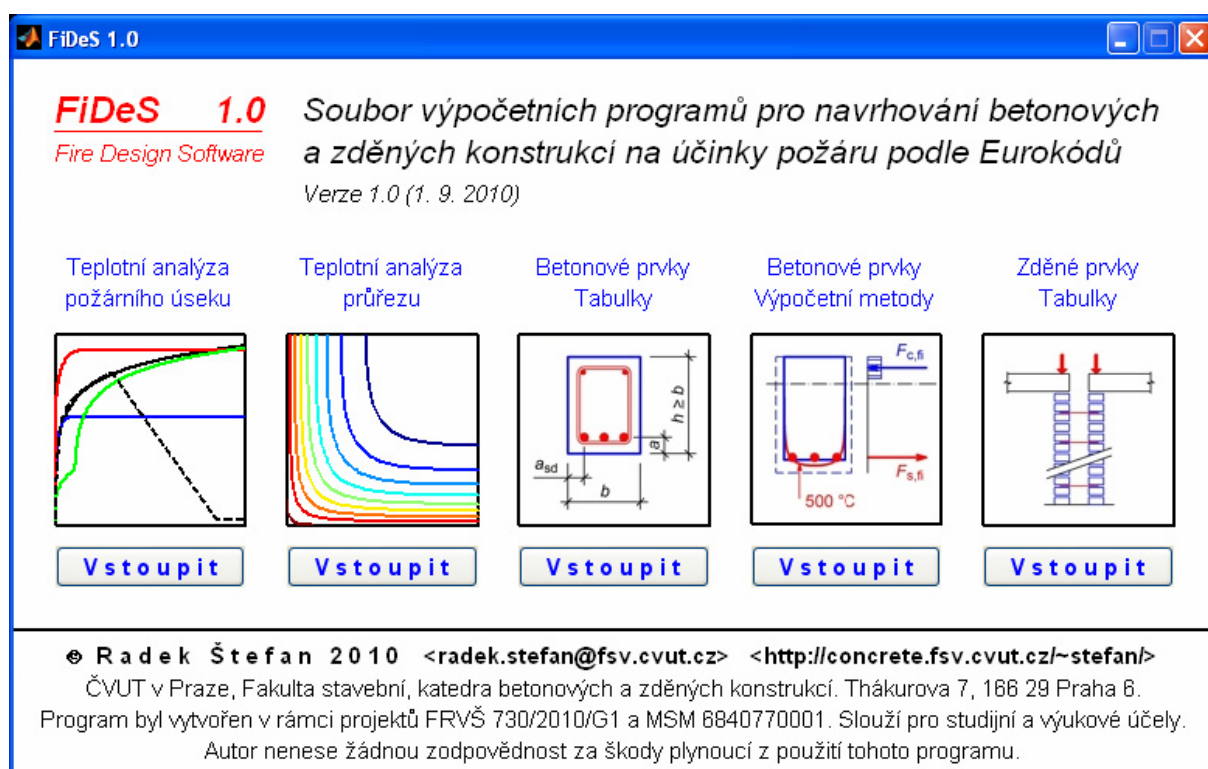


Uživatelská příručka



Vytvořeno v rámci projektu FRVŠ 730/2010/G1 *Soubor programů pro navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru*

Ing. Radek Štefan

Praha 2010

Obsah

1 Úvod.....	4
2 Instalace a spuštění softwaru.....	5
3 Program pro teplotní analýzu požárního úseku	6
4 Program pro teplotní analýzu průřezu.....	14
5 Program pro posouzení požární odolnosti betonových prvků pomocí tabulek	18
6 Program pro stanovení požární odolnosti betonových prvků pomocí zjednodušených výpočetních metod.....	25
7 Program pro posouzení požární odolnosti zděných prvků pomocí tabulek.....	29
8 Seznam použitých zdrojů.....	33

1 Úvod

Software *FiDeS* (*Fire Design Software*) – Soubor výpočetních programů pro navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru podle Eurokódů byl vytvořen v rámci projektu FRVŠ 730/2010/G1. Jedná se o výukový software, který zahrnuje celkem pět samostatných programů:

- program pro teplotní analýzu požárního úseku pomocí nominálních teplotních křivek a pomocí parametrické teplotní křivky popsané v příloze A normy ČSN EN 1991-1-2,
- program pro teplotní analýzu obdélníkových průřezů z různých stavebních materiálů (zadáním materiálových charakteristik lze modelovat libovolný materiál) vystavených normovému nebo parametrickému požáru,
- program pro ověření normové požární odolnosti vybraných betonových prvků (sloupů a stěn) pomocí tabulek uvedených v normě ČSN EN 1992-1-2,
- program pro stanovení normové požární odolnosti vybraných betonových prvků (sloupů) pomocí zjednodušených výpočetních metod uvedených v normě ČSN EN 1992-1-2,
- program pro posouzení normové požární odolnosti vybraných zděných prvků (stěn) pomocí tabulek uvedených v normě ČSN EN 1996-1-2.

Programy souboru *FiDeS* záměrně neřeší uvedenou problematiku v celé šíři (např. nezahrnují veškeré tabulky uvedené v příslušných normách), ale s ohledem na didaktickou funkci ukazují na vybraných případech možnost návrhu a posouzení betonových a zděných prvků na účinky požáru. Programy jsou psány otevřenou formou, která umožňuje kdykoli přidat další části programu (např. další tabulky).

Software byl vytvořen v prostředí matematického nástroje MATLAB [1].

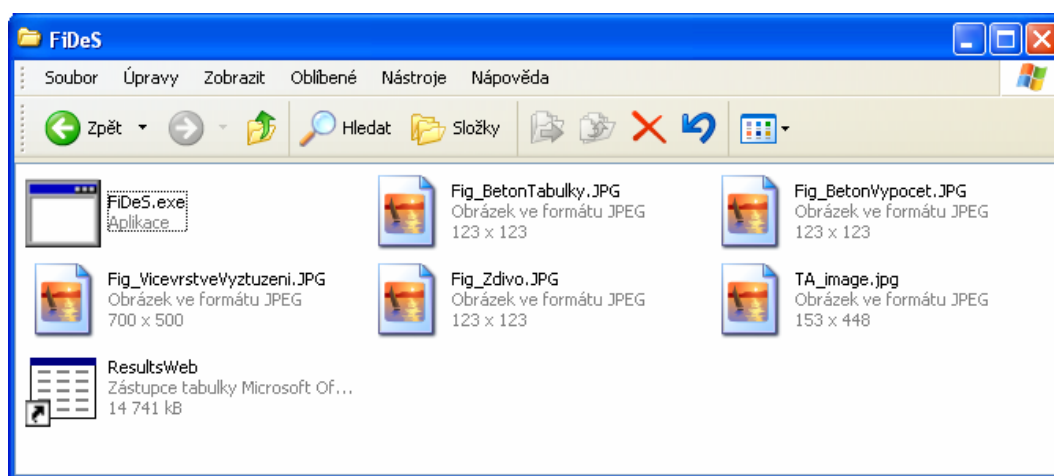
Teoretický rozbor problematiky návrhu betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru není v této příručce podrobně rozebírán, lze jej nalézt v příslušné literatuře, viz např. [2] (publikaci [2] lze doporučit jako vhodný doplněk této uživatelské příručky, neboť shrnuje teoretická východiska, na základě kterých byl software *FiDeS* vytvořen, a uvádí řadu vzorových příkladů). Dílčí informace o softwaru *FiDeS* byly publikovány v příspěvcích [3, 4].

Software *FiDeS* je společně s touto uživatelskou příručkou, knihovnou nástroje MATLAB [1] potřebnou ke spuštění softwaru a souvisejícími publikacemi [3, 4] volně dostupný na internetové stránce <http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/FRVS_FiDeS.htm>.

2 Instalace a spuštění softwaru

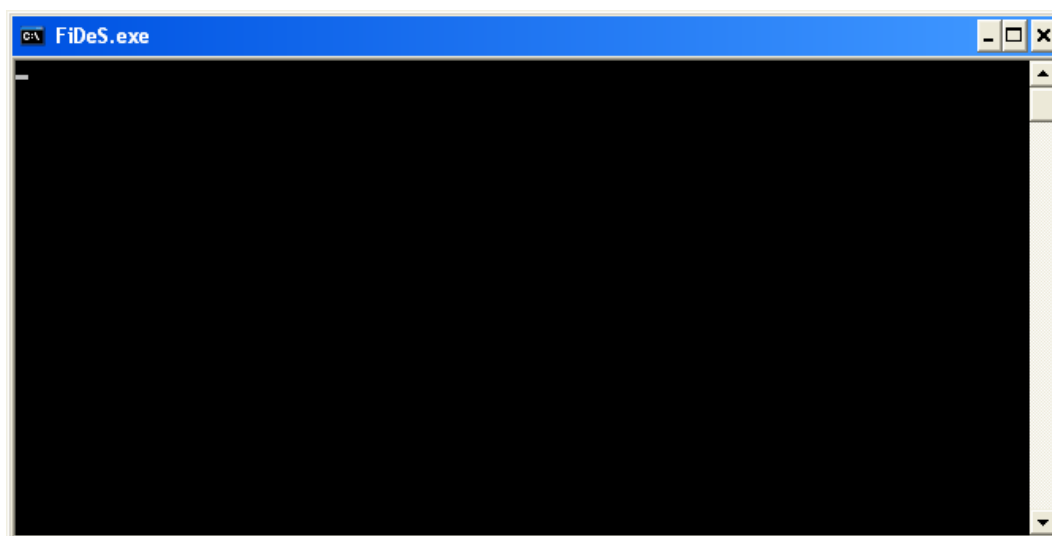
Pro spuštění softwaru *FiDeS* je nezbytné nejprve nainstalovat knihovnu *MATLAB Compiler Runtime 4.8*. Instalace tohoto doplňku se provede pomocí aplikace *MCRInstaller.exe*.

Vlastní software *FiDeS* se spustí prostřednictvím souboru *FiDeS.exe*, umístěného ve složce *FiDeS*. V této složce jsou společně se souborem *FiDeS.exe* také další pomocné soubory (většinou obrázky ve formátu *.jpg*), které mohou být volány při chodu některého z programů souboru *FiDeS*, viz [obr. 2.1](#). Aplikaci *MCRInstaller.exe* a složku *FiDeS* lze volně stáhnout z internetové stránky <http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/FRVS_FiDeS.htm>.

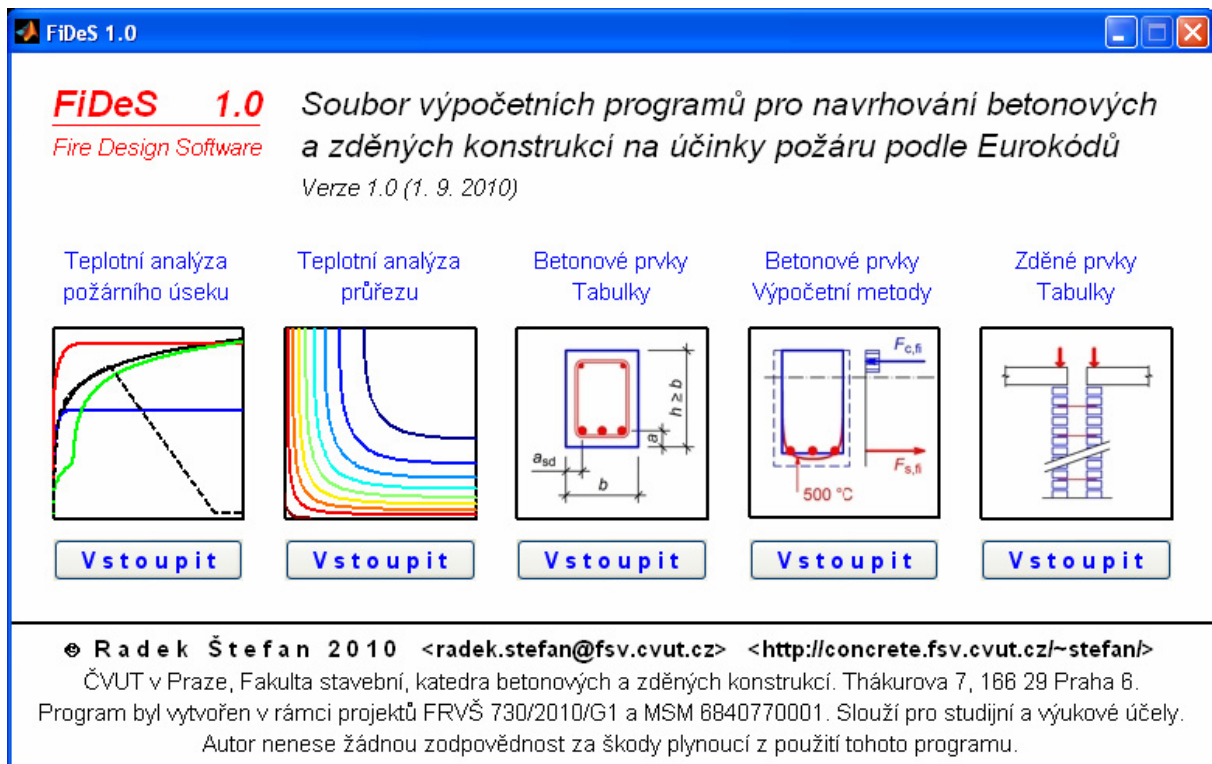


Obr. 2.1 Složka *FiDeS*

Po spuštění souboru *FiDeS.exe* se nejprve objeví okno zobrazené na [obr. 2.2](#) a po několika sekundách se otevře vlastní úvodní okno softwaru *FiDeS*, viz [obr. 2.3](#).



Obr. 2.2 Okno otevřené při spuštění softwaru *FiDeS*



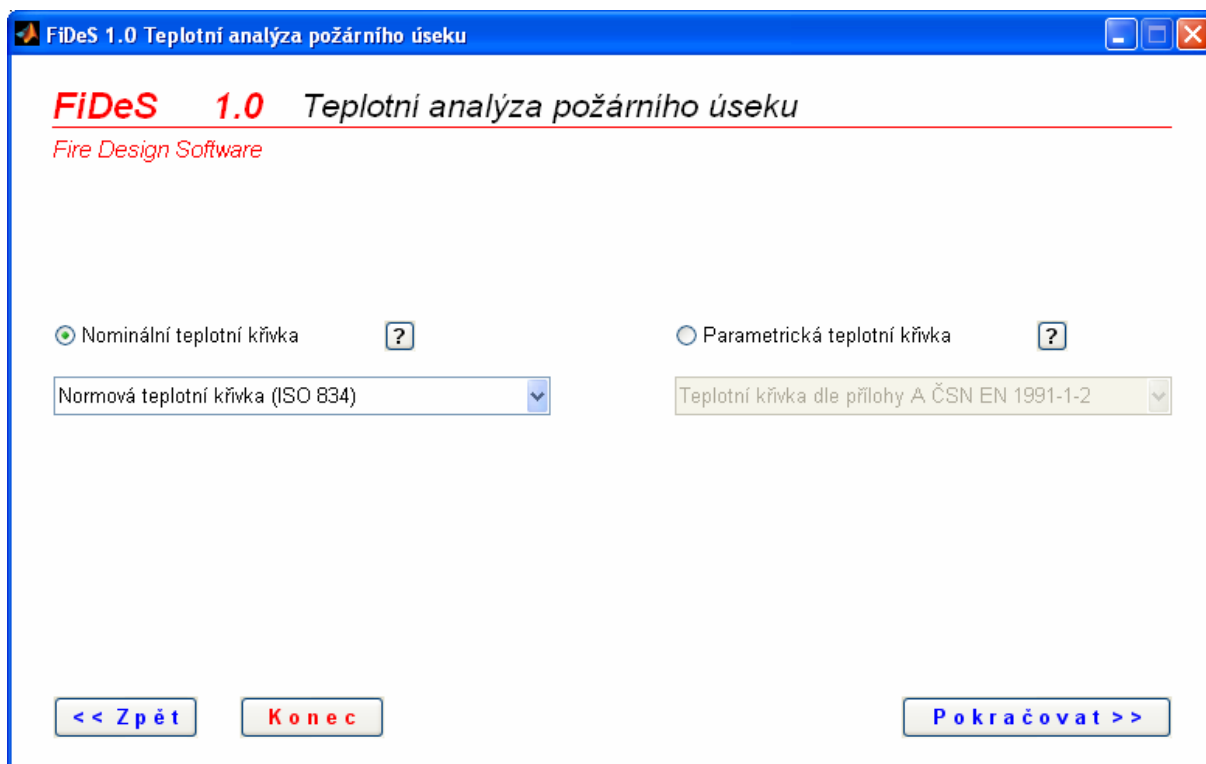
Obr. 2.3 Úvodní okno softwaru *FiDeS*

V úvodním okně softwaru (obr. 2.3) je možné zvolit jeden z pěti dílčích programů. Tyto programy jsou popsány níže.

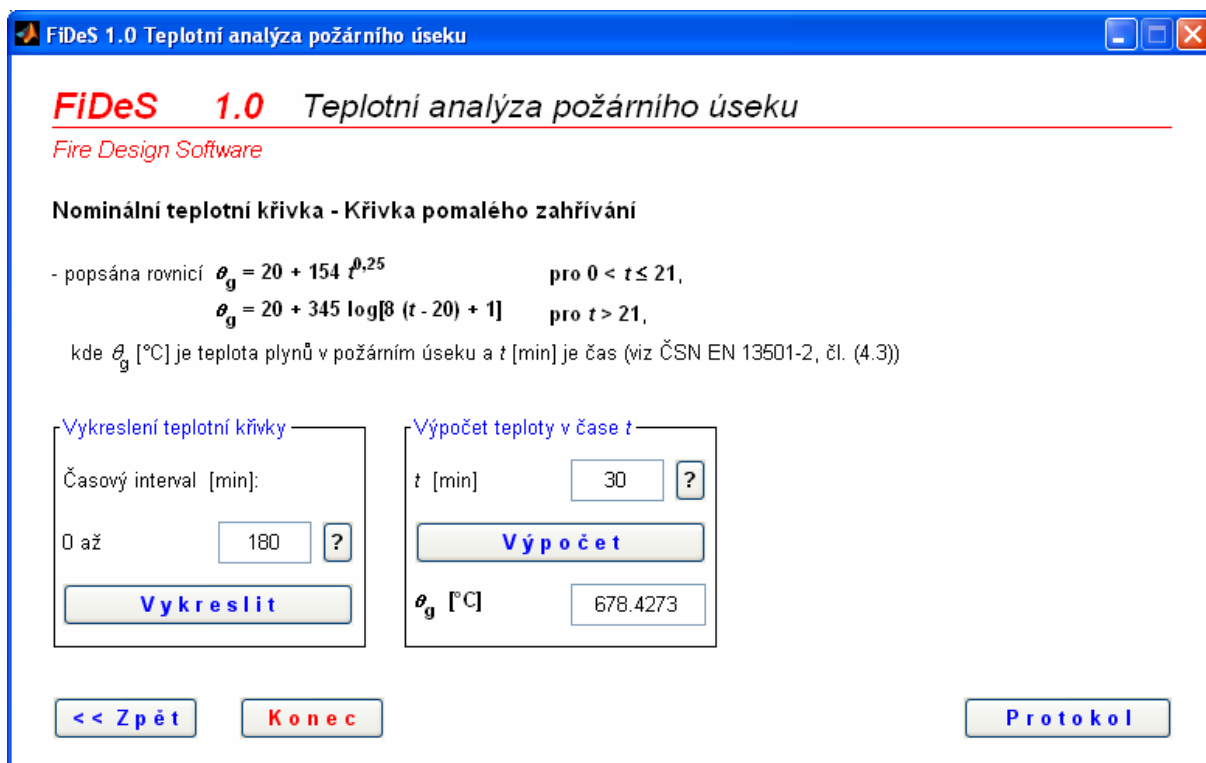
3 Program pro teplotní analýzu požárního úseku

Úvodní okno programu pro teplotní analýzu požárního úseku je uvedeno na obr. 3.1. Program umožňuje provést teplotní analýzu pomocí nominálních teplotních křivek (normová teplotní křivka, křivka vnějšího požáru, uhlovodíková teplotní křivka, křivka pomalého zahřívání) nebo pomocí parametrické teplotní křivky uvedené v příloze A normy ČSN EN 1991-1-2.

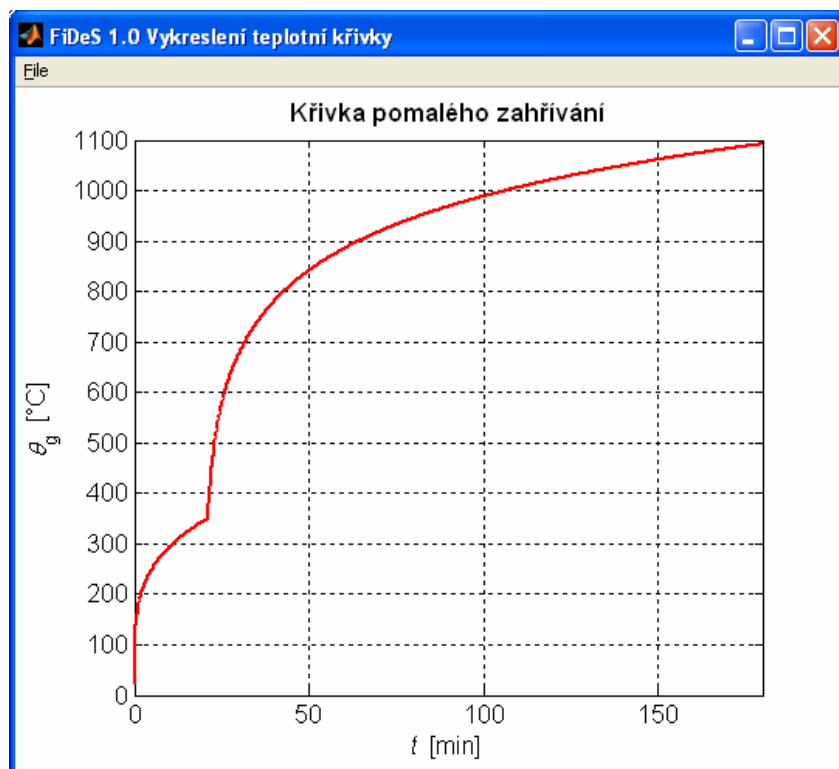
Příklad okna programu pro teplotní analýzu požárního úseku pomocí nominální teplotní křivky je uveden na obr. 3.2 (vybrána křivka pomalého zahřívání). Program umožňuje stanovit teplotu plynů v požárním úseku v libovolném čase působení požáru (obr. 3.2) nebo vykreslit příslušnou teplotní křivku pro zadaný časový interval (obr. 3.3). Obdobné okno se zobrazí i v případě parametrické teplotní křivky (viz obr. 3.4), vykreslení parametrické křivky viz obr. 3.5.



Obr. 3.1 Úvodní okno programu pro teplotní analýzu požárního úseku

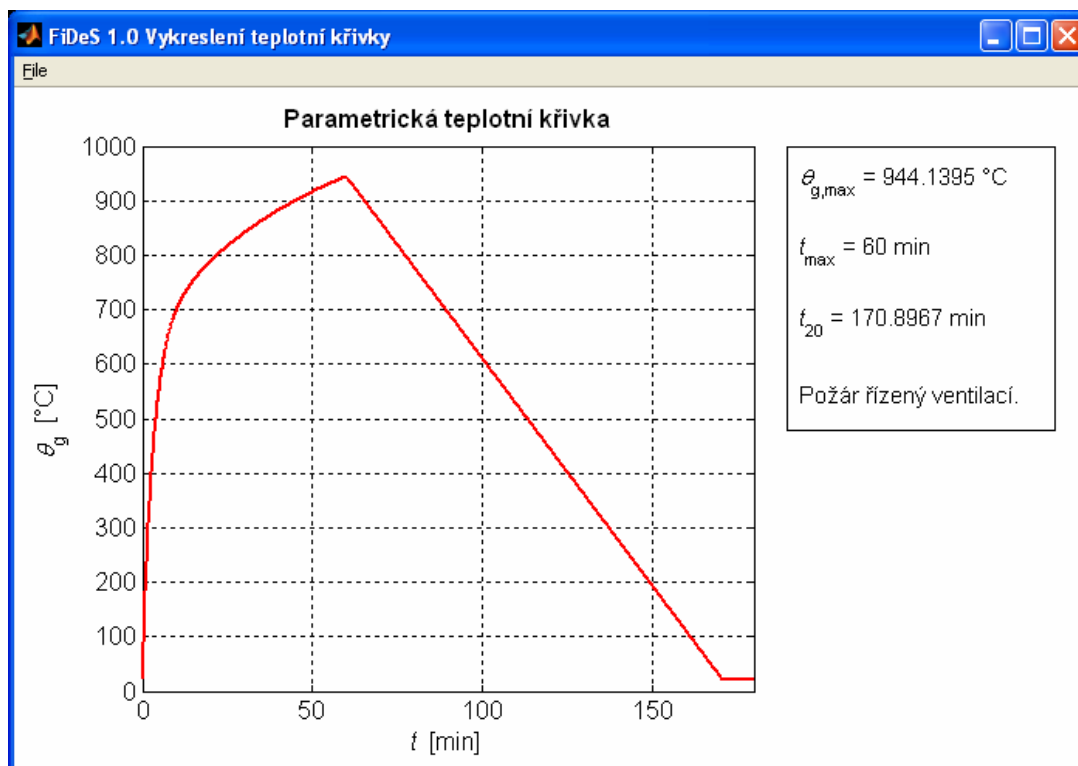


Obr. 3.2 Okno programu pro teplotní analýzu požárního úseku pomocí nominální teplotní křivky (křivka pomalého zahřívání), stanovení teploty plynů v požárním úseku v čase t



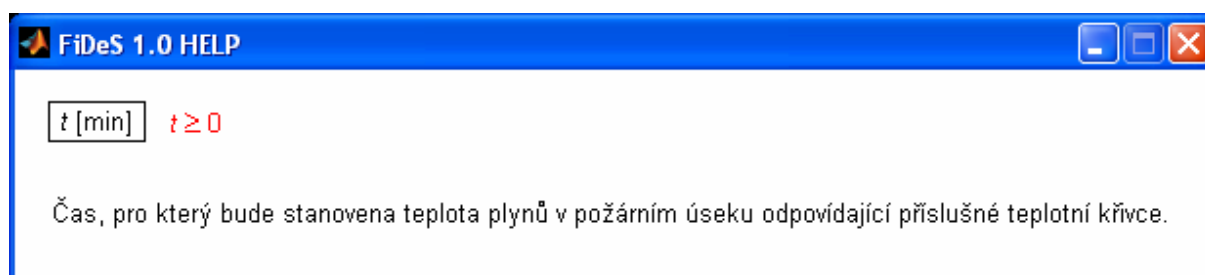
Obr. 3.3 Vykreslení nominální teplotní křivky (křivka pomalého zahřívání) pro zadaný časový interval

Obr. 3.4 Okno programu pro teplotní analýzu požárního úseku pomocí parametrické teplotní křivky, stanovení teploty plynu v požárním úseku v čase t

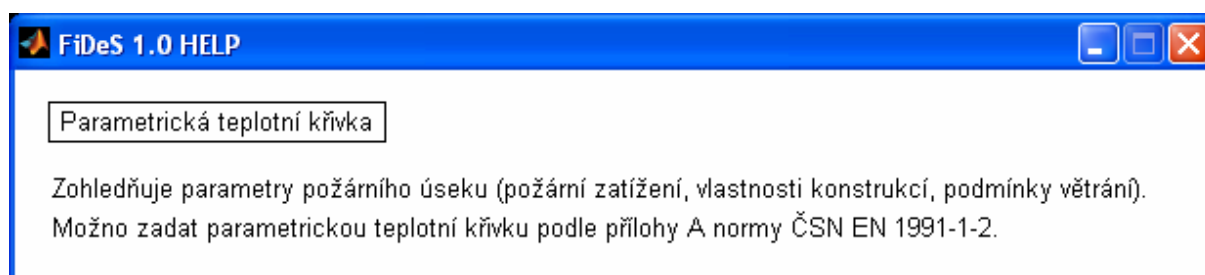


Obr. 3.5 Vykreslení parametrické teplotní křivky pro zadaný časový interval

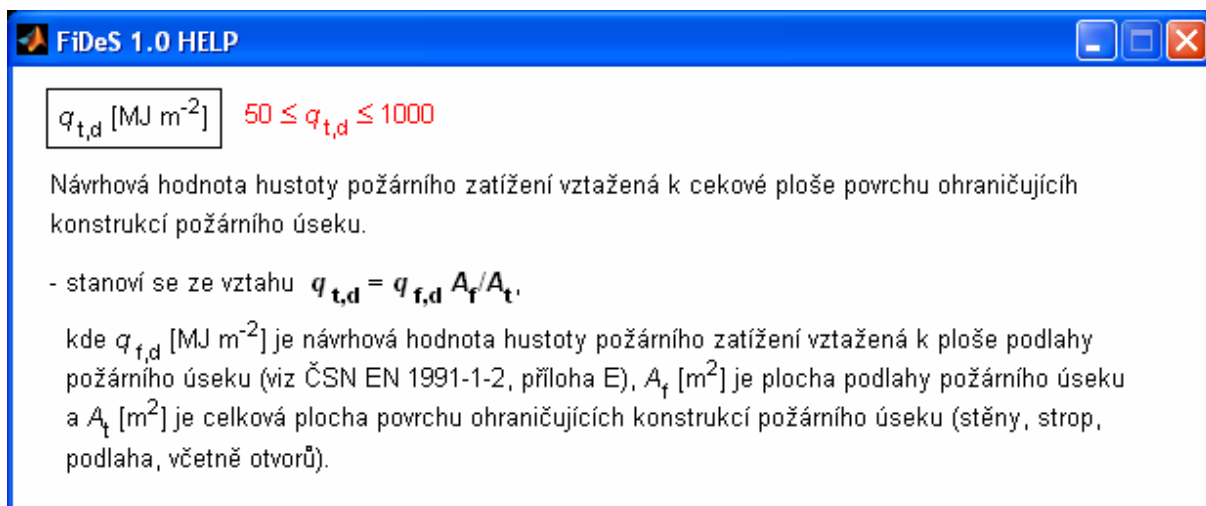
Společným znakem programů souboru *FiDeS* je rozsáhlá nápověda. Po stisknutí tlačítka s otázkou, které je umístěno u příslušného pole nebo jiného ovládacího prvku pro zadání vstupů (viz např. obr. 3.4), je zobrazeno okno s nápovědou, ve kterém je vysvětleno, o jaký vstup se jedná a jaká jsou případná omezení pro zadání (např. pro čas vystavení požáru musí platit $t \geq 0$). Příklady oken nápovědy jsou uvedeny na obr. 3.6 – 3.9.



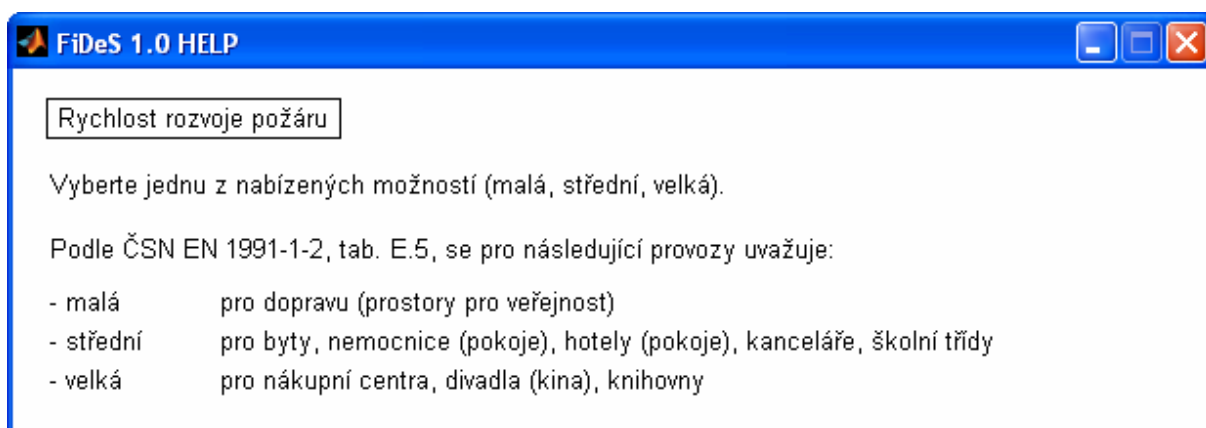
Obr. 3.6 Okno nápovědy – čas t



Obr. 3.7 Okno nápovědy – parametrická teplotní křivka



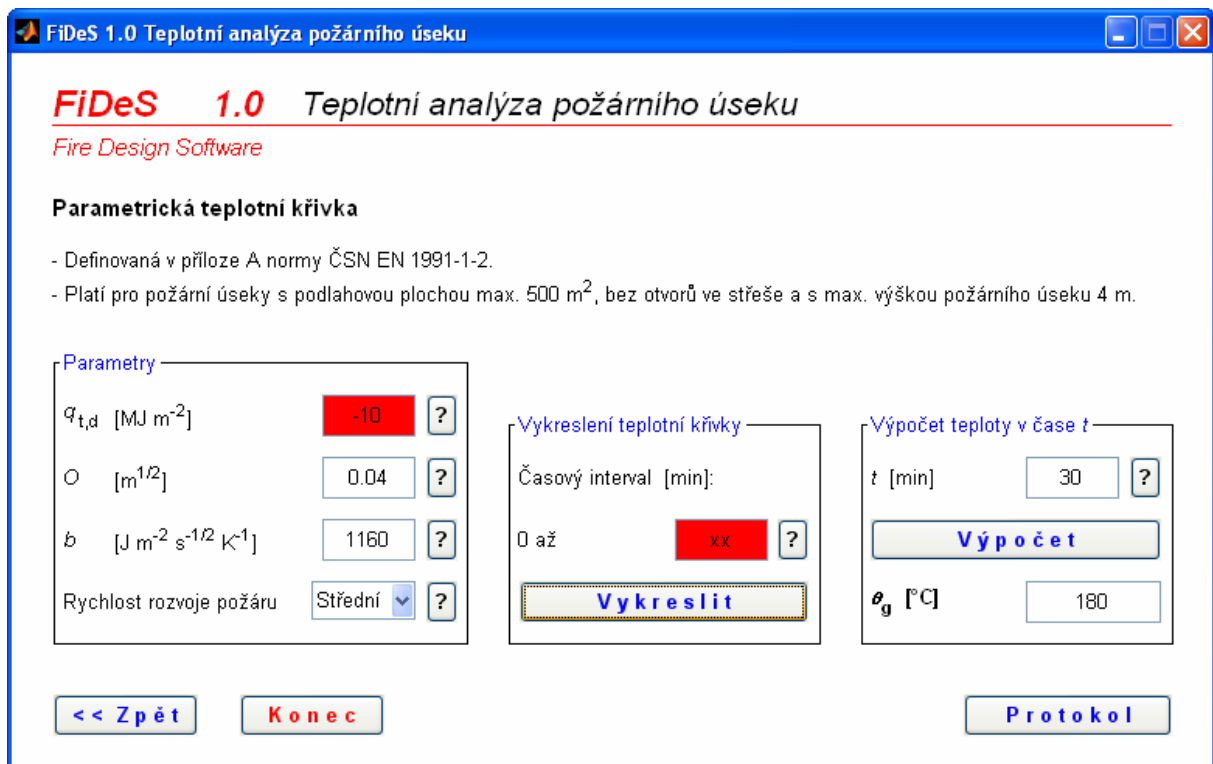
Obr. 3.8 Okno nápovědy – požární zatížení $q_{t,d}$



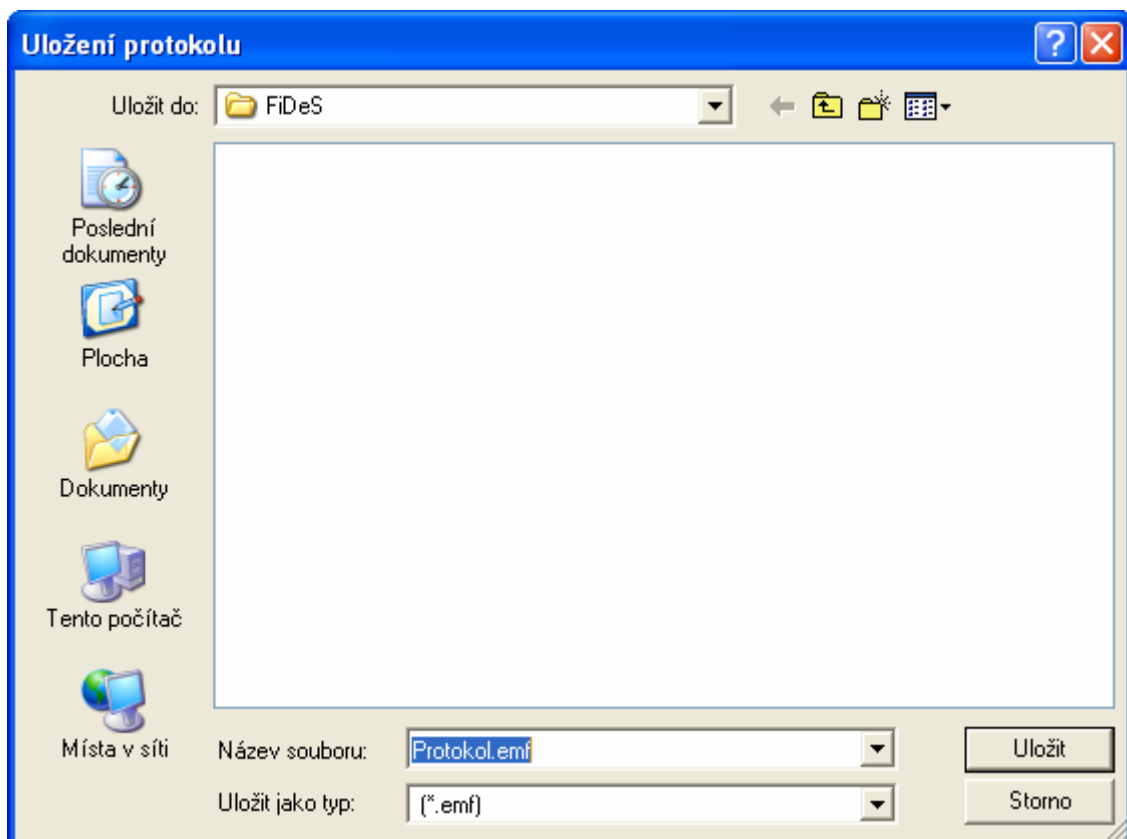
Obr. 3.9 Okno nápovědy – rychlost rozvoje požáru

Pokud je některý ze vstupů zadán chybně (není dodrženo omezení uvedené v okně nápovědy, není zadáno číslo apod.), zvýrazní se příslušné políčko v dialogovém okně programu červenou barvou a dokud nedojde k opravě, program neumožní provádět operace, při kterých se s příslušným vstupem pracuje, viz obr. 3.10.

Kromě interaktivních oken pro zadání vstupů a prezentaci výsledků umožňují programy souboru *FiDeS* také vygenerovat protokol shrnující nejdůležitější údaje výpočtu. Po stisknutí tlačítka *Protokol* (viz např. obr. 3.4) se zobrazí dialogové okno (viz obr. 3.11) umožňující uložit protokol ve formátu *.emf* do zvolené složky (přednastavena je složka *FiDeS*, lze však vybrat i jiné umístění). Formát *.emf* je zvolen z toho důvodu, že při použití jiného formátu (např. *.pdf*) není MATLAB schopen zachovat české znaky v textu. S výsledným souborem ve formátu *.emf* lze dále pracovat podle potřeby (tisk, export do *.pdf* apod.). Příklady protokolů jsou uvedeny na obr. 3.12–3.13.



Obr. 3.10 Zvýraznění chybně zadaných vstupů



Obr. 3.11 Dialogové okno pro uložení protokolu

Teplotní analýza požárního úseku

FiDeS 1.0

Fire Design Software

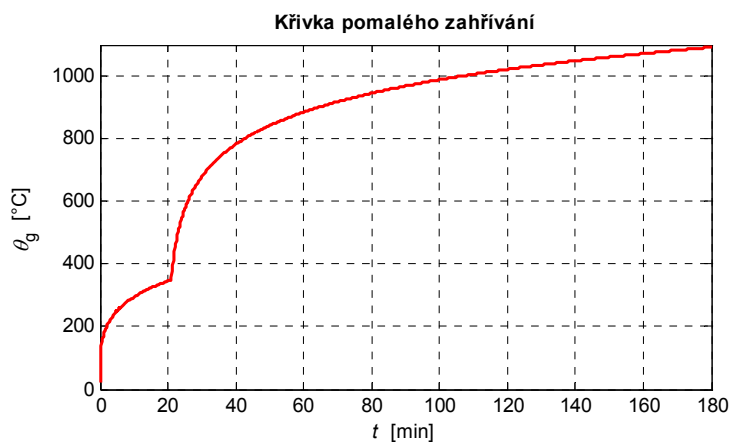
Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Nominální teplotní křivka - Křivka pomalého zahřívání

- popsána rovnicí $\theta_g = 20 + 154 t^{0,25}$ pro $0 < t \leq 21$,

$$\theta_g = 20 + 345 \log[8(t - 20) + 1] \quad \text{pro } t > 21,$$

kde θ_g [°C] je teplota plynů v požárním úseku a t [min] je čas (viz ČSN EN 13501-2, čl. (4.3))



Zadanému času $t = 30$ min odpovídá teplota $\theta_g = 678.4273$ °C.

© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Thákurova 7, 166 29 Praha 6.
Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenesе žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

Obr. 3.12 Protokol shrnující teplotní analýzu požárního úseku pomocí nominální teplotní křivky (křivka pomalého zahřívání)

Teplotní analýza požárního úseku

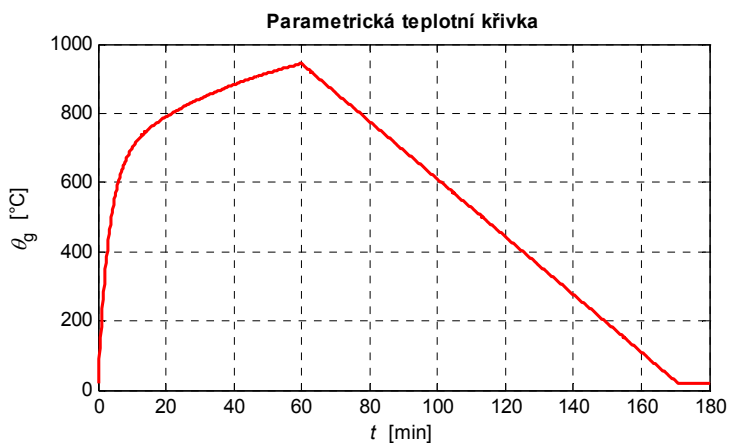
FiDeS 1.0
Fire Design Software
Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Parametrická teplotní křivka

- Definovaná v příloze A normy ČSN EN 1991-1-2.

- Platí pro požární úseky s podlahovou plochou max. 500 m², bez otvorů ve střeše a s max. výškou požárního úseku 4 m.

Vstupní parametry: $q_{t,d} = 200 \text{ MJ m}^{-2}$
 $O = 0.04 \text{ m}^{1/2}$
 $b = 1160 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1/2} \text{ K}^{-1}$
Rychlost rozvoje požáru - střední



Výsledné parametry: $\theta_{g,max} = 944.1395 \text{ °C}$
 $t_{max} = 60 \text{ min}$
 $t_{20} = 170.8967 \text{ min}$
Požár řízený ventilací (malá plocha otvorů vzhledem k velikosti požárního zatížení).
Zadanému času $t = 30 \text{ min}$ odpovídá teplota $\theta_g = 840.9762 \text{ °C}$.

© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Thákurova 7, 166 29 Praha 6.
Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenesé žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

Obr. 3.13 Protokol shrnující teplotní analýzu požárního úseku pomocí parametrické teplotní křivky

4 Program pro teplotní analýzu průřezu

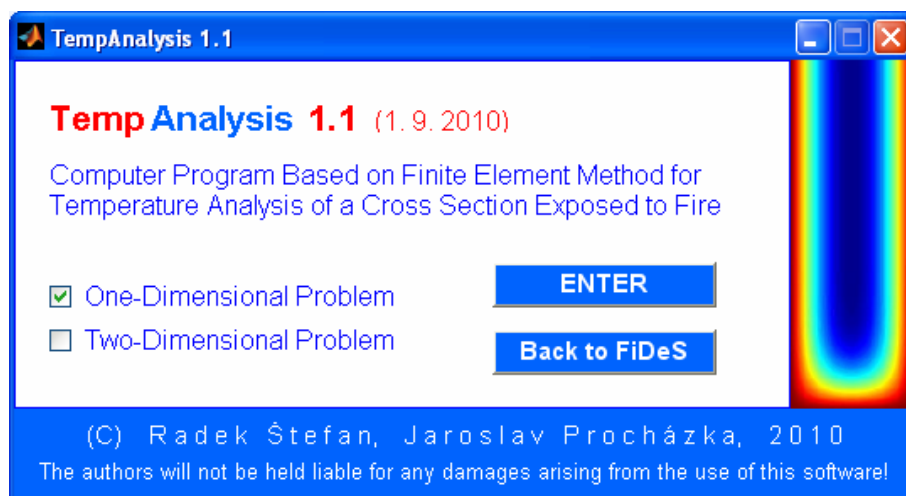
Pro teplotní analýzu průřezu byl do softwaru *FiDeS* začleněn výpočetní program *TempAnalysis*. Program umožňuje teplotní analýzu obdélníkových průřezů (desek, nosníků, stěn, sloupů) z libovolných stavebních materiálů. Na stranách průřezu vystavených požáru lze uvažovat izolační vrstvu. Pro stanovení návrhového požárního scénáře je možné použít normovou nebo parametrickou teplotní křivku uvedenou v příloze A normy ČSN EN 1991-1-2. Řešení problému sdílení tepla je v programu *TempAnalysis* založeno na metodě konečných prvků.

Program se skládá ze tří částí – úvodního okna pro výběr typu úlohy (obr. 4.1), tj. výběr mezi jednorozměrným problémem (desky, stěny) a dvourozměrným problémem (nosníky, sloupy), okna pro zadání vstupů a spuštění výpočtu (obr. 4.2) a okna pro zobrazení výsledků (obr. 4.3). Uživatelské rozhraní programu je v anglickém jazyce.

Vstupními parametry výpočtu jsou materiálové vlastnosti průřezu, rozměry průřezu, tloušťka a vlastnosti izolační vrstvy, informace o návrhovém požárním scénáři a o požární expozici.

Materiál průřezu je definován konstantními nebo teplotně závislými hodnotami objemové hmotnosti, měrné tepelné kapacity a součinitele tepelné vodivosti. Pro beton je možné v programu *TempAnalysis* využít přednastavený materiálový model podle normy ČSN EN 1992-1-2.

Program umožňuje jednak vyčíslit teplotu v libovolném bodě průřezu, jednak zobrazit teplotní profil průřezu. Příklady teplotních profilů jsou uvedeny na obr. 4.4 až obr. 4.7. Podrobnější popis programu lze nalézt v publikaci [2].



Obr. 4.1 Úvodní okno programu *TempAnalysis*

TempAnalysis 1.1 - 2D (Preprocessor)

Material

Material with Constant Material Properties
 Material with Non-Linear Material Properties
 Concrete (EN 1992-1-2)

Define Material Properties

Cross-Sectional Dimensions

Width b [m] Height h [m]

Protective Layer

Enter Protective Layer? No Yes

Thickness of the Insulation d_{ins} [m]

Density ρ_{ins} [kg/m³]

Heat Capacity $c_{p,ins}$ [J/kgK]

Thermal Conductivity λ_{ins} [W/mK]

Error Notification

OK

Design Fire Scenario

Temperature-Time Curve:
 Standard Parametric

Fire Load Density $q_{t,d}$ [MJ/m³]
 <50,1000>

Opening Factor O [m^{1/2}]
 <0.02,0.20>

Thermal Inertia b [J / m² s^{1/2} K]
 <100,2200>

Fire Growth Rate

Temperature-Time Curve

Fire Exposure

Time in Fire Exposure t [min]

CALCULATION

FEA SETTING **NEW** **EXIT**

Obr. 4.2 Okno programu *TempAnalysis* (dvourozměrný problém) pro zadání vstupních parametrů a spuštění výpočtu

TempAnalysis 1.1 - 2D (Postprocessor)

Temperature at Point (x,y)

x [m] **CALCULATION**

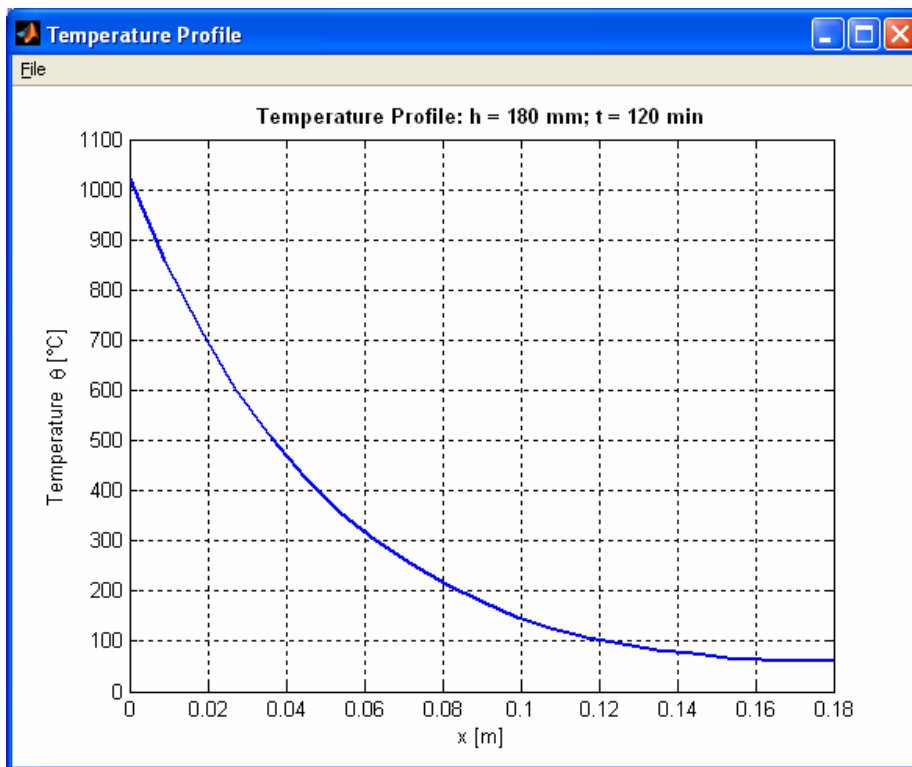
y [m] $\theta(x,y)$ [°C]

Temperature Distribution

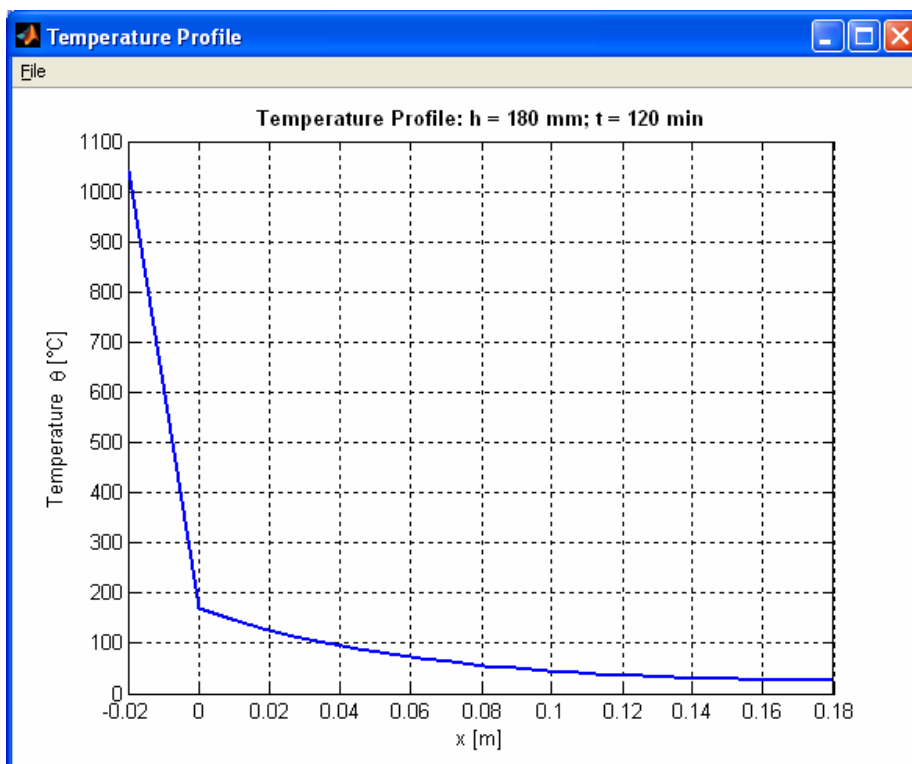
TEMPERATURE PROFILE

PREPROCESSOR **EXIT**

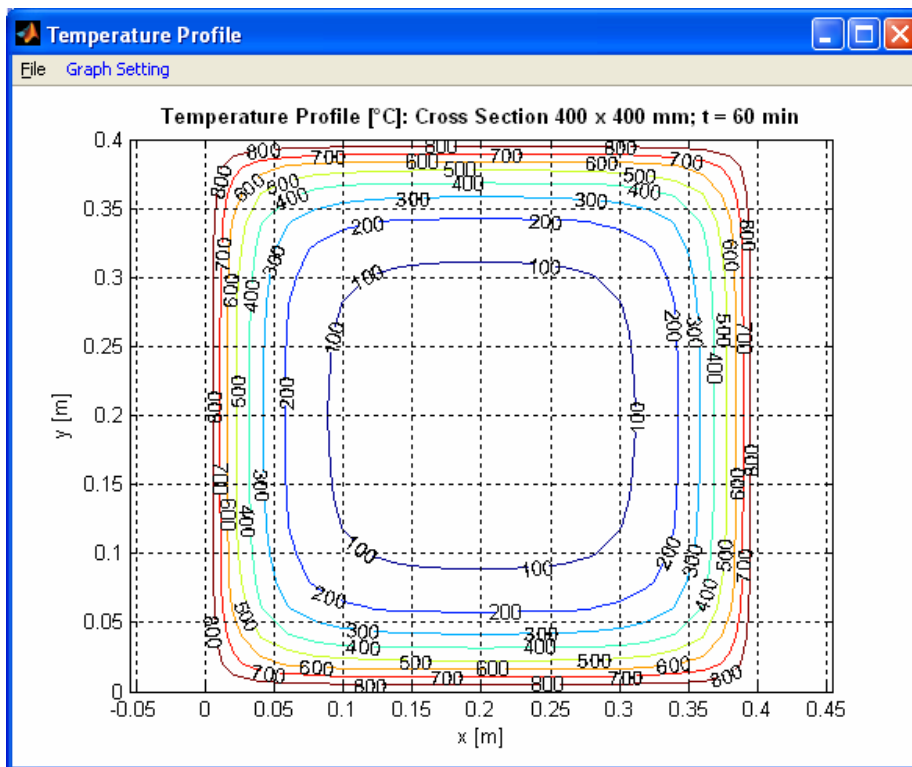
Obr. 4.3 Okno programu *TempAnalysis* (dvourozměrný problém) pro zobrazení výsledků výpočtu



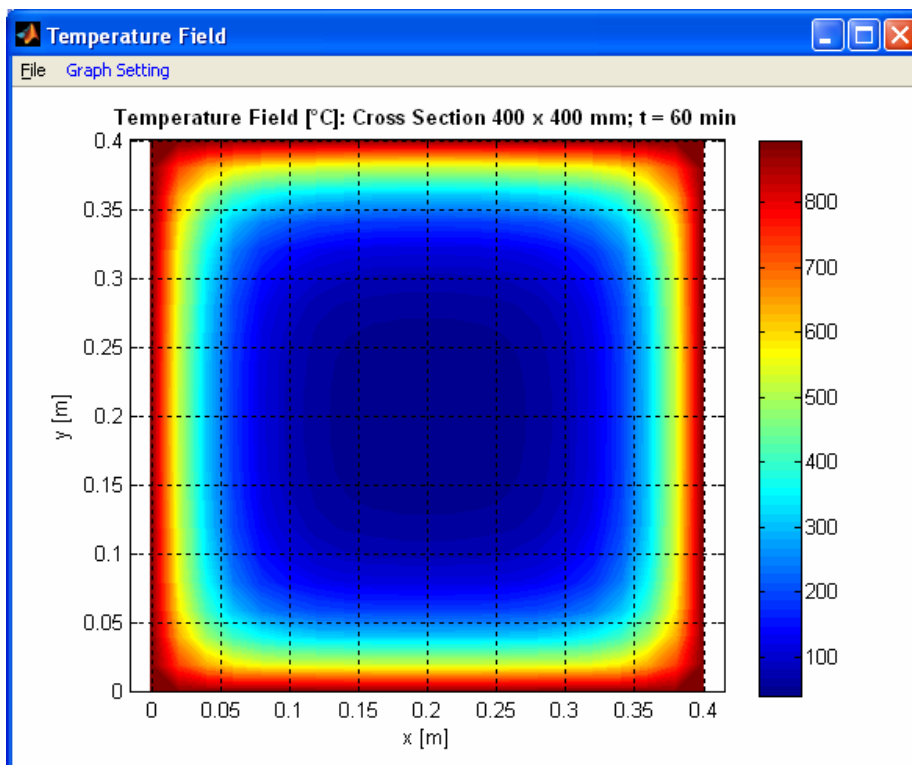
Obr. 4.4 Teplotní profil stanovený programem *TempAnalysis* pro betonovou desku tloušťky 180 mm, vystavení normovému požáru z jedné strany po dobu 120 minut



Obr. 4.5 Teplotní profil stanovený programem *TempAnalysis* pro betonovou desku tloušťky 180 mm s izolační vrstvou tloušťky 20 mm, vystavení normovému požáru z jedné strany po dobu 120 minut



Obr. 4.6 Teplotní profil stanovený programem *TempAnalysis* pro betonový sloup o průřezu $400 \times 400 \text{ mm}^2$, vystavení normovému požáru ze čtyř stran po dobu 60 minut, rozložení teplot zobrazeno pomocí izoterm



Obr. 4.7 Teplotní profil stanovený programem *TempAnalysis* pro betonový sloup o průřezu $400 \times 400 \text{ mm}^2$, vystavení normovému požáru ze čtyř stran po dobu 60 minut, rozložení teplot zobrazeno pomocí barevné škály (tzv. izopásů)

5 Program pro posouzení požární odolnosti betonových prvků pomocí tabulek

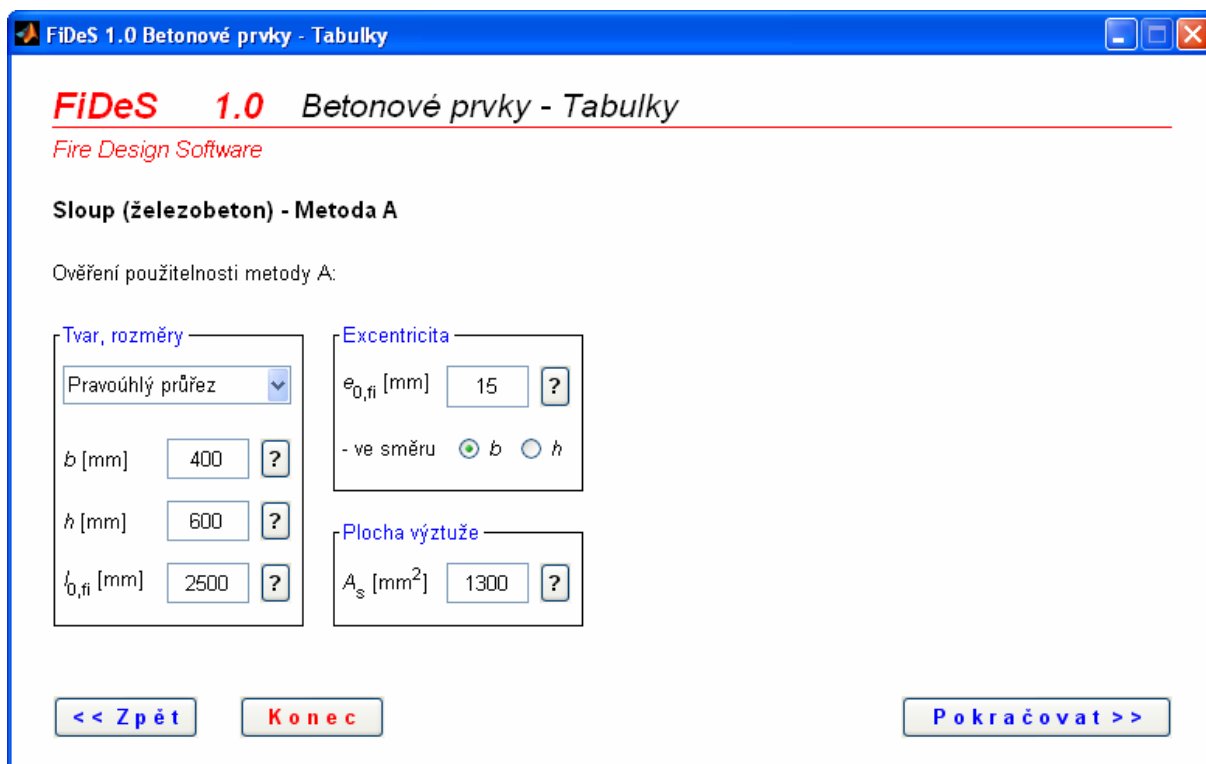
Úvodní okno programu pro posouzení požární odolnosti vybraných betonových prvků pomocí tabulek uvedených v normě ČSN EN 1992-1-2 je zobrazeno na obr. 5.1. Program umožňuje posouzení požární odolnosti betonových sloupů metodou A (čl. 5.3.2 normy ČSN EN 1992-1-2) nebo metodou B (čl. 5.3.3 normy ČSN EN 1992-1-2) a dále posouzení požární odolnosti betonových stěn (čl. 5.4 normy ČSN EN 1992-1-2). Posouzení dalších prvků lze do programu začlenit v jeho příštích verzích.



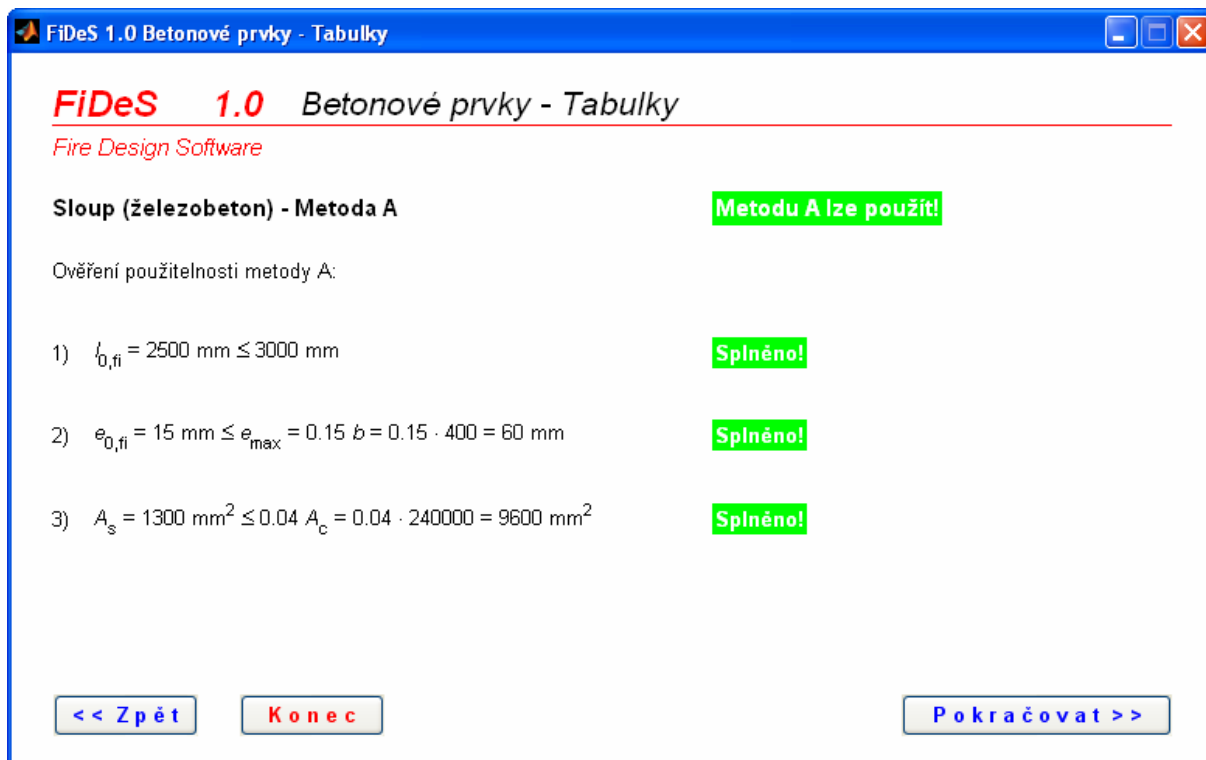
Obr. 5.1 Úvodní okno programu pro posouzení požární odolnosti vybraných betonových prvků pomocí tabulek uvedených v normě ČSN EN 1992-1-2

Příklady oken programu pro posouzení požární odolnosti betonových sloupů metodou A jsou uvedeny na obr. 5.2–5.6.

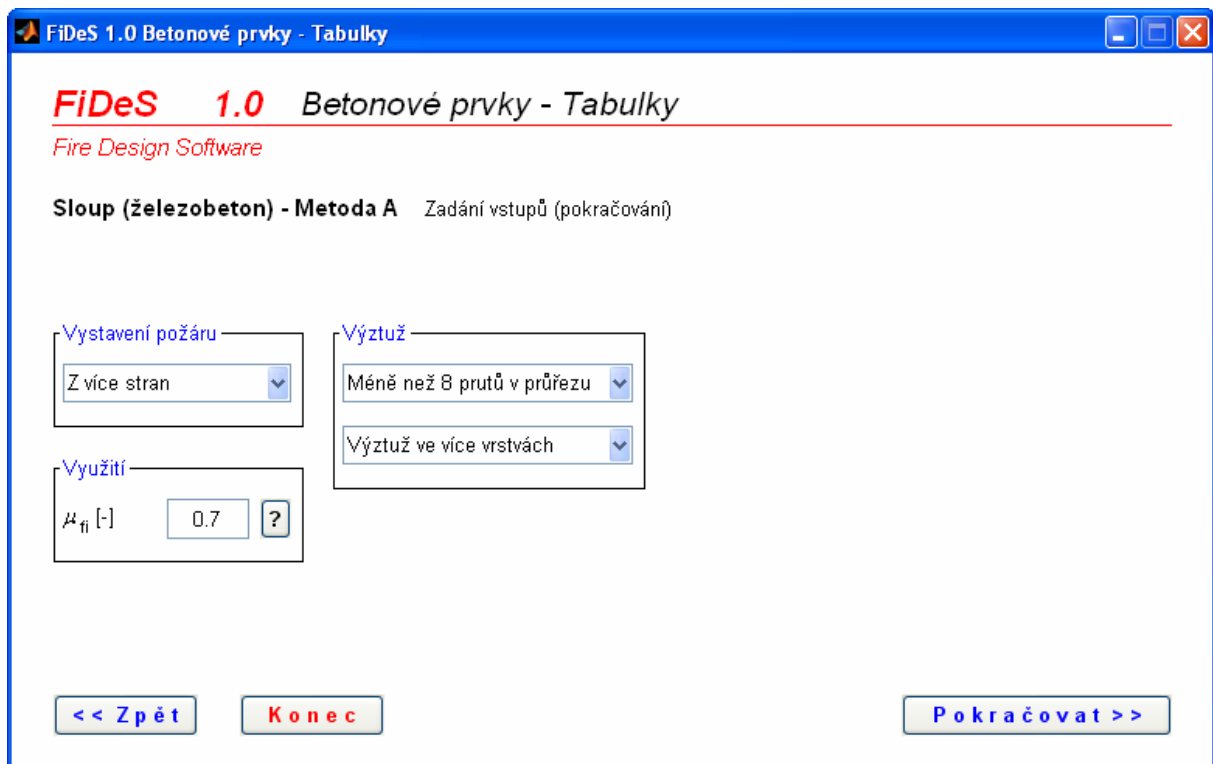
Stejně jako v případě programu pro teplotní analýzu požárního úseku (viz kapitola 3) disponuje i program pro posouzení požární odolnosti betonových prvků pomocí tabulek podrobnou nápovědou, automatickým upozorňováním na chybné zadání vstupů a možností vygenerování protokolu shrnujícího nejdůležitější údaje. Příklady protokolů jsou uvedeny na obr. 5.7–5.9.



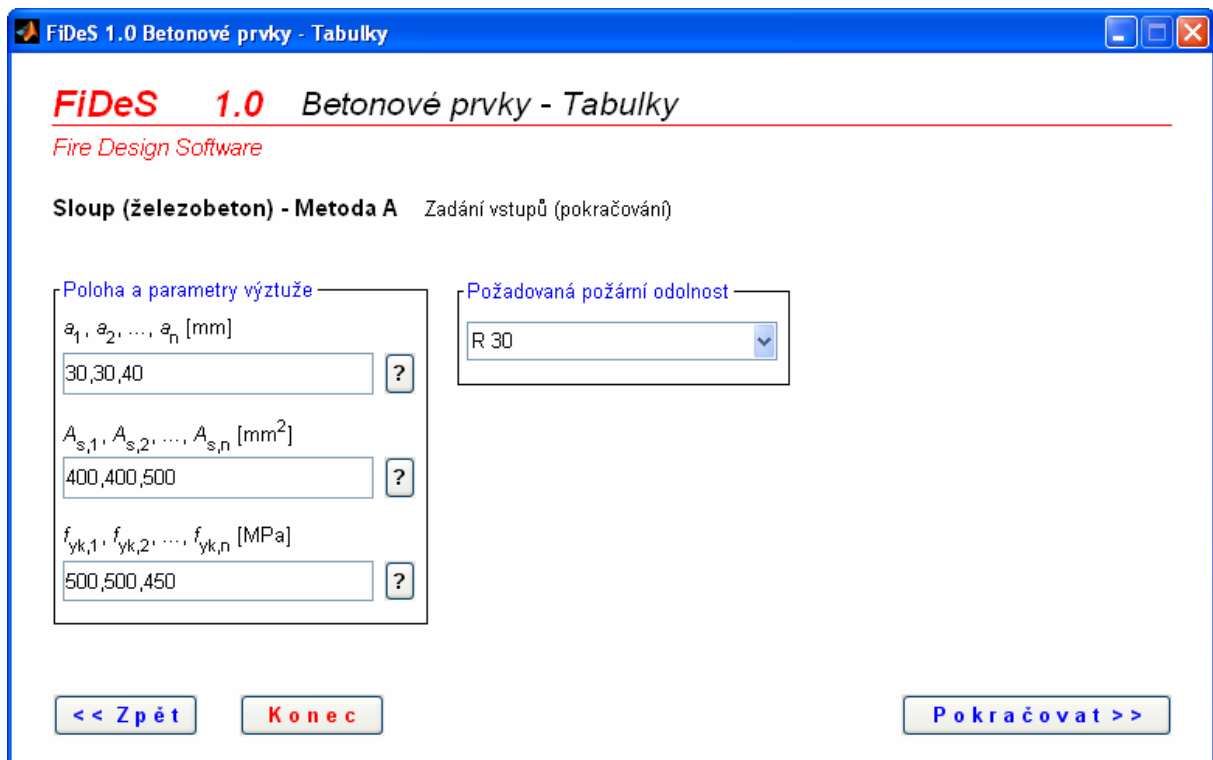
Obr. 5.2 Okno programu pro posouzení požární odolnosti betonových sloupů metodou A – okno 1



Obr. 5.3 Okno programu pro posouzení požární odolnosti betonových sloupů metodou A – okno 2



Obr. 5.4 Okno programu pro posouzení požární odolnosti betonových sloupů metodou A – okno 3



Obr. 5.5 Okno programu pro posouzení požární odolnosti betonových sloupů metodou A – okno 4

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky

FiDeS 1.0 Betonové prvky - Tabulky

Fire Design Software

Sloup (železobeton) - Metoda A

Vstupy

Pravouhelný průřez, $b = 400$ mm, $h = 600$ mm. Výztuž umístěna ve více vrstvách. $A_s = 1300$ mm².
 $l_{0,fi} = 2500$ mm, $e_{0,fi} = 15$ mm - ve směru b
 Vystavení požáru z více stran, $\mu_{fi} = 0.7$.
 Požadovaná požární odolnost R 30.
 Průřez vyztužen méně než 8 pruty.

a_1, a_2, \dots, a_n [mm]

$A_{s,1}, A_{s,2}, \dots, A_{s,n}$ [mm²]

$f_{yk,1}, f_{yk,2}, \dots, f_{yk,n}$ [MPa]

Výstupy [mm]

a_m $b_{min} / a_{m,min}$ $b_{min}(a_m)$ $b_{min} / a_{i,min,R30}$ $a_{i,min,R30}(b)$

$a_{m,min}(b)$ $a_{i,min} = a_m / 2$

<< Z p ě t K o n e c **Sloup splňuje R 30.** P r o t o k o l

Obr. 5.6 Okno programu pro posouzení požární odolnosti betonových sloupů metodou A – okno 5

Betonové prvky - Tabulky

FiDeS 1.0

Fire Design Software

Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Sloup - Metoda A (čl. 5.3.2 normy ČSN EN 1992-1-2)

Platí pouze pro sloupy, které jsou součástí ztužených konstrukcí a které vyhoví dle ČSN EN 1992-1-1.

Vstupy

Pravouhlý průřez, $b = 400$ mm, $h = 600$ mm, $l_{0,fi} = 2500$ mm, $e_{0,fi} = 15$ mm - ve směru b

Vystavení požáru z více stran, $\mu_{fi} = 0.7$, požadovaná požární odolnost R 30

Průřez vyztužen méně než 8 pruty, výztuž umístěna ve více vrstvách, $A_s = 1300$ mm²

a_1, a_2, \dots, a_n [mm] = 30,30,40

$A_{s,1}, A_{s,2}, \dots, A_{s,n}$ [mm²] = 400,400,500

$f_{yk,1}, f_{yk,2}, \dots, f_{yk,n}$ [MPa] = 500,500,450

Ověření použitelnosti metody A

1) $l_{0,fi} = 2500$ mm ≤ 3000 mm - **splněno**

2) $e_{0,fi} = 15$ mm $\leq e_{max} = 0.15 b = 0.15 \cdot 400 = 60$ mm - **splněno**

3) $A_s = 1300$ mm² $\leq 0.04 A_c = 0.04 \cdot 240000 = 9600$ mm² - **splněno**

Metodu A lze použít.

Posouzení

Pozn.: [*] - min. 8 prutů, [nvg] - není definována žádná hodnota

Průměrná vzdálenost výztužných prutů od líce průřezu $a_m = \frac{\sum(a_i A_{s,i} f_{yk,i})}{\sum(A_{s,i} f_{yk,i})} = 33.6$ mm

Tabulkové hodnoty $b_{min} / a_{m,min}$ pro R 30 a $\mu_{fi} = 0.7$ (ČSN EN 1992-1-2, tab. 5.2a):

200 / 32

300 / 27

Rozhodující hodnoty: $b_{min}(a_m) = 200 \leq b = 400$ mm - **splněno**

$a_{m,min}(b) = 27 \leq a_m = 33.6$ mm - **splněno**

Posouzení jednotlivých prutů - musí platit $a_i \geq \max(a_{i,min,R30}; a_m/2)$

Tabulkové hodnoty $b_{min} / a_{i,min}$ pro R 30 a $\mu_{fi} = 0.7$ (ČSN EN 1992-1-2, tab. 5.2a):

200 / 32

300 / 27

Rozhodující hodnoty: $a_{i,min,R30}(b) = 27 \leq a_i = (30,30,40)$ mm - **splněno**

$a_m/2 = 16.8 \leq a_i = (30,30,40)$ mm - **splněno**

Sloup splňuje požadovanou požární odolnost R 30.

© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenese žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

Obr. 5.7 Protokol shrnující posouzení požární odolnosti betonového sloupu pomocí tabulek (metoda A)

Betonové prvky - Tabulky

FiDeS 1.0

Fire Design Software

Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Sloup - Metoda B (čl. 5.3.3 normy ČSN EN 1992-1-2)

Platí pouze pro sloupy, které jsou součástí ztužených konstrukcí a které vyhoví dle ČSN EN 1992-1-1.

Vstupy

Pravouhlý průřez, $b = 600$ mm, $h = 600$ mm, $l_{0,fi} = 2500$ mm, $e_{0,fi} = 15$ mm, $N_{Ed,fi} = 2000$ kN

Beton C 25/30, požadovaná požární odolnost R 90, výztuž umístěna ve více vrstvách

a_1, a_2, \dots, a_n [mm] = 50,50,60

$A_{s,1}, A_{s,2}, \dots, A_{s,n}$ [mm²] = 500,500,600

$f_{yk,1}, f_{yk,2}, \dots, f_{yk,n}$ [MPa] = 500,500,450

Ověření použitelnosti metody B

1) $e_{0,fi}/b = 15/600 = 0.025 \leq 0.25$ mm - **splněno**

2) $e_{0,fi} = 15$ mm $\leq e_{max} = 100$ mm - **splněno**

3) $\lambda_{fi} = l_{0,fi}/i = 2500/173.205 = 14.434 \leq 30$ - **splněno**

Metodu B lze použít.

Posouzení Pozn.: [*] - požadováno rovnoměrné rozložení výztuže, [nvg] - není definována žádná hodnota

Průměrná vzdálenost výztužných prutů od líce průřezu $a_m = \Sigma(a_i A_{s,i} f_{yk,i}) / \Sigma(A_{s,i} f_{yk,i}) = 53.51$ mm

Tabulkové hodnoty $b_{min} / a_{m,min}$ pro R 90, $\omega = 0.112$ a $n = 0.428$ (ČSN EN 1992-1-2, tab. 5.2b):

423.6 / 46.4	424.7 / 46.2	428.3 / 46	429.3 / 45.8	454.8 / 30.8	455.8 / 30.6	458.4 / 41.2	459.4 / 41
459.4 / 30.4	460.5 / 30.2	463 / 40.8	464.1 / 40.6	489.6 / 25.6	490.6 / 25.4	494.2 / 25.2	495.3 / 25

Rozhodující hodnoty: $b_{min}(a_m) = 423.6 \leq b = 600$ mm - **splněno**

$a_{m,min}(b) = 25 \leq a_m = 53.5$ mm - **splněno**

Posouzení jednotlivých prutů - musí platit $a_i \geq \max(a_{i,min,R30}; a_m/2)$

Tabulkové hodnoty $b_{min} / a_{i,min}$ pro R 30, $\omega = 0.112$ a $n = 0.428$ (ČSN EN 1992-1-2, tab. 5.2b):

181.2 / 28.1	212.3 / 25
--------------	------------

Rozhodující hodnoty: $a_{i,min,R30}(b) = 25 \leq a_i = (50,50,60)$ mm - **splněno**

$a_m/2 = 26.7532 \leq a_i = (50,50,60)$ mm - **splněno**

Sloup splňuje požadovanou požární odolnost R 90.

© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenese žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

Obr. 5.8 Protokol shrnující posouzení požární odolnosti betonového sloupu pomocí tabulek (metoda B)

Betonové prvky - Tabulky

FiDeS 1.0

Fire Design Software

Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Stěna (REI) (čl. 5.4.2 normy ČSN EN 1992-1-2)

Platí pouze pro stěny, které vyhoví dle ČSN EN 1992-1-1.

Vstupy

Rozměry $t = 200$ mm, $h = 2800$ mm.

Vystavení požáru z jedné strany, $\mu_{fi} = 0.7$, požadovaná požární odolnost REI 30

Osová vzdálenost výztužných prutů od líce průřezu $a = 30$ mm

Posouzení

Tabulkové hodnoty t_{min} / a_{min} pro REI 30 a $\mu_{fi} = 0.7$ (ČSN EN 1992-1-2, tab. 5.4):

120 / 10

$t = 200$ mm $\geq t_{min} = 120$ mm - **splněno**

$a = 30$ mm $\geq a_{min} = 10$ mm - **splněno**

$(h/t) = 14 \leq 40$ - **splněno**

Stěna splňuje požadovanou požární odolnost REI 30.

© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>

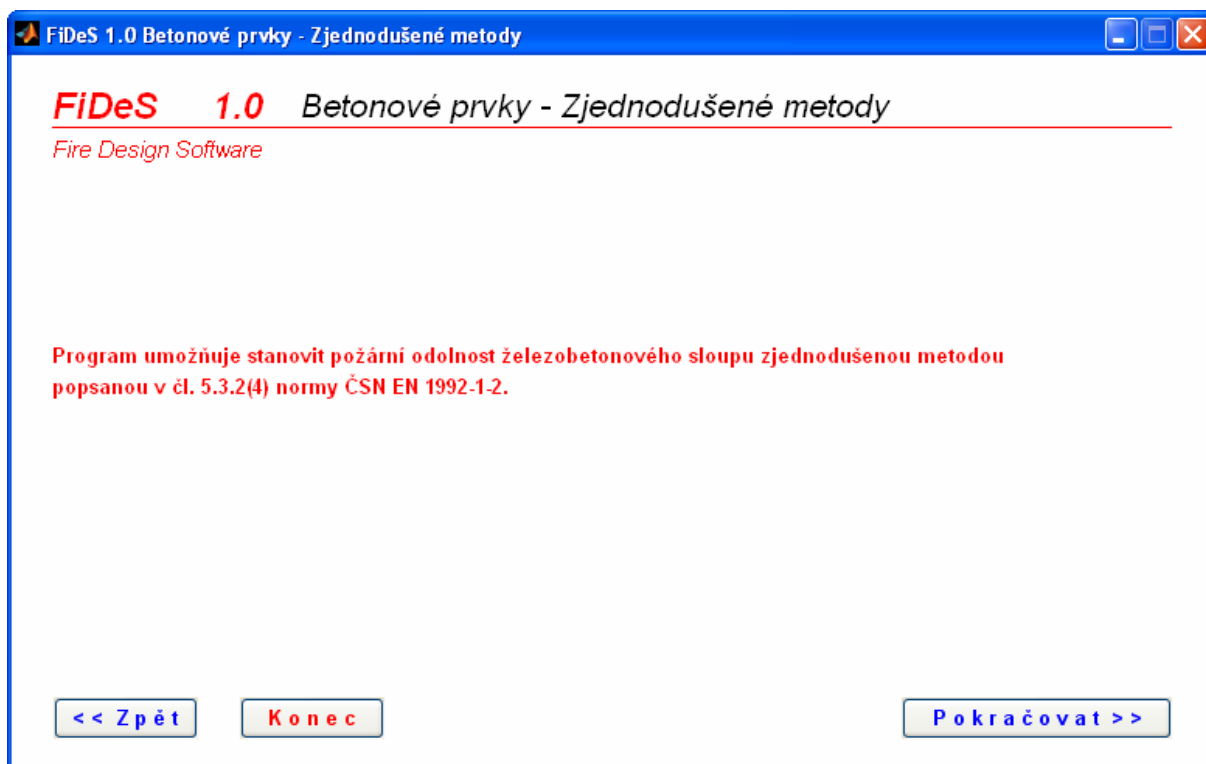
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenesе žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

Obr. 5.9 Protokol shrnující posouzení požární odolnosti betonové stěny pomocí tabulek

6 Program pro stanovení požární odolnosti betonových prvků pomocí zjednodušených výpočetních metod

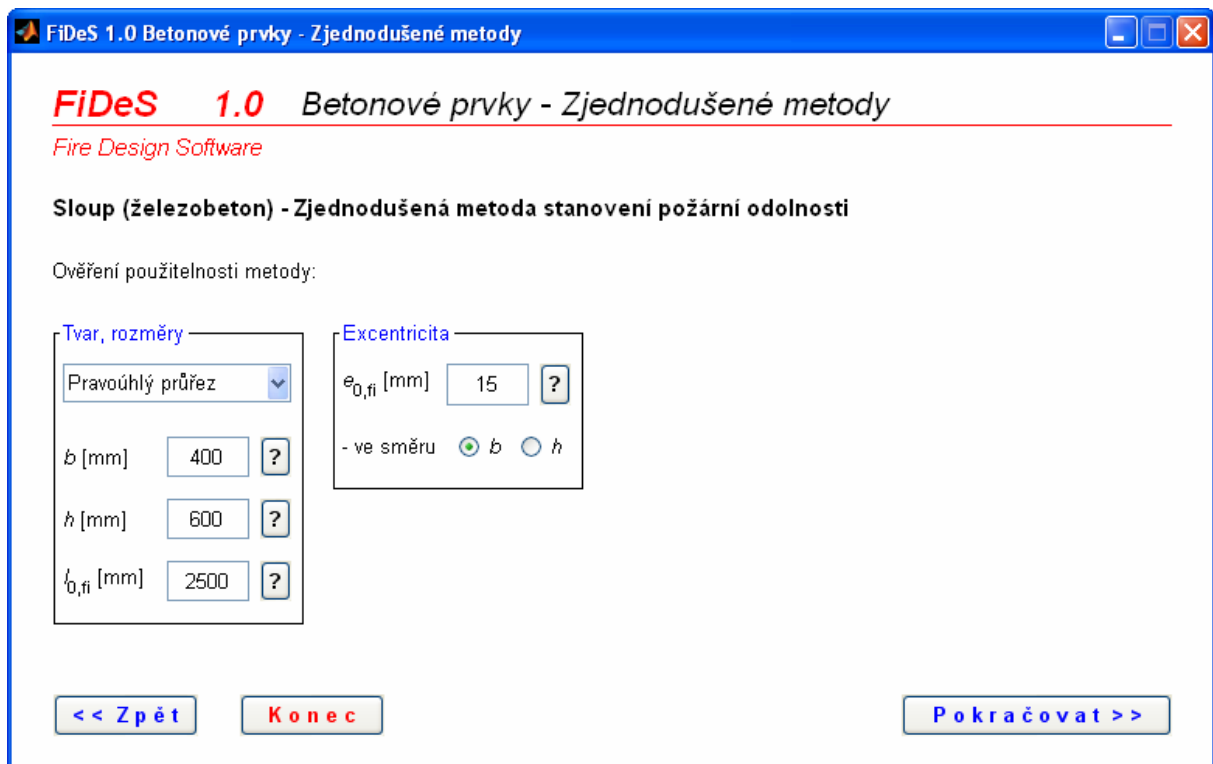
Úvodní okno programu pro stanovení požární odolnosti vybraných betonových prvků pomocí zjednodušených výpočetních metod uvedených v normě ČSN EN 1992-1-2 je zobrazeno na obr. 6.1. Program umožňuje stanovení požární odolnosti betonových sloupů metodou popsanou v čl. 5.3.2(4) normy ČSN EN 1992-1-2. Stanovení (příp. posouzení) požární odolnosti dalších prvků lze do programu začlenit v jeho příštích verzích.



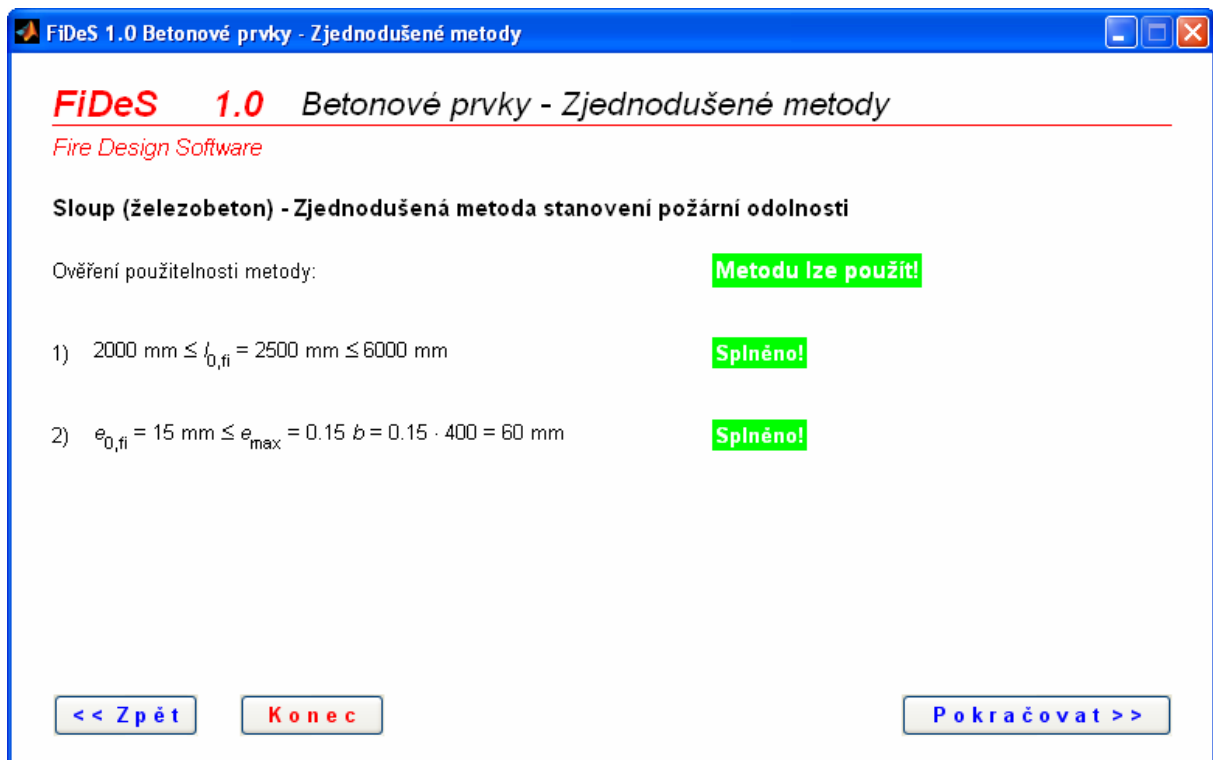
Obr. 6.1 Úvodní okno programu pro stanovení požární odolnosti vybraných betonových prvků pomocí zjednodušených metod uvedených v normě ČSN EN 1992-1-2

Příklady oken programu pro stanovení požární odolnosti betonových sloupů metodou popsanou v čl. 5.3.2(4) normy ČSN EN 1992-1-2 jsou uvedeny na obr. 6.2–6.5.

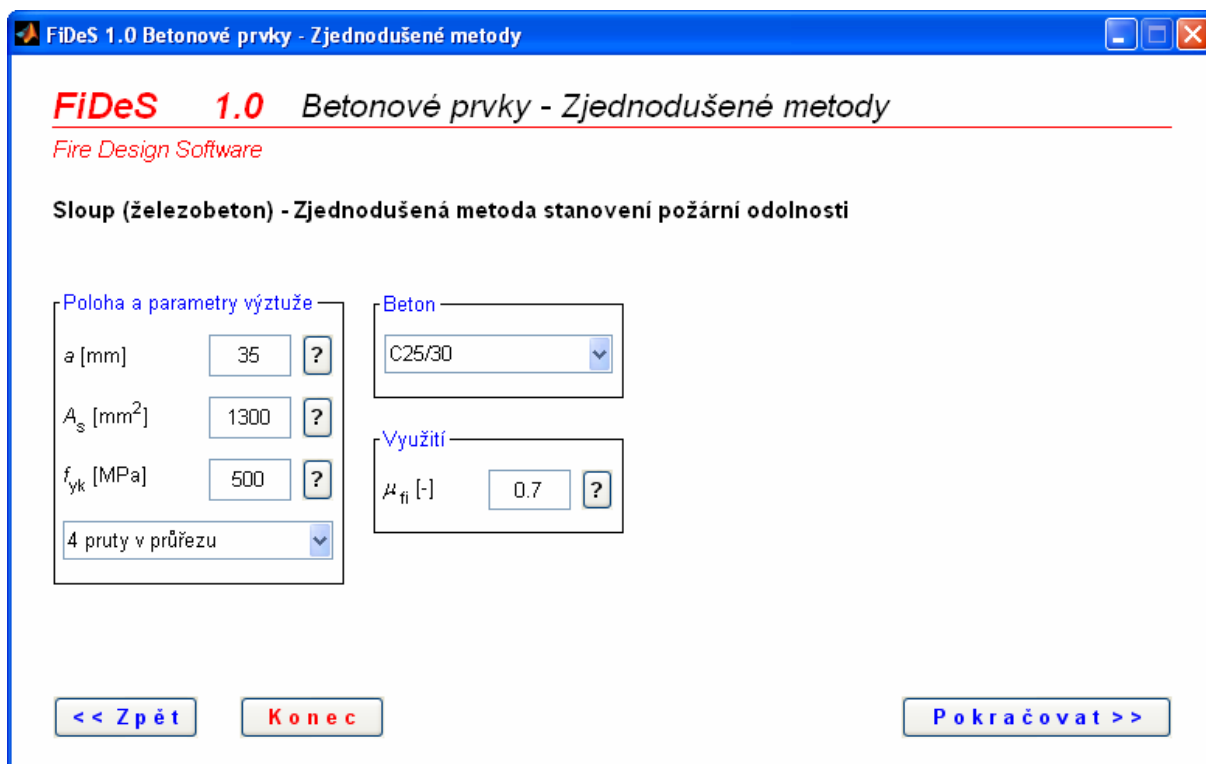
Stejně jako v předchozích případech disponuje i tento program podrobnou nápovědou, automatickým upozorňováním na chybné zadání vstupů a možností vygenerování protokolu shrnujícího nejdůležitější údaje. Příklad protokolu je uveden na obr. 6.6.



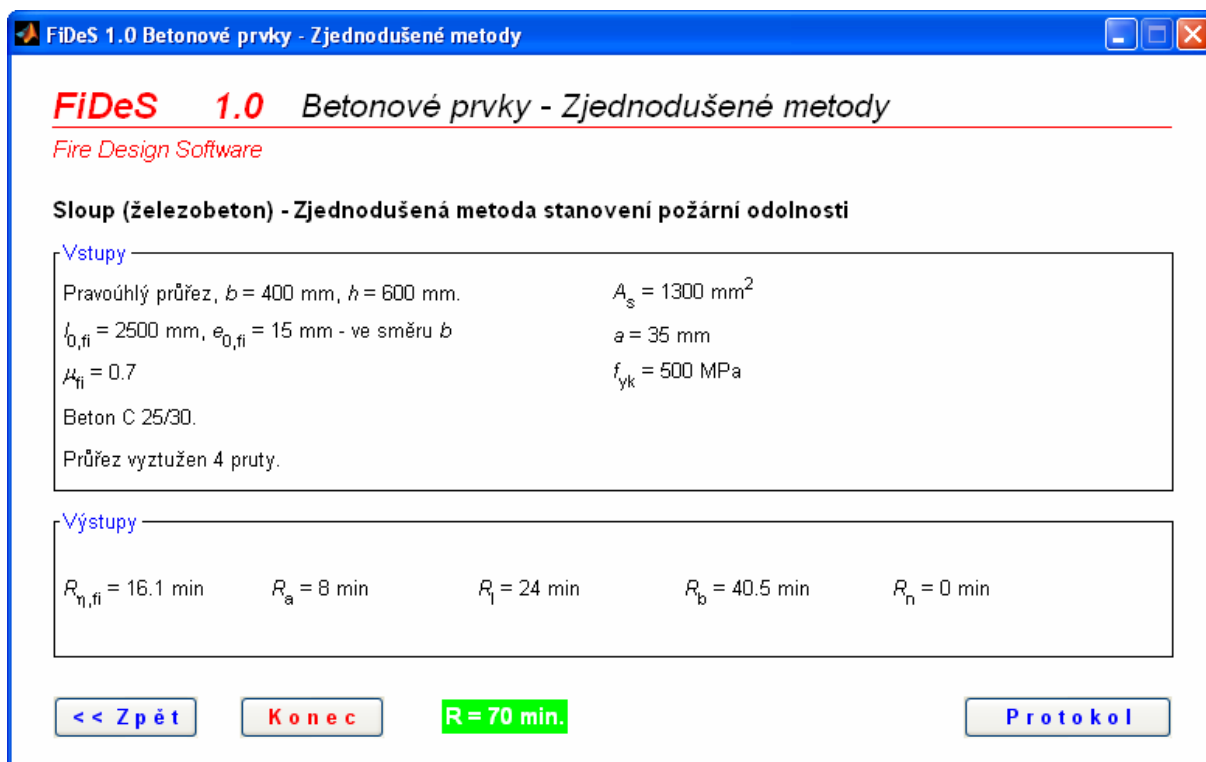
Obr. 6.2 Okno programu pro stanovení požární odolnosti betonových sloupů – okno 1



Obr. 6.3 Okno programu pro stanovení požární odolnosti betonových sloupů – okno 2



Obr. 6.4 Okno programu pro stanovení požární odolnosti betonových sloupů – okno 3



Obr. 6.5 Okno programu pro stanovení požární odolnosti betonových sloupů – okno 4

Betonové prvky - Zjednodušené metody

FiDeS 1.0

Fire Design Software

Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Sloup - Zjednodušená metoda stanovení požární odolnosti (čl. 5.3.2(4) normy ČSN EN 1992-1-2)

Platí pouze pro sloupy, které jsou součástí ztužených konstrukcí a které vyhoví dle ČSN EN 1992-1-1.

Vstupy

Pravoúhlý průřez, $b = 400$ mm, $h = 600$ mm, $l_{0,fi} = 2500$ mm, $e_{0,fi} = 15$ mm - ve směru b

Stupeň využití $\mu_{fi} = 0.7$, beton C 25/30.

Průřez zvytužen 4 pruty, $A_s = 1300$ mm², $a = 35$ mm, $f_{yk} = 500$ MPa.

Ověření použitelnosti metody

1) 2000 mm $\leq l_{0,fi} = 2500$ mm ≤ 6000 mm - **splněno**

2) $e_{0,fi} = 15$ mm $\leq e_{max} = 0.15 b = 0.15 \cdot 400 = 60$ mm - **splněno**

Metodu lze použít.

Výpočet

$$A_c = b \cdot h = 400 \cdot 600 = 240000 \text{ mm}^2.$$

$$h = 600 \text{ mm} \leq 1.5 b = 1.5 \cdot 400 = 600 \text{ mm} \Rightarrow \text{dále uvažujeme } h = 600 \text{ mm}.$$

$$b' = 2 \cdot A_c / (b + h) = 2 \cdot 240000 / (400 + 600) = 480 \text{ mm} > 450 \Rightarrow b' = 450 \text{ mm}.$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 434.8 \text{ MPa}.$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 25 / 1.5 = 16.7 \text{ MPa}.$$

$$\omega = (A_s f_{yd}) / (A_c f_{cd}) = (1300 \cdot 434.8) / (240000 \cdot 16.7) = 0.141.$$

$$R_{\eta,fi} = 83 (1.00 - \mu_{fi} (1.00 + \omega)) / (0.85 + \omega) = 16.1 \text{ min}$$

$$R_a = 1.60 (a[\text{mm}] - 30) = 8 \text{ min}$$

$$R_l = 9.60 (5 - l_{0,fi}[\text{m}]) = 24 \text{ min}$$

$$R_b = 0.09 b'[\text{mm}] = 40.5 \text{ min}$$

$$R_n = 0 \text{ min (4 pruty)}$$

$$R = 120 ((R_{\eta,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n) / 120)^{1.8} = 70 \text{ min}$$

Sloup splňuje normovou požární odolnost R 70 min.

© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>

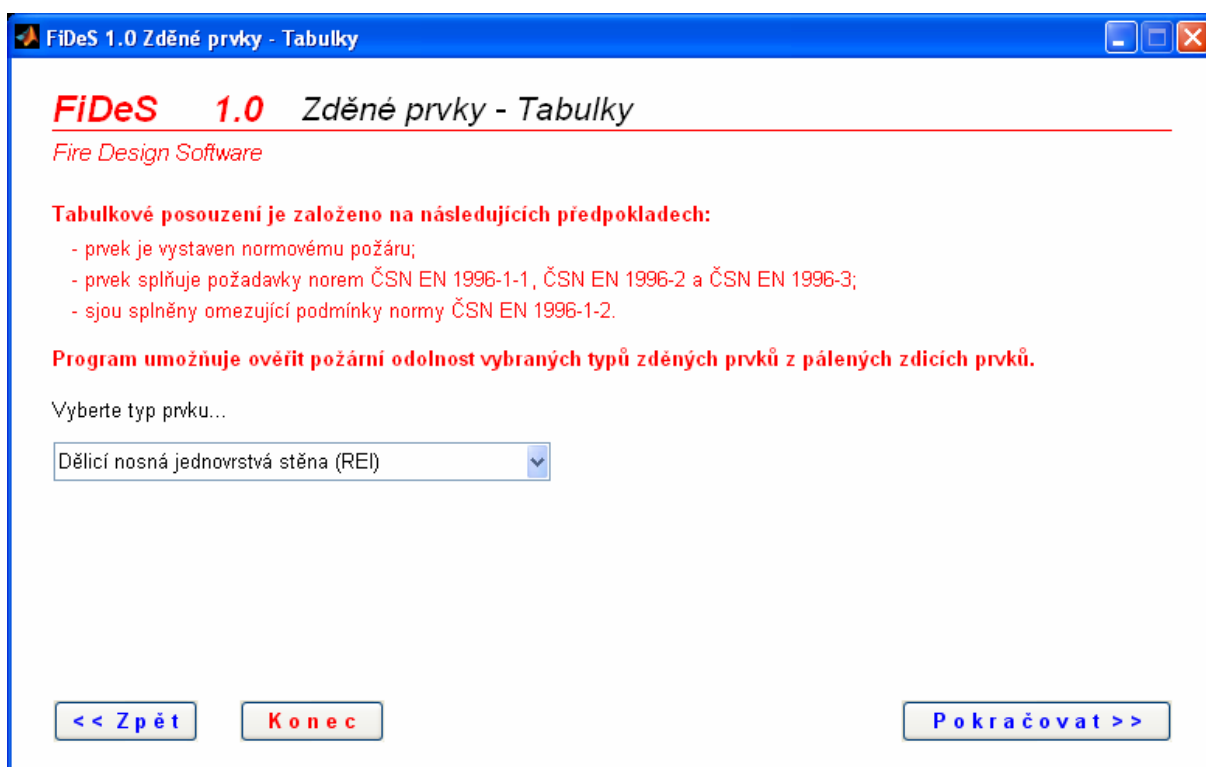
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenese žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

Obř. 6.6 Protokol shrnující stanovení požární odolnosti betonového sloupu pomocí zjednodušené metody

7 Program pro posouzení požární odolnosti zděných prvků pomocí tabulek

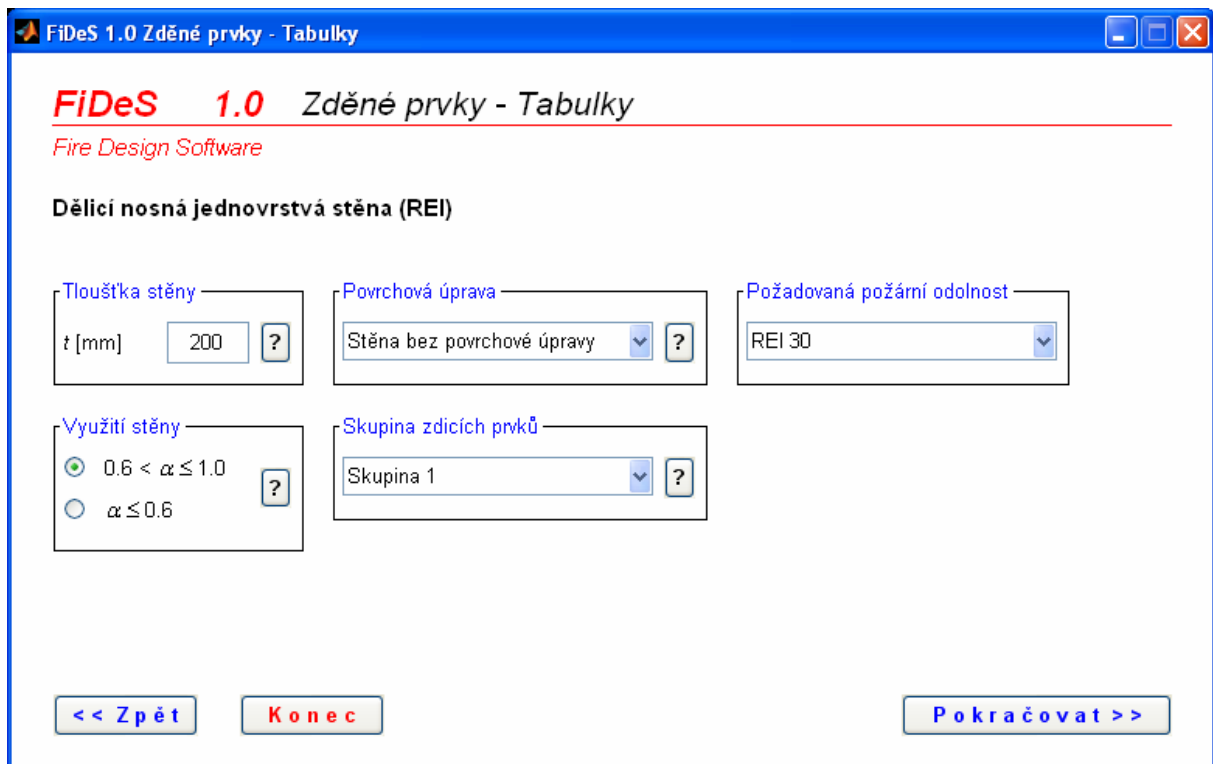
Úvodní okno programu pro posouzení požární odolnosti vybraných zděných prvků pomocí tabulek uvedených v normě ČSN EN 1996-1-2 je zobrazeno na obr. 7.1. Program umožňuje posouzení požární odolnosti zděných stěn (dělicích nenosných a dělicích nosných) z pálených zdicích prvků. Posouzení požární odolnosti dalších prvků (resp. prvků z jiných materiálů) lze do programu začlenit v jeho příštích verzích.



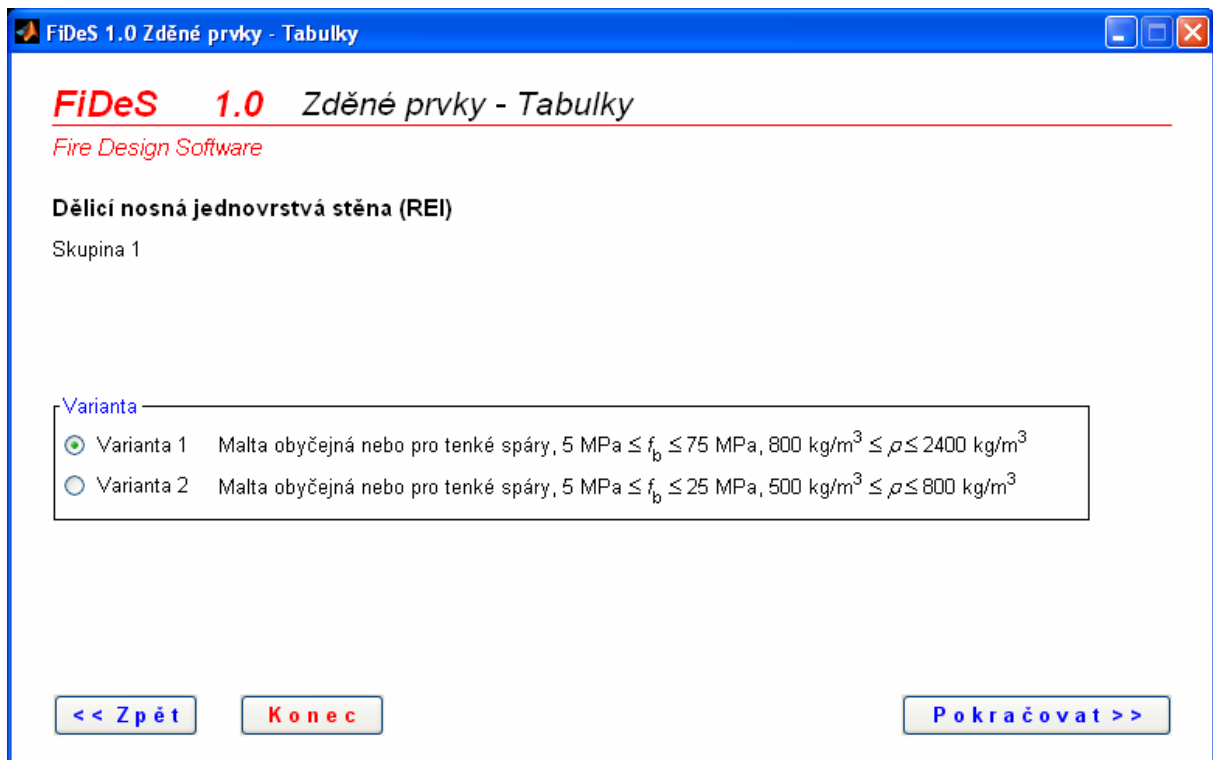
Obr. 7.1 Úvodní okno programu pro posouzení požární odolnosti vybraných zděných prvků pomocí tabulek uvedených v normě ČSN EN 1996-1-2

Příklady oken programu pro posouzení požární odolnosti zděných dělicích nosných stěn z pálených zdicích prvků pomocí tabulek uvedených v normě ČSN EN 1996-1-2 jsou uvedeny na obr. 7.2–7.4.

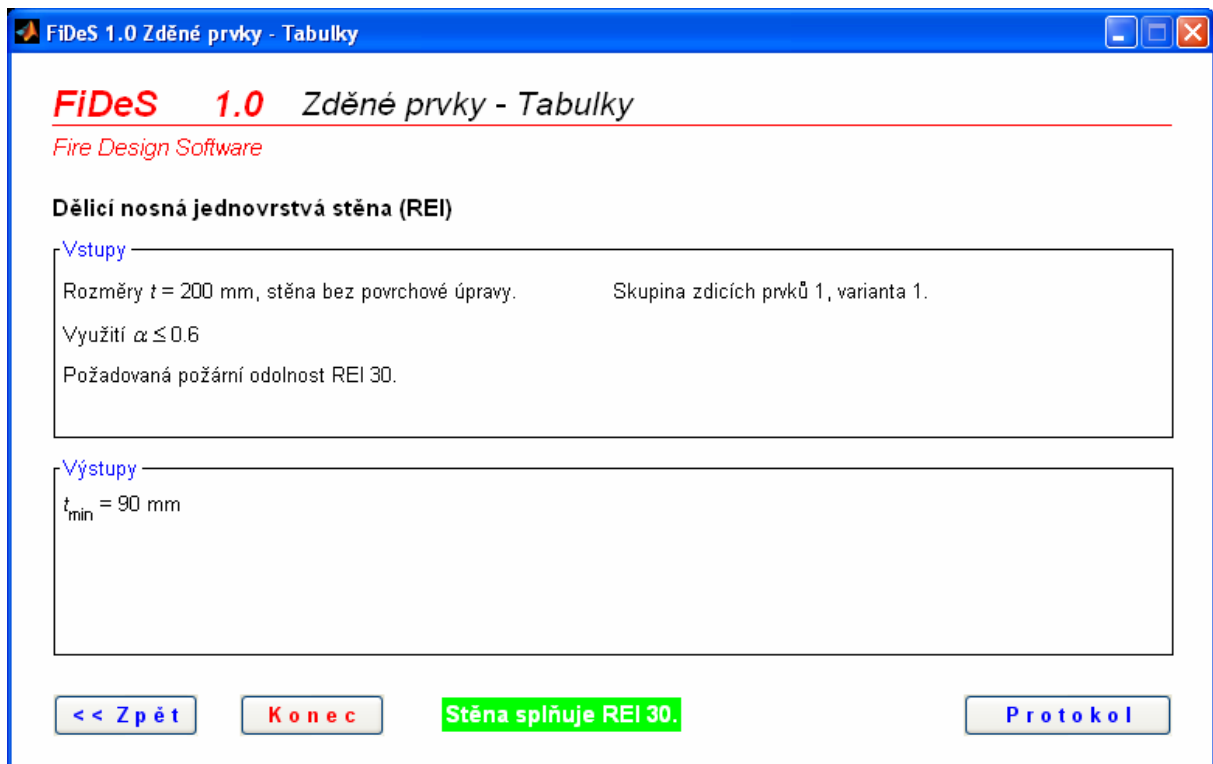
Stejně jako v předchozích případech disponuje i tento program podrobnou nápovědou, automatickým upozorňováním na chybné zadání vstupů a možností vygenerování protokolu shrnujícího nejdůležitější údaje. Příklad protokolu je uveden na obr. 7.5.



Obr. 7.2 Okno programu pro posouzení požární odolnosti zděných stěn – okno 1



Obr. 7.3 Okno programu pro posouzení požární odolnosti zděných stěn – okno 2



Obr. 7.4 Okno programu pro posouzení požární odolnosti zděných stěn – okno 3

Zděné prvky - Tabulky

FiDeS 1.0

Fire Design Software

Verze 1.0 (1. 9. 2010)

Dělicí nosná jednovrstvá stěna (REI) z pálených zdicích prvků (ČSN EN 1996-1-2, tab. N.B.1.2)

Platí pouze pro stěny, které vyhoví dle ČSN EN 1996-1-1, ČSN EN 1996-2 a ČSN EN 1996-3.

Vstupy

Rozměry $t = 200$ mm, stěna bez povrchové úpravy.

Využití $\alpha \leq 0.6$.

Požadovaná požární odolnost REI 30.

Skupina zdicích prvků 1, varianta 1.

Malta obyčejná nebo pro tenké spáry, $5 \text{ MPa} \leq f_b \leq 75 \text{ MPa}$, $800 \text{ kg/m}^3 \leq \rho \leq 2400 \text{ kg/m}^3$

Posouzení

Tabulková hodnota t_{\min} pro REI 30 (ČSN EN 1996-1-2, tab. N.B.1.2):

90

Pozn.: [nvg] - není definována žádná hodnota

$t = 200 \text{ mm} \geq t_{\min} = 90 \text{ mm}$ - **splněno**

Stěna splňuje požadovanou požární odolnost REI 30.

© Radek Štefan 2010 <radek.stefan@fsv.cvut.cz> <<http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/>>
ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí. Thákurova 7, 166 29 Praha 6.
Program byl vytvořen v rámci projektů FRVŠ 730/2010/G1 a MSM 6840770001. Program slouží pro studijní a výukové účely. Autor nenesе žádnou zodpovědnost za škody plynoucí z použití tohoto programu.

Obr. 7.5 Protokol shrnující ověření požární odolnosti zděné stěny pomocí tabulek

8 Seznam použitých zdrojů

Normy

ČSN EN 1990. Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ČNI, 2004.

ČSN EN 1991-1-1. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: ČNI, 2004.

ČSN EN 1991-1-2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. Praha: ČNI, 2004.

ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 2006.

ČSN EN 1992-1-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.

ČSN EN 1996-1-1. Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce. Praha: ČNI, 2007.

ČSN EN 1996-1-2. Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.

ČSN EN 1996-2. Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva. Praha: ČNI, 2007.

ČSN EN 1996-3. Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí – Část 3: Zjednodušené metody výpočtu nevyztužených zděných konstrukcí. Praha: ČNI, 2007.

Ostatní zdroje

- [1] *MATLAB*. Ver. 7.6.0.324 (R2008a). USA: The MathWorks, 2008.
- [2] Procházka, J. – Štefan, R. – Vašková, J. *Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru*. 1. vyd. Praha: ČVUT v Praze. 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [3] Štefan, R. – Procházka, J. Program pro stanovení požární odolnosti betonových nosníků a desek s využitím tabulek uvedených v ČSN EN 1992-1-2. In *Betonářské dny 2010: Zborník prednášok*. K. Gajdošová (Ed.). Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, říjen 2010, s. 253-256. ISBN 978-80-8076-089-2.
- [4] Štefan, R. – Procházka, J. Program pro stanovení požární odolnosti betonových sloupů a stěn s využitím tabulek uvedených v ČSN EN 1992-1-2. In *17. Betonářské dny 2010*. V. Šrůma et al. (Ed.). Hradec Králové: ČBS Servis, s.r.o., listopad 2010, s. 461-463. ISBN 978-80-87158-28-9.