

POENOSTAVLJENE METODE PROJEKTIRANJA POŽARNOVARNIH NOSILCEV

SIMPLIFIED CALCULATION METHODS FOR FIRE RESISTANCE DESIGN OF BEAMS

doc. dr. Sebastijan Bratina, univ. dipl. inž. grad.

sbratina@fgg.uni-lj.si

izr. prof. dr. Igor Planinc, univ. dipl. inž. grad.

iplaninc@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, FGG, Jamova 2, Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 614.841:624.072

Povzetek | V članku so predstavljene poenostavljene računske metode za oceno požarne odpornosti armiranobetonskih nosilcev, nosilcev iz homogenega in lepljenega lesa ter nezaščitenih in zaščitenih jeklenih nosilcev, kot jih za projektiranje požarnovarnih gradbenih konstrukcij predpisujejo evrokodi. Vse prikazane projektantske metode oziroma požarne analize so razdeljene v dva matematično nepovezana dela. V prvem delu požarne analize je treba določiti časovno razporeditev temperatur nosilcev med požarom, v drugem delu pa preveriti varnost nosilcev v požarnem projektnem stanju. Uporabnost prikazanih poenostavljenih metod projektiranja požarnovarnih nosilcev je prikazana z značilnimi računskimi primeri.

Summary | The paper presents simplified calculation methods to determine the design resistance of reinforced concrete beams, solid and glued laminated hardwood beams, unprotected steel beams, and of steel beams insulated by fire protection material for fire situations according to the Eurocodes. The presented calculation methods are divided into two mathematically separate steps. In the first step, the time dependent distribution of the temperature in the beam is evaluated, and in the second step, the relevant resistance of the beam in fire conditions shall be verified. The accuracy of the presented simplified methods is demonstrated by five simply supported beams.

1 • UVOD

Požarna varnost gradbenih konstrukcij predstavlja pomemben del njihove varnosti. Z naraščanjem temperatur v konstrukcijah med požarom se njihova nosilnost zmanjšuje, deformabilnost pa povečuje. Z ustreznim projektiranjem požarne odpornosti konstrukcij zagotavljamo ustrezno varnost le-teh med požarom. Požarno odpornost konstrukcij določimo oziroma ocenimo s preskusi ali s pomočjo

računskih metod. Eksperimentalno ocenjevanje požarne odpornosti gradbenih konstrukcij poteka v požarnih laboratorijih, izjemoma pa tudi na objektu. V teh primerih moramo iz eksperimentalnih rezultatov na relativno maloštevilnih vzorcih sklepati na požarno odpornost gradbenih konstrukcij v celoti, kar pa je dokaj nezanesljivo. Splošnejši način je ocena požarne odpornosti konstruk-

cij s pomočjo ustreznih matematičnih modelov oziroma računskih metod. Z razvojem računalnikov postajajo te metode (požarne analize) natančnejše in zanesljivejše, a hkrati tudi zahtevnejše. S požarnimi analizami običajnih gradbenih konstrukcij obravnavamo kemijske, vlažnostne, toplotne in mehanske procese v konstrukcijah med požarom najpogosteje ločeno, kar pomeni, da časovno razporeditev temperatur gradbenih konstrukcij med požarom določimo s temperaturno analizo, ki je le posredno odvisna od preostalih kemijskih in fizikalnih

procesov v konstrukciji med požarom. Taka stopenjska oziroma postopna požarna analiza je pri standardnih gradbenih materialih fizikalno upravičena, saj med požarom delo zunanjih sil prispeva bistveno manj k povečanju notranje energije konstrukcije kot dovedena toplota (Bažant, 1996). Kljub relativno veliki poenostavitvi pa so take požarne analize, ki jih evrokodi imenujejo napredne računske metode, še vedno matematično zelo zahtevne in jih pri projektiranju požarne odpornosti gradbenih konstrukcij uporabljamo le izjemoma. Pogosteje uporabljamo poenostavljene računske metode, ki pa so namenjene le približni oceni požarne

odpornosti enostavnih konstrukcijskih elementov, kot so to nosilci in stebri. Takšne metode zasledimo v strokovni literaturi in v številnih tehničnih predpisih, tudi v evrokodih. Vse te metode se razlikujejo predvsem v optimiziranju razmerja med natančnostjo metode in njihovo preprostostjo.

V tem članku podrobneje predstavimo poenostavljene računske metode za oceno požarne odpornosti enostavnih konstrukcijskih elementov, kot jih predpisujejo evrokodi. Detajlno prikazujemo metode za oceno požarne odpornosti armiranobetonskih, lesenih in jeklenih nosilcev. Analiza natančnosti teh metod glede upoštevanja značilnih fizikalnih in kemijskih

pojavnih gradbenih konstrukcij med požarom, kot so eksplozivno luščenje betona, oglenenje lesa, viskozno lezenje jekla, ni predmet tega članka.

Članek ima poleg uvoda še štiri poglavja. V drugem poglavju predstavimo osnovno zahtevo požarnovarnega projektiranja gradbenih konstrukcij skladno z evrokodi. V naslednjem poglavju predstavimo poenostavljene računske metode za oceno požarne odpornosti armiranobetonskih, lesenih in jeklenih nosilcev. S primerjavo teh metod pri projektiranju značilnih prostoležečih nosilcev prikazujemo v četrtem poglavju njihovo uporabnost. Na koncu podajamo zaključke.

2 • POSTOPKI PROJEKTIRANJA POŽARNOVARNIH KONSTRUKCIJ

V skladu z evrokodi moramo pri projektiranju požarnovarnih gradbenih konstrukcij dokazati, da je med požarom zadoščeno za celotno konstrukcijo oziroma njene dele neenačbi:

$$E_{fi,d,t} \leq R_{fi,d,t} \quad (1)$$

kjer je $E_{fi,d,t}$ učinek zunanjih vplivov v požarnem projektnejem stanju, ki ga določajo notranje sile in momenti, $R_{fi,d,t}$ pa je pripadajoča projektna požarna odpornost gradbene konstrukcije oziroma njenega dela.

Kombinirani učinek zunanjih vplivov v požarnem projektnejem stanju $E_{fi,d,t}$ formalno zapišemo v skladu s standardom (SIST EN 1990: 2004) z enačbo:

$$\sum_j G_{k,j} + A_d + \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (2)$$

kjer predstavljajo $G_{k,j}$ stalne vplive, A_d vpliv požara, $Q_{k,i}$ predstavlja prevladujoči spremenljivi vpliv in $Q_{k,i} (i > 1)$ predstavlja druge spremenljive vplive zunanjih obtežb. Vrednosti faktorjev ψ_1 in ψ_2 so za vplive v stavbah podani v standardu (SIST EN 1990: 2004) v obliki preglednice. Tako je za bivalne površine (kategorija uporabe A) in pisarne (kategorija B) faktor za pogosto vrednost spremenljivega vpliva zunanje obtežbe enak $\psi_1 = 0,5$, za navidezno stalno vrednost spremenljivega vpliva pa $\psi_2 = 0,3$. V požarnem projektnejem stanju so delni varnostni faktorji za lastnosti materialov enaki 1,0.

Za izpolnitev neenačbe (1) sta v evrokodih dovoljeni dve skupini projektantskih metod. Prvo skupino sestavljajo poenostavljene računske metode. Te so namenjene približni oceni požarne odpornosti le določenim vrstam konstrukcijskih elementov, kot so to nosilci, stebri in podobno. Drugo skupino sestavljajo splošnejše metode, ki se v standardu imenujejo napredne računske metode. Te metode so zasnovane na fiziki kontinuuma in omogočajo boljše oceno požarne odpornosti gradbenih konstrukcij ter tudi boljše razumevanje obnašanja konstrukcij med požarom. Glede na osnovni namen prispevka v nadaljevanju podrobneje predstavimo le bistvene značilnosti poenostavljenih računskih metod.

3 • POENOSTAVLJENE RAČUNSKE METODE PROJEKTIRANJA

Kot smo že v uvodu omenili, so poenostavljene računske metode projektiranja, ki so namenjene le približni oceni požarne odpornosti enostavnih konstrukcijskih elementov gradbenih konstrukcij, razdeljene v dva matematično nepovezana dela, kjer v prvem delu požarne analize določimo časovno razporeditev temperatur obravnavanega konstrukcijskega elementa (v nadaljevanju nosilca), v drugem delu analize pa preverjamo požarno varnost nosilca skladno z zahtevo (1).

3.1. Časovno spreminjanje temperatur nosilcev med požarom

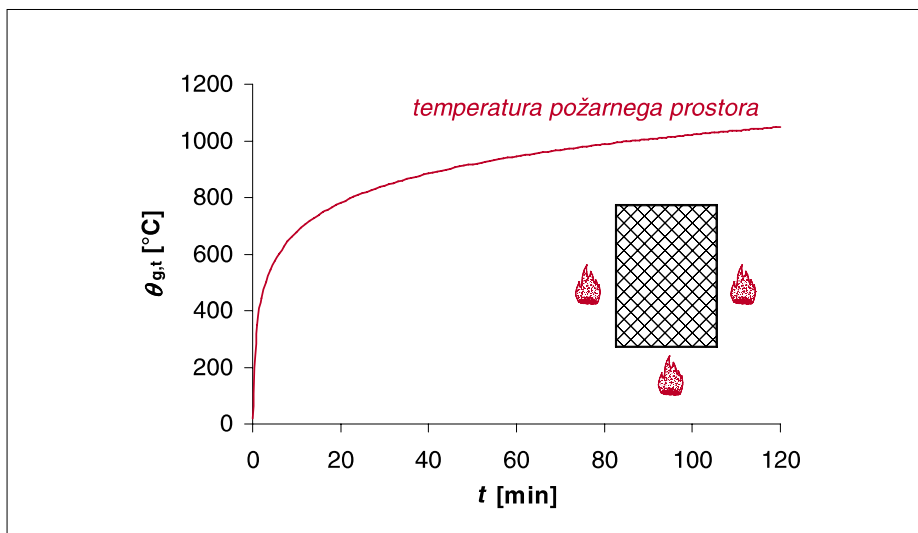
V splošnem moramo za določitev časovnega spreminjanja temperatur nosilcev med

požarom upoštevati vse tri načine prenosa toplote: kondukcijo, konvekcijo in radiacijo. Pri običajnih gradbenih konstrukcijah iz betona, jekla ali lesa se seveda med požarom največ toplote po konstrukciji prenaša s kondukcijo. To opišemo s parcialno diferencialno enačbo za prevajanje toplote, znane kot Fourierjeva parcialna diferencialna enačba za prenos toplote po trdni snovi, prehod toplote skozi zunanje površine nosilca zaradi konvekcije in radiacije v požarnem prostoru pa upoštevamo z ustreznimi robnimi pogoji. Enačbo zaradi zahtevnosti rešujemo numerično, in sicer z metodo končnih elementov, z diferenčno metodo ali pa z empiričnimi formulami, ki so na voljo v literaturi. Poleg prenosa toplote se v poroz-

nih materialih (na primer v betonu in lesu) med požarom po konstrukciji hkrati pretakajo tudi kapljevine in zmesi plinov, sočasno pa potekajo tudi številni kemijski procesi. Takšna povezana kemijsko-temperaturno-vlažnostna analiza, kot jo običajno imenujemo, je za vsakdanjo inženirsko prakso prezahtevna, zato le posredno upoštevamo vpliv transporta tekočin in kemičnih procesov na časovno razporeditev temperatur konstrukcij med požarom.

Pri oceni požarne odpornosti nosilca uporabljamo standardizirane načine segrevanja požarnega prostora, ki jih modeliramo s t. i. požarnimi krivuljami. Najosnovnejša je standardna požarna krivulja, ki predstavlja gorenje lesa (slika 1). Z njo predpostavimo, da temperature požarnega prostora med požarom ves čas naraščajo skladno z enačbo:

$$\theta_{g,t} = 20 + 345 \log(8t + 1), \quad (3)$$



Slika 1 • Standardna požarna krivulja skladno s (SIST EN 1991-1-2: 2005)

kjer je $\theta_{g,t}$ (°C) trenutna temperatura požarnega prostora, t (min) pa čas trajanja požara.

Pri določanju temperatur nosilca med požarom ne naredimo velike napake, če predpostavimo, da je temperatura celotnega požarnega prostora ali pa vsaj dela na območju vzdolž nosilca enakomerna, kar bistveno poenostavi temperaturno analizo. V tem primeru izračunamo časovno razporeditev temperatur med požarom le v prečnem prerezu nosilca, saj se temperatura vzdolž nosilca ne spreminja. V nadaljevanju podrobneje predstavimo posebnosti numeričnih metod za določitev temperatur armiranobetonskega, lesenega in jeklenega nosilca med požarom.

3.1.1 Armiranobetonski nosilec

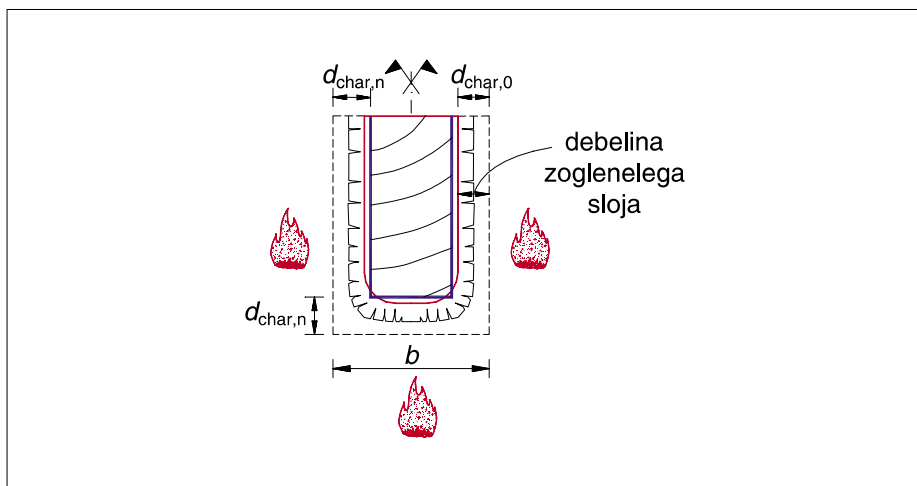
Časovno spreminjanje temperatur prečnega prereza armiranobetonskega nosilca najpogosteje izračunamo z metodo končnih elementov. Ker je vsebnost vlage v običajnih armiranobetonskih konstrukcijah relativno nizka (pod 3–4 % teže betona), lahko pri teh konstrukcijah vpliv vlage na časovno spreminjanje temperatur med požarom zanemarimo oziroma ga upoštevamo s povečanjem toplotne kapacitete betona v temperaturnem območju med 100 in 200 °C. Takšno poenostavljeno upoštevanje vpliva vlage v temperaturni analizi je upravičeno, saj je vpliv vlage na časovno spreminjanje temperatur armiranobetonskega nosilca ugoden, ker se del dovedene toplote porabi za izparevanje vode, kar upočasni segrevanje nosilca. Vendar pa visoka vsebnost vlage v betonu ni vedno ugodna. Med požarom lahko visoka vsebnost vlage pri slabo prepustnih in poroznih betonih (npr. betoni visokih trdnosti) povzroči

nastanek visokih pornih tlakov, ki lahko v kombinaciji z različnimi temperaturnimi deformacijami agregata in cementnega kamna povzročijo eksplozivno luščenje zunanjih plasti betonskega nosilca. Zaradi odpadlega betona in posledično izpostavljenosti armaturnih palic požaru se le-te hitro segrejejo in zaradi viskoznega lezenja jekla povzročijo porušitev armiranobetonskega nosilca. Eksplozivnemu luščenju betona so izpostavljene tudi konstrukcije oziroma deli konstrukcij, ki so zgrajeni iz betonov s kremenčevim agregatom, ter betonske konstrukcije, ki so izpostavljene zelo hitremu segrevanju, so pretežno tlačno obremenjene in so ostrih in tankih geometrijskih oblik. Na časovno spreminjanje temperatur armiranobetonskega nosilca med požarom vpliva tudi lega in količina armature. Pri običajni stopnji armiranja (do 4 % ploščine prečnega prereza) lahko vpliv armature na časovno spreminjanje temperatur prečnega prereza zanemarimo. Pri analizi rezultatov privzamemo, da so temperature v posamezni armaturni palici kar enake temperaturam betona na mestu armaturne palice.

V temperaturni analizi izberemo za toplotne lastnosti betona (toplotna prevodnost, specifična toplota in gostota betona) vrednosti iz standarda (SIST EN 1992-1-2: 2005), za parametre vpliva konvekcije in radiacije na obodu armiranobetonskega nosilca pa vrednosti iz standarda (SIST EN 1991-1-2: 2005) (prestopni koeficient za površine, ki so neposredno izpostavljene standardnemu požaru, je $\alpha_c = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$, emisivnost betonske površine je $\epsilon_m = 0,7$, emisivnost požarnega prostora pa $\epsilon_f = 1,0$). Toplotne lastnosti betona so odvisne od temperature betona.

3.1.2. Leseni nosilec

Podobno kot za določanje temperatur armiranobetonskega nosilca moramo tudi za določanje temperatur lesenega nosilca med požarom v splošnem upoštevati vse tri načine prenosa toplote: kondukcijo, konvekcijo in radiacijo. Dodatno pa moramo pri lesenem nosilcu upoštevati vpliv spremenjenih toplotnih lastnosti zoglenelega lesa, njegovo razpokanost, vpliv vlage na razporeditev temperatur ter prisotnost lepila na stikih lamel pri lameliranih lepljenih lesenih nosilcih. Za približno oceno časovnega spreminjanja temperatur lesenega nosilca med požarom lahko skladno s (SIST EN 1995-1-2: 2004) upoštevamo, da so temperature nosilca v splošnem odvisne samo od stopnje zoglenosti lesa, toplotne prevodnosti lesa in od temperatur na stiku med zoglenim in nezoglenim lesom (ca. 300 °C). Tako v strokovni literaturi (Purkiss, 1996) najdemo enostavne empirične izraze za določitev temperatur v osrednjem, nezoglenem delu nosilca med požarom. Zogleni deli lesenega nosilca imajo dobre izolativne lastnosti, kar preprečuje intenzivno segrevanje osrednjega dela nosilca. Če intenziteta in trajanje požara nista predolga oziroma če masivnost nosilca ni premajhna, lahko zaradi sorazmerno počasnega naraščanja temperatur v osrednjem, nezoglenem delu nosilca predpostavimo, da dosežene temperature v tem delu nosilca bistveno ne spremenijo mehanskih lastnosti lesa pri sobni temperaturi. To zelo poenostavi oceno požarne odpornosti lesenega nosilca, saj določanje temperatur lesenega nosilca med požarom prevedemo na oceno debeline zoglenelega sloja. To poenostavljeno temperaturno analizo lesenega nosilca med požarom predstavimo v nadaljevanju. Eksperimenti kažejo, da je na začetku požara hitrost oglenenja odvisna od vlažnosti lesa, ki upočasni oglenenje lesa. Pri standardni požarni obremenitvi lesenega nosilca je hitrost oglenenja lesa na časovnem intervalu med 30. in 90. minuto približno konstantna in je odvisna od vrste lesa in njegove vlažnosti (Purkiss, 1996). Po 90 minutah pa se hitrost oglenenja zelo poveča. Debelino zoglenelega sloja lesa skladno s standardom (SIST EN 1995-1-2: 2004) označimo z $d_{char,0}$ (slika 2). V vogalih prečnega prereza je zaradi izpostavljenosti nosilca visokim temperaturam z dveh strani debelina zoglenelega sloja večja. Če vogalnih zaokrožitev v požarni analizi ne upoštevamo, moramo debelino zoglenele plasti nekoliko povečati. Novo debelino označimo z $d_{char,n}$. V obeh primerih izračunamo debelino zoglenele plasti lesa med požarom z enačbo:



Slika 2 • Debelina zogljenega sloja prečnega prereza lesenega nosilca med požarom

$$d_{char,0(n)} = \beta_{0(n)} \cdot t, \quad (4)$$

kjer je $\beta_{0(n)}$ (mm/min) hitrost oglečenja lesa z oziroma brez upoštevanja vogalnih zaokrožitvev, t (min) pa je pretečeni čas. Za homogen les (iglavci) je hitrost oglečenja – skladno s (SIST EN 1995-1-2: 2004) – $\beta_{0(n)} = 0,65$ (0,8) mm/min, za lepljen les pa $\beta_{0(n)} = 0,65$ (0,7) mm/min. Če pri računu požarne odpornosti nezoglenelega dela prečnega prereza predpostavimo, da le-ta zaradi dobre izolativnosti zogljenega lesa ohrani začetne materialne lastnosti lesa (materialne lastnosti pri sobni temperaturi z upoštevanjem 20 % fraktila), moramo debelino zogljenega sloja dodatno povečati za 7 mm:

$$d_{ef} = d_{char,0(n)} + k_0 \cdot 7 \text{ mm}, \quad (5)$$

S parametrom k_0 v enačbi (5) upoštevamo manjšo hitrost oglečenja lesa zaradi vlage v prvih 20 minutah požara.

3.1.3. Jekleni nosilec

Temperatura jeklenega nosilca med požarom določimo popolnoma enako kot pri armiranobetonskem in lesenem nosilcu, vendar lahko Fourierjevo diferencialno enačbo prevajanja toplote za jeklene nosilce s tankostenskimi prečnimi prerezi, kjer je zaradi velike toplotne prevodnosti jekla temperatura po celotnem prečnem prerezu nosilca praktično enaka, bistveno poenostavimo. Tako lahko pri reševanju Fourierjeve diferencialne enačbe namesto relativno zahtevne metode končnih elementov uporabimo kar rekurzivne formule, ki so na voljo v standardu (SIST EN 1993-1-2: 2005). Za nezaščiten jeklene nosilce izračunamo prirastek temperature nosilca med požarom $\Delta\theta_{g,t}$ (°C) z enačbo:

$$\Delta\theta_{g,t} = k_{sh} \frac{A_m/V}{c_a \rho_a} \dot{h}_{net} \Delta t, \quad (6)$$

kjer je Δt (sek) časovni prirastek ($\Delta t \leq 5$ sek), $k_{sh} \leq 1$ je korekcijski faktor, s katerim korigiramo prirastek temperature zaradi vpliva zasenčenja dela razčlenjenega prečnega prereza, A_m/V (1/m) je faktor prečnega prereza za nezaščiten nosilce, c_a (J/kgK) je temperaturno odvisna specifična toplota jekla, ρ_a (kg/m³) je gostota jekla, \dot{h}_{net} (W/m²) pa je neto toplotni tok na enoto zunanje površine jeklenih nosilcev med požarom zaradi konvekcije in radiacije. Za jeklene nosilce s prečnimi prerezi 'I' izračunamo korekcijski faktor za vpliv zasenčenja z enačbo:

$$k_{sh} = 0,9 \frac{[A_m/V]_b}{A_m/V}, \quad (7)$$

kjer je $(A_m/V)_b$ (1/m) faktor prečnega prereza za namišljeno škatlo, ki objema prečni prerez 'I'. Neto toplotni tok skozi zunanjo površino nosilca zaradi konvekcije in radiacije požarnega prostora izračunamo z izrazom:

$$\dot{h}_{net} = \alpha_c (\theta_{g,t} - \theta_{a,t}) + \varepsilon_m \cdot \varepsilon_t \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot [(\theta_{g,t} + 273)^4 - (\theta_{a,t} + 273)^4], \quad (8)$$

kjer sta $\theta_{g,t}$ in $\theta_{a,t}$ temperaturi požarnega prostora oziroma jeklenega nosilca pri času t , α_c je prestopni koeficient zraka, ki je za standardnemu požaru izpostavljene površine $\alpha_c = 25$ W/m²K, ε_m je emisivnost jeklene površine ($\varepsilon_m = 0,7$), ε_t pa je emisivnost požarnega prostora ($\varepsilon_t = 1,0$).

Za zaščiten jeklene nosilce izračunamo časovni prirastek temperature prečnega prereza med požarom z izrazom:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p (A_p/V)}{c_p c_a \rho_a} \cdot \frac{(\theta_{g,t} - \theta_{g,0})}{1 + \phi/3} \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t}, \quad (9)$$

kjer je $\phi = \frac{c_p \rho_p}{c_a \rho_a} d_p (A_p/V)$. Pomen ostalih oznak v izrazu (9) je: A_p/V (1/m) je faktor prečnega prereza zaščitenega jeklenega nosilca, c_p (J/kgK) je specifična toplota požarne zaščite, λ_p (W/mK) je toplotna prevodnost požarne zaščite, ρ_p (kg/m³) je gostota požarne zaščite, d_p (m) je debelina požarne zaščite, $\Delta\theta_{g,t}$ (°C) pa je prirastek temperature plinov v požarnem prostoru v časovnem intervalu Δt (sek) ($\Delta t \leq 30$ sek). Toplotne lastnosti požarne zaščite so v splošnem odvisne od temperature.

3.2. Ocene požarne odpornosti nosilcev

V nadaljevanju predstavimo drugo stopnjo poenostavljenih računskih metod za oceno požarne odpornosti armiranobetonskih, lesenih in jeklenih nosilcev, ki jih predpisujejo evrokodi. V splošnem moramo skladno z zahtevo (1) ob znanih temperaturah nosilca med požarom izračunati projektno odpornost $R_{fi,d,t}$ značilnega prečnega prereza nosilca v pogojih požara, jo primerjati s projektnimi učinki vplivov zunanjih obtežb $E_{fi,d,t}$ in oceniti požarno varnost nosilca. Ker se odpornost prečnega prereza nosilca med požarom nelinearno zmanjšuje, je račun požarne odpornosti nosilca iterativen.

3.2.1. Armiranobetonski nosilec

Skladno s standardom (SIST EN 1992-1-2: 2005) lahko ocenimo požarno odpornost armiranobetonskega nosilca na dva načina. Pri prvem načinu zagotovimo zahtevano požarno odpornost nosilca z ustreznimi dimenzijami prečnega prereza oziroma z ustrežno debelino zaščitne plasti betona, ki jih predpisuje standard. V tem primeru detajlnjša analiza požarne odpornosti nosilca ni potrebna. Z zadostnimi dimenzijami nosilca preprečimo morebitno luščenje betona, z ustrežno debelino zaščitnega sloja pa preprečimo prekomerno segrevanje armaturnih palic, saj se pri temperaturah, višjih od 400 °C, trdnost hladno obdelanega jekla za armiranje drastično zmanjša (SIST EN 1992-1-2: 2005).

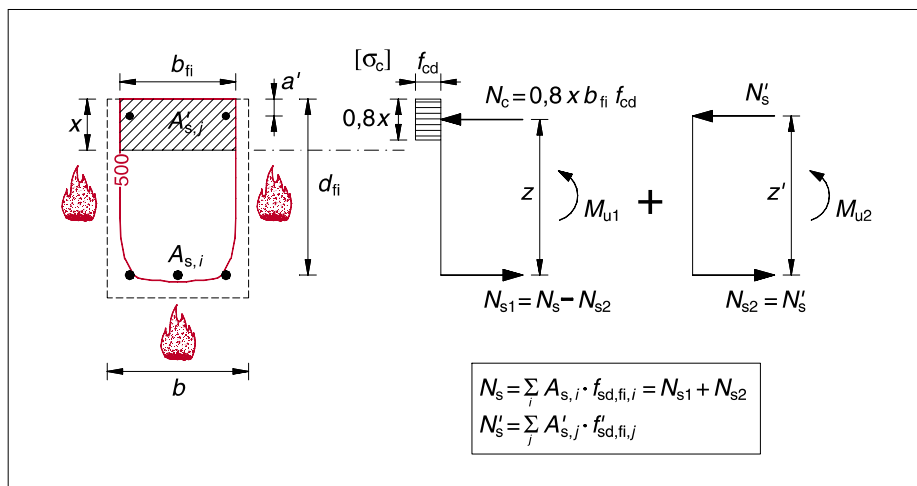
Pri drugem načinu pa izračunamo požarno odpornost armiranobetonskega nosilca z eno izmed poenostavljenih računskih metod. V tem članku detajlno predstavimo t. i. me-

todo izoterme 500 °C. Podobno kot pri računu odpornosti armiranobetonskih nosilcev pri sobni temperaturi tudi pri metodi izoterme 500 °C prispevajo k osno-upogibni odpornosti armiranobetonskih prečnih prereзов nosilcev med požarom tlačno obremenjeni beton ter natezna in tlačna vzdolžna armatura. Pri tem betonski del prečnega prereza, v katerem temperatura med požarom preseže 500 °C, pri računu odpornosti prečnega prereza ne upoštevamo. Na podlagi eksperimentalnih in teoretičnih ugotovitev je ta predpostavka zelo konservativna (Purkiss, 1996), saj ima beton iz kremenčevega agregata pri 500 °C – skladno s (SIST EN 1992-1-2: 2005) – še 60 % tlačne trdnosti betona pri sobni temperaturi, beton iz apnenčevega agregata pa celo 74 %. Tako zanemaritev odpornosti betona pri temperaturah, višjih od 500 °C, delno nadomestimo tako, da za tlačno obremenjene betonske dele prečnih prereзов nosilcev s temperaturami, nižjimi od 500 °C, upoštevamo pri računu požarne odpornosti prečnega prereza tlačno trdnost betona pri sobni temperaturi. Prispevke armaturnih palic k požarni odpornosti prečnega prereza nosilca pa moramo upoštevati skladno s temperaturno odvisnimi redukcijskimi faktorji (SIST EN 1992-1-2: 2005). Zaradi večje preglednosti predstavimo metodo izoterme 500 °C še z enačbami.

V požarnem projektnem stanju je značilni prečni prerez armiranobetonskega nosilca obremenjen z osno silo $N_{fi,d,t}$ in z upogibnim momentom $M_{fi,d,t} \equiv E_{fi,d,t}$. S pomočjo ravnotežja osnih sil v prečnem prerezu ($N_s - N'_s - N_c - N_{fi,d,t} = 0$) izračunamo lego nevtralne osi x z enačbo (glej sliko 3):

$$x = \frac{N_s - N'_s - N_{fi,d,t}}{0,8 b_{fi} f_{cd}} = \frac{\sum_i A_{s,i} \cdot f_{sd,fi,i} - \sum_j A'_{s,j} \cdot f'_{sd,fi,j} - N_{fi,d,t}}{0,8 b_{fi} f_{cd}} \quad (10)$$

Pri izpeljavi smo upoštevali konstanten potek tlačnih napetosti v betonskem delu prečnega prereza. V enačbi (10) je b_{fi} reducirana širina prečnega prereza, f_{cd} je projektna tlačna trdnost betona pri sobni temperaturi, $f_{sd,fi,i}$ in $f'_{sd,fi,j}$ pa sta od temperature odvisni projektni trdnosti i -te spodnje oziroma j -te zgornje vzdolžne armaturne palice med požarom. Požarno odpornost armiranobetonskega prečnega prereza nosilca (v tem primeru upogibno odpornost) izračunamo z enačbo:



Slika 3 • Obremenitev armiranobetonskega prečnega prereza v požarnem projektnem stanju

$$R_{fi,d,t} = M_{u1} + M_{u2} = N_c \cdot z + N'_s \cdot z' = N_c \cdot (d_{fi} - 0,4x) + N'_s \cdot (d_{fi} - \alpha') \quad (11)$$

kjer je z ročica notranjih sil, z' je razdalja med težiščema spodnje in zgornje vzdolžne armature, d_{fi} je statična višina prečnega prereza v pogojih požara, α' pa je oddaljenost težišča zgornje (tlačne) armature od zgornjega roba (slika 3).

Ker se nekatere količine, kot so to reducirana širina prečnega prereza, globina nevtralne osi, trdnostne lastnosti armaturnih palic, med požarom spreminjajo, moramo skladno z enačbo (1) požarno odpornost armiranobetonskega nosilca oceniti pri različnih časovnih intervalih med trajanjem požara.

3.2.2. Leseni nosilec

Tudi v standardu za požarnovarno projektiranje lesenih konstrukcij (SIST EN 1995-1-2: 2004) sta na voljo dve poenostavljeni računski metodi za oceno požarne odpornosti lesenih nosilcev. Obe metodi upoštevata zmanjšanje odpornosti značilnega prečnega prereza lesenega nosilca med požarom, razlikujeta pa se predvsem v tem, kako v požarni analizi upoštevata debelino zoglenega sloja in trdnostne lastnosti lesa. Pri prvi metodi izračunamo debelino zoglenega sloja lesa z enačbo (4), nezoglenemu delu lesenega nosilca pa pri računu požarne odpornosti priredimo reducirane trdnostne lastnosti lesa. Pri drugi metodi pa v analizi upoštevamo nekoliko večjo debelino zoglenega sloja (enačba (5)) in trdnostne lastnosti nezoglenega lesa pri sobni temperaturi z upoštevanjem 20 % fraktilne. Pri obeh metodah pa upoštevamo, da

zoglene plasti lesa ne prispevajo k požarni odpornosti prečnega prereza lesenega nosilca.

Če predpostavimo, da je nosilec izpostavljen požaru s treh strani (glej sliko 2), izračunamo pri drugi metodi reducirane dimenzije prečnega prereza lesenega nosilca med požarom z enačbama:

$$b_{fi} = b - 2d_{ef}, \quad h_{fi} = h - d_{ef} \quad (12)$$

Ker se reducirani dimenziji prečnega prereza nosilca med požarom spreminjata, moramo požarno odpornost lesenega nosilca oceniti pri različnih časovnih intervalih med trajanjem požara.

3.2.3. Jekleni nosilec

Podobno kot pri armiranobetonskih in lesenih nosilcih sta za oceno požarne odpornosti jeklenih nosilcev – skladno s (SIST EN 1993-1-2: 2005) – na voljo dve poenostavljeni računski metodi. Pri prvi metodi ocenimo požarno odpornost nosilca glede na razmerje med t i. kritično temperaturo in temperaturami jeklenega nosilca. Večje je to razmerje, večja je požarna odpornost jeklenega nosilca. Kritično temperaturo, ki je odvisna od nivoja obremenitve jeklenega nosilca pred požarom, izračunamo s pomočjo empiričnega izraza. Pri drugi poenostavljeni računski metodi pa moramo izračunati požarno odpornost značilnega prečnega prereza jeklenega nosilca. Zaradi povišanih temperatur jeklenega nosilca med požarom se trdnostne lastnosti jekla zmanjšajo, kar moramo v računu ustrezno upoštevati. Sicer pa je postopek računa požarne odpornosti enak računu

odpornosti jeklenega nosilca pri sobni temperaturi. Skladno s standardom (SIST EN

1993-1-2: 2005) reduciramo trdnost jekla pri povišanih temperaturah z uporabo redukci-

jskega faktorja za efektivno napetost na meji tečenja jekla $k_{y,\theta}$.

4 • RAČUNSKI PRIMERI

Poenostavljene računske metode za oceno požarne odpornosti armiranobetonskih, lesenih in jeklenih nosilcev skladno z evrokodi ilustriramo še z značilnimi računskimi primeri. Določili bomo požarno odpornost petih prostoležečih nosilcev: armiranobetonskega nosilca, lesenega nosilca iz homogenega in lepljenega lesa ter zaščitenega in nezaščitenega jeklenega nosilca. Da lahko požarne odpornosti obravnavanih prostoležečih nosilcev medsebojno primerjamo, določimo dimenzije nosilcev tako, da imajo pri sobni temperaturi približno enako odpornost.

4.1. Projektiranje nosilcev pri sobni temperaturi

Skladno z določili standarda (SIST EN 1990: 2004) projektiramo vse obravnavane nosilce pri sobni temperaturi skladno z metodami mejnega stanja nosilnosti (MSN) in mejnega stanja uporabnosti (MSU).

Mejna stanja nosilnosti zagotavljajo varnost gradbenih konstrukcij. Skladno s temi postopki moramo pri nosilcih preveriti varnost pred porušitvijo ali pretiranimi deformacijami nosilca, pri čemer je odločilna trdnost materiala. To zahtevo formalno zapišemo z neenačbo:

$$E_d \leq R_d \quad (13)$$

kjer predstavlja E_d učinek zunanjih vplivov v projektnem stanju, ki ga določajo notranje sile in upogibni momenti, R_d pa predstavlja pripadajočo projektno odpornost prečnega prereza obravnavanega nosilca.

Mejno stanje uporabnosti določa varnost oziroma funkcionalnost gradbenih konstrukcij med njihovo življenjsko dobo. Glede na te zahteve moramo skladno z MSU preveriti velikosti pomikov, razpok armiranobetonskih konstrukcij, nezaželenih nihanj in podobno. V nadaljevanju predpostavimo, da MSU obravnavanih nosilcev določa samo kontrola pomikov. Podobno kot pri MSN tudi MSU formalno zapišemo z neenačbo:

$$E_d \leq C_d \quad (14)$$

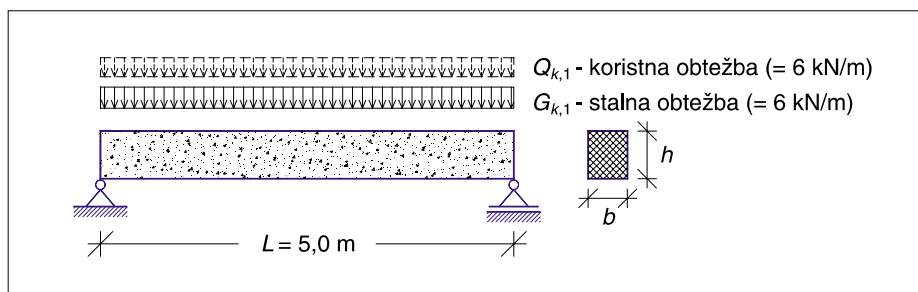
kjer predstavlja učinek zunanjih vplivov v projektnem stanju, pa mejno projektno vred-

nost največjega prečnega pomika nosilca. Za določitev trajnih pomikov obravnavanih nosilcev zaradi krčenja, relaksacije, lezenja in podobnih reoloških pojavov materialov, uporabimo – skladno s (SIST EN 1990: 2004) – navidezno stalno kombinacijo zunanjih vplivov:

$$\sum_j G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (15)$$

kjer je pomen oznak enak, kot smo jih opisali pri enačbi (2).

Kot smo že povedali, želimo rezultate požarne analize armiranobetonskega, lesenega in jeklenega nosilca primerjati med seboj na nosilcih z enakimi odpornostmi pri sobni temperaturi, zato najprej določimo dimenzije



Slika 4 • Skupni geometrijski podatki obravnavanih prostoležečih nosilcev ter lege in velikosti zunanjih obtežb

	izbrani materiali	beton C 25/30, armatura S 500	homogen les C 24	lepljen les GL 32h	jeklo S 235
dimenzije prečnih prerezov [cm]		$b/h = 25/35$		$b/h = 20/34$	
lastna teža (G_{lt}) [kN/m]	2,19	0,29	0,29	0,26	
stalna obt. ($G_{k,1}$) [kN/m]	6,0	6,0	6,0	6,0	
koristna obt. ($Q_{k,1}$) [kN/m]	6,0	6,0	6,0	6,0	
MSN	E_d [kNm]	62,7	54,7	54,6	54,6
	R_d [kNm]	≈ 73,9	60,3	78,9	59,2 (3.r. kompakt.)
	izkoriščenost [%]	85	91	69	92
MSU - trenutni pomik	E_d [cm]	0,92 ¹ (1,40 ²)	1,27 ²	1,11 ²	1,13 ¹ (1,72 ²)
	C_d [cm]	2,0	1,67	1,67	2,0
	izkoriščenost [%]	46	76	66	57
MSU - končni pomik	E_d [cm]	1,94 ¹	1,94 ¹	1,70 ¹	1,13 ¹
	C_d [cm]	2,0	2,0	2,0	2,0
	izkoriščenost [%]	97	97	85	57
opombe		¹ navidezno stalna kombinacija obtežb ² karakteristična kombinacija obtežb			

Preglednica 1 • Postopki projektiranja obravnavanih prostoležečih nosilcev z razponom $L = 5$ m pri sobni temperaturi

obravnanih nosilcev pri sobni temperaturi. Skupna podatka obravnanih prostoležečih nosilcev sta razpon $L = 5$ m ter lega in velikost stalne in koristne obtežbe (slika 4). Dimenzije prečnih prereзов obravnanih nosilcev določimo skladno z MSN in MSU in jih skupaj s postopki projektiranja prikazujemo v preglednici 1.

Rezultati v preglednici 1 kažejo, da so bile pri projektiranju armiranobetonskega nosilca ter nosilcev iz homogenega oziroma lepljenega lesa merodajne kontrole prečnih pomikov nosilcev, izkoriščenosti prečnih prereзов nosilcev pa so 97, 97 oziroma 85 %. Pri projektiranju jeklenega nosilca pa je bila merodajna kontrola varnosti značilnega prečnega prereza skladno z MSN, izkoriščenost prečnega prereza je 92 %.

4.2. Ocena požarne odpornosti armiranobetonskega, lesenega in jeklenih nosilcev

Kombinacijo zunanjih vplivov v požarnem projektnem stanju za obravnavane nosilce zapišemo glede na dejansko obtežbo nosilcev s pomočjo izraza (2):

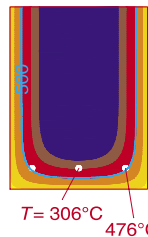
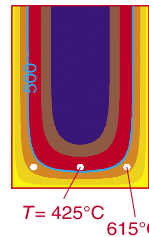
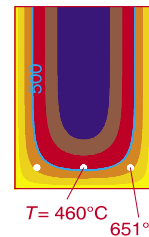
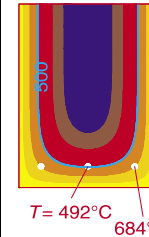
$$G_{i,t} + G_{k,1} + A_d + 0,5 \cdot Q_{k,1}, \quad (16)$$

kjer je $G_{i,t}$ vpliv lastne teže, $G_{k,1}$ vpliv stalne obtežbe, A_d vpliv požarne obtežbe in $Q_{k,1}$ vpliv koristne obtežbe.

Pri računu temperatur obravnanih nosilcev med požarom predpostavimo, da so nosilci izpostavljeni požaru s spodnje in bočnih strani, zgornja površina nosilcev pa je toplotno izolirana. Pri tem temperatura požarnega prostora narašča skladno s standardno požarno krivuljo (slika 1).

4.2.1 Požarna odpornost armiranobetonskega nosilca

Za oceno požarne odpornosti armiranobetonskega nosilca uporabimo metodo izoterme 500 °C. Časovno spreminjanje temperatur prečnega prereza izračunamo s programom HEATC (Saje, 1987). Zaradi simetrije obravnavamo samo polovico prečnega prereza, ki ga modeliramo z 800 štirivozliščnimi končnimi elementi. V računu upoštevamo mehanske in toplotne lastnosti za beton iz apnenčevega agregata in mehanske lastnosti hladno obdelanega jekla za armiranje (razred N) skladno s (SIST EN 1992-1-2: 2005). Pri tem za toplotno prevodnost betona izberemo spodnjo mejo. Vpliv vlage na časovno razporeditev temperatur nosilca med požarom upoštevamo

iteracija	1.	2.	3.	4.
čas [min]	60	90	100	110
temperaturno polje prereza T [°C]				
efektivna širina prereza b_{fi} [cm]	20,8	19,2	18,7	18,2
odpornost arm. N_s [kN]	247,9	159,6	129,8	102,5
višina nevtralne osi x [cm]	5,96	4,16	3,47	2,82
MSN	$E_{fi,d,t}$ [kNm]	35,0	35,0	35,0
	$R_{fi,d,t}$ [kNm]	70,9	46,8	38,4
	izkoriščenost [%]	49	75	91

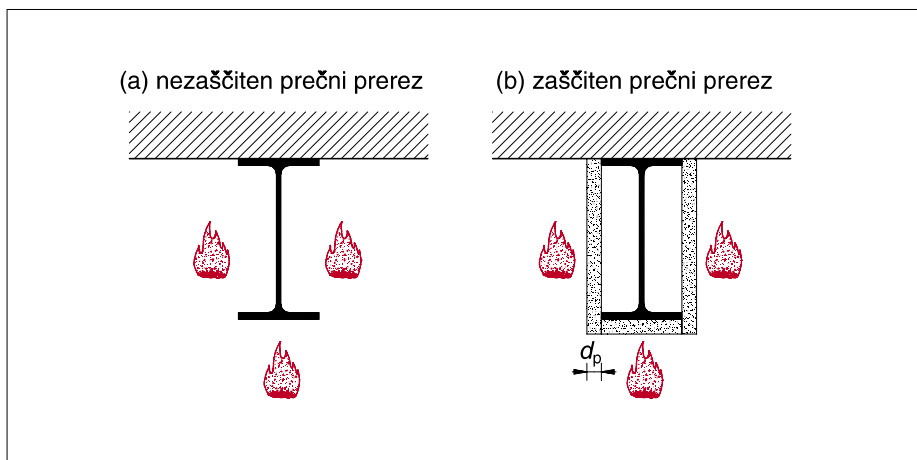
Preglednica 2 • Račun požarne odpornosti armiranobetonskega nosilca

iteracija	1.	2.	3.	4.
čas [min]	30	60	70	71,5
efektivna širina prereza b_{fi} [cm]	13,8	9,0	7,4	7,2
efektivna višina prereza h_{fi} [cm]	31,9	29,5	28,7	28,6
MSN	$E_{fi,d,t}$ [kNm]	29,0	29,0	29,0
	$R_{fi,d,t}$ [kNm]	70,2	39,2	30,5
	izkoriščenost [%]	41	74	95

Preglednica 3 • Ocena požarne odpornosti homogenega lesenega nosilca

iteracija	1.	2.	3.	4.
čas [min]	30	60	80	87
efektivna širina prereza b_{fi} [cm]	14,4	10,2	7,4	6,4
efektivna višina prereza h_{fi} [cm]	31,2	29,1	27,7	27,2
MSN	$E_{fi,d,t}$ [kNm]	29,0	29,0	29,0
	$R_{fi,d,t}$ [kNm]	86,0	53,0	34,8
	izkoriščenost [%]	34	55	83

Preglednica 4 • Ocena požarne odpornosti lepljenega lesenega nosilca



Slika 5 • Nezaščiten in zaščiten jekleni nosilec

računski korak	1.	2.	60.	120.	156.	
čas [min]	0,083	0,167	5	10	13,0	
$\theta_{g,t}$ [°C]	96,5	147,0	576,4	678,4	717,3	
c_a [J/kgK]	439,8	440,0	541,5	656,7	750,7	
\dot{h}_{net} [W/m ²]	1142,2	3207,7	26482,6	24006,9	19022,4	
$\Delta\theta_{a,t}$ [°C]	0,2	0,7	4,6	3,5	2,4	
$\theta_{a,t}$ [°C]	20,2	20,9	237,9	490,2	594,2	
redukcijski faktor za napetost tečenja jekla $k_{y,\theta}$	1,0	1,0	1,0	0,80	0,49	
MSN	$E_{fi,d,t}$ [kNm]	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
	$R_{fi,d,t}$ [kNm]	59,2	59,2	59,2	47,5	28,9
	izkoriščenost [%]	49	49	49	61	100

Preglednica 5 • Ocena požarne odpornosti nezaščitenega jeklenega nosilca

računski korak	1.	2.	60.	120.	150.	169.	
čas [min]	0,5	1,0	30	60	75	84,5	
$\theta_{g,t}$ [°C]	261,1	349,2	841,8	945,3	978,7	996,6	
$\theta_{p,t}$ [°C]	140,6	184,6	546,2	705,2	762,9	794,1	
c_a [J/kgK]	439,8	439,8	547,5	642,2	705,6	750,6	
ϕ	0,736	0,736	0,591	0,504	0,459	0,431	
$\Delta\theta_{a,t}$ [°C]	-16,3 oz. 0	-3,9 oz. 0	4,1	3,0	2,5	2,2	
$\theta_{a,t}$ [°C]	20,0	20,0	254,7	468,0	549,6	593,9	
redukcijski faktor za napetost tečenja jekla $k_{y,\theta}$	1,0	1,0	1,0	0,85	0,63	0,49	
MSN	$E_{fi,d,t}$ [kNm]	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0
	$R_{fi,d,t}$ [kNm]	59,2	59,2	59,2	50,4	37,1	28,9
	izkoriščenost [%]	49	49	49	57	78	100

Preglednica 6 • Ocena požarne odpornosti zaščitenega jeklenega nosilca

s povečanjem specifične toplote betona na temperaturnem intervalu med 100 in 200 °C ob predpostavki, da znaša količina vlage v betonu 1,5 % teže betona.

Rezultate požarne odpornosti armiranobetonskega nosilca z dimenzijami prečnega prereza $b/h = 25/35$ cm pri 60, 90, 100 in 110 minutah trajanja požara predstavimo v preglednici 2. Glede na prikazane rezultate požarne analize ocenimo, da je požarna odpornost obravnavanega armiranobetonskega nosilca nekoliko večja kot 100 minut (preglednica 2).

4.2.2. Požarna odpornost homogenega in lepljenega lesenega nosilca

Za oceno požarne odpornosti lesenih nosilcev uporabimo metodo, pri kateri v analizi upoštevamo večjo debelino zoglenega sloja lesa in mehanske lastnosti nezoglenega dela nosilca pri sobni temperaturi. V preglednici 3 prikazujemo rezultate računa požarne odpornosti homogenega lesenega nosilca z dimenzijami prečnega prereza $b/h = 20/35$ cm, v preglednici 4 pa lepljenega nosilca z dimenzijami $b/h = 20/34$ cm. Za nosilec iz homogenega lesa je požarna odpornost 71,5 minute, za nosilec iz lepljenega lesa pa 87 minut.

4.2.3. Požarna odpornost nezaščitenega in zaščitenega jeklenega nosilca

V preglednici 5 in 6 prikazujemo rezultate računa požarne odpornosti nezaščitenega in zaščitenega jeklenega nosilca z oznako IPE 220 (slika 5). Temperature jeklenega nosilca smo izračunali z enačbama (6) oziroma (9). Pri tem je faktor prečnega prereza za nezaščiten jekleni nosilec IPE 220 $A_m/V = 221$ m³, faktor prečnega prereza za namišljeno škatlo, ki objema nezaščiten prečni prerez IPE 220, pa je $(A_m/V)_b = 165$ m³. Za zaščiten nosilec je faktor prečnega prereza $A_p/V = 165$ m³.

Za nezaščiten jekleni nosilec je požarna odpornost le 13 minut (preglednica 5). Časovno spreminjanje temperatur jeklenega nosilca med požarom smo izračunali v 156 časovnih korakih po 5 sekund.

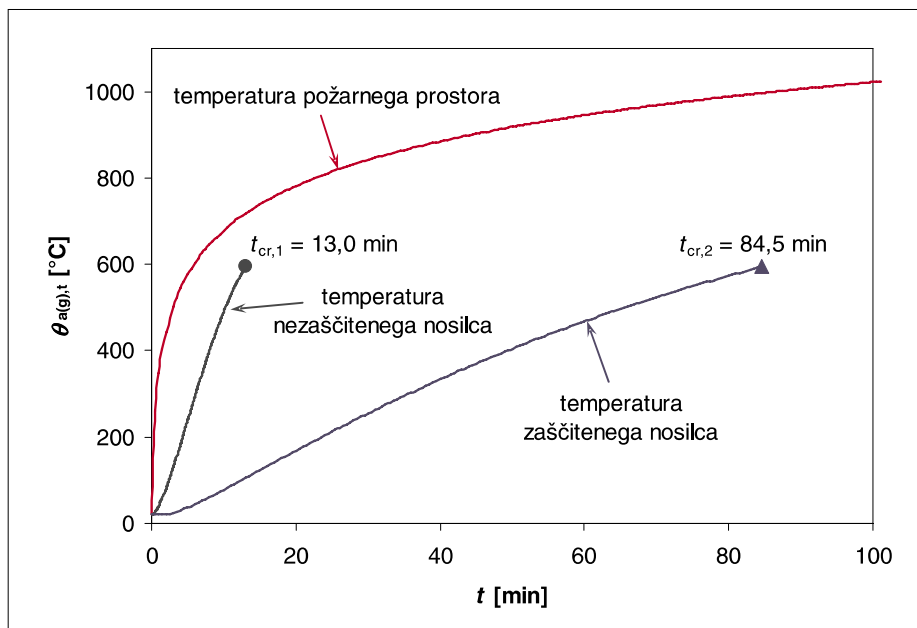
Pri požarni analizi zaščitenega jeklenega nosilca smo za požarno zaščito izbrali plošče PROMATECT 200 z debelino 20 mm (slika 5). Po dostopnih podatkih proizvajalca požarne zaščite so mehanske in toplotne lastnosti plošč naslednje: gostota $\rho_p = 700$ kg/m³, toplotna prevodnost $\lambda_p = 0,189$ W/mK in specifična toplota $c_p = 880$ J/kgK. Ocenjena požarna odpornost zaščitenega jeklenega nosilca je sedaj 84,5 minute (preglednica 6). Časovno

spreminjanje temperatur zaščitenega jeklenega nosilca pa smo izračunali v 169 časovnih korakih po 30 sekund.

Takšna razlika med požarnima odpornostma nezaščitenega in zaščitenega jeklenega nosilca je pričakovana in je posledica hitrosti naraščanja temperatur nosilca med požarom. To prikazujemo na sliki 6. Vidimo, da je hitrost naraščanja temperatur nezaščitenega jeklenega nosilca praktično enaka hitrostim naraščanja temperatur požarnega prostora, medtem ko je hitrost naraščanja temperatur zaščitenega jeklenega nosilca med požarom po pričakovanjih bistveno manjša.

4.2.4. Primerjava rezultatov

V preglednici 7 prikazujemo požarne odpornosti vseh petih obravnavanih prostoležečih nosilcev, ki imajo pri sobni temperaturi približno enako odpornost. Kot vidimo, ima največjo požarno odpornost armiranobetonski nosilec, najmanjšo pa po pričakovanjih nezaščiten jekleni nosilec.



Slika 6 • Časovno spreminjanje temperatur nezaščitenega in zaščitenega jeklenega nosilca med požarom

izbrani materiali	beton C 25/30, armatura S 500	homogen les C 24	lepljen les GL 32h	jeklo S 235
dimenzije prečnih prereзов [cm]	 $b/h = 25/35$	 $b/h = 20/35$	 $b/h = 20/34$	 IPE 220
požarna odpornost [min]	100	71,5	87	13 ¹ 84,5 ²
opombe				¹ nezaščiten ² zaščiten

Preglednica 7 • Primerjava požarnih odpornosti obravnavanih prostoležečih nosilcev

5 • SKLEP

V članku smo predstavili poenostavljene računske metode za oceno požarne odpornosti armiranobetonskih nosilcev, nosilcev iz homogenega in lepljenega lesa ter nezaščitenih in zaščitenih jeklenih nosilcev, kot jih predpisujejo evrokodi. Vse metode so razdeljene v dva matematično nepovezana dela. V prvem delu požarne analize določimo

časovno razporeditev temperatur obravnavanega nosilca med požarom, v drugem delu analize pa izračunamo ob znanih temperaturah nosilca njegovo požarno odpornost. Vse metode so relativno preproste in strukturno podobne metodam projektiranja nosilcev pri sobni temperaturi. Med njimi je numerično najzahtevnejša metoda za požarnovarno

projektiranje armiranobetonskih nosilcev, najpreprostejša pa je metoda za projektiranje lesenih nosilcev. Predstavljene metode so primerne predvsem za oceno požarne odpornosti armiranobetonskih nosilcev z nizko vsebnostjo vlage ter za običajno stopnjo armiranja, za lesene nosilce z zadostno stopnjo masivnosti ter za jeklene nosilce s tankostenskimimi prečnimi prerezi.

6 • LITERATURA

- Bažant, Z. P., Kaplan, M. F., Concrete at high temperatures, Material properties and mathematical models, Longman Group Limited, 1996.
- Beg, D., Projektiranje jeklenih konstrukcij po evropskem predstandardu ENV 1993-1-1, FGG, Univerza v Ljubljani, 1997.
- Bratina, S., Saje, M., Planinc, I., The effects of different strain contributions on the response of RC beams in fire, Engineering Structures, 29(3), str. 418–430, 2007.
- Buchanan, A. H., Structural design for fire safety, University of Canterbury, New Zeland, John Willey & Sons, Ltd., 2005.
- Promat – gradbena požarna zaščita, Zaščita jeklenih konstrukcij s ploščami Promatect 200, prospekt proizvoda na www.promat.si.
- Purkiss, J. A., Fire safety engineering design of structures, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1996.
- Saje, M., Turk, G., HEATC, Program za račun nelinearnega in nestacionarnega prevajanja toplote, FGG, Univerza v Ljubljani, 1987.
- SIST EN 1990: 2004, Osnove projektiranja konstrukcij, 2004.
- SIST EN 1991-1-1: 2004, Vplivi na konstrukcije – Del 1-1: Splošni vplivi – Prostorninske teže, lastna teža, koristna obtežba stavb, 2004.
- SIST EN 1991-1-2: 2004, Vplivi na konstrukcije – Del 1-2: Splošni vplivi – Vplivi na konstrukcije, izpostavljene požaru, 2004.
- SIST EN 1992-1-1: 2005, Projektiranje betonskih konstrukcij – Del 1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe, 2005.
- SIST EN 1992-1-2: 2005, Projektiranje betonskih konstrukcij – Del 1-2: Splošna pravila – Projektiranje požarnovarnih konstrukcij, 2005.
- SIST EN 1993-1-1: 2005, Projektiranje jeklenih konstrukcij – Del 1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe, 2005.
- SIST EN 1993-1-2: 2005, Projektiranje jeklenih konstrukcij – Del 1-2: Splošna pravila – Požarnoodporno projektiranje, 2005.
- SIST EN 1995-1-1: 2005, Projektiranje lesenih konstrukcij – Del 1-1: Splošna pravila in pravila za stavbe, 2005.
- SIST EN 1995-1-2: 2005, Projektiranje lesenih konstrukcij – Del 1-2: Splošna pravila – Projektiranje požarnovarnih konstrukcij, 2005.

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije

vabi na

REDNO SKUPŠČINO,

ki bo v četrtek, 21. maja 2009, s pričetkom ob 13.00 uri,
v prostorih gostilne Livada, Hladnikova cesta 15, Ljubljana

Skupščina bo obravnavala in sprejemala

1. Poročilo o delu DGITS v letu 2008
2. Poslovno poročilo ZDGITS za leto 2008 z bilanco stanja in izkazom poslovnega izida
3. Letni program in
4. Finančni načrt ZDGITS za leto 2009;
5. razrešila organe ZDGITS in izvolila nove ter
6. podelila priznanja zaslužnim in častnim članom ZDGITS.

Predsednik ZDGITS
Miro Vrbeč, univ. dipl. inž. grad.