



VUT v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra technických zařízení budov

# Snižování energetické náročnosti a kvalita vnitřního prostředí budov

**prof. Ing. Karel Kabele, CSc.**



# Energetická náročnost budov



„energetickou náročností budovy se rozumí **vypočtené množství energie** nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na

- **vytápění,**
- **chlazení,**
- **větrání,**
- **úpravu vlhkosti vzduchu,**
- **přípravu teplé vody a**
- **osvětlení“**

Zdroj: Zákon 318/2012 Sb.



# Průkaz ENB

- Co řeší?
  - Vyhodnocení ukazatelů energetické náročnosti budov
    - Porovnání ukazatelů ENB pro posuzovanou a referenční budovu
  - posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie.
  - stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy



# Kdy zpracovat průkaz ENB?

Zpracování vyžaduje zákon 406/2006

- Pro novostavby a větší změny dokončených budov
- Stávající budovy
  - Budovy užívané orgánem veřejné moci
    - > 500 m<sup>2</sup> – od 1.7.2013
    - > 250 m<sup>2</sup> – od 1.7.2015
  - Užívané bytové domy nebo administrativní budovy
    - > 1500 m<sup>2</sup> – od 1.1.2015
    - > 1000 m<sup>2</sup> – od 1.1.2017
    - < 1000 m<sup>2</sup> – od 1.1.2019
- Při prodeji budovy nebo její ucelené části
- Při pronájmu budovy (od 1.1.2016 též při pronájmu ucelené části)



# VZOR A OBSAH PRŮKAZU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV



# GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PRŮKAZU

### PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

výtahy podle zákona č. 406/2008 Sb., o hospodáření energií a výtahů č. 335/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: \_\_\_\_\_  
PSČ, místo: \_\_\_\_\_  
Typ budovy: \_\_\_\_\_  
Plocha obálky budovy: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
Objemový faktor tvaru A/V: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>  
Celková energeticky vztažná plocha: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

FOTO

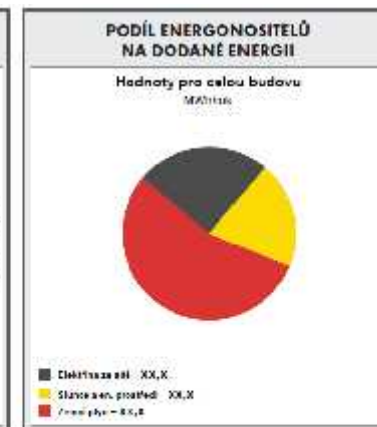
### ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)
Měrné hodnoty kWh/m <sup>2</sup> ·rok	
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok	<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok
XX,X	XX,X

### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střešní:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahy:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizace:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Připravení teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a výtahovém listech doplněn na energetickou náročnost a zohledněno dle doporučení



### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy (U <sub>o</sub> , kWh/m <sup>2</sup> ·K)	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vzduchu	Topná voda	Osvětlení
<b>Měrné hodnoty</b>							
<b>Dílčí dodané energie</b>							
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X

Zpracovatel: \_\_\_\_\_ Osvědčení č.: \_\_\_\_\_  
Kontakt: \_\_\_\_\_ Vytvářeno dne: \_\_\_\_\_  
Podpis: \_\_\_\_\_

Smartcity - Vnitřní prostředí budov

(C) Karel Kabele



# PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

## Protokol obsahuje

- účel zpracování průkazu,
- základní informace o hodnocené budově,
- informace o stavebních prvcích a konstrukcích a technických systémech,
- energetickou náročnost hodnocené budovy,
- posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,
- doporučená opatření pro snížení energetické náročnosti budovy při větší změně dokončené budovy,
- identifikační údaje energetického specialisty a datum vypracování průkazu.

K.	Výpočet	Chlazení		Větrání		Úprava vlhkosti vzduchu		Příprava teplej vody		Ověření																
		Ket budova	Hod budova	Ket budova	Hod budova	Ket budova	Hod budova	Ket budova	Hod budova	Ket budova	Hod budova															
(1)	Potřeba energie (kWh/m <sup>2</sup> )																									
(2)	Výpočet spotřeby	<b>Druhy energie (energonositelé) užívané v budově</b>																								
(3)	Přímá	Hnědé uhlí			Černé uhlí			Dřevěné peletky																		
(4)	Uhlí d. energie	Lehký topný olej			Těžký topný olej			Kusové dřevo, dřevní štěpka																		
(5)	Uhlí d. energie + (J.1.)	Zemní plyn			Elektřina																					
(6)	Uhlí d. energie + (J.1.) + (J.2.)	Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo): podíl OZE: do 50 % včetně - podíl OZE: nad 50 do 80 % - podíl OZE: nad 80 %																								
(7)	Uhlí d. energie + (J.1.) + (J.2.) + (J.3.)	Soustava zásobování tepelnou energií (dálkové teplo): podíl OZE: do 50 % včetně - podíl OZE: nad 50 do 80 % - podíl OZE: nad 80 %																								
(8)	Uhlí d. energie + (J.1.) + (J.2.) + (J.3.) + (J.4.)	<b>Geometrické charakteristiky budovy</b>																								
(9)	Uhlí d. energie + (J.1.) + (J.2.) + (J.3.) + (J.4.) + (J.5.)	<table border="1"><thead><tr><th>Parametr</th><th>jednotky</th><th>hodnota</th></tr></thead><tbody><tr><td>Objem budovy V (objem části budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)</td><td>(m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr><tr><td>Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)</td><td>(m<sup>2</sup>)</td><td></td></tr><tr><td>Objemový faktor tvaru budovy A/V</td><td>(m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)</td><td></td></tr><tr><td>Celková energeticky vztáhná plocha budovy A<sub>c</sub></td><td>(m<sup>2</sup>)</td><td></td></tr></tbody></table>										Parametr	jednotky	hodnota	Objem budovy V (objem části budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	(m <sup>3</sup> )		Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	(m <sup>2</sup> )		Objemový faktor tvaru budovy A/V	(m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )		Celková energeticky vztáhná plocha budovy A <sub>c</sub>	(m <sup>2</sup> )	
Parametr	jednotky	hodnota																								
Objem budovy V (objem části budovy s upravovaným vnitřním prostředím vymezený vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy)	(m <sup>3</sup> )																									
Celková plocha obálky budovy A (součet vnějších ploch konstrukcí ohraničujících objem budovy V)	(m <sup>2</sup> )																									
Objemový faktor tvaru budovy A/V	(m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )																									
Celková energeticky vztáhná plocha budovy A <sub>c</sub>	(m <sup>2</sup> )																									

Celkem 15 tabulek k vyplnění





# VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV

Smartcity - Vnitřní prostředí  
budov

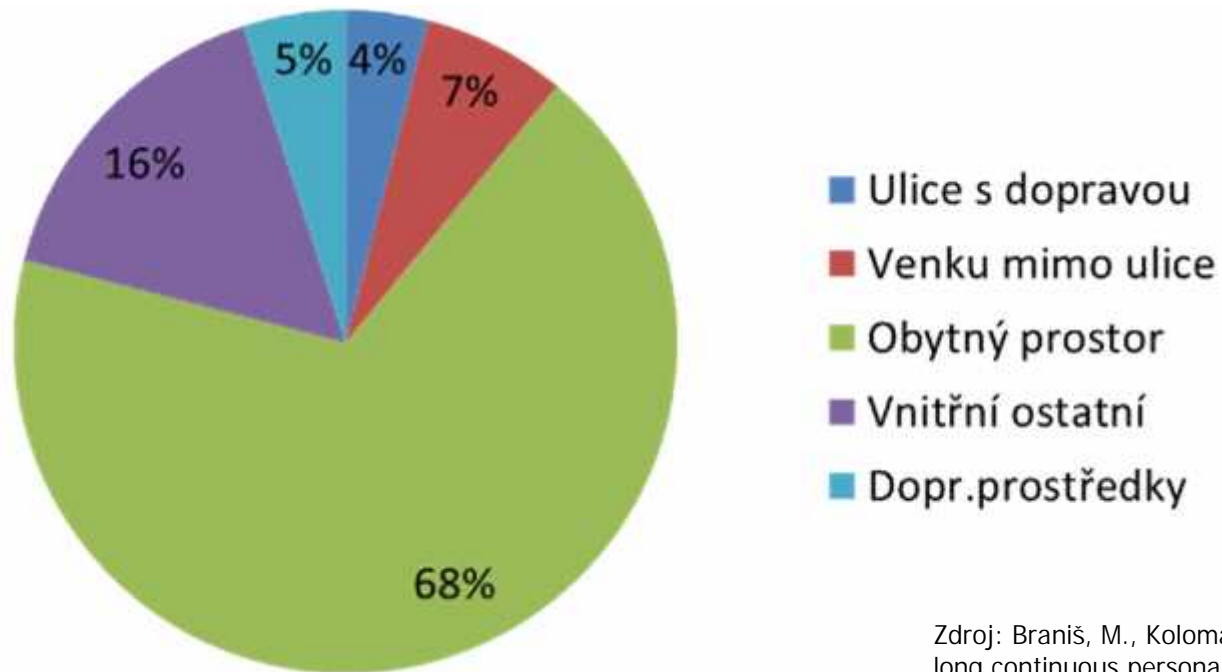
(C) Karel Kabele





# Vnitřní prostředí budov

Ve vnitřním prostředí trávíme až 90% svého života... ( SZÚ 2012)



Zdroj: Braniš, M., Kolomazníková, J. (2010) Year-long continuous personal exposure to PM2.5 recorded by a fast responding portable nephelometer. Atmospheric Environment 44(24): 2865-2872



# Vnitřní prostředí budov

- Vnitřní prostředí je životní prostředí v interiéru budov. Je to obecně fyzická realita, obklopující živý organismus, se kterou je ve vzájemné interakci a která spoluvytváří neustále jeho fyzický stav.
- Lze jej obecně považovat za soustavu tří jevů, kterými jsou :



*Agencie : homogenní složka fyzické reality, která vytváří toky a působí na exponovaný subjekt*

*Exponovaný subjekt : člověk, zvíře, rostlina, stroj nebo jiná entita reagující na prostředí*



<b>Agencie</b>	<b>Pole p enosu</b>	<b>Kontaktní orgán exp. subjektu</b>
<b>toxické látky</b>	vzduch	dýchací ústrojí, pokožka
<b>aerosoly</b>	vzduch	dýchací ústrojí, pokožka
<b>mikroby</b>	vzduch	dýchací ústrojí, trávicí ústrojí , pokožka
<b>odéry</b>	vzduch	dýchací ústrojí
<b>vodní páry</b>	vzduch	sliznice dýchacího ústrojí, pokožka
<b>teplo</b>	vzduch, kontaktní t lesa	dýchací ústrojí, pokožka
<b>sv tlo</b>	prostor	zrakové ústrojí
<b>akustické vln ní</b>	vzduch	sluchové ústrojí
<b>ionizující zá ení</b>	prostor	vnit ní orgány bez zp tné vazby
<b>ionty v ovzduší</b>	vzduch	dýchací ústrojí
<b>statická elekt ina</b>	prostor	pokožka
<b>ostatní elektromagnetická vln ní</b>	prostor	vnit ní orgány bez zp tné vazby



# Vnitřní prostředí budov

- Prostředí má vliv na
  - Zdraví
  - Produktivitu práce
  - Pohodu prostředí



J. Adam Huggins for The New York Times 26.7.2007



*Vnitřní prostředí budov*

=

*Interní mikroklima*

=

*Indoor environment*



# Vnímání prostředí

- Reakce lidského organismu na prostředí:
  - snaha o eliminaci nepříznivého účinku s cílem dosažení komfortu (**pohody**)
    - Vědomá – např. vzít si svetr, zavřít okno, spustit rolety
    - Podvědomá – např. pocení, třes, akomodace oka
  - Krátkodobé x dlouhodobé působení





# Pohoda prostředí

*„Stav mysli, který vyjadřuje uspokojení s prostředím“ ( Fanger 1970 - ASHRAE)*

*„Souhrn podmínek, za nichž si subjekt neuvědomuje stav prostředí“ (Saini 1971)*

*„Pohoda je neexistence zbytečné tísně při dané činnosti...“ (Brundrett 1974)*

*„Takový stav prostředí, při kterém se lidé v uvažovaném prostoru subjektivně cítí co nejlépe a jsou tedy též schopni maximálního pracovního výkonu ať již fyzického či duševního, nebo co nejúčinnějšího odpočinku..“ (Jokl 1986)*



# Vnitřní prostředí budov

## Složky vnitřního prostředí

- Tepelně-vlhkostní
- Kvalita vzduchu
  - plyny
  - aerosoly
  - mikroorganismy
- Akustika
- Světelná
- Elektro -statická, -iontová, -magnetická, ionizující a radiační pole
- Psychický komfort (barvy, povrchy, architektura...)

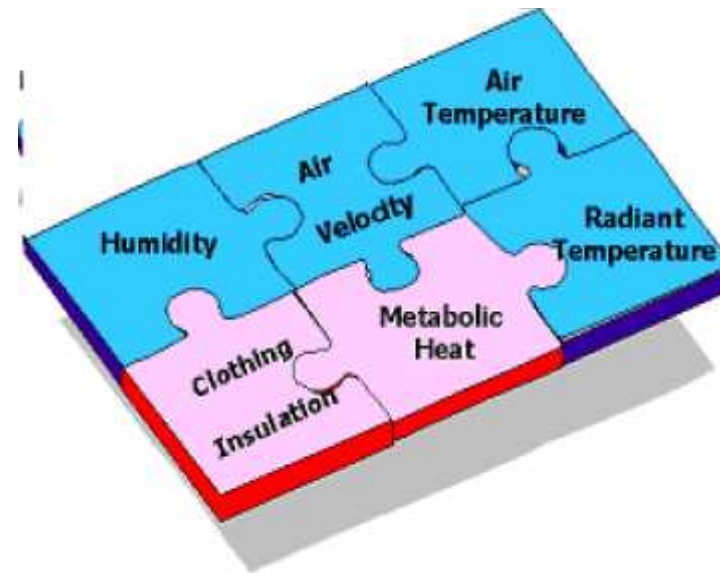


*Zdroj : Jokl 1986*



# Faktory tepelné pohody

- **Člověk**
  - **Metabolické teplo (= energetický výdej M)**
  - **Tepelný odpor od vu**
- **Prostor**
  - **Teplota vzduchu (Dry-Bulb)**
  - **Relativní vlhkost**
  - **Rychlost vzduchu**
  - **Sálání (st ední radia ní teplota)**





# Faktory prostředí

## Operativní teplota (Operative Temperature)

Je to jednotná teplota uvnitř uzavřeného prostoru, ve kterém by lidské tělo sdílelo konvekcí i radiací stejné množství tepla jako ve skutečném nehomogenním prostředí. Operativní teplota je váženým průměrem teploty vzduchu a střední radiální teploty podle odpovídajících součinitelů přestupu tepla prouděním a sáláním.

$$t_o = \frac{h_c \bar{t}_a + h_r \bar{t}_r}{h_c + h_r}$$

Vypočtená hodnota

**kde**  $t_o$  = operativní teplota

$t_a$  = teplota okolního vzduchu

$t_r$  = střední radiální teplota (mean radiant temperature)

$h_c$  = součinitel přestupu tepla prouděním

$h_r$  = součinitel přestupu tepla sáláním



# Faktory prostředí



## **St ední radia ní teplota (Mean Radiant Temperature MRT)**

*(též ú inná teplota okolních ploch, st ední teplota sálání ) je teplota všech okolních ploch, p i které by bylo celkové množství tepla sdílené sáláním mezi povrchem t la a okolními plochami stejné jako ve skute nosti*

$$t_r = \sqrt[4]{\{r_1 \cdot T_1^4 + \dots + \{r_n \cdot T_n^4 - 273}$$

### •kde

$t_r$  st ední radia ní teplota [°C]

$T_i$  teplota okolního povrchu  $i$ ,  $i=1,2,\dots,n$  [K]

$r_i$  úhlový faktor mezi osobou a plochou  $i$ ,  $i=1,2,\dots,n$





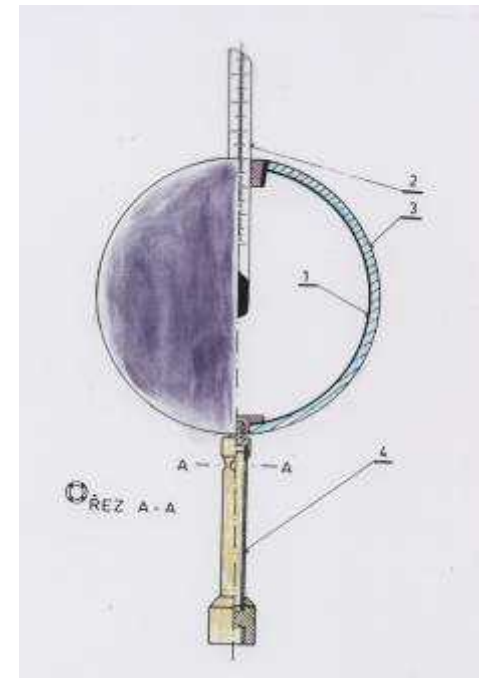
# Faktory prostředí

## Výsledná teplota (Resultant Temperature)

(globe teplota, teplota kulového teploměru) se měří kulovým teploměrem, zahrnuje vliv rychlosti proudění vzduchu a zdroje sálavého tepla.

$$t_o \cong t_g$$

Platí pro malé rychlosti proudění vzduchu (do 0,2 m/s) a malé rozdíly  $t_a$  a  $t_r$  (do 4 °C),



Jokl 1984



# Faktory prostředí

## **Proudění vzduchu**

- **Rychlost proudění**
- **Směr proudění**
- **Kolísání rychlosti**



*Většinou se jedná o turbulentní proudění, obtížně měřitelné.  
všesměrové sondy x trojrozměrné, dlouhodobější  
měření*

## **Rychlosti proudění vzduchu a vnímání člověkem:**

<i>0 m/s</i>	<i>nepříjemné, zatuchlý vzduch</i>
<i>0,1 - 0,3 m/s</i>	<i>vnímáme většinou pozitivně v závislosti na teplotě</i>
<i>a</i>	<i>oděvu</i>
<i>0,3 m/s a výše</i>	<i>podle teploty</i>



# HODNOCENÍ VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ

Smartcity - Vnitřní prostředí  
budov

(C) Karel Kaber



# **ČSN EN ISO 7730 ERGONOMIE TEPELNÉHO PROSTŘEDÍ - ANALYTICKÉ STANOVENÍ A INTERPRETACE TEPELNÉHO KOMFORTU POMOCÍ VÝPOČTU UKAZATELŮ PMV A PPD A KRITÉRIA MÍSTNÍHO TEPELNÉHO KOMFORTU (OD 1.11.2006)**



# Tepelná pohoda



Hodnocení kvality prostředí-indexy:

- PMV (Predicted Mean Vote) - předpokládaná průměrná volba=průměrný tepelný pocit člověka
- PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) - předpokládané procento nespokojených

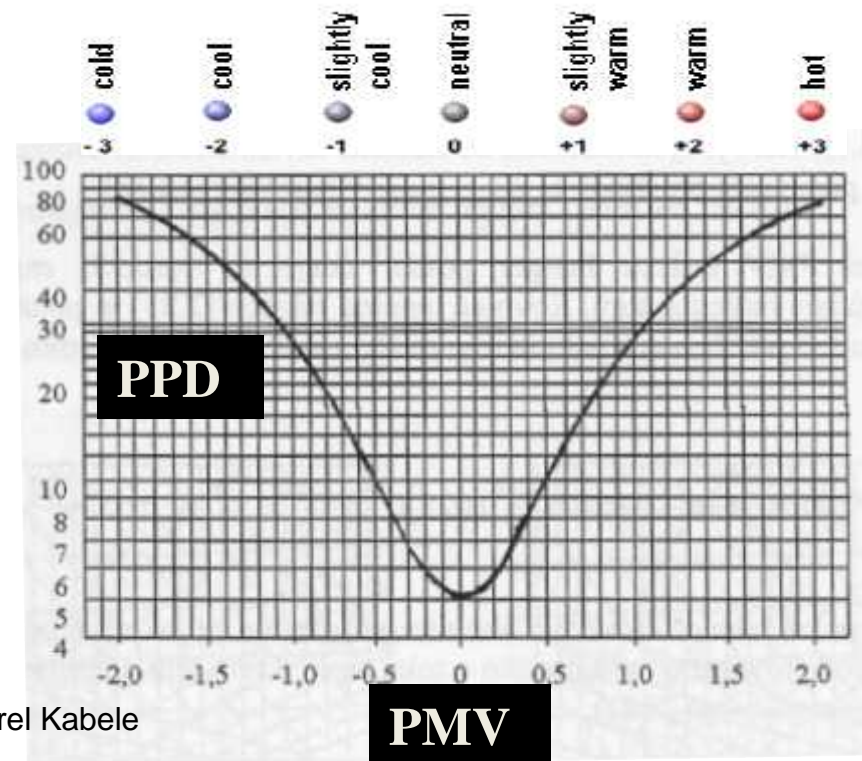
PMV - 7stup

3, 2, 1, 0, -1, -2, -3

horko, teplo, mírn teplo

neutrál

mírn chladno, chladno, zima







# Výpočet PMV a PPD dle ČSN EN ISO 7730

$$PMV = (0,303e^{-0,036M} + 0,028) \left[ \begin{array}{l} (M - W) - 3,05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6,99(M - W) - p_a] - 0,42 \times \\ [(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{-5} M (5867 - p_a) - 0,0014M (34 - t_a) \\ - 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \end{array} \right]$$

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)}$$

PMV	p edpov st edního tepelného pocitu	$t_{cl}$	teplota povrchu od vu °C
		$t_a$	teplota vzduchu °C
PPD	p edpokládáné procento nespokojených	$t_r$	st ední radia ní teplota °C
		$p_a$	parciální tlak vodní páry
M	energetický výdej W/m <sup>2</sup>	Pa	
W	užite ný mechanický výkon	$h_c$	sou initel p estupu tepla konvekcí W/m <sup>2</sup> K
W/m <sup>2</sup>	(u v tšiny prací se rovná nule)		
$f_{cl}$	pom r povrchu oble eného lov ka k povrchu nahého		



# Tepelná pohoda

- ČSN EN ISO 7730 - parametry slouží především pro návrh systému vytápění, chlazení, větrání
- Základní parametry vnitřního prostředí uvedeny v Příloze A ČSN EN 12831

Příloha A (informativní)

Základní okrajové podmínky vnitřní tepelné pohody prostředí – význam výsledné teploty ve výpočtu topného výkonu

- Tepelná kvalita prostoru může být zvolena ze 3 kategorií podle ukazatelů PPD nebo PMV

Kategorie vnitřního tepelného prostředí	Celkový tepelný stav těla	
	Předpokládané procento nespokojených	Předpokládané průměrné hodnocení
A	< 6%	$-0,2 < PMV < +0,2$
B	< 10%	$-0,5 < PMV < +0,5$
C	< 15%	$-0,7 < PMV < +0,7$

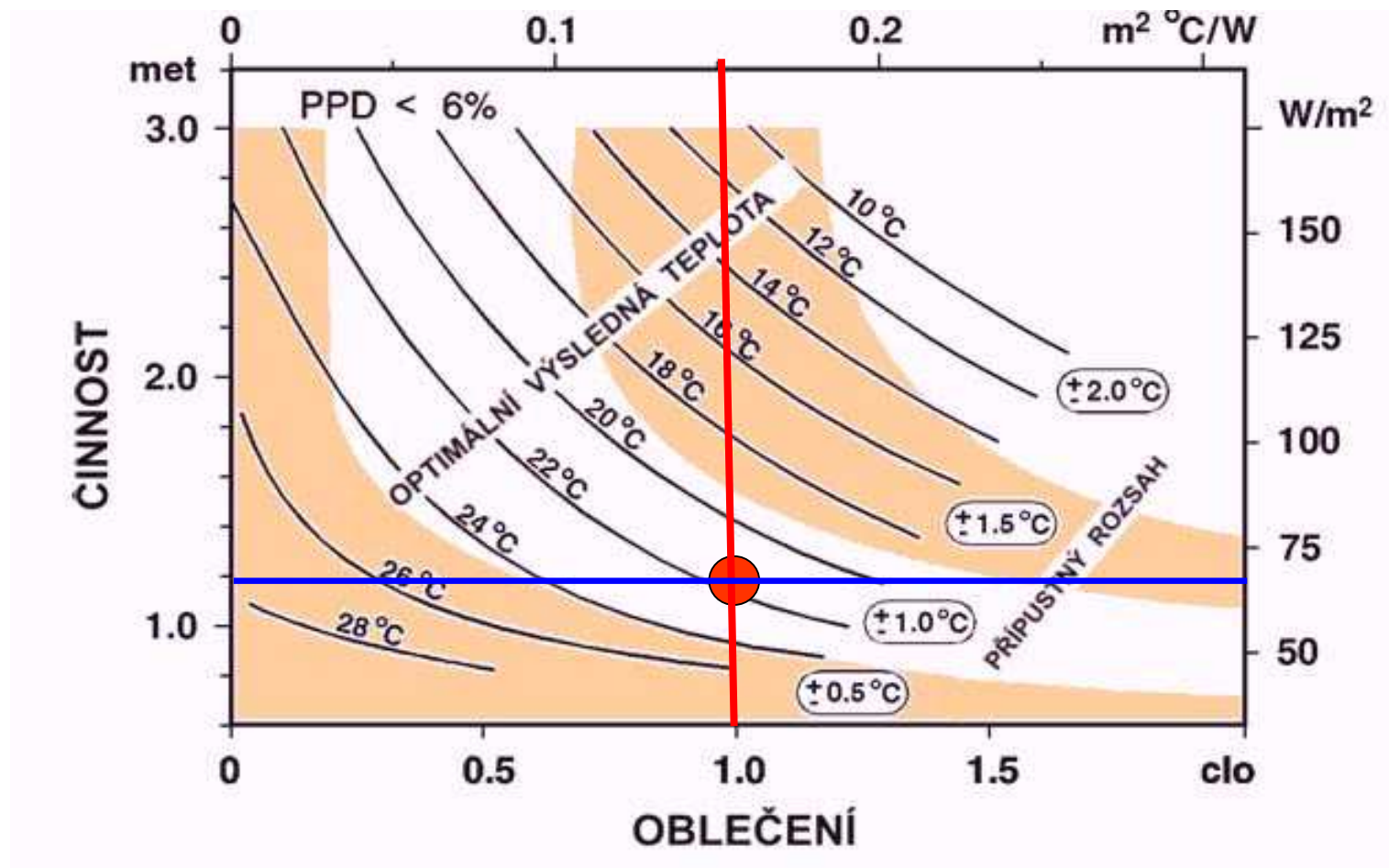
(C) Karel Kabele

Smartcity - Vnitřní prostředí budov



# Optimální výsledná teplota

Kategorie vnitřního prostředí A (PPD < 6%)





## Výsledná vnitřní teplota

Druh budovy, prostoru	Oblečení, zima (clo)	innost (met)	Kategorie vnitřního tepelného prostředí	Výsledná teplota, zima °C
Kancelář	1,0	1,2	A	21,0 až 23,0
			B	20,0 až 24,0
			C	19,0 až 25,0
Velkoprostorová kancelář	1,0	1,2	A	21,0 až 23,0
			B	20,0 až 24,0
			C	19,0 až 25,0
Kavárna, restaurace	1,0	1,2	A	21,0 až 23,0
			B	20,0 až 24,0
			C	19,0 až 25,0
Obchodní d m	1,0	1,6	A	17,5 až 20,5
			B	16,0 až 22,0
			C	15,0 až 23,0
Bydlení	1,0	1,2	A	21,0 až 23,0
			B	20,0 až 24,0
			C	19,0 až 25,0



**ČSN EN 15251 VSTUPNÍ PARAMETRY VNITŘNÍHO  
PROSTŘEDÍ PRO NÁVRH A POSOUZENÍ ENERGETICKÉ  
NÁROČNOSTI BUDOV S OHLEDEM NA KVALITU VNITŘNÍHO  
VZDUCHU, TEPELNÉHO PROSTŘEDÍ, OSVĚTLENÍ A  
AKUSTIKY.  
(VYDÁNO 1.3.2011)**







# Tepelná pohoda

- Kriteria pro návrh nuceně vytápěných a chlazených budov

Kategorie vnitřního tepelného prostředí	Celkový tepelný stav t <sub>la</sub>	
	Předpokládané procento nespokojených PPD	Předpokládané průměrné hodnocení PMV
I	< 6%	- 0,2 < PMV < + 0,2
II	< 10%	- 0,5 < PMV < + 0,5
III	< 15%	- 0,7 < PMV < + 0,7
IV	> 15%	0,7 < PMV PMV < - 0,7

Druh budovy	Kategorie	Operativní teplota (°C)	
		Minimální pro vytápění	Maximální pro chlazení
Budovy pro bydlení pobytový prostor sedavá činnost (1,2met)	I	21	25,5
	II	20	26
	III	19	27



# Vnitřní prostředí

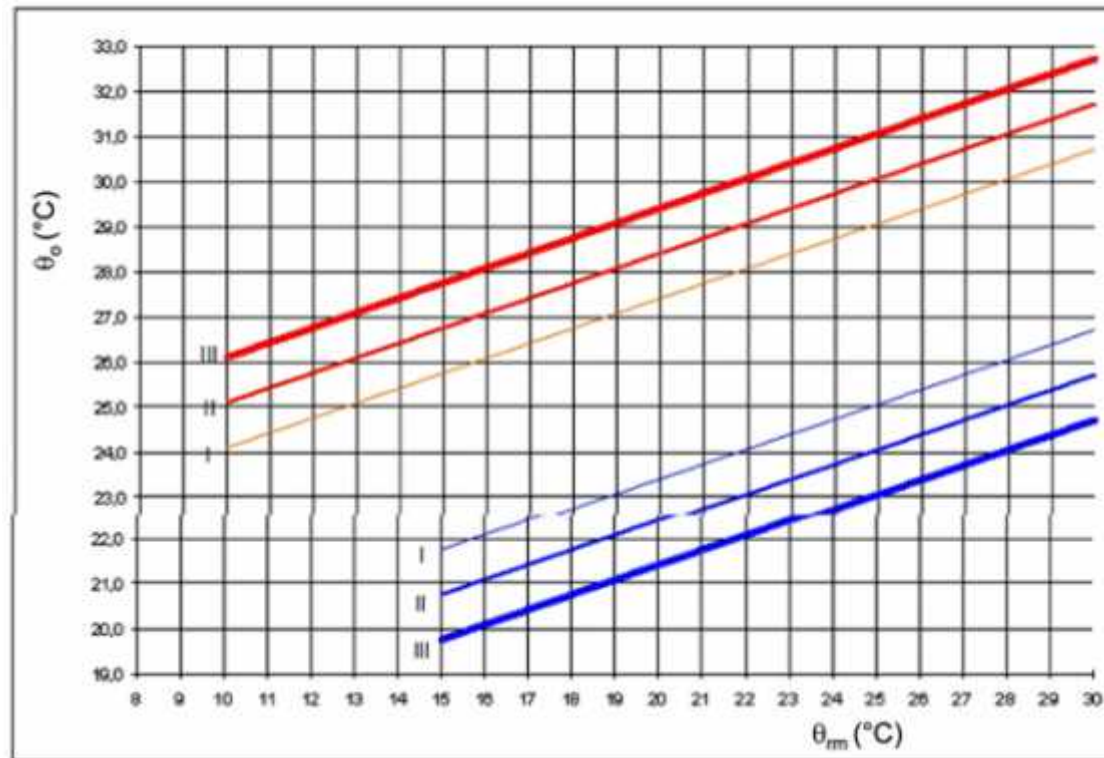
- Kriteria pro návrh kvality vnitřního vzduchu (ne obytné b.)
- zdroj škodlivin
  - osoby
  - provoz budov

Kategorie	P edpokládané procento nespokojených	Pr tok vzduchu l/s/os
I	15	10
II	20	7
III	30	
IV	>30	<4

Kategorie	Velmi nízké zne išt ní l/s.m2	Nízké zne išt ní l/s.m2	Vyšší zne išt ní l/s.m2
I	0,5	1,0	2,0
II	0,35	0,7	1,4
III	0,3	0,4	0,8



# Návrhové hodnoty operativní teploty pro budovy bez strojního chlazení



$\theta_{rm}$  klouzavá střední teplota venkovního vzduchu, °C  
 $\theta_o$  operativní teplota, °C

Zdroj: SN EN 15251



## Příklad posouzení parametrů vnitřního prostředí

### ■ Footprint - pracovní doba 7-17h.

Kvalita vnitřního prostředí v % času ve čtyřech kategoriích				
Procenta	5	7	68	20
Tepelné prostředí	IV	III	II	I
Procenta	7	7	76	10
Kvalita vnitřního vzduchu	IV	III	II	I

Příklad klasifikace tepelného prostředí a kvality vnitřního vzduchu/vláhivosti. Rozdělení v různých kategoriích je váženo podlahovou plochou odlišných prostor v budovách.



# Obálka budovy

## Fasáda

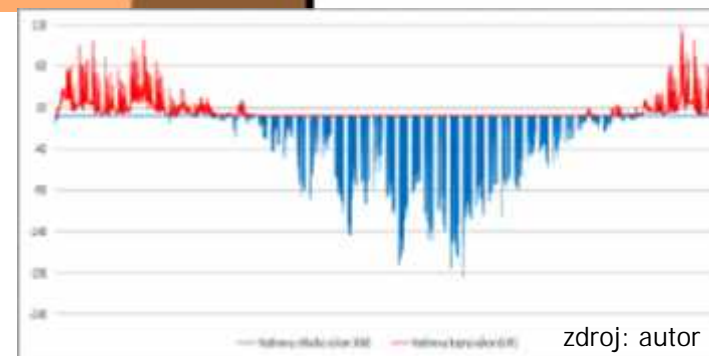
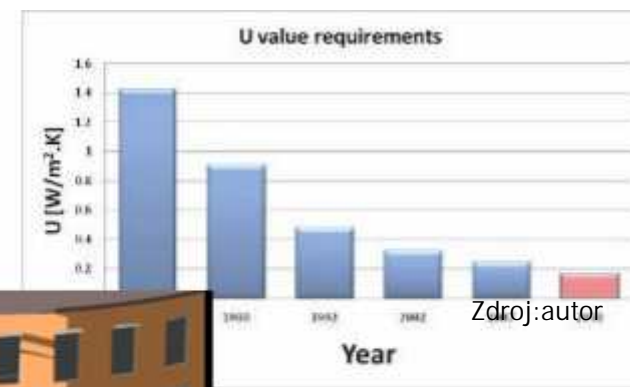
- Tepelná izolace - limit?
- Pokročilé materiály
  - Vakuové izolace
  - PCM materiály
- Aktivní fasády
  - Dvojité fasády
  - Chytré „stínění“
  - Integrované PV ,PT systémy



zdroj: <http://stardust.jpl.nasa.gov/photo/aerogel.html>



zdroj: autor



Snížení pot eby tepla a chladu

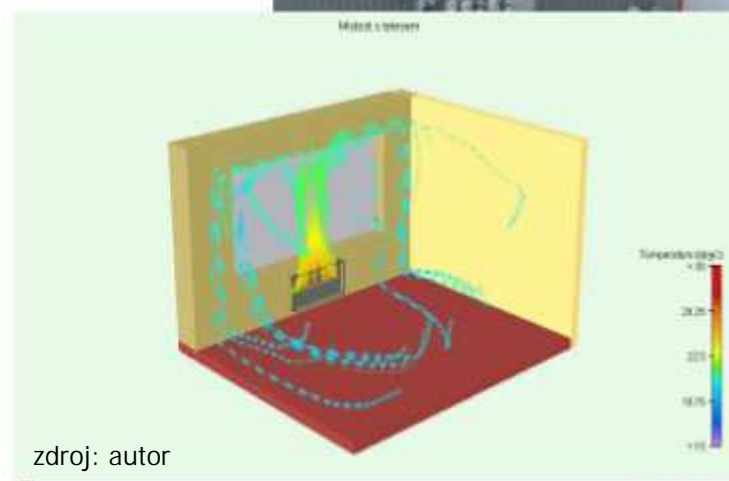


# Vytápění budov

## Vytápění

- Obnovitelné zdroje
- Akumulace tepla
- Účinné zdroje
- Účinná distribuce tepla (čerpadla)
- Emise tepla
- Měření a regulace

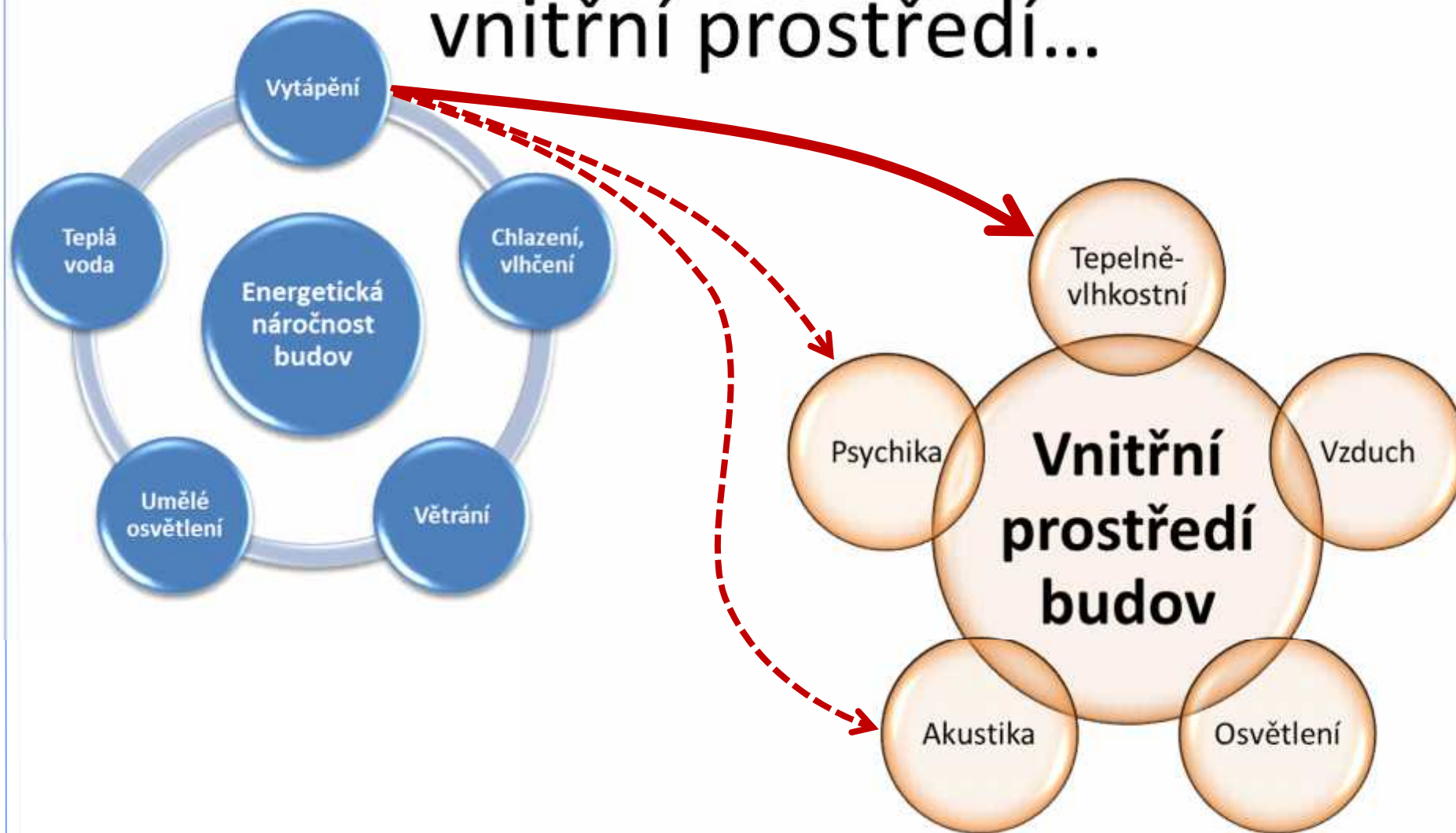
Účinné zdroje a regulace výkonu  
Obnovitelné zdroje







# Snižování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



Zdroj : Kabele, Dvo áková 2012

Smartcity - Vnit ní prost edí budov

(C) Karel Kabele



# Chlazení

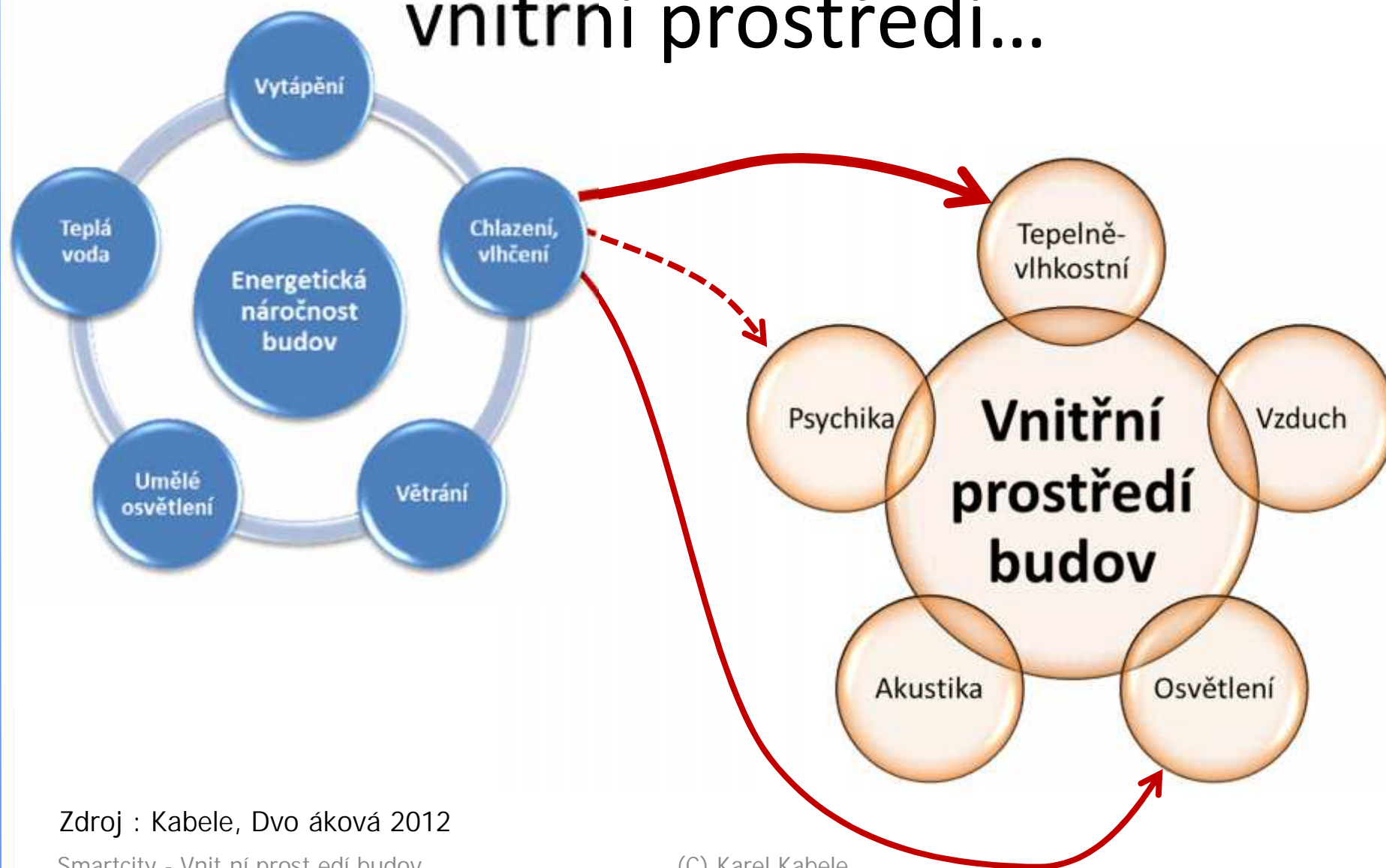
- Snižování tepelné zátěže
- Účinné zdroje chladu
- Akumulace chladu
- Účinná distribuce chladu
- „Vysokoteplotní“ chlazení
- Regulace a strategie (noční větrání)

Pasivní systémy  
Účinné zdroje a regulace výkonu  
Obnovitelné zdroje chladu





# Snižování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



Zdroj : Kabele, Dvo áková 2012

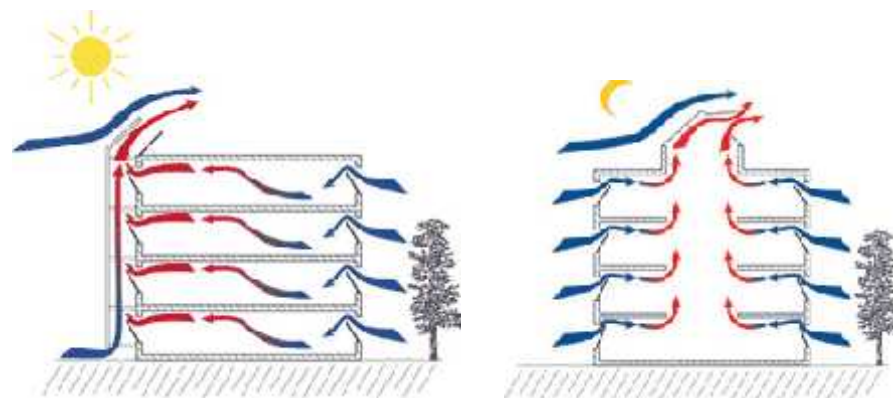
Smartcity - Vnit ní prost edí budov

(C) Karel Kabele



# Větrání

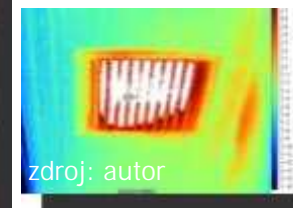
- Optimalizace množství větracího vzduchu
- CO<sub>2</sub>, VOC, IAQ senzory
- Nízkotlaké distribuční sítě
- Přirozené větrání
- Strategie regulace



zdroj: <http://passivesolar.weebly.com>



zdroj: autor



zdroj: autor



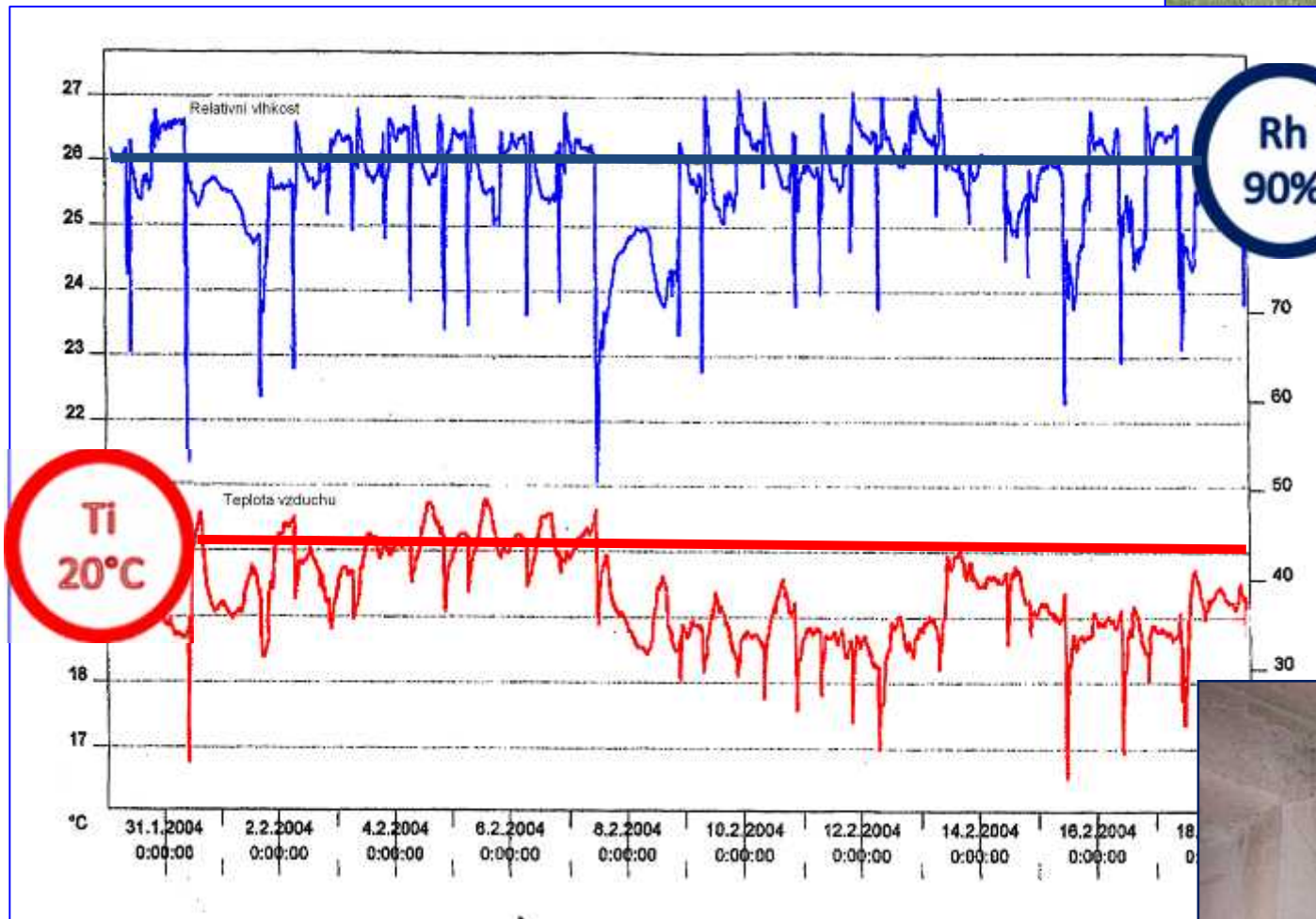
zdroj: autor

Přirozené systémy v trání  
nucené v trání





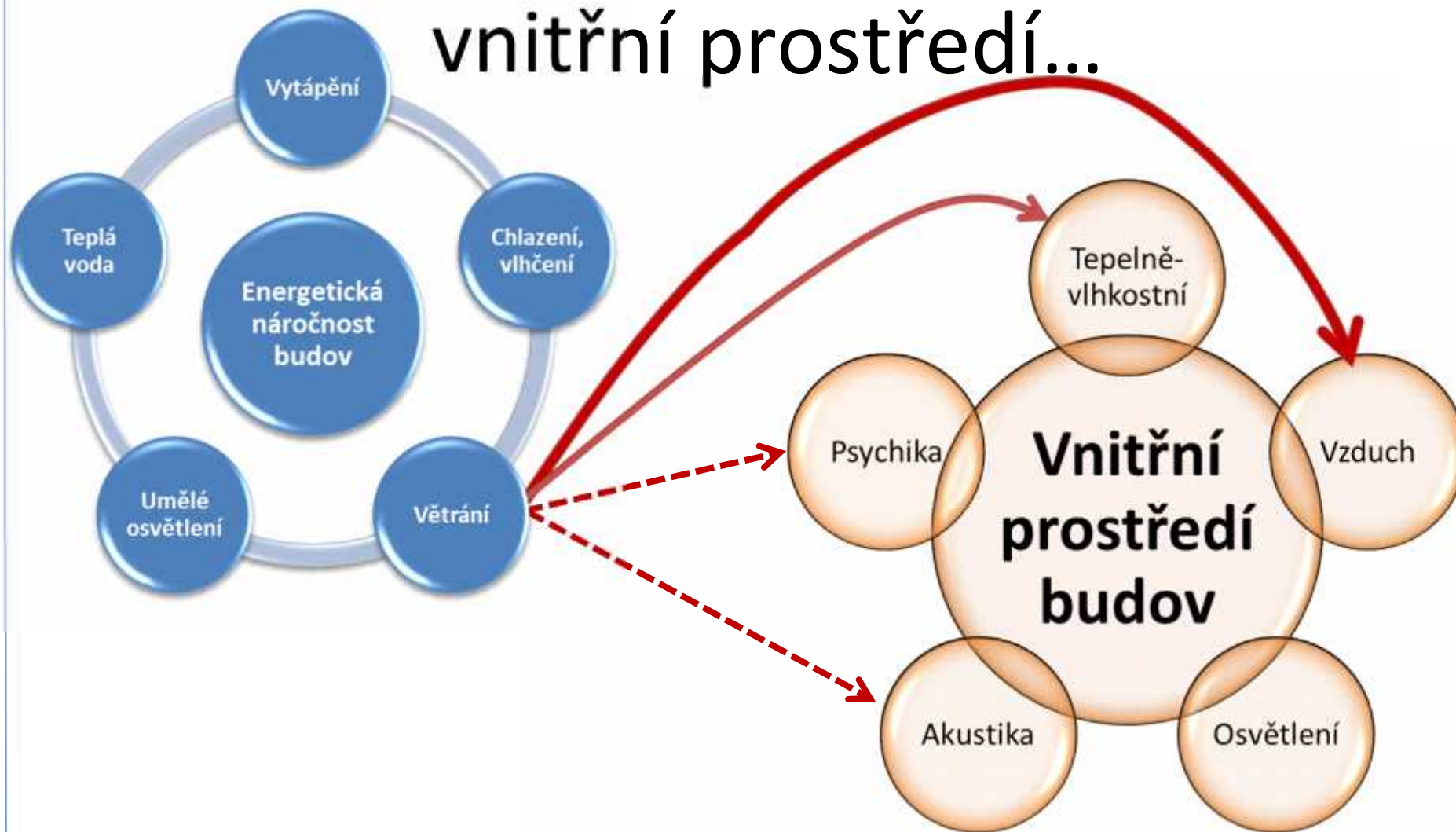
# Příklad: důsledek „energeticky vědomého“ chování uživatele



Zdroj : Kabele 2006



# Snižování energetické náročnosti a vnitřní prostředí...



Zdroj : Kabele, Dvo áková 2012

Smartcity - Vnit ní prost edí budov

(C) Karel Kabele





# Světlo

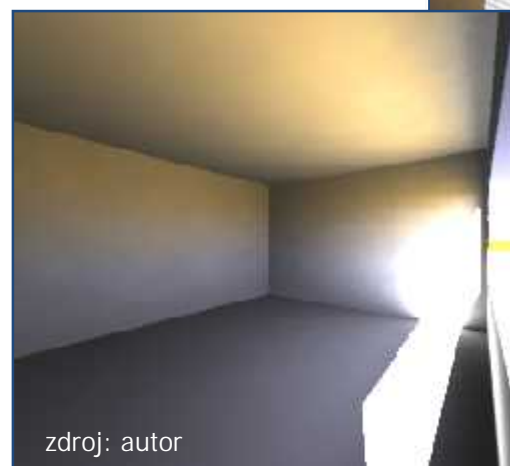
Denní a smíšené osvětlení

Světlovody

Účinné zdroje - LED?

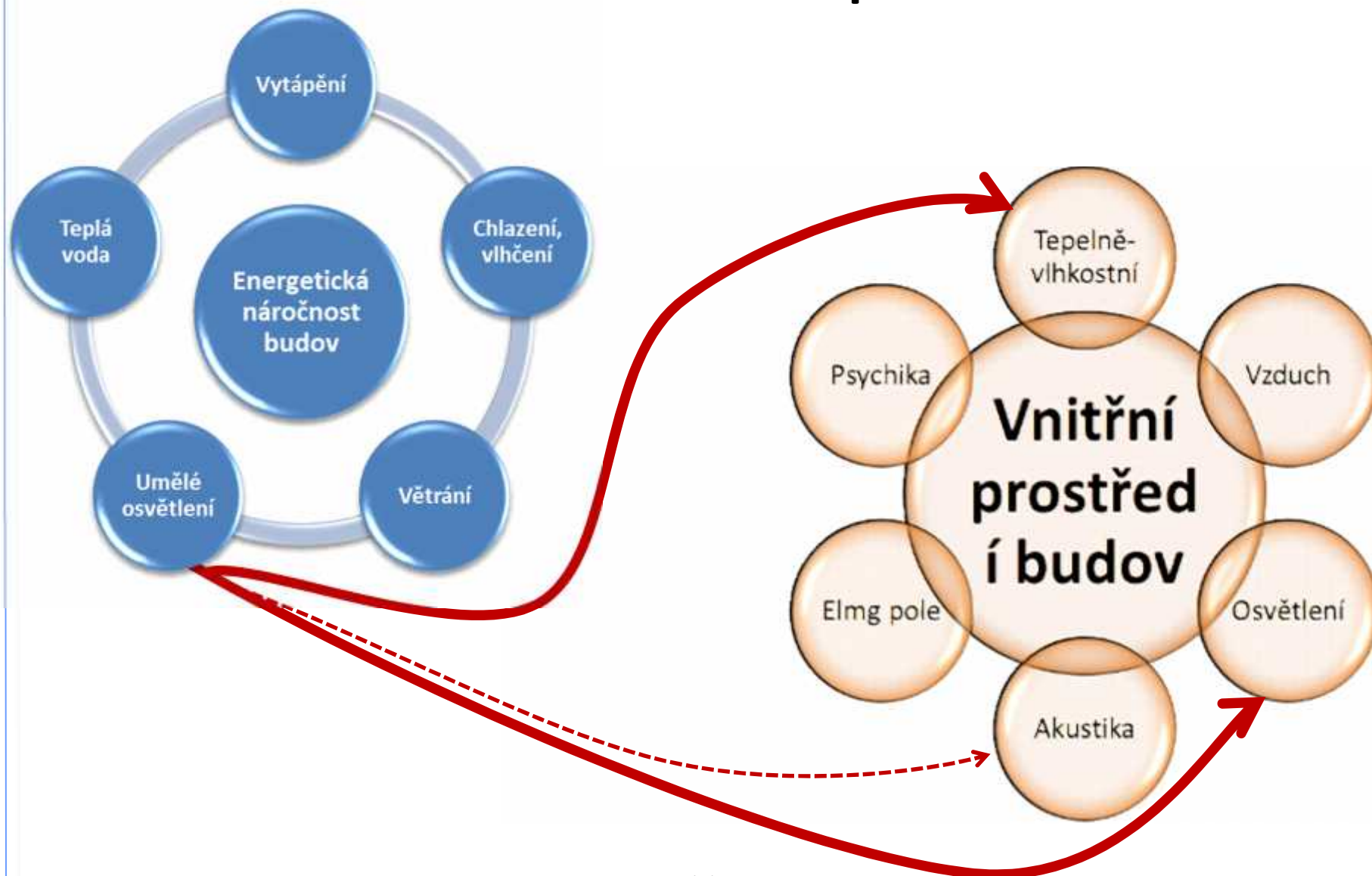
Regulace

Denní osvětlení  
Umělé - nové zdroje





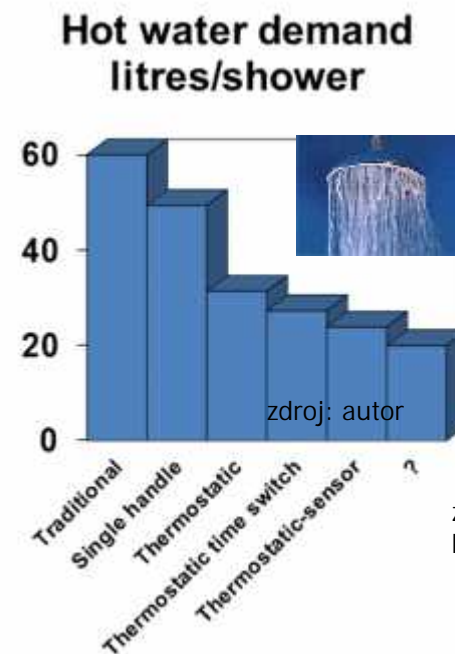
# Budova a vnitřní prostředí...





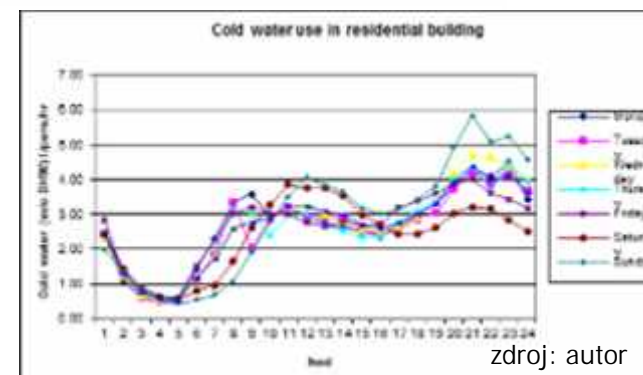
# Teplá voda

- Spotřeba teplé vody !!
- Účinná příprava TV
- Teplota
- Distribuční síť
  - Cirkulace
  - Ovládání
- Legionella!!!!



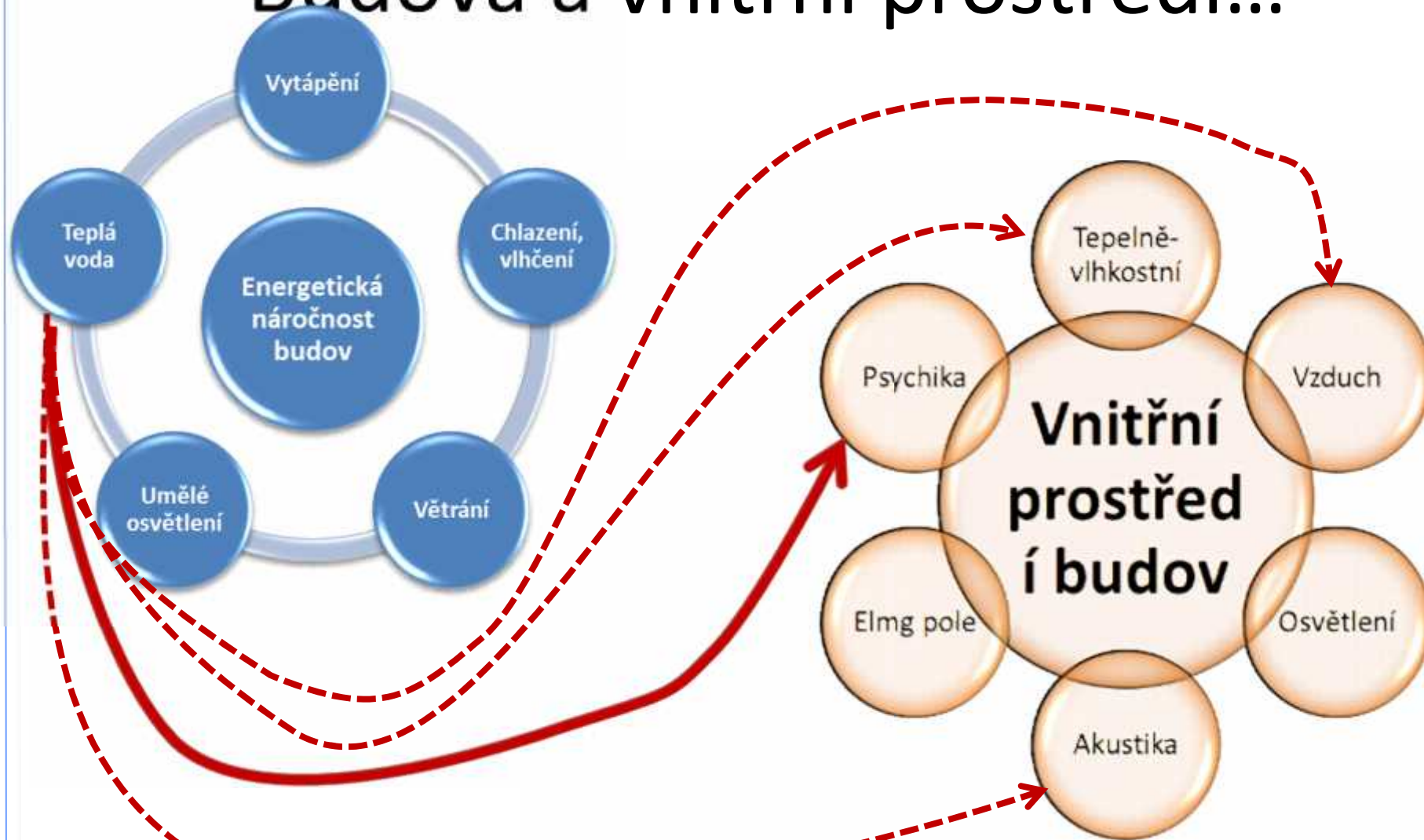
zdroj:  
<http://www.waterhygieneireland.ie>

Teplota vody - hygiena  
Lidský faktor





# Budova a vnitřní prostředí...

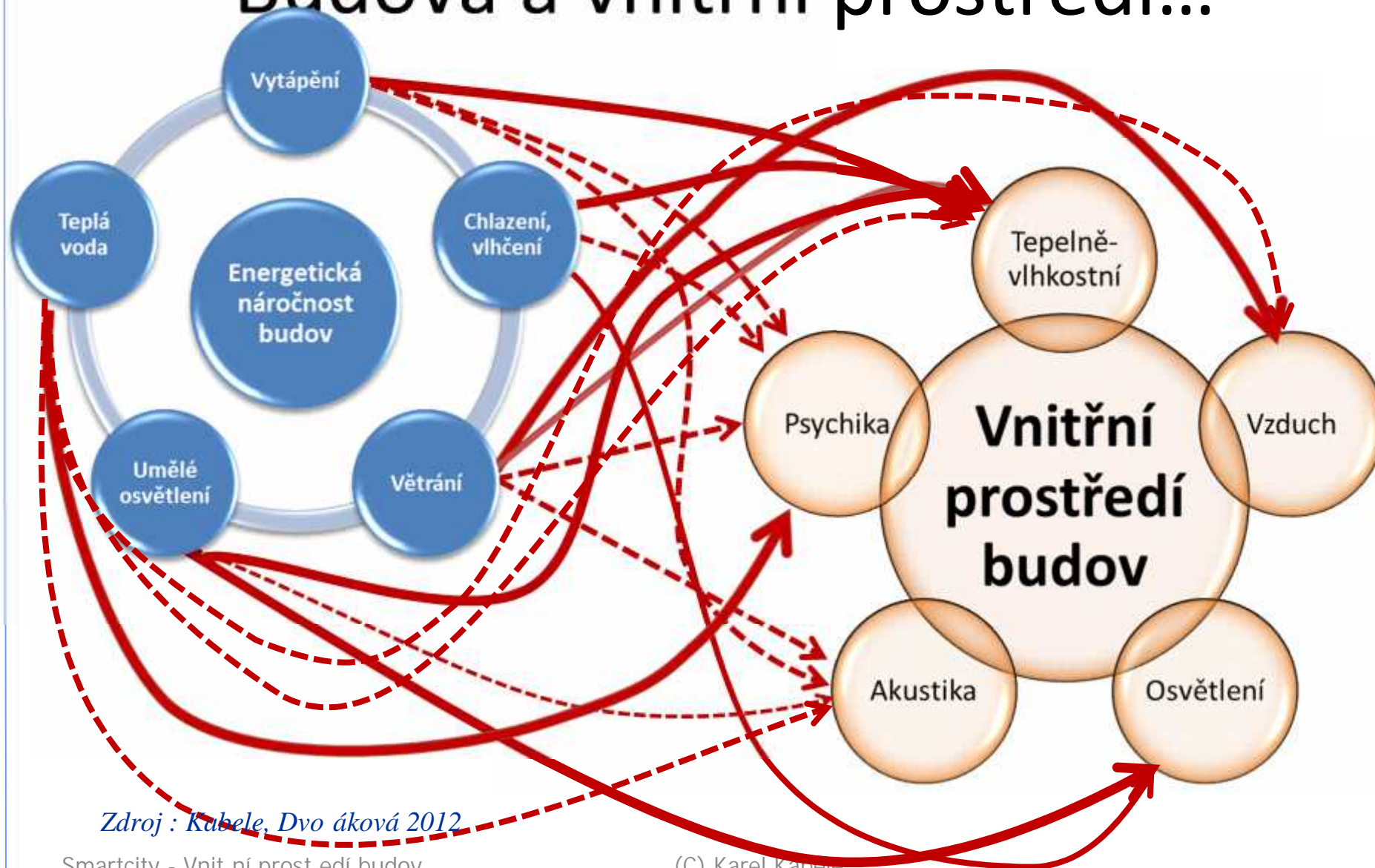


Zdroj : Kabele, Dvo áková 2012





# Budova a vnitřní prostředí...



Zdroj : Kabele, Dvořáková 2012



VUT v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra technických zařízení budov

Děkuji za pozornost..

Karel Kabele

kabele@fsv.cvut.cz