PLAN B

Tower 8
Priručnik

3. dio — poglavlja 7 i 10

Upute za rad s programom Tower 8 (Build 8.5).

Plan B d.o.o. · www.plan-b.hr · studeni 2026.

Sadržaj

7. Proračun modela

7.1 Namjena i opis rada modula
7.2 Pogreške koje prekidaju proces proračuna
7.3 Načini proračuna

10. Dimenzioniranje čeličnih presjeka

10.1 Izbor propisa za dimenzioniranje
10.2 Mjerodavno opterećenje EUROCODE
10.3 Kontrola napona
10.4 Ulazni podaci EUROCODE
10.5 Kontrola stabilnosti
10.6 Prikaz rezultata
10.7 Izvještaj
10.8 Izvještaj za jedan presjek
10.9 Kontrola stabilnosti pojedinačnog štapa
10.10 Optimizacija poprečnih presjeka
10.11 Prikaz optimizacije poprečnih presjeka

7 Proračun modela

7.1 Namjena i opis rada modula

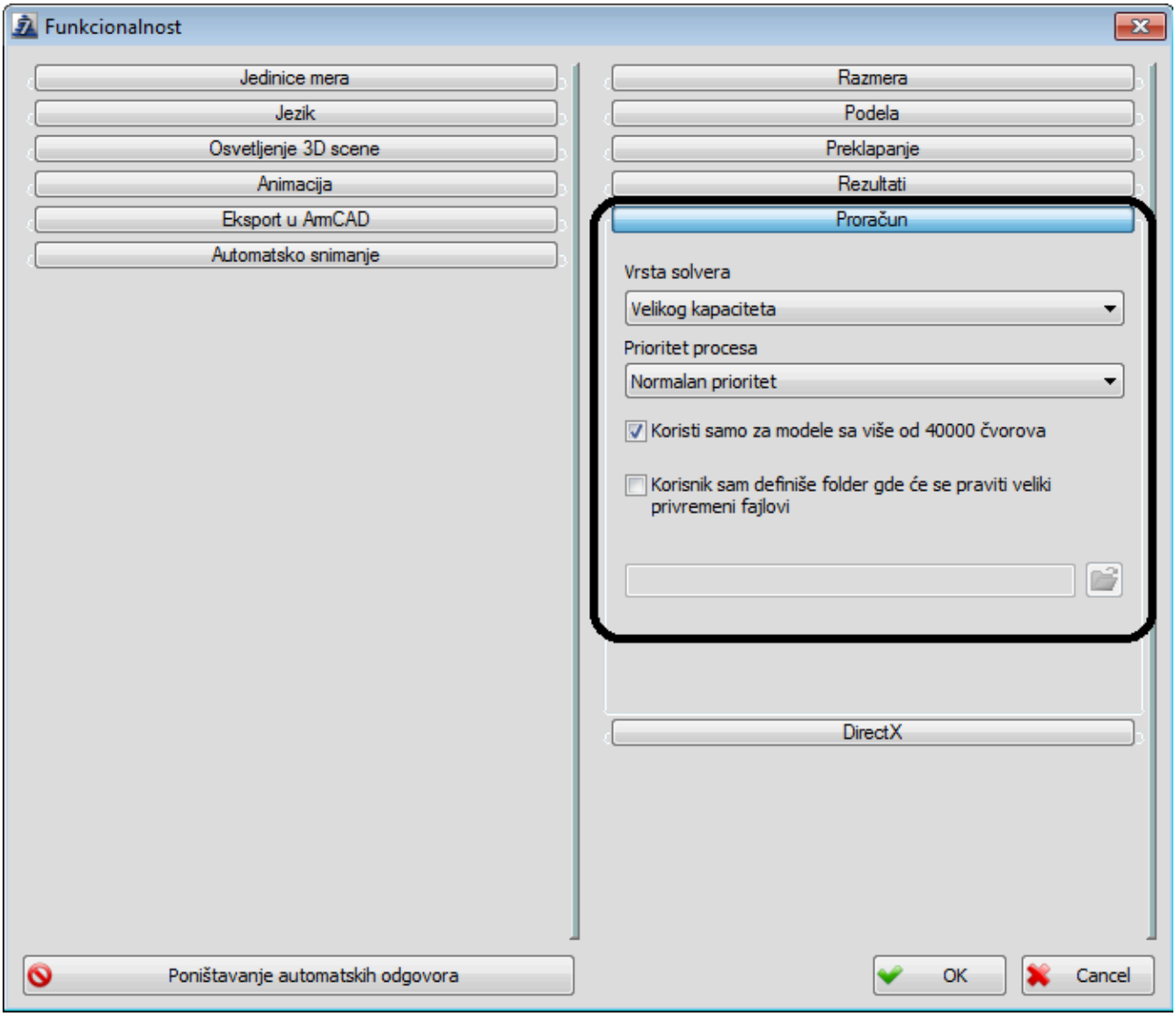
Modul za proračun, metodom konačnih elemenata određuje utjecaje u pločastim, grednim i graničnim elementima. Sam postupak se odvija tako što se prvo vrši priprema podataka, odnosno sadržaj crteža s definiranim podacima o konstrukciji i opterećenju se numerički obrađuje. Na temelju pripremljenih podataka, formira se globalna matrica krutosti sustava s odgovarajućim slobodnim članovima, i za ovako formiran sustav linearnih jednadžbi, provodi se prvo prenumeracija, a potom i sam postupak rješavanja (dekompozicija sustava jednadžbi). Iz dobivenih rješenja, program prvo izračunava pomake, a potom iz njih i sve potrebne presječne sile u modelu.

Kako konstrukcije mogu biti proizvoljne geometrije i složenosti, to sustav jednadžbi koji se formira može imati veliki broj nepoznanica. Kod ravninskih problema, u svakom čvoru mreže konačnih elemenata, javljaju se tri nepoznata pomaka, dok se kod prostornih konstrukcija u svakom čvoru javlja šest nepoznatih pomaka.

Za efikasan proračun, naročito velikih modela, potrebno je da imate dovoljno raspoložive, kako virtualne tako i RAM memorije. Način podešavanja ovih parametara, detaljno je opisan u poglavlju “1.1 Potrebna konfiguracija računala”.

Program “Tower” raspolaže s dva proračunska modula (solvera). Prvi, takozvani “standardni solver” je isti solver koji se koristi i u programu “Tower 5”. To je direktni “in-core” solver, velike brzine proračuna. “In-core” označava da se cijeli sustav jednadžbi rješava odjednom, što dovodi do ograničenja kapaciteta. Drugi, takozvani “solver velikog kapaciteta” je novi solver. To je direktni, “out-of-core” solver. “Out-of-core” označava da se sustav jednadžbi rješava tako što se dijeli u niz manjih sustava jednadžbi (blokova) koji se zasebno računaju, a za pamćenje rezultata faktorizacije i dekompozicije ovih blokova se koriste privremene datoteke na disku. Ovaj solver ima daleko veći kapacitet nego “in-core” solver, ali zbog složenijeg postupka koji se uz to sastoji od više faza, brzina vršenja proračuna je manja.

Korisnik može izabrati solver s kojim želi vršiti proračun modela u dijaloškom okviru naredbe “Funkcionalnost”, u poglavlju “Proračun”.



Dio dijaloškog okvira “Funkcionalnost” u kojem se definiraju parametri proračuna modela

Ako je izabran solver velikog kapaciteta, može se ograničiti njegova upotreba samo na velike modele, odnosno na modele koji mogu biti preveliki za standardni solver. Izborom potvrdnog okvira “Koristi samo za modele sa više od 40000 čvorova”, modeli s manje od 40000 čvorova rješavat će se standardnim solverom.

Rješavanje sustava jednadžbi veoma intenzivno koristi resurse računala. Podešavanjem nivoa prioriteta proračuna određuje se njegov prioritet pri korištenju procesora i ostalih resursa računala u odnosu na druge procese koji su istovremeno aktivni. Predviđena su tri nivoa:

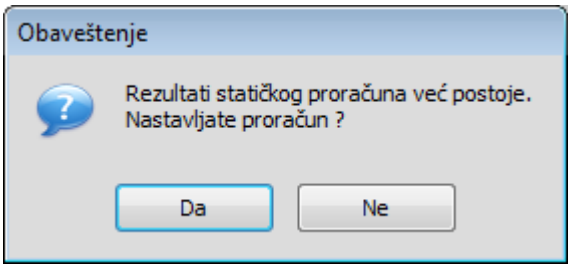
Normalan prioritet - proračun se provodi najvećom mogućom brzinom uz maksimalno moguće iskorištenje (zauzetost) procesora Manji prioritet - srednji nivo angažiranja procesora Najmanji prioritet - najmanji nivo angažiranja procesora

Pri normalnom prioritetu, vrijeme trajanja proračuna je najkraće, a kada je prioritet najmanji, tijekom proračuna moguće je računalo koristiti i za rad u nekim drugim programima.

Tijekom rada, solver velikog kapaciteta snima velike količine podataka na disk u obliku velikih datoteka, tako da mu je potrebno dosta slobodnog prostora na disku, reda veličine nekoliko gigabajta. Nakon proračuna, te datoteke se brišu te ne zauzimaju prostor na disku. Program za pohranu privremenih

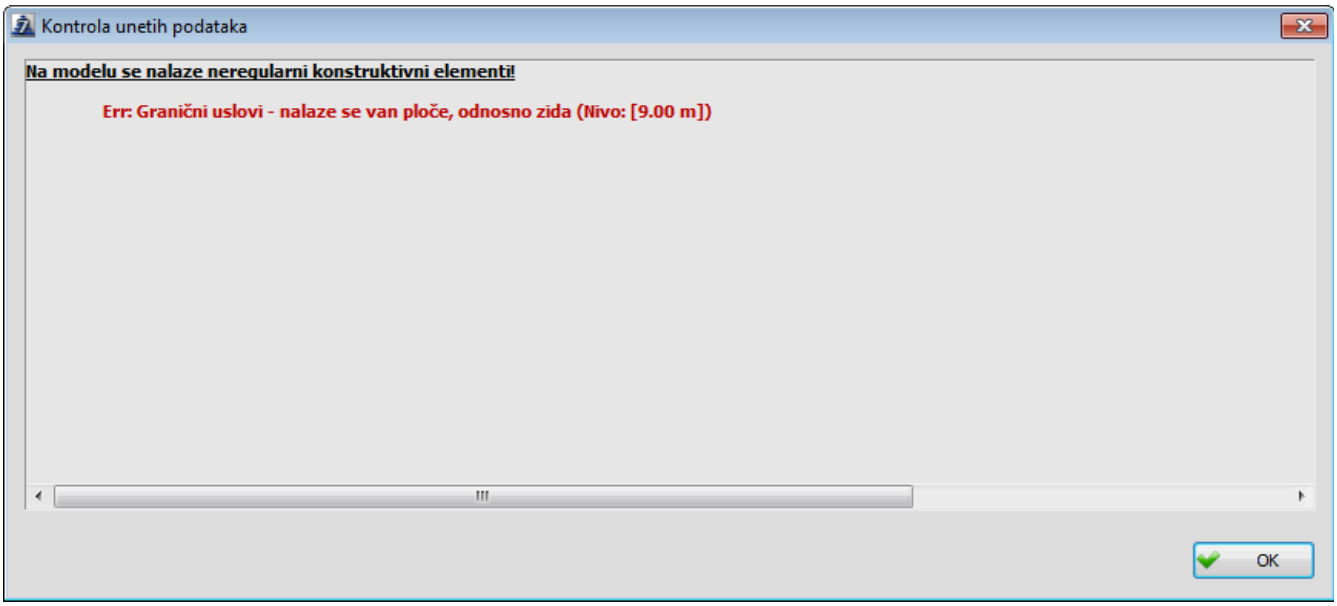
datoteka koristi direktorij koji je operativni sustav (Windows) predvidio za tu namjenu. Taj direktorij se nalazi na istoj particiji (disku) na kojem je instaliran “Windows”. U slučaju da na toj particiji nema dovoljno prostora, omogućeno je da korisnik sam definira direktorij (a samim tim i particiju, odnosno disk) za smještanje ovih velikih privremenih datoteka. Kada se potvrdni okvir “Korisnik sam definira mapu gdje će se praviti velike privremene datoteke” postavi na uključeno stanje, u okviru za upis ispod njega se može unijeti putanja do neke već postojeće mape.

Izborom naredbe “Proračun”, u okviru izbornika “Moduli”, program prvo ispituje postoje li već rezultati proračuna, i ako postoje, otvara dijaloški okvir sljedećeg izgleda.



Gumb “No” je predviđen za odustajanje, dok će aktiviranje gumba “Yes” dovesti do ponovnog proračuna.

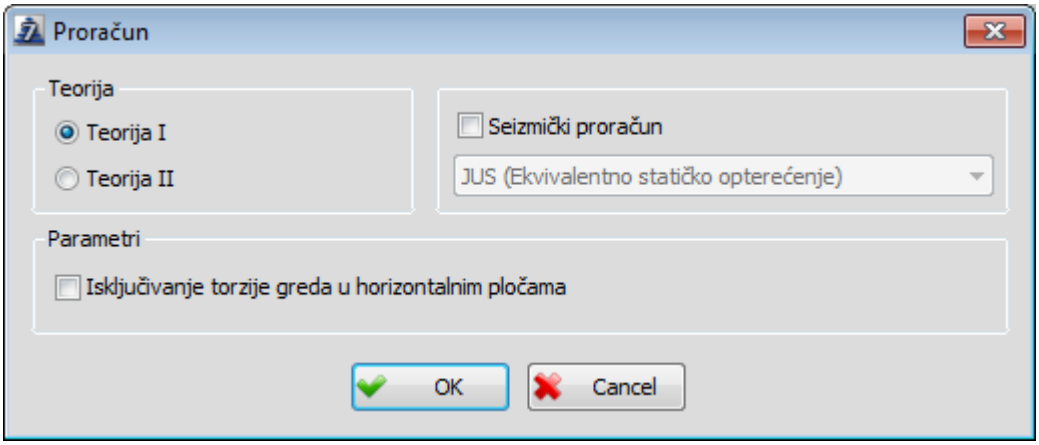
U slučaju da rezultati proračuna ne postoje, a konstrukcija se sastoji samo od linijskih elemenata, te za nju nije potrebno prethodno generiranje mreže konačnih elemenata, program prvo ispituje regularnost modela, odnosno automatski provodi testiranje kao kod naredbe “Kontrola unesenih podataka” (vidi poglavlje “3.3.5”). Konstrukcija mora biti stabilna i opterećena, i ako ne postoje ni teoretski uvjeti da ona bude proračunata, neće se dopustiti proračun, a korisnik će biti upozoren.



Upozorenje o neispravnosti modela po pitanju zadanih ulaznih podataka

Ako dođe do ovog slučaja, pomoću naredbe “Kontrola unesenih podataka”, otkrijte sve pogreške koje će program markirati na crtežu, i popravite ih u modulu “Unos podataka”.

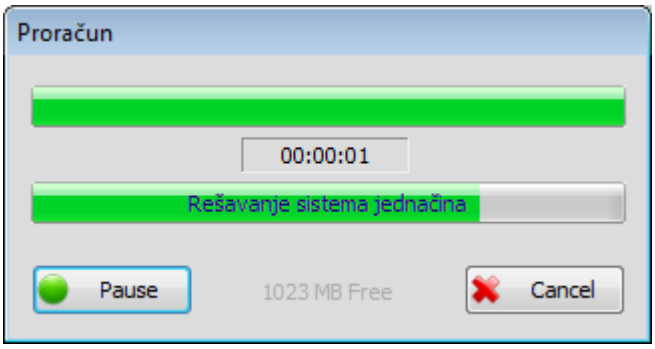
Ako su ispunjeni formalni uvjeti da proračun može biti proveden, program će otvoriti dijaloški okvir sljedećeg izgleda.



Izgled dijaloškog okvira u okviru naredbe za proračun modela

U ovom dijaloškom okviru se nizom ponuđenih parametara određuje način i vrsta proračuna. O značenju ovih parametara, bit će više riječi u narednim poglavljima ovog dijela uputstva.

Aktiviranjem gumba “OK”, započet će odabrani način proračuna. Tijekom samog proračuna, na zaslonu će stalno stajati dijaloški okvir u kojem se prikazuje kako napreduje proces rješavanja.



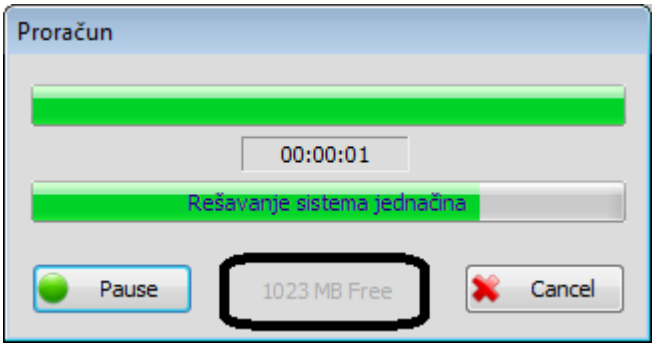
U ovom dijaloškom okviru je prisutan i gumb “Cancel” čijim izborom možete odustati od započetog proračuna.

Nakon završenog proračuna, program na disku računala kreira odgovarajuću datoteku s rezultatima proračuna (“*.TWP_O”), i automatski prelazi u modul za obradu rezultata proračuna.

Napomena: Ako je geometrija modela takva da svi elementi konstrukcije pripadaju istoj ravnini, i pri tome opterećenje djeluje ili u istoj, ili pak u okomitoj ravnini, program će ovakav model pri proračunu proglasiti za ravninski. To će za posljedicu imati da će pri proračunu biti ukinuti svi nepotrebni stupnjevi slobode, te će i sam proračun biti mnogo brži. Međutim, u slučaju da želite provesti prostorni proračun za ravninski model, potrebno je da program prevarite, tako što ćete dodati poseban slučaj opterećenja u okviru koga ćete na ravninskom modelu zadati jednu koncentriranu silu čiji vektor ne smije pripadati ni ravnini konstrukcije ni ravnini koja je okomita na nju. Svakako da ćete ovaj slučaj opterećenja ignorirati pri obradi rezultata.

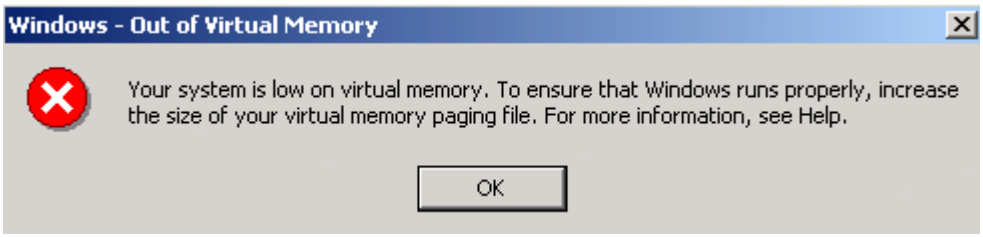
7.2 Pogreške koje prekidaju proces proračuna

Tijekom proračuna velikih modela, može Vam se dogoditi slučaj da na računalu nema dovoljno raspoložive virtualne memorije. U donjem dijelu dijaloškog okvira za praćenje procesa proračuna, program stalno ispisuje informaciju o trenutačnoj količini raspoložive virtualne memorije.



Prostor predviđen za prikaz trenutačno raspoložive virtualne memorije računala

U slučaju da tijekom proračuna ponestane slobodne virtualne memorije, proces proračuna će biti prekinut, a na zaslonu će se pojaviti sljedeće upozorenje.



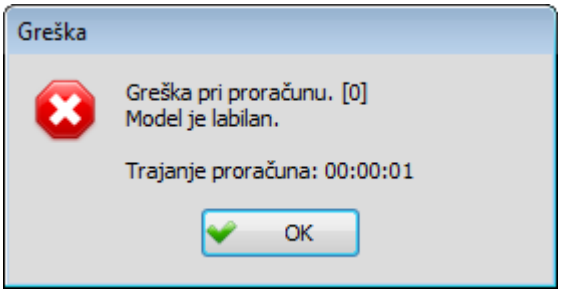
Sada Vam preostaje da, na način kako je to opisano u poglavlju “1.1”, osigurate dovoljno raspoložive virtualne memorije, za proračun modela.

Iako program prije samog procesa proračuna vrši kontrolu ulaznih podataka, zbog njegove fleksibilnosti u definiranju potpuno proizvoljnih konstrukcija, eventualno učinjene pogreške, koje izazivaju labilnost sustava, pouzdano se mogu otkriti jedino u samom postupku rješavanja sustava jednadžbi. U ovom slučaju, program će prekinuti proces rješavanja i dati odgovarajuće upozorenje.

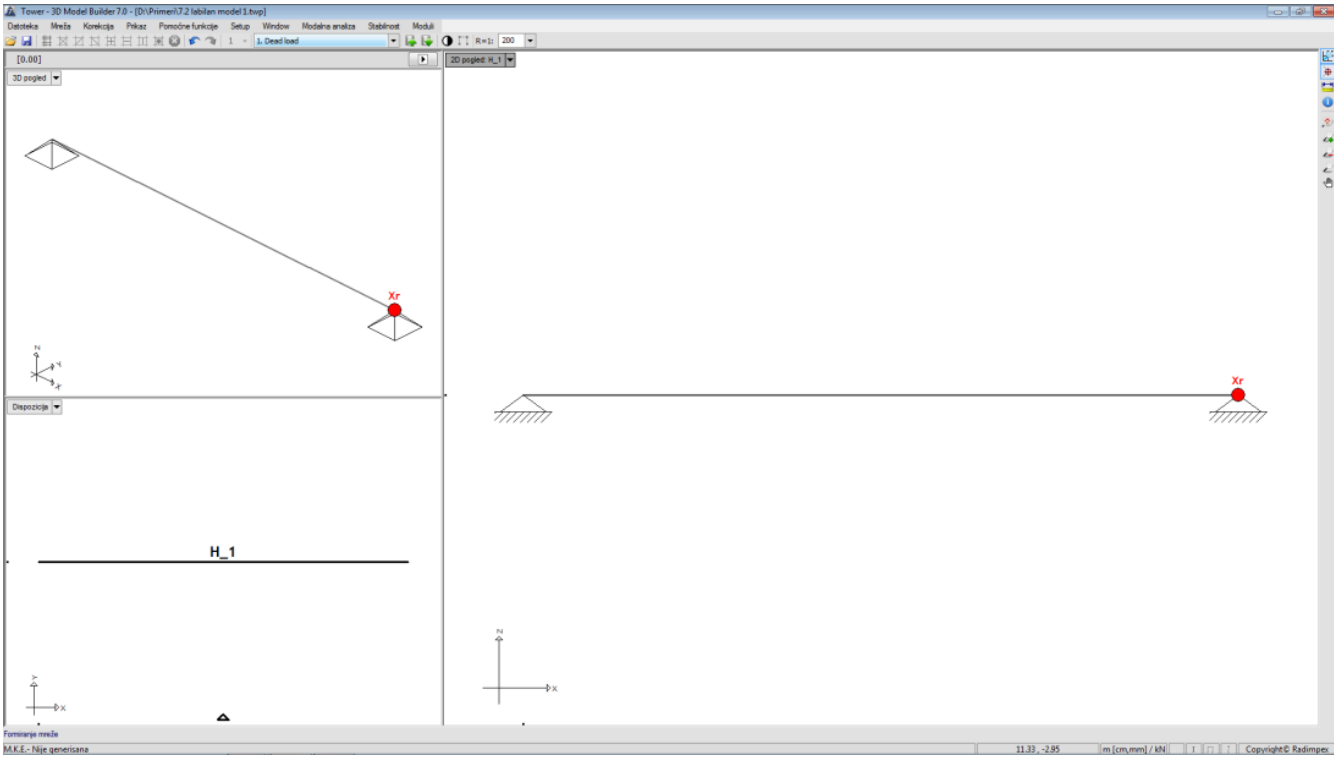
Program može konstatirati labilnost modela u dva slučaja:

1. Kada ne može doći do rješenja sustava jednadžbi zbog toga što je matrica krutosti singularna

U ovom slučaju program prekida proračun i izdaje odgovarajuće upozorenje.



Na temelju podatka o tome koja jednadžba je uzrok singularnosti matrice, može se dobiti informacija o položaju čvora i njegovom stupnju slobode koji je uzrok labilnosti. Program na modelu obilježava labilan čvor i ispisuje oznaku danog stupnja slobode (Xp, Yp, Zp, Xr, Yr i Zr).

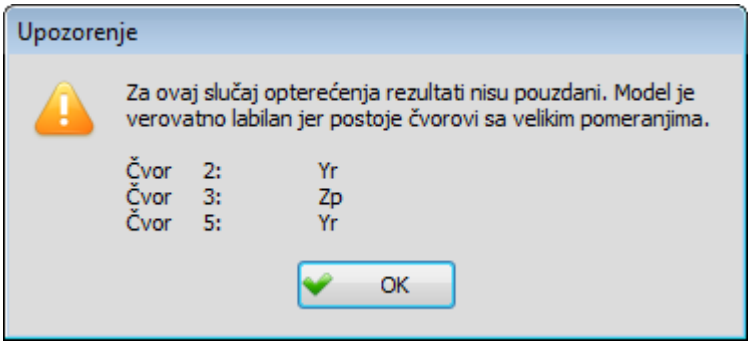


Labilan je čvor na desnom kraju grede, a uzrok labilnosti je stupanj slobode “Xr”

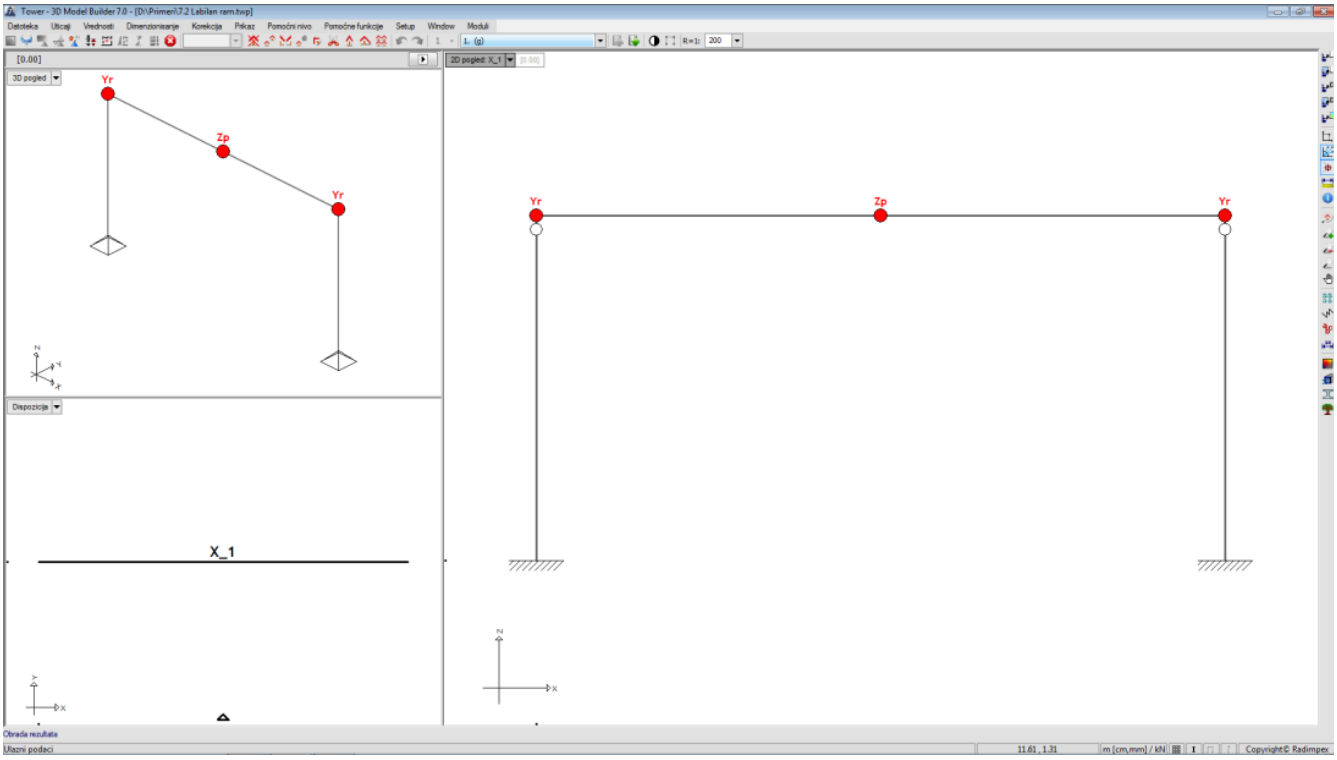
Simbol labilnog čvora ostaje vidljiv i u modulu za unos podataka kako bi se lakše mogao otkloniti uzrok labilnosti. Ovaj simbol će nestati s modela pri ponovnom pokretanju proračuna ili aktiviranjem naredbe “Reset” u modulu za obradu rezultata.

2. Ako su deformacije prevelike

U ovom slučaju, program je riješio sustav jednadžbi, ali u modelu su za pojedine slučajeve opterećenja pronađeni čvorovi s prevelikom deformacijom, koja je očigledno posljedica pogreške. Kontrola postojanja prevelikih deformacija vrši se nakon proračuna, prilikom inicijalizacije rezultata u modulu za obradu rezultata, i tom prilikom program izdaje odgovarajuću obavijest.



Moguće je da više čvorova ima velike deformacije, ali samo će prvih 5-6 biti navedeno i obilježeno na crtežu. Granica za “prevelike” deformacije je ono pomak čvora koji je veći od gabarita modela ili ona rotacija čvora koja je veća od 90 stupnjeva.

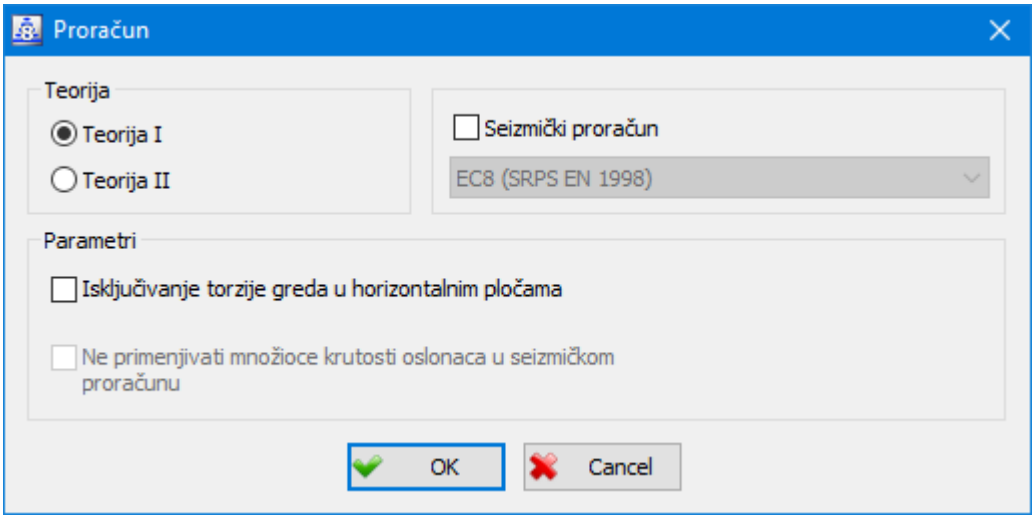


Velike deformacije imaju čvorovi na početku (Yr), sredini (Zp) i kraju (Yr) grede

Simboli labilnih čvorova će se ukloniti s crteža aktiviranjem naredbe “Reset” u modulu za obradu rezultata.

7.3 Načini proračuna

Kao što smo već na početku ovog dijela uputstva rekli, postavljanjem ponuđenih parametara, u okviru dijaloškog okvira naredbe “Proračun”, od programa se mogu zahtijevati različiti načini proračuna.



Izgled dijaloškog okvira u okviru naredbe za proračun modela

U dijelu dijaloškog okvira “Teorija”, postavljanjem odgovarajućeg prekidača na uključeno stanje, vrši se izbor teorije po kojoj će se provesti proračun. Na raspolaganju su teorija I-og i II-og reda.

Omogućeno je isključivanje (redukcija) torzijskih utjecaja u gredama koje se nalaze u horizontalnim pločama. Ako se izabere ova opcija, program će automatski, u dovoljnom stupnju reducirati torzijsku krutost što će dovesti do značajnog smanjenja momenata torzije u tim gredama.

Ne primjenjivati množitelje krutosti ležajeva u seizmičkom proračunu – kao što mu sam naziv govori, kada je ovaj potvrdni okvir uključen u seizmičkom proračunu se ne koriste množitelji krutosti ležajeva koji su zadani za seizmički model. Na ovaj način se njihova upotreba može ograničiti samo na proračun modalne analize.

7.3.1 Teorija I-og reda

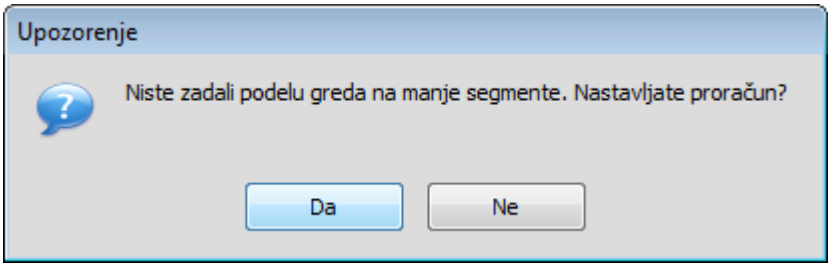
Proračun po teoriji I-og reda se provodi za sve zadane osnovne slučajeve opterećenja, a eventualno zadane kombinacije istovremenog djelovanja osnovnih slučajeva opterećenja će biti samo prenesene u modul za obradu rezultata proračuna.

7.3.2 Teorija II-og reda

Proračun po teoriji II-og reda se odvija u dva koraka. U prvom se vrši proračun po teoriji I-og reda, a u drugom se proračun provodi s korigiranom matricom krutosti sustava uslijed izračunatih deformacija i normalnih sila u grednim elementima. Rezultati dobiveni u drugom koraku proračuna sada odgovaraju utjecajima po teoriji II-og reda.

Zbog svoje specifičnosti, proračun po teoriji II-og reda, bit će dostupan samo za uobičajene konstrukcije, dok će za egzotične mogućnosti koje program nudi, biti nedostupan. Tu se prije svega misli na modele koji u sebi sadrže faze građenja, zadano pokretno opterećenje, zahtjev za konstruiranje utjecajne linije, pomake ležajeva i temperaturne utjecaje. Proračun po teoriji II-og reda neće biti moguć ni za modele koji u sebi ne sadrže ni jedan gredni element.

Ako u modelu postoji barem jedna greda koja se nalazi izvan ploče, a prethodno niste pomoću naredbe “Podjela greda izvan ploča”, zahtijevali podjelu svih greda na manje segmente (vidi poglavlje “4.6”), program će nakon zahtjeva za proračun, dati sljedeće upozorenje.

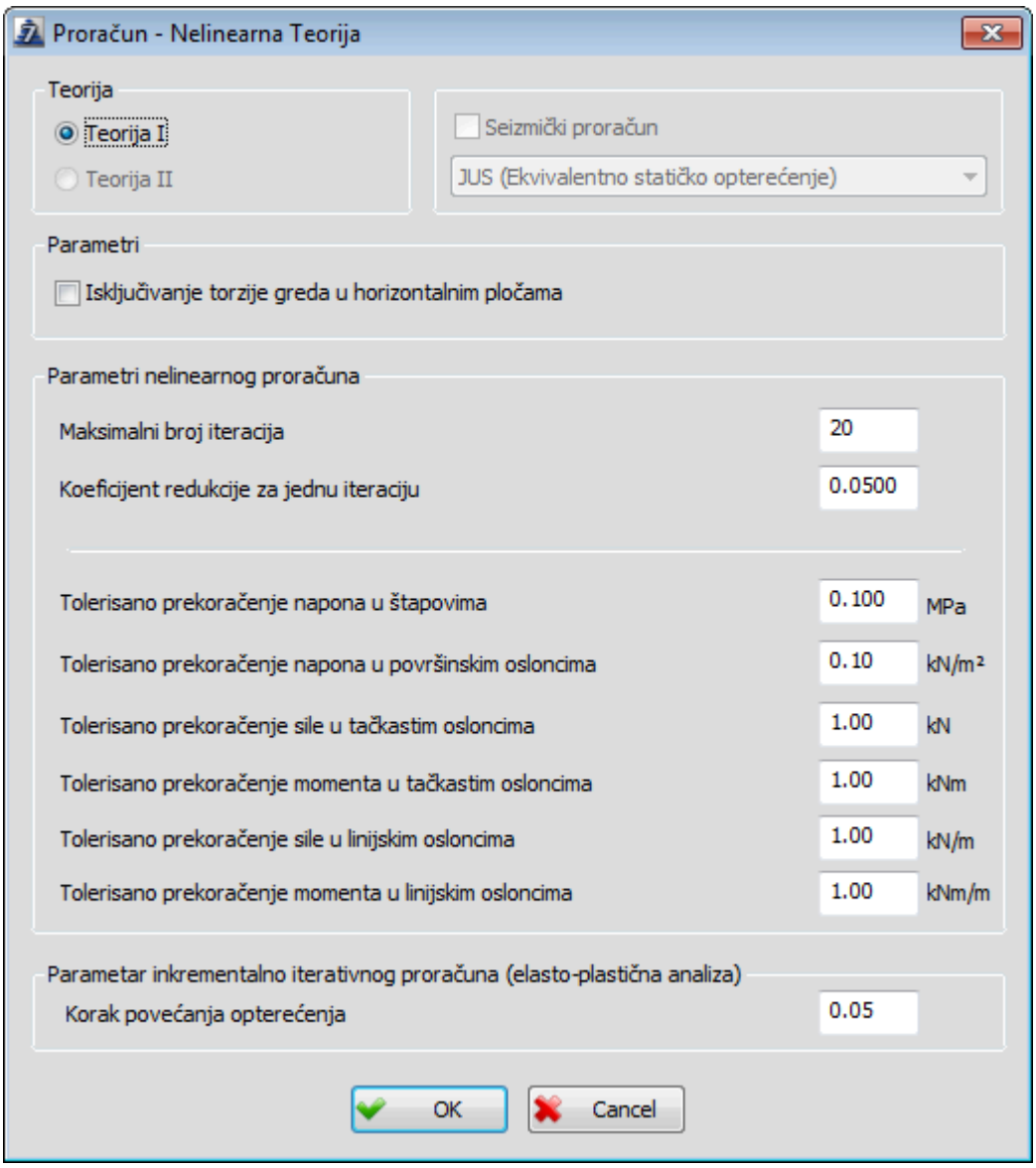


Ovo upozorenje ne predstavlja pogrešku već služi kao podsjetnik da je za ovakvu vrstu proračuna preporučljivo sve grede koje se nalaze izvan ploča izdijeliti na manje segmente. Gumb “No” je predviđen za odustajanje, dok će izbor gumba “Yes” dovesti do nastavka proračuna po teoriji II-og reda. Ovakvo upozorenje ćete dobiti i pred proračun stabilnosti, budući da se i on zasniva na proračunu po teoriji II-og reda.

Napominjemo da je za proračun po teoriji II-og reda potrebno sve potrebne kombinacije zadati u modulu “Unos podataka”, jer se od rezultata proračuna po teoriji II-og reda ne mogu naknadno praviti linearne kombinacije, u modulu za obradu rezultata proračuna.

7.3.3 Proračun modela s nelinearnim elementima

U slučaju da model sadrži neki element s nelinearnim ponašanjem (štap, ležaj), aktiviranjem naredbe “Proračun” otvorit će se dijaloški okvir sljedećeg izgleda:



Izgled dijaloškog okvira za proračun modela s nelinearnim elementima

Gornji dio dijaloga identičan je dijalogu koji se otvara pri pokretanju proračuna modela bez nelinearnih elemenata.

U dijelu dijaloga “Parametri nelinearnog proračuna” mogu se zadati:

- “Maksimalni broj iteracija” – može utjecati na duljinu proračuna, a ako se unese nedovoljno veliki broj, može se dogoditi da ne dobijete rješenje
- “Koeficijent redukcije za jednu iteraciju” – utječe na korak degradacije karakteristika elementa koji je u određenoj iteraciji napregnut utjecajima koje ne može primiti. Vrijednost 0.05 označava da će se karakteristike (krutost) elementa reducirati 20 puta (na 5% od vrijednosti u prethodnoj iteraciji). Utječe na potreban broj iteracija.
- “Dopušteno prekoračenje napona u štapovima” – zadaje se maksimalna vrijednost napona neodgovarajućeg znaka (za štap koji može primiti samo vlak, ovo je maksimalna vrijednost tlačnog

napona koji taj štap može primiti, a dovoljno mali da se može ignorirati). Veoma mala vrijednost utjecat će na duljinu proračuna i ukupan broj iteracija.

Dozoljeno prekoračenje napona u površinskim ležajima – polje za upis u kojem se zadaje maksimalna vrijednost napona, za koju se može smatrati da je zanemarljiva u iterativno-inkrementalnom postupku proračuna.

Dozoljeno prekoračenje sile u točkastim ležajima – polje za upis u kojem se zadaje maksimalna vrijednost sile, za koju se može smatrati da je zanemarljiva u iterativno-inkrementalnom postupku proračuna.

Dozoljeno prekoračenje momenta u točkastim ležajima – polje za upis u kojem se zadaje maksimalna vrijednost momenta, za koji se može smatrati da je zanemarljiv u iterativno-inkrementalnom postupku proračuna.

Dozoljeno prekoračenje sile u linijskim ležajima - polje za upis u kojem se zadaje maksimalna vrijednost linijski raspodijeljene sile, za koju se može smatrati da je zanemarljiva u iterativno-inkrementalnom postupku proračuna.

Dozoljeno prekoračenje momenta u linijskim ležajima - polje za upis u kojem se zadaje maksimalna vrijednost linijski raspodijeljenog momenta, za koji se može smatrati da je zanemarljiv u iterativno-inkrementalnom procesu proračuna.

Kad se u modelu nalaze entiteti sa zadanim elasto-plastičnim ponašanjem, proračun se odvija tako što se u svakoj iteraciji opterećenje povećava za određeni postotak ukupnog opterećenja (inkrement), i provjerava je li došlo do plastifikacije. Zbog toga se ova vrsta nelinearnog proračuna naziva inkrementalno iterativni proračun.

Postotak uvećanja opterećenja se zadaje u polju za upis “Korak povećanja opterećenja”. Ako se na primjer zada vrijednost 0.05, opterećenje će se u svakoj iteraciji povećati za dvadeseti dio ukupnog opterećenja. Ova vrijednost utječe i na ukupnu točnost ali i na duljinu trajanja proračuna.

7.3.4 Seizmički proračun

U ovom dijelu uputstva, objasnit ćemo način rada programa pri analizi utjecaja u konstrukciji uslijed djelovanja seizmičkih sila. Programom su predviđeni seizmički proračuni za različite standarde. Programom je omogućeno zadavanje potpuno proizvoljnih smjerova djelovanja potresa, te će nakon provedenog seizmičkog proračuna, uz ostale slučajeve opterećenja biti dodano onoliko novih slučajeva opterećenja, koliko je i zadano smjerova djelovanja potresa. Ovako zadani seizmički slučajevi opterećenja bit će potpuno ravnopravni s ostalim slučajevima opterećenja, koji su kreirani u modulu za unos podataka. Odnosno, u modulu za obradu rezultata, moguće je praviti i kombinacije istovremenog djelovanja seizmičkih i ostalih slučajeva opterećenja.

Svi ponuđeni standardi za seizmički proračun, baziraju se ili na multimodalnoj analizi, ili na metodi ekvivalentnog statičkog opterećenja. Multimodalna analiza predstavlja točniji postupak, ali su za razliku od metode ekvivalentnog statičkog opterećenja, njeni rezultati dosta nepregledni budući da su dobiveni nekom od statističkih metoda, te su uvijek istog znaka, odnosno uvijek imaju pozitivnu vrijednost.

Metoda ekvivalentnog statičkog opterećenja

Ova metoda ne uzima u obzir utjecaje od viših oblika osciliranja konstrukcije. Kao ulazni podatak, zadaje se period osciliranja konstrukcije iz prvog oblika osciliranja koji odgovara translatornom pomaku u zadanom smjeru djelovanja potresa. Na temelju ovog ulaznog podataka, i ostalih koje definira dani standard,

proračunavaju se zamjenjujuće statičke sile koje na cijelom modelu djeluju u smjeru zadanog potresa. Na taj način dobivaju se seizmički slučajevi opterećenja koji po karakteru u potpunosti odgovaraju bilo kojem drugom zadanom opterećenju na modelu. Velika prednost ove metode je u tome što proračunate presječne sile imaju odgovarajući predznak te svi dijagrami presječnih sila dobivaju očekivani oblik.

Kako se za period osciliranja konstrukcije može zadati potpuno proizvoljna vrijednost, to ovakav tip proračuna ne zahtijeva prethodno provedenu modalnu analizu. Tada se svakako podrazumijeva da ste na neki drugi način došli do podatka o periodu osciliranja konstrukcije. Ipak, za preporuku je da, i prije ovakvog načina seizmičkog proračuna, prethodno provedete modalnu analizu i dobijete točan podatak o periodu osciliranja konstrukcije u smjeru zadanog potresa.

Multimodalna analiza

Sam postupak se može grubo podijeliti na dva dijela. I to na dio u kojem se vrši modalna analiza, i dio u kojem se vrši proračun odgovarajućih seizmičkih sila, na temelju rezultata prethodno provedene modalne analize. Prema tome, prije samog seizmičkog proračuna obavezno je provesti modalnu analizu (vidi poglavlje “6”). Na temelju perioda i formi osciliranja, za sve prethodno proračunate oblike osciliranja, i na temelju ulaznih podataka vezanih za dani standard, program za svaku od masa na modelu izračunava odgovarajuću inercijalnu silu. Svaka od ovako proračunatih inercijalnih sila djeluje u smjeru osciliranja konstrukcije u okviru danog oblika osciliranja.

Kako se veličine projektnih seizmičkih sila izračunavaju posebno za svaki oblik vlastitih oscilacija objekta, to program interno provodi analizu za “n” neovisnih slučajeva opterećenja, pri čemu broj slučajeva opterećenja “n” odgovara umnošku zadanih smjerova djelovanja potresa i broju proračunatih vlastitih vrijednosti osciliranja konstrukcije. Po završenom proračunu program sada sve ove interne slučajeve opterećenja reducira na onoliko slučajeva opterećenja koliko je i zadano smjerova djelovanja potresa.

Mjerodavne rezne sile za svaki od zadanih smjerova djelovanja potresa, dobivaju se jednom od statističkih metoda - CQC ili SRSS.

CQC metoda modalnog kombiniranja

Ova metoda modalnog kombiniranja (Complete Quadratic Combination) je uopćenija metoda od do sada primjenjivane SRSS (Square Root of the Sum of the Squares)

Ekstremna vrijednost očekivanog utjecaja izračunava se na sljedeći način:

$$F = \sqrt{\sum_n \sum_m f_n \rho_{nm} f_m}$$

gdje je fn modalna sila koja se odnosi na oblik osciliranja n

Koeficijenti korelacije ρnm za CQC metodu s konstantnim prigušenjem su:

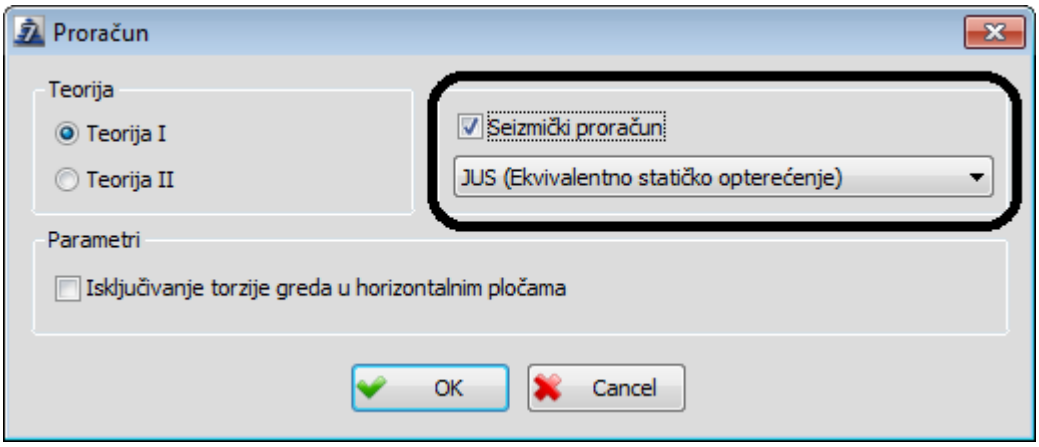
$$\rho_{nm} = \frac{8\zeta^2(1+r)r^{3/2}}{(1-r^2)^2 + 4\zeta^2 r(1+r)^2}$$

gdje je r = ωn/ωm i mora biti manje ili jednako 1.0, a ζ je prigušenje.

U slučaju da nema prigušenja ζ=0, svi vandijagonalni koeficijenti ρnm su nula, a dijagonalni su jednaki 1.0 pa se ova metoda modalnog kombiniranja transformira u SRSS metodu.

$$F = \sqrt{\sum_n f_n^2}$$

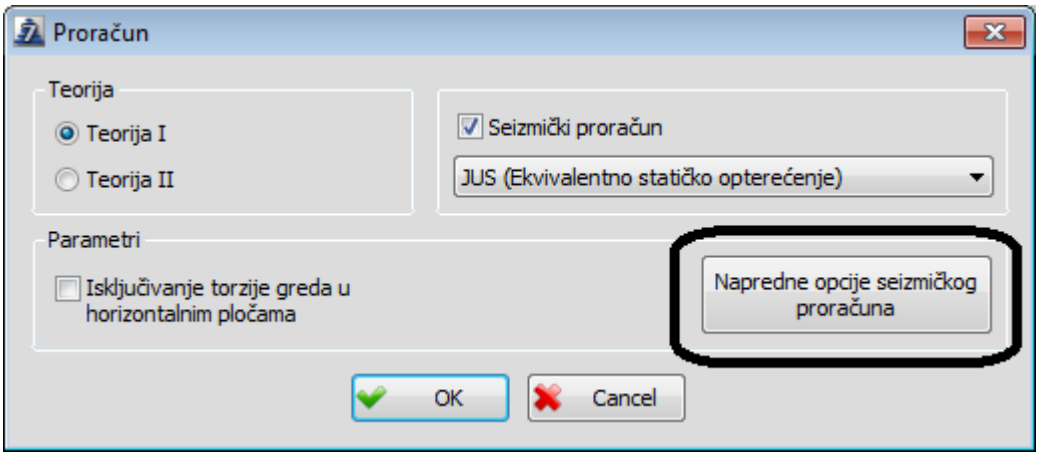
Izbor standarda



Postavljanjem potvrdnog okvira “Seizmički proračun” na uključeno stanje, od programa možete zahtijevati i seizmički proračun konstrukcije.

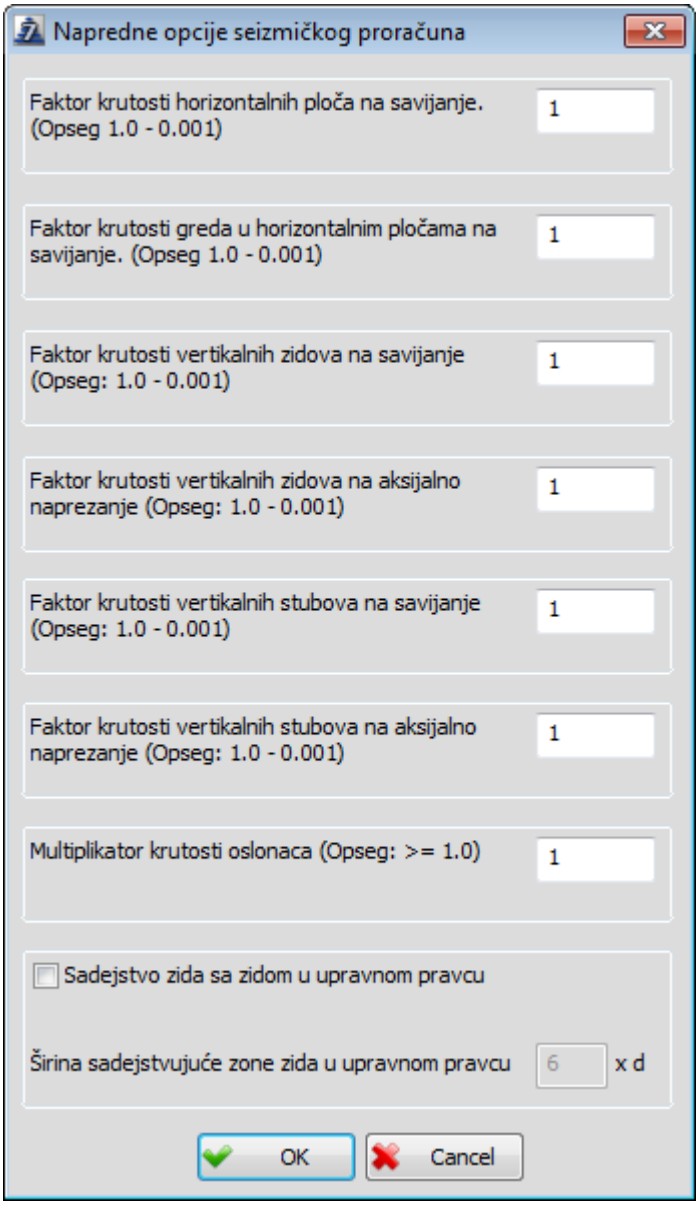
Padajući popis, pomoću kojeg se vrši izbor propisa po kojima će se izračunavati seizmičke sile, bit će dostupan tek nakon postavljanja prekidača “Seizmički proračun” na uključeno stanje. Ako prethodno nije provedena modalna analiza, tada ćete seizmički proračun moći provesti jedino za standarde koji se zasnivaju na metodi ekvivalentnih statičkih sila.

Ako se seizmički proračun provodi metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja, bez prethodno izvršene modalne analize, napredne opcije proračuna se mogu zadati iz samog dijaloga za podešavanje parametara proračuna. Znači gumb “Napredne opcije seizmičkog proračuna” će postojati u ovom dijalogu samo pod uvjetom da nije izvršena modalna analiza. U suprotnom, on se neće vidjeti u dijalogu, a seizmički proračun će se raditi s parametrima koji su zadani pri proračunu modalne analize.



Gumb “Napredne opcije seizmičkog proračuna” u dijalogu naredbe za proračun modela

Izborom ovog gumba otvara se dijalog za definiranje parametara seizmičkog proračuna. Svi podaci koji se u njemu mogu zadati imaju isto značenje kao i istoimeni podaci u dijalogu za grupiranje masa i parametre seizmičkog proračuna, koji se otvara iz dijaloga za proračun modalne analize.



Dijalog u kojem se zadaju napredne opcije seizmičkog proračuna

Nakon aktiviranja gumba “OK”, ovisno o odabranom standardu, otvorit će se odgovarajući dijaloški okvir za definiranje ulaznih podataka koji su potrebni za odabrani propis.

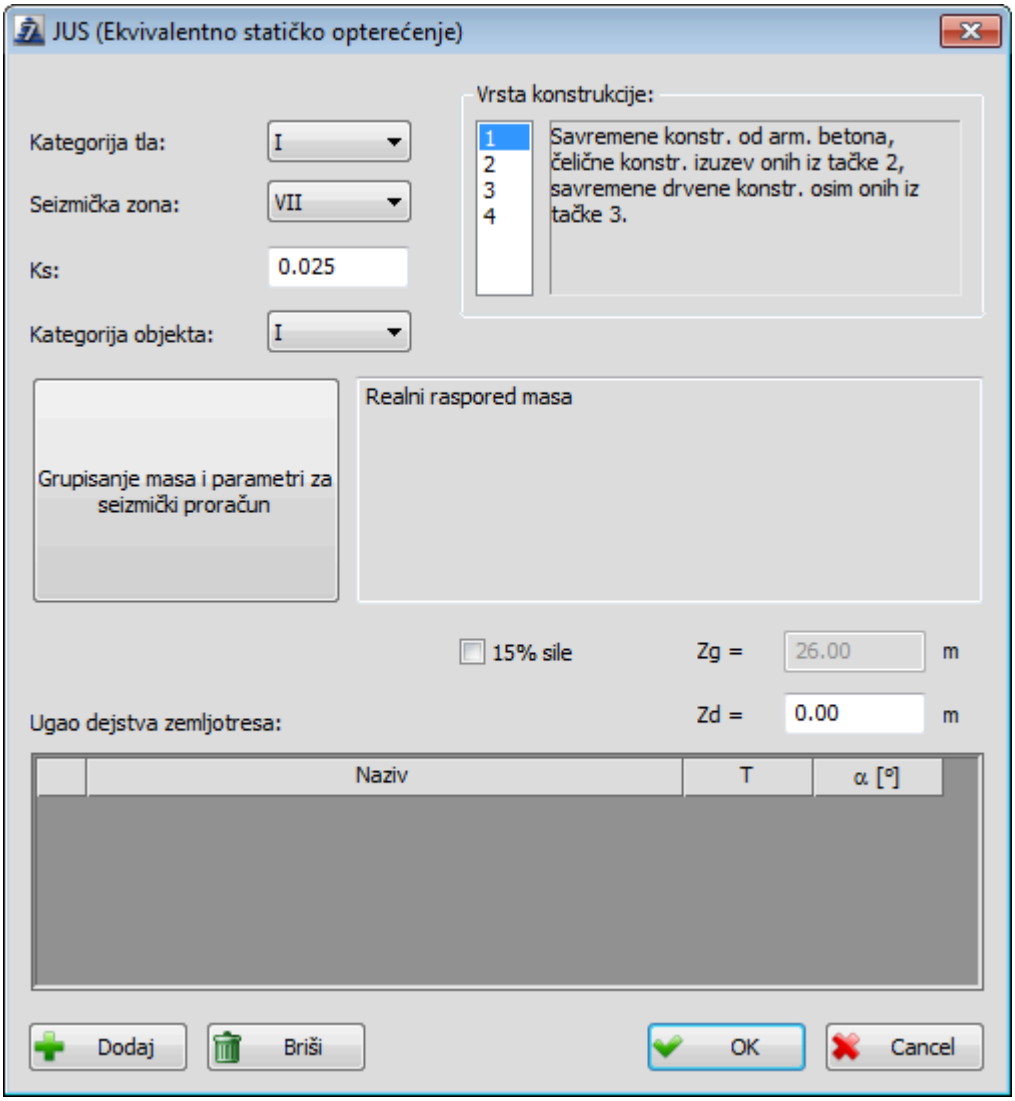
Napredne opcije seizmičkog proračuna

Propisi u kojima se seizmički proračun vrši metodom multimodalne analize (EUROCODE, SNIP, SIA262, HRN – multimodalna, proizvoljna spektralna krivulja)

Za ove propise potrebno je izvršiti modalnu analizu prije provođenja seizmičkog proračuna. Napredne opcije seizmičkog proračuna koje su izabrane pri modalnoj analizi, vrijedit će i pri proračunu seizmičkih slučajeva opterećenja.

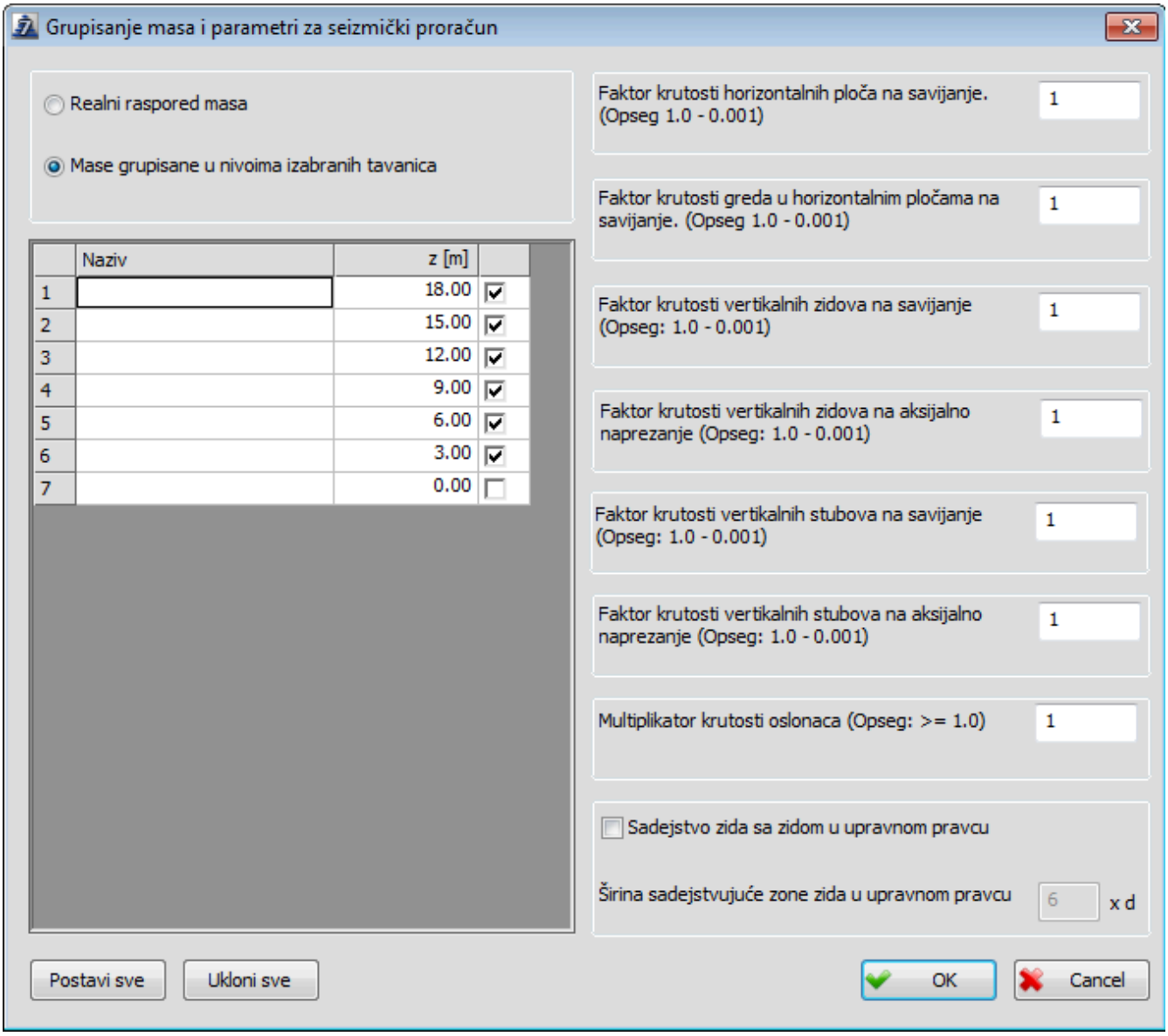
Propisi u kojima se seizmički proračun vrši metodom ekvivalentnog statičkog opterećenja (HRN, HRN-N, SIA)

Za ove propise provedena modalna analiza nije potreban uvjet za proračun, pa se “napredne opcije seizmičkog proračuna” mogu zadavati i na ovom mjestu, neposredno pred seizmički proračun.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun po HRN-u (metoda ekvivalentnih statičkih sila)

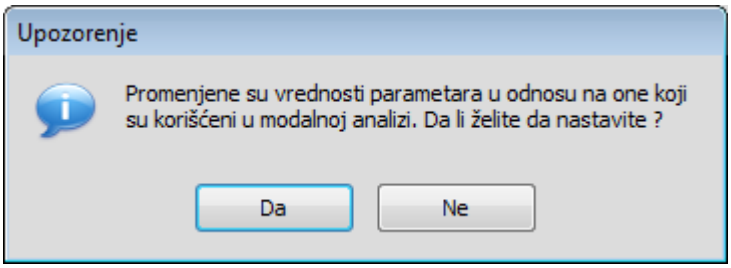
Gumb “Napredne opcije seizmičkog proračuna” aktivira dijalog u kojem se mogu definirati napredne opcije seizmičkog proračuna.



Izgled dijaloškog okvira u kojem se definiraju napredne opcije seizmičkog proračuna

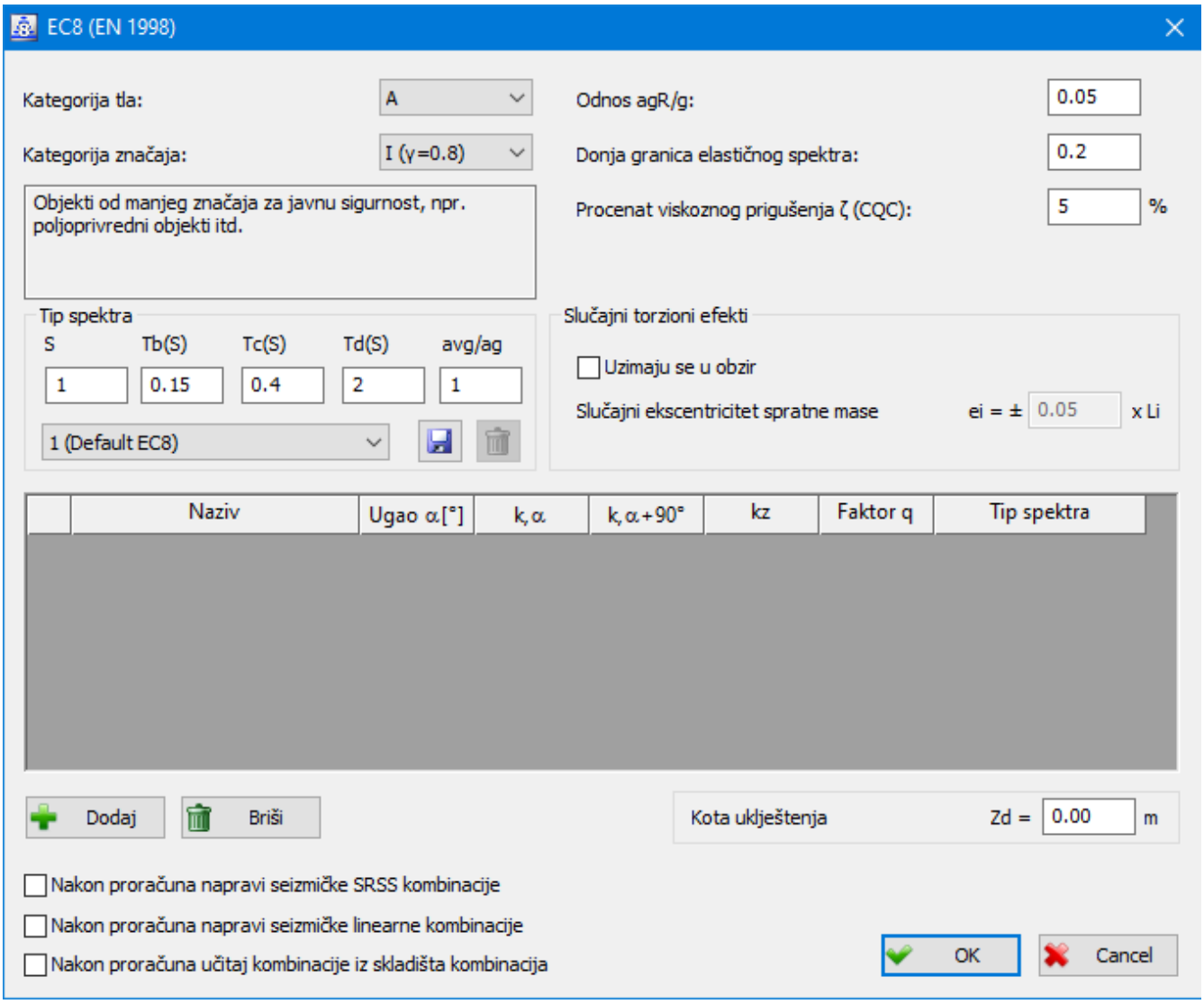
Rad s ovim dijalogom je detaljno objašnjen u poglavlju “6. MODALNA ANALIZA”.

Ako je modalna analiza već provedena, u dijalogu će biti prikazani parametri koji su zadani za proračun modalne analize. Preporučljivo je, ali nije potrebno, da se modalna analiza i seizmički proračun provode s istim parametrima. Ako to nije slučaj, program će pri izlasku iz dijaloškog okvira izdati odgovarajuće upozorenje.



7.3.4.1 EUROCODE

Seizmički proračun po Eurokodu, zasniva se na multimodalnoj analizi konstrukcije, pri čemu se u obzir uzima utjecaj svih proračunatih oblika osciliranja iz modalne analize. Izborom ove opcije seizmičkog proračuna, otvara se dijaloški okvir sljedećeg izgleda.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun po Eurokodu

U gornjem dijelu dijaloškog okvira se zadaju parametri koji definiraju vrstu tla, tip konstrukcije, intenzitet seizmičkog djelovanja, itd., a u listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloškog okvira, definira se smjer djelovanja potresa.

Eurocode 8 EN 1998-1 definira horizontalni elastični spektar odgovora kao:

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

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

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

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

gdje je:

Se(T) je ordinata elastičnog spektra odgovora T je period osciliranja linijskog sustava s jednim stupnjem slobode ag je projektno ubrzanje tla TB donja granica za period osciliranja za granu s konstantnim spektralnim ubrzanjem Tc gornja granica za period osciliranja za granu s konstantnim spektralnim ubrzanjem TD vrijednost koja definira početak područja spektra s konstantnim pomakom S parametar tla, veličina direktno ovisna o kategoriji tla. η korekcijski faktor ovisan o prigušenju, s referentnom vrijednošću od 1.0 za viskozno prigušenje od 5%

Napomena: Vrijednosti karakterističnih perioda osciliranja (TB,TC,TD) mogu biti definirane Nacionalnim Aneksom.

Eurocode 8 EN 1998-1 preporučuje uporabu dva tipa spektra: Tip 1 i Tip 2 koji su definirani za tipove tla A,B,C,D i E. Koji će se od ova dva tipa spektra izabrati ovisi o karakteristici najvjerojatnijeg potresa.

Nacionalnim Aneksom mogu biti predviđeni različiti spektri odgovora.

Razred važnosti

Eurocode 8 EN 1998-1 definira kategorije tla kao:

A stijena ili neke druge stjenolike geološke formacije uključujući najviše 5m slabijeg materijala na površini B krute naslage pijeska, šljunka ili prekonsolidirane gline, najmanje debljine nekoliko desetina metara s karakteristikom postepenog povećanja mehaničkih osobina s dubinom C duboke naslage srednje gustog pijeska, šljunka ili srednje krutih glina s debljinom od nekoliko desetina do mnogo stotina metara D naslage rastresitog tla bez kohezije (s ili bez izvjesnih mekih kohezivnih slojeva) E tlo koje se sastoji od naslaga tla tipa C i D s debljinom koja varira između 5 i 20 m, ispod kojeg se nalazi čvršći materijal.

Razred važnosti

Eurocode 8 EN 1998-1 definira razrede važnosti objekta kao:

I - Objekti od manjeg značaja za javnu sigurnost, npr. poljoprivredni objekti itd. (faktor važnosti γ = 0.8) II - Obični objekti koji ne pripadaju drugim kategorijama (faktor važnosti γ = 1.0) III - Objekti čija je seizmička otpornost veoma značajna u pogledu posljedica koje može izazvati njihov kolaps, npr. škole, proizvodne hale, kulturne institucije (faktor važnosti γ = 1.2) IV - Objekti čiji je integritet za vrijeme potresa od vitalne važnosti za zaštitu stanovništva, npr. bolnice, vatrogasne stanice, elektrane itd. (faktor važnosti γ = 1.4)

Napomena: Nacionalnim Aneksom mogu se definirati drugačije vrijednosti faktora važnosti.

Da bi se izbjegla eksplicitna nelinearna analiza, uzimajući u obzir kapacitet konstrukcije za disipaciju energije kroz prvenstveno duktilno ponašanje njenih elemenata, vrši se linearna analiza zasnovana na spektru odgovora koji je reduciran u odnosu na elastični spektar. Taj reducirani spektar se naziva **Projektni spektar**.

Eurocode 8 EN 1998-1 definira Projektni spektar za linearnu analizu kao:

$$0 \le T \le T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3}\right)\right]$$

$$T_B \le T \le T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q}$$

$$T_C \le T \le T_D : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T}\right] \\ \ge \beta \cdot a_g \end{cases}$$

$$T_D \le T : S_d(T) \begin{cases} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2}\right] \\ \ge \beta \cdot a_g \end{cases}$$

gdje su q faktor ponašanja β donja granica elastičnog spektra, preporučena vrijednost je 0.2

Odnos ag/g

Odnos agR/g je odnos referentnog vršnog ubrzanja tla i gravitacijske konstante.

$$ag = \gamma 1 \cdot agR$$

ag - projektno ubrzanje tla

Donja granica elastičnog spektra

U ovom polju se zadaje vrijednost za donju granicu elastičnog spektra β. Preporučena vrijednost je 0.2 ali se Nacionalnim Aneksom može predvidjeti i druga vrijednost.

Postotak viskoznog prigušenja ζ (CQC) Postotak viskoznog prigušenja je ulazni podatak za CQC statističku metodu kombiniranja. Ako se unese vrijednost 0, CQC postaje ekvivalentna SRSS metodi kombiniranja.

Tip spektra

Osim dva podrazumijevana tipa spektra (Tip “1” i Tip “2”) za koje se automatski postavljaju vrijednosti parametara “S”, “Tb(S)”, “Tc(S)” i “Td(S)” za sve kategorije tla (A,B,C,D,E), programom je omogućeno definiranje novih elastičnih spektara ubrzanja suglasnih s Nacionalnim Aneksima.

avg - projektno ubrzanje tla za analizu okomitog seizmičkog djelovanja

Okviri za upis omogućavaju definiranje sva četiri parametra s kojim se definira neka spektralna krivulja. Nakon unošenja parametara koji definiraju novu spektralnu krivulju, ako je želite trajno zapamtiti, aktivirajte gumb za snimanje . Gumb  je predviđen za brisanje neke ranije definirane spektralne krivulje.

Slučajni torzijski efekti

Kao dodatak na stvarni ekscentricitet, a s ciljem da se pokriju nepouzdanosti u položaju masa i prostornoj varijaciji seizmičkih kretanja, proračunat položaj centra mase svake ploče “i” mora se premjestiti iz svog nominalnog položaja u svakom smjeru, za dodatni slučajni ekscentricitet:

ei=±0.05 Li ei – slučajni ekscentricitet katne mase “i” u odnosu na nominalni položaj centra mase, koji se primjenjuje u istom pravcu (i smjeru) za sve katove.

Li=dimenzija ploče okomito na smjer seizmičkih utjecaja.

Da bi se pri seizmičkom proračunu u obzir uzeli i slučajni torzijski učinci, potrebno je da se potvrdni okvir “Uzimaju se u obzir” postavi na uključeno stanje. Tada dostupan postaje i okvir za upis “ei=”, u kojem se zadaje koeficijent potreban za proračun slučajnog ekscentriciteta katne mase.

Program će automatski prilikom proračuna napraviti dva seizmička opterećenja - jedno s pozitivnim, “lijevim” a drugo s negativnim “desnim” ekscentricitetom. U modulu za obradu rezultata ovakvi seizmički slučajevi opterećenja imat će pored svog imena i sufikse “(+e)” i “(-e)”.

VAŽNO: U Tower-u 7 omogućeno je zadavanje smjera potresa zadavanjem kuta koji smjer potresa zaklapa s globalnom X-osi. Učinci slučajne torzije se odnose na taj zadani smjer potresa, što znači da će se masa premještati lijevo i desno od tog pravca.

Smjer djelovanja potresa

U listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloga, može se zadati proizvoljni broj smjerova mogućeg djelovanja potresa. Novi smjer se ubacuje u listu izborom gumba  “ Dodaj”, dok se selektirani smjer pomoću gumba  “ Briši” uklanja iz liste. Podaci koji se mogu pridružiti smjeru djelovanja potresa imaju sljedeće značenje:

Naziv – u ovom stupcu se smjeru djelovanja potresa može pridružiti proizvoljni naziv

Kut α[°] – u ovom stupcu se zadaje smjer djelovanja potresa, i to unošenjem kuta koji obrazuje s globalnom X osi (kutu od 0° odgovara pravac globalne X osi).

k,α - koeficijent djelovanja potresa u zadanom smjeru (trebao bi uvijek imati vrijednost 1.0)

Kz - koeficijent djelovanja potresa u smjeru globalne Z osi

VAŽNO: Koeficijenti kx i ky, koji su u prethodnim verzijama programa Tower omogućavali zadavanje smjera potresnog djelovanja, ukinuti su i zamijenjeni koeficijentima k,α i k,α+90° relativnim u odnosu na smjer potresa.

Faktor P (q) – u ovom stupcu se zadaje maksimalna vrijednost faktora ponašanja konstrukcije q, za svaki smjer djelovanja potresa posebno. Faktor ponašanja je uveden kao mjera disipacije energije i ne može biti manji od 1.5. Računa se prema sljedećem izrazu:

q=q0 kW ≥ 1.5

Upotrijebljene oznake imaju sljedeće značenje:

kW – faktor koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstruktivnih sustava sa zidovima

Osnovna vrijednost faktora ponašanja (q0) ovisi o vrsti konstruktivnog sustava i klasi duktilnosti:

Vrsta konstruktivnog sustava	Klasa duktilnosti	
	DCM	DCH
Okvirni sustav, dvojni sustav, sustav zidova s povezanim zidovima	3.0 αu/α1	4.5 αu/α1
Sustav zidova s nepovezanim zidovima	3.0	4.0 αu/α1
Torzijski fleksibilan sustav	2.0	3.0
Sustav obrnutog njihala	1.5	2.0

α1 i αu se definiraju kao:

α1 – vrijednost s kojom se množi horizontalna seizmička sila kako bi prva dostigla otpornost na savijanje u svakom elementu konstrukcije, dok sve ostale sile ostaju konstantne.

αu - vrijednost s kojom se množi horizontalna seizmička sila, u cilju formiranja dovoljno velikog broja plastičnih zglobova koji će izazvati nestabilnost cijele konstrukcije, dok sve ostale sile ostaju konstantne. Ovaj faktor se može dobiti pomoću “pushover” analize.

Ako nije izračunata točna vrijednost faktora αu/α1, za određene tipove i podtipove konstruktivnih sustava mogu se koristiti sljedeće vrijednosti:

1) Okvirni ili dvojni sustavi Jednokatni: αu/α1=1.1 Višekatni, jedno polje: αu/α1=1.2 Višekatni, više polja: αu/α1=1.3

2) Sustavi zidova Samo dva neovisna zida u jednom smjeru: αu/α1=1.0 Ostali neovisni sustavi zidova: αu/α1=1.1 Zidovima ekvivalentni dvojni sustavi ili povezani zidni sustavi: αu/α1=1.2

Maksimalna vrijednost faktora αu/α1 koja se može koristiti u proračunu faktora ponašanja je 1,5, čak i ako je pomoću “pushover” analize dobivena veća vrijednost.

Faktor koji uzima u obzir preovlađujuću vrstu loma konstruktivnih sustava sa zidovima (kW) usvaja se prema sljedećem:

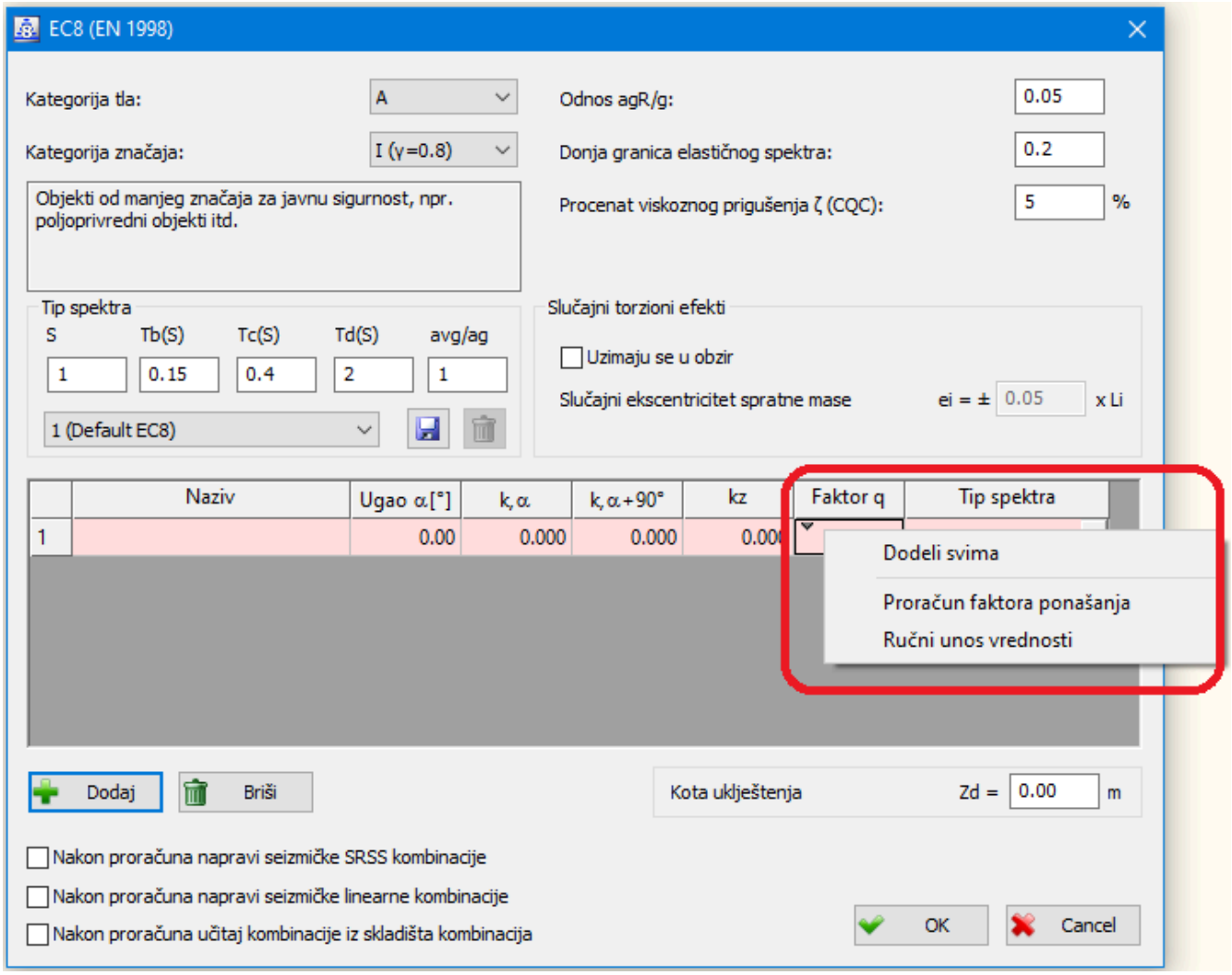
kW = 1,00 za okvirni i dvojni dominantno okvirni sustav kW = (1 + α0) / 3 ≤ 1 za sustav zidova, dvojni sustav s dominantnim zidovima i sustav s jezgrom (α0 je prevladavajući odnos dimenzija zidova konstruktivnog sustava - odnos visine prema duljini zida)

Vrijednost faktora kW ne može biti veća od 1.0, niti manja od 0.5.

Kod konstrukcija koje nisu regularne u tlocrtu faktor ponašanja q se umanjuje za 20%:

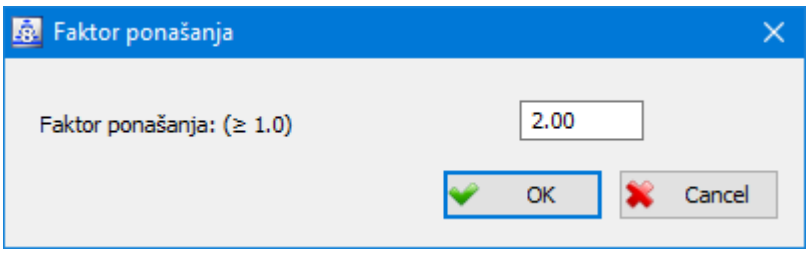
q=0.8 q0 kW ≥ 1.5

Desnim klikom preko ćelije u stupcu “Faktor P”, otvara se padajući izbornik s opcijama: “Dodijeli svima”, “Proračun faktora ponašanja” i “Ručni unos vrijednosti”.



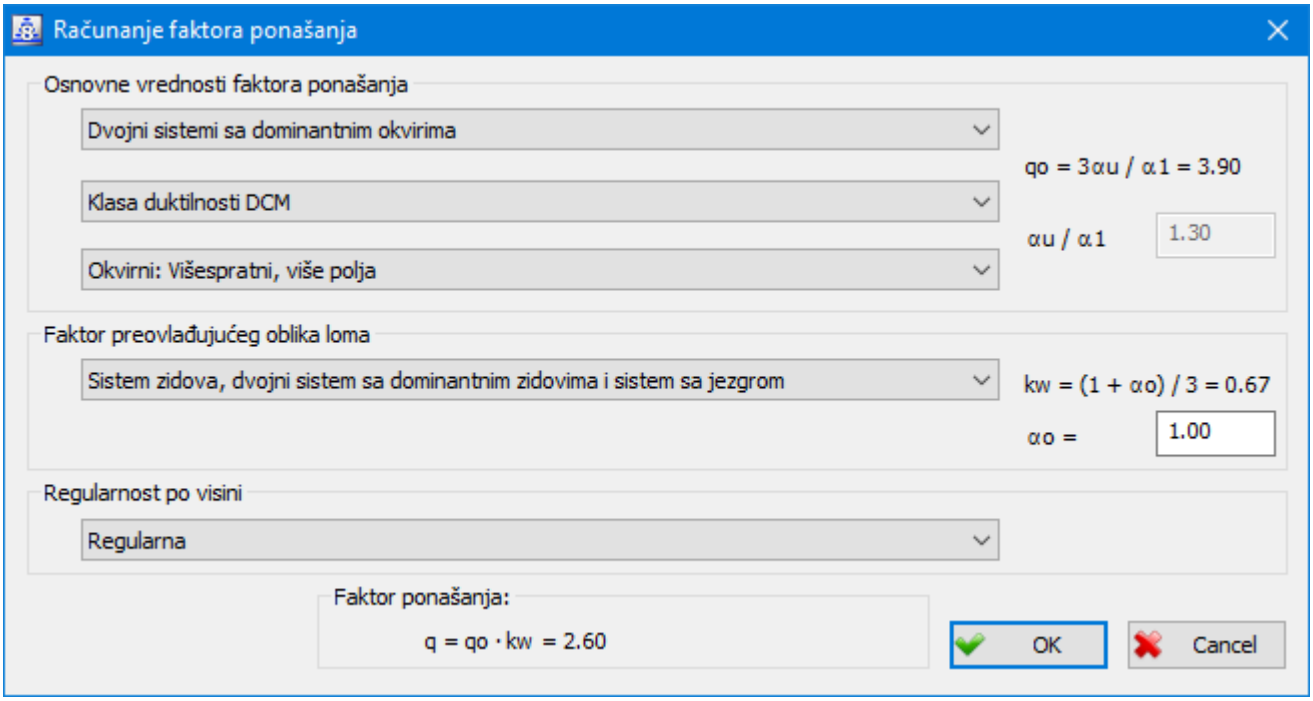
Lista iz koje se bira način zadavanja faktora ponašanja konstrukcije,

Izborom opcije “Ručni unos vrijednosti” otvara se novi dijalog sljedećeg izgleda:



U prikazanom polju za upis se unosi željena vrijednost faktora ponašanja. Aktiviranjem gumba “OK” dijalog se zatvara, a unesena vrijednost dodjeljuje danom smjeru potresa i prikazuje u stupcu “Faktor P”.

Izborom opcije “Proračun faktora ponašanja” otvara se dijalog, u kojem se izborom niza karakteristika konstrukcije određuje vrijednost faktora ponašanja.



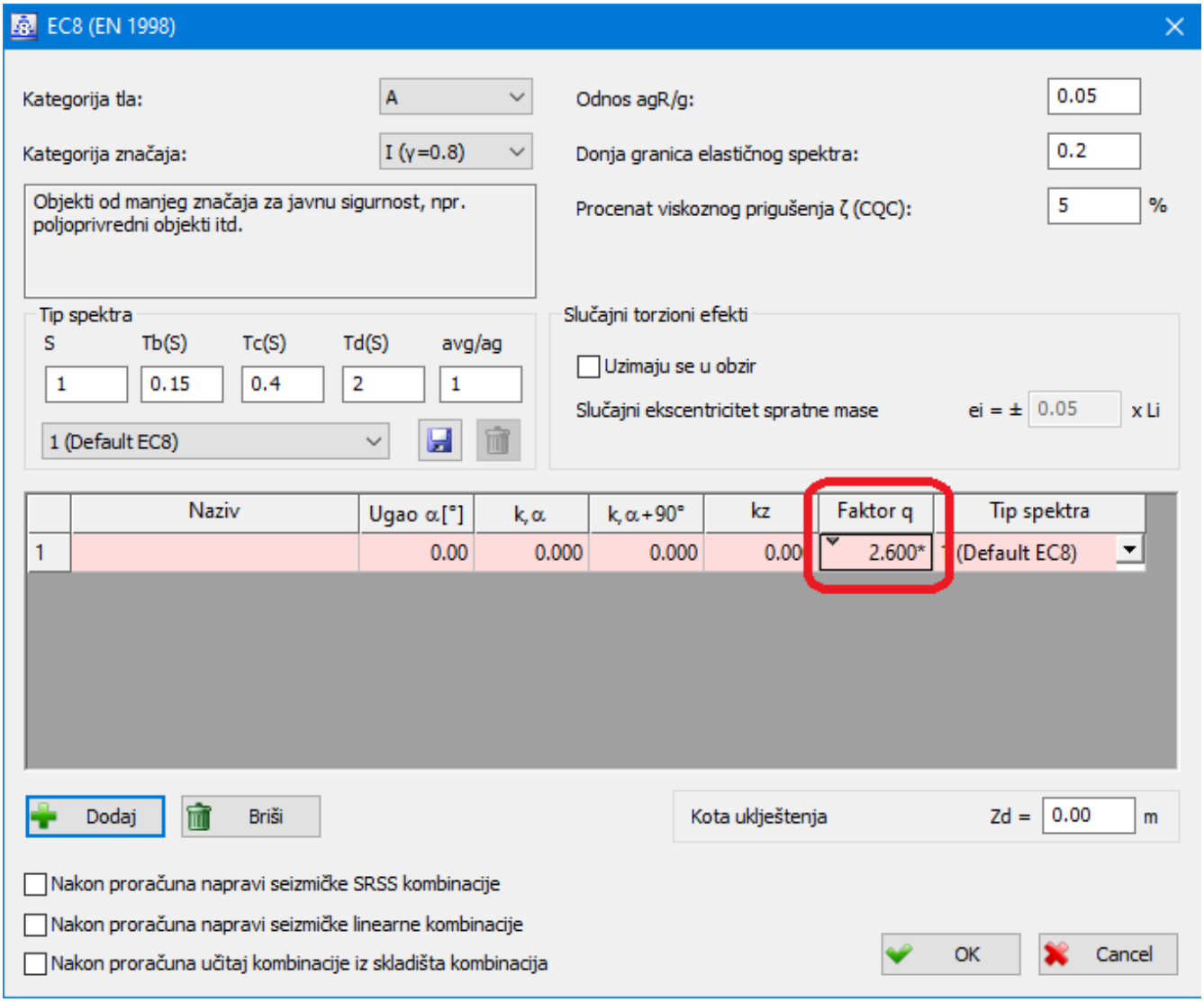
Osnovna vrijednost faktora ponašanja (q0) – pomoću parametara koji se nalaze u ovom dijelu dijaloga određuje se osnovna vrijednost faktora ponašanja. Iz prve liste se vrši izbor konstruktivnog sustava, iz druge klasa duktilnosti, a iz treće podtip konstruktivnog sustava koji određuje vrijednost koeficijenta αu/α1. Ako se iz treće liste odabere opcija “Ostalo”, postat će dostupno i polje za upis u kojem se može zadati proizvoljna vrijednost koeficijenta αu/α1.

Faktor preovlađujućeg oblika loma – lista iz koje se bira tip konstruktivnog sustava sa zidovima i na taj način određuje vrijednost faktora preovlađujućeg oblika loma. Ako se iz liste odabere opcija “Sustav zidova, dvojni sustav sa dominantnim zidovima i sustav sa jezgrom”, dostupno postaje i polje za upis u kojem se zadaje α0 (preovlađujući odnos dimenzija zidova konstruktivnog sustava).

Regularnost u tlocrtu – lista pomoću koje se definira je li konstrukcija regularna u tlocrtu ili ne.

Na temelju zadanih podataka, a prema prethodno opisanim pravilima, program računa faktor ponašanja konstrukcije i prikazuje ga u dijelu dijaloga “Faktor ponašanja:”

Aktiviranjem gumba “OK” dijalog se zatvara, a proračunata vrijednost faktora ponašanja dodjeljuje danom smjeru potresa i prikazuje u stupcu “Faktor P”. Pored ove vrijednosti u tablici se ispisuje i simbol “*”, koji označava da je ona dobivena proračunom. Ovaj način obilježavanja osigurava da se odmah može vidjeti kojim su smjerovima vrijednosti unesene ručno, a za koje smjerove su dobivene proračunom.

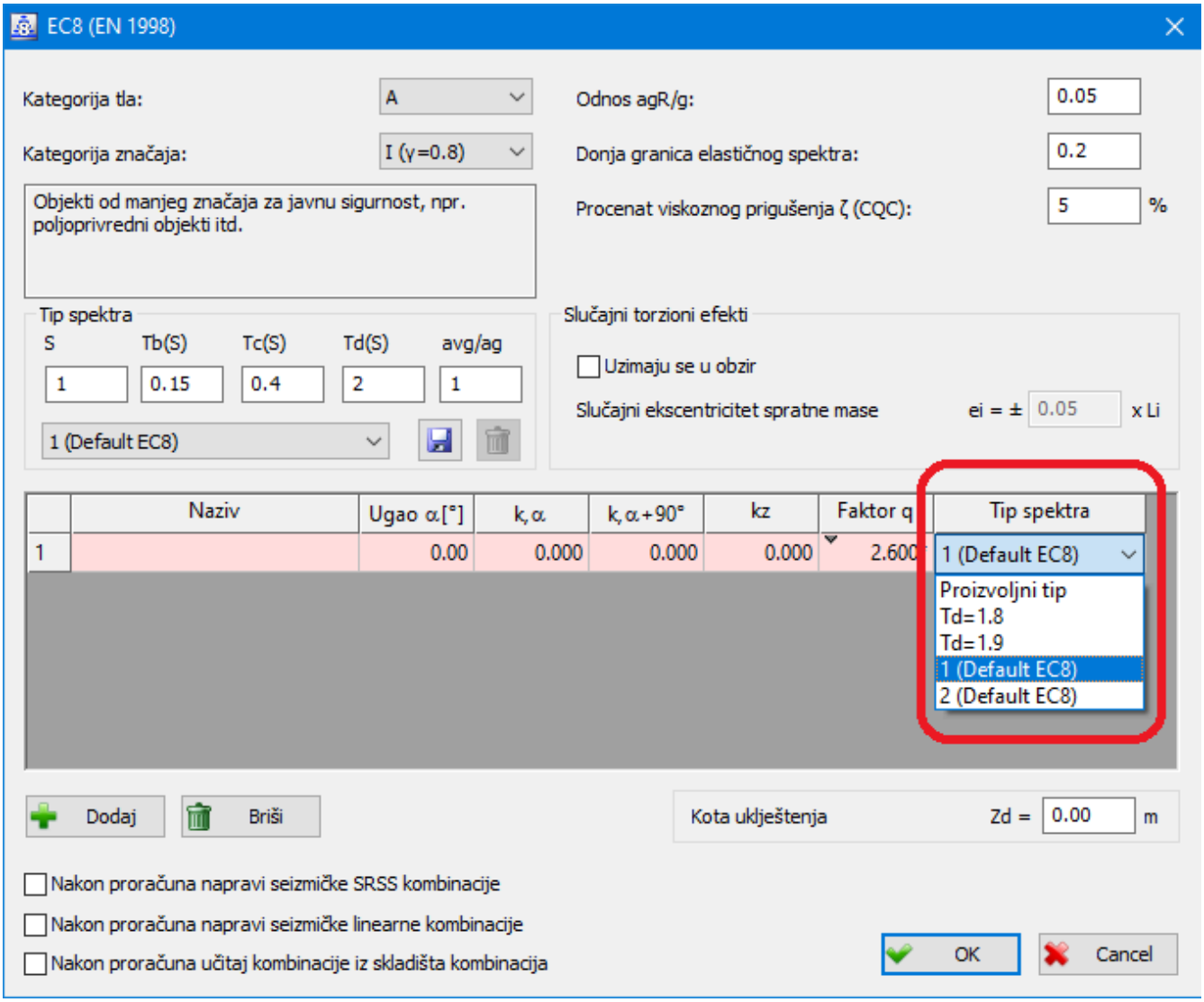


Vrijednost faktora ponašanja koja je dobivena proračunom

Izborom opcije “Dodijeli svima”, vrijednost faktora ponašanja koja je zadana tom smjeru djelovanja potresa se dodjeljuje svim ostalim smjerovima u listi. Ako je vrijednost faktora ponašanja dobivena proračunom, svim smjerovima će se dodijeliti i podaci zadani pri ovom proračunu. To praktično znači da će se program ponašati kao da je proračun faktora ponašanja izvršen za svaki od njih posebno.

Pri generiranju izvještaja seizmičkog proračuna u editoru papira, ispisuje se i faktor ponašanja za svaki smjer djelovanja potresa. Ako je faktor ponašanja određen proračunom, u izvještaju se prikazuju i svi zadani podaci o konstrukciji na temelju kojih je proračun izvršen.

Tip spektra – klikom miša preko strelice koja se nalazi na desnom kraju svake ćelije u ovom stupcu, otvara se lista u kojoj se uvijek nalaze dvije podrazumijevane spektralne krivulje “1 (Zadani EC8)” i “2 (Zadani EC8)”, kao i opcija “Proizvoljni tip”. Pored njih u listi se prikazuju i sve ranije kreirane spektralne krivulje.



Lista za izbor tipa spektra

Izborom iz ove liste, selektiranom smjeru potresa se dodjeljuje tip spektra koji će se koristiti pri seizmičkom proračunu. Ako se odabere opcija “Proizvoljni tip”, pri seizmičkom proračunu će se koristiti podaci koji su trenutačno prikazani u dijelu dijaloga “Tip spektra”. Svakom smjeru potresa se može zadati različita spektralna krivulja.

Kota upetosti Zd - Polje za upis za zadavanje kote upetosti. Ovaj podatak se koristi pri generiranju izvještaja za približnu vrijednost ukupne poprečne sile na danom nivou.

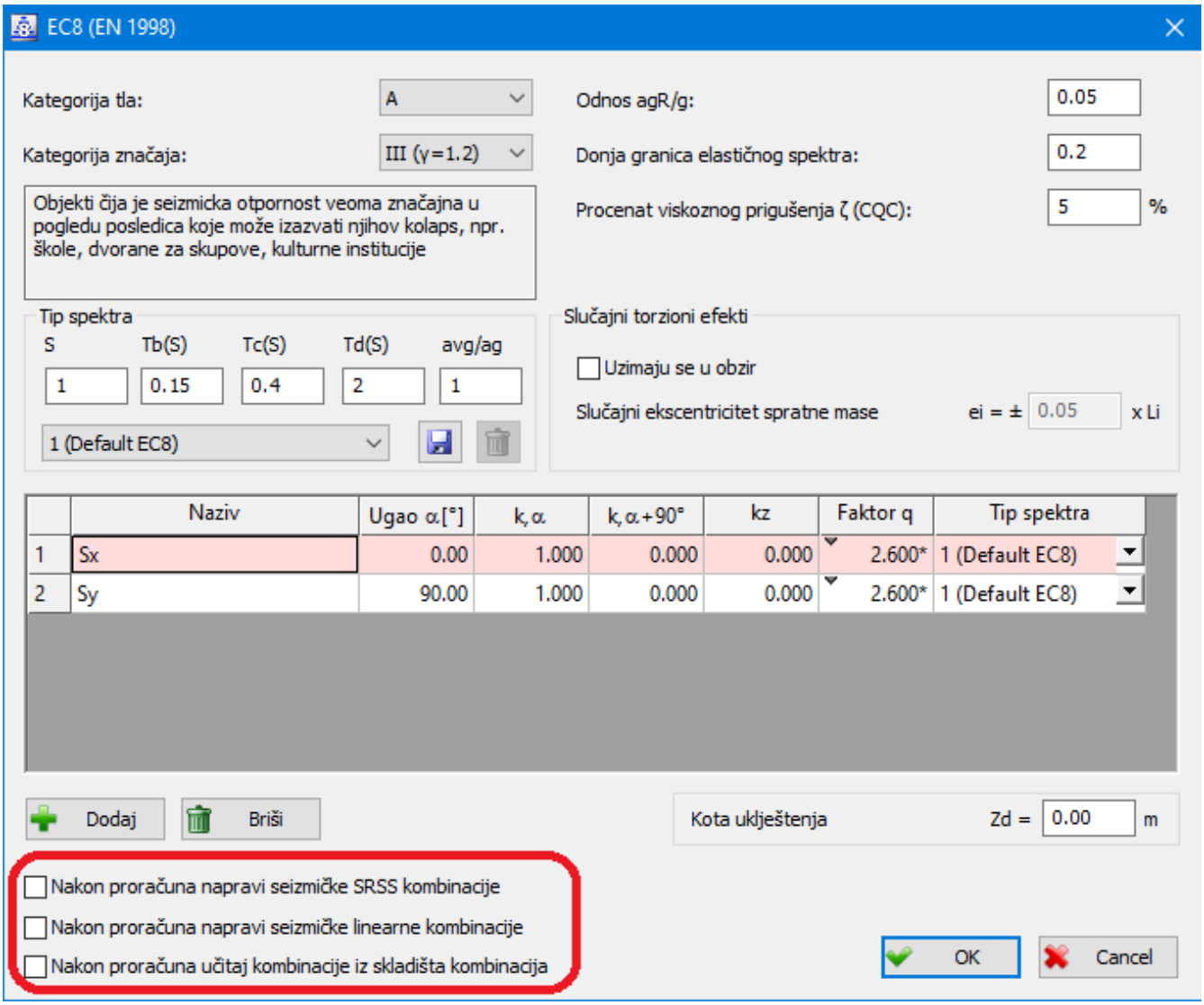
Nakon proračuna napravi SRSS kombinacije – Kad je ovaj potvrdni okvir uključen, nakon proračuna program će automatski napraviti SRSS kombinaciju seizmičkih slučajeva opterećenja.

Nakon proračuna napravi seizmičke linearne kombinacije - Kada je ovaj potvrdni okvir uključen, nakon proračuna program će automatski napraviti dvije seizmičke linearne kombinacije u skladu s EC8 EN 4.3.5.5.1, točka 3:

$$E = E_{edx}“ + ” 0.3E_{edy}$$

$$E = 0.3E_{edx}“ + ” E_{edy}$$

Nakon proračuna učitaj kombinacije iz skladišta kombinacija – Ovaj potvrdni okvir je dostupan samo ako se u skladištu nalaze kombinacije opterećenja. Kad je postavljen na uključeno stanje, nakon proračuna program će učitati kombinacije iz skladišta. Na ovaj način se automatski mogu sačuvati i kombinacije koje sadrže SRSS seizmičke slučajeve opterećenja, a koje bi inače bile obrisane nakon ponovnog seizmičkog proračuna. Potrebno ih je samo snimiti u skladište prije proračuna.

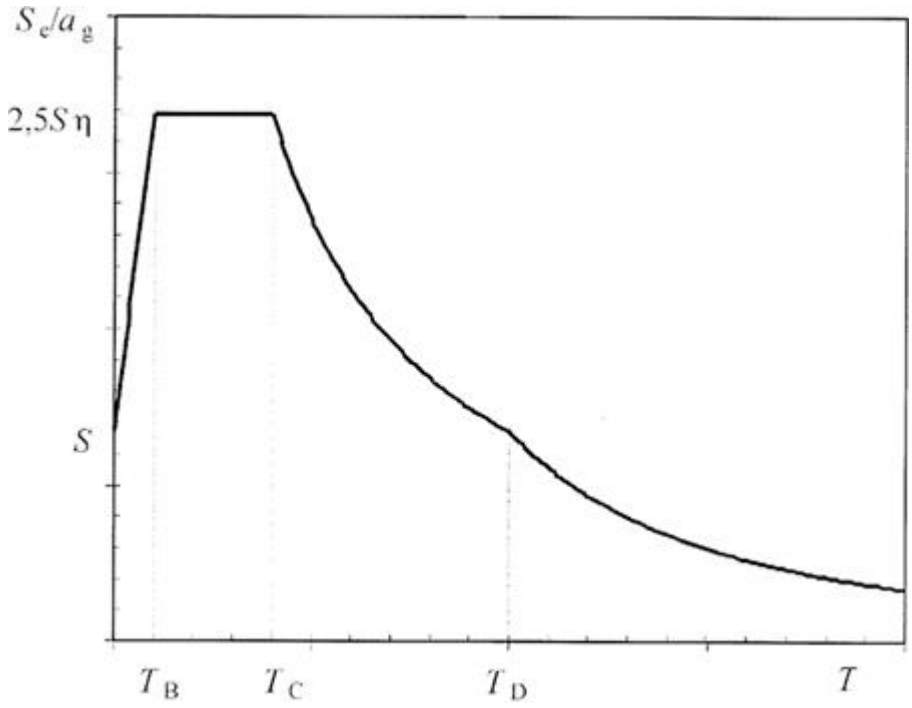


7.3.4.2 EUROCODE (Metoda bočnih sila)

Ova vrsta analize se može primijeniti na zgrade čiji odgovor ne ovisi bitno o višim svojstvenim oblicima osciliranja. Ovaj zahtjev će sigurno biti ispunjen kod zgrada koje zadovoljavaju uvjet regularnosti po visini. Također, da bi se ova vrsta analize mogla koristiti potrebno je da zgrada ima osnovni period oscilacija T1 u dva glavna smjera koji je manji od:

$$T_1 \leq \begin{cases} 4 \cdot T_C \\ 2{,}0\,\mathrm{s} \end{cases}$$

gdje je Tc dano definicijom elastičnog spektra.



Seizmička posmična sila Fb za svaki glavni smjer je određena sa:

$$F_b = S_d(T_1) \cdot m \cdot \lambda$$

gdje su:

Sd(T1) - ordinata projektnog spektra.

T1 - osnovni period osciliranja zgrade za translacijski svojstveni oblik u razmatranom smjeru.

m - ukupna masa zgrade iznad temelja ili iznad krute osnove.

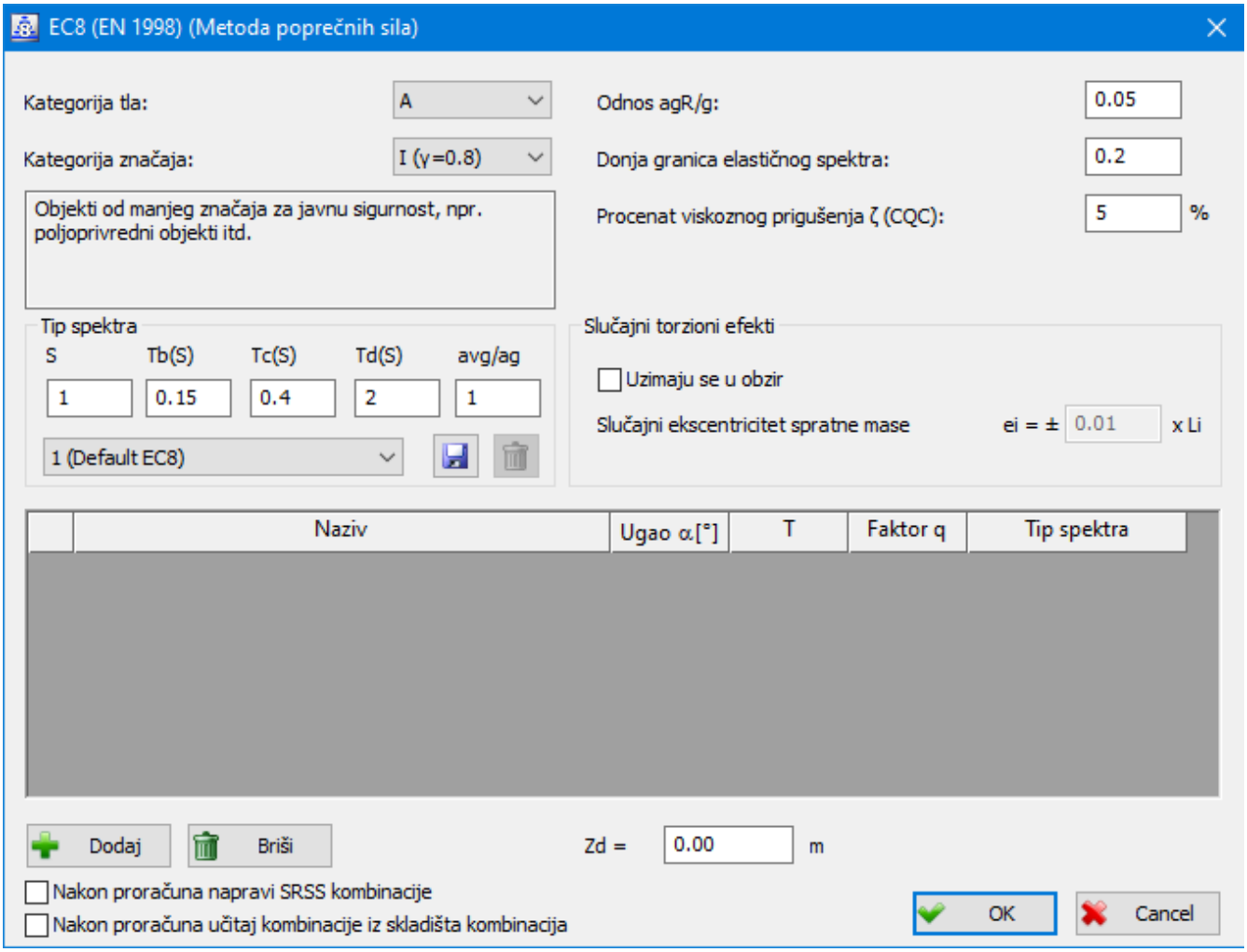
λ - faktor korekcije koji iznosi 0.85 ako zgrada ima više od dva kata i ako je T1 < 2TC ili 1.0 u ostalim slučajevima.

Vodoravne sile po pločama se izračunavaju s aproksimacijom da se vodoravni pomaci linearno povećavaju po visini:

$$F_i = F_b \cdot \frac{z_i \cdot m_i}{\Sigma z_j \cdot m_j}$$

gdje su zi i zj visine masa mi, mj iznad nivoa djelovanja seizmičkih sila (tj. iznad temelja).

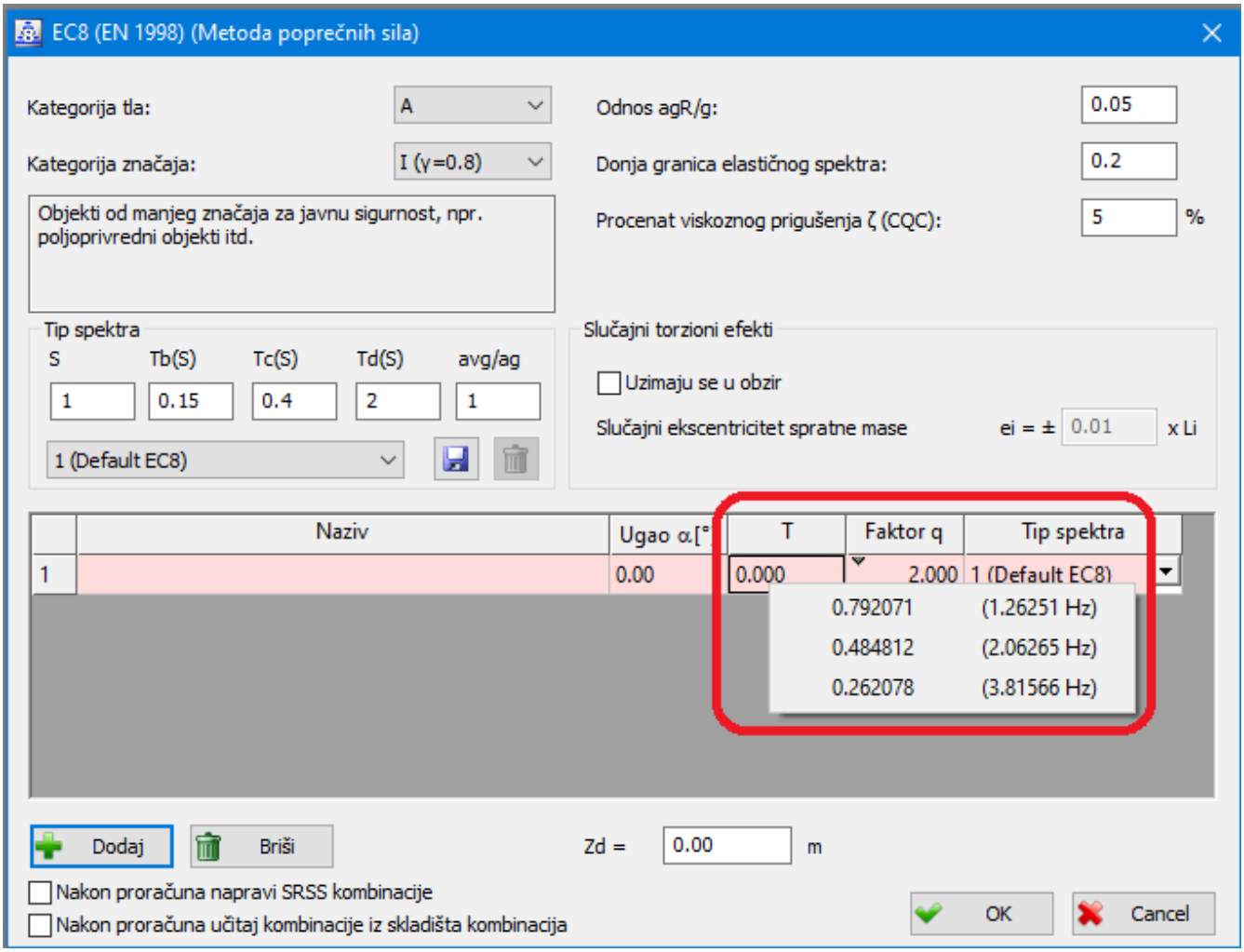
Ovaj propis se bazira na metodi ekvivalentnih statičkih sila, tako da za njega nije potrebno prethodno provesti modalnu analizu. Odabirom ove opcije seizmičkog proračuna, otvara se dijalog sljedećeg izgleda:



Izgled dijaloga za seizmički proračun po Eurokodu (Metoda bočnih sila)

U gornjem dijelu dijaloga se zadaju parametri koji definiraju vrstu tla, tip konstrukcije, tip spektra, itd., dok se u listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloga zadaju smjerovi djelovanja potresa.

T – stupac u kojem se zadaje period osciliranja konstrukcije za dani smjer djelovanja potresa. Može se unijeti proizvoljna vrijednost. Ako je prethodno provedena modalna analiza, desni klik miša iznad ćelija u ovom stupcu otvorit će listu iz koje se može odabrati neki od proračunatih perioda osciliranja konstrukcije:

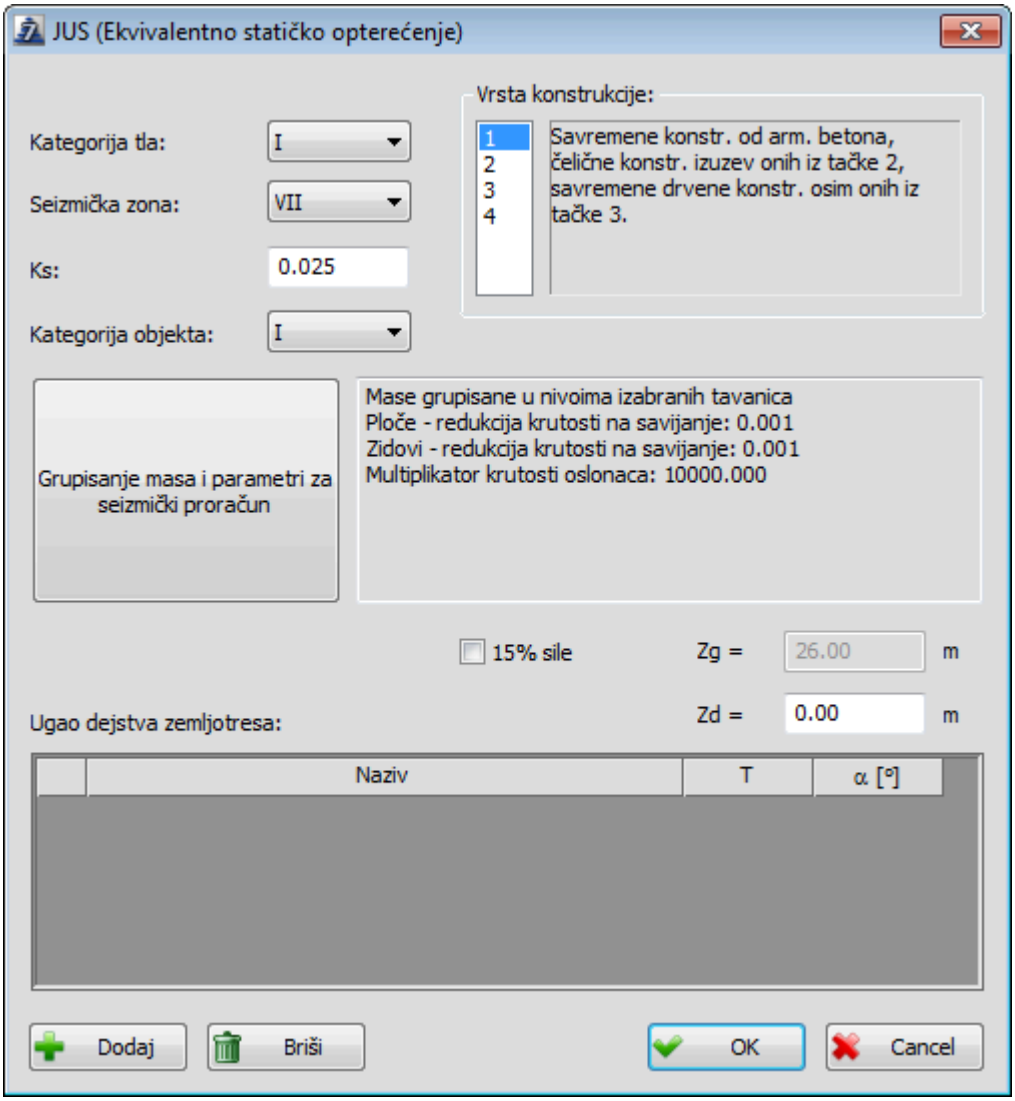


Klik na desnu tipku miša u okviru stupca “T” otvara padajući izbornik za izbor proračunatih perioda osciliranja

Značenje svih ostalih parametara u dijalogu je isto kao i kod seizmičkog proračuna po Eurokodu koji se zasniva na multimodalnoj analizi konstrukcije (vidi poglavlje 7.3.4.1).

7.3.4.3 HRN (Ekvivalentno statičko opterećenje)

Kako se ovaj standard bazira na metodi ekvivalentnih statičkih sila, to za njega nije potrebno prethodno provesti modalnu analizu. Izborom ovog standarda, otvara se dijaloški okvir sljedećeg izgleda.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun po HRN-u (metoda ekvivalentnih statičkih sila)

Prema važećem pravilniku za objekte visokogradnje, ukupna seizmička sila se proračunava prema sljedećoj formuli:

S = Ko x Ks x Kd x Kp x G

U gornjem dijelu dijaloškog okvira, vrši se izbor kategorije tla (ovaj parametar zajedno sa zadanim periodom osciliranja konstrukcije određuje vrijednost koeficijenta dinamičnosti “Kd”), seizmičke zone (=> “Ks”), kategorije objekta (=> “Ko”) i vrste konstrukcije (=> “Kp”), te će program na temelju tih podataka usvojiti odgovarajuće koeficijente koji se koriste u formuli za proračun ukupne seizmičke sile koja djeluje na objekt.

Kategorija objekta

- I kategorija (Ko=1.50) Zgrade s prostorijama predviđenim za veće skupove ljudi (kino dvorane, kazališta, sportske, izložbene i slične dvorane), fakulteti, škole, zdravstveni objekti, zgrade vatrogasne službe, objekti veze koji nisu uvršteni u prethodnu kategoriju (HT, RTV i drugi), industrijske zgrade sa skupocjenom opremom, svi energetski objekti instalirane snage do 40MW, zgrade koje sadrže predmete izuzetne kulturne i umjetničke vrijednosti i druge zgrade u kojima se vrše aktivnosti od posebnog interesa.

- II kategorija (Ko=1.00) Stambene zgrade, hoteli, restorani, javne zgrade koje nisu svrstane u prvu kategoriju, industrijske zgrade koje nisu svrstane u prvu kategoriju
- III kategorija (Ko=0.75) Pomoćno-proizvodne zgrade, poljoprivredni objekti

Seizmička zona

- VII seizmička zona => Ks=0.025 - VIII seizmička zona => Ks=0.050 - IX seizmička zona => Ks=0.100

U slučaju da objekt nije lociran ni na jednoj od ponuđenih seizmičkih zona, imate mogućnost da u okviru za upis “Ks=” zadate proizvoljnu vrijednost koeficijenta seizmičnosti.

Kategorija tla

- I kategorija tla => Kd=0.5/T (1.00 ≥ Kd ≥ 0.33)
- II kategorija tla => Kd=0.7/T (1.00 ≥ Kd ≥ 0.47)
- III kategorija tla => Kd=0.9/T (1.00 ≥ Kd ≥ 0.60)

Vrsta konstrukcije

- 1. (Kp=1.00) Sve suvremene konstrukcije od armiranog betona, sve čelične konstrukcije osim konstrukcija navedenih u točki 2 ovog članka, sve suvremene drvene konstrukcije osim konstrukcija definiranih u točki 3 ovog članka.
- 2. (Kp=1.30) Konstrukcije od armiranih zidova i čelične konstrukcije s dijagonalama.
- 3. (Kp=2.00) Konstrukcije s fleksibilnim prizemljem ili katom, odnosno naglom promjenom krutosti, kao i konstrukcije od običnih zidova.

Kako se za objekte do 5 katova raspored seizmičkih sila po visini objekta vrši prema približnom obrascu:

$$Si = S \times (Gi \times Hi) / (\sum Gi \times Hi)$$

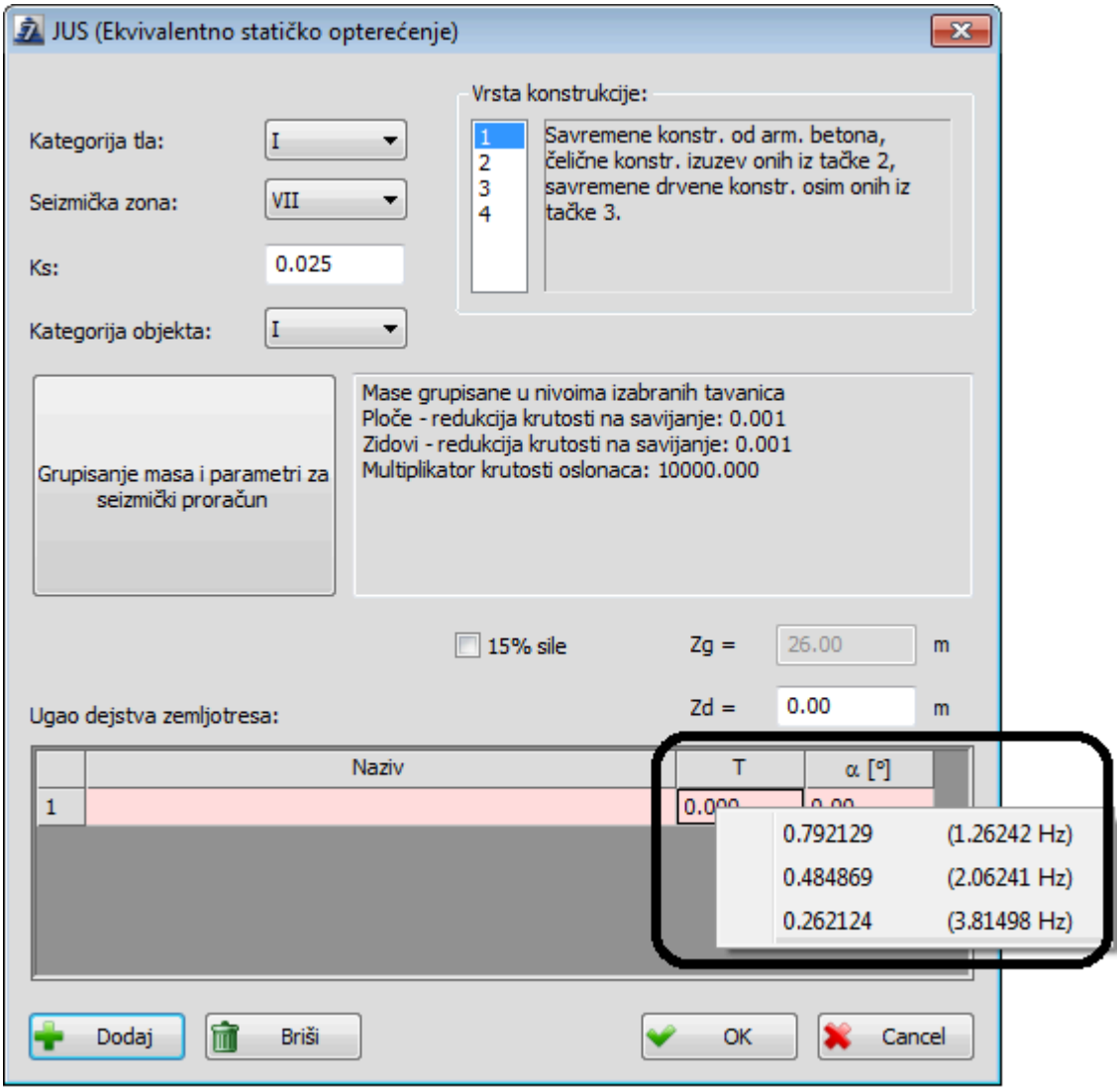
Si - seizmička horizontalna sila u i-toj masi Gi - težina i-te mase Hi -visina i-te mase od gornjeg ruba temelja to je potrebno u okviru za upis “Zd=” zadati visinsku kotu u odnosu na koju se računaju visine raspoređenih masa (program prema zadanim postavkama za ovu vrijednost usvaja visinsku koordinatu najniže postavljenog nivoa u objektu). Sve mase koje se nalaze ispod zadane visine svakako neće ući u proračun seizmičkih sila.

Prekidač “15% sile”, odnosi se na “Članak 31”, koji regulira da se za objekte preko 5 katova, prema prethodno navedenoj formuli raspoređuje samo 85% ukupne seizmičke sile koja djeluje na objekt, a da se preostalih 15% sile zadaje da djeluje kao koncentrirana sila u vrhu objekta. Postavljanjem ovog prekidača na uključeno stanje, aktivan će postati i okvir za upis “Zg=” u kojem treba zadati referentnu visinu koja određuje vrh objekta (program prema zadanim postavkama za ovu vrijednost usvaja najviši postavljeni nivo u objektu). Naime, svim masama koje se nalaze na toj i većoj visinskoj koordinati, program će razmjerno njihovim intenzitetima raspodijeliti 15% ukupne seizmičke sile kao koncentrirane sile.

Smjer djelovanja potresa

U listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloškog okvira imate mogućnost da zadate proizvoljan broj smjerova mogućeg djelovanja potresa (ova lista radi na potpuno isti način kao i ostale liste u programu). Pored smjera potresa, koji se definira zadavanjem kuta u stupcu “α (°)” (kutu od 0° odgovara pravac globalne X osi), potrebno je u stupcu “T” zadati i period osciliranja konstrukcije za taj smjer, a u stupcu

“Naziv” možete danom smjeru djelovanja potresa pridružiti i proizvoljan naziv. Ako ste prethodno proveli i modalnu analizu, tada će se na desni klik miša, kada je on u poziciji da pokazuje na stupac “T”, otvoriti i lista s proračunatim periodima osciliranja konstrukcije za sve zahtijevane oblike osciliranja.



Klik na desni gumb miša u okviru stupca “T” otvara izbornik za izbor proračunatih perioda osciliranja

Jednostavnim klikom miša u okviru željenog reda, ta numerička vrijednost će biti upisana u stupcu “T”. Ovdje kao veoma važnu stvar napominjemo da period osciliranja konstrukcije mora odgovarati obliku osciliranja u kojem je dominantna translatorna oscilacija u danom smjeru, i ako ima više oblika osciliranja u kojima je dominantan pomak u tom smjeru, tada od svih tih vrijednosti treba za period osciliranja odabrati najveću (utjecaj prvog oblika osciliranja za dani smjer).

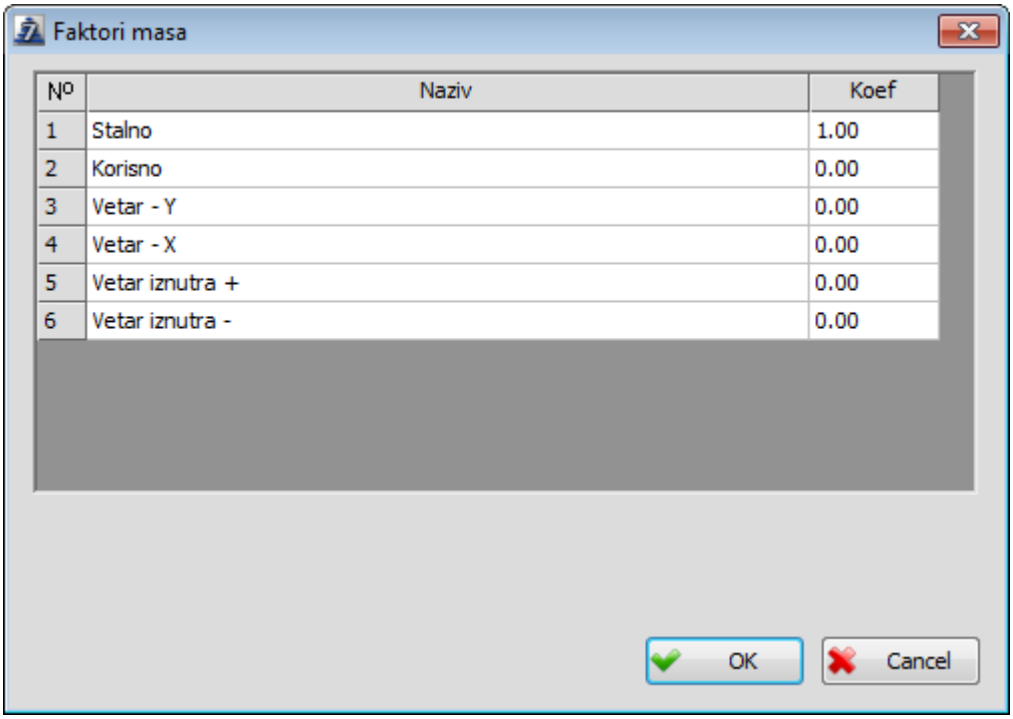
U uvodnom dijelu ovog dijela uputstva, rekli smo da se metoda ekvivalentnog statičkog opterećenja može primijeniti i bez prethodno izvršene modalne analize. Zbog toga je predviđena mogućnost zadavanja potpuno proizvoljne vrijednosti u stupcu “T”. Ovakav način seizmičkog proračuna ima više primjena. Prvi i osnovni je kod izuzetno velikih konstrukcija. Tada imate mogućnost da prvo napravite jednostavniji model koji će dovoljno dobro opisati ponašanje konstrukcije u modalnoj analizi, i da tako izračunate periode osciliranja, unesete kao ulazni podatak za proračun ekvivalentnih seizmičkih sila na stvarnom modelu. Drugi razlog može biti i u tome da uopće nemate potrebu za provođenjem modalne analize već želite da za

vrijednost koeficijenta dinamičnosti “Kd” umjesto stvarne vrijednosti usvojite maksimalnu pravilnikom dopuštenu vrijednost (Kd=1.0). U takvim slučajevima ćete za period osciliranja konstrukcije, u svim zadanim smjerovima djelovanja potresa, zadati dovoljno malu vrijednost, recimo “T=0.1”.

Svakako da ovaj način ne preporučujemo, ali je činjenica da i ovaj postupak daje rješenje, koje za mnoge objekte može biti zadovoljavajuće.

Aktiviranjem gumba “OK”, započet će proračun konstrukcije u kojem će sada pored svih zadanih osnovnih slučajeva opterećenja, biti dodano još onoliko slučajeva opterećenja koliko ste i zadali smjerova u kojima djeluje potres.

U slučaju da prethodno nije provedena modalna analiza, programu će nedostajati podaci o težini objekta, na temelju koje se proračunavaju seizmičke sile. U takvim slučajevima, aktiviranjem gumba “OK”, neće odmah započeti seizmički proračun, već će program otvoriti još jedan dijaloški okvir, u kojem je sada potrebno odrediti način na koji će biti izvršen proračun težine objekta.

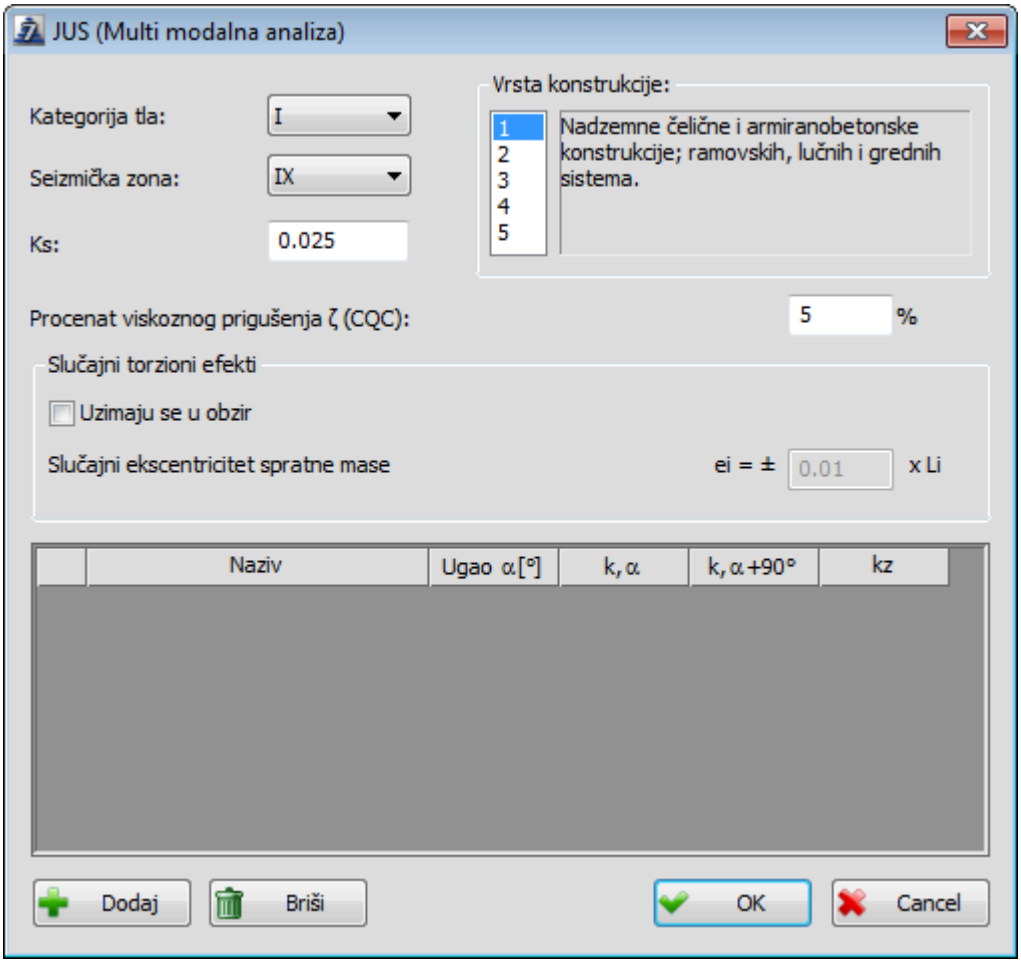


Izgled dijaloškog okvira za definiranje težine objekta

U listi koja se nalazi u gornjem dijelu dijaloškog okvira, nalazi se onoliko redova koliko ima i osnovnih slučajeva opterećenja. Sada je potrebno u stupcu “Koef.” zadati multiplikator, kojim će se množiti sva zadana opterećenja u okviru danog osnovnog slučaja opterećenja pri proračunu težine objekta. Na ovaj način imate mogućnost da se prilagodite propisu koji točno definira koja opterećenja treba uzeti u obzir pri proračunu težine objekta. Aktiviranjem gumba “OK”, započet će seizmički proračun.

7.3.4.4 JUS (Multimodalna analiza)

Izbor ovog standarda će biti moguć jedino ako je prethodno provedena modalna analiza. Algoritam koji se nudi u ovoj opciji, zasniva se na pravilniku o tehničkim normativima za projektiranje i proračun inženjerskih objekata u seizmičkim područjima. Pravilnik još nije usvojen, ali ga u programu nudimo kao opciju zbog toga što se oslanja na potpune rezultate modalne analize i teoriju dinamike konstrukcije, a osim toga dosta je sličan i ostalim standardima koji se primjenjuju u svijetu.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun po HRN-u (spektralna analiza)

U gornjem dijelu dijaloškog okvira, vrši se izbor kategorije tla, seizmičke zone i kategorije objekta, na temelju čega će program usvojiti odgovarajuće koeficijente koji se koriste u formulama za proračun seizmičkih sila, a u listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloškog okvira imate mogućnost da zadate proizvoljan broj smjerova mogućeg djelovanja potresa.

Veličina projektnih seizmičkih sila za svaku od masa postavljenih na konstrukciju, izračunava se prema sljedećem izrazu:

Sik = Ks x βi x ηik x ψ x Gk

Vrijednost koeficijenta seizmičkog intenziteta (Ks), određuje se prema formuli:

$$Ks = Xmax / \mu p$$

gdje je vrijednost maksimalnog ubrzanja tla (Xmax) određena ovisno o seizmičkoj zoni, a faktor duktilnosti konstrukcije “μp” je određen ovisno o vrsti konstrukcije i ugrađenim materijalima.

VII seizmička zona => Xmax = 0.10 VIII seizmička zona => Xmax = 0.20 IX seizmička zona => Xmax = 0.40

Vrsta konstrukcije 1 => μp = 4.00
Vrsta konstrukcije 2 => μp = 4.00
Vrsta konstrukcije 3 => μp = 3.00
Vrsta konstrukcije 4 => μp = 2.50
Vrsta konstrukcije 5 => μp = 2.00

Konstrukcije su klasificirane prema sljedećem:

1. Nadzemne čelične i armiranobetonske konstrukcije; okvirnih, lučnih i grednih sustava 2. Nadzemne betonske i armiranobetonske konstrukcije s nosivim zidovima 3. Nasuti objekti - konstrukcije od zemlje i kamena 4. Djelomično ukopani objekti; objekti izloženi zemljinom pritisku 5. Podzemni objekti

U slučaju da objekt nije lociran ni na jednoj od ponuđenih seizmičkih zona, imate mogućnost da u okviru za upis “Ks=” zadate proizvoljnu vrijednost za koeficijent seizmičnosti.

Koeficijent dinamičnosti (βi), proračunava se prema sljedećim obrascima:

Za 0 < Ti < To

$$\beta_i = 1 + \left[a(\lambda \cdot T_s)^{-\frac{2}{3}} - 1 \right] \cdot \frac{T_i}{T_0}$$

$$\beta_i = a(\lambda \cdot T_s)^{-\frac{2}{3}}$$

za To ≤ Ti ≤ Ts =>

$$\beta_i = a(\lambda \cdot T_i)^{-\frac{2}{3}}$$

za Ti > Ts =>

Parametri “a”, “To” i “Ts” ovise o kategoriji tla, i vrijednosti se usvajaju prema sljedećoj tablici:

I	kategorija tla	=>	a=0.20;To=0.10;	Ts=0.35
II	kategorija tla	=>	a=0.25;To=0.15;	Ts=0.55
III	kategorija tla	=>	a=0.30;To=0.20;	Ts=0.85

Koeficijent prigušenja “λ” ovisi o vrsti konstrukcije i ima sljedeće vrijednosti:

Vrsta konstrukcije 1 => λ= 0.05 Vrsta konstrukcije 2 => λ= 0.07 Vrsta konstrukcije 3 => λ= 0.10 Vrsta konstrukcije 4 => λ= 0.15 Vrsta konstrukcije 5 => λ= 0.20

Koeficijent (ηik) ovisi o obliku vlastitih oscilacija konstrukcije, te se za svaki pojedini oblik osciliranja (i=1,2,3,4,...) komponentalne vrijednosti (ηikj) određuju prema sljedećem izrazu:

$$\eta_{ikj} = u_{ikj} \cdot \frac{\sum_{k=1}^{n} G_k \cdot \sum_{j=1}^{3} u_{ikj} \cdot \cos(\alpha_{ikj})}{\sum_{k=1}^{n} G_k \cdot \sum_{j=1}^{3} u_{ikj}^2}$$

gdje je:

Uikj - projekcija normaliziranog vektora (Uik) i-tog oblika osciliranja u točki “k” na tri ortogonalne koordinatne osi X, Y, i Z (j=1,2,3)

Cos(αikj) - kosinus kuta između vektora seizmičkog djelovanja i projekcije normaliziranog vektora i-tog oblika osciliranja u točki “k” (Uikj), j=1,2,3.

Gk - težina mase u kojoj se proračunava intenzitet seizmičke sile.

Posljednji koeficijent koji stoji u izrazu za određivanje seizmičke sile je koeficijent redukcije (ψ), koji ovisi o vrsti konstrukcije i ima sljedeće vrijednosti:

Vrsta konstrukcije 1 => ψ= 0.60 Vrsta konstrukcije 2 => ψ= 0.65 Vrsta konstrukcije 3 => ψ= 0.70 Vrsta konstrukcije 4 => ψ= 0.75 Vrsta konstrukcije 5 => ψ= 0.80

Postotak viskoznog prigušenja ζ (CQC)

Postotak viskoznog prigušenja je ulazni podatak za CQC statističku metodu kombiniranja. Ako se unese vrijednost 0, CQC postaje ekvivalentna SRSS metodi kombiniranja.

Slučajni torzijski efekti - i za ovaj propis je omogućeno uzimanje u obzir slučajnih torzijskih učinaka pri seizmičkom proračunu. Značenje svih parametara u ovom dijelu dijaloga je isto kao i kod propisa EUROCODE (poglavlje 7.3.4.1).

Smjer djelovanja potresa

U listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloga, može se zadati proizvoljan broj smjerova mogućeg djelovanja potresa. Novi smjer se ubacuje u listu izborom gumba “Dodaj”, dok se selektirani smjer pomoću gumba “Briši” uklanja iz liste. Podaci koji se mogu pridružiti smjeru djelovanja potresa imaju sljedeće značenje:

Naziv - u ovom stupcu se smjeru djelovanja potresa može pridružiti proizvoljan naziv

Kut α[°] - u ovom stupcu se zadaje smjer djelovanja potresa, i to unošenjem kuta koji tvori s globalnom X osi (kutu od 0° odgovara pravac globalne X osi).

k,α - koeficijent djelovanja potresa u zadanom smjeru (trebao bi uvijek imati vrijednost 1.0) k,α+90° - koeficijent djelovanja potresa u smjeru koji je okomit na zadani smjer

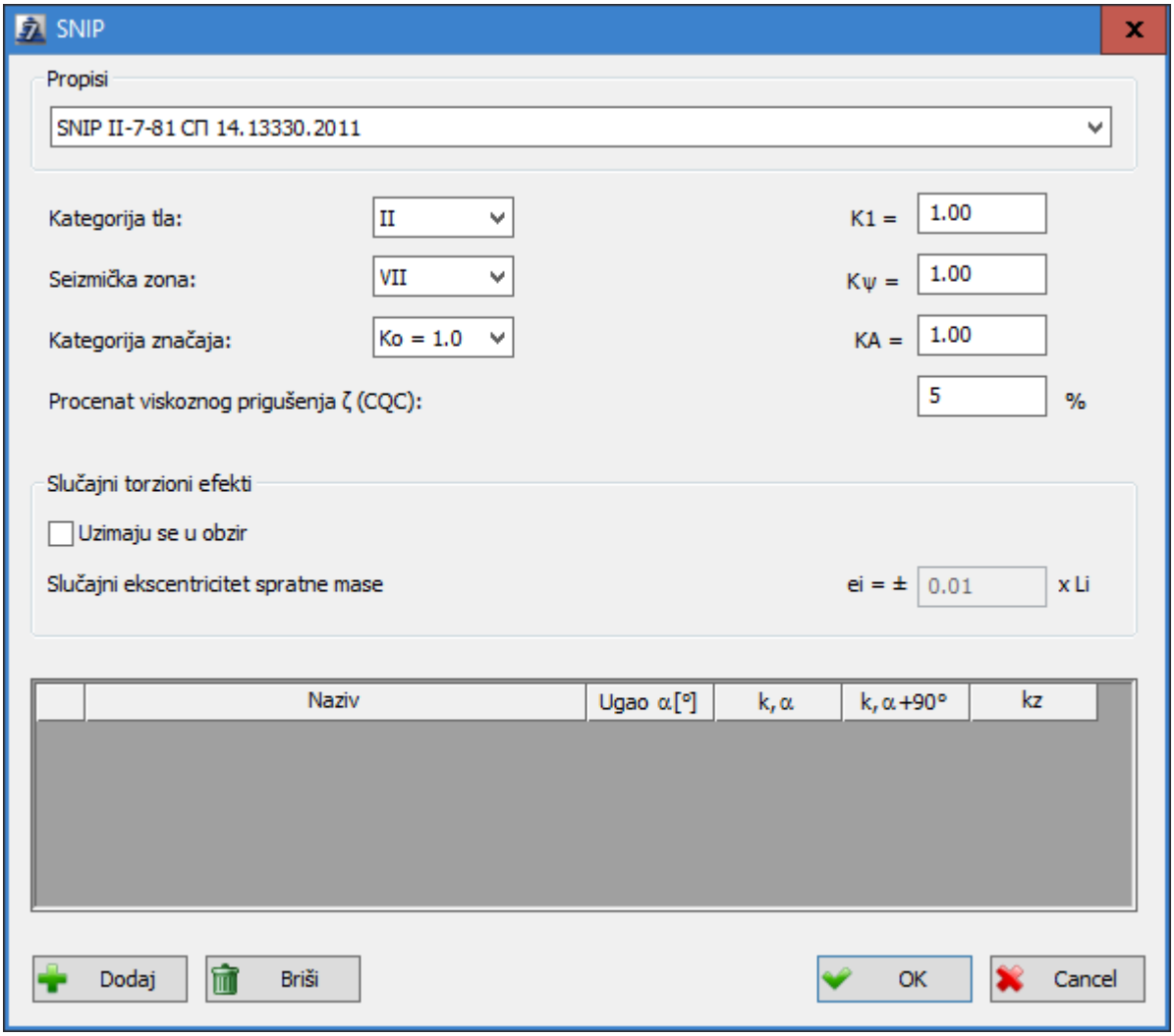
Kz - koeficijent djelovanja potresa u smjeru globalne Z osi

VAŽNO: Koeficijenti kx i ky, koji su u prethodnim verzijama programa Tower omogućavali zadavanje smjera potresnog djelovanja, ukinuti su i zamijenjeni koeficijentima k,α i k,α+90° relativnim u odnosu na smjer potresa.

Aktiviranjem gumba “OK”, započet će proračun konstrukcije u kojem će sada pored svih zadanih osnovnih slučajeva opterećenja, biti dodano još onoliko slučajeva opterećenja koliko ste i zadali smjerova u kojima djeluje potres.

7.3.4.5 Ruski propisi (SNIP)

Proračun seizmičkih sila po ruskim standardima, također se zasniva na multimodalnoj analizi.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun po ruskim propisima (SNIP)

Spektralna krivulja – izborom iz padajućeg popisa određuje se spektralna krivulja koja će se koristiti pri seizmičkom proračunu. Programom su predviđene tri spektralne krivulje “SNIP II-7-81”, “MGSN 4.19.05 - betonska konstrukcija” i “MGSN 4.19.05 - čelična konstrukcija”.

U gornjem dijelu dijaloga vrši se izbor kategorije tla, seizmičke zone, kategorije značaja i zadaju se vrijednosti koeficijenata “K0”,“K1”,“KA” i “Kψ”, a u listi u donjem dijelu dijaloga se zadaje proizvoljan broj smjerova djelovanja potresa. U daljnjem tekstu ćemo ukratko iznijeti formule po kojima se proračunavaju projektne seizmičke sile. Proračunsko seizmičko opterećenje “Sik” u odabranom smjeru, postavljeno u točki “k”, koje odgovara i-tom obliku vlastitih vibracija konstrukcije, određuje se po formuli:

Sik=K0 K1 Soik

```
Gdje je:
```

K0 - koeficijent značaja objekta

K1 - koeficijent koji obuhvaća dozvoljena oštećenja objekata

Soik - vrijednost seizmičkog opterećenja za i-ti oblik vlastitih oscilacija konstrukcije, koji se određuje prema pretpostavci elastičnih deformacija konstrukcije

Vrijednosti koeficijenata K0 se određuju prema sljedećoj tablici:

1 Monumentalne zgrade i drugi objekti: velika kazališta, sportske i koncertne dvorane u koje stane više od 2000 ljudi, zgrade državne uprave, radio stanice s kapacitetom predajnika većim od 500 W u jednoj zgradi. K0=2.00 2 Zgrade i objekti čije je funkcioniranje potrebno za vrijeme potresa i za otklanjanje posljedica (zgrada Vlade, hitne službe i policija, sustavi za opskrbu električnom energijom, plinom i vodom, vatrogasne stanice i slično), objekti u kojima se može naći veći broj ljudi (bolnice, škole, predškolske ustanove, željezničke stanice, zračne luke i slično). K0=1.5 3 Objekti koji nisu navedeni pod 1 i 2. K0=1.00 4 Privremeni objekti s vijekom trajanja do 3 godine. K0=0.75

Vrijednosti koeficijenata K1 se određuju prema sljedećoj tablici:

Dopuštena oštećenja zgrada i objekata K1 Zgrade i objekti s konstrukcijom kod kojih se ne dopuštaju neelastične deformacije i oštećenja. K1=1.00 Zgrade i objekti s konstrukcijom kod kojih se dopuštaju neelastične deformacije i oštećenja, koja ometaju normalnu funkciju, ali osiguravaju bezopasnost po živote ljudi i neoštećivanje opreme a koji su izgrađeni: - iz armirano betonskih krupno panelnih ili monolitnih konstrukcija K1=0.22 - iz okvira od čelika bez vertikalnih dijafragmi ili veza K1=0.25 - iz okvira od čelika s vertikalnim dijafragmama ili vezama K1=0.22 - iz okvira od armiranog betona bez vertikalnih dijafragmi ili veza K1=0.35 - iz okvira od armiranog betona s vertikalnim dijafragmama ili vezama K1=0.25 - iz blokova od opeke ili kamena K1=0.35 Zgrade i objekti s konstrukcijom gdje se mogu dopustiti značajnije neelastične deformacije, pukotine, oštećenja sekundarnih elemenata, njihovo pomicanje, privremeno obustavljanje funkcije objekta pri K1=0.12 osiguranju bezopasnosti po ljude.

Vrijednost seizmičkog opterećenja za i-ti oblik vlastitih osciliranja konstrukcije se izračunava prema sljedećoj formuli:

Soik = A KA βi Kψ ηik Gk

Vrijednost koeficijenta “A” se usvaja ovisno o seizmičkoj zoni: VII seizmička zona => A = 0.10 VIII seizmička zona => A = 0.20 IX seizmička zona => A = 0.40

KA - koeficijent koji uzima u obzir kombinirani računski seizmički intenzitet određene seizmičke zone. (karte OCP-97, A, B i C).Opseg vrijednosti je 1.0 - 1.5.

Vrijednosti koeficijenata KA se određuju prema sljedećoj tablici:

N0	Intenzitet (po ljestvici MSK) na kartama OCP-97			Vrijednost koeficijenta KA
	OCP-97-A	OCP-97-B	OCP-97-C	
1	7	7	7	1.0
	8	8	8	
	9	9	9	
2	7	7	8	1.2
	8	8	9	
	9	9	10	
3	7	8	8	1.4
	8	9	9	
	9	10	10	
4	7	8	9	1.5
	8	9	10	

Koeficijent dinamičnosti (βi) koji odgovara “i”-tom obliku vlastitih oscilacija konstrukcije, ovisi o odabranoj kategoriji tla i izračunava se prema sljedećim izrazima:

I-va i II-ga kategorija tla:
za Ti <=0,1 sec => βi = 1+15Ti
za 0,1 sec < Ti < 0,4 sec => βi = 2,5
za Ti >= 0,4 sec => $\beta i = 2,5(0,4/ Ti)^{0,5}$

III kategoriju tla:
za Ti <= 0,1 sec => βi = 1 + 15 Ti
za 0,1 sec < Ti < 0,8 sec => βi = 2,5
za Ti >= 0,8 sec => $\beta i = 2,5(0,8/ Ti)^{0,5}$

gdje je “Ti” period vlastitih oscilacija konstrukcije za i-ti oblik osciliranja. U svim slučajevima, koeficijent “βi” ne smije biti manji od 0.8

Koeficijent (ηik) ovisi o obliku vlastitih oscilacija konstrukcije i izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$\eta_{ik} = \frac{x_i(x_k)\sum_{j=1}^{n} Q_j \cdot x_i(x_j)}{\sum_{j=1}^{n} Q_j \cdot x_i^2(x_j)}$$

gdje je: Xi(Xk) i Xi(Xj) - pomak konstrukcije prilikom vlastitih oscilacija po i-tom obliku osciliranja u promatranoj točki “k” i u svim točkama “j”, a Qj - težina mase u točki “j”.

Vrijednost koeficijenta Kψ se usvaja po sljedećoj tablici:

Karakteristike konstrukcija Kψ 1. Visoki objekti s malom tlocrtnom veličinom (tornjevi, jarboli, dimnjaci, odvojeni liftovski šahtovi i sl). Objekti sa stupovima u prizemnom katu, s odnosom krutosti prizemlja i viših katova jednakim 0.25 i većim. Kψ=1.50 2. Objekti iz okvira, kod kojih ispuna po katovima ne utječe na Kψ=1.30 deformabilnost objekta. 3. Zgrade i objekti koji ne pripadaju pod točke 1. i 2., izuzev Kψ=1.00 hidrotehničkih objekata.

Postotak viskoznog prigušenja ζ (CQC) Postotak viskoznog prigušenja je ulazni podatak za CQC statističku metodu kombiniranja. Ako se unese vrijednost 0, CQC postaje ekvivalentna SRSS metodi kombiniranja.

Slučajni torzijski efekti - i za ovaj propis je omogućeno uzimanje u obzir slučajnih torzijskih učinaka pri seizmičkom proračunu. Značenje svih parametara u ovom dijelu dijaloga je isto kao i kod propisa EUROCODE (poglavlje 7.3.4.1).

Smjer djelovanja potresa

U listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloga, može se zadati proizvoljan broj smjerova mogućeg djelovanja potresa. Novi smjer se ubacuje u listu izborom gumba “ Dodaj”, dok se selektirani smjer pomoću gumba “ Briši” uklanja iz liste. Podaci koji se mogu pridružiti smjeru djelovanja potresa imaju sljedeće značenje:

Naziv - u ovom stupcu se smjeru djelovanja potresa može pridružiti proizvoljan naziv

Kut α[°] - u ovom stupcu se zadaje smjer djelovanja potresa, i to unošenjem kuta koji tvori s globalnom X osi (kutu od 0° odgovara pravac globalne X osi).

k,α - koeficijent djelovanja potresa u zadanom smjeru (trebao bi uvijek imati vrijednost 1.0) k,α+90° - koeficijent djelovanja potresa u smjeru koji je okomit na zadani smjer

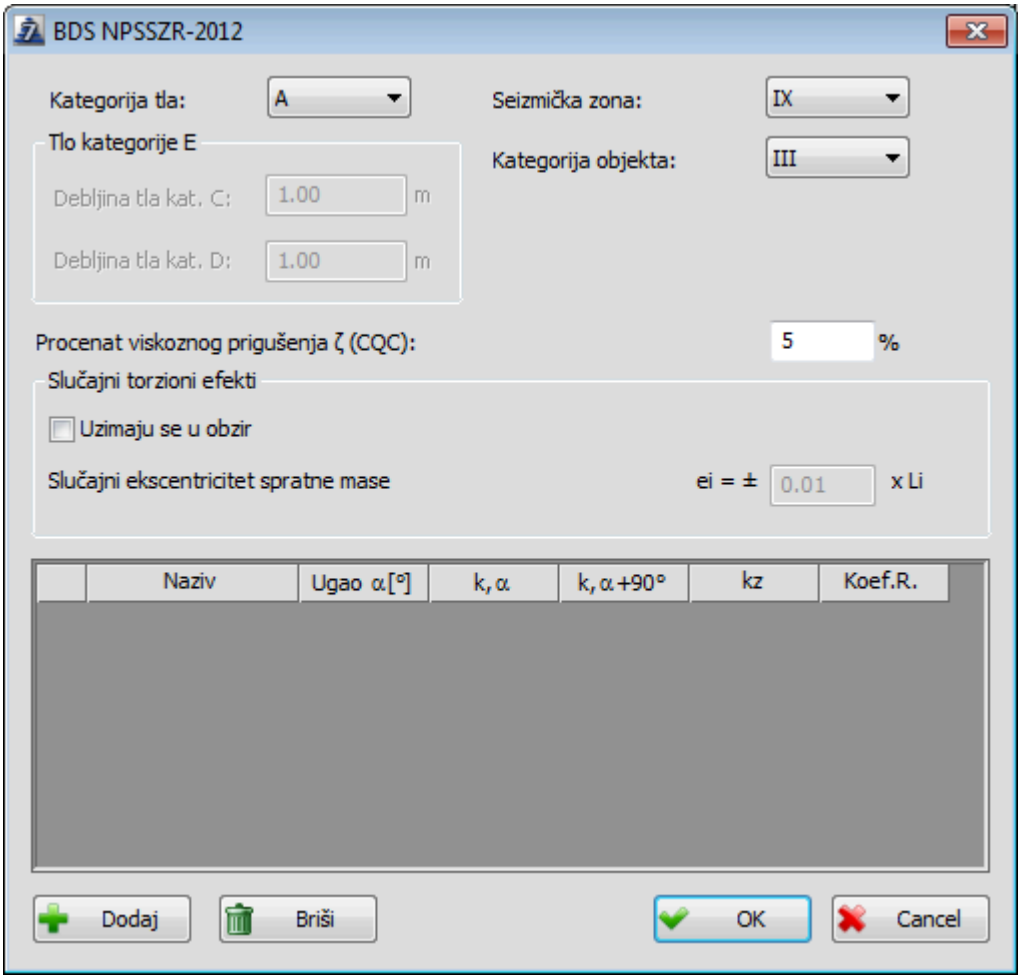
Kz - koeficijent djelovanja potresa u smjeru globalne Z osi

VAŽNO: Koeficijenti kx i ky, koji su u prethodnim verzijama programa Tower omogućavali zadavanje smjera potresnog djelovanja, ukinuti su i zamijenjeni koeficijentima k,α i k,α+90° relativnim u odnosu na smjer potresa.

Aktiviranjem gumba “OK”, započet će proračun konstrukcije u kojem će sada pored svih zadanih osnovnih slučajeva opterećenja, biti dodano još onoliko slučajeva opterećenja koliko ste i zadali smjerova u kojima djeluje potres.

7.3.4.6 Bugarski propisi (BDS NPSSZR-2012)

Proračun seizmičkih sila po bugarskim standardima, također se zasniva na multimodalnoj analizi.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun po bugarskim propisima (BUG)

Seizmička sila se proračunava prema sljedećem izrazu:

Eik = Kc x C x R x βi x ηik x Qk

Koeficijent seizmičnosti “Kc”, usvaja se na temelju odabrane seizmičke zone:

VI seizmička zona => Kc = 0.05 VII seizmička zona => Kc = 0.10 VIII seizmička zona => Kc = 0.15 IX seizmička zona => Kc = 0.27

Koeficijent značaja “C” ovisi o kategoriji objekta i ima sljedeće vrijednosti:

I kategorija objekta => C=1.50 II kategorija objekta => C=1.00 III kategorija objekta => C=0.75

Vrijednost koeficijenta reagiranja “R”, usvaja se iz tablice određene propisima i može imati vrijednosti od 0.20 do 1.

Koeficijent dinamičnosti “βi” ovisi o proračunatom periodu osciliranja konstrukcije u i-tom obliku vlastitih oscilacija konstrukcije i o kategoriji tla:

I kategorija tla: $\beta i=0.9/Ti \quad (0.8 \le \beta i \le 2.5)$
II kategorija tla: $\beta i=1.2/Ti \quad (0.8 \le \beta i \le 2.5)$
III kategorija tla: $\beta i=1.6/Ti \quad (1.0 \le \beta i \le 2.5)$

Koeficijent (ηik) ovisi o obliku vlastitih oscilacija konstrukcije i izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$\eta_{ik} = \frac{x_{ik} \cdot \sum_{j=1}^{n} Q_i \cdot x_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} Q_i \cdot x_{ij}^2}$$

Postotak viskoznog prigušenja ζ (CQC)

Postotak viskoznog prigušenja je ulazni podatak za CQC statističku metodu kombiniranja. Ako se unese vrijednost 0, CQC postaje ekvivalentna SRSS metodi kombiniranja.

Slučajni torzijski efekti - i za ovaj propis je omogućeno uzimanje u obzir slučajnih torzijskih učinaka pri seizmičkom proračunu. Značenje svih parametara u ovom dijelu dijaloga je isto kao i kod propisa EUROCODE (poglavlje 7.3.4.1).

Smjer djelovanja potresa

U listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloga, može se zadati proizvoljan broj smjerova mogućeg djelovanja potresa. Novi smjer se ubacuje u listu izborom gumba “ Dodaj”, dok se selektirani smjer pomoću gumba “ Briši” uklanja iz liste. Podaci koji se mogu pridružiti smjeru djelovanja potresa imaju sljedeće značenje:

Naziv - u ovom stupcu se smjeru djelovanja potresa može pridružiti proizvoljan naziv

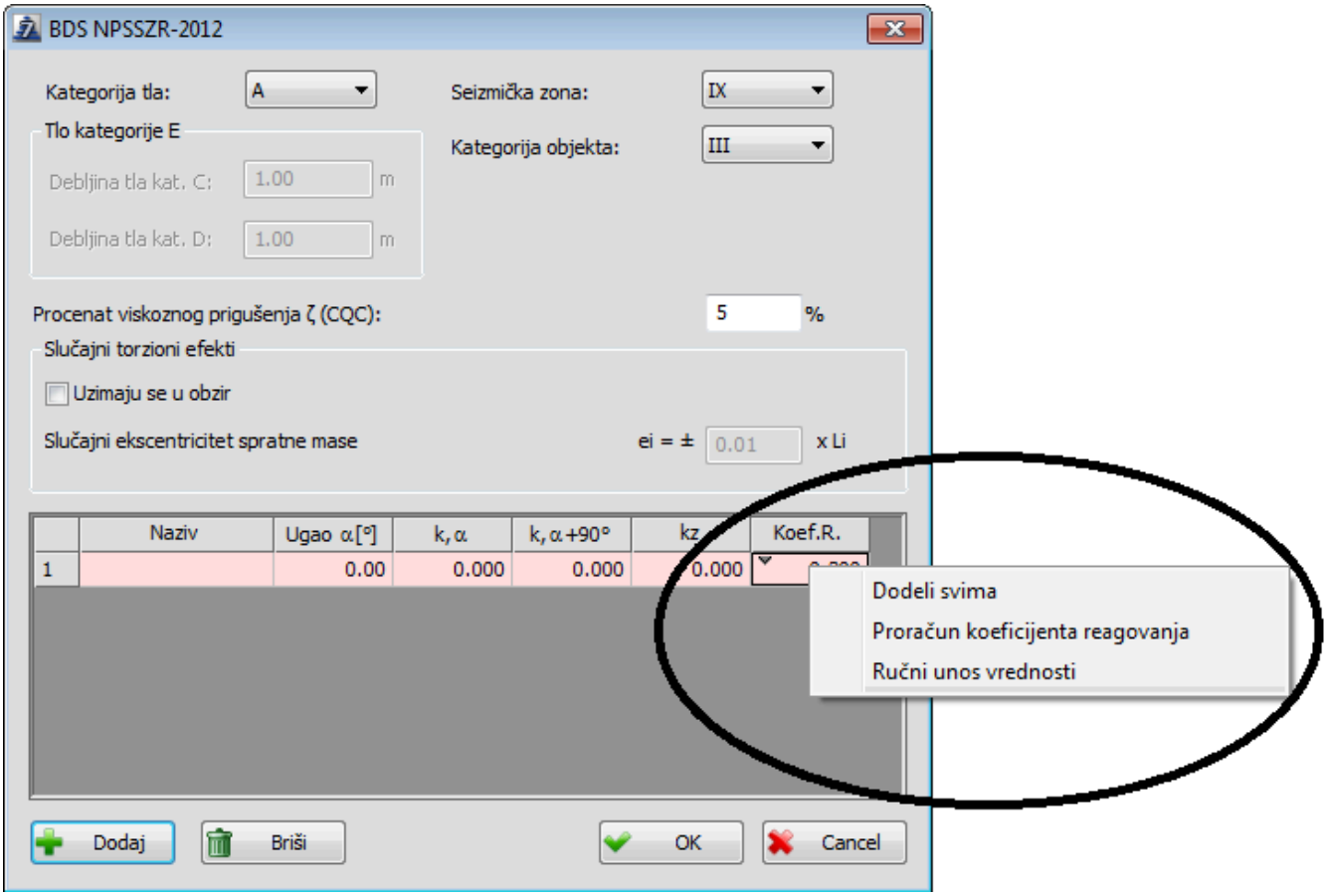
Kut α[°] - u ovom stupcu se zadaje smjer djelovanja potresa, i to unošenjem kuta koji tvori s globalnom X osi (kutu od 0° odgovara pravac globalne X osi).

k,α - koeficijent djelovanja potresa u zadanom smjeru (trebao bi uvijek imati vrijednost 1.0) k,α+90° - koeficijent djelovanja potresa u smjeru koji je okomit na zadani smjer

Kz - koeficijent djelovanja potresa u smjeru globalne Z osi

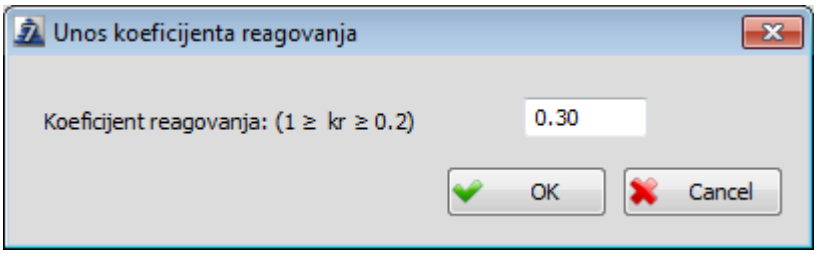
VAŽNO: Koeficijenti kx i ky, koji su u prethodnim verzijama programa Tower omogućavali zadavanje smjera potresnog djelovanja, ukinuti su i zamijenjeni koeficijentima k,α i k,α+90° relativnim u odnosu na smjer potresa.

U stupcu “Koef.R.” se zadaje koeficijent reagiranja za svaki smjer djelovanja potresa posebno. Desnim klikom preko neke ćelije u ovom stupcu, otvara se padajući izbornik s opcijama: “Dodijeli svima”, “Proračun koeficijenta reagiranja” i “Ručni unos vrijednosti”.



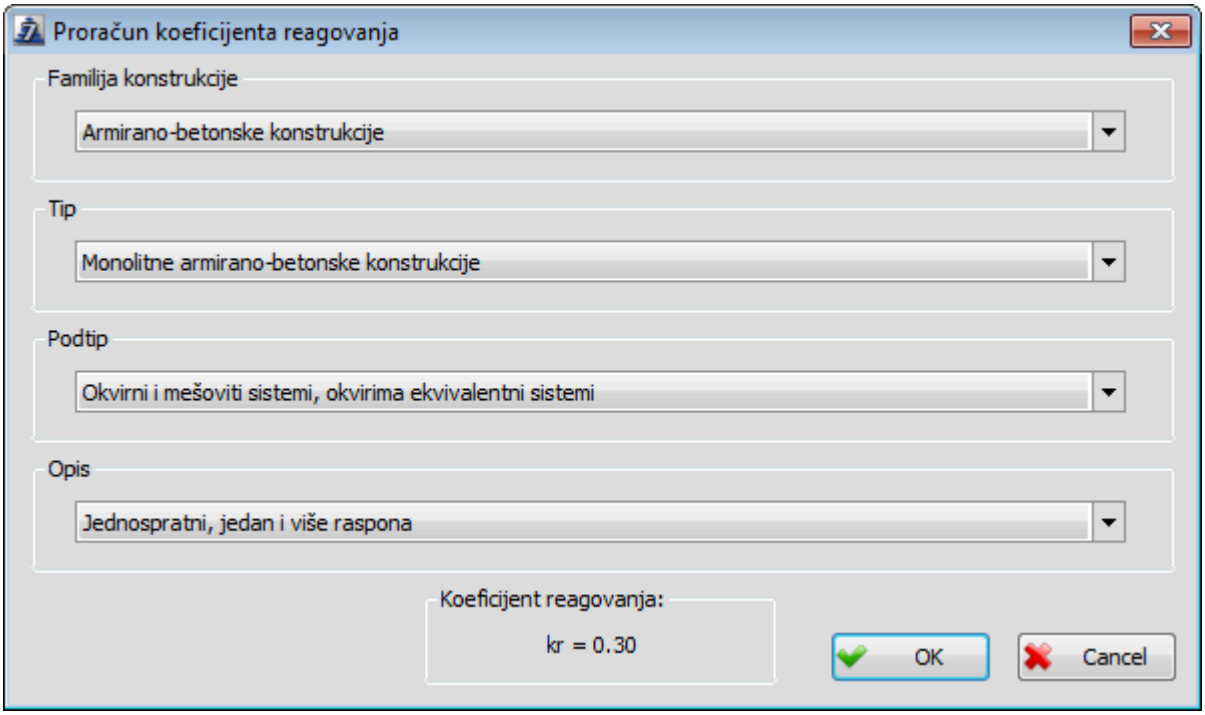
Lista iz koje se bira način zadavanja koeficijenta reagiranja,

Izborom opcije “Ručni unos vrijednosti” otvara se novi dijalog sljedećeg izgleda:



U prikazanom polju za upis se unosi željena vrijednost koeficijenta reagiranja. Aktiviranjem gumba “OK” dijalog se zatvara, a unesena vrijednost dodjeljuje danom smjeru potresa i prikazuje u stupcu “Koef.R.”.

Izborom opcije “Proračun koeficijenta reagiranja” otvara se dijalog, u kojem se izborom niza karakteristika konstrukcije određuje vrijednost koeficijenta reagiranja.

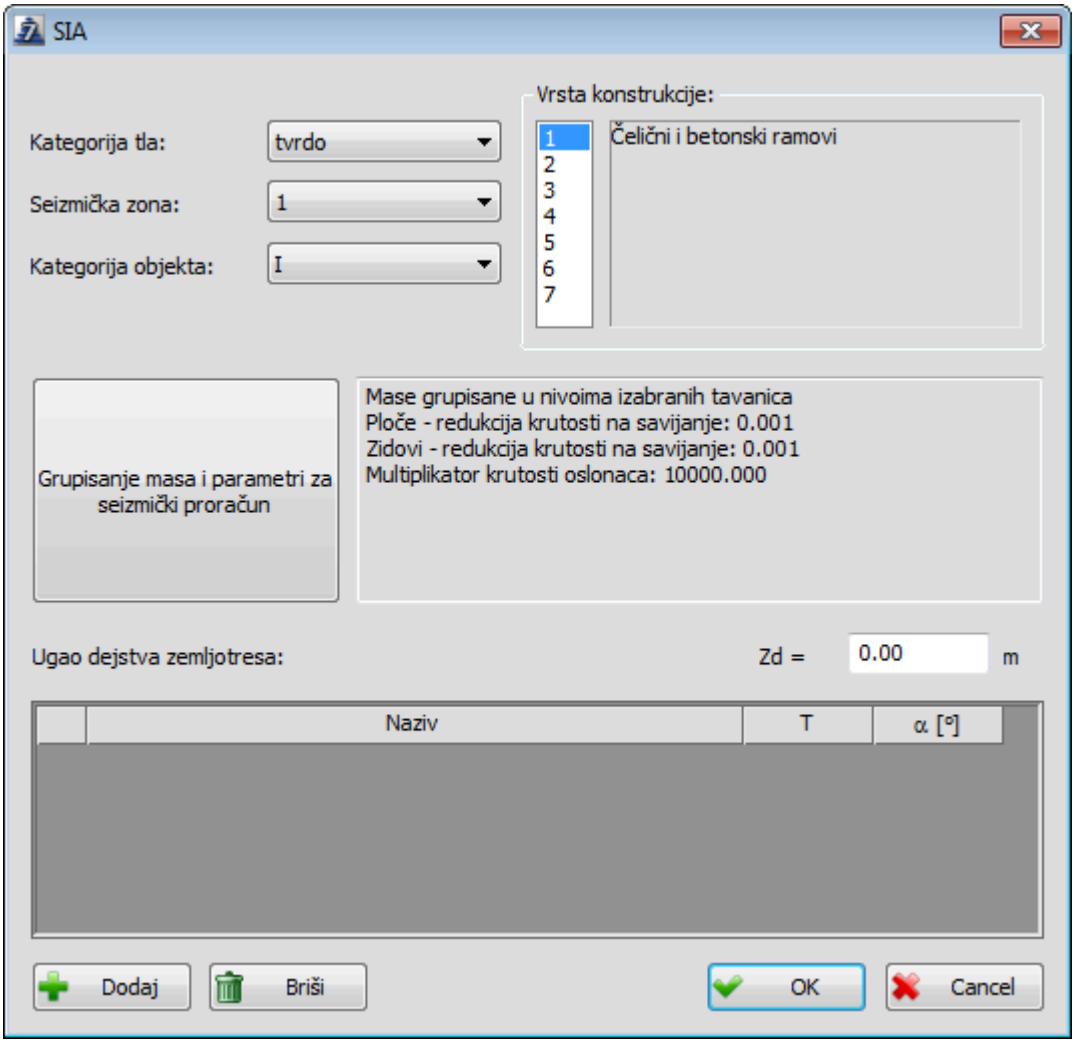


Izborom opcije “Dodijeli svima”, vrijednost koeficijenta reagiranja koja je zadana tom smjeru djelovanja potresa se dodjeljuje svim ostalim smjerovima u listi. Ako je vrijednost koeficijenta reagiranja dobivena proračunom, svim smjerovima će se dodijeliti i podaci zadani pri ovom proračunu. To praktično znači da će se program ponašati kao da je proračun faktora reagiranja izvršen za svaki od njih posebno.

Aktiviranjem gumba “OK”, započet će proračun konstrukcije u kojem će sada pored svih zadanih osnovnih slučajeva opterećenja, biti dodano još onoliko slučajeva opterećenja koliko ste i zadali smjerova u kojima djeluje potres.

7.3.4.7 Švicarski propisi (SIA)

Kako se ovaj standard bazira na metodi ekvivalentnih statičkih sila, to za njega nije potrebno prethodno provesti modalnu analizu. Izborom ovog standarda, otvara se dijaloški okvir sljedećeg izgleda.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun po švicarskim propisima (SIA)

Ukupna seizmička sila se proračunava prema sljedećoj formuli:

S = Ck x Sk(T) x G

U gornjem dijelu dijaloškog okvira, vrši se izbor kategorije tla, seizmičke zone, kategorije objekta i vrste konstrukcije, te će program na temelju tih podataka usvojiti odgovarajuće koeficijente koji se koriste u formuli za proračun ukupne seizmičke sile koja djeluje na objekt.

Koeficijent “Ck” se izračunava iz izraza “Ck = 0.65 / K”, pri čemu vrijednost koeficijenta “K” ovisi o kategoriji objekta i vrsti konstrukcije.

Vrsta konstrukcije	Kategorija objekta I	Kategorija objekta II	Kategorija objekta III
Vrsta konstrukcije 1	K = 2.5	K = 2.0	K = 1.4
Vrsta konstrukcije 2	K = 2.0	K = 1.7	K = 1.3
Vrsta konstrukcije 3	K = 1.7	K = 1.4	K = 1.2
Vrsta konstrukcije 4	K = 1.2	K = 1.1	K = 1.0
Vrsta konstrukcije 5		K = 2.5	K = 1.5
Vrsta konstrukcije 6		K = 2.2	K = 1.4
Vrsta konstrukcije 7		K = 1.0	K = 1.0

Kategorija objekta

	Karakteristike	Normirana oštećenja	Dokazi
I	- nema većih okupljanja ljudi - roba i oprema bez osobite vrijednosti - nema opasnosti za okolinu	- moguća veća oštećenja nosivog sustava, ali bez rušenja objekta	- nosivosti
II	- vjerojatna veća okupljanja ljudi - objekt s vrijednom opremom i robom - važna infrastrukturna funkcija objekta - veliki stupanj ugroženosti okoline	- srednja oštećenja	- nosivosti - u iznimnim slučajevima i uporabljivosti
III	- životno važna infrastrukturna funkcija - veliki stupanj ugroženosti okoline	- manja oštećenja bez ugrožavanja funkcionalnosti objekta	- nosivost - uporabljivost

Vrsta konstrukcije

1. Čelični i betonski okviri 2. Betonski noseći zidovi s armaturom, čelične konstrukcije 3. Drvene konstrukcije 4. Zidane konstrukcije bez armature 5. Gredni mostovi (ležajevi, nosači) 6. Lučni i prednapregnuti mostovi 7. Nepomični ležajevi mostova

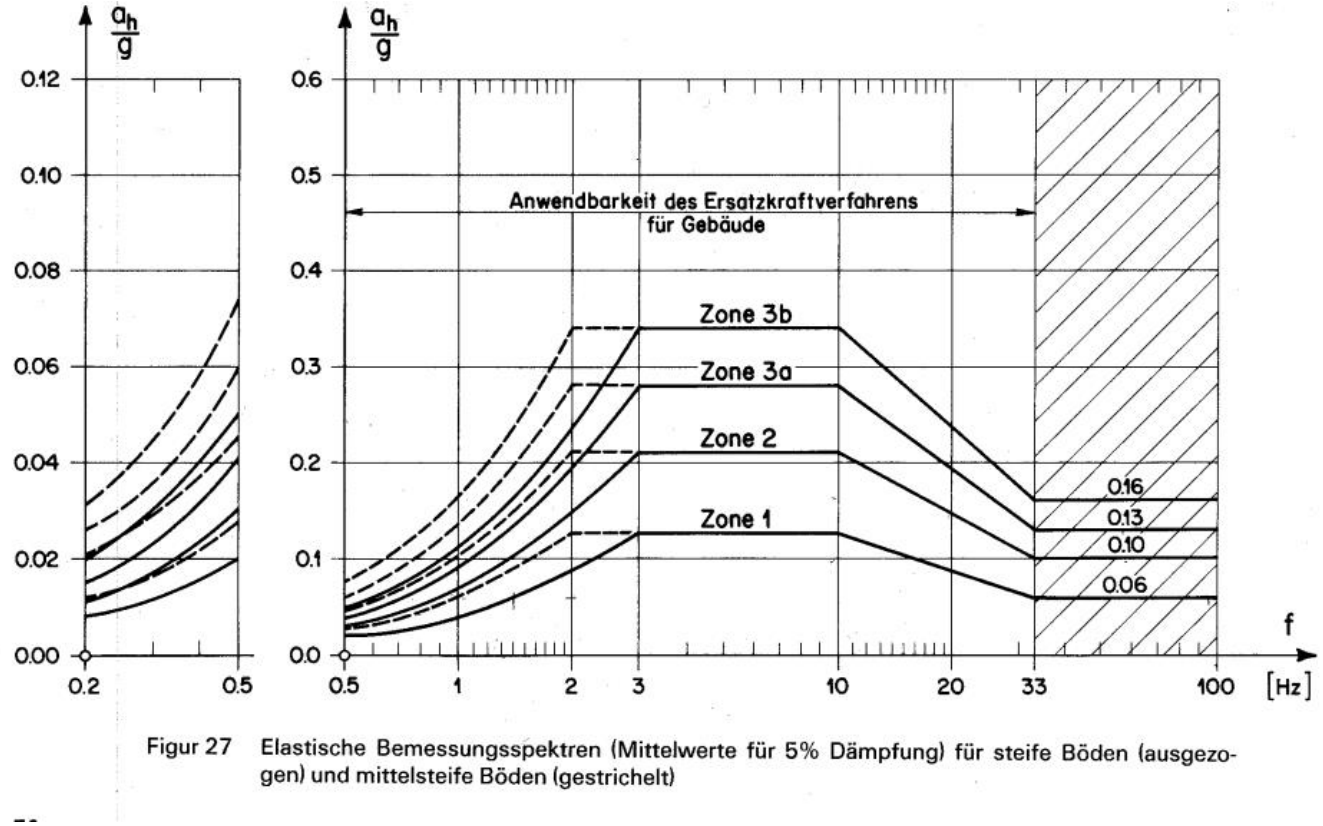
Na temelju odabrane seizmičke zone i kategorije tla, propisom je definirano osam oblika spektralne krivulje.

Seizmička zona

- seizmička zona 1 - seizmička zona 2 - seizmička zona 3a - seizmička zona 3b

Kategorija tla

- tvrdo tlo - srednje tvrdo tlo



Figur 27 Elastische Bemessungsspektren (Mittelwerte für 5% Dämpfung) für steife Böden (ausgezogen) und mittelsteife Böden (gestrichelt)

Spektralne krivulje prema švicarskim propisima

Vrijednost koeficijenta Sk(T) odgovara ordinati odgovarajuće spektralne krivulje za zadani period osciliranja konstrukcije.

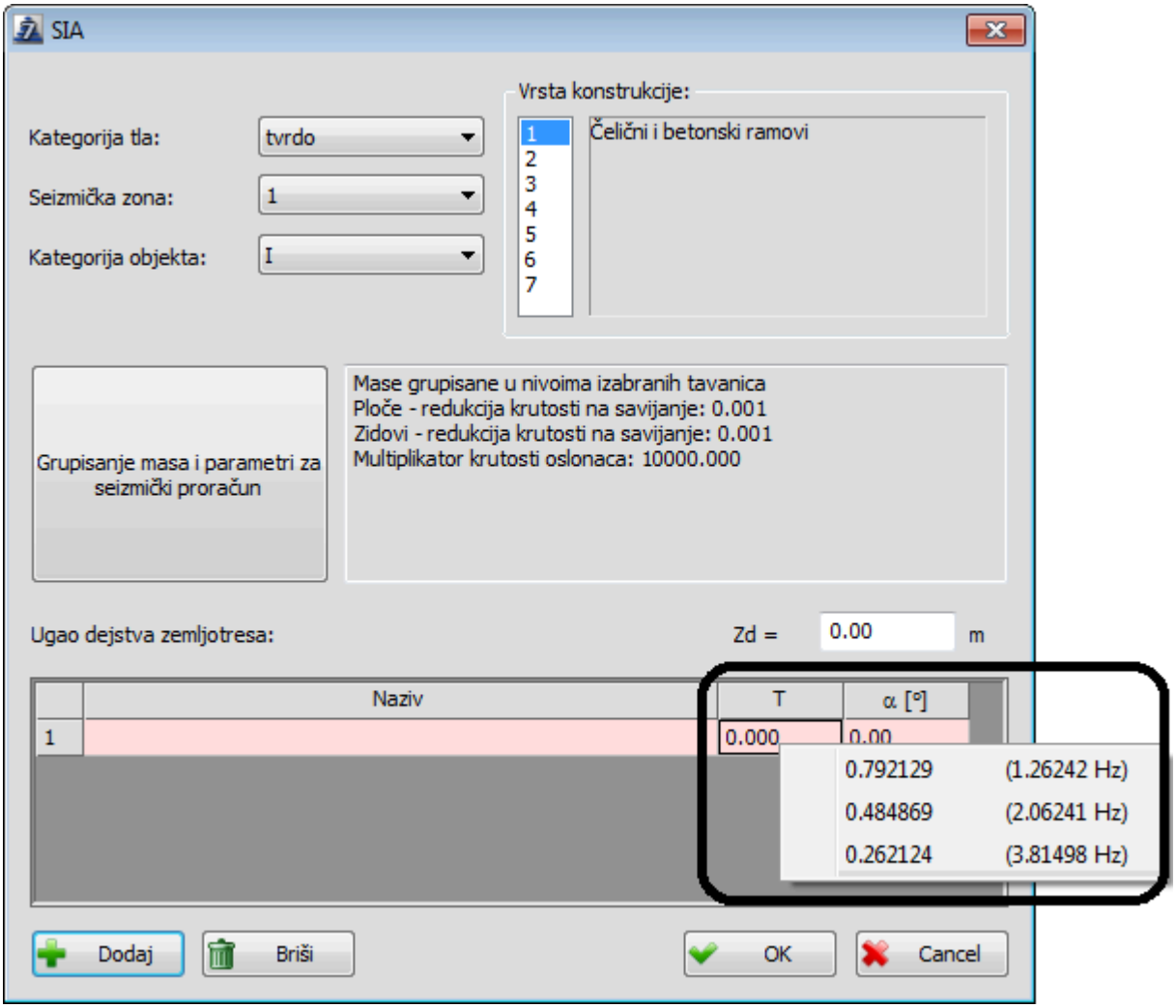
Kako se raspored seizmičkih sila po visini objekta vrši prema približnom obrascu:

$$Si = S \times (Gi \times Hi) / (\sum Gi \times Hi)$$

Si - seizmička horizontalna sila u i-toj masi Gi - težina i-te mase Hi -visina i-te mase od gornjeg ruba temelja to je potrebno u okviru za upis “Zd=” zadati visinsku kotu u odnosu na koju se računaju visine raspoređenih masa (program prema zadanim postavkama za ovu vrijednost usvaja visinsku koordinatu najniže postavljenog nivoa u objektu). Sve mase koje se nalaze ispod zadane visine svakako neće ući u proračun seizmičkih sila.

Smjer djelovanja potresa

U listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloškog okvira imate mogućnost da zadate proizvoljan broj smjerova mogućeg djelovanja potresa (ova lista radi na potpuno isti način kao i ostale liste u programu). Pored smjera potresa, koji se definira zadavanjem kuta u stupcu “α (°)” (kutu od 0° odgovara pravac globalne X osi), potrebno je u stupcu “T” zadati i period osciliranja konstrukcije za taj smjer, a u stupcu “Naziv” možete danom smjeru djelovanja potresa pridružiti i proizvoljan naziv. Ako ste prethodno proveli i modalnu analizu, tada će se na desni klik miša, kada je on u poziciji da pokazuje na stupac “T”, otvoriti i lista s proračunatim periodima osciliranja konstrukcije za sve zahtijevane oblike osciliranja.



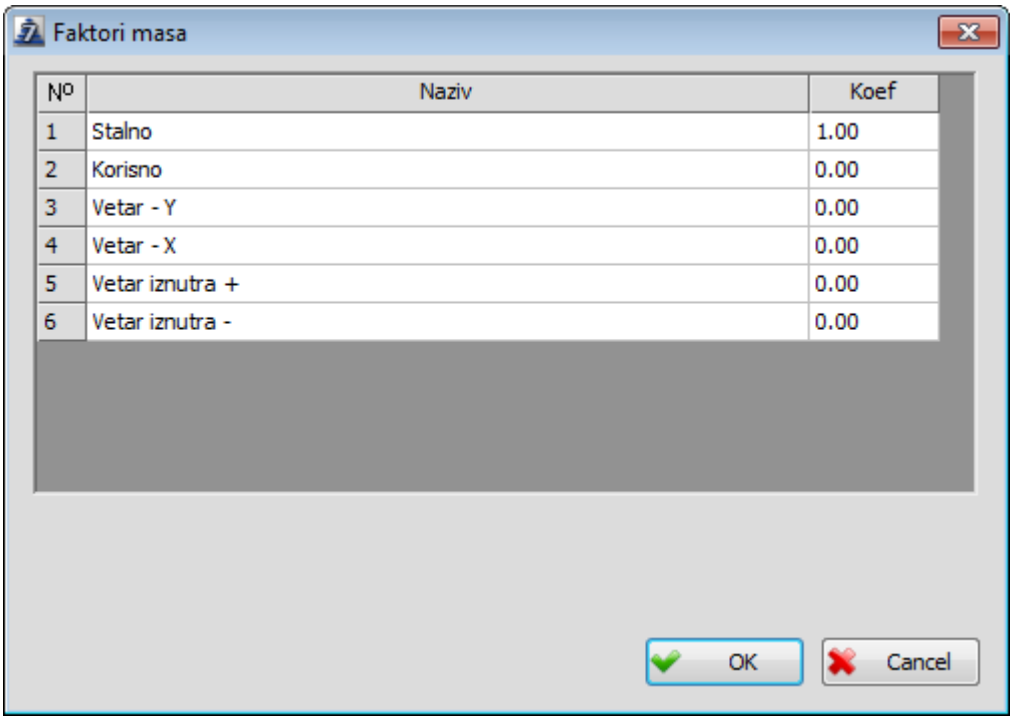
Klik na desni gumb miša u okviru stupca “T” otvara izbornik za izbor proračunatih perioda osciliranja.

Jednostavnim klikom miša u okviru željenog reda, ta numerička vrijednost će biti upisana u stupcu “T”. Ovdje kao veoma važnu stvar napominjemo da period osciliranja konstrukcije mora odgovarati obliku osciliranja u kojem je dominantna translatorna oscilacija u danom smjeru, i ako ima više oblika osciliranja u kojima je dominantan pomak u tom smjeru, tada od svih tih vrijednosti treba za period osciliranja odabrati najveću (utjecaj prvog oblika osciliranja za dani smjer).

U uvodnom dijelu ovog dijela uputstva, rekli smo da se metoda ekvivalentnog statičkog opterećenja može primijeniti i bez prethodno izvršene modalne analize. Zbog toga je predviđena mogućnost zadavanja potpuno proizvoljne vrijednosti u stupcu “T”. Ovakav način seizmičkog proračuna ima više primjena. Prvi i osnovni je kod izuzetno velikih konstrukcija. Tada imate mogućnost da prvo napravite jednostavniji model koji će dovoljno dobro opisati ponašanje konstrukcije u modalnoj analizi, i da tako izračunate periode osciliranja, unesete kao ulazni podatak za proračun ekvivalentnih seizmičkih sila na stvarnom modelu. Svakako da ovaj način ne preporučujemo, ali je činjenica da i ovaj postupak daje rješenje, koje za mnoge objekte može biti zadovoljavajuće.

Aktiviranjem gumba “OK”, započet će proračun konstrukcije u kojem će sada pored svih zadanih osnovnih slučajeva opterećenja, biti dodano još onoliko slučajeva opterećenja koliko ste i zadali smjerova u kojima djeluje potres.

U slučaju da prethodno nije provedena modalna analiza, programu će nedostajati podaci o težini objekta, na temelju koje se proračunavaju seizmičke sile. U takvim slučajevima, aktiviranjem gumba “OK”, neće odmah započeti seizmički proračun, već će program otvoriti još jedan dijaloški okvir, u kojem je sada potrebno odrediti način na koji će biti izvršen proračun težine objekta.

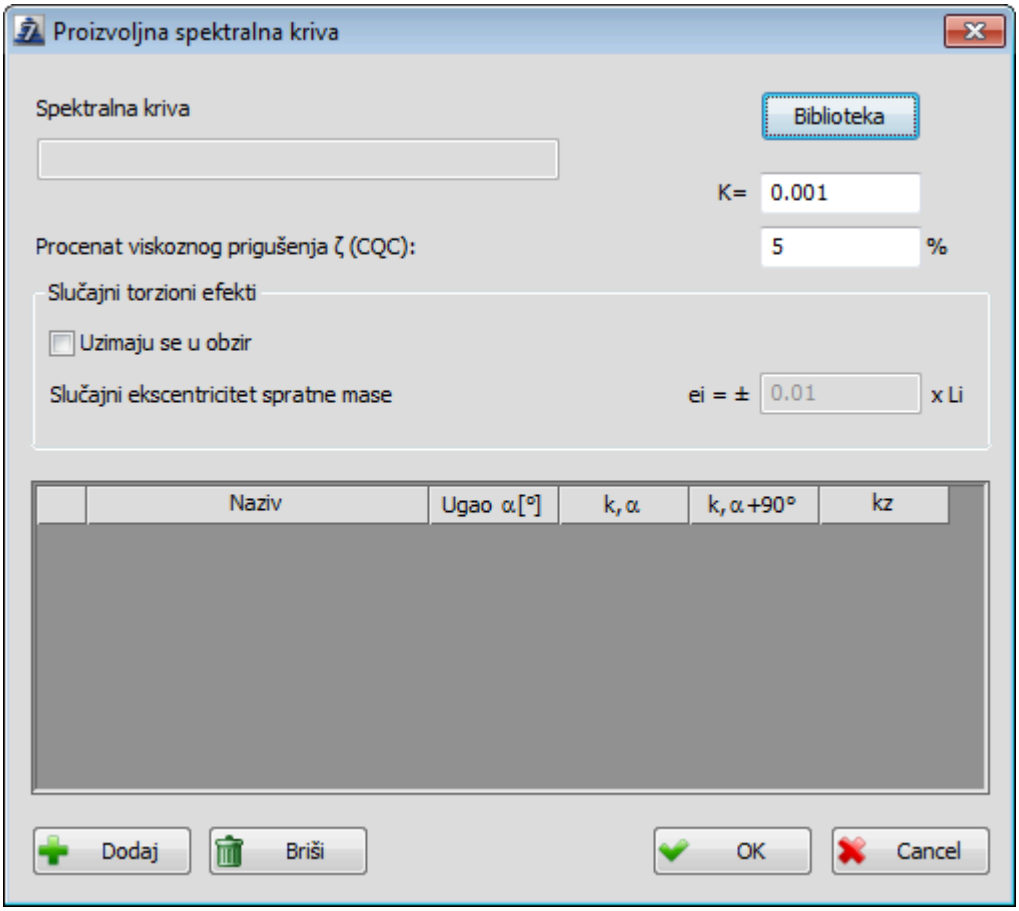


Izgled dijaloškog okvira za definiranje težine objekta

U listi koja se nalazi u gornjem dijelu dijaloškog okvira, nalazi se onoliko redova koliko ima i osnovnih slučajeva opterećenja. Sada je potrebno u stupcu “Koef.” zadati multiplikator, kojim će se množiti sva zadana opterećenja u okviru danog osnovnog slučaja opterećenja pri proračunu težine objekta. Na ovaj način imate mogućnost da se prilagodite propisu koji točno definira koja opterećenja treba uzeti u obzir pri proračunu težine objekta. Aktiviranjem gumba “OK”, započet će seizmički proračun.

7.3.4.8 Proizvoljna spektralna krivulja

Pored svih prethodno opisanih mogućnosti seizmičkog proračuna po određenim standardima, program dopušta i opciju kreiranja proizvoljne spektralne krivulje. Pomoću ove opcije imate mogućnost da sami definirate spektralnu krivulju i tako provedete seizmički proračun prema proizvoljnom standardu. Ovakav način seizmičkog proračuna se zasniva na multimodalnoj analizi.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun, kreiranjem proizvoljne spektralne krivulje

U listi koja se nalazi u donjem dijelu dijaloga, može se zadati proizvoljan broj smjerova mogućeg djelovanja potresa. Novi smjer se ubacuje u listu izborom gumba “Dodaj”, dok se selektirani smjer pomoću gumba “Briši” uklanja iz liste. Podaci koji se mogu pridružiti smjeru djelovanja potresa imaju sljedeće značenje:

Naziv - u ovom stupcu se smjeru djelovanja potresa može pridružiti proizvoljan naziv

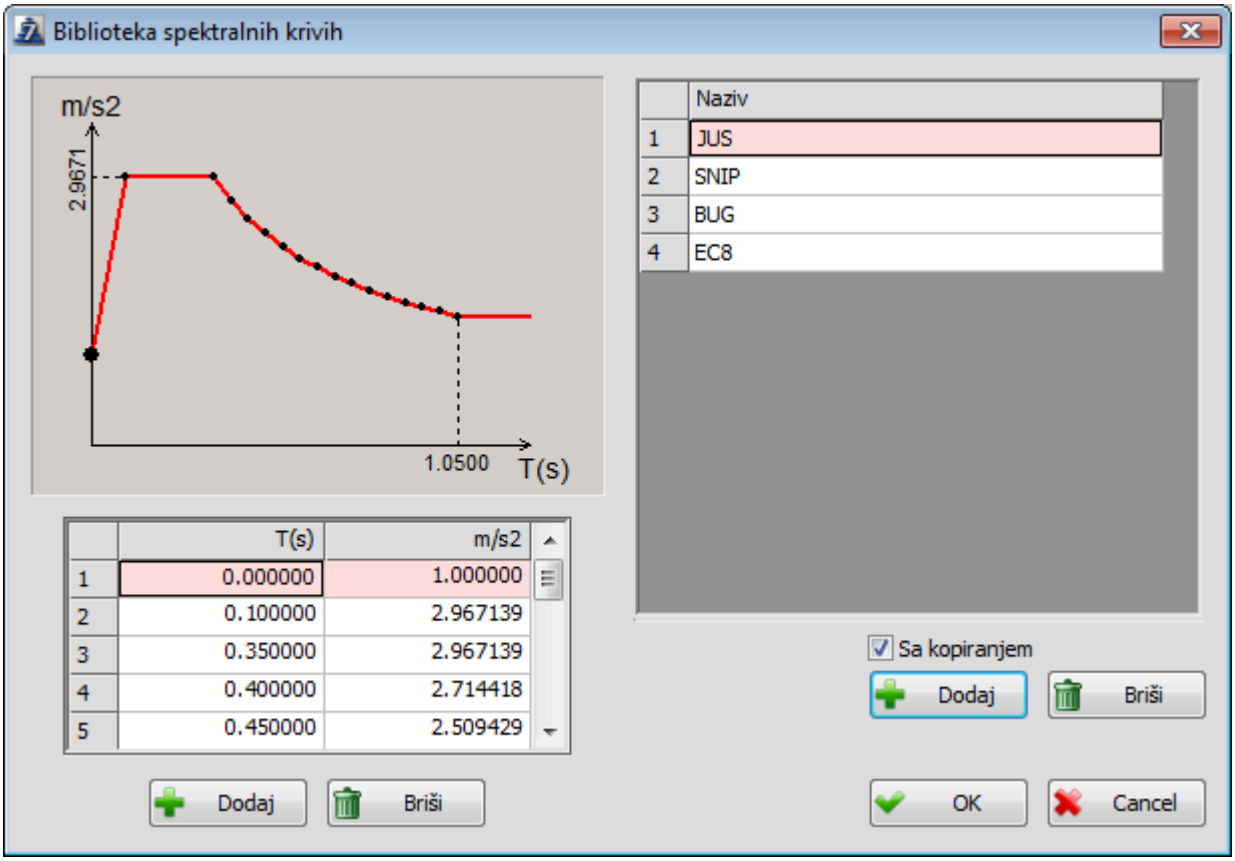
Kut α[°] - u ovom stupcu se zadaje smjer djelovanja potresa, i to unošenjem kuta koji tvori s globalnom X osi (kutu od 0° odgovara pravac globalne X osi).

k,α - koeficijent djelovanja potresa u zadanom smjeru (trebao bi uvijek imati vrijednost 1.0) k,α+90° - koeficijent djelovanja potresa u smjeru koji je okomit na zadani smjer

Kz - koeficijent djelovanja potresa u smjeru globalne Z osi

VAŽNO: Koeficijenti kx i ky, koji su u prethodnim verzijama programa Tower omogućavali zadavanje smjera potresnog djelovanja, ukinuti su i zamijenjeni koeficijentima k,α i k,α+90° relativnim u odnosu na smjer potresa.

Izborom gumba “Biblioteka” ulazi se u postupak definiranja nove, ili izbor neke od ranije kreiranih spektralnih krivulja.

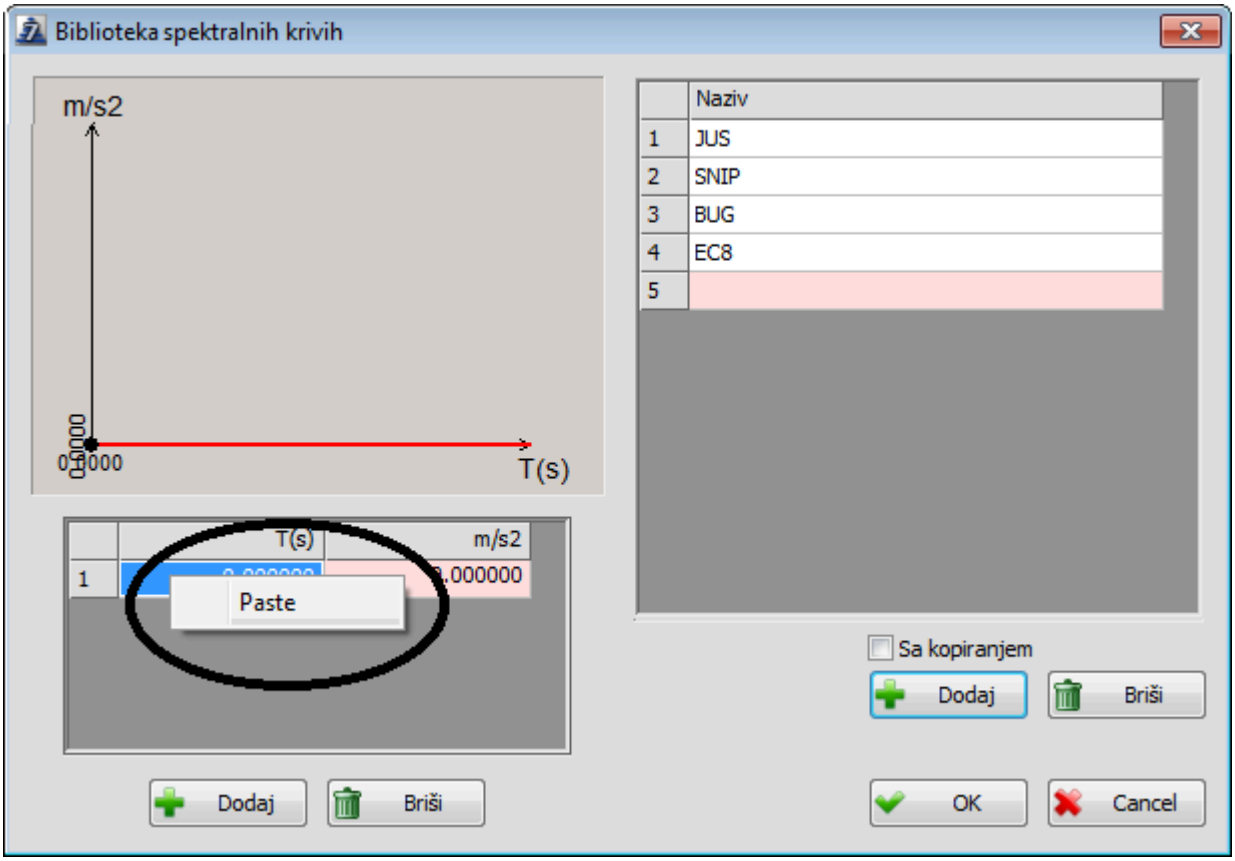


Izgled dijaloškog okvira za definiranje proizvoljne spektralne krivulje

U desnom dijelu ovog dijaloškog okvira, nalazi se lista sa svim do tada kreiranim spektralnim krivuljama, a s njene lijeve strane grafička interpretacija trenutačno aktivne krivulje iz liste. Svaka spektralna krivulja je određena svojim nazivom i nizom ordinata u odabranom intervalu perioda osciliranja. Pomoću gumba “Dodaj” i “Briši”, koji se nalaze ispod ove liste, možete uređivati svoju bazu spektralnih krivulja. Uloga potvrdnog okvira “S kopiranjem” je potpuno ista kao i u ostalim naredbama u programu, odnosno postavljanjem ovog potvrdnog okvira na uključeno stanje imate mogućnost napraviti kopiju spektralne krivulje koja je bila trenutačno aktivna neposredno prije aktiviranja gumba “Dodaj”.

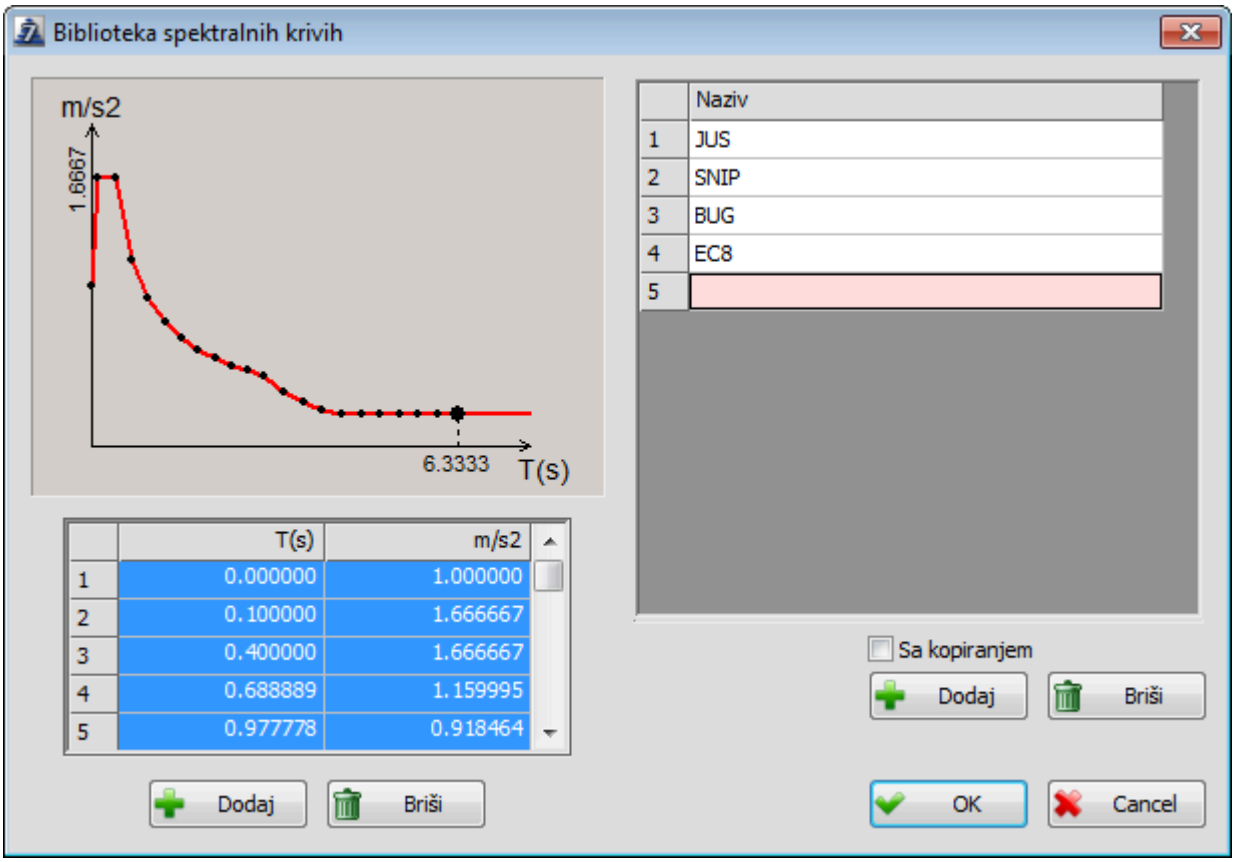
U donjem lijevom kutu dijaloškog okvira, nalazi se lista u kojoj se definira sam izgled krivulje. Njen izgled se definira zadavanjem vrijednosti ordinata (podatak u stupcu “m/s2”) za proizvoljno odabrani broj točaka na apscisi, koja predstavlja period osciliranja konstrukcije (podatak u stupcu “T (s)”). Pomoću gumba “Dodaj” i “Briši” dodajete, odnosno uklanjate par podataka koji definira oblik spektralne krivulje. Kako je veza između dvije susjedne točke linearna, to na zaobljenim dijelovima spektra morate definirati ordinate u više međutočaka, dok je na ravnim dijelovima dovoljno definirati ordinate samo na početku i kraju.

Korisniku je omogućeno da unese podatke u donju tablicu u kojoj se definira izgled krivulje, jednostavnim ubacivanjem u tablicu podataka koji su prethodno kopirani u clipboard iz nekih drugih tablica. Potrebno je naglasiti da se ubacivanje u listu ne vrši izborom tipke “Ctrl+V”, nego izborom odgovarajuće naredbe u izborniku koji se otvara na desni klik miša na ćeliju u tablici. Nakon kopiranja podataka u clipboard, potrebno je dodati novi red u tablicu, a zatim umjesto ručnog unosa podataka u stupcima, dovoljno je iz izbornika koji se otvara na desni klik miša preko ćelije novoubačenog reda izabrati naredbu “Paste”. Na ovaj način će se svi iskopirani podaci ubaciti u odgovarajuće ćelije.



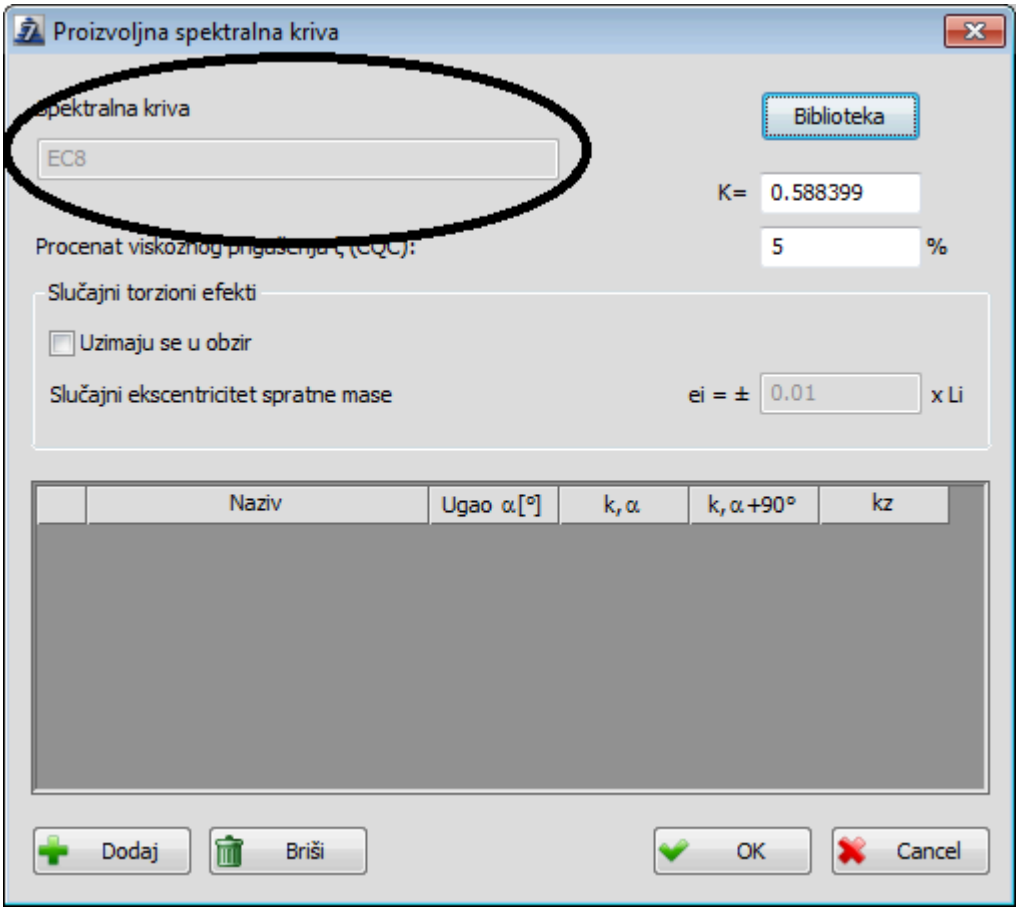
Naredba čijim će izborom svi kopirani podaci biti ubačeni u odgovarajuće ćelije

Ako se ubacuje više kopiranih redova, program će automatski dodati nove redove u tablicu i izvršiti njihovo sortiranje.



U tablicu su ubačeni iskopirani podaci

Izborom gumba “OK” program će se vratiti u osnovni dijaloški okvir i preuzeti sve definirane podatke za odabranu spektralnu krivulju iz baze.



Dio dijaloškog okvira rezerviran za naziv odabrane spektralne krivulje

U okviru za upis “K=”, potrebno je zadati vrijednost koeficijenta s kojim će biti linearno pomnožene vrijednosti ordinata na definiranoj spektralnoj krivulji. Znači, vrijednost ovog koeficijenta predstavlja umnožak svih koeficijenata koji su određeni danim standardom ovisno o seizmičkoj zoni, kategoriji objekta itd.

Postotak viskoznog prigušenja ζ (CQC) Postotak viskoznog prigušenja je ulazni podatak za CQC statističku metodu kombiniranja. Ako se unese vrijednost 0, CQC postaje ekvivalentna SRSS metodi kombiniranja.

Slučajni torzijski efekti - i za ovaj propis je omogućeno uzimanje u obzir slučajnih torzijskih učinaka pri seizmičkom proračunu. Značenje svih parametara u ovom dijelu dijaloga je isto kao i kod propisa EUROCODE (poglavlje 7.3.4.1).

Smjer djelovanja potresa

I za ovaj propis je omogućeno zadavanje proizvoljnog smjera djelovanja potresa, unošenjem kuta koji on tvori s X osi u stupcu “Kut α[°]” tablice. Svi ostali stupci imaju isto značenje kao istoimeni stupci u dijalogu propisa EUROCODE (poglavlje 7.3.4.1).

Aktiviranjem gumba “OK”, započet će proračun konstrukcije u kojem će sada pored svih zadanih osnovnih slučajeva opterećenja, biti dodano još onoliko slučajeva opterećenja koliko ste i zadali smjerova u kojima djeluje potres.

7.3.4.9 Direktna dinamička analiza

Ovim postupkom se određuje odgovor konstrukcije na djelovanje prisilnih oscilacija. Zapis nekog realnog potresa može biti upotrebljen kao izvor za prisilne oscilacije za koje se želi dobiti odgovor konstrukcije. Zbog proizvoljne prirode prisilnih oscilacija, za rješavanje diferencijalnih jednadžbi kretanja koriste se numerički postupci. Odgovor konstrukcije se dobiva superpozicijom djelovanja svih impulsa sila koje na model djeluju tijekom vremena.

Jednadžba kretanja dana je Duhamelovim integralom, a njegov oblik za homogene početne uvjete je:

$$x(t) = \frac{1}{m\omega_d}\int_0^{\tau} P(\tau)e^{-\zeta\omega(t-\tau)}sin\omega_d(t-\tau)d\tau$$

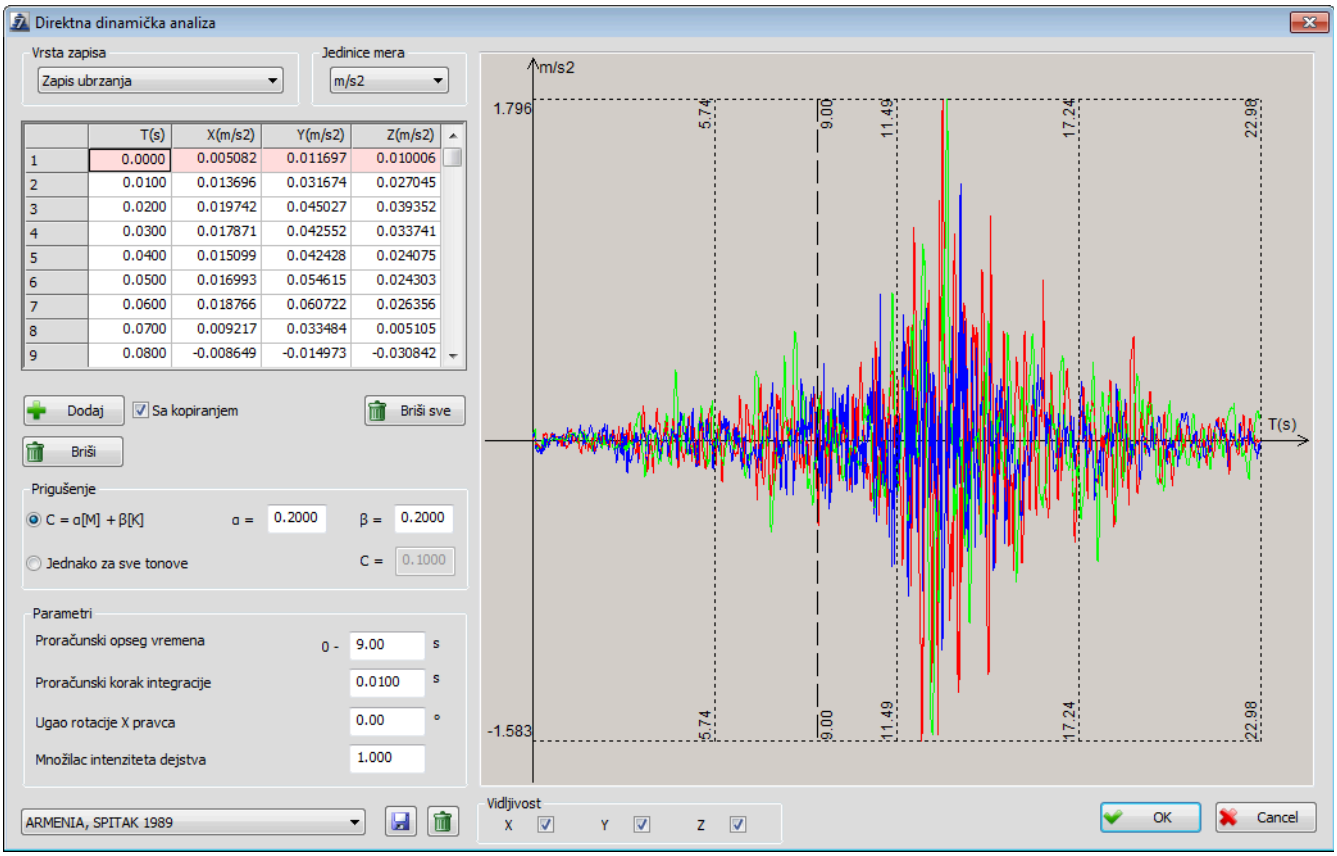
gdje su:

ζ - prigušenje

P(τ) - funkcija promjene opterećenja u funkciji vremena

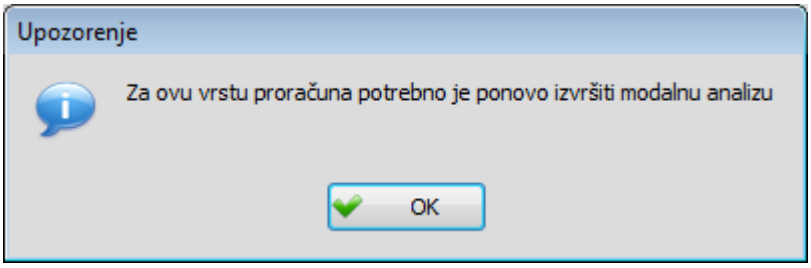
Za dimenzioniranje konstrukcije izložene ovakvom tipu dinamičkog djelovanja potrebne su ekstremne vrijednosti odgovora konstrukcije.

Izborom direktne dinamičke analize iz padajućeg popisa, iz kojeg se vrši izbor seizmičkog proračuna, otvara se dijalog sljedećeg izgleda:

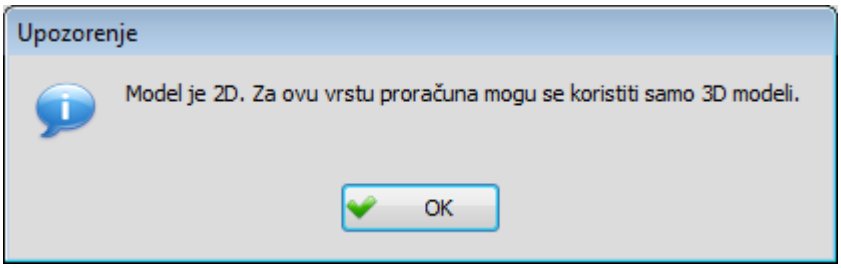


Izgled dijaloga za definiranje parametara direktne dinamičke analize

S obzirom na to da se za ranije proračunate modele s modalnom analizom nisu pamtili svi podaci potrebni za direktnu dinamičku analizu, potrebno je izvršiti ponovni proračun modalne analize i u tom slučaju program će pri pokretanju direktne dinamičke analize izdati odgovarajuće upozorenje:



Potrebno je naglasiti da se direktna dinamička analiza može provesti samo za 3D modele, a program će pri pokretanju direktne dinamičke analize za 2D modele izdati odgovarajuće upozorenje:

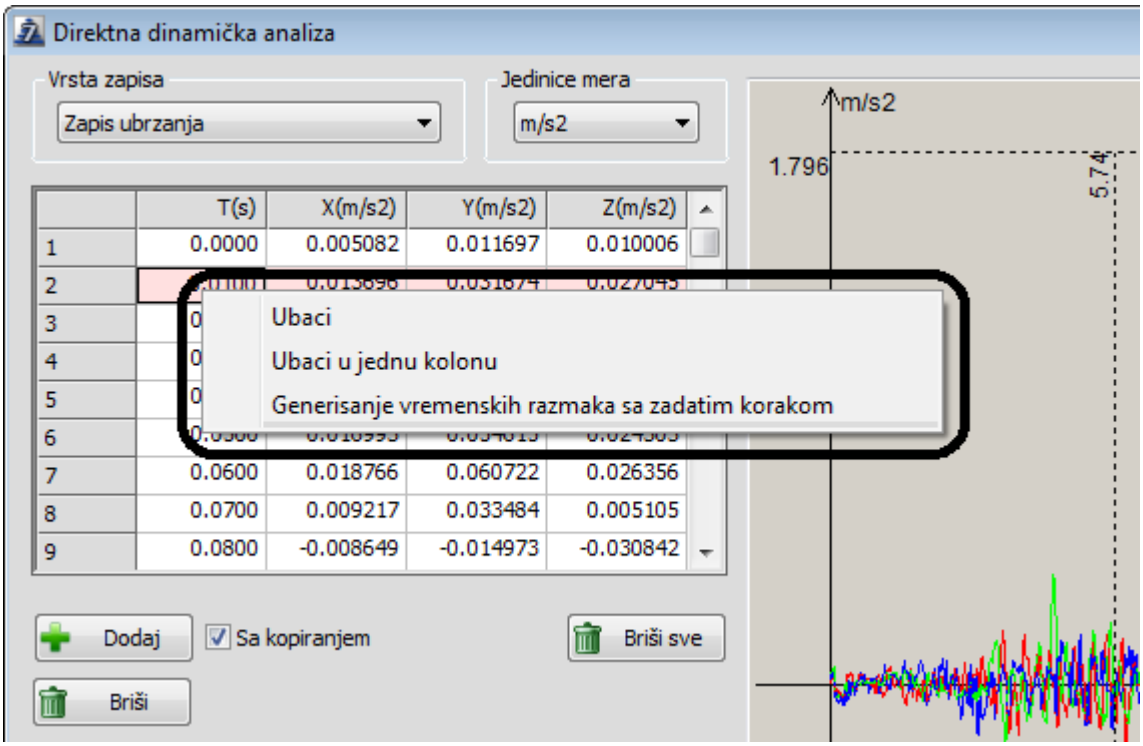


Vrsta zapisa Padajući popis iz kojeg se bira vrsta zapisa potresa: Zapis ubrzanja - u tablicu će se unositi vrijednosti ubrzanja tla. Zapis pomaka - u tablicu će se unositi vrijednosti pomaka tla.

Jedinice mjera Padajući popis iz kojeg se biraju jedinice mjera za odgovarajuću vrstu zapisa potresa.

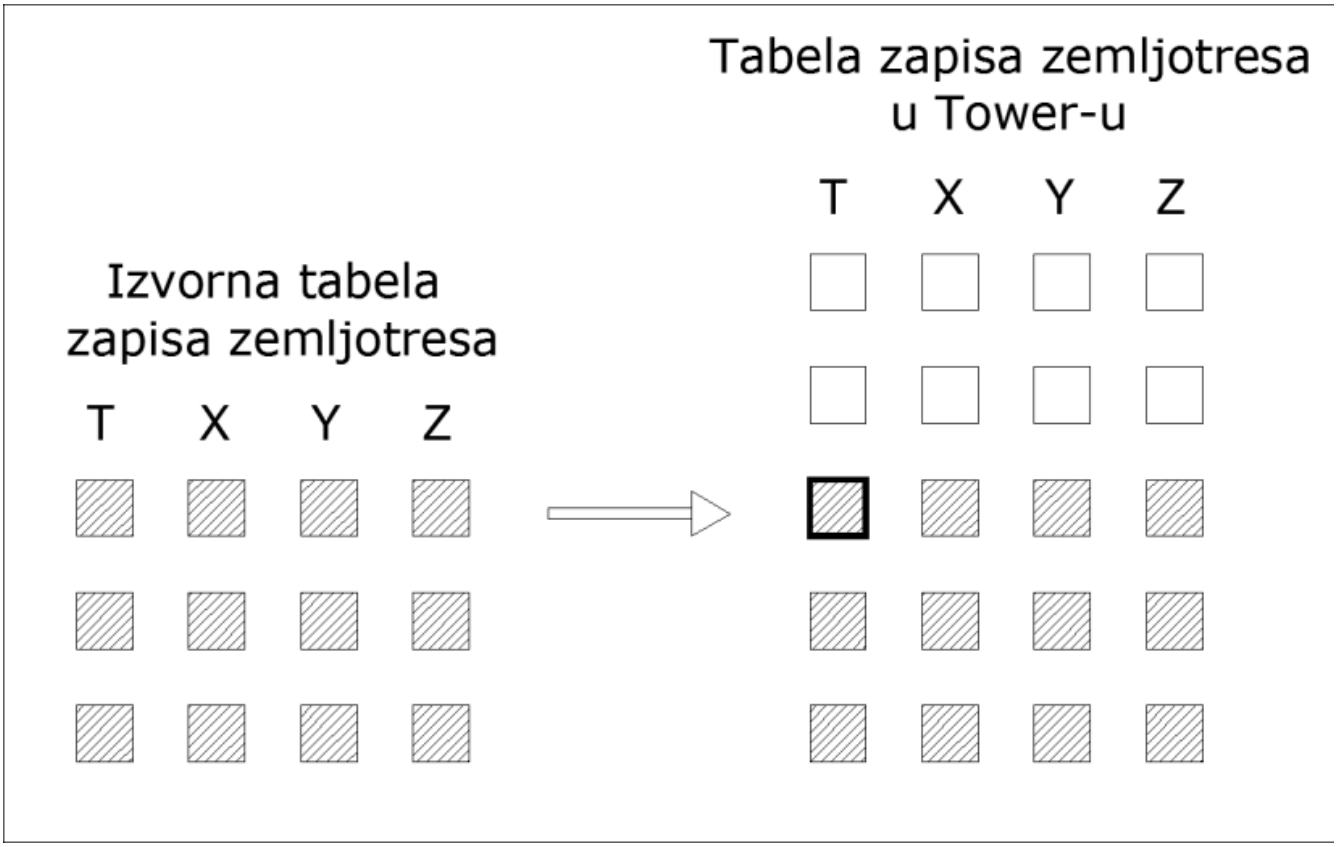
Ispod ove liste nalazi se tablica u kojoj se definira zapis potresa. Ovisno o izabranoj vrsti zapisa, u tablicu će se unositi zapis ubrzanja ili zapis pomaka.

T(s) Stupac u koji korisnik unosi vremenske trenutke zapisa potresa. Radi lakšeg rada s programom, omogućeno je da se u tablicu ubaci sadržaj iskopiran iz neke druge tablice, čime se znatno ubrzava unos podataka. Desnim klikom miša na ćeliju u ovom stupcu otvara se izbornik s opcijama “Ubaci” i “Ubaci u jednu kolonu”.

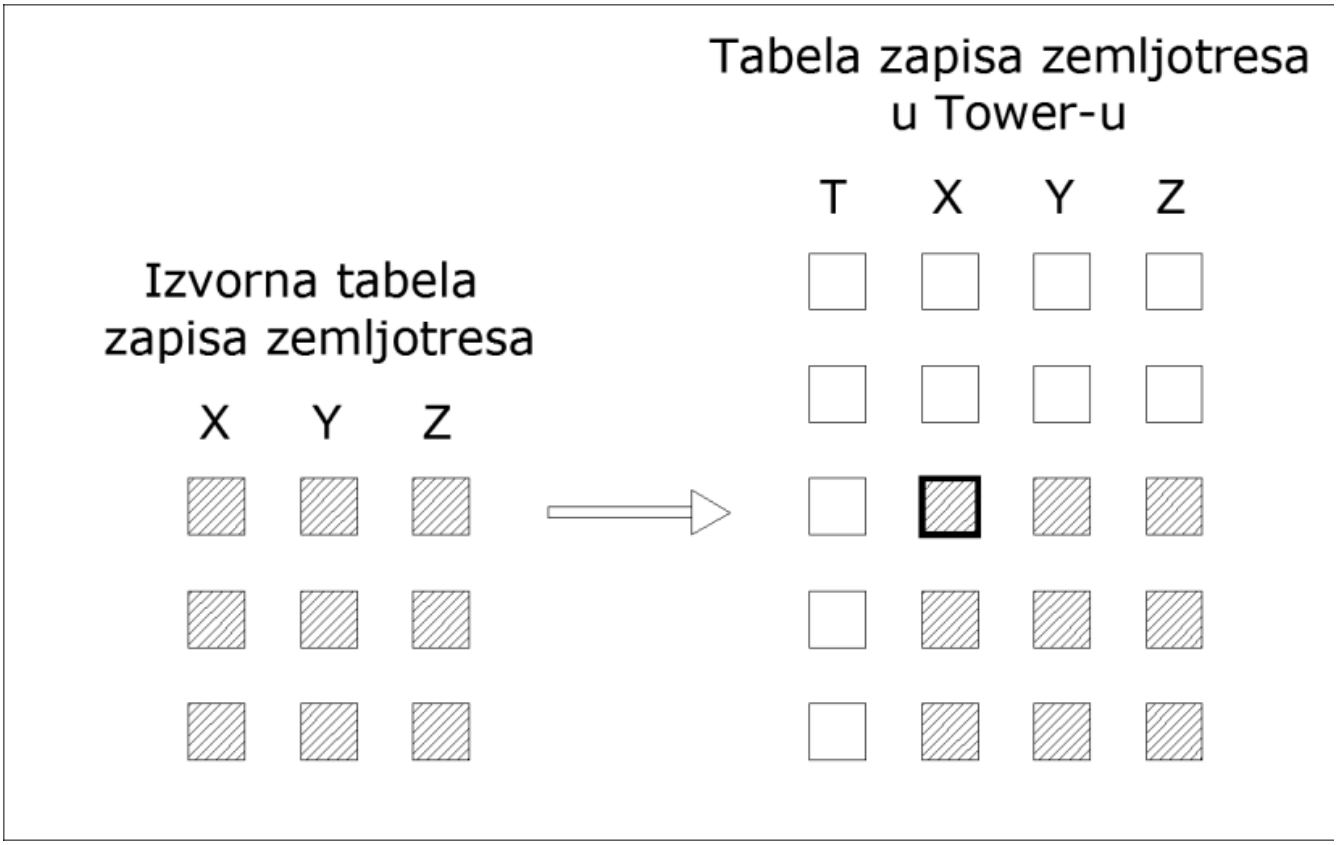


Izbornik koji se otvara na desni klik miša preko ćelije

U slučaju da je iskopiran jedan podatak, aktiviranjem opcije “Ubaci” iskopirani sadržaj će biti ubačen u selektiranu ćeliju. S obzirom na to da je u tablicu potrebno ubaciti veći broj podataka, iz izvorne tablice zapisa potresa treba iskopirati sve podatke, a zatim aktivirati opciju “Ubaci”. Na ovaj način će svi iskopirani podaci biti ubačeni po horizontali u tablicu zapisa potresa, počevši od trenutno selektirane ćelije:

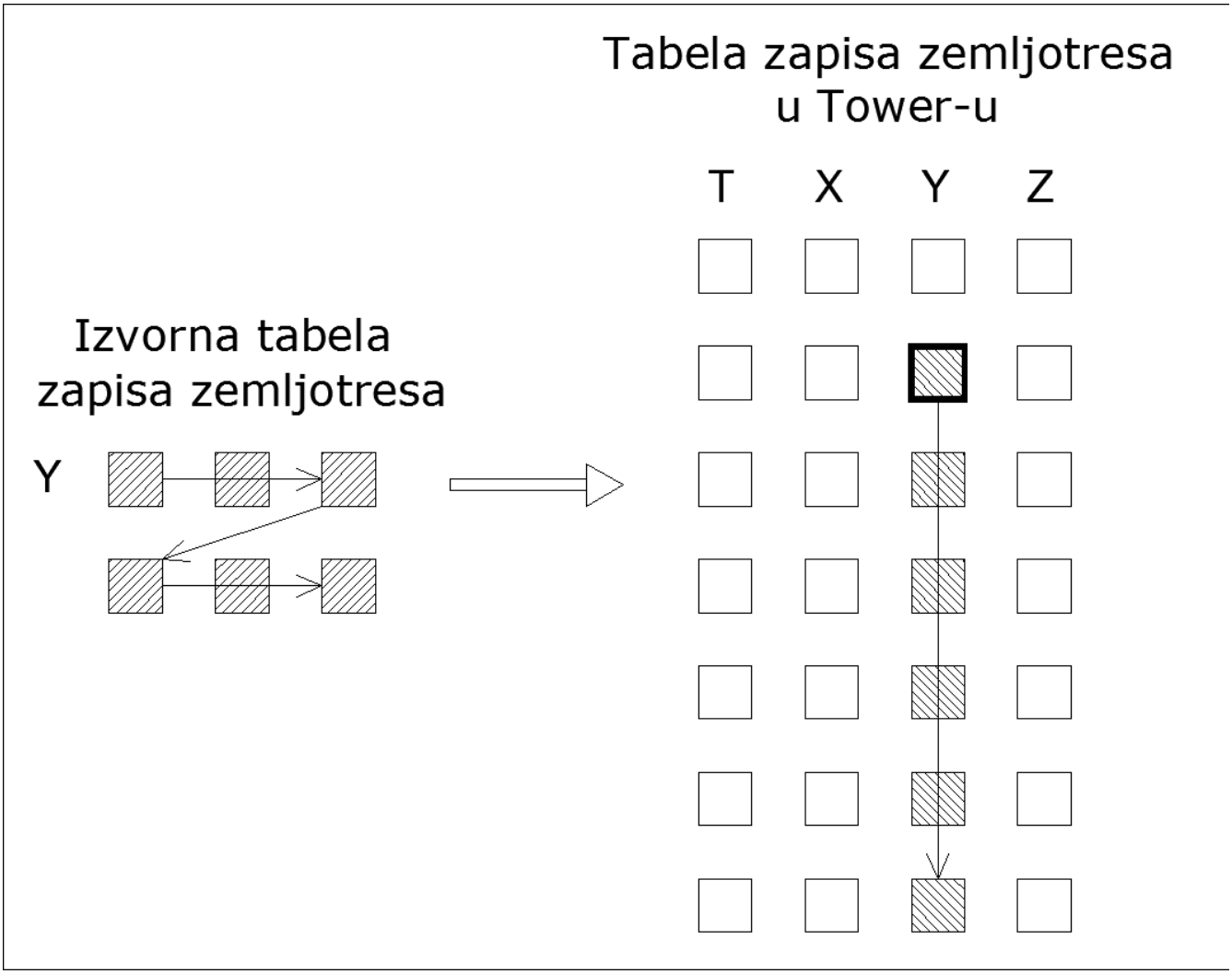


Shematski prikaz ubacivanja kopiranih podataka u tablicu pomoću opcije “Ubaci” počevši od trenutno selektirane ćelije



Shematski prikaz ubacivanja kopiranih podataka u tablicu pomoću opcije “Ubaci” počevši od trenutno selektirane ćelije

Ako je potrebno ubaciti veći broj podataka u jedan stupac, treba iskopirati sve podatke iz izvorne tablice zapisa potresa, a potom aktivirati opciju “Ubaci u jednu kolonu”, čime će se svaki podatak ubaciti u novu ćeliju ovog stupca, počevši od trenutno selektirane ćelije:

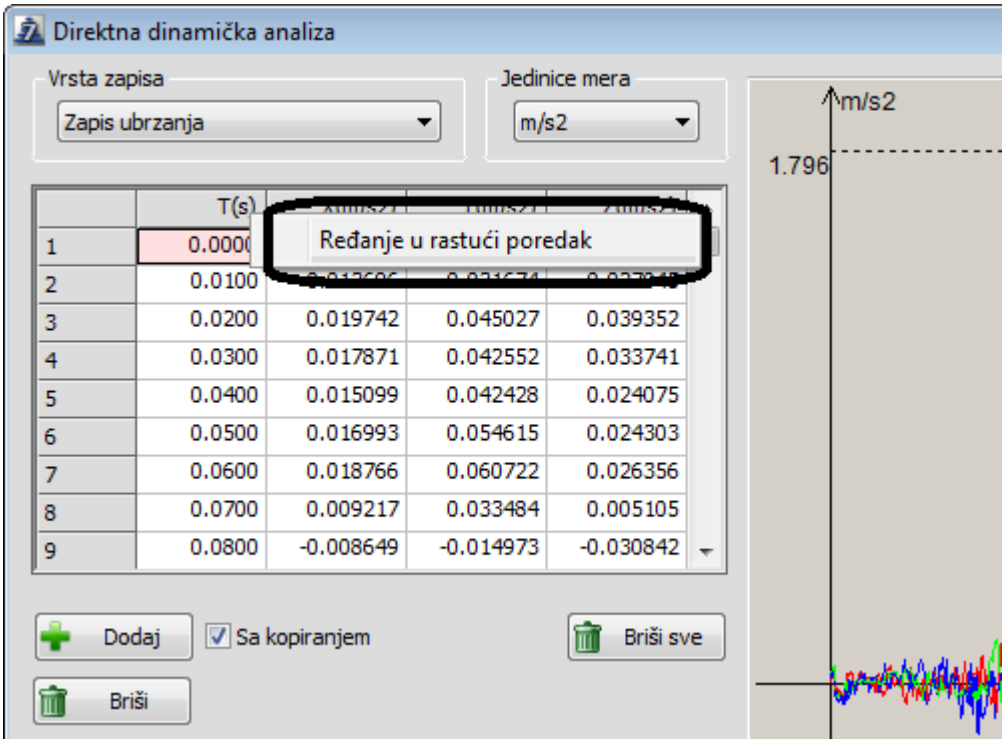


Shematski prikaz ubacivanja kopiranih podataka u tablicu pomoću opcije “Ubaci u jednu kolonu”, počevši od trenutno selektirane ćelije

Potrebno je naglasiti da u slučaju da u tablici ne postoji dovoljan broj redova, program automatski generira onoliko redova koliko je potrebno da se ubace svi iskopirani podaci.

Ako se u stupcu nalaze barem dva vremenska trenutka, u izborniku koji se otvara na desni klik miša nalazit će se još jedna naredba - “Generiranje vremenskih razmaka sa zadanim korakom”. Izborom ove opcije korisniku je omogućeno automatsko generiranje vremenskih intervala počevši od trenutno selektiranog trenutka vremena, pri čemu će generirani interval biti jednak razlici između selektiranog i prethodnog trenutka vremena.

Ako nakon ubacivanja vremenskih trenutaka želite da se svi vremenski trenuci u stupcu nalaze u rastućem poretku, potrebno je izabrati naredbu “Postavljanje u rastući poredak”, koja se nalazi u izborniku koji se otvara na desni klik miša preko naziva stupca “T(s)”.



Izbornik koji se otvara na desni klik miša preko naziva stupca “T(s)”

X(m/s2) Stupac u koji korisnik unosi vrijednosti ubrzanja tla u smjeru X. U zagradi se ispisuju jedinice mjera koje je korisnik izabrao iz liste “Jedinice mjera”. Ovaj stupac se nalazi u tablici samo u slučaju da je iz liste izabran zapis ubrzanja tla. Rad u ovom stupcu je identičan radu sa stupcem “T(s)”, te ga nećemo ovdje ponovno objašnjavati.

Y(m/s2) Stupac u koji korisnik unosi vrijednosti ubrzanja tla u smjeru Y. Rad u ovom stupcu je identičan radu sa stupcem “T(s)”, te ga nećemo ovdje ponovno objašnjavati.

Z(m/s2) Stupac u koji korisnik unosi vrijednosti ubrzanja tla u smjeru Z. Rad u ovom stupcu je identičan radu sa stupcem “T(s)”, te ga nećemo ovdje ponovno objašnjavati.

Ako je iz liste izabran zapis pomaka, tablica će dobiti novi izgled i u nju će se unositi vrijednosti pomaka tla:

X(m) Stupac u koji korisnik unosi vrijednosti pomaka tla u smjeru X. U zagradi se ispisuju jedinice mjera koje je korisnik izabrao iz liste “Jedinice mjera”. Rad u ovom stupcu je identičan radu sa stupcem “X(m/s2)”, te ga nećemo ovdje ponovno objašnjavati.

Y(m) Stupac u koji korisnik unosi vrijednosti pomaka tla u smjeru Y. Rad u ovom stupcu je identičan radu sa stupcem “X(m/s2)”, te ga nećemo ovdje ponovno objašnjavati.

Z(m) Stupac u koji korisnik unosi vrijednosti pomaka tla u smjeru Z. Rad u ovom stupcu je identičan radu sa stupcem “X(m/s2)”, te ga nećemo ovdje ponovno objašnjavati.

Dodaj Gumb čijim aktiviranjem se u tablicu ubacuje novi red zapisa potresa. Ako je uključen potvrdni okvir “S kopiranjem” novom redu ubačenom u tablicu bit će pridruženi podaci koji odgovaraju prethodno selektiranom redu.

Briši Gumb čijim aktiviranjem se iz tablice izbacuje trenutno selektirani red zapisa potresa.

Briši sve Gumb čijim aktiviranjem se iz tablice uklanjaju svi redovi zapisa potresa.

Prigušenje

Programom je omogućeno definiranje prigušenja na jedan od dva načina:

C= α[M] + β[K] Formula kojom se definira prigušenje. Uključivanjem ovog prekidača postaju aktivna polja za unos koeficijenata prigušenja:

α = Polje za unos koeficijenta prigušenja.

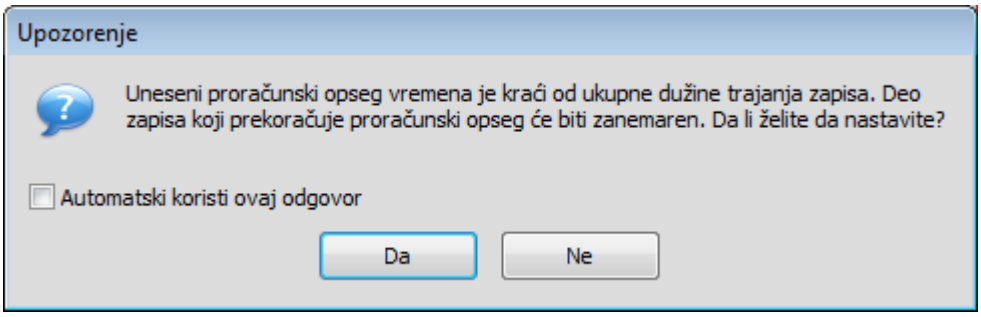
β = Polje za unos koeficijenta prigušenja.

Jednako za sve tonove Uključivanjem ovog prekidača definira se prigušenje koje će biti jednako za sve oblike osciliranja.

C = Polje za unos prigušenja.

Parametri

Proračunski opseg vremena Polje za unos intervala vremena za koji će se vršiti postupak direktne dinamičke analize. Ako se unese proračunski opseg vremena kraći od ukupne duljine trajanja zapisa potresa program će izdati sljedeće upozorenje:



Aktiviranjem gumba “Da”, program će nastaviti proračun pri čemu će se zanemariti dio zapisa potresa koji prekoračuje proračunski opseg.

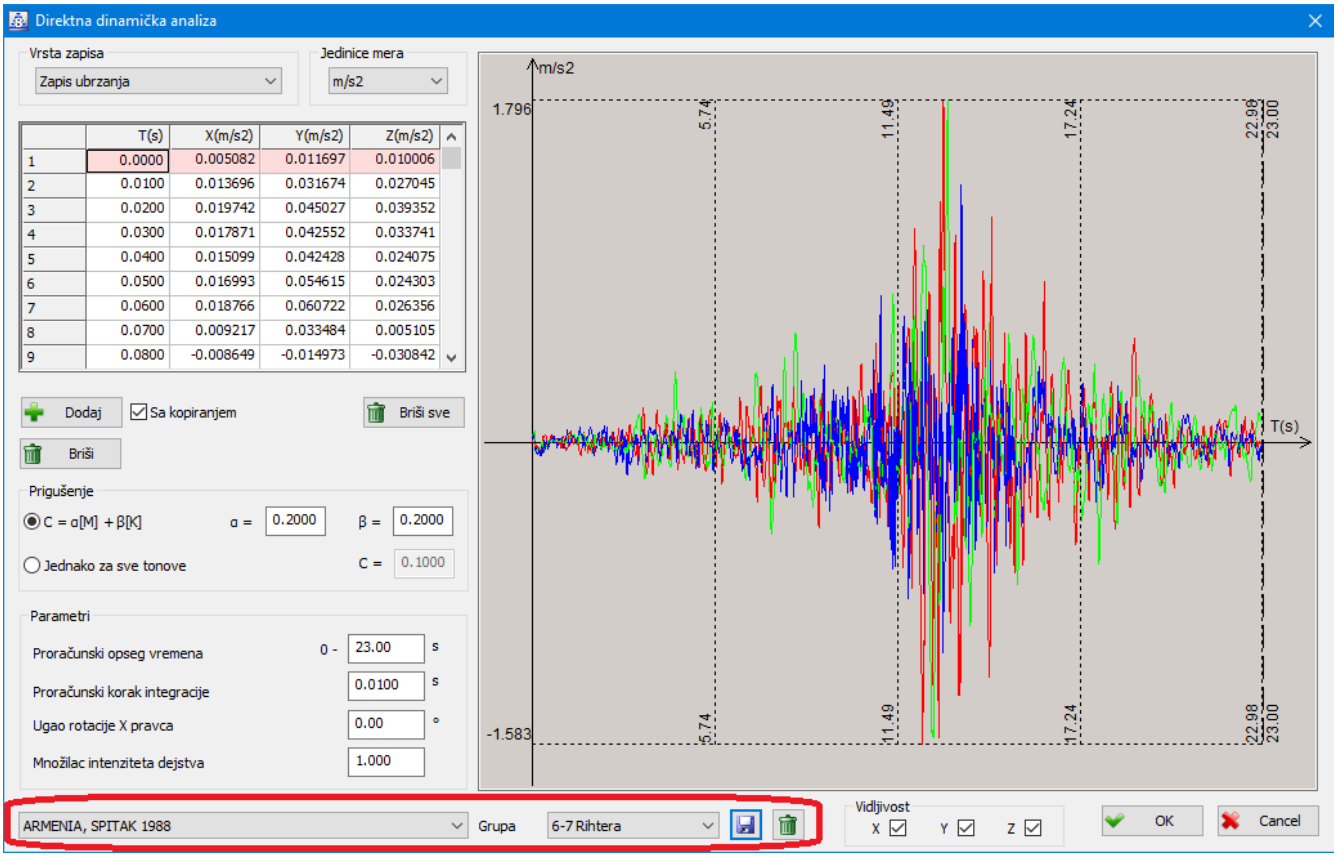
Proračunski korak integracije Polje za unos vremenskog koraka za postupak direktne dinamičke analize.

Kut rotacije X pravca Polje za unos kuta za koji se X pravac rotira u odnosu na globalnu X os modela.

Množitelj intenziteta djelovanja Polje za unos vrijednosti s kojom će se množiti intenziteti djelovanja potresa.

Snimanje i grupiranje zapisa potresa

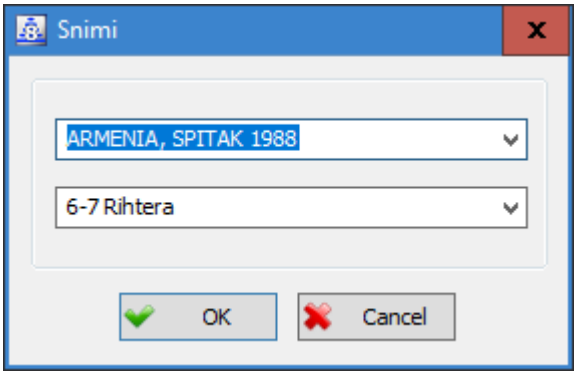
U donjem lijevom dijelu dijaloga, nalazi se lista sa svim ranije snimljenim zapisima potresa. Bilo koji od njih može se odabrati iz liste i koristiti za proračun direktne dinamičke analize tekućeg modela.



Lista sa snimljenim zapisima potresa

Grupa Budući da se za direktnu dinamičku analizu koristi veliki broj zapisa potresa, oni se pri snimanju mogu dodijeliti različitim grupama, a sve u cilju kasnijeg lakšeg pronalaženja. Odabirom iz ove liste za tekuću se može postaviti bilo koja od ranije kreiranih grupa, kao i stavka “<Sve grupe>”. U listi sa zapisima potresa prikazuju se samo oni potresi koji su pridruženi tekućoj grupi. Kad je odabrana opcija “<Sve grupe>”, u listi sa zapisima potresa prikazuju se svi potresi koji su snimljeni, bez obzira kojim su grupama pridruženi. Tada se iza njihovog imena, između znakova “<” i “>” ispisuje i ime grupe.

Gumb pomoću kojeg se vrši snimanje svih parametara koji definiraju zapis potresa. Njegovim odabirom otvara se dijalog sljedećeg izgleda:



U gornjem polju za upis se zadaje ime zapisa potresa, dok se u donjem zadaje grupa kojoj će on biti pridružen. Može se zadati potpuno novo ime zapisa potresa, odnosno grupe, ili se može odabrati neko od imena iz listi koje se otvaraju klikom miša iznad strelica koje se nalaze na desnim krajevima ovih polja za upis.

Gumb aktiviranjem kojeg se iz liste briše tekući zapis potresa.

U desnom dijelu dijaloga se nalazi grafička interpretacija zapisa ubrzanja, odnosno zapisa pomaka ovisno o tome koji zapis je definiran. Dijagram ubrzanja, odnosno pomaka tla u smjeru X prikazan je crvenom bojom, u smjeru Y zelenom i u smjeru Z plavom bojom.

Vidljivost

U ovom dijelu dijaloga nalaze se potvrdni okviri pomoću kojih korisnik ima mogućnost podešavati koji dijagram želi prikazati na crtežu u dijalogu:

X Potvrdni okvir čijim uključivanjem će se na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomaka tla u smjeru X. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja crvenom bojom.

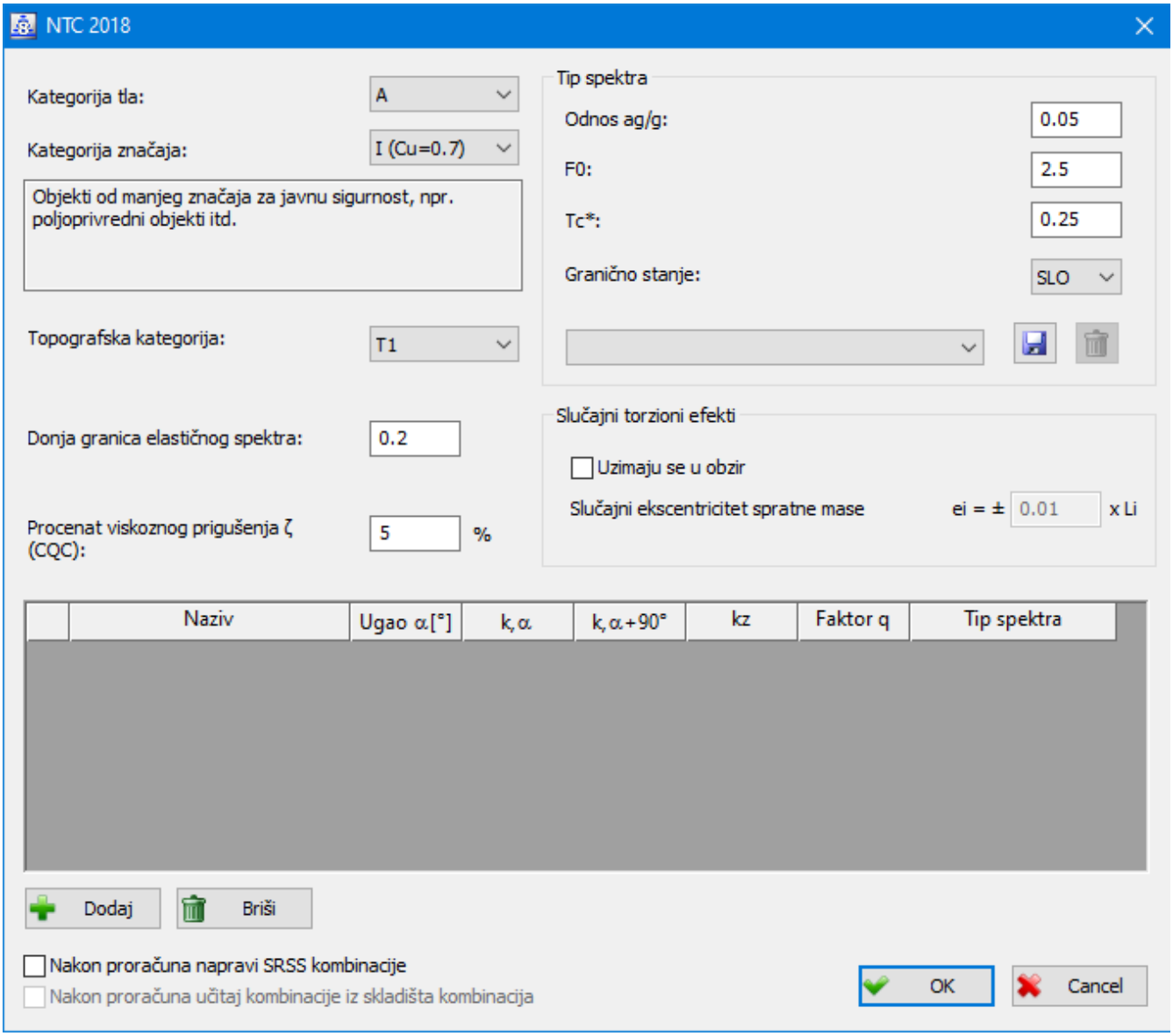
Y Potvrdni okvir čijim uključivanjem će se na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomaka tla u smjeru Y. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja zelenom bojom.

Z Potvrdni okvir čijim uključivanjem će se na crtežu prikazivati dijagram ubrzanja, odnosno pomaka tla u smjeru Z. Ovaj dijagram se na crtežu predstavlja plavom bojom.

Aktiviranjem gumba “OK”, započet će proračun konstrukcije u kojem će se sada pored svih zadanih osnovnih slučajeva opterećenja, u listi za izbor slučajeva opterećenja dodati i DDA slučaj opterećenja.

7.3.4.10 Talijanski propisi (NTC 2018)

Proračun seizmičkih sila po talijanskim standardima također se zasniva na multimodalnoj analizi. Izborom ove opcije seizmičkog proračuna otvara se dijaloški okvir sljedećeg izgleda.



Izgled dijaloškog okvira za seizmički proračun po talijanskim propisima (NTC 2018)

Kategorija tla

Postoji 5 osnovnih kategorija tla (A, B, C, D i E) i na temelju odabrane kategorije, vrijednosti parametara F0 i Tc*, kao i odnosa projektnog ubrzanja i ubrzanja zemljine teže, izračunavaju se koeficijenti Ss i Cc.

Razred važnosti

Postoje i četiri razreda važnosti objekata koji definiraju faktor važnosti Cu - klasa I (0.7), klasa II (1.0), klasa III (1.5) i klasa IV (2.0).

Minimalni nominalni životni vijek konstrukcije (Vn) ovisi o tipu konstrukcije. Za privremene konstrukcije je Vn = 10 godina, za konstrukcije običnog značaja Vn = 50 godina, a za konstrukcije većeg značaja Vn = 100 godina.

Referentno razdoblje predstavlja umnožak ove dvije vrijednosti:

Vr = Vn * Cu

Topografska kategorija

Postoje 4 topografske kategorije (T1, T2, T3 i T4) i na temelju toga određen je topografski koeficijent povećanja St.

Tip spektra

Parametri F0 i Tc* ovise o geografskoj lokaciji objekta i o vjerojatnosti prekoračenja u referentnom vremenskom periodu (Pvr) i preuzimaju se iz javnih izvora. U programu Tower se unose kao ulazni podaci.

U Italiji postoje 4 granična stanja - 2 su granična stanja uporabljivosti (SLO, SLD), a 2 su granična stanja nosivosti (SLV, SLC).

Svako od stanja definira vrijednost Pvr - vjerojatnost prekoračenja u referentnom povratnom razdoblju.

Pvr - vjerojatnost prekoračenja u referentnom povratnom razdoblju

SLO 81%

SLD 63%

SLV 10%

SLC 5%

Ovisno o razredu važnosti (klasa I, klasa II, klasa III i klasa IV) propisano je za koliko graničnih stanja se mora provesti proračun. Svaki od spektara ovih graničnih stanja ima različite parametre ag, F0 i Tc*, zato što ove vrijednosti ovise i o lokaciji i o Pvr.

Na temelju prethodno određenih podataka određuju se i funkcije spektra.

Funkcija elastičnog spektra za horizontalna djelovanja dana je kao:

$$0 \le T < T_B \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \le T < T_C \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \le T < T_D \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \le T \qquad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Funkcija elastičnog spektra za vertikalna djelovanja dana je kao:

$$0 \le T < T_B \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \le T < T_C \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \le T < T_D \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \le T \qquad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Gdje su:

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \ge 0{,}55$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_B = T_C / 3$$

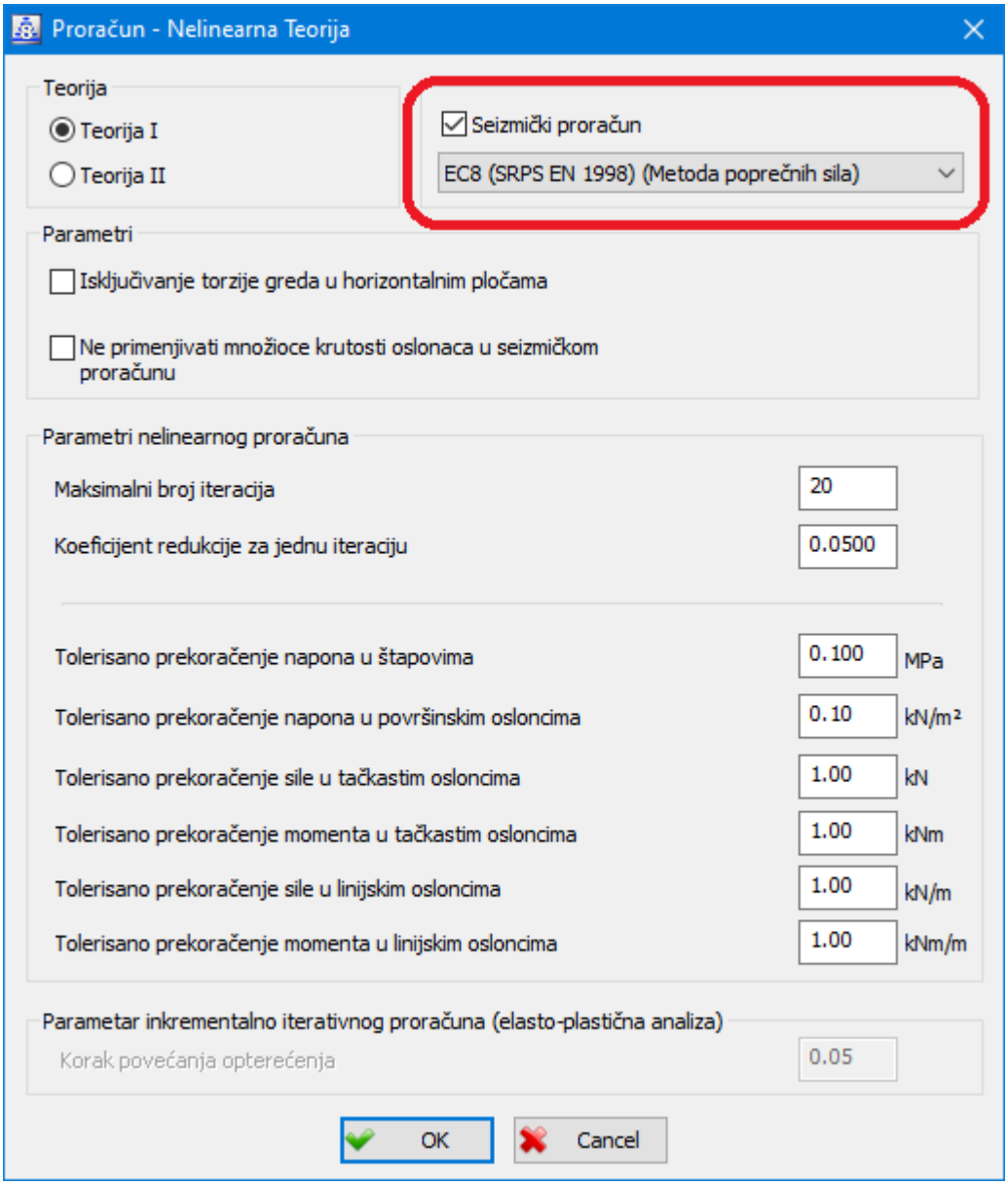
$$T_D = 4{,}0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1{,}6$$

$$F_v = 1{,}35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0{,}5}$$

Značenje svih ostalih parametara u dijalogu je isto kao i kod seizmičkog proračuna po Eurokodu (poglavlje 7.3.4.1).

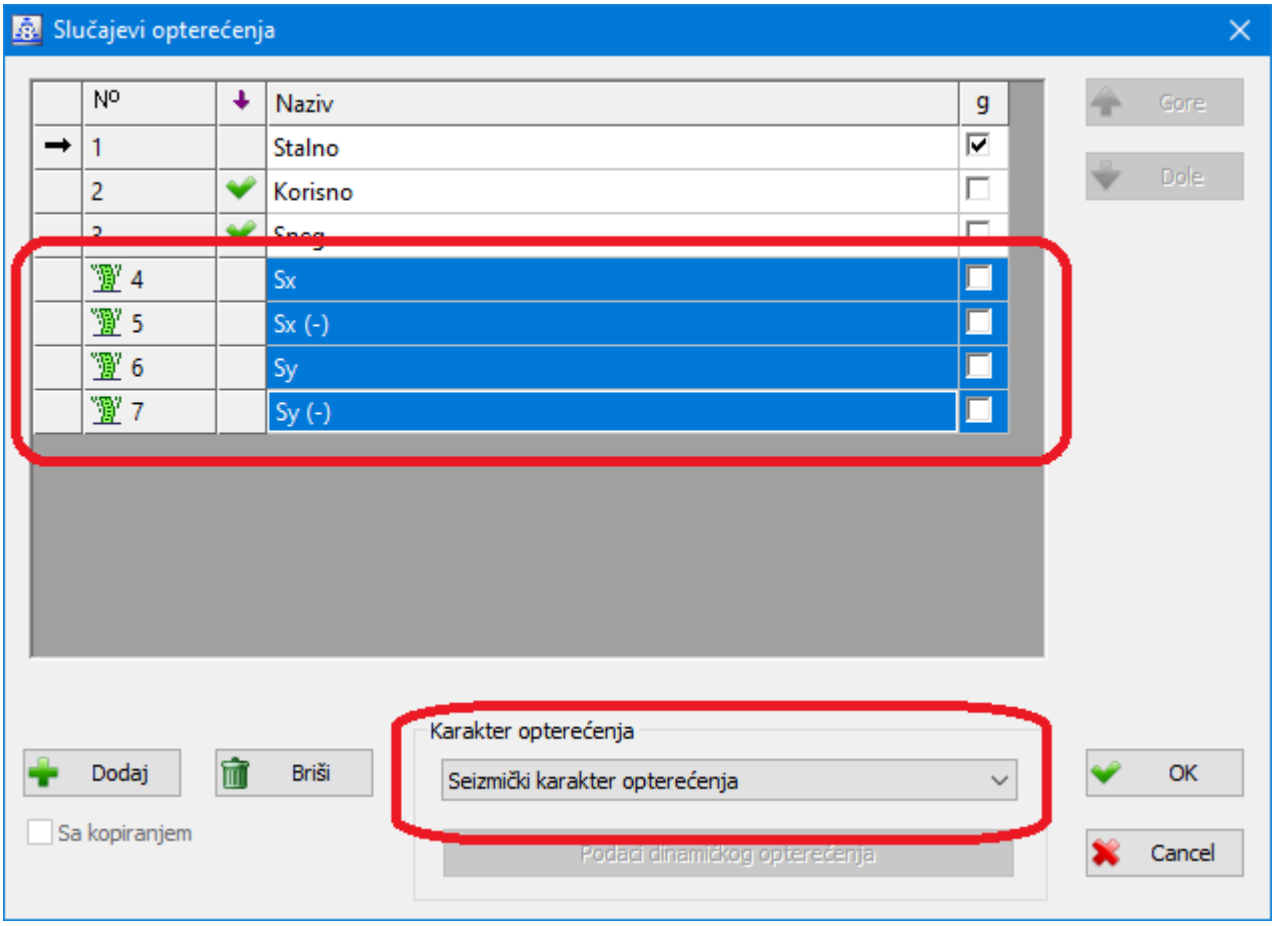
7.3.4.11 Seizmički proračun modela s nelinearnim elementima

Moguće je izvršiti seizmički proračun i za modele koji sadrže elemente s nelinearnim ponašanjem.

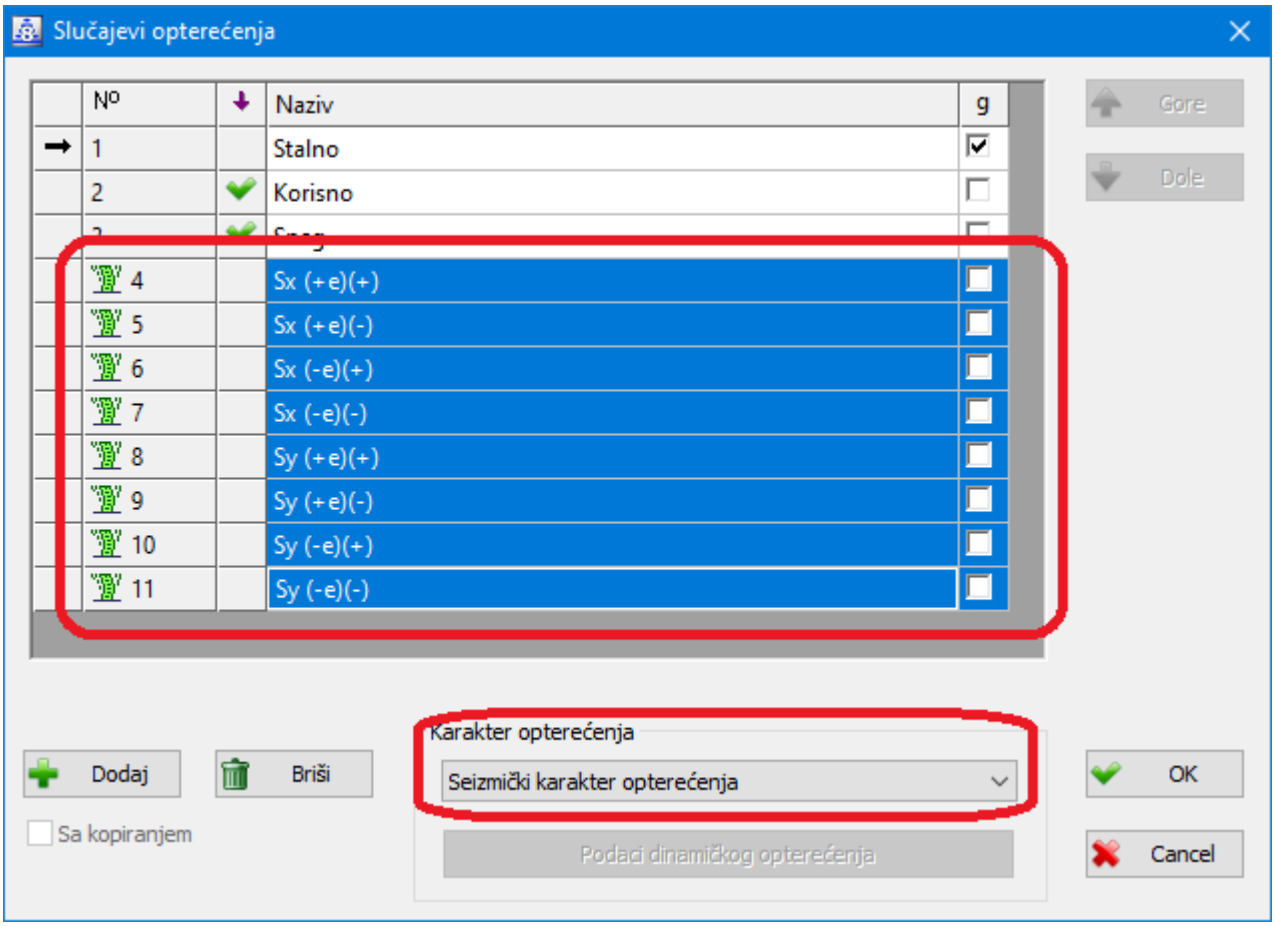


Potvrdni okvir za uključivanje seizmičkog proračuna

Seizmički proračun – Da bi ovaj potvrdni okvir bio dostupan potrebno je da se u dijalogu naredbe “Slučajevi opterećenja” (poglavlje 3.2.1), na samom kraju liste dodaju po dva prazna slučaja opterećenja za svaki od smjerova potresa za koje će se vršiti seizmički proračun. Ako se pri seizmičkom proračunu u obzir uzimaju i slučajni torzijski učinci, umjesto dva moraju se zadati po četiri prazna slučaja opterećenja za svaki od smjerova potresa. Također, svim ovim slučajevima opterećenja se mora zadati seizmički karakter.



Zadana su četiri slučaja opterećenja, 2 za x i 2 za y smjer potresa i svima je zadan seizmički karakter



Kada se u obzir uzimaju slučajni torzijski učinci zadaju se po četiri prazna seizmička slučaja opterećenja za svaki smjer potresa

Nelinearni seizmički proračun se može provesti samo za propise koji se baziraju na metodi ekvivalentnog statičkog opterećenja ili na metodi bočnih sila.

Za nelinearni seizmički proračun potrebno je da se sve potrebne kombinacije zadaju u modulu “Unos podataka”, jer se od rezultata proračuna ne mogu naknadno praviti linearne kombinacije u modulu za obradu rezultata. Zato je bitno da se unaprijed zna kako će program mapirati zadane prazne seizmičke slučajeve opterećenja, kako bi se od njih napravile ispravne kombinacije prije samog proračuna.

```
Primjer:
```

Recimo da se seizmički proračun vrši za dva smjera potresa i da smo ih u dijalogu za definiranje podataka seizmičkog proračuna nazvali Sx i Sy. Ako se ne uzimaju u obzir slučajni torzijski učinci, potrebno je da se u dijalogu naredbe “Slučajevi opterećenja” (poglavlje 3.2.1), na samom kraju liste dodaju četiri prazna slučaja opterećenja, za svaki od smjerova potresa po dva, i da im se dodijeli seizmički karakter. Bez obzira koja ste imena zadali ovim slučajevima opterećenja program će ih pri proračunu mapirati i preimenovati na sljedeći način:

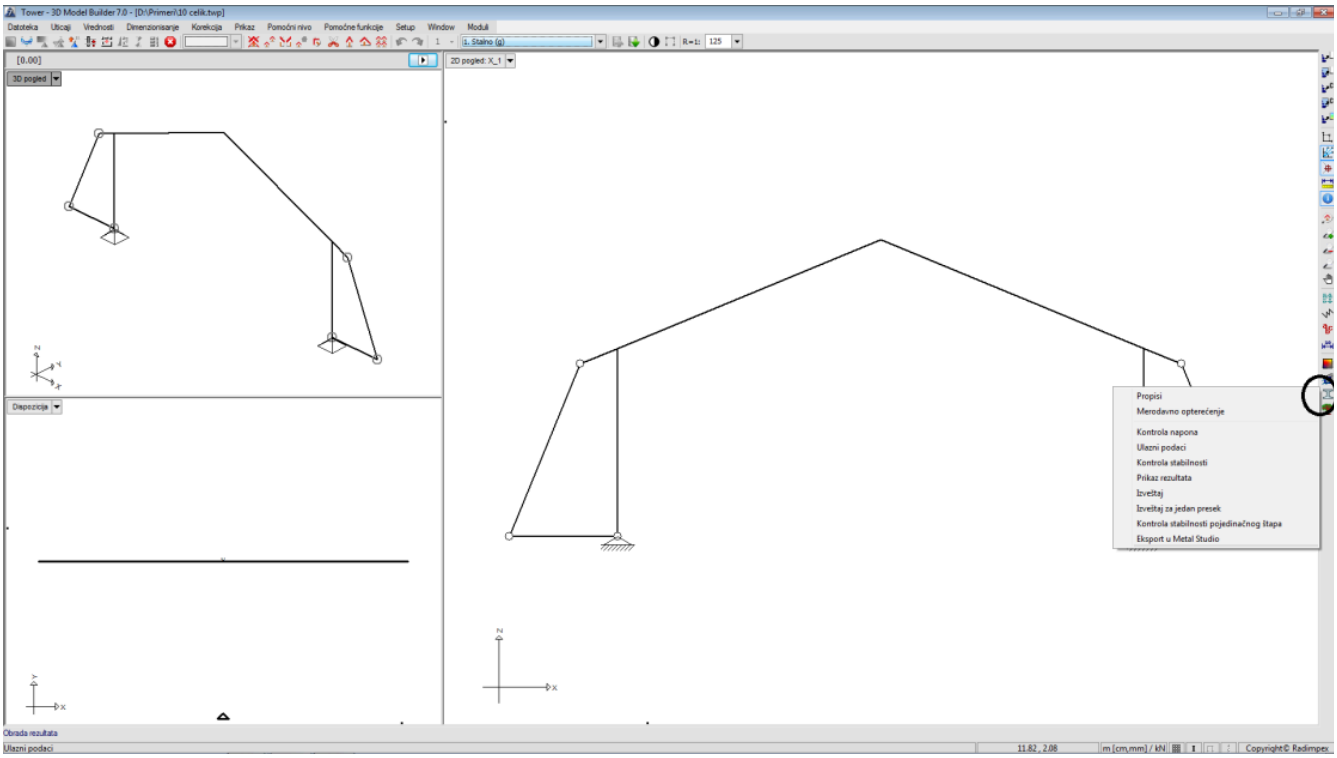
1 slučaj u Sx seizmički utjecaji s pozitivnim znakom za x smjer djelovanja potresa 2 slučaj u Sx (-) seizmički utjecaji s negativnim znakom za x smjer djelovanja potresa 3 slučaj u Sy seizmički utjecaji s pozitivnim znakom za y smjer djelovanja potresa 4 slučaj u Sy (-) seizmički utjecaji s negativnim znakom za y smjer djelovanja potresa

Ako se slučajni torzijski učinci uzimaju u obzir potrebno je da se za isti primjer u dijalogu naredbe “Slučajevi opterećenja” doda osam praznih slučajeva opterećenja, za svaki od smjerova potresa po četiri. Program će ih pri proračunu mapirati i preimenovati na sljedeći način:

1 slučaj u Sx (+e) (+) seizmički utjecaji s pozitivnim znakom za x smjer djelovanja potresa i pozitivnim (lijevim) ekscentricitetom 2 slučaj u Sx (+e) (-) seizmički utjecaji s negativnim znakom za x smjer djelovanja potresa i pozitivnim (“lijevim”) ekscentricitetom 3 slučaj u Sx (-e) (+) seizmički utjecaji s pozitivnim znakom za x smjer djelovanja potresa i negativnim (“desnim”) ekscentricitetom 4 slučaj u Sx (-e) (-) seizmički utjecaji s negativnim znakom za x smjer djelovanja potresa i negativnim (“desnim”) ekscentricitetom 5 slučaj u Sy (+e) (+) seizmički utjecaji s pozitivnim znakom za y smjer djelovanja potresa i pozitivnim (lijevim) ekscentricitetom 6 slučaj u Sy (+e) (-) seizmički utjecaji s negativnim znakom za y smjer djelovanja potresa i pozitivnim (“lijevim”) ekscentricitetom 7 slučaj u Sy (-e) (+) seizmički utjecaji s pozitivnim znakom za y smjer djelovanja potresa i negativnim (“desnim”) ekscentricitetom 8 slučaj u Sy (-e) (-) seizmički utjecaji s negativnim znakom za y smjer djelovanja potresa i negativnim (“desnim”) ekscentricitetom

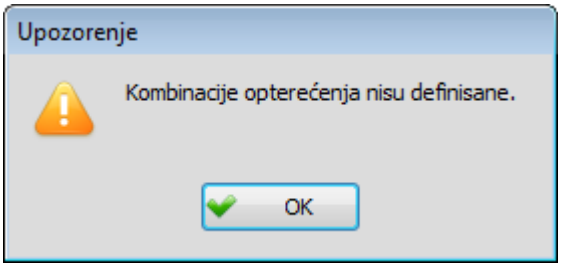
10 Dimenzioniranje čeličnih presjeka

Pomoću ovoga modula imate mogućnost da dimenzionirate čelične konstrukcije, za sve vrste naprezanja i skoro sve oblike jednodijelnih i višedijelnih čeličnih presjeka. Naredbe za dimenzioniranje čeličnih presjeka, nalaze se u okviru izbornika “Dimenzioniranje ► Čelik”. Da bi se olakšao izbor naredbi iz ovog izbornika, predviđena je ikona “Čelik: Dimenzioniranje”, čijim izborom se otvara izbornik s ovom grupom naredbi.



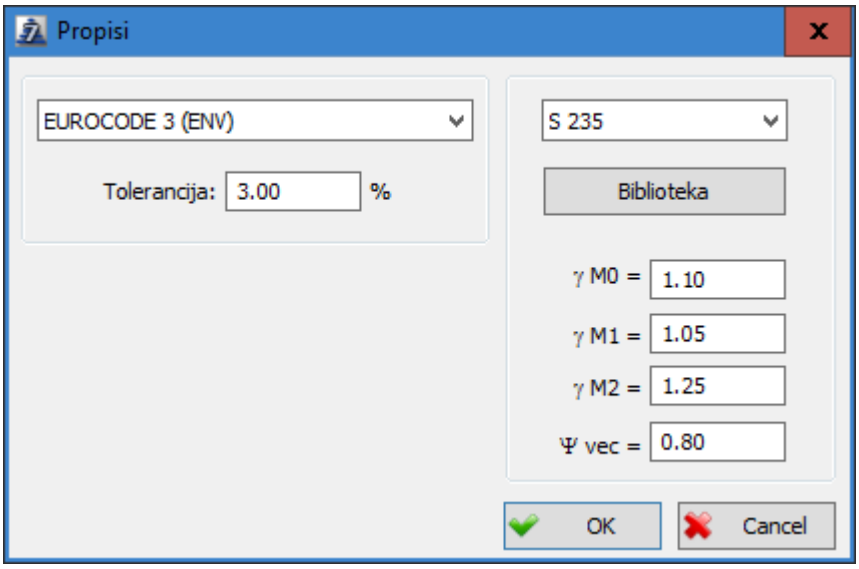
Ikona za brzi izbor naredbi iz izbornika “Dimenzioniranje ► Čelik”

Napomena: Kako se dimenzioniranje vrši samo za odabrane kombinacije istovremenog djelovanja osnovnih slučajeva opterećenja, to će naredbe za dimenzioniranje čeličnih presjeka biti neaktivne ako prethodno niste definirali barem jednu kombinaciju. Znači, prije samog postupka dimenzioniranja potrebno je da definirate sve mjerodavne kombinacije iz kojih će program preuzimati statičke utjecaje za dimenzioniranje. U slučaju da model ne sadrži ni jednu kreiranu kombinaciju, nakon izbora bilo koje od naredbi iz izbornika “Dimenzioniranje ► Čelik”, program će dati sljedeće upozorenje.



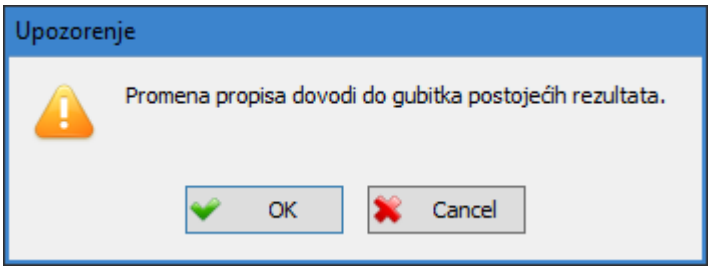
10.1 Izbor propisa za dimenzioniranje

Prije kretanja u sam postupak dimenzioniranja, potrebno je odabrati standard po kojem će se vršiti dimenzioniranje. Izborom naredbe “Propisi”, koja se nalazi u okviru izbornika “Dimenzioniranje ► Čelik”, otvara se dijaloški okvir sljedećeg izgleda.



Izgled dijaloškog okvira za izbor tekućeg propisa

Promjena tekućeg standarda, vrši se jednostavnim izborom iz padajućeg popisa, koji se nalazi u lijevom dijelu dijaloškog okvira. Aktiviranjem gumba “OK” dijaloški okvir će nestati sa zaslona, a izabrani propisi će nadalje biti važeći. U slučaju da za pojedine dijelove modela već postoje rezultati dimenzioniranja po nekom drugom standardu, program će dati sljedeće upozorenje.



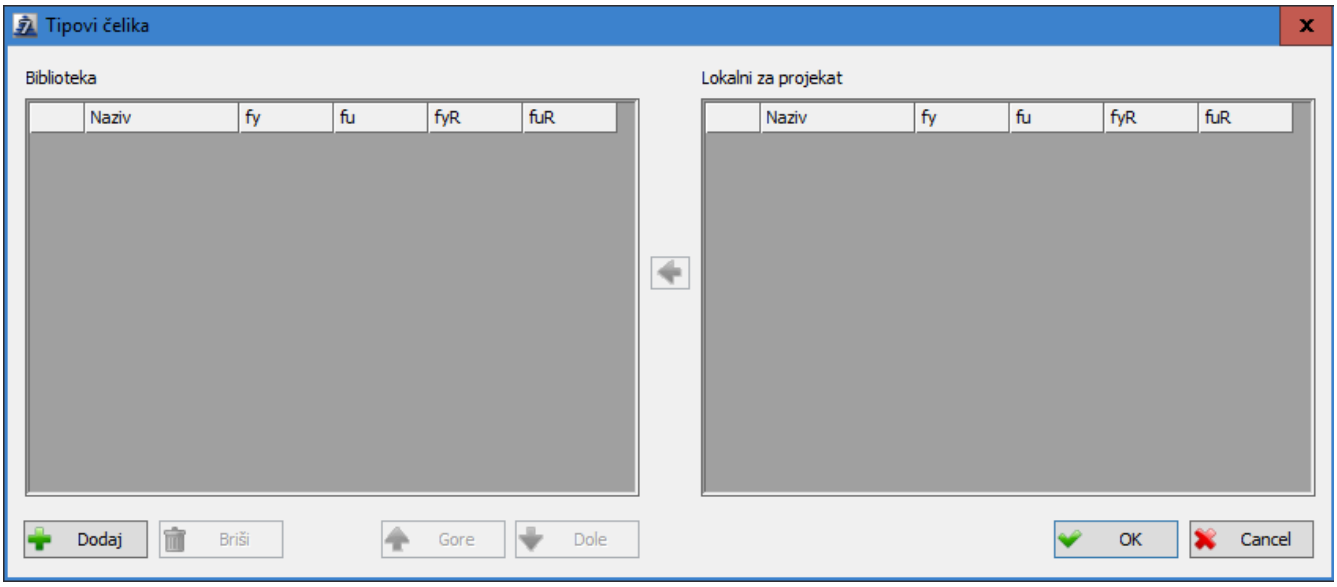
Aktiviranjem gumba “OK”, svi postojeći rezultati dimenzioniranja će biti izgubljeni. Znači, svi čelični presjeci na jednom modelu, mogu biti dimenzionirani samo po istom standardu.

Pored izbora željenog standarda, u ovom dijaloškom okviru je moguće definirati i globalne parametre koje će program koristiti u svom radu. U okviru za upis “Tolerancija”, definira se dopušteni postotak prekoračenja dopuštenih napona. Naime, ako su stvarni naponi u presjeku jako bliski dopuštenim (u granicama zadanog dopuštenog postotnog prekoračenja), te štapove program će u naredbama “Kontrola napona” i “Kontrola stabilnosti”, tretirati kao regularne.

Dopuštena granica razvlačenja čelika “σv”, bit će određena izborom vrste čelika iz padajućeg popisa koji se nalazi u gornjem desnom dijelu dijaloškog okvira. U okvirima za upis “γ M0 =”, “γ M1 =” i “γ M2 =”, imate mogućnost da definirate parcijalne koeficijente sigurnosti i vrijednost koeficijenta “Ψ vec=”.

U okviru naredbe “Propisi” mogu se zadati i nove vrste čelika. Za ovu namjenu predviđen je gumb “Biblioteka”, koji se neće nalaziti u dijalogu u slučaju da je izabran propis HRN.

Nakon aktiviranja gumba “Biblioteka” otvara se dijalog sljedećeg izgleda:



Izgled dijaloga za definiranje novih vrsta čelika

U lijevoj tablici definiraju se nove vrste čelika, koje se snimaju u konfiguracijsku datoteku, dok se u desnoj tablici nalaze vrste čelika koje su učitane s tekućim modelom i ne postoje u biblioteci.

Biblioteka

U lijevoj tablici svakom redu odgovaraju karakteristike jedne vrste čelika. Svaka vrsta čelika određena je svojim imenom i nizom numeričkih podataka koji se zadaju u odgovarajućim stupcima. U zaglavlju stupaca ispisana je oznaka svakog od podataka. Potrebno je naglasiti, da se svi podaci zadani u lijevoj tablici mogu mijenjati.

Naziv Polje za upis u kojem se zadaje naziv novododane vrste čelika. Simbol “@” koji se može naći iza rednog broja vrste čelika označava da se ova vrsta čelika koristi u modelu.

“σv” granica razvlačenja čelika.

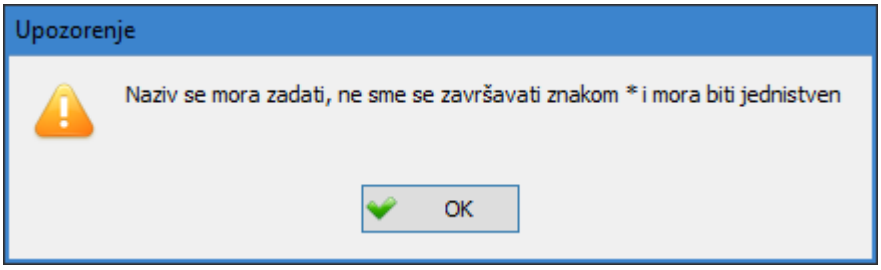
fu Polje za upis u kojem se zadaje vlačna čvrstoća čelika.

fyR Polje za upis u kojem se zadaje granica razvlačenja čelika za elemente čija nominalna debljina prelazi 40mm.

fuR Polje za upis u kojem se zadaje vlačna čvrstoća čelika za elemente čija nominalna debljina prelazi 40mm.

Dodaj Gumb čijim se aktiviranjem u tablicu ubacuje nova vrsta čelika. Nova vrsta čelika bit će smještena ispod reda koji je bio selektiran prije aktiviranja gumba “Dodaj” i ona će zapravo predstavljati kopiju tog reda. To znači da će imati isti naziv i sve ostale podatke kao vrsta čelika koja je prethodno bila selektirana. Novododanoj vrsti čelika potrebno je promijeniti naziv, s obzirom na to da više vrsta čelika ne smije imati isto ime.

U suprotnom, pri aktiviranju gumba “OK” program će izbaciti obavijest:



Briši Gumb čijim se aktiviranjem iz tablice izbacuje trenutno selektirana vrsta čelika.

Gore Gumb čijim se aktiviranjem trenutno selektirana vrsta čelika pomiče na gore.

Dolje Gumb čijim se aktiviranjem trenutno selektirana vrsta čelika pomiče na dolje.

Lokalni za projekt

U desnoj tablici se prikazuju vrste čelika koje se ne nalaze u biblioteci, već su učitane s tekućim modelom. Svi podaci kojima se definira vrsta čelika prikazani su i u desnoj tablici, s tim što se u ovoj tablici podaci ne mogu mijenjati. Korisniku je omogućeno da vrste čelika koje je učitao s modelom, snimi u biblioteku.

Gumb čijim aktiviranjem se trenutno selektirani tip čelika ubacuje u biblioteku i snima u konfiguracijsku datoteku.

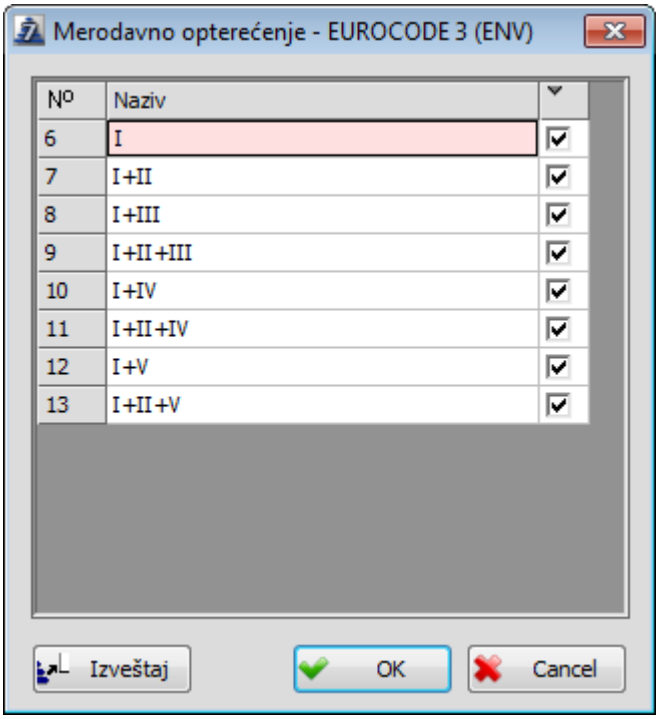
Aktiviranjem gumba “OK”, dijalog se zatvara, a sve novododane vrste čelika će se naći na kraju padajućeg popisa iz kojeg se bira vrsta čelika. Simbol “*” koji se može naći pored naziva vrste čelika u padajućem popisu, označava da se ovaj čelik ne nalazi u biblioteci, već je učitan s modelom.

U okvirima za upis “γ M0 =”, “γ M1 =” i “γ M2 =”, imate mogućnost da definirate parcijalne koeficijente sigurnosti i vrijednost koeficijenta “Ψ vec=”.

Napomena: Za dimenzioniranje po HRN-u, od globalnih parametara se zadaje samo podatak o toleranciji i kvaliteti čelika “σv”.

10.2 Mjerodavno opterećenje EUROCODE

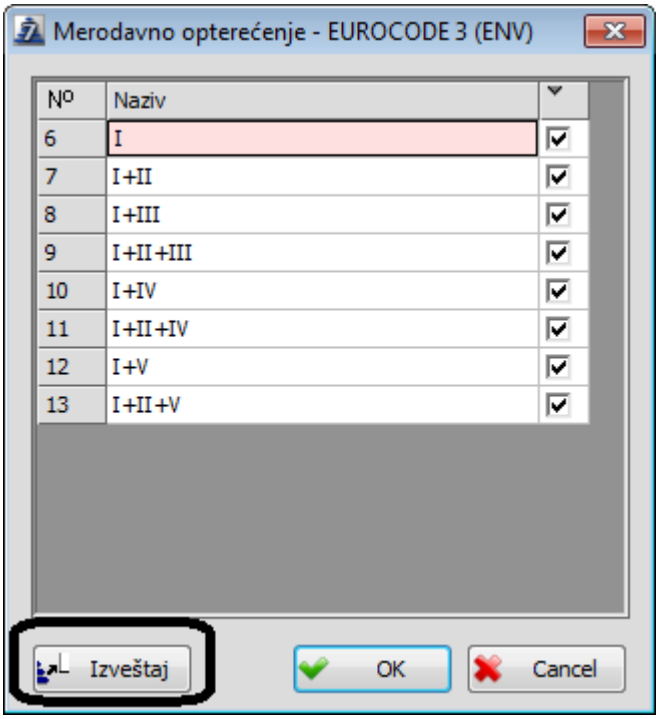
Aktiviranjem ove naredbe, otvara se dijaloški okvir za izbor, koje će od svih prethodno kreiranih kombinacija, biti tretirane pri dimenzioniranju čeličnih presjeka.



Izgled dijaloškog okvira za izbor mjerodavnog opterećenja

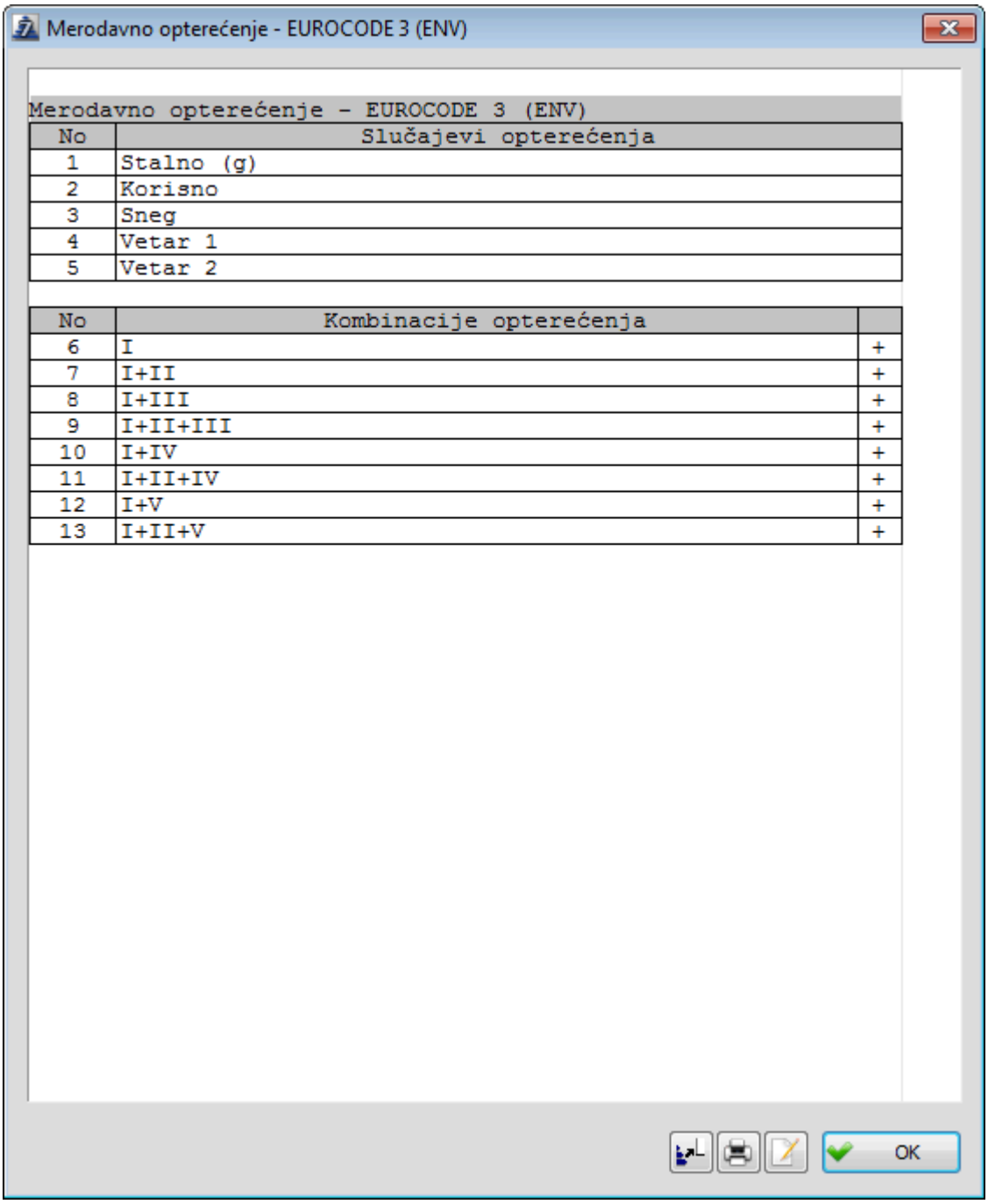
U prikazanom list box-u se nalazi onoliko redova koliko je i kombinacija definirano pomoću naredbe “Slučajevi opterećenja”. U stupcu “N°”, ispisuje se redni broj dane kombinacije, u stupcu “Naziv” zadani naziv, dok je posljednji stupac predviđen za izbor, hoće li dana kombinacija biti razmatrana pri dimenzioniranju ili ne. Postojanje simbola “✓” u ovom stupcu označava uzimanje u obzir dane kombinacije, dok prazno polje označava da dana kombinacija neće biti uzeta u obzir pri dimenzioniranju.

U “Tower-u” omogućeno je kreiranje i ubacivanje izvještaja s mjerodavnim kombinacijama u projektnu dokumentaciju. Za ovu namjenu predviđen je gumb “ Izvještaj”, koji se nalazi u dijaloškom okviru naredbe “Mjerodavno opterećenje”.



Gumb za kreiranje izvještaja s mjerodavnim kombinacijama

Izborom ovog gumba otvara se dijaloški okvir s kreiranim izvještajem:



Merodavno opterećenje – EUROCODE 3 (ENV)

No	Slučajevi opterećenja
1	Stalno (g)
2	Korisno
3	Sneg
4	Vetar 1
5	Vetar 2

No	Kombinacije opterećenja	
6	I	+
7	I+II	+
8	I+III	+
9	I+II+III	+
10	I+IV	+
11	I+II+IV	+
12	I+V	+
13	I+II+V	+

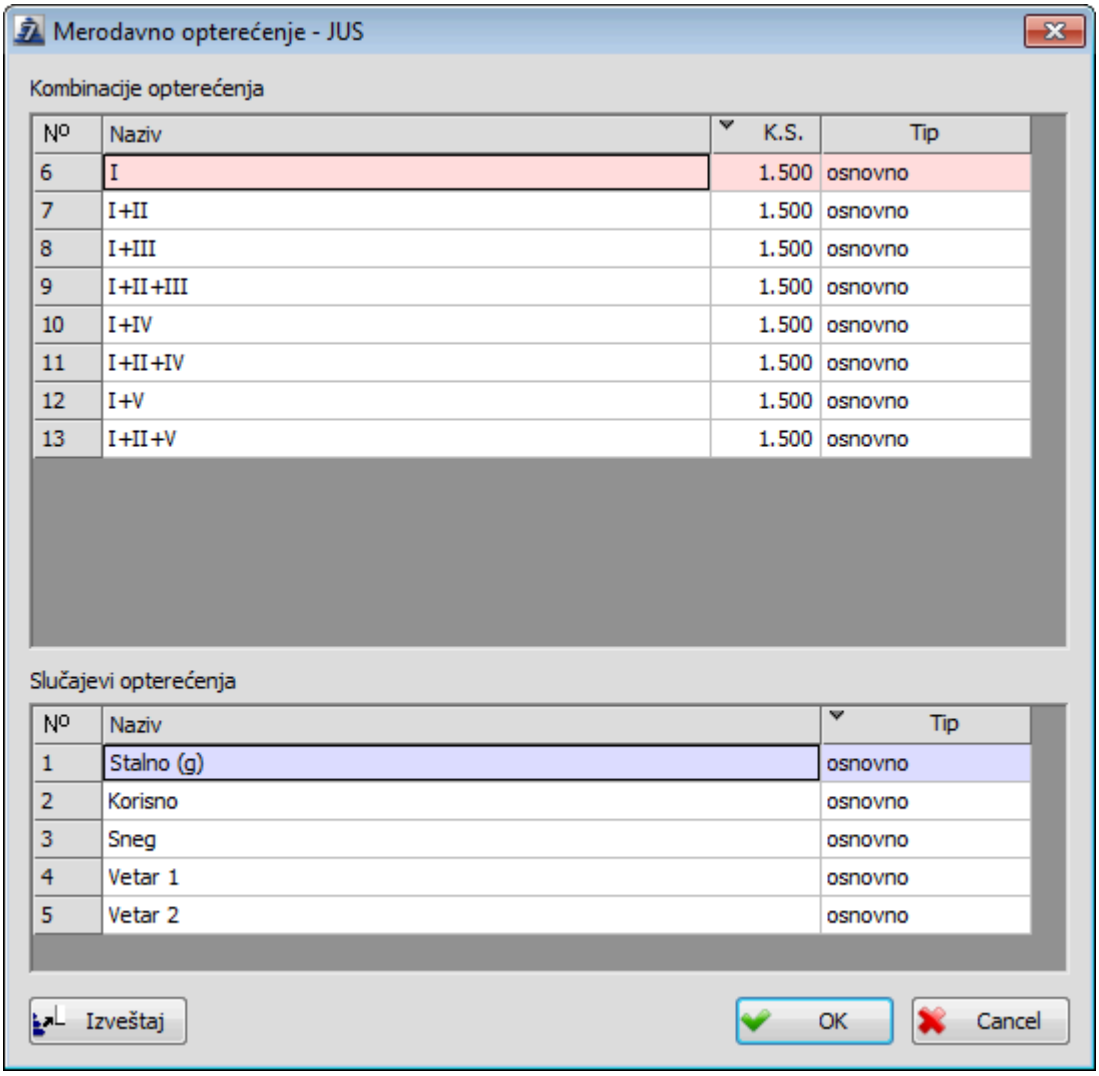
Dijaloški okvir s kreiranim tekstualnim izvještajem mjerodavnog opterećenja

Pomoću gumba, koji se nalaze u donjem desnom dijelu dijaloškog okvira, izvještaj s mjerodavnim kombinacijama opterećenja može se izvesti u projektnu dokumentaciju, direktno na ispis ili u tekstualnu datoteku.

HRN

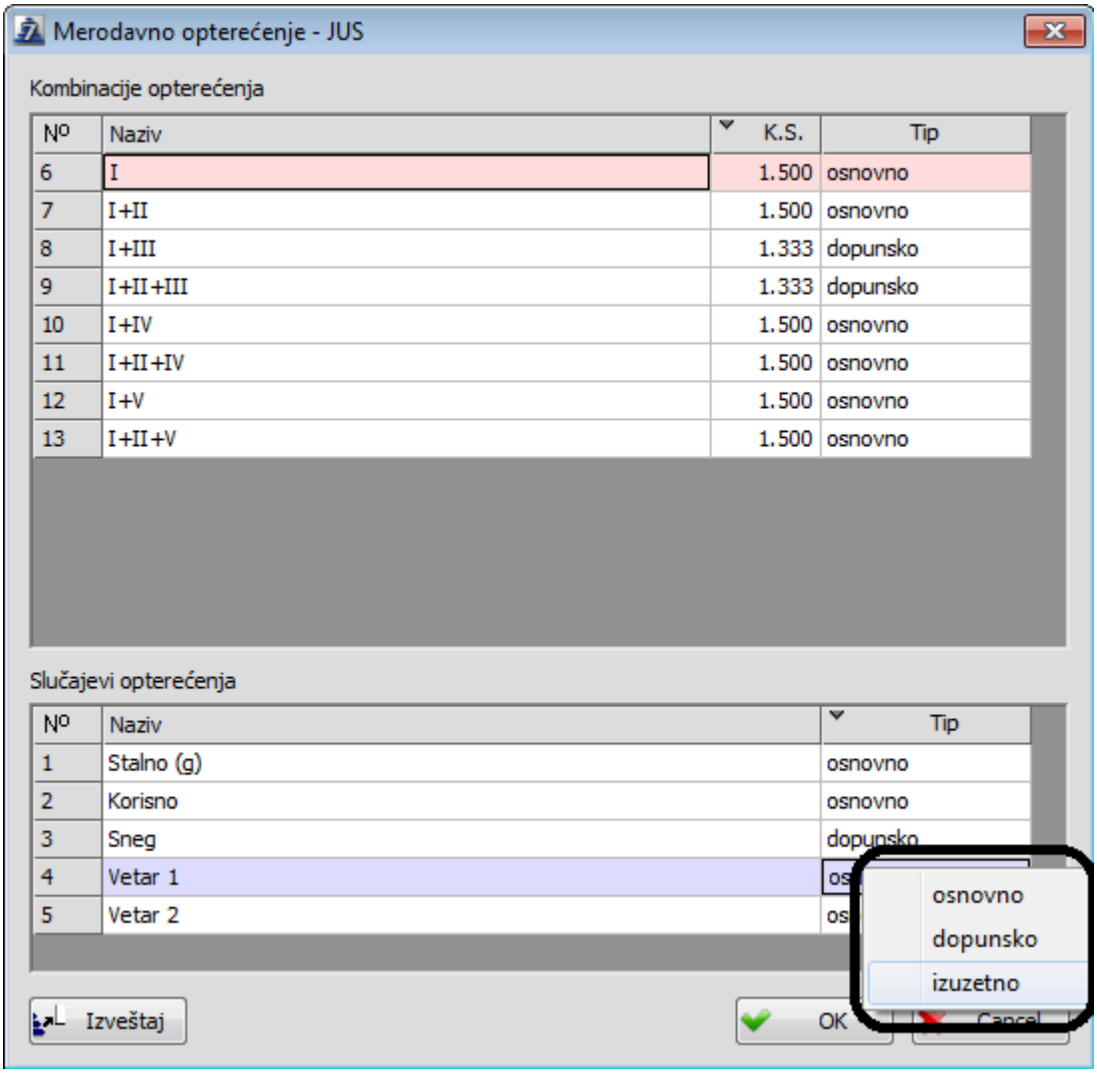
S obzirom na to da koeficijent sigurnosti “K.S.” ovisi o karakteru osnovnih slučajeva opterećenja koji ulaze u danu kombinaciju opterećenja, programom je omogućeno da se njegova vrijednost automatski dodjeljuje kombinacijama opterećenja na temelju njihovog tipa.

Izborom naredbe “Mjerodavno opterećenje” otvara se dijaloški okvir sljedećeg izgleda:



Izgled dijaloškog okvira “Mjerodavno opterećenje – HRN”

U donjem list box-u su prikazani svi osnovni slučajevi opterećenja, koji su kreirani do trenutka ulaska u dijaloški okvir. U stupcu “N°”, ispisuje se redni broj osnovnog slučaja opterećenja, u stupcu “Naziv” zadani naziv, dok se pomoću posljednjeg stupca “Tip” bira tip opterećenja, koji će preko koeficijenta sigurnosti “K.S” utjecati na korekciju dopuštenih napona. Za svaki od osnovnih slučajeva opterećenja imate mogućnost da izaberete jedan od tri ponuđena tipa opterećenja: stalno, promjenjivo ili izvanredno. To se postiže tako što se pokazivač miša dovede iznad polja u stupcu “Tip” i pritisne desni gumb miša, čime se otvara izbornik s opcijama “stalno”, “promjenjivo” i “izvanredno”. Izborom jedne od ponuđenih opcija imate mogućnost promijeniti tip opterećenja na željeni, nakon čega će se u stupcu “Tip” ispisivati odabrani tip opterećenja.



Izbornik koji se otvara pritiskom na desni gumb miša iznad polja u stupcu “Tip”

U gornjem list box-u nalazi se lista svih kombinacija opterećenja, koja ima onoliko redova koliko ima i kombinacija definiranih pomoću naredbe “Slučajevi opterećenja”. U stupcu “No” ispisuje se redni broj dane kombinacije, u stupcu “Naziv” zadani naziv, dok se u posljednjem stupcu “Tip” ispisuje tip svake od kombinacija na temelju tipa osnovnih slučajeva opterećenja koji ulaze u danu kombinaciju. Ako je barem jednom osnovnom slučaju opterećenja koji ulazi u kombinaciju dodijeljen tip “promjenjivo”, a nijednom nije dodijeljen tip “izvanredno”, danoj kombinaciji će biti dodijeljen tip “promjenjivo”. Ako je barem jednom osnovnom slučaju opterećenja koji ulazi u kombinaciju dodijeljen tip “izvanredno” i danoj kombinaciji će biti dodijeljen tip “izvanredno”. U stupcu “K.S.” program svakoj kombinaciji automatski dodjeljuje vrijednost koeficijentu sigurnosti “K.S.” ovisno o tipu opterećenja kojem pripada i to na sljedeći način:

K.S. = 1.500 za stalno opterećenje

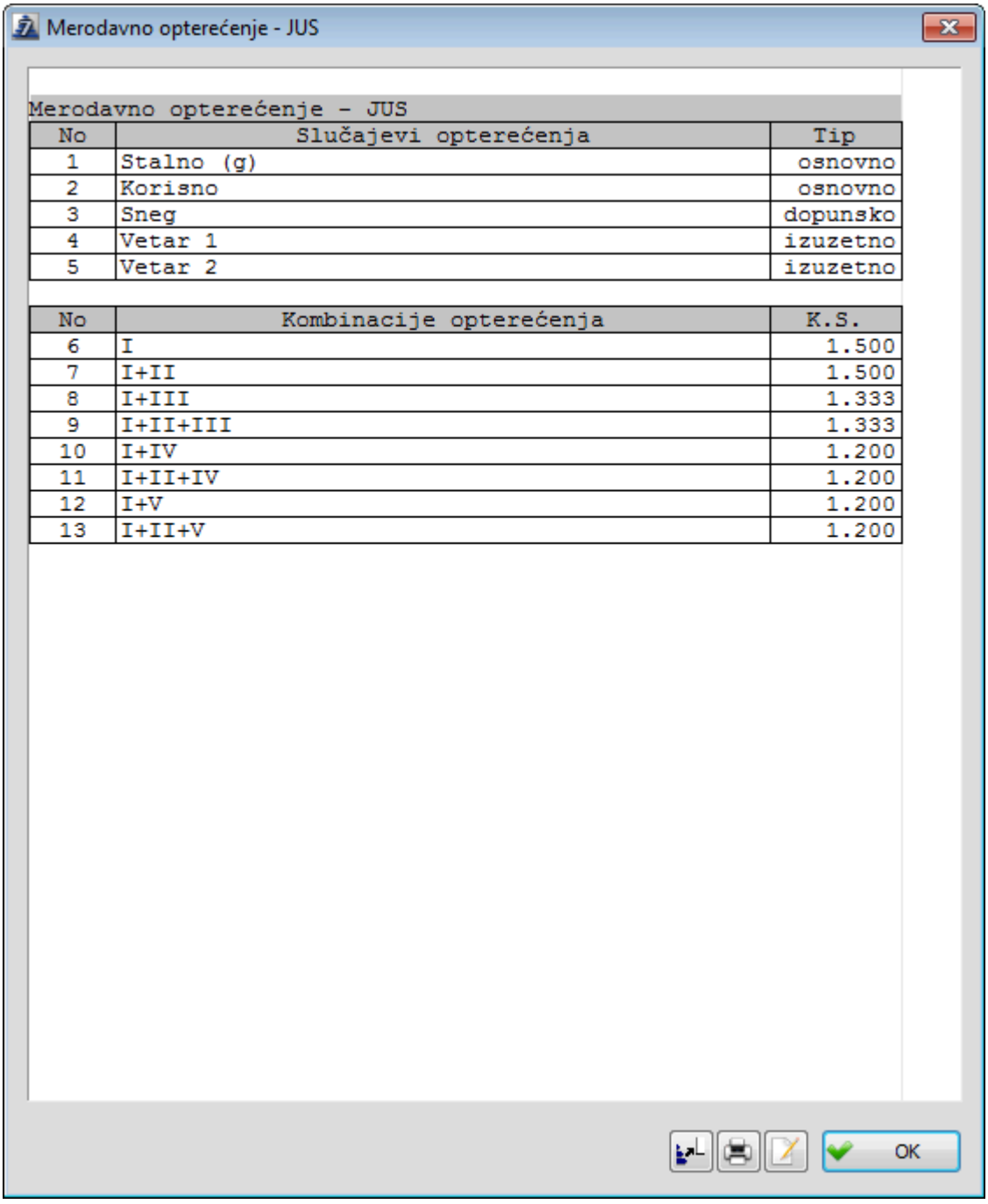
K.S. = 1.333 za promjenjivo opterećenje

K.S. = 1.200 za izvanredno opterećenje

Korisnik za koeficijent sigurnosti “K.S.” može zadati i proizvoljnu vrijednost, tako što će prvo mišem obilježiti polje u stupcu “K.S.”, a zatim s tipkovnice unijeti željenu vrijednost.

Ako ne želite vršiti dimenzioniranje za sve ranije definirane kombinacije dovoljno je da u ovom dijaloškom okviru za koeficijent sigurnosti (podatak u stupcu “K.S.”), svim kombinacijama koje ne želite uzimati u obzir pri dimenzioniranju, zadate vrijednost “0”.

Pomoću gumba “ Izvještaj”, koji se nalazi u donjem lijevom dijelu dijaloškog okvira, omogućeno je kreiranje i ubacivanje izvještaja s mjerodavnim kombinacijama u projektnu dokumentaciju. Izborom ovog gumba otvara se dijaloški okvir s kreiranim izvještajem:



No	Slučajevi opterećenja	Tip
1	Stalno (g)	osnovno
2	Korisno	osnovno
3	Sneg	dopunsko
4	Vetar 1	izuzetno
5	Vetar 2	izuzetno

No	Kombinacije opterećenja	K.S.
6	I	1.500
7	I+II	1.500
8	I+III	1.333
9	I+II+III	1.333
10	I+IV	1.200
11	I+II+IV	1.200
12	I+V	1.200
13	I+II+V	1.200

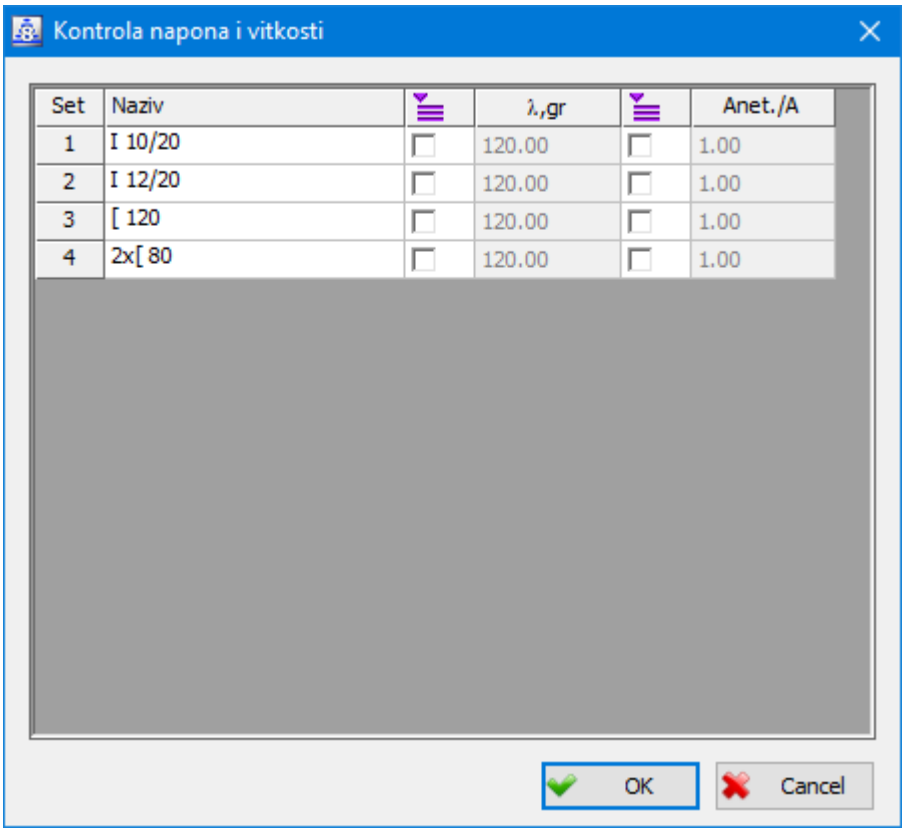
Dijaloški okvir s kreiranim tekstualnim izvještajem mjerodavnog opterećenja

U izvještaju su prikazani svi osnovni slučajevi opterećenja i sve kombinacije opterećenja. U stupcu “K.S” za osnovne slučajeve opterećenja prikazan je tip opterećenja (“stalno”, “promjenjivo” ili “izvanredno”), a za kombinacije vrijednost koeficijenta sigurnosti.

Pomoću gumba, koji se nalaze u donjem desnom dijelu dijaloškog okvira, izvještaj s mjerodavnim kombinacijama opterećenja može se izvesti u projektnu dokumentaciju, direktno na ispis ili u tekstualnu datoteku.

10.3 Kontrola napona

Program omogućava kontrolu vitkosti tlačnih štapova, kao i kontrolu napona s uračunatim oslabljenjem presjeka od spojnih sredstava koje će se uzeti u obzir ako je štap izložen vlaku. Nakon aktiviranja naredbe “Kontrola napona”, otvara se dijalog sljedećeg izgleda:



Set Stupac sa setovima greda.

Naziv Stupac s nazivima profila.

λ,gr Stupac za zadavanje granične vitkosti štapova. Ako je potrebno da svi setovi greda imaju istu graničnu vitkost, dovoljno je da se ona dodijeli jednom setu, a zatim da se iz izbornika, koji se otvara desnim klikom miša preko unesene vrijednosti, odabere naredba “Dodijeli svima”. Na ovaj način će svim setovima biti dodijeljena ista vrijednost za graničnu vitkost. Lijevo od ovog stupca nalazi se stupac s potvrdnim okvirima, čije stanje određuje za koji set grede će se raditi proračun vitkosti. Desnim klikom miša na ovaj stupac otvara se padajući izbornik s opcijama “Uključi sve” i “Isključi sve”, odabirom kojeg imate mogućnost uključiti, odnosno isključiti potvrdne okvire za sve setove.

Anet./A Stupac za zadavanje koeficijenta neto površine presjeka. Ako je potrebno da svi setovi greda imaju isti koeficijent, dovoljno je da se on dodijeli jednom setu, a zatim da se iz izbornika, koji se otvara desnim klikom miša preko unesene vrijednosti, odabere naredba “Dodijeli svima”. Na ovaj način će svim setovima biti dodijeljena ista vrijednost za koeficijent neto površine presjeka. Lijevo od ovog stupca nalazi se stupac s potvrdnim okvirima, čije stanje određuje za koji set grede će se raditi kontrola napona s oslabljenim presjekom. Desnim klikom miša na ovaj stupac otvara se padajući izbornik s opcijama “Uključi sve” i “Isključi sve”, čijim odabirom imate mogućnost uključiti, odnosno isključiti potvrdne okvire za sve setove.

Izlaskom na gumb “OK” iz ovog dijaloga, program će provesti kontrolu vitkosti, ako je to korisnik tražio, kao i naponsku kontrolu. Svi štapovi u modelu bit će obojeni ili zelenom ili crvenom bojom, dok će kursor dobiti oblik select box-a, a na naredbenoj liniji će se pojaviti sljedeća poruka:

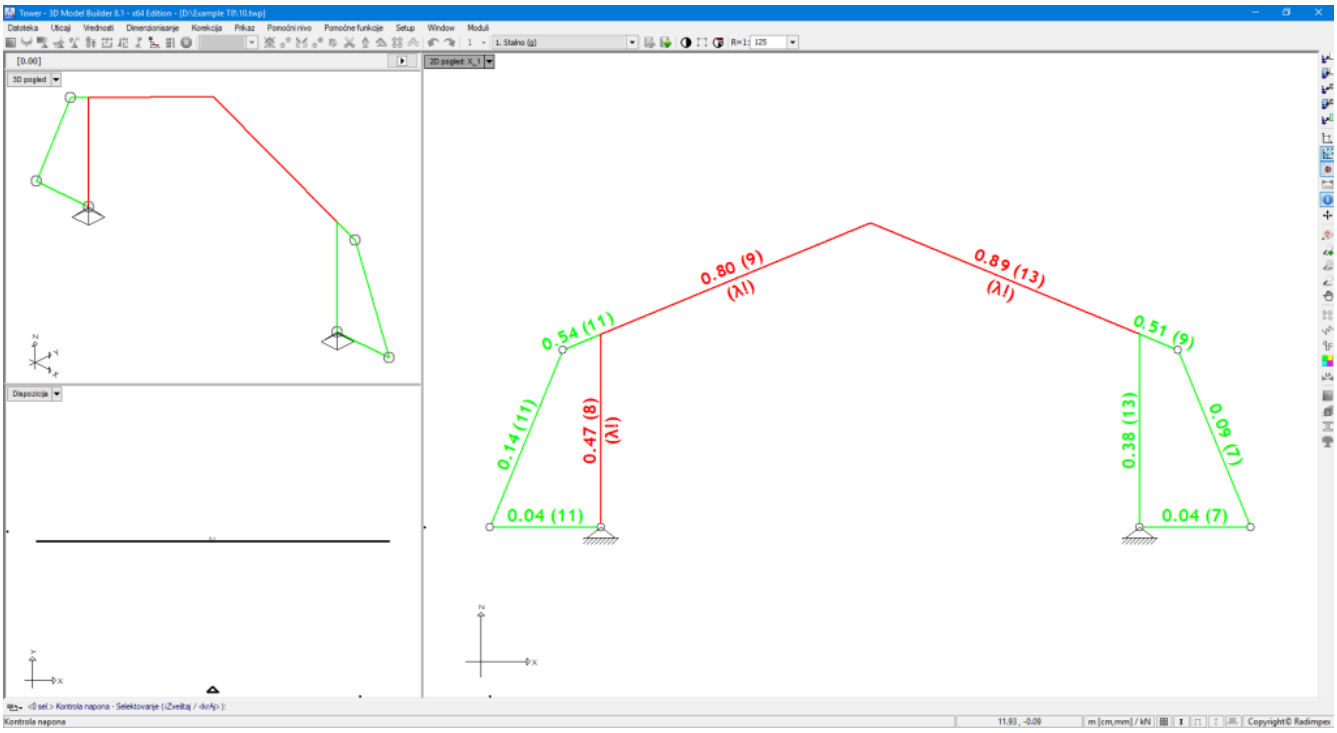
Izborom ove naredbe, program će provesti naponsku kontrolu, i ubrzo će svi štapovi u modelu biti obojani ili zelenom ili crvenom bojom. Zelenom bojom će biti obojani svi štapovi koji zadovoljavaju, a crvenom svi štapovi koji ne zadovoljavaju naponsku kontrolu. Proračun se provodi za normalne, posmične i usporedne napone, i to prema sljedećim izrazima:

$$\sigma stv = N/Ax + My/Wy + Mz/Wz$$

$$\tau stv = Ty(z) /Ay(z)$$

$$\sigma u = (\sigma,stv^2 + 3\tau,stv^2)^{1/2}$$

I za normalni i za posmični napon, program će proračunati odgovarajući koeficijent iskorištenja presjeka, odnosno odnos dopuštenih i stvarnih napona, i na sredini svakog štapa ispisati maksimalnu vrijednost proračunatog koeficijenta iskorištenja presjeka. U produžetku ove vrijednosti u zagradi će biti ispisan i redni broj kombinacije iz koje je došao maksimalni koeficijent iskorištenja. Iako je vjerojatno, već samo po sebi jasno, naglasit ćemo da je idealna vrijednost ovog koeficijenta, po pitanju iskorištenja napona “1.00”, dok će svi štapovi koji ne zadovoljavaju imati vrijednost “> 1.00”, a oni koji zadovoljavaju vrijednost “< 1.00”. Napominjemo da će štapovi koji imaju koeficijent iskorištenja “> 1.00”, biti obojani u zeleno, ako se prekoračenje napona uklapa u toleranciju, zadanu pomoću naredbe “Propisi”.

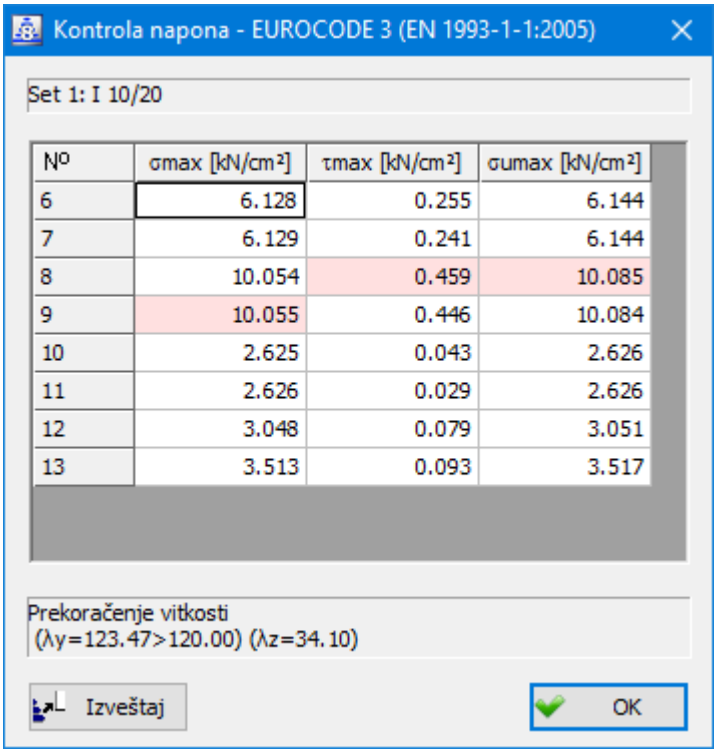


Prikaz koeficijenata iskorištenosti po pitanju dopuštenih napona

Nakon aktiviranja naredbe “Kontrola napona”, kursor dobiva oblik select box-a, a na naredbenoj liniji se javlja poruka kojom se od korisnika očekuje da odabere gredu za koju želi dobiti detaljniji prikaz provedene naponske kontrole.

```
<0 sel.> Kontrola napona - Selektiranje (izvještaj / <krAj>):
```

Nakon odabira željene grede, program će otvoriti dijalog s detaljnim prikazom provedene naponske kontrole i kontrole vitkosti:

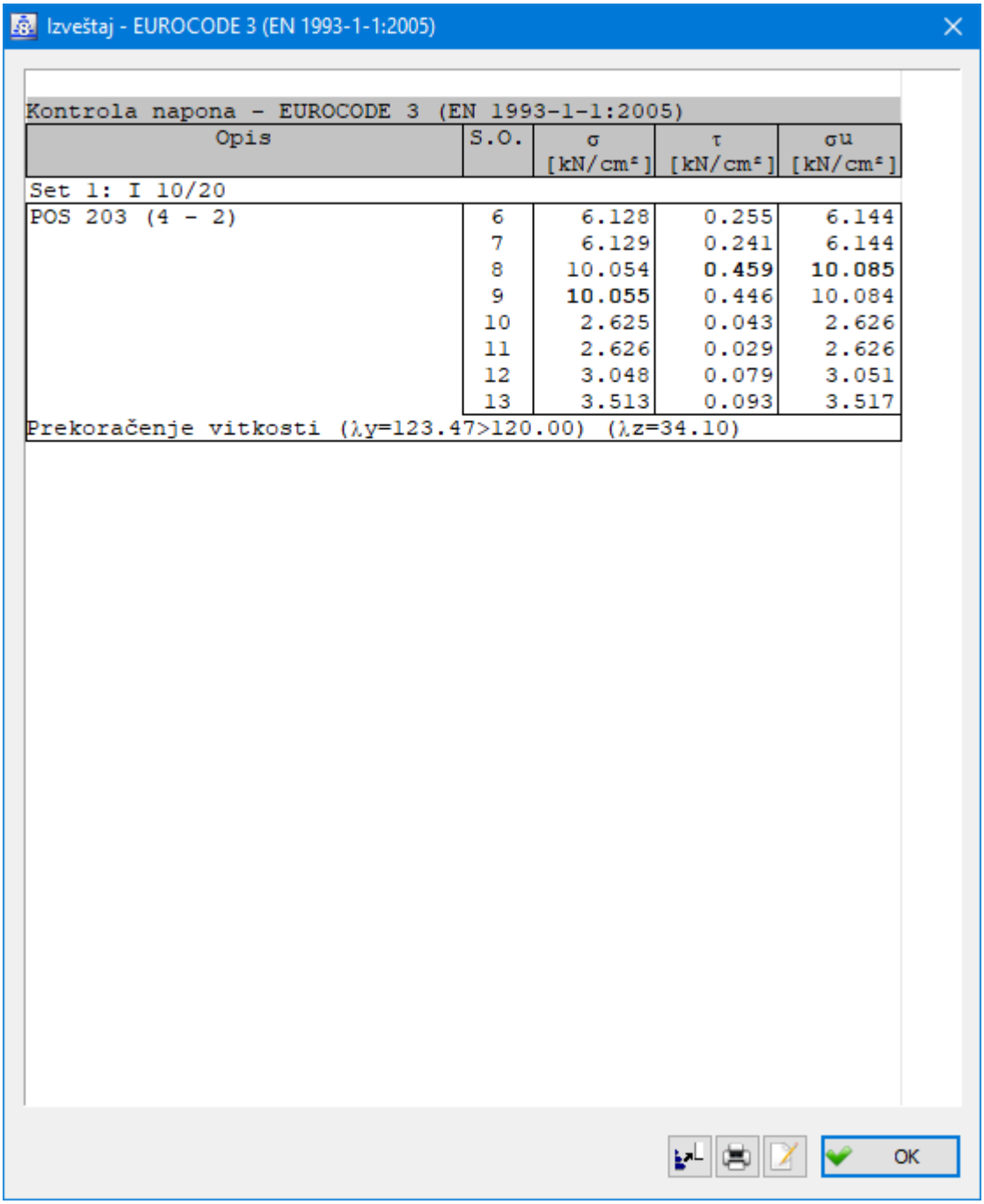


Izgled dijaloškog okvira za prikaz provedene naponske kontrole

U prikazanom list box-u se nalazi onoliko redova koliko je i kombinacija definirano pomoću naredbe “Slučajevi opterećenja”. U stupcu “N°”, ispisuje se redni broj dane kombinacije, a u ostalim stupcima vrijednosti proračunatih napona za danu kombinaciju. Program posebnom bojom markira ekstremne vrijednosti napona, odnosno napon koji odgovara maksimalnom iskorištenju presjeka, jer nekada i manji napon može biti mjerodavan, ako je odgovarajući dopušteni napon smanjen.

U donjem dijelu dijaloga prikazuju se rezultati izvršene kontrole vitkosti selektirane grede.

Za provedenu kontrolu napona i kontrolu vitkosti selektirane grede može se generirati i izvještaj. Za ovu namjenu predviđen je gumb “Izvještaj”, aktiviranjem kojeg se otvara dijalog sljedećeg izgleda:



Dijalog s kreiranim izvještajem naponske kontrole

Generirani izvještaj se prikazuje u centralnom dijelu dijaloškog okvira. U prvom redu se ispisuju set i opis odabrane grede, a u sljedećim redovima proračunata kontrola napona za sve kombinacije opterećenja. U stupcu “Opis” se prikazuju brojevi čvorova mreže konačnih elemenata u početnoj i krajnjoj točki grede, kao i oznaka pozicije, ako je za danu gredu definirana. Redni brojevi kombinacija opterećenja, za koje je izvršena kontrola napona, se prikazuju u stupcu “LC”, a u ostalim stupcima se za svaku kombinaciju ispisuju proračunate vrijednosti normalnih, posmičnih i usporednih napona. Vrijednosti napona koje odgovaraju maksimalnom iskorištenju presjeka su posebno naznačene.

Napominjemo da će program izvršiti kontrolu vitkosti samo ako je korisnik to tražio, uključivanjem odgovarajućih potvrdnih okvira u dijalogu “Kontrola napona i izvijanja”.

Pomoću gumba, koji se nalaze u donjem desnom dijelu dijaloškog okvira, može se izvršiti njegov izvoz u projektnu dokumentaciju, direktno na ispis ili u tekstualnu datoteku.

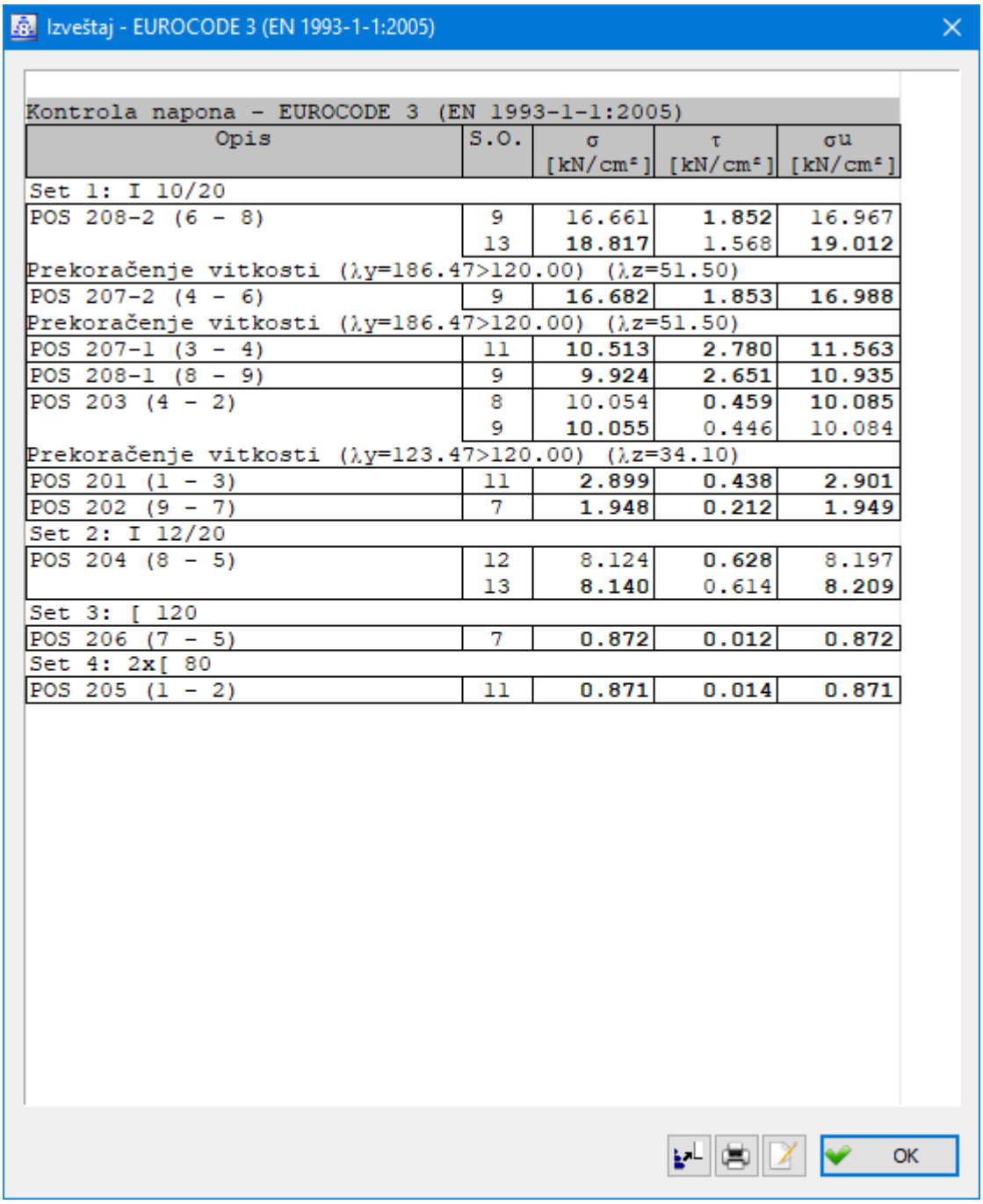
Izvještaj se može istovremeno generirati i za proizvoljan broj odabranih greda. Za ovu namjenu je predviđena podopcija “Izvještaj” s naredbene linije:

```
<0 odab.> Kontrola napona - Odabir (iZvještaj / <krAj>):
```

Izborom ove podopcije program ulazi u standardni postupak odabira entiteta:

<0 odab.> Izvještaj - Odabir (Sve/Prozor/pOligon/pResjek/eXtras/Deselektiranje/<krAj>):

Sada je potrebno da odaberete sve grede za koje želite kreirati izvještaj kontrole napona. Po završetku odabira program će generirati izvještaj i prikazat će ga u istom dijaloškom okviru kao kod kreiranja izvještaja iz dijaloškog okvira za kontrolu napona.



Kontrola napona - EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005)

Opis	S.O.	σ [kN/cm²]	τ [kN/cm²]	σu [kN/cm²]
Set 1: I 10/20				
POS 208-2 (6 - 8)	9	16.661	**1.852**	16.967
	13	**18.817**	1.568	**19.012**
Prekoračenje vitkosti (λy=186.47>120.00) (λz=51.50)				
POS 207-2 (4 - 6)	9	**16.682**	**1.853**	**16.988**
Prekoračenje vitkosti (λy=186.47>120.00) (λz=51.50)				
POS 207-1 (3 - 4)	11	**10.513**	**2.780**	**11.563**
POS 208-1 (8 - 9)	9	**9.924**	**2.651**	**10.935**
POS 203 (4 - 2)	8	10.054	**0.459**	**10.085**
	9	**10.055**	0.446	10.084
Prekoračenje vitkosti (λy=123.47>120.00) (λz=34.10)				
POS 201 (1 - 3)	11	**2.899**	**0.438**	**2.901**
POS 202 (9 - 7)	7	**1.948**	**0.212**	**1.949**
Set 2: I 12/20				
POS 204 (8 - 5)	12	8.124	**0.628**	8.197
	13	**8.140**	0.614	**8.209**
Set 3: [120				
POS 206 (7 - 5)	7	**0.872**	**0.012**	**0.872**
Set 4: 2x[80				
POS 205 (1 - 2)	11	**0.871**	**0.014**	**0.871**

Dijaloški okvir s kreiranim izvještajem kontrole napona

Format izvještaja je potpuno isti kao kod izvještaja koji se generira iz dijaloškog okvira za kontrolu napona, ali se u njemu za svaku od odabranih greda prikazuju samo vrijednosti napona koje odgovaraju maksimalnom iskorištenju presjeka.

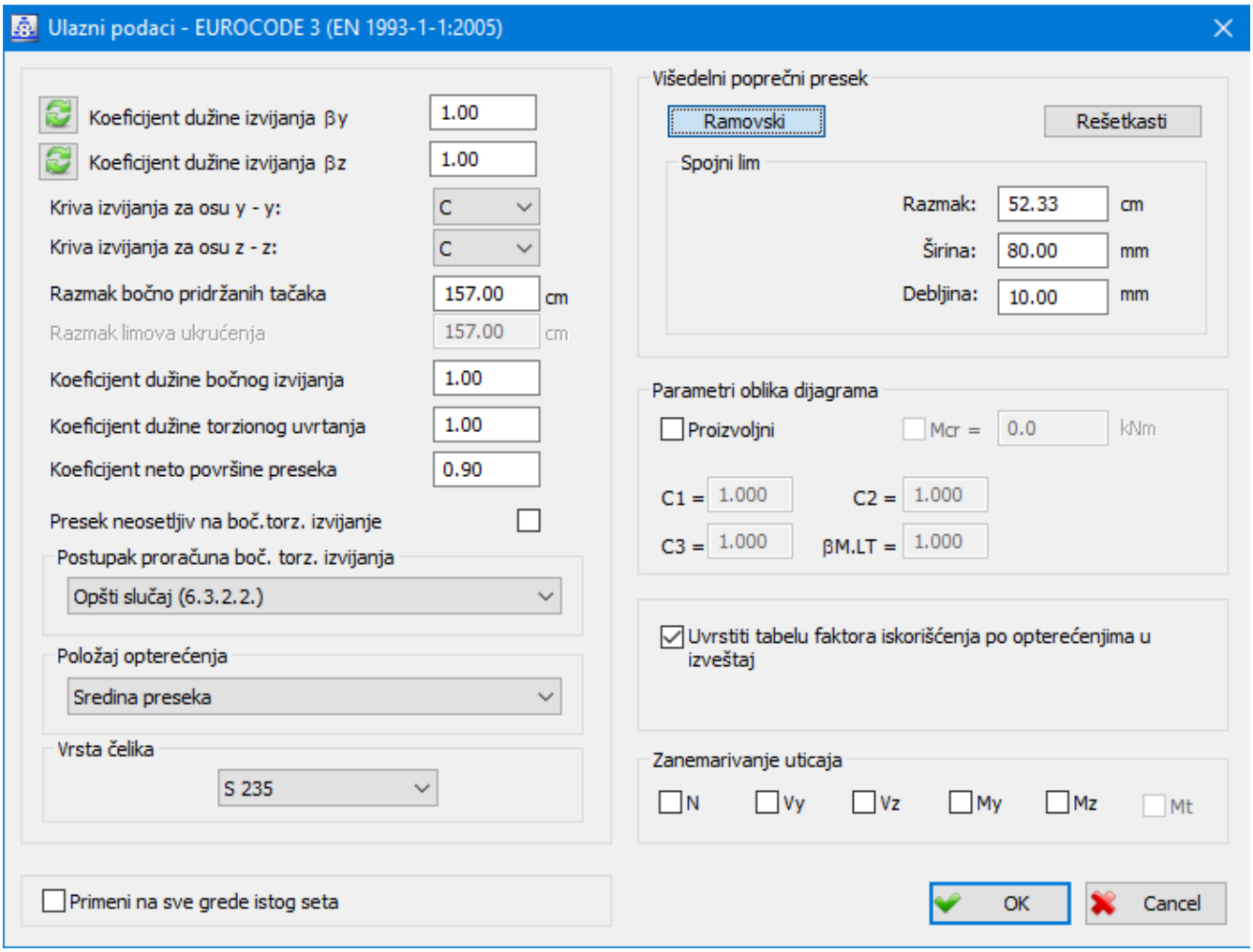
Aktiviranjem gumba “OK”, zatvara se ovaj dijaloški okvir, a program će s naredbene linije zahtijevati da odaberete sljedeću gredu, sve dok desnim klikom miša ne označite kraj ove naredbe.

10.4 Ulazni podaci EUROCODE

Ova naredba služi za definiranje ulaznih podataka koje će program koristiti u postupku kontrole stabilnosti. Njenim izborom, program ulazi u postupak odabira, a na naredbenoj liniji se javlja poruka:

<0 sel.> Ulazni podaci za grede - Selektiranje (Sve / Prozor / pOligon / presjek / eXtras / Grupe selekcije / Zadnja selekcija / Deselektiranje / <krAj>):

Sam postupak odabira je potpuno isti kao i u ostalim naredbama u programu, i program će biti u postupku selekcije sve dok ne kliknete na desni gumb miša, nakon čega će se otvoriti dijaloški okvir za definiranje ulaznih podataka.



Izgled dijaloškog okvira za definiranje ulaznih podataka

Koje podatke je moguće zadavati u dijaloškom okviru ovisi isključivo o vrsti presjeka (je li jednodijelni ili višedijelni, i ako je jednodijelni je li zavareni ili ne), i o tome je li odabran samo jedan štap ili više njih. Prvo ćemo objasniti značenje svakog od ulaznih podataka.

Koeficijenti duljine izvijanja (zadaje se za sve oblike poprečnog presjeka štapa) Za odabrani štap, u okvirima za upis “βz” i “βy” zadaju se koeficijenti duljine izvijanja oko lokalne “Z”, odnosno lokalne “Y” osi štapa (ako se radi o “L” profilima tada se zadaju koeficijenti duljine izvijanja oko glavne “ξ”, odnosno “η” osi presjeka). Programski se za ove vrijednosti usvaja vrijednost “1”, a na korisniku je da sam promijeni ove vrijednosti. Pored zadavanja duljina izvijanja u relativnom smislu (zadavanjem koeficijenta duljine izvijanja), omogućeno je i zadavanje duljine izvijanja štapa u apsolutnom iznosu. Naime, aktiviranjem ikone  naziv okvira za upis se mijenja u “Dužina izvijanja”, a u njemu se ispisuje apsolutna vrijednost duljine izvijanja

Krivulja izvijanja (zadaje se za sve oblike poprečnog presjeka štapa) Ovisno o obliku poprečnog presjeka štapa, program točno usvaja odgovarajuću krivulju izvijanja prema standardu, kako za “z-z” tako i za “y-y” osi, s tim što Vam ipak ostavlja i mogućnost da iz padajućeg popisa, koji se otvara klikom miša na strelicu s desne strane odgovarajućeg okvira za upis, odaberete i neku drugu krivulju izvijanja.

Razmak bočno pridržanih točaka (zadaje se za sve oblike poprečnog presjeka štapa) Ovaj podatak je potreban za proračun bočnog izvijanja, i program prema zadanim postavkama za njegovu vrijednost postavlja stvarnu duljinu štapa. Napominjemo da se proračun bočnog izvijanja može isključiti ako za ovaj podatak zadate vrijednost “0”.

Razmak limova ukrućenja (zadaje se samo za jednodijelne zavarene presjeke) Ovaj podatak je potreban za proračun izbočivanja i bit će dostupan za zadavanje samo ako je odabran štap zavarenog poprečnog presjeka. Za ostale tipove poprečnog presjeka, u proračunu se za razmak limova ukrućenja uvijek usvaja cijela duljina štapa.

Koeficijent duljine bočnog izvijanja (zadaje se za sve oblike poprečnog presjeka štapa) Ovaj podatak je potreban za proračun bočnog torzijskog izvijanja, i odnosi se na okretanje krajnjeg presjeka u ravnini.

Koeficijent duljine torzijskog uvijanja (zadaje se za sve oblike poprečnog presjeka štapa) Ovaj podatak je potreban za proračun bočnog torzijskog izvijanja, i odnosi se na iskrivljenje krajnjeg presjeka

Koeficijent neto površine presjeka (zadaje se za sve oblike poprečnog presjeka štapa) Ovaj koeficijent reducira bruto površinu presjeka pri proračunu.

Presjek neosjetljiv na bočno-torzijsko izvijanje Budući da su neki presjeci, npr. cjevasti presjeci i kvadratne kutije, neosjetljivi na bočno-torzijsko izvijanje, te za njih nema potrebe ni raditi danu provjeru, program omogućava izostavljanje ove provjere. Stanje potvrdnog okvira “Presjek neosjetljiv na boč.torz. izvijanje” određuje hoće li se vršiti provjera nosivosti na bočno-torzijsko izvijanje ili ne. Napominjemo, da se ovaj potvrdni okvir pojavljuje samo u slučaju da je u dijalogu za propis (vidi poglavlje 10.1) postavljen EUROCODE 3 (EN 1993-1-1:2005).

Postupak proračuna bočno-torzijskog izvijanja Padajući popis iz kojeg se vrši izbor jednog od ponuđenih postupaka za proračun bočno-torzijskog izvijanja:

- Opći slučaj (6.3.2.2)
- Valjani i zavareni I nosači (6.3.2.3)

Položaj opterećenja (zadaje se za sve oblike poprečnog presjeka štapa) Padajući popis iz kojeg se vrši izbor jednog od ponuđenih položaja opterećenja (i ovaj se podatak koristi pri proračunu bočnog izvijanja):

- Gornji pojas
- Sredina presjeka
- Donji pojas

Vrsta čelika Izborom iz padajućeg popisa jedne od ponuđenih opcija mijenja se vrsta čelika, tako da se sada mogu analizirati i konstrukcije napravljene od više vrsta čelika.

Tip štapa (zadaje se samo za višedijelne presjeke) Ova grupa ulaznih podataka će biti dostupna samo ako se odabere štap višedijelnog poprečnog presjeka. Postavljanjem na uključeno stanje jednog od ponuđena dva prekidača, definira se radi li se o okvirnom ili rešetkastom štapu.

Okvirni štap

Razmak spojnih limova Program prema zadanim postavkama za ovu vrijednost usvaja trećinu stvarne duljine štapa, te je na vama da u okviru za upis “Razmak:” zadate stvarni razmak spojnih limova.

Širina U okviru za upis “Širina:”, zadaje se dimenzija spojnog lima u pravcu pružanja štapa

Debljina U okviru za upis “Debljina:”, zadaje se debljina spojnog lima

Rešetkasti štap

Razmak štapova ispune Program prema zadanim postavkama za ovu vrijednost usvaja trećinu stvarne duljine štapa, te je na vama da u okviru za upis “Razmak:” zadate stvarni razmak između čvorova rešetkaste ispune.

Proračunska površina Ovisno o sustavu ispune, a prema važećem standardu, potrebno je u okviru za upis “Površina:” zadati proračunski presjek dijagonale **Ar**.

Radijus inercije U okviru za upis “Radijus inercije:”, treba zadati vrijednost polumjera inercije za slabiju os štapa ispune.

Parametri oblika dijagrama - Omogućeno je utjecanje na način određivanja parametara ovisnih o obliku dijagrama. Kada se potvrdni okvir “Proizvoljni” postavi na uključeno stanje mogu se unijeti koeficijenti “C1”, “C2”, “C3”, i “βM.LT” koji će se koristiti u kontroli stabilnosti. Kada je ovaj potvrdni okvir isključen, program će koeficijente određivati automatski, za svaki slučaj opterećenja prema njegovom obliku dijagrama momenata.

Mcr Kad se potvrdni okvir “Proizvoljni” postavi na uključeno stanje može se uključiti i potvrdni okvir “Mcr” i u odgovarajuće polje za upis zadati vrijednost kritičnog momenta za bočno-torzijsko izvijanje. Uključivanjem potvrdnog okvira “Mcr”, postaju neaktivna polja za upis za zadavanje koeficijenata “C1”, “C2”, “C3”, i “βM.LT”.

torziono izvijanje. Uključivanjem check box-a "Mcr", postaju neaktivna edit polja za zadavanje koeficijenata "C1", "C2", "C3", i "βM.LT".

Izvještaj kontrole stabilnosti svakog štapa, sada može sadržati i tablicu koeficijenata iskorištenja štapa po svim kombinacijama. Uključivanje ove tablice u izvještaj vrši se pomoću potvrdnog okvira “Uvrstiti tabelu faktora iskorištenja po opterećenjima u izvještaj”

Zanemarivanje utjecaja - Kontrola stabilnosti može se provoditi uz zanemarivanje jednog ili više utjecaja. Na korisniku je da odredi koji su to utjecaji i da vodi računa da pri tome ne napravi pogrešku.

Potvrdni okvir čijim je postavljanjem na uključeno stanje omogućeno dodjeljivanje istih ulaznih podataka svim gredama koje pripadaju istom setu.

Na početku ovog dijela uputstva smo već rekli, da će grupa podataka dostupna za unos, ovisiti kako o vrsti poprečnog presjeka odabranog štapa, tako i o tome je li odabran jedan ili više štapova. Ako je odabran samo jedan štap, tada će u dijaloškom okviru biti dostupni samo podaci koji su predviđeni za dani oblik

poprečnog presjeka, te je nakon zadavanja željenih ulaznih podataka dovoljno aktivirati samo gumb “OK”. Međutim, kako na modelu može biti puno štapova, tada je sigurno mnogo praktičnije odabrati više štapova, koji imaju barem jedan dio ulaznih podataka isti, čime se postupak zadavanja ulaznih podataka znatno ubrzava. U tom slučaju, dostupni će biti samo podaci koji su zajednički za odabrane štapove.

Kako se dimenzioniranje vrši za više kombinacija istovremenog djelovanja osnovnih slučajeva opterećenja, to u fazi definiranja ulaznih podataka pojedini ulazni podaci mogu biti i suvišni, budući da se područje naprezanja u ovom trenutku ne zna, a lako je moguće i da jedan isti štap u jednoj kombinaciji na primjer bude tlačni a u drugoj vlačni. Postoji i očitiji primjer, da program za ulazni podatak uvijek traži duljine izvijanja štapa a da dani štap recimo ni u jednoj kombinaciji ne bude uopće tlačni. U ovakvim slučajevima suvišni ulazni podaci neće utjecati na dimenzioniranje, pa je potpuno svejedno koju vrijednost ćete im pridružiti.

SIA 263

Kada se dimenzioniranje čelika vrši po SIA 263 propisu, u dijelu dijaloga “Parametri oblika dijagrama” zadaju se i koeficijenti ωY i ωZ.

HRN

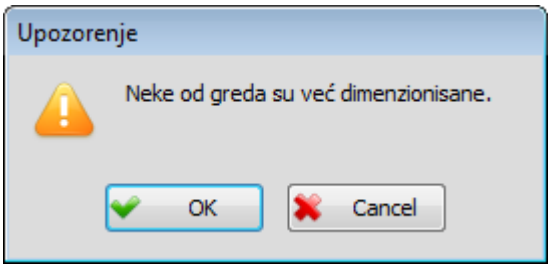
Za dimenzioniranje po HRN-u, koeficijenti duljine bočnog izvijanja i duljine torzijskog uvijanja se ne zadaju, ali je zato potrebno zadati podatak o razmaku viličastih ležajeva. Ovaj podatak je potreban za proračun bočnog izvijanja, i program prema zadanim postavkama za njegovu vrijednost postavlja stvarnu duljinu štapa. Osim toga, u okviru ulaznih podataka za proračun po HRN-u, nije potrebno zadati ni podatak o koeficijentu neto površine presjeka. Parametri oblika dijagrama se po HRN-u definiraju zadavanjem koeficijenata “β”, “ε” i “ρ”, a vrsta čelika se umjesto izborom iz liste, određuje zadavanjem čvrstoće čelika u odgovarajućem okviru za upis “σv=”. “Skraćeni izvještaj bez nemjerodavnih izvještaja” - Postavljanjem ovog potvrdnog okvira na uključeno stanje može se dobiti skraćeni izvještaj dimenzioniranja čelika, tako što će biti izostavljeni svi izvještaji za bočno izvijanje i izbočivanje limova ako oni nisu mjerodavni, odnosno nisu kritični. Svi ostali ulazni podaci imaju potpuno isto značenje kao i kod Eurokoda.

10.5 Kontrola stabilnosti

Kada ste definirali sve ulazne podatke, izborom naredbe “Kontrola stabilnosti” ulazi se prvo u standardni postupak odabira.

<0 sel.> Kontrola stabilnosti - Selektiranje (Sve / Prozor / pOligon / pResjek / eXtras / Grupe selekcije / Zadnja selekcija / Deselektiranje / <krAj>):

Naime, sada se očekuje da odaberete sve štapove za koje želite izvršiti dimenzioniranje. Po završetku postupka odabira, program će prvo provjeriti jesu li odabrani štapovi već ranije dimenzionirani i u tom slučaju će dati odgovarajuće upozorenje.



U ovom slučaju imate mogućnost da odustanete, ili pak da izborom gumba “OK” nastavite naredbu za dimenzioniranje svih prethodno odabranih štapova. Nakon završenog dimenzioniranja, program će biti spreman za obradu rezultata proračuna, o čemu će biti riječi u sljedećem poglavlju.

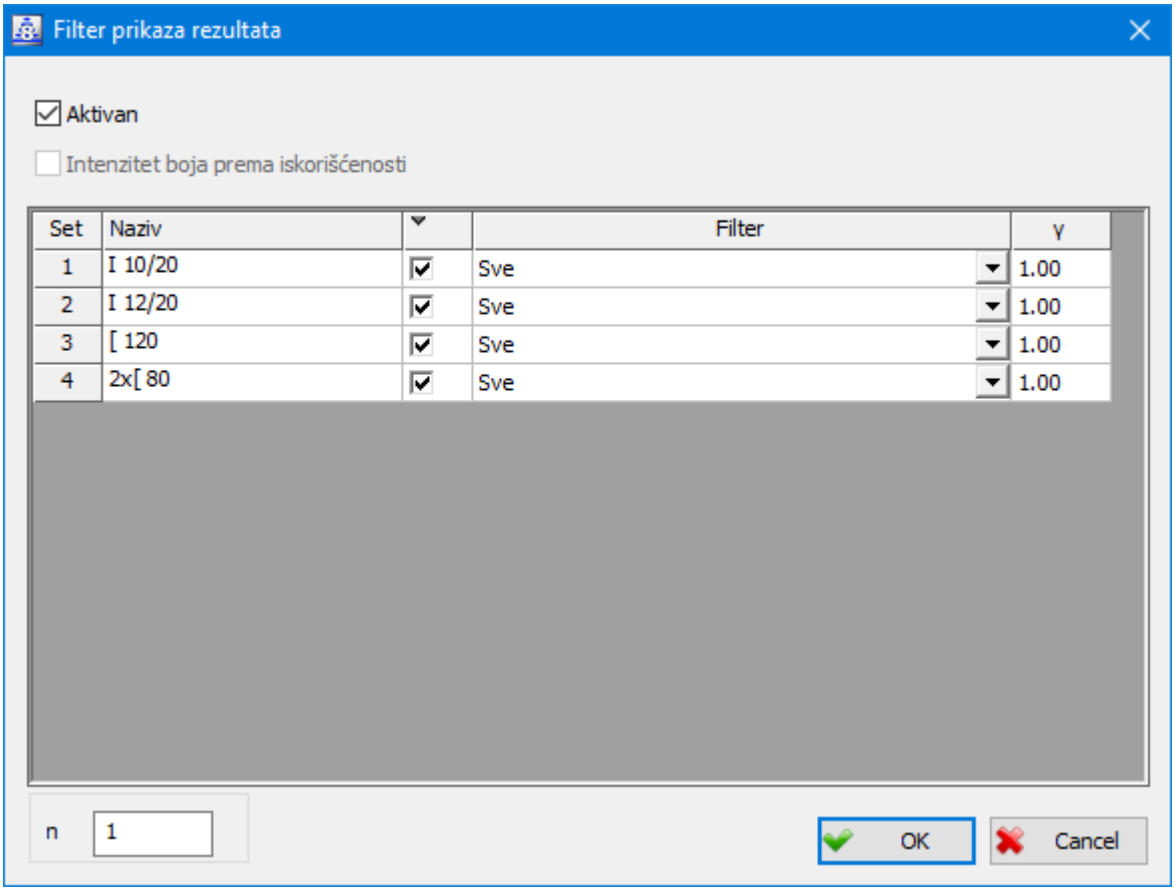
10.6 Prikaz rezultata

Izborom ove naredbe, program sve štapove, za koje je prethodno provedena kontrola stabilnosti, boja zelenom, odnosno crvenom bojom. S gornje strane štapa se ispisuje koeficijent iskorištenja presjeka, čije je značenje potpuno isto kao u naredbi “Kontrola napona”. Naime idealna vrijednost je “1.00”, dok štapovi koji ne zadovoljavaju imaju vrijednost “> 1.00”, a oni koji zadovoljavaju vrijednost “< 1.00”. Nakon aktiviranja naredbe “Prikaz rezultata”, na naredbenoj liniji se javlja i poruka:

```
<0 sel.> Prikaz rezultata - Selektiranje (Filter/<krAj>):
```

Sada se od korisnika očekuje da selektira proizvoljan štap ili da izabere neku od ponuđenih podopcija s naredbene linije.

U “Tower-u” je omogućeno da se korištenjem odgovarajućih filtera za prikaz dimenzioniranih štapova mogu za svaki set greda prikazati samo oni štapovi koji imaju iskorištenost u zadanom opsegu kao i štapovi s ekstremnim iskorištenjima. Na taj način program će sve štapove jednog seta, za koje je provedena kontrola stabilnosti, a koji ne zadovoljavaju zadani filter obojiti plavom bojom. U suprotnom, ako zadovoljavaju zadani filter, štapovi će se obojiti zelenom bojom ako imaju koeficijent iskorištenja “< 1.00”, odnosno crvenom bojom ako imaju koeficijent iskorištenja “> 1.00”. Nedimenzionirane štapove program će obojiti bijelom bojom.



Izgled dijaloga za definiranje filtera za prikaz dimenzioniranih štapova

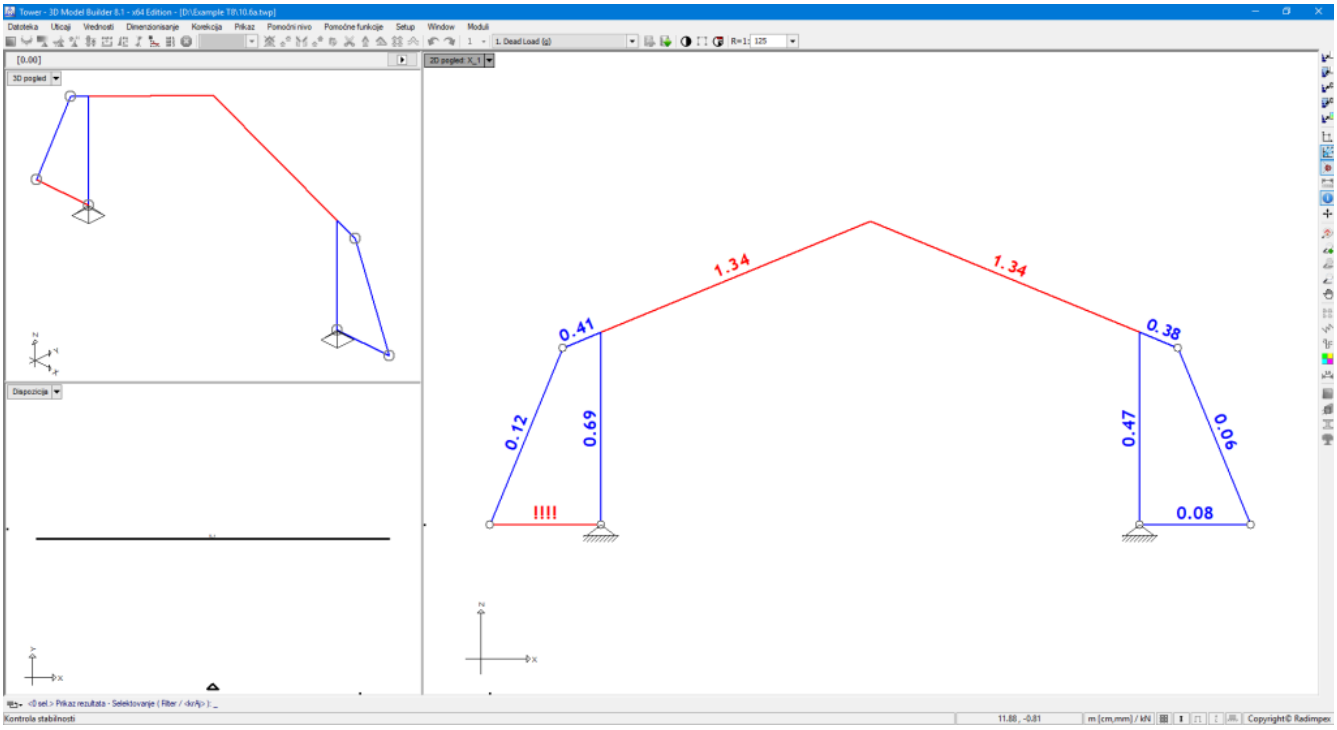
“Aktivan” Potvrdni okvir čijim postavljanjem na uključeno stanje definirani filteri u ovom dijalogu će utjecati na prikaz dimenzioniranih štapova.

“Set” Stupac s rednim brojevima setova čeličnih presjeka koji se nalaze u datoteci.

“Naziv” Stupac s opisima setova čeličnih presjeka koji se nalaze u datoteci. Iza ovog stupca se nalazi stupac s potvrdnim okvirima koji određuje za koji set greda će se filter primjenjivati. Desnim klikom miša na ovaj stupac otvara se izbornik s opcijama “Uključi sve” i “Isključi sve”, čijim izborom imate mogućnost uključiti, odnosno isključiti filter za sve setove.

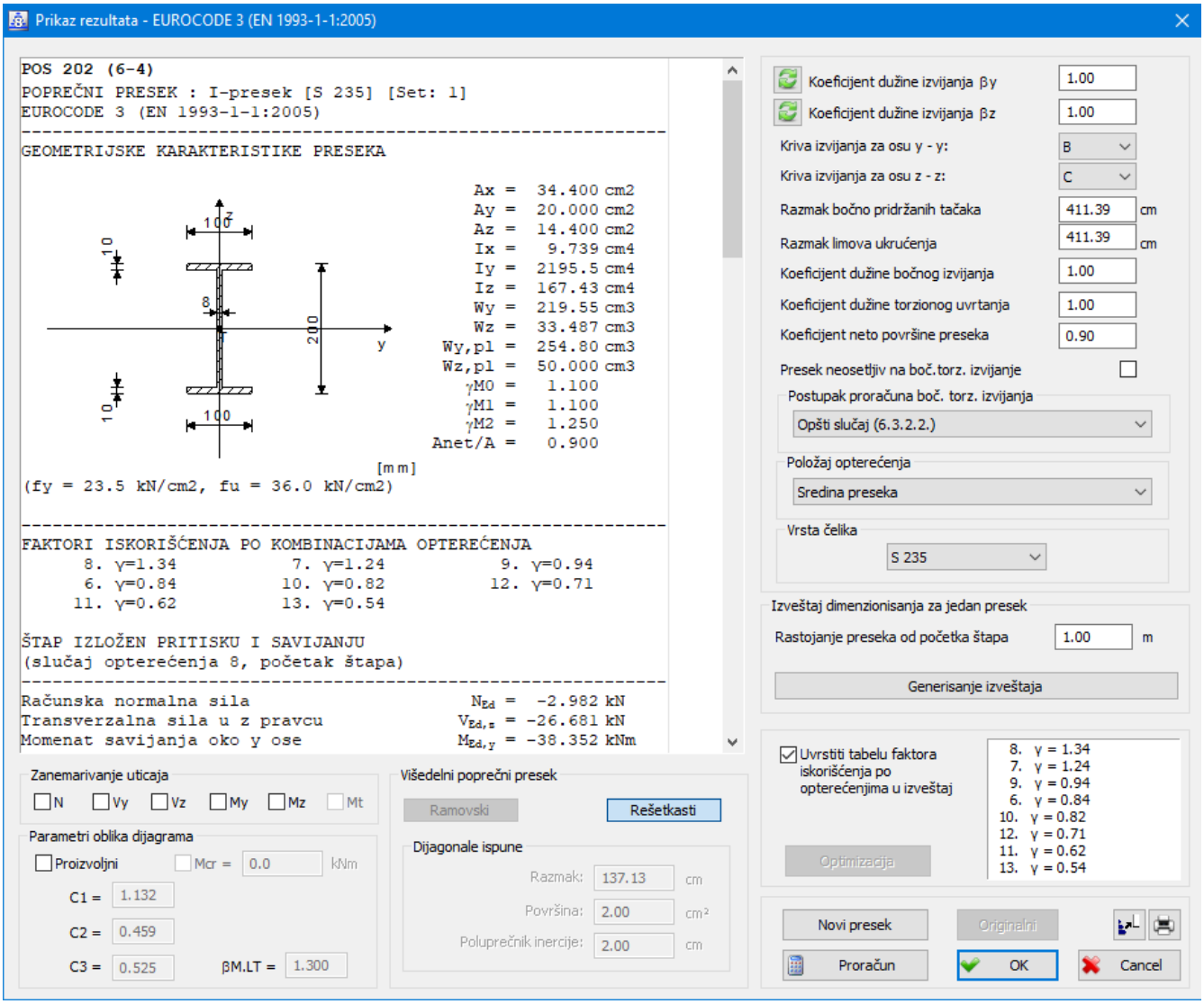
“Filter” Klikom na strelicu koja se nalazi s desne strane ovog padajućeg popisa, otvara se izbornik s ponuđenim filterima: “Sve”, “Samo n ekstremnih”, “Samo sa iskorištenosti većom od γ”, “Samo sa iskorištenosti manjom od γ”. “Sve” - označava da će svi štapovi tog seta biti prikazani ne koristeći filter. “Samo n ekstremnih” - označava da će se prikazivati samo n štapova jednog seta, s najvećim faktorom iskorištenja. U polje za upis “n” korisnik zadaje taj broj štapova. “Samo sa iskorištenosti većom od γ” - označava da će se za svaki set štapova prikazati samo oni koji imaju iskorištenost veću od one koju korisnik zadaje u polju za upis “γ”. “Samo sa iskorištenosti manjom od γ” - označava da će se za svaki set štapova prikazati samo oni koji imaju iskorištenost manju od one koju korisnik zadaje u polju za upis “γ”.

Aktiviranjem gumba “OK” dijalog se zatvara, a svi zadani filteri se primjenjuju u modelu, tako što se štapovi boje odgovarajućim bojama.



Izabran je filter za prikazivanje štapova s koeficijentom iskorištenja većim od 1, zbog čega su štapovi s iskorištenjem manjim od 1 obojeni plavom bojom

Nakon pokretanja naredbe i izbora proizvoljnog štapa s crteža otvara se dijalog sljedećeg izgleda:



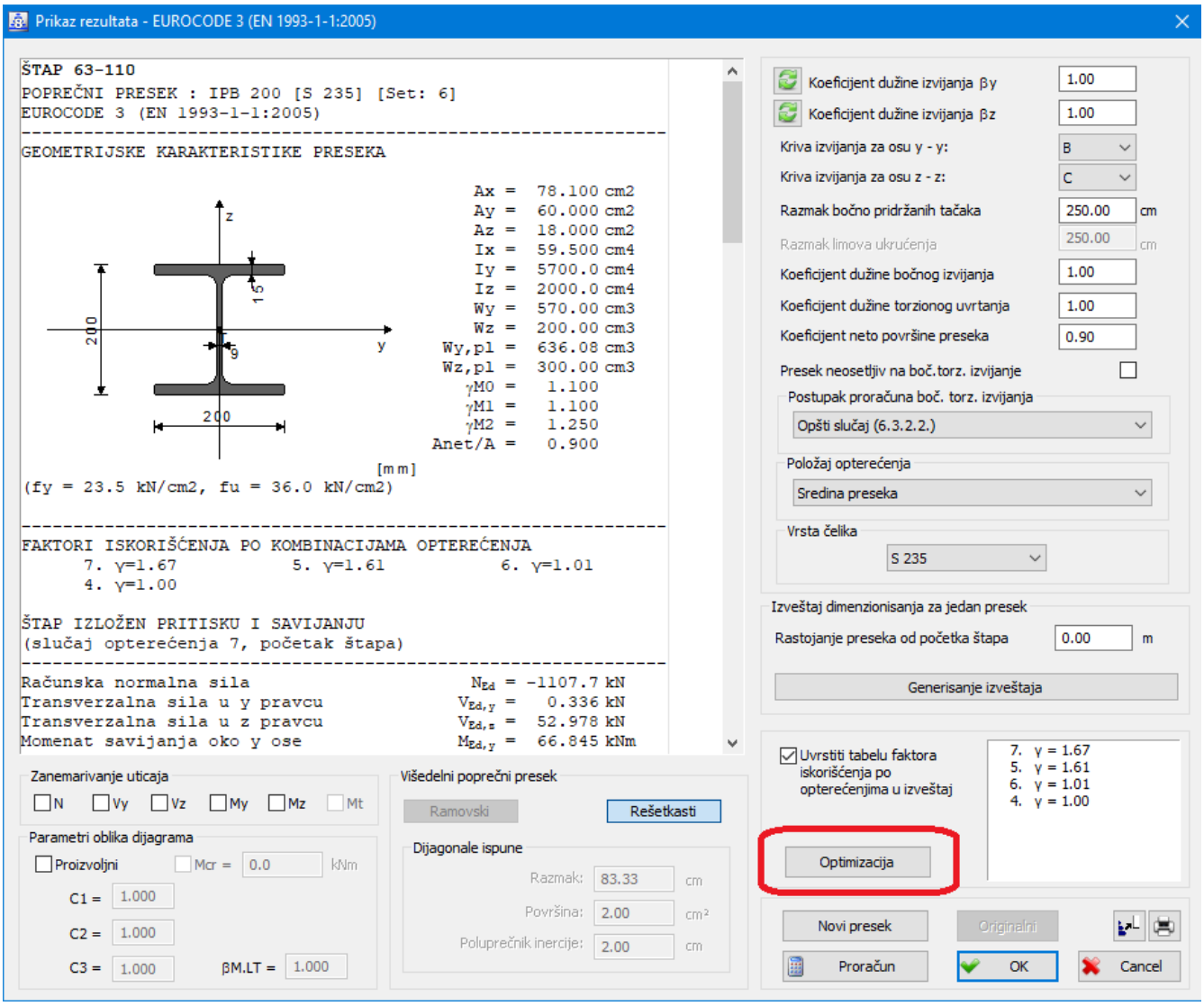
Izgled dijaloškog okvira za detaljan prikaz rezultata dimenzioniranja

U donjem dijelu dijaloškog okvira se nalaze svi ulazni podaci za odabrani štap, a u donjem desnom dijelu dijaloga se kao orijentacijske vrijednosti prikazuju koeficijenti iskorištenosti presjeka (γ) za svaku od zadanih kombinacija posebno. U gornjem dijelu dijaloškog okvira se nalazi detaljan prikaz provedenog postupka dimenzioniranja. Promjena tekućeg sadržaja ovog prozora se može vršiti pomoću scroll trake s njegove desne strane, a mogu se koristiti i tipke “PgUp”, “PgDn”, kao i kursorske strelice “↑”, “↓”, ali pod uvjetom da je fokus na tom prozoru. Ako vam ove tipke ne reagiraju, onda je dovoljno da mišem kliknete na bilo koje mjesto unutar prozora predviđenog za prikaz rezultata dimenzioniranja, što će dovesti do promjene fokusa, a samim tim će i tipke za pomicanje proraditi.

U slučaju da želite promijeniti ulazne podatke za dani štap, ne morate izlaziti iz ove naredbe i pokretati ponovno naredbu “Ulazni podaci”, već je dovoljno da u ovom dijaloškom okviru izvršite sve potrebne izmjene i potom aktivirate gumb “Proračun”. Nakon ove operacije program će za odabrani štap provesti ponovni proračun uzimajući u obzir sve izvršene izmjene u ulaznim podacima. Iz ovoga proizlazi i zaključak da korištenje naredbe “Ulazni podaci” i nije potrebno ako želite dimenzionirati jedan po jedan štap. U tom slučaju je dovoljno bez prethodnog aktiviranja naredbe “Ulazni podaci”, aktivirati naredbu “Kontrola stabilnosti”, i ne obazirući se na provedeno dimenzioniranje u prvom koraku, odabrati jedan po jedan štap, u ovom dijaloškom okviru zadavati potrebne ulazne podatke i vršiti ponovno dimenzioniranje.

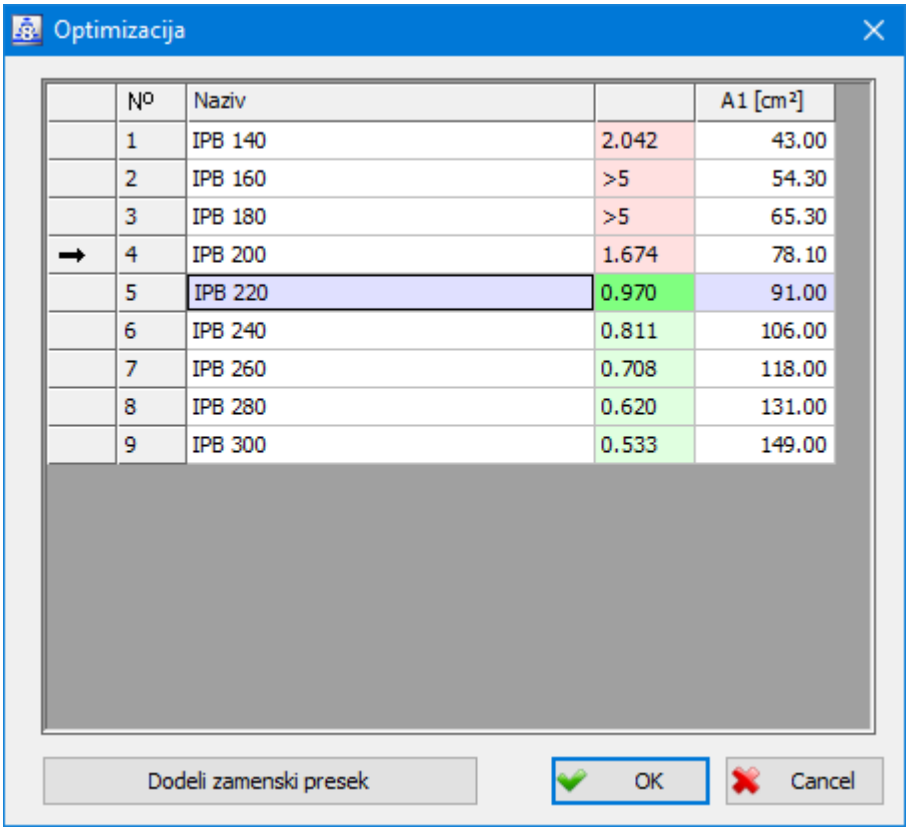
Ako Vam štap ne zadovoljava, tako da promjenom nijednog od ulaznih podataka koji se odnosi na konstruktivno rješavanje problema (na primjer promjena razmaka bočno pridržanih točaka, razmak spojnih limova, i slično), ne može proći sve potrebne kontrole, tada je rješenje svakako u promjeni poprečnog presjeka štapa. Kako će promjena poprečnog presjeka štapa dovesti do preraspodjele statičkih utjecaja na cijelom modelu, u tim slučajevima je potrebno da se vratite u modul za unos podataka, da promijenite poprečni presjek štapa, da provedete ponovni proračun statičkih utjecaja, i svakako ponovno dimenzionirate sve štapove na modelu. Međutim, ako je Vaša procjena da promjena poprečnog presjeka neće dovesti do značajnije preraspodjele statičkih utjecaja na cijelom modelu, to program nudi mogućnost da promijenite poprečni presjek i bez ponovnog proračuna konstrukcije. Za tu namjenu predviđen je gumb “Novi presjek”. Njegovim aktiviranjem, otvara se dijaloški okvir koji je identičan dijaloškom okviru za definiranje poprečnih presjeka greda u modulu za unos podataka. Tu možete promijeniti poprečni presjek i potom pomoću gumba “Proračun”, zahtijevati novo dimenzioniranje odabranog štapa, za stare statičke utjecaje, ali s novim karakteristikama poprečnog presjeka. Napominjemo da će ovako promijenjeni poprečni presjek biti tretiran samo u modulu za dimenzioniranje čeličnih presjeka, dok će u svim ostalim naredbama, program raditi samo s originalnim presjekom, koji je zadan u modulu za unos podataka, i za koji su proračunati statički utjecaji. U slučaju da želite odustati od promjene poprečnog presjeka, dovoljno je da aktivirate gumb “Originalni presjek”. Njegovim izborom, prethodno promijenjeni poprečni presjek će biti zamijenjen originalnim.

Optimizacija



Gumb “Optimizacija” u dijalogu za detaljan prikaz rezultata dimenzioniranja

Odabirom ovog gumba otvara se dijalog u kojem je moguće, na temelju rezultata optimizacije poprečnih presjeka, trenutno odabranom štapu umjesto tekućeg seta grede postaviti zamjenjujući presjek.



Dijalog za izbor zamjenjujućeg presjeka

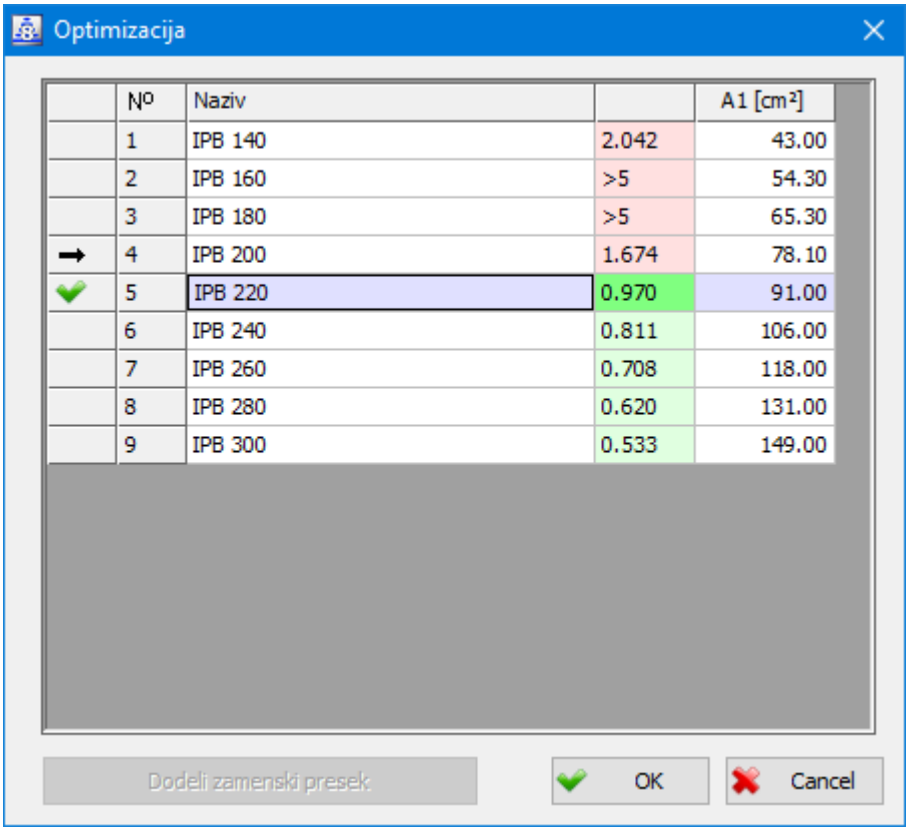
N° Stupac s rednim brojevima zamjenjujućih presjeka odabranog štapa, za koje je urađena kontrola stabilnosti u procesu optimizacije poprečnih presjeka. Ispred rednog broja originalnog presjeka nalazi se strelica ➡ ().

Naziv Stupac s opisima setova zamjenjujućih presjeka odabranog štapa.

γ Stupac s faktorima iskorištenja zamjenjujućih presjeka za koje je urađena kontrola stabilnosti u procesu optimizacije poprečnih presjeka. Ovisno o tome zadovoljavaju li zamjenjujući presjeci ili ne, ćelije danog stupca bit će različito obojene:

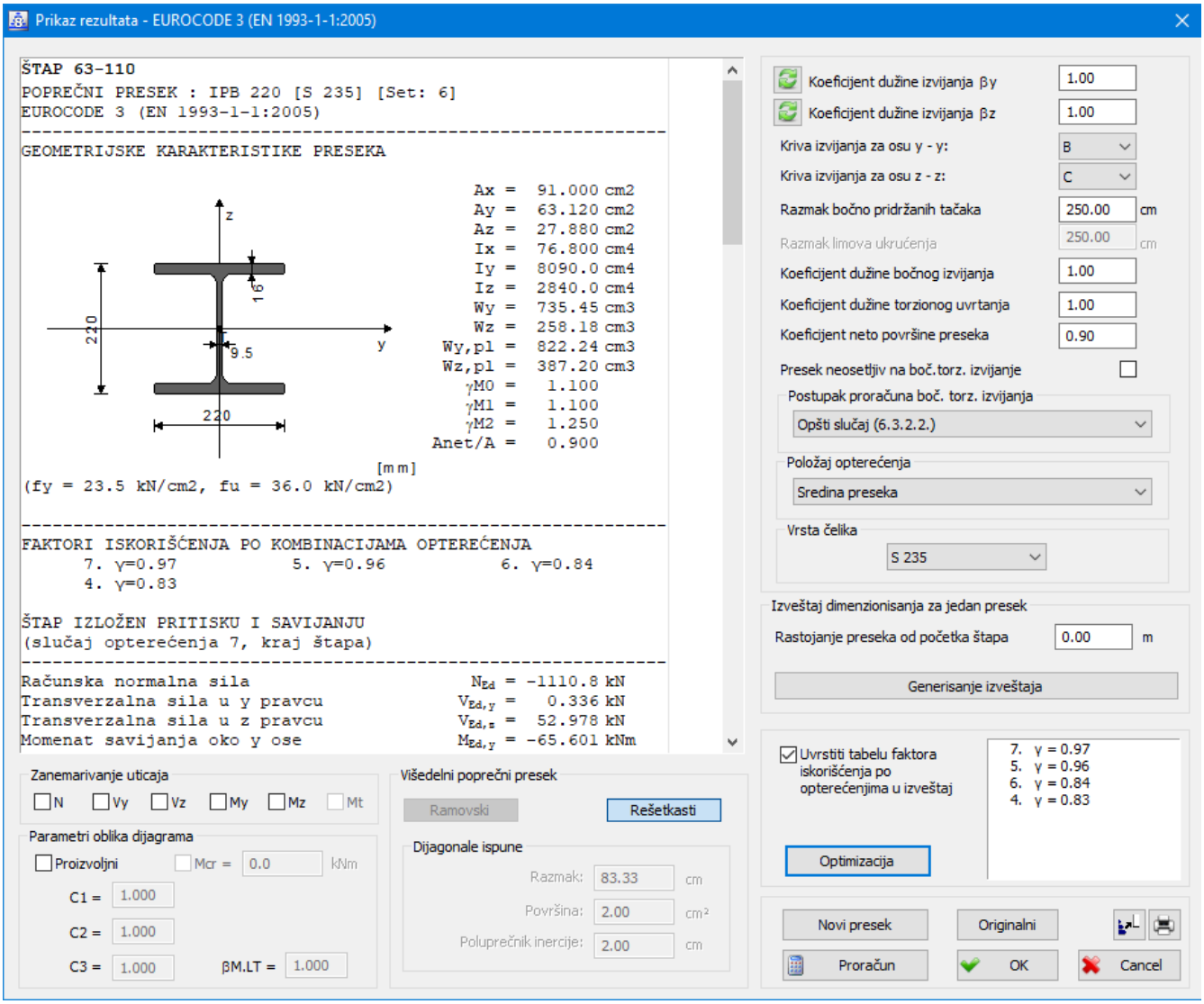
A1 [cm2] Stupac u kojem su prikazane površine zamjenjujućih poprečnih presjeka.

Odabirom željenog presjeka iz liste i aktiviranjem ovog gumba, odabranom štapu bit će dodijeljen zamjenjujući presjek, a u stupcu ispred njegova rednog broja pojavit će se simbol ✔ “”:



Odabranoj gredi je dodijeljen zamjenjujući presjek

Aktiviranjem gumba “OK”, dijalog će biti zatvoren, a program će se vratiti na dijalog za prikaz rezultata, u kojem će sad biti prikazani rezultati dimenzioniranja za zamjenjujući presjek:



U dijalogu su prikazani rezultati dimenzioniranja zamjenjujućeg presjeka

Omogućeno je generiranje izvještaja za kontrolu stabilnosti u izabranom presjeku. U okviru za upis “Razmak presjeka od početka štapa” unosi se položaj presjeka u kojem se traži izvještaj dimenzioniranja, dok se aktiviranjem gumba “Generiranje izvještaja”, generira izvještaj koji se odnosi na taj presjek. Izborom gumba “ Proračun ”, ponovno će se prikazati izvještaj kontrole stabilnosti za cijeli štap.

Izborom gumba i svaki prikazani izvještaj moguće je izvesti u projektnu dokumentaciju ili poslati direktno na ispis.

Aktiviranjem gumba “OK”, sve eventualno izvršene izmjene u ulaznim podacima, kao i rezultati ponovno provedenog dimenzioniranja, za odabrani štap će biti trajno upamćeni, dok je gumb “Cancel” predviđen za odustajanje od svih učinjenih izmjena.

Napomena: Kako se u okviru kontrole stabilnosti po HRN-u, pored naponske kontrole provode i proračuni na bočno izvijanje, izbočivanje i provjera posmičnih napona, to se može dogoditi i slučaj da štap na crtežu bude obojan u crveno iako mu je koeficijent iskorištenosti presjeka “< 1.00”. U slučaju da neki od ovih postupaka nije zadovoljio, program s donje strane štapa, između zagrada ispisuje početno slovo postupka koji nije zadovoljio:

(B!) - proračun bočnog izvijanja (I!) - proračun izbočivanja (T!) - proračun posmičnih napona

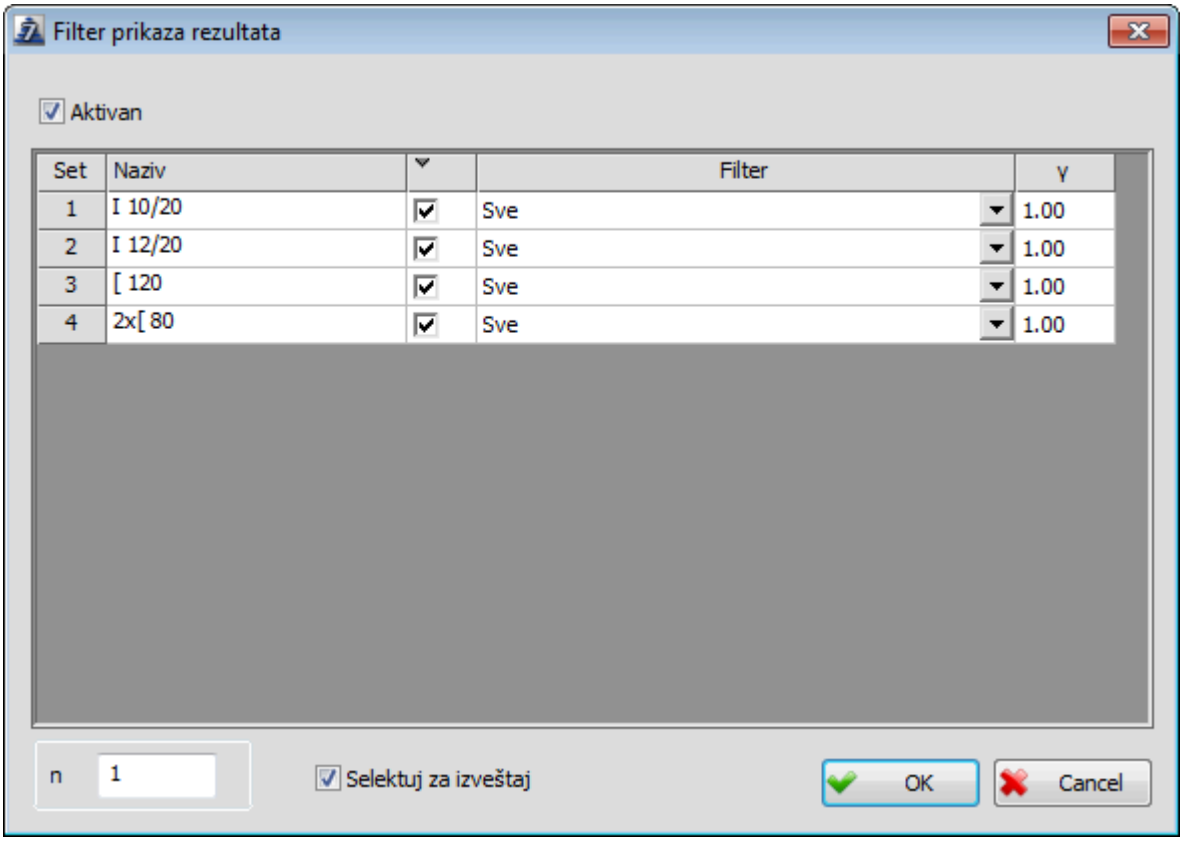
10.7 Izvještaj

Kako je ova naredba predviđena za kreiranje tekstualnih izvještaja na papiru, to njen izbor ima smisla tek nakon provedenog postupka kontrole stabilnosti. Izborom naredbe na naredbenoj liniji se javlja dobro poznata poruka kojom se od korisnika očekuje da odabere jedan ili više štapova.

<0 sel.> Izvještaj - Selektiranje (Sve/Prozor/pOligon/presjek/eXtras/Grupe selekcija/Zadnja selekcija/Deselektiranje/Filter/<krAj>):

Korištenjem filtera za prikaz dimenzioniranih štapova korisnik može za svaki set greda prikazati samo one štapove koji imaju iskorištenost u zadanom opsegu kao i štapove s ekstremnim iskorištenjima. Za štapove koji zadovoljavaju postavljene filtere korisnik može jednostavno kreirati izvještaj, njihovim automatskim ubacivanjem u selekciju, s tim da ima mogućnost i da sam po svojoj želji ubaci dodatne štapove u izvještaj.

Aktiviranjem podopcije “Filter” otvara se dijalog u kojem korisnik zadaje filtere za prikaz dimenzioniranih štapova:

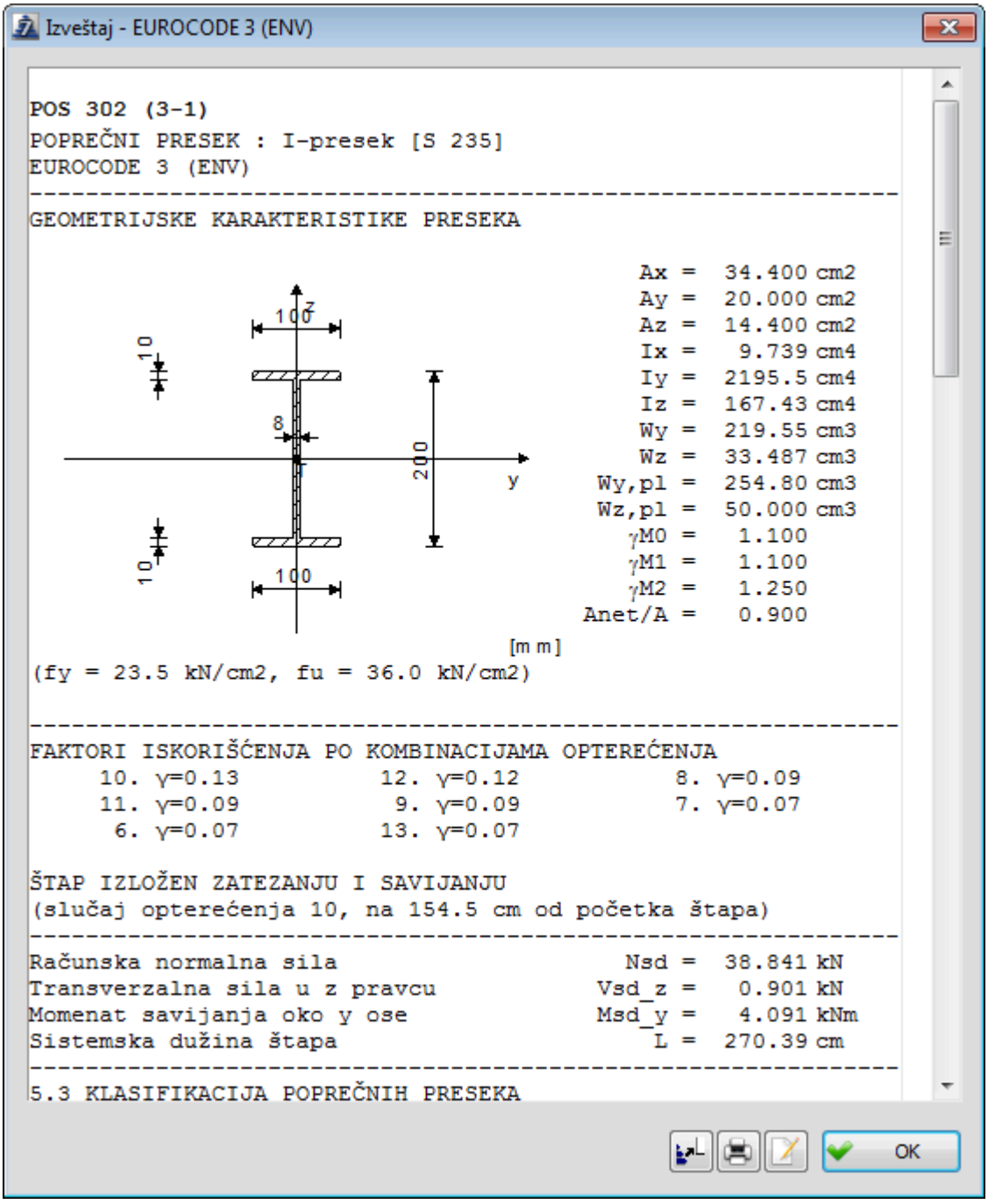


Izgled dijaloga za definiranje filtera za prikaz dimenzioniranih štapova u okviru naredbe za izvještaj

Rad u ovom dijalogu je ranije već objašnjen (pogledati poglavlje 10.6), te ga ovdje nećemo ponovno objašnjavati.

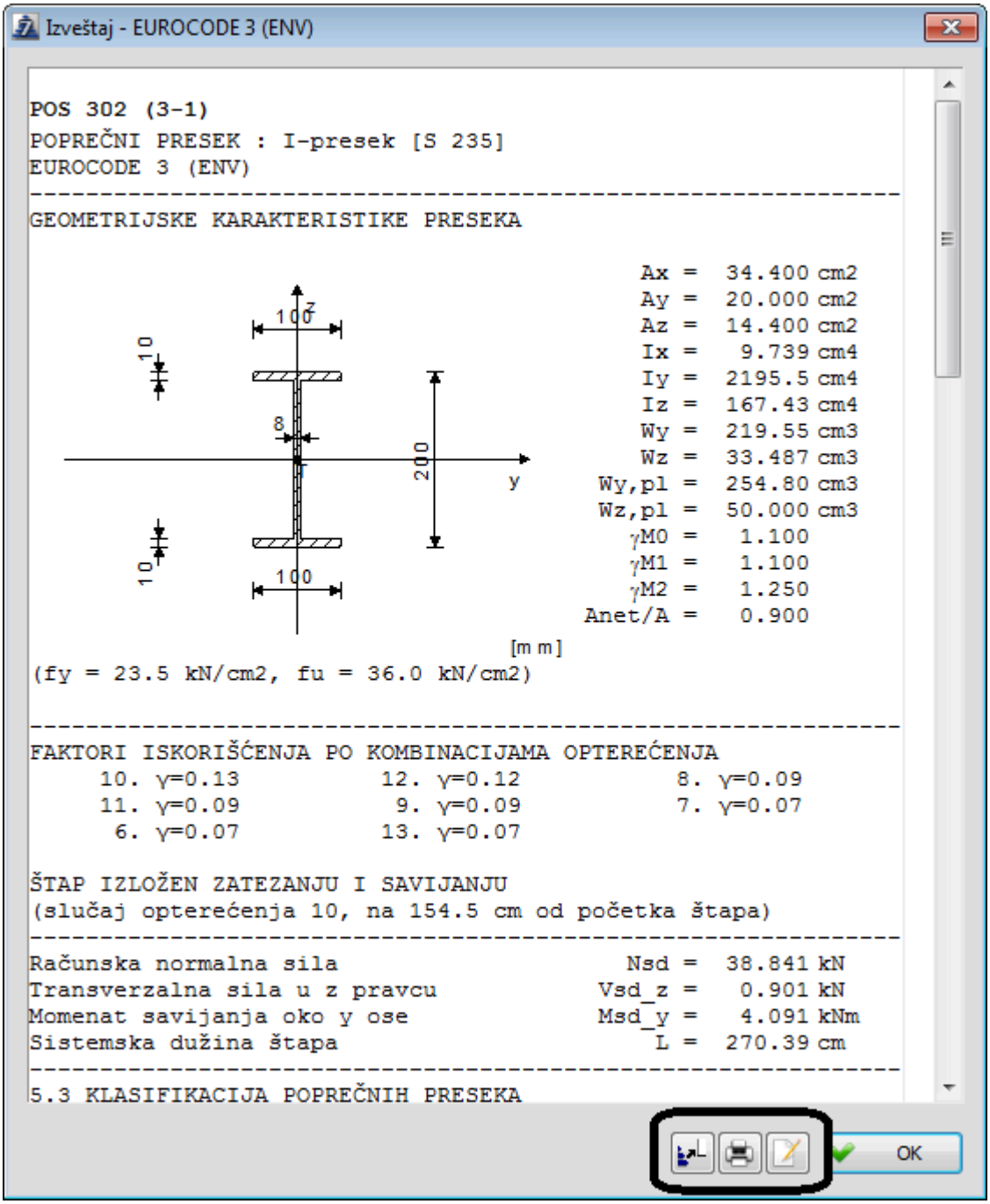
Potvrdni okvir čijim se postavljanjem na uključeno stanje svi štapovi koji zadovoljavaju postavljene filtere ubacuju u selekciju i na taj način korisnik za njih može brzo i jednostavno kreirati izvještaj.

Naime, sada imate mogućnost da odaberete sve štapove za koje želite kreiranje tekstualnog izvještaja. Kada ste odabrali sve štapove, klik na desni gumb miša će označiti kraj postupka odabira i na zaslonu će se pojaviti dijaloški okvir s tekstualnim izvještajem za sve prethodno odabrane štapove.



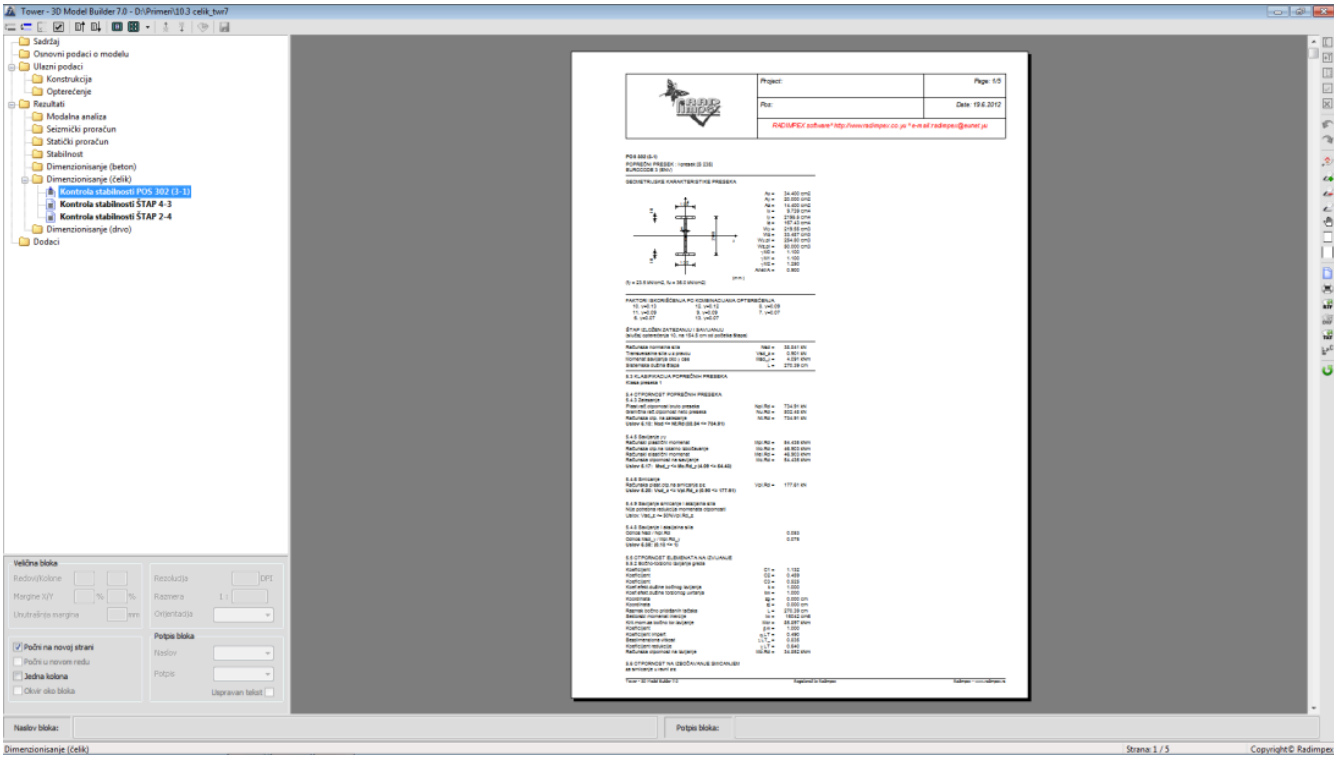
Izgled dijaloškog okvira za tekstualni prikaz rezultata dimenzioniranja

Na početku izvještaja, za svaku od greda se ispisuju ulazni podaci, a potom i rezultati provedenog dimenzioniranja.



Ikone za direktan ispis i izvoz bloka u projektnu dokumentaciju

Pored direktnog ispisa, programom je predviđen i izvoz ovog izvještaja u projektnu dokumentaciju. Svi štapovi odabrani u jednom unosu pripadat će jednom tekstualnom izvještaju, tako da je na vama da odredite kako ćete odabrane štapove grupirati.



Prikaz tekstualnog izvještaja s rezultatima dimenzioniranja čelika u sklopu projektne dokumentacije

Kako tekstualni izvještaji mogu biti prilično obimni, to se oni kreiraju u više stupaca, pri čemu broj stupaca isključivo ovisi o odabranom fontu i njegovoj veličini.

10.8 Izvještaj za jedan presjek

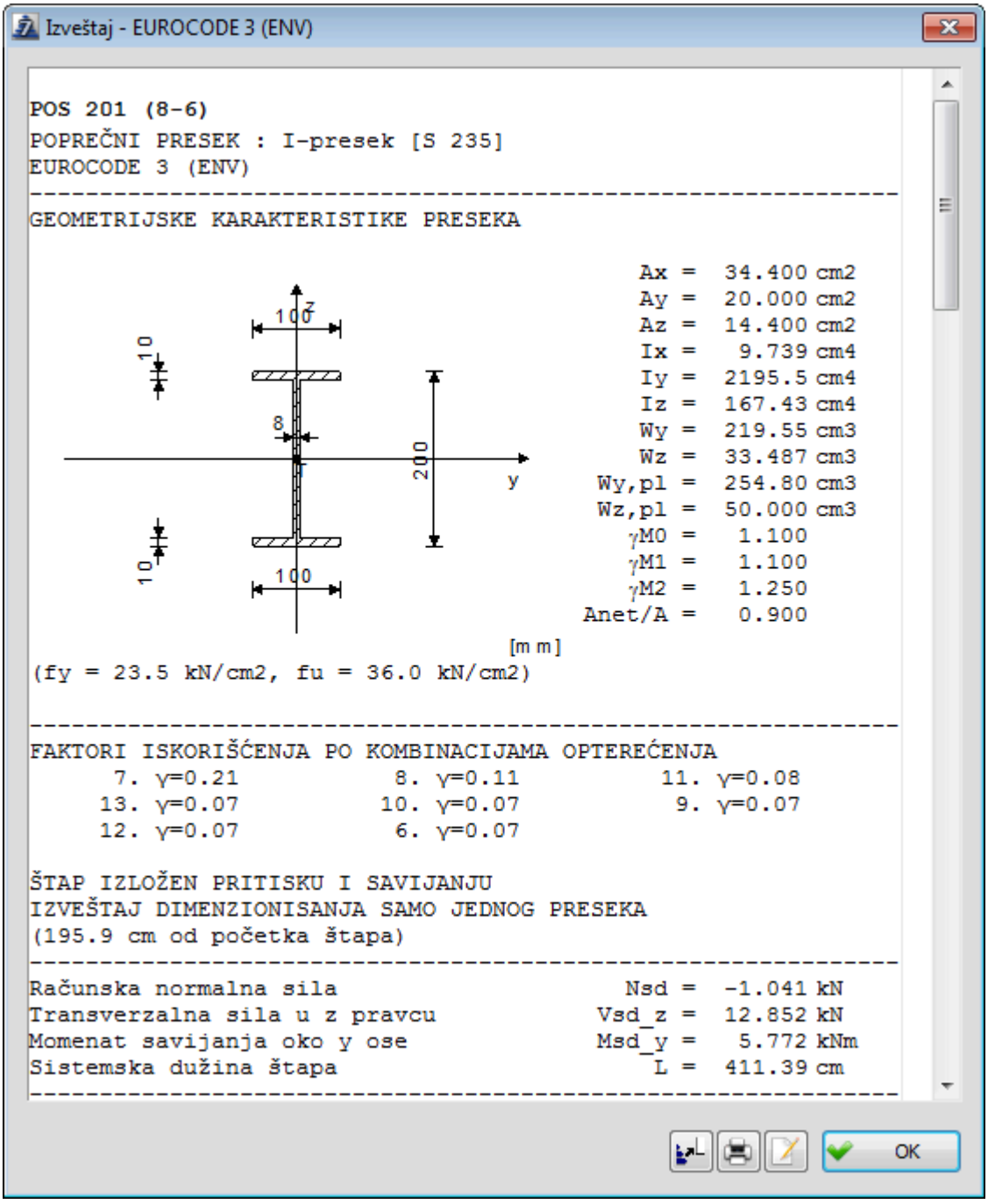
Ova naredba omogućava dobivanje izvještaja na određenom mjestu štapa za koji je već provedena kontrola stabilnosti. Njenim izborom ulazi se u postupak odabira štapa:

```
<0 odab.> Greda na kojoj se traži presjek - Odabir (<krAj>):
```

Nakon izvršene selekcije, od korisnika se očekuje da izabere mjesto na odabranom štapu za koji želi dobiti izvještaj kontrole stabilnosti:

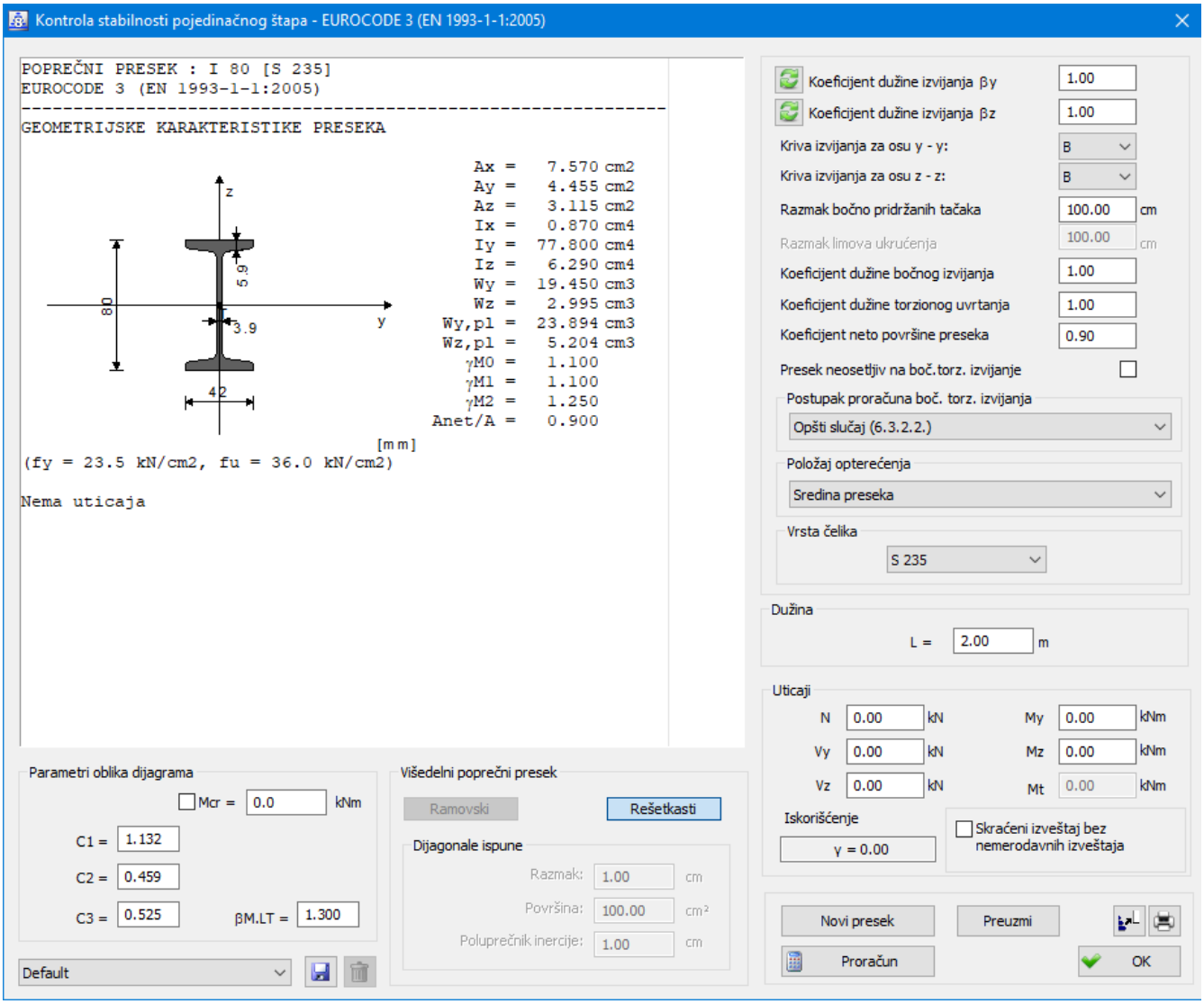
```
Točka na gredi:
```

Nakon izbora točke s grede, pojavit će se dijaloški okvir s izvještajem:



10.9 Kontrola stabilnosti pojedinačnog štapa

U programu je omogućena kontrola stabilnosti i izrada izvještaja za proizvoljno definiran štap s proizvoljno zadanim utjecajima. Aktiviranjem ove naredbe pojavit će se dijalog sličan onome za prikaz rezultata. (Zbog analogije s ostalim propisima, prikazat ćemo ovu naredbu samo za propis EUROCODE).



Izgled dijaloškog okvira za kontrolu stabilnosti pojedinačnog štapa

U ovom dijaloškom okviru, pored polja za unos standardnih ulaznih podataka, koja se nalaze i u dijaloškim okvirima za ulazne podatke i prikaz rezultata, nalaze se i polja za unos onih podataka koji bi se inače preuzimali iz stvarnog entiteta - štapa u konstrukciji.

“Vrsta čelika” - Izborom iz padajućeg popisa jedne od ponuđenih opcija mijenja se vrsta čelika.

“Dužina” - U ovom okviru za upis unosi se duljina štapa.

“Utjecaji” - U ovom dijelu dijaloškog okvira nalaze se okviri za upis za unos utjecaja (sila) koji djeluju duž štapa.

“Parametri oblika dijagrama” - Pretpostavljeno je da duž cijelog štapa djeluju utjecaji konstantnog intenziteta a efekti različitih oblika dijagrama momenata mogu se zadati preko koeficijenata “C1”, “C2”, “C3” i “βM.LT”.

Gumb “Preuzmi” omogućava da se podaci u ovom dijaloškom okviru inicijaliziraju na temelju izabranog štapa iz konstrukcije.

Aktiviranjem ovog gumba, izlazi se na crtež i naredbena linija dobiva sljedeći izgled:

```
<0 odab.> Pojedinačni štap – Odabir (<krAj>):
```

Moguće je odabrati samo jedan štap nakon čega slijedi povratak u dijaloški okvir. Od odabranog štapa preuzima se poprečni presjek, duljina i ulazni podaci za kontrolu stabilnosti.

Gumb “Novi presjek” služi za promjenu poprečnog presjeka štapa. Njegovim aktiviranjem ulazi se u dijaloški okvir za izbor i definiranje poprečnog presjeka.

Aktiviranjem gumba “  Proračun ” vrši se proračun i generiranje izvještaja. U polju “Iskorištenje” bit će ispisan maksimalni koeficijent iskorištenja.

Padajući popis koji se nalazi u donjem lijevom kutu dijaloga predviđen je za izbor neke od ranije snimljenih konfiguracija. Svaki propis ima svoju listu konfiguracija. Odabirom odgovarajućeg propisa, u listi će biti prikazane sve konfiguracije snimljene s danim propisom.

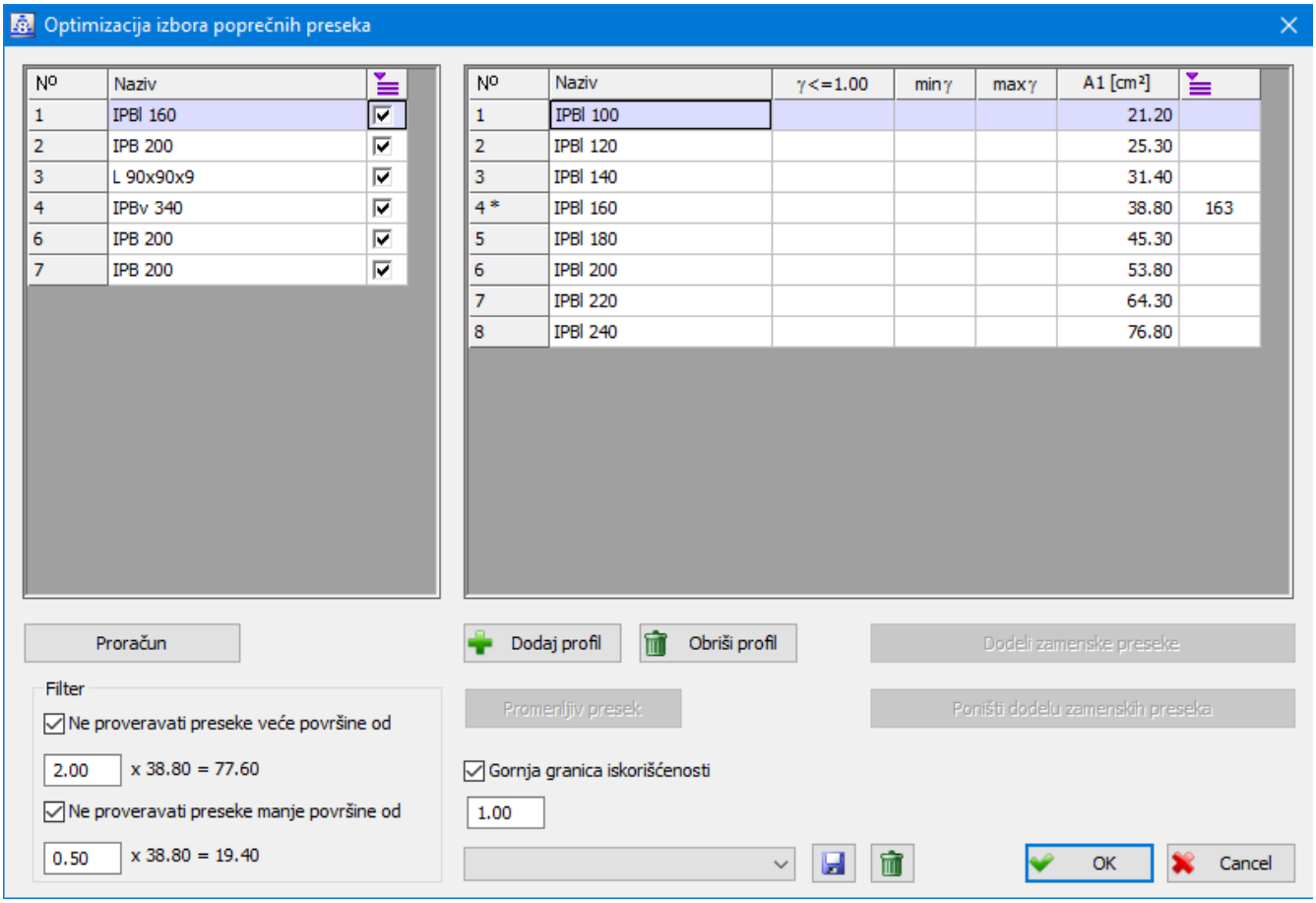
 Snimi Odabirom ovog gumba vrši se snimanje trenutnog stanja parametara u dijalogu.

 Briši Odabirom ovog gumba vrši se brisanje tekuće konfiguracije.

10.10 Optimizacija poprečnih presjeka

Optimizacija poprečnih presjeka u programu “Tower” omogućava provjeru dimenzioniranja usvojenih poprečnih presjeka i pruža korisniku informaciju može li umjesto jednog profila korištenog u konstrukciji upotrijebiti neki drugi profil. Proces optimizacije se zasniva na vršenju dimenzioniranja svih štapova jednog poprečnog presjeka s njemu bliskim manjim ili većim profilima. Kao rezultat optimizacije poprečnih presjeka dobiva se broj i mjesto štapova koji ne zadovoljavaju kontrolu stabilnosti, kao i broj i mjesto štapova koji su predimenzionirani i koji bi se mogli zamijeniti štapovima manjih profila i time napraviti izmjene koje mogu dovesti do ušteda.

Pokretanjem naredbe “Optimizacija poprečnih presjeka”, otvara se dijalog sljedećeg izgleda:



Izgled dijaloga za optimizaciju poprečnih presjeka

U lijevom dijelu dijaloga prikazuje se lista sa svim setovima čeličnih presjeka koji se nalaze u modelu i za koje je moguće izvršiti optimizaciju poprečnih presjeka:

N° Stupac s rednim brojevima setova čeličnih presjeka koji se nalaze u modelu.

Naziv Stupac s opisima setova čeličnih presjeka. Iza ovog stupca nalazi se stupac s potvrdnim okvirima, čije stanje određuje za koji set greda će se vršiti optimizacija poprečnih presjeka. Desnim klikom miša na ovaj stupac otvara se padajući izbornik s opcijama “Uključi sve” i “Isključi sve”, odabirom kojeg imate mogućnost uključiti, odnosno isključiti potvrdne okvire za sve setove.

Optimizacija izbora poprečnih presjeka, odnosno pronalaženje presjeka koji zadovoljava, može se vršiti provjerom svih profila iz odgovarajuće porodice ili provjerom samo neke odabrane grupe profila. U dijelu dijaloga “Filter”, korisniku je omogućeno definirati koji profili će se tijekom procesa optimizacije provjeravati mogu li zamijeniti usvojeni poprečni presjek u modelu:

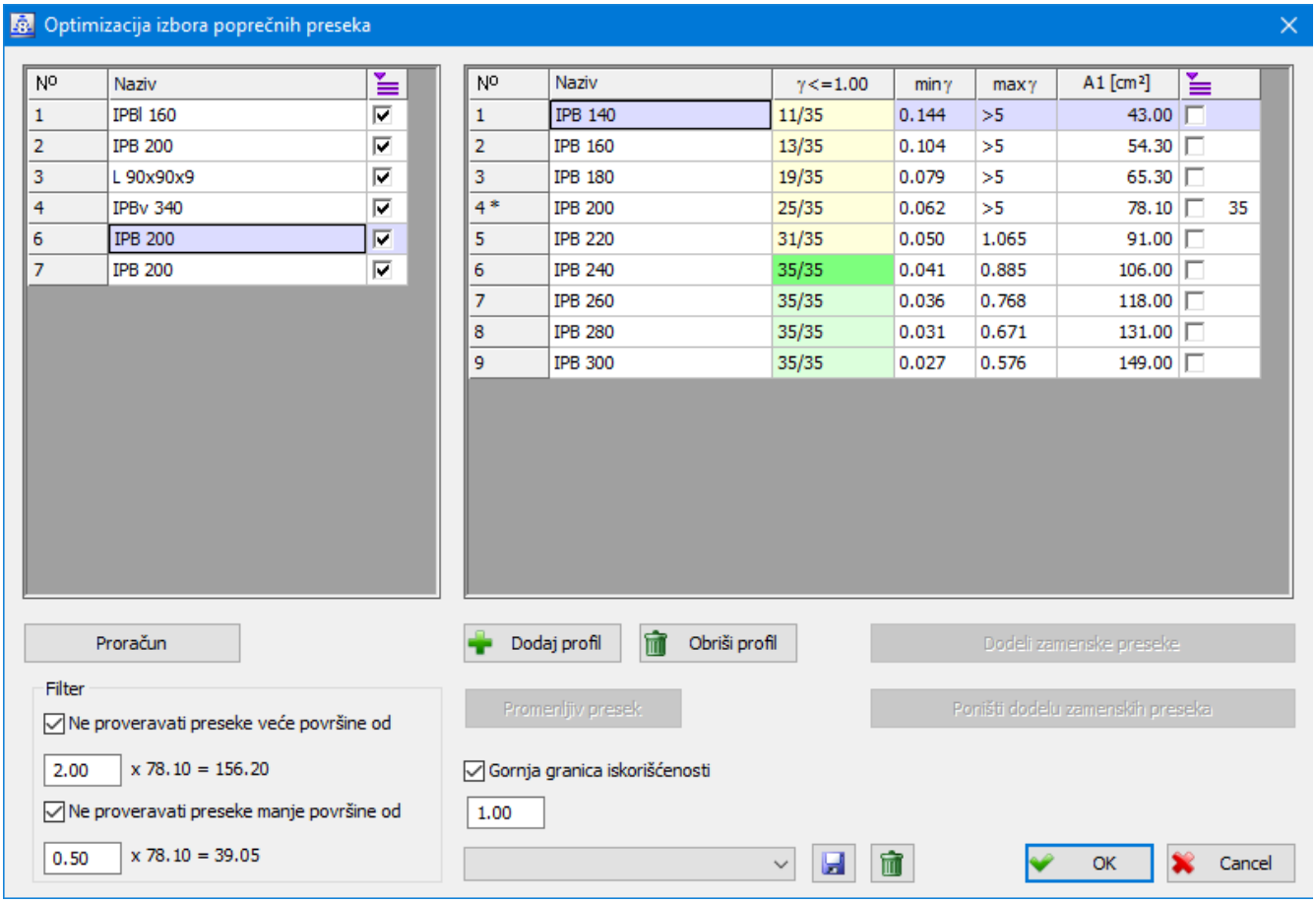
Uključen potvrdni okvir označava da se neće provjeravati presjeci čija površina prelazi odgovarajuću vrijednost, koju korisnik definira u funkciji površine usvojenog poprečnog presjeka u modelu. U polju za upis se zadaje koeficijent kojim se množi površina poprečnog presjeka (“A1”) koji je korišten u modelu, što znači da se presjeci površine veće od dobivene vrijednosti neće provjeravati pri optimizaciji poprečnih presjeka.

Uključen potvrdni okvir označava da se neće provjeravati presjeci čija je površina manja od odgovarajuće vrijednosti, koju korisnik definira u funkciji površine usvojenog poprečnog presjeka u modelu. U polju za upis se zadaje koeficijent kojim se množi površina poprečnog presjeka (“A1”) koji je korišten u modelu, što

znači da se presjeci površine manje od dobivene vrijednosti neće provjeravati pri optimizaciji poprečnih presjeka.

Proračun Gumb aktiviranjem kojeg započinje proces optimizacije odabranih setova štapova, odnosno dimenzioniranje čeličnih presjeka koje je korisnik definirao u dijelu dijaloga “Filter”.

U desnom dijelu dijaloga se za svaki set čeličnog presjeka koji se nalazi u modelu prikazuje lista sa svim presjecima koji se provjeravaju u procesu optimizacije:



U desnoj tablici prikazani su rezultati optimizacije čeličnih presjeka

N° Stupac s rednim brojevima čeličnih presjeka koji se provjeravaju pri optimizaciji poprečnih presjeka. Simbol “*” iza rednog broja presjeka označava da se dani presjek koristi u modelu.

Naziv Stupac s opisima čeličnih presjeka koji se provjeravaju pri optimizaciji poprečnih presjeka.

γ <= U nazivu stupca ispisuje se granična vrijednost koeficijenta iskorištenja koju korisnik može sam zadati. Potrebno je prvo uključiti potvrdni okvir “Gornja granica iskorištenosti”, a zatim u odgovarajuće polje za upis unijeti željenu vrijednost. Isključen potvrdni okvir označava da će se za gornju granicu iskorištenosti uzimati vrijednost definirana u dijalogu za propis (pogledati poglavlje 10.1). Nakon izvršene optimizacije poprečnih presjeka u ovom stupcu se prikazuje koliko štapova od ukupnog broja štapova danog seta ima faktor iskorištenja manji od gornje granice iskorištenosti, odnosno koliko štapova je predimenzionirano i može se zamijeniti štapovima manjih profila, a koliko štapova ima faktor iskorištenja veći od gornje granice iskorištenosti. Ovisno o dobivenim rezultatima optimizacije poprečnih presjeka, ćelije ovog stupca su označene posebnim bojama:

(“n1/n”, gdje je “n1” broj štapova koji zadovoljava gornju granicu iskorištenosti, a “n” ukupan broj štapova seta)

Zelenom bojom su označene ćelije kod kojih svi štapovi danog seta imaju faktor iskorištenja manji od gornje granice iskorištenosti, pri čemu je jasno naznačena ćelija s najoptimalnijim rezultatima kontrole stabilnosti.

min γ Stupac u kojem su prikazane minimalne vrijednosti faktora iskorištenja koje imaju štapovi odgovarajućeg seta.

max γ Stupac u kojem su prikazane maksimalne vrijednosti faktora iskorištenja koje imaju štapovi danog seta.

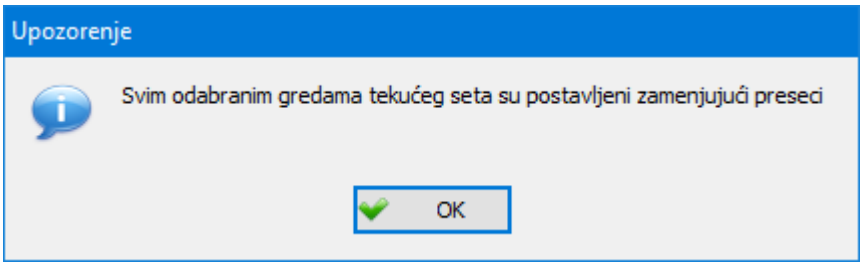
A1 [cm2] Stupac u kojem su prikazane površine poprečnih presjeka odgovarajućeg seta.

Uključivanje potvrdnih okvira u zadnjem stupcu i aktiviranjem gumba “Dodijeli zamjenske presjeke” korisniku je omogućeno da zamijeni usvojeni poprečni presjek u modelu sa željenim presjekom.

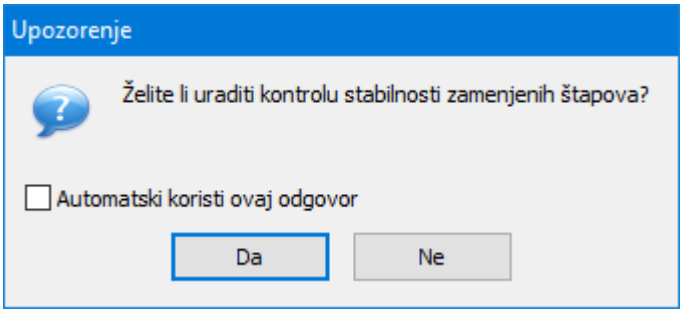
Sortiranje stupaca Sortiranje se može izvršiti za sve stupce koji u ćeliji s imenom imaju simbol .

Desnim klikom miša preko naziva željenog stupca otvara se izbornik s opcijama: - Sortiranje (+) - izborom ove opcije vrši se sortiranje presjeka prikazanih u tablici po podacima iz izabranog stupca i to u rastućem poretku. Nakon izvršenog sortiranja u ćeliji s imenom stupca, ispod simbola za sortiranje, ispisivat će se znak . - Sortiranje (-) - izborom ove opcije vrši se sortiranje presjeka prikazanih u tablici po podacima iz izabranog stupca i to u opadajućem poretku. Nakon izvršenog sortiranja u ćeliji s imenom stupca, ispod simbola za sortiranje, ispisivat će se znak

Aktiviranjem ovog gumba svim štapovima tekućeg seta bit će dodijeljeni zamjenjujući presjeci kojima je u zadnjem stupcu uključen potvrdni okvir, pri čemu će program izbaciti odgovarajuću poruku:



Pored uključenih potvrdnih okvira sada će se ispisivati koliko štapova je zamijenjeno odabranim presjecima. Odabirom gumba “OK”, pojavljuje se novo upozorenje:



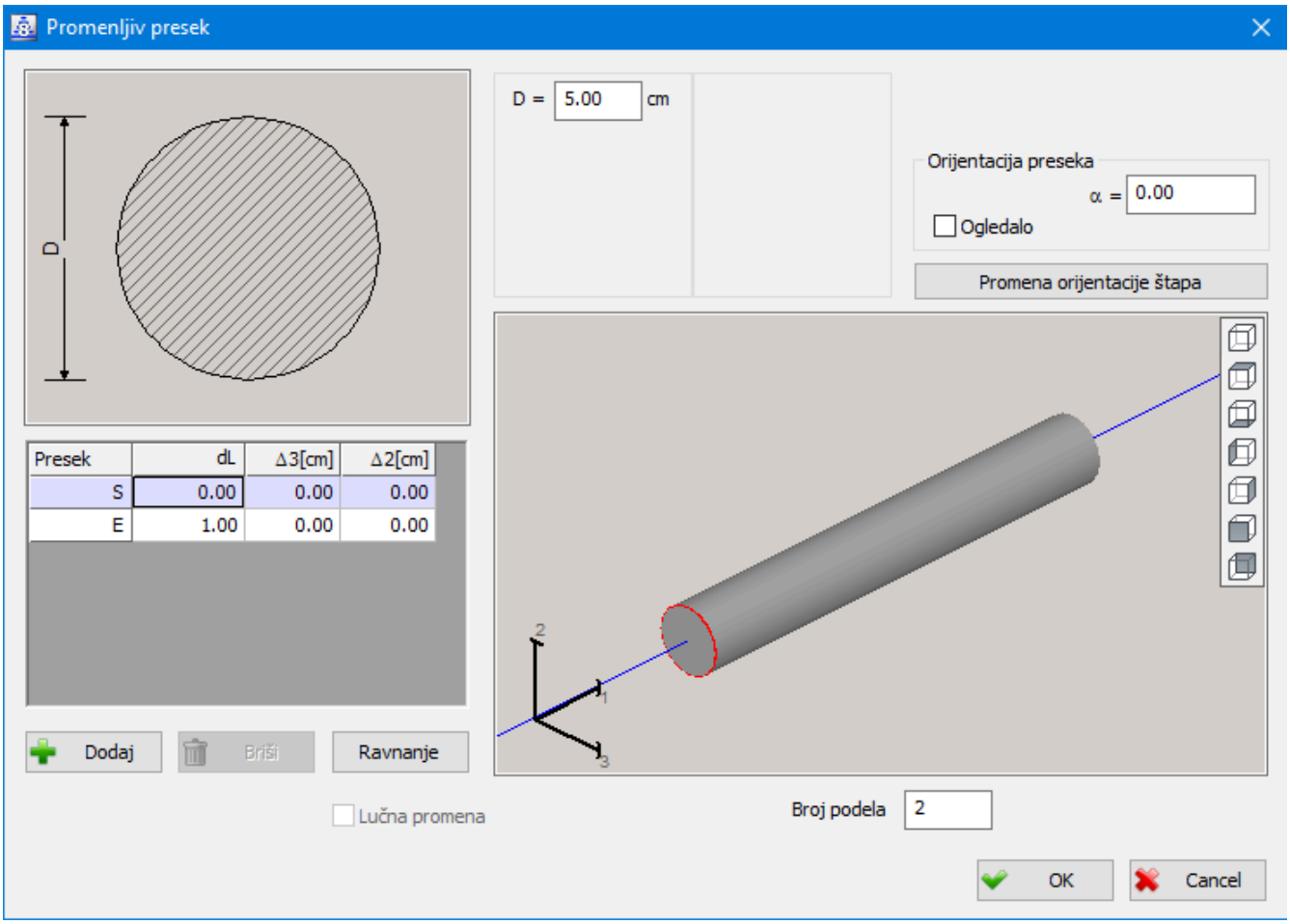
Odabirom gumba “OK”, program će izvršiti kontrolu stabilnosti svih štapova kojima je zamijenjen poprečni presjek.

Aktiviranjem ovog gumba svim štapovima tekućeg seta kojima su dodijeljeni zamjenjujući presjeci bit će ponovno postavljen presjek usvojen u modelu.

Gumb pomoću kojeg se vrši dodavanje novog presjeka u listu s presjecima koji se provjeravaju u procesu optimizacije. Novododani presjek bit će smješten na kraj liste.

Gumb pomoću kojeg se iz liste s presjecima koji se provjeravaju u procesu optimizacije, može ukloniti proizvoljno selektirani presjek.

Optimizacija poprečnih presjeka može se vršiti ne samo za presjeke koji se definiraju odabirom iz biblioteke profila, nego i za presjeke koji se definiraju zadavanjem njihovih dimenzija (pravokutni, cjevasti, kružni, T-presjek, I-presjek, ...). Budući da se proces optimizacije zasniva na vršenju dimenzioniranja svih štapova jednog poprečnog presjeka s njemu bliskim manjim ili većim presjecima, ako je iz liste odabran presjek koji je definiran zadavanjem njegovih dimenzija, postaje aktivan gumb “Promjenljivi presjek”. Aktiviranjem danog gumba program omogućava modeliranje grede promjenljivog poprečnog presjeka, dok će se preuzimanjem presjeka s grede, u listu ubaciti novi poprečni presjeci za koje će se vršiti optimizacija:

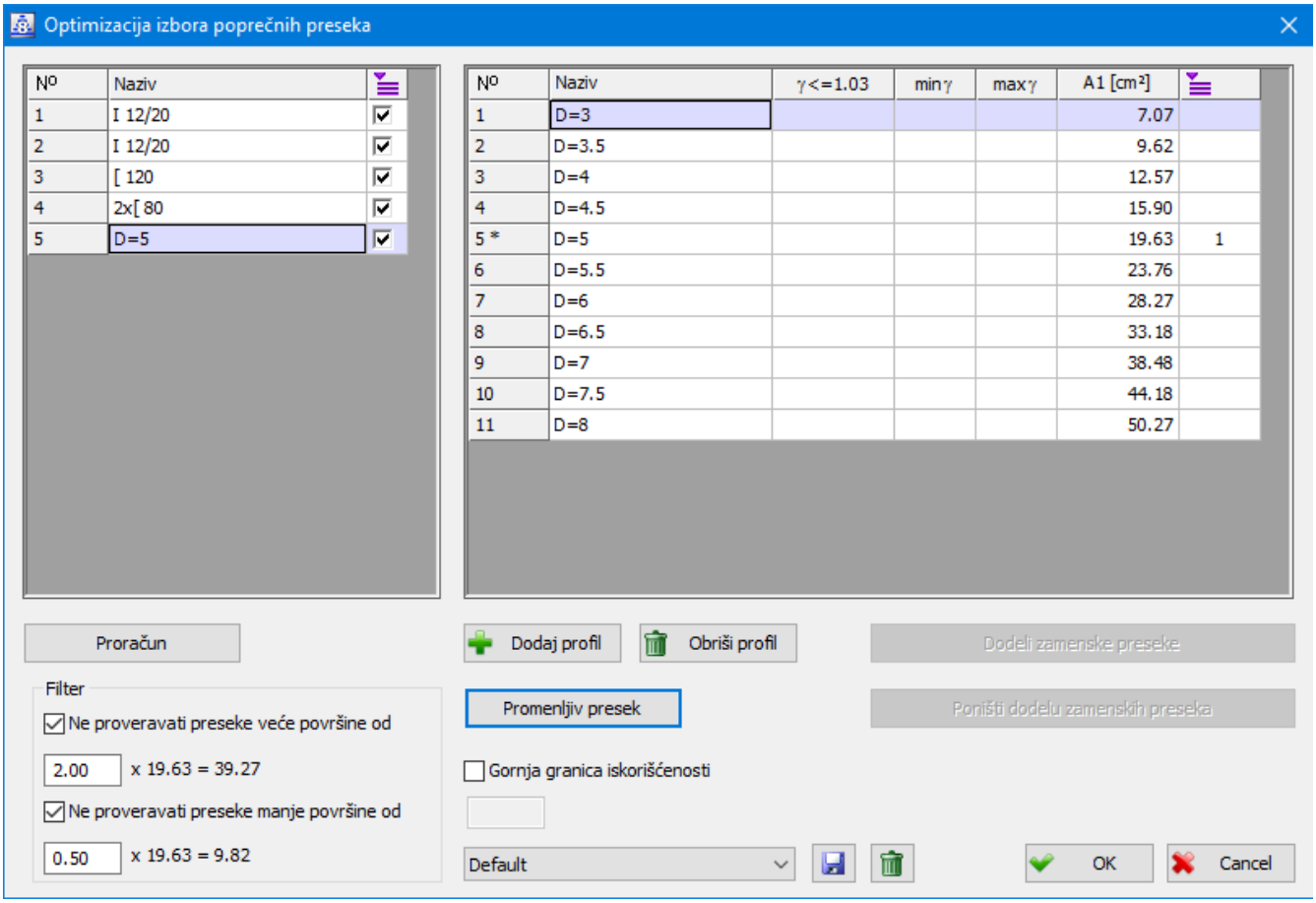


Izgled dijaloga za definiranje promjenljivog poprečnog presjeka grede

Definiranje greda promjenljivog poprečnog presjeka je ranije objašnjeno, te ga nećemo ponovno objašnjavati (pogledati poglavlje 3.1.4).

Napominjemo da se na ovaj način ne vrši dimenzioniranje štapova promjenljivog poprečnog presjeka već se štap promjenljivog poprečnog presjeka koristi za definiranje niza poprečnih presjeka sa srodnom geometrijom koji će se razmatrati u procesu optimizacije.

Broj podjela - Nakon definiranja grede promjenljivog presjeka, u ovom polju za upis korisnik zadaje broj presjeka koji će se automatski po izlasku iz dijaloga postaviti u listu s presjecima i za koje će se raditi optimizacija.



U listu su dodani presjeci dobiveni pomoću opcije “Promjenljiv presjek”

Odabirom ovog gumba vrši se snimanje trenutnog stanja u listi s presjecima koji se provjeravaju u procesu optimizacije.

Odabirom ovog gumba se briše tekuća konfiguracija.

Bilo koja od ranije snimljenih konfiguracija može se u svakom trenutku rada s programom odabrati iz liste i postaviti za tekuću, s tim što će se za svaku porodicu profila moći izabrati samo njoj odgovarajuća konfiguracija.

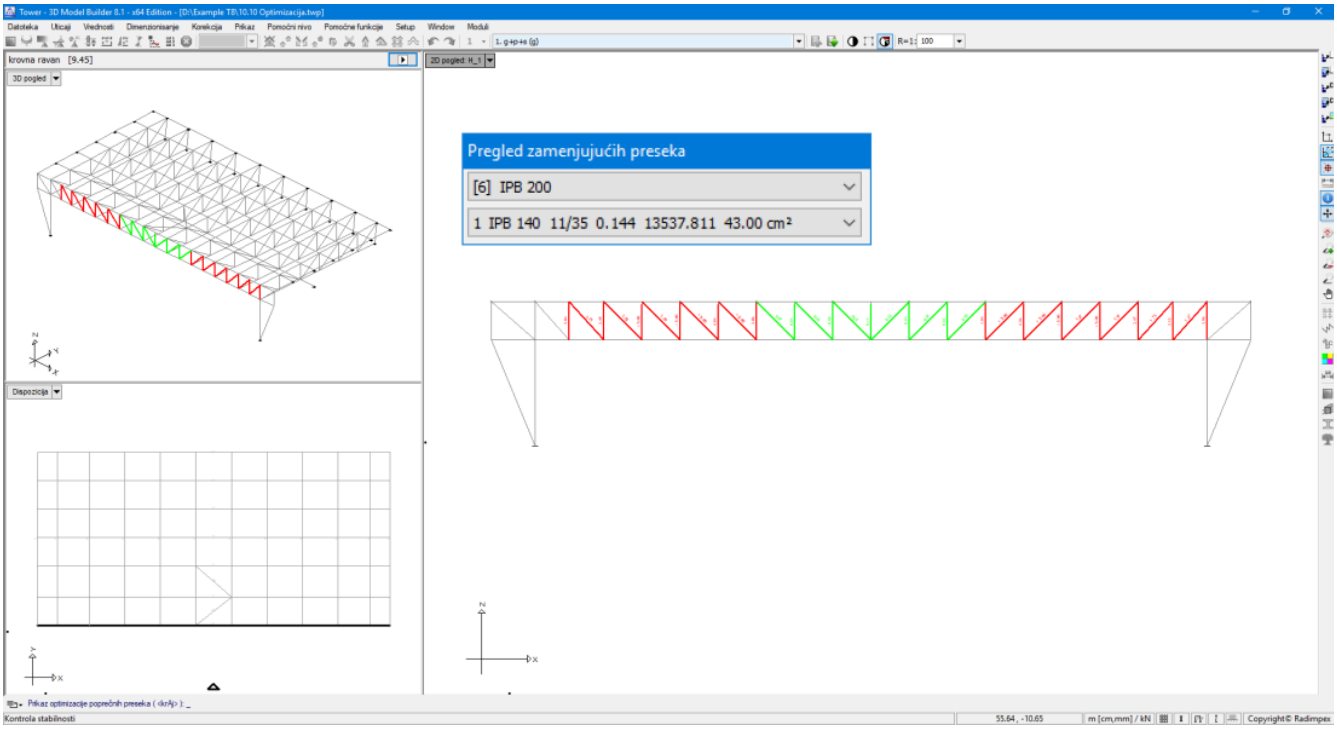
10.11 Prikaz optimizacije poprečnih presjeka

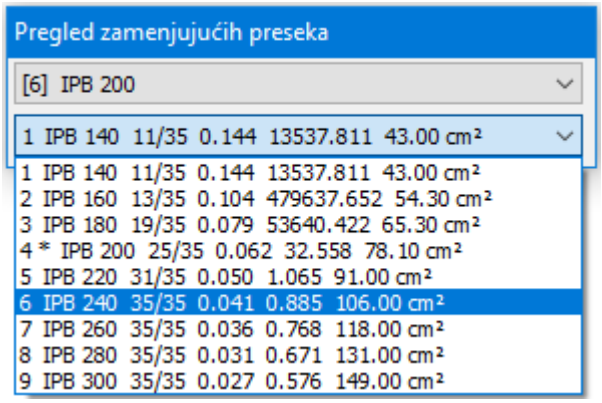
Odabirom ove naredbe, program sve štapove tekućeg seta, za koje je prethodno provedena optimizacija poprečnih presjeka, prikazuje zelenom, odnosno crvenom bojom, dok će naredbena linija dobiti sljedeći oblik:

```
Prikaz optimizacije poprečnih presjeka (<krAj>):
```

Zelenom bojom bit će obojeni svi štapovi koji zadovoljavaju, a crvenom svi štapovi koji ne zadovoljavaju kontrolu stabilnosti.

U trenutku pozivanja naredbe, na zaslonu će se pojaviti dijalog u kojem korisnik može dodijeliti zamjenjujuće presjeke trenutno odabranom setu grede i na taj način vrši pregled rezultata:

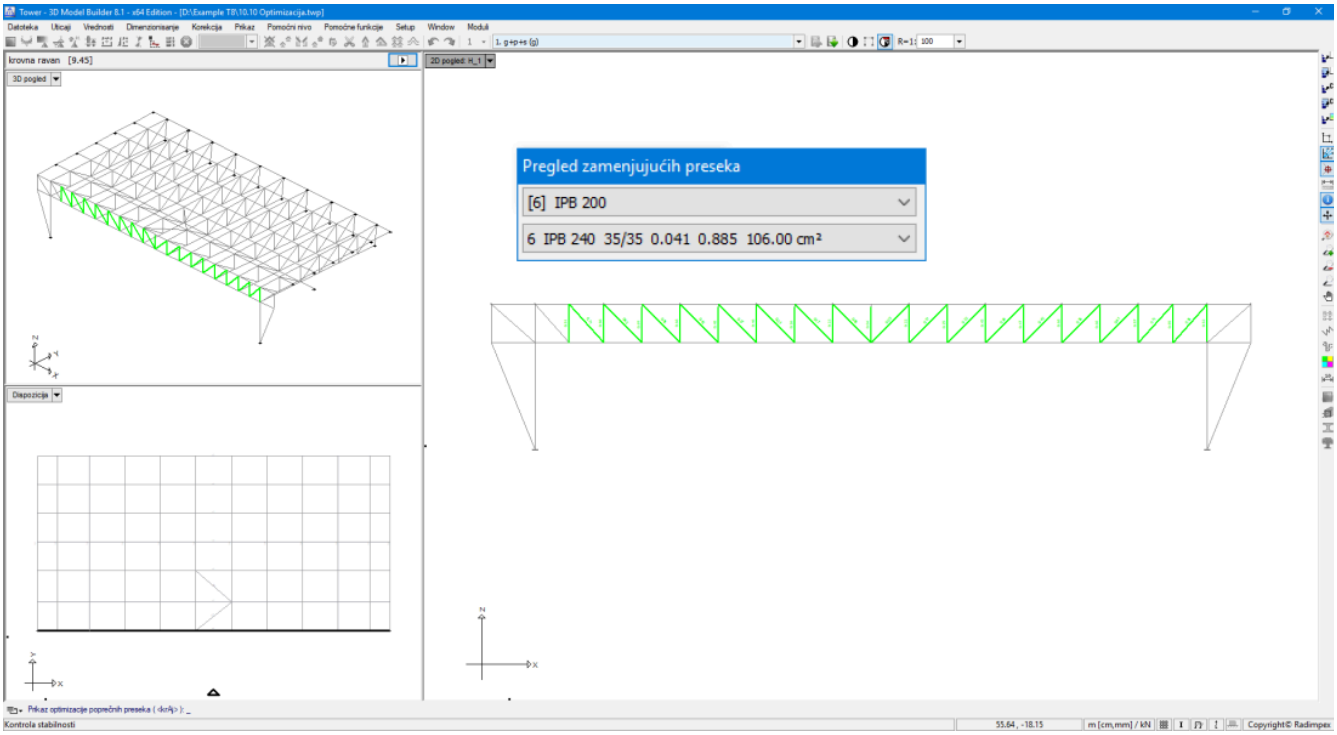




Izgled dijaloga za pregled zamjenjujućih presjeka

Iz gornje liste u dijalogu, korisnik odabire tekući set grede koji se koristi u modelu, dok iz donje liste vrši izbor zamjenjujućeg presjeka s kojim je potrebno zamijeniti štapove odabranog seta. Radi lakšeg izbora zamjenjujućeg presjeka, u listi se prikazuju i rezultati optimizacije, odnosno koliko štapova od ukupnog broja štapova zadovoljava, kao i minimalni i maksimalni koeficijent iskorištenja i površina poprečnog presjeka.

Postavljanjem željenih presjeka u listama, svim štapovima tekućeg seta bit će dodijeljeni zamjenjujući presjeci, pri čemu će program sve štapove tekućeg seta obojati zelenom, odnosno crvenom bojom:



Nakon postavljanja zamjenjujućeg presjeka, program je sve štapove tekućeg seta koji zadovoljavaju obojio zelenom bojom