



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



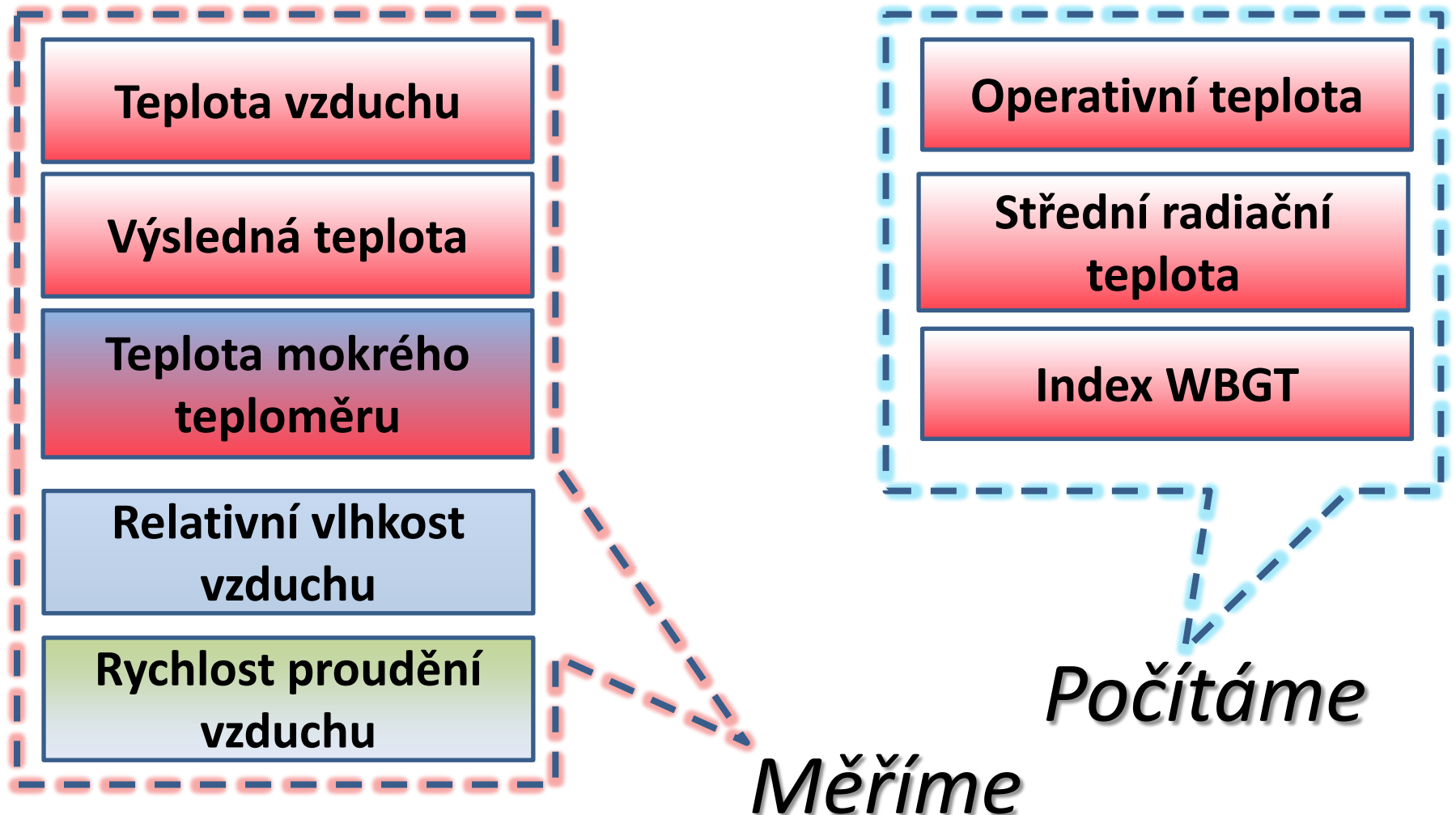
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Měření tepelně vlhkostního mikroklimatu v budovách



Veličiny k hodnocení tepelně vlhkostní složky mikroklimatu budov



Teplota vzduchu

je vnitřní teplota vzduchu bez vlivu sálání z okolních povrchů.

Výsledná teplota

je vnitřní teplota zahrnující vliv teploty vzduchu i sálání z okolních povrchů. Měří se kulovým teploměrem.



Teploměr nebo čidlo je vložen do koule z polyuretanu o průměru 100 či 150mm (teploměr dle Vernon-Jokla). Teplota, která je naměřena teploměrem uvnitř této baňky po ustálení cca 15 min. je výsledná teplota.

Je-li

teplota vzduchu = výsledná teplota
teplota okolních ploch odpovídá teplotě vzduchu

teplota vzduchu > výsledná teplota
okolní plochy mají nižší povrchovou teplotu než je teplota vzduchu
(sálání chladné)

teplota vzduchu < výsledná teplota
okolní plochy mají vyšší povrchovou teplotu než je teplota vzduchu
(sálání teplé)

**VÝSLEDNÁ TEPLOTA ODPOVÍDÁ
NÁVRHOVÝM PROJEKTOVÝM TEPLOTÁM**

Vyhláška č. 6/2003 Sb.,
pobytové prostory
Vyhláška č. 410/2005 Sb.,
školské prostory

K hodnocení v mimopracovním prostředí



Operativní teplota se dopočítává. Je definována jako jednotná teplota černého uzavřeného prostoru, ve kterém by tělo sdílelo konvekcí i sáláním stejné množství tepla jako ve skutečném teplotně nesourodém prostředí.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

K hodnocení pracovního prostředí

Střední radiační teplota

Pro průměr kulového teploměru 150 mm

$$t_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot \nu_a^{0,6} \cdot (t_g - t_a)} - 273$$

Pro průměr kulového teploměru 100 mm

$$t_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,9 \cdot 10^8 \cdot \nu_a^{0,6} \cdot (t_g - t_a)} - 273$$

Operativní teplota

$$t_o = A \cdot t_a + (1 - A)t_r$$

v (m/s)	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1
A	0,5	0,53	0,6	0,65	0,7	0,75

pro $v \geq 1$ m/s

$$A = 0,75 \cdot v^{0,16}$$

Příklad

$t_a = 21^\circ\text{C}$
 $t_g = 19^\circ\text{C}$
 $t_r = 20,8^\circ\text{C}$
 $v = 0,2$ m/s

$t_o = 20,9^\circ\text{C}$

$t_a = 21^\circ\text{C}$
 $t_g = 23^\circ\text{C}$
 $t_r = 23,8^\circ\text{C}$
 $v = 0,2$ m/s

$t_o = 22,4^\circ\text{C}$

Rychlost proudění vzduchu

anemometr

vrtulkový



závislé na umístění k směru proudu
vzduchu

termický



všesměrová sonda



i pro velmi nízké
rychlosti

nezávislé na umístění k směru proudu
vzduchu

Pracovní prostředí

Odpor oblečení

Energetický výdej

Parametry prostředí

$M \text{ (W/m}^2\text{)}$



Činnost (W/m²)

Stání 70

Chůze po rovině
3 km/h 140

Chůze po schodech 440

Vzhůru

Tanec – polka 419

- t_{omin}
- t_{omax}
- rychlost proudění
- relativní vlhkost

Spodky, košile s krátkými rukávy, lehké kalhoty, ponožky, polobotky – 0,5 clo
Kalhotky, košile, kalhoty, sako, ponožky, boty – 1 clo

Zákonné předpisy pro
třídy práce

Třída práce	M [W/m ²]	popis
I	< 80	Práce vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou , kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velínech, psaní na stroji, práce s PC.
IIa	81 – 105	Práce převážně vsedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží , řízení osobního vozidla, přesouvání lehkých břemen, pokladní.
IIb	106 – 130	Práce spojená s řízením nákladního vozidla, traktoru, autobusu, trolejbusu, tramvaje a některých drážních vozidel a práce řidičů spojená s vykládkou a nakládkou. Převažující práce vstoje s trvalým zapojením obou rukou, paží a nohou , práce spojená s přenášením břemen do 10 kg, prodavači.
IIIa	131 – 160	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin občas v předklonu nebo vkleče , chůze - údržba strojů,, skladníci s občasným přenášením břemen do 15 kg.
IIIb	161 – 200	Práce vstoje s trvalým zapojením obou horních končetin, trupu, chůze , práce ve stavebnictví při tradiční výstavbě, gumárenských lisů, práce na lisu v kovárnách, chůze po zvlněném terénu bez zátěže, zahradnické práce a práce v zemědělství.

Zátěž teplem při práci na nevenkovním pracovišti s neudržovanou teplotou přirozeně větraném, na pracovišti, na němž je k větrání použito kombinované nebo nucené větrání a na pracovišti s udržovanou teplotou jako technologickým požadavkem.

Třída práce	M [W/m ²]	t _{min} nebo t _{g min}	t _{max} nebo t _{g max}	rychlost proudění vzduchu	relativní vlhkost vzduchu
I	< 80	20	27	0,1 - 0,2	30 - 70
IIa	81 – 105	18	26		
II b	106 – 130	14	32	0,05 – 0,3	
IIIa	131 – 160	10	30		
IIIb	161 – 200	10	26	0,1 – 0,5	
IVa	201 – 250	10	24		
IVb	251 – 300	10	20		
V	> 301	10	20		

Hodnoty t_{max} nebo t_{gmax} pro přirozeně větraná pracoviště vyžadují oblek o tepelném odporu 0,5 clo. Hodnoty t_{min} nebo t_{gmin} pro přirozeně větraná pracoviště vyžadují oblek o tepelném odporu 1,0 clo. V případě, že na pracovišti je v_a < 0,2 m/s platí, že t_o = t_g.

Přípustné hodnoty nastavení mikroklimatických podmínek pro **klimatizované pracoviště** třídy I a IIa

Třída práce	kategorie	nastavení vytápění tepelný odpor oděvu 1,0 clo to-min (tg-min)	nastavení chlazení tepelný odpor oděvu 0,5 clo to-min (tg-min)	rychlost proudění vzduchu	relativní vlhkost vzduchu
I < 80 W/m ²	A	22	± 1,0	24	± 1,0
	B		± 1,5		± 1,5
	C		+ 2,5 - 2,0		2,5 2,0
IIa 81 – 105 W/m ²	A	20	± 1,0	23	± 1,0
	B		± 1,5		± 1,5
	C		+ 2,5 - 2,0		+2,5 -2,0
				0,05 – 0,2 m/s	30 – 70 %

PROČ ?

Dle studií snižuje zátěž teplem výkon člověka.

22°C

lehká práce 100%

27°C

lehká práce 75%

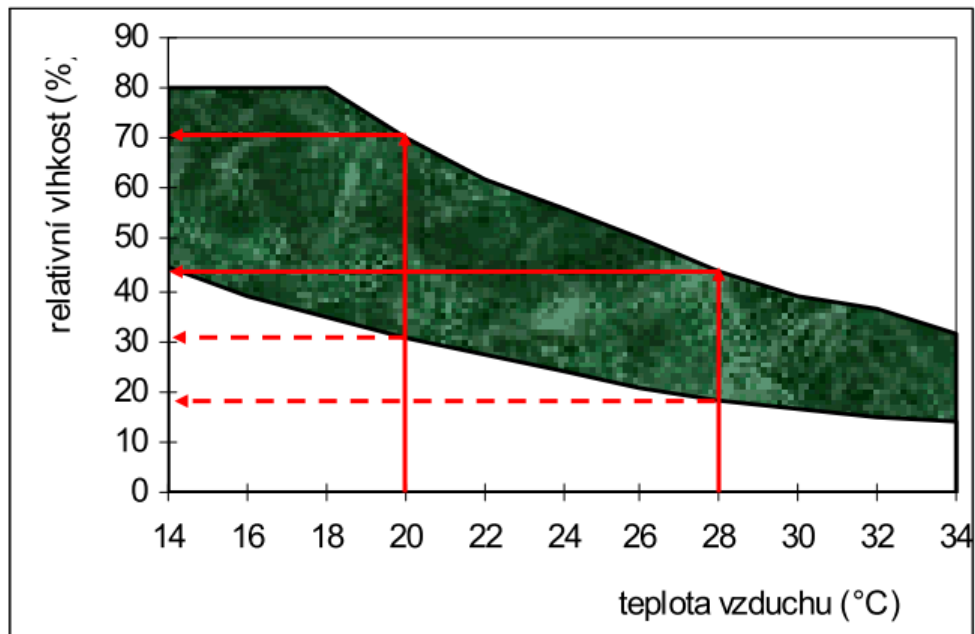
30°C

lehká práce 50%

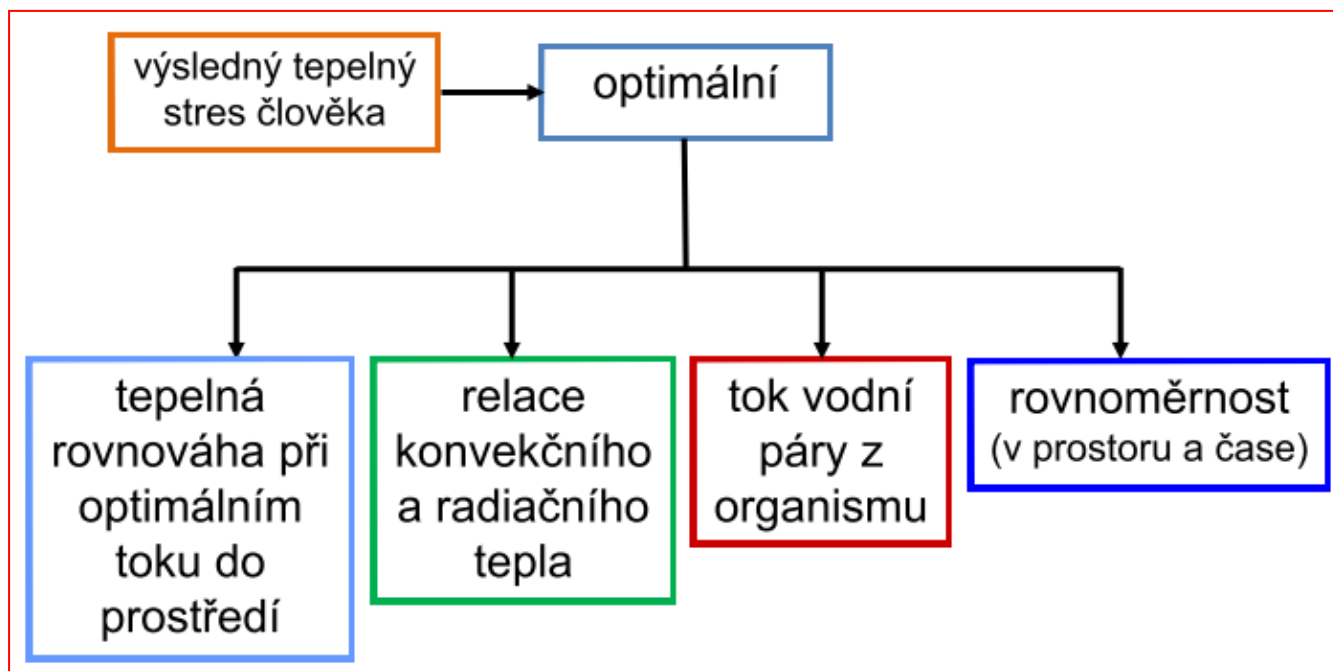
DALŠÍ PODMÍNKY TEPELNÉ ROVNOVÁHY

podmínka	Vliv vytápění a vzduchotechniky
Asymetrie radiační teploty od oken nebo jiných chladných svislých povrchů nesmí být větší než 10°C.	umístění vyústek přívodu vzduchu
Rozdíly teplot vzduchu mezi úrovní hlavy a kotníků nesmí být větší jak 3°C.	umístění vyústek přívodu vzduchu
Asymetrie radiační teploty od teplého stropu nebo jiných vodorovných povrchů nesmí být větší jak 5°C.	vytápěné nebo chlazené stropy či podlahy
Intenzita osálení hlavy od okna nebo infrazářiče nesmí být větší než 200 W/m ²	umístění infrazářičů
DR (stupeň obtěžování průvanem) ve středu vzdálenosti 50 cm od oken nebo jiných nadměrně ochlazovaných svislých stavebních konstrukcí (dveří, stěn) nesmí být větší jak 15 %.	umístění otopných těles a jejich dostatečná délka umístění a typ vyústek přívodu vzduchu

OPTIMÁLNÍ TOK VODNÍ PÁRY DO PROSTŘEDÍ



Optimální prostředí = tepelná rovnováha bez pocení + splnění dalších uvedených podmínek



Horká prostředí

Ukazatel WBGT

V interiéru (hale)

$$WBGT = 0,7 \cdot t_{nw} + 0,3 \cdot t_g$$

V exteriéru

$$WBGT = 0,7 \cdot t_{nw} + 0,2 \cdot t_g + 0,1 \cdot t_a$$



Teplota mokrého teploměru

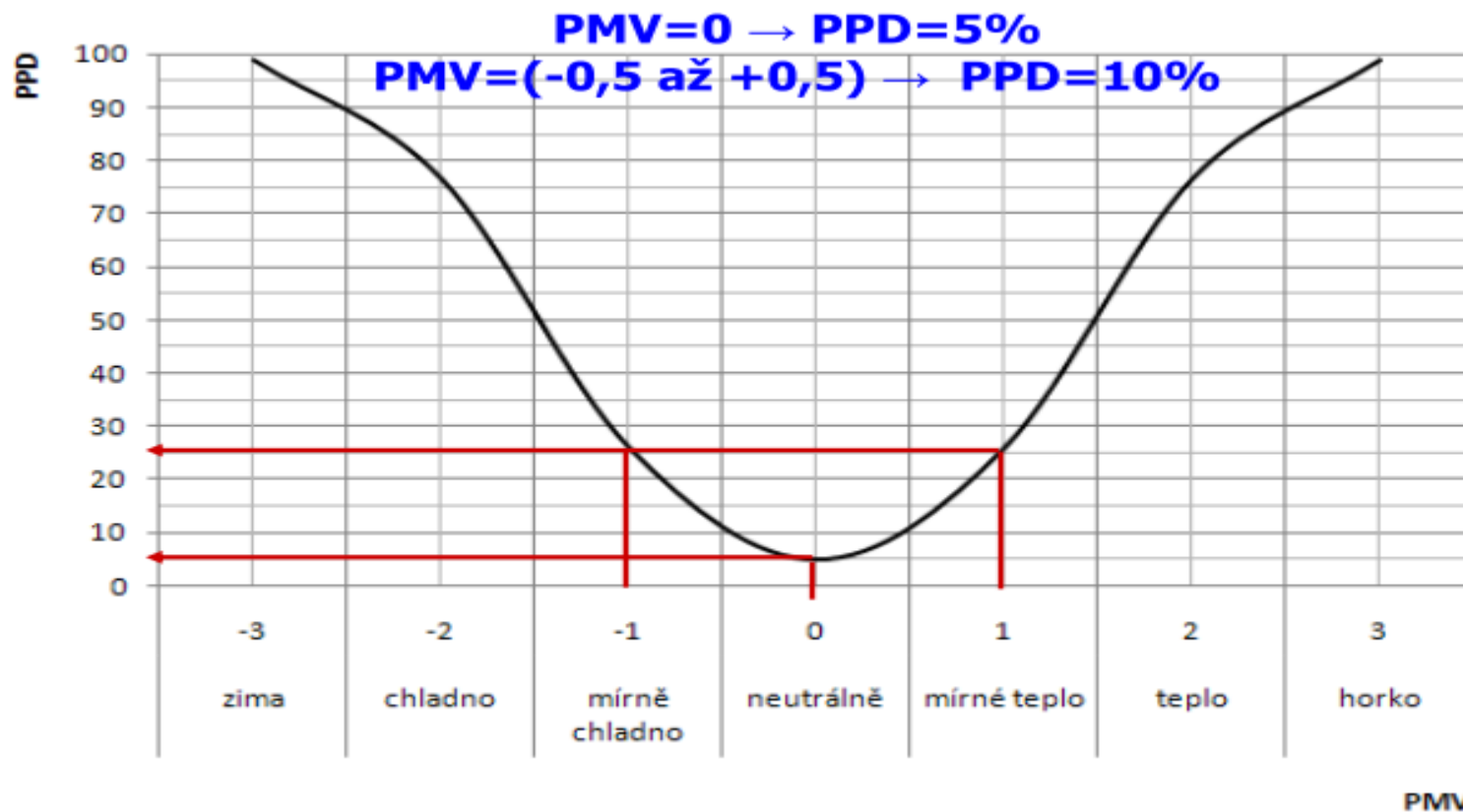
Příklad

Sport	max. WBGT	18	nízká zátěž
		22	mírná zátěž
		28	vysoká zátěž
		nad 28	extrémní zátěž

Úloha 1

Subjektivní hodnocení tepelného stavu prostředí

3	2	1	0	-1	-2	-3
Horko	Teplo	Mírně teplo	Neutrálně	Mírně chladno	Chladno	Zima



Oblečení

Spodní prádlo, košile, kalhoty,
ponožky, boty

$$Clo \quad 0,75 = 0,116 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

v cca 0,2 m/s

Energetický výdej

Administrativní činnost, lehká
manuální práce rukou

$$81 \text{ W/m}^2$$

Měříme

t_a °C

t_g °C

Počítáme

t_r °C

t_o °C

$$t_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,9 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (t_g - t_a)} - 273$$

$$t_o = A \cdot t_a + (1 - A) t_r$$

$$A = 0,5$$

Hodnocení

to	18	20	22	24	26
PMV	-0,99	-0,55	-0,1	0,35	0,81

Srovnání se subjektivním hodnocením

- Stav bez provozu nuceného větrání
- Stav s provozem nuceného větrání bez ohřevu vzduchu

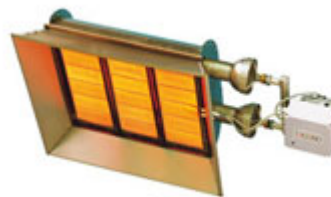
Hodnocení

$$I > 200 \text{ W/m}^2$$

Nesplněna podmínka
tepelné rovnováhy

$$I \leq 200 \text{ W/m}^2$$

Splněna podmínka tepelné
rovnováhy



Měříme

t_a °C

t_g °C

v_a m/s

Počítáme

t_r °C

I W/m²

$$t_r = \sqrt[4]{(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (t_g - t_a)} - 273$$

$$I = \left[(t_r + 273)^4 - 8,65 \cdot 10^9 \right] / 17,3 \cdot 10^6$$