

## Proudění vzduchu Nucené větrání

8. Přednáška

Ing. Olga Rubinová, Ph.D.

## Harmonogram

t.	část	Přednáška	Cvičení
1	UT	Mikroklima budov, výpočet tepelných ztrát	Tepelná ztráta obálkovou metodou
2		Otopné soustavy – základní rozdělení prvků	Tepelná ztráta dle ČSN 060210
3		Otopná tělesa, potrubní rozvody, armatury, zabezpečovací zařízení	Otopná tělesa
4		Zdroje tepla pro vytápění, plynové spotřebiče, příprava teplé vody	Rozvody
5		Kotelny a předávací stanice	Výkresy
6		Obnovitelné zdroje energie pro vytápění	Kotel
7	VZT	Význam vzduchotechniky, přirozené větrání	Solární ohřev TV + LABORATOŘ
8		Proudění vzduchu, nucené větrání	Přirozené větrání
9		Strojovna vzduchotechniky a prostorové nároky VZT	Distribuce vzduchu
10		Tepelné bilance	VZT potrubí a VZT jednotka
11		Klimatizační systémy a chlazení pro vzduchotechniku	Tepelná zátěž
12		Hluk ve vzduchotechnice, zpětné získávání tepla	Klimatizace
13		Aplikace vzduchotechnických systémů v občanských stavbách	Zápočet

# STANOVENÍ PRŮTOKU VZDUCHU PRO VĚTRÁNÍ

## Stanovení průtoku vzduchu pro větrání

KONCENTRACE  
ŠKODLIVIN

DÁVKY VZDUCHU

VÝMĚNA VZDUCHU

$$V = \frac{M_s}{k_i - k_e}$$

$$V = x \cdot D$$

$$V = O \cdot n$$

v interiéru se nachází výrazný zdroj agencie (látky, energie), jejíž obsah ve vzduchu je nutno regulovat

ukazatelem znečištění vzduchu je člověk (nebo jiný známý zdroj)

místnost má charakteristický provoz zásadní je obraz proudění a provětrání prostor je obsazen proměnlivě

## Stanovení průtoku vzduchu pro větrání

### DÁVKA VZDUCHU



Výchozím podkladem při stanovení dávky čerstvého vzduchu pro osoby v prostoru větraném venkovním vzduchem 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.**

Max Josef von Pettenkofer  
(1818-1901) německý chemik a lékař.

## Stanovení průtoku vzduchu pro větrání

### DÁVKA VZDUCHU

Vyhláška č.6/2003 Sb.

umyvadlo	30 m <sup>3</sup> /h.ks
sprcha	35 - 110 m <sup>3</sup> /h.ks
WC	50 m <sup>3</sup> /h.ks
pisoiár	25 m <sup>3</sup> /h.ks

Vyhláška č. 410/2005 Sb.

žáci ve školách	20 - 30 m <sup>3</sup> /h.os
šatní místo	20 - 25 m <sup>3</sup> /h.os
sprcha	150 - 200 m <sup>3</sup> /h.os

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

práce v sedě	50 m <sup>3</sup> /h.os
Práce lehká	70 m <sup>3</sup> /h.os
práce těžká	90 m <sup>3</sup> /h.os

## Stanovení průtoku vzduchu pro větrání

### VÝMĚNA VZDUCHU

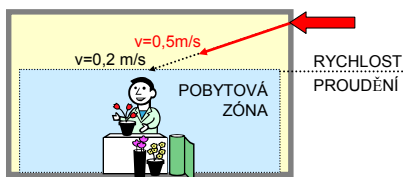
přírozně větrané obytné místnosti	< 1,5
obytné místnosti	0,5 - 2
kino	3
kanceláře	2 - 4
tělocvičny, bazény	2 - 4
chodby	2 - 3
restaurace	6
obchody	5 - 8
jídelny	8
bary s kouřením	10 - 15
kuchyně	15 - 20 (25)
operační sály aj. čisté prostory	20 - 30

*jedná se o obvykle doporučené hodnoty*

# PROUDĚNÍ VZDUCHU FYZIKÁLNÍ ZÁKLADY

## Proudění vzduchu v uzavřeném prostoru – fyzikální jevy

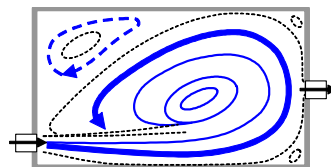
Základním kritériem stavu interního mikroklimatu je i **rychlost a charakter proudění** vzduchu ve vymezené části prostoru (obč. stavby pobytové zóně lidí 1,6 až 2 m nad podlahou). Optimální rychlost v pobytové zóně 0,1 až 0,25 m/s.



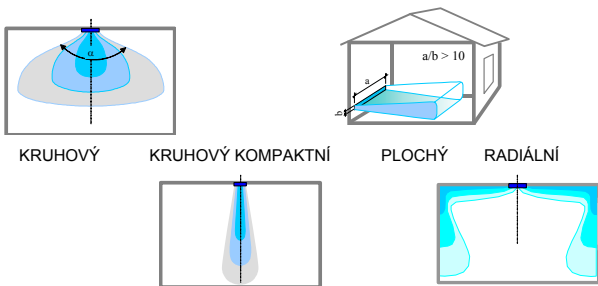
**Dosah proudu** je vzdálenost od roviny výstředního otvoru po oblast, ve které poklesne rychlost proudu vzduchu na určitou hodnotu (zpravidla 0,5  $\text{ms}^{-1}$ ).

## Proudění vzduchu v uzavřeném prostoru – fyzikální jevy

Pohyb vzduchu v omezeném prostoru je formován **proudy přiváděného vzduchu**, vystupující z otvorů s turbulentním charakterem. Turbulenci je do proudu strháván okolní klidný vzduch.



## Geometrie proudu vzduchu – tvar proudu

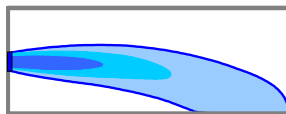


## Geometrie proudu vzduchu – vliv teploty

Dle teploty a jejího rozdílu formujícího tvar osy proudů jsou proudy

- **izotermní** (zatopené)
- **neizotermní**.

$$t_p < t_i$$



$$t_p > t_i$$



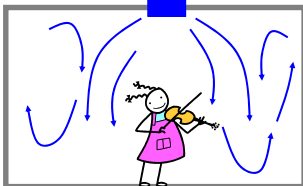
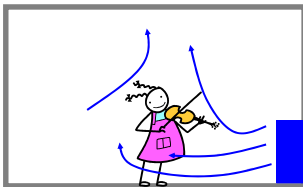
NEIZOTERMNÍ PROUDĚNÍ VZDUCHU

## Proudění vzduchu v uzavřeném prostoru – základní typy

**Větrání zaplavovací** – způsob větrání prostoru, kdy chladnější přiváděný vzduch účinkem gravitace zaplavuje prostor nad podlahou.

**Větrání zdrojové** – forma vzhůru orientovaného vytěšňovacího větrání

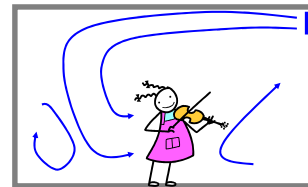
**Větrání směšovací, zředňovací** – přívod větracího vzduchu výustěmi s velkou intenzitou směšování s okolním vzduchem



## Proudění vzduchu v uzavřeném prostoru – základní typy

**Větrání soustředěnými proudy (bezpotrubní)** – systém celkového větrání velkých prostorů soustředěnými proudy vzduchu, oblast pobytu je větrána zpětnými proudy.

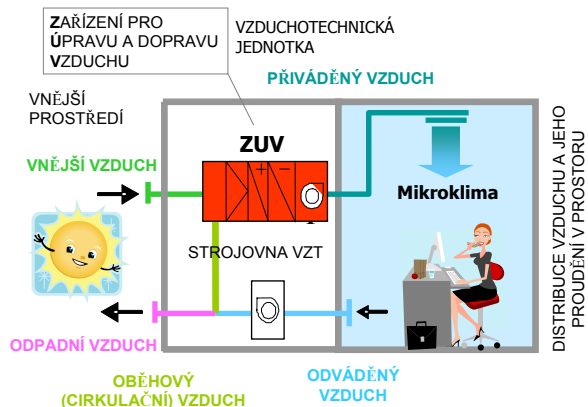
**Větrání vytěšňovací** – přívod větracího vzduchu výustěmi s potlačenou intenzitou směšování s okolním vzduchem.



# PŘEHLED

# DISTRIBUČNÍCH PRVKŮ

## Vzduchotechnika – základní prvky VZT systému, názvosloví



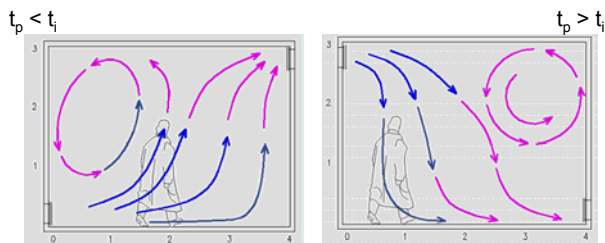
## Distribuční prvky – funkce

- estetické zakrytí otvoru
- naměrování proudu vzduchu s určitým charakterem proudění
- nastavení průtoku vzduchu



## Směšovací proudění s výraznou turbulencí

SMĚŠOVACÍ PROUDĚNÍ S KRHOVÝM NEBO PLOCHÝM PROUDEM S VÝAZNOU TURBULENCÍ



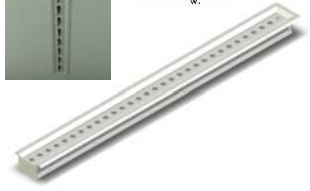
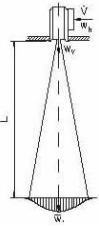
- OBDĚLNÍKOVÁ ŽALUZIOVÁ VYÚSTKA
- DIFÚZNÍ VYÚSTKA
- ŠTĚRBINOVÁ VYÚSTKA

## Obdélníková vyústka



Rámeček s jednou nebo dvěma řadami otočných listů (vyústka jednořadá nebo dvouřadá) s regulačním ústrojím

## Štěrbínová vyústka



## Kombinovaná štěrbinová vyústka



Jejich předností je úzký plochý a po celé délce vyústě vyrovaný vzdušný proud, který je velmi stabilní. Tohoto efektu bylo dosaženo použitím děrovaného pásu na výtokové ploše. Vzhledem k vyrovanému výtoku vzduchu na výtokové ploše lze z těchto elementů skládat štěrbinové pásy

## Talířový ventil

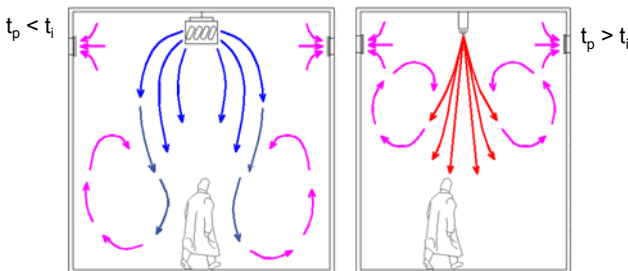


pro distribuci malých průtoků vzduchu ve větraných nebo klimatizovaných prostorech. Plynulá regulace množství vzduchu se provádí otáčením talířů ventilů.



## Směšovací proudění s kompaktním proudem

SMĚŠOVACÍ PROUDĚNÍ S KOMPAKTNÍM PROUDEM VELKÉHO DOSAHU



- DÝZA
- VEKOOBJEMOVÁ VYÚSTKA

## Dýza (tryska)



Pro distribuci přívodního vzduchu na velké vzdálenosti.

Nastavitelné dýzy se vyrábí s přestavením servopohonu nebo ručně. Pro nenáročnou instalaci se vyrábí také dýzy pevné, bez možnosti změny směru vyfukovaného vzduchu.



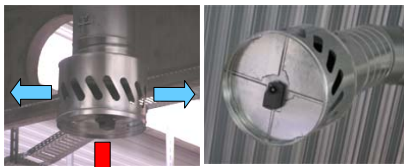
## Dýza (tryska)



## Dýza (tryska)



## Velkoobjemová výústka

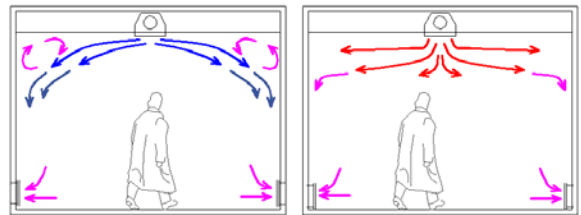


Prestavitelný výfuk vzduchu vodorovně (chlazení) nebo dolů (vytápění)



## Směšovací proudění radiální

SMĚŠOVACÍ PROUDĚNÍ S RADIÁLNÍM PROUDEM



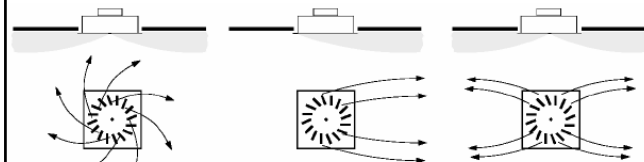
- VÍŘIVÁ VÝUŠŤ
- ANEMOSTAT
- DRALOVÁ VÝUŠŤ
- DĚROVANÝ DIFUZOR

## Vířivá výušť

= box se čtvercovou nebo kruhovou čelní deskou. Čelní desky mají radiálně uspořádané pevné drážky nebo pohyblivé lamely a přívod vzduchu je veden přes rozptylový plech.



## Vířivá výušť - nastavení lamel



Všechny lamely jsou nastavené na vnější šroubovici

Lamely jsou nastavené vždy z poloviny na vnitřní, resp. vnější šroubovici

Lamely protilehlého kvadrantu jsou nastavené na vnitřní, resp. vnější šroubovici

Vířivým výstupem vzduchu je zajištěno jeho intenzivní promíchání se stávajícím vzduchem. Tím je dosaženo podstatné snížení teploty a rychlosti proudění.



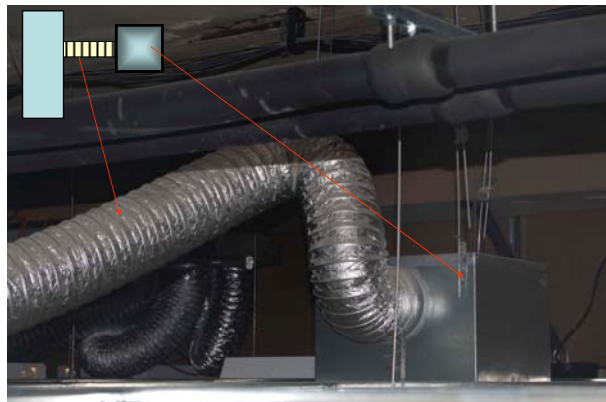
## Vířivá výúst s termostatickým ovládáním



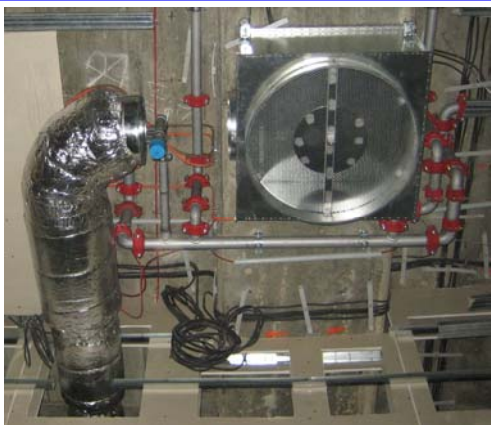
TEPLÝ VZDUCH

CHLADNÝ VZDUCH

## Připojení koncových prvků s plenum boxem



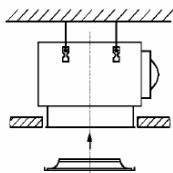
## Vířivá výúst – připojení potrubí – prostorová koordinace



## Připojení koncových prvků s plenum boxem



## Anemostat



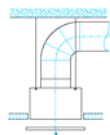
Anemostaty mají výtokové plochy z pevných profilových lamel, jejichž čtvercové nebo kruhové konstrukce, která zaručuje při přivádění vzduchu rovnoměrné proudění do všech směrů.

## Dralová výúst



Natočení lopatek:

Pro distribuci velkého množství vzduchu s velkou teplotní diferencí (rozsah  $-10$  až  $+15^{\circ}\text{C}$ ). Změnou úhlu výstupu vzduchu (od vodorovného výstupu pro chlazení, přes šikmý výstup pro izotermní vzduch až po svislý výstup pro vytápění) je zajištěno intenzivní promíchání přiváděného vzduchu se vzduchem v místnosti.



CHLADNÝ VZDUCH  
výstup vodorovný



IZOTERMNÍ VZDUCH  
výstup ve směru  $45^{\circ}$

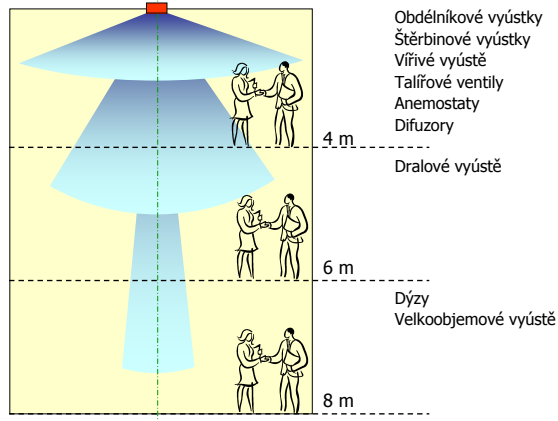


TEPLÝ VZDUCH  
výstup svislý

## Textilní vzduchovody s integrovanými štěrbinami

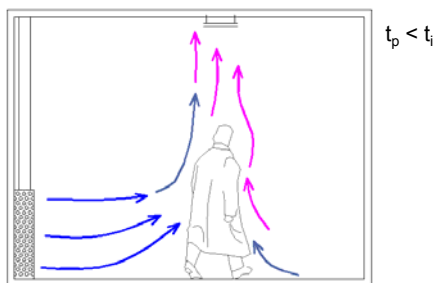


## Použití distribučních prvků podle dosahu proudu



## Zaplavovací větrání

### ZAPLAVOVACÍ VĚTRÁNÍ



• VELKOPLOŠNÁ VYÚSTKA

## Velkoplošná výúst'

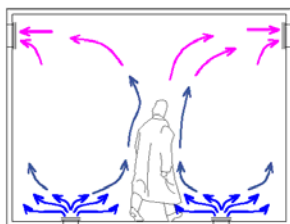


Prívod vzduchu malou rychlostí s nízkou turbulencí do pobytové zóny v blízkosti podlahy. Pro zajištění stabilizovaného proudění v pobytové oblasti musí být teplota přiváděného vzduchu o 1 až 3°C nižší, než je teplota vzduchu ve větraném prostoru. Venkovní vzduch se přivádí nízkou rychlostí v blízkosti podlahy a odvádí škodliviny z pobytové oblasti do podstropního prostoru.

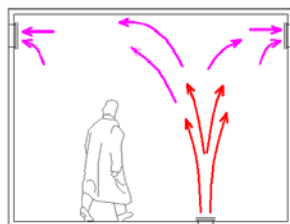
tvary: výústí kruhové, určené pro instalaci do prostoru, stěnové s půdorysem půlkruhovým a výústí rohové s půdorysem čtvrtkruhovým.

## Proudění sdla nahoru

$t_p < t_i$

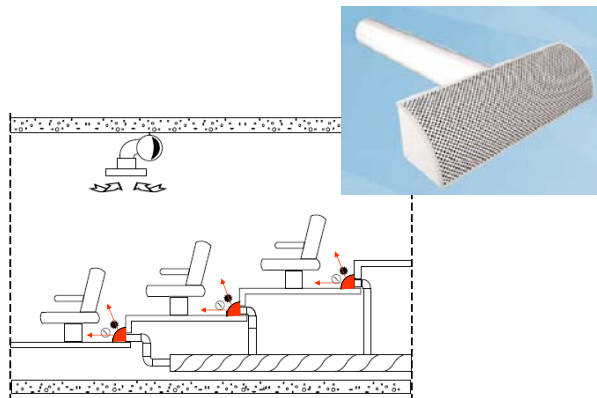


$t_p > t_i$

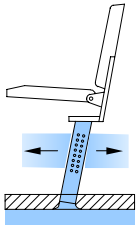


- PODLAHOVÁ VYÚSTKA
- VYÚSTKY INTEGROVANÉ V SEDACÍM NÁBYTKU

## Podlahová výústka



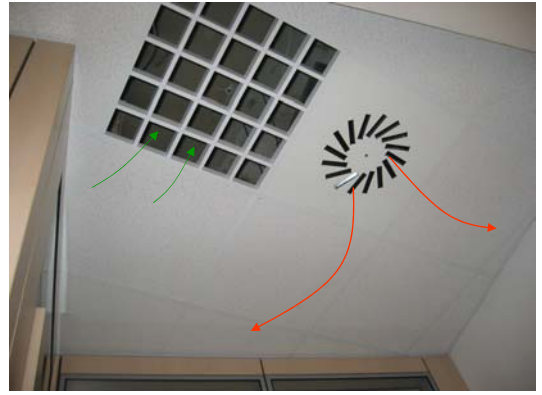
## Podlahová vyústka



Přívod vzduchu integrovaný do interiéru



## Další prvky pro odvod vzduchu – mříže ...

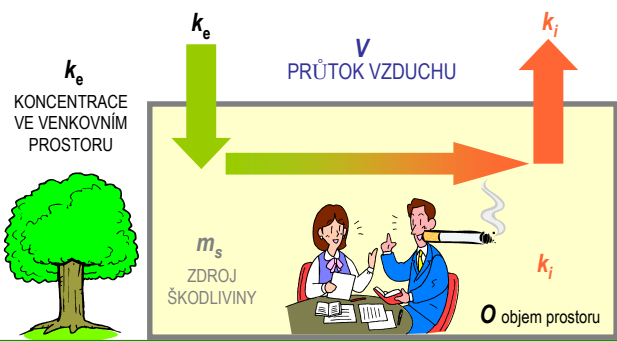


## Netradiční řešení distribučních prvků



# NÁVRH DISTRIBUCE VZDUCHU

## Situování otvorů pro přívod a odvod vzduchu



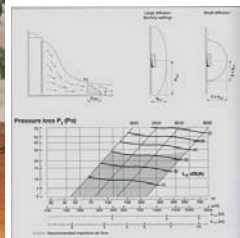
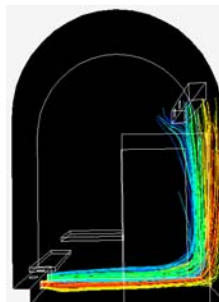
Přívod – do míst se nejvyšší čistotou    Odvod – do míst se vznikem škodlivin

## Distribuční prvky – možnosti návrhu

MATEMATICKÝ  
MODEL

EXPERIMENTÁLNÍ  
ZKOUŠKA

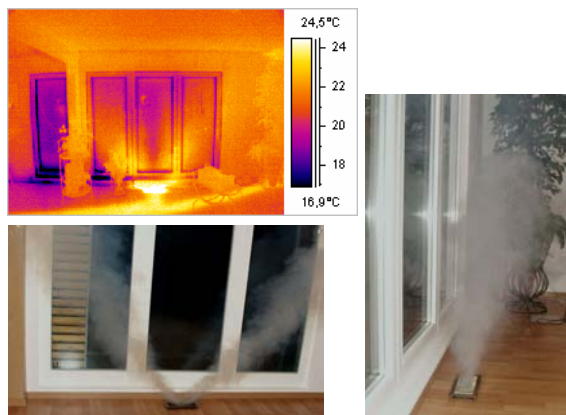
ZJEDNODUŠENÝ  
VÝPOČET  
ZÁKLADNÍCH  
PARAMETRŮ



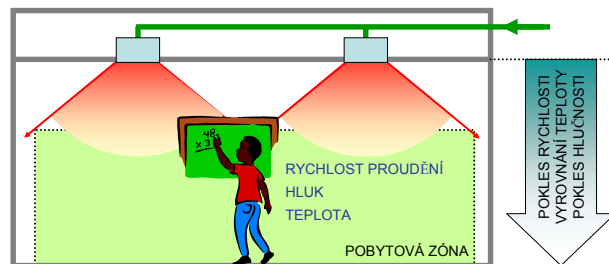
**NÁVRHOVÝ PROGRAM VÝROBCE**



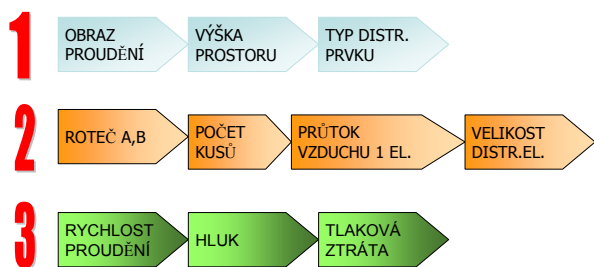
## Distribuční prvky – ověření funkce



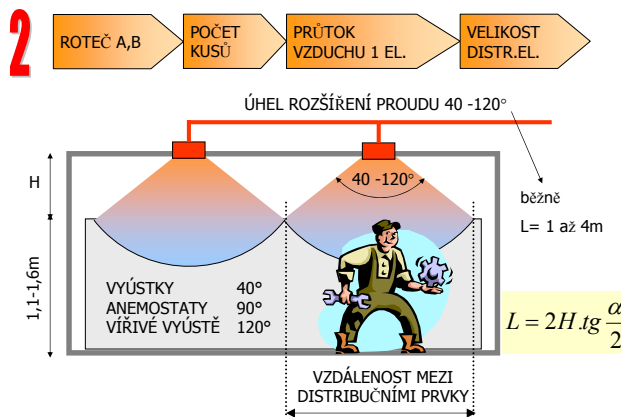
## Distribuce vzduchu - zásadní funkční parametry



## Návrh distribuce vzduchu

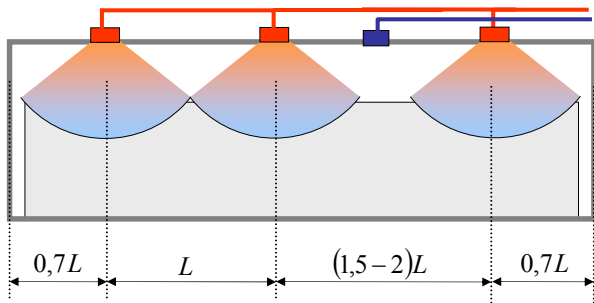


## Návrh distribuce vzduchu - přívod

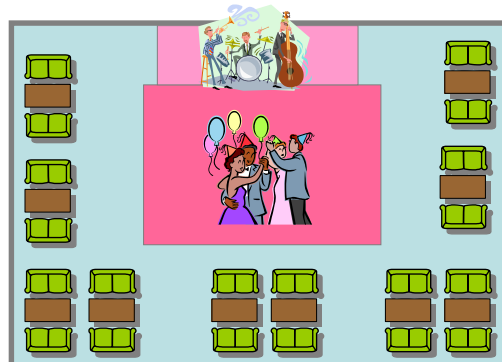


## Návrh distribuce vzduchu - odvod

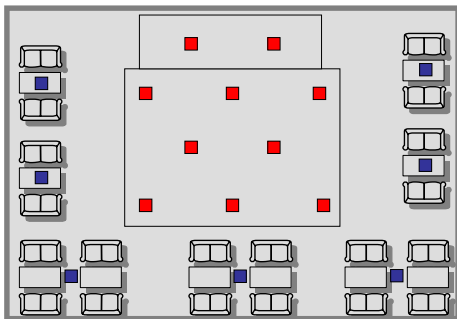
2. Rovnotlaké větrání:  
 Průtok přiváděného vzduchu = průtok odváděného vzduchu  
 Odvodních elementů může být méně (větší velikosti)  
 Odvod vzduchu z místa škodlivin  
 Pozor na zkrat přiváděného a odváděného vzduchu



## Návrh distribuce vzduchu – PŘÍKLAD taneční kavárna

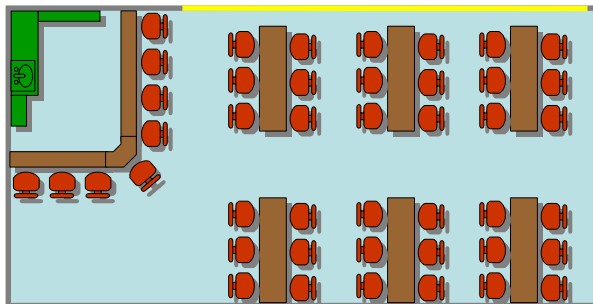


### Návrh distribuce vzduchu – PŘÍKLAD taneční kavárna

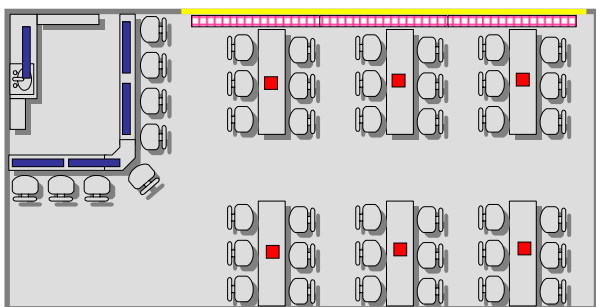


Počet osob  $P = 40$  Průtok vzduchu  $V = P \cdot D = 40 \cdot 70 = 2800 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $V_{p1} = V_p/n_p = 2800/10 = 280 \text{ m}^3/\text{h}$   $V_{o1} = 2800/7 = 400 \text{ m}^3/\text{h}$   
 Místnost  $25 \times 16 \times 3 \text{ m}$  výměna vzduchu  $n = V/O = 2800/900 = 3,1 / \text{h}$

### Návrh distribuce vzduchu – PŘÍKLAD kino

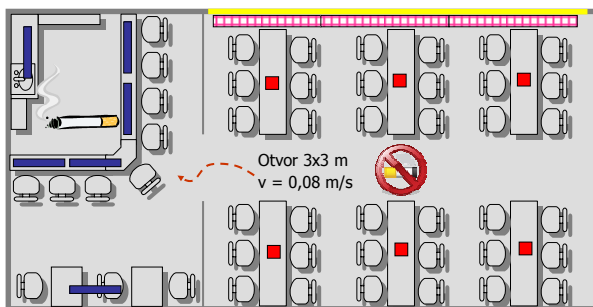


### Návrh distribuce vzduchu – PŘÍKLAD restaurace



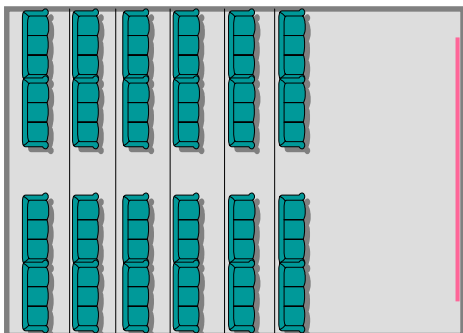
Počet osob  $P = 44$  Průtok vzduchu  $V = P \cdot D = 44 \cdot 60 = 2640 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $V_{p1} = V_p/n_p = 2640/6 = 440 \text{ m}^3/\text{h}$   $V_{o1} = 2640/5 = 528 \text{ m}^3/\text{h}$   
 Místnost  $20 \times 10 \times 3 \text{ m}$  výměna vzduchu  $n = V/O = 2640/600 = 4,4 / \text{h}$

### Návrh distribuce vzduchu – PŘÍKLAD restaurace /kouření

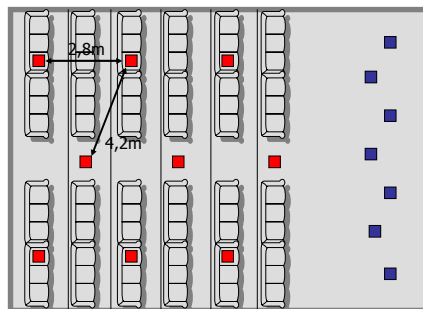


Pohyb vzduchu – VZT, okna, dveře, chodící lidé, zdroje tepla nebo chladu

### Návrh distribuce vzduchu – PŘÍKLAD kino

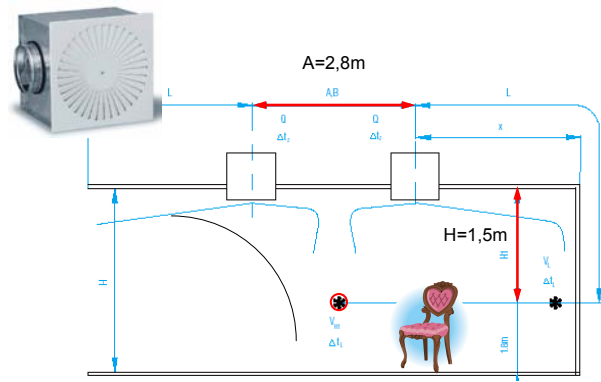


### Návrh distribuce vzduchu – PŘÍKLAD kino

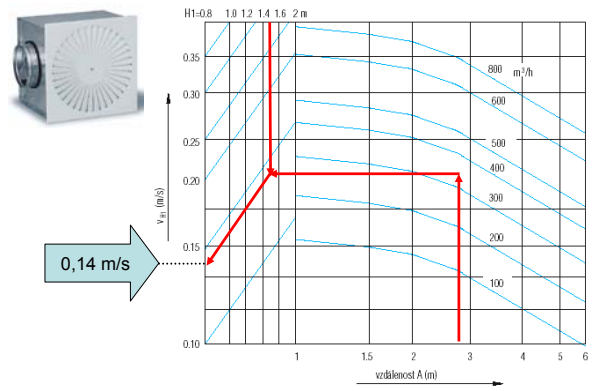


Počet osob  $P = 72$  Průtok vzduchu  $V = P \cdot D = 72 \cdot 40 = 2880 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $V_{p1} = V_p/n_p = 2800/9 = 320 \text{ m}^3/\text{h}$   $V_{o1} = 2880/7 = 411 \text{ m}^3/\text{h}$   
 Místnost  $20 \times 15 \times 5 \text{ m}$  výměna vzduchu  $n = V/O = 2880/1500 = 1,9 / \text{h}$

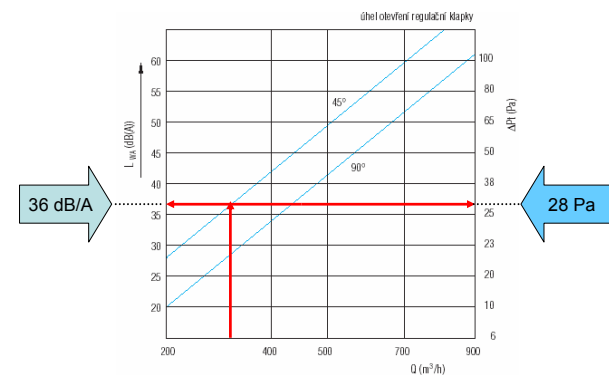
## Posouzení rychlosti vzduchu v pobytové zóně



## Posouzení rychlosti vzduchu v pobytové zóně

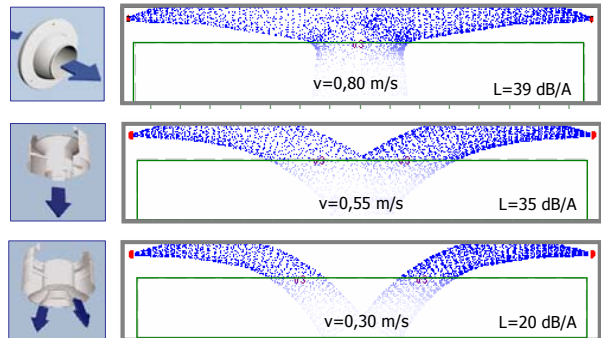


## Akustický výkon a tlaková ztráta



## Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně

Nástroje pro návrh obrazu proudění - variantní řešení, posouzení rychlosti proudění a hlučnosti



## Rychlost proudění vzduchu v pobytové zóně



SYSTÉMY  
NUCENÉHO VĚTRÁNÍ

## Nucené větrání – úvod do problému

# TZB

VZDUCHOTECHNIKA

VYTÁPĚNÍ

ZDRAVOTNÍ TECHNIKA

**VĚTRÁNÍ**

PŘIROZENÉ (přírodní síly)

NUCENÉ (ventilátor)

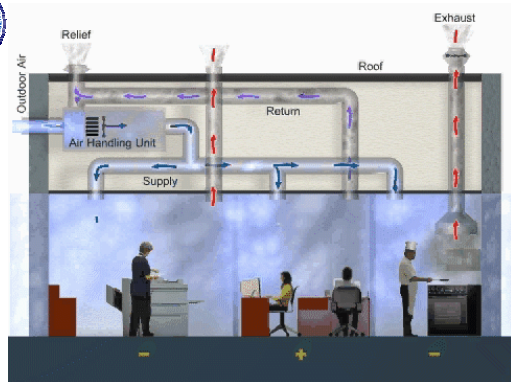
PRŮMYSLOVÁ  
VZDUCHOTECHNIKA

ODSÁVÁNÍ

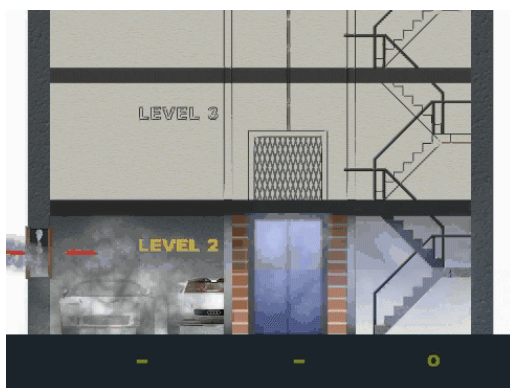
TEPLOVZDUŠNÉ  
VYTÁPĚNÍ

KLIMATIZACE

## Nucené větrání – úvod do problému



## Nucené větrání – úvod do problému



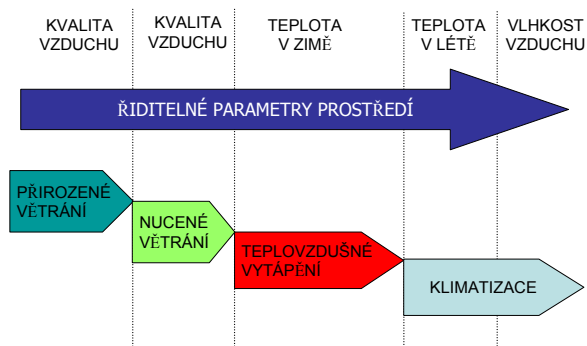
## Nucené větrání – princip a funkce

- řízená mechanická výměna znehodnoceného vzduchu v daném prostoru za vzduch zpravidla venkovní
- zajištění zejména **oděrového mikroklimatu** místností či k odvedení tepelných příp. dalších hmotnostních škodlivin vznikajících v budovách a při technologických procesech
- Nucená výměna vzduchu, jeho proudění a tím i přenos látek je vyvolán mechanicky tj. **ventilátorem**, jenž je součástí vzduchotechnické strojovny či jednotky
- Nucené větrání tvoří vzduchotechnické zařízení s jednou termodynamickou funkcí (**ohřev**) k úpravě přírodního vzduchu sloužícího tvorbě interního mikroklimatu

## Přednosti nuceného větrání

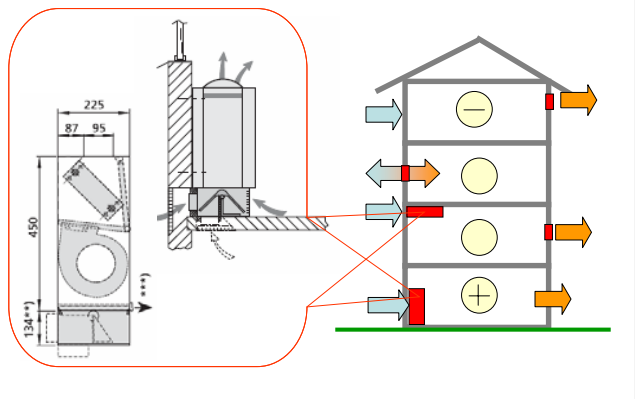
- výměna vzduchu nezávislá na klimatických podmínkách,
- řízená výměna vzduchu v prostoru,
- filtrace a teplotní úprava přírodního vzduchu,
- úprava tlakových poměrů v budově a ve větracích prozorech,
- možnost zpětného využití tepla,
- kombinovaný provoz s využitím cirkulačního vzduchu v extrémním ročním období.

## Základní členění - možnosti různých VZT systémů



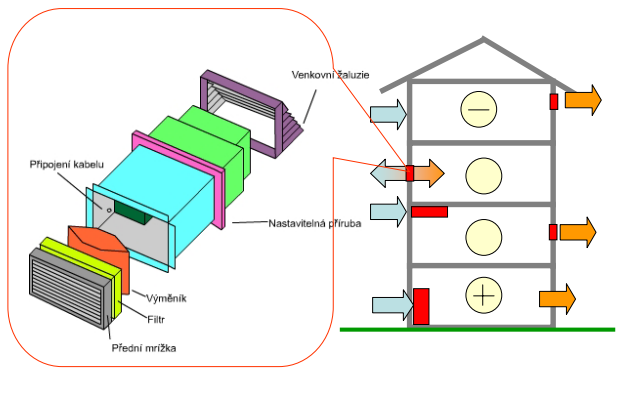
## Decentrální větrací systémy

Větrací jednotka typu fancoil (parapetní provedení s opláštěním)



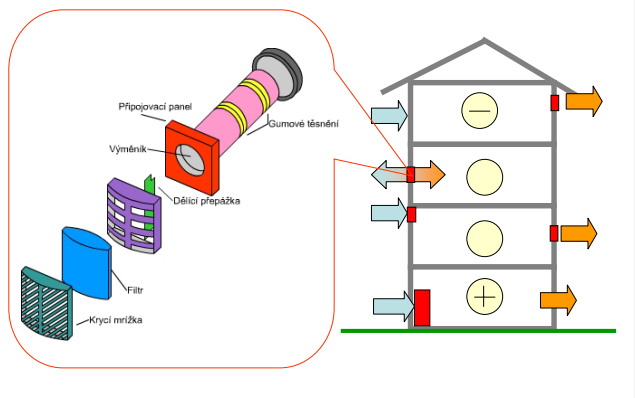
## Prvky pro decentrální větrací systémy

Mini větrací jednotka pro vestavbu do obvodové zdi



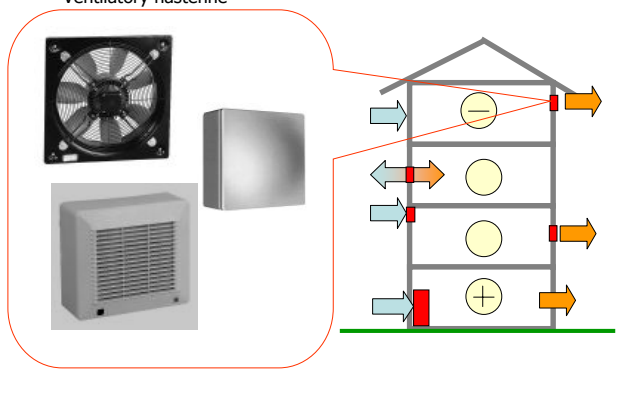
## Prvky pro decentrální větrací systémy

Mini větrací jednotka pro vestavbu do obvodové zdi

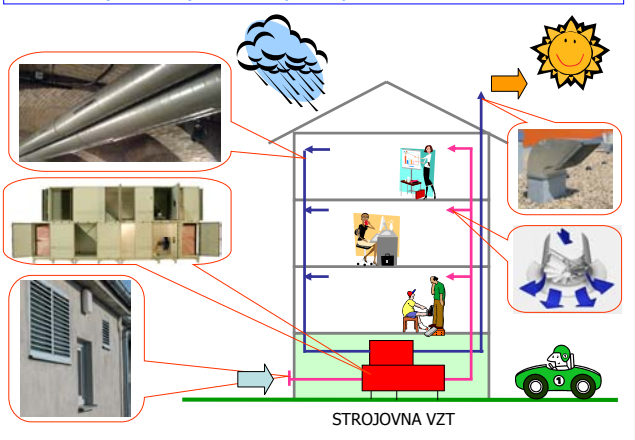


## Prvky pro decentrální větrací systémy

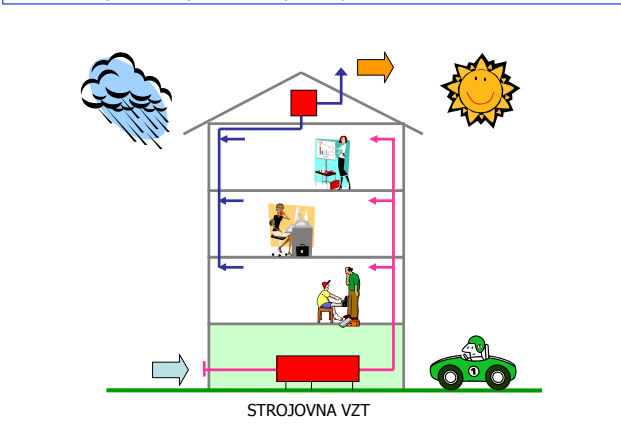
Ventilátory nástěnné



## Centrální (ústřední) větrací systémy - schéma



## Centrální (ústřední) větrací systémy - schéma





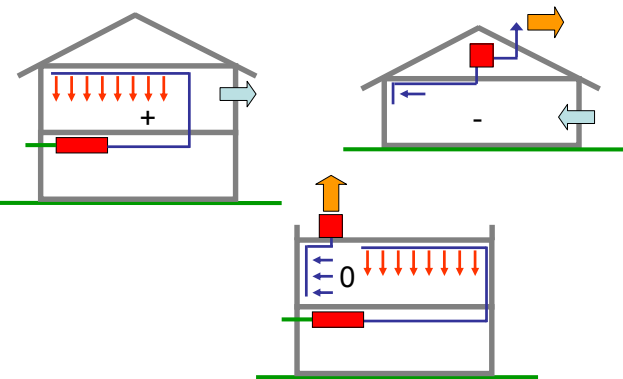
## Centrální (ústřední) větrací systémy - schéma



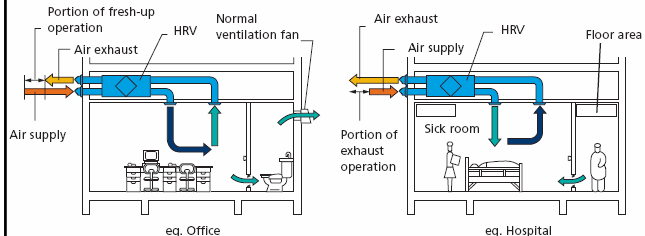
## Nucené větrání – členění podle tlakových poměrů

větrání rovnotlaké	větrací systém při rovnosti průtoků nuceně přiváděného a nuceně odváděného vzduchu
větrání nuceným přívodem vzduchu	způsob větrání s nuceným přívodem a přirozeným odvodem vzduchu
větrání přetlakové	větrací systém s větším průtokem nuceně přiváděného vzduchu do prostoru vzhledem k průtoku vzduchu nuceně odváděného
větrání nuceným odvodem vzduchu	způsob větrání s nuceným odvodem a přirozeným přívodem vzduchu
větrání podtlakové	větrací systém s větším průtokem nuceně odváděného vzduchu z prostoru, vzhledem k průtoku vzduchu nuceně přiváděného

## Nucené větrání – členění podle tlakových poměrů



## Nucené větrání – členění podle tlakových poměrů



**přetlak**

**podtlak**