



Akumulace tepla v konstrukcích budov

Pavel Kopecký

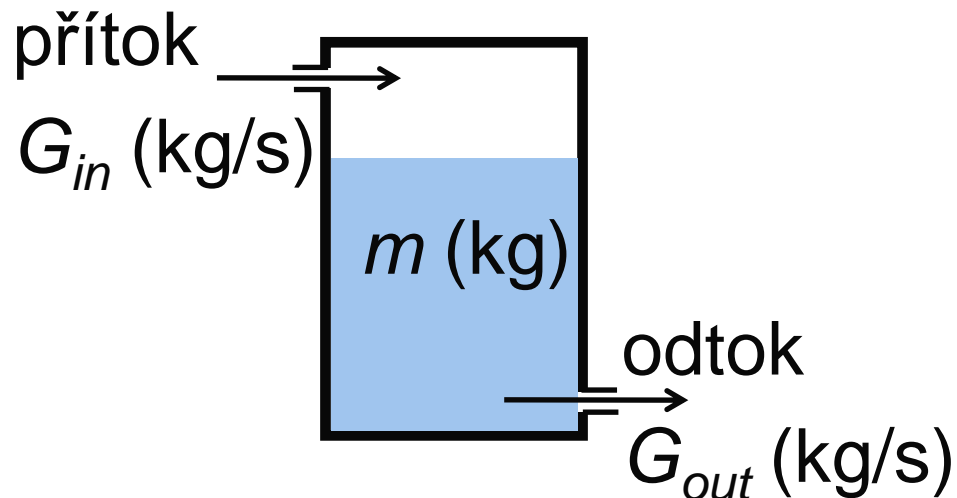
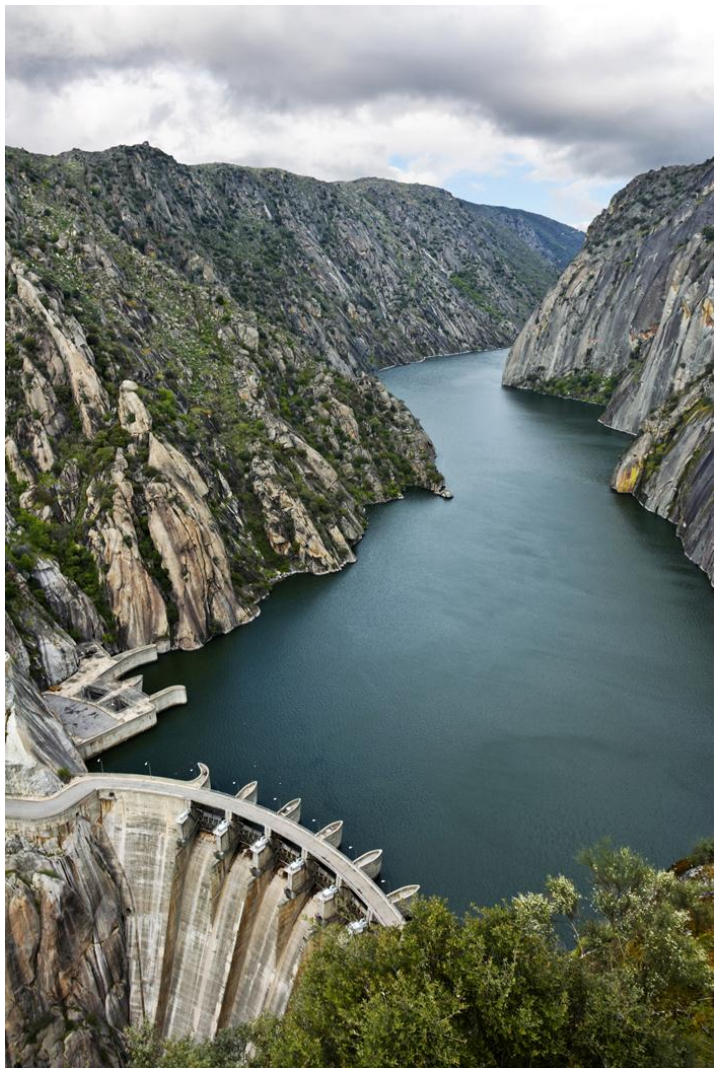
ČVUT Praha

Fakulta stavební

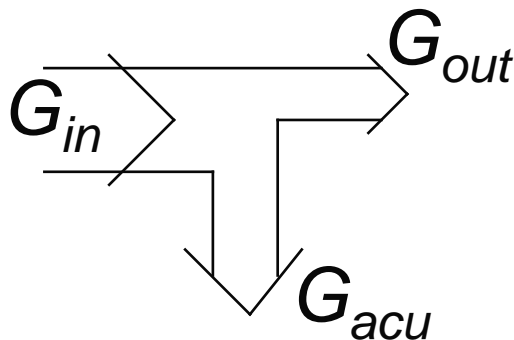
Katedra konstrukcí pozemních staveb

pavel.kopecky@fsv.cvut.cz

Pojem akumulace



Hmotnostní bilance nádrže

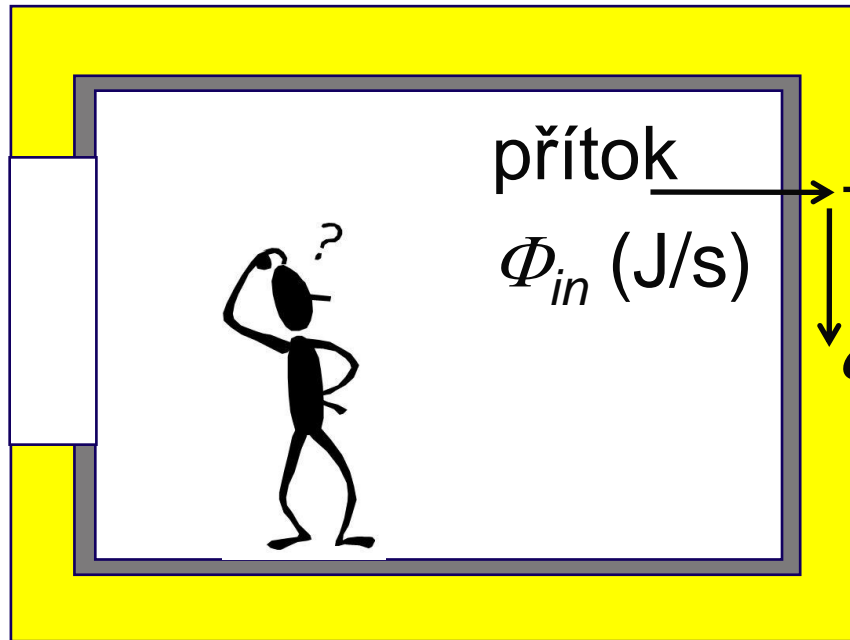


$$G_{acu} = G_{in} - G_{out}$$

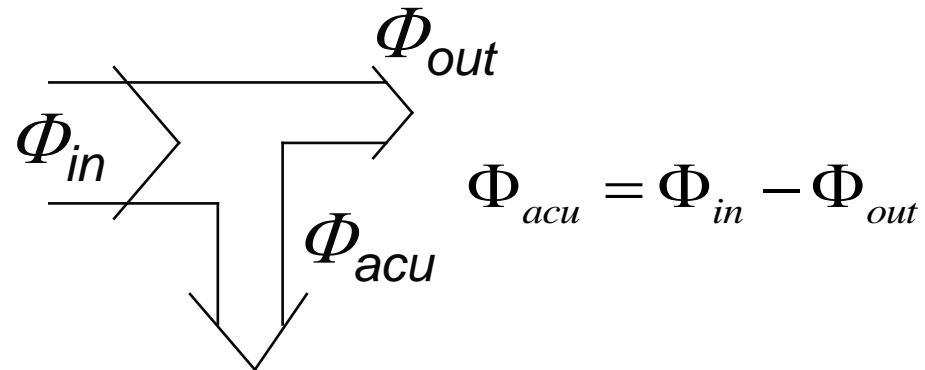
$$\frac{dm}{d\tau} = G_{in} - G_{out}$$

- Účel: zadržení vody její následné využití v období nedostatku

Akumulace tepla v konstrukcích

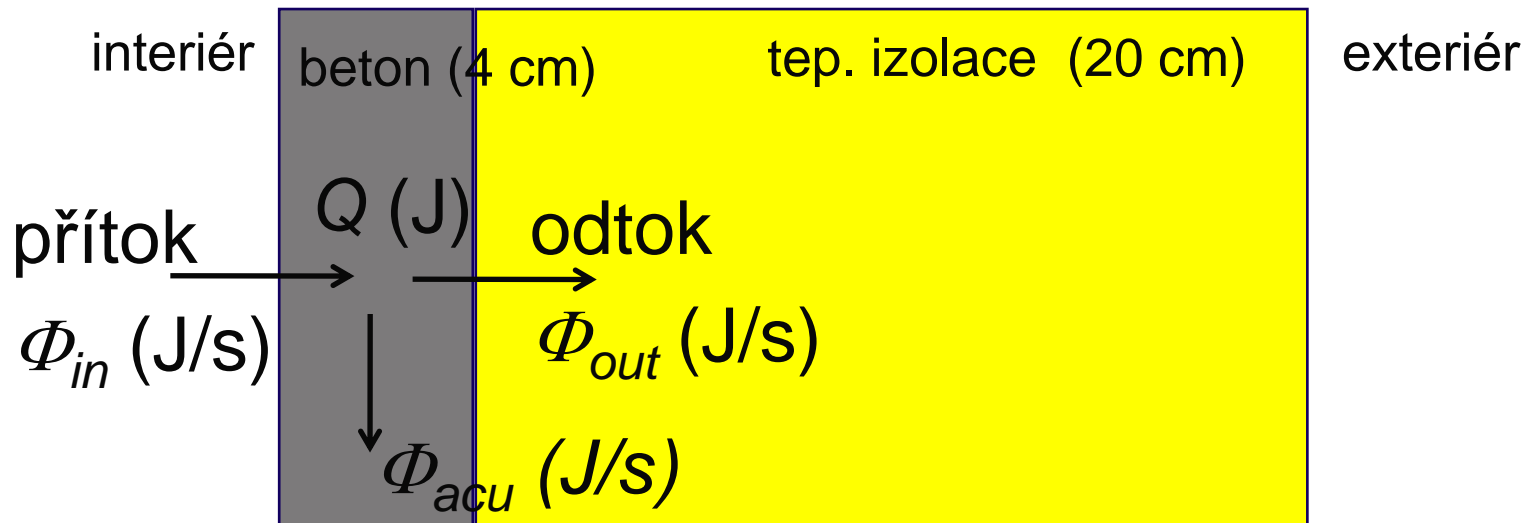


Tepelná bilance konstrukce



- Účel: uložení tepla a jeho následné využití v období nedostatku (např. den/noc)

Akumulace tepla v konstrukcích



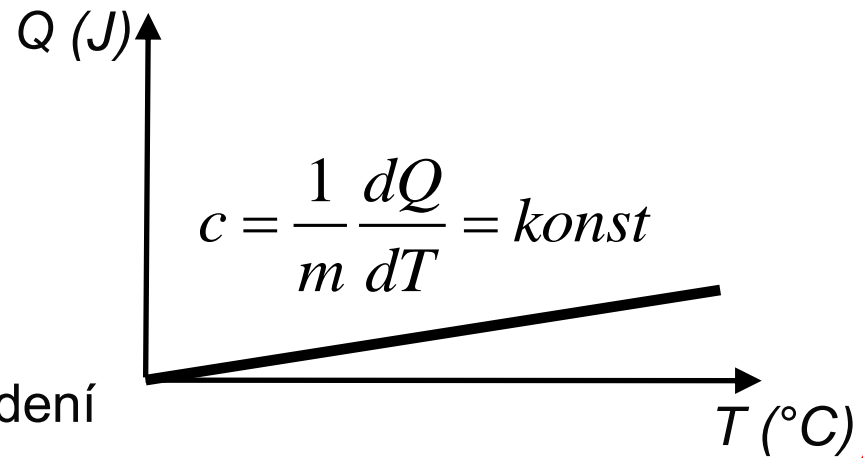
Tepelná bilance vrstvy

$$\frac{dQ}{d\tau} = \Phi_{in} - \Phi_{out}$$

$$mc \frac{dT}{d\tau} = \Phi_{in} - \Phi_{out}$$

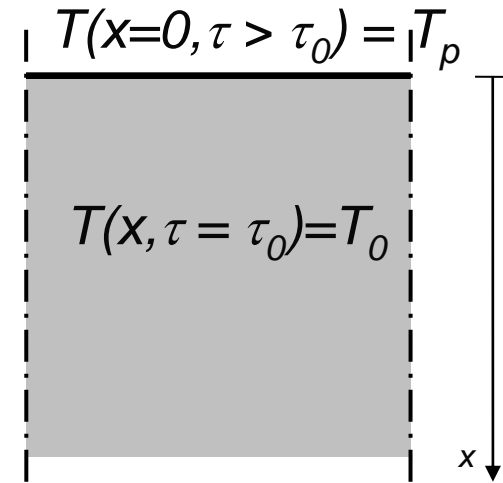
$$\rho c \frac{dT}{d\tau} = -\frac{d}{dx} \left(-\lambda \frac{dT}{dx} \right) \quad (\text{rovnice vedení tepla})$$

■ pokud se nemění skupenství



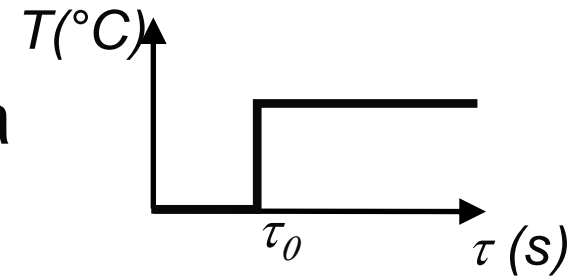
Polonekonečná deska

- Změna teploty na povrchu materiálu
- Zajímá nás tepelný tok přes hranici



- Analytické řešení rovnice vedení tepla

$$q(x=0, \tau) = \frac{\lambda(T_p - T_0)}{\sqrt{\pi a \tau}}$$

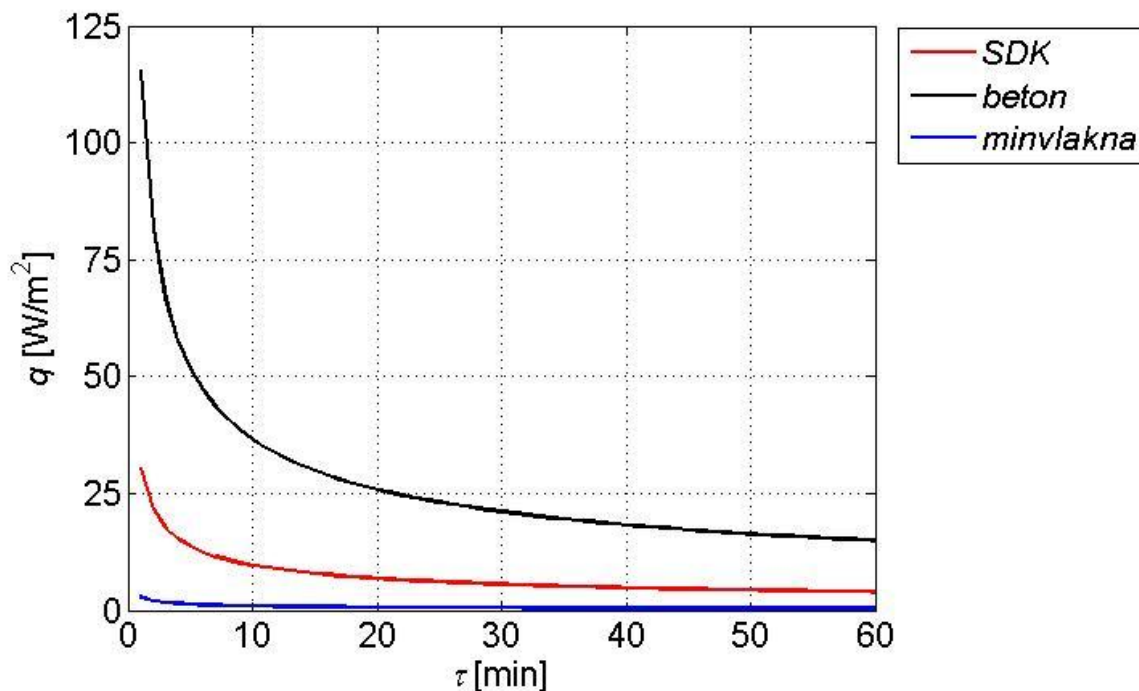


- Tepelný tok do materiálu je úměrný jeho **tepelné jímavosti**

$$b = \frac{\lambda}{\sqrt{a}} = \sqrt{\lambda \rho c}$$

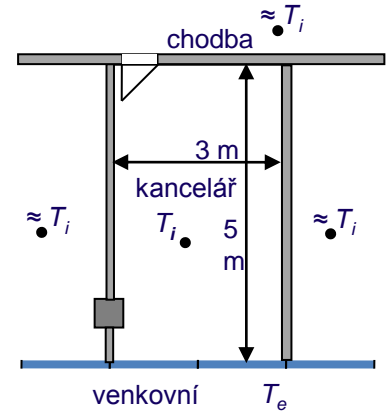
Příklad

materiál	λ (W/m·K)	ρc (J/m ³ K)	a (m ² /s)	b (Ws ^{0,5} /m ² K)
Sádrokarton	0,22	750×1060	0,28·10 ⁻⁶	418
Beton	1,30	2300×840	0,67·10 ⁻⁶	1585
Minerální vlákna	0,04	50×800	1,00·10 ⁻⁶	40



Zjednodušený model místnosti

- Cíl – zjistit vliv klíčových parametrů na energetickou náročnost modelové místnosti
 - vliv na vytápění
 - vliv na chlazení
- Místnost bez vytápění či chlazení

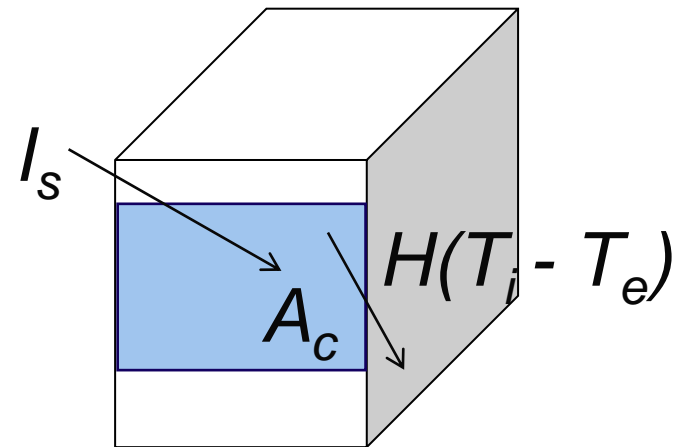


$$\Phi_{acu} = \Phi_{in} - \Phi_{out}$$

$$C \frac{dT_i}{d\tau} = A_c I_s - H(T_i - T_e)$$

Upravení do jiného tvaru

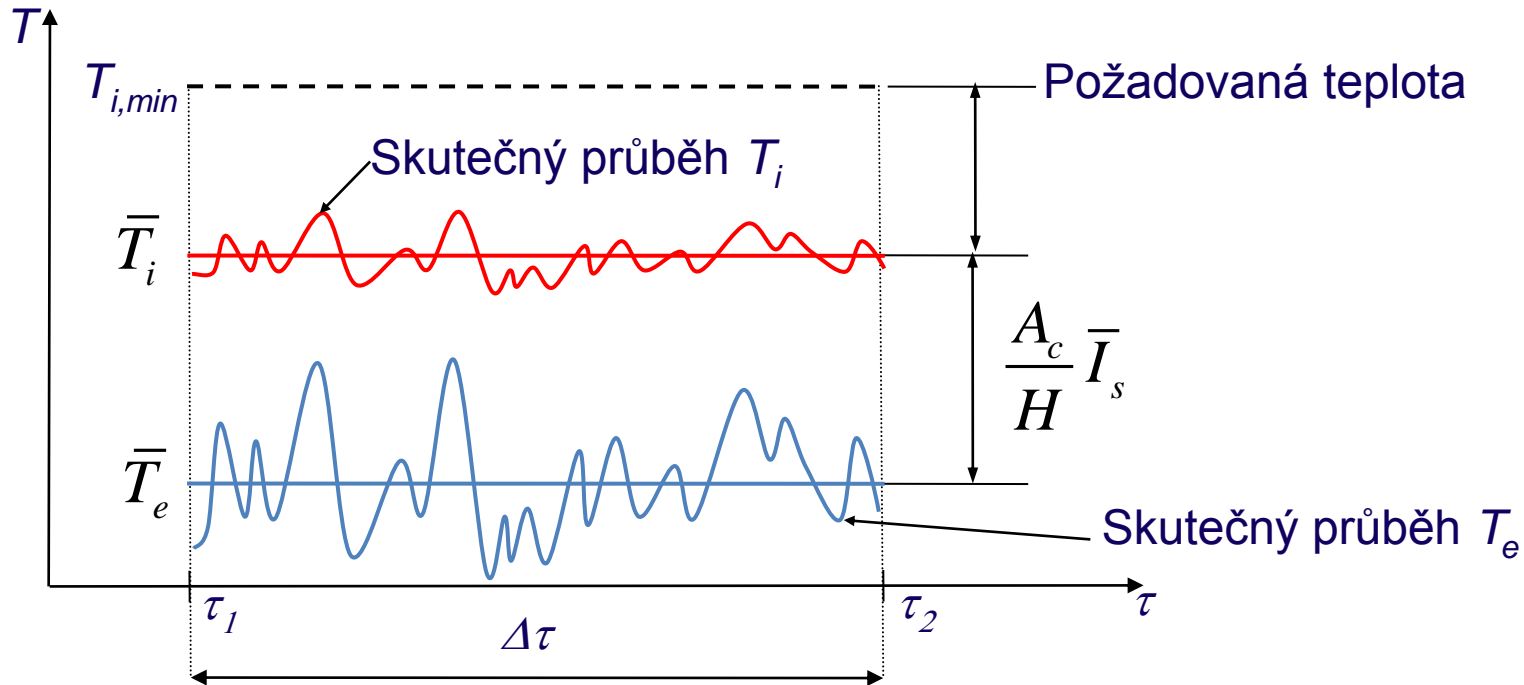
$$T_i = T_e + \frac{A_c}{H} I_s - \frac{C}{H} \frac{dT_i}{d\tau}$$



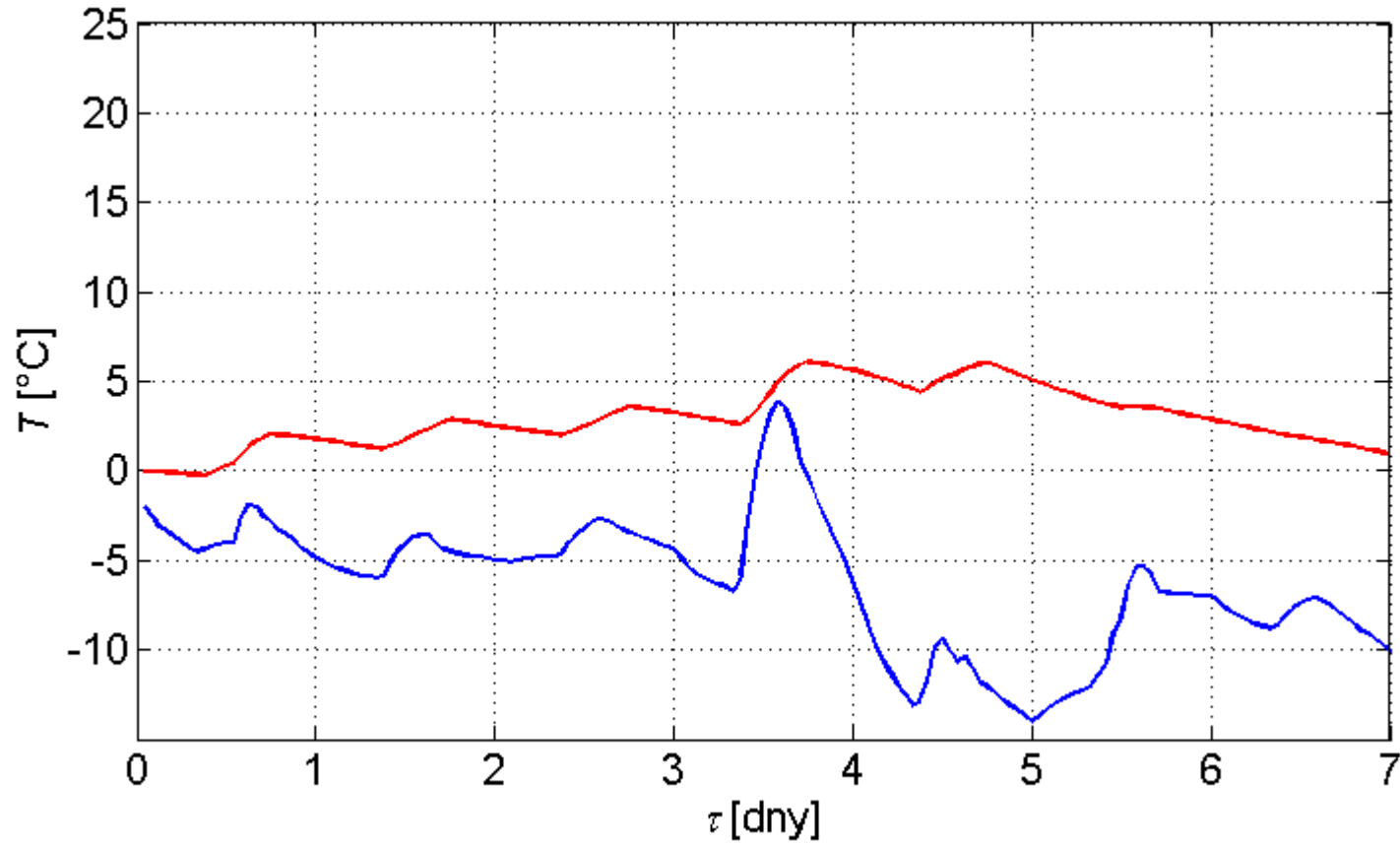
$$T_i = T_e + \frac{A_c}{H} I_s - \frac{C}{H} \frac{dT_i}{d\tau}$$

- V ustáleném stavu $dT_i/d\tau = 0$

$$\bar{T}_i = \bar{T}_e + \frac{A_c}{H} \bar{I}_s$$

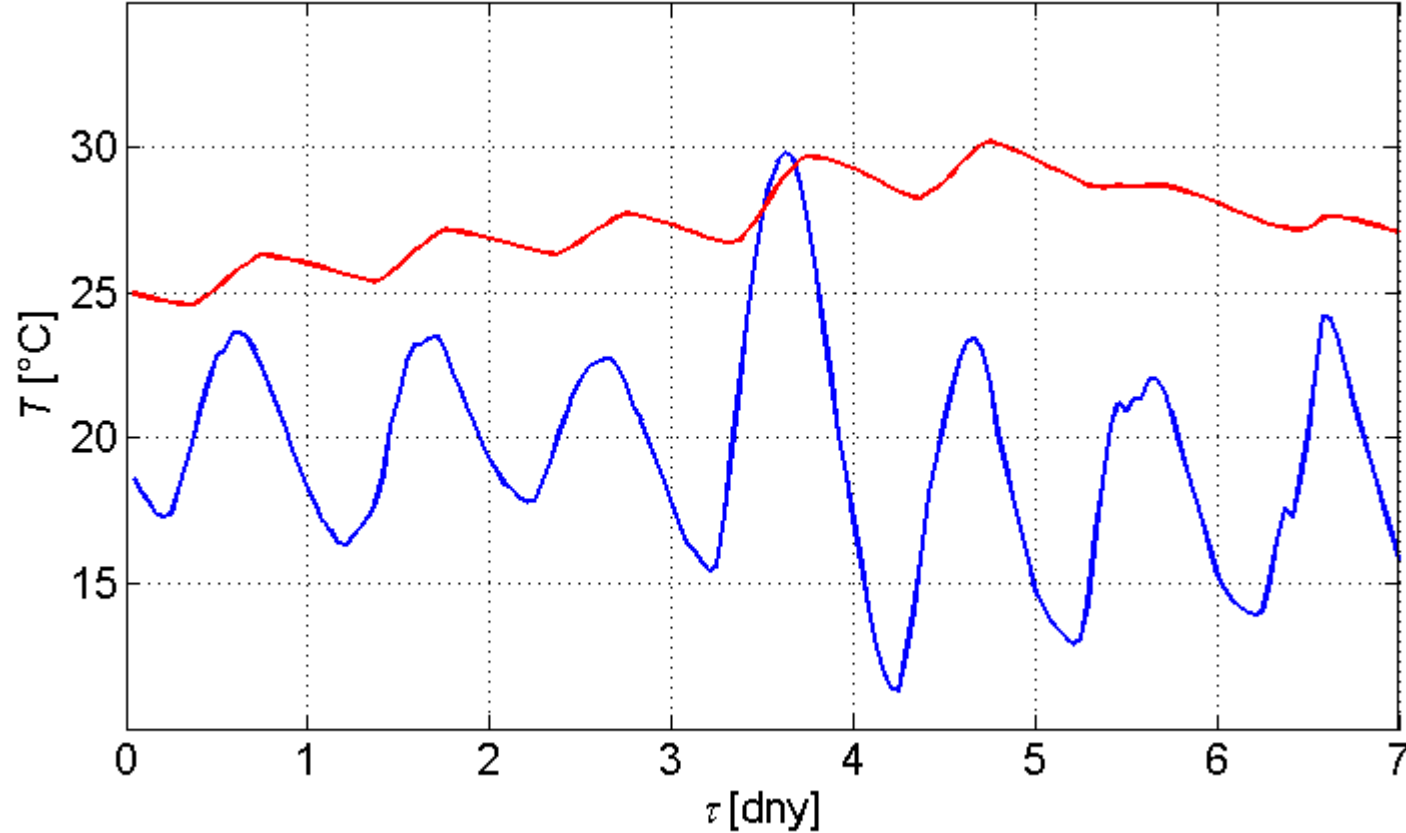


■ Obvyklá zimní situace



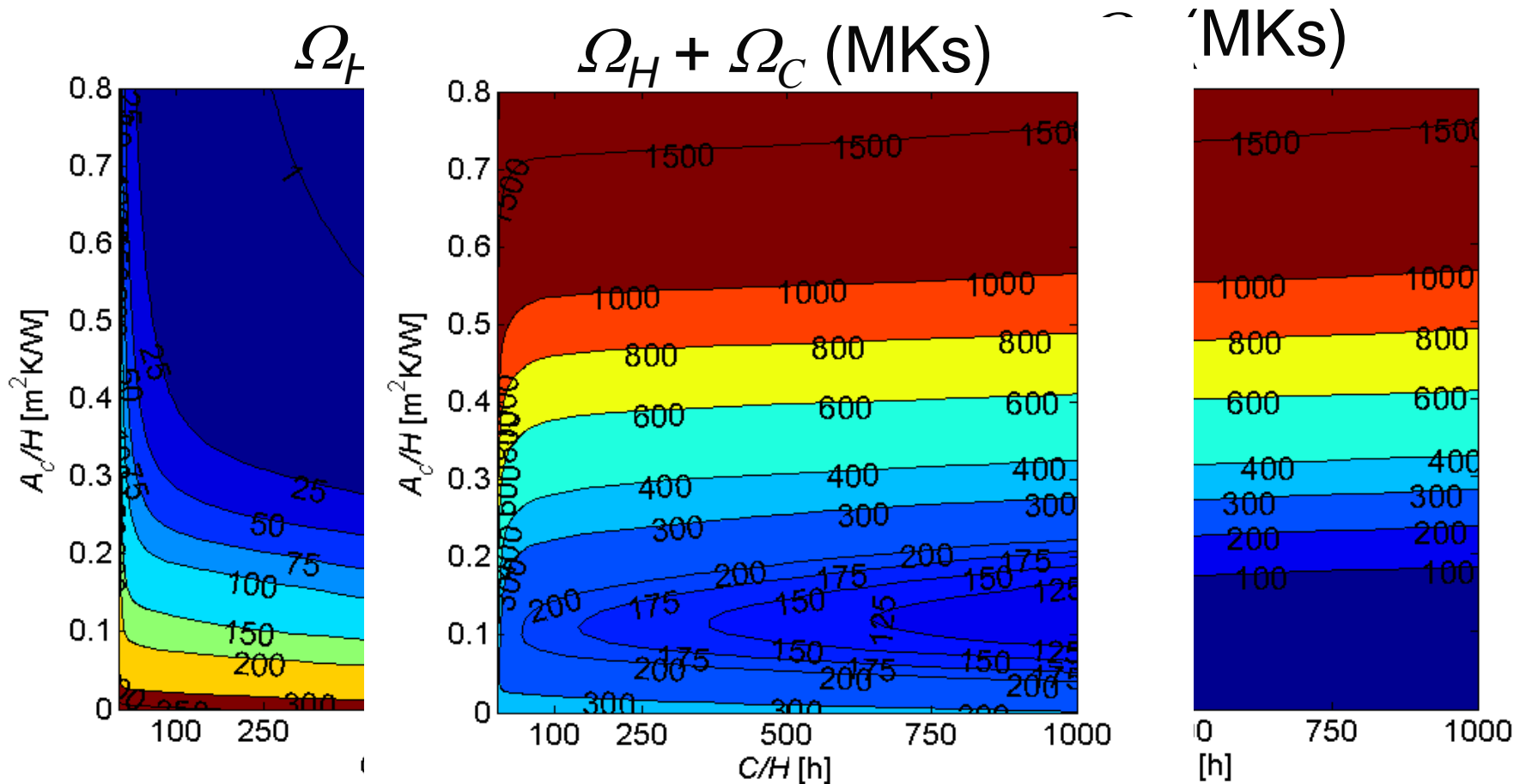
■ Lze odvodit, že: $Q_h = H \times \Omega_H$

■ Obvyklá letní situace



■ Lze odvodit, že: $Q_C = H \times \Omega_C$

- Vliv parametrů na velikost ploch Ω_H a Ω_C

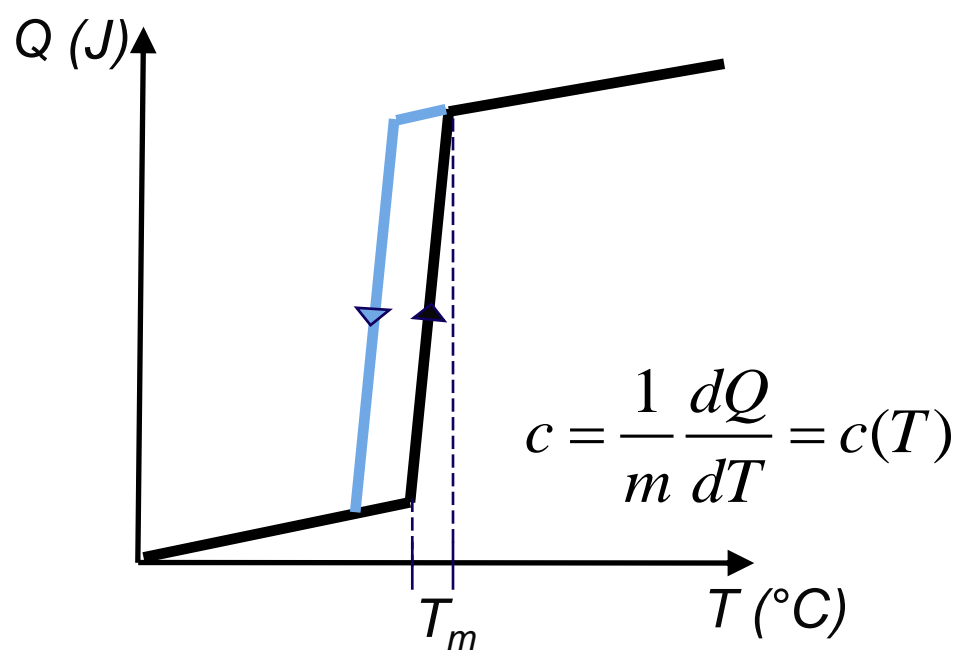


- Zásadní vliv A_c/H
- Velmi malý vliv C/H

- Pro snížení potřeby tepla na vytápění či chlazení není poměr C/H příliš důležitý, nicméně je vždy pozitivní
- Mnohem důležitější je poměr A_c/H :
 - celková izolační úroveň (co nejmenší H)
 - velikost okna (přiměřené A_c)
- Potřeba kompromisu ve velikosti okna
 - vytápění x chlazení x (denní osvětlení)

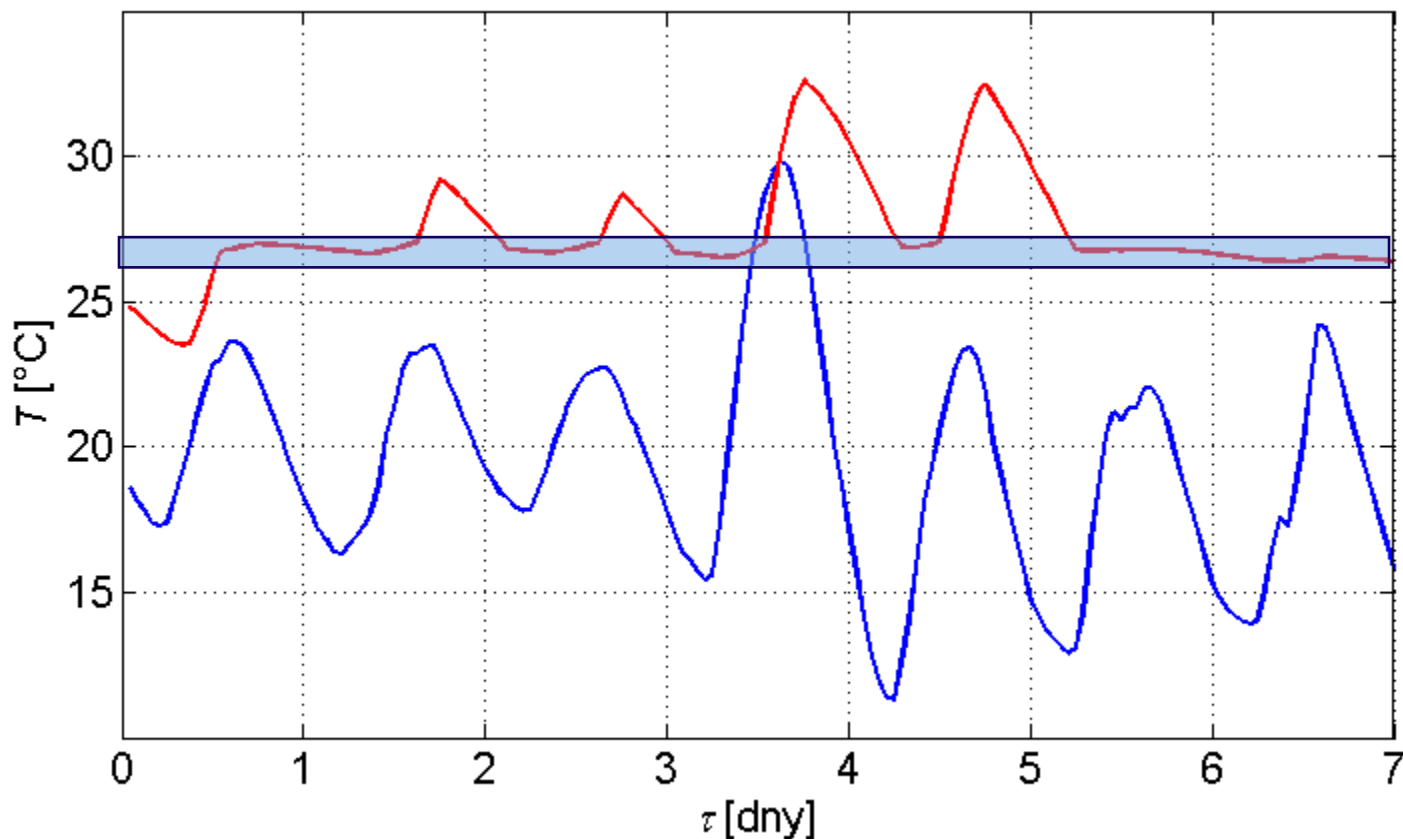
Materiály se změnou skupenství

- pokud se mění skupenství



- existuje velké množství pcm materiálů
- vysoká cena, dlouhodobá stabilita?
- volba správné teploty T_m

Materiály se změnou skupenství



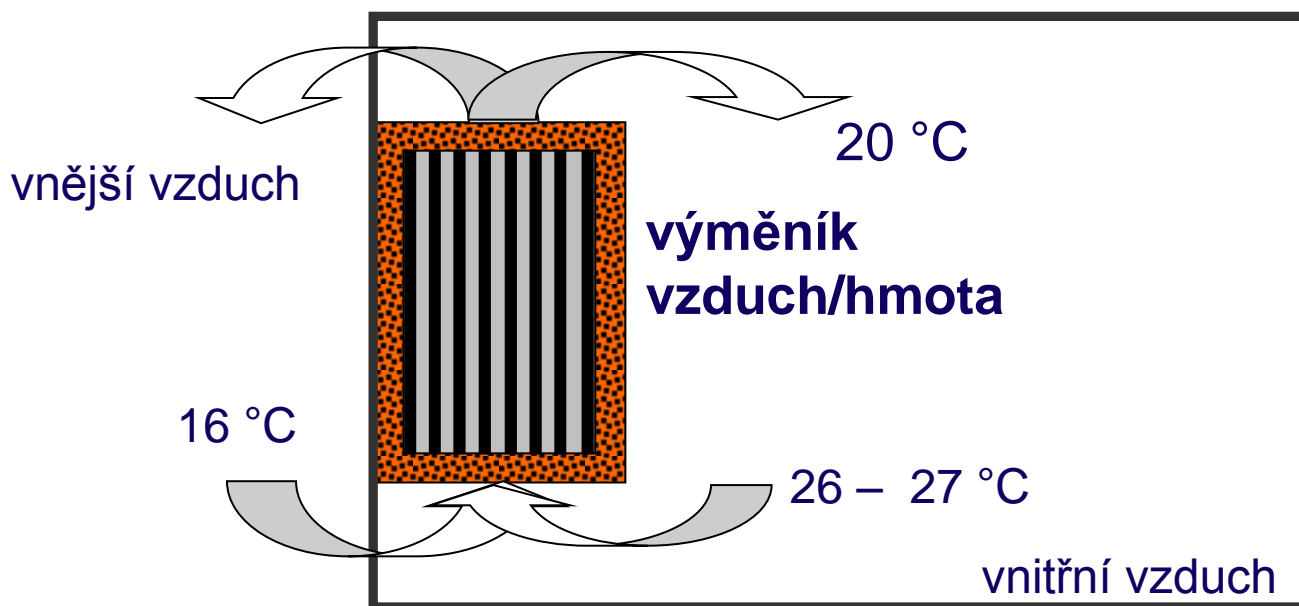
- Tepelná kapacita omezena na úzký teplotní interval
- Pokud není k dispozici standardní akumulční hmota, mimo okolí T_m se místnost chová jako lehká

Příklady komerčních výrobků s pcm

- Sádrokartonové desky s pcm (Micronal Smartboard)
- Tenké desky (Dupont Energain)
- Integrace do omítky případně beton s PCM (Micronal)
- Integrace do okna (GlassX) – kombinace prizmatické čočky a pcm

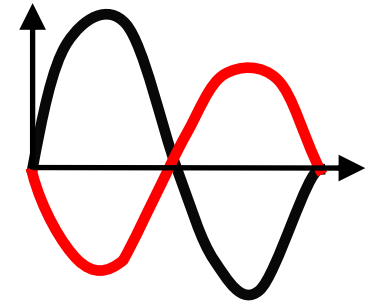
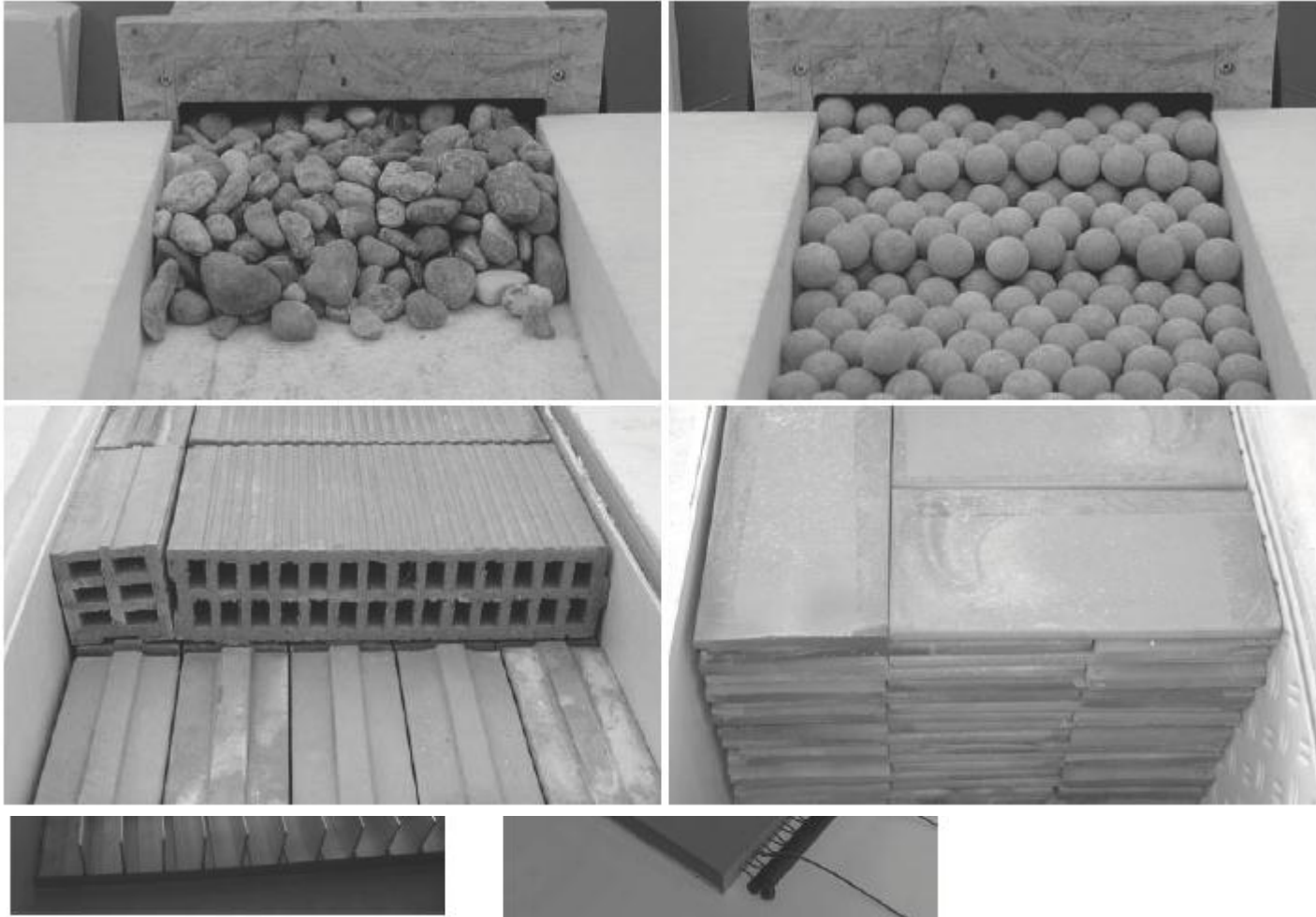
Řízená akumulace tepla

- Snaha o kontrolované nabíjení a vybíjení akumulární hmoty
- Výměníky tepla vzduch/hmota, nucený průtok vzduchu vyvolaný ventilátorem, standardní materiál, případně pcm



Příklady

- Konečná, Lehká (překenshifting)



Příklady

- Vahid Nik- výzkum
- (CAM controlled active mass)

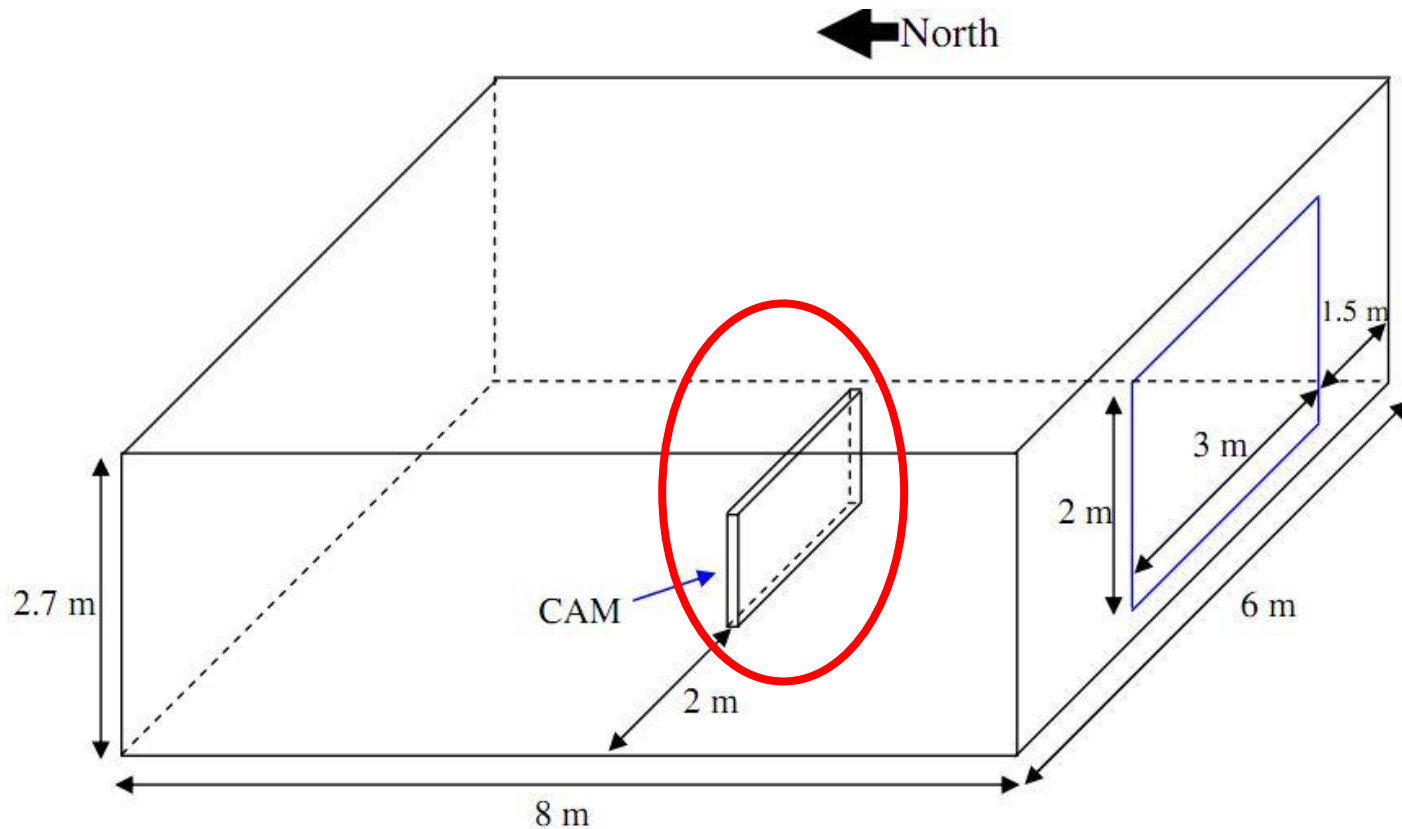
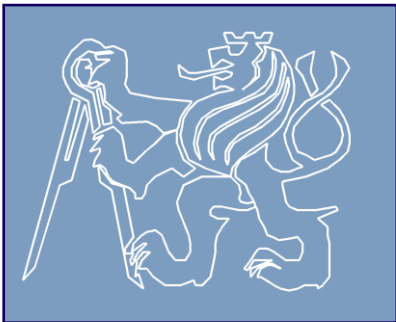


Figure 1. Room with a CAM inside

Děkuji za pozornost



Pavel Kopecký

ČVUT Praha

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

pavel.kopecky@fsv.cvut.cz