



## VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY TEPLA

Kromě tepelného výkonu  $\Phi_{HL}$  se pro návrh vytápěcího zařízení stanovuje množství tepelné energie, dodané do soustavy v průběhu otopného období resp. celého roku – roční potřeba tepla  $Q_{H,a}$ . Z této hodnoty se stanovuje mj. předpokládaná potřeba paliva, používá se pro hodnocení energetické náročnosti budov a je klíčovou hodnotou charakterizující budovu.

V závislosti na tom, k čemu je zdroj tepla používán, skládá se celková roční potřeba tepla z potřeby tepla na vytápění  $Q_{HL,a}$ , přípravu teplé vody  $Q_{DHW,a}$ , ohřev a úpravu vzduchu ve vzduchotechnických zařízeních  $Q_{AHU,a}$ , a technologii  $Q_{AS,a}$ .

$$Q_{H,a} = Q_{HL,a} + Q_{DHW,a} + Q_{AHU,a} + Q_{AS,a} \quad [\text{kWh, MJ}]$$

### Roční potřeba tepla na vytápění

Roční potřeba tepla na vytápění je hodnota, která závisí na mnoha faktorech, kterými jsou především:

- Architektonické řešení budovy - tvar, orientace, dispozice a rozměry budovy;
- Tepelně-technické vlastnosti stavebních konstrukcí budovy;
  - Tepelně-izolační vlastnosti jednotlivých konstrukcí včetně oken a výplní;
  - Tepelná kapacita budovy;
  - Propustnost slunečního záření okny a průsvitnými výplněmi,
  - Protisluneční ochrana;
- Vnitřní prostředí – průběh vnitřní teploty;
- Přirozené větrání, infiltrace – průběh výměny vzduchu s venkovním prostředím;
- Vnitřní tepelné zisky – přítomnost osob, umělé osvětlení, spotřebiče, ztráty při přenosu tepla (např. z rozvodu teplé vody);
- Zpětné získávání tepla;
- Stínění okolní zástavbou;
- Klimatické podmínky místa stavby.

Roční potřeba tepla na vytápění se počítá nejčastěji na základě bilančního výpočtu na zónovém modelu.

Bilanční výpočet spočívá ve výpočtu tepelných toků mezi budovou a jejím okolím za určitý časový úsek při daných podmínkách vnitřního prostředí. Pokud je tepelný tok – bilance záporná (budova předává víc tepla do okolního prostředí, než přijímá), dostáváme potřebu tepla na vytápění, v opačném případě potřebu chladu na ochlazení budovy na požadovanou teplotu. Součet těchto potřeb za rok nám dává roční potřebu tepla na vytápění, potažmo roční potřebu chladu na ochlazení budovy.

Výpočet tepelných toků v daném časovém kroku musí zohlednit akumulační schopnosti budovy a to řešíme buď použitím dynamických simulačních metod modelujících akumulaci a uvolňování tepla v hmotě budovy na základě fyzikálních modelů sdílení tepla nebo zjednodušeně, kvazistacionární metodou, kde se akumulační vlastnosti budovy zohledňují korelačními faktory.

Volbou kratší délky časového kroku se výpočet zpřesňuje. Nejdelší časový krok výpočtu (a nejméně přesný) je roční, kdy pracujeme s průměrnými hodnotami za otopnou sezónu, běžně používaný je měsíční krok výpočtu a nejpřesnějších výsledků dosáhneme při použití hodinového a kratšího časového kroku. Krátký časový krok sice může dát přesně výsledky, avšak vede k vysokým nárokům na přesnost vstupních údajů – především klimatických dat,



údajů o provozu budovy (přítomnost osob, stav otevření oken, stav umělého osvětlení a spotřebičů).

Zónování budovy je další parametr, který při výpočtu roční potřeby tepla na vytápění hraje významnou roli. Nejméně přesný je jednozónový model, kde celou budovu bereme jako jednu zónu s jednou vnitřní teplotou, při které počítáme bilanci tepelných toků. Tento model nedokáže zohlednit odlišné teploty ani provoz v různých částech budovy a tak pro větší budovy s více provozy používáme přesnější vícezónové modely. Typické je rozdělení budovy na zóny např. kanceláří, chodeb, skladů, bytů, obchodních prostor apod. Extrémem je model, kde každá místnost budovy je samostatnou zónou, případně i rozdělení větší místnosti na více zón (např. velkoprostorové kanceláře).

Výpočet roční potřeby tepla jednotlivými metodami řeší podrobně *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*. Jak je z výše uvedeného patrné, výpočet potřeby tepla na vytápění je možné provádět více způsoby s různou přesností a hodnota potřeby tepla na vytápění se tak může v závislosti na použité metodě a zvolených parametrech lišit. Volba konkrétních parametrů a metody výpočtu závisí též na účelu tohoto výpočtu. Potřeba tepla na vytápění se používá nap. pro hodnocení energetické náročnosti budov, kde platné vyhlášky a zákony blíže upřesňují metodu výpočtu.

### **Denostupňová metoda**

Ve fázi koncepčního návrhu vytápěcího zařízení potřebujeme odhadnout potřebu tepla na vytápění bez znalosti detailního řešení stavby, většinou pro odhad roční spotřeby paliva pro dimenzování skladu paliva nebo dojednání dodávky paliva. V tomto případě můžeme použít metodu denostupňovou, která je založena na jednozónovém kvazistacionárním modelu s ročním časovým krokem.

Denostupňová metoda vychází z tepelných ztrát objektu a klimatických údajů místa stavby a zohledňuje faktory omezeného provozu v noci, akumulace budovy a nesoučasnosti tepelné ztráty prostupem a infiltrací.

Roční potřeba tepla se touto metodou počítá dle vztahu:

$$Q_{H,a} = \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot \varepsilon \cdot D}{\theta_{is} - \theta_e} \quad [\text{kWh/rok}]$$

kde

$Q_{H,a}$	je	roční potřeba tepla [kWh/rok]
$\Phi_{HL}$		tepelná ztráta objektu [kW]
$\varepsilon$		opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění, nesoučasnost tepelné ztráty větrání a prostupem [-]
$D$		počet denostupňů [K.den]
$\theta_{is}$		průměrná výpočtová vnitřní teplota [°C]
$\theta_e$		výpočtová venkovní teplota [°C]

### **Opravný součinitel $\varepsilon$**

Volbou opravného součinitele se zohledňují vlivy snižující celkovou teoretickou roční potřebu tepla na hodnotu blížící se skutečnosti. U nás používané součinitele závisí na:



- nesoučasnosti tepelné ztráty větráním a tepelné ztráty prostupem. Součinitel  $e_i$  se počítá jako podíl tepelné ztráty prostupem  $\Phi_{T,i}$  k celkovému tepelnému výkonu na vytápění  $\Phi_{HL}$  dle vztahu  $e_i = \frac{\Phi_{T,i}}{\Phi_{HL}}$  a pohybuje se v rozmezí 0,6 až 0,9;
- snížení teploty v místnosti během dne (noci). V některých objektech provoz umožňuje snížit teplotu po určitou část dne a součinitel  $e_t$  se volí v rozmezí 0,8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1,0 pro nemocnice, kde vyžadujeme po celých 24 hodin plný výkon otopné soustavy;
- zkrácení doby vytápění u objektů s přestávkami v provozu  $e_d$ . Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel  $e_d$  v rozmezí od 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem;
- kvalitě provedení a obsluhy otopné soustavy. Účinnost rozvodů  $\eta_r$  se volí v rozmezí 0,95 až 0,98 podle provedení. Účinnost obsluhy, resp. možnosti regulace soustavy  $\eta_o$  je v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva bez rozdělení otopné soustavy na sekce do 1,00 pro plynovou kotelnu s otopnou soustavou rozdělenou do sekcí např. podle světových stran s automatickou regulací.

Výsledný opravný součinitel  $\varepsilon$  je potom dán vztahem

$$\varepsilon = \frac{e_i \cdot e_t \cdot e_d}{\eta_o \cdot \eta_r} \quad [-]$$

Délku otopné sezóny udává průměrný počet dní, ve kterých je průměrná denní teplota nižší než stanovená minimální teplota. V současnosti se používá smluvené hranice 13 °C. Teplotní rozdíl mezi průměrnou vnitřní teplotou  $\Theta_{i,s}$  a střední vnější teplotou  $\Theta_{e,s}$  násobený počtem topných dnů (= počet dnů se střední teplotou nižší než zvolených 13 °C) udává počet tzv. denostupňů.

Počet denostupňů je závislý na lokalitě. Potřebnými údaji pro stanovení počtu denostupňů jsou především: střední venkovní teplota v otopném období  $\Theta_{e,s}$  a počet dnů tohoto období. Základem pro určení výpočtových hodnot jsou statistická měření v průběhu alespoň 50-ti let v dané lokalitě.

Počet denostupňů se vypočte podle vztahu

$$D = (\theta_{i,s} - \theta_{e,s}) \cdot d \quad [\text{K.den}]$$

kde

$D$	je	počet denostupňů
$\Theta_{i,s}$		průměrná výpočtová vnitřní teplota [°C]
$\Theta_{e,s}$		průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]
$d$		počet dnů otopného období [den]

### Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody

Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody se stanovuje v koordinaci s projektem vodovodu a vychází z průměrné denní potřeby teplé vody a počtu dní, kdy je systém přípravy teplé vody v provozu.



$$Q_{DHW,a} = E_{2P} \cdot d_{DHW} \quad [\text{kWh/rok}]$$

kde  
 $E_{2P}$  je denní potřeba tepla na přípravu teplé vody  
 $d_{DHW}$  počet dnů provozu systému přípravy teplé vody za rok; obvykle 350 až 365 [den]

### Roční potřeba tepla na ohřev vzduchu ve vzduchotechnice

Roční potřeba tepla na ohřev vzduchu ve vzduchotechnických zařízeních je závislá na provozu a konstrukci vzduchotechnického zařízení a je nutno ji stanovit na základě konstrukčního řešení vzduchotechnického zařízení. V případě vzduchotechnického zařízení s prostým ohřevem vzduchu bez zpětného získávání tepla, úpravy vlhkosti a chlazení lze použít vztah

$$Q_{AHU,a} = V_e \cdot \rho \cdot c \cdot z \cdot D_{AHU} \quad [\text{kWh/rok}]$$

kde  
 $V_e$  je množství přiváděného venkovního vzduchu [ $\text{m}^3/\text{hod}$ ]  
 $\rho$  měrná hmotnost vzduchu - suchý vzduch při 20 °C  $\rho = 1,188$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]  
 $c$  měrná tepelná kapacita vzduchu  
 pro suchý vzduch při 20 °C se  $c = 1010$  J/(kg.K) = 0,0002806 kWh/(kg.K)  
 [kWh/(kg.K)]  
 $z$  počet provozních hodin větracího zařízení za den [h/den]  
 $D_{AHU}$  dočet denostupňů pro větrání za rok [den.K]

$$D_{AHU} = Z \cdot (\theta_{i,s} - \theta_{e,m}) \quad [\text{den.K}]$$

kde  
 $Z$  je počet dnů v roce, kdy teplota venkovního vzduchu je nižší, než je ve větraném prostoru = počet dnů, kdy je třeba větrací vzduch ohřívát [den]  
 $\theta_{i,s}$  průměrná výpočtová vnitřní teplota [°C]  
 $\theta_{e,m}$  průměrná venkovní teplota v období, kdy se vzduch ohřívá [°C]

V ostatních případech, kdy ve vzduchotechnickém zařízení dochází k úpravě vlhkosti nebo chlazení je nutno tyto úpravy vzduchu, vyžadující dodávku tepla, v bilančním výpočtu zohlednit na základě konstrukce zařízení v koordinaci s projektem vzduchotechniky.

### Roční potřeba tepla pro technologická zařízení

Roční potřeba tepla pro technologická zařízení se určí vždy z podkladů projektu daného zařízení. Pokud se jedná o ohřev látky bez změny skupenství, můžeme vycházet z kalorimetrické rovnice:

$$Q_{AS,a} = \frac{m \cdot c \cdot (\theta_1 - \theta_2)}{\eta_{AS}} \quad [\text{kWh}]$$

kde  
 $m$  je hmotnostní tok ohříváné látky [kg/rok]  
 $c$  měrná tepelná kapacita ohříváné látky [kWh/(kg.K)]



$\theta_1$	<i>teplota na výstupu ze zařízení [°C]</i>
$\theta_2$	<i>teplota na vstupu do zařízení [°C]</i>
$\eta_{AS}$	<i>průměrná roční účinnost zařízení [-]</i>

Pokud známe průměrný příkon zařízení a počet provozních hodin za rok, stanoví se ze vztahu

$$Q_{AS,a} = \phi_{AS,M} \cdot N \quad [\text{kWh}]$$

kde

$\phi_{AS,M}$	<i>je</i>	<i>průměrný příkon zařízení [kW]</i>
$N$		<i>počet provozních hodin zařízení za rok [hod]</i>

V ostatních případech technologických ohřevů vycházíme z údajů projektu daného zařízení.



## VÝPOČET ROČNÍ POTŘEBY ENERGIE DODANÉ DO ZDROJE (POTŘEBA PALIVA)

Roční potřeba tepla je údaj, který vyjadřuje množství tepla, které musí zdroj tepla vyrobit pro zajištění požadovaných funkcí tepelné soustavy a není závislý na typu zdroje a jeho účinnosti. Pro uživatele je však důležité znát množství energie, kterou bude do objektu dávat ve formě energie obsažené v energonositeli a tak způsob výroby tepla (konverze energonositele na teplo) je následně zohledněn účinností zdroje ve výpočtu roční potřeby energonositele.

$$Q_{EN,a} = \frac{Q_{H,a}}{\eta_{H,a}} \quad [\text{kWh}]$$

kde

$Q_{EN,a}$  je roční potřeba energie obsažené v energonositeli dodávaného do zdroje tepla [kWh]

$Q_{H,a}$  roční potřeba tepla na výstupu ze zdroje tepla [kWh]

$\eta_{H,a}$  průměrná roční účinnost zdroje tepla [-]

Hodnota energie obsažené v energonositeli udávaná v kWh případně GJ se udává například u elektrických zdrojů, při centralizovaném zásobování teplem nebo u zemního plynu.

V případě použití energonositelů vázaných na hmotu – paliv, vyjadřujeme roční potřebu energie též objemovou či hmotnostní potřebou paliva, kterou stanovujeme na základě výhřevnosti paliva.

$$P_{V,a} = \frac{Q_{EN,a}}{H_i} \quad [\text{m}^3/\text{rok}]$$

$$P_{m,a} = \frac{P_{V,a}}{\rho} \quad [\text{kg}/\text{rok}]$$

kde

$P_{V,a}$  je roční potřeba paliva objemová [ $\text{m}^3/\text{rok}$ ]

$P_{m,a}$  roční potřeba paliva hmotnostní [kg/rok]

$H_i$  výhřevnost paliva [kWh/ $\text{m}^3$ ]

$\rho$  měrná hmotnost (hustota) paliva [kg/ $\text{m}^3$ ]