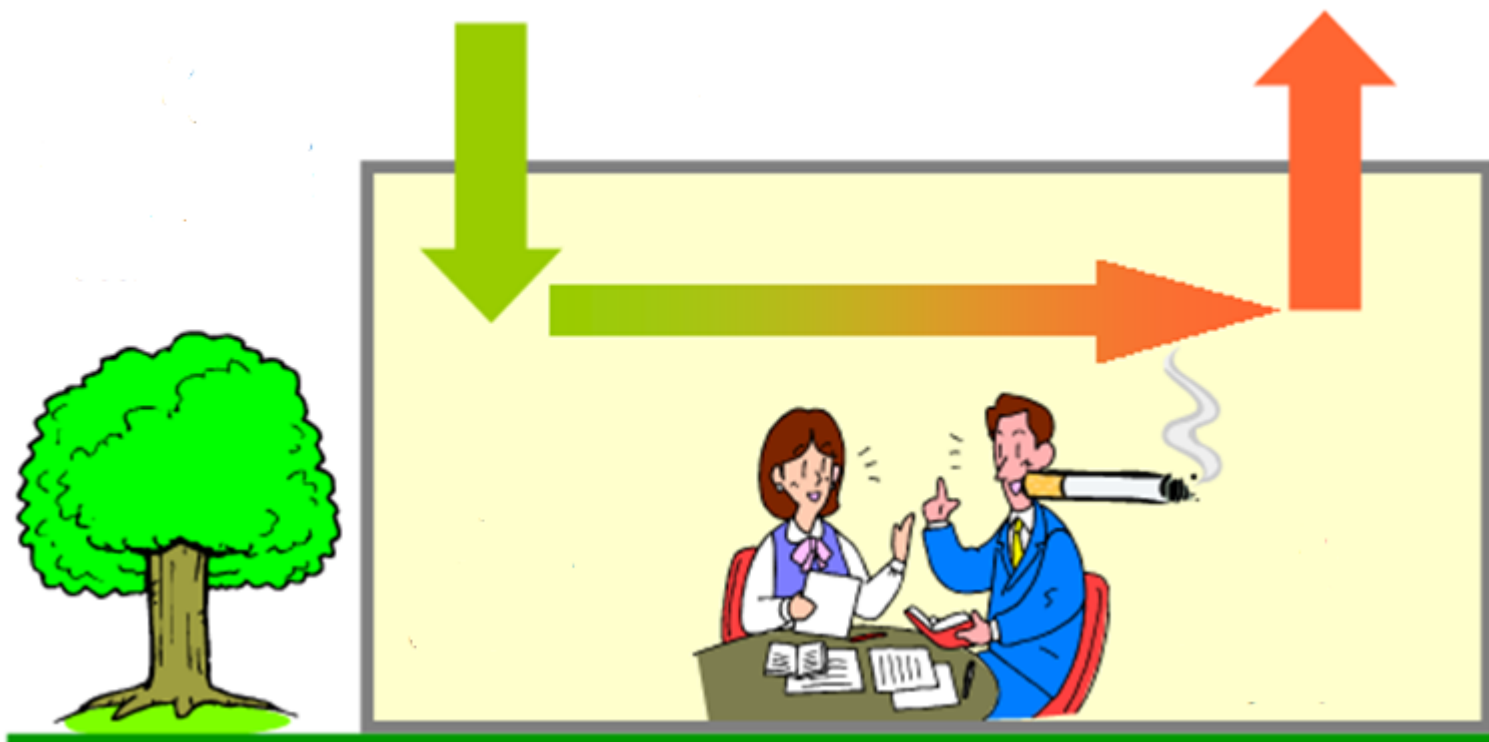


Cílem hygieny je zlepšování životních podmínek jako předpokladu zlepšení zdravotního stavu populace a tím i kvality života.



Faktory prostředí:

teplota, ovzduší, světlo, hluchnost, prašnost, aj.

# základní mikroklima prostředí

**vytápění**

**klimatizace**

**větrání**

ohřev

chlazení

zvlhčování

odvlhčování

výměna vzduchu

**výsledný stav prostředí**



hypotermie

neutrální pásmo

mokrý pocení

hypertermie

chladné

optimální pásmo

horké

# Rovnice tepelné bilance člověka

$$M - W = C_{res} + E_{res} + K + C + R + E + S$$

produkce = výdej + akumulace

$M$  ..... energetický výdej

$W$  ..... mechanická práce

$C_{res}$  ... výměna citelného tepla dýcháním

$E_{res}$  ... výměna vázaného tepla dýcháním

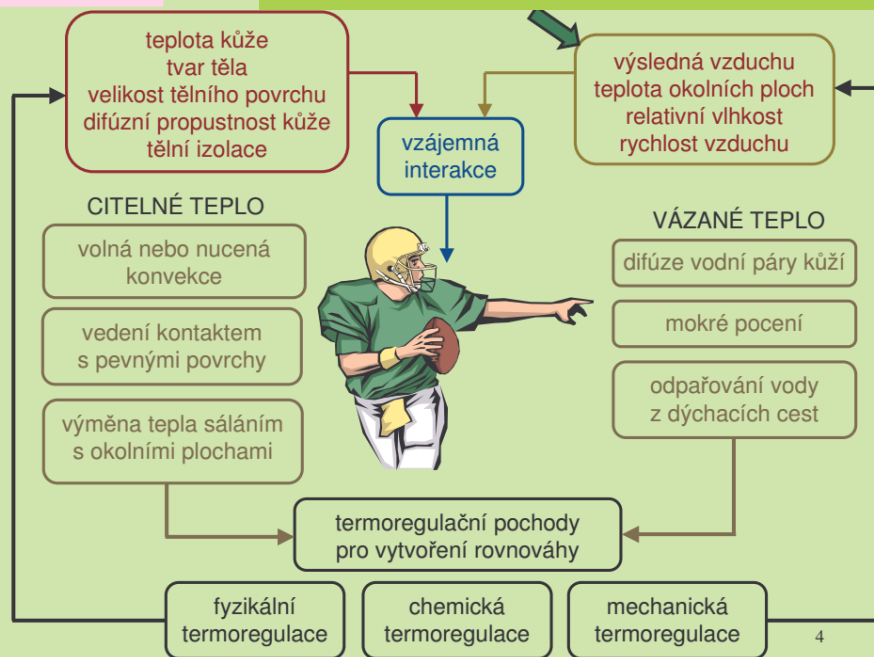
$K$  ..... výměna citelného tepla vedením

$C$  ..... výměna citelného tepla prouděním

$R$  ..... výměna citelného tepla sáláním

$E$  ..... výměna vázaného tepla odpařováním

$S$  ..... akumulace tepla v těle



## Energetický výdej $M$ podle činnosti

činnost	metabolismus		Mechanická účinnost
	W/m <sup>2</sup>	met	
Bazální metabolismus	45	0,8	0
Sezení, odpočívání	58	1	0
Stání, odpočívání	65	1,1	0
Běžná kancelářská práce	75	1,3	0
Lehká práce na strojích	150	2,6	0,1
Těžká manuální práce	250	4,3	0,1
Chůze po rovině 4km/h	140	2,4	0
Chůze po rovině 6km/h	200	3,5	0
Chůze se stoupáním 5% (4 km.h-1)	200	3,5	0
Chůze se stoupáním 5% (4 km.h-1)	340	5,7	0,2

# DÝCHÁNÍ

- Při klidném dýchání nadechuje a vydechuje dospělá osoba asi 6-7 litrů vzduchu za minutu. V tomto případě bývá frekvence dýchání 12 až 14 dechů za minutu.
- Množství nadechnutého nebo vydechnutého vzduchu při jednom dechu je asi 0,5 l.
- V klidu spotřebuje dospělý asi 0,25 l kyslíku a vydechne asi 0,2 l kysličníku uhličitého.

# DÝCHÁNÍ

- Atmosférický vzduch má přibližně toto složení: 21% O<sub>2</sub>, 0,04% CO<sub>2</sub>, 79% N<sub>2</sub>.
- Průměrné složení vydechnutého vzduchu je: 16,5% O<sub>2</sub>, 3,51% CO<sub>2</sub>, 80% N<sub>2</sub>.
- Při zvyšování tělesné námahy spotřeba kyslíku prudce vzroste

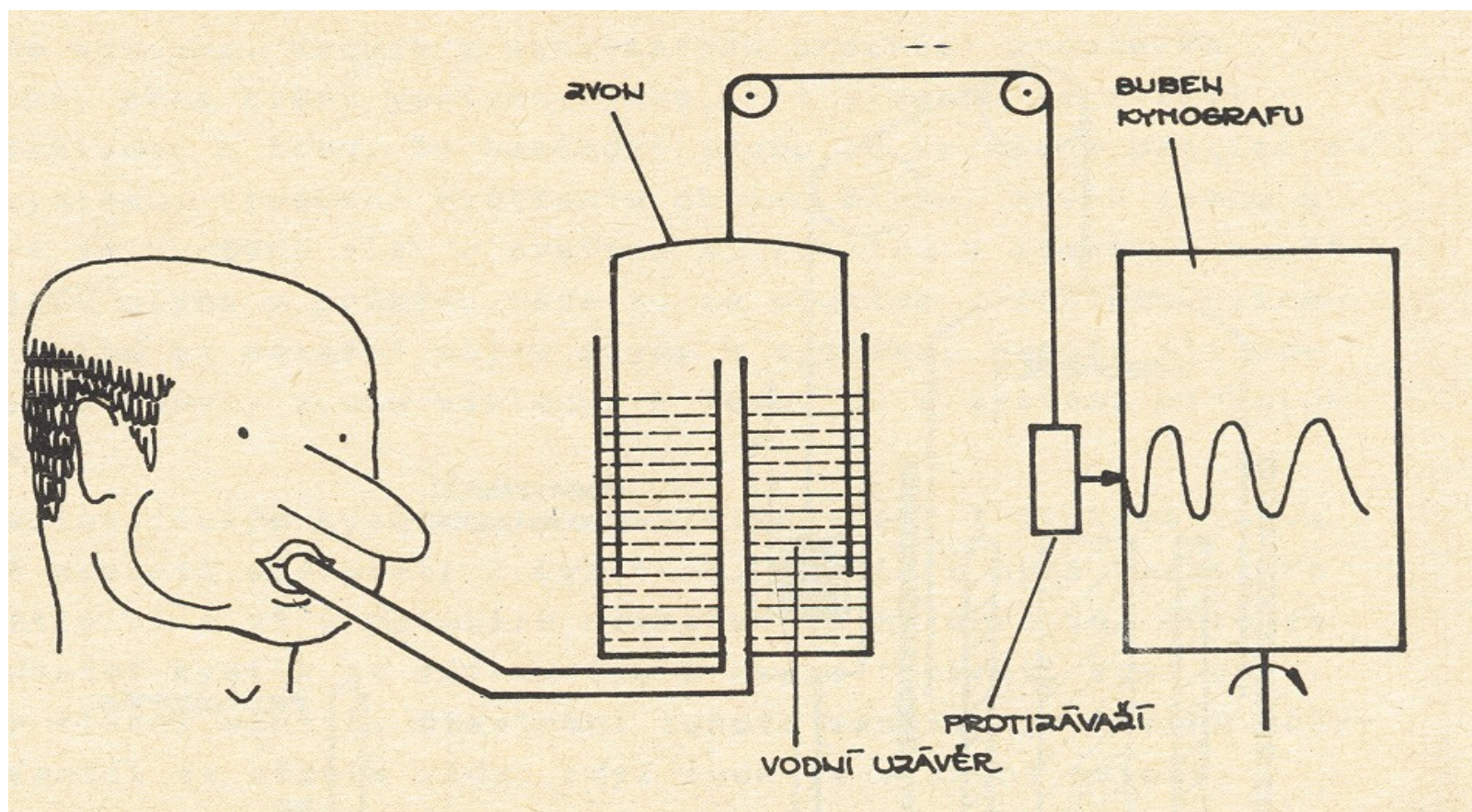
# DÝCHÁNÍ

Vliv tělesné námahy na spotřebu kyslíku:

Práce [kgm/min]	Spotřeba O <sub>2</sub> [ml/min]	Tepová frekvence [tepů/min]
V klidu	267	64
288	910	103
540	1430	122
900	2143	161
1260	3007	173

# Přístroje pro měření mechaniky dýchání

Přístroje měřící přímo objemy – spirometr



Výchozím podkladem při stanovení dávky čerstvého vzduchu pro osoby v prostoru je podmínka, kterou stanovil Max von Pettenkofer v roce 1877:

koncentrace oxidu uhličitého  
ve vnitřním vzduchu nemá překročit 0,1 % obj.  
(Pettenkoferovo číslo).

Odpovídající dávka venkovního vzduchu pro osoby nevykonávající fyzickou činnost je cca 25-34 m<sup>3</sup>/h.os.



# KDO ZA VĚDU HOŘÍ

## BURNING FOR SCIENCE

Základní zásady primární prevence jsou obsaženy již ve starověkých kulturních a náboženských tradicích i v některých preventivních návodech ze středověku. pokrok hygieny nastal s rozvojem přírodních věd koncem 18. století.

Ve druhé polovině 19. století se hygiena profilovala jako vědecký medicínský obor a začala být samostatně vyučována na evropských univerzitách. Zakladatel oboru Max von Pettenkofer (1818-1901) zavedl objektivní vyšetřování faktorů prostředí a hodnocení jejich vztahu ke zdraví. Jako první definoval různé hygienické limity, které jsou dodnes pokládány za základ zdravotního zabezpečení pitné a odpadní vody, půdy, ovzduší, obydlí a potravin.

Hygienické předpisy stanovují množství čerstvého vzduchu, které je potřeba do pobytových prostor přivádět buď podle podlahové plochy, vnitřního objemu budovy či předpokládaného počtu osob.

V ČR je třeba řídit se zejména nařízením vlády č.361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, případně vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých.

**Oba předpisy odvozují intenzitu větrání ve veřejných prostorech dle množství osob a jejich činnosti – od hodnoty 20-30m<sup>3</sup>/hod na žáka ve školských zařízeních až po 150m<sup>3</sup>/hod v diskotékách.**

U bytových zatím kromě normy ČSN 73 0540-2 (poněkud vágně definující intenzitu větrání dle velikosti obestavěného prostoru) neexistuje předpis, který by větrání jednoznačně řešil.

**Spotřeba kyslíku** lidským jedincem je poměrně malá, pohybuje se kolem hodnoty **20-25 litrů za hodinu**, takže hlavním důvodem, proč větrat, je odvod látek, vznikajících jednak v důsledku pobytu osob (oxid uhličitý, vodní páry či oděry -pachy), jednak jako produkty prostředí (organické těkavé sloučeniny - VOC, oxid uhelnatý, atd.).

Pokud není v budově kromě lidí jiný významný zdroj znečištění, lze regulaci množství výměny vzduchu vázat na koncentraci oxidu uhličitého, který má přímou vazbu na metabolismus člověka – na každých 5 spotřebovaných molekul kyslíku vyprodukuje lidský organizmus 4 molekuly CO<sub>2</sub>

**Množství vyprodukovaného CO<sub>2</sub> na osobu činí podle aktivity 10 až 75 litrů za hodinu.**

Člověk tedy produkuje tento plyn ve významném množství a v závislosti na aktuální fyzické zátěži, takže je CO<sub>2</sub> poměrně dobrým indikátorem potřeby větrání.

Toho si již všiml –první hygienik- Max Joseph von Pettenkofer (1818-1901), který na základě průzkumu ve školách, kdy zjišťoval souvislost mezi koncentrací CO<sub>2</sub> a procentem osob, nespokojených s vnitřním klimatem, jako mezní přijatelnou hodnotu stanovil koncentraci 0,1 % (1000 ppm) CO<sub>2</sub>.

Také prezentovaná měření, prováděná v experimentálních objektech, zcela potvrzují velmi těsnou a rychlou vazbu mezi přítomností a množstvím osob a změnou koncentrace CO<sub>2</sub> v měřených prostorech.

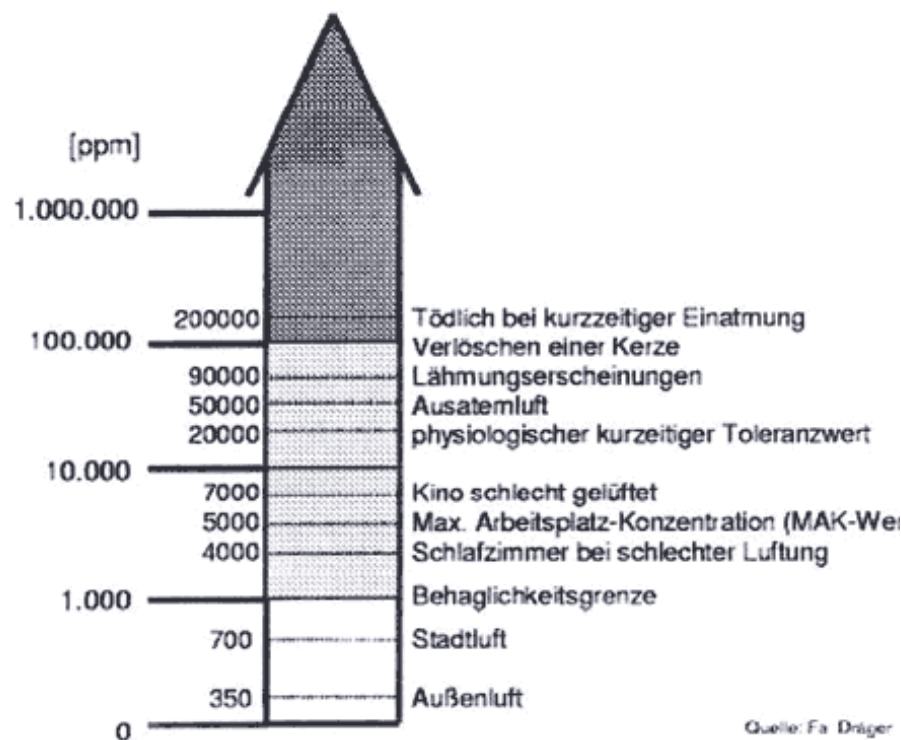
Základní myšlenka pro ventilaci podle Pettenkofera je ta, že lidé by měli vnímat kvalitu vzduchu jako přijatelnou od prvního okamžiku při vstupu do místnosti.

Situace, která je založena na posouzení kvality ihned po vstupu do místnosti, se nazývá myšlenka prvního dojmu.

**Pettenkofer zavřel člověka do neprodyšně zhotovené světničky, zvláštním respiračním aparátem přiváděl mu tam čerstvý vzduch a veškeré vydechnuté páry a plyny odváděl zase zvláštní rourou ven tak dokonale, že světnička naplňovala se jenom kožními výpary onoho člověka. (Vratislav Kučera, *O přirozeném léčení*)**

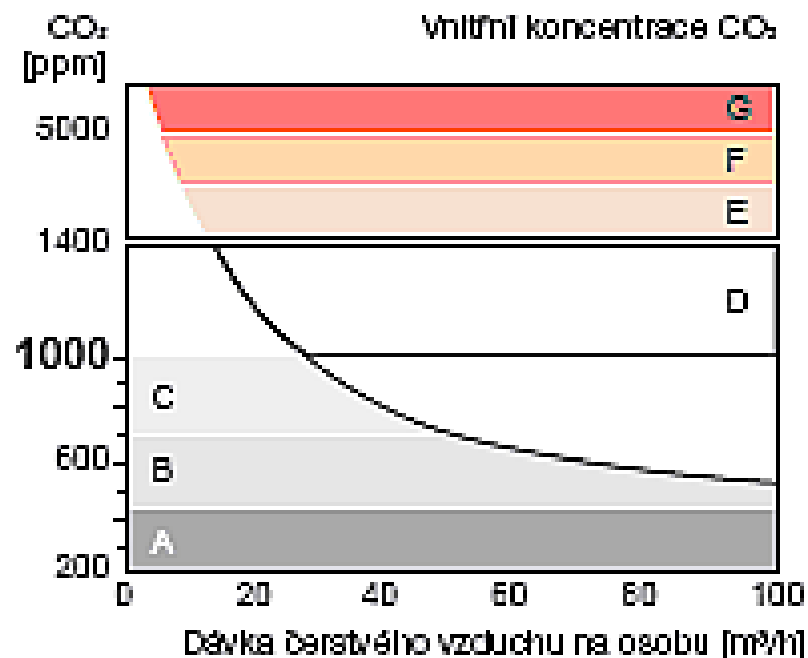
Pettenkofer si uvědomil, že koncentrace CO<sub>2</sub> silně korelují s vůní lidských pachů.

Soulad s CO<sub>2</sub> koncentrace limit, dobrou kvalitu vnitřního ovzduší je způsobeno nízkou zaručena jinými látkami.



Quelle: Fa. Dräger

Typische CO<sub>2</sub>-Konzentrationen und deren Auswirkungen



A – Zdravá normální venkovní úroveň,  
 B – Dobrá úroveň, C – Přijatelná úroveň,  
 pachy a oděry, D – Snížování koncentrace,  
 únava, ospalost, E – Prohlubování únavy  
 a ospalosti, F – Riziko nepříznivého vlivu na  
 zdraví, G – Omezený pobyt, max. 8 h denně

**Odérové mikroklima** je složka prostředí tvořená odéry - toky odérových látek v ovzduší, které exponují subjekt a spoluvytváří tak jeho celkový stav. Odéry jsou plynné složky ovzduší vnímané jako vůně nebo zápachy, produkované člověkem nebo jeho činností, příp. uvolňované ze stavebních konstrukcí.

Do interiéru budov vstupují odéry jednak z venku, jednak zevnitř - ze vzduchotechnických zařízení, stavebních materiálů, zařizovacích předmětů a hlavně z činnosti člověka.

Mimo běžné odéry (kouření, vůně jídel) se v interiéru vyskytují i styreny, formaldehydy a odpary z nátěrů, tedy látky dříve neznámé.

Odérová složka determinuje výměnu vzduchu v interiéru. Není to ani potřeba kyslíku pro dýchání, ta je ve srovnání s požadavky na odstraňování odérů minimální (potřebné množství vzduchu je pouze cca **1 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> na osobu**), ani potřeba odstraňování toxických plynů, které se běžně v těchto interiérech nevyskytují.

Pro aktivní větrání okny:

Doba potřebná pro větrání k úplné výměně vzduchu v místnosti při nárazovém větrání (úplně otevřené okno) je závislá na venkovní teplotě (v zimě 5min, na jaře a podzim 15 min, v létě 25 až 30 minut)

Už mírný vítr (cca. 5 km/h) může výměnu vzduchu zdvojnásobit.

Nejsilnější hnací silou pro větrání je „termika“. Čím je větší rozdíl teplot mezi interiérem a exteriérem, tím větší je snaha teplého vzduchu uniknout otevřenými okny.



## **Závěr:**

Jako kritériální a měřitelná hodnota se udává tzv. **Pettenkoferovo kritérium**.  
Jde o koncentraci 0,10 % (1000ppm) CO<sub>2</sub> (1877)

Pro průběžné odstraňování běžných tělesných pachů klasický Pettenkoferův normativ požaduje 15-25 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> na osobu.

Splnit, aby takový proud vzduchu zajistil komfort obyvatel lze dosáhnout pouze pomocí řízeného větrání.

Tato hodnota je stále základní veličinou standardů většiny vyspělých států.  
Vychází z ní standard ASHRAE, DIN aj..

1 osoba - CO<sub>2</sub> (podle aktivity) 10 až 75 l za hodinu.

Ve čtyřčlenné domácnosti je proto potřebné množství čerstvého vzduchu za den 2000 a 3000 m<sup>3</sup>, aby koncentrace CO<sub>2</sub> zůstala pod kritickou hodnotou.

To znamená, že výměna vzduchu je potřebná v bytě s 75 m<sup>2</sup>

# Pracovní prostředí

Dávky vzduchu na osobu na pracovišti podle typu prováděné činnosti, resp. energetického výdeje zaměstnance, jsou uvedeny v nařízení vlády č. 361/2007 Sb.:

- $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  na zaměstnance tříd I nebo IIa (přibližně práce v sedě spojená s lehkou manuální činností),
  - $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  na zaměstnance tříd IIb až IIIb (přibližně práce vstoje občasně spojená s pomalou chůzí),
  - $90 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  na zaměstnance tříd IVa až V (těžká fyzická práce).
- 
- V příp. kouření je požadováno zvýšení dávek vzduchu o  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{os}$ .
  - S dalším zvýšením dávek vzduchu se počítá tam, kde je pracoviště s přístupem veřejnosti. Množství přiváděného venkovního vzduchu se zvyšuje úměrně předpokládané zátěži  $0,2$  až  $0,3$  osoby/ $\text{m}^2$  nezastavěné podlahové plochy.

## **Množství vodní páry v obývaných místnostech**

Vodní pára je plyn bez barvy a zápachu, trvale se produkuje ve velkém množství (ve čtyřčlenné domácnosti vzniká průměrně za den objem vodní páry cca. 10 000 až 19 000 l).

Relativní vlhkost vzduchu od ca. 40 do 70 % se považuje za normální.

Suchým vzduchem se podporuje elektrostatické nabíjení a vysušování sliznice, při velmi suchém vzduchu (pod cca. 40 %) se vyskytuje množení určitých bakterií, které jsou zodpovědné za bronchiální onemocnění

Při déle trvající relativní vlhkosti vzduchu více než 70 % vzniká větší riziko, že na chladných místech bude vodní pára kondenzovat --- plísně.

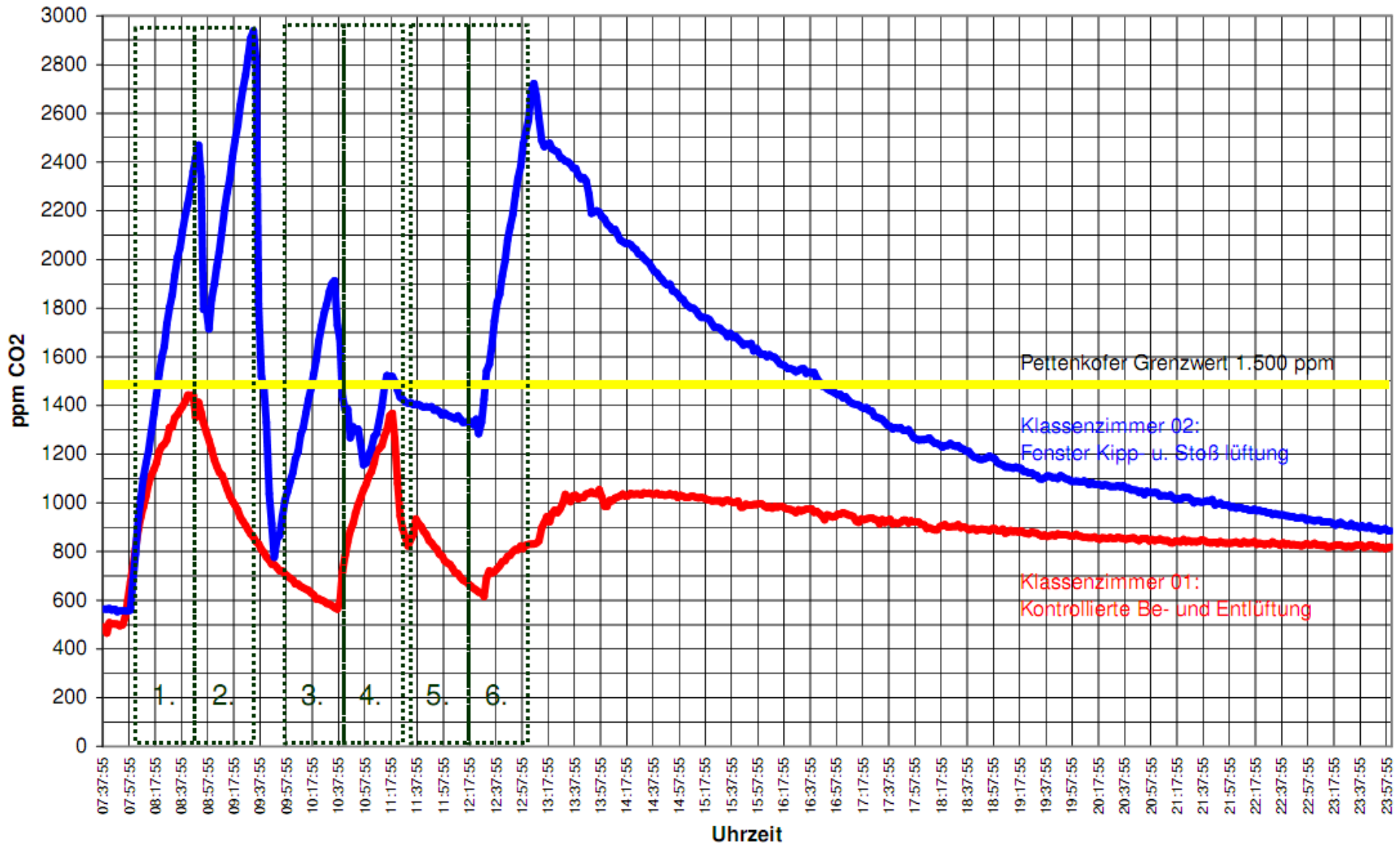
## Oxid uhličitý CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> se uvolňuje při dýchání a spalování, vysoké úrovně únava a potíže s koncentrací.

Jako strop, koncentrace CO<sub>2</sub> ve výši 0,1% (v závislosti na Pettenkofer).

Produkce CO<sub>2</sub> od dospělých je závislá na činnosti na 10 až 75 l za hodinu. Výměna vzduchu je vyžadována 1 - 0,5 typické pro 4 Pettenkofer si uvědomil, že koncentrace CO<sub>2</sub> silně koreluje s vůní - domácnosti a obytné ploše 74m<sup>2</sup>. lidské pachy. Soulad s CO<sub>2</sub> koncentrace limit, dobrou kvalitu vnitřního ovzduší je způsobeno nízkou zaručena jinými látkami.

Zajistit trvalý soulad s limitem 1000 ppm CO<sub>2</sub> DIN 1946-6 potřebuje čerstvý vzduch, průtok 30m<sup>3</sup> / h na osobu. Podle DIN 1946-2 pro vyšší, ale ne doporučený limit z 1500 ppm CO<sub>2</sub>, stačí venkovní rychlost vzduchu 20m<sup>3</sup> / h



## Stanovení produkce CO<sub>2</sub> od osob:

V klidu (noc):

$q_1 = 40 \text{ Wm}^{-2}$ ; frekvence 12 - 16 vdechů/min, kapacita 500 ml/vdech, tj. 360 - 480 l vzduchu/hod/os. Při zastoupení CO<sub>2</sub> ve vydechovaném vzduchu 3,5 % obj. bude maximální produkce CO<sub>2</sub> :

Produkce = 480 litrů x 0,035 = **16 l CO<sub>2</sub>/hod/dospělá osoba**.  
(obdobně to vyjde z minutové produkce 0,26 l CO<sub>2</sub>/min, tj. 15,6 l CO<sub>2</sub>/hod).

Průměrná produkce CO<sub>2</sub> člena rodiny (2 dospělí + 2 děti):

$$p_g = \frac{(16 \times 2) + 0,8 (16 \times 2)}{4} = 14 \text{ l/hod/os osoba}$$

Den:

$q_1 = 60 \text{ Wm}^{-2}$ : zvýšená produkce 20 l CO<sub>2</sub>/hod/osoba:

$$p_g = \frac{(20 \times 2) + 0,8 (20 \times 2)}{4} = 18 \text{ l/hod/os osoba}$$

## **Dávka větracího vzduchu:**

přípustná kvalita mikroklimatu hodnocená podle CO<sub>2</sub>

na úrovni 1200 ppm (1,2 l m<sup>-3</sup>) dle EN CR 1752 CEN

při venkovní koncentraci 370 ppm (tj. 0,37 l m<sup>-3</sup>) a

produkci 16 l CO<sub>2</sub> /h/os vyžaduje průměrnou dávku čerstvého vzduchu:

$$V_{\min} = \frac{16}{1,2 - 0,37} = 19 \text{ m}^3 / \text{h} / \text{os}$$

pro dodržení klasické Pettenkoferovy hodnoty 1000 ppm je nutný přívod

## **Vaření**

Velkým zdrojem emisí vodní pára

## **Sušení prádla nebo sprchování**

Vlhkost V nedostatečně větraných koupelnách ke kondenzaci na stěnách a vzniku plísní. [1]

## **Laserové tiskárny**

Do ovzduší malá množství ozónu

## **Desinfekční prostředky, Savo. Výrazně dráždivé emise**

## **Nábytek, koberce, podlahové krytiny**

Celá řada organických látek „těkavé organické sloučeniny“

"VOC" z anglického Volatile Organic Compounds

Limity stanovuje Vyhláška č. 6/2003. [1]

## **Delší pobyt v nedostatečně větraných budovách**

**SBS - Sick Building Syndrome - „Syndrom nemocných budov“**



## **Správné větrání**

Vyměnit dostatečné množství vzduchu 15-25m<sup>3</sup>/osobu za hodinu

Nezaznamenat velké tepelné ztráty –řízené větrání

Přiměřené větrání - výměna vzduchu 0,3 až 0,6 objemu /h v době obývání,  
0,1 objemu /h když jsou prázdné (pokud je tam hodně květin—pak více)

## **Cena větrání**

Průměrný rodinný dům s objemem obytných místností 300m<sup>3</sup>

Ohřev větracího vzduchu při vnitřní teplotě 20 C a venkovní teplotě –12 C  
příkon přibližně 1,7 kW

Za rok je to přes 3 MWh tepla (i přes 8 000,- ročně při topení elektřinou)

Ve slušně zatepleném domě to je skoro **1/3 celkové tepelné ztráty**

# HUSTOTA VODNÍ PÁRY VE VZDUCHU

Pro hustotu nasycené vodní páry ve vzduchu platí empirický vztah

$$\rho_{sat} = \frac{a \cdot \left( \frac{p_a}{Pa} \right)^b}{c + \left( \frac{p_a}{Pa} \right)^n} \quad [\text{kg/m}^3]$$

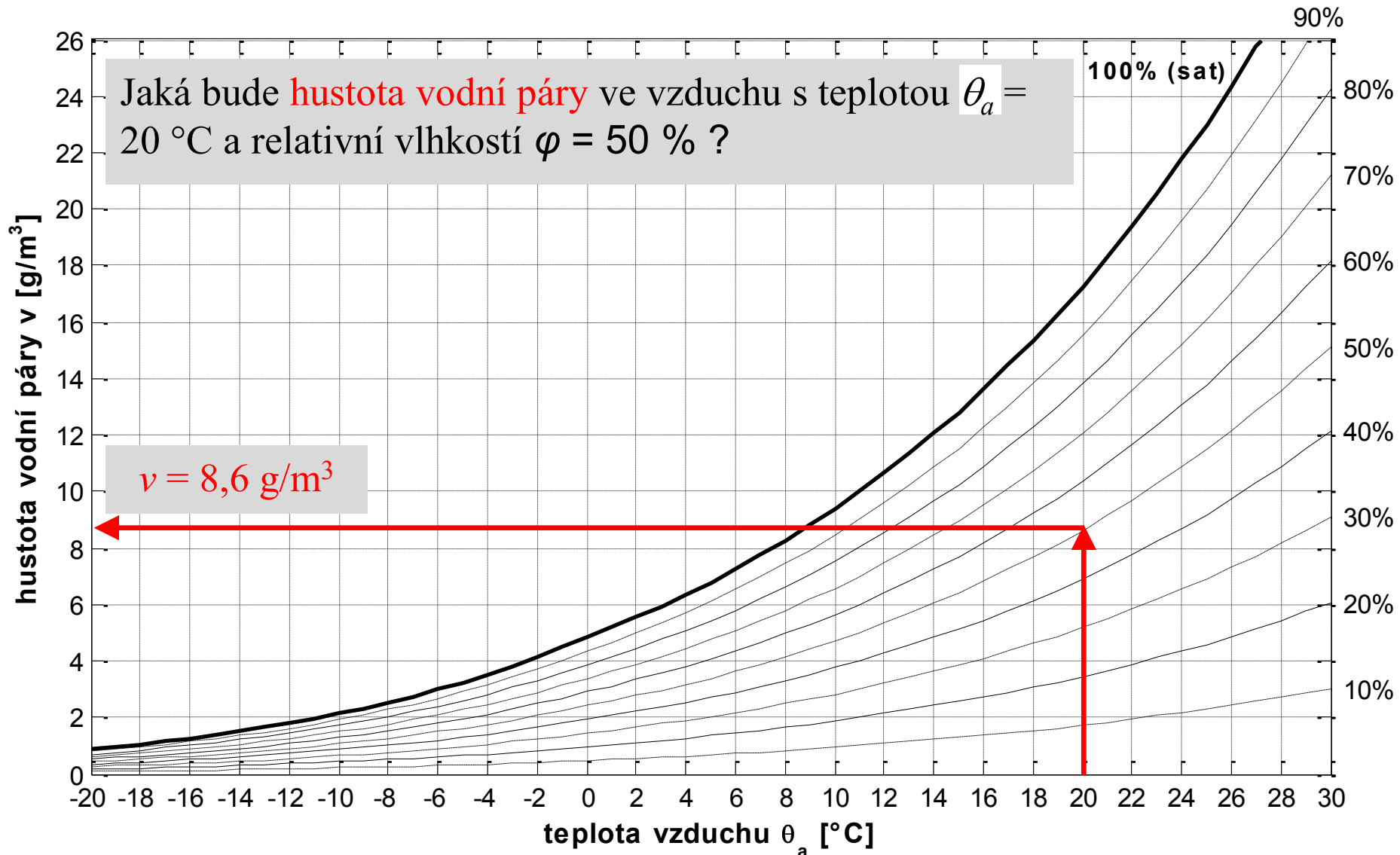
kde pro

$20 < p_a < 30$	$a = 4,689$ Pa	$b = 1,486$	$n = 12,5$
$0 < p_a < 20$	$a = 288,68$ Pa	$b = 1,088$	$n = 8,02$

Hustota (též koncentrace) vodní páry ve vzduchu se vypočítá jako

$$\rho = \frac{m}{V} \cdot \left[ \frac{a \cdot \left( \frac{p_a}{Pa} \right)^b}{c + \left( \frac{p_a}{Pa} \right)^n} \right]$$

# GRAFICKY



# GRAFICKY

