

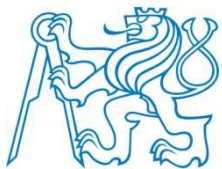
# Sezónní akumulace sluneční energie pro energeticky úsporné domy

**Tomáš Matuška, Bořivoj Šourek**

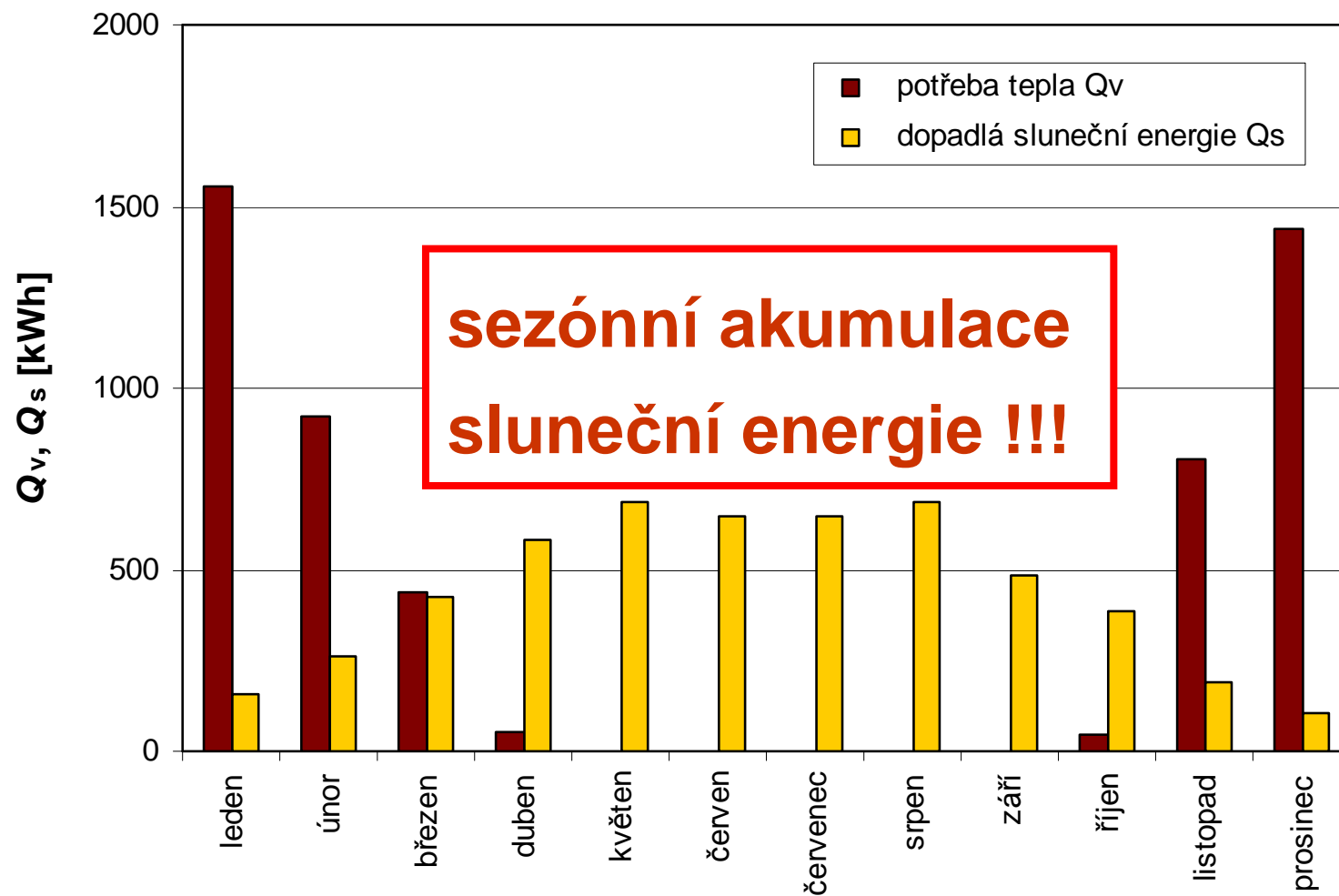
Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

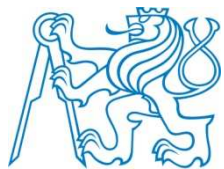
ČVUT v Praze





# Základní problém

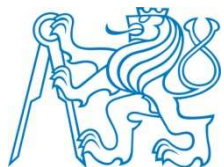




# Analýza

---

- **Akumulační látky ? = voda**
  - citelné teplo: voda, štěrk, zemina, ...
  - skupenské teplo: nevýhodné pro sezónní akumulaci
  - sorpce, chemické zásobníky: ve vývoji
  
- **Otázky (?)**
  - Typ rodinných domů?      nízkoenergetické, pasivní, nulové ?
  - Objem zásobníku?      500 m<sup>3</sup>, 250 m<sup>3</sup>, 50 m<sup>3</sup> ?
  - Plocha kolektorů?      vejde se na střechu ?
  - Kolik to bude stát?      milióny ? statisíce ?



# Zkoumané varianty

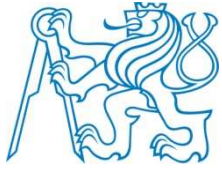
- Rodinný dům, objem 500 m<sup>3</sup>, podlahová vytápěná plocha 150 m<sup>2</sup>
- energetická náročnost
  - NED: nízkoenergetický 36 kWh/(m<sup>2</sup>.rok)
  - PAS: pasivní 18 kWh/(m<sup>2</sup>.rok)

- **otopná soustava**

- „tělesa“ 50/44 °C
- velkoplošná 25/22 °C

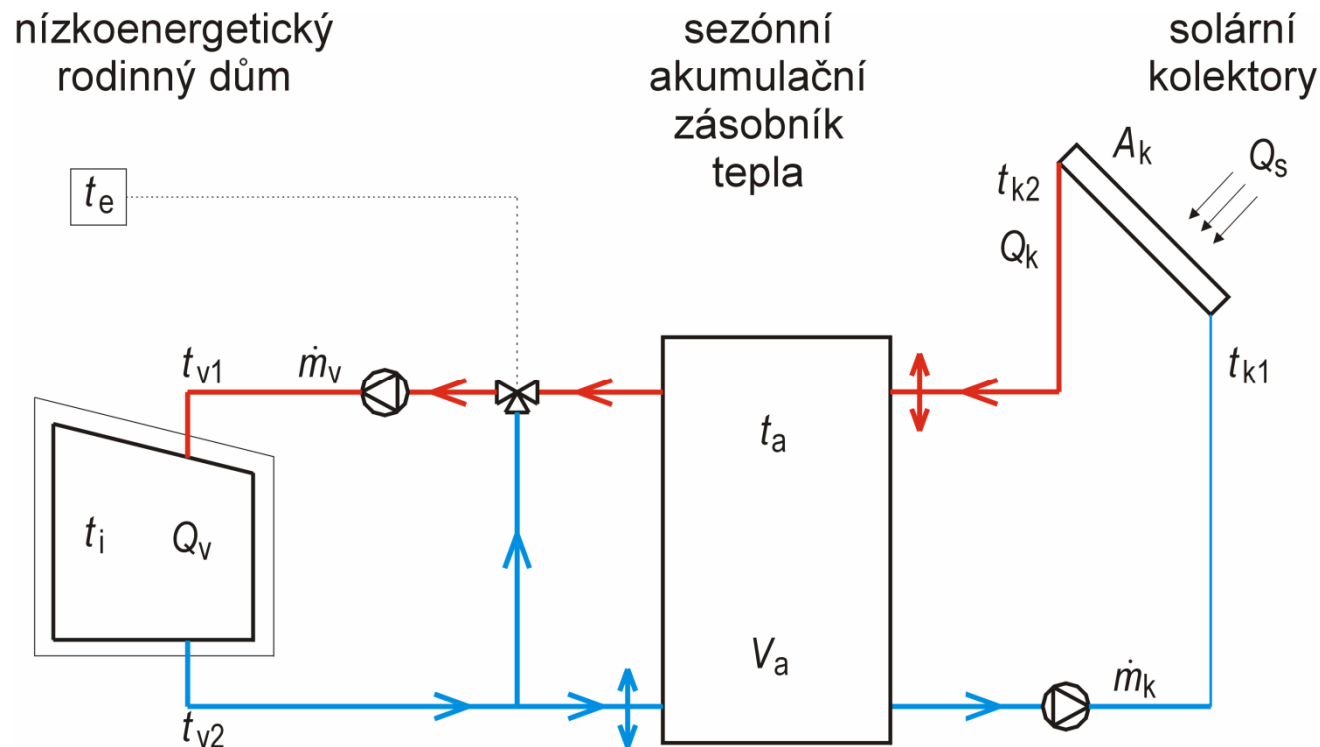
Parametry	NED	PAS
Součinitele prostupu tepla	0,17	0,10
$U_{\text{stěna}}$ [W/m <sup>2</sup> .K]	0,12	0,08
$U_{\text{střecha}}$ [W/m <sup>2</sup> .K]	0,27	0,15
$U_{\text{podlaha}}$ [W/m <sup>2</sup> .K]	1,40	0,70
$U_{\text{okno}}$ [W/m <sup>2</sup> .K]		
Intenzita nuceného větrání	0,3	0,3
Účinnost ZZT	0,75	0,90
Roční potřeba tepla VYT	5336	2643

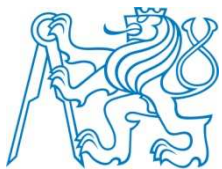
- sezónní akumulace **pouze vytápění**



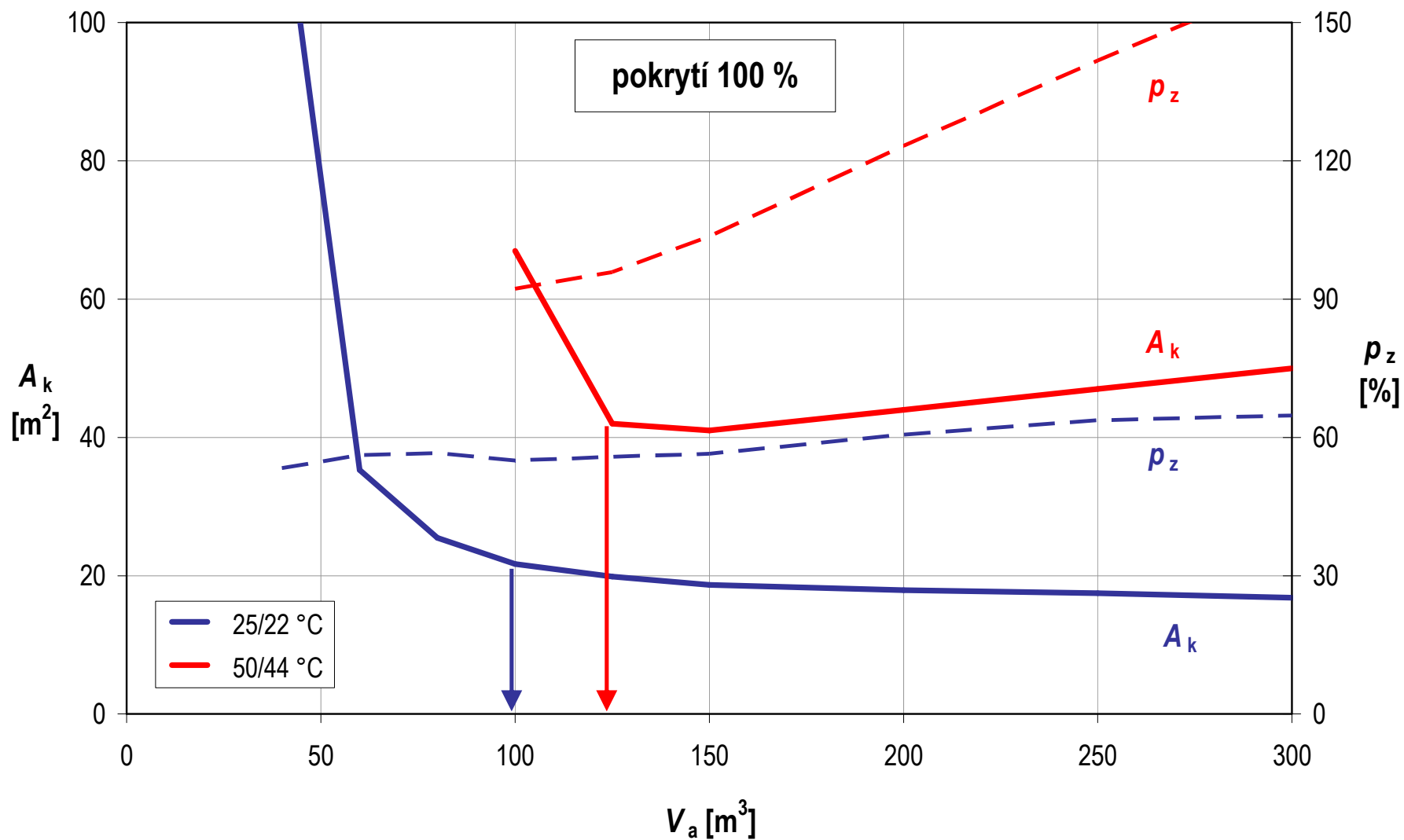
# Model solární soustavy (TRNSYS)

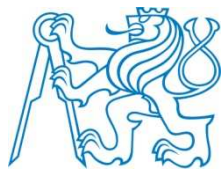
- klimatické údaje Praha (Meteonorm TMY)
- **kolektory:** levné se selektivní vrstvou ( $5000 \text{ K}\check{\text{c}}/\text{m}^2$ ), jih,  $45^\circ$
- **zásobník:** tloušťka izolace  $0,5 \text{ m}$ , uložený v zemi



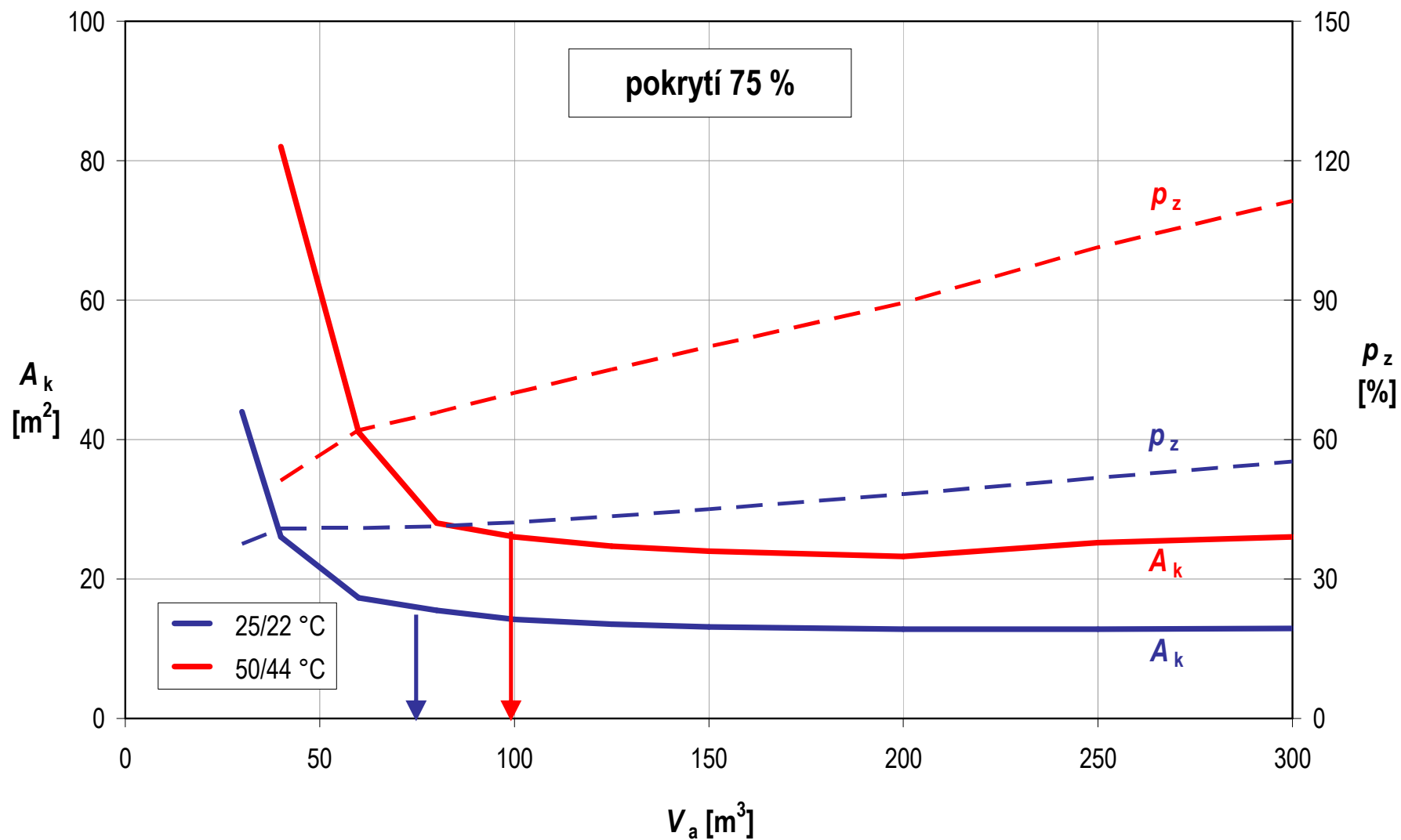


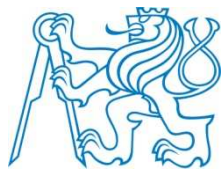
# Nízkoenergetický dům (100 %)



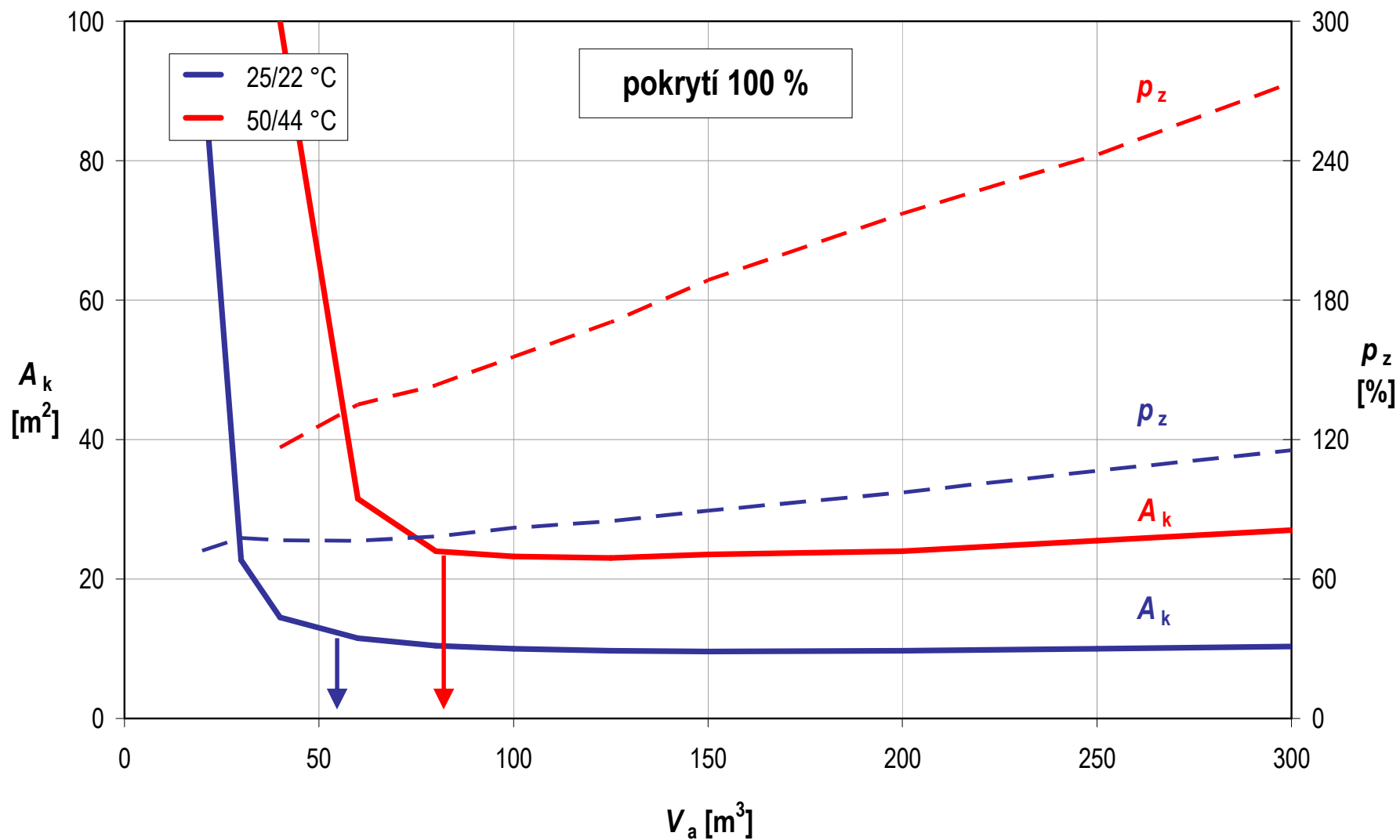


# Nízkoenergetický dům (75 %)

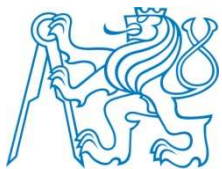




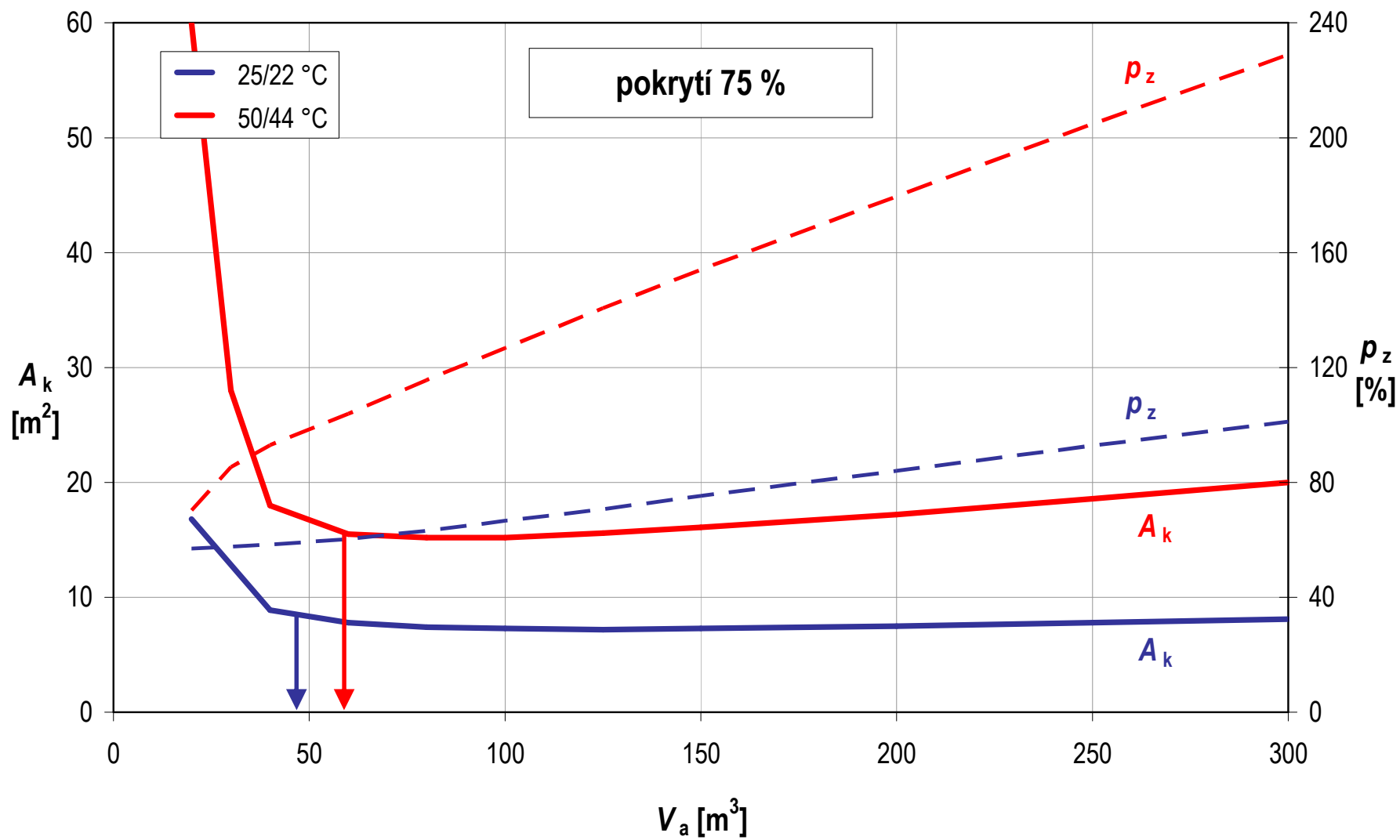
# Pasivní dům (100 %)

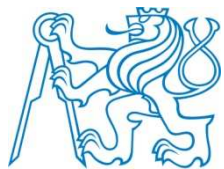






# Pasivní dům (75 %)

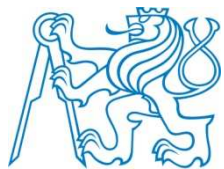




# Hledání optimálního návrhu

---

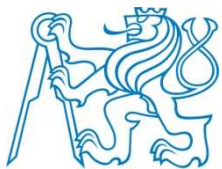
- **obtížné nalézt optimum: malá plocha kolektorů, malý zásobník**
- **další kritéria:**
  - dostupná plocha střechy
  - maximální možná hloubka zásobníku
  - technologie provedení zásobníku
  - **ekonomické hodnocení**



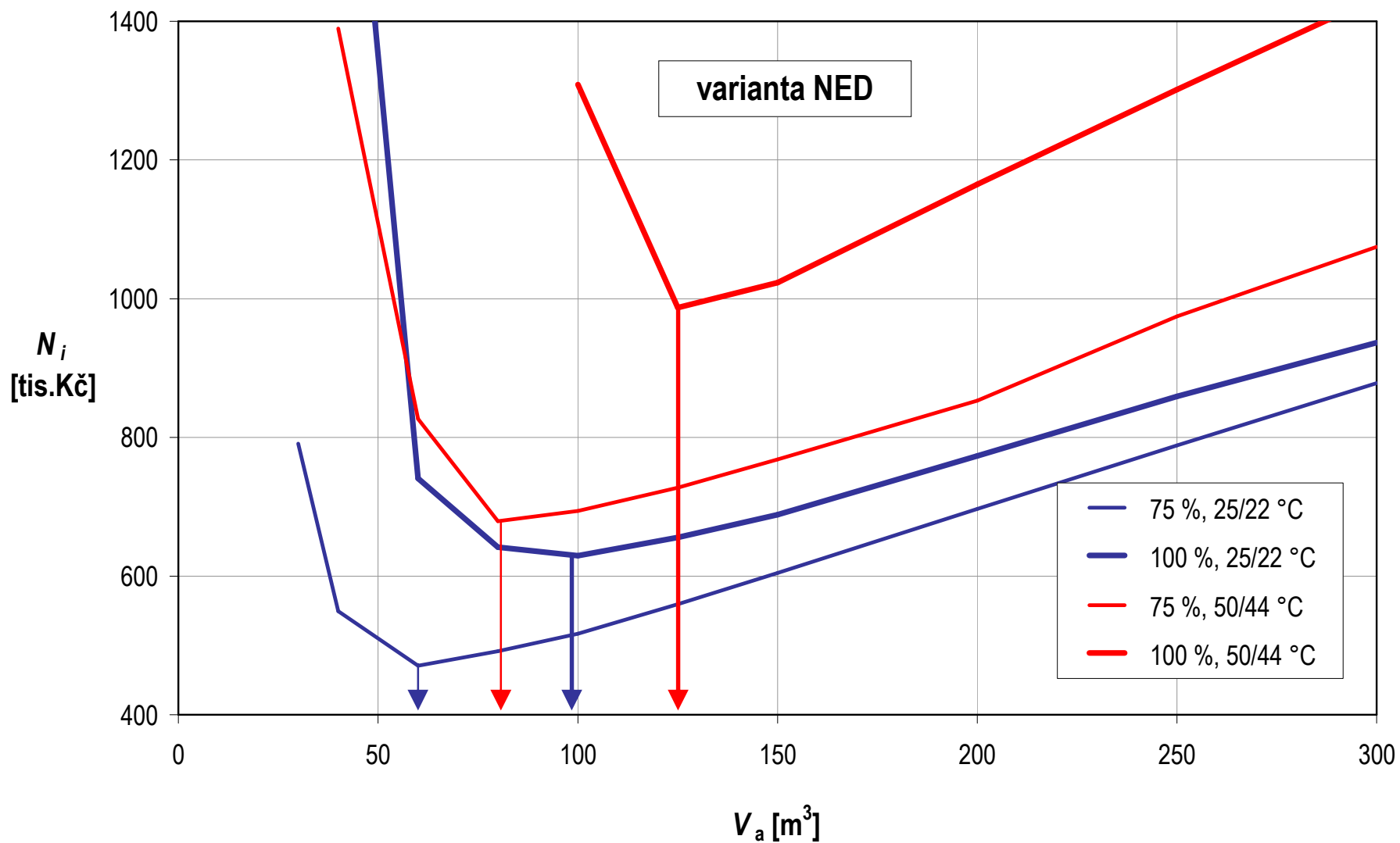
## Podklady pro ekonomiku

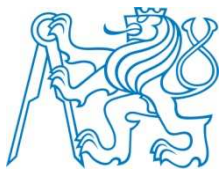
Položka	Cena
Výkopové práce, vč. pažení	350 Kč/m <sup>3</sup>
Odvoz a uskladnění zeminy	400 Kč/m <sup>3</sup>
Betonáž nádrže (vč. bednění)	3150 Kč/m <sup>3</sup>
Hydroizolace	280 Kč/m <sup>2</sup>
Tepelná izolace	480 Kč/m <sup>2</sup>
<b>Solární soustava</b>	<b>15000 Kč/m<sup>2</sup></b>

zdroj: M.Formánek, 2007-2008

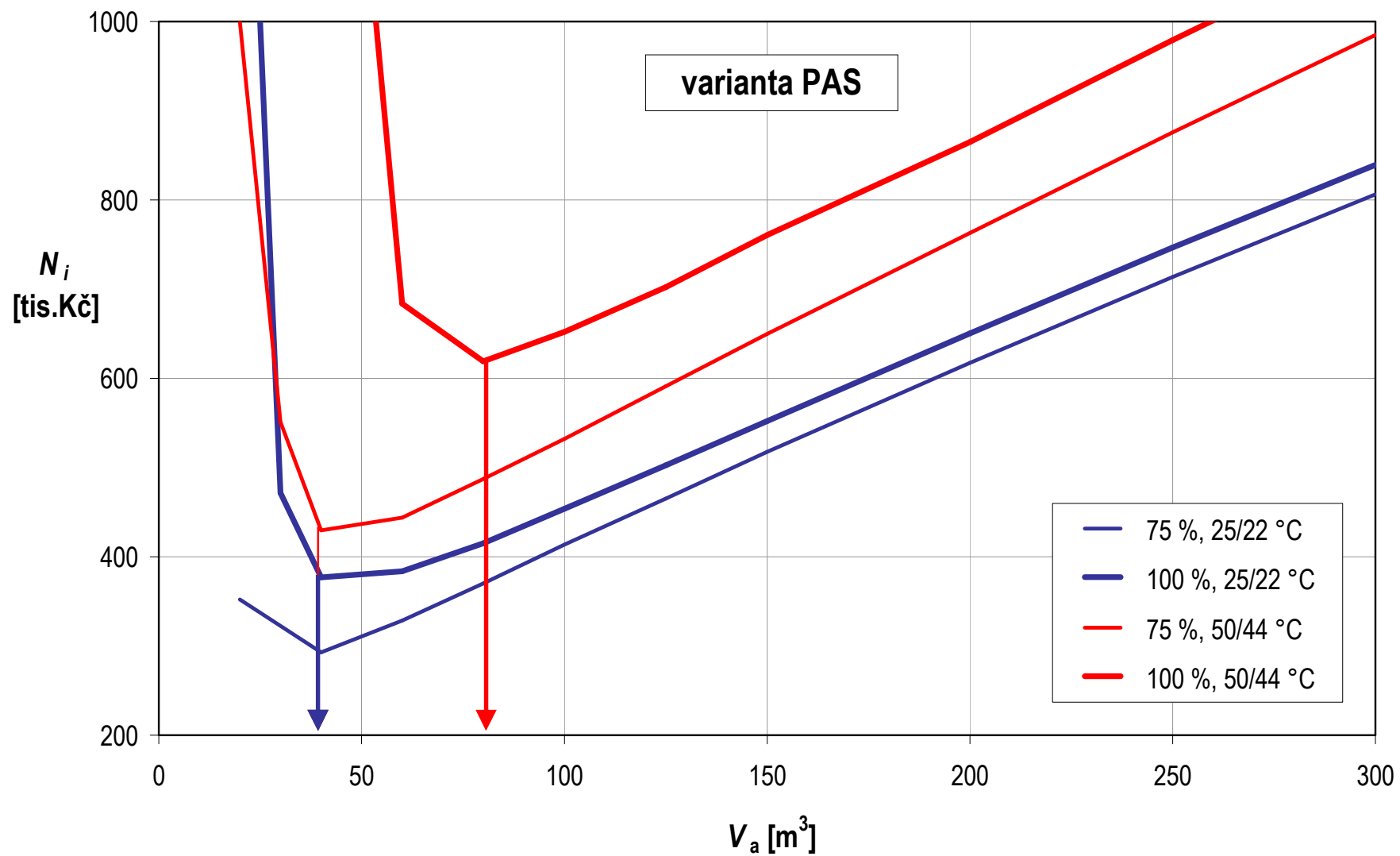


# Nízkoenergetický dům





# Pasivní dům



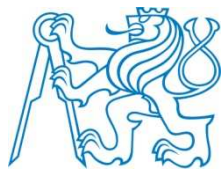


## Souhrnné výsledky

typ domu	Nízkoenergetický dům		Pasivní dům	
pokrytí	100 %	75 %	100 %	75 %
25/22 °C	100 m <sup>3</sup> /22 m <sup>2</sup>	60 m <sup>3</sup> /17 m <sup>2</sup>	40 m <sup>3</sup> /15 m <sup>2</sup>	40 m <sup>3</sup> /9 m <sup>2</sup>
	630	470	380	290
50/44 °C	125 m <sup>3</sup> /42 m <sup>2</sup>	80 m <sup>3</sup> /28 m <sup>2</sup>	80 m <sup>3</sup> /24 m <sup>2</sup>	40 m <sup>3</sup> /18 m <sup>2</sup>
	990	680	620	430

**nízkoteplotní vytápění:** snížení nákladů o 30 % (pro 75% pokrytí) až 40 % (100% pokrytí)

**pokrytí 100 %:** zvýšení nákladů o 35 až 45 % oproti 75 %

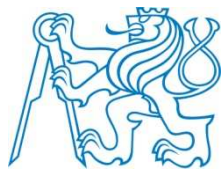


## Závěry analýzy

---

Pro variantu domu **PAS** s nízkoteplotní otopnou soustavou:

- **40 m<sup>3</sup>** vodního objemu zásobníku
- **9 m<sup>2</sup>** pro **75%** pokrytí (investiční náklady > **300 tis. Kč**),
- **14 m<sup>2</sup>** pro **100%** pokrytí (investiční náklady > **400 tis. Kč**).
- Solární soustava se sezónním zásobníkem pro krytí vytápění představuje pro pasivní variantu rodinného domu zhruba 5 až 10 % ceny rodinného domu.
- **Návratnost** investic se pohybuje **v řádu běžné životnosti** solární soustavy.



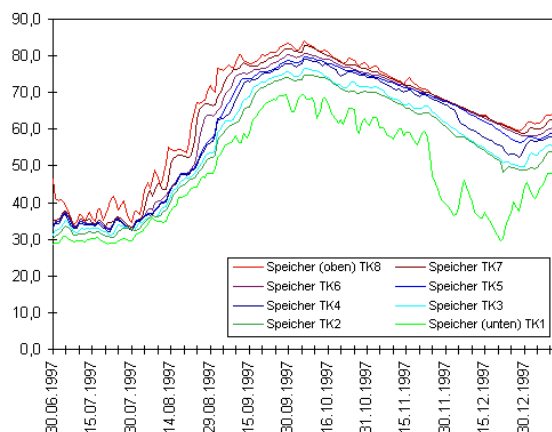
# Realizace – rodinné domy

**Haus Nader v Lassnitzhohe, AT**  
**75 m<sup>3</sup>, 85 m<sup>2</sup>, 1997**



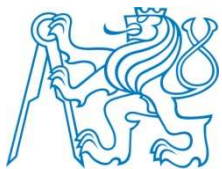
Tagesmittelwerte der Speichertemperaturen:

Speichertemperatur [°C]



**Solarhaus v Kappelrodeck, DE**  
**43 m<sup>3</sup>, 112 m<sup>2</sup>, 2005**

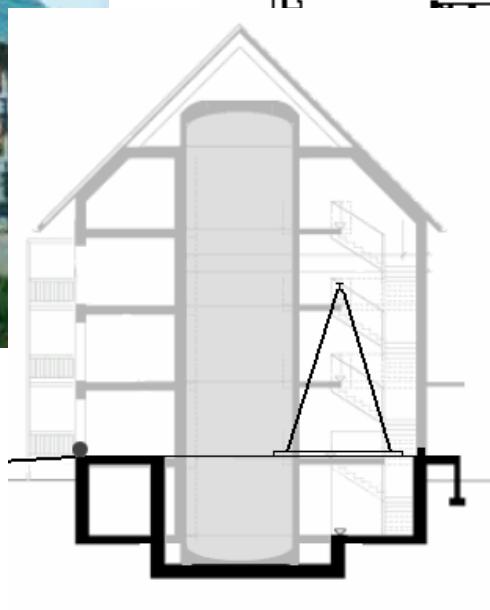
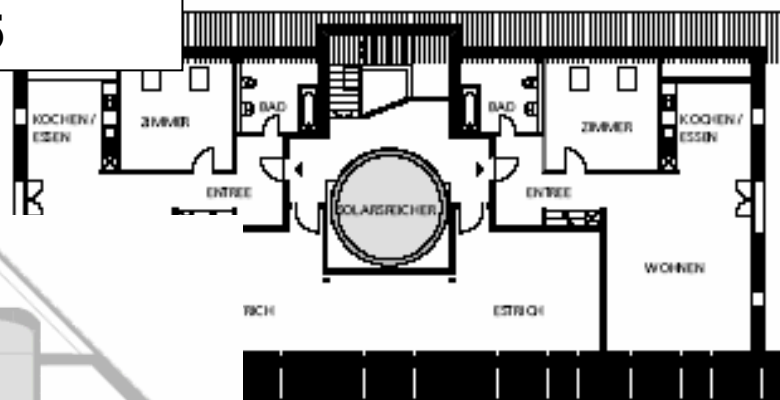


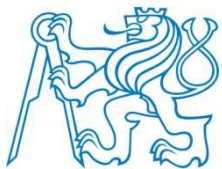


# Realizace – bytový dům



Oberburg Sonnenhaus, CH  
210 m<sup>3</sup>, 276 m<sup>2</sup>, 2005



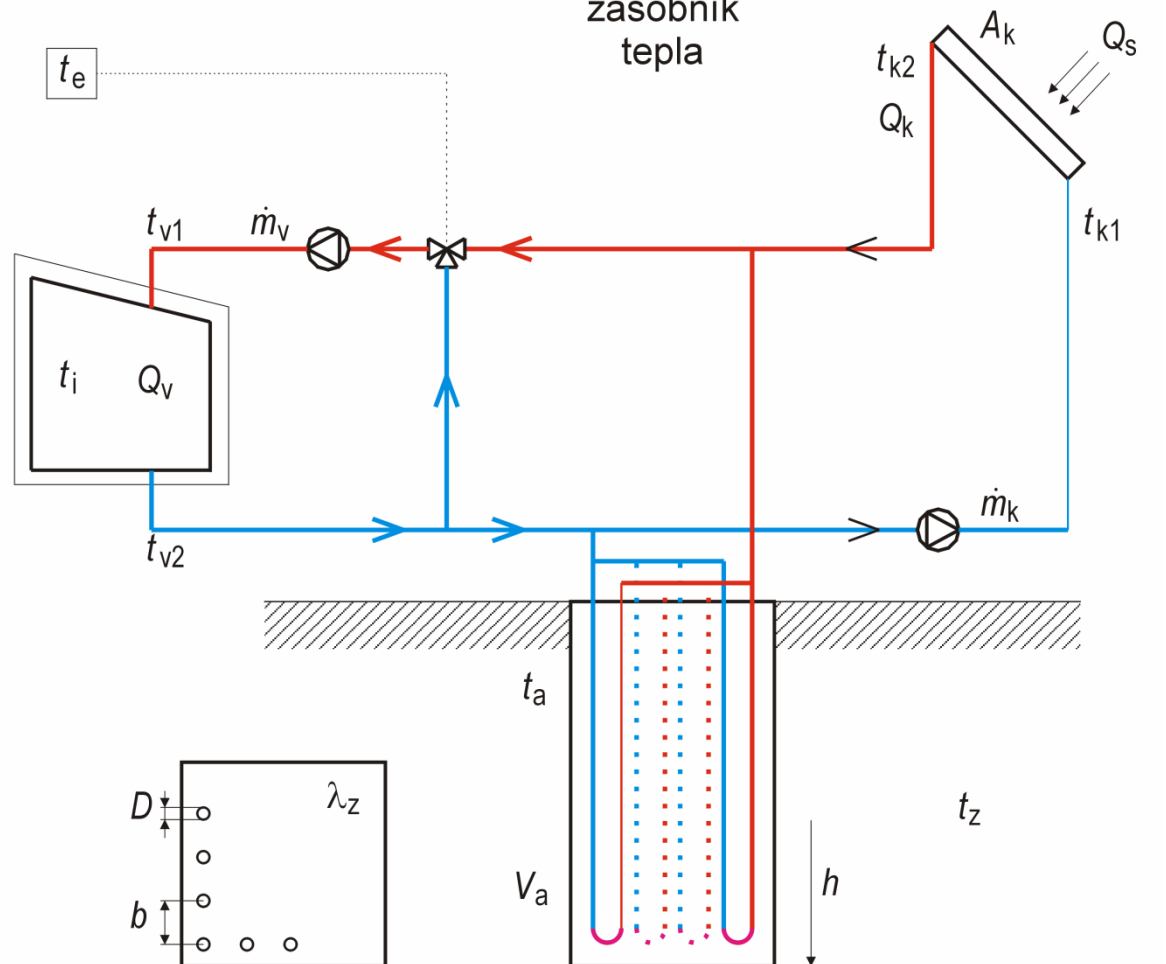


# Akumulace do zemních vrtů ?

nízkoenergetický  
rodinný dům

sezónní  
akumulační  
zásobník  
tepla

solární  
kolektory



varianty: rozteč 1,5 m  
rozteč 2,0 m

objem: 300 až 1400 m<sup>3</sup>  
~ počet vrtů: 8 až 36 ks

průměr vrtů:  $D = 200$  mm  
hloubka vrtů:  $h = 20$  m  
potrubí: 32x3 mm

vlastnosti podloží:

$$\lambda_z = 2 \text{ W/m.K}$$

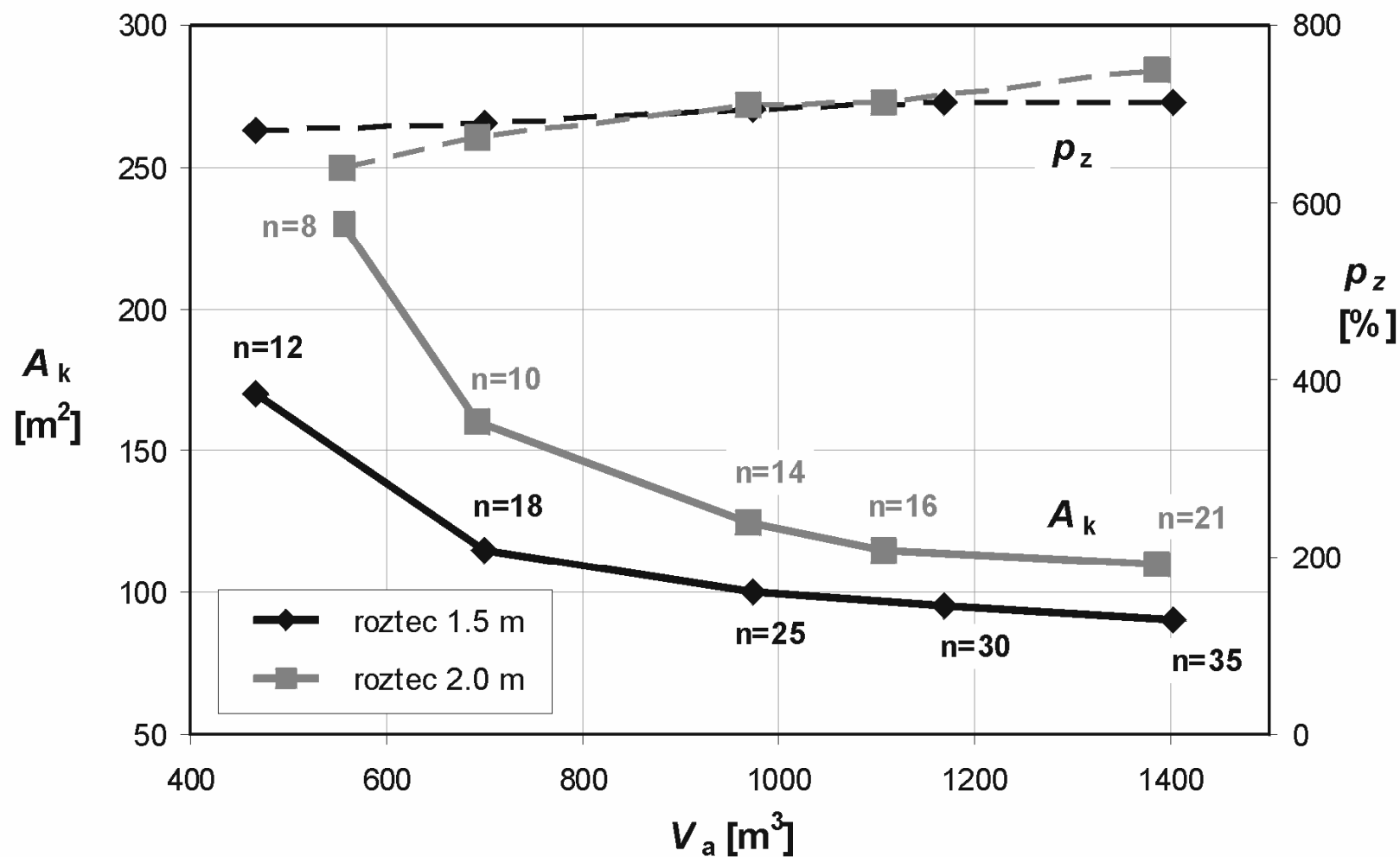
$$\rho_z \cdot c_z = 2000 \text{ kJ/m}^3 \cdot \text{K}$$

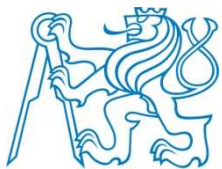
$$t_z = 12 \text{ }^\circ\text{C (ustálená)}$$

teplotní pole počítáno  
modelem

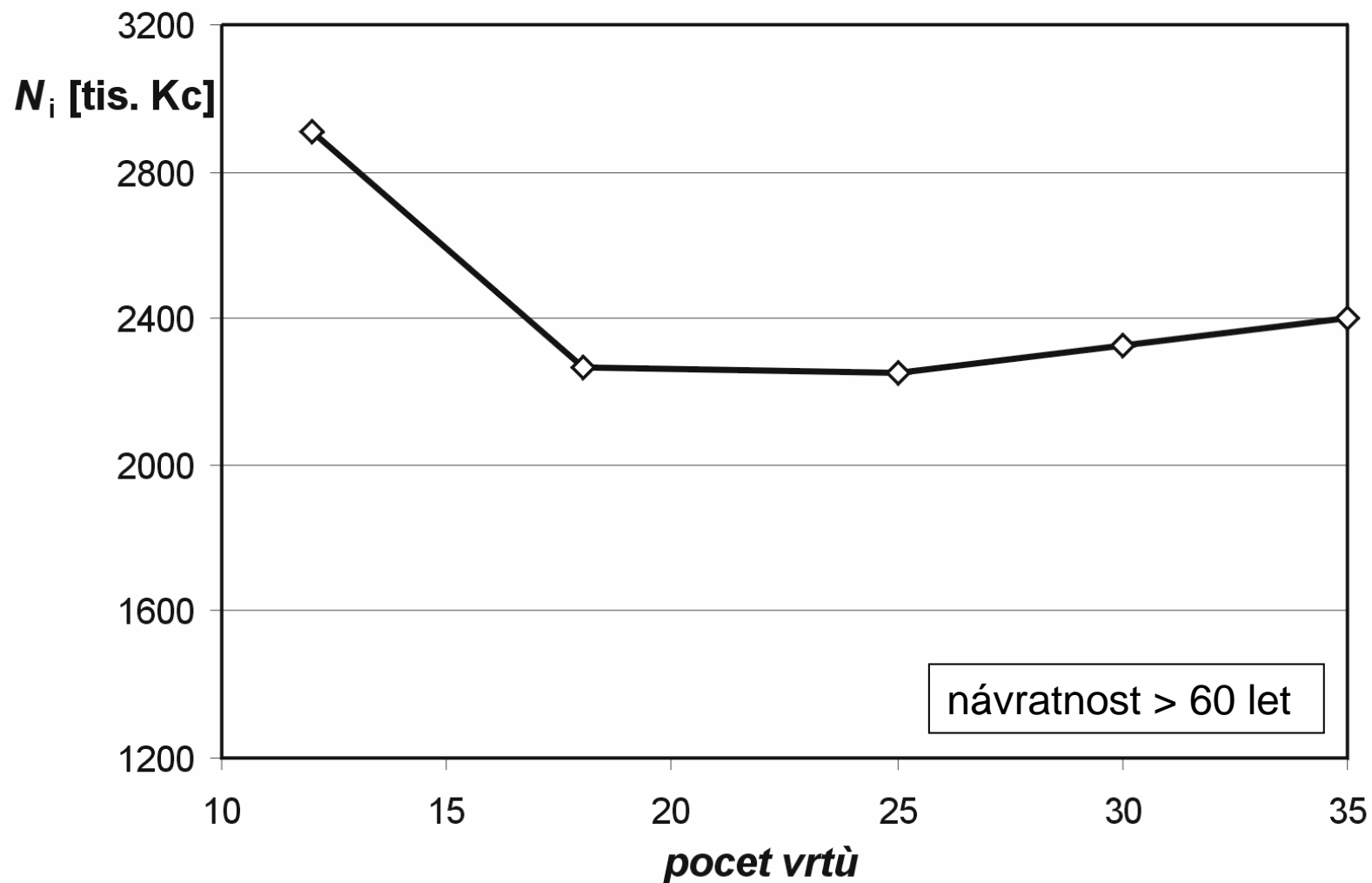


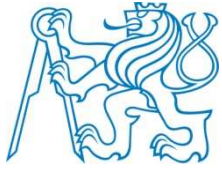
# Akumulace do zemních vrtů ?!





# Ekonomika – akumulace do vrtů (NED)



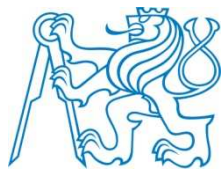


# Závěry

---

## sezónní akumulace pro pokrytí vytápění v NED a PAS

- **akumulace do vrtů**
  - energeticky nevýhodné (vysoké tepelné ztráty)
  - ekonomicky nevýhodné (potřebná plocha kolektorů je vysoká)
- **vodní zásobníky**
  - technicky možné
  - prakticky možné (realizace)
  - ekonomika (???)



**Děkuji za pozornost**

**[solab.fs.cvut.cz](http://solab.fs.cvut.cz)**

**[www.csvts.cz/csse](http://www.csvts.cz/csse)**

Tomáš Matuška

Ústav techniky prostředí

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

Technická 4, 166 07 Praha 6

[tomas.matuska@fs.cvut.cz](mailto:tomas.matuska@fs.cvut.cz)