejo" z vnosom praznih vrstic matrike. Če je zapis, ki ga brišemo edini oz. zadnji, potem nastavimo vrednosti v matriki na nič, v seznam arm. palic pa napišemo <prazno> in onemogočimo gumb Odstrani. Osveženi seznam armaturnih palic s pravilnimi parametri izpišemo. ;
- Funkcija polje spodaj rocica Callback iz vnosne vrstice prebere podatek o ročici armaturnih palic. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o ročici palic shranimo v handles strukturo. ;
- Funkcija polje zgoraj fipal Callback → glej polje_spodaj_fipal_Callback. ;
- Funkcija polje zgoraj kompala Callback → glej polje_spodaj_kompala_Callback. ;
- Funkcija polje zgoraj dodaj Callback → glej polje_spodaj_dodaj_Callback. ;
- Funkcija polje zgoraj odstrani Callback → glej polje_spodaj_odstrani_Callback. ;
- Funkcija polje zgoraj rocica Callback → glej polje_spodaj_rocica_Callback. ;
- Funkcija polje mrežna rocica Callback → glej polje_spodaj_rocica_Callback. ;
- Funkcija polje mrežna dodaj Callback → glej polje_spodaj_dodaj_Callback. ;
- Funkcija polje mrežna odstrani Callback → glej polje_spodaj_odstrani_Callback. ;
- Funkcija polje mrežna Callback → glej polje_spodaj_fipal_Callback. ;
- Funkcija polje konst fipal Callback → glej polje_spodaj_fipal_Callback. ;
- Funkcija polje konst kompala Callback → glej polje_spodaj_kompala_Callback. ;
- Funkcija polje konst dodaj Callback → glej polje_spodaj_dodaj_Callback. ;
- Funkcija polje konst odstrani Callback → glej polje_spodaj_odstrani_Callback. ;
- Funkcija polje konst rocica Callback → glej polje_spodaj_rocica_Callback. ;
- Funkcija vredn Callback zapre pogovorno okno. .

5.4.10 Funkcija mrežna armatura.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in jo sprožimo s pritiskom na meni Armatura, podmeni Mrežna armatura. Pri računu upogibnih nosilnosti je v primeru, ko imamo tlačno ploščo potrebno upoštevati tudi armaturo, ki je položena v tlačni plošči. Mrežna armatura (oz. armatura plošče – lahko je tudi v obliki palic) se upošteva znotraj učinkovite sodelujoče širine,

ki se izračuna pri vnosu podatkov o prerezu grede. Ker ima ta armatura ponavadi kar veliko ročico, njen prispevek pri plastificiranju prereza ni zanemarljiv. Iz visečega seznama izberemo tip mreže (najbolj standardni uporabljeni tipi mrež), v vnosno polje ročica vnesemo razdaljo od spodnjega roba prereza do osi mreže in vnos potrdimo s pritiskom na gumb Dodaj. Vnos se prikaže na seznamu mrež. Postopek je identičen za obe kritični področji na obeh koncih grede.

Zelo pogosto se pri armiranju uporablja konstruktivna armatura za izvedbo same armature. Potrebno je upoštevati tudi to armaturo, čeprav ta armatura ni primarno nosilna in je ne upoštevamo pri pogojih strižnega dimenzioniranja. Pogosto bi se zgodilo, da bi bila ta armatura merodajna za izpolnitev kakšnega pogoja potresnega dimenzioniranja, zato jo vnašamo ločeno in jo nato po potrebi vključujemo v dimenzioniranje. Upoštevati jo moramo pri računu upogibnih nosilnosti. Postopek vnosa je identičen kot pri vnosu primarne armature. Iz visečega seznama izberemo premer oz. fi palice, v vnosno polje kom. vnesemo število palic izbranega premera, v vnosno polje ročica pa vnesemo razdaljo med spodnjim robom prereza grede in osjo armaturene palice. Vnos potrdimo s pritiskom na gumb Dodaj in v seznamu armature se morajo prikazati podatki o izvršenem vnosu. Če želimo katerega izmed vnosov za konstruktivno armaturo izbrisati, ga enostavno kliknemo oz. označimo na seznamu armaturnih palic in pritisnemo gumb Odstrani. Postopek je identičen za levi in desni konec grede. Po končanem vnašanju mrežne in konstruktivne armature okno zapremo s pritiskom na gumb Vredu.

Opis funkcij :

Podrobnejši opis nekaterih funkcij je napisan v funkciji tretje_armatura.m.

- Funkcija mrežna_armatura_OpeningFcn se požene, preden pogovorno okno postane vidno. Namenjena je predvsem grafičnemu prikazu nastavljenih podatkov. Najprej prikažemo seznam konstruktivne armature na levem koncu grede, nato na desnem, sledi prikaz armature plošče na levem in nato na desnem koncu grede. Podrobneje je delovanje funkcije opisano v funkciji tretje_armatura.m, ki deluje na identičen način. ;
- Funkcija 1_mreza_Callback prebere, kateri tip mreže je izbran iz visečega seznama in podatek v numerični obliki shrani v handles strukturo. Funkcija se požene ko kliknemo na viseči seznam. ;

- Funkcija l_mreza_rocica_Callback iz vnosne vrstice prebere podatek o ročici armaturne mreže na levem koncu grede. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o ročici mreže shranimo v handles strukturo. ;
- Funkcija l_mreza_dodaj_Callback se požene s pritiskom na gumb Dodaj. Najprej se v handles strukturi preveri obstoj polja s podatkom o ročici mreže (ali smo vnesli podatek za ročico), potem se prešteje število vrstic v globalni strukturi spremenljivki, ki opisuje armaturo plošče na levem koncu. Če vrstica v globalni strukturi spremenljivki že obstaja, potem dodamo zapis iz handles strukture v naslednjo novo vrstico. Če tega zapisa oz. vrstice ni, pa dodamo zapis v prvo novo vrstico. Zapišemo podatek o tipu mreže in ročici. Osvežiti je potrebno tudi seznam mrežne armature - če imamo v handles strukturi že shranjeno kakšno armaturno mrežo (število zapisov je večje od 0), potem najprej preštejemo vrstice v zapisu, nato pa ustvarimo matrični seznam z eno mrežo. Če imamo v zapisu več vrstic, potem matričnemu zapisu z eno vrstico dodamo še ostale vrstice. Seznam potem nastavimo za pravilen prikaz. Vse vrednosti je potrebno pretvoriti iz numeričnega v string tip zapis. Gumb Odstrani postane spet aktiven. Izbrano vrednost na visečem seznamu nastavimo na prvo možnost oz. na ničelno vrednost. ;
- Funkcija l_mreza_odstrani_Callback izbriše označeno vrstico s seznama armaturnih mrež in iz globalne strukturne spremenljivke. Najprej se preveri, katera vrstica je označena in koliko vrstic obstaja. Vrednosti v globalni strukturi spremenljivki, kot tudi v seznamu armaturnih palic se "izbrišejo" z vnosom praznih vrstic matrike. Če je zapis, ki ga brišemo edini oz. zadnji, potem nastavimo vrednosti v matriki na nič, v seznam armaturnih mrež napišemo <prazno> in onemogočimo gumb Odstrani. Osveženi seznam armaturnih mrež s pravnimi parametri izpišemo. ;
- Funkcija d_mreza_Callback → glej l_mreza_Callback. ;
- Funkcija d_mreza_rocica_Callback → glej l_mreza_rocica_Callback. ;
- Funkcija d_mreza_dodaj_Callback → glej l_mreza_dodaj_Callback. ;
- Funkcija d_mreza_odstrani_Callback → glej l_mreza_odstrani_Callback. ;
- Funkcija l_konstr_fipal_Callback "pobere" podatek, katera palica je izbrana iz visečega seznama palic. Ker seznam palic ni v numerični obliki oz. bi se ga lahko

- pretvorilo v numerično obliko, je potrebno uporabiti *switch* in *case* stavek. Izbrano vrednost shranimo v *handles* strukturo. ;
- S funkcijo l_konstr_kompal_Callback iz vnosne vrstice preberemo podatek o številu armaturnih palic. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o številu palic shranimo v *handles* strukturo. ;
 - Funkcija l_konstr_rocica_Callback prebere iz vnosne vrstice podatek o ročici armaturnih palic (razdalji med spodnjim robom betonskega prereza in osjo armaturnih palic). Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o ročici armaturnih palic shranimo v *handles* strukturo. ;
 - Funkcija l_konstr_dodaj_Callback → glej l_mreza_dodaj_Callback, dodan je le podatek o številu palic (komadih palic). ;
 - Funkcija l_konstr_odstrani_Callback → glej l_mreza_odstrani_Callback. ;
 - Funkcija d_konstr_fipal_Callback → glej l_konstr_fipal_Callback. ;
 - Funkcija d_konstr_kompal_Callback → glej l_konstr_kompal_Callback. ;
 - Funkcija d_konstr_rocica_Callback → glej l_konstr_rocica_Callback. ;
 - Funkcija d_konstr_dodaj_Callback → glej l_konstr_dodaj_Callback. ;
 - Funkcija d_konstr_odstrani_Callback → glej l_konstr_odstrani_Callback. ;
 - Funkcija naprej_Callback zapre pogovorno okno. .

5.4.11 Funkcija **obremenitev.m**

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in jo sprožimo s pritiskom na meni Obremenitev. V tem pogovornem oknu vnesemo podatke o obremenitvi grede v potresnem in trajnem projektne stanju v kritičnem območju kot tudi izven kritičnega območja – v polju. Dolžina grede bi mogoče bolj spadala k podatkom o geometriji oz. prerezu, ampak ta podatek vnesemo v tem oknu. Maksimalno in minimalno prečno silo v potresnem projektne stanju dobimo iz potresne analize konstrukcije, pri čemer upoštevamo pravila za potresno projektiranje konstrukcij. Pri stopnji duktilnosti DCM potrebujemo absolutno največjo silo izmed teh dveh, zato sta lahko vrednosti enaki. Pri stopnji duktilnosti DCH pa je razmerje med maksimalno in minimalno prečno silo, ki se pojavlja v potresnem projektne stanju v gredi pomembno, zato je potrebno paziti, da vstavimo pravilne in natančne vrednosti za obe

spremenljivki. Lahko se zgodi, da je prečna sila v trajnem projektnem stanju večja kot jo dobimo pri načrtovanju nosilnosti, zato moramo pri dimenzioniranju strižne armature upoštevati največjo prečno silo, ki se pojavi v prerezu. Prečno silo v polju (oz. izven kritičnega območja) ponavadi dobimo v trajnem projektnem stanju, v vnosno polje pa vnesemo njeno absolutno največjo vrednost. Upogibne momente iz analize potrebujemo za izračun izkoristka grede, s tem pa kontrolo dimenzioniranja vzdolžne armature.

Opis funkcij :

- Funkcija obremenitev_OpeningFcn služi, kot že pri mnogo funkcijah prej, za grafični izpis nastavljenih vrednosti v pogovornem oknu. Najprej se preveri ali so že bili vnešeni kakšni podatki iz tega okna v globalno strukturno spremenljivko oz. ali greda sploh obstaja. To naredimo s preverjanjem obstanka enega najbolj osnovnih podatkov grede, kar je dolžina grede. V primeru, da je dolžina grede večja od nič (nič je default nastavljena vrednost), funkcija izpiše podatke o nastavljenih prečnih silah, dolžini grede in upogibnih momentih iz analize. V nasprotnem pa pusti vnosna polja prazna. ;
- Funkcija Vmax_Callback iz vnosne vrstice prebere podatek o maksimalni prečni sili pri potresnem projektnem stanju v kritičnem območju. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo izvajanje funkcije. Podatek o prečni sili shranimo v direktno globalno strukturno spremenljivko. ;
- Funkcija Vmin_Callback je identična funkciji Vmax_Callback, le da vnašamo podatek o minimalni prečni sili v potresnem projektnem stanju. ;
- Funkcija dolzina_Callback je identična funkciji Vmax_Callback, le da vnašamo podatek o dolžini grede. ;
- Funkcija v_polje_Callback je identična funkciji Vmax_Callback, le da vnašamo podatek o absolutno največji prečni sili v polju oz. izven kritičnega območja. ;
- Funkcija Vsd_Callback je identična funkciji Vmax_Callback, le da vnašamo podatek o največji prečni sili pri trajnem projektnem stanju v kritičnem območju. ;
- Funkcija Msd_levo_Callback iz vnosne vrstice prebere podatek o projektnem momentu v kritičnem območju iz analize konstrukcije. Vnos pretvorimo in preverimo, če je vnešeni podatek število. Če ni, izpišemo opozorilno sporočilo in prekinemo

izvajanje funkcije. Podatek o momentu shranimo v direktno globalno strukturno spremenljivko. ;

- Funkcija Msd desno Callback je identična funkciji Msd levo Callback, le da vnašamo podatek o momentu za desni konec grede. ;
- Funkcija Msd polje Callback je identična funkciji Msd levo Callback, le da vnašamo podatek o momentu v polju grede. ;
- Funkcija vredu Callback zapre pogovorno okno. .

5.4.12 Funkcija streme.m

Funkcija je klicana iz funkcije Gredko.m in jo sprožimo s pritiskom na meni Streme. Strižno obremenitev lahko premagujemo s stremeni ali s poševno armaturo oz. poševno krivljenimi palicami. Največkrat to naredimo s stremeni, zato je tudi po defaultu nastavljena vrednost za procent stremen na 100%. Izbiramo lahko med štirimi premeri stremen in med dvo-strižnimi ali štiri-strižnimi stremeni. V kolikor želimo uporabiti poševno armaturo v določenem procentu, zmanjšamo procent stremen in avtomatsko se razlika pokrije z uporabo poševne armature. Pri poševni armaturi imamo v visečem seznamu na razpolago vse premere palic. Pri stopnji duktilnosti DCH program ob izpolnjevanju nekaterih kriterijev sam nastavi vrednost procenta stremenske armature na 50% in poševne armature prav tako na 50%. To izhaja iz pogoja za potresno strižno dimenzioniranje, ki pravi, da je potrebno polovico strižne obremenitve premagati s stremeni, polovico pa s poševno krivljenimi palicami. Program s pritiskom na gumb Potrdi shrani vse vrednosti v globalno strukturno spremenljivko, s gumbom Prekliči pa vse vnesene spremembe prekličemo.

Opis funkcij :

- Funkcija streme OpeningFcn je znova namenjena grafičnem izpisu in prikazu nastavljenih vrednosti. Najprej iz globalne strukturne spremenljivke podatek o premeru in strižnosti stremen prenesemo v handles strukturo. Te vrednosti moramo tudi nastaviti za pravilen prikaz z radijskimi gumbi. Procent posamezne strižne armature prav tako prikažemo v vnosnem in tekstualnem polju, ter shranimo podatek o procentu stremen v handles strukturo. Na koncu še z uporabo *switch* in *case* stavka prikažemo nastavljeno vrednost za premer palice poševne armature. ;

- Funkcija fi_palice_SelectionChangeFcn se požene pri izbiranju med radijskimi gumbi za premer stremen. Funkcija prebere, kateri gumb je izbran in shrani njegovo prirejeno vrednost v handles strukturo. ;
- Funkcija strizno_streme_SelectionChangeFcn se požene pri izbiranju med radijskimi gumbi za strižnost stremen. Funkcija prebere, kateri gumb je izbran in shrani njegovo prirejeno vrednost v handles strukturo. ;
- Funkcija procent_stremen_Callback prebere podatek o procentu stremen, ga shrani v handles strukturo in s pomočjo razlike prikaže še procent poševne armature. ;
- Funkcija fi_palice_posevne_Callback prebere podatek, katera palica je izbrana iz visečega seznama palic. Ker seznam palic (oz. njegove vrednosti) ni v numerični obliki oz. bi se ga lahko pretvorilo v numerično obliko, je potrebno uporabiti *switch* in *case* stavek. Izbrano vrednost shranimo v handles strukturo. ;
- Funkcija preklici_Callback zapre pogovorno okno brez shranjevanja sprememb. ;
- Funkcija potrdi_Callback se požene s pritiskom na gumb Potrdi in shrani podatke o premeru stremena, strižnosti stremena, procentu stremen in procentu poševne armature iz handles strukture v globalno strukturo spremenljivko. Na koncu zapre pogovorno okno. .

Zgoraj opisane funkcije so narejene oz. se uporabljajo pri uporabi grafičnega vmesnika, ki ga ustvarimo s pomočjo Matlabovega orodja za grafične vmesnike.

Funkcije, ki so opisane v nadaljevanju niso namenjene poganjanju grafičnega vmesnika, ampak so t.i. "računske funkcije", ki preverjajo in izračunavajo matematične izraze. Največkrat imajo te funkcije vhodne parametre, ki se potem znotraj funkcij uporabljajo za iz vrednotenje posameznih matematičnih izrazov.

5.4.13 Funkcija beff.m

Funkcija je klicana iz funkcije drugo_prerez.m. Izračuna nam efektivno sodelujočo širino plošče, znotraj katere pri izračunu upogibnih nosilnosti upoštevamo tudi armaturo tlačne plošče. Efektivna sodelujoča širina je odvisna od vpetosti grede (v zunanji ali notranji steber), prisotnosti grede v prečni smeri na obravnavano gredo, širine stebra, v katerega je greda vpeta, in višine tlačne plošče.

Opis funkcije :

- Funkcija je precej enostavna, napisana s pomočjo *if* stavkov in logičnih operatorjev. Vrednost 1 za steber pomeni, da je greda vpeta v zunanji steber, vrednost 1 za gredo pa pomeni prisotnost grede v prečni smeri. Funkcija zavzame vrednost izračunane sodelujoče širine.

5.4.14 Funkcija test_geometrije.m

Funkcijo kličemo iz funkcije Izpis_rezultatov.m. Preveri nam izpolnjenost geometrijskih pogojev zahtevanih pri potresnem dimenzioniranju. Funkcija ima dva vhodna parametra, in sicer stopnjo duktilnosti ter matriko podatkov o prerezu grede. Vsaka stopnja duktilnosti zahteva svoje geometrijske omejitve.

Opis funkcije :

- Za izkoristek ugodnega vpliva tlačne sile v stebru na sprejemnost vodoravnih armaturnih palic, ki so položene skozi vozlišče, omejimo širino primarne potresne grede. Pri DCM stopnji duktilnosti to storimo z izrazom *test1* na levi in z izrazom *test2* na desni strani grede. Z izrazom *test3* in *test4* pa preverimo omejitev ekscentričnosti osi grede glede na os stebra (omogočanje učinkovitega prenosa cikličnih momentov iz primarne potresne grede v steber) za levi in desni konec grede. No koncu preverimo vrednosti vseh spremenljivk *test* (če je pogoj izpolnjen, zavzame spremenljivka vrednost 1(true) , v nasprotnem pa 0(false)) in ob izpolnjevanju pogojev funkciji test_geometriji priredimo true vrednost oz. 1, ob neizpolnjevanju pa vrednost false oz. 0. Pri stopnji duktilnosti DCH je postopek identičen kot pri DCM, le dodana sta še dva pogoja. Prvi zahteva širino primarne potresne grede večjo od 200 mm (izraz za *test5*), drugi pa omejuje razmerje višine in širine primarne potresne grede in je povzet iz EC2 (izraz za *test6*). V funkciji Izpis_rezultatov.m izpišemo rezultat preverjanja geometrijskih pogojev.

5.4.15 Funkcija test_armature_krit.m

Funkcijo kličemo iz funkcije Izpis_rezultatov.m. Funkcija nam preveri zadostno količino natezne vzdolžne armature v kritičnem območju. Eden od pogojev potresnega armiranja

primarne potresne grede pravi, da moramo v natezni coni vzdolž cele dolžine grede zagotoviti minimalni delež armiranja.

Opis funkcije :

- V tej funkciji preverimo pogoj minimalne natezne armature v kritičnem območju. Z izrazom *test3* preverimo armaturo na levem, z izrazom *test4* pa na desnem koncu grede. Funkcija ima en izhodni parameter in sicer rezultat preverjanja pogoja za natezno armaturo. S pomočjo uporabe *if* stavka izhodni spremenljivki priredimo pravilno vrednost.

5.4.16 Funkcija test_armature_polje.m

Funkcijo kličemo iz funkcije Izpis_rezultatov.m. Funkcija ima štiri vhodne parametre, izhodni parameter pa je vrednost same funkcije, ki nam preveri količino armature v polju oz. izven kritičnega območja, pri stopnji duktilnosti DCH pa še dva dodatna pogoja.

Opis funkcije :

- Pri stopnji duktilnosti DCM preverimo delež natezne armature in ob izpolnjevanju pogoja priredimo sami funkciji vrednost 1 (oz. true), v nasprotnem pa vrednost 0 (oz. false). Pri stopnji duktilnosti DCH prav tako najprej preverimo delež natezne armature (test1), poleg tega pa moramo preveriti pogoj, ali je armatura položena v polju v minimalni debelini palic premera 14 mm in vsaj po dve palici. Najprej to preverimo v natezni coni grede (v spodnjem delu prereza), kar rezultira v vrednosti spremenljivke *test2*, nato pa preverimo še tlačno cono prereza, kar je rezultat spremenljivke *test3*. To naredimo na tak način, da najprej preštejemo število vrstic v zapisu armature, postavimo pogoj na negativno vrednost, potem pa v vsaki vrstici pogledamo premer palice, in če je večji od f_i 14 preštejemo palice tega premera. Če sta palici 2 ali več, potem nastavimo vrednost spremenljivke *test3* na pozitivno vrednost. Drugi pogoj pri stopnji duktilnosti DCH je, da moramo eno četrtno maksimalne zgornje armature ob podporah položiti vzdolž cele dolžine grede. Najprej izračunamo maksimalni prerez zgornje armature levega in desnega konca grede, nato pa prerez natezne in tlačne armature v polju. Če je armatura v polju zadostna, potem priredimo spremenljivki *test4* vrednost true, ob neizpolnjevanju pogoja pa ostane nastavljena vrednost

spremenljivke false. Nazadnje preverimo izpolnjenost vseh štirih pogojev in vrednosti funkcije priredimo vrednost true oz. false.

5.4.17 Funkcija DSA.m

Funkcijo kličemo iz funkcije Izpis_rezultatov.m. Funkcija nam dimenzionira stremensko strižno armaturo znotraj kritičnega območja in ima enajst vhodnih in štiri izhodne parametre. Vhodni parametri so : V_{max_s} je prečna sila, ki jo premagujemo s stremensko armaturo; V_{max} je največja prečna sila po metodi načrtovanja nosilnosti, ki se pojavi v kritičnem območju oz. največja prečna sila pri trajnem projektnem stanju; f_i je premer palic stremen; n je strižnost stremen (dvo- ali štiristrižna stremena); f_{ck} je karakteristična tlačna trdnost betona; b_w je širina prereza primarne potresne grede; d je statična višina prereza primarne potresne grede; f_{yw} je karakteristična natezna trdnost stremenske armature; h_w je višina prereza primarne potresne grede; dbl je premer najtanjše palice vzdolžne armature; $dukt$ je stopnja duktilnosti. Izhodni parametri pa so : $razmak$ je razdalja med stremeni v kritičnem območju, $delta_{As}$ je prerez dodatne vzdolžne armature; ni je parameter dimenzioniranja strižne armature in nam služi za kontrolo dimenzioniranja; $Vrd2$ je nosilnost tlačnih betonskih diagonal, ki se ustvarijo pri mehanizmu paličja – podatek služi tudi za kontrolo dimenzioniranja. Postopek dimenzioniranja strižne armature poteka po postopku iz EC2. Vso strižno obremenitev premagujemo z armaturo.

Opis funkcije:

- Najprej iz podatkov o premeru in strižnosti stremena izračunamo prerez stremena, nato pa še parameter v (ni). Izračunamo tudi nosilnost tlačnih betonskih diagonal ($Vrd2$), in če je ta manjša od največje prečne sile, ki se pojavi v kritičnem območju, izpišemo opozorilo o porušitvi prereza po tlačnih diagonalah, razdaljo med stremeni in prerez dodatne vzdolžne armature postavimo na 0 ter ustavimo izvajanje funkcije in se vrnemo v funkcijo Izpis_rezultatov.m. Če je nosilnost betonskih diagonal večja od prečne sile, pa imamo v odvisnosti od stopnje duktilnosti dva postopka dimenzioniranja strižne armature (razlike je le v pogojih razdalje med stremeni). Pri stopnji duktilnosti DCM najprej iz vrednotimo izraz za razdaljo med stremeni, nato izraz za dodatno vzdolžno armaturo in nazadnje v matriko A priredimo vrednosti pogojev razdalje med stremeni. Če je katera izmed "pogojnih" razdalj med stremeni iz

matrike A manjša od izračunane razdalje, potem privzamemo za razdaljo med stremeni to vrednost. Pri stopnji duktilnosti DCH je postopek identičen kot pri stopnji duktilnosti DCM , le pogoji za razdaljo med stremeni so drugačni (strožji). Na koncu funkcije razdaljo med stremeni zaokrožimo na celo vrednost navzdol.

5.4.18 Funkcija $DSA_polje.m$

Funkcijo kličemo iz funkcije Izpis_rezultatov.m. Funkcija nam dimenzionira stremensko strižno armaturo izven kritičnega območja in ima osem vhodnih in dva izhodna parametra. Vhodni parametri so : V_{max} je največja prečna sila izven kritičnega območja; f_i je premer palic stremen; n je strižnost stremen (dvo- ali štiristrižna stremena); f_{ck} je karakteristična tlačna trdnost betona; b_w je širina prereza primarne potresne grede; d je statična višina prereza primarne potresne grede; f_{yw} je karakteristična natezna trdnost stremenske armature; $armatura$ je matrika vzdolžne natezne armature v polju na spodnjem robu prereza. Izhodna parametra pa sta : $razmak$ je razdalja med stremeni v polju, $delta_{As}$ je prerez dodatne vzdolžne armature. Postopek dimenzioniranja strižne armature poteka po postopku iz EC2.

Opis funkcije:

- Izračunamo parameter k (ki ne sme biti manjši od 1), procent natezne vzdolžne armature ρ_L (Rol) in strižno nosilnost betona V_{Rd1} (Vrd1). Za izračun nosilnosti tlačnih betonskih diagonal potrebujemo parameter ν (ni), sledi izračun nosilnosti tlačnih diagonal $V_{RD,max}$ (Vrd2) in pa izračun prereza stremena. Stopnja minimalnega armiranja $\min \rho_w$ je odvisna od tlačne trdnosti betona in natezne trdnosti stremen. V primeru, da je nosilnost tlačnih diagonal $V_{RD,max}$ manjša od največje prečne sile v prerezu, izpišemo opozorilo o porušitvi prereza po tlačnih diagonalah, vrednosti razdalje med stremeni in prereza dodatne vzdolžne armature postavimo na nič in prekinemo izvajanje funkcije. V nasprotnem pa primerjamo strižno nosilnost betona in prečno silo. Če je strižna nosilnost betona večja od prečne sile (obremenitve), potem računsko strižna armatura ni potrebna, vendar standard zahteva minimalno strižno armaturo – izračunamo razdaljo med stremeni na osnovi minimalne stopnje armiranja $\min \rho_w$. Če pa je strižna nosilnost betona manjša od prečne sile, pa celotno prečno silo prevzemamo s stremensko armaturo (strižne nosilnosti betona ne upoštevamo) in izračunamo računsko največjo dovoljeno razdaljo med stremeni. V primeru, da je

računsko določena razdalja med stremeni večja od pogojno določene razdalje (maksimalne dovoljene razdalje med stremeni), privzamemo za razdaljo med stremeni pogojno določeno maksimalno razdaljo. Na koncu razdaljo (razmak) zaokrožimo na celo vrednost navzdol in izračunamo prerez dodatne vzdolžne armature ΔA_s (delta_As).

5.4.19 Funkcija DPA.m

Funkcijo kličemo iz funkcije Izpis_rezultatov.m. Funkcija nam dimenzionira poševno strižno armaturo oz. poševno krivljene palice v kritičnem območju in ima štiri vhodne in tri izhodne parametre. Vhodni parametri so : V_{max_d} je prečna sila za dimenzioniranje poševne armature; d je statična višina prereza primarne potresne grede; f_{yw} je karakteristična natezna trdnost poševne armature; f_i_palic je premer palic poševne armature. Izhodni parametri so : st_palic je število palic poševne armature, A_{sw_d} je prerez poševne armature in sd je razdalja med palicami.

Opis funkcije :

- Armatura se izračuna na tekoči meter, zato privzamemo razdaljo med palicami 100 cm. Izračunamo prerez poševne armature na tekoči meter. Število palic na meter dobimo tako, da prerez poševne armature delimo s prerezom ene palice poševne armature. Razdaljo med palicami izračunamo tako, da na začetku določeno razdaljo en meter delimo s številom palic. Razdaljo zaokrožimo na celo vrednost.

5.4.20 Funkcija A_armature.m

Funkcijo kličemo iz več funkcij in nam izračuna skupno površino (prerez) armaturnih palic podanih v matrični obliki. Oblika zapisa armature je bila pogojena z uporabo funkcije MRbeam.m, kjer je bila oblika vhodnih podatkov določena. Vhodni podatek funkcije je matrika vzdolžne armature, izhodni pa je vrednost funkcije same, in sicer je to skupni prerez armaturnih palic.

Opis funkcije :

- Najprej skupni prerez nastavimo na 0, da program ne prevzame neke shranjene vrednosti. Potem preštejmo število vrstic v matričnem zapisu armature, nato pa za

vsako vrstico iz premera palice najprej določimo prerez palice, ga pomnožimo s številom takih palic in prištejemo k skupnem prerezu armature. Nazadnje funkciji priredimo vrednost skupnega prereza armature.

5.4.21 Funkcija lokalna_duktilnost.m

Funkcijo kličemo iz funkcij Izpis_rezultatov.m in nam preveri izpolnjevanje zahtev za lokalno duktilnost. Za zadostitev zahtev za lokalno duktilnost v kritičnih primarnih potresnih gredah mora biti vrednost faktorja duktilnosti za ukrivljenost μ_ϕ vsaj enaka določeni vrednosti. Da zadostimo ta pogoj je potrebno delež armature ρ v natezni coni omejiti in ne sme presegati vrednosti izraza za ρ_{max} . To preverimo za levi (*test1*) in desni (*test2*) konec grede. Poleg armature v natezni coni je potrebno v tlačni coni poleg morebitne armature, ki sledi iz preveritve mejnega stanja grede pri potresnem projektnem stanju, položiti še armaturo s prerezom vsaj polovice prereza dejanske natezne armature. To preverimo za levi in desni konec grede (*test3* in *test4*). Pomagamo si s funkcijo A_armature.m, ki nam izračuna skupni prerez armaturnih palic. Če je v natezni coni plošča, vključuje delež natezne armature ρ tudi armaturo znotraj sodelujoče efektivne širine plošče.

Opis funkcije :

- Najprej preverimo pogoj deleža natezne armature na levem koncu grede. Podatek o mrežni armaturi moramo dobiti v obliki skupnega prereza armature plošče. Preštejemo število vrstic v matričnem zapisu mrežne armature, nato pa s pomočjo sodelujoče širine plošče v vsaki vrstici izračunamo prerez mreže in ga prištejemo k skupnemu prerezu armature plošče. Pri izračunu deleža natezne armature ρ (*Rot_1*) upoštevamo armaturo plošče, ki pa je normiran z $b*d$; prav tako pa je z $b*d$ normiran tudi delež tlačne armature ρ' (*Roc_1*). Delež natezne armature ρ ne sme presegati vrednosti ρ_{max} , izračunamo pa ga s pomočjo deleža tlačne armature ρ' . Če je ta pogoj izpolnjen, dobi parameter *test1* vrednost true oz. 1. Postopek za desni konec grede je identičen, s tem da preverjamo armaturo na desnem koncu grede in na koncu izvednotimo parameter *test2*. Če sta oba pogoja (*test1* in *test2*) izpolnjena, potem dobi izhodni parameter *lok_duktilnost* vrednost true, v nasprotnem pa false. Drugi del zahtev je pogoj tlačne armature. S pomočjo funkcije A_armatura dobimo skupni prerez armaturnih palic in s parametrom *test3* na levi in *test4* na desnem koncu preverimo, ali je v tlačni coni

prereza položena tlačna armatura vsaj polovice natezne armature. Ob izpolnitvi obeh parametrov dobi izhodna spremenljivka *test_tlacna_krit* vrednost true, v nasprotnem pa vrednost false. Izpolnitev oz. neizpolnitev obeh pogojev za zadostitev zahtev za lokalno duktilnost je razvidna tudi na grafičnem izpisu rezultatov dimenzioniranja.

5.4.22 Funkcija *max_precna.m*

Funkcijo kličemo iz funkcij Izpis_rezultatov.m in nam izračuna projektne prečne sile.

Za projektne prečne sile v gredah moramo uporabiti pravilo načrtovanja nosilnosti. Upošteva se prečna sila, ki izhaja iz obtežbe v potresnem projektne stanju in prečna sila, ki se pojavi pri formiranju plastičnih členkov za pozitivno in negativno smer delovanja potresne obremenitve. Vhodni podatki funkcije so: *MRb_l*, *MRb_d* sta upogibni nosilnosti na obeh koncih grede; *lb* je dolžina grede; *V_max*, *V_min* sta maksimalna in minimalna prečna sila iz potresnega projektne stanja in *dukt* stopnja duktilnosti. Izhodni podatki pa so trije, in sicer: *Vmax* je absolutno največja, *Ved_max* je maksimalna in *Ved_min* je minimalna prečna sila, ki se lahko pojavi pri potresni obremenitvi. Minimalna in maksimalna prečna sila se v nadaljevanju uporabi pri kontroli kriterijev za dimenzioniranje pri stopnji duktilnosti DCH.

Opis funkcije :

- Faktor γ_{RD} , ki upošteva morebitno večjo nosilnost zaradi utrjevanja jekla, je odvisen od stopnje duktilnosti. Za stopnjo duktilnosti DCM se uporabi vrednost 1.0, za stopnjo duktilnosti DCH pa vrednost 1.2. Negativno prečno silo zaradi upogibnih nosilnosti dobimo tako, da seštejemo absolutne vrednosti negativne za levi konec in pozitivne upogibne nosilnosti za desni konec grede ter vsoto delimo z dolžino primarne potresne grede. Pozitivno prečno silo zaradi upogibnih nosilnosti dobimo tako, da seštejemo absolutne vrednosti pozitivne za levi konec in negativne upogibne nosilnosti za desni konec grede ter vsoto delimo z dolžino primarne potresne grede. Absolutno največja prečna sila, ki se pojavi v prerezu, je maksimalna vrednost izmed absolutnih vrednosti negativne in pozitivne prečne sile. Za projektne prečne sile pa moramo upoštevati pravilo načrtovanja nosilnosti. Tako dobimo največjo prečno silo po metodi načrtovanja nosilnosti na način, da pozitivni prečni sili zaradi upogibnih nosilnosti prištejemo maksimalno prečno silo, ki izhaja iz obtežbe v potresnem projektne stanju. Najmanjšo prečno silo po metodi načrtovanja nosilnosti dobimo tako, da

negativni prečni sili zaradi upogibnih nosilnosti prištejemo minimalno prečno silo, ki izhaja iz obtežbe v potresnem projektnem stanju. Absolutno največja projektna prečna sila, ki jo uporabimo za dimenzioniranje strižne armature je absolutno maksimalna vrednost zgoraj dobljenih vrednosti.

5.4.23 Funkcija najtanjsa_palica.m

Funkcijo kličemo iz funkcij Izpis_rezultatov.m in nam poda premer najtanjše palice vzdolžne armature, ki ga potrebujemo pri pogojih za določitev razdalje med stremeni. Vhodni podatek je vzdolžna armatura v matrični obliki, izhodni pa je vrednost same funkcije – premer najtanjše palice vzdolžne armature.

Opis funkcije :

- Vrednost za najtanjšo palico nastavimo na veliko vrednost in nato pogledamo v prvo vrstico zapisa armature, ali je premer palice manjši od zgoraj nastavljenе vrednosti. In če je, nastavimo za najtanjšo palico ta premer palice. Postopek ponavljamo za vse vrstice matričnega zapisa armature. Na koncu funkciji priredimo vrednost najtanjše palice vzdolžne armature.

5.4.24 Funkcija MRbeam.m

Funkcijo kličemo iz funkcij Izpis_rezultatov.m. Funkcija MRbeam izračuna negativne in pozitivne upogibne nosilnosti grede na podano geometrijo prereza, armaturo ter material. Vhodni podatki morajo biti pripravljeni v pravi obliki in so naslednji :

$prerez = [beff, bw, hw, hp];$ $beff$ je efektivna širina grede (cm); bw je širina pasnice grede (cm); hw je višina prereza grede vključno z debelino plošče (cm); hp je debelina plošče (cm);

$armatura = [n_1 \ fi_1 \ Y_1$

...

$n_m \ fi_m \ Y_m]$, n je število palic, fi je premer palice (mm), Y je koordinata centra palice od spodnjega roba betona (cm);

$material = [fck, gamaC, Ecm, epsCu, fsk, gamaS, Es, epsSmax];$ fck je karakteristična trdnost betona (kN/cm²); $gamaC$ je varnostni faktor za beton (običajno 1.5); Ecm je elastični modul za beton (kN/cm²); $epsCu$ je mejna deformacija v betonu (v promilih, običajno -3.5); fsk je karakteristična natezna trdnost jekla (kN/cm²); $gamaS$ je varnostni faktor za jeklo (običajno

1.15); E_s je elastični modul za jeklo (kN/cm²); eps_{Smax} je mejna deformacija v jeklu (v promilih, običajno 10);

poz je podatek o območju obravnavanja (levo, desno, polje).

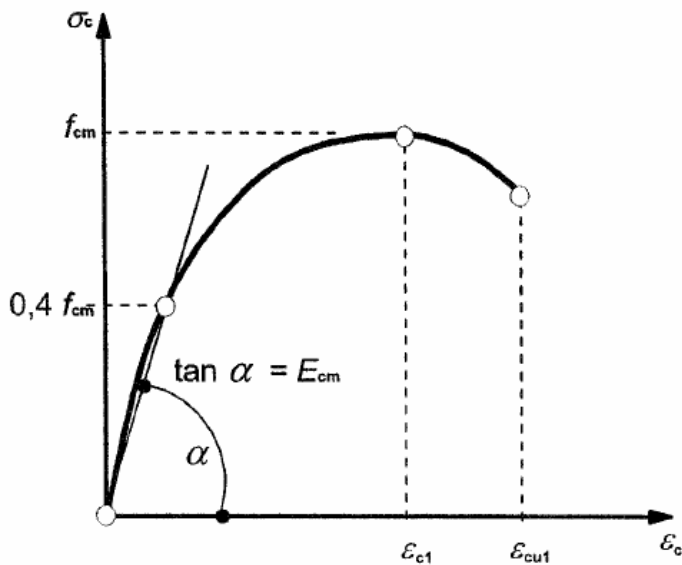
Izhodni podatki pa so: $MRb(1)$ je negativna upogibna nosilnosti (kNcm); $MRb(2)$ je pozitivna upogibna nosilnosti (kNcm); deformacije - nategi zgoraj : $Def(1,:)=[def\ v\ najbolj\ natezni\ armaturi, def.\ na\ tlačnem\ robu\ bet., eps0, fi, [vektor\ deformacij\ v\ armaturi]]$; deformacije - nategi spodaj : $Def(2,:)=[def\ v\ najbolj\ natezni\ armaturi, def.\ na\ tlačnem\ robu\ bet., eps0, fi, [vektor\ deformacij\ v\ armaturi]]$ in NRb je osna sila, ki pripada upogibni nosilnosti (mora biti blizu 0, sicer porušitev ni duktilna).

Funkcija uporablja še naslednje funkcije : *GeomKarC.m*, *nm2.m*, *nmco.m* in *sigmaSi.m*. Ta funkcija, kot tudi ostale podfunkcije niso predmet te diplomske naloge in so delo mojega mentorja dr. doc. Matjaža Dolšeka, zato je v nadaljevanju opisan samo princip delovanja funkcije MRbeam.

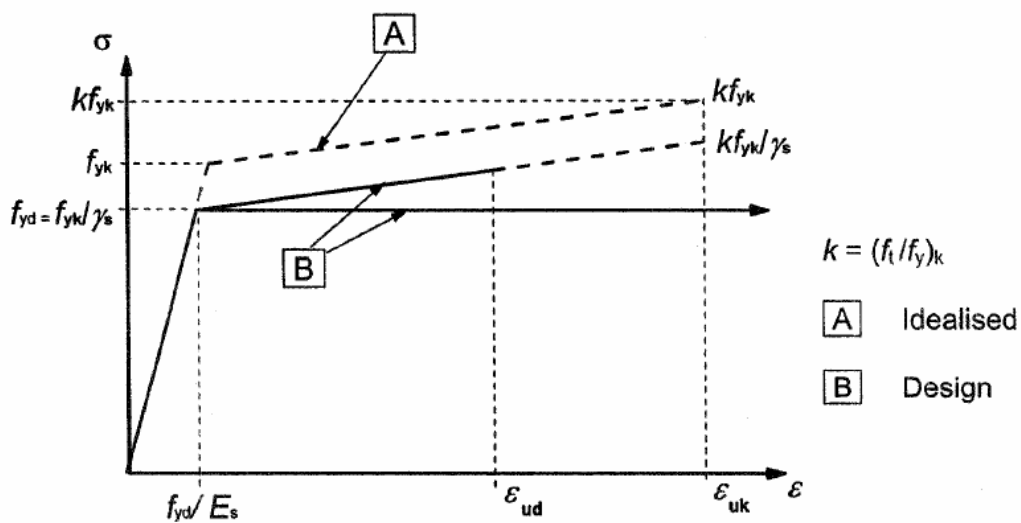
V funkciji MRbeam je za jeklo predpostavljen elastoplastičen material, katerega napetostno-deformacijski diagram je prikazan na sliki 9. Program upošteva bilinearni diagram brez utrjevanja jekla (na sliki 9 označen z B) – ko dosežemo mejo plastičnosti, napetosti ne naraščajo več, ampak so konstantne. Funkcija MRbeam uporablja napetostno-deformacijski diagram za beton po EC2, predviden za nelinearno analizo (slika 8).

Če je betonski prerez poljubne večkotne oblike, se prerez razdeli na podpreze, za katere se potem išče ravnotežje v prerezu. Za te preze je potrebno določiti koordinate vozlišč in jih pripraviti v pravilni obliki za funkcijo.

Funkcija izračuna upogibno nosilnost za stanje, ko je natezna armatura v mejnem stanju. V primeru, da ne doseže ravnotežja, javi da prerez ni duktilen, saj se v tem primeru ruši po betonu. Oсна sila mora biti blizu 0, sicer porušitev ni duktilna.



Slika 8 : Napetostno-deformacijski diagram za beton



Slika 9 : Napetostno-deformacijski diagram za jeklo

6 PRIMERI

Program sem testiral tudi s primeri, trije od teh pa so prikazani v nadaljevanju. Prvi primer sem vzel iz diplomske naloge, kjer je diplomant projektiral armiranobetonsko halo. Upogibne nosilnosti so bile izračunane s programom DIAS, ki upošteva malo drugačne karakteristike, zato se pojavijo majhna odstopanja pri rezultatih. Drugi primer sem vzel iz seminarske naloge pri predmetu Dinamika gradbenih konstrukcij in potresno inženirstvo. Tretji primer je iz seminarja, ki ga je pripravil mentor.

Pri prvem primeru sem pokazal tudi pogovorna okna programa Gredko, vnešeni pa so vhodni podatki za ta primer. Prikazan je potek dela s programom in izgled samega programa.

Postopek dela in vnašanje vhodnih podatkov je identičen tudi za primer 2 in primer 3, zato pogovornih oken nisem prikazal. Predstavil sem samo vhodne podatke, grafično prikazal prereze in tabelarično primerjavo rezultatov ter izpis iz programa Gredko.

6.1 Primer 1

Na začetku so prikazani osnovni potrebni vhodni podatki za potresnoodporno analizo in dimenzioniranje AB grede s programom Gredko.

Vhodni podatki o gredi :

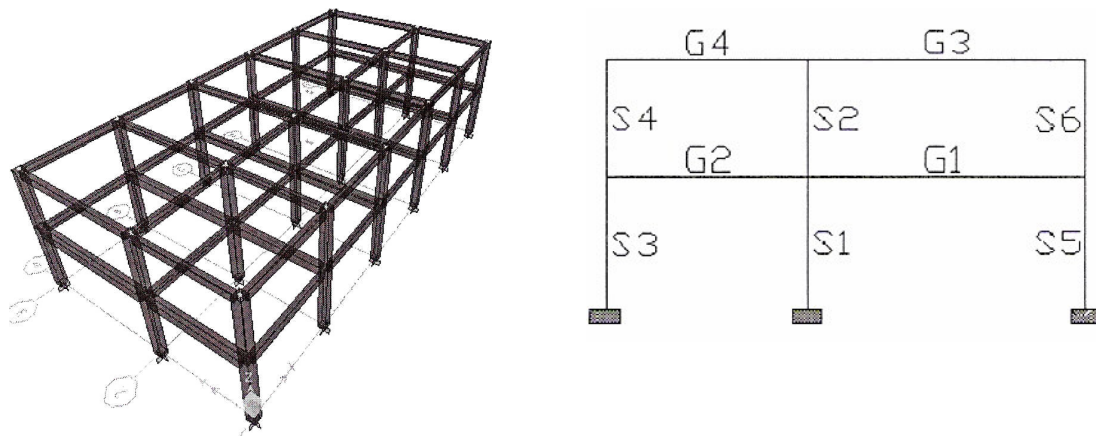
- Večetažni okviri z več polji
- Osnovni nihajni čas : $T_1 = 0,4924$ s
- Okvirni sistem, mešani sistem
- Zgornja meja nihalnega časa : $T_C = 0,5$ s
- Stopnja duktilnosti DCM

Material : beton C25/30
jeklo S400

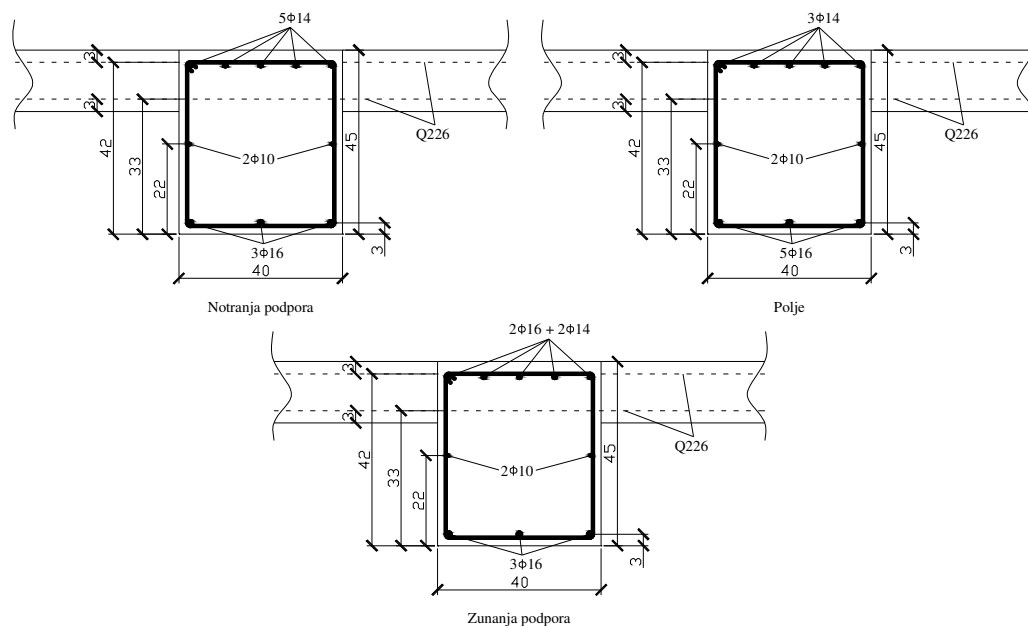
Geometrija : Dolžina grede $l_b = 690$ cm
Višina plošče $h_{pl} = 15$ cm
Širina grede $b_w = 40$ cm
Višina grede $h_w = 45$ cm
Statična višina $d = 40$ cm
Širina stebra $b_c = 40$ cm

Na sliki 10 je prikazan aksonometrični pogled konstrukcije in prečni okvir, iz katerega gredo G1 dimenzioniramo. Na sliki 11 so predstavljeni prerezi AB grede v kritičnem območju, in sicer na levem koncu ob vpetju grede v notranji steber in na desnem koncu ob vpetju v

zunanji steber ter prerez v polju grede. Konstrukcija je projektirana v skladu z EC8, analiza je bila narejena s programom ETABS, kateri je tudi dimenzioniral vzdolžno armaturo.

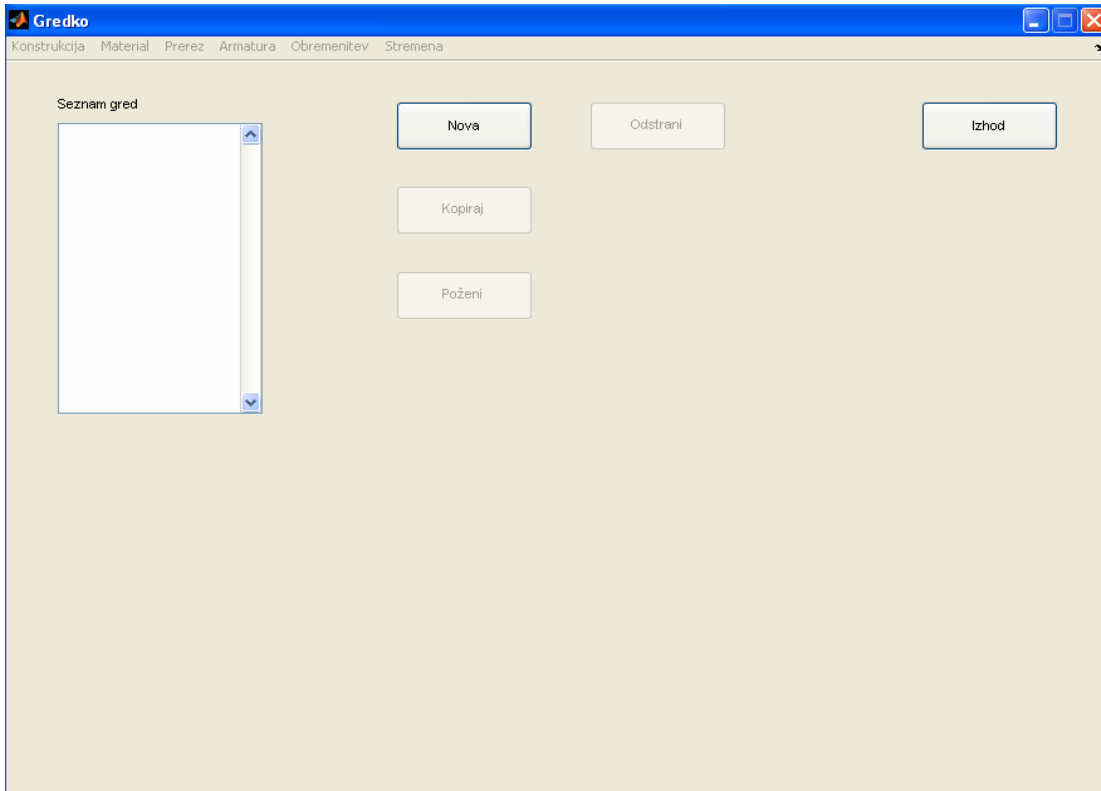


Slika 10: Aksonometrični pogled konstrukcije (levo) in prečni okvir (desno)



Slika 11: Prerezi gred za Primer 1

V nadaljevanju so prikazana pogovorna okna programa Gredko, na koncu pa tudi končni izpis analize iz programa. Na sliki 12 je prikazan program Gredko ob zagonu. Omogočen je pritisk gumba Nova, s katerim podamo ime nove grede ali pritisk gumba Izhod, s katerim zapustimo program.



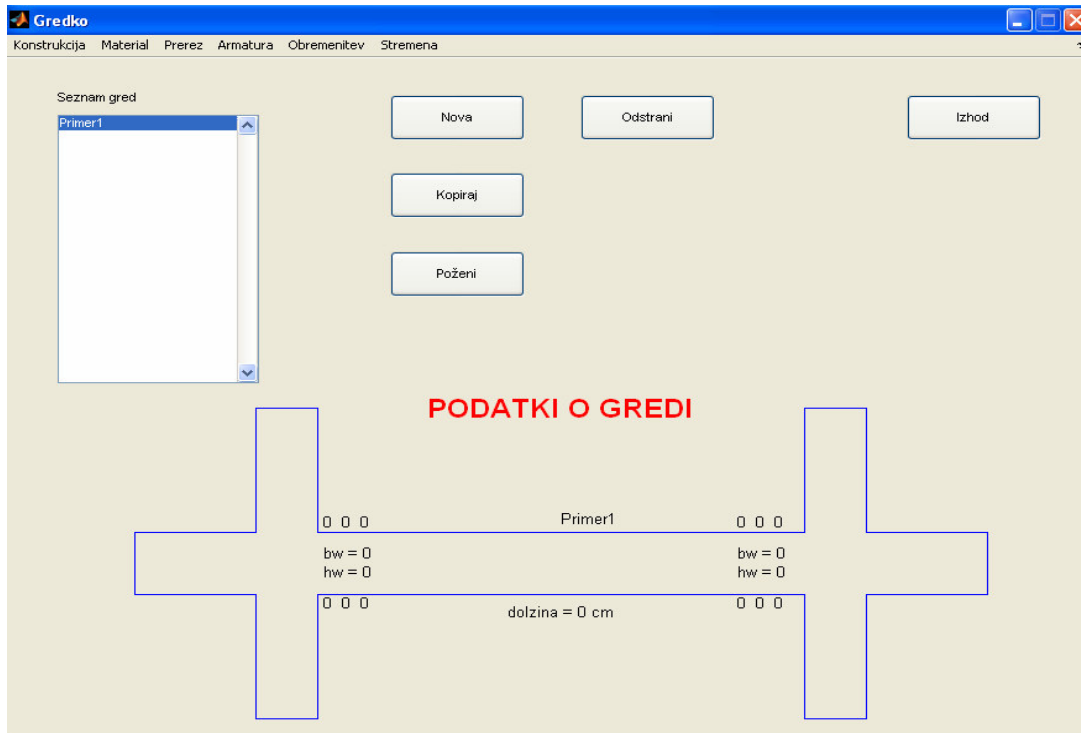
Slika 12 : Začetno pogovorno okno programa Gredko

Z gumbom Nova poženemo novo pogovorno okno, kjer vnesemo ime grede, vnos pa potrdimo s pritiskom gumba Vredu ali prekličemo z gumbom Prekliči (Slika 13). Pri imenu grede je potrebno paziti, da je prvi znak imena črka in da ne uporabljamo presledkov.



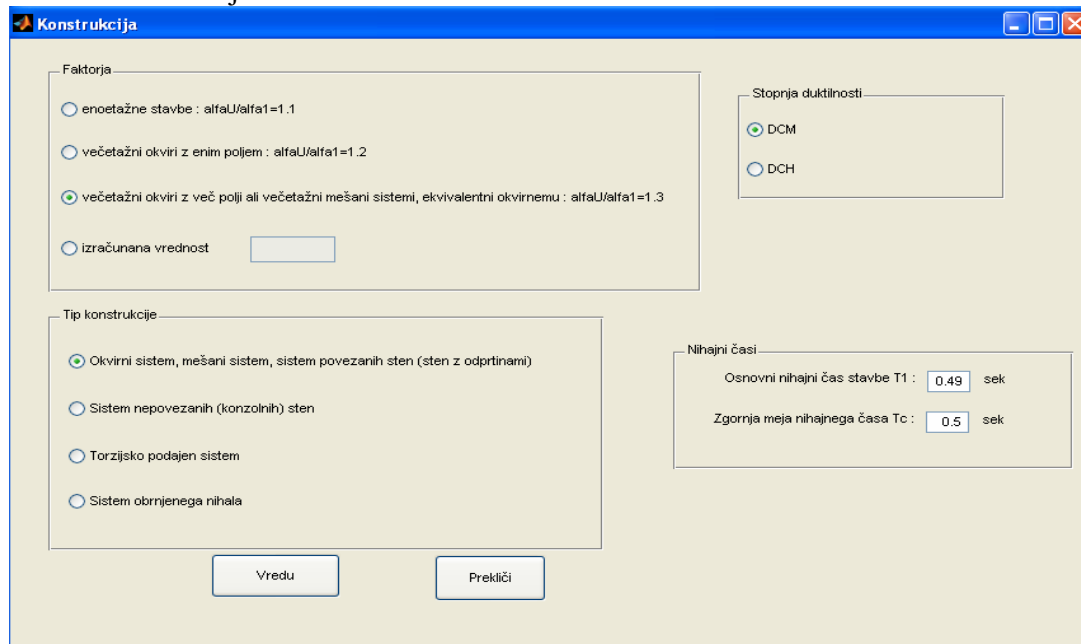
Slika 13 : Vnos imena grede

Po vnosu imena se na seznamu gred pojavi vnešeno ime, spodaj se shematsko prikaže slika grede, aktivirajo se ostali gumbi in meniji postanejo aktivni – Slika 14.



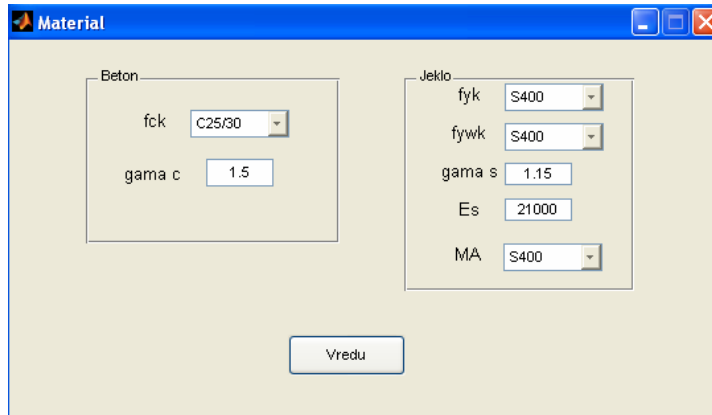
Slika 14: Izgled programa po vnosu imena

Podatki o konstrukciji so vidni na sliki 15.



Slika 15 : Podatki o konstrukciji, kateri pripada greda

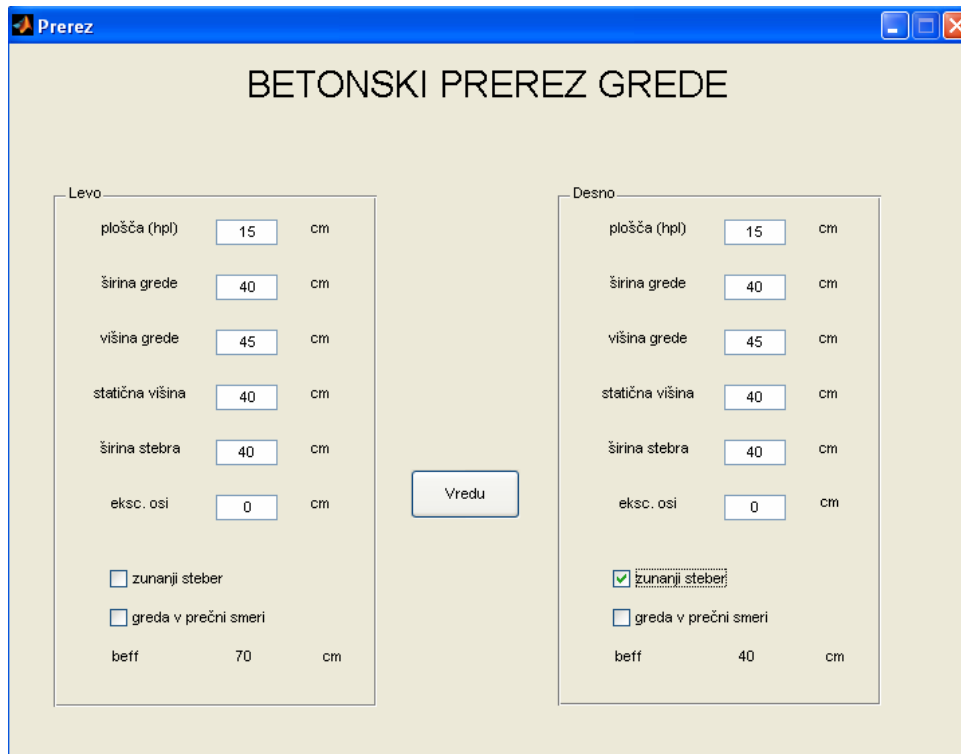
Vzorčno nastavljene podatke o materialu je možno spreminjati z izbiro iz visečih seznamov in z vnosom vrednosti parametrov – Slika 16.



Slika 16 : Podatki o materialnih karakteristikah

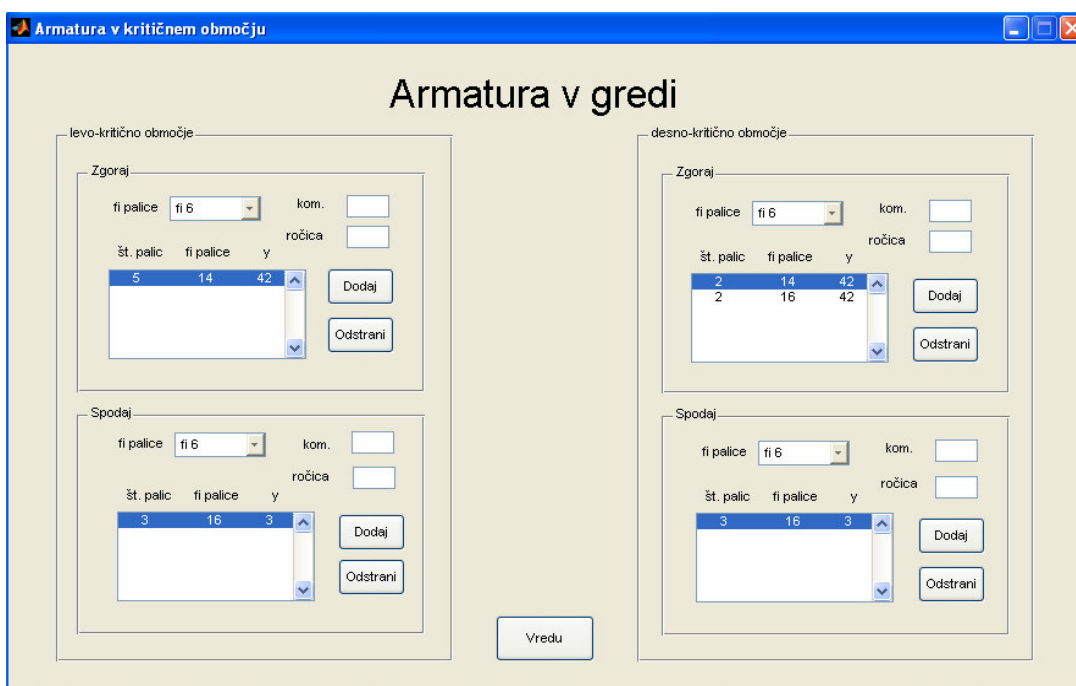
Prerez grede je lahko različen za levi in desni konec grede. Program pa je narejen tako, da ko vnašamo podatke za levi prerez, se avtomatsko privzamejo enake vrednosti za desni prerez.

Vnos potrdimo z gumbom Vredu – Slika 17.

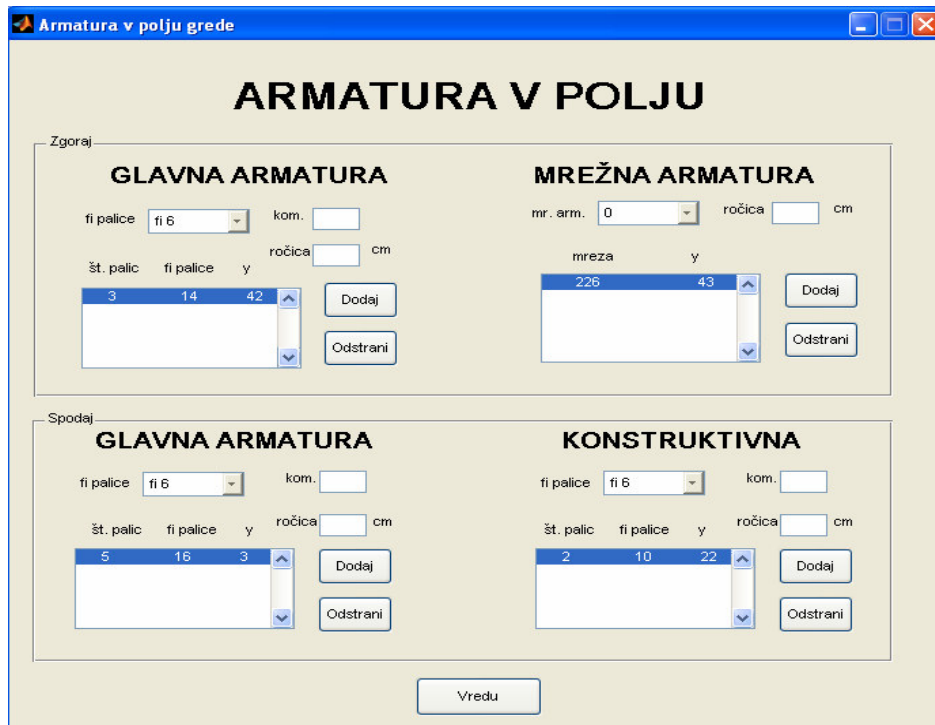


Slika 17 : Pogovorno okno za vnos geometrijskih podatkov prereza grede

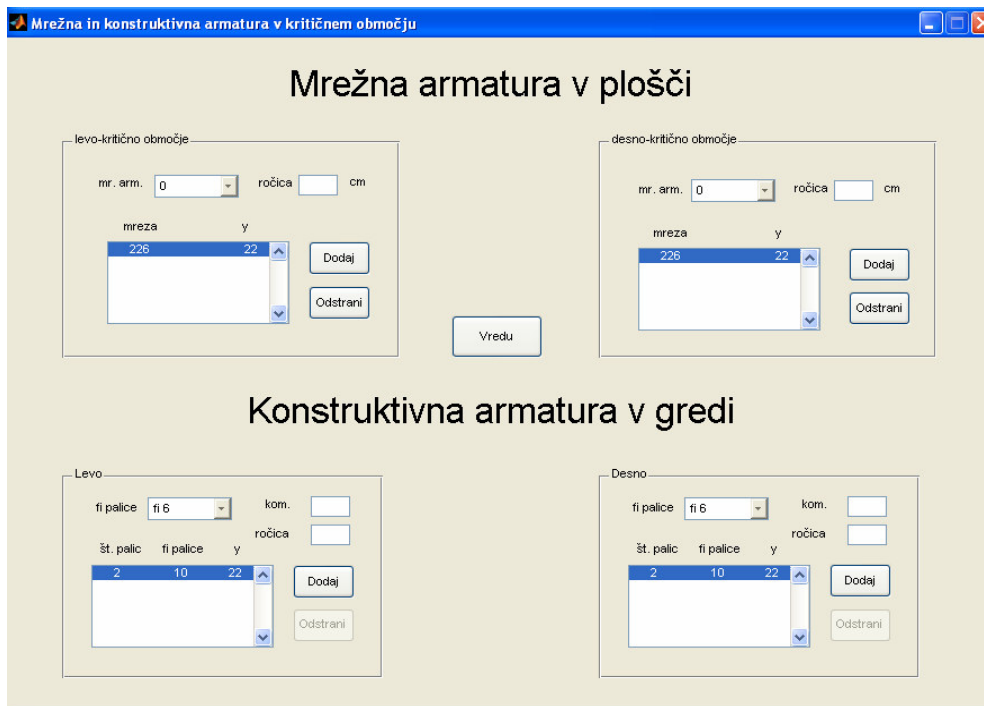
Vnos armature grede je razdeljen na tri pozicije, in sicer armatura v kritičnem območju (podmeni Kritično območje – Slika 18), armatura v polju (podmeni Polje – Slika 19) in mrežna armatura v kritičnem območju (podmeni Mrežna armatura – Slika 20). Princip delovanja pogovornih oken je pri vseh treh enak. Iz visečega seznama izbereš premer palice ali mrežno armaturo, vneseš število komadov posamezne palice (pri mrežni armaturi ne) in nazadnje vneseš še ročico (razdaljo od spodnjega roba prereza do osi palic vzdolžne armature). Vnos je obvezno potrditi z gumbom Dodaj. Če želimo katero palico ali mrežo odstraniti, zapis označimo na seznamu armature in pritisnemo gumb odstrani. Pogovorno okno zapremo s pritiskom na gumb Vredu.



Slika 18: Vnos armature za kritično območje

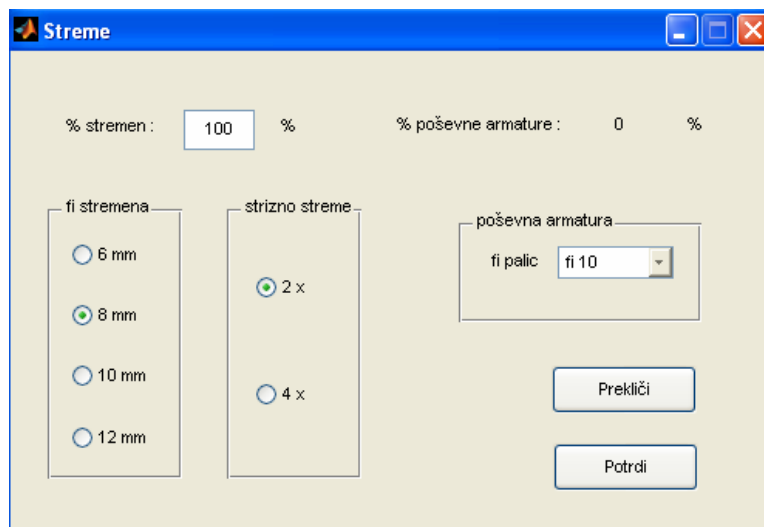


Slika 19 : Pogovorno okno za vnos armature v polju grede



Slika 20 : Vnos mrežne in konstruktivne armature v kritičnem območju

Zadnji meni v menijski vrstici omogoča izbiro strižne armature, ki se uporabi pri dimenzioniranju (Slika 21). V kolikor želimo imeti poševno armaturo, odstotek stremenske zmanjšamo za želeni odstotek poševne armature.



Slika 21 : Izbira strižne armature

Prečno silo in upogibni moment vnašamo v program z izbiro menija Obremenitev v menijski vrstici glavnega pogovornega okna. Odpre se pogovorno okno prikazano na sliki 22. Pomemben podatek, ki ga je potrebno najprej vnesti je dolžina grede, saj v nasprotnem program ne shrani vrednosti za prečno silo in momente. Prečne sile in momente dobimo iz analize konstrukcije. Momenti iz analize nam služijo le za kontrolo upogibne nosilnosti, s tem pa nam program omogoča kompletno dimenzioniranje grede.

The screenshot shows a software window titled "obremenitev" with the following data entry fields:

- Prečna sila - kritično območje**
 - Potresno projektno stanje:
 - Vd,max : 66.1 kN
 - Vd,min : 66.1 kN
 - Trajno projektno stanje:
 - Vsd : 90 kN
- Prečna sila - polje**
 - abs (Vsd,max) : 50 kN
- Dolžina grede**
 - Dolžina : 690 cm
- Momenti iz analize**
 - kritično območje:
 - Msd,levo : -122.8 kNm
 - Msd,desno : -65.3 kNm
 - polje:
 - Msd : 98.6 kNm

At the bottom center, there is a button labeled "Vredu".

Slika 22 : Vnos prečnih sil in upogibnih momentov ter dolžine grede

V preglednici 2 je podana primerjava rezultatov iz diplomske naloge in rezultatov dobljenih s programom Gredko. Razlike so minimalne, ki pa so posledica različnih načinov izračuna upogibnih nosilnosti.

Preglednica 2: Primerjava rezultatov za Primer 1

Diploma	Program Gredko
levo : $M_{rd}^- = -146$ kNm	levo : $M_{rd}^- = -154,5$ kNm
levo : $M_{rd}^+ = 102$ kNm	levo : $M_{rd}^+ = 102,2$ kNm
desno : $M_{rd}^- = -132$ kNm	desno : $M_{rd}^- = -132,4$ kNm
desno : $M_{rd}^+ = 98$ kNm	desno : $M_{rd}^+ = 98,7$ kNm
$V_{max} = 101,49$ kN	$V_{max} = 100$ kN
$s_{krit} = 11$ cm (streže $\Phi 8$ mm)	$s_{krit} = 11$ cm (streže $\Phi 8$ mm)
$\Delta A_{s1} = 1,46$ cm ²	$\Delta A_{s1} = 1,44$ cm ²

NAZIV GREDE : Primer1 dolžina : 690 cm DCM

PREREZ :

LEVO : višina pločnice(h_{pl}) : 15 cm
višina grede(h_w) : 45 cm
širina grede(b_w) : 40 cm
statična visina(d) : 40 cm
širina stebra(bc) : 40 cm
efekt. širina(b_{eff}) : 70 cm

DESNO : višina pločnice(h_{pl}) : 15 cm
višina grede(h_w) : 45 cm
širina grede(b_w) : 40 cm
statična visina(d) : 40 cm
širina stebra(bc) : 40 cm
efekt. širina(b_{eff}) : 40 cm

OBREMENITEV :

ARMATURA : LEVO DESNO

n	φ	y _i	n	φ	y _i
5	14	42	2	14	42
3	16	3	2	16	42
			3	16	3

UPOGIENI MOMENT :

M_{d,levo} : -122.8 kNm
M_{d,desno} : -65.3 kNm
M_{d,polje} : 98.6 kNm

UPOGIBNA NOSILNOST :

M_{rd,levo} : -154.5 kNm
M_{rd,desno} : -132.4 kNm
M_{rd,levo} : 102.2 kNm
M_{rd,desno} : 98.7 kNm

M_{d,levo}/M_{rd,levo} = 0.795 < 1.0 → OK !
M_{d,desno}/M_{rd,desno} = 0.493 < 1.0 → OK !
M_{d,polje}/M_{rd,polje} = 0.647 < 1.0 → OK !

DIMENZIONIRANJE : STREMENA :

V_{max} = 100 kN
% stremen = 100 %
STR. ARM. V POLJU :

POGOJI :

Geometrija : IZPOLNJEN
l_{cr} = 90 cm

Tlačna armatura : IZPOLNJEN

Min. nat. arm. v krit. obm : IZPOLNJEN

Min. nat. arm. v polju : IZPOLNJEN

Lokalna duktilnost : IZPOLNJEN

V_{max,s} = 100 kN
Streme : φ 8 mm (n=2)
S_{polje} = 7 cm

A_{sw} = 1.01 cm²
S_{krit} = 11 cm
Δ A_{s,krit} = 1.44 cm²

Δ A_{s,polje} = 0.72 cm²

PRVO STREMENE SME BITI ODDALJENO VEČ KOT 50 mm OD STEBRA !

Slika 23: Izpis iz programa za Primer 1

6.2 Primer 2

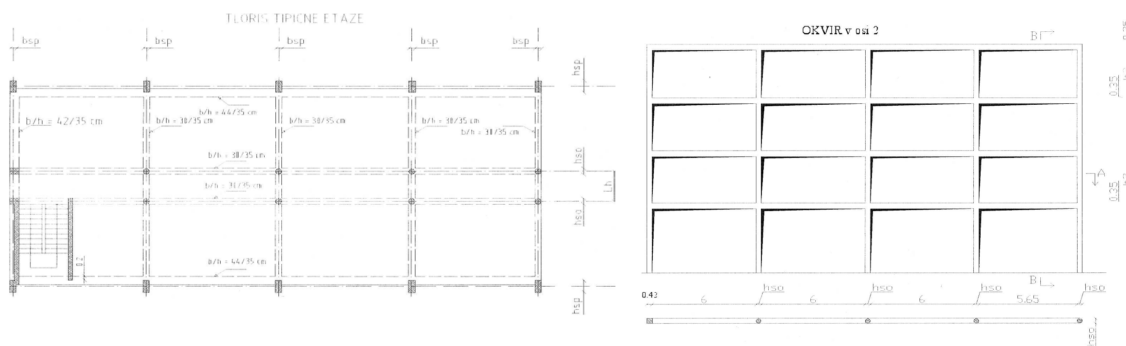
Vhodni podatki o gredi :

- Večetažni okviri z več polji
- Okvirni sistem, mešani sistem
- Stopnja duktilnosti DCM
- Osnovni nihajni čas : $T_1 = 0,76$ s
- Zgornja meja nihalnega časa : $T_C = 0,6$ s

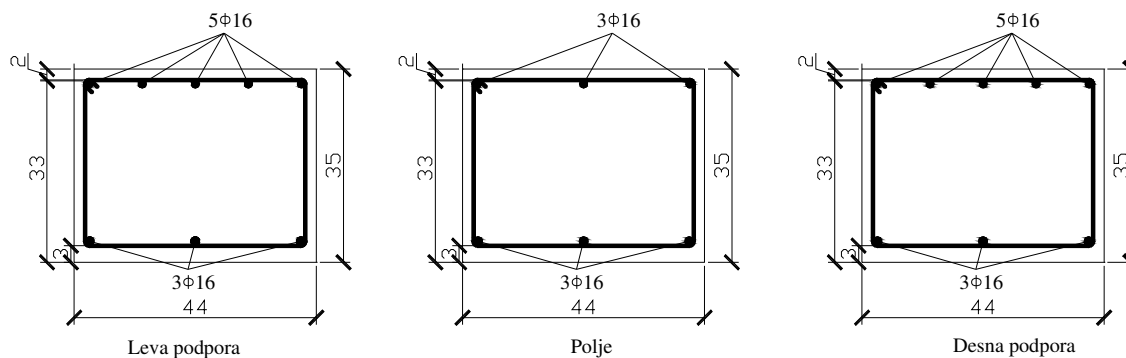
Material : beton C25/300
jeklo S400

Geometrija : Dolžina grede $l_b = 580$ cm
Višina plošče $h_{pl} = 0$ cm
Širina grede $b_w = 44$ cm
Višina grede $h_w = 35$ cm
Statična višina $d = 32$ cm
Širina stebra $b_c = 50$ cm

Na spodnji sliki 24 je najprej predstavljena obravnavana konstrukcija (dimenzionira se notranja zgornja greda v tretjem polju iz leve strani), na sliki 25 pa so prikazani prerezi dimenzionirane grede.



Slika 24: Tloris in prerez konstrukcije



Slika 25: Prerezi gred za Primer 2

Preglednica 3: Primerjava rezultatov za Primer 2

Seminarska naloga	Program Gredko
levo : $M_{rd}^- = -96,6$ kNm	levo : $M_{rd}^- = -104,2$ kNm
levo : $M_{rd}^+ = 60,3$ kNm	levo : $M_{rd}^+ = 63,6$ kNm
desno : $M_{rd}^- = -96,6$ kNm	desno : $M_{rd}^- = -104,2$ kNm
desno : $M_{rd}^+ = 60,3$ kNm	desno : $M_{rd}^+ = 63,6$ kNm
$V_{max} = 64$ kN	$V_{max} = 66$ kN
$s_{krit} = 8$ cm (strema $\Phi 8$ mm)	$s_{krit} = 8$ cm (strema $\Phi 8$ mm)
$\Delta A_{sI} = 0,92$ cm ²	$\Delta A_{sI} = 0,95$ cm ²

NAZIV GREDE : Primer2 **dolžina : 580 cm** **DCM**

PREREZ :
 LEVO : višina plošče(hpl) : 0 cm
 višina grede(hw) : 35 cm
 šírna grede(bw) : 44 cm
 statična visina(d) : 32 cm
 šírna stebra(bc) : 50 cm
 efekt. širina(beff) : 44 cm
 DESNO : višina plošče(hpl) : 0 cm
 višina grede(hw) : 35 cm
 šírna grede(bw) : 44 cm
 statična visina(d) : 32 cm
 šírna stebra(bc) : 50 cm
 efekt. širina(beff) : 44 cm

OBREMENITEV :

		ARMATURA :		LEVO		DESNO	
PRECNA SILA :		n	ϕ	yi	n	ϕ	yi
$V_{sd,max}$: 36,9 kN	V_{polje} : 57 kN	5	16	32	5	16	32
$V_{sd,min}$: 36,9 kN	$V_{sd,max}$: 57 kN	3	16	3	3	16	3
V_{krit} : 0 kN	$M_{d,levo}$: -89 kNm						
$V_{sd,stat}$: 0 kN	$M_{d,desno}$: -57,1 kNm						
	$M_{d,polje}$: 45,1 kNm						

UPOGIBNA NOSILNOST :
 $M_{to,levo}^-$: -104,2 kNm $M_{d,levo}^-/M_{rd,levo}^- = 0,854 < 1,0 \rightarrow OK!$
 $M_{to,desno}^+$: 63,6 kNm $M_{d,desno}^+/M_{rd,desno}^+ = 0,836 < 1,0 \rightarrow OK!$
 $M_{to,levo}^+$: 63,6 kNm $M_{d,polje}^+/M_{rd,polje}^+ = 0,709 < 1,0 \rightarrow OK!$

DIMENZIONIRANJE : STREMENA :

POGOJI : $V_{max} = 66$ kN % stremen = 100 % STR. ARM. V POLJU :

Geometrija : IZPOLNJEN $V_{max,s} = 66$ kN Strema : ϕ 8 mm (n=2)

Tlačna armatura : IZPOLNJEN $I_{cr} = 70$ cm $S_{polje} = 7$ cm

Min. nat. arm. v krit. obm. : IZPOLNJEN $A_{sw} = 1,01$ cm² $\Delta A_{s,polje} = 0,92$ cm²

Min. nat. arm. v polju : IZPOLNJEN $s_{krit} = 8$ cm

Lokalna duktilnost : IZPOLNJEN $\Delta A_{s,krit} = 0,95$ cm²

PRVO STREMENE SMEBITI ODDALJENO VEČ KOT 50 mm OD STEBRA !

Slika 26: Izpis iz programa za Primer 2

6.3 Primer 3

Vhodni podatki o gredi :

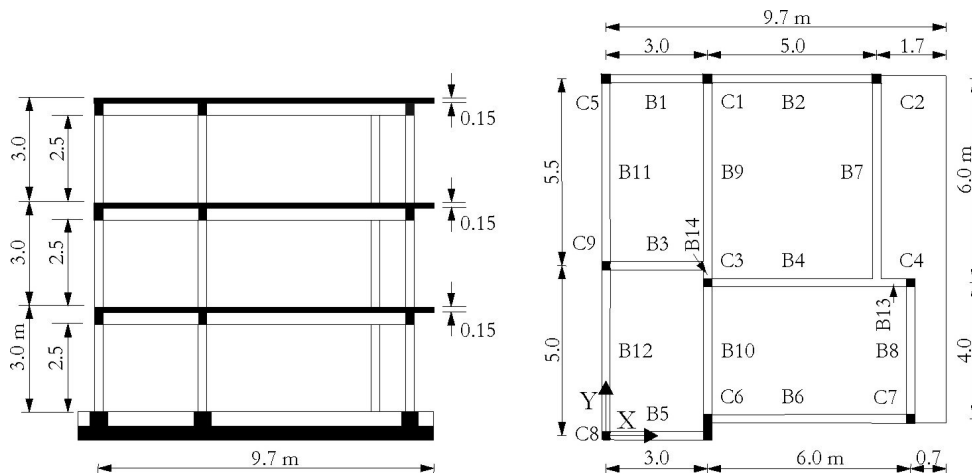
- Večetažni okviri z več polji,
- $\alpha_w/\alpha_1=1,15$
- Okvirni sistem, mešani sistem
- Stopnja duktilnosti DCM
- Osnovni nihajni čas : $T_1 = 0,57$ s
- Zgornja meja nihajnega časa v področju konstantnih pospeškov : $T_C = 0,6$ s

Material : beton C25/300
jeklo S400

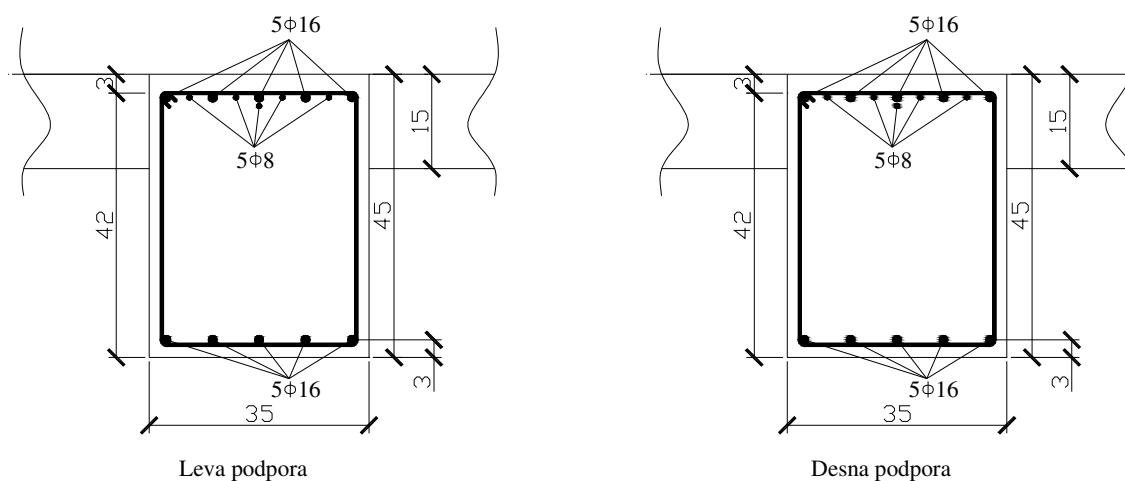
Geometrija : Dolžina grede $l_b = 500$ cm
Višina plošče $h_{pl} = 15$ cm
Širina grede $b_w = 35$ cm
Višina grede $h_w = 45$ cm
Statična višina $d = 42$ cm
Širina stebra $b_c = 35$ cm

Na sliki 27 je prikazan tloris in pogled konstrukcije, ki jo pri tem primeru obravnavamo.

Dimenzioniramo gredo B2. Slika 28 prikazuje prerez grede.



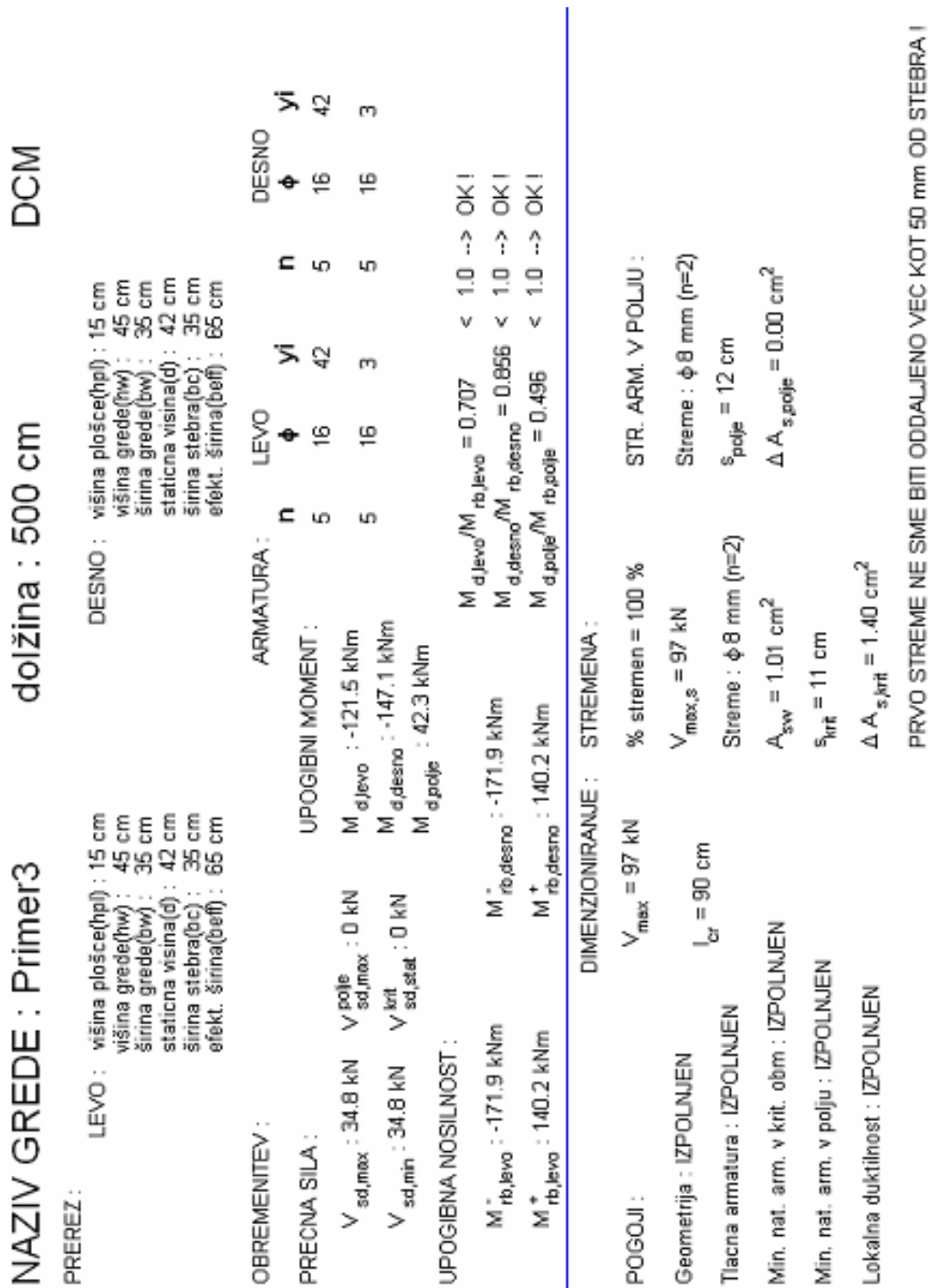
Slika 27: Trietažna armiranobetonska stavba



Slika 28: Prerezi gred za Primer 3

Preglednica 4: Primerjava rezultatov za Primer 3

Seminar	Program Gredko
levo : $M_{rd}^- = -165 \text{ kNm}$	levo : $M_{rd}^- = -171,9 \text{ kNm}$
levo : $M_{rd}^+ = 136 \text{ kNm}$	levo : $M_{rd}^+ = 140,2 \text{ kNm}$
desno: $M_{rd}^- = -165 \text{ kNm}$	desno: $M_{rd}^- = -171,9 \text{ kNm}$
desno: $M_{rd}^+ = 136 \text{ kNm}$	desno: $M_{rd}^+ = 140,2 \text{ kNm}$
$V_{max} = 95 \text{ kN}$	$V_{max} = 97 \text{ kN}$
$s_{krit} = 11 \text{ cm}$ (streme $\Phi 8 \text{ mm}$)	$s_{krit} = 11 \text{ cm}$ (streme $\Phi 8 \text{ mm}$)
$\Delta A_{s1} = 1,37 \text{ cm}^2$	$\Delta A_{s1} = 1,40 \text{ cm}^2$



Slika 29: Izpis iz programa za Primer 3

7 ZAKLJUČEK

V programskem jeziku Matlab sem napisal program, poimenoval sem ga Gredko, obravnava pa potresnoodporno dimenzioniranje gred po standardu EN 1998-1. Matlab je za matematično procesiranje zelo uporaben programski jezik, ki ima širok spekter zmožnosti. Pri izdelavi programa nisem uporabil veliko njegovih sposobnosti, najbolj pa mi je bil v pomoč njegov grafični vmesnik. Poleg same grafike je bilo veliko klasičnega programiranja, kjer je bistvo programa. Navidez dokaj enostaven program zahteva precej logičnega operiranja in manj matematičnega procesiranja. Uporaba strukture, kot način zapisa podatkov, je zelo praktična in uporabna, saj imamo vse podatke o gredi na enem mestu, do njih pa enostavno dostopamo z indeksiranjem polj. Dinamična imena polj omogočajo spreminjanje imen spremenljivk med samim delovanjem oziroma poganjanjem programa, kar dovoljuje interaktivno spreminjanje teh imen. Vnos podatkov je narejen preko menijev in podmenijev. Vhodni podatki o konstrukciji in materialu so skupni za vse obravnavane grede, saj je program namenjen obravnavi gred ene konstrukcije. Pri obravnavi gred različnih konstrukcij je potrebno biti pazljiv na ažuriranje teh podatkov. Grafični prikaz grede v glavnem pogovornem oknu je narejen tako, da so prikazani podatki o vzdolžni armaturi grede v kritičnih območjih, podatki o višini in širini grede, dolžini grede in imenu grede, v vozliščih pa je prikazana tudi vzdolžna armatura sosednje grede, kar je pomoč pri konstruiranju vzdolžne armature gred.

Stopnja duktilnosti DCM dovoljuje manjše reduciranje potresnih sil, zato so kriteriji in pogoji za zagotovitev lokalne in globalne duktilnosti manj strogi, algoritem in posledično program pa je za to stopnjo duktilnosti enostavnejši. Pri dimenzioniranju za stopnjo duktilnosti DCH je predvidena večja redukcija potresnih sil in večje sipanje potresne energije, zato so tudi kriteriji in pogoji temu primerno strožji. Redukcijo potresnih sil upoštevamo s faktorjem obnašanja, ki je v splošnem odvisen od materiala, konstrukcijskega sistema, izbrane stopnje duktilnosti in od pravilnosti konstrukcije po tlorisu in višini, zato je potrebno biti pazljiv na te stvari že pri sami zasnovi konstrukcije. Uporaba metode načrtovanja nosilnosti je izjemno pomemben del potresnoodporne analize elementov. V splošnem vzdolžno armaturo v gredi določimo iz projektne obremenitve gred, medtem ko je količina vzdolžne armature v stebrih odvisna tudi od upogibne nosilnosti grede. Strižna nosilnost gred je določena s kombinacijo obremenitev, ki izhajajo iz vertikalne obtežbe pri potresni obtežni kombinaciji, in pomembno,

iz upogibnih nosilnosti na mestih plastičnih členkov. Na takšen način zagotovimo, da strižno armaturo določamo na maksimalno možno prečno silo. S posebnimi ukrepi je potrebno zagotavljati lokalno in globalno stabilnost konstrukcije.

Pravilen in natančen vnos podatkov je pomemben, kar je pokazalo testiranje programa s primeri, kjer so bili podatki dobljeni še na drugi način. Največji vpliv na rezultate imajo spremembe o vzdolžni armaturi gred. Vzdolžna armatura grede je odločilnega pomena za račun upogibnih nosilnosti, iz katerih izhaja strižna nosilnost gred.

VIRI

CEN, 1994. Eurocode 2: Design of concrete structure - Part 1-1: General rules and rules for buildings, EN 1992-1-1. Brussels.

CEN, 2004b. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, EN 1998-1. Brussels.

Fajfar, P. 1984. Dinamika gradbenih konstrukcij. Ljubljana, UL, FGG: 550 str.

Podobnik, K. 2006. Projektiranje armiranobetonske hale za različno potersno ogroženi območji v Sloveniji ter ocena stroškov izgradnje nosilne konstrukcije. Diplomaska naloga, Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za gradbeništvo, Konstrukcijska smer: 80 str.

MATLAB – User Guides: Desktop Tools and Development Environment. Version 7. 2004. Natick, Boston, USA. The MathWorks Inc.

MATLAB – User Guides: Programming. Version 7. 2004. Natick, Boston, USA. The MathWorks Inc.

MATLAB – User Guides: Creating Graphical User Interfaces. Version 7. 2004. Natick, Boston, USA. The MathWorks Inc.