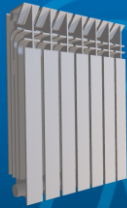


ČVUT v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra technických zařízení budov

# 125 TBA1 - Vytápění

T1 Teoretický základ - aplikovaná termokinetika a úvod do teorie  
vnitřního prostředí budov, energetické výpočty



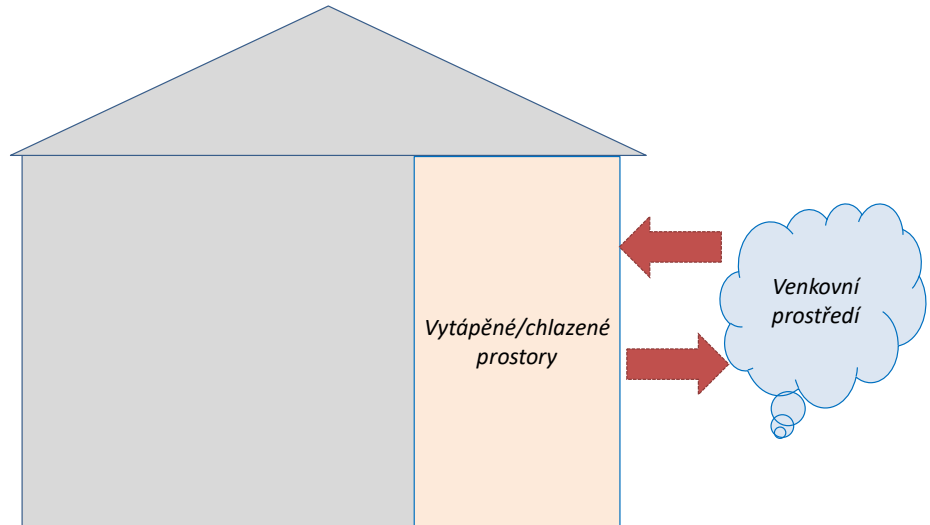
prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

1



2

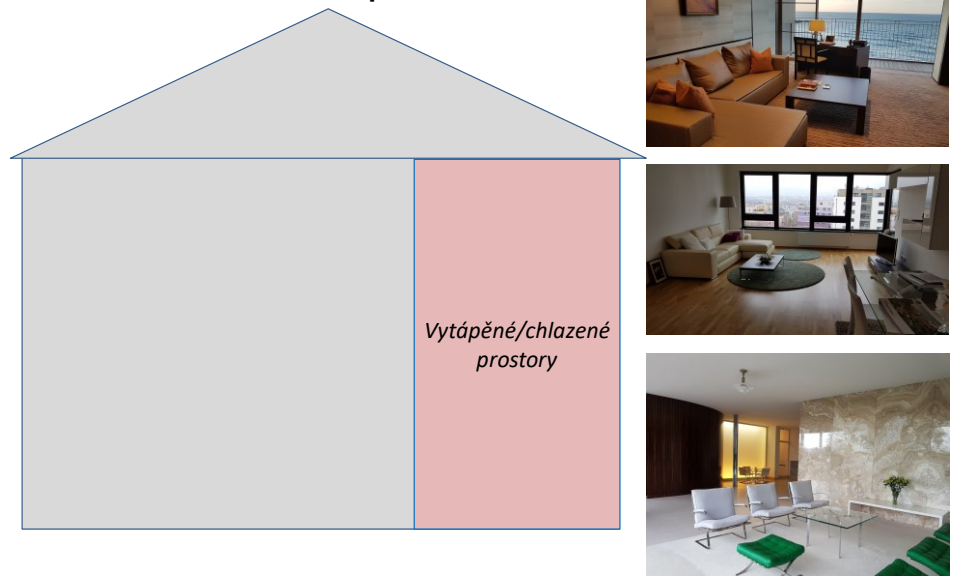
## Cesta tepla



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

3

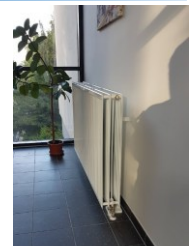
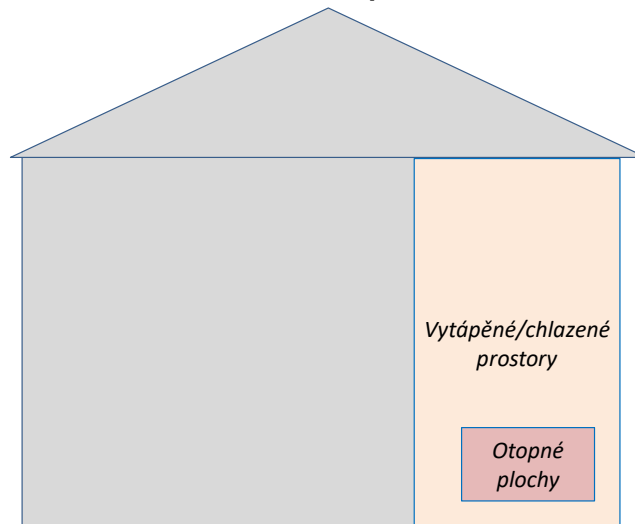
## Cesta tepla



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

4

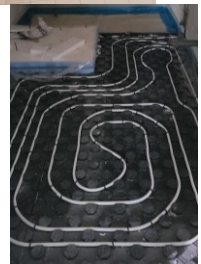
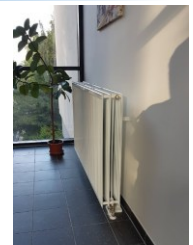
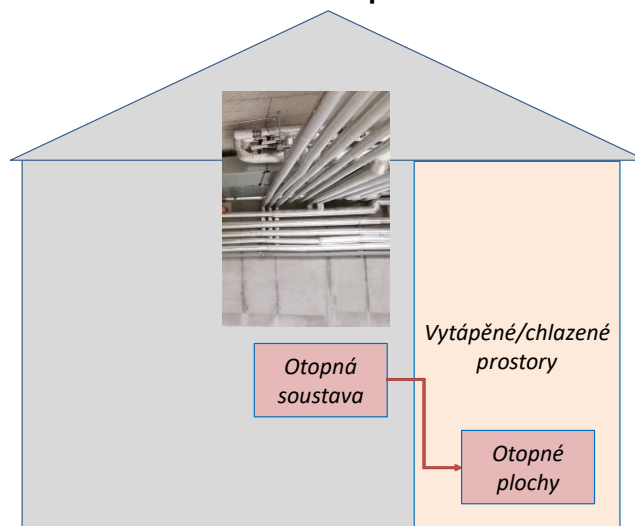
## Cesta tepla



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

5

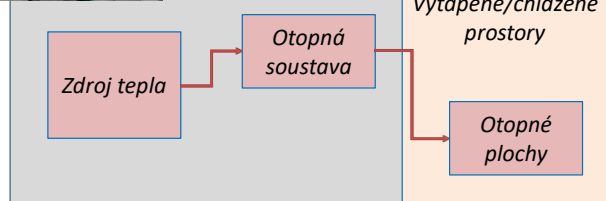
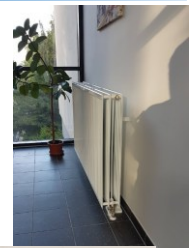
## Cesta tepla



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

6

## Cesta tepla

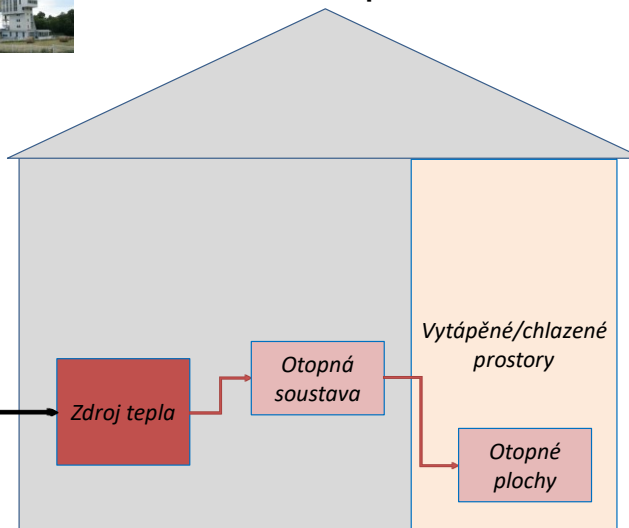
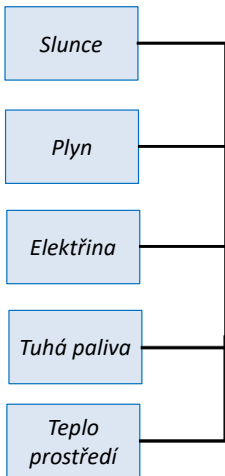


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

7

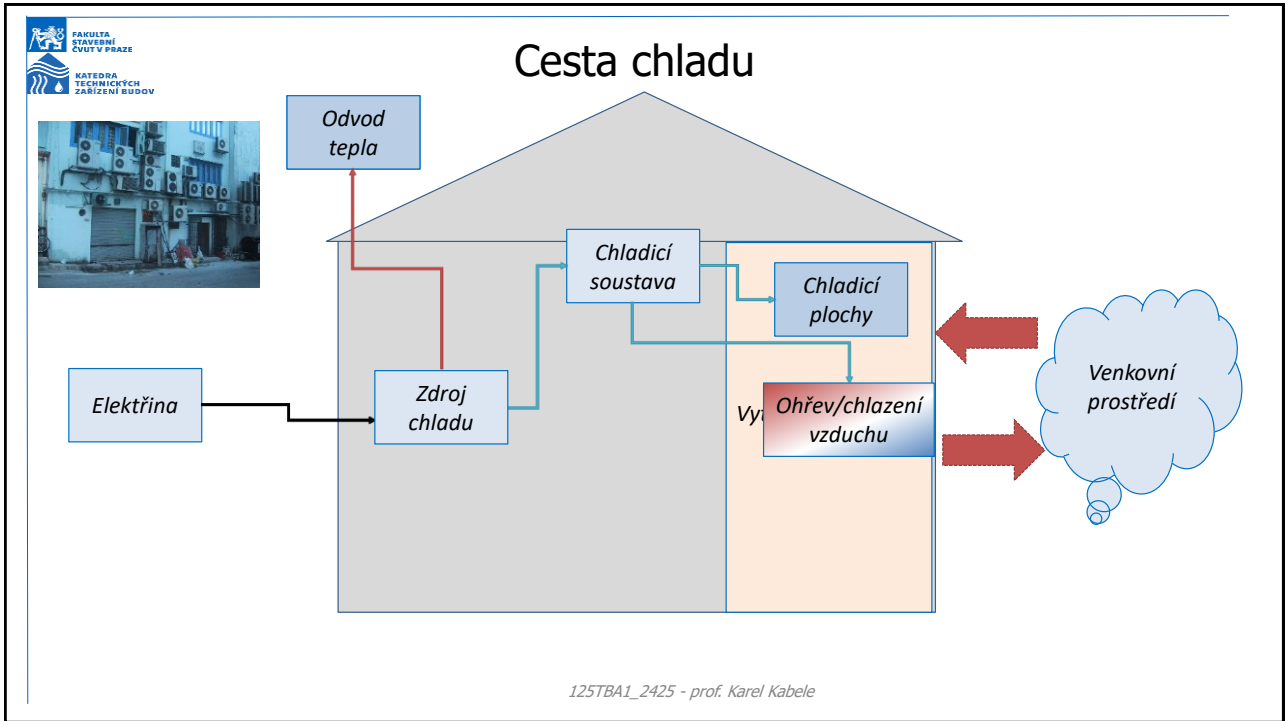


## Cesta tepla

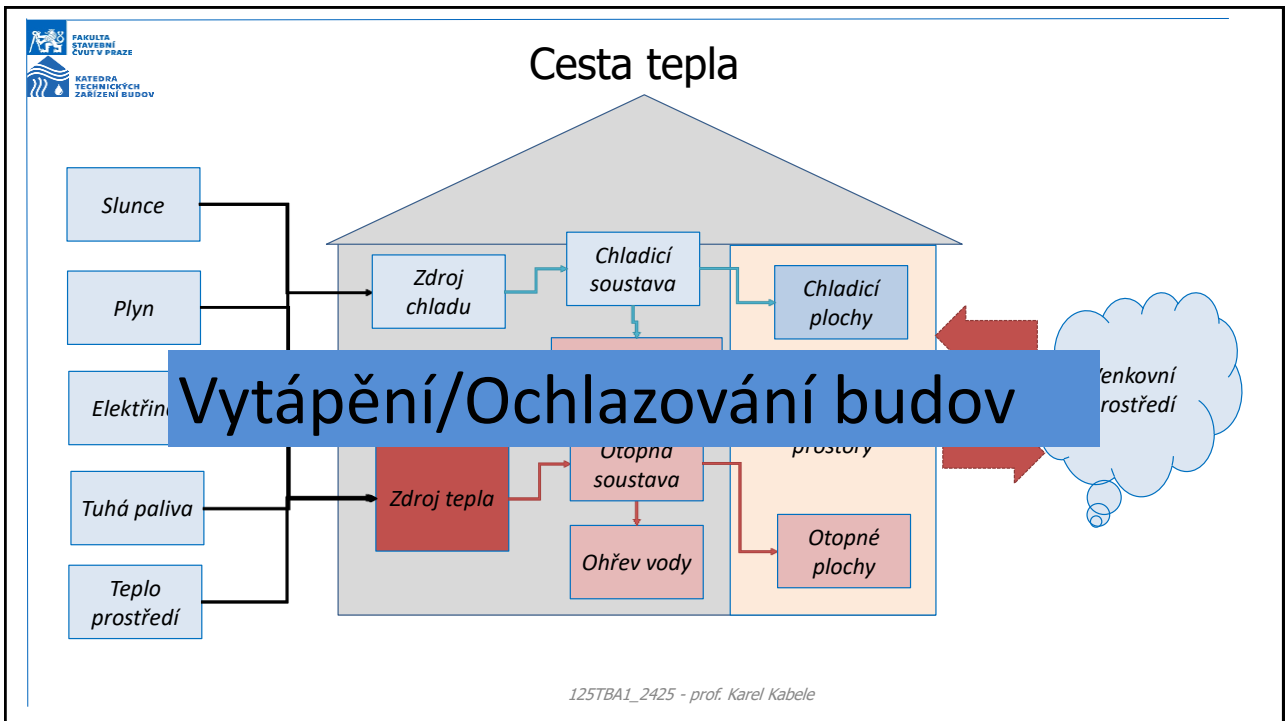


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

8



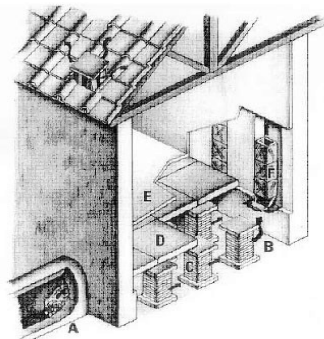
9



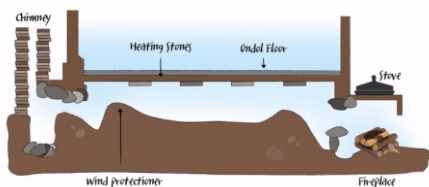
10

## Vytápění - Historie

### Hypocausta, ondol



*Hypocaustum (řecky „vytápění zdola“)  
A - topeniště (prae-furnium), B - dutina zdvojené  
podlahy, C - nosné sloupky cca 80 cm,  
D - podlahové desky, E - vytápěná místnost  
(kaldarium), F - komíny ve stěnách*



5000 BC

Ondol, Korea  
<https://www.ighvacstory.com/around-the-world-in-heating-days/>



90 BC

Santorini, Řecko, Foto autor

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

11

## Vytápění - Historie - středověk

- Krby, kamna



Foto autor



ČR, Česká Lhota, Foto autor



ČR, Praha, Foto autor

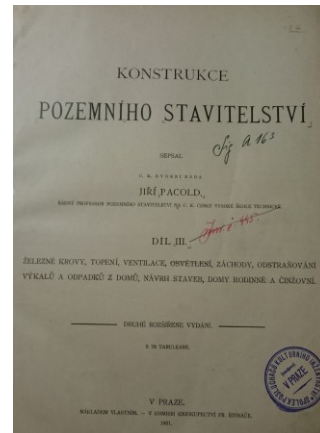
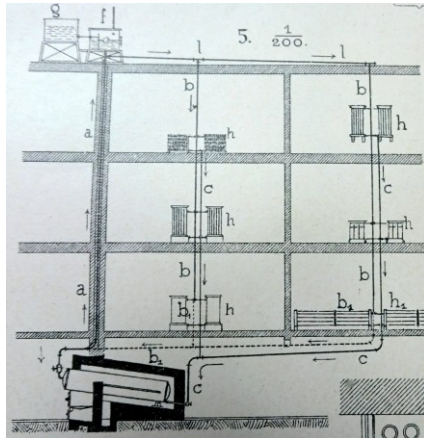


ČR, Mladá Boleslav, Foto autor

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

12

## Vytápění - Historie 18-19.století - parní soustavy



J.Pacold: Konstrukce pozemního stavitelství, Praha 1901

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

13

## Historie 20.století teplovodní soustavy

**Parní soustavy jsou nahrazovány teplovodními – použití elektrické energie, čerpadel, regulace**

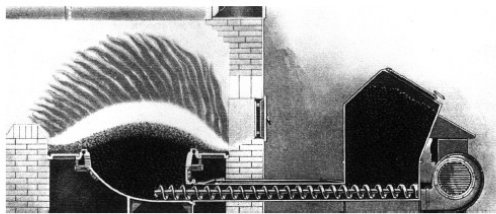
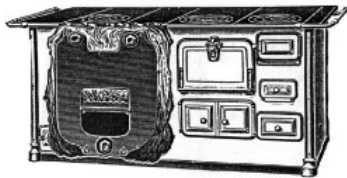


**Teplovodní kotel Strebl z roku 1927**

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

15

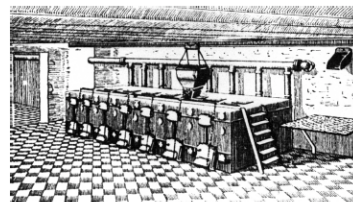
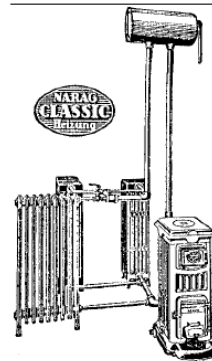
1900-1945



14.30-12 Automatické topeniště amerického původu IRON FIREMAN MFG. CO vyráběné v Portlandu, Torontu, Clevelandu a jinde v roce 1933

Zdroj: Kolektiv autorů: Topenářská příručka, Praha 2001

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele



14.30-31 Zavážení kotlů Catena palivem na dobovém obrázku

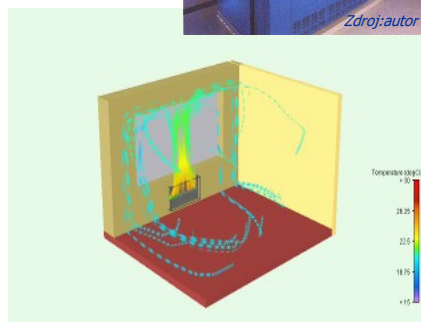
16

## Vytápění - současnost

- Teplovodní otopné soustavy
- Zdroje tepla řízené elektronikou s vysokou účinností
- Otopné plochy umístěné v podlaze, stěnách, stropích
- Počítačové modely chování systémů



Zdroj: autor



Zdroj: autor

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

17





19

FAKULTA  
STAVEBNÍ  
CVUT V PRAZE  
KATEDRA  
TECHNICKÝCH  
ZARÍZENÍ BUDOV

## Základy termokinetiky

- **Energie**
  - Energie je obecně schopnost hmoty konat práci.
  - Jednotka Joule je pojmenovaná podle anglického fyzika James Prescott Joule (1818–1889)
  - Energii nelze vytvořit ani zničit a podle současného stavu poznání dokážeme popsat známými formami energie cca 30 % celkové energie Vesmíru, jehož jsme součástí.
  - Známými formami energie jsou např. mechanická, elektrická, magnetická, zářivá nebo **vnitřní energie**.
  - Zbytek dosud nepopsané celkové energie se v literatuře označujeme jako temná energie a je předmětem základního výzkumu.

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

20

## Základy termokinetiky

### • Teplo $Q$ [J, kWh]

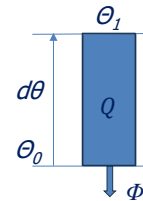
- je část **vnitřní energie**, kterou těleso *přijme* nebo *odevzdá* při tepelné výměně jinému tělesu.

$$Q = m \cdot c \cdot d\theta$$

$m$ ...hmotnost [kg]

$c$ ... měrná tepelná kapacita [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]

$d\theta$ ... změna teploty [K]



### • Tepelný výkon $\Phi$ (fí) [W, J/s]

- Tok tepla za čas

$$\Phi = Q / \tau$$

$\tau$ ...čas [s]

$$1 \text{ J/s} = 1 \text{ W}; 1 \text{ MJ} = 0,278 \text{ kWh}; 1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

## Základy termokinetiky

### • Teplota $T$ , $t$ , $\Theta$ (théta)

- Stavová veličina, vyjadřující střední kinetickou energii částic hmoty

- Termodynamická /Kelvin/

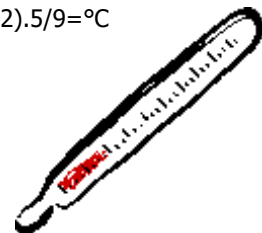
$T$  [K]

- Celsius  $t$  [°C]

$t = T - 273,15$

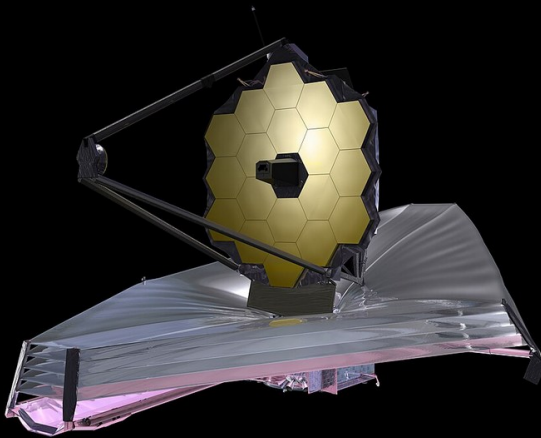
- Fahrenheit [°F]

$1^\circ\text{F} = 5/9^\circ\text{C} \quad (^\circ\text{F} - 32) \cdot 5/9 = ^\circ\text{C}$

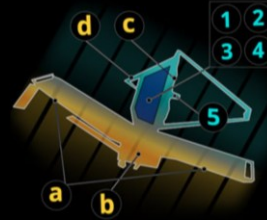


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

## James Webb telescope



50c 323K (a)	-231c 42K (c)
13c 286K (b)	-236c 37K (d)
Hot Side	Cold Side



-267c 06K (1)	-235c 39K (4)
-235c 39K (2)	-241c 32K (5)
-238c 36K (3)	
MIRI / NIRCам / NirSpec	FGS-NIRISS / FSM

<https://webb.nasa.gov/content/webbLaunch/whereIsWebb.html>

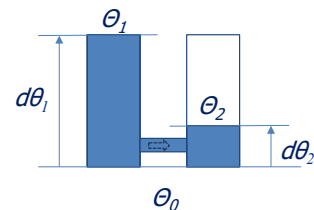
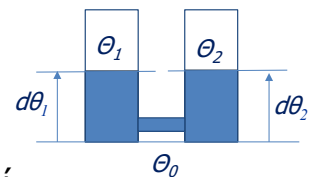
125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

23

## Základní zákony termodynamiky

### • 0.zákon

- Existuje stavová veličina TEPLOTA. Dvě soustavy v termodynamické rovnováze mají stejnou teplotu.
- Dvě soustavy v tepelném kontaktu mění své fyzikální parametry tak dlouho, dokud nenastane rovnováha vyjádřená stejnou teplotou.



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

24

## Základní zákony termodynamiky

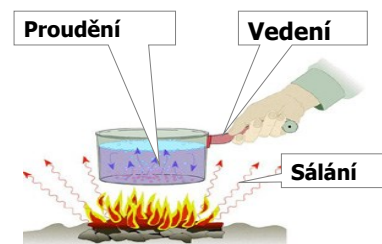
- **1.zákon**
  - Součet energií všech hmotných objektů izolované soustavy je konstantní.
- **2.zákon**
  - Teplo se šíří samovolně z místa vyšší teploty do místa s nižší teplotou.
- **3.zákon**
  - Žádným konečným pochodem nelze dosáhnout absolutní nuly.

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

25

## Sdílení tepla v prostoru

- **Vedení (kondukce)**
  - Sdílení uvnitř pevných těles, Biot-Fourierův zákon
- **Proudění (konvekce)**
  - Sdílení tepla makropohybem molekul a jejich shluků
  - Pohybem tekutiny a přenos z povrchu pevného tělesa do tekutiny a naopak
  - Newton-Richman, Fourier-Kirchhof
- **Sálání (radiace)**
  - Přenos tepla elektromagnetickým vlněním
  - Nevyžaduje hmotu
  - Stefan-Boltzmannův zákon

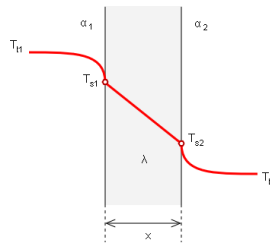


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

26

## Sdílení tepla v prostoru

- **Prostup** = proudění + vedení + proudění
  - Sdílení tepla mezi dvěma tekutinami oddělenými stěnou
  - Např. stěna budovy



<https://www.powerwiki.cz/>

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

27

Jakou teplotu má vakuum?

0 responses

▶ Start Menti



Menti  
B241\_TBA1\_1

Choose a slide to present

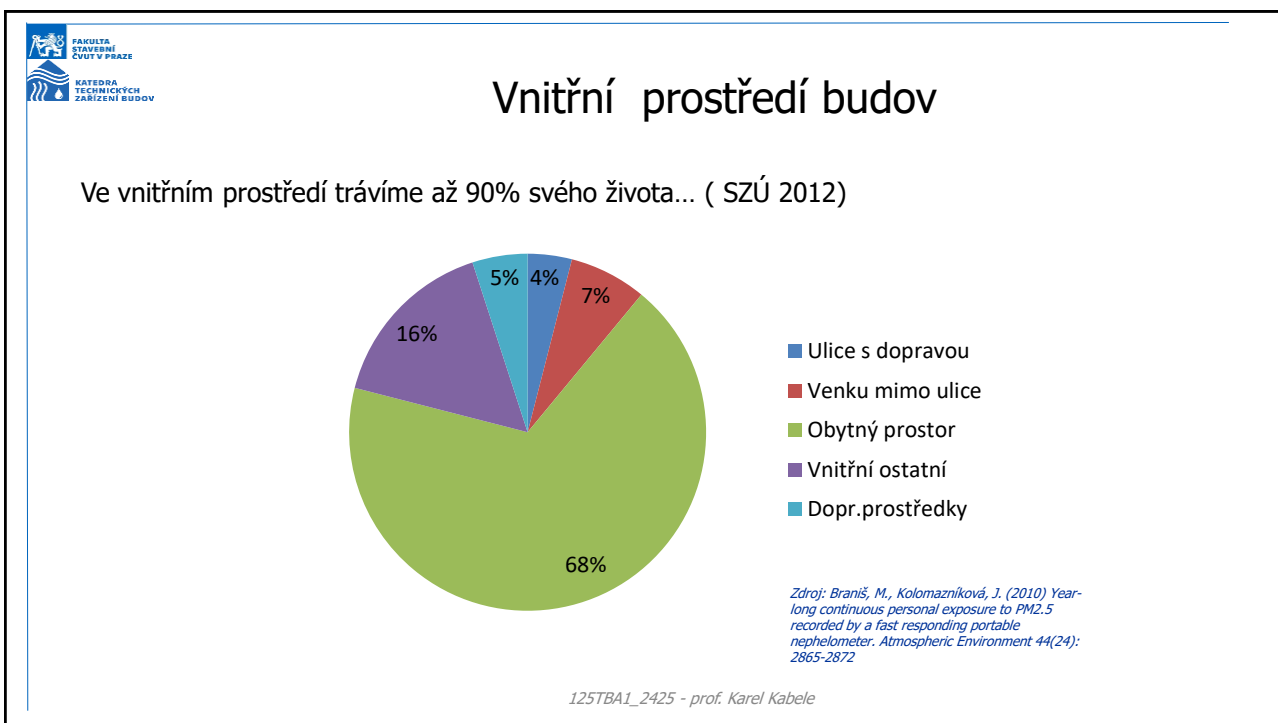


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

28



29



30

## 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

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

31

## Tepelně-vlhkostní mikroklima

### Co je to?

- Jedna ze složek vnitřního prostředí
- Stav vnitřního prostředí z hlediska tepelných a vlhkostních toků mezi člověkem a okolím

### Čeho chceme dosáhnout?

- Tepelné pohody (tepelný komfort)
  - **Stav myslí**, kdy nevnímáme ani teplo ani chlad; je nám příjemně...

### Jak zjistit, že jsme dosáhli požadovaného stavu?

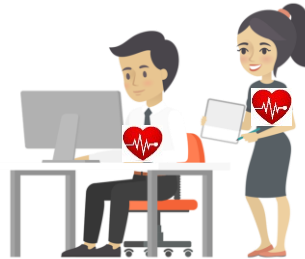
- Subjektivní hodnocení – vnímání jednotlivcem, dotazník
- Objektivní hodnocení – na základě naměřených nebo vypočtených hodnot

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

32

## Člověk z hlediska tepelné energie

- Člověk je zdrojem tepla
  - $Q_m$  metabolický tepelný výkon
    - Závisí především na aktivitě a velikosti člověka
    - V klidu cca 100 W, vrcholný sportovní výkon až 1,6 kW
    - Udává se též v jednotkách „met“

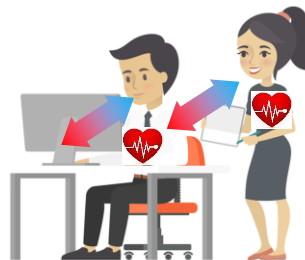


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

33

## Člověk z hlediska tepelné energie

- Člověk je zdrojem tepla
  - $Q_m$  metabolické teplo
- Člověk sdílí teplo s okolím
  - $Q_z$ 
    - **Dýchání**
    - Konvekce
    - Radiace
    - Kondukce
    - Evaporace



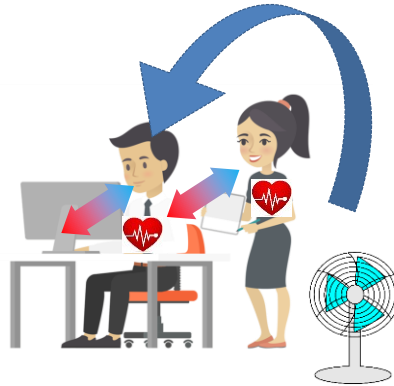
125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

34



## Člověk z hlediska tepelné energie

- Člověk je zdrojem tepla
  - $Q_m$  metabolické teplo
- Člověk sdílí teplo s okolím
  - $Q_z$ 
    - **Dýchání**
    - **Konvekce**
    - Radiace
    - Kondukce
    - Evaporace

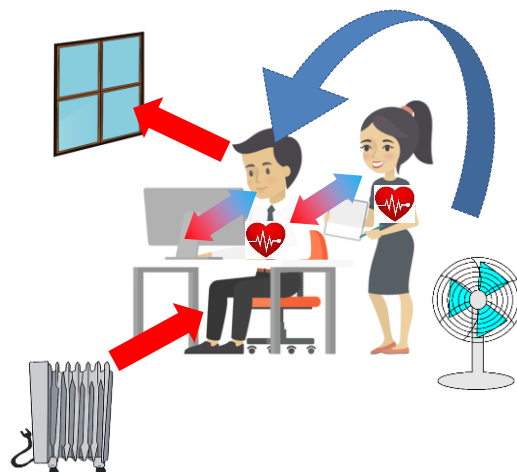


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

35

## Člověk z hlediska tepelné energie

- Člověk je zdrojem tepla
  - $Q_m$  metabolické teplo
- Člověk sdílí teplo s okolím
  - $Q_z$ 
    - **Dýchání**
    - **Konvekce**
    - **Radiace**
    - Kondukce
    - Evaporace

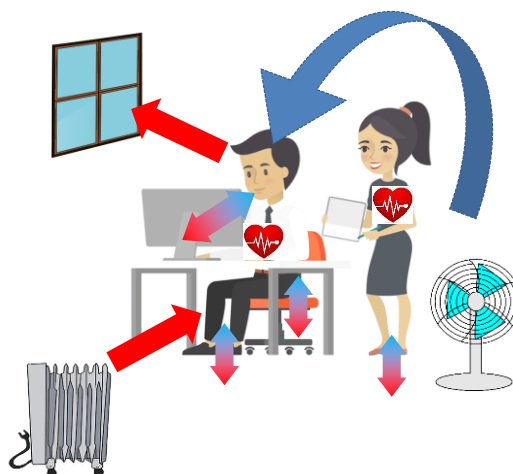


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

36

## Člověk z hlediska tepelné energie

- Člověk je zdrojem tepla
  - $Q_m$  metabolické teplo
- Člověk sdílí teplo s okolím
  - $Q_z$ 
    - **Dýchání**
    - **Konvekce**
    - **Radiace**
    - **Kondukcce**
    - Evaporace

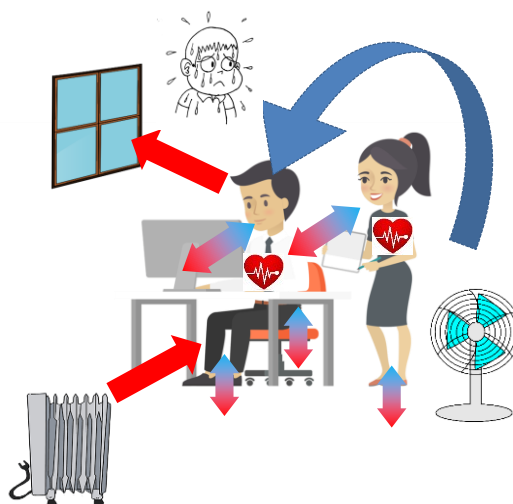


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

37

## Člověk z hlediska tepelné energie

- Člověk je zdrojem tepla
  - $Q_m$  metabolické teplo
- Člověk sdílí teplo s okolím
  - $Q_z$ 
    - **Dýchání**
    - **Konvekce**
    - **Radiace**
    - **Kondukcce**
    - **Evaporace**



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

38

## Člověk z hlediska tepelné energie

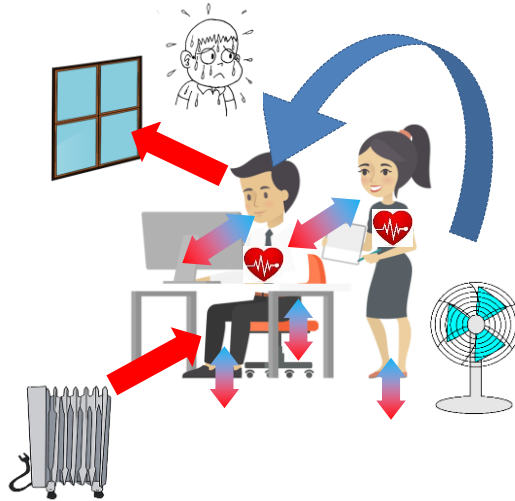
- Člověk je zdrojem tepla
  - $Q_m$  metabolické teplo
- Člověk sdílí teplo s okolím
  - $Q_z$ 
    - Dýchání
    - Konvekce
    - Radiace
    - Kondukce
    - Evaporace

### Rovnice tepelné bilance lidského organismu

$$Q_m = Q_z \text{ pohoda}$$

$$Q_m > Q_z \text{ horko}$$

$$Q_m < Q_z \text{ chlad}$$



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

39

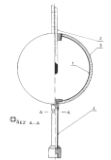
## Co ovlivňuje tepelnou pohodu

- **Člověk**
  - Metabolické teplo
  - Tepelný odpor oděvu
- **Místnost**
  - Teplota vzduchu
  - Povrchová teplota okolních stěn
  - Rychlost proudění vzduchu
  - Vlhkost vzduchu

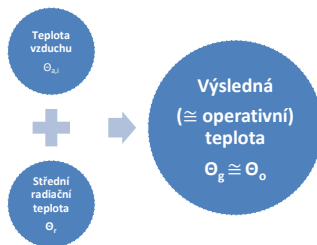
125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

40

## Teplota v místnosti... ?



Teplota vzduchu  $\theta_{A,i}$  - měří se teploměrem  
odstíněným vůči sálání okolních ploch a vlivu oslnění



**Výsledná teplota  $\theta_g$**   
Hodnota měřená kulovým teploměrem

**Operativní teplota  $\theta_o$**   
Vypočtená hodnota; zohledňuje teplotu vzduchu a teplotu okolních ploch

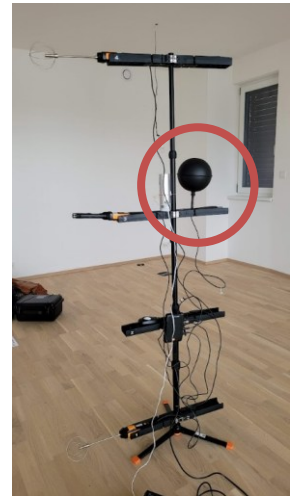
$$\theta_o \cong \frac{\theta_{A,i} + \theta_r}{2}$$

### Střední radiální teplota, $\theta_r$

Teplota imaginární duté šedé koule, která má stejné sálavé účinky jako daný prostor – souhrnné vyjádření teploty okolních ploch s různou povrchovou teplotou



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele



41

## Hygienické požadavky na vnitřní prostředí

*Příklad:*

Třída práce	Druh práce	M (W.m <sup>-2</sup> )
I	Práce vsedě s minimální celotělovou pohybovou aktivitou, kancelářské administrativní práce, kontrolní činnost v dozornách a velinech, psaní na stroji, práce s PC, laboratorní práce, sestavování nebo třídění drobných lehkých předmětů,	≤ 80
Ila	Práce převážně vsedě spojená s lehkou manuální prací rukou a paží, řízení osobního vozidla, a některých drážních vozidel, přesouvání lehkých břemen nebo překonávání malých odporů, automatizované strojní opracovávání a montáž malých lehkých dílců, kusová práce nástrojů a mechaniků, pokladní.	81 až 105

třída práce	M [W.m <sup>-2</sup> ]	kategorie	Klimatizované pracoviště				Va [m.s <sup>-1</sup> ]	Rh [%]		
			nastavení vytápění		nastavení chlazení					
			tepelný odpor oděvu 1,0 clo	tepelný odpor oděvu 0,5 clo	tepelný odpor oděvu 1,0 clo	tepelný odpor oděvu 0,5 clo				
I	≤ 80	A	22	±1,0	24,5	±1,0	0,05 až 0,2	30 až 70		
		B							±1,5	+1,5 -1,0
		C							+2,5 -2,0	+2,5-2,0
Ila	81-105	A	20	±1,0	23	±1,0				
		B							±1,5	+1,5 -1,0
		C							+2,5 -2,0	+2,5-2,0

<https://www.zakonyprolidi.cz/>  
Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

42



## ENERGETICKÉ VÝPOČTY PRO VYTÁPĚNÍ

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

45

## Podklady pro navrhování vytápění - energetické výpočty

- **Výpočet tepelného výkonu [kW]**
  - Předběžný výpočet
  - Podrobný výpočet
    - ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3
- **Výpočet roční potřeby energie [kWh, GJ]**
  - Denostupňová metoda
  - ČSN EN ISO 52016-1 Energetická náročnost budov – Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony – Část 1: Výpočtové postupy
  - Zákon č. 406/2000 Sb, Vyhláška č. 264/2020 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov (Průkaz energetické náročnosti)
  - Matematické modelování
    - Porovnání variant řešení
    - Nestandardní řešení

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

46

# Výpočet tepelného výkonu

kW GJ/s



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

47

## Tepelný výkon pro vytápění

- Tepelný výkon – pro návržení velikosti zdroje a otopných ploch
- Stanovuje se na základě tepelných ztrát
- Předběžný výpočet – na úrovni studie
- Podrobný výpočet – projekt stavby
- Zjednodušený model sdílení tepla mezi vnitřkem budovy a vnějškem za ustáleného stavu pro dané okrajové podmínky

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

48

## Předběžný výpočet tepelného výkonu pro vytápění

- Pro celou budovu, stanovení výkonu zdrojů
- Obálková metoda
  - Celou budovu uvažují jako jednu místnost se zvolenou průměrnou teplotou
  - Prostup tepla jednotlivými obalovými konstrukcemi
  - Ztráta větráním

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

49

## ČSN EN 12831-1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3

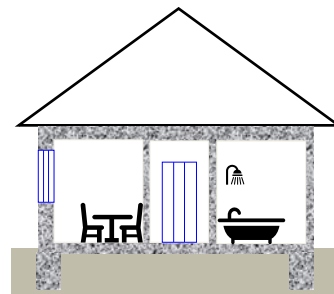
- Norma popisuje výpočet návrhového tepelného výkonu pro:
    - vytápěný prostor pro dimenzování otopných ploch
    - budovu nebo část budovy pro dimenzování tepelného výkonu
- Výpočet pro standardní případy - výška místností do 5 m, vytápění do ustáleného stavu
- x zvláštní případy: budovy s vysokou výškou stropu nebo rozdílnou teplotou

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

51

## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

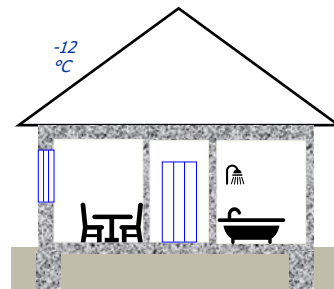
53

## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby

Oblast (klimatická stanice)	Nadmožská výška referenční polohy	Venkovní výpočtová teplota	Dodávka tepla při $\theta_{hp,e} = 13\text{ °C}$	
			Průměrná venkovní teplota	Počet dnů dodávky tepla
			$\theta_{e,m}$ [°C]	$d$ [den]
Benešov	327	-15	3,9	245
Beroun	229	-12	4,1	236
Blansko	273	-15	3,7	241
Břeclav	159	-12	4,4	224
Brno	227	-12v	4,0	232
Bruntál	546	-18v	3,3	271
Česká Lípa	276	-15	3,8	245
...				

Venkovní výpočtová teplota



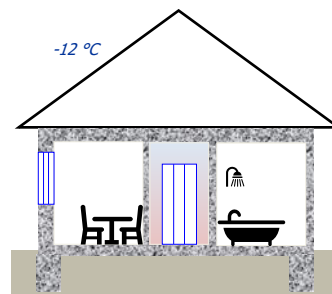
125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

54



## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

56

## Postup výpočtu tepelného výkonu

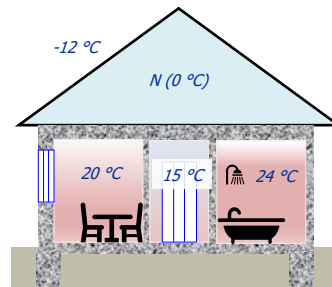
- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný

Druh budovy/prostoru	$\theta_{int}$ (°C)
<b>Obytné budovy trvale užívané</b>	
obývací místnosti, pracovní, kuchyně, klobzety	20
koupelny	24
vytápěné vedlejší místnosti (předsín, chodby, aj.)	15
vytápěná schodiště	10
<b>Administrativní budovy</b>	
kanceláře, čekárny, zasedací síně, jídelny,	20
vytápěné vedlejší místnosti (chodby, hlavní schodiště, klobzety aj.)	15
vytápěná vedlejší schodiště	10
haly, místnosti s přepážkami	18

Výpočtová vnitřní teplota  $\theta_{int,i}$  = operativní teplota ve středu prostoru ve výšce 0,6 -1,6 m

Viz ČSN EN 12831-1 Tabulka NA.3 – Vnitřní výpočtová teplota Vyplyvá z požadavku na zajištění **tepelné pohody**..

Typ nevytápěného prostoru	Teplota vzduchu sousedních nevytápěných prostor $\theta_{s,i}$ [°C] při venkovní výpočtové teplotě $\theta_{e,i}$ [°C]				
	-12	-15	-18	-21	
Nehřívaná krytina	-6	-9	-12	-15	
Podstřešní prostory (půdy)	Těsná krytina – bez tepelné izolace	-3	-6	-9	-12
	– s tepelnou izolací	0	0	-3	-6
Vzduchová mezera u větraných dvoupářířových střech	-9	-12	-15	-18	
Místnosti sousedící	převážně s vytápěnými prostory, např. vnitřní chodby apod.	+15			
	zčásti s vytápěnými prostory a zčásti s venkovním prostředím – bez venkovních dveří	+6	+6	+3	+3
	– s venkovními dveřmi, také vnitřní schodiště *	0	0	-3	-3
	převážně s venkovním prostředím, s nímž jsou spojeny venkovními dveřmi	-3	-6	-9	-12

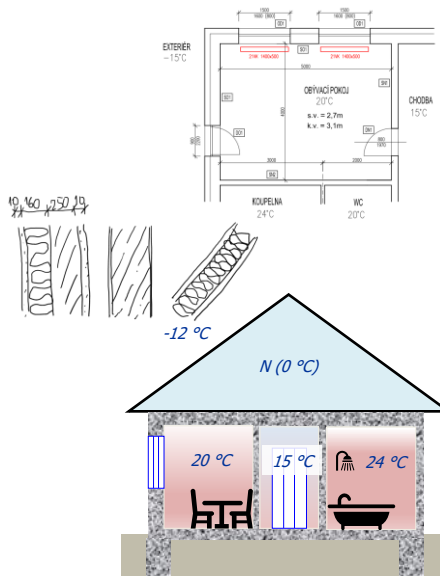


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

57

## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný
- ✓ Stanovení rozměrových a tepelných vlastností konstrukcí



Pro všechny konstrukce:

**A...** plocha (m<sup>2</sup>)  
**U...** součinitel prostupu tepla (W/m<sup>2</sup>.K)

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

58

## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný
- ✓ Stanovení rozměrových a tepelných vlastností konstrukcí
- ✓ **Výpočet tepelných ztrát prostupem**

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

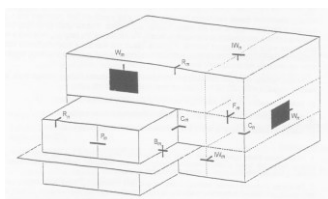
$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \Psi_l \cdot I_l \cdot e_l$$

Plošná konstrukce      Lineární tepelný most

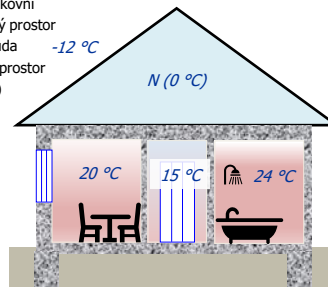
H...součinitel tepelné ztráty prostupem (W/K)

Indexy:

- int.....vnitřní prostor
- i.....vytápěný prostor
- e.....vnější, venkovní
- u.....nevytápěný prostor
- g.....zemina, půda
- j.....vytápěný prostor na jinou teplotu



Tepelné mosty a vazby



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

59

## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný
- ✓ Stanovení rozměrových a tepelných vlastností konstrukcí
- ✓ Výpočet tepelných ztrát prostupem

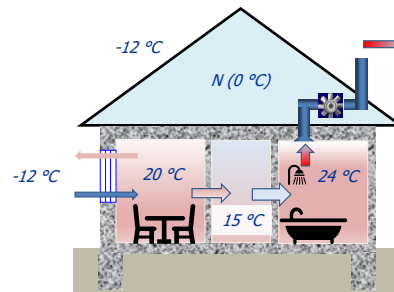
### ✓ Výpočet tepelných ztrát větráním

Minimální intenzita větrání pro zjednodušený výpočet tepelného výkonu  $n_{min}$

Druh místnosti	$n_{min}$ (h <sup>-1</sup> )
Pobytové místnosti např. obývací pokoje, kanceláře	0,5
Kuchyně, koupelny, záchody, apod. (s okny)	1,5

$$\Phi_{V,i} = V_i \cdot n_i \cdot \rho_a \cdot c_{p,a} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$\Phi_{V,i}$  návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i) W  
 $V_i$  vnitřní objem (objem vzduchu) vytápěného prostoru (i) m<sup>3</sup>  
 $n_i$  intenzita větrání vytápěného prostoru (i) h<sup>-1</sup>  
 $\rho_a \cdot c_{p,a}$  součin hustoty a měrné tepelné kapacity vzduchu Wh/(m<sup>3</sup>·K)  
 $\theta_{int,i}$  vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru (i) °C  
 $\theta_e$  venkovní výpočtová teplota/teplota přiváděného vzduchu °C



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

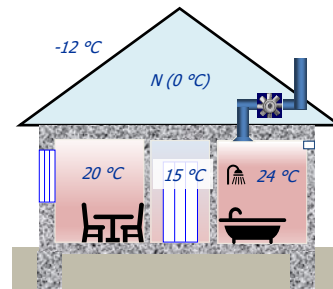
60

## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný
- ✓ Stanovení rozměrových a tepelných vlastností konstrukcí
- ✓ Výpočet tepelných ztrát prostupem
- ✓ Výpočet tepelných ztrát větráním
- ✓ Výpočet celkové tepelné ztráty

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$$

$\Phi_{T,i}$  ..... návrhová tepelná ztráta **prostupem tepla**  
 $\Phi_{V,i}$  .....návrhová tepelná ztráta **větráním**



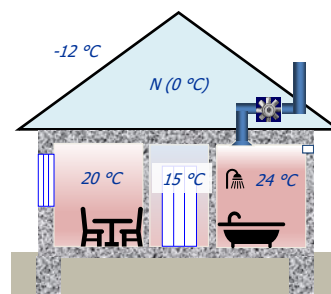
125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

61

## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný
- ✓ Stanovení rozměrových a tepelných vlastností konstrukcí
- ✓ Výpočet tepelných ztrát prostupem
- ✓ Výpočet tepelných ztrát větráním
- ✓ Výpočet celkové tepelné ztráty
- ✓ **(Výpočet zátopového výkonu)**

$\Phi_{RH,i}$  ... zátopový tepelný výkon  
pouze při průřezovaném vytápění



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

62

## Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný
- ✓ Stanovení rozměrových a tepelných vlastností konstrukcí
- ✓ Výpočet tepelných ztrát prostupem
- ✓ Výpočet tepelných ztrát větráním
- ✓ Výpočet celkové tepelné ztráty
- ✓ (Výpočet zátopového výkonu)
- ✓ **Výpočet celkového návrhového tepelného výkonu pro vytápění**

Pro vytápěný prostor:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{Ti} + \Phi_{Vi} + \Phi_{RH,i} \text{ (W)}$$

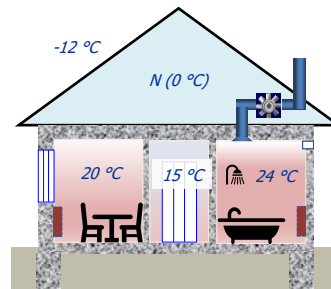
Pro budovu nebo část budovy:

$$\Phi_{HL} = \Sigma \Phi_{Ti} + \Sigma \Phi_{Vi} + \Sigma \Phi_{RH,i} \text{ (W)}$$

$\Phi_{Ti}$  ...návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$\Phi_{Vi}$  ...návrhová tepelná ztráta větráním

$\Phi_{RH,i}$  ...zátopový tepelný výkon při průřezovaném vytápění

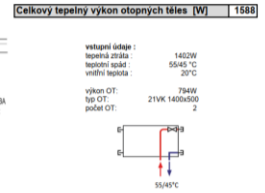
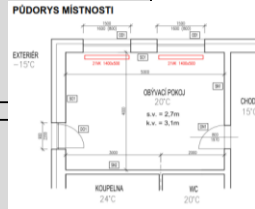


125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

63

## Příklad výpočtu tepelného výkonu pro jednu místnost

Tabulka pro zjednodušený výpočet tepelného výkonu								
Název místnosti	obývací pokoj	Číslo místnosti	Podlaží	Budova/zadání č.				
Vnitřní výpočtová teplota $\Theta_i$	20 [°C]	Vnější výpočtová teplota $\Theta_e$	-12 [°C]	Měrná tepelná kapacita vzduchu $c_p$	0,28	Wh/kg K		
Nejmenší intenzita výměny vzduchu $n_{min}$	0,5 [h <sup>-1</sup> ]	Vnitřní objem místnosti $V_m$	54 [m <sup>3</sup> ]	Hustota vzduchu $\rho$	1,2	kg/m <sup>3</sup>		
Nejmenší hygienické množství vzduchu, trvalý průtok $V_{min}$	60 [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Teplota přiváděného vzduchu $\Theta_{zav}$	-12 [°C]	Poznámka				
Tepelná ztráta prostupem								
Označení a popis konstrukce	Plocha konstrukce							
SO - ochlazovaná stěna OD - ochlazované okno DC - ochlazované dveře SN - vnitřní stěna DN - vnitřní dveře POL - podlaha STR - strop SCH - střeška	Délka	Šířka nebo výška	Plocha $A = x \cdot y$	Počet oken	Plocha všech oken	Plocha bez oken $A_k = A - A_o$	Součinitel prostupu tepla tepelných mostů a vazeb, korekci u podlahy na teplotu	
	x	y	A	o	A <sub>o</sub>	A <sub>k</sub>		
	m	m	m <sup>2</sup>	-	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		
							Součinitel tepelné ztráty $U_{i,k}$	
							$\Theta_{i,k}$	
							Číselná tepelná redukce $b_{i,k} = \frac{\Theta_i - \Theta_{i,k}}{\Theta_i - \Theta_e}$	
							Součinitel tepelné ztráty konstrukce prostupem $H_{i,k} = A_{i,k} \cdot U_{i,k} \cdot b_{i,k}$	
SO1	9,00	3,10	27,90	3	6,78	21,12	0,30	
OD1	1,50	1,60	2,40	2	4,80	4,80	-12,0	
DO1	0,90	2,20	1,98	1	1,98	1,98	1,0	
SN1	4,00	3,10	12,40	1	1,58	10,82	2,70	
DN1	0,80	1,97	1,58	1	1,58	1,58	15,0	
SN2	3,00	3,10	9,30			9,30	2,70	
SCH	5,00	4,00	20,00			20,00	0,24	
Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = \sum H_{i,k}$							23,60	$\Phi_T = H_T \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$
								755
Tepelná ztráta větráním								
Množství větracího vzduchu $V_v = \max(V_m \cdot n; V_{min})$	60	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	Souč. tepelné ztráty větráním $H_v = V_v \cdot c_p \cdot \rho \cdot (\Theta_i - \Theta_{zav}) / (\Theta_i - \Theta_e)$		20,20	$\Phi_v = H_v \cdot (\Theta_i - \Theta_e)$	646	
<b>Celková tepelná ztráta = tepelný výkon <math>\Phi = \Phi_T + \Phi_v</math> [W] 1402</b>								



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

64

## Výpočet roční potřeby tepla kWh, GJ, MJ



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

65

## Otopné období x dodávka tepelné energie

- **Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku.**
  - Období, kdy systémy vytápění musí být v „pohotovosti“, tzn. jsou připraveny dodávat tepelnou energii do budovy. Je stanoveno pevně bez ohledu na počasí a trvá 273 resp. 274 dnů.
- **Dodávka tepelné energie (vytápění) během otopného období**
  - se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod +13 °C ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad +13 °C pro následující den.
  - Vytápění bytů a nebytových prostor v bytových a nebytových budovách se omezí nebo přeruší v otopném období tehdy, jestliže průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě vystoupí nad +13 °C ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat pokles této teploty pro následující den. Při následném poklesu průměrné denní teploty venkovního vzduchu pod +13 °C se vytápění obnoví.

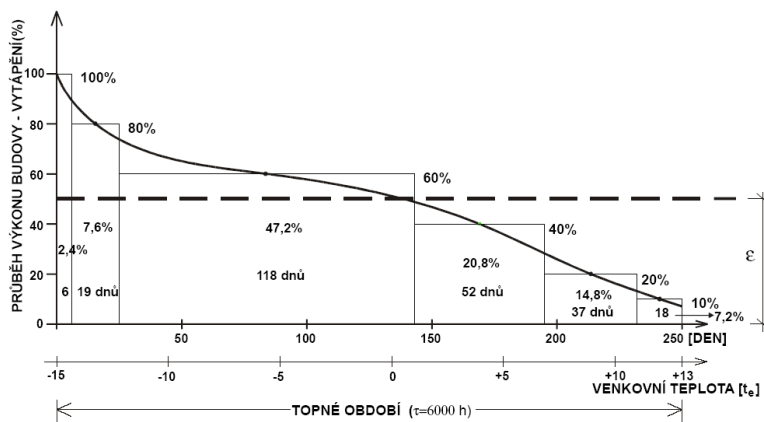
$$\theta_{ed} = \frac{\theta_{e7} + \theta_{e14} + 2 \cdot \theta_{e21}}{4}$$

*Vyhláška 194/2007 Sb. ve  
znění 237/2014 Sb.*

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

66

## Roční průběh potřebného výkonu



125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

67

# ČSN EN 12831 - Klimatické údaje (NA)

NA = národní příloha

ČSN EN 12831-1

Tabulka NA 1 - Klimatické údaje

Oblast (klimatická stanice)	Nadmořská výška referenční polohy	Venkovní výpočtová teplota	Začátek a konec dodávky tepla při $\theta_{p,e} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$		Začátek a konec dodávky tepla při $\theta_{p,e} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$		Začátek a konec dodávky tepla při $\theta_{p,e} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$	
			Průměrná venkovní teplota za otopné období	Počet dnů otopného období	Průměrná venkovní teplota za otopné období	Počet dnů otopného období	Průměrná venkovní teplota za otopné období	Počet dnů otopného období
			$\theta_{e,m}$	$d$	$\theta_{e,m}$	$d$	$\theta_{e,m}$	$d$
	$h_{ref}$	$\theta_e$	$\theta_{e,m}$	$d$	$\theta_{e,m}$	$d$	$\theta_{e,m}$	$d$
	[m]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[den]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[den]	[ $^{\circ}\text{C}$ ]	[den]
Benešov	327	-15	3,9	245	5,2	280	3,5	234
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	4,1	236	5,3	268	3,7	225
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,7	241	5,1	275	3,3	229
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,4	224	5,2	253	4,1	215
Brno	227	-12v	4,0	232	5,1	263	3,6	222
Bruntál	546	-18v	3,3	271	4,8	315	2,7	255
Česká Lípa	276	-15	3,8	245	5,1	282	3,3	232

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

68

## Roční potřeba tepla na vytápění

### • Denostupňová metoda

$\Phi_{HL}$  = návrhový výkon

$$\varepsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_r \cdot \eta_o}$$

$$\Phi_R = \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot \varepsilon \cdot D}{\theta_I - \theta_E}$$

$$D = (\theta_I - \theta_{M,E}) \cdot d$$

- $e_i$  - nesoučasnost infiltrace a prostupu (0,8 - 0,9)
- $e_t$  - snížení teploty během dne (0,8 - 1,0)
- $e_d$  - zkrácení doby s vyt. přestávkami (0,8 - 1)
- $\eta_r$  - účinnost rozvodů (0,95 - 0,98)
- $\eta_o$  - účinnost obsluhy (0,9 - 1)
- $d$  - počet dnů dodávky tepla v otopném období

- $d$  - počet dnů dodávky tepla v otopném období
- $\theta_I$  - průměrná výpočtová teplota v budově
- $\theta_{M,E}$  - průměrná venkovní teplota v době dodávky tepla v otopném období
- $\theta_E$  - venkovní výpočtová teplota

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

69

## Příklad....

### Kolik stojí ročně vytápění rodinného domu, když 1 kWh tepla stojí 4 Kč?

- Návrhový tepelný výkon  $\Phi_{HL}$  (= tepelná ztráta ) : **10 kW**
- Počet dnů dodávky tepla v otopném období:  $d = 225$
- Průměrná venkovní teplota v  $\theta_{M,E} = 4,3 \text{ °C}$
- Výpočtová venkovní teplota v  $\theta_E = -12 \text{ °C}$
- Průměrná výpočtová vnitřní teplota v  $\theta_i = 20 \text{ °C}$
- Součinitel  $\epsilon = 0,69$



$$D = (\theta_I - \theta_{M,E}) \cdot d$$

$$\Phi_R = \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot \epsilon \cdot D}{\theta_I - \theta_E}$$

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

70

ČVUT v Praze  
Fakulta stavební  
Katedra technických zařízení budov

## Děkuji za pozornost

Konzultační hodiny  
pondělí 10-11 hod

125TBA1\_2425 - prof. Karel Kabele

73