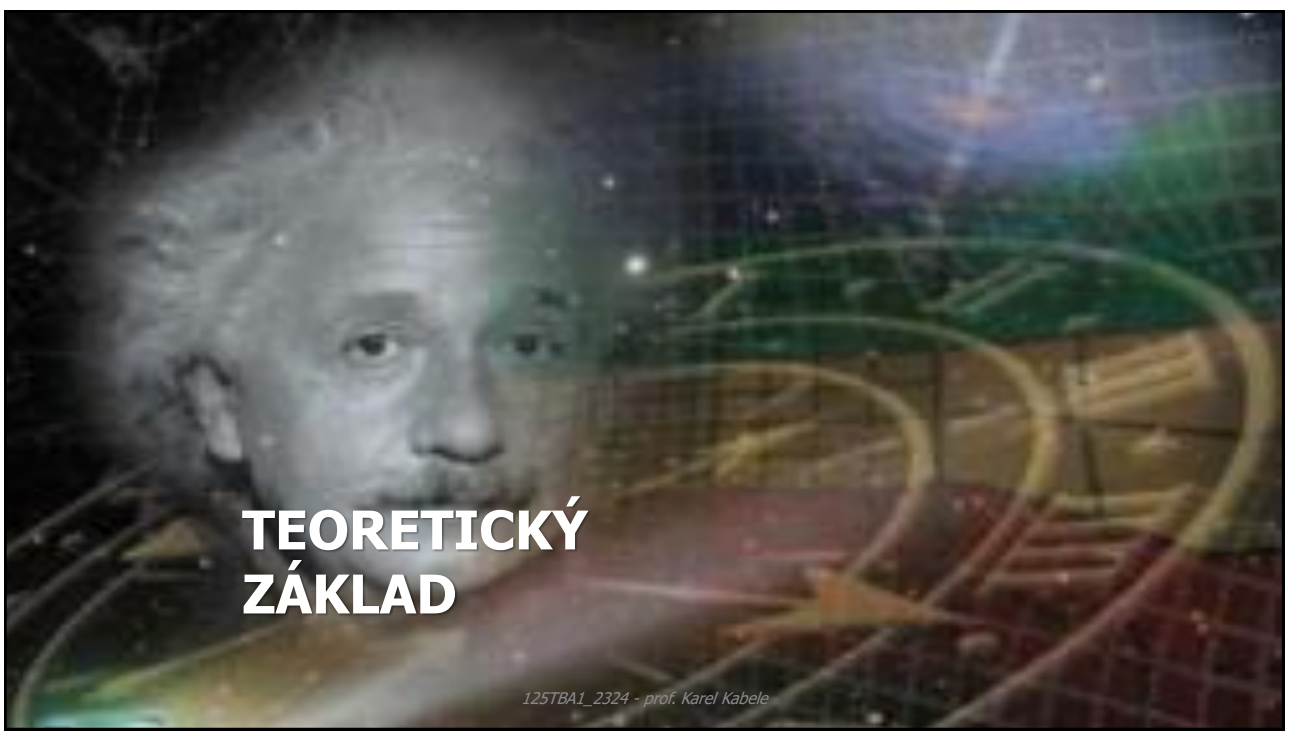
ČVUT v Praze
Fakulta stavební
Katedra technických zařízení budov

125 TBA1 - Vytápění

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

prof. Ing. Karel Kabele, CSc.



FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ 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.

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Základy termokinetiky

- Teplo Q [J, kWh]
  - je část **vnitřní energie**, kterou těleso *přijme* nebo *odevzdá* při tepelné výměně jinému tělesu.

$$1\,J = 1\,Ws;\ 1\,MJ = 0{,}278\,kWh\,;\ 1\,kWh = 3{,}6\,MJ$$

$$Q = m.c.dT$$

m…hmotnost [kg]
c… měrná tepelná kapacita [$J.kg^{-1}.K^{-1}$]
dT… změna teploty [K]

- Tepelný výkon Φ (fí) [W, J/s]
  - Tok tepla za čas

$$\Phi = Q/\tau$$

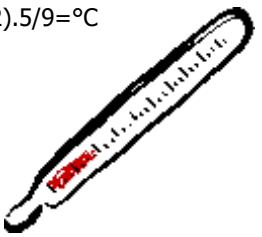
τ …čas [s]

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

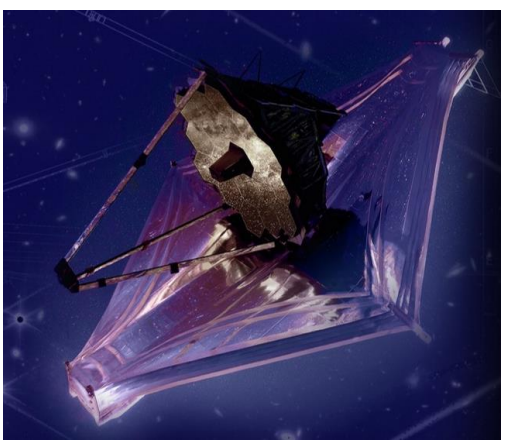
125TBA1_2324 - prof. Karel Kabele

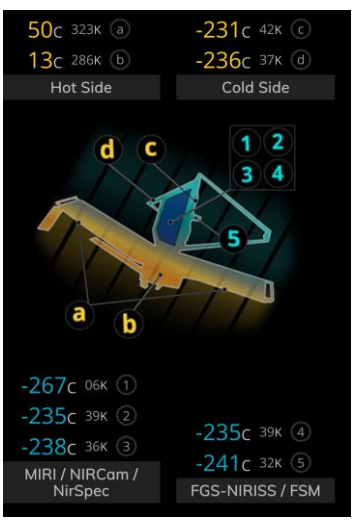
Základy termokinetiky

- Teplota T, t, Θ (théta)
  - Stavová veličina, vyjadřující střední kinetickou energii částic hmoty
    - Termodynamická /Kelvin/ T [K]
    - Celsius t [°C] t = T-273,15
    - Fahrenheit [°F] 1°F=5/9°C (°F-32).5/9=°C



James Webb telescope





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

Jakou teplotu má vakuum?

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Základní zákony termodynamiky

- O.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.

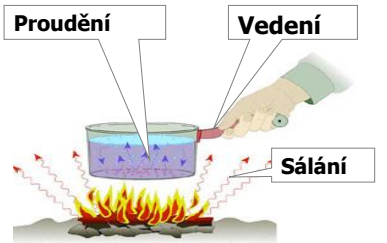
FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

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.

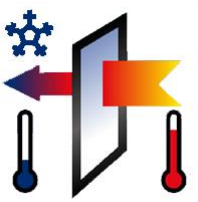
Sdílení tepla v prostoru

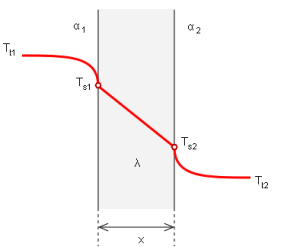
- Vedení (kondukce)
  - Sdílení uvnitř pevných těles, Biot-Fourierův zákon
- Proudění (konvekce)
  - Sdílení tepla makropohybem molekul a jejich shluků
  - Pohybem tekutiny a přenos z povrchu pevného tělesa do tekutiny a naopak
  - Newton-Richman, Fourier-Kirchhof
- Sálání (radiace)
  - Přenos tepla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



Sdílení tepla v prostoru

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



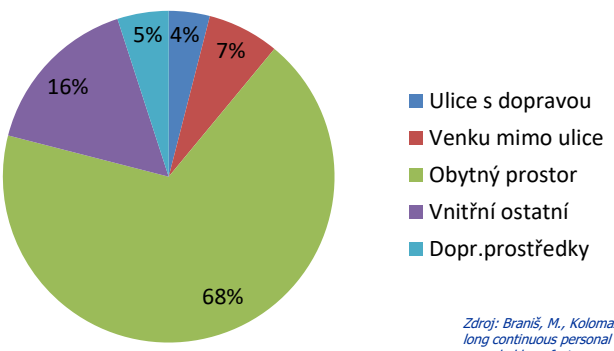


https://www.powerwiki.cz/

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

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

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

VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ BUDOV

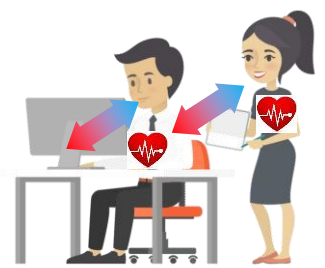
- Tepelně-vlhkostní mikroklima
  - Stav vnitřního prostředí z hlediska tepelných a vlhkostních toků mezi člověkem a okolím
- Tepelná pohoda
  - Stav mysli, kdy nevnímáme ani teplo ani chlad; je nám příjemně

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"

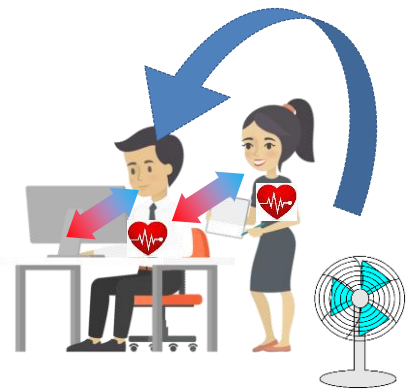
Člověk z hlediska tepelné energie

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



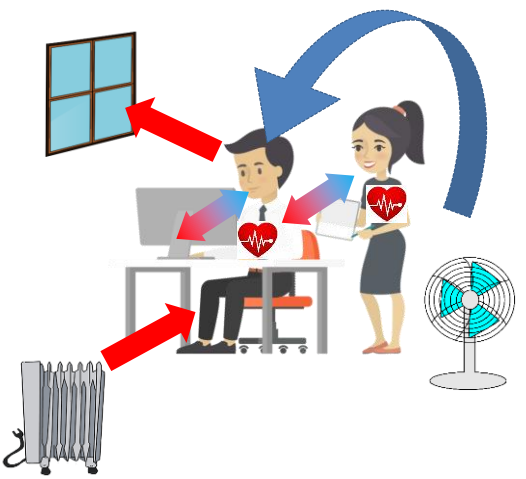
Člověk z hlediska tepelné energie

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



Člověk z hlediska tepelné energie

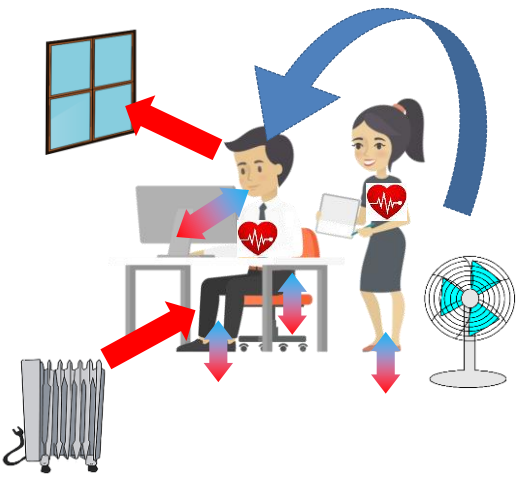
- Člověk je zdrojem tepla
  - Q_m metabolické teplo
- Člověk sdílí teplo s okolím
  - Q_z
    - **Dýchání**
    - **Konvekce**
    - **Radiace**
    - Kondukce
    - Evaporace



125TBA1_2324 - prof. Karel Kabele

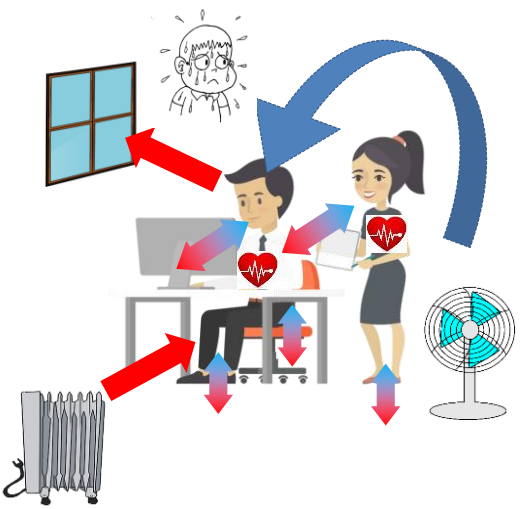
Člověk z hlediska tepelné energie

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



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_2324 - prof. Karel Kabele

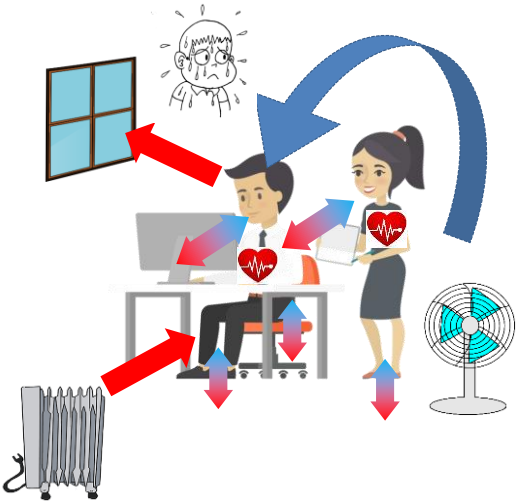
Člověk z hlediska tepelné energie

- 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**

  $Q_m = Q_z$ pohoda

  $Q_m > Q_z$ horko

  $Q_m < Q_z$ chlad



Co ovlivňuje tepelnou pohodu

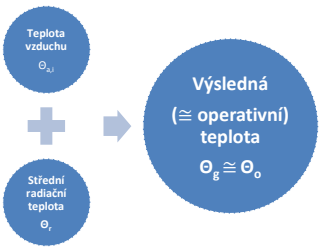
- Člověk
  - Metabolické teplo
  - Tepelný odpor oděvu
- Místnost
  - Teplota vzduchu
  - Povrchová teplota okolních stěn
  - Rychlost proudění vzduchu
  - Vlhkost vzduchu

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Fyzikální veličiny pro popis tepelného stavu místnosti

Vyhláška č. 194/2007 Sb.

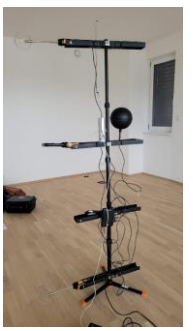
Teplota vnitřního vzduchu $\theta_{A,i}$ je hodnota měřená teploměrem odstíněným vůči sálání okolních ploch a vůči vlivu oslunění uprostřed půdorysu místnosti ve výši 1 m nad nášlapnou vrstvou.



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

Operativní teplota Θ_o
Vypočtená hodnota; zohledňuje teplotu vzduchu a teplotu okolních ploch

$$\theta_0 \cong \frac{\theta_{A,i} + \theta_r}{2}$$



Výsledná teplota kulového teploměru Θg
Hodnota **měřená** kulovým teploměrem Vernon - Jokl

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Měření vnitřního prostředí budov

- Kulový teploměr
- Teplota vzduchu
- Relativní vlhkost
- Intenzita sálání
- Povrchové teploty
- Rychlost proudění vzduchu

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Výsledná vnitřní teplota

Druh budovy, prostoru	Oblečení, zima (clo)	Činnost (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 dům	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

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

ENERGETICKÉ VÝPOČTY PRO VYTÁPĚNÍ

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

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

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Výpočet tepelného výkonu

kW GJ/s

Tepelný výkon pro vytápění

- Tepelný výkon – pro navržení 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

Předběžný výpočet tepelného výkonu pro vytápění

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

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

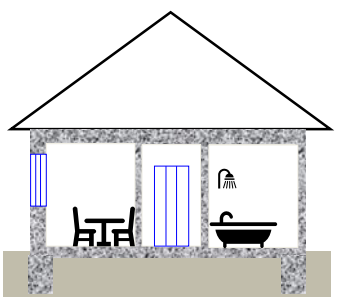
- Norma popisuje výpočet návrhového tepelného výkonu pro:
  - vytápěný prostor pro dimenzování otopných ploch
  - budovu nebo část budovy pro dimenzování tepelného výkonu

  Výpočet pro standardní případy - výška místností do 5 m, vytápění do ustáleného stavu

  x zvláštní případy: budovy s vysokou výškou stropu nebo rozdílnou teplotou

Postup výpočtu tepelného výkonu

✓ Stanovení základních údajů o místě stavby

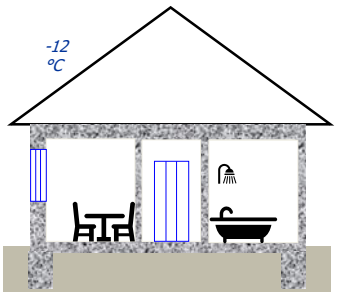


Postup výpočtu tepelného výkonu

✓ Stanovení základních údajů o místě stavby

Oblast (klimatická stanice)	Nadmořská výška referenční polohy	Venkovní výpočtová teplota	Dodávka tepla při $\theta_{hp,e}$ = 13 °C	
			Průměrná venkovní teplota	Počet dnů dodávky tepla
	h_{ref}	θ_e	$\theta_{e,m}$	d
	[m]	[°C]	[°C]	[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
…				

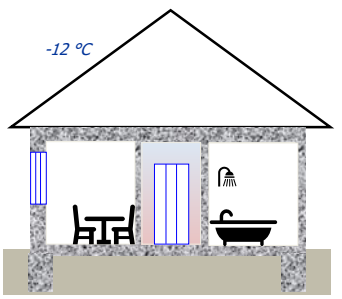
Venkovní výpočtová teplota



Postup výpočtu tepelného výkonu

✓ Stanovení základních údajů o místě stavby

✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný



Postup výpočtu tepelného výkonu

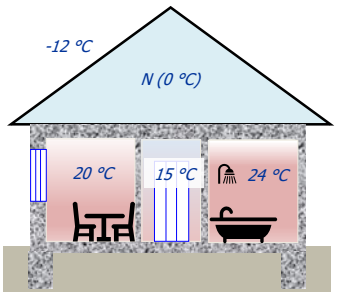
- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný

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

Typ nevytápěného prostoru		Teplota vzduchu sousedních nevytápěných prostor θ_u [°C] při venkovní výpočtové teplotě θ_e [°C]			
		−12	−15	−18	−21
Podstřešní prostory (půdy)	Netěsná krytina	−6	−9	−12	−15
	Těsná krytina				
	– bez tepelné izolace	−3	−6	−9	−12
	– s tepelnou izolací	0	0	−3	−6
Vzduchová mezera u větraných dvouplášťových 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 [a]	0	0	−3	−3
	převážně s venkovním prostředím, s nímž jsou spojeny venkovními dveřmi	−3	−6	−9	−12

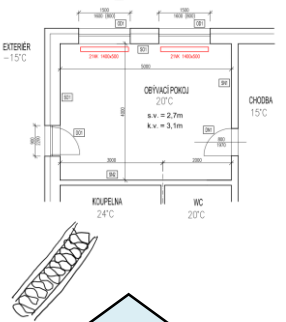
Výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$ = operativní teplota ve středu prostoru ve výšce 0,6 -1,6 m

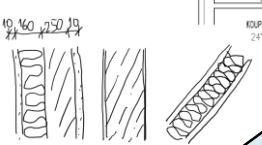
Viz ČSN EN 12831-1 Tabulka NA.3 – Vnitřní výpočtová teplota
*Vyplývá z požadavku na zajištění **tepelné pohody**..*



Postup výpočtu tepelného výkonu

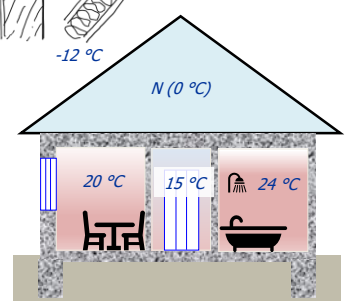
- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný
- ✓ Stanovení rozměrových a tepelných vlastností konstrukcí





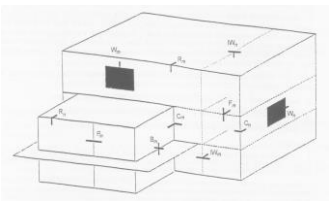
Pro všechny konstrukce:

A... plocha (m^2)
U... součinitel prostupu tepla ($W/m^2.K$)



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**



Tepelné mosty a vazby

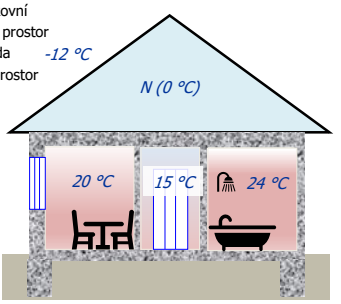
$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$$H_{T,ie} = \sum_K A_K \cdot U_K \cdot e_K + \sum_I \Psi_i \cdot I_i \cdot e_i$$

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)



Postup výpočtu tepelného výkonu

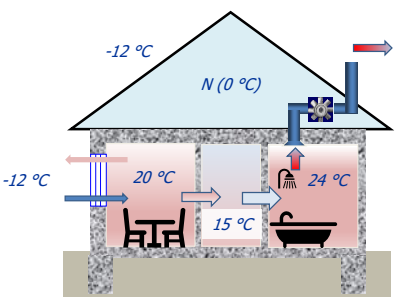
- ✓ Stanovení základních údajů o místě stavby
- ✓ Určení každého prostoru budovy: vytápěný (teplota), nevytápěný
- ✓ Stanovení rozměrových a tepelných vlastností konstrukcí
- ✓ Výpočet tepelných ztrát prostupem
- ✓ **Výpočet tepelných ztrát větráním**

$$\Phi_{V,i} = V_i . n_i . \rho_a . c_{p,a} . (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$$

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

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

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

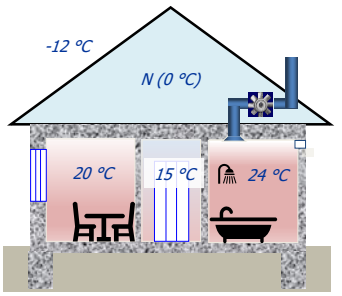


Postup výpočtu tepelného výkonu

- ✓ 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**

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

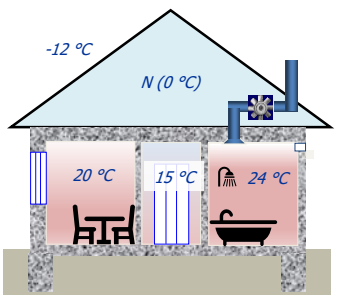
$\Phi_{T,i}$ ..... návrhová tepelná ztráta prostupem tepla
$\Phi_{V,i}$ .....návrhová tepelná ztráta větráním



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 přerušovaném vytápění



FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

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**

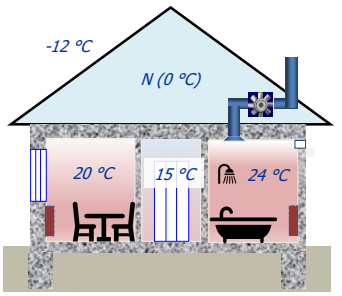
Pro vytápěný prostor:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \text{ (W)}$$

Pro budovu nebo část budovy:

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

$\Phi_{T,i}$ …návrhová tepelná ztráta prostupem tepla
$\Phi_{V,i}$ …návrhová tepelná ztráta větráním
$\Phi_{RH,i}$ …zátopový tepelný výkon při přerušovaném vytápění



FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Příklad výpočtu tepelného výkonu pro jednu místnost

Tabulka pro zjednodušený výpočet tepelného výkonu

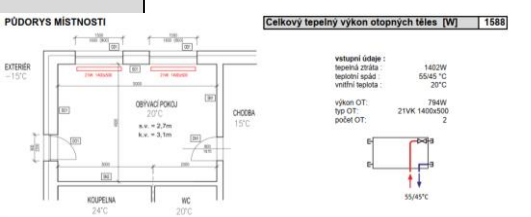
Název místnosti	obývací pokoj		Číslo místnosti		Podlaží		Budova/zadání č.			
Vnitřní výpočtová teplota Θ_i	20	[°C]	Vnější výpočtová teplota Θ_e		-12	[°C]	Měrná tepelná kapacita vzduchu c_p		0,28	Wh/kg K
Nejmenší intenzita výměny vzduchu n_{min}	0,5	[h^{-1}]	Vnitřní objem místnosti V_m		54	[m^3]	Hustota vzduchu ϱ		1,2	kg/m^3
Nejmenší hygienické množství vzduchu,trvalý průtok $V_{min,i}$	60	[$m^3 h^{-1}$]	Teplota přiváděného vzduchu Θ_{sup}		-12	[°C]	Poznámka			

Tepelná ztráta prostupem

Označení a popis konstrukce	Plocha konstrukce										
SO - ochlazovaná stěna OD - ochlazované okno DO - ochlazované dveře SN - vnitřní stěna DN - vnitřní dveře PDL - podlaha STR - strop SCH - střecha	Délka	Šířka nebo výška	Plocha $A = x.y$	Počet otvorů	Plocha všech otvorů	Plocha bez otvorů $A_K = A - A_o$	Součinitel prostupu tepla konstrukcí (včetně tepelných mostů a vazeb, korekcí u podlahy na terénu)	Teplota za konstrukcí	Činitel teplotní redukce $b_{u,k} = \frac{\theta_i - \theta_{u,k}}{\theta_i - \theta_e}$	Součinitel tepelné ztráty konstrukce prostupem $H_{T,k} = A_k \cdot U_k \cdot b_u$
	x	y	A	o	Ao	A_k	U_k	$\Theta_{u,k}$	$b_{u,k}$	$H_{T,k}$
	m	m	m^2	-	m^2	m^2	$W.m^{-2}K^{-1}$	°C	-	$W.K^{-1}$
SO1	9,00	3,10	27,90	3	6,78	21,12	0,30	-12,0	1,0	6,34
OD1	1,50	1,60	2,40	2	4,80	4,80	1,50	-12,0	1,0	7,20
DO1	0,90	2,20	1,98	1	1,98	1,98	1,50	-12,0	1,0	2,97
SN1	4,00	3,10	12,40	1	1,58	10,82	2,70	15,0	0,2	4,57
DN1	0,80	1,97	1,58	1	1,58	1,58	3,50	15,0	0,2	0,86
SN2	3,00	3,10	9,30			9,30	2,70	24,0	-0,1	-3,14
SCH	5,00	4,00	20,00			20,00	0,24	-12,0	1,0	4,80
Součinitel tepelné ztráty prostupem $H_T = \Sigma H_{T,k}$									**23,60**	$\Phi_T = H_T . (\Theta_i - \Theta_e)$ **755**

Tepelná ztráta větráním

Množství větracího vzduchu $V_i = \max(V_m . n; V_{min,i})$	**60**	[$m^3.h^{-1}$]	Souč. tepelné ztráty větráním	$H_V = V_i . c_p . \varrho . (\Theta_i - \Theta_{sup})/(\Theta_i - \Theta_e)$	**20,20**	$\Phi_V = H_V . (\Theta_i - \Theta_e)$ **646**
Celková tepelná ztráta = tepelný výkon $\Phi = \Phi_T + \Phi_V$ [W]						**1402**



Výpočet roční potřeby tepla

kWh, GJ, MJ

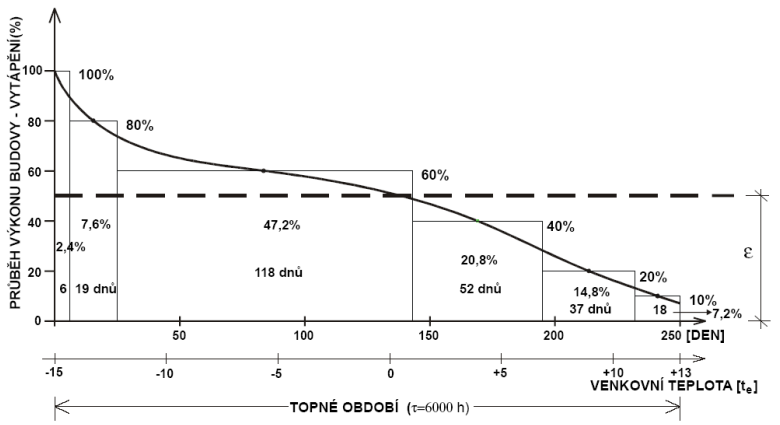
Otopné období x dodávka tepelné energie

- **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

Roční průběh potřebného výkonu



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 $\theta_{hp,e}$ = 13 °C		Začátek a konec dodávky tepla při $\theta_{hp,e}$ = 15 °C		Začátek a konec dodávky tepla při $\theta_{hp,e}$ = 12 °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
	h_{Ref}	θ_e	$\theta_{e,m}$	d	$\theta_{e,m}$	d	$\theta_{e,m}$	d
	[m]	[°C]	[°C]	[den]	[°C]	[den]	[°C]	[den]
Benešov	327	–15	3,9	245	5,2	280	3,5	234
Beroun (Králův 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	–12*v*	4,0	232	5,1	263	3,6	222
Bruntál	546	–18*v*	3,3	271	4,8	315	2,7	255
Česká Lípa	276	–15	3,8	245	5,1	282	3,3	232

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Roční potřeba tepla na vytápění

- **Denostupňová metoda**

Φ_{HL} = *návrhový výkon*

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

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

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

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)
η_r-účinnost rozvodů (0,95 - 0,98)
η_o -účinnost obsluhy (0,9 - 1)
d – počet dnů dodávky tepla v otopném období

d – počet dnů dodávky tepla v otopném období
Θ_I - průměrná výpočtová teplota v budově
$\Theta_{M,E}$ - průměrná venkovní teplota v době dodávky tepla v otopném období
Θ_E - venkovní výpočtová teplota

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE
KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

Příklad….

Kolik stojí ročně vytápění rodinného domu, když 1 kWh tepla stojí 2 Kč?

- Tepelná ztráta: 10 kW
- Počet dnů dodávky tepla v otopném období: d = 225
- Průměrná teplota v **$\Theta_{M,E}$ =4,3 °C**
- Výpočtová venkovní teplota v **Θ_E = -12 °C**
- Průměrná výpočtová vnitřní teplota v **Θ_i = 20 °C**
- Součinitel ε = 0,69

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

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