

TEPELNÁ A MECHANICKÁ ZATÍŽENÍ

Ing. Kamila Horová

Prof. Ing. František Wald, CSc.

Doc. Ing. Magdaléna Štujberová

1

ČSN EN 1991-1-2

- Popisuje tepelné a mechanické zatížení pro navrhování pozemních staveb vystavených účinkům požáru
- Nahrazuje ČSN P ENV 1991-2-2:1997
- Obsahuje národní přílohu
- Použití s částmi prEN 1992 až prEN 1996 a prEN 1999

Národní příloha k ČSN EN 1991-1-2

- Určuje národní stanovené parametry platné na území ČR
- V odstavci 2.10 doporučuje použití součinitelů kombinací zatížení

2

Požární zatížení

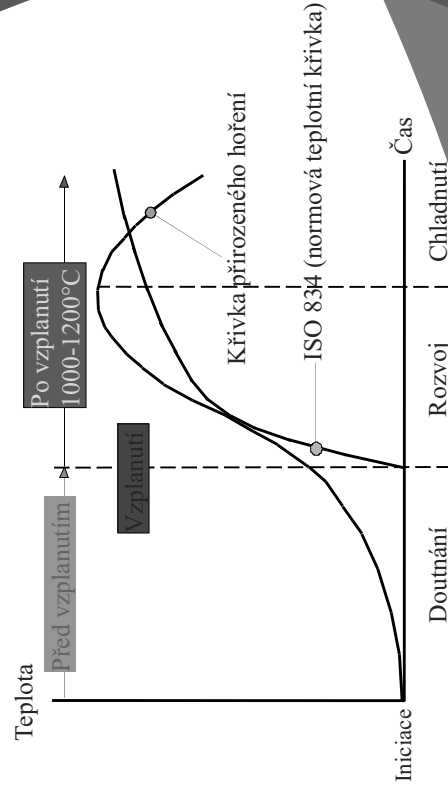
Zatížení při požární situaci

- ✓ **tepelné**
 - vyjadřuje množství hořlavých látek v PÚ
 - ovlivňuje rozvoj teploty v požárním úseku
 - v jeho důsledku dochází k ohřívání konstrukce a ke změnám mechanických vlastností materiálu (tepelná odezva konstrukce)
- ✓ **mechanické** ☐ **přímé zatížení**
 - „standardní zatížení“ (stálé, proměnné)
 - používá se mimořádná návrhová kombinace zatížení podle ČSN EN 1990 (použití kvazistálé nebo časté hodnoty lze stanovit podle NP)
- ☐ **nepřímé zatížení**
 - vyvolané teplotní roztažností prvků

3

Tepelné zatížení

Fáze přirozeného požáru a normová požární křivka



4

Zjednodušené modely

- ➡ nominální teplotní křivky
 - ✓ normová teplotní křivka
 - ✓ křivka vnějšího požáru
 - ✓ uhovodíková křivka

➡ parametrická teplotní křivka

Zdokonalené modely ➡ lokální požár

- ➡ jednozónový model
- ➡ dvouzónový model
- ➡ dynamický model

Nominální teplotní křivky

- založené na zkouškách v pecích
- nejjednodušší a málo přesné, někdy konzervativní
- neberou v úvahu průběh požáru v konkrétních požárních úsecích vzhledem k požárnímu zatížení
- nepotřebují žádné vstupní parametry
- nezahrnují fázi ochlazování

normová křivka

pro modelování plně rozvinutého požáru
pro klasifikaci konstrukcí

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10} (8 t + 1)$$

teplotní křivka vnějšího požáru

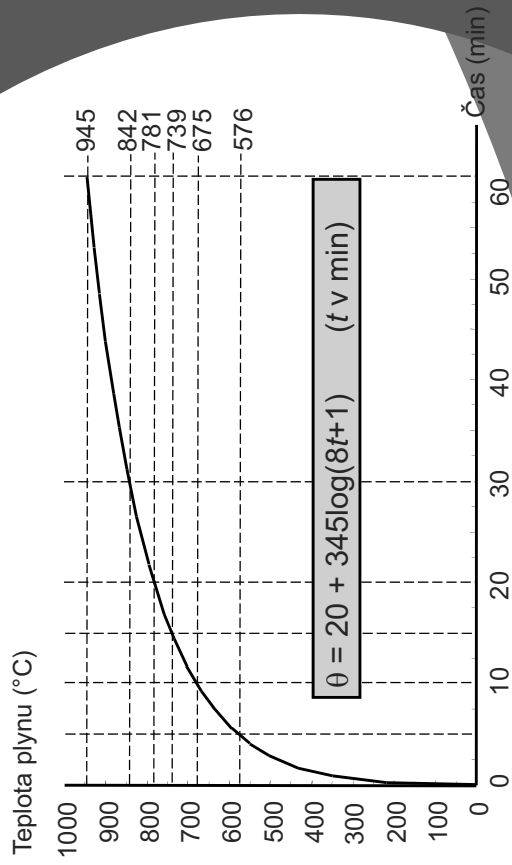
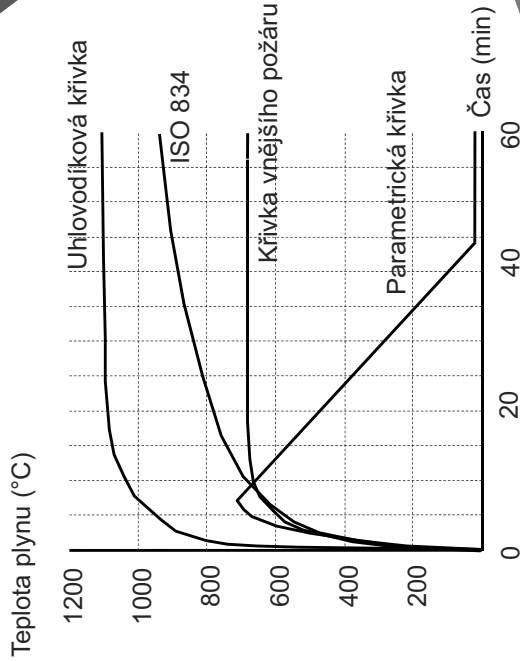
pro obvodové stěny zasažené požárem z vnější strany fasády

$$\theta_g = 20 + 660 \left(1 - 0,687 e^{-0,32 t} - 0,313 e^{-0,38 t} \right)$$

uhlovodíková teplotní křivka

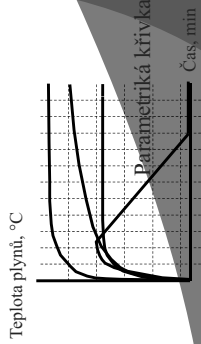
pro požáry kapalných látek a paliv

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



Metoda stanovení teploty ve fázi ohřívání i chlazenutí

- v příloze A ČSN EN 1991-1-2
- odvozena na základě měření při cca 100 experimentálních požárů
 - omezena na požární úseky do 500 m² podlahové plochy
 - otvory pouze ve stěnách, součinitel otvorů v rozmezí 0,02 až 0,2
 - nejsou otvory ve stropě
 - maximální výška požárního úseku 4 m
 - pro přiměřené množství a běžné hořlavé materiály $q_{d,i}$ v rozmezí 50 až 1000 MJ/m² (od 3,5 do 70 kg dřeva na m²)
 - tepelné charakteristiky obvodových konstrukcí v rozmezí 100 až 2200 J/m² s^{1/2}K
- fáze ohřívání: exponenciální křivka
- fáze chlazenutí: lineární pokles teploty



Vstupní parametry

- hustota požárního zatížení
- rychlost rozvoje požáru (malá, střední, velká)
- počet a velikost otvorů
- rozměry požárního úseku
- tepelné vlastnosti obvodových konstrukcí, tj. stěn, stropu a podlahy

Křivka ve fázi ohřevu

$$\theta_{g,t} = 20 + 1325 \left(1 - 0,324 e^{-0,2t} - 0,204 e^{-1,7t} - 0,472 e^{-19t} \right)$$

Hustota požárního zatížení

- postup podle ČSN EN 1991-1-2, Příloha E
- určuje se pro celý požární úsek (výpočet, dle klasifikace provozu)
- hořlavé materiály tvořící konstrukci (podlahy, okenní rámy, nosné prvky, ...)
- „obsah“ budovy (nábytek, skladované materiály, ...)

$$q_{f,k} = Q_{f,i,k} / A_f \quad [\text{MJ/m}^2]$$

plocha podlahy požárního úseku

$$Q_{f,i,k} = \Sigma (M_{k,i} \cdot H_{ui} \cdot \psi_i) = \Sigma Q_{f,i,k,i} \quad [\text{MJ}]$$

→ součinitel pro chráněné požární zatížení

→ čistá výhřevnost [MJ/kg]

→ množství hořlavého materiálu [kg]

tabulka výhřevnosti některých materiálů v příloze E normy ČSN EN 1991-1-2

Pevné látky	H _u MJ/kg
Dřevo	17,5
Ostatní celulózové materiály ▪ oděvy ▪ korek ▪ bavlna	20
Chemické látky	
Aromatické uhlovodíky ▪ benzen ▪ toluen	40
Ostatní materiály	
Polyester (plast)	30
Kůže	20
Pneumatiky	30

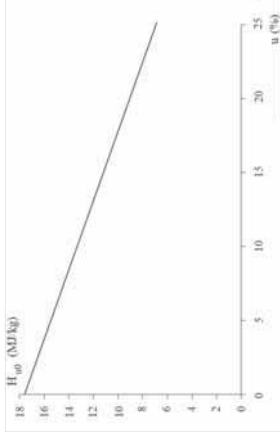
výňah z tabulky E3, ČSN EN 1991-1-2

Vliv vlhkosti

- udává se výhřevnost suchých hořlavých materiálů
- vlhkost lze zohlednit podle vztahu

$$H_u = H_{u0} (1 - 0,01 u) - 0,025 u$$

- H_{u0} je čistá výhřevnost suchého materiálu
- u je vlhkost v procentech suché hmotnosti



Chráněné požární zatížení

- pokud je požární zatížení uzavřeno v obalech (kontejnerech, ...) se zaručenou požární odolností větší než je doba, po kterou bude vystaveno požáru, potom není třeba s ním počítat $\psi_i = 0$
- pokud je požární zatížení uzavřeno v nehořlavých obalech, u kterých není deklarovaná jejich požární odolnost, ale které nebudou požárem poškozeny, postupuje se následovně:
 - největší zatížení, ale alespoň 10% celkového zatížení, se započte plně $\psi_i = 1$
 - pokud toto množství nestačí k zahrnutí zbývajících hořlavého materiálu na zápalnou teplotu, s dalším zatížením se nepočítá $\psi_i = 0$
- v ostatních případech je třeba posoudit vliv chráněného zatížení individuálně

Hustota požárního zatížení podle klasifikace provozu

Hustota požárního zatížení $q_{f,k}$ [MJ/m²]

Provoz	Průměr	80% kvantil
byty	780	948
nemocnice (pokoje)	230	280
hotely (pokoje)	310	377
knihovny	1500	1824
kanceláře	420	511
školní třídy	285	347
nákupní centrum	600	730
divadla (kina)	300	365
doprava (prostory pro veřejnost)	100	122

Nezahrnuje stálé zatížení: konstrukční prvky, obklady, okna, dveře...

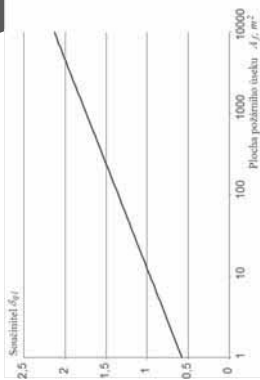
$$q_{f,d} = q_{f,k} m \delta_{q1} \delta_{q2} \delta_n \left[\text{MJ/m}^2 \right]$$



Součinitele δ_q

Riziko vzniku požáru vzhledem k velikosti požárního úseku

$$\delta_{q1} = 0,16881 \ln(A_f) + 0,5752$$



Riziko vzniku požáru vzhledem k účelu stavby

Součinitel δ_{q2}	Příklady provozu
0,78	Umělecké galerie, muzea, bazény
1,00	Kanceláře, byty, hotely, papírenský průmysl
1,22	Výroba strojů a motorů
1,44	Chemické laboratoře, lakovny
1,66	Výroba zábavné pyrotechniky, barev

Součinitele δ_n

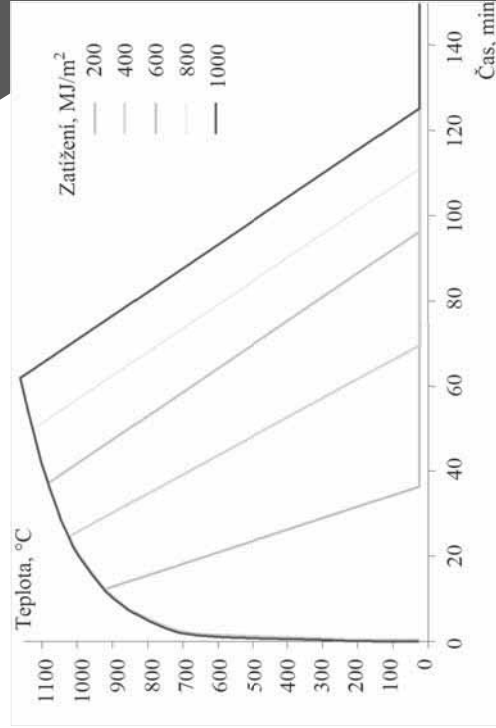
Vliv požárně bezpečnostních opatření

$$\delta_n = \prod \delta_{n,i} = \delta_{n,1} \cdot \delta_{n,2} \cdot \dots \cdot \delta_{n,10}$$

Samočinné hasicí zařízení				Samočinné požární hlásiče			Manuální hašení požáru				
Samočinné vodní hasicí zařízení (sprinklery)	Nezávislé vodní zdroje	Samočinné požární a poplachové hlásiče			Samočinný přenos poplachu k požární jednotce	Závodní požární jednotka	Externí (věřejná) požární jednotka	Bezpečné přístupové cesty	Technické hasicí prostředky	Zařízení pro odchod kouře	
		1	2	3							tepelné
$\delta_{n,1}$	$\delta_{n,2}$	$\delta_{n,3}$	$\delta_{n,4}$	$\delta_{n,5}$	$\delta_{n,6}$	$\delta_{n,7}$	$\delta_{n,8}$	$\delta_{n,9}$	$\delta_{n,10}$		
0,61	1,0 0,87 0,7	0,87	0,73	0,87	0,61	0,78	0,9* nebo 1,0* nebo 1,5*	$\delta_{n,9}$	1,0* nebo 1,5*		

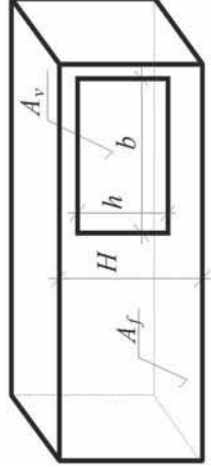
* pokud jsou schodiště přetlakově větrána + pro běžná protipožární opatření se bere hodnota 1,0 pokud nejsou, bere se 1,5

Vliv velikosti požárního zatížení



Součinitel otvorů

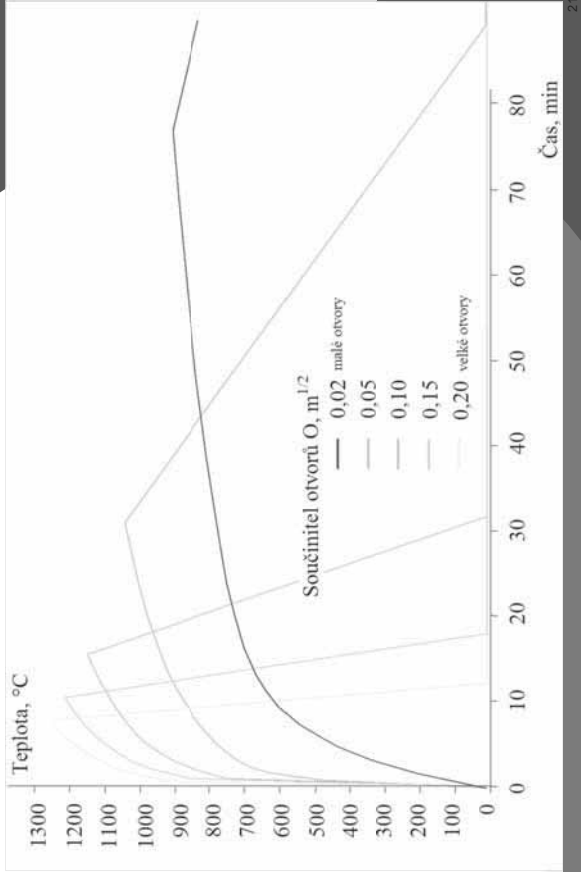
$$O = \frac{\sum A_v}{A_t} \sqrt{h_{eq}} \left[m^{1/2} \right]$$



A_v plocha otvoru
 A_t plocha všech povrchů v požárním úseku
 h_{eq} výška otvoru
pokud je více otvorů s rozdílnou výškou, použije se její vážený průměr

$$h_{eq} = \frac{\sum A_v h}{\sum A_v}$$

Vliv součinitele otvorů



Vlastnosti obvodových konstrukcí

Jednovrstvá konstrukce

$$b = \sqrt{\rho c \lambda} \left[\text{J/m}^2 \text{s}^{1/2} \text{K} \right]$$

- ρ objemová hmotnost
- c měrné teplo
- λ součinitel tepelné vodivosti
- všechny hodnoty za běžné teploty

Pokud jsou v požárním úseku stěny z různých materiálů, výsledný parametr b se určí jako vážený průměr

Ztráty obvodovými konstrukcemi tvoří cca 10-30% energie uvolněné při požáru

Vlastnosti obvodových konstrukcí ovlivňují průběh teploty (akumulace)

Vlastnosti ohraničujících konstrukcí

Dvouvrstvá konstrukce

pokud je $b_1 < b_2$ potom $b = b_1$

pokud je $b_1 > b_2$ potom se určí limitní tloušťka

$$s_{lim} = \sqrt{\frac{3600 t_{max} \lambda_1}{c_1 \rho_1}}$$

pokud je $s_1 > s_{lim}$ potom $b = b_1$

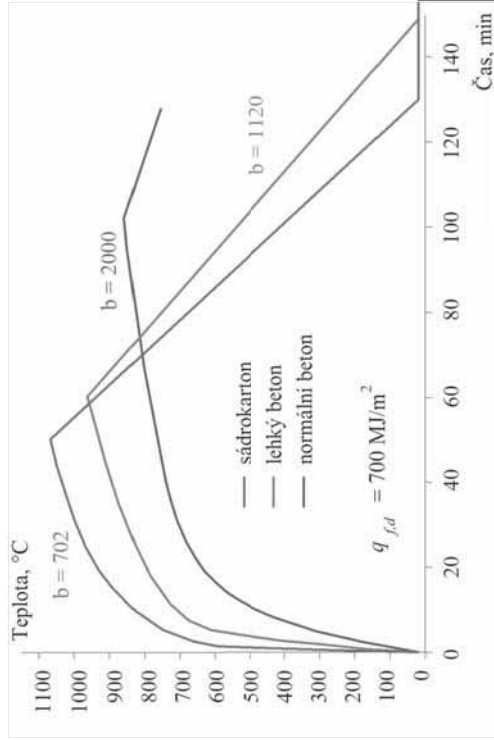
pokud je $s_1 < s_{lim}$ potom $b = \frac{s_1}{s_{lim}} b_1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{lim}} \right) b_2$



Vrstva 1

Vrstva 2

Vliv ohraničujících konstrukcí



Čas pro maximální teplotu

Požár řízený palivem

$$t_{max,f} = t_{lim}$$

kde $t_{lim} = 25 \text{ min} = 0,417 \text{ hod}$ pro malou rychlost rozvoje požáru
 $t_{lim} = 20 \text{ min} = 0,333 \text{ hod}$ pro střední rychlost rozvoje
 $t_{lim} = 15 \text{ min} = 0,250 \text{ hod}$ pro velkou rychlost rozvoje

Požár řízený ventilací

$$t_{maxy} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3} q_{t,d}}{O}$$

kde $q_{t,d}$ je hustota požárního zatížení rozpočtená na celkovou plochu povrchů požárního úseku

O je součinitel otvorů

Rozhoduje větší hodnota t_{max}

$$t_{max} = \max(t_{max,f}, t_{maxy})$$

Fáze ohřívání - křivka řízená ventilací

Parametr Γ

$$\Gamma = \frac{\left(\frac{O}{O_{ref}}\right)^2}{\left(\frac{b}{b_{ref}}\right)^2}$$

$$O_{ref} = 0,04$$

$$b_{ref} = 1160$$

upravuje čas t na čas t^* , pozor, dosazuje se v hodinách

$$t^* = \Gamma t \quad [hod]$$

křivka ve fázi ohřívání

$$\theta_{g,t} = 20 + 1325 \left(1 - 0,324 e^{-0,2 t^*} - 0,204 e^{-1,7 t^*} - 0,472 e^{-19 t^*} \right)$$

platí až do času t_{max}^*

$$t_{max}^* = \Gamma t_{max}$$

Fáze ohřívání - křivka řízená palivem

Upravený součinitel otvorů

$$O_{lim} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3} q_{t,d}}{t_{lim}}$$

Parametr Γ_{lim}

$$\Gamma_{lim} = \frac{\left(\frac{O_{lim}}{O_{ref}}\right)^2}{\left(\frac{b}{b_{ref}}\right)^2}$$

$$O_{ref} = 0,04$$

$$b_{ref} = 1160$$

pokud platí $O > 0,04$ a $q_{t,d} < 75 \text{ MJ/m}^2$ a $b < 1160 \text{ J/m}^2 \text{ s}^{1/2} \text{ K}$ (současně),

potom se parametr Γ_{lim} přenásobí součinitelem k

$$k = 1 - \left(\frac{O - 0,04}{0,04} \right) \left(\frac{q_{t,d} - 75}{75} \right) \left(\frac{1160 - b}{b} \right)$$

křivka ve fázi ohřívání

$$\theta_{g,t} = 20 + 1325 \left(1 - 0,324 e^{-0,2 t^*} - 0,204 e^{-1,7 t^*} - 0,472 e^{-19 t^*} \right)$$

platí až do času t_{max}^*

$$t_{max}^* = \Gamma_{lim} t_{max}$$

velké otvory,
malá hustota požárního
zatížení,
malá tepelná kapacita stěn

Parametrická křivka - fáze ohřívání

- pozor, čas v hodinách upravený parametrem Γ

$$t^* = \Gamma t \quad [hod]$$

- pro $\Gamma > 1$ vychází teplota vyšší než podle normové křivky,

- pro $\Gamma < 1$ teplota nižší než podle normové křivky,

- pro $\Gamma = 1$ je teplota přibližně stejná jako teplota podle normové křivky

- ve fázi ohřívání stejný vzorec pro požár řízený ventilací i palivem, ale mění se parametr Γ (pro požár řízený palivem se snižuje parametr Γ a prodlužuje se doba dosažení maximální teploty t_{max})

Parametrická teplotní křivka

Parametrická křivka - fáze chlazení

Rychlost chlazení závisí na délce doby ohřívání:

- pro „krátkou“ dobu ohřívání $t^*_{max} \leq 0,5 \text{ hod}$
$$\theta_{g,t} = \theta_{max} - 625 (t^* - t^*_{max})$$
- pro „střední“ dobu ohřívání $0,5 \text{ hod} < t^*_{max} < 2,0 \text{ hod}$
$$\theta_{g,t} = \theta_{max} - 250 (3 - t^*_{max}) (t^* - t^*_{max})$$
- pro „dlouhou“ dobu ohřívání $2,0 \text{ hod} \leq t^*_{max}$
$$\theta_{g,t} = \theta_{max} - 250 (t^* - t^*_{max})$$

θ_{max} maximální dosažená teplota ve fázi ohřívání

požár řízený ventilací

$$i^* = \Gamma t$$

$$i^*_{max} = \Gamma t_{max}$$

požár řízený palivem

$$i^* = \Gamma t$$

$$i^*_{max} = \Gamma t_{lim}$$

rychlost chlazení závisí na vlastnostech požárního úseku (b, O)

Lokální požár

Lokální požár



Plně rozvinutý požár



Použije se tam, kde:

- je velký požární úsek s poměrně malým požárním zatížením, tzn. nedochází ke vzplanutí a přechodu do plně rozvinutého požáru
- ve velkých prostorách nebo na volném prostranství, kde nevznikne dostatečně vysoká teplota pro vzplanutí
- tam, kde je rozmístění požárního zatížení takové, že se požár nešíří

Použije se tam, kde:

- může dojít ke vzplanutí a přechodu do plně rozvinutého požáru

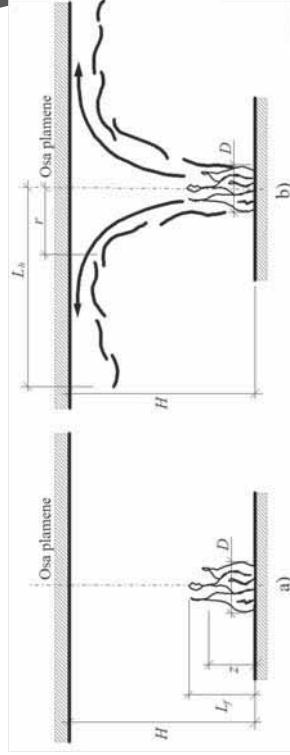
Lokální požár

Modely lokálního požáru

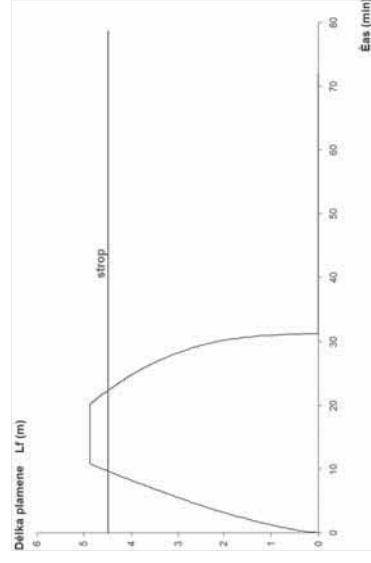
ČSN EN 1991-1-2, příloha C

Plamen nedosahuje ke stropu

Plamen dosahuje ke stropu



Délka plamene



$$L_f = -1,02 D + 0,0148 Q^{2/5}$$

Plamen nedosahuje ke stropu

Teplota v ose požáru ve výšce z

$$\theta_g = 20 + 0,25 Q_e^{2/3} (z - z_0)^{-5/3} \leq 900^\circ\text{C}$$

konvekční složka tepelného toku

$$Q_c = 0,8 Q$$

a virtuální počátek z_0 je $z_0 = -1,02 D + 0,00524 Q^{2/5}$

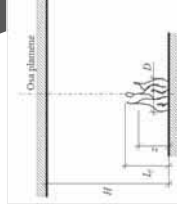
Tepelný tok dopadající na ocelový prvek

$$h_{\text{net},c} = \alpha_c (\theta_g - \theta_a)$$

$$h_{\text{net},r} = \Phi \varepsilon_m \varepsilon_r \sigma ((\theta_i + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4)$$

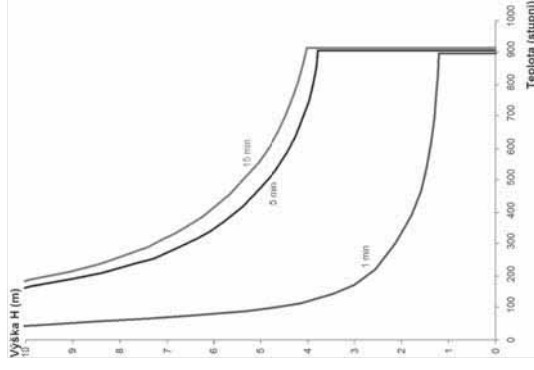
Celkový tepelný tok

$$h_{\text{net}} = h_{\text{net},c} + h_{\text{net},r}$$



Heskestad

Teplota po výšce plamene



Heskestad

Plamen dosahuje ke stropu

Tepelný tok dopadající na ocelový prvek se použije přímo pro výpočet teploty ocelových prvků (přírůstková metoda)

$$\dot{h} = 100\,000 \text{ W m}^{-2} \quad \text{pro } y \leq 0,3$$

$$\dot{h} = 136\,300 - 121\,000 y \text{ W m}^{-2} \quad \text{pro } 0,3 < y \leq 1,0$$

$$\dot{h} = 15\,000 y^{-3,7} \text{ W m}^{-2} \quad \text{pro } 1,0 < y$$

poměrná vzdálenost y

$$y = \frac{r + H + z'}{L_h + H + z'}$$

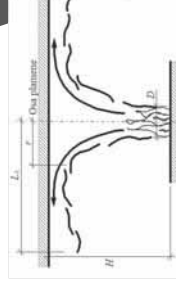
vodorovná délka plamene L_h

$$L_h = 2,9 H (Q_H^*)^{0,33} - H$$

virtuální počátek z'

$$z' = 2,4 D (Q_D^{2,5} - Q_D^{*,2,5}) \quad \text{pro } Q_D^* < 1,0$$

$$z' = 2,4 D (1,00 - Q_D^{*,2,5}) \quad \text{pro } Q_D^* \geq 1,0$$



Hasemi

$$Q_H^* = \frac{Q}{1,11 \cdot 10^6 \cdot H^{2,5}}$$

$$Q_D^* = \frac{Q}{1,11 \cdot 10^6 \cdot H^{2,5}}$$

Plamen dosahuje ke stropu

Tepelný tok dopadající na ocelový prvek

$$\dot{h} = 100\,000 \text{ W m}^{-2} \quad \text{pro } y \leq 0,3$$

$$\dot{h} = 136\,300 - 121\,000 y \text{ W m}^{-2} \quad \text{pro } 0,3 < y \leq 1,0$$

$$\dot{h} = 15\,000 y^{-3,7} \text{ W m}^{-2} \quad \text{pro } 1,0 < y$$

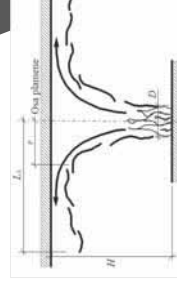
Celkový tepelný tok

$$\dot{h}_{\text{net}} = \dot{h} - \alpha_c (\theta_m - 20) - \Phi \varepsilon_m \varepsilon_r \sigma ((\theta_m + 273)^4 - 293^4)$$

tepelný zisk

ztráty prouděním

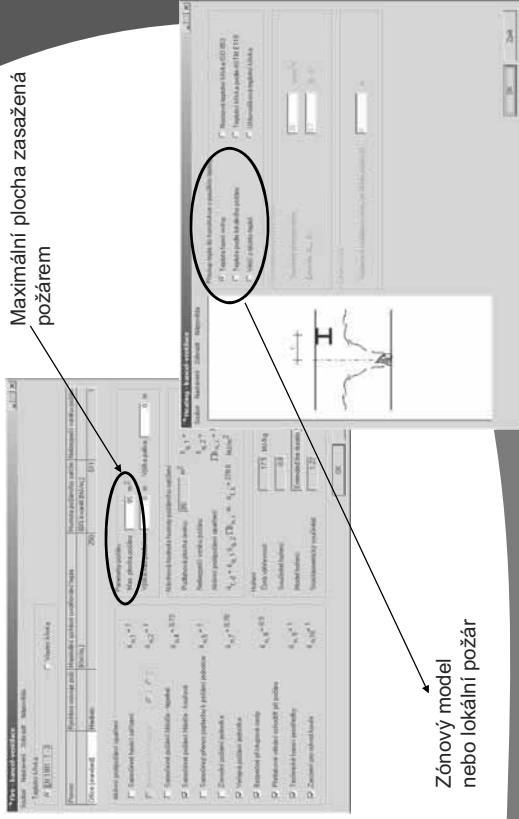
ztráty sáláním



Hasemi

Uspadnění výpočtu

Program Ozone



Maximální plocha zasažená požárem

Zónový model
nebo lokální požár

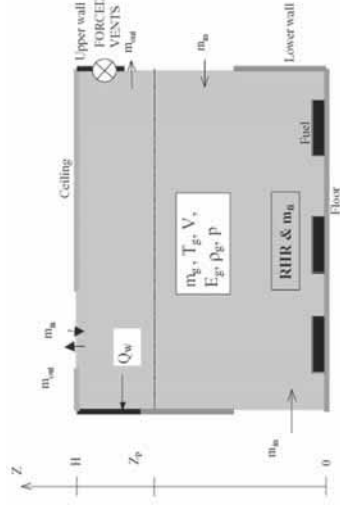
Zónové modely

založeny na řešení diferenciálních rovnic:

- **zachování hmoty:**
 - vzduch vstupující do místnosti okny nebo nucenou ventilací
 - plyny vznikající při hoření
 - vzduch unikající z místnosti okny nebo nucenou ventilací
 - podle množství kyslíku se upravuje průběh hoření
- **zachování energie:**
 - energie uvolňující se při hoření
 - energie potřebná na ohřátí plynů v místnosti
 - energie potřebná na ohřátí stěn a stropů
 - energie potřebná na ohřátí hořlavých materiálů na zápalnou teplotu
 - energie potřebná na ohřátí vnitřního vybavení požárního úseku (zpravidla se zanedbává)
 - energie obsažená v plynech unikajících z požárního úseku
 - energie vyzářená okny
- **výměna energie mezi vrstvami, rozhraní mezi vrstvami**

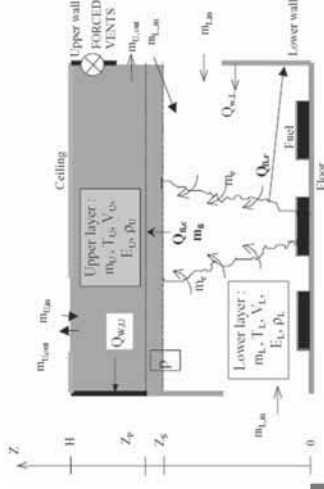
Jednozónový požár

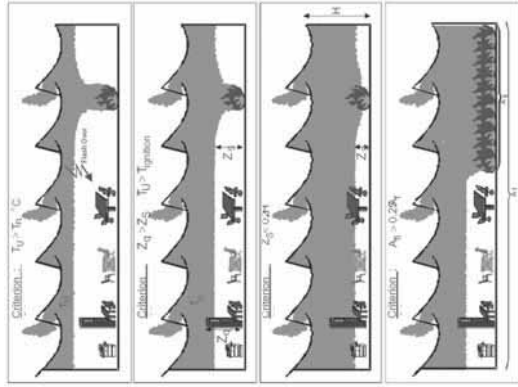
- pro podmínky po „flashoveru“
- předpokládá se rovnoměrná teplota, hustota, vnitřní energie a tlak plynu



Dvouzónový model

- model požáru před „flashoverem“
- produkty hoření se hromadí ve vrstvě pod stropem (vodorovné rozhraní)
- definice rozdílných zón: horní vrstva, dolní vrstva, oheň a jeho oblak hořících plynů, vnější plyn a stěny
- v horní vrstvě se předpokládají jednotné charakteristiky plynů
- mezi těmito zónami se počítá výměna hmoty, energie a chemických látek





- teplota horní vrstvy > teplota vznícení
- horní vrstva zasahuje hořlavé materiály
teplota horní vrstvy > zápalná teplota
- horní vrstva zasahuje téměř celou výšku
požárního úseku
- plocha požáru zasahuje velkou plochu
požárního úseku

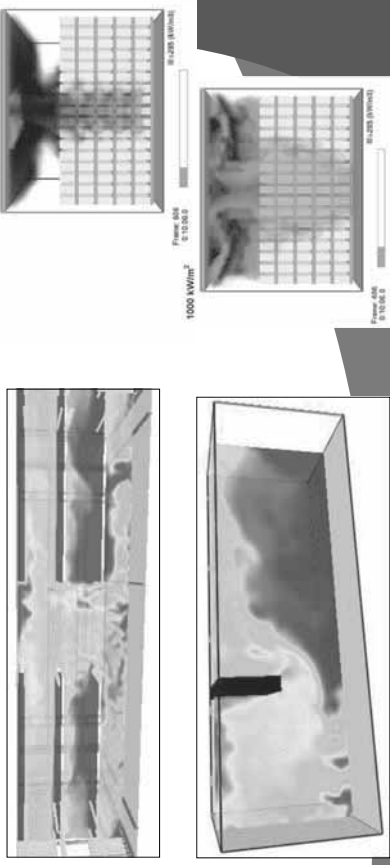
Přechod na jednozónový model:

- teplota plynův horní vrstvě překročí 500 °C
- horní vrstva pokrývá 80 % výšky požárního úseku

Dynamická analýza plynů (CFD)

Používá se pro:

- komplikované tvary požárního úseku (atrium)
- lokální požáry
- předpověď šíření požáru a kouře



Tepelné namáhání nosných prvků

- čistý tepelný tok (množství tepelné energie dopadající na povrch prvku)

Složky čistého tepelného toku

- proudění (konvekce) – míchání molekul hmoty s různou teplotou (kvapaliny nebo plyny)
- sálání (radiace) - elektromagnetické vlnění délky 760 - 4000 nm

$$h_{net} = h_{net,c} + h_{net,r} \quad [Wm^{-2}]$$

Přestup tepla prouděním

Složka proudění na jednotku plochy $[W/m^2]$ se stanoví ze vztahu

$$h_{net,c} = \alpha_c (\theta_g - \theta_m)$$

kde

α_c je součinitel přestupu tepla prouděním

- $\alpha_c = 25 W/m^2K$ při použití normové teplotní křivky
- $\alpha_c = 35 W/m^2K$ při použití parametrické teplotní křivky
- $\alpha_c = 50 W/m^2K$ při použití uhlíkovodíkové teplotní křivky
- $\alpha_c = 35 W/m^2K$ při použití zónových modelů, modelu lokálního požáru

θ_g je teplota plynů v okolí prvku $[^{\circ}C]$

θ_m povrchová teplota prvku $[^{\circ}C]$

Přestup tepla sáláním

Složka sálání na jednotku plochy $[W/m^2]$ se stanoví ze vztahu

$$h_{\text{net},r} = \phi \varepsilon_{\text{res}} \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} [(\theta_r + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4]$$

kde

ϕ je polohový faktor

zpravidla $\phi = 1,0$ - konzervativní

pro plně rozvinutý požár vždy $\phi = 1,0$

pro lokální požár $\phi \leq 1,0$

$$\varepsilon_{\text{res}} = \text{výsledná emisivita } (\varepsilon_m, \varepsilon_f) \quad \varepsilon_m = 0,8 \quad \varepsilon_f = 1,0$$

θ_r sálavá teplota okolí prvku $[^\circ\text{C}]$, lze ji považovat za rovnou teplotě plynu θ_g

θ_m povrchová teplota prvku $[^\circ\text{C}]$

$5,67 \cdot 10^{-8}$ Stefan-Boltzmannova konstanta $[W/(m^2K^4)]$

Mechanické zatížení

- ✓ přímé
- ✓ nepřímé

Mimořádná kombinace zatížení

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_j^{n+j} + \gamma_{PA} P_k^{n+j} + A_d^{n+j} \psi_{11} \gamma_{Q1} Q_{k,1}^{n+j} + \sum_{i > 1} \psi_{2i} \gamma_{Qi} Q_{k,i}$$

složky zatížení

G_k charakteristická hodnota stálého zatížení,

P_k charakteristická hodnota předpětí,

A_d návrhová hodnota mimořádného zatížení,

$Q_{k,1}$ charakteristická hodnota dominantního nahodilého zatížení

Q_k charakteristické hodnoty ostatních nahodilých zatížení

díličí součinitele spolehlivosti při mimořádné kombinaci zatížení

$\gamma_{G,j}$ pro stálé zatížení,

γ_{PA} pro předpětí,

γ_{Qi} pro nahodilé zatížení,

$\psi_{1,1}, \psi_{2i}$ kombinační součinitele – dle NP

Zjednodušené pravidlo

Redukční součinitel zatížení

- ☉ Při modelování části konstrukce nebo jednotlivých konstrukčních prvků se mohou zjednodušené podporové reakce, vnitřní síly a momenty na vybrané části konstrukce vypočítat v čase $t = 0$ z globální analýzy celé konstrukce a potom upravit podle vztahu

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d$$

kde

E_d je návrhová hodnota příslušné vnitřní síly/momentu určená pro běžnou teplotu a základní kombinaci zatížení

η_{fi} je redukční součinitel zatížení pro požární návrhovou situaci

Redukční součinitel zatížení

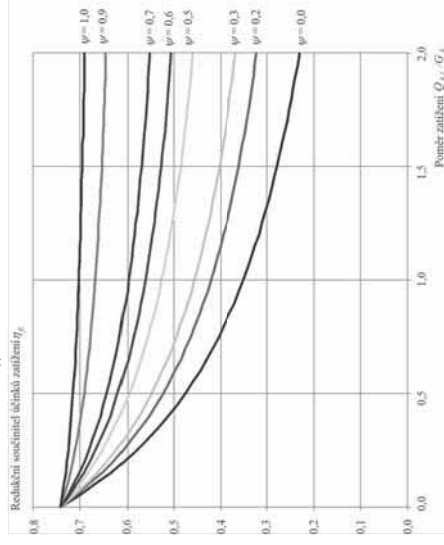
$$\eta_{fi} = \frac{\gamma_{GA} G_k + \psi_{1,1} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}}$$

kde

- G_k je součet stálých zatížení,
- $Q_{k,1}$ dominantní nahodilé zatížení,
- $\gamma_{GA} = 1,0$ díličí součinitel stálého zatížení pro mimořádnou návrhovou situaci;
- $\psi_{1,1}$ součinitel kombinace (častá hodnota zatížení, $\psi_{1,1} = 0,5$ nebo kvazistálá hodnota zatížení $\psi_{2,1} = 0,3$)
- $\gamma_G = 1,35$ díličí součinitel stálého zatížení a
- $\gamma_{Q,1} = 1,5$ díličí součinitel nahodilého zatížení.

pro obytné budovy

Redukční součinitel η_{fi}



- Redukce zatížení je jednou z rezerv konstrukce při požáru.
V kombinaci zatížení je vyjádřena redukčním součinitelem η_{fi}

Děkuji za pozornost