



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra betonových a zděných konstrukcí

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vývoj výpočetního nástroje
pro stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti
a posouzení betonových konstrukcí
Výpočetní program „IGNIS“**

**Development of a Calculation Tool
for Determination of Fire Risk, Degree of Fire Safety
and Assessment of Concrete Structures
Computing program „IGNIS“**

Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb

Vedoucí práce: Ing. Radek Štefan, Ph.D.

Bc. Jan Čermák

Praha 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Čermák Jméno: Jan Osobní číslo: 380160
Zadávací katedra: K133 - Katedra betonových a zděných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Integrovaná bezpečnost staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vývoj výpočetního nástroje pro stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti a posouzení betonových konstrukcí

Název diplomové práce anglicky: Development of a Calculation Tool for Determination of Fire Risk, Degree of Fire Safety and Assessment of Concrete Structures

Pokyny pro vypracování:

Rešerše literatury.

Popis výpočetního postupu.

Algoritmizace problému.

Tvorba vývojových diagramů.

Implementace algoritmu v prostředí MATLAB/Octave.

Vytvoření výpočetního nástroje s uživatelským rozhraním. Popis nástroje. Vzorové a verifikační příklady.

Seznam doporučené literatury:

REICHEL, Vladimír. Požární předpisy pro stavební objekty v praxi. II. přepracované vydání. Praha: SNTL, 1976. Zabraňujeme škodám, Svazek 2.

REICHEL, Vladimír. Navrhování požární bezpečnosti staveb. Díl I. Praha: SNTL, 1978. Zabraňujeme škodám, Svazek 11.

Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb

ČSN 73 0802. Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty. Praha: ÚNMZ, 2015.

ČSN 73 0810. Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení. Praha: ÚNMZ, 2016.

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Radek Štefan, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 12. 10. 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 7. 1. 2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

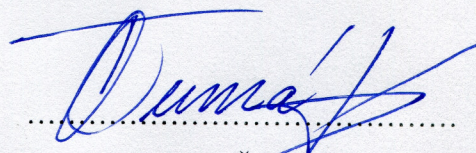
12. 10. 2017
Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 7. ledna 2018



.....

Bc. Jan Čermák

Poděkování

Touto cestou bych velice rád poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Radku Štefanovi, Ph.D., stejně jako odborným konzultantům v oblasti požární bezpečnosti staveb Ing. Martinu Benýškovi a Ing. Josefu Královi za poskytnutí cenných odborných rad při zpracování diplomové práce.

Veliké poděkování patří mé rodině za morální a finanční podporu po celou dobu studia i při závěrečné práci. Mé poslední poděkování bych chtěl věnovat mé přítelkyni Báře a všem blízkým přátelům a kamarádům, kteří mi stáli oporou.

Obsah

Abstrakt	V
Abstract	VI
Seznam použitých symbolů a zkratk	VII
1 Úvod	1
2 Požární bezpečnost stavebních objektů	2
2.1 Co obsahuje pojem požární bezpečnost	2
2.2 Přehled základních právních a ostatních předpisů o požární ochraně	2
2.3 Požární předpisy ve vztahu k nevýrobním objektům.....	4
2.4 Základní pojmy požární bezpečnosti staveb	4
2.5 Určení požárního rizika.....	7
2.5.1 Nahodilé a stále požární zatížení	7
2.5.2 Stanovení součinitele a	8
2.5.3 Stanovení součinitele b	8
2.5.4 Stanovení součinitele c	9
2.6 Požární odolnost stavebních konstrukcí a její posuzování.....	10
2.6.1 Požadovaná požární odolnost stavebních konstrukcí.....	10
2.6.2 Skutečná požární odolnost stavebních konstrukcí	11
2.6.3 Ověření požární odolnosti	12
3 Cíl práce	13
3.1 Dostupné konkurenční programy	13
4 Praktická část	20
4.1 Popis výpočetního programu	20
4.2 Instalace a spuštění programu	21
4.3 Krok 1 – Zadání informací o řešeném projektu	22
4.4 Krok 2 – Zadání informací o posuzovaném objektu a požárním úseku.....	23
4.5 Krok 3 – Zadání místností a otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku	25
4.6 Výpočet požárního rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárního úseku.....	27
4.6.1 Stanovení hodnoty požárního zatížení p	27
4.6.2 Stanovení součinitele a	27
4.6.3 Stanovení součinitele b	28
4.6.4 Stanovení součinitele c	29
4.6.5 Stanovení výpočtového požárního rizika p_v	29
4.6.6 Stanovení stupně požární bezpečnosti	30
4.6.7 Posouzení velikosti požárního úseku	30
4.7 Zobrazení výsledků výpočtu	31

4.8	Posouzení požární odolnosti konstrukcí	33
4.9	Zobrazení výstupního protokolu, export protokolu	35
4.10	Ukončení programu.....	37
4.11	Verifikace a validace programu	38
4.11.1	Výpočet vzorového příkladu v programu <i>WinFire Office 2016</i>	39
4.11.2	Výpočet vzorového příkladu v programu <i>CFire</i>	41
4.11.3	Výpočet vzorového příkladu v programu <i>IGNIS</i>	43
4.11.4	Porovnání výsledků výpočtu vzorového příkladu.....	47
5	Závěr	48
	Příloha A – Vývojové diagramy	49
	Diagram 1 – Základní struktura	50
	Diagram 2 – Hlavní algoritmus	51
	Seznam obrázků	52
	Seznam tabulek	53
	Literatura	54

Abstrakt

Práce je zaměřena na problematiku požárního rizika ve vazbě na požární bezpečnost nevýrobních objektů řešených podle ČSN 73 0802 [1] a požární odolnosti stavebních konstrukcí.

Hlavním cílem této práce bylo vytvořit program pro studijní účely s přívětivým a intuitivním uživatelským prostředím pro stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti požárního úseku a požadovaných požárních odolností stavebních konstrukcí.

Teoretická část práce se věnuje obecným pojmům a definicím z oblasti požární bezpečnosti staveb, kde se lze s tímto tématem blíže seznámit. Dále jsou zde uvedeny možnosti posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů.

V rámci praktické části byl vytvořen výpočetní program nesoucí název *IGNIS* (z *latinského překladu = Požár*) a byla popsána jeho funkcionalita jak z hlediska uživatelské obsluhy, tak i použitého algoritmu. V samotném závěru byl pak vyvinutý software pomocí vzorových příkladů validován a verifikován.

Přínosem je zejména usnadnění, urychlení a celkové zefektivnění návrhu požární bezpečnosti staveb, resp. částí celého návrhu, které program ve své první verzi studentům nabízí. Práce s ním je intuitivní, uživateli je k dispozici poměrně rozsáhlá nápověda založená na citaci příslušných norem, popř. na tyto normy pro upřesnění odkazuje, a výstupy ve formátu PDF je možné vložit do technické zprávy.

Klíčová slova

požár; požární bezpečnost; požární riziko; stupeň požární bezpečnosti; požární odolnost stavebních konstrukcí; betonové konstrukce; *MATLAB*; program *IGNIS*

Abstract

The thesis focuses on the area of fire risk in relation to the fire safety of non-production objects assessed according to ČSN 73 0802 [1] and fire resistance of building structures.

The main aim of this work was to create a programme for study purposes, with a user friendly and intuitive user environment for determination of fire hazard, degree of fire safety of the fire department and required fire resistance of building structures.

The theoretical part of the thesis deals with general concepts and definitions from the area of fire safety of buildings, where it is possible to get acquainted with this topic. Additionally, the possibilities of assessing the fire resistance of building structures according to the Eurocodes are also presented there.

A computing programme called *IGNIS* (from the Latin translation = a fire) was designed within the practical part and its functionality was described both from the point of view of the user's handling and the algorithm used. At the very end, the final developed software was validated and verified by using sample calculations.

The main benefit that the programme offers to students in its first version. is the facilitation, acceleration and overall effectiveness of the fire safety design of buildings or their parts, respectively. Working with it is intuitive, the user is given an extensive help based on the quotes of the relevant standards, reference to these standards where relevant and finally, the outputs in PDF format can be included in the technical report.

Keywords

fire; fire safety; fire risk; degree of fire safety; fire resistance of building structures; concrete structures; *MATLAB*; programme *IGNIS*

Seznam použitých symbolů a zkratk

Latinské symboly

F_o	parametr odvětrání	$m^{1/2}$
K_i	součinitel ekvivalentního množství dřeva i -tého druhu hořlavých látek podle ČSN 73 0824	-
M_i	hmotnost i -tého druhu hořlavých látek	kg
S	celková plocha požárního úseku	m^2
S_m	převládající velikost půdorysných ploch místností nebo prostorů v požárním úseku (při výpočtu součinitele b)	m^2
S_o	celková plocha otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku	m^2
S_s	půdorysná plocha části požárního úseku v m^2 , na níž se vyskytuje vyšší požární zatížení	m^2
a	součinitel vyjadřující vliv odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek	-
a_n	součinitel a pro nahodilé požární zatížení	-
a_s	součinitel a pro stálé požární zatížení	-
b	součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska stavebních geometrických podmínek	-
b_{max}	mezní šířka požárního úseku	m
c	součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních zařízení	-
h	požární výška objektu	m
h_o	výška otvorů v obvodových a střešních konstrukcích	m
h_p	výšková poloha požárního úseku	m
h_s	světlá výška prostoru (místnosti)	m
k	součinitel vyjadřující geometrické uspořádání (při výpočtu součinitele b)	$m^{1/2}$
l_{max}	mezní délka požárního úseku	m
n	pomocná hodnota (při výpočtu součinitele b)	-
z	počet užitných podlaží požárního úseku	-
z_{max}	mezní počet užitných podlaží požárního úseku	-
p	požární zatížení (stálé i nahodilé)	$kg.m^{-2}$
p_n	nahodilé požární zatížení	$kg.m^{-2}$
p_s	stálé požární zatížení	$kg.m^{-2}$
p_v	výpočtové požární zatížení	$kg.m^{-2}$
p_{vs}	soustředěné výpočtové požární zatížení	$kg.m^{-2}$

Zkratky

ČSN	Česká technická norma
DHZ	doplňkové sprinklerové hasicí zařízení (vodní)
EPS	elektrická požární signalizace
PBS	požární bezpečnost staveb
PHZ	polostabilní sprinklerové hasicí zařízení (vodní)
PO	požární odolnost
PÚ	požární úsek
SOZ	samočinné odvětrávací zařízení
SPB	stupeň požární bezpečnosti
SHZ	sprinklerové stabilní hasicí zařízení (vodní)
SSHZ	samočinné stabilní hasicí zařízení
ÚC	úniková cesta

1 Úvod

Z hlediska ochrany osob, zvířat a majetku je požár nebezpečným a nežádoucím živlem. Proto je nutné požární bezpečnosti věnovat dostatek pozornosti. Základním parametrem, od něhož se odvíjí návrh stavby s ohledem na její požární bezpečnost, je požární riziko, což určuje intenzitu případného požáru v posuzovaném objektu nebo jeho části.

Na výpočet požárního rizika navazují další parametry, např. stupeň požární bezpečnosti požárního úseku, požární odolnost stavebních konstrukcí, možnost bezpečné evakuace a provedení účinného požárního zásahu, jimiž je ovlivněna konečná úroveň požární bezpečnosti.

Práce je členěna na dvě části. První část se věnuje problematice požárního rizika v širších souvislostech ve vazbě na požární bezpečnost nevýrobních objektů¹ řešených podle ČSN 73 0802 [1] a požární odolnosti stavebních konstrukcí.

V druhé části této práce jsou získané vědomosti aplikovány při tvorbě vývojových diagramů, na základě kterých byl naprogramován výpočetní software *IGNIS* (z *latinského překladu = Požár*). Ten je vytvořen v matematickém prostředí programu *MATLAB* [9].

¹ Nevýrobní objekty jsou pro účely normy ČSN 73 0802 objekty pro bydlení, ubytování, školství, zdravotnictví, kulturu, obchod, sport apod. (objekty občanského charakteru), kde hlavní užívání objektu není určeno pro výrobu, opravárenství nebo služby průmyslové výroby [1].

2 Požární bezpečnost stavebních objektů

2.1 Co obsahuje pojem požární bezpečnost

S problematikou požární bezpečnosti přichází nejen při procesu výstavby, ale i následném užívání objektu do styku mnoho lidí. Je to projekční tým při plánování stavebního díla, investor, dodavatel stavebních materiálů a technologií, uživatel stavby, pracovníci požární prevence, jednotky hasičského záchranného sboru, pracovníci pojišťoven apod. Jejich společným cílem je zabránit vzniku a rozšíření požáru. K jeho dosažení jim slouží závazné, potažmo i nezávazné legislativní předpisy. Zákony, vyhlášky, vládní nařízení, české státní normy a další (viz [kapitulu 2.2](#)).

Nebezpečí vzniku požáru lze dělit na nebezpečí vnitřní – vznikající uvnitř stavebního objektu a na vnější – vznikající z požáru např. v přilehlém stavebním objektu, zařízení, otevřeném skladu apod. Vnitřní požární nebezpečí lze dále dělit na nebezpečí pro osoby nacházející se v objektu a na nebezpečí vznikající z materiálních škod na objektu samotném nebo na jeho vybavení [2].

Máme tedy v podstatě tři kategorie požárního nebezpečí:

- a) nebezpečí pro osoby ve stavebním objektu
- b) nebezpečí z poškození stavebního objektu a jeho vybavení
- c) nebezpečí následkem požáru z přilehlého stavebního objektu nebo zařízení

Jednotlivé druhy požárního nebezpečí vystupují do popředí zejména v závislosti na funkci stavebního objektu nebo zařízení. Z uvedeného vyplývá, že se v jednotlivých případech mění podstata požárního nebezpečí a k jeho řešení je nutné přistupovat individuálně [2].

Požární bezpečnost stavebního objektu můžeme konečně definovat jako jeho schopnost bránit v případě požáru ztrátám na životech a zdraví osob, včetně osob provádějících požární zásah, popř. zvířat a ztrátám na majetku. Dosahuje se jí vhodným urbanistickým začleněním objektu, jeho dispozičním, konstrukcím a materiálovým řešením nebo požárně bezpečnostními zařízeními a opatřeními [3].

2.2 Přehled základních právních a ostatních předpisů o požární ochraně

Základními právními předpisy jsou Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh, a zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů. Autorem zákona je Ministerstvo vnitra – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru České republiky. Účelem tohoto zákona je vytvořit podmínky pro účinnou ochranu života a zdraví občanů a majetku před požáry a pro poskytování pomoci při živelných pohromách a jiných mimořádných událostech [4].

Zákon stanoví povinnosti ministerstev a jiných správních úřadů, právnických a fyzických osob, postavení a působnost orgánu státní správy a samosprávy na úseku požární ochrany, jakož i postavení a povinnosti jednotek požární ochrany. Již v úvodním ustanovení je zakotvena obecná povinnost každému počínat si tak, aby nezavdal příčinu ke vzniku požáru, neohrozil život a zdraví osob, zvířata a majetek a při zdolávání požárů, živelných pohrom

a jiných mimořádných událostí je povinen poskytovat přiměřenou osobní pomoc, nevystaví-li tím vážnému nebezpečí nebo ohrožení sebe nebo osoby blízké anebo nebrání-li mu v tom důležitá okolnost, a potřebnou věcnou pomoc [4].

Na základě zákona o požární ochraně byly vydány např. tyto vybrané prováděcí předpisy vztahující se k požární prevenci:

- vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb, ve znění vyhlášky č. 268/2011 Sb.
- vyhláška č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), ve znění vyhlášky č. 221/2014 Sb.

Příloha č. 1 vyhlášky MV č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb [5] uvádí výčet českých technických norem stanovujících technické podmínky pro navrhování, provádění a užívání stavby ve vztahu k požární bezpečnosti. České technické normy nejsou dle novely zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, provedené zákonem č. 71/2000 Sb., obecně závazné. Tzn., že ČSN nejsou považovány za právní předpisy a není stanovena povinnost jejich dodržování, avšak povinnost dodržování jimi daných požadavků může stanovit jiný právní akt. Tímto předpisem je v případě norem pro požární bezpečnost staveb právě výše uvedená vyhláška č. 23/2008 Sb., která se v textu na níže uvedené normy přímo odkazuje a tím jejich požadavky učinila závaznými.

Kodex norem řady ČSN 73 08xx pro požární bezpečnost staveb zahrnuje tyto základní technické normy:

- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb (dále jen „PBS“) – Nevýrobní objekty
- ČSN 73 0804 PBS – Výrobní objekty
- ČSN 73 0810 PBS – Společná ustanovení
- ČSN 73 0818 PBS – Obsazení objektů osobami
- ČSN 73 0831 PBS – Shromažďovací prostory
- ČSN 73 0833 PBS – Budovy pro bydlení a ubytování
- ČSN 73 0834 PBS – Změny staveb
- ČSN 73 0835 PBS – Budovy zdravotnických zařízení
- ČSN 73 0842 PBS – Objekty pro zemědělskou výrobu
- ČSN 73 0843 PBS – Objekty spojů a poštovních provozů
- ČSN 73 0845 PBS – Sklady
- ČSN 73 0848 PBS – Kabelové rozvody
- ČSN 73 0872 PBS – Ochrana staveb proti šíření požáru vzduchotechnickým zařízením
- ČSN 73 0873 PBS – Zásobování požární vodou
- ČSN 73 0875 PBS – Stanovení podmínek pro navrhování elektrické požární signalizace v rámci požárně bezpečnostního řešení

2.3 Požární předpisy ve vztahu k nevýrobním objektům

Pro projektování požární bezpečnosti nových stavebních nevýrobních objektů platí norma ČSN 73 0802 a další související normy a předpisy. Některé z nich jsou uvedeny v kapitole 2.2, ale práce se bude dále nejčastěji odkazovat na jmenovanou kmenovou normu kodexu pro požární bezpečnost staveb. Norma dále platí i pro projektování změn staveb stávajících nevýrobních objektů a prostorů, pokud změny podle ČSN 73 0834 postup podle této normy vyžadují.

Schéma postupu návrhu požární bezpečnosti podle normy pro nevýrobní objekty je na obr. 1 (viz stranu 6). Práce, její teoretická a praktická část, je zaměřena na červeně ohraničené kroky tohoto postupu.

2.4 Základní pojmy požární bezpečnosti staveb

V této kapitole jsou uvedeny a definovány některé základní pojmy z oblasti požární bezpečnosti staveb, které se mohou vyskytovat v následujících kapitolách nebo které se přímo týkají problematiky řešené v této práci.

Požární riziko

Rozsah a intenzita případného požáru v posuzovaném stavebním objektu nebo jeho části; je určeno výpočtovým požárním zatížením v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ [1].

Požární zatížení

Pomyslné množství dřeva [kg] na jednotce plochy [m^2], jehož normová výhřevnost je ekvivalentní normové výhřevnosti všech hořlavých látek nacházejících se na stejné posuzované ploše (např. na ploše požárního úseku); sestává ze stálého a nahodilého požárního zatížení a vyjadřuje se v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ [1].

Stálé požární zatížení

Pomyslné množství dřeva [kg] na jednotce plochy [m^2], jehož normová výhřevnost je ekvivalentní normové výhřevnosti všech hořlavých látek ve stavebních konstrukcích posuzovaného požárního úseku, kromě hořlavých látek v nosných stavebních konstrukcích zajišťujících stabilitu objektu nebo jeho části a v požárně dělících konstrukcích v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ [1].

Nahodilé požární zatížení

Pomyslné množství dřeva [kg] na jednotce plochy [m^2], jehož normová výhřevnost je ekvivalentní normové výhřevnosti všech hořlavých látek, které se za normálních podmínek užívání vyskytují v posuzovaném požárním úseku v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (např. hořlavé zařizovací předměty, nábytek, technologické zařízení, náplně, zpracovávané a skladované hořlavé suroviny a výrobky [1].

Výpočtové požární zatížení

Výsledný údaj vyjadřující teoretickou intenzitu požáru a vliv účinnosti požárně bezpečnostních opatření; vyjadřuje se v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$; pokud se výpočtové požární zatížení převádí na dobu trvání normového průběhu požáru (viz [6], čl. 3.3), předpokládá se $| 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2} | = | 1 \text{ minuta} |$ [1].

Požárně bezpečnostní zařízení a opatření

Technické nebo organizační opatření ke snížení teoretické intenzity případného požáru v posuzovaném stavebním objektu nebo jeho části (např. požární signalizace, samočinné stabilní hasicí zařízení, požární odvětrání, stálý dohled požárních jednotek) [1].

Požární úsek

Prostor stavebního objektu, ohraničený od ostatních částí tohoto objektu, popř. od sousedních objektů, požárně dělícími konstrukcemi, popř. požárně bezpečnostním zařízením; je základní posuzovanou jednotkou z hlediska požární bezpečnosti stavebních objektů [1].

Požární dělící konstrukce

Stavební konstrukce, bránící šíření požáru mimo požární úsek, schopná po stanovenou dobu odolávat účinkům vzniklého požáru; je to zejména požární strop nebo střešní konstrukce, požární stěna (vnitřní, obvodová, štítová apod.) a požární uzávěr otvoru v těchto konstrukcích [1].

Požární odolnost

Doba, po kterou jsou stavební konstrukce nebo požární uzávěry schopny odolávat teplotám vznikajícím při požáru, aniž by došlo k porušení jejich funkce [1].

Stupeň požární bezpečnosti

Klasifikační zatřídění vyjadřující schopnost stavebních konstrukcí požárního úseku jako celku čelit požáru z hlediska rozšíření požáru a stability konstrukcí objektu [1].

Hořlavé látky

Látky tuhého, kapalného nebo plynného skupenství, které jsou schopny (bez ohledu na způsob zapálení) uvolňovat při požáru teplo [1].

Nehořlavé stavební výrobky

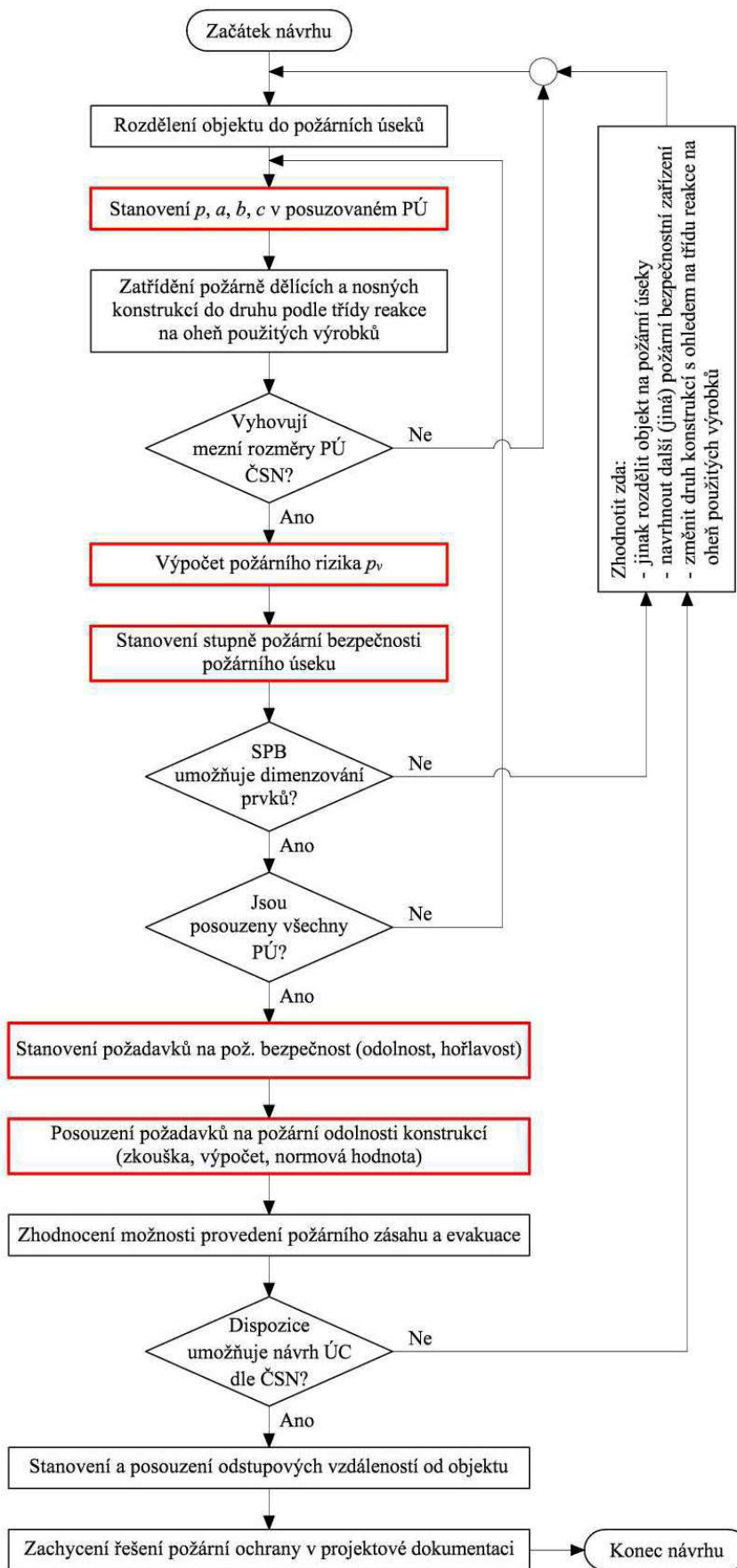
Výrobky třídy reakce na oheň A1 a třídy A2, které ani při požáru neuvolňují teplo, popř. množství uvolněného tepla je zanedbatelné [1].

Hořlavé stavební výrobky

Výrobky třídy reakce na oheň B až F, které při požáru mohou uvolňovat teplo, šířit požár apod.; toto označení se netýká třídění konstrukčních částí (viz [6], kapitolu 3) [1].

Reakce na oheň

Odezva stavebního výrobku za určitých podmínek příspěvkem vlastního rozkladu k rozvoji ohně (požáru), kterému je vystavena [1].



Obr. 1 Schéma postupu při navrhování požární bezpečnosti staveb

2.5 Určení požárního rizika

Požární riziko se stanovuje samostatně u všech požárních úseků a ve vztahu k nevýrobním objektům je vyjádřeno výpočtovým požárním zatížením podle rovnice:

$$(1) \quad p_v = p \cdot a \cdot b \cdot c \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}] \quad [2], \text{ kap. 2}$$

kde p_v je výpočtové požární zatížení

- p součet nahodilého (p_n) a stálého (p_s) požárního zatížení
- a součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek, popřípadě způsobu jejich uskladnění
- b součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska stavebních podmínek
- c součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních opatření

2.5.1 Nahodilé a stále požární zatížení

Nejdříve se určí nahodilé a stálé požární zatížení. Je to pomyslné množství dřeva [kg] na jednotce plochy [m^2], které je svou normovou výhřevností ekvivalentní s normovou výhřevností látek nacházejících se za normálních podmínek provozu nebo užívání v posuzovaném požárním úseku (nábytek, skladované hořlavé látky, suroviny, výrobky a části stavebních konstrukcí, které mohou přispívat k intenzitě požáru, např. obklady, podlahy, okna; vlastní nosné a požárně dělící konstrukce jsou ve výpočtu zohledněny jinde). V převážné většině případů lze hodnotu p_n pro jednotlivé druhy provozů nalézt přímo v příloze A normy [1] a není třeba ji počítat. Stálé požární zatížení p_s podle tab. 1 normy [1] je na straně bezpečné uvažováno globálně pro celý požární úsek. Pokud to situace vyžaduje, je možné hodnotu p_s stanovit přesněji, a to váženým průměrem podle ploch jednotlivých místností požárního úseku [2].

Provedené průzkumy potvrdily značně rozdílné provozy z hlediska požárního rizika i u zdánlivě jednoúčelových objektů. Proto také jsou nahodilá požární zatížení členěna podle provozů, přičemž hodnoty mají reprezentativní charakter. V řadě případů nebudou ani dosaženy, ale mohou být i překročeny. Lokální překročení však nemusí znamenat poddimenzování, neboť v důsledku turbulence kouřových plynů dochází k částečnému vzájemnému vyrovnávání intenzity požáru. Z toho vyplývá, že snahy po vysoké přesnosti zde nejsou na místě; jde spíše o to, aby byly zváženy možné technologické nebo provozní změny ve vybavení, v zařízení apod. a byly stanoveny pravděpodobné hodnoty – reprezentativní. To ovšem neznamená, že by měly být přehlíženy plochy, na kterých se nachází tzv. soustředěné požární zatížení p_{vs} [2]. Pokud se v požárním úseku takové požární zatížení nachází, určí se podle vztahu:

$$(2) \quad p_{vs} = \frac{\sum_{i=1}^j M_i \cdot K_i}{S_s} \cdot a \cdot b \cdot c \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}] \quad [1], \text{ čl. 6.2.5}$$

kde p_{vs} je soustředěné výpočtové požární zatížení

- M_i hmotnost i -tého druhu hořlavých látek v kg (např. podle ČSN 73 0035) stanovená popř. podle čl. 6.2.6 normy [1]
- K_i součinitel ekvivalentního množství dřeva i -tého druhu hořlavých látek podle ČSN 73 0824

- S_s půdorysná plocha části požárního úseku v m^2 , na níž se vyskytuje vyšší požární zatížení; tvoří ji např. půdorysná plocha nádrže, zásobníku, máčecí vany nebo trvale skladované hořlavé látky, na které odhořívá toto požární zatížení, popř. plocha místnosti, ve které se vyšší požární zatížení vyskytuje
- a součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek, popřípadě způsobu jejich uskladnění
- b součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska stavebních podmínek
- c součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních opatření
- j počet druhů hořlavých látek, které se vyskytují na půdorysné ploše S_s

V hodnotě požárního zatížení p je na straně bezpečné vždy určitá rezerva. Požární zatížení se určuje na podkladě výhřevnosti hořlavých látek uváděné v $J.m^{-2}$. Tato výhřevnost vyjadřuje množství uvolněného tepla, které látka uvolní za mimořádně příznivých podmínek, při dokonalém spálení (přetlak kyslíku apod.) Při požáru však nejsou tak příznivé podmínky hoření a uvolní se přibližně 2/3 této hodnoty [2].

2.5.2 Stanovení součinitele a

Podobně jako požární zatížení se určí i součinitel a , který se skládá z části odpovídající nahodilému (a_n) a stálému požárnímu zatížení (a_s). Hodnota a_s je konstantní a je rovna 0,9. Hodnotu a_n najdeme podle jednotlivých druhů provozů v příloze A normy [1] a jeho hodnota se pohybuje od 0,5 do 1,5 [2].

Vše o proměnlivosti a míře přesnosti požárního zatížení platí i pro součinitele a_n . V požárním úseku se téměř vždy vyskytují různé hořlavé látky, nebo stejné látky, avšak různě upravené (v různé formě). Reprezentativní hodnota je určena jako hmotnostní průměr hodnot – podílu jednotlivých látek v požárním úseku [2].

Nesmí být opomenut ani způsob uložení hořlavých látek. Některé látky jsou ve stozích, jiné uložené volně, další v plechových obalech. Někdy se hořlavé látky vyskytují i ve vodných roztocích atd. Je evidentní, že látka v plechovém obalu se vznítí obtížněji, než stejná látka volně položená. Tyto a další skutečnosti jsou v požárních normách zahrnuty a jejich přehlédnutím můžeme snadno předdimenzovat požadavky na požární bezpečnost staveb, což může být ve výsledku velmi neekonomické [2].

Konečně je třeba upozornit i na možnost použití globální hodnoty součinitele a , a to v těch případech, kde je věcně obtížné hodnotu součinitele individuálně určit. Potom počítáme se součinitelem $a = 1,2$ pro celý požární úsek (součinitel obvykle nabývá hodnoty od 0,8 do 1,2) [2].

2.5.3 Stanovení součinitele b

Poněkud složitější situace je při určení součinitele b . Tento součinitel zahrnuje vliv přístupu vzduchu a ztrát tepla, ovšem ve vztahu na množství a charakter hořlavých látek [2].

Přesnější výpočet by byl pro potřeby praktického návrhu požární bezpečnosti příliš složitý, a proto bylo použito určitého zjednodušení. Přesto plocha oken a jejich výška ve vztahu k ploše požárního úseku i typická velikost místnosti a její výška mají zásadní charakter a bylo nutno je do výpočtu zahrnout. Hodnota součinitele b se vypočítává ze vztahů uvedených v čl. 6.5 normy [1] (viz také [kapitolu 4.6.3](#)), do kterých kromě výše uvedených

parametrů požárního úseku vstupuje pomocná hodnota n a součinitel k , jejichž hodnota je na základě těchto parametrů stanovena. Pomocný součinitel n je nutno vypočítat a hodnota součinitele k se pak dá stanovit buďto podle přílohy D normy [1] nebo přímým výpočtem podle vztahů (11) a (12) z kapitoly 4.6.3 [1, 6].

Výsledná hodnota součinitele b může nabývat hodnot od 0,5 do 1,7, přičemž jde o uzavřený interval. Pokud je součinitel $b < 0,5$, uvažuje se právě tato minimální hodnota, pokud je $b > 1,7$, uvažuje se hodnota maximální, tedy 1,7 [1].

Uvážíme-li, že na průběh požáru má vliv především tvar a velikost oken ve vztahu k půdorysné ploše, resp. množství hořlavých látek, potom mohou nastat v podstatě tři situace:

- a) je nadbytek vzduchu, a je tedy odváděno i značné množství zplodin hoření vně objektu, neboli dochází ke snížení tepla, které zůstává v hořícím objektu (požárním úseku), a součinitel b klesá: požár řízený palivem;
- b) je optimální množství vzduchu, odvádí se menší část tepla než v případě a), zvyšuje se množství tepla, které zůstává v hořícím objektu (požárním úseku), součinitel b dosahuje hodnoty 1,0: požár řízený ventilací;
- c) je minimální množství vzduchu – avšak takové, aby proces okysličení mohl ještě proběhnout, hoření trvá déle než v případě b) a velké množství tepla zůstává v hořícím objektu (požárním úseku); i když maximální teploty jsou nižší než v případě b), v důsledku nižší rychlosti odhořívání dochází k většímu ohřevu stavebních konstrukcí; to znamená, že se součinitel b zvyšuje a $b > 1,0$: stejně jako u bodu b) je i tady požár řízený ventilací [2].

Jestliže se tedy zvětšují okenní otvory (nebo světlíky), snižuje se požární riziko. Kromě toho se lepším odvodem zplodin hoření zvyšuje viditelnost v hořícím prostoru, lépe a účinněji může proběhnout protipožární zásah, snižuje se riziko vzniku a rozšíření toxických plynů atd. Na tomto principu a s tímto cílem se navrhuje odvětrání stavby při požáru, neboli samočinné odvětrávací zařízení (SOZ). Tj. zajistí se přívod vzduchu těsně nad úrovní podlahy a odvod zplodin hoření (odvětrávacími klapkami) v nejvýše položeném místě. Tím se také snižuje požární riziko a takové úpravy se spolu s dalšími, uvedenými v kapitole 2.5.4, zahrnují pod pojem požárně bezpečnostní zařízení a jsou vyjádřeny součinitelem c .

2.5.4 Stanovení součinitele c

Na zvýšení požární bezpečnosti objektů mají vliv aktivní požárně bezpečnostní zařízení a opatření, a to:

- a) elektrická požární signalizace (součinitel c_1);
- b) možnost zásahu jednotek požární ochrany (součinitel c_2);
- c) samočinné stabilní hasicí zařízení (součinitel c_3);
- d) samočinné odvětrávací zařízení (součinitel c_4) [1].

Ve výpočtech je možné použít pouze jeden z výše uvedených součinitelů c_{1-4} , tzn. nelze je mezi sebou násobit, a stanovený výsledný součinitel c , který může nabývat hodnot od 0,5 do 1,0², lze využít v návrhu požární bezpečnosti

- a) ke snížení požárního rizika v rovnici (1) a (2); (viz kapitolu 2.5)
- b) ke zvětšení mezních rozměrů požárního úseku podle [1], čl. 7.3.4, bodu c);
- c) ke zvětšení mezních délek nechráněných ÚC v souladu s [1], čl. 9.10.3, bodem a).

Účinnost požárně bezpečnostního zařízení vyjádřeného součinitelem c_1 , tedy elektrické požární signalizace (EPS), se smí využít jen k úpravám podle výše uvedených bodů b) a c) [1].

Hodnoty jednotlivých součinitelů jsou v závislosti na několika dalších rozhodujících parametrech řešeného objektu nebo požárního úseku uvedeny v čl. 6.6 normy [1].

2.6 Požární odolnost stavebních konstrukcí a její posuzování

Nedílnou součástí požárně bezpečnostního řešení stavby je zhodnocení navržených stavebních konstrukcí z hlediska jejich požární odolnosti. Každá konstrukce musí být navržena a provedena tak, aby její skutečná požární odolnost nebyla menší, než je pro danou konstrukci požadováno [7].

Požární odolnost stavební konstrukce je definována jako doba, po kterou je konstrukce schopna odolávat teplotám vznikajícím při požáru, aniž by došlo k porušení její funkce, na kterou byla navržena [1].

Pokud bude **požadovaná požární odolnost** považována za levou a **skutečná požární odolnost** za pravou stranu pomyslné nerovnice, je praktická část této práce věnována právě její levé straně, tedy vývoji softwaru stanovujícího požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí. Stanovování skutečné požární odolnosti nejen pomocí výpočetních programů byla na katedře betonových a zděných konstrukcí věnována již dostatečná pozornost.

2.6.1 Požadovaná požární odolnost stavebních konstrukcí

Označení požadované požární odolnosti se skládá z **písmenné značky**, tzv. mezních stavů, vyjadřujících funkci konstrukce, ke které se hodnota odolnosti vztahuje, a **číselné hodnoty** udávající dobu požární odolnosti konstrukce. Po tuto dobu nesmí dojít ke ztrátě požadovaných mezních stavů. Příkladem může být např. označení REI 30, které vyjadřuje schopnost konstrukce zachovat si svou únosnost (*R*), celistvost (*E*) a izolační schopnost (*I*) při vystavení účinkům požáru po dobu 30 minut. Toto označení se podle ČSN 73 0810 [6] dále doplňuje označením druhu konstrukce (konstrukce druhu DP1, DP2 nebo DP3) z hlediska použitých materiálů (s ohledem na jejich přispívání k intenzitě požáru a jejich reakce na oheň) [7].

Písmenné značky používané pro označení požární odolnosti vycházejí z mezinárodní terminologie. Mezi základní značky pro označení charakteristických vlastností betonových konstrukcí (mezních stavů) patří:

² Při kombinování více druhů požárně bezpečnostních zařízení (např. SOZ + SSHZ, viz [1], čl. 6.6.7), nebo použití konkrétního typu jednoho zařízení (např. vysoce účinné SSHZ, viz [1], čl. 6.6.6.2), lze dosáhnout nižší hodnoty součinitele c , než uvádí interval.

- R – nosnost konstrukce,
- E – celistvost konstrukce,
- I – izolační schopnost konstrukce,
- W – hustota tepelného toku nebo radiace vyzařující z povrchu konstrukce,
- M – mechanická odolnost.

Dalšími značkami, které uvádí norma [6], se označují vlastnosti požadované u požárních uzávěrů v požárně dělících konstrukcích. Jsou to písmena: S_a , S_m (kouřotěsnost) a C (požadavek na samouzavírací zařízení u požárních uzávěrů).

Požadavek na požární odolnost konstrukce (konstrukčního prvku) se stanoví podle normy [1], tabulky 12 v závislosti na stupni požární bezpečnosti požárního úseku, ve kterém se konstrukce nachází. Tento parametr úseku se určí podle:

- výpočtového požárního zatížení p_v v požárním úseku (viz [kapitolu 2.5](#)),
- druhu konstrukčního systému budovy (viz [6], kap. 3.2),
- požární výšky objektu h (viz [1], čl. 5.2.3).

2.6.2 Skutečná požární odolnost stavebních konstrukcí

Skutečnou požární odolnost lze stanovit výpočtem nebo zkouškami požární odolnosti. V současné době se přechází na navrhování konstrukcí podle evropských norem. U konstrukcí navržených podle těchto norem za běžné teploty lze jejich požární odolnost stanovit pomocí částí eurokódů pojednávajících o navrhování konstrukcí na účinky požáru (ČSN EN 199x-1-2). Pro betonové konstrukce je to Eurokód ČSN EN 1992-1-2 [7].

Podle normy ČSN EN 1992-1-2 lze při návrhu betonových konstrukcí využít, a prokázat tak jejich požární odolnost, následující návrhové přístupy [7]:

- návrh podle osvědčených návrhových řešení (využití tabulkových hodnot nebo výsledků zkoušek),
- návrh pomocí zjednodušených výpočetních metod pro určité typy prvků (viz níže),
- návrh pomocí zpřesněných výpočetních metod umožňujících vystižení chování nosných prvků a konstrukcí nebo jejich částí (viz níže).

Zjednodušené výpočetní metody

- metoda izotermy 500 °C,
- zónová metoda,
- metoda pro štíhlé sloupy,
- metoda ověření únosnosti ve smyku a kroucení,
- zjednodušená výpočetní metoda pro nosníky a sloupy.

Zpřesněné výpočetní metody

- model teplotní odezvy,
- model mechanické odezvy.

Publikaci [7] lze doporučit jako vhodný studijní materiál, kde jsou výše uvedené návrhové přístupy podrobněji popsány.

2.6.3 Ověření požární odolnosti

Podmínky spolehlivosti při posouzení požární odolnosti lze formulovat [7]:

- z hlediska času

$$t_{d,fi} \geq t_{fi,req},$$

- z hlediska únosnosti,

$$R_{d,fi,t} \geq E_{d,fi,t},$$

- nebo z hlediska teploty,

$$\theta_d \geq \theta_{d,cr},$$

kde $t_{d,fi}$ je návrhová doba požární odolnosti,

$t_{fi,req}$ požadovaná doba požární odolnosti,

$R_{d,fi,t}$ návrhová hodnota únosnosti prvku při požární situaci v čase t ,

$E_{d,fi,t}$ návrhová hodnota příslušných účinků zatížení při požární situaci v čase t ,

θ_d návrhová hodnota teploty materiálu,

$\theta_{d,cr}$ návrhová hodnota kritické teploty materiálu.

Pro betonové a zděné konstrukce se posouzení nosné funkce (kritérium R) provádí ověřením podmínky z hlediska únosnosti, posouzení požárně dělící funkce (kritéria EI) se provádí ověřením z hlediska teploty [7].

3 Cíl práce

Cílem bylo vytvořit program pro studijní účely s přívětivým a intuitivním uživatelským prostředím, který bude dostupný bez nutnosti investice finančních prostředků. Dlouhodobým cílem je pak software postupně rozšiřovat o další funkce a jeho přeprogramování např. v jazyce *Python* nebo *C++* pro možnost komerčního využití.

Proto, aby bylo možné záměr porovnat s již existujícími programy, několik z nejrozšířenějších bylo vyhledáno a zjištěno, co nabízejí a na základě toho je vytvořeno měřítko. Pro ilustraci jsou u každého z uvedených programů obrázky dialogových oken.

3.1 Dostupné konkurenční programy

Níže jsou uvedeny programy mířící na problematiku řešení požární bezpečnosti staveb, které nabízejí některé z těchto funkcí:

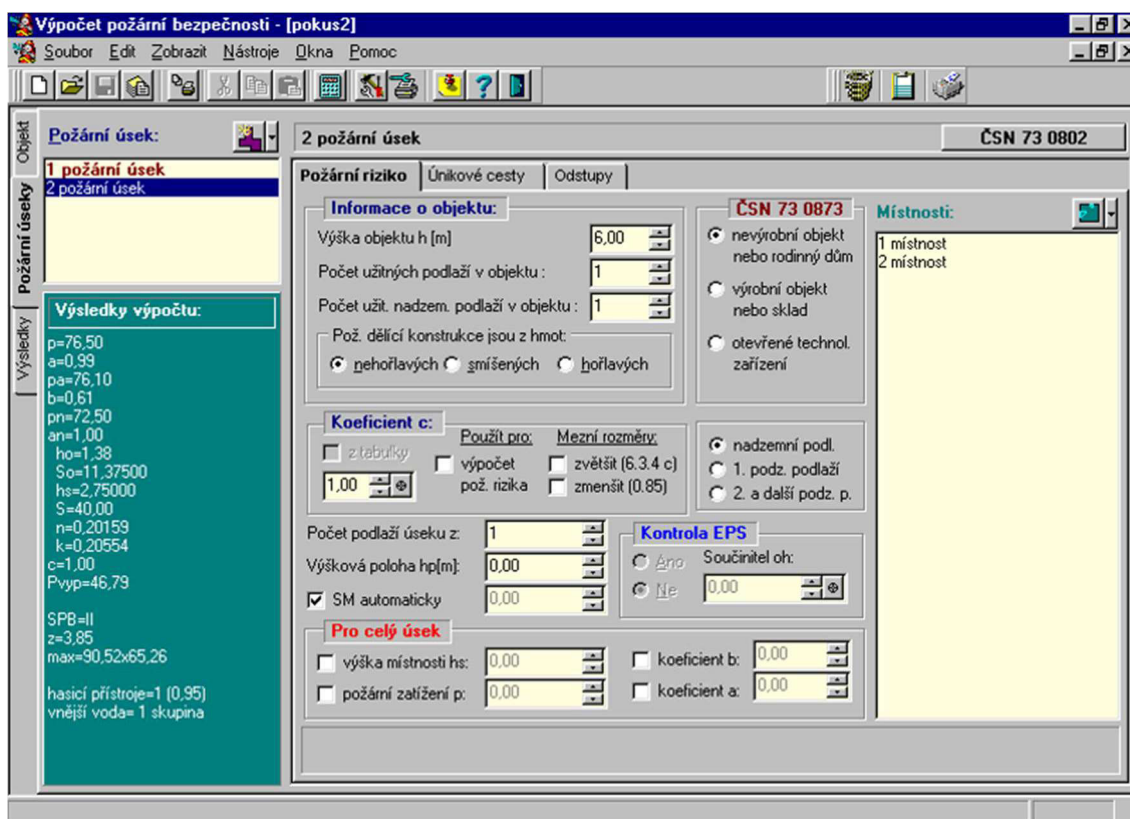
- výpočet požárního rizika,
- stanovení stupně požární bezpečnosti,
- posouzení velikosti požárního úseku,
- posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí.

WinFire Office 02

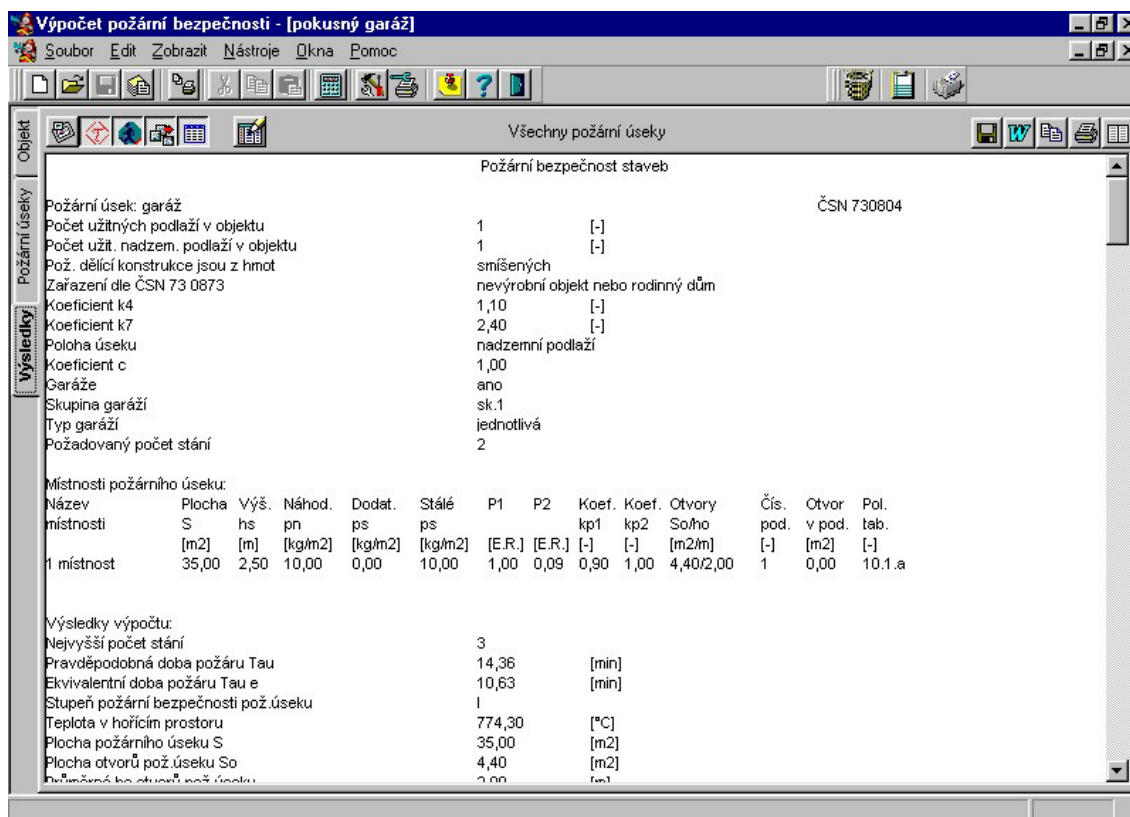
Free RW-SOFT, v.o.s.

www.frws.cz/programy [10]

- výpočet požárního rizika včetně vyhodnocení soustředěného požárního zatížení
- výpočet stupně požární bezpečnosti
- výpočet potřeby zásobování požární vodou a počtu hasicích přístrojů podle ČSN 73 0873
- výpočet všech potřebných koeficientů
- výpočet a posouzení únikových cest
- výpočet odstupových vzdáleností a posouzení pádu hořících částí stavební konstrukce
- stanovení mezních rozměrů požárních úseků
- řešení a výpočty necelistvých podlaží
- výpočet podle normy ČSN 73 0834 – Změny staveb
- výpočet podle normy ČSN 73 0875 – vyhodnocení nutnosti instalace EPS
- možnost zadávání osob podle ČSN 73 0818
- výpočet podle normy ČSN 73 0833 – Budovy pro bydlení a ubytování
- možnost zadání požárního zatížení p pro celý požární úsek
- možnost zadávání koeficientů *a*, *b* pro celý požární úsek
- zálohování dat, převod dat z ČSN 73 0804 a ČSN 73 0834
- práce s daty v síti
- optimalizace požárních úseků pomocí přesunů místností
- rychlá kontrola výpočtu kontrolními orgány
- zohlednění požárně bezpečnostních zařízení a opatření při stanovení požárního rizika resp. mezních rozměrů požárních úseků a mezních délek nechráněných únikových cest



Obr. 2 Dialogové okno výpočtu požárního rizika v programu WinFire Office 02 [11]



Obr. 3 Dialogové okno pro zobrazení výsledků v programu WinFire Office 02 [11]

WinFire Office 2016

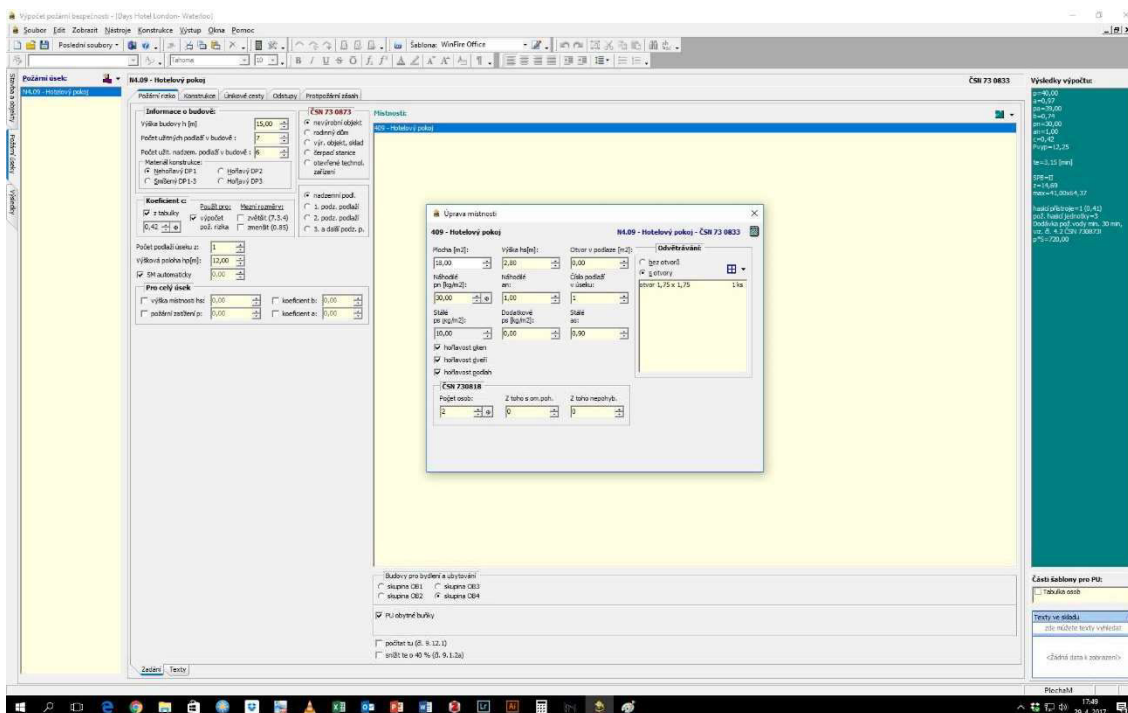
Free RW-SOFT, v.o.s.

www.frws.cz/programy [10]

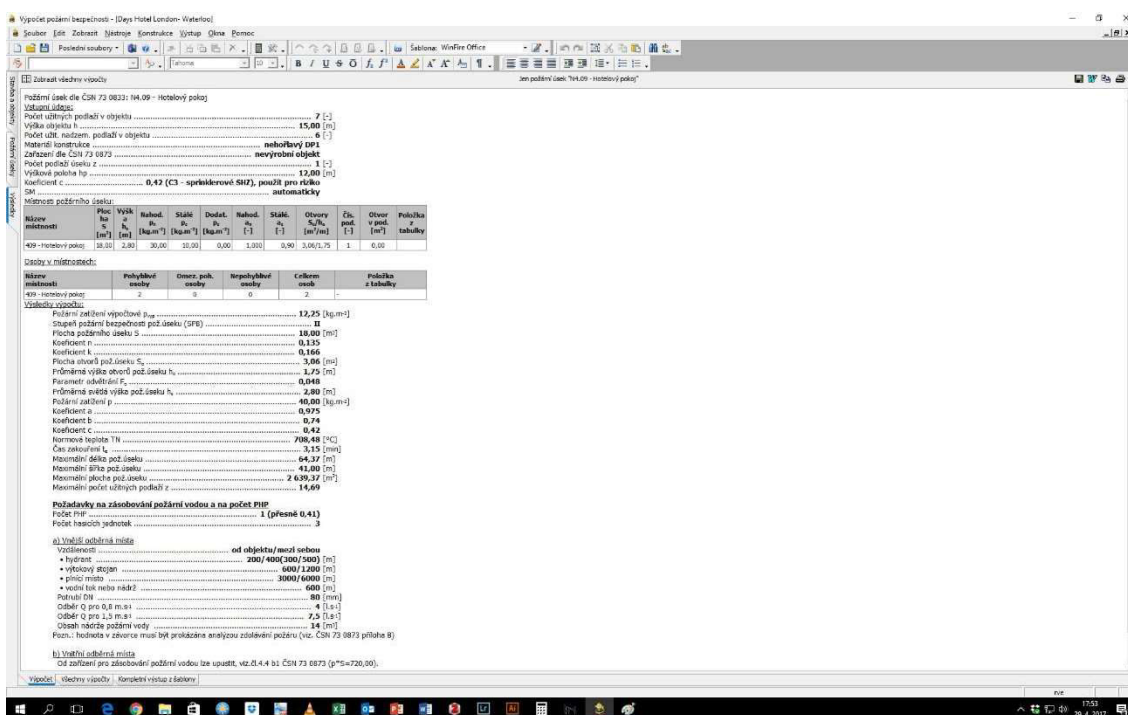
BASIC – komplexní generátor požárně bezpečnostního řešení

STANDARD – verze BASIC + neomezený počet záznamů ve skladu textů

PROFESIONAL – verze STANDARD + možnost plné editace šablon



Obr. 4 Dialogové okno výpočtu požárního rizika v programu WinFire Office 2016 [17]



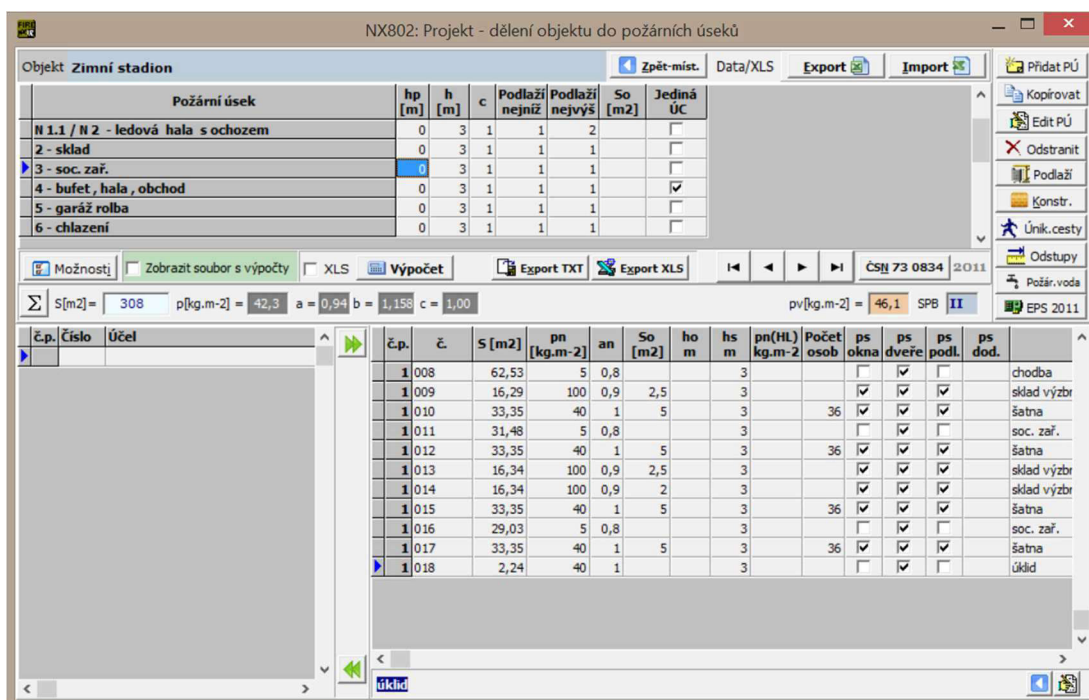
Obr. 5 Dialogové okno pro zobrazení výsledků v programu WinFire Office 2016 [17]

FIRE NX802-PRO

Bochnak NX Software

www.firenx.cz/nx802-csn-73-0802 [12]; www.e-riziko.cz/prezentace/index.php [14]

- řešení požárního rizika včetně vyhodnocení soustředěného požárního zatížení
- zohlednění požárně bezpečnostních zařízení a opatření při stanovení požárního rizika resp. mezních rozměrů požárních úseků a mezních délek nechráněných únikových cest
- řešení požární bezpečnosti požárních úseků, mezní rozměry, stupeň požární bezpečnosti a stanovení požadavků na požární odolnost a hořlavost stavebních hmot
- řešení jednopodlažních i více podlažních požárních úseků s vyhodnocením užítosti podlaží
- stanovení normových hodnot obsazení objektu osobami podle ČSN 73 0818 pro navržení únikových cest
- dimenzování únikových cest
- stanovení odstupových vzdáleností
- určení zásad pro zásobování vodou pro hašení podle ČSN 73 0873 a stanovení počtu přenosných hasicích přístrojů
- vyhodnocení nutnosti instalace EPS podle ČSN 73 0875
- klonování hotových projektů
- výstupy do formátu DOC



Obr. 6 Dialogové okno pro zadání parametrů úseku v programu FIRE NX802 [12]

FIRE NX802S

Bochnak NX Software

www.firenx.cz/nx802-csn-73-0802 [12]; www.e-riziko.cz/prezentace/index.php [14]

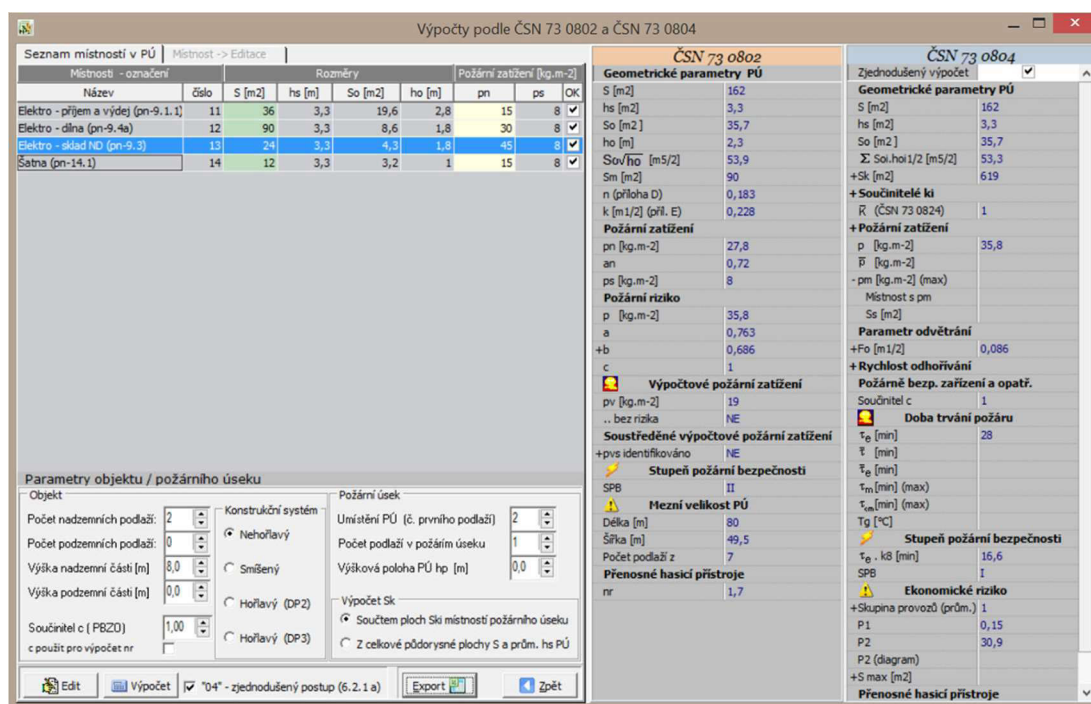
- řešení požárního rizika včetně vyhodnocení soustředěného požárního zatížení
- zohlednění požárně bezpečnostních zařízení a opatření při stanovení požárního rizika resp. mezních rozměrů požárních úseků a mezních délek nechráněných únikových cest
- řešení požární bezpečnosti požárních úseků, mezní rozměry, stupeň požární bezpečnosti a stanovení požadavků na požární odolnost a hořlavost stavebních hmot
- řešení jednopodlažních i více podlažních požárních úseků s vyhodnocením užítlosti podlaží
- stanovení normových hodnot obsazení objektu osobami podle ČSN 73 0818 pro navržení únikových cest
- dimenzování únikových cest
- stanovení odstupových vzdáleností
- určení zásad pro zásobování vodou pro hašení podle ČSN 73 0873 a stanovení počtu přenosných hasicích přístrojů

FIRE NXLS

Bochnak NX Software

www.firenx.cz/firenxls [13]; www.e-riziko.cz/prezentace/index.php [14]

- zadání vstupních údajů pro výpočet požárního rizika z tabulky ve formátu *MS Excel*
- simultánní výpočty požárního rizika podle ČSN 73 0802/04 s exportem do tabulky XLS
- nevyžaduje instalaci *MS Excel* na PC ani databázovou podporu (např. BDE)
- spolupracuje s moduly *NX802* a *NX804* (přes rozhraní *NXLS* pro *FIRE-NX*)
- export upravených vstupních údajů do tabulky ve formátu XLS a možnost následného importu do modulů *NXLS802* resp. *NXLS804* přes rozhraní *NXLS*



Obr. 7 Dialogové okno pro výpočet požárního rizika v programu FIRE NXLS [13]

Místnost/Prostor	Si [m2]	pni [kg·m-2]	ani	pni ani [kg·m-2]	psi [kg·m-2]	psi as [kg·m-2]	pi ai [kg·m-2]	a	Soi [m2]	hoi [m]	n	k [m-1/2]	b	pv [kg·m-2]	SPB
Elektro - příjem a výdej (pn-9.1.1)	36,00	15,00	0,60	9,00	8,00	7,20	16,20	--	19,60	2,80	--	--	--	--	--
Elektro - dílna (pn-9.4a)	90,00	30,00	0,80	24,00	8,00	7,20	31,20	--	8,60	1,80	--	--	--	--	--
Elektro - sklad ND (pn-9.3)	24,00	45,00	0,60	27,00	8,00	7,20	34,20	--	4,30	1,80	--	--	--	--	--
Šatna (pn-14.1)	12,00	15,00	0,70	10,50	8,00	7,20	17,70	--	3,20	1,00	--	--	--	--	--
Σ	162,00	--	--	--	--	--	27,30 0,763	35,70	2,28	0,163	0,228	0,686	16,75	II	

Obr. 8 Dialogové okno pro export výsledků z programu FIRE NXLS [13]

NXLS rozhraní FIRE-NX pro práci s tabulkami

Bochnak NX Software

www.e-riziko.cz/prezentace/index.php [14]

- NXLS rozhraní modulů NX802 a NX804 podporuje import a export tabulek ve formátu XLS aplikace MS Excel
- Umožňuje databázovou komunikaci s modulem FIRE NXLS nebo mezi objekty v databázích NX802 a NX804

Je zřejmé, že uvedené programy jsou komplexnější a oproti nim IGNIS nabídne prozatím jen několik základních funkcí, ale vše bude otázkou času a vývoje, který za softwarem WinFire Office a FIRE-NX bezpochyby stojí.

Tab. 1 Porovnání programů

	IGNIS	WinFire Office 02	WinFire Office 2016	FIRE NX802-PRO	FIRE NX802S	FIRE NXLS
Webová stránka	-	frws.cz	frws.cz	firenx.cz	firenx.cz	firenx.cz
Zkušební verze (zdarma)	-	neuveдено	30 dní	X	X	X
Výpočet požárního rizika včetně vyhodnocení soustředěného požárního zatížení	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stanovení stupně požární bezpečnosti	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stanovení a posouzení mezních rozměrů požárního úseku	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stanovení/posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí	✓ / X	X	✓	✓	✓	X
Zohlednění PBZ a opatření	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Možnost výstupu	✓	✓	✓	✓	X ¹⁾	✓
Cena od Kč/licence	ZDARMA	4 800 Kč ²⁾	5 000 Kč ³⁾	4 138 Kč	2 395 Kč	1 710 Kč ⁴⁾
Cena aktualizace Kč/licence	ZDARMA	1 200 Kč	neuveдено	-	-	-

1) Možnost výstupu ve formátu XLS při zakoupení NXLS rozhraní pro práci s tabulkami. Cena rozšíření je 495 Kč.
2) Cena za přechod od konkurenčních programů 2 000 Kč.
3) Uvedená cena 5 000 Kč je za verzi BASIC. Cena verze STANDARD je 6 000 Kč, cena verze PROFESIONAL 7 000 Kč. Cena upgrade z předchozí verze programu je 3 000 Kč.
4) Uvedená cena je pro majitele licence modulu NX802. Cena pro klienty bez licence je 1 960 Kč.

4 Praktická část



Tato kapitola je věnována popisu programu *IGNIS* (z latinského překladu = Požár) – Výpočetního nástroje pro stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti požárního úseku a požadovaných požárních odolností stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0802, který nás provede všemi uživatelskými a početními kroky. V průběhu popisu je odkazováno na vývojové diagramy [14, 15], které jsou pro přehlednost umístěné v příloze A.

4.1 Popis výpočetního programu

Základní strukturou výpočetního programu je:

- zadání informací o projektu, posuzovaném objektu a požárním úseku,
- stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárního úseku podle [1],
- stanovení požadovaných požárních odolností stavebních konstrukcí podle [1],
- zobrazení výsledků výpočtu,
- zobrazení výstupního protokolu s možností exportu ve formátu PDF.

Při zadávání požadovaných vstupních dat nezbytných pro výpočet může uživatel mezi níže popsány kroky 1) až 3), viz kapitoly 4.3 až 4.5, libovolně přecházet a své zadání přehodnocovat a měnit. Hodnoty, které jsou dány normativně, je možné pro eliminaci možných chyb zadávat pouze formou zaškrtačacích polí u těch položek, které do výpočtu vstupují. Proměnné hodnoty pak zadává uživatel ručně do příslušných polí, případně výběrem z obsahu rozevíracího seznamu. Všechny další výpočty a posudky jsou bez možnosti zásahu prováděny programem automaticky. Uživateli je k dispozici manuál, popř. nápověda k zadávaným vstupům s odkazem na příslušnou literaturu.

V závěru je uživateli umožněno zobrazení výstupního protokolu obsahujícího zadané vstupy a všechny důležité výsledky výpočtu požárního rizika v požárním úseku. Protokol lze následně uložit do souboru ve formátu PDF.

Vývojový diagram 1 popisující základní strukturu programu a diagram 2 zobrazující hlavní algoritmus lze dohledat v příloze A. Část programu, kterou řeší tato práce, je v diagramech vyznačena modrou barvou.

Software byl vytvořen v prostředí matematického nástroje *MATLAB* [9] pod akademickou licencí ČVUT v Praze. Je psán otevřenou formou, která umožňuje přidání dalších částí programu (např. posuzování požární odolnosti stavebních konstrukcí nebo stanovení požárního a ekonomického rizika podle ČSN 73 0804 PBS – Výrobní objekty).

Program *IGNIS* bude společně s uživatelskou příručkou a případnými dalšími jeho součástmi volně dostupný.

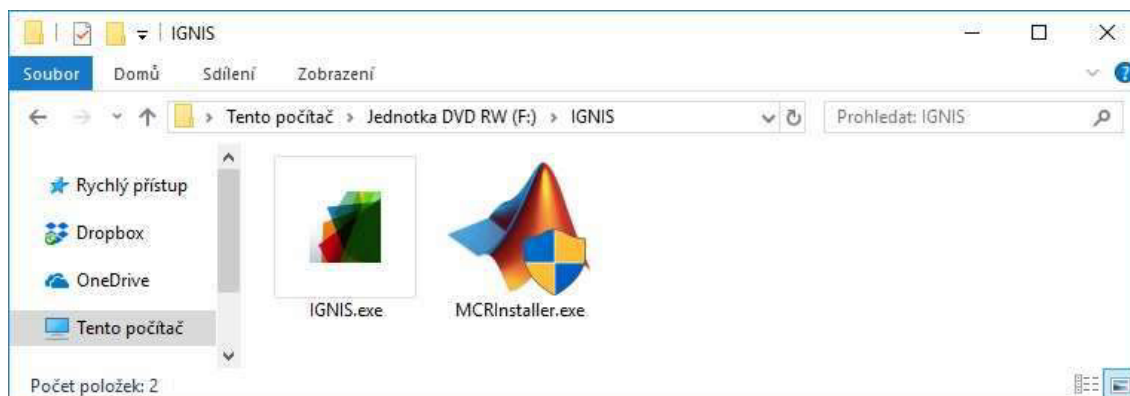
Vzhled uživatelského rozhraní byl inspirován programem *WinFire Office 2016* [17].

V dalších kapitolách bude následovat podrobný popis výpočetního programu jak z hlediska uživatelské obsluhy, tak z hlediska použitého algoritmu.

4.2 Instalace a spuštění programu

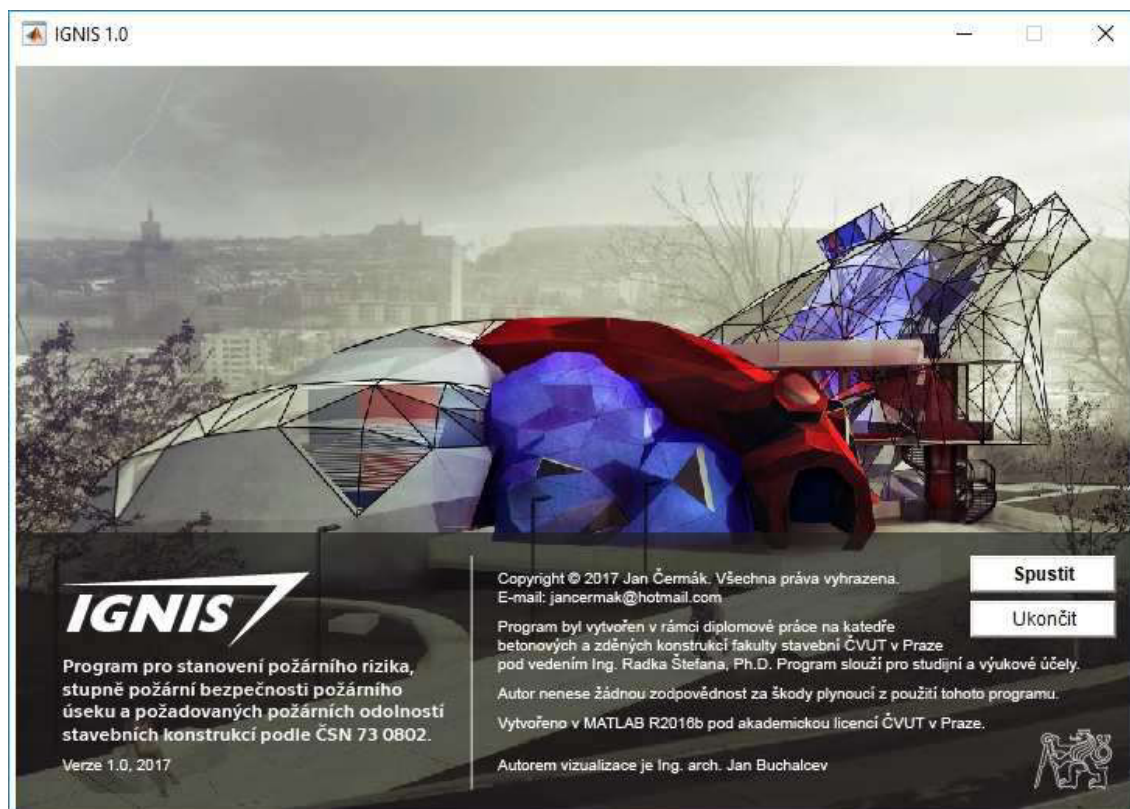
Pro spuštění programu *IGNIS* je nezbytné nejprve nainstalovat knihovnu *MATLAB Compiler Runtime 9.0.1*. Instalace tohoto doplňku se provede pomocí aplikace *MCRInstaller.exe*.

Vlastní program *IGNIS* se pak spustí prostřednictvím souboru *IGNIS.exe*, umístěného spolu s výše uvedenou aplikací *MCRInstaller.exe* ve složce *IGNIS* (obr. 9) na CD přiloženém k této práci. Knihovna *MATLAB Compiler Runtime 9.0.1* je eventuálně volně ke stažení na internetové stránce www.mathworks.com/products/compiler/matlab-runtime.html.



Obr. 9 Složka *IGNIS*

Po spuštění *IGNIS.exe* se uživateli zobrazí úvodní okno (obr. 10) s informacemi o programu kontaktem na autora a možností program spustit nebo ukončit.



Obr. 10 Úvodní okno programu *IGNIS* [19]

Volbou „*Spustit*“ se zobrazí hlavní okno programu, kde bude uživateli po zadání všech potřebných vstupních hodnot umožněn výpočet.

Práce s programem a jeho činnost je popsána v několika následujících kapitolách.

4.3 Krok 1 – Zadání informací o řešeném projektu

Na kartě „*Informace o projektu*“ (obr. 11) určené, jak již její název sám napovídá, k zadání informací o řešeném projektu, má uživatel možnost do příslušných polí zadat nebo z dostupných možností vybrat:

- název projektu,
- název objektu,
- místo stavby,
- projektanta (projekční skupinu),
- číslo zakázky,
- investora,
- stupeň projektové dokumentace,
- autora,
- datum vypracování.

Tyto vstupní údaje jsou nepovinné. Neovlivňují průběh výpočtu, avšak jsou potřebné pro zobrazení kompletního výstupního protokolu.

Obr. 11 Hlavní okno programu IGNIIS – karta pro zadání informací o projektu

Přechod na další krok, tj. na Zadání informací o posuzovaném objektu a požárním úseku, je umožněn výběrem záložky „*Informace o objektu/požárním úseku*“ na liště záložek (viz diagram 2).

4.4 Krok 2 – Zadání informací o posuzovaném objektu a požárním úseku

Na kartě „*Informace o objektu/požárním úseku*“ (obr. 12) má uživatel možnost do příslušných polí zadat nebo z dostupných možností vybrat:

- počet užitých nadzemních/podzemních podlaží objektu, [1], čl. 5.2.1 a 5.2.4
- požární výšku objektu h , [1], čl. 5.2.3
- konstrukční systém objektu, [1], čl. 7.2.4 až 7.2.8
- označení a název požárního úseku (nepovinný údaj),
- polohu požárního úseku, [1], čl. 5.2.1 a 5.2.2
- počet užitých podlaží požárního úseku z , [1], čl. 5.2.4
- výškovou polohu požárního úseku h_p , [1], čl. 5.2.3
- rozměry požárního úseku (délku l a šířku b), [1], čl. 7.3
- navrhovaná požárně bezpečnostní zařízení a opatření. [1], čl. 6.6

Oproti informacím o projektu (viz [krok 1](#)) jsou zde kromě označení a názvu požárního úseku všechny údaje povinné. Pokud dojde k chybnému zadání některé ze vstupních hodnot, bude-li ve špatném formátu, hodnota bude mimo povolený interval nebo nebude zadána vůbec, program uživatele při jeho snaze provést výpočet upozorní zbarvením příslušného pole červenou barvou a k výpočtu nedojde (obr. 13).

Obr. 12 Hlavní okno programu IGNIIS – karta pro zadání informací o objektu a PÚ

Z obr. 12 je také patrné, že ne všechny možnosti jsou uživateli ihned po spuštění programu dostupné. K odemčení některých ovládacích prvků, resp. k jejich opětovnému uzamčení, dochází na základě úkonů, které uživatel při zadávání vstupů provede. Tímto je v maximální možné míře eliminována možnost zadání takových vstupních hodnot, které by byly v nesouladu s příslušnými normami.

IGNIS 1.0 - Výpočet požárního rizika podle ČSN 73 0802

Informace o projektu | Informace o objektu/požárním úseku | Místnosti/odvětrání požárního úseku

Informace o objektu:

Počet užit. nadzemních podlaží: 6 ?

Počet užit. podzemních podlaží: 1 ?

Požární výška objektu h [m]: -15.00 ?

Konstrukční systém:

Nehořlavý DP1 Hořlavý DP2

Smišený DP1-3 Hořlavý DP3

Informace o požárním úseku:

Označení a název úseku: N4.09

Poloha úseku: nadzemní podlaží ?

Počet užit. podlaží úseku z: 1 ?

Výšková poloha úseku hp [m]: 12.00 ?

Půdorysné rozměry úseku:

Délka l [m]: 6.60 Mezní rozměry: (čl. 7.3.4)

Šířka b [m]: 5.20 snížit zvětšit

Nápověda:

Požární výška objektu h [m]:
 Požární výška objektu se měří od podlahy prvního nadzemního podlaží k podlaze posledního užitného nadzemního podlaží, popř. podzemního podlaží (čl. 5.2.3).

POZNÁMKA Podrobně viz ČSN 73 0802, čl. 5.2.

UPOZORNĚNÍ Hodnotu zadávejte pouze s desetinnou tečkou.

Výsledky výpočtu:

Zadejte vstupy a proveďte výpočet.

Výpočet

Požární odolnosti konstrukcí

Protokol

Hlavní menu Ukončit

Obr. 13 Hlavní okno programu IGNIS – zvýraznění chybně zadaných vstupů

Uživatelé je v tomto kroku také k dispozici poměrně rozsáhlá nápověda. Po stisknutí tlačítka s otazníkem, které je umístěno u příslušného pole nebo jiného ovládacího prvku pro zadání vstupů (viz např. obr. 13), se v okně „Nápověda“ zobrazí vysvětlení dané vstupní hodnoty s odkazem na příslušný článek v normě, na jejichž citaci je nápověda programu založena. V některých případech je také uveden formát, v jakém má být hodnota zadána. Příklady nápovědy jsou uvedeny na obr. 14 – 16.

Nápověda:

Počet užitných nadzemních podlaží:
 Užitné nadzemní podlaží je každé podlaží, které leží na stropní konstrukci s nosnou funkcí, a které nemá povrch podlahy níže, než 1,50 m pod nejvyšším bodem přilehlého terénu, ležícím ve vzdálenosti do 3,00 m od objektu (čl. 5.2.1 a 5.2.4).

POZNÁMKA Podrobně viz ČSN 73 0802, čl. 5.2.

Obr. 14 Okno nápovědy – počet užitných nadzemních podlaží

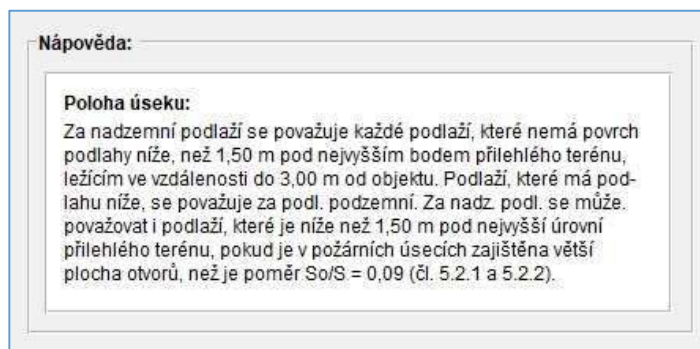
Nápověda:

Požární výška objektu h [m]:
 Požární výška objektu se měří od podlahy prvního nadzemního podlaží k podlaze posledního užitného nadzemního podlaží, popř. podzemního podlaží (čl. 5.2.3).

POZNÁMKA Podrobně viz ČSN 73 0802, čl. 5.2.

UPOZORNĚNÍ Hodnotu zadávejte pouze s desetinnou tečkou.

Obr. 15 Okno nápovědy – požární výška objektu



Obr. 16 Okno nápovědy – poloha požárního úseku

Přechod na další krok, tj. na Zadání místností a otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku, je umožněn výběrem záložky „Místnosti/odvětrání požárního úseku“ na liště záložek (viz [diagram 2](#)).

4.5 Krok 3 – Zadání místností a otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku

Na kartě s názvem „Místnosti/odvětrání požárního úseku“ ([obr. 17](#)) jsou uživateli k dispozici tabulky pro zadávání údajů o místnostech a otvorech v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku.

Do tabulky „Místnosti“ má uživatel možnost zadat:

- názvy, popř. označení místností úseku,
- plochy místností S_i , [1], čl. 5.2.3
- jejich světlou výšku h_{si} , [1], čl. 5.2
- hodnotu nahodilého požárního zatížení p_{ni} a součinitele a_{ni} pro provoz v dané místnosti, [1], příloha A
- hodnotu stálého požárního zatížení p_{si} , [1], čl. 6.3.4
- hodnotu dodatkového stálého požárního zatížení p_{sdi} , [1], čl. 6.3.5
- položku z tab. A. 1, odkud byly vzaty hodnoty p_{ni} a a_{ni} . [1], příloha A

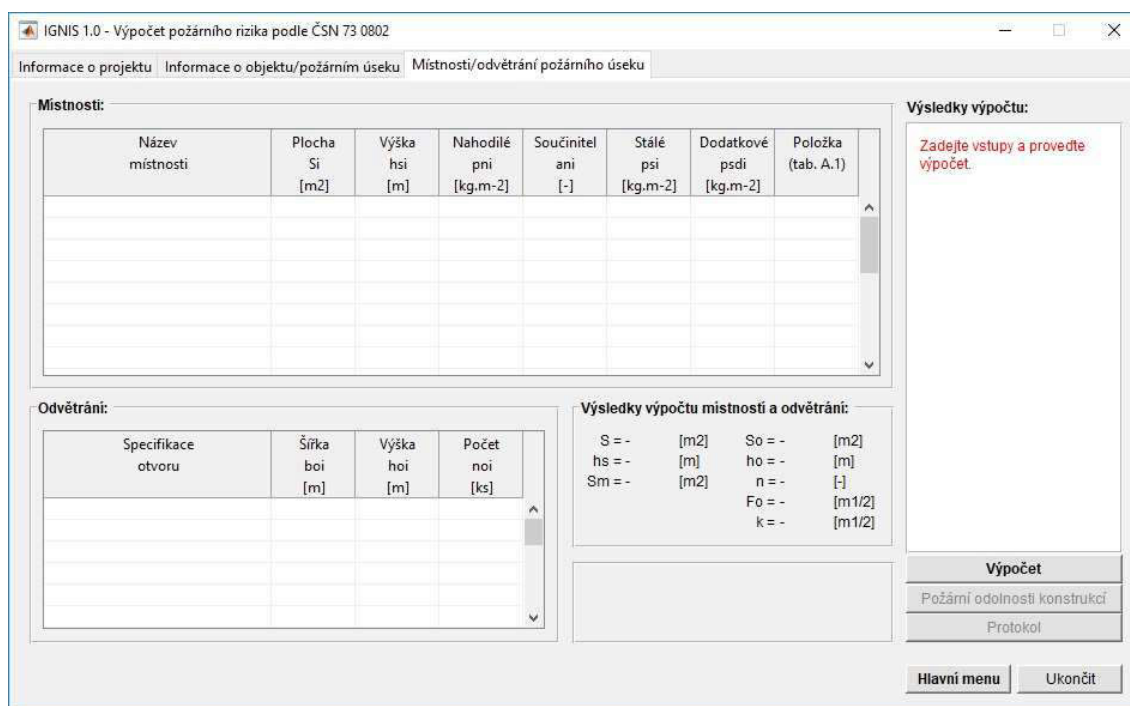
Tabulka „Odvětrání“ pak umožňuje zadávat:

- názvy, popř. označení otvorů,
- jejich rozměry (šířku b_{oi} a výšku h_{oi}), [1], čl. 6.5.3
- počet otvorů stejných rozměrů. [1], čl. 5.2

Zatímco do buněk pro názvy, popř. označení místností a otvorů (1. sloupec tabulek) a do 7. sloupce tabulky „Místnosti“ určeného pro vyplnění položky z tabulky A. 1 normy [1] je umožněno zadat data v jakémkoliv formátu, u ostatních sloupců je požadována číselná hodnota, a to pouze ve formátu s desetinnou tečkou. Hodnota obsahující např. písmena nebo vzorec nebude jako vstup akceptována a bude vymazána. Pokud uživatel zadá číselnou hodnotu ve formátu s desetinnou čárkou namísto tečky, program hodnotu vyhodnotí jako celé číslo (např. vstup 27,12 bude převeden na číslo 2712.00). Je tedy nutné dbát na správný formát vstupů.

Proto, aby proběhl výpočet, je třeba vždy zadat alespoň jednu místnost požárního úseku. Pokud tomu tak nebude, zůstane v okně pro zobrazení výsledků výpočtu upozornění „Zadejte vstupy a proveďte výpočet“ (viz např. obr. 17). Oproti tomu když nebudou zadány vstupy do tabulky „Odvětrání“, program bude požární úsek považovat za nepřímo větraný a výpočet provede (viz také kapitolu 4.6.3).

Kapacita tabulek je omezena, nicméně by měla být pro studijní účely dostačující. Uživatel může zadat až dvacet místností a dvacet otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku.



Obr. 17 Hlavní okno programu IGNIS – karta pro zadání místností a otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárním úseku

Na této kartě, jak je patrné z obr. 17, se po úspěšně provedeném výpočtu zobrazí také výsledky výpočtu místností a odvětrání, kterými jsou:

- celková půdorysná plocha požárního úseku S ,
- průměrná světlá výška místností úseku h_s ,
- převládající velikost půdorysných ploch místností nebo prostorů v požárním úseku S_m ,
- celková plocha otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku S_o ,
- průměrná světlá výška otvorů v obvodových a střešních konstrukcích úseku h_o ,
- pomocná hodnota n ,
- parametr odvětrání F_o ,
- součinitel k vyjadřující geometrické uspořádání.

Uživateli, který zadal v uplynulých třech krocích správně všechny požadované vstupní údaje, bude umožněn výpočet prostřednictvím stejnojmenného tlačítka „Výpočet“ (viz diagram 2).

4.6 Výpočet požárního rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti a posouzení velikosti požárního úseku

Do samotného výpočtu již uživatel nemá možnost zasahovat a po jeho ukončení mu jsou zobrazeny výsledky. Výpočet probíhá podle následujícího algoritmu.

4.6.1 Stanovení hodnoty požárního zatížení p

Hodnota nahodilého p_n a stálého požárního zatížení p_s je programem stanovena na základě váženého průměru ze vstupních hodnot zadaných uživatelem v [kroku 3](#) podle vztahů:

$$(3) \quad p_n = \frac{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot S_i}{S} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}] \quad [1], \text{ příloha A, čl. A. 2}$$

$$(4) \quad p_s = \frac{\sum_{i=1}^j p_{si} \cdot S_i}{S} \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}] \quad [1], \text{ příloha A, čl. A. 2}$$

Výsledná hodnota požárního zatížení p vyjadřující množství hořlavých látek v posuzovaném požárním úseku je součtem obou hodnot, tedy:

$$(5) \quad p = p_n + p_s \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}] \quad [1], \text{ čl. 6.3.1}$$

4.6.2 Stanovení součinitele a

Hodnota součinitele a_n pro nahodilé požární zatížení je programem stanovena na základě váženého průměru ze vstupních hodnot zadaných uživatelem v [kroku 3](#) podle vztahu:

$$(6) \quad a_n = \frac{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot a_{ni} \cdot S_i}{\sum_{i=1}^j p_{ni} \cdot S_i} \quad [-] \quad [1], \text{ příloha A, čl. A. 3}$$

Součinitel pro stálé požární zatížení je konstanta a podle normy [1], čl. 6.4.1 je jeho hodnota $a_s = 0,9$ [-].

Výsledná hodnota součinitele a zohledňující rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek (druh, tvar, rozměr, seskupení a uložení, možnost povrchového šíření plamene) je stanovena z výše uvedených hodnot podle vztahu:

$$(7) \quad a = \frac{p_n \cdot a_n + p_s \cdot a_s}{p_n + p_s} \quad [-] \quad [1], \text{ příloha A, čl. A. 3}$$

4.6.3 Stanovení součinitele b

Hodnota součinitele b zohledňující rychlost odhořívání z hlediska stavebních podmínek je na základě uživatelem zadaných otvorů v obvodových a střešních konstrukcích v **kroku 3**, jejich rozměrů a počtu, stanovena podle vztahu

$$(8) \quad b = \frac{S \cdot k}{\sum_{i=1}^j S_{oi} \cdot \sqrt{h_{oi}}} \quad [-] \quad [1], \text{ čl. 6.5.1 a 6.5.2}$$

v případě přirozeně větraného požárního úseku³, nebo podle rovnice

$$(9) \quad b = \frac{S \cdot k}{\sum_{i=1}^j S_{oi} \cdot \sqrt{h_{oi}}} \quad [-] \quad [1], \text{ čl. 6.5.6}$$

v případě nepřímě větraného požárního úseku⁴.

Zdali se jedná o přirozeně nebo nepřímě větraný požární úsek rozhoduje program na základě tabulky „Odvětrání“ (viz **kapitolu 4.5**). Pokud tabulka neobsahuje žádné vstupní údaje, otvory v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku a jejich parametry (plocha $S_o = 0,00 \text{ m}^2$), je úsek považován za nepřímě větraný a výpočet součinitele b proběhne podle vztahu (9). V opačném případě bude uvažován vztah (8).

Hodnota součinitele k je stanovena na základě pomocného součinitele n a parametru odvětrání F_o vycházejících ze vztahů:

$$(10) \quad n = \frac{S_o}{S} \cdot \left(\frac{h_o}{h_s} \right)^{1/2} \quad [-] \quad [8], \text{ kap. 1.6.3, rovnice (7/3)}$$

$$(11) \quad F_o \approx \frac{h_s^{1/2} \cdot n}{2 + 4,25 \cdot S_m^{-1/2} \cdot h_s} \quad [\text{m}^{1/2}] \quad [8], \text{ kap. 1.6.3, rovnice (7/10)}$$

Jako převládající velikost půdorysných ploch místností nebo prostorů v požárním úseku S_m je vzata největší plocha S_i místnosti daného provozu zadaná uživatelem jako vstup do tabulky „Místnosti“ v **kroku 3** (viz **kapitolu 4.5**).

Výsledná hodnota součinitele k je pak určena na základě parametru F_o podle vztahu

$$(12) \quad k = \frac{1}{5,5} \cdot (12,7 \cdot F_o^{0,84}) \quad [\text{m}^{1/2}] \quad [8], \text{ kap. 1.6.3, rovnice (7/11)}$$

pro $F_o \leq 0,03 \text{ m}^{1/2}$, nebo podle rovnice

$$(13) \quad k = \frac{1}{5,5} \cdot (2,25 + 0,3 \cdot F_o^{0,8} - 0,002 \cdot F_o^{-1} + \log F_o) \quad [\text{m}^{1/2}] \quad [8], \text{ kap. 1.6.3, rovnice (7/12)}$$

pro $F_o \geq 0,03 \text{ m}^{1/2}$.

³ V požárním úseku se nachází otvory v obvodových nebo střešních konstrukcích, které podle normy [1], čl. 6.5.3 umožňují přístup vzduchu při požáru.

⁴ V požárním úseku se nenachází otvory v obvodových nebo střešních konstrukcích, které by podle normy [1], čl. 6.5.3 umožňovaly přístup vzduchu při požáru.

Výška otvorů h_o a světlá výška místností h_s požárního úseku, které vstupují do rovnic (7) až (10), jsou stanoveny jako vážený průměr výšek jednotlivých otvorů h_{oi} a místností h_{si} podle vztahů:

$$(14) \quad h_o = \frac{\sum_{i=1}^j S_{oi} \cdot h_{oi}}{\sum_{i=1}^j S_{oi}} \quad [\text{m}] \quad [1], \text{ čl. 6.5.5}$$

$$(15) \quad h_s = \frac{\sum_{i=1}^j S_i \cdot h_{si}}{S} \quad [\text{m}] \quad [1], \text{ čl. 6.5.5}$$

4.6.4 Stanovení součinitele c

Součinitel c zohledňující vliv aktivních požárně bezpečnostních zařízení a opatření je do výpočtu programem zahrnut podle zásad normy [1], kapitoly 6.6 jako nejmenší z hodnot c_{1-4} , tedy:

$$(16) \quad c = \min(c_1; c_2; c_3; c_4) \quad [1], \text{ tab. 2-7}$$

kde c_1 je součinitel pro elektrickou požární signalizaci

- c_2 součinitel pro možnost zásahu jednotek požární ochrany v časovém pásmu H_1
- c_3 součinitel pro stabilního hasicího zařízení (SSHZ zahrnující SHZ, DHZ a PHZ)
- c_4 součinitel pro samočinného odvětrávacího zařízení (SOZ)

V souladu s normou [1], čl. 6.6.2 bude součinitel c_1 pro elektrickou požární signalizaci (EPS) uvažován pouze pro účel zvětšení mezních dovolených rozměrů požárního úseku (viz [kapitola 4.6.7](#)), nikoliv pro snížení požárního rizika.

4.6.5 Stanovení výpočtového požárního rizika p_v

Výpočtové požární zatížení p_v se pro posuzovaný požární úsek určí podle rovnice:

$$(17) \quad p_v = p \cdot a \cdot b \cdot c \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}] \quad [1], \text{ čl. 6.2.1}$$

kde p je požární zatížení vyjadřující množství hořlavých látek v posuzovaném požárním úseku určené podle vztahu (5)

- a součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska charakteru hořlavých látek určený podle vztahu (7)
- b součinitel vyjadřující rychlost odhořívání z hlediska stavebních podmínek určený podle vztahu (8), nebo (9)
- c součinitel vyjadřující vliv požárně bezpečnostních opatření podle vztahu (16)

4.6.6 Stanovení stupně požární bezpečnosti

Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku je programem stanovován podle tabulky 8 normy [1] na základě zvoleného konstrukčního systému objektu, jeho požární výšky h a výpočtového požárního zatížení p_v určeného podle [kapitol 4.6.1 až 4.6.5](#).

Pokud bude po provedení výpočtu výsledná hodnota stupně požární bezpečnosti nahrazena upozorněním „NELZE (viz tab. 8)“ ([obr. 18](#)), byly uživatelem zadány takové vstupní hodnoty, na základě kterých nemohl být stupeň požární bezpečnosti stanoven. Příčinou může být buďto překročení normou dané maximální dovolené výšky objektu pro zvolený konstrukční systém⁵, nebo je při zadané výšce objektu výpočtové požární zatížení p_v v posuzovaném požárním úseku příliš vysoké. Obě skutečnosti jsou důvodem ke změně návrhu stavby (ke změně konstrukčního systému objektu, jeho členění do požárních úseku, případně k navržení požárně bezpečnostních zařízení a opatření).

IGNIIS 1.0 - Výpočet požárního rizika podle ČSN 73 0802

Informace o projektu | Informace o objektu/požárním úseku | Místnosti/odvětrání požárního úseku

Informace o objektu:

Počet užit. nadzemních podlaží: 6 ?

Počet užit. podzemních podlaží: 1 ?

Požární výška objektu h [m]: 22.60 ?

Konstrukční systém:

Nehořlavý DP1 Hořlavý DP2

Smíšený DP1-3 Hořlavý DP3

Informace o požárním úseku:

Označení a název úseku:

N4.09 - Hotelový pokoj

Poloha úseku: nadzemní podlaží ?

Počet užit. podlaží úseku z: 1 ?

Výšková poloha úseku h_p [m]: 12.00 ?

Půdorysné rozměry úseku:

Délka l [m]: 6.60 Mezní rozměry: (čl. 7.3.4)

Šířka b [m]: 5.20 snížit zvětšit

Požárně bezpečnostní zařízení:

c1 - elektrická požární signalizace

c2 - zásah JPO v pásmu H1

c3 - stabilní hasicí zařízení

sprinklerové SHZ

sprinklerové rychlé SHZ

sprinklerové DHZ

sprinklerové PHZ

ostatní SHZ

c4 - samočinné odvětrávací zařízení

Požární jednotky:

neuvažovat

H1 - zásah do 7 min

H2 - zásah do 15 min

H3 - zásah nad 15 min

Snížení c4:

sprinklerové SHZ

sprinklerové rychlé SHZ

sprinklerové DHZ

bez SSHZ nebo s PHZ

Výsledky výpočtu:

Požární riziko:

$p_n = 23.42$ [kg.m-2]

$a_n = 0.98$ [-]

$p_s = 8.47$ [kg.m-2]

$a_s = 0.9$ [-]

$p = 31.89$ [kg.m-2]

$a = 0.961$ [-]

$b = 0.602$ [-]

$c = 0.425$ [-]

$p_v = 7.84$ [kg.m-2]

SPB = NELZE (viz tab. 8)

Velikost požárního úseku:

$l_{max} = 52.34$ [m]

$b_{max} = 36.17$ [m]

$z_{max} = 17.86$

Posouzení: VYHOVUJE

Výpočet

Požární odolnosti konstrukcí

Protokol

Hlavní menu Ukončit

Obr. 18 Výsledky výpočtu – nelze stanovit stupeň požární bezpečnosti PÚ

4.6.7 Posouzení velikosti požárního úseku

Mezní velikosti požárního úseku, tj. jeho největší dovolené půdorysné rozměry a největší možný počet užitných podlaží, jsou posouzeny podle zásad normy [1], kapitoly 7.3 s ohledem na

- konstrukční systém objektu,
- počet nadzemních podlaží objektu,
- součinitel a požárního úseku,
- výškovou polohu požárního úseku h_p
- a výpočtové požárního zatížení p_v

⁵ Požární výška objektů se smíšenými konstrukčními systémy je omezena na 22,5 m, u objektů s hořlavými konstrukčními je toto omezení 12 m.

podle tabulek 9, 10 a 11 a níže uvedených vztahů z čl. 7.3.2 b).

$$(18) \quad z_1 = \frac{180 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{p_v} \geq 1,0 \quad (\text{nehořlavý konstrukční systém})$$

$$(19) \quad z_2 = \frac{140 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{p_v} \geq 1,0 \quad (\text{smíšený konstrukční systém})$$

$$(20) \quad z_3 = \frac{100 \text{ kg} \cdot \text{m}^2}{p_v} \geq 1,0 \quad (\text{hořlavý konstrukční systém})$$

Mezní dovolené půdorysné rozměry požárního úseku budou v souladu s normou [1], čl. 7.3.4 zvětšeny, popř. zmenšeny, a to na základě pokynu ze strany uživatele. Pro tento účel jsou v hlavním okně programu na kartě „*Informace o objektu/požárním úseku*“ u polí pro zadání půdorysných rozměrů úseku zaškrťovací pole „*snížit*“ a „*zvětšit*“ (viz [kapitolu 4.5](#), [obr. 12](#)). Pokud bude zaškrtnuto pole „*zvětšit*“, program sám vyhodnotí, podle kterého z bodů b), nebo c) čl. 7.3.4 normy [1] se má řídit. Pokud budou splněna obě kritéria uvedených bodů, event. pokud budou zaškrtnuta obě pole pro úpravu maximální rozměrů, součinitelé se navzájem vynásobí.

4.7 Zobrazení výsledků výpočtu

Po ukončení početních operací jsou uživateli v hlavním okně, bez ohledu na to, jaká z karet pro zadávání vstupů je v danou chvíli aktivní, zobrazeny výsledky výpočtu požárního rizika, stupně požární bezpečnosti požárního úseku a posouzení jeho velikosti ([obr. 19](#)), kterými jsou:

- hodnota nahodilého požárního zatížení p_n a součinitele a_n v požárním úseku,
- hodnota stálého požárního zatížení p_s a součinitele a_s v požárním úseku,
- výsledná hodnota požárního zatížení p ,
- výsledná hodnota součinitelů a , b a c ,
- stanovené výpočtové požární zatížení p_v ,
- stupeň požární bezpečnosti požárního úseku,
- mezní velikosti požárního úseku l_{max} , b_{max} a z_{max} a
- posouzení, zda rozměry požárního úseku vyhovují, či nikoliv.

Můžou zde nastat následující situace:

- 1) program stanoví stupeň požární bezpečnosti a vyhodnotí rozměry požárního úseku jako vyhovující (viz např. [obr. 19](#)), nebo
- 2) nebude možné stupeň požární bezpečnosti stanovit (viz [kapitulu 4.6.6](#)), popř. budou nevyhovující mezní rozměry úseku.

V prvním případě si uživatel má možnost zobrazit pomocí doposud uzamčených tlačítek „*Požární odolnosti konstrukcí*“ a „*Protokol*“ požadované požární odolnosti stavebních konstrukcí ([obr. 20](#)) a protokol o výpočtu požárního rizika, který lze uložit do souboru ve formátu PDF (viz [kapitulu 4.9](#)).

Pokud nastane situace druhá, jsou obě tyto skutečnosti důvodem ke změně návrhu stavby (ke změně konstrukčního systému objektu, jeho členění do požárních úseku, případně k navržení dalších nebo jiných požárně bezpečnostních zařízení a opatření).

Informace o objektu:
 Počet užit. nadzemních podlaží: 6
 Počet užit. podzemních podlaží: 1
 Požární výška objektu h [m]: 15.00
 Konstrukční systém:
 Nehořlavý DP1 Hořlavý DP2
 Smišený DP1-3 Hořlavý DP3

Informace o požárním úseku:
 Označení a název úseku: N4.09 - Hotelový pokoj
 Poloha úseku: nadzemní podlaží
 Počet užit. podlaží úseku z: 1
 Výšková poloha úseku hp [m]: 12.00
 Půdorysné rozměry úseku:
 Délka l [m]: 6.60 Mezní rozměry: (čl. 7.3.4)
 Šířka b [m]: 5.20 snížit zvětšit

Požární bezpečnostní zařízení:
 c1 - elektrická požární signalizace
 c2 - zásah JPO v pásmu H1
 c3 - stabilní hasicí zařízení
 sprinklerové SHZ
 sprinklerové rychlé SHZ
 sprinklerové DHZ
 sprinklerové PHZ
 ostatní SHZ
 c4 - samočinné odvětrávací zařízení

Požární jednotky:
 neuvažovat
 H1 - zásah do 7 min
 H2 - zásah do 15 min
 H3 - zásah nad 15 min

Snižování c4:
 sprinklerové SHZ
 sprinklerové rychlé SHZ
 sprinklerové DHZ
 bez SSHZ nebo s PHZ

Výsledky výpočtu:
Požární riziko:
 pn = 23.42 [kg.m-2]
 an = 0.98 [-]
 ps = 8.47 [kg.m-2]
 as = 0.9 [-]
 p = 31.89 [kg.m-2]
 a = 0.961 [-]
 b = 0.602 [-]
 c = 0.425 [-]
 pv = 7.84 [kg.m-2]
 SPB = II.
Velikost požárního úseku:
 lmax = 65.42 [m]
 bmax = 41.56 [m]
 zmax = 22.97
 Posouzení: VYHOVUJE

Výpočet
Požární odolnosti konstrukcí
Protokol

Hlavní menu Ukončit

Obr. 19 Výsledky výpočtu požárního rizika, stupně požární bezpečnosti PÚ a posouzení jeho velikosti

Pol.	Stavební konstrukce	Stupeň požární bezpečnosti
		II.
1	Požární stěny a požární stropy, viz 8.2 a 8.3 a) v podzemních podlažích b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží d) mezi objekty	45 30 15 45
2	Požární uzávěry otvorů v požárních stěnách a požárních stropech, viz 8.5.1 a) v podzemních podlažích a ve všech podlažích mezi objekty b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží	30 15 15
3	Obvodové stěny, viz 8.4.1 a 8.4.10 a) zajišťující stabilitu objektu nebo jeho části 1) v podzemních podlažích 2) v nadzemních podlažích 3) v posledním nadzemním podl. b) nezajišťující stabilitu objektu nebo jeho části (bez ohledu na podlaží)	45 30 15 15
4	Nosné konstrukce střech, viz 8.7.2	15
5	Nosné konstrukce uvnitř požárního úseku, které zajišťují stabilitu objektu, viz 8.7.1 a 8.7.2 a) v podzemních podlažích b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží	45 30 15
6	Nosné konstrukce vně objektu, které zajišťují stabilitu objektu (bez ohledu na podlaží), viz 8.7.3	15
7	Nosné konstrukce uvnitř požárního úseku, které nezajišťují stabilitu objektu, viz 8.7.5	15

Pol.	Stavební konstrukce	Stupeň požární bezpečnosti
		II.
8	Nenosné konstrukce uvnitř požárního úseku, viz 8.8.1	0
9	Konstrukce schodišť uvnitř pož. úseku, které nejsou součástí chráněných únikových cest, viz 8.9	15
10	Výťahové a instalační šachty, viz 8.10 až 8.13 a) šachty evakuačních a požárních výtahů a šachty ostatní (např. instalační), jejichž výška přesahuje 45 m 1) požární dělicí konstrukce 2) požární uzávěry otvorů v požárně dělicích konstrukcích b) šachty ostatní (výťahové, instalační apod.), jejichž výška je 45 m a menší 1) požární dělicí konstrukce 2) požární uzávěry otvorů v požárně dělicích konstrukcích	30 15
11	Střešní pláště, viz 8.15	0
12	Jednopodlažní objekty, viz 8.1.1 a) požární stěny b) požární uzávěry otvorů v požárních stěnách c) svislé požární pásy v obvodových stěnách mezi objekty a obvodové stěny, pokud mají být bez požárně otevřených ploch	staticky nezávislé 45 30 30

Obr. 20 Výsledky výpočtu – požadované požární odolnosti stavebních konstrukcí

4.8 Posouzení požární odolnosti konstrukcí

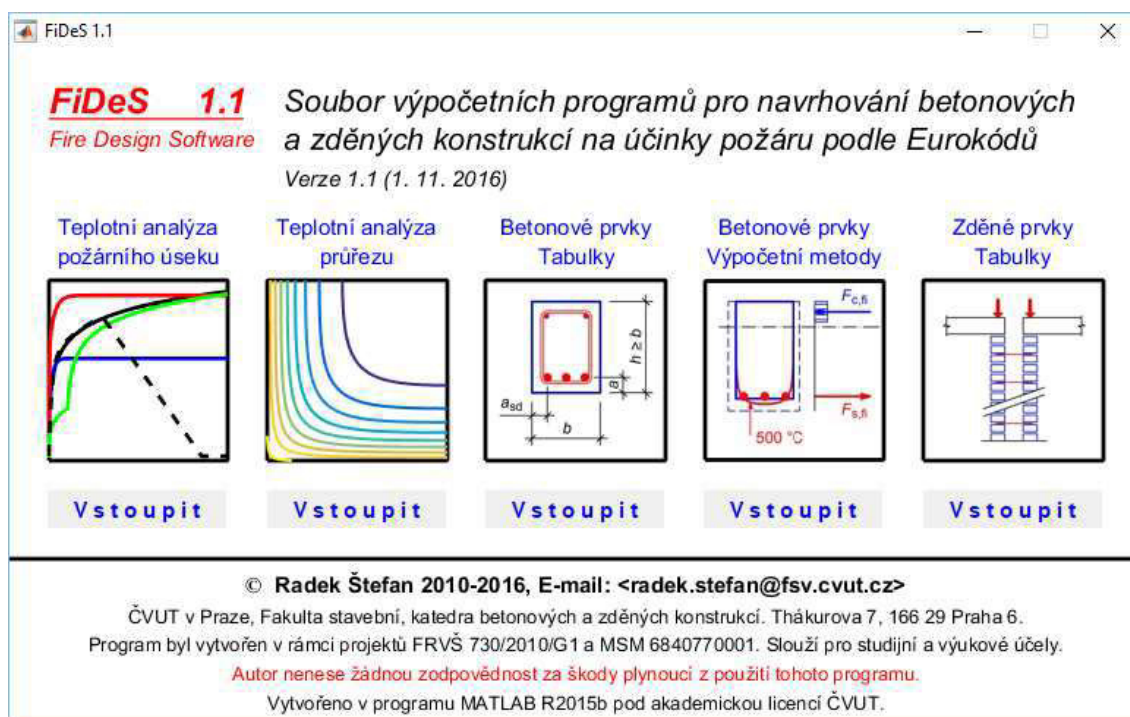
Pro účel posouzení stanovené požární odolnosti stavebních konstrukcí je pro betonové a zděné prvky na níže uvedené internetové stránce k dispozici program *FiDeS – Soubor výpočetních programů pro navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru podle Eurokódu* [18]. I tento software je spolu s uživatelskou příručkou a případnými dalšími jeho součástmi volně dostupný.

Stránka programu: <http://people.fsv.cvut.cz/~stefarad/software/fides/fides.html>

Dále následuje názorný postup při posuzování požární odolnosti betonových a zděných konstrukcí v nejnovější dostupné verzi programu *FiDeS 1.1* [18] (obr. 21 – 24).

Pro potřeby posouzení byla ze vzorového příkladu (viz kapitolu 4.11) vybrána požární stěna s nosnou funkcí umístěná v nadzemním podlaží. Požadovanými kritérii na takovou stěnu je pro stanovený II. stupeň požární bezpečnosti její únosnost, celistvost a izolace po dobu 30 minut (kritéria REI 30, viz kapitolu 2.6).

Po spuštění programu je třeba v jeho úvodním okně zvolit příslušný podprogram (obr. 21). V našem případě je to podprogram „*Betonové prvky – Tabulky*“.



Obr. 21 Úvodní okno programu *FiDeS* [18]

V dalším kroku, tento zde není uveden formou obrázku, byl z dostupných možností v rozbalovacím okně se seznamem vybrán typ prvku „*Stěna*“.

Přechod na další krok posouzení, tj. na volbu požadovaných mezních stavů (obr. 22), je umožněn prostřednictvím tlačítka „*Pokračovat*“ v pravém dolním rohu dialogového okna. Zde bylo opět z možností v rozbalovacím okně se seznamem zvoleno kritérium požární odolnosti stěny „*REI*“ (viz výše).

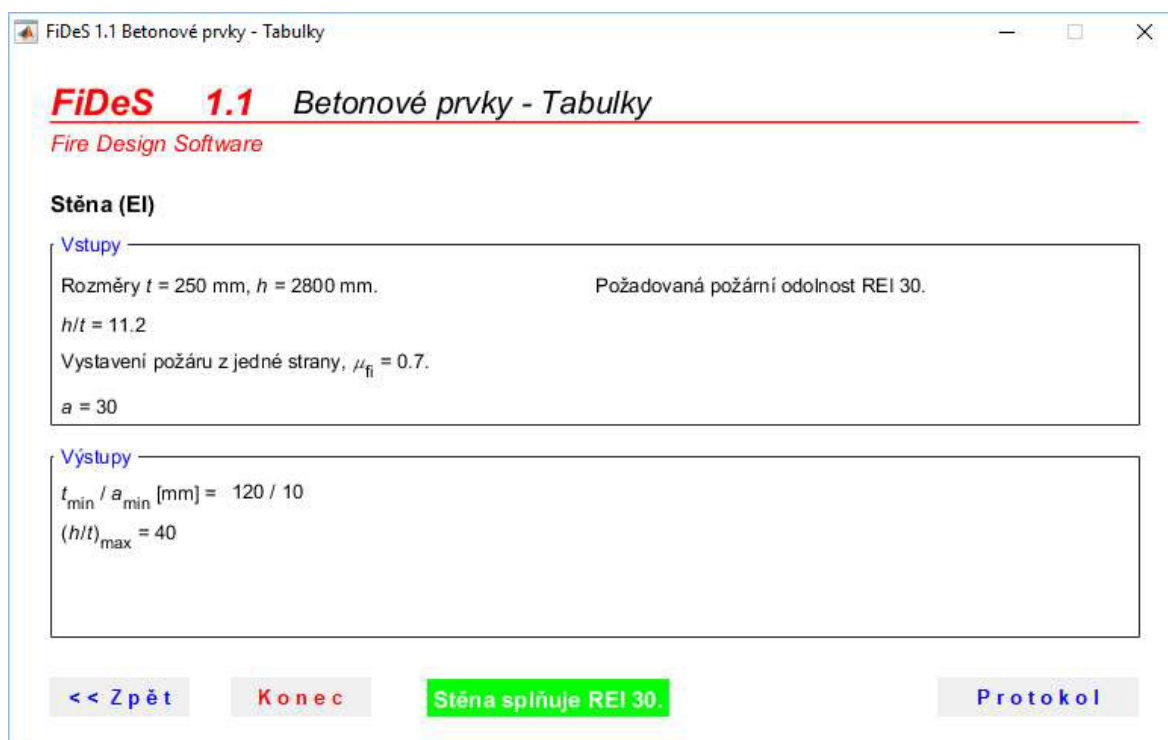
Obr. 22 FiDeS – Posouzení betonové stěny podle tabulek, volba posuzovaných mezních stavů [18]

Poté je třeba zadat už jen parametry stěny: její tloušťku, světlou výšku, polohu a využití výztuže, z kolika stran je daný konstrukční prvek vystaven požáru⁶ a požadovanou požární odolnost (obr. 23).

Obr. 23 FiDeS – Posouzení betonové stěny podle tabulek, zadání parametrů stěny a požadované PO [18]

⁶ Koncepce požární bezpečnosti staveb vychází z předpokladu, že je v požadované době požární odolnosti stavebních konstrukce požárem zasažen pouze jeden požární úsek. Požární stěna oddělující dva sousední požární úseky je tedy vždy posuzována jako vystavená účinkům požáru jen z jedné strany.

Přechod na další krok, tj. na samotný výsledek posouzení (obr. 24), je opět umožněn funkčním tlačítkem „Pokračovat“ v pravém dolním rohu dialogového okna.



Obr. 24 FiDeS – Posouzení betonové stěny podle tabulek, rekapitulace vstupů a výsledek posouzení [18]

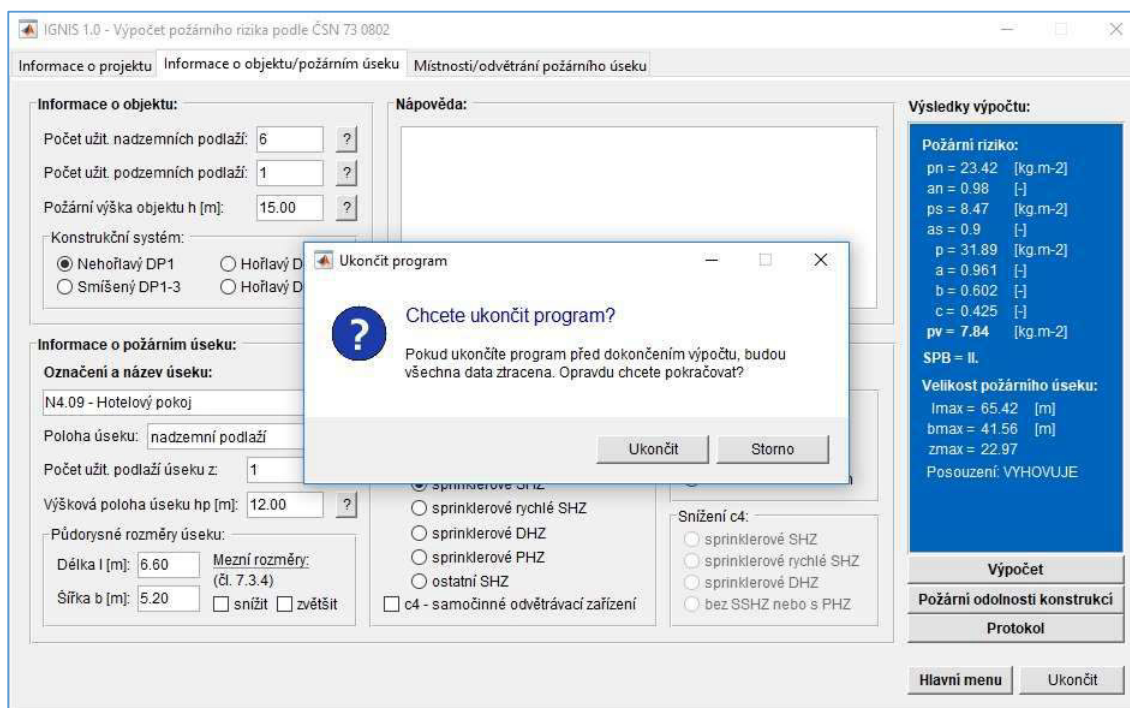
4.9 Zobrazení výstupního protokolu, export protokolu

Na závěr si uživatel může v programu *IGNIS* zobrazit výstupní protokol obsahující zadané vstupy a všechny důležité výsledky výpočtu požárního rizika v posuzovaném požárním úseku (obr. 25). Ten lze následně uložit do souboru ve formátu PDF a přiložit jako výpočtovou přílohu k technické zprávě požárně bezpečnostního řešení.

Stejnou možnost, tentokrát však o posouzení požární odolnosti stavebních konstrukcí, nabízí i výše zmíněný program *FiDeS 1.1* [18].

4.10 Ukončení programu

Pokud se uživatel rozhodne v jakékoliv fázi výpočtu prostřednictvím příslušného tlačítka program ukončit, nebo pokud by došlo k jeho náhodnému stisknutí, zobrazí se dialogové okno s dotazem, zdali si přeje opravdu práci ukončit, či nikoliv (obr. 26). Program prozatím nenabízí možnost ukládání zadaných vstupů, a tak považují takovou funkci za nezbytnou.



Obr. 26 Dialogové okno pro ukončení programu

Pokud ovšem bude program ukončen stiskem tlačítka s křížkem v pravém horním rohu hlavního okna, uživatel dotázán není a data budou nenávratně ztracena.

4.11 Verifikace a validace programu

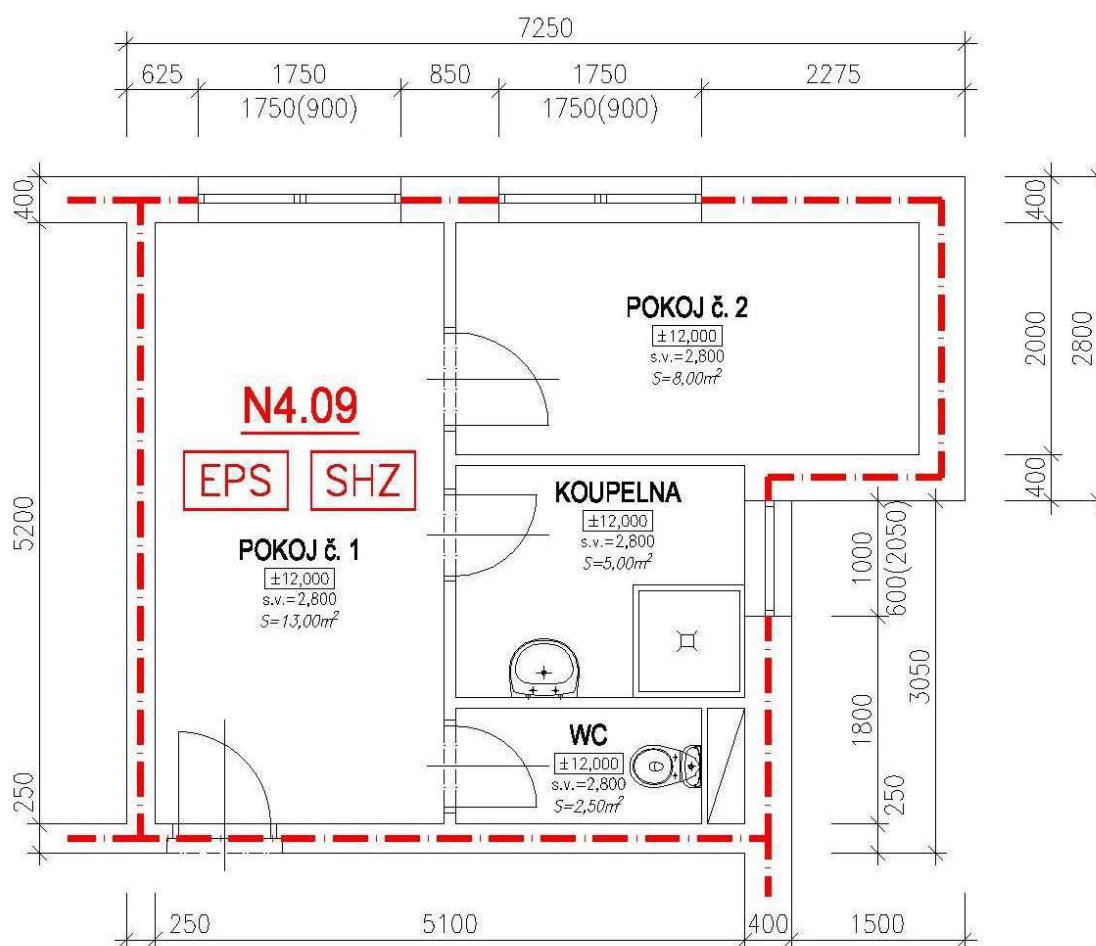
Pro ověření správné funkčnosti programu a použitého algoritmu bylo vytvořeno několik vzorových příkladů, přičemž pouze jeden je zde podrobně popsán, viz [obr. 27](#). Ten byl poté zadán do třech programů a výsledky výpočtu jsou v závěru této kapitoly porovnány.

Pro testování byly použity tyto výpočetní programy:

- *Winfire Office 2016* (demoverze) od společnosti Najzar Software,
- v prostředí aplikace *MS Excel* vytvořený program *CFire* (autorem Bc. Jan Čermák)
- a výpočetní nástroj *IGNIS* (Verze 1.0, 2017) vytvořený v rámci této diplomové práce.

Vzorový příklad:

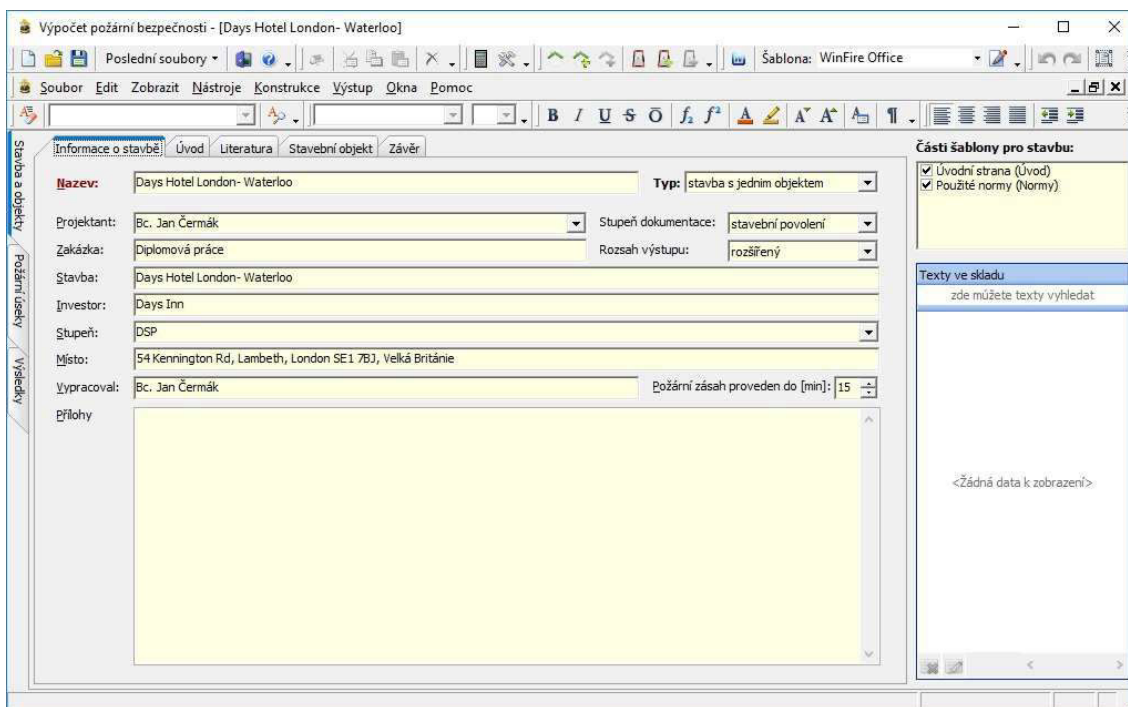
Za příklad byl zvolen jednopodlažní požární úsek hotelového pokoje nacházející se v nadzemním podlaží objektu s nehořlavým konstrukčním systémem a požární výškou $h = 15,00$ m. Výšková poloha požárního úseku $h_p = 12,00$ m, plocha úseku $S = 28,50$ m², světlá výška místností $h_s = 2,80$ m a je zde instalována elektrická požární signalizace (EPS) a sprinklerové stabilní hasicí zařízení (SHZ). Zásah jednotek požární ochrany je v pásmu H₂ (zásah do 15 minut). Dispozice pokoje je patrná z [obr. 27](#).



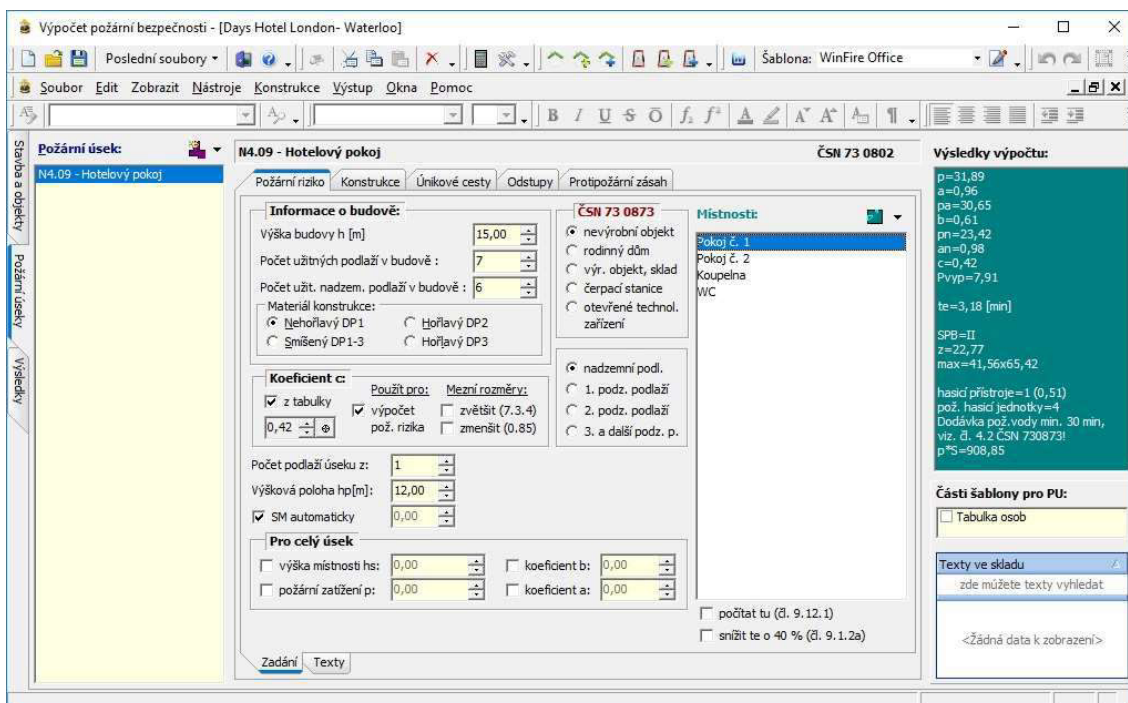
Obr. 27 Vzorový příklad – dispozice hotelového pokoje

4.11.1 Výpočet vzorového příkladu v programu WinFire Office 2016

Vstupy zadané do dialogových oken programu a výsledky výpočtu jsou zřejmé z následujících obrázků (obr. 28 – 30).



Obr. 28 Vzorový příklad – WinFire Office 2016, zadání informací o stavbě [17]



Obr. 29 Vzorový příklad – WinFire Office 2016, výpočet požárního rizika [17]

Výpočet požární bezpečnosti - [Days Hotel London- Waterloo]

Poslední soubory

Šablona: WinFire Office

Soubor Edit Zobrazit Nástroje Konstrukce Výstup Okna Pomoc

Zobrazit všechny výpočty Jen požární úsek "N4.09 - Hotelový pokoj"

Požární úsek dle ČSN 73 0802: N4.09 - Hotelový pokoj

Vstupní údaje:

Počet užitných podlaží v objektu 7 [-]

Výška objektu h 15,00 [m]

Počet užit. nadzem. podlaží v objektu 6 [-]

Materiál konstrukce **nehořlavý DP1**

Zařízení dle ČSN 73 0873 **nevýrobní objekt**

Počet podlaží úseku z 1 [-]

Výšková poloha h_p 12,00 [m]

Koeficient c **0,42 (C3 - sprinklerové SHZ), použit pro riziko SM**

Místnosti požárního úseku: **automaticky**

Název místnosti	Plocha S_a [m ²]	Výška h_a [m]	Nahod. p_n [kg.m ⁻²]	Stálé p_s [kg.m ⁻²]	Dodat. p_d [kg.m ⁻²]	Nahod. a_n [-]	Stálé. a_s [-]	Otvory S_o/h_o [m ² /m]	Čís. pod. [-]	Otvor v pod. [m ²]	Položka z tabulky
Pokoj č. 1	13,00	2,80	30,00	10,00	0,00	1,000	0,90	3,06/1,75	1	0,00	
Pokoj č. 2	8,00	2,80	30,00	10,00	0,00	1,000	0,90		1	0,00	
Koupelna	5,00	2,80	5,00	5,00	0,27	0,700	0,90	0,60/0,60	1	0,00	
WC	2,50	2,80	5,00	2,00	0,00	0,700	0,90	-	1	0,00	

Osoby v místnostech:

Název místnosti	Pohyblivé osoby	Omez. poh. osoby	Nepohyblivé osoby	Celkem osob	Položka z tabulky
Pokoj č. 1	2	0	0	2	-

Výsledky výpočtu:

Požární zatížení výpočtové $p_{v,p}$ **7,91** [kg.m⁻²]

Stupeň požární bezpečnosti pož.úseku (SPB) **II**

Plocha požárního úseku S **28,50** [m²]

Koeficient n **0,181**

Koeficient k **0,184**

Plocha otvorů pož.úseku S_o **6,72** [m²]

Průměrná výška otvorů pož.úseku h_o **1,65** [m]

Parametr odvětrání F_o **0,074**

Průměrná světlá výška pož.úseku h_s **2,80** [m]

Požární zatížení p **31,89** [kg.m⁻²]

Koeficient a **0,961**

Koeficient b **0,61**

Koeficient c **0,42**

Normová teplota T_N **643,73** [°C]

Čas zakouření t_e **3,18** [min]

Maximální délka pož.úseku **65,42** [m]

Maximální šířka pož.úseku **41,56** [m]

Maximální plocha pož.úseku **2 718,68** [m²]

Maximální počet užitných podlaží z **22,77**

Požadavky na zásobování požární vodou a na počet PHP

Počet PHP **1 (přesně 0,51)**

Počet hasicích jednotek **4**

a) Vnější odběrná místa

Vzdálenosti **od objektu/mezi sebou**

- hydrant **200/400(300/500)** [m]
- výtokový stojan **600/1200** [m]
- plnicí místo **3000/6000** [m]
- vodní tok nebo nádrž **600** [m]

Potrubí DN **80** [mm]

Odběr Q pro 0,8 m.s⁻¹ **4** [l.s⁻¹]

Odběr Q pro 1,5 m.s⁻¹ **7,5** [l.s⁻¹]

Obsah nádrže požární vody **14** [m³]

Obr. 30 Vzorový příklad – WinFire Office 2016, výsledky výpočtu [17]


Rekapitulace výsledků:

Plocha požárního úseku S	28,50 [m ²]
Průměrná světlá výška požárního úseku h_s	2,80 [m]
Plocha otvorů požárního úseku S_o	6,72 [m ²]
Průměrná výška otvorů požárního úseku h_o	1,65 [m]
Pomocná hodnota n	0,181 [-]
Parametr odvětrání F_o	0,074 [m ^{1/2}]
Součinitel k	0,184 [m ^{1/2}]
Požární zatížení p	31,89 [kg.m ⁻²]
Součinitel a	0,96 [-]
Součinitel b	0,61 [-]
Součinitel c	0,42 [-]
Výpočtové požární zatížení p_v	7,91 [kg.m ⁻²]
Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku (SPB)	II.

4.11.2 Výpočet vzorového příkladu v programu CFire

Jak jsem se již zmínil, tento program jsem již dříve během studia vytvořil za pomoci aplikace *MS Excel* a mohu tedy s jistotou říci, že používá obdobný, leč prostší algoritmus než výpočetní nástroj *IGNIS*, který je v mnoha ohledech propracovanější a komplexnější.

Stejně jako tomu bylo v předešlé kapitole, i zde je pro ilustraci přiložen obrázek se zadanými vstupy a výsledky výpočtu s jejich následnou rekapitulací (obr. 31).



1. Výpočty - Nevýrobní objekty podle ČSN 73 0802
1.1 Stanovení požárního rizika a stupně požární bezpečnosti požárního úseku (PÚ větrán přirozeně)

PROJEKT: Days Hotel London - Waterloo
 OBJEKT: SO 01 - Hotel
 MÍSTO STAVBY: 54 Kennington Rd, Lambeth, London SE1 7BJ, Velká Británie
 INVESTOR: Days Inn
 STUPEŇ: D ŠP

Vypracoval: Bc. Jan Čermák
 Datum: 12/2017

POŽÁRNÍ ÚSEK: N4.09 - Hotelový pokoj
 Požární úsek je posuzován podle ČSN 73 0802

Vstupní údaje:

n_{10}	6	h_{10}	12,00
n_{11}	1	z	1
n_{12}	7	pat.	nadzemní
h	15,00	Odvětrání:	přirozeně
KS	nehodlavý		

Vypočtové požární zatížení p_v (díl. 6.2)

Název místnosti	Plocha S_i [m ²]	Výška h_{ui} [m]	Nahod. p_{vi} [kg.m ⁻²]	Součinitel a_{vi} [-]	Štěr. p_{vi} [kg.m ⁻²]	Součinitel a_{vi} [-]	$S_i \cdot p_{vi}$	$S_i \cdot p_{vi}$	$S_i \cdot p_{vi} \cdot a_{vi}$	$S_i \cdot p_{vi} \cdot a_{vi}$	$S_i \cdot h_{ui}$	Položka (tab. A. 1)
Pokoj č. 1	13,00	2,80	30,00	1,00	10,00	0,90	390,00	130,00	390,00	117,00	36,40	7.2.1
Pokoj č. 2	8,00	2,80	30,00	1,00	10,00	0,90	240,00	80,00	240,00	72,00	22,40	7.2.1
Koupelna	5,00	2,80	5,00	0,70	5,27	0,90	25,00	26,35	17,50	23,72	14,00	14.2
WC	2,50	2,80	5,00	0,70	2,00	0,90	12,50	5,00	8,75	4,50	7,00	14.2
Σ Celkem	28,50						667,50	241,35	656,25	217,22	79,80	

Výpočet plochy S_o [m²] a výšky h_o [m] otvorů v obvodových a střešních konstrukcích

Specifikace otvoru	Šířka b_{oi} [m]	Výška h_{oi} [m]	Plocha S_{oi} [m ²]	Počet n_i [ks]	$S_{oi} \cdot n_i$	$S_{oi} \cdot h_{oi} \cdot n_i$
Okno č. 1	1,750	1,750	3,063	2	6,125	10,719
Okno č. 2	1,000	0,600	0,600	1	0,600	0,360
Σ Celkem		1,65			6,73	11,08

Výpočet parametru odvětrání F_o [m¹⁰]

Výška h_o [m]	Hodnota n [-]	Plocha S_o [m ²]	Parametr F_o [m ¹⁰]
2,80	0,181	13,00	0,057

$h_{oi} = 1,65$ [m] $S_{oi} = 6,73$ [m²] $h_o = 2,80$ [m]

$p_v = 23,42$ $p_v = 8,47$ $p = 31,89$ [kg.m⁻²]
 $a_v = 0,98$ $a_v = 0,90$ $a = 0,96$ [-]
 $n = 0,181$ $k = 0,182$ $b = 0,60$ [-]
 PBZ: SŠHZ (c3) $c = 0,42$ [-]

$p_v = 7,75$ [kg.m⁻²]
 SPB: II. stupeň požární bezpečnosti

Výsledky výpočtu:

Plocha požárního úseku S	28,50 [m ²]
Průměrná světlá výška pož. úseku h_v	2,80 [m]
Plocha otvorů požárního úseku S_o	6,73 [m ²]
Průměrná výška otvorů požárního úseku h_o	1,65 [m]
Požární zatížení p	31,89 [kg.m ⁻²]
Součinitel a	0,96 [-]
Součinitel b	0,60 [-]
Součinitel c	0,42 [-]
Vypočtové požární zatížení p_v	7,75 [kg.m ⁻²]
Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku (SPB)	II.

Posouzení nutnosti zřízení vnitřního odběrného místa

S [m ²]	p [kg.m ⁻²]	$S \cdot p$	Posouzení
28,50	31,89	909	≤ 9 000 - nepožaduje se

Určení počtu přenosných hasičských přístrojů

S [m ²]	a [-]	c_0 [-]	Počet PHP n [ks]
28,50	0,96	0,42	1,00

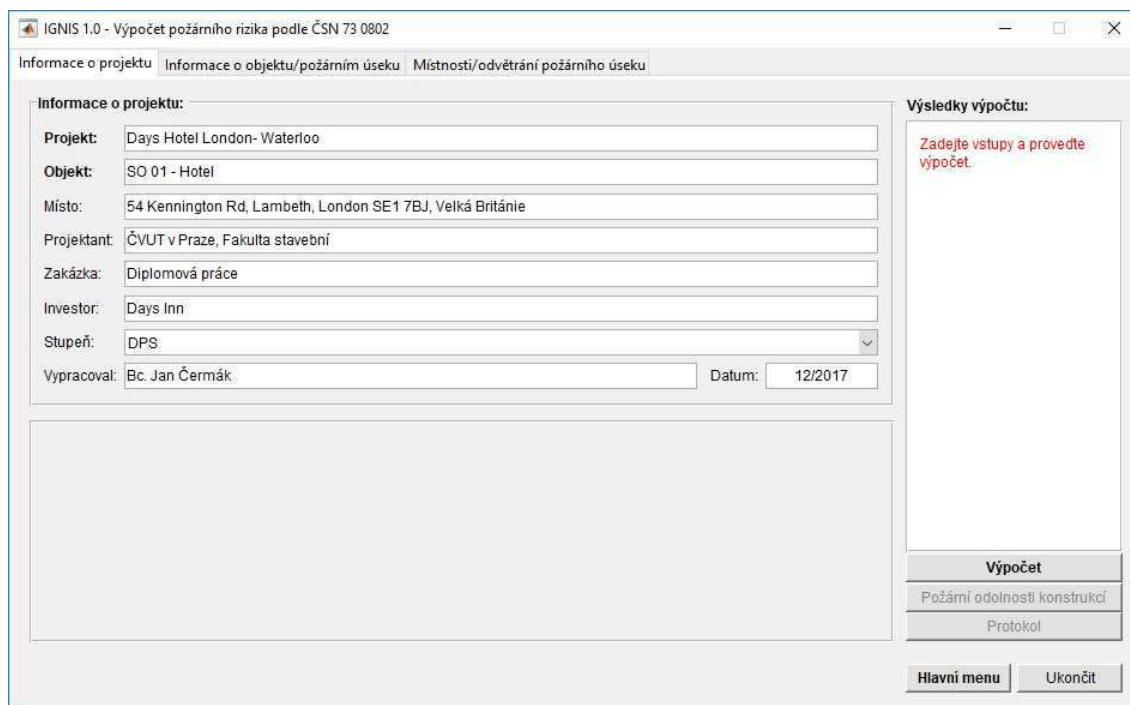
Obr. 31 Vzorový příklad – CFire

Rekapitulace výsledků:

Plocha požárního úseku S	28,50 [m ²]
Průměrná světlá výška požárního úseku h_s	2,80 [m]
Plocha otvorů požárního úseku S_o	6,73 [m ²]
Průměrná výška otvorů požárního úseku h_o	1,65 [m]
Pomocná hodnota n	0,181 [-]
Parametr odvětrání F_o	0,057 [m ^{1/2}]
Součinitel k	0,182 [m ^{1/2}]
Požární zatížení p	31,89 [kg.m ⁻²]
Součinitel a	0,96 [-]
Součinitel b	0,60 [-]
Součinitel c	0,42 [-]
Výpočtové požární zatížení p_v	7,75 [kg.m ⁻²]
Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku (SPB)	II.

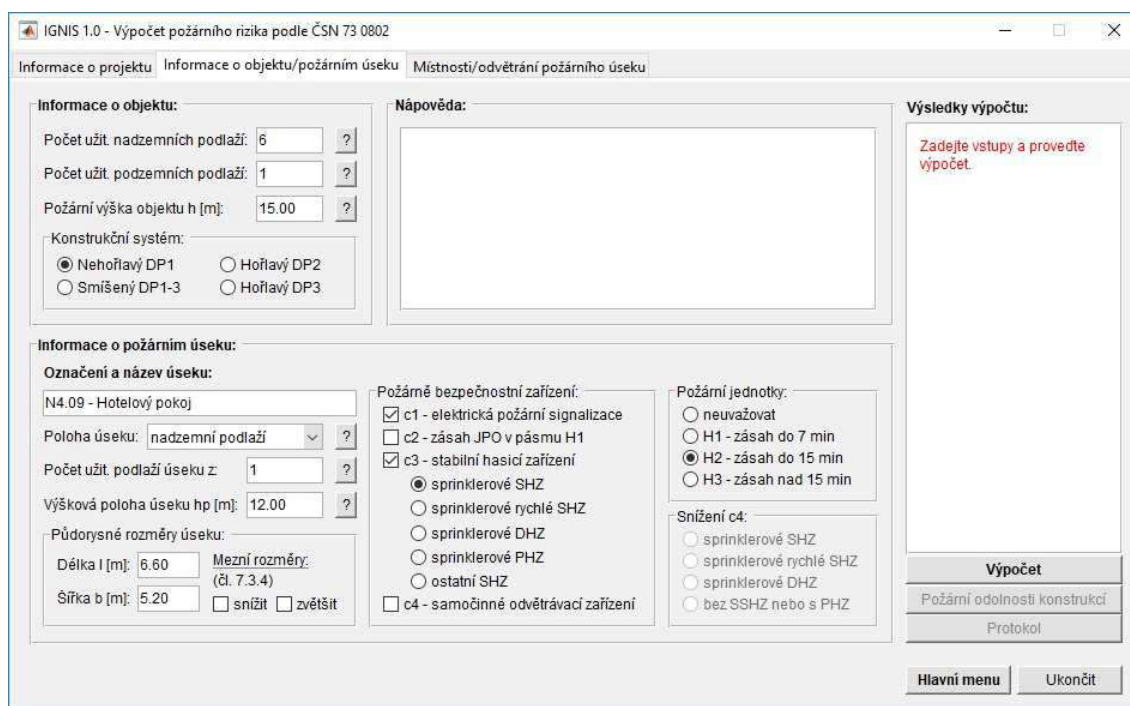
4.11.3 Výpočet vzorového příkladu v programu *IGNIS*

Po spuštění programu byly zadány informace o projektu, viz [obr. 32](#).



Obr. 32 Vzorový příklad – *IGNIS*, zadání informací o projektu

V dalším kroku, po přepnutí na příslušnou záložku v horní nástrojové liště programu, byly dále zadány údaje o objektu a požárním úseku, viz [obr. 33](#).



Obr. 33 Vzorový příklad – *IGNIS*, zadání informací o objektu a požárním úseku

Volbou záložky „Místnosti/odvětrání požárního úseku“ bylo přepnuto na poslední z karet pro zadávání vstupů (obr. 34). Zde bylo třeba zadat místnosti požárního úseku hotelového pokoje a otvory v jeho obvodových konstrukcích.

Místnosti:

Název místnosti	Plocha Si [m ²]	Výška hsi [m]	Nahodilí pni [kg·m ⁻²]	Součinitel ani [-]	Stálé psi [kg·m ⁻²]	Dodatkové psdi [kg·m ⁻²]	Položka (tab. A.1)
Pokoj č. 1	13.00	2.80	30.00	1.00	10.00	0.00	7.2.1
Pokoj č. 2	8.00	2.80	30.00	1.00	10.00	0.00	7.2.1
Koupelna	5.00	2.80	5.00	0.70	5.00	0.27	14.2
WC	2.50	2.80	5.00	0.70	2.00	0.00	14.2

Odvětrání:

Specifikace otvoru	Šířka boi [m]	Výška hoi [m]	Počet noi [ks]
Okno č. 1	1.75	1.75	2.00
Okno č. 2	1.00	0.60	1.00

Výsledky výpočtu místností a odvětrání:

S = -	[m ²]	So = -	[m ²]
hs = -	[m]	ho = -	[m]
Sm = -	[m ²]	n = -	[-]
		Fo = -	[m ^{1/2}]
		k = -	[m ^{1/2}]

Výpočet
Požární odolnosti konstrukcí
Protokol
Hlavní menu Ukončit

Obr. 34 Vzorový příklad – IGNIS, zadání místností a otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku

Po zadání všech požadovaných vstupních hodnot byly po stisknutí tlačítka „Výpočet“ zobrazeny výsledky výpočtu požárního rizika a doposud uzamčená tlačítka „Požární odolnosti konstrukcí“ a „Protokol“ byla zpřístupněna, viz obr. 35.

Výsledky výpočtu:

Požární riziko:

- pn = 23.42 [kg·m⁻²]
- an = 0.98 [-]
- ps = 8.47 [kg·m⁻²]
- as = 0.9 [-]
- p = 31.89 [kg·m⁻²]
- a = 0.961 [-]
- b = 0.602 [-]
- c = 0.425 [-]
- pv = 7.84 [kg·m⁻²]

SPB = II.

Velikost požárního úseku:

- lmax = 65.42 [m]
- bmax = 41.56 [m]
- zmax = 22.97

Posouzení: VYHOVUJE

Výpočet
Požární odolnosti konstrukcí
Protokol
Hlavní menu Ukončit

Obr. 35 Vzorový příklad – IGNIS, výsledky výpočtu požárního rizika

Stisknutím výše zmíněného tlačítka „Požární odolnosti konstrukcí“ bylo zobrazeno dialogové okno se stanovenými požadovanými požárními odolnostmi stavebních konstrukcí v minutách, viz obr. 36.

Pol.	Stavební konstrukce	Stupeň požární bezpečnosti II.
1	Požární stěny a požární stropy, viz 8.2 a 8.3 a) v podzemních podlažích b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží d) mezi objekty	45 30 15 45
2	Požární uzávěry otvorů v požárních stěnách a požárních stropích, viz 8.5.1 a) v podzemních podlažích a ve všech podlažích mezi objekty b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží	30 15 15
3	Obvodové stěny, viz 8.4.1 a 8.4.10 a) zajišťující stabilitu objektu nebo jeho části 1) v podzemních podlažích 2) v nadzemních podlažích 3) v posledním nadzemním podl. b) nezajišťující stabilitu objektu nebo jeho části (bez ohledu na podlaží)	45 30 15 15
4	Nosné konstrukce střech, viz 8.7.2	15
5	Nosné konstrukce uvnitř požárního úseku, které zajišťují stabilitu objektu, viz 8.7.1 a 8.7.2 a) v podzemních podlažích b) v nadzemních podlažích c) v posledním nadzemním podlaží	45 30 15
6	Nosné konstrukce vně objektu, které zajišťují stabilitu objektu (bez ohledu na podlaží), viz 8.7.3	15
7	Nosné konstrukce uvnitř požárního úseku, které nezajišťují stabilitu objektu, viz 8.7.5	15
8	Nenosné konstrukce uvnitř požárního úseku, viz 8.8.1	0
9	Konstrukce schodišť uvnitř pož. úseku, které nejsou součástí chráněných únikových cest, viz 8.9	15
10	Výťahové a instalační šachty, viz 8.10 až 8.13 a) Šachty evakuačních a požárních výtahů a šachty ostatní (např. instalační), jejichž výška přesahuje 45 m 1) požární dělicí konstrukce 2) požární uzávěry otvorů v požárně dělicích konstrukcích b) šachty ostatní (výťahové, instalační apod.), jejichž výška je 45 m a menší 1) požární dělicí konstrukce 2) požární uzávěry otvorů v požárně dělicích konstrukcích	30 15
11	Střešní pláště, viz 8.15	0
12	Jednopodlažní objekty, viz 8.1.1 a) požární stěny b) požární uzávěry otvorů v požárních stěnách c) svíslé požární pásy v obvodových stěnách mezi objekty a obvodové stěny, pokud mají být bez požárně otevřených ploch	staticky nezávislé 45 30 30

Obr. 36 Vzorový příklad – IGNIS, stanovené požární odolnosti stavebních konstrukcí

Protokol o výpočtu byl zobrazen pomocí stejnojmenného tlačítka „Protokol“ a následně pak exportován ve formátu PDF, viz obr. 37.

Rekapitulace výsledků:

Plocha požárního úseku S	28,50 [m ²]
Průměrná světlá výška požárního úseku h_s	2,80 [m]
Plocha otvorů požárního úseku S_o	6,73 [m ²]
Průměrná výška otvorů požárního úseku h_o	1,65 [m]
Pomocná hodnota n	0,181 [-]
Parametr odvětrání F_o	0,057 [m ^{1/2}]
Součinitel k	0,182 [m ^{1/2}]
Požární zatížení p	31,89 [kg.m ⁻²]
Součinitel a	0,961 [-]
Součinitel b	0,602 [-]
Součinitel c	0,425 [-]
Výpočtové požární zatížení p_v	7,84 [kg.m ⁻²]
Stupeň požární bezpečnosti požárního úseku (SPB)	II.

4.11.4 Porovnání výsledků výpočtu vzorového příkladu

Níže uvedená tabulka zachycuje a porovnává výsledky výpočtu vzorového příkladu požárního úseku hotelového pokoje.

Tab. 2 Porovnání výsledků výpočtu vzorového příkladu

	WinFire Office 2016	CFire	IGNIS	
Plocha požárního úseku S	28,50	28,50	28,50	✓
Průměrná světlá výška požárního úseku h_s	2,80	2,80	2,80	✓
Plocha otvorů požárního úseku S_o	6,72	6,73	6,73	✓
Průměrná výška otvorů požárního úseku h_o	1,65	1,65	1,65	✓
Pomocná hodnota n	0,181	0,181	0,181	✓
Parametr odvětrání F_o	0,074	0,057	0,057	✓
Součinitel k	0,184	0,182	0,182	✓
Požární zatížení p	31,89	31,89	31,89	✓
Součinitel a	0,96	0,96	0,96	✓
Součinitel b	0,61	0,60	0,60	✓
Součinitel c	0,42	0,42	0,43	✓
Výpočtové požární zatížení p_v	7,91	7,75	7,84	✓
Stupeň požární bezpečnosti PÚ	II.	II.	II.	✓
Mezní půdorysné rozměry požárního úseku (l_{max} / b_{max})	65,42 / 41,56	-	65,42 / 41,56	✓
Mezní počet užitných podlaží požárního úseku z_{max}	22,77	-	22,97	✓
Legenda: ✓ – totožné výsledky nebo výsledky se zanedbatelnou odchylkou způsobenou zaokrouhlováním ✓ – označení výsledků způsobujících odchylku ve výsledném výpočtovém požárním zatížení o max. 2 %, jejímž vlivem nebude ovlivněna požární bezpečnost (způsobeno pravděpodobně odlišným algoritmem, popř. zaokrouhlováním během výpočtu)				

S ohledem na výše uvedenou tabulku lze konstatovat, že program pracuje správně. Na základě porovnání výsledků je program verifikován a validován.

5 Závěr

Práce je zaměřena na problematiku požárního rizika ve vazbě na požární bezpečnost nevýrobních objektů řešených podle ČSN 73 0802 [1] a požární odolnosti stavebních konstrukcí.

První část práce je zaměřena na obecné pojmy a definice z oblasti požární bezpečnosti staveb. Dále je provedena rešerše dostupných programů a je podrobně popsán algoritmus výpočtu požárního rizika včetně detailního popisu jednotlivých vstupů. V praktické části jsou uvedeny diagramy, které graficky znázorňují funkčnost vytvořeného programu *IGNIS* (z *latinského překladu = Požár*). Tento program byl vytvořen v matematickém prostředí softwaru *MATLAB* [9]. Správná funkčnost programu *IGNIS* byla ověřena sadou vzorových příkladů, přičemž v této práci je podrobně popsán pouze jeden. U všech vzorových příkladů byla dosažena téměř 100% shoda, co se týče výsledných hodnot. Na základě porovnání jednotlivých softwarů, jejich uživatelského rozhraní a výstupů, bylo ověřeno, že je program *IGNIS* díky implementaci kontroly vstupů a dostupné nápovědě vhodným výukovým nástrojem pro stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti požárního úseku a požadovaných požárních odolností stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0802 [1].

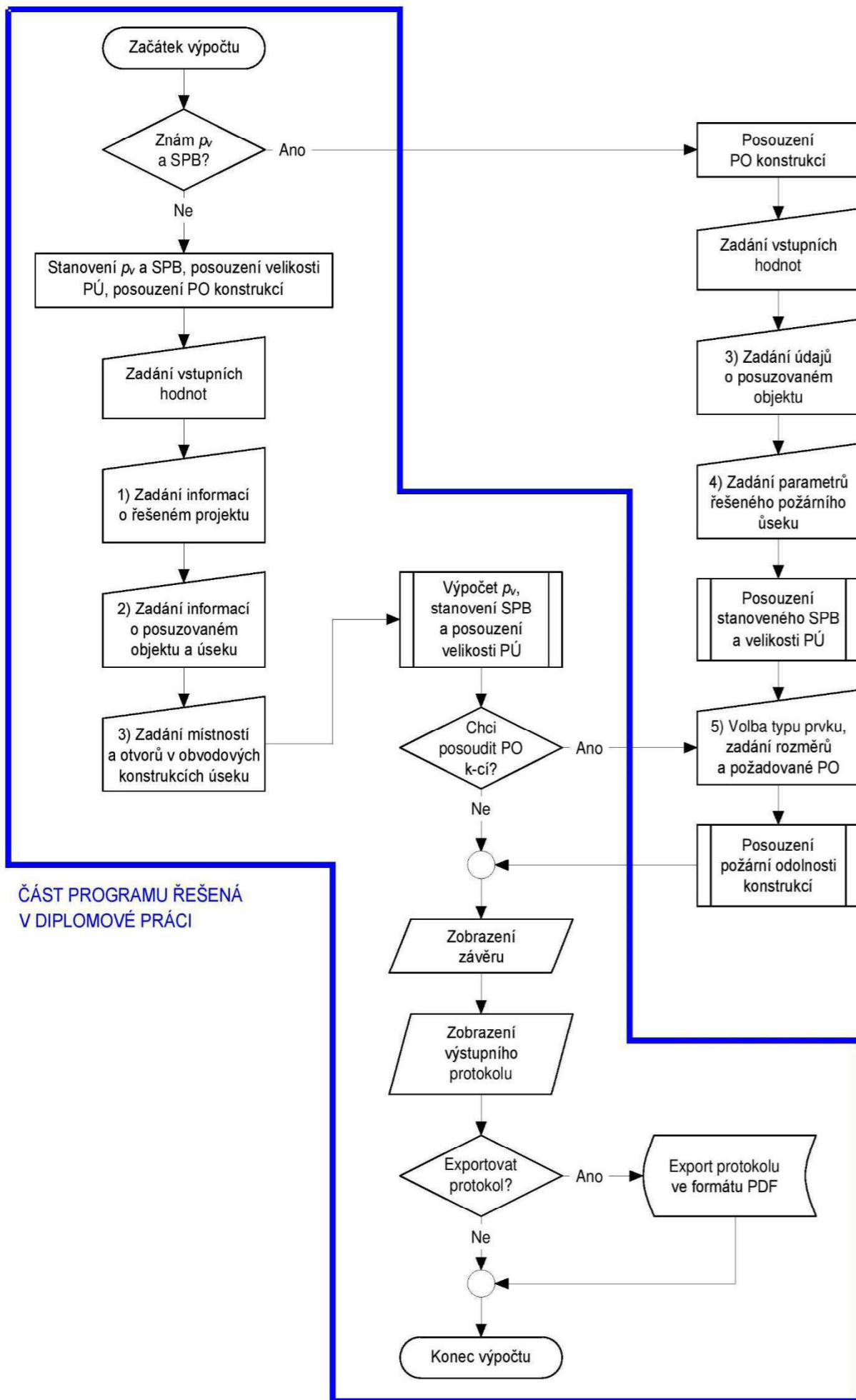
Přínosem je zejména zmiňované usnadnění, urychlení a celkové zefektivnění návrhu požární bezpečnosti staveb, resp. částí celého návrhu, které program ve své první verzi nabízí. Práce s ním je intuitivní, výstupy lze exportovat ve formátu PDF. Předpokladem však zůstávají odborné znalosti na straně uživatele. Další výhodou je dostupnost programu bez nutnosti investice finančních prostředků a kromě případných aktualizací nebude nutné obnovovat časově omezené studentské licence.

Dlouhodobým cílem je pak software postupně rozšiřovat o další funkce a jeho přeprogramování např. v jazyce *Python* nebo *C++* pro možnost komerčního využití.

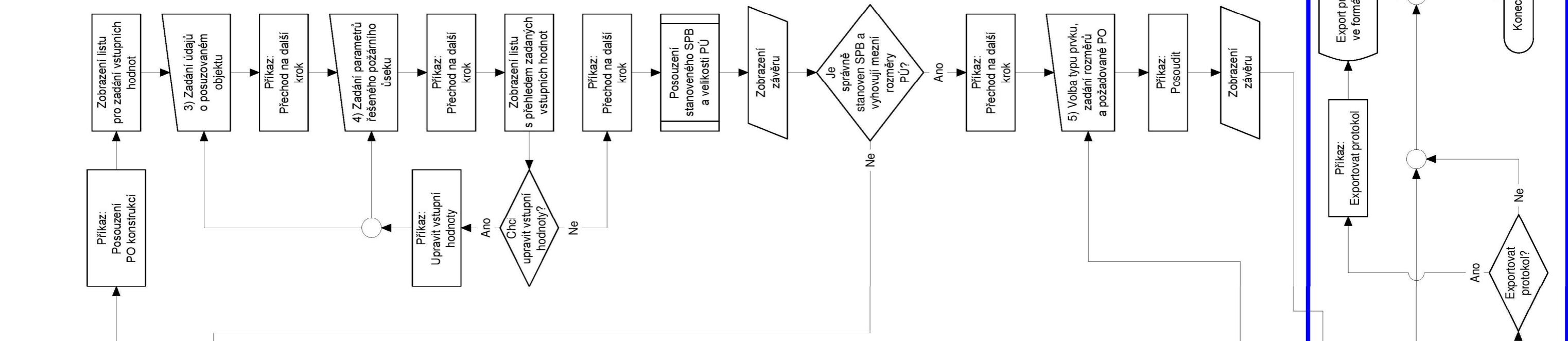
Příloha A – Vývojové diagramy

Tato příloha obsahuje níže uvedené vývojové diagramy popisující algoritmus výpočetního programu.

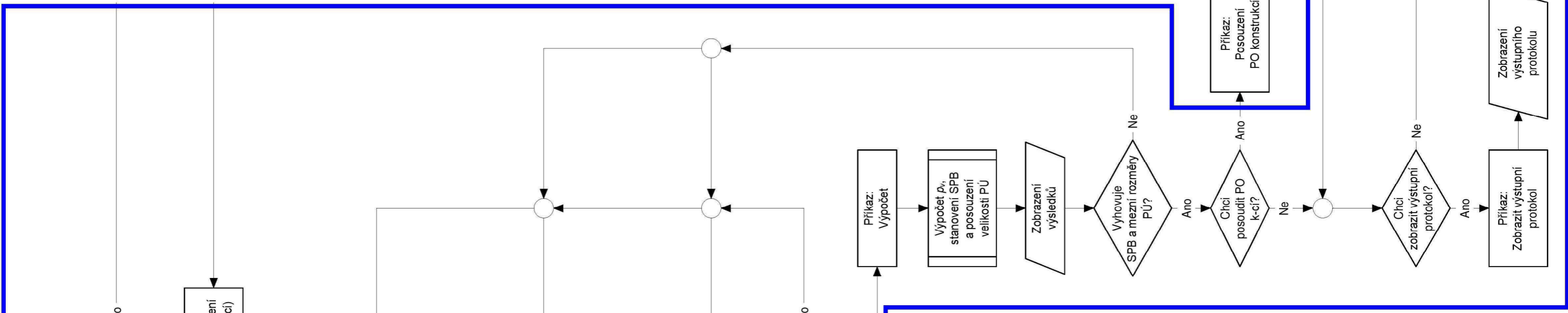
01. Diagram 1 – Základní struktura
02. Diagram 2 – Hlavní algoritmus



Studijní obor STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ, INTEGRÁLNÍ BEZPEČNOST STAVEB				 ČVUT ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Katedra KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ		Předmět 133DPM		
Vypracoval Bc. JAN ČERMÁK	Vedoucí práce Ing. RADEK ŠTEFAN, Ph.D.	Odborný konzultant Ing. MARTIN BENÝŠEK	Akademický rok 2017/18	Fakulta stavební Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice tel.: (+420) 224 351 111; e-mail: mail@fsv.cvut.cz
Téma práce Vývoj výpočetního nástroje pro stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti a posouzení betonových konstrukcí				
Název práce Výpočetní program IGNIS	Část práce Vývojové diagramy			Datum 01/2018
Název výkresu DIAGRAM 1 - ZÁKLADNÍ STRUKTURA	Číslo výkresu 01			Počet A4 2



ČÁST PROGRAMU ŘEŠENÁ V DIPLOMOVÉ PRÁCI



- * Zhodnotit zda:
- jinak rozdělit objekt na požární úseky
 - navrhnout další (jiná) požární bezpečnostní zařízení
 - změnit druh konstrukcí s ohledem na třídu reakce na oheň použitých výrobků

Studijní obor STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ, INTEGRÁLNÍ BEZPEČNOST STAVEB			
Katedra KATEDRA BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ	Vedoucí práce Ing. RADEK ŠTEFAN, Ph.D.		Předmět 133DPM
Vypracoval Bc. JAN ČERMÁK	Odborný konzultant Ing. MARTIN BENÝŠEK	Akademický rok 2017/18	
Téma práce Vývoj výpočetního nástroje pro stanovení požárního rizika, stupně požární bezpečnosti a posouzení betonových konstrukcí			
Název práce Výpočetní program IGNIS	Datum 01/2018		
Část práce Vývojové diagramy	Počet A4 2		Číslo výkresu 02
Název výkresu DIAGRAM 2 - HLAVNÍ ALGORITMUS			



Fakulta stavební
Tháškova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice
tel.: (+420) 224 351 111; e-mail: mail@fsv.cvut.cz

Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma postupu při navrhování požární bezpečnosti staveb	6
Obr. 2 Dialogové okno výpočtu požárního rizika v programu WinFire Office 02 [11].....	14
Obr. 3 Dialogové okno pro zobrazení výsledků v programu WinFire Office 02 [11]	14
Obr. 4 Dialogové okno výpočtu požárního rizika v programu WinFire Office 2016 [17]..	15
Obr. 5 Dialogové okno pro zobrazení výsledků v programu WinFire Office 2016 [17]	15
Obr. 6 Dialogové okno pro zadání parametrů úseku v programu FIRE NX802 [12].....	16
Obr. 7 Dialogové okno pro výpočet požárního rizika v programu FIRE NXLS [13]	17
Obr. 8 Dialogové okno pro export výsledků z programu FIRE NXLS [13]	18
Obr. 9 Složka IGNIS.....	21
Obr. 10 Úvodní okno programu IGNIS [19]	21
Obr. 11 Hlavní okno programu IGNIS – karta pro zadání informací o projektu	22
Obr. 12 Hlavní okno programu IGNIS – karta pro zadání informací o objektu a PÚ.....	23
Obr. 13 Hlavní okno programu IGNIS – zvýraznění chybně zadaných vstupů	24
Obr. 14 Okno nápovědy – počet užitných nadzemních podlaží	24
Obr. 15 Okno nápovědy – požární výška objektu	24
Obr. 16 Okno nápovědy – poloha požárního úseku.....	25
Obr. 17 Hlavní okno programu IGNIS – karta pro zadání místností a otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárním úseku	26
Obr. 18 Výsledky výpočtu – nelze stanovit stupeň požární bezpečnosti PÚ	30
Obr. 19 Výsledky výpočtu požárního rizika, stupně požární bezpečnosti PÚ a posouzení jeho velikosti.....	32
Obr. 20 Výsledky výpočtu – požadované požární odolnosti stavebních konstrukcí.....	32
Obr. 21 Úvodní okno programu FiDeS [18].....	33
Obr. 22 FiDeS – Posouzení betonové stěny podle tabulek, volba posuzovaných mezních stavů [18]	34
Obr. 23 FiDeS – Posouzení betonové stěny podle tabulek, zadání parametrů stěny a požadované PO [18].....	34
Obr. 24 FiDeS – Posouzení betonové stěny podle tabulek, rekapitulace vstupů a výsledek posouzení [18].....	35
Obr. 25 Dialogové okno s protokolem o výpočtu.....	36
Obr. 26 Dialogové okno pro ukončení programu	37
Obr. 27 Vzorový příklad – dispozice hotelového pokoje	38
Obr. 28 Vzorový příklad – WinFire Office 2016, zadání informací o stavbě [17]	39
Obr. 29 Vzorový příklad – WinFire Office 2016, výpočet požárního rizika [17].....	39
Obr. 30 Vzorový příklad – WinFire Office 2016, výsledky výpočtu [17]	40
Obr. 31 Vzorový příklad – CFire.....	41
Obr. 32 Vzorový příklad – IGNIS, zadání informací o projektu.....	43
Obr. 33 Vzorový příklad – IGNIS, zadání informací o objektu a požárním úseku	43
Obr. 34 Vzorový příklad – IGNIS, zadání místností a otvorů v obvodových a střešních konstrukcích požárního úseku	44
Obr. 35 Vzorový příklad – IGNIS, výsledky výpočtu požárního rizika.....	44
Obr. 36 Vzorový příklad – IGNIS, stanovené požární odolnosti stavebních konstrukcí	45
Obr. 37 Vzorový příklad – IGNIS, protokol o výpočtu.....	46

Seznam tabulek

Tab. 1 Porovnání programů	19
Tab. 2 Porovnání výsledků výpočtu vzorového příkladu	47

Literatura

Legislativní předpisy, normy, publikace

- [1] ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty*. Praha: ÚNMZ, 2015.
- [2] REICHEL, Vladimír. *Požární předpisy pro stavební objekty v praxi*. II. přepracované vydání. Praha: SNTL, 1976. Zabraňujeme škodám, Svazek 2.
- [3] BRADÁČOVÁ, Isabela. *Požární bezpečnost staveb: nevýrobní objekty*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. ISBN 978-80-86111-77-3.
- [4] *Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů*
- [5] *Vyhláška č. 23/2008 Sb., o technických podmínkách požární ochrany staveb*
- [6] ČSN 73 0810. *Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení*. Praha: ÚNMZ, 2016.
- [7] PROCHÁZKA, Jaroslav, Radek ŠTEFAN, Jitka VAŠKOVÁ, ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE a STAVEBNÍ FAKULTA. *Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru*. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [8] REICHEL, Vladimír. *Navrhování požární bezpečnosti staveb*. Díl I. Praha: SNTL, 1978. Zabraňujeme škodám, Svazek 11.

Ostatní zdroje

- [9] The MathWorks, Inc. *MATLAB* [počítačový program]. Ver. R2016a (9.0.0.341360). USA, 2016 [cit. 2018-01-01].
- [10] Požární ochrana, požární bezpečnost staveb | Free RW SOFT: Programy. *FREE RW SOFT bezpečnosti práce, požární ochrana* [online]. [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://www.frws.cz/programy>
- [11] WEISSBROD, Rudolf. *Free RW-SOFT, v.o.s. Vás vítá* [online prezentace]. 2006 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3109976/>
- [12] NX802 - ČSN 73 0802 - FIRE-NX. *FIRE-NX - Software pro požární ochranu* [online]. 2016 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://www.firenx.cz/nx802-csn-73-0802>
- [13] FireNXLS - FIRE-NX. *FIRE-NX - Software pro požární ochranu* [online]. 2016 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://www.firenx.cz/firenxls>
- [14] E-riziko.cz [Bochnak NX software] bochnak.cz. *Bochnak NX - software pro PO a BOZP* [online]. Poslední aktualizace 6. 3. 2017 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://www.e-riziko.cz/prezentace/index.php>
- [15] Vývojové diagramy - 1. díl. *Programujte.com - odborný web zaměřený na oblast vývoje, návrhu a designu webových, mobilních a desktopových aplikací* [online]. 2003 [cit. 2018-01-01]. Dostupné z: <http://programujte.com/clanek/2005080105-vyvojove-diagramy-1-dil/>

-
- [16] Vývojový diagram - Wikipedie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, Poslední aktualizace 30. 3. 2017 [cit. 2018-01-01].
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/V%C3%BDvojov%C3%BD_diagram
- [17] Najzar Software. *WinFire Office 2016 (demoverze)* [počítačový program]. Ver. 4.0.5.504 (9. 11. 2016). Česká republika, 2016. Program pro tvorbu požárně bezpečnostního řešení [cit. 2018-01-01].
Dostupné z: <http://www.najzar.cz/download/Winfire/SetupWinFireOffice2016.zip>
- [18] ŠTEFAN, Radek. *FiDeS (Fire Design Software)* [počítačový program]. Ver. 1.1 (1. 11. 2016). Česká republika: České vysoké učení technické v Praze, katedra betonových a zděných konstrukcí, 2011. Soubor výpočetních programů pro navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru podle Eurokódu [cit. 2018-01-01].
Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/software/fides/fides.html>
- [19] BUCHALCEV, Jan. *Objekt občanského vybavení – společenské středisko, Praha 6 – Dejvice (Hanspaulka)*. Praha, 2011. Studentský projekt, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra architektury [cit. 2018-01-01].