

133PSBZ

Požární spolehlivost betonových a zděných konstrukcí

Přednáška A1

ČVUT v Praze, Fakulta stavební
katedra betonových a zděných konstrukcí

Základní informace o předmětu

people.fsv.cvut.cz/www/stefarad/vyuka/133PSBZ.html

- zakončení: zápočet + zkouška
- hodinová dotace 4+2 (6 kreditů)
- vyučující: **Ing. Radek Hájek, Ph.D.**
radek.hajek@fsv.cvut.cz
Ing. Radek Štefan, Ph.D., FEng.
radek.stefan@fsv.cvut.cz
Ing. Martin Benýšek, Ph.D.
martin.benysek@fsv.cvut.cz

Základní informace o předmětu

Obsah předmětu:

Část A:

- Navrhování konstrukcí na účinky požáru
- Teplotní analýza
- Stanovení požární odolnosti betonových konstrukcí
- Stanovení požární odolnosti zděných konstrukcí

Část B:

- Mezní stavy použitelnosti
- Předpjatý beton
- Montované konstrukce
- Spřažené konstrukce (beton-beton)

Základní informace o předmětu

Podmínky udělení zápočtu

- aktivní účast na cvičeních, max. 2 neomluvné absence
- vypracování všech zadaných úloh
- odevzdání správně vyřešené úlohy nejpozději do dvou týdnů od zadání (správnost musí být potvrzena cvičícím)
- prokázání příslušných znalostí (v rozsahu přednášek) během konzultací se cvičícím

Zápočet lze získat nejpozději v pátek 9. 1. 2026!

Základní informace o předmětu

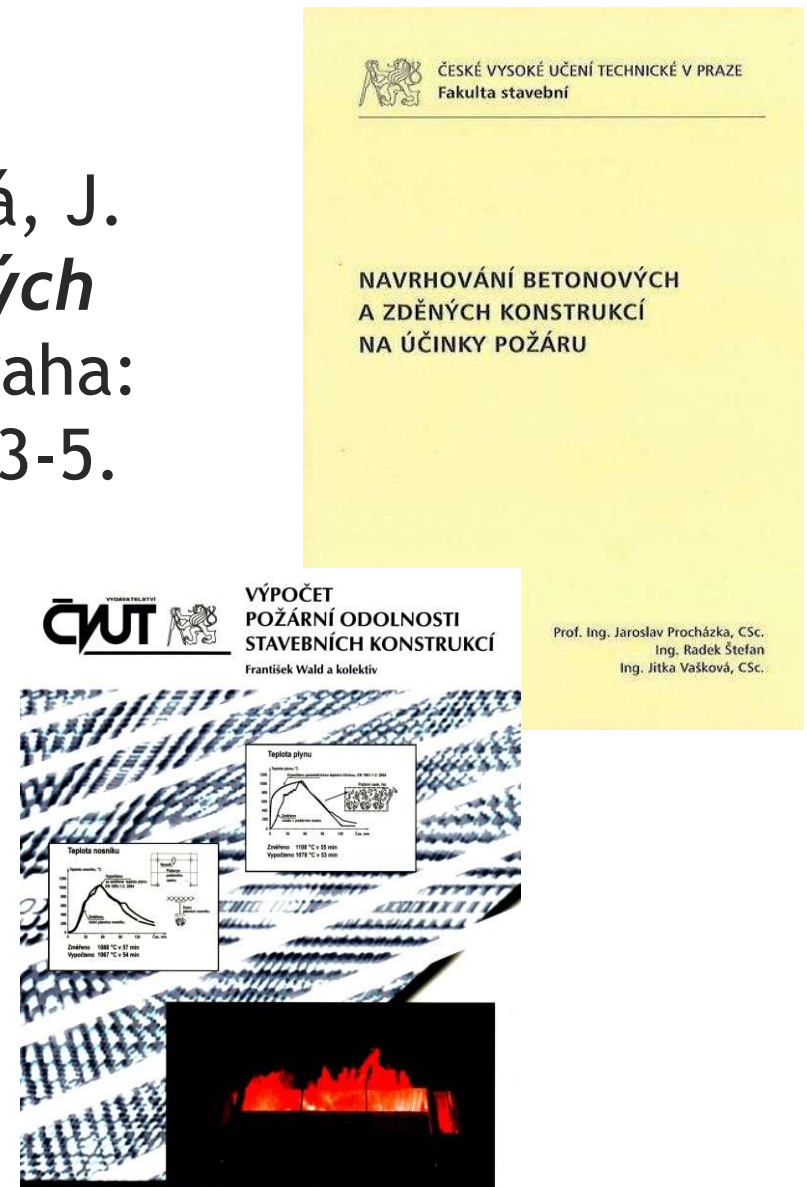
Podmínky pro absolvování zkoušky, informace o zkoušce

- zkouška má písemnou a ústní část
- PÍSEMNÁ ČÁST: test, příklad
- ÚSTNÍ ČÁST: vyhodnocení písemné části, doplňující otázky
- zkouškové termíny budou vypsány v KOSu
- na zkoušku je nutné se přihlásit v KOSu
- podmínkou zápisu na zkoušku je udělený zápočet
- s sebou ke zkoušce:
 - psací potřeby, papíry, kalkulačka,
 - vypracované úlohy ze cvičení

Základní informace o předmětu

Základní literatura

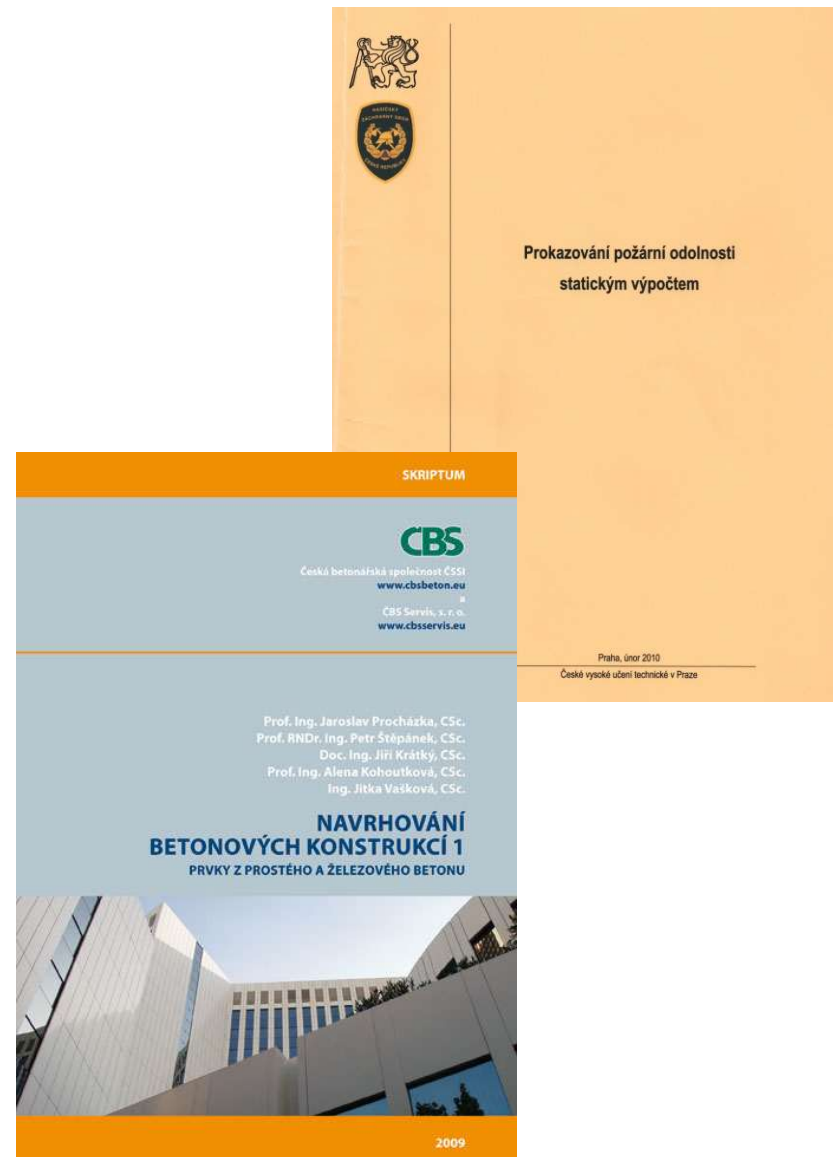
- Procházka, J., Štefan, R., Vašková, J. ***Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru.*** Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- Wald, F. a kol. ***Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí.*** Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03157-8.



Základní informace o předmětu

Doporučená literatura

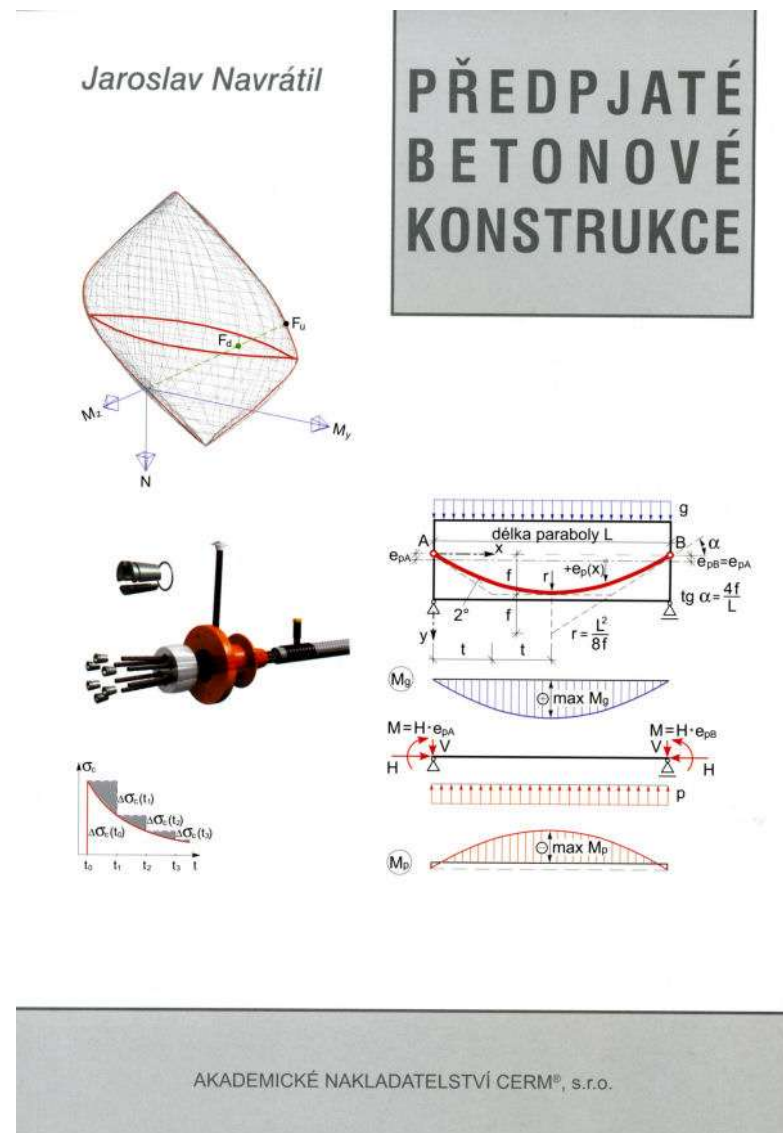
- Wald, F. a kol. *Prokazování požární odolnosti statickým výpočtem*. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-89113-69-9.
- Procházka, J. a kol. *Navrhování betonových konstrukcí 1: Prvky z prostého a železového betonu*. Praha: ČBS, 2009. ISBN 80-903807-1-9.



Základní informace o předmětu

Doporučená literatura

- Navrátil, J. *Předpjaté betonové konstrukce*. Brno: CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-561-7.



Obsah přednášky

- Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb
- Chování betonových a zděných konstrukcí při požáru

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární ochrana

Dvě základní složky požární ochrany [1]:

- Požární prevence - předcházení vzniku požáru, omezení rozsahu a následků vzniklého požáru
- Požární represe - účinné zdolávání požáru

Řešení požární bezpečnosti staveb patří do oblasti požární prevence.[1]

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární bezpečnost staveb

Norma ČSN 73 0802 [3] definuje požární bezpečnost jako:
„schopnost stavebních objektů bránit ztrátám na životech a zdraví osob, popř. zvířat a ztrátám na majetku v případě požáru“.

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární bezpečnost staveb

Pro zajištění požární bezpečnosti staveb se využívají [1]:

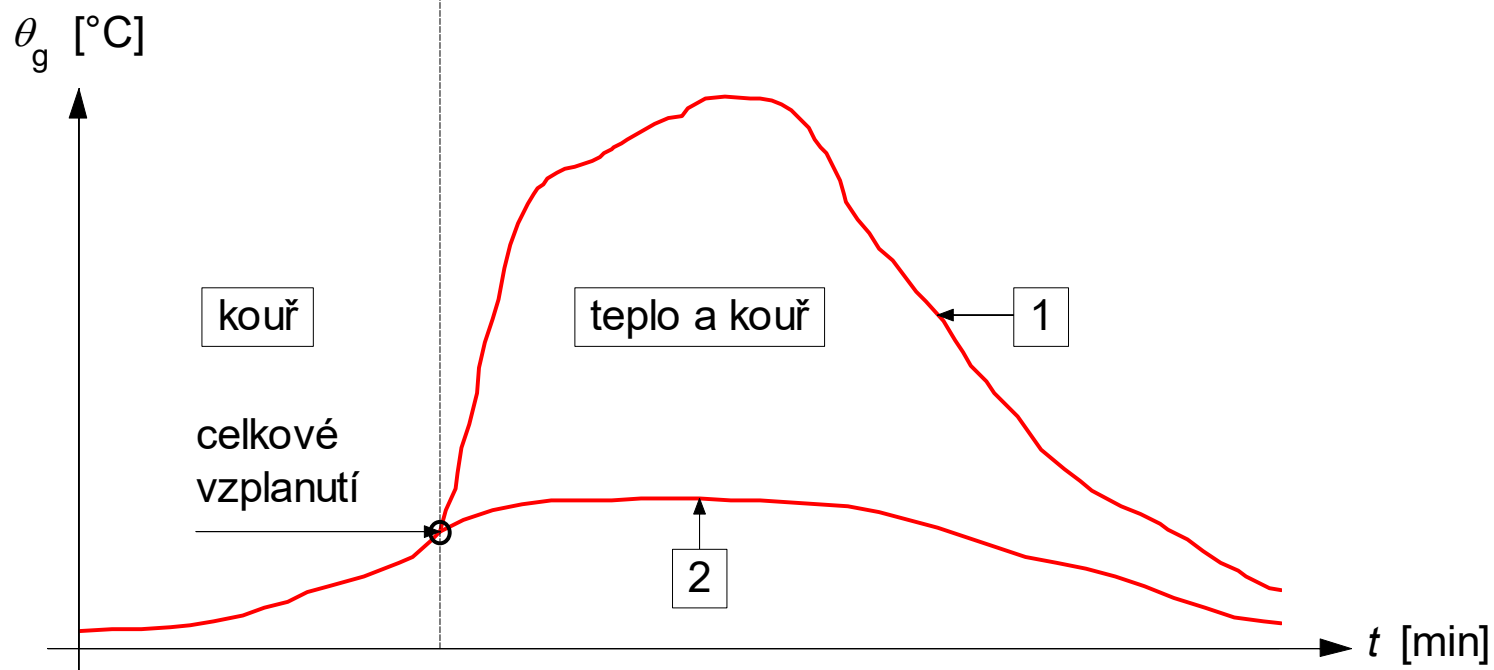
- Aktivní protipožární opatření
 - samočinná stabilní hasicí zařízení
 - zařízení dálkového přenosu informací
 - zařízení pro odvod kouře a tepla
 - elektrická požární signalizace
 - jednotky hasičského záchranného sboru
- Pasivní protipožární opatření
 - dělení na požární úseky
 - **požární odolnost nosných, požárně dělicích a obalových konstrukcí**
- Jejich kombinace

Aktivní požární ochrana

- samočinná stabilní hasicí zařízení
- zařízení dálkového přenosu
- zařízení pro odvod kouře a tepla
- elektrická požární signalizace
- jednotky hasičského záchranného sboru

Pasivní požární ochrana

- dělení na požární úseky
- požární odolnost nosné konstrukce
- požární odolnost požárně dělicích konstrukcí
- požární odolnost obalových konstrukcí



- 1 teplota v požárním úseku při plně rozvinutém požáru v případě selhání aktivních protipožárních opatření
- 2 teplota v požárním úseku pro nerozvinutý požár při užití aktivních protipožárních opatření

[1,4]

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požárně bezpečnostní řešení

- Nedílná součást stavební dokumentace
- Podrobné zhodnocení požadavků na požární bezpečnost objektu, prokázání splnění těchto požadavků včetně návrhu jednotlivých požárně bezpečnostních opatření

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požárně bezpečnostní řešení

- Zahrnuje [4,5]:
 - seznam podkladů
 - popis stavby
 - rozdělení stavby do požárních úseků
 - stanovení požárního rizika, stanovení stupně požární bezpečnosti
 - posouzení velikosti požárních úseků
 - **zhodnocení navržených stavebních konstrukcí** a požárních uzávěrů z hlediska jejich požární odolnosti
 - zhodnocení navržených stavebních hmot
 - zhodnocení možnosti provedení požárního zásahu, evakuace
 - stanovení a zhodnocení odstupových a bezpečnostních vzdáleností
 - vymezení požárně nebezpečného prostoru
 - určení způsobu zabezpečení stavby požární vodou
 - vymezení zásahových cest

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požárně bezpečnostní řešení

- zhodnocení příjezdových komunikací a nástupních ploch
- stanovení počtu, druhů a způsobu rozmístění hasicích přístrojů
- zhodnocení technických a technologických zařízení stavby
- stanovení zvláštních požadavků
- posouzení požadavků na zabezpečení stavby požárně bezpečnostními zařízeními
- stanovené rozsahu a způsobu rozmístění výstražných a bezpečnostních značek a tabulek
- výkresy požární bezpečnosti

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

Zhodnocení požární odolnosti navržených stavebních konstrukcí je důležitou součástí požárně bezpečnostního řešení budovy.

Norma ČSN 73 0802 [3] definuje požární odolnost jako dobu „*po kterou je konstrukce schopna odolávat teplotám vznikajícím při požáru, aniž by došlo k porušení její funkce*“.

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

Zhodnocení požární odolnosti = porovnání **skutečné požární odolnosti** konstrukce s **požadovanou požární odolností**

Požadovaná požární odolnost se určí s ohledem na [3]:

- výpočtové požární zatížení požárního úseku
- druh konstrukčního systému budovy (nehořlavý, smíšený, hořlavý)
- požární výšku objektu, ve kterém se požární úsek nachází

Skutečná požární odolnost se stanoví:

- zkouškou požární odolnosti
- výpočtem (případně s využitím tabulkových hodnot)
- kombinací zkoušek a výpočtů

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

V současnosti se pro stanovení skutečné požární odolnosti konstrukcí využívají výhradně evropské návrhové normy (Eurokódy) řady ČSN EN 199x-1-2 (+ příslušné základní normy).

- zatížení ČSN EN 1991-1-2
- beton ČSN EN 1992-1-2
- ocel ČSN EN 1993-1-2
- ...
- zdivo ČSN EN 1996-1-2
- ...

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

Požární odolnost konstrukce

Označuje se

- písmennou značkou - vyjadřuje funkci (vlastnost) konstrukce, ke které se hodnota odolnosti vztahuje
- číselnou hodnotou - udává dobu požární odolnosti v minutách

např. **R 60**

Označení požární odolnosti se může dále doplňovat označením druhu konstrukce z hlediska použitých materiálů (DP1, DP2, DP3), případně také označením požární křivky, ke které se příslušná hodnota vztahuje (např. „ef“ pro křivku vnějšího požáru, „HC“ pro uhlovodíkovou křivku apod).

Úvod do problematiky požární bezpečnosti staveb

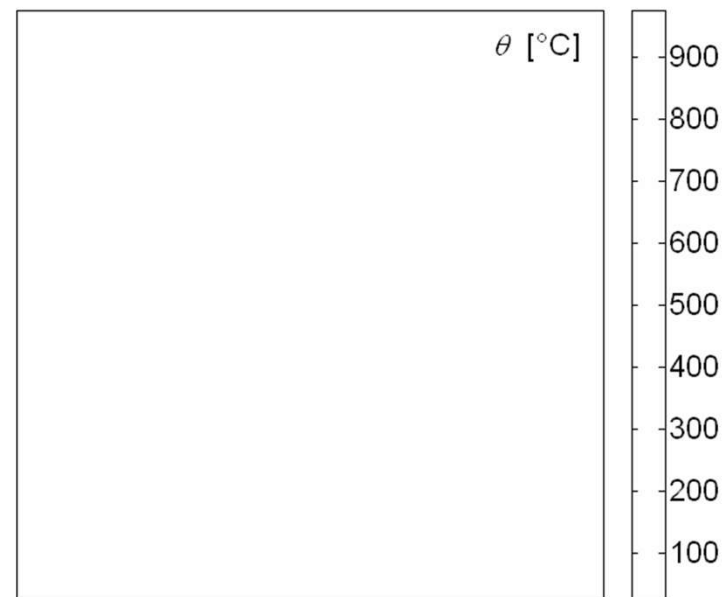
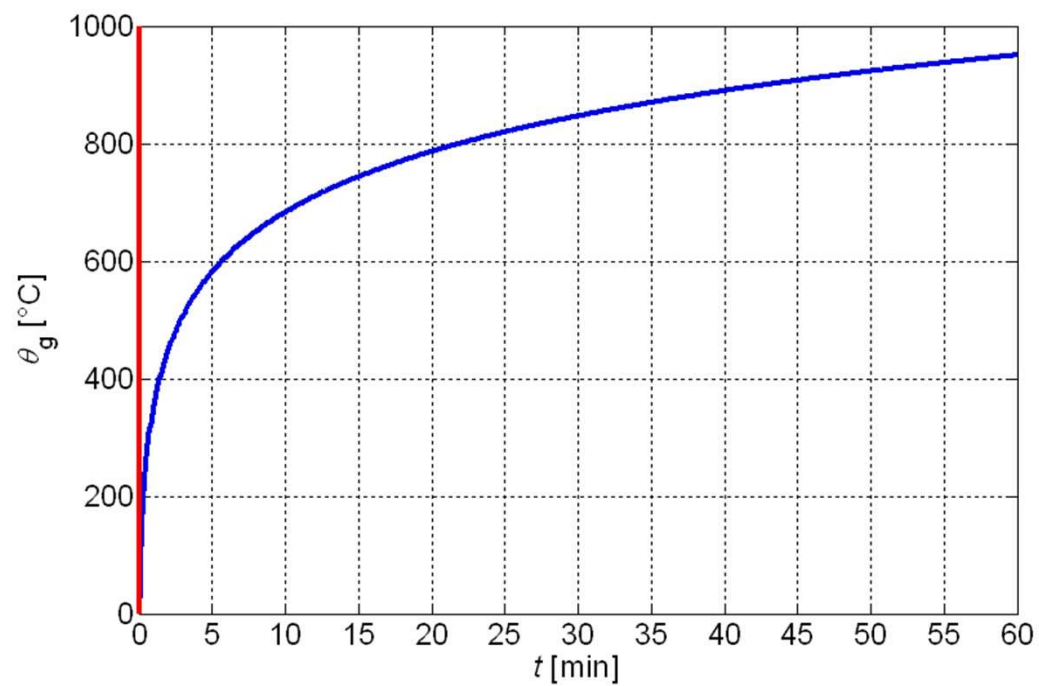
Požární odolnost konstrukce

Základní kritéria požární odolnosti

- R kritérium únosnosti
- E kritérium celistvosti
- I kritérium izolační schopnosti
- M kritérium mechanické odolnosti vůči nárazu

Spojením kritérií EI se vyjadřuje **požárně dělicí funkce** konstrukce.

Teplotní analýza požárního úseku



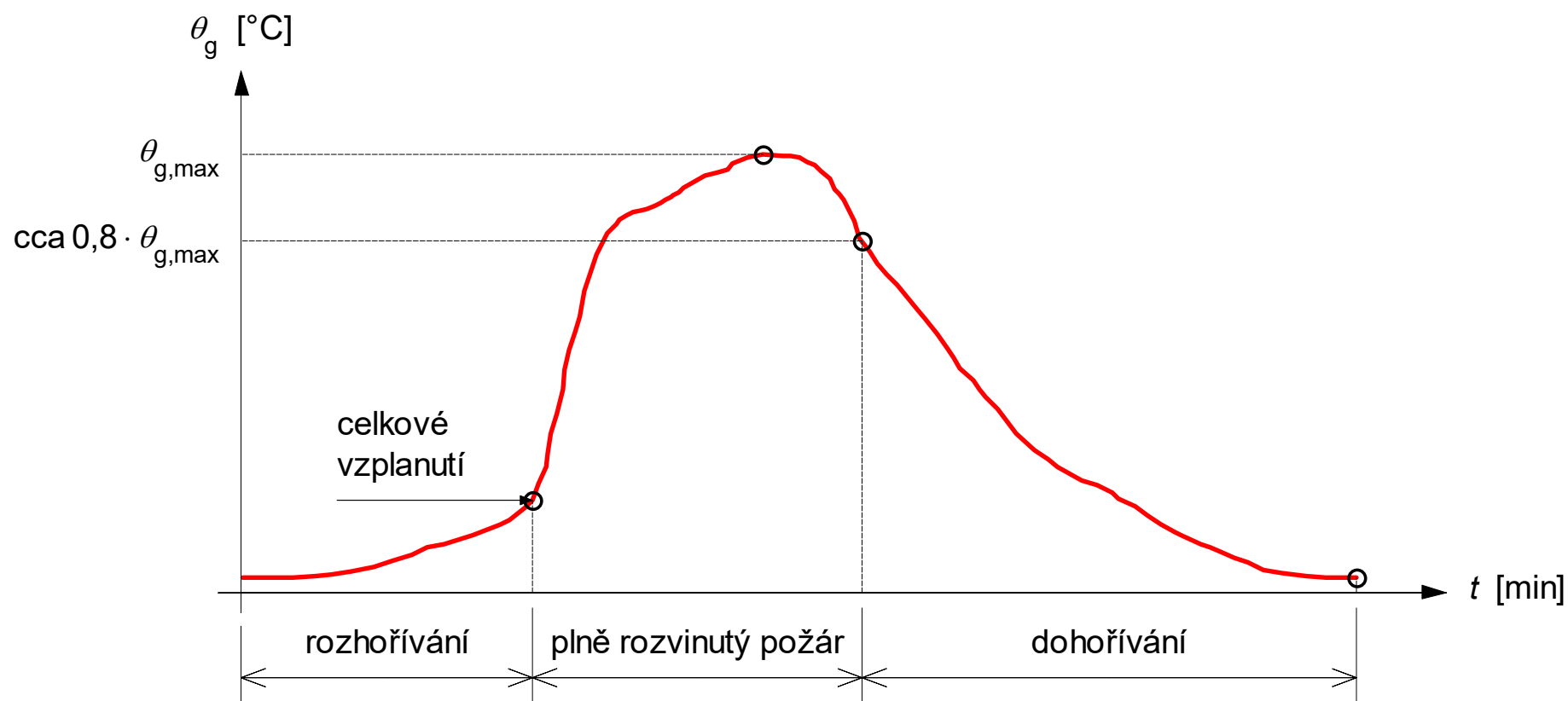
Teplotní analýza požárního úseku

Požární odolnost konstrukce

- Stanovení rozvoje požáru v požárním úseku pro účely návrhu:
požární riziko →
→ návrhový požární scénář, příslušný návrhový požár
- Rozvoj požáru se obvykle popisuje časovou závislostí teploty plynů v požárním úseku - tzv. **teplotní křivkou**
- Kromě teploty se v některých případech sleduje časová závislost dalších veličin (tlaku, rychlosti zahřívání, složení plynů)

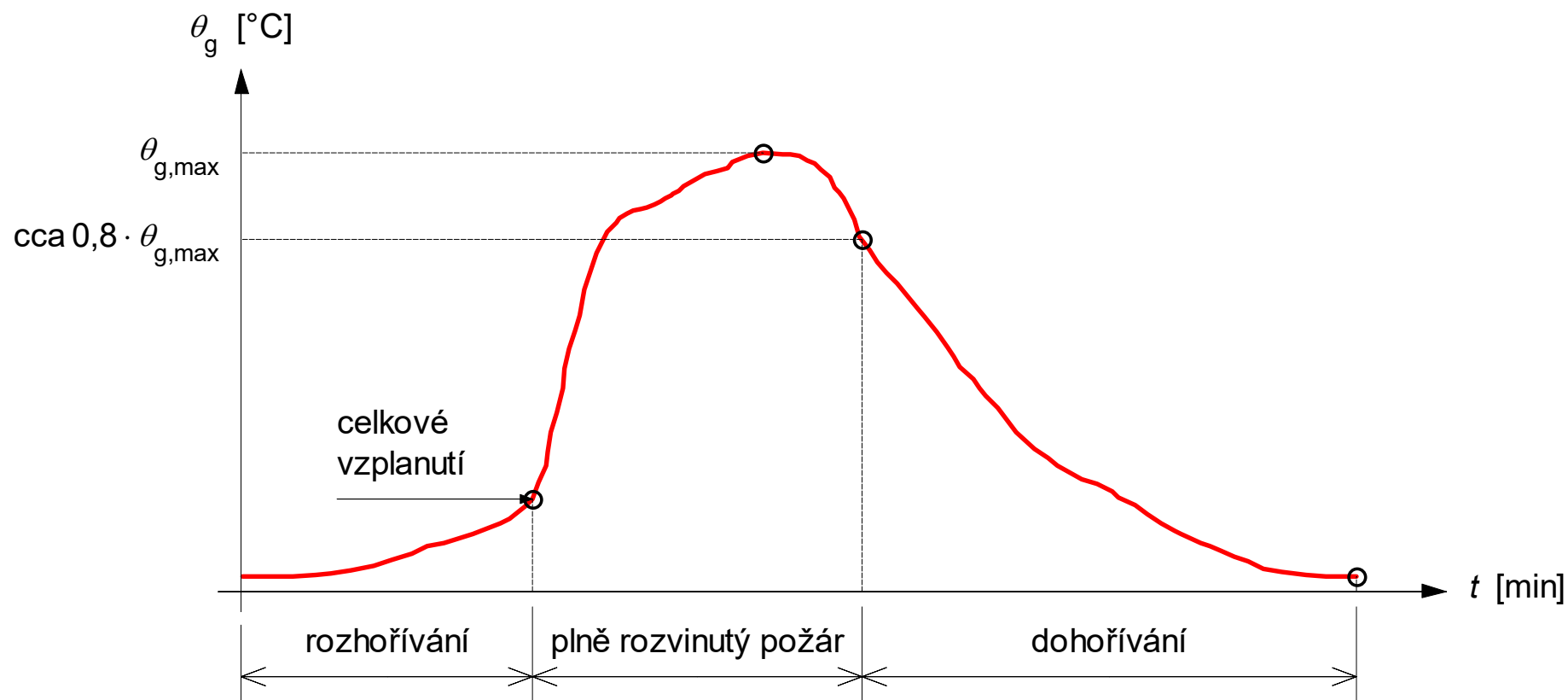
Teplotní analýza požárního úseku

Příklad teplotní křivky popisující skutečný průběh teploty plynů v požárním úseku, fáze rozvoje požáru



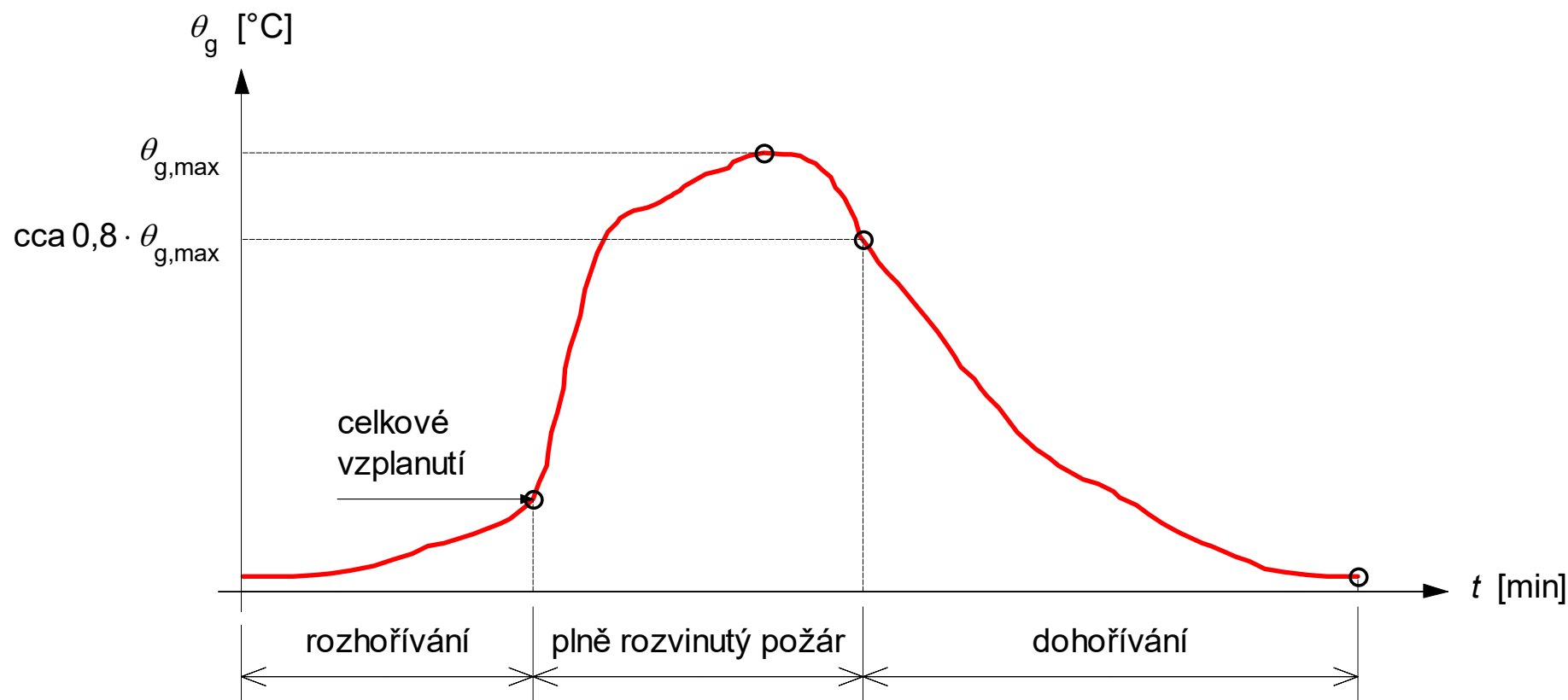
Teplotní analýza požárního úseku

Fáze rozhořívání - malý nárůst teploty plynů v požárním úseku, požár se udržuje v místě vzniku



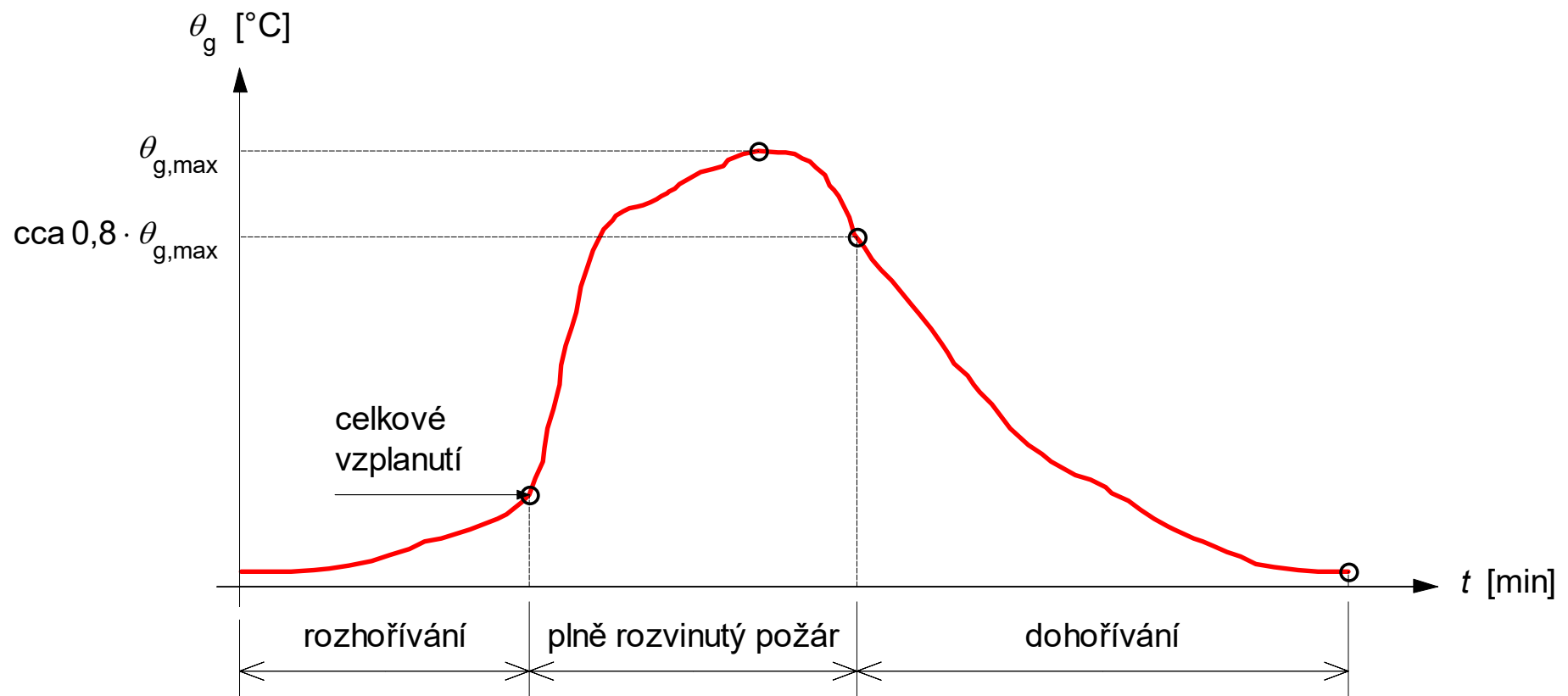
Teplotní analýza požárního úseku

Fáze plně rozvinutého požáru - po okamžiku celkového vzplanutí (**flashover**) požár vyplňuje celý prostor požárního úseku, hoří veškeré hořlavé látky, dochází k rychlému nárůstu teploty plynů



Teplotní analýza požárního úseku

Fáze dohořívání (chladnutí) - po jejím ukončení je teplota plynů v požárním úseku shodná jako před vypuknutím požáru



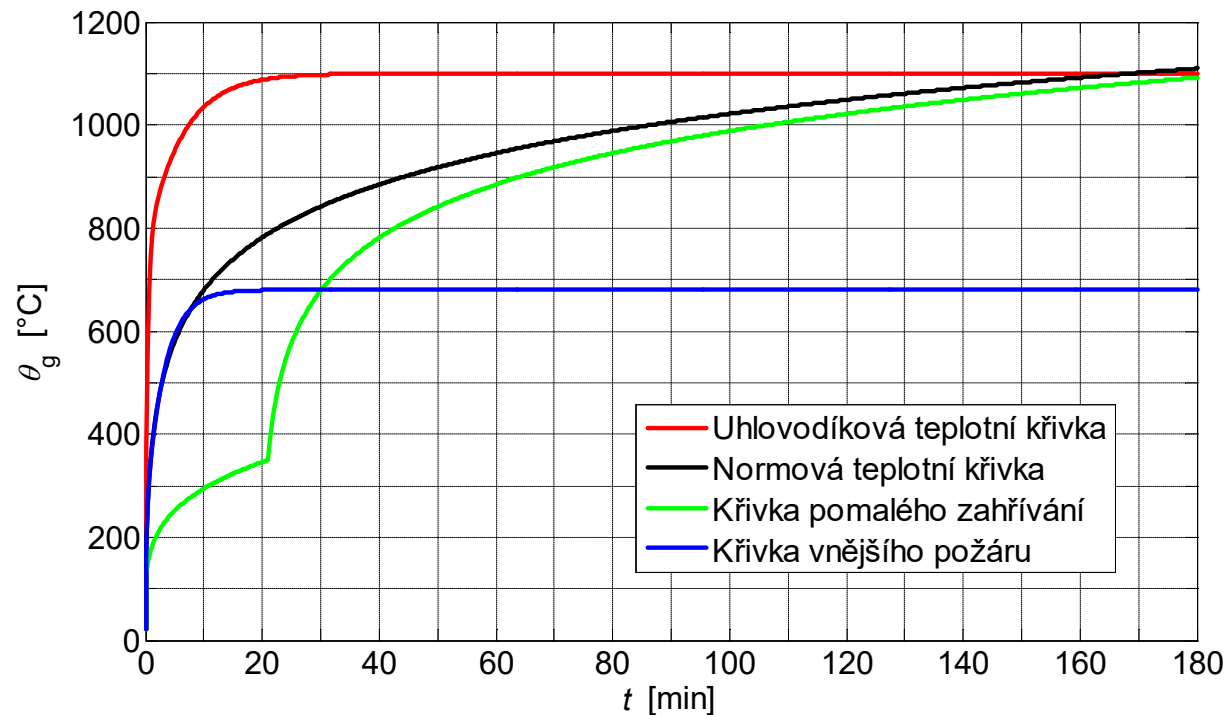
Teplotní analýza požárního úseku

Video - příklad rozvoje požáru obývacího pokoje od vánočního stromku (zdroj: <http://www.youtube.com/watch?v=fsaLCdC3iWw>)

Teplotní analýza požárního úseku

Nominální teplotní křivky

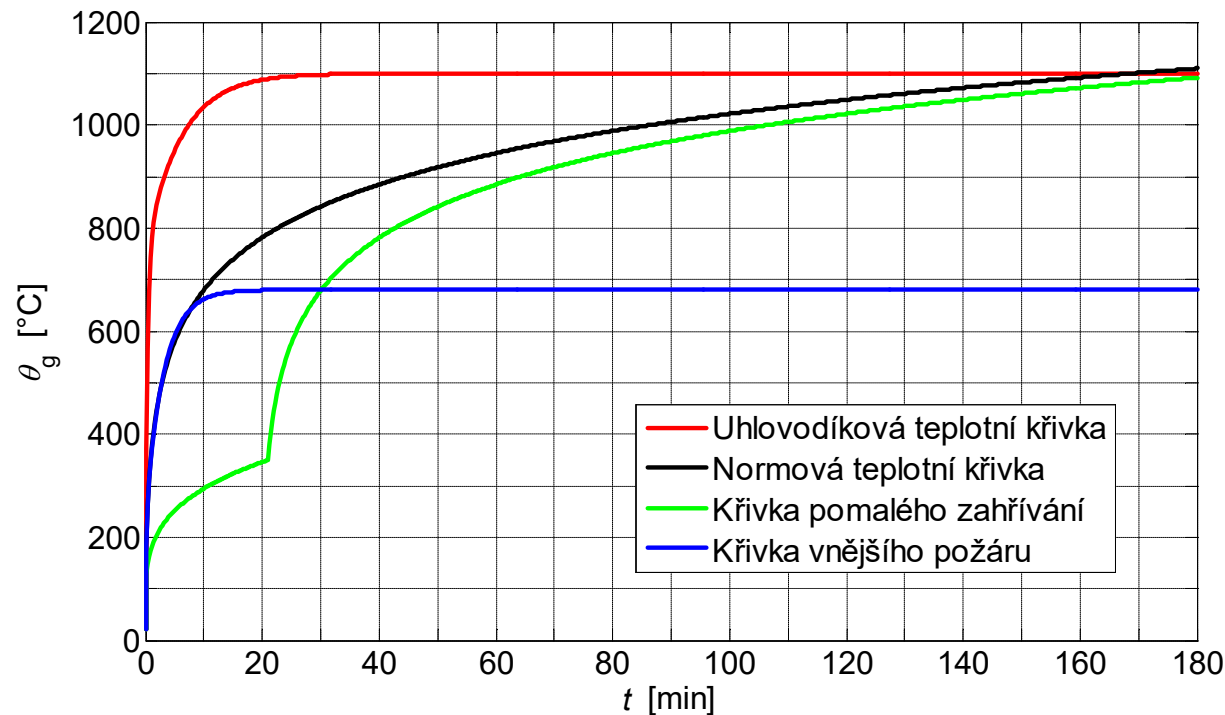
- nejjednodušší modely požáru
- definují teplotu plynů v požárním úseku pouze jako funkci času trvání požáru, popisují fázi plně rozvinutého požáru



Teplotní analýza požárního úseku

- **Normová teplotní křivka (ISO 834)**
 - celulóзовé hoření, nejběžnější

$$\theta_g = 20 + 345 \cdot \log(8 \cdot t + 1)$$

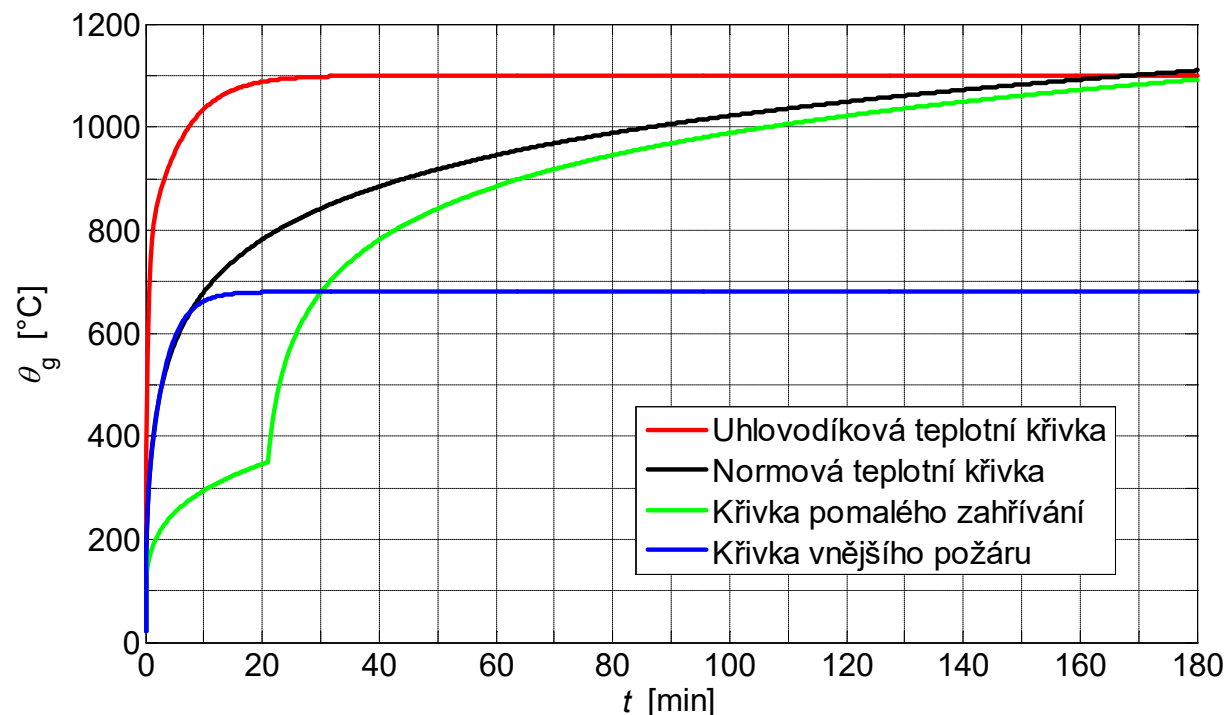


Teplotní analýza požárního úseku

- **Křivka vnějšího požáru**

- vztahuje se k požárům působícím na vnější líce obvod. stěn

$$\theta_g = 20 + 660 \cdot \left(1 - 0,687 \cdot e^{-0,32 \cdot t} - 0,313 \cdot e^{-3,8 \cdot t} \right)$$

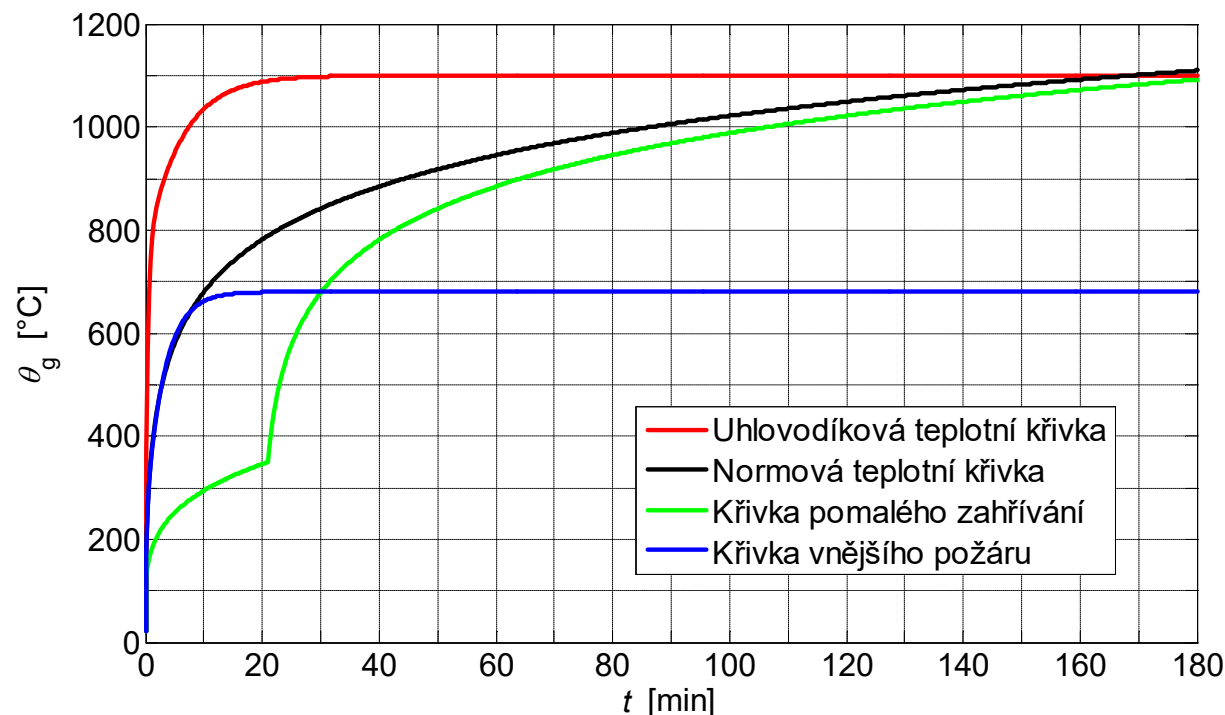


Teplotní analýza požárního úseku

- **Uhlovodíková křivka**

- popisuje hoření ropy a ropných produktů (garáže)

$$\theta_g = 20 + 1080 \cdot \left(1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,675 \cdot e^{-2,5 \cdot t} \right)$$

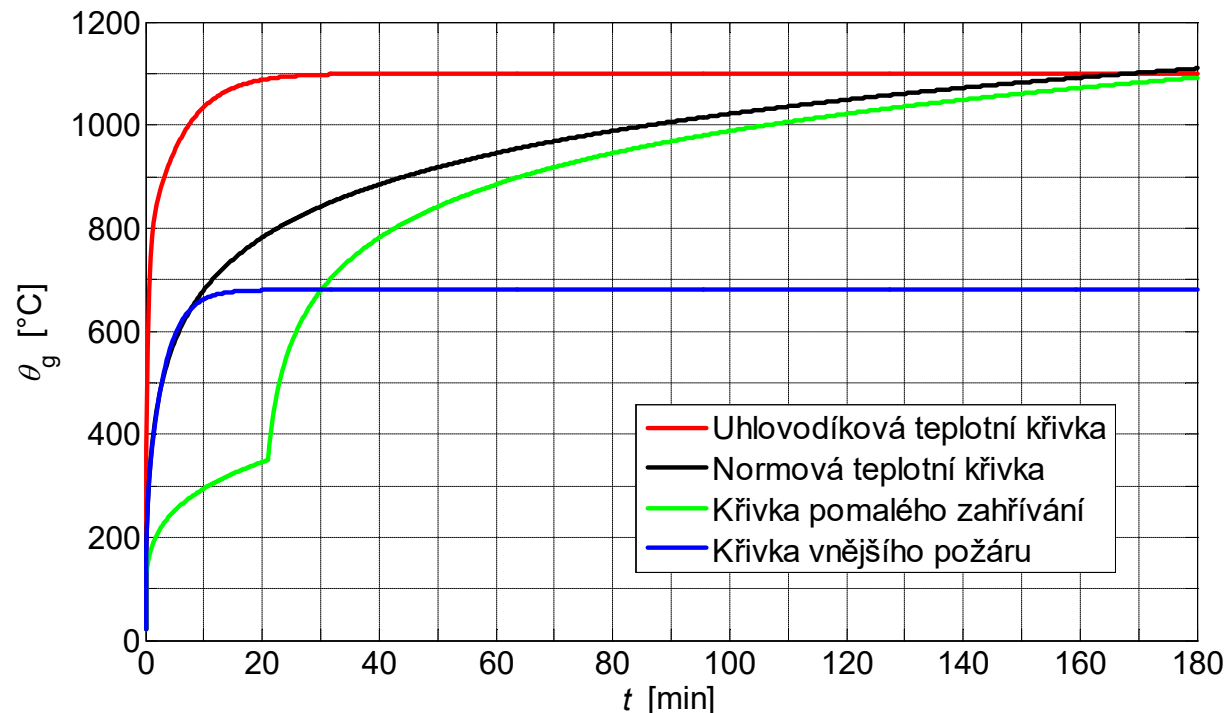


Teplotní analýza požárního úseku

- **Křivka pomalého zahřívání**

- požáry v dutinách zdvojených podlah nebo podhledů

$$\theta_g = \begin{cases} 20 + 154 \cdot t^{0,25} & \text{pro } 0 < t \leq 21 \\ 20 + 345 \cdot \log[8 \cdot (t - 20) + 1] & \text{pro } t > 21 \end{cases}$$



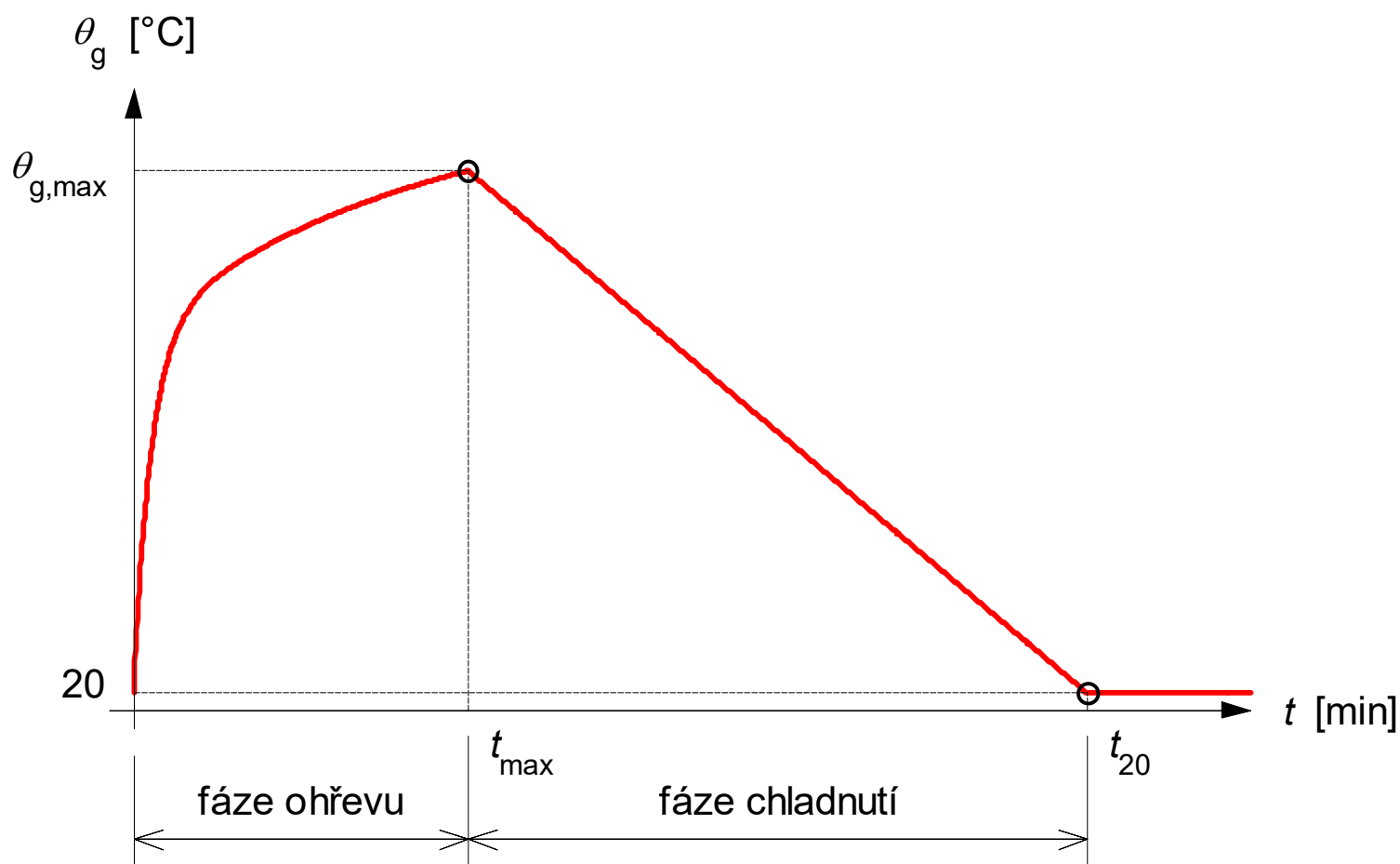
Teplotní analýza požárního úseku

Přirozené modely požáru

- Zjednodušené modely
 - modely požáru celého prostoru požárního úseku - rovnoměrné rozložení teploty (např. *parametrická teplotní křivka uvedená v příloze A normy ČSN EN 1991-1-2*)
 - modely lokálních požárů - nerovnoměrné rozložení teploty
- Zpřesněné modely
 - jednozónový model
 - dvouzónový model
 - výpočetní dynamické modely kapalin a plynů (*CFD modely - computational fluid dynamic models*)

Teplotní analýza požárního úseku

Parametrická teplotní křivky dle normy ČSN EN 1991-1-2

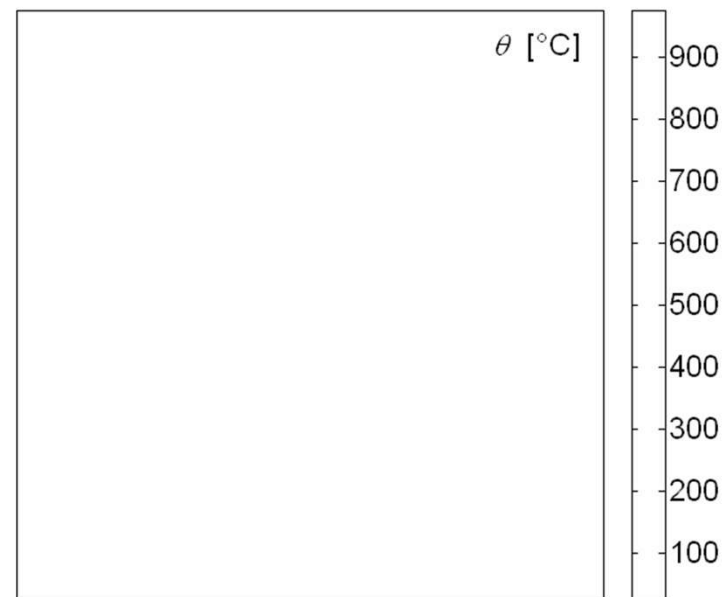
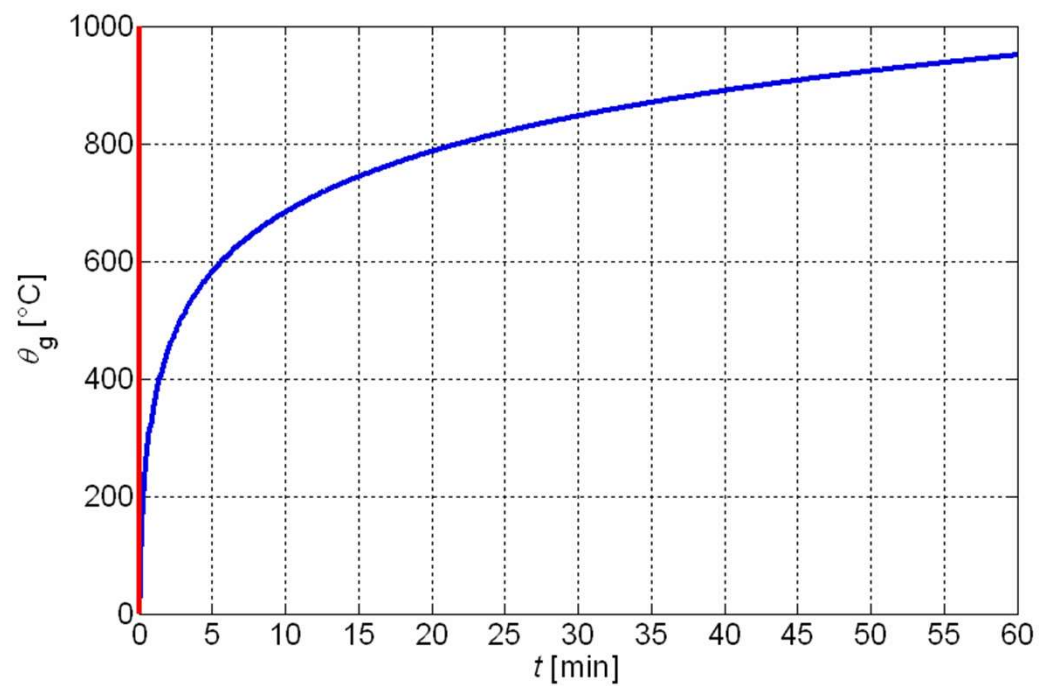


Teplotní analýza požárního úseku

Parametrická teplotní křivky dle normy ČSN EN 1991-1-2

- Parametry vstupující do výpočtu
 - požární zatížení
 - vlastnosti ohraničujících konstrukcí (ρ , c , λ)
 - rozměry požárního úseku
 - podmínky větrání (plochy a rozměry otvorů)

Teplotní analýza konstrukce



Děkuji za pozornost!

Seznam použitých zdrojů

- [1] Wald, F. a kol. Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03157-8.
- [2] Směrnice Rady 89/106/EHS, o sbližování právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků, ze dne 21. prosince 1989.
- [3] ČSN 73 0802. Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty. Praha: ÚNMZ, 2009.
- [4] Procházka, J. a kol. Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [5] Vyhláška Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb., o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci), ze dne 29. června 2001.
- [6] Comprehensive fire protection and safety with concrete. Brussels: European Concrete Platform ASBL, April 2007. Český překlad dostupný na:
<http://www.betontks.cz/downloads/Komplexni-pozarni-ochrana.pdf>
- [7] The three mechanisms of heat transfer (graphic) [online]. [cit. 10. 6. 2010].
URL: <http://geography.hunter.cuny.edu>
- [8] ČSN EN 1992-1-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.

© Radek Štefan, Jaroslav Procházka 2011-2025

Poslední úprava: 24. 9. 2025

Připomínky a návrhy na vylepšení prezentace zasílejte prosím na adresu radek.stefan@fsv.cvut.cz

Upozornění:

Materiál slouží pouze pro studijní a výukové účely v rámci předmětů vyučovaných na Fakultě stavební ČVUT v Praze!