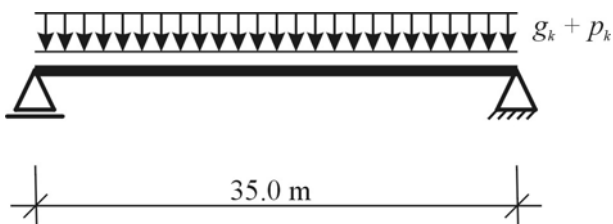


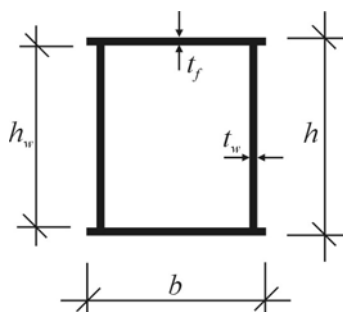
Dokument:	<i>SX036a-CZ-EU</i>	Strana	<i>1</i> z <i>8</i>
Název	<i>Řešený příklad: Požární odolnost uzavřeného svařovaného průřezu</i>		
Eurokód			
Vypracovali	<i>P Schaumann &amp; T Trautmann</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
Kontroloval	<i>J Chica, Labein</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>

## Řešený příklad: Požární odolnost uzavřeného svařovaného průřezu

*Příklad ukazuje návrh uzavřeného svařovaného průřezu z oceli S355. Nosník o rozpětí 35 metrů je součástí střešní konstrukce, nosníky jsou ve vzdálenosti 10 m. Nosník je zajištěn proti klopení a přenáší rovnoměrné spojité zatížení. Požaduje se, aby požárně nechráněný nosník měl požární odolnost R30.*




**Obrázek 1: Schéma nosníku**




**Obrázek 2: Průřez**

### Vstupní údaje

Třída oceli:	S 355
Mez kluzu:	$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
Výška:	$h = 700 \text{ mm}$
Výška stěny:	$h_w = 650 \text{ mm}$
Šířka:	$b = 450 \text{ mm}$
Tloušťka pásnice:	$t_f = 25 \text{ mm}$

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument:	<i>SX036a-CZ-EU</i>	Strana	2 z 8
	Název	<i>Řešený příklad: Požární odolnost uzavřeného svařovaného průřezu</i>		
	Eurokód			
	Vypracovali	<i>P Schaumann &amp; T Trautmann</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
	Kontroloval	<i>J Chica, Labein</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
<p>Tloušťka stěny: <math>t_w = 25 \text{ mm}</math></p> <p>Plocha pásnice: <math>A_f = 11250 \text{ mm}^2</math></p> <p>Plocha stěny: <math>A_w = 16250 \text{ mm}^2</math></p> <p>Měrné teplo: <math>c_a = 600 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}</math></p> <p>Hustota: <math>\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3</math></p> <p>Emisivita prvku: <math>\varepsilon_m = 0,7</math></p> <p>Emisivita požáru: <math>\varepsilon_f = 1,0</math></p> <p>Polohový faktor: <math>\Phi = 1,0</math></p> <p>Součinitel přestupu tepla: <math>\alpha_c = 25,0 \text{ W/m}^2\text{K}</math></p> <p>Stephan Boltzmannova konstanta: <math>\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}</math></p> <p><b>Zatížení</b></p> <p>Stálé zatížení:</p> <p>Nosník: <math>g_{a,k} = 4,32 \text{ kN/m}</math></p> <p>Střecha: <math>g_{r,k} = 5,0 \text{ kN/m}</math></p> <p>Nahodilé zatížení (zatížení větrem se v tomto případě neuvažuje):</p> <p>Sníh: <math>p_{s,k} = 11,25 \text{ kN/m}</math></p> <p><b>Zatřídění průřezu</b></p> <p>Pro zatřídění při vysokých teplotách se používá redukovaný součinitel <math>\varepsilon</math>:</p> $\varepsilon = 0,85 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0,85 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,691$ <p><b>Horní pásnice:</b> tlačená vnitřní část průřezu</p> $c = (b - 2 \cdot t_w) = (450 - 2 \times 25) = 400 \text{ mm}$ $c/t_f = 400 / 25 = 16 \leq 33 \quad \varepsilon = 22,8 \quad \text{1. třída}$ <p><b>Stěna:</b> stěna namáhaná ohybovým momentem</p> $c = h - 2 t_f = 700 - 2 \times 25 = 650 \text{ mm}$ $c / t_w = 650 / 25 = 26 < 72 \quad \varepsilon = 49,7 \quad \text{1. třída}$ <p><b>Třída průřezu je vyšší třída (nejnepříznivější) určená pro stěnu nebo pásnici, v tomto případě: 1. třída.</b></p>				
<p style="text-align: right;"><a href="#">EN 1991-1-2 §3.2.1(2)</a></p> <p style="text-align: right;"><a href="#">EN 1993-1-2 §4.2.2</a></p> <p style="text-align: right;"><a href="#">EN 1993-1-1 tabulka 5.2 (strana 1)</a></p> <p style="text-align: right;"><a href="#">EN 1993-1-1 tabulka 5.2 (strana 1)</a></p>				

<p>VÝPOČET</p> 	Dokument:	<i>SX036a-CZ-EU</i>	Strana	<b>3</b> z <b>8</b>
	Název	<b>Řešený příklad: Požární odolnost uzavřeného svařovaného průřezu</b>		
	Eurokód			
	Vypracovali	<i>P Schaumann &amp; T Trautmann</i>	Datum	<b>Leden 2006</b>
	Kontroloval	<i>J Chica, Labein</i>	Datum	<b>Leden 2006</b>

## Požární odolnost uzavřeného průřezu

### Zatížení při požáru

Pro určení zatížení při požáru se použije mimořádná kombinace zatížení.

$$E_{dA} = E \left( \sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

[EN 1991-1-2 §4.3](#)

Součinitel kombinace zatížení pro sníh je  $\psi_{2,1} = 0,0$ , potom je výsledný ohybový moment působící při požáru roven:

$$M_{fi,d} = [(4,32 + 5,0) + 0,0 \cdot 11 \cdot 25] \cdot \frac{35,0^2}{8} = 1427,1 \text{ kNm}$$

### Teplota průřezu

Pro výpočet teploty průřezu se použije výraz:

$$\Delta \theta_{a,t} = k_{sh} \cdot \frac{A_m/V}{c_a \cdot \rho_a} \cdot \dot{h}_{net,d} \cdot \Delta t$$

[EN 1993-1-2 §4.2.5.1](#)

kde:

$k_{sh}$  je součinitel zastínění ( $k_{sh} = 1,0$ )

$\Delta t$  časový přírůstek ( $\Delta t = 5$  sekund)

je měrné teplo oceli (J/kgK) závislé na teplotě průřezu (EN1993-1-2 §3.4.1.2)

$A_m/V$  je součinitel nechráněného průřezu.

Pro nechráněný ocelový průřez, kde  $t \ll b$ , a který je vystaven účinkům požáru po všech stranách, se určí součinitel průřezu:


[EN1993-1-2 Tabulka 4.2](#)

$$A_m/V = 1/t = 1/0,025 = 40 \text{ m}^{-1}$$

Čistý tepelný tok se určí podle EN 1991-1-2.

[EN 1991-1-2 §3.2.1](#)

$$\begin{aligned} \dot{h}_{net} &= \alpha_c \cdot (\theta_g - \theta_m) + \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_r \cdot \sigma \cdot \left( (\theta_g + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4 \right) \\ &= 25 \cdot (\theta_g - \theta_m) + 3,969 \cdot 10^{-8} \cdot \left( (\theta_g + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4 \right) \end{aligned}$$

<p>VÝPOČET</p> 	Dokument:	SX036a-CZ-EU	Strana	4 z 8
	Název	Řešený příklad: Požární odolnost uzavřeného svařovaného průřezu		
	Eurokód			
	Vypracovali	P Schaumann & T Trautmann	Datum	Leden 2006
	Kontroloval	J Chica, Labein	Datum	Leden 2006

Teplota plynů v požárním úseku je popsána normovou teplotní křivkou

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

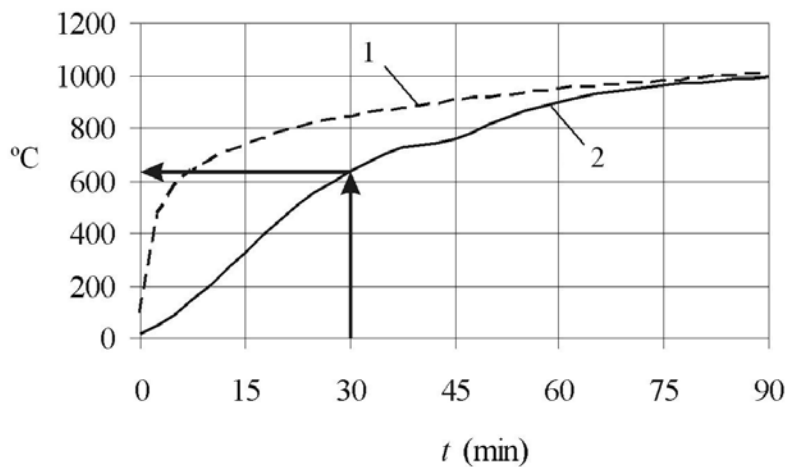
kde čas  $t$  se dosazuje v minutách.

Výpočet teploty ocelového průřezu probíhá v časových intervalech s krokem  $\Delta t$ , v každém kroku se určí nová hodnota čistého tepelného toku. Následující tabulka ukazuje několik počátečních kroků výpočtu.

Tabulka 1. Výpočet teploty průřezu (pět počátečních kroků)

$t$ (s)	$t$ (min)	$\theta_a$ (°C)	$\theta_g$ (°C)	$c_a$	$\dot{h}_{net}$ (W/m <sup>2</sup> )	$\Delta\theta_a$
0	0,00	20,00	20,00	439,8	0,0	0,00
5	0,08	20,00	96,54	439,8	2361,68	0,00
10	0,17	20,14	146,95	439,9	4112,95	0,14
15	0,25	20,38	184,61	440,1	5553,87	0,24
20	0,33	20,70	214,67	440,3	6801,18	0,32

Teplota ocelového průřezu v závislosti na čase je na obrázku 3.



Legenda:


- 1 – Teplota plynů
- 2 – Teplota ocelového průřezu

**Obrázek 3: Teplota ocelového průřezu závislá na čase**

$$\Rightarrow \theta_{a,max,30} = 646^{\circ}\text{C}$$

**Posouzení odolnosti podle teploty**

[EN1991-1-2](#)  
[§4.3.2](#)

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument:	<i>SX036a-CZ-EU</i>	Strana	<b>5</b> z <b>8</b>
	Název	<b>Řešený příklad: Požární odolnost uzavřeného svařovaného průřezu</b>		
	Eurokód			
	Vypracovali	<b>P Schaumann &amp; T Trautmann</b>	Datum	<b>Leden 2006</b>
	Kontroloval	<b>J Chica, Labein</b>	Datum	<b>Leden 2006</b>

Pro určení stupně využití průřezu se vypočte moment únosnosti při požáru v čase  $t = 0$

$$M_{fi,Rd,0} = W_{pl} \cdot f_y \cdot k_{y,\theta,max} / \gamma_{M,fi}$$

$$= 12875000 \cdot 355 \cdot \frac{1,0}{1,0} \cdot 10^{-6}$$

$$= 4570,6 \text{ kNm}$$

[EN 1993-1-2 §4.2.4](#)

kde:

$$k_{y,\theta,max} = 1,0 \quad \text{pro } \theta_a = 20^\circ\text{C v čase } t = 0$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

a:

$$W_{pl} = 2 \cdot \left( \frac{2 \cdot A_w}{2} \cdot \frac{h_w}{4} + A_f \cdot \frac{h - t_w}{2} \right)$$

$$= 2 \cdot \left( 16250 \cdot \frac{650}{4} + 11250 \cdot \frac{700 - 25}{2} \right) = 12875000 \text{ mm}^3$$

Stupeň využití průřezu je roven:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0} = M_{fi,d} / M_{fi,Rd,0} = 1427,1 / 4570,6 = 0,31$$

[EN 1993-1-2 §4.2.4](#)

Z tabulky 4.1 v normě EN 1993-1-2 se určí kritická teplota průřezu  $\theta_{a,cr}$ .

$$\theta_{a,cr} = 659^\circ\text{C}.$$

Posouzení:

$$\frac{646}{659} = 0,98 < 1 \quad \checkmark$$

### Posouzení odolnosti podle momentu únosnosti


Vzorec pro výpočet momentu únosnosti průřezu 1. třídy je v EN 1993-1-2 §4.2.3.3

Pro výpočet momentu únosnosti je třeba určit redukční součinitel účinné meze kluzu  $k_{y,\theta}$  pro teplotu ocelového průřezu  $\theta_{a,max,30} = 646^\circ\text{C}$ . Redukční součinitel je v Tabulce 3.1 normy EN 1993-1-2:

$$k_{y,\theta} = 0,360.$$

Dále se určí součinitele podmínek působení  $\kappa_1$  a  $\kappa_2$ .

Součinitel  $\kappa_1$  zohledňuje nerovnoměrné rozdělení teploty po průřezu.

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument:	<i>SX036a-CZ-EU</i>	Strana	<b>6</b> z <b>8</b>
	Název	<i>Řešený příklad: Požární odolnost uzavřeného svařovaného průřezu</i>		
	Eurokód			
	Vypracovali	<i>P Schaumann &amp; T Trautmann</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
	Kontroloval	<i>J Chica, Labein</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>

### Tabulka 2. Součinitel $\kappa_1$

	$\kappa_1$
Nosník vystavený účinkům požáru po čtyřech stranách	1,0
Nechráněný nosník vystavený účinkům požáru po třech stranách, s betonovou deskou na čtvrté straně	0,7
Chráněný nosník vystavený účinkům požáru po třech stranách, s betonovou deskou na čtvrté straně	0,85

[EN 1993-1-2 §4.2.3.3](#)

Posuzovaný nosník není chráněný, je vystavený účinkům požáru po čtyřech stranách, proto je

$$\kappa_1 = 1,0.$$

Součinitel  $\kappa_2$  zohledňuje nerovnoměrné rozdělení teploty po délce nosníku.

### Tabulka 3. Součinitel $\kappa_2$

	$\kappa_2$
V podporách staticky neurčitých nosníků	0,85
V ostatních případech	1,0

Posuzuje se momentová únosnost staticky určitého nosníku uprostřed rozpětí, proto

$$\kappa_2 = 1,0.$$

Momentová únosnost průřezu je:

$$M_{fi,t,Rd} = M_{pl,Rd,20^\circ C} \cdot k_{y,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M,fi}} \cdot \frac{1}{\kappa_1 \cdot \kappa_2}$$

$$= (12875000 \cdot 355 / 1,0) \cdot 0,36 \cdot \frac{1,0}{1,0} \cdot \frac{1}{1,0 \cdot 1,0} \cdot 10^{-6} = 1645,4 \text{ kNm}$$

Posouzení:

$$\frac{1427,1}{1645,4} = 0,87 < 1 \quad \checkmark$$

## Quality Record

<b>RESOURCE TITLE</b>	Řešený příklad: Požární odolnost uzavřeného svařovaného průřezu		
<b>Reference(s)</b>			
<b>ORIGINAL DOCUMENT</b>			
	<b>Name</b>	<b>Company</b>	<b>Date</b>
<b>Created by</b>	P Schaumann T Trautmann	University of Hannover – Institute for Steel Construction	Feb 2005
<b>Technical content edited by</b>	J. A. Chica	LABEIN	24/11/05
<b>Editorial content edited by</b>	J. A. Chica	LABEIN	24/11/05
<b>Technical content endorsed by the following STEEL Partners:</b>			
<b>UK</b>	G W Owens	SCI	9/6/06
<b>France</b>	A Bureau	CTICM	9/6/06
<b>Sweden</b>	B Uppfeldt	SBI	9/6/06
<b>Germany</b>	C Müller	RWTH	9/6/06
<b>Spain</b>	J Chica	Labein	9/6/06
<b>Luxembourg</b>	M Haller	PARE	9/6/06
<b>Resource approved by Technical Coordinator</b>	G W Owens	SCI	12/9/06
<b>TRANSLATED DOCUMENT</b>			
<b>This Translation made and checked by:</b>	Z. Sokol	CTU in Prague	29/6/07
<b>Translated resource approved by</b>	F. Wald	CTU in Prague	31/7/07
<b>National technical contact</b>	F. Wald		