

Výpočet energetické náročnosti budov

Zbyněk Svoboda, FSv ČVUT Praha

Výpočet energetické náročnosti budov, tj. výpočet roční dodané energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, nucené větrání, úpravu vlhkosti vnitřního vzduchu a osvětlení se v ČR provádí v souladu s EN ISO 52016-1 [1] a podle principů vyhlášky MPO ČR č. 264/2020 Sb. [2].

V následujícím textu je použita terminologie podle vyhlášky MPO ČR č. 264/2020 Sb.:

potřeba energie (tepla/chladu)	Energie potřebná na daný účel (vytápění, chlazení, příprava teplé vody...) za předpokladu 100 % účinnosti všech technických systémů. Jde o teoretickou hodnotu bez vlivu energetických ztrát v technických systémech.
vypočtená spotřeba energie	Energie potřebná na daný účel s vlivem účinností všech technických systémů. Vypočte se z potřeby energie a zahrnuje vliv účinnosti zdrojů, distribuce a sdílení energie.
pomocná energie	Energie potřebná pro provoz pomocných technických systémů (např. čerpadel, regulace či řízení).
dodaná energie	Předpokládaná celková spotřeba energie na daný účel. Stanoví se jako součet vypočtené spotřeby energie a pomocné energie. Tato hodnota se může více či méně blížit skutečné spotřebě energie v budově.
celková dodaná energie	Součet všech dílčích dodaných energií do budovy.
primární energie z neobnovitelných zdrojů energie	Předpokládaná neobnovitelná část energie z přírody, která je dodávána do budovy jednotlivými energonositeli a která neprošla žádným procesem přeměny.

1. Celková roční dodaná energie

Celková **roční dodaná energie** (tj. energetická náročnost zóny či budovy EP) se stanovuje z obecného vztahu:

$$EP = Q_{fuel} = EP_H + EP_C + EP_F + EP_{RH} + EP_W + EP_L \quad (1)$$

kde EP_H je roční dodaná energie na vytápění [GJ], EP_C je roční dodaná energie na chlazení [GJ], EP_F je roční dodaná energie na nucené větrání [GJ], EP_{RH} je roční dodaná energie úpravu relativní vlhkosti vnitřního vzduchu [GJ], EP_W je roční dodaná energie na přípravu teplé vody [GJ] a EP_L je roční dodaná energie na osvětlení [GJ].

Celková roční **měrná dodaná energie** EP_A v kWh/(m²·rok) se pak stanoví:

$$EP_A = 277,8 \cdot \left(\frac{EP}{A_f} \right) = 277,8 \cdot \left(\frac{Q_{fuel}}{A_f} \right) \quad (2)$$

kde $EP = Q_{fuel}$ je celková roční dodaná energie [GJ/rok] a A_f je celková energeticky vztažná (podlahová) plocha budovy stanovená z vnějších rozměrů [m²].

2. Roční dodaná energie na vytápění

Roční **dodaná energie na vytápění** EP_H se stanoví obecně jako součet měsíčních dodaných energií na vytápění $EP_{H,j}$, přičemž dílčí dodaná energie na vytápění v j-tém měsíci se určí jako součet vypočtených spotřeb energie jednotlivých zdrojů tepla a energií dodaných z okolního prostředí (např. sluneční energie v případě solárních kolektorů či energie okolního prostředí v případě tepelného čerpadla). V roční dodané energii na vytápění EP_H je zahrnuta i pomocná energie na vytápění, tj. energie na provoz čerpadel, regulace, řízení apod. Používá se vztah

$$EP_H = \sum_{j=1}^{12} (Q_{H,fuel,j} + Q_{H,sc,j} + Q_{H,aux,j}) = \sum_{j=1}^{12} \left(\sum_{t=1}^m \left(\frac{Q_{H,dis,j} \cdot f_{H,t}}{COP_{H,gen,t}} + Q_{H,hp,t,j} \right) + \sum_{z=1}^n \frac{Q_{H,dis,j} \cdot f_{H,z}}{\eta_{H,gen,z}} + Q_{H,sc,j} + Q_{H,aux,j} \right) \quad (3)$$

kde m je počet tepelných čerpadel, n je počet ostatních zdrojů tepla, $Q_{H,dis,j}$ je vypočtená spotřeba energie v distribučním systému vytápění v j-tém měsíci [J], f_H je podíl z $Q_{H,dis,j}$ připadající na příslušný zdroj tepla [-], $COP_{H,gen,t}$ je roční provozní topný faktor t-tého tepelného čerpadla [-], $\eta_{H,gen,z}$ je celková průměrná účinnost výroby tepla z-tým zdrojem tepla [-], $Q_{H,sc,j}$ je energie ze solárních kolektorů použitá na vytápění v j-tém měsíci [J] stanovená podle kapitoly A.9, $Q_{H,aux,j}$ je pomocná energie na vytápění v j-tém měsíci [J] stanovená podle kapitoly A.8 a $Q_{H,hp,t,j}$ je energie získaná z okolního prostředí v j-tém měsíci t-tým tepelným čerpadlem [J], kterou lze stanovit ze vztahu

$$Q_{H,hp,t,j} = \frac{COP_{H,gen,t} - 1}{COP_{H,gen,t}} \cdot Q_{H,dis,j} \cdot f_{H,t} \quad (4)$$

Měsíční vypočtená **spotřeba energie v distribučním systému** vytápění se stanoví ze vztahu:

$$Q_{H,dis,j} = \frac{Q_{H,nd,j} \cdot (1 - f_{H,ahu})}{\eta_{H,em} \cdot \eta_{H,dis}} + \frac{Q_{H,ahu,j}}{\eta_{H,em,ahu} \cdot \eta_{H,dis,ahu}} - Q_{H,sc,j} \quad (5)$$

kde $Q_{H,nd,j}$ je potřeba tepla na vytápění v j-tém měsíci [J], $f_{H,ahu}$ je podíl potřeby tepla dodávaný VZT jednotkami [-], $\eta_{H,em}$ je účinnost sdílení tepla mezi vytápěným prostředím a distribučními prvky otopné soustavy (např. tělesy) [-], $Q_{H,ahu,j}$ je část potřeby tepla na vytápění dodávaná do zóny v j-tém měsíci VZT jednotkami [J], $\eta_{H,em,ahu}$ je účinnost sdílení tepla mezi vytápěným prostředím a distribučními prvky VZT (např. výústkami) [-], $\eta_{H,dis}$ je účinnost systému distribuce tepla [-], $\eta_{H,dis,ahu}$ je účinnost systému distribuce tepla pomocí systému VZT [-] a $Q_{H,sc,j}$ je energie ze solárních kolektorů použitá na vytápění v j-tém měsíci [J].

Není-li do hodnocené zóny dodávané teplo VZT jednotkami, přechází vztah (5) samozřejmě na výrazně jednodušší tvar

$$Q_{H,dis,j} = \frac{Q_{H,nd,j}}{\eta_{H,em} \cdot \eta_{H,dis}} - Q_{H,sc,j} \quad (6).$$

Část potřeby tepla na vytápění dodávanou VZT jednotkami $Q_{H,ahu,j}$ lze stanovit ze vztahu

$$Q_{H,ahu,j} = H_{H,ahu,j} \cdot (\theta_{H,sup} - \theta_{e,j}) \cdot t_j \quad (7)$$

kde $\theta_{H,sup}$ je průměrná měsíční teplota vzduchu přiváděného do vytápěného prostoru VZT jednotkami (předpokládá se vždy vyšší než $\theta_{e,j}$ a θ) [°C], $\theta_{e,j}$ je průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu [°C], t_j je délka j-tého měsíce [s] a $H_{H,ahu,j}$ je měrný tepelný tok připadající na VZT jednotky [W/K], který se určí:

a) pro případy, kdy platí $V_{H,ahu} > (f_{vent} \cdot V_f)$, ze vztahu

$$H_{H,ahu,j} = \rho \cdot c \cdot \left[V_{H,ahu,j} \frac{\theta_{H,sup} - \theta_i}{\theta_{H,sup} - \theta_{e,j}} + \left[(1 - f_{H,rc}) \cdot V_{H,ahu,j} - f_{vent} \cdot V_f \right] \cdot (1 - \eta_{H,hr}) \frac{\theta_i - \theta_{e,j}}{\theta_{H,sup} - \theta_{e,j}} \right] \quad (8)$$

b) pro ostatní případy ze vztahu

$$H_{H,ahu,j} = \rho \cdot c \cdot V_{H,ahu,j} \frac{\theta_{H,sup} - \theta_i}{\theta_{H,sup} - \theta_{e,j}} \quad (9)$$

přičemž ρ je hustota vzduchu [kg/m³], c je měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg.K)], θ je návrhová vnitřní teplota [°C], $f_{H,rc}$ je činitel recirkulace vzduchu [-], $\eta_{H,hr}$ je účinnost zpětného získávání tepla ve VZT jednotkách [-], V_f je známý objemový tok vzduchu nuceným větráním [m³/s], f_{vent} je podíl času se spuštěným nuceným větráním [-] a $V_{H,ahu,j}$ je objemový tok vzduchu potřebný k zajištění požadované dodávky tepla v j-tém měsíci [m³/s] stanovený ze vztahu

$$V_{H,ahu,j} = \frac{Q_{H,nd,j} \cdot f_{H,ahu}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{H,sup} - \theta_i) \cdot t_j} \quad (10)$$

kde t_j je délka j-tého měsíce [s]. Činitel recirkulace musí přitom splnit podmínku:

$$f_{H,rc} \leq \frac{V_{H,ahu} - f_{vent} \cdot V_f}{V_{H,ahu}} \quad (11)$$

Potřebu tepla na vytápění hodnocené zóny v j-tém měsíci $Q_{H,nd,j}$ lze stanovit postupem podle EN ISO 52016-1. Používá se vztah

$$Q_{H,nd,j} = Q_{H,ht,j} - \eta_{H,gn,j} \cdot Q_{H,gn,j} \quad (13)$$

v němž $Q_{H,ht,j}$ je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty v j-tém měsíci [J], $Q_{H,gn,j}$ je velikost tepelných zisků v j-tém měsíci [J] a $\eta_{H,gn}$ je faktor (činitel, stupeň) využitelnosti tepelných zisků [-]. V případě, kdy je potřeba tepla $Q_{H,ht,j}$ záporná (tj. není třeba dodávat teplo na pokrytí tepelné ztráty), se uvažuje i $Q_{H,nd,j} = 0$ J a využitelné vnitřní zisky se nestanovují.

Potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty v j-tém měsíci se stanovuje standardním způsobem podle evropských norem jako

$$Q_{H,ht,j} = (H_{T,j} + H_{V,j}) \cdot (\theta_i - \theta_{e,j}) \cdot t_j \quad (14)$$

kde $H_{T,j}$ je měrný tepelný tok prostupem v j-tém měsíci [W/K], $H_{V,j}$ je měrný tepelný tok větráním v j-tém měsíci [W/K] a t_j je délka j-tého měsíce [s].

Měrný tepelný tok prostupem lze obecně určit vztahem

$$H_{T,j} = H_d + H_{g,j} + H_u \quad (15)$$

kde H_d je měrný tepelný tok konstrukcemi mezi vytápěným prostorem a vnějším vzduchem [W/K], $H_{g,j}$ je měrný tepelný tok konstrukcemi ve styku se zeminou v j-tém měsíci [W/K] a H_u je měrný tepelný tok konstrukcemi přilehlými k prostorům s neupravovaným vnitřním prostředím (bez vytápění a chlazení) [W/K]. Podrobné definice všech tří měrných tepelných toků lze nalézt v EN ISO 13789 [3] a EN ISO 13370 [4].

Měrný tepelný tok větráním v j-tém měsíci se stanoví ze vztahu

$$H_{V,j} = \rho \cdot c \cdot \sum_k b_{k,j} \cdot q_{V,k,j} \quad (16)$$

kde ρ je hustota vzduchu [kg/m³], c je měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg.K)], $q_{V,k,j}$ je k-tý objemový tok vzduchu vstupující do hodnocené zóny v j-tém měsíci [m³/s] a $b_{k,j}$ je činitel teplotní redukce pro k-tý objemový tok větráním v j-tém měsíci [-]. Činitel teplotní redukce se stanoví obvyklým způsobem jako podíl

$$b_{k,j} = \frac{\theta_{i,j} - \theta_{sup,k,j}}{\theta_{i,j} - \theta_{e,j}} \quad (17)$$

kde $\theta_{i,j}$ je návrhová vnitřní teplota v j-tém měsíci [°C], $\theta_{e,j}$ je průměrná venkovní teplota v j-tém měsíci [°C] a $\theta_{sup,k,j}$ je teplota přiváděného vzduchu k-tým objemovým tokem v j-tém měsíci [°C], zvýšená např. vlivem zpětného získávání tepla v systému nuceného větrání.

Mezi základní objemové toky vzduchu přiváděného do zóny patří tok přirozeným větráním, tok nuceným větráním a tok skrz netěsnosti v obálce zóny. Při jejich stanovení se postupuje podle EN 16798-7 [5].

Tepelné zisky $Q_{H,gn,j}$ se stanovují v souladu s EN ISO 52016-1 jako součet vnitřních zisků a zisků od slunečního záření:

$$Q_{H,gn,j} = Q_{int,j} + Q_{H,sol,j} \quad (18)$$

kde $Q_{int,j}$ jsou vnitřní tepelné zisky v hodnocené zóně v j-tém měsíci [J] a $Q_{H,sol,j}$ jsou tepelné zisky od slunečního záření v hodnocené zóně v j-tém měsíci (stanovené pro režim vytápění) [J].

Solární zisky $Q_{H,sol,j}$ se stanovují obecně jako součet

$$Q_{H,sol,j} = Q_{H,sol,gl,j} + Q_{H,sol,op,j} + Q_{H,sol,spec,j} + Q_{H,sol,u,j} \quad (19)$$

kde $Q_{H,sol,gl}$ jsou solární zisky průsvitnými konstrukcemi [J], $Q_{H,sol,op}$ jsou solární zisky neprůsvitnými konstrukcemi [J], $Q_{H,sol,spec}$ jsou solární zisky speciálními konstrukcemi (např. zimními zahradami, Trombeho stěnami apod.) [J] a $Q_{H,sol,u}$ jsou solární zisky z přilehlých nevytápěných prostorů [J].

Pro **průsvitné konstrukce** (okna, světlíky, prosklené stěny atd.) umístěné přímo v hodnocené zóně se používá vztah

$$Q_{H,sol,gl,j} = \sum_k \left\{ F_{gl,k} \cdot A_k \cdot g_k \left[F_{sh,dir,k,j} \cdot f_{dir} \cdot H_{sol,k,j} + (1 - f_{dir}) \cdot H_{sol,k,j} \right] - Q_{r,k,j} \right\} \quad (20)$$

kde $F_{gl,k}$ je korekční činitel zasklení k-tého okna (podíl plochy prosklení k celkové ploše okna) [-], A_k je celková (skladebná) plocha k-tého okna [m²], g_k je průměrná celková propustnost slunečního záření k-tého okna v j-tém měsíci (se zohledněním proměnného úhlu dopadu záření na zasklení a případného pohyblivého stínění) [-], $F_{sh,dir,k,j}$ je korekční činitel stínění přímého slunečního záření pevnými překážkami pro k-té okno v j-tém měsíci [-], f_{dir} je podíl energie přímého slunečního záření v celkové energii slunečního záření v j-tém měsíci [-], $H_{sol,k,j}$ je celková energie slunečního záření dopadající na k-té okno v j-tém měsíci [J/m²] a $Q_{r,k,j}$ je výměna tepla sáláním mezi povrchem k-tého okna a oblohou v j-tém měsíci [J] stanovená jako

$$Q_{r,k,j} = F_{sky,k} \cdot R_{se,k} \cdot U_k \cdot A_k \cdot h_{r,e,k} \cdot \Delta\theta_{sky} \cdot t_j \quad (21)$$

kde F_{sky} je součinitel vzájemného sálání mezi k-tým oknem a oblohou [-], $R_{se,k}$ je tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu k-tého okna [m².K/W], U_k je součinitel prostupu tepla k-tého okna [W/(m².K)], $h_{r,e,k}$ je součinitel přestupu tepla sáláním na vnějším povrchu k-tého okna [W/(m².K)], $\Delta\theta_{sky}$ je průměrný rozdíl mezi teplotou oblohy a teplotou vzduchu [K] a t_j je délka j-tého měsíce [s].

Pro **neprůsvitné konstrukce** se solární zisky stanovují ze vztahu

$$Q_{H,sol,op,j} = \sum_k \left\{ \alpha_k R_{se,k} A_k U_k \left[F_{sh,dir,k,j} \cdot f_{dir} \cdot H_{sol,k,j} + (1 - f_{dir}) \cdot H_{sol,k,j} \right] - Q_{r,k,j} \right\} \quad (22)$$

kde α_k je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu k-té konstrukce [-], $R_{se,k}$ je tepelný odpor při přestupu tepla na vnějším povrchu k-té konstrukce [m².K/W], A_k je plocha k-té konstrukce [m²], U_k je součinitel prostupu tepla k-té konstrukce [W/(m².K)], $F_{sh,dir,k,j}$ je korekční činitel stínění přímého slunečního záření pevnými překážkami pro k-tou konstrukci v j-tém měsíci [-], f_{dir} je podíl energie přímého slunečního záření v celkové energii slunečního záření v j-tém měsíci [-], $H_{sol,k,j}$ je celková energie slunečního záření dopadající na k-tou konstrukci v j-tém měsíci [J/m²] a $Q_{r,k,j}$ je výměna tepla sáláním mezi povrchem k-té konstrukce a oblohou v j-tém měsíci [J] stanovená ze vztahu (21).

Podrobné vztahy pro výpočet solárních zisků **speciálními konstrukcemi** (Trombeho stěny, solární větrané stěny, průsvitné tepelné izolace) lze nalézt v TR/ISO 52016-2 [6].

Solární zisky z nevytápěných prostorů se určují v souladu s EN ISO 52016-1 ze vztahu:

$$Q_{H,sol,ztc,j} = \sum_k \left[(1 - b_{k,j}) \cdot F_{ztu,k,j} \cdot f_{gn,max,k,j} \cdot Q_{H,sol,dir,k,j} \right] \quad (23)$$

kde $b_{k,j}$ je činitel teplotní redukce pro k-tý nevytápěný prostor v j-tém měsíci [-], $F_{ztu,k,j}$ je činitel distribuce solárních zisků z k-tého nevytápěného prostoru do hodnocené zóny v j-tém měsíci [-], $f_{gn,max,k,j}$ je redukční činitel zabraňující přecenění zisků v k-tém nevytápěném prostoru v j-tém měsíci [-] a $Q_{H,sol,dir,k,j}$ je solární zisk do k-tého nevytápěného prostoru v j-tém měsíci [J], který se určí analogicky jako u hodnocené zóny podle vztahů (20) a (22).

Vnitřní tepelné zisky Q_{int} se stanovují obecně jako součet

$$Q_{int,j} = Q_{int,oc,j} + Q_{int,ap,j} + Q_{int,lt,j} + Q_{int,u,j} \quad (24)$$

kde $Q_{int,oc}$ jsou vnitřní zisky od osob [J], $Q_{int,ap}$ jsou vnitřní zisky od spotřebičů [J], $Q_{int,lt}$ jsou vnitřní zisky od osvětlení [J] a $Q_{int,u}$ jsou vnitřní zisky z vedlejších nevytápěných prostorů [J].

Pro vnitřní zisky od osob se používá vztah

$$Q_{int,oc,j} = A_{f,int} \cdot f_{oc} \cdot q_{oc} \cdot t_j \quad (25)$$

kde $A_{f,int}$ je celková podlahová plocha zóny stanovená z celkových vnitřních rozměrů [m²], f_{oc} je časový podíl přítomnosti osob v hodnocené zóně [-], q_{oc} je průměrná produkce tepla osobami v zóně [W/m²] a t_j je délka j-tého měsíce [s].

Pro vnitřní zisky od spotřebičů se používá vztah

$$Q_{int,ap,j} = A_{f,int} \cdot f_{ap} \cdot q_{ap} \cdot t_j \quad (26)$$

kde f_{ap} je časový podíl provozu spotřebičů v hodnocené zóně [-] a q_{ap} je průměrná produkce tepla spotřebiči v zóně [W/m²].

Pro vnitřní zisky z nevytápěných prostorů se používá vztah z EN ISO 52016-1:

$$Q_{\text{int},u,j} = \sum_k \left[(1 - b_{k,j}) \cdot F_{\text{ztu},k,j} \cdot f_{\text{gn,max},k,j} \cdot Q_{\text{int},k,j} \right] \quad (27)$$

kde $b_{k,j}$ je činitel teplotní redukce pro k-tý nevytápěný prostor v j-tém měsíci [-], $F_{\text{ztu},k,j}$ je činitel distribuce vnitřních zisků z k-tého nevytápěného prostoru do hodnocené zóny v j-tém měsíci [-], $f_{\text{gn,max},k,j}$ je redukční činitel zabraňující přecenění zisků v k-tém nevytápěném prostoru v j-tém měsíci [-] a $Q_{\text{int},k,j}$ je vnitřní zisk v k-tém nevytápěném prostoru [J].

Vnitřní zisky od osvětlení se stanovují ze vztahu

$$Q_{\text{int},lt,j} = (1 - \eta_{lt}) \cdot (1 - f_{lt,f}) \cdot \Phi_{lt,j} \cdot t_j \quad (28)$$

kde η_{lt} je průměrná účinnost zdrojů světla v osvětlovací soustavě [-], $f_{lt,f}$ je časový podíl provozu odsávacích ventilátorů u zdrojů světla [-] a $\Phi_{lt,j}$ je průměrný příkon na osvětlení v j-tém měsíci [W], který se stanoví jako

$$\Phi_{lt,j} = \frac{f_{lt,j} \cdot W_{lt}}{8760} \quad (29)$$

kde $f_{lt,j}$ je činitel podílu spotřeby elektřiny na osvětlení v j-tém měsíci [-] a W_{lt} je roční potřeba elektřiny na osvětlení [Wh] stanovená ze vztahu

$$W_{lt} = W_p \cdot A_{f,\text{int}} + P_{lt} \cdot F_o \cdot (t_D \cdot F_D + t_N) \quad (30)$$

nebo zjednodušeně ze vztahu

$$W_{lt} = W_{lt,A} \cdot A_{f,\text{int}} \quad (31)$$

kde W_p je roční měrná potřeba elektřiny pro nouzové osvětlení včetně jeho řídicího systému [Wh/m²], P_{lt} je celkový instalovaný příkon osvětlení v zóně [W], F_o je činitel obsazenosti zóny [-], F_D je činitel závislosti na denním světle [-], t_D je doba využití osvětlení během denního světla za rok [h], t_N je doba využití osvětlení během noci za rok [h] a $W_{lt,A}$ je odhadnutá měrná roční dodaná energie na osvětlení v zóně [Wh/m²].

Zbývá určit **faktor využitelnosti tepelných zisků** pro režim vytápění $\eta_{H,\text{gn}}$. Tato hodnota závisí jednak na způsobu regulace otopné soustavy, jednak na tepelné setrvačnosti obalových konstrukcí zóny a na poměru mezi tepelnými zisky a ztrátami. Pro zóny bez automatické regulace otopné soustavy je faktor využitelnosti

$$\eta_{H,\text{gn},j} = 0 \quad (34).$$

Pro soustavy s regulací se stanovuje ze vztahu

$$\begin{aligned} \eta_{H,\text{gn},j} &= \frac{1}{\gamma_{H,j}} && \text{je-li } \gamma_{H,j} \leq 0 \text{ a současně } Q_{H,\text{gn},j} > 0 \\ \eta_{H,\text{gn},j} &= 1 && \text{je-li } \gamma_{H,j} \leq 0 \text{ a současně } Q_{H,\text{gn},j} \leq 0 \\ \eta_{H,\text{gn},j} &= \frac{a_j}{a_j + 1} && \text{je-li } \gamma_{H,j} = 1 \\ \eta_{H,\text{gn},j} &= \frac{1 - \gamma_{H,j}^{a_j}}{1 - \gamma_{H,j}^{a_j+1}} && \text{je-li } \gamma_{H,j} > 0 \text{ a současně } \gamma_{H,j} \neq 1 \end{aligned} \quad (35)$$

přičemž $\gamma_{H,j}$ je poměr mezi tepelnými zisky a ztrátami v j-tém měsíci stanovený jako

$$\gamma_{H,j} = \frac{Q_{H,\text{gn},j}}{Q_{H,\text{ht},j}} \quad (36)$$

a parametr a_j se určí ze vztahu

$$a_j = a_0 + \frac{\tau_j}{\tau_0} \quad (37)$$

kde a_0 a τ_0 jsou pomocné parametry závislé na typu výpočtu (pro měsíční výpočet je $a_0 = 1,0$ a $\tau_0 = 15$ h) a τ_j je časová konstanta hodnocené zóny v j-tém měsíci [h], kterou lze určit ze vztahu

$$\tau_j = \frac{C_m / 3600}{H_{T,\text{excl},gr,j} + H_{gr} + H_{V,j}} \quad (38)$$

v němž $H_{T,excl,gr,j}$ je měrný tepelný tok prostupem v j-tém měsíci bez konstrukcí v kontaktu se zeminou [W/K], H_{gr} je sezónní měrný tepelný tok prostupem konstrukcemi v kontaktu se zeminou [W/K], $H_{v,j}$ je měrný tepelný větráním v j-tém měsíci [W/K] a C_m je vnitřní tepelná kapacita zóny [J/K]. Nejrychleji ji lze určit jako

$$C_m = A_{f,int} \cdot C_{m,A} \quad (39)$$

kde $C_{m,A}$ je odhadnutá plošná vnitřní tepelná kapacita zóny podle převažujícího typu konstrukcí [J/(m².K)]. Podrobnější postup výpočtu vnitřní tepelné kapacity zóny uvádí EN ISO 52016-1.

3. Roční dodaná energie na chlazení

Dodaná energie na chlazení se počítá v souladu s EN ISO 52016-1 s měsíčním krokem výpočtu a nezávisle na výpočtu spotřeby energie na vytápění. Může tak být výpočtově zachycen i stav, kdy je v jednom měsíci budova vytápěna i chlazená.

Roční **dodaná energie na chlazení** EP_C se stanoví jako součet měsíčních dodaných energií na chlazení $EP_{C,j}$, přičemž dílčí dodaná energie na chlazení v j-tém měsíci se určí jako součet vypočtených spotřeb energie pro jednotlivé zdroje chladu. V roční dodané energii na chlazení EP_C je zahrnuta i pomocná energie na chlazení (tj. energie na provoz čerpadel, řízení a regulace) a energie na provoz zpětného chlazení. Používá se vztah

$$EP_C = \sum_{j=1}^{12} (Q_{C,fuel,j} + Q_{C,aux,j}) = \sum_{j=1}^{12} \left(\sum_{z=1}^n Q_{C,dis,j} \cdot f_{C,z} \cdot \left[\frac{1}{\eta_{C,z}} + \left(1 + \frac{1}{EER_z} \right) \cdot e_{r,z} \cdot f_{r,z} \right] + Q_{C,aux,j} \right) \quad (40)$$

kde n je počet zdrojů chladu, $Q_{C,dis,j}$ je vypočtená spotřeba energie v distribučním systému chlazení v j-tém měsíci [J], $f_{C,z}$ je podíl z $Q_{C,dis,j}$ připadající na z-tý zdroj chladu [-], EER_z je průměrný chladicí faktor z-tého zdroje chladu [-], $e_{r,z}$ je specifický součinitel elektrického příkonu chlazení kondenzátoru závislý na typu zpětného chlazení [-], $f_{r,z}$ je střední součinitel provozu zpětného chlazení [-] a $\eta_{C,z}$ je celková průměrná účinnost výroby energie z-tým zdrojem chladu [-], kterou lze stanovit ze vztahu:

a) pro absorpční chlazení se zdrojem tepla v kogenerační jednotce:

$$\eta_{C,z} = \eta_{H,gen,CHP,z} \cdot EER_z \quad (41)$$

b) pro absorpční chlazení s jiným zdrojem tepla:

$$\eta_{C,z} = \eta_{H,gen,z} \cdot EER_z \quad (42)$$

c) pro ostatní typy chlazení:

$$\eta_{C,z} = EER_z \quad (43)$$

přičemž $\eta_{H,gen,CHP,z}$ je průměrná účinnost výroby energie v z-té kogenerační jednotce [-] a $\eta_{H,gen,z}$ je průměrná účinnost výroby energie v z-tém zdroji tepla [-].

Veličina $Q_{C,aux}$ ve vztahu (40) je celkovou roční dodanou pomocnou energií na provoz čerpadel chladicí soustavy [GJ] a stanoví se podle kapitoly A.8.

Měsíční **vypočtená spotřeba energie v distribučním systému** chlazení se stanoví ze vztahu:

$$Q_{C,dis,j} = \frac{Q_{C,nd,j} \cdot (1 - f_{C,ahu})}{\eta_{C,em} \cdot \eta_{C,dis}} + \frac{Q_{C,ahu,j}}{\eta_{C,em,ahu} \cdot \eta_{C,dis,ahu}} \quad (44)$$

kde $Q_{C,nd,j}$ je potřeba energie na chlazení v j-tém měsíci [J], $f_{C,ahu}$ je podíl potřeby energie dodávaný VZT jednotkami [-], $\eta_{C,em}$ je účinnost sdílení chladu mezi chlazeným prostředím a distribučními prvky chladicí soustavy [-], $Q_{C,ahu,j}$ je část potřeby energie na chlazení dodávaná do zóny v j-tém měsíci VZT jednotkami [J], $\eta_{C,em,ahu}$ je účinnost sdílení chladu mezi chlazeným prostředím a distribučními prvky VZT [-], $\eta_{C,dis}$ je účinnost systému distribuce energie na chlazení [-] a $\eta_{C,dis,ahu}$ je účinnost systému distribuce energie na chlazení systémem VZT [-].

Není-li do hodnocené zóny dodávána energie na chlazení systémem VZT, přechází vztah (44) samozřejmě na výrazně jednodušší tvar

$$Q_{C,dis,j} = \frac{Q_{C,nd,j}}{\eta_{C,em} \cdot \eta_{C,dis}} \quad (45).$$

Část potřeby energie na chlazení dodávanou VZT jednotkami $Q_{C,ahu,j}$ lze stanovit ze vztahu

$$Q_{C,ahu,j} = H_{C,ahu,j} \cdot (\theta_{e,j} - \theta_{C,sup}) \cdot t_j \quad (46)$$

kde $\theta_{C,sup}$ je průměrná měsíční teplota vzduchu přiváděného do chlazeného prostoru VZT jednotkami (předpokládá se nižší než θ_i) [°C], $\theta_{e,j}$ je průměrná měsíční teplota venkovního vzduchu [°C], t_j je délka j-tého měsíce [s] a $H_{C,ahu,j}$ je měrný tepelný tok připadající na VZT jednotky [W/K], který se určí:

a) pro případy, kdy platí $\theta_e > \theta_{C,sup}$, ze vztahů:

aa) pro $V_{C,ahu} > (f_{vent} \cdot V_f)$:

$$H_{C,ahu,j} = \rho \cdot c \cdot \left[(f_{C,rc} \cdot V_{C,ahu,j} + f_{vent} \cdot V_f) \cdot \frac{\theta_i - \theta_{C,sup}}{\theta_{e,j} - \theta_{C,sup}} + ((1 - f_{C,rc}) \cdot V_{C,ahu,j} - f_{vent} \cdot V_f) \right] \quad (47)$$

ab) pro $V_{C,ahu} \leq (f_{vent} \cdot V_f)$:

$$H_{C,ahu,j} = \rho \cdot c \cdot V_{C,ahu,j} \cdot \frac{\theta_i - \theta_{C,sup}}{\theta_{e,j} - \theta_{C,sup}} \quad (48)$$

b) pro případy, kdy platí $\theta_e \leq \theta_{C,sup}$, ze vztahů:

ba) pro $V_{C,ahu} > (f_{vent} \cdot V_f)$:

$$H_{C,ahu,j} = \rho \cdot c \cdot (f_{C,rc} \cdot V_{C,ahu,j} + f_{vent} \cdot V_f) \cdot \frac{\theta_i - \theta_{C,sup}}{\theta_{e,j} - \theta_{C,sup}} \quad (49)$$

bb) pro $V_{C,ahu} \leq (f_{vent} \cdot V_f)$:

$$H_{C,ahu,j} = \rho \cdot c \cdot V_{C,ahu,j} \cdot \frac{\theta_i - \theta_{C,sup}}{\theta_{e,j} - \theta_{C,sup}}, \quad (50)$$

přičemž ρ je hustota vzduchu [kg/m³], c je měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg.K)], θ_i je návrhová vnitřní teplota v režimu chlazení [°C], $f_{C,rc}$ je činitel recirkulace vzduchu [-], V_f je známý objemový tok vzduchu nuceným větráním [m³/s], f_{vent} je podíl času se spuštěným nuceným větráním [-] a $V_{C,ahu,j}$ je objemový tok vzduchu potřebný k zajištění požadované dodávky energie na chlazení v j-tém měsíci [m³/s] stanovený ze vztahu

$$V_{C,ahu,j} = \frac{Q_{C,nd,j} \cdot f_{C,ahu}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_i - \theta_{C,sup}) \cdot t_j} \quad (51)$$

kde t_j je délka j-tého měsíce [s]. Činitel recirkulace musí přitom splnit podmínku:

$$f_{C,rc} \leq \frac{V_{C,ahu} - f_{vent} \cdot V_f}{V_{C,ahu}} \quad (52)$$

Potřebu energie na chlazení hodnocené zóny v j-tém měsíci $Q_{C,nd,j}$ lze stanovit postupem z EN ISO 52016-1. Používá se vztah

$$Q_{C,nd,j} = Q_{C,gn,j} - \eta_{C,ls,j} \cdot Q_{C,ht,j} \quad (54)$$

v němž $Q_{C,gn,j}$ je velikost tepelných zisků v j-tém měsíci [J], $Q_{C,ht,j}$ je tepelná výměna mezi interiérem a exteriérem (může jít o ztrátu i zisk) v j-tém měsíci [J] a $\eta_{C,ls}$ je faktor (stupeň, činitel) využitelnosti tepelných ztrát [-]. V případě, kdy jsou tepelné zisky $Q_{C,gn,j}$ záporné (tj. není třeba chladit), se uvažuje i $Q_{C,nd,j} = 0$ J a využitelné tepelné ztráty se nestanovují.

Velikost tepelných zisků v j-tém měsíci $Q_{C,gn,j}$ se stanoví ze vztahů (18) až (28), přičemž se zohlední případné odlišnosti pro chladicí režim (např. výraznější clonění oken).

Tepelná výměna v j-tém měsíci $Q_{C,ht,j}$ se stanoví ze vztahů (14) až (16). Ve výpočtu se uvažují průměrné měsíční vnitřní teploty v chladicím režimu a případně i další parametry specifické pro režim chlazení.

Faktor využitelnosti tepelných ztrát $\eta_{C,ls}$ závisí na tepelné setrvačnosti obalových konstrukcí zóny a na poměru mezi tepelnými zisky a ztrátami. Stanovuje se ze vztahu

$$\eta_{C,ls,j} = 1 \quad \text{je-li } \gamma_{C,j} \leq 0$$

$$\eta_{C,ls,j} = \frac{a_j}{a_j + 1} \quad \text{je-li } \gamma_{C,j} = 1$$

$$\eta_{C,ls,j} = \frac{1 - \gamma_{C,j}^{-a_j}}{1 - \gamma_{C,j}^{-(a_j+1)}} \quad \text{pro zbylé případy} \quad (55)$$

přičemž $\gamma_{C,j}$ a parametr a_j se určí ze vztahů (36) a (37) s tím, že se do nich dosazují zisky $Q_{C,gn,j}$ a potřeba energie $Q_{C,ht,j}$ pro chladicí režim.

4. Roční dodaná energie na nucené větrání

Roční **dodaná energie na nucené větrání** EP_F se stanoví jako součet měsíčních dodaných energií na provoz ventilátorů a měsíčních pomocných energií na regulaci a řízení systému nuceného transportu vzduchu. Používá se vztah

$$EP_F = \sum_{j=1}^{12} (Q_{F,fuel,j} + Q_{F,aux,j}) = \sum_{j=1}^{12} (f_{F,ctl} \cdot P_{F,p} \cdot t_j + Q_{F,aux,j}) \quad (56)$$

kde $Q_{F,aux,j}$ je pomocná energie na provoz nuceného větrání v j-tém měsíci [J] stanovená podle kapitoly 8, $f_{F,ctl}$ je váhový činitel regulace ventilátorů [-], t_j je délka j-tého měsíce [s] a $P_{F,p}$ je průměrný měsíční elektrický příkon ventilátorů [W], který lze stanovit i ze vztahu

$$P_{F,p} = P_{SFP} \cdot V_v \quad (57)$$

kde P_{SFP} je měrný příkon ventilátorů [W.s/m³] a V_v je nejvyšší průměrný měsíční objemový tok vzduchu dopravovaného s pomocí ventilátorů [m³/s]. V případě hodnoty V_v jde podle situace buď o průměrný měsíční objemový tok vzduchu na nucené větrání (tj. $V_v = f_{vent} \cdot V_f$), nebo o průměrný měsíční objemový tok vzduchu na vytápění (tj. $V_{H,ahu}$ podle vztahu (10)), nebo o průměrný měsíční objemový tok vzduchu na chlazení (tj. $V_{C,ahu}$ podle vztahu (51)). V případě souběhu více různých objemových toků vzduchu se uvažuje vždy nejvyšší hodnota.

5. Roční dodaná energie na úpravu vlhkosti vnitřního vzduchu

Roční **dodaná energie na úpravu vlhkosti vnitřního vzduchu** EP_{RH} se stanoví jako součet měsíčních dodaných energií na úpravu vlhkosti vnitřního vzduchu a měsíčních pomocných energií na provoz systému úpravy vlhkosti vzduchu. Používá se vztah

$$EP_{RH} = \sum_{j=1}^{12} (Q_{RH+,fuel,j} + Q_{RH-,fuel,j} + Q_{RH,aux,j}) =$$

$$= \sum_{j=1}^{12} \left(\sum_{z=1}^n \frac{Q_{RH+,dis,j} \cdot f_{RH+,z}}{\eta_{RH+,z}} + \sum_{z=1}^n \frac{Q_{RH-,dis,j} \cdot f_{RH-,z}}{\eta_{RH-,z}} + Q_{RH,aux,j} \right) \quad (58)$$

kde n je počet zdrojů zvlhčování nebo odvlhčování, $Q_{RH+,dis,j}$ je měsíční vypočtená spotřeba energie v distribučním systému zvlhčování [J], $f_{RH+,z}$ je podíl z $Q_{RH+,dis,j}$ připadající na z-tý zdroj zvlhčování [-], $\eta_{RH+,z}$ je průměrná účinnost z-tého zdroje zvlhčování [-], $Q_{RH-,dis,j}$ je měsíční vypočtená spotřeba energie v distribučním systému odvlhčování [J], $f_{RH-,z}$ je podíl z $Q_{RH-,dis,j}$ připadající na z-tý zdroj odvlhčování [-], $\eta_{RH-,z}$ je průměrná účinnost z-tého zdroje odvlhčování [-] a $Q_{RH,aux,j}$ je pomocná energie na provoz systému úpravy vlhkosti v j-tém měsíci [J], která se stanoví podle kapitoly 8.

Měsíční **vypočtená spotřeba energie v distribučním systému** zvlhčování se stanoví ze vztahu:

$$Q_{RH+,dis,j} = \frac{Q_{RH+,nd,j}}{\eta_{RH+,dis}} \quad (59)$$

kde $\eta_{RH+,dis}$ je účinnost systému distribuce vlhkosti [-] a $Q_{RH+,nd,j}$ je potřeba energie na zvlhčování v j-tém měsíci [J], kterou lze určit jako

$$\text{a) pro } x_i > x_{e,j} + \Delta x_{im,j} : \\ Q_{RH+,nd,j} = \rho \cdot V_{RH+} \cdot (x_i - x_{e,j} - \Delta x_{im,j}) \cdot a \cdot (1 - \eta_{RH+,rc}) \cdot t_j \quad (60)$$

$$\text{b) pro } x_i \leq x_{e,j} + \Delta x_{im,j} : \\ Q_{RH+,nd,j} = 0 \quad (61)$$

kde ρ je hustota vzduchu [kg/m³], V_{RH+} je objemový tok vzduchu v režimu zvlhčování [m³/s], x_i je požadovaná průměrná měsíční měrná vlhkost vnitřního vzduchu [kg/kg], $x_{e,j}$ je průměrná měrná vlhkost venkovního vzduchu v j-tém měsíci [kg/kg], $\Delta x_{im,j}$ je průměrný nárůst měrné vlhkosti vnitřního vzduchu vlivem vnitřních zdrojů vlhkosti v j-tém měsíci [kg/kg], a je výparné teplo [2,5·10⁶ J/kg], $\eta_{RH+,rc}$ je účinnost zpětného získávání vlhkosti [-] a t_j je délka j-tého měsíce [s].

Objemový tok vzduchu V_{RH+} odpovídá standardně známému průměrnému měsíčnímu objemovému toku pro nucené větrání V_v (předpokládá se zvlhčování pouze nově přiváděného vzduchu do interiéru) a stanoví se tedy ze vztahu

$$V_{RH+} = V_v = f_{vent} \cdot V_f \quad (62)$$

kde f_{vent} je podíl času se spuštěným nuceným větráním [-] a V_f je známý objemový tok vzduchu nuceným větráním [m³/s].

Průměrný nárůst měrné vlhkosti vzduchu vlivem vnitřních zdrojů vlhkosti $\Delta x_{im,j}$ se stanoví orientačně ze vztahu

$$\Delta x_{im,j} = \frac{\Delta v_{im,j}}{\rho} \quad (63)$$

kde $\Delta v_{im,j}$ je standardizovaný nárůst objemové vlhkosti vnitřního vzduchu vlivem vnitřních zdrojů vlhkosti [kg/m³] stanovený podle EN ISO 13788 [7] pro příslušnou vlhkostní třídu budovy a venkovní průměrnou teplotu v j-tém měsíci. Podrobněji lze stanovit nárůst $\Delta x_{im,j}$ ze vztahu

$$\Delta x_{im,j} = \frac{M_w}{V_{RH+} \cdot \rho} \quad (64)$$

kde M_w je průměrná produkce vlhkosti v zóně [kg/s], kterou lze stanovit např. ze známé měrné produkce vlhkosti vztažené na podlahovou plochu [kg/(m²·s)].

Měsíční **vypočtená spotřeba energie v distribučním systému** odvlhčování se stanoví ze vztahu:

$$Q_{RH-,dis,j} = \frac{Q_{RH-,nd,j}}{\eta_{RH-,dis}} \quad (65)$$

kde $\eta_{RH-,dis}$ je účinnost systému distribuce vlhkosti [-] a $Q_{RH-,nd,j}$ je potřeba energie na odvlhčování v j-tém měsíci [J], kterou lze stanovit jako

a) pro $x_{e,j} + \Delta x_{im,j} > x_i$:

$$Q_{RH-,nd,j} = \rho \cdot V_{RH-} \cdot (x_{e,j} + \Delta x_{im,j} - x_i) \cdot a \cdot t_j + Q_{RH-,H,j} \quad (66)$$

b) pro $x_{e,j} + \Delta x_{im,j} \leq x_i$:

$$Q_{RH-,nd,j} = 0 \quad (67)$$

kde t_j je délka j-tého měsíce [s], $Q_{RH-,H,j}$ je množství dodané energie potřebné na ohřev vzduchu na požadované vnitřní výpočtové podmínky po odvlhčení vzduchu v j-tém měsíci [J] a V_{RH-} je objemový tok vzduchu v režimu odvlhčování [m³/s], který lze určit jako maximum

$$V_{RH-} = \max(V_v; V_{C,ahu}; V_{H,ahu}) \quad (68)$$

přičemž V_v je objemový tok vzduchu nuceným větráním [m³/s], $V_{C,ahu}$ je objemový tok vzduchu potřebný k zajištění požadované dodávky energie na chlazení [m³/s] a $V_{H,ahu}$ je objemový tok vzduchu potřebný k zajištění požadované dodávky energie na vytápění [m³/s].

Množství dodané energie potřebné na ohřev vzduchu $Q_{RH-,H}$ se uplatní jen při odvlhčování vzduchu kondenzačním způsobem, pro který platí

$$Q_{RH-,H,j} = V_{RH-} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_i - \theta_w) \cdot t_j \quad (69)$$

kde θ_w je teplota rosného bodu vnitřního vzduchu [°C]. Pro adsorpční způsob odvlhčování vnitřního vzduchu platí

$$Q_{RH-,H,j} = 0. \quad (70)$$

6. Roční dodaná energie na přípravu teplé vody

Roční **dodaná energie na přípravu teplé vody** EP_w se stanoví jako součet měsíčních dodaných energií na přípravu teplé vody $EP_{w,j}$, přičemž dílčí dodaná energie na přípravu teplé vody v j-tém měsíci se určí jako součet

vypočtených spotřeb energie jednotlivých zdrojů tepla a energií dodaných z okolního prostředí (např. sluneční energie v případě solárních kolektorů či energie spodní vody v případě tepelného čerpadla). V roční dodané energii na přípravu teplé vody EP_W je zahrnuta i pomocná energie na přípravu teplé vody, tj. energie na provoz čerpadel a dalších systémů. Používá se vztah

$$EP_W = \sum_{j=1}^{12} (Q_{W,fuel,j} + Q_{W,sc,j} + Q_{W,aux,j}) = \sum_{j=1}^{12} \left(\sum_{t=1}^m \left(\frac{Q_{W,dis,j} \cdot f_{W,t}}{COP_{H,gen,t}} + Q_{W,hp,t,j} \right) + \sum_{z=1}^n \frac{Q_{W,dis,j} \cdot f_{W,z}}{\eta_{W,gen,z}} + Q_{W,sc,j} + Q_{W,aux,j} \right) \quad (71)$$

kde m je počet tepelných čerpadel, n je počet ostatních zdrojů tepla, $Q_{W,dis,j}$ je vypočtená spotřeba energie v distribučním systému přípravy teplé vody v j-tém měsíci [J], f_W je podíl z $Q_{W,dis,j}$ připadající na příslušný zdroj tepla [-], $COP_{H,gen,t}$ je roční provozní topný faktor t-tého tepelného čerpadla [-], $\eta_{W,gen,z}$ je celková průměrná účinnost výroby tepla z-tým zdrojem tepla [-], $Q_{W,sc,j}$ je energie ze solárních kolektorů použitá na přípravu teplé vody v j-tém měsíci [J] stanovená podle kapitoly A.9, $Q_{W,aux,j}$ je pomocná energie na přípravu teplé vody v j-tém měsíci [J] stanovená podle kapitoly A.8 a $Q_{W,hp,t,j}$ je energie získaná z okolního prostředí v j-tém měsíci t-tým tepelným čerpadlem [J], kterou lze stanovit ze vztahu

$$Q_{W,hp,t,j} = \frac{COP_{H,gen,t} - 1}{COP_{H,gen,t}} \cdot Q_{W,dis,j} \cdot f_{W,t} \quad (72)$$

Měsíční **vypočtená spotřeba energie v distribučním systému** přípravy teplé vody se stanoví ze vztahu:

$$Q_{W,dis,j} = Q_{W,nd,j} + Q_{W,tn,j} + Q_{W,net,j} + Q_{W,cir,j} - Q_{W,sc,j} \quad (73)$$

kde $Q_{W,nd,j}$ je potřeba tepla na přípravu teplé vody v j-tém měsíci [J], $Q_{W,tn,j}$ je potřeba tepla na pokrytí ztráty zásobníku teplé vody v j-tém měsíci [J], $Q_{W,net,j}$ je potřeba tepla na pokrytí ztráty rozvodů teplé vody v j-tém měsíci [J], $Q_{W,cir,j}$ je potřeba tepla na pokrytí tepelných ztrát systému cirkulace teplé vody v j-tém měsíci [J] a $Q_{W,sc,j}$ je energie ze solárních kolektorů použitá na přípravu teplé vody v j-tém měsíci [J].

Prostřednictvím veličiny $Q_{W,cir,j}$ je možné zahrnout do výpočtu nejen vliv tepelných ztrát systému cirkulace teplé vody, ale i další specifické spotřeby energie spojené s ohřevem vody (např. úpravu a ohřev teplé vody v bazénech krytých bazénových hal).

Potřebu tepla na přípravu teplé vody v j-tém měsíci $Q_{W,nd,j}$ lze stanovit vztahem

$$Q_{W,nd,j} = \frac{V_W \cdot \rho_W \cdot c_W \cdot (\theta_{W,h} - \theta_{W,c})}{12} \quad (74)$$

v němž V_W je roční potřeba teplé vody [m^3], ρ_W je hustota vody [kg/m^3], c_W je měrná tepelná kapacita vody [$J/(kg \cdot K)$], $\theta_{W,h}$ je průměrná roční teplota teplé vody v místě přípravy [$^{\circ}C$] a $\theta_{W,c}$ je průměrná roční teplota přiváděné studené vody [$^{\circ}C$].

7. Roční dodaná energie na osvětlení

Roční **dodaná energie na osvětlení** EP_L se stanoví jako součet měsíčních dodaných energií na osvětlení $EP_{L,j}$. Používá se vztah

$$EP_L = \sum_{j=1}^{12} \Phi_{lt,j} \cdot t_j \quad (75)$$

kde $\Phi_{lt,j}$ je průměrný příkon elektřiny na osvětlení v j-tém měsíci [W], který se stanoví ze vztahu (29) nebo (32), a t_j je délka j-tého měsíce [s].

8. Roční spotřeba pomocné energie

Systémy vytápění, chlazení, přípravy teplé vody a nuceného větrání vyžadují pro svůj provoz obvykle určité množství pomocné energie – např. pro provoz čerpadel či ventilátorů.

Roční **pomocná energie na vytápění** $Q_{H,aux}$ (provoz čerpadel a dalších systémů) se stanoví jako součet měsíčních pomocných energií $Q_{aux,H,j}$. Pro systémy bez využití tepla ze solárních kolektorů se používá vztah

$$Q_{H,aux} = \sum_{j=1}^{12} [(f_{H,ctl} \cdot P_{H,p} + P_{H,em}) \cdot f_{H,j} + P_{H,ctl}] \cdot t_j \quad (77)$$

kde $f_{H,ctl}$ je korekční činitel typu čerpadla [-], $P_{H,p}$ je instalovaný elektrický příkon čerpadel¹ [W], $P_{H,em}$ je instalovaný elektrický příkon systému emise energie (např. příkon ventilátorů v podlahových konvektorech) [W], $P_{H,ctl}$ je celkový instalovaný elektrický příkon všech systémů měření a regulace (ve zdroji tepla i v systémech distribuce a emise tepla) [W], t_j je délka j-tého měsíce [s] a $f_{H,j}$ je časový podíl provozu otopné soustavy v j-tém měsíci [-], který se stanoví postupem podle již neplatné² EN ISO 13790 [8] ze vztahů:

a) pro $\gamma_{H,2,j} < \gamma_{H,lim}$ (měsíc patří do otopného období):

$$f_{H,j} = 1 \quad (78)$$

b) pro $\gamma_{H,1,j} > \gamma_{H,lim}$ (měsíc nepatří do otopného období):

$$f_{H,j} = 0 \quad (79)$$

c) pro ostatní případy (do otopného období patří část měsíce):

ca) pro $\gamma_{H,j} > \gamma_{H,lim}$:

$$f_{H,j} = \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,1,j}}{\gamma_{H,j} - \gamma_{H,1,j}} \right) \quad (80)$$

cb) pro $\gamma_{H,j} \leq \gamma_{H,lim}$:

$$f_{H,j} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,j}}{\gamma_{H,2,j} - \gamma_{H,j}} \right) \quad (81)$$

přičemž $\gamma_{H,j}$ je poměr mezi tepelnými zisky a ztrátami v j-tém měsíci stanovený ze vztahu (36)³ a $\gamma_{H,lim}$ je limitní poměr zisků a ztrát, který se stanoví jako podíl

$$\gamma_{H,lim} = \frac{a + 1}{a} \quad (82)$$

v němž se a určí podle vztahu (37). Hodnoty $\gamma_{H,1,j}$ a $\gamma_{H,2,j}$ ve vztazích (78) až (81) jsou minimální a maximální poměry tepelných zisků a ztrát na začátku a konci daného měsíce a lze je určit výběrem

$$\gamma_{H,1,j} = \min(\gamma_{H,b,j}; \gamma_{H,e,j}) \quad (83)$$

$$\gamma_{H,2,j} = \max(\gamma_{H,b,j}; \gamma_{H,e,j}) \quad (84)$$

přičemž $\gamma_{H,b,j}$ je poměr zisků a ztrát na začátku j-tého měsíce stanovený jako

$$\gamma_{H,b,j} = \frac{1}{2} \left(\frac{Q_{H,gn,j-1}}{Q_{H,ht,j-1}} + \frac{Q_{H,gn,j}}{Q_{H,ht,j}} \right) \quad (85)$$

a $\gamma_{H,e,j}$ je poměr zisků a ztrát na konci j-tého měsíce stanovený podobně ze vztahu

$$\gamma_{H,e,j} = \frac{1}{2} \left(\frac{Q_{H,gn,j}}{Q_{H,ht,j}} + \frac{Q_{H,gn,j+1}}{Q_{H,ht,j+1}} \right) \quad (86)$$

přičemž $Q_{H,ht,j}$ je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty v j-tém měsíci [J] a $Q_{H,gn,j}$ je velikost tepelných zisků v j-tém měsíci [J] (podrobný popis je uveden v kapitole A.2).

Pokud se pro vytápění využívá **energie ze solárních kolektorů**, použije se pro stanovení roční pomocné energie na vytápění alternativní vztah

$$Q_{H,aux} = \sum_{j=1}^{12} [(f_{H,ctl} \cdot P_{H,p} + P_{H,em}) \cdot f_{H,j} + P_{H,ctl}] \cdot t_j + \sum_{j=1}^{12} (1 - f_{W,sc,j}) \cdot Q_{sc,aux,j} \quad (87)$$

kde $f_{W,sc,j}$ je procentuální část získané solární energie použitá pro přípravu teplé vody v j-tém měsíci [-] a $Q_{sc,aux,j}$ je měsíční pomocná energie systému solárních kolektorů [J]. Obě hodnoty se určí podle kapitoly A.9.

Roční pomocná energie na chlazení $Q_{C,aux}$ (provoz čerpadel a dalších systémů) se stanoví jako součet měsíčních pomocných energií $Q_{C,aux,j}$. Používá se vztah

¹ Jedná se o maximální hodnotu příkonu. Vynásobením příkonu $P_{H,p}$ korekčním činitelem $f_{H,ctl}$ se získá průměrný roční příkon čerpadla.

² Metodika z již neplatné normy EN ISO 13790 musí být použita pro tento výpočet kvůli absenci obdobně přesného určení časového podílu doby provozu v aktuální EN ISO 52016-1.

³ Pokud by v tomto výpočtu jakákoliv dílčí hodnota $Q_{H,ht,j}$ vycházela nulová či záporná (tj. nebylo by třeba dodávat teplo na vytápění), uvažovala by se formálně ve výpočtu velmi malou kladnou hodnotou (např. $1 \cdot 10^{-10}$ GJ).

$$Q_{C,aux} = \sum_{j=1}^{12} \left[(f_{C,ctl} \cdot P_{C,p} + P_{C,r} + P_{C,em}) \cdot f_{C,j} + P_{C,ctl} \right] \cdot t_j \quad (88)$$

kde $f_{C,ctl}$ je korekční činitel typu čerpadla [-], $P_{C,p}$ je instalovaný elektrický příkon čerpadel systému chlazení [W], $P_{C,r}$ je instalovaný elektrický příkon oběhových čerpadel systému zpětného chlazení [W], $P_{C,em}$ je instalovaný elektrický příkon systému emise energie na chlazení (např. příkon ventilátorů) [W], $P_{C,ctl}$ je celkový instalovaný elektrický příkon všech systémů měření a regulace (ve zdroji tepla i v systémech distribuce a emise energie) [W], t_j je délka j-tého měsíce [s] a $f_{C,j}$ je časový podíl provozu chladicí soustavy v j-tém měsíci [-], který se stanoví postupem podle již neplatné EN ISO 13790 ze vztahů

a) pro $\gamma_{C,2,j} < \gamma_{C,lim}$ (měsíc patří do období s chlazením):

$$f_{C,j} = 1 \quad (89)$$

b) pro $\gamma_{C,1,j} > \gamma_{C,lim}$ (měsíc nepatří do období s chlazením):

$$f_{C,j} = 0 \quad (90)$$

c) pro ostatní případy (do období s chlazením patří část měsíce):

ca) pro $\gamma_{C,j}^{-1} > \gamma_{C,lim}$:

$$f_{C,j} = \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_{C,lim} - \gamma_{C,1,j}}{\gamma_{C,j}^{-1} - \gamma_{C,1,j}} \right) \quad (91)$$

cb) pro $\gamma_{C,j}^{-1} \leq \gamma_{C,lim}$:

$$f_{C,j} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \left(\frac{\gamma_{C,lim} - \gamma_{C,j}^{-1}}{\gamma_{C,2,j} - \gamma_{C,j}^{-1}} \right) \quad (92)$$

přičemž $\gamma_{C,j}$ je poměr mezi tepelnými zisky a ztrátami pro chladicí režim v j-tém měsíci stanovený ze vztahu (36)¹ a $\gamma_{C,lim}$ je limitní poměr zisků a ztrát, který se stanoví podle (82). Hodnoty $\gamma_{C,1,j}$ a $\gamma_{C,2,j}$ ve vztazích (89) až (92) jsou minimální a maximální poměry tepelných zisků a ztrát na začátku a konci daného měsíce a lze je určit výběrem

$$\gamma_{C,1,j} = \min(\gamma_{C,b,j}; \gamma_{C,e,j}) \quad (93)$$

$$\gamma_{C,2,j} = \max(\gamma_{C,b,j}; \gamma_{C,e,j}) \quad (94)$$

přičemž $\gamma_{C,b,j}$ je obrácená hodnota poměru zisků a ztrát na začátku j-tého měsíce stanovená jako

$$\gamma_{C,b,j} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{Q_{C,gn,j-1}}{Q_{C,ht,j-1}} \right)^{-1} + \left(\frac{Q_{C,gn,j}}{Q_{C,ht,j}} \right)^{-1} \right] \quad (95)$$

a $\gamma_{C,e,j}$ je obrácená hodnota poměru zisků a ztrát na konci j-tého měsíce stanovená podobně ze vztahu

$$\gamma_{C,e,j} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{Q_{C,gn,j}}{Q_{C,ht,j}} \right)^{-1} + \left(\frac{Q_{C,gn,j+1}}{Q_{C,ht,j+1}} \right)^{-1} \right] \quad (96)$$

přičemž $Q_{C,gn,j}$ je velikost tepelných zisků v j-tém měsíci [J] a $Q_{C,ht,j}$ je celkový přenos tepla mezi interiérem a exteriérem (ztráta/zisk) v j-tém měsíci [J] (podrobný popis je uveden v kapitole 3).

Roční **pomocná energie na přípravu teplé vody** $Q_{W,aux}$ (provoz čerpadel a dalších systémů) se stanoví jako součet měsíčních pomocných energií $Q_{W,aux,j}$. Pro systémy bez využití solárních kolektorů se používá vztah

$$Q_{W,aux} = \sum_{j=1}^{12} (f_{W,ctl} \cdot P_{W,p} \cdot f_{W,j} + P_{W,ctl}) \cdot t_j \quad (97)$$

kde $f_{W,ctl}$ je korekční činitel typu čerpadla [-], $P_{W,p}$ je instalovaný elektrický příkon oběhových čerpadel [W], $f_{W,j}$ je přímo zadáný časový podíl provozu čerpadel v j-tém měsíci [-], $P_{W,ctl}$ je instalovaný elektrický příkon systému regulace a měření [W] a t_j je délka j-tého měsíce [s].

Pro systémy využívající **teplo ze solárních kolektorů** se použije alternativní vztah

¹ I v tomto případě se případné záporné dílčí hodnoty $Q_{C,ht,j}$ uvažují formálně ve výpočtu velmi malou kladnou hodnotou (např. $1 \cdot 10^{-10}$ GJ).

$$Q_{W,aux} = \sum_{j=1}^{12} (f_{W,ctl} \cdot P_{W,p} \cdot f_{W,j} + P_{W,ctl}) \cdot t_j + \sum_{j=1}^{12} f_{W,sc,j} \cdot Q_{sc,aux,j} \quad (98)$$

kde $f_{W,sc,j}$ je podíl celkové získané solární energie použité pro přípravu teplé vody v j-tém měsíci [-] a $Q_{sc,aux,j}$ je měsíční pomocná energie systému solárních kolektorů [J]. Obě hodnoty se určí podle kapitoly 9.

Roční **pomocná energie na nucené větrání** $Q_{F,aux}$ (regulace, měření apod.) se stanoví jako součet měsíčních pomocných energií $Q_{F,aux,j}$. Používá se vztah

$$Q_{F,aux} = \sum_{j=1}^{12} P_{F,v} \cdot f_{vent} \cdot t_j \quad (99)$$

kde $P_{F,v}$ je instalovaný elektrický příkon regulace, měření a dalších částí systému nuceného větrání (kromě ventilátorů) [W], f_{vent} je podíl času se spuštěným nuceným větráním [-] a t_j je délka j-tého měsíce [s].

Roční **pomocná energie na úpravu vlhkosti** vnitřního vzduchu $Q_{RH,aux}$ (regulace, měření apod.) se stanoví jako součet měsíčních pomocných energií $Q_{RH,aux,j}$. Používá se vztah

$$Q_{RH,aux} = \sum_{j=1}^{12} P_{RH,v} \cdot t_j \quad (100)$$

kde $P_{RH,v}$ je instalovaný elektrický příkon regulace, měření a dalších částí systému úpravy vlhkosti vzduchu [W] a t_j je délka j-tého měsíce [s].

9. Roční produkce energie solárními kolektory

Celková roční **produkce energie solárními kolektory** $Q_{e,sc}$ se stanoví jako součet měsíčních produkcí energie $Q_{e,sc,j}$, pro jejichž výpočet jsou k dispozici tři možné postupy:

- nepřesnější výpočet produkce s hodinovým krokem podle metodiky [9]
- přibližný výpočet metodou B z EN 15316-4-3 [10], v níž se vychází z typických parametrů jednotlivých typů kolektorů podle TNI 730331 a EN 15316-4-3:
- orientační výpočet s pomocí jednoduchého vztahu

$$Q_{e,sc} = \sum_{j=1}^{12} Q_{e,sc,j} = \sum_{j=1}^{12} \left(\sum_{k=1}^n A_k \cdot I_{sol,j,k} \cdot F_{sh,ob,k} \cdot \eta_{sc,k} \right) \quad (101)$$

kde n je počet solárních kolektorů, A_k je plocha solárního kolektoru [m^2], $I_{sol,j,k}$ je množství dopadající sluneční energie na k-tý kolektor v j-tém měsíci [J/m^2], $F_{sh,ob,k}$ je korekční činitel stínění k-tého kolektoru pevnými překážkami [-] a $\eta_{sc,k}$ je průměrná účinnost získávání energie v k-tém solárním kolektoru [-].

Měsíční **pomocná energie** systému solárních kolektorů $Q_{sc,aux,j}$ se stanoví ze vztahu

$$Q_{sc,aux,j} = f_{sc,ctl} \cdot P_{sc,p} \cdot f_{sc,j} \cdot t_j \quad (102)$$

kde $f_{sc,ctl}$ je korekční činitel typu oběhových čerpadel systému kolektorů [-], $P_{sc,p}$ je instalovaný elektrický příkon oběhových čerpadel [W], t_j je délka j-tého měsíce [h] a $f_{sc,j}$ je časový podíl provozu oběhových čerpadel [-], který se stanoví:

- pro případy, kdy se solární kolektory používají pouze pro přípravu teplé vody:

$$f_{sc,j} = \frac{Q_{W,nd,j} + Q_{W,tn,j} + Q_{W,net,j} + Q_{W,cir,j}}{Q_{e,sc,j}}, \quad (103)$$

přičemž jednotlivé veličiny jsou popsány u vztahu (73);

- pro případy, kdy se solární kolektory používají pro přípravu teplé vody i pro vytápění:

- jako $f_{sc,j} = 1$, je-li $Q_{H,nd,j} > 0$
 - ze vztahu (103), je-li $Q_{H,nd,j} = 0$,
- (104)

přičemž $Q_{H,nd,j}$ je potřeba tepla na vytápění hodnocené zóny v j-tém měsíci [J] stanovená podle vztahu (13). Současně musí být vždy splněna podmínka $f_{sc,j} \leq 1$.

Část měsíční získané energie použitá pro přípravu teplé vody se stanoví jako

$$Q_{W,SC,j} = Q_{e,SC,j} \cdot f_{W,SC,j} \quad (105)$$

kde $f_{W,SC,j}$ je procentuální část z celkové získané solární energie použitá pro přípravu teplé vody v j-tém měsíci [-], která se stanoví buď ze vztahu (103) nebo může být přímo zvolena jako číslo menší než 1 v závislosti na předpokládaném podílu použití získané solární energie na přípravu teplé vody.

Část měsíční získané energie použitá na vytápění se pak stanoví jako

$$Q_{H,SC,j} = Q_{e,SC,j} \cdot (1 - f_{W,SC,j}) \quad (106)$$

s výjimkou případů, kdy uživatel požaduje použití získané energie jen pro přípravu teplé vody. V takovém případě je $Q_{H,SC,j}$ nulové.

10. Roční produkce elektřiny fotovoltaickými články

Celková roční **produkce elektřiny fotovoltaickými články** $Q_{el,PV}$ se stanoví jako součet měsíčních produkcí elektřiny $Q_{el,PV,j}$. Ty se mohou stanovit:

a) buď orientačně ze vztahu

$$Q_{el,PV} = \sum_{j=1}^{12} Q_{el,PV,j} = \sum_{j=1}^{12} \left(\sum_{k=1}^n A_k \cdot I_{sol,j,k} \cdot F_{sh,ob,k} \cdot \eta_{PV,k} \right) \quad (107)$$

kde n je počet fotovoltaických článků, A_k je plocha k-tého fotovoltaického článku [m^2], $I_{sol,j,k}$ je množství dopadající sluneční energie na k-tý FV článek v j-tém měsíci [J/m^2], $F_{sh,ob,k}$ je korekční činitel stínění k-tého FV článku pevnými překážkami [-] a $\eta_{PV,k}$ je průměrná účinnost získávání elektřiny v k-tém FV článku [-];

b) nebo přesněji detailním výpočtem s hodinovým krokem podle metodiky [11].

11. Roční produkce elektřiny kogeneračními jednotkami

Celková roční **produkce elektřiny kogeneračními jednotkami** $Q_{el,CHP}$ se stanoví jako součet měsíčních produkcí elektřiny $Q_{el,CHP,j}$. Používá se vztah

$$Q_{el,CHP} = \sum_{j=1}^{12} Q_{el,CHP,j} = \sum_{j=1}^{12} \left(\sum_{k=1}^n Q_{CHP,fuel,j,k} \cdot \eta_{el,CHP,k} \right) \quad (108)$$

kde n je počet kogeneračních jednotek, $\eta_{el,CHP,k}$ je účinnost výroby elektřiny v k-té kogenerační jednotce [-] a $Q_{CHP,fuel,j,k}$ je celková dodaná energie do k-té kogenerační jednotky v j-tém měsíci [J]. Tuto hodnotu lze stanovit jako součet dílčích dodaných energií na vytápění, absorpční chlazení a přípravu teplé vody zajišťovaných k-tou kogenerační jednotkou:

$$Q_{CHP,fuel,j,k} = Q_{H,fuel,j,k} + Q_{C,fuel,j,k} + Q_{W,fuel,j,k} \quad (109)$$

přičemž měsíční dodané energie na vytápění, absorpční chlazení a přípravu teplé vody $Q_{H,fuel,j,k}$, $Q_{C,fuel,j,k}$ a $Q_{W,fuel,j,k}$ se pro k-tou kogenerační jednotku stanoví postupně ze vztahů (3), (40) a (71) bez započítání pomocných energií.

12. Primární energie z neobnovitelných zdrojů

Roční **primární energie z neobnovitelných zdrojů** se stanovuje z obecného vztahu

$$NPE = NPE_H + NPE_C + NPE_F + NPE_{RH} + NPE_W + NPE_L + NPE_{el} \quad (110)$$

kde NPE_H je roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění [GJ], NPE_C je roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na chlazení [GJ], NPE_F je roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na nucené větrání [GJ], NPE_{RH} je roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na úpravu vlhkosti vnitřního vzduchu [GJ], NPE_W je roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na přípravu teplé vody [GJ], NPE_L je roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na osvětlení [GJ] a NPE_{el} je roční primární energie z neobnovitelných zdrojů spojená s energií vyrobenou v budově a dodávanou mimo budovu [GJ].

Roční **měrná primární energie z neobnovitelných zdrojů** NPE_A v $kWh/(m^2 \cdot rok)$ se pak stanoví:

$$NPE_A = 277,8 \cdot \left(\frac{NPE}{A_f} \right) \quad (111)$$

kde NPE je roční primární energie z neobnovitelných zdrojů budovy [GJ] a A_f je celková energeticky vztažná (podlahová) plocha budovy stanovená z vnějších rozměrů [m^2].

Roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění NPE_H se stanoví

$$NPE_H = \sum_{k=1}^n Q_{H,fuel,k} \cdot \xi_{pne,k} + Q_{H,sc} \cdot \xi_{pne,env} + Q_{H,hp} \cdot \xi_{pne,env} + Q_{H,aux} \cdot \xi_{pne,el} \quad (112)$$

kde n je počet energonositelů (např. elektřina, zemní plyn, uhlí, dřevo...), $Q_{H,fuel,k}$ je roční dodaná energie na vytápění bez spotřeby pomocné energie připadající na k -tý energonositel [J], $\xi_{pne,k}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro k -tý energonositel [-], $Q_{H,sc}$ je roční energie ze solárních kolektorů použitá na vytápění [J], $\xi_{pne,env}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro energii okolního prostředí [-], $Q_{H,hp}$ je roční energie získaná z okolního prostředí tepelnými čerpadly a použitá na vytápění [J], $Q_{H,aux}$ je roční pomocná energie na vytápění [J] a $\xi_{pne,el}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektřinu ze sítě [-].

Pokud je v budově produkována elektřina **pro vlastní potřebu budovy** (např. fotovoltaickými systémy či kogeneračními jednotkami), pak se může vyrobená elektřina použít na pokrytí té části dodané energie na vytápění $Q_{H,fuel}$ či pomocné energie $Q_{H,aux}$, která je zajišťována elektřinou ze sítě (tj. místo elektřiny ze sítě se použije elektřina vyrobená v budově). V takovém případě se ve vztahu (112) místo faktoru primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektřinu ze sítě $\xi_{pne,el}$ použije v příslušných místech faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro energii okolního prostředí (u elektřiny z fotovoltaických systémů) nebo faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro energonositel používaný v kogenerační jednotce (u elektřiny z kogenerace).

Roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na chlazení NPE_C se stanoví

$$NPE_C = \sum_{k=1}^n Q_{C,fuel,k} \cdot \xi_{pne,k} + Q_{C,aux} \cdot \xi_{pne,el} \quad (113)$$

kde n je počet energonositelů, $Q_{C,fuel,k}$ je roční dodaná energie na chlazení bez spotřeby pomocné energie připadající na k -tý energonositel [J], $\xi_{pne,k}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro k -tý energonositel [-], $Q_{C,aux}$ je roční pomocná energie na chlazení [J] a $\xi_{pne,el}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektřinu ze sítě [-].

Způsob zohlednění elektřiny vyrobené v budově a použité pro chlazení budovy je shodný se způsobem započítání vyrobené elektřiny na vytápění a je popsán výše v části zabývající se výpočtem primární energie na vytápění.

Roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na nucené větrání NPE_F se stanoví

$$NPE_F = \sum_{k=1}^n Q_{F,fuel,k} \cdot \xi_{pne,k} + Q_{F,aux} \cdot \xi_{pne,el} \quad (114)$$

kde n je počet energonositelů, $Q_{F,fuel,k}$ je roční dodaná energie na nucené větrání bez spotřeby pomocné energie připadající na k -tý energonositel [J], $\xi_{pne,k}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro k -tý energonositel [-], $Q_{F,aux}$ je roční pomocná energie na nucené větrání [J] a $\xi_{pne,el}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektřinu ze sítě [-].

Způsob zohlednění elektřiny vyrobené v budově a použité pro nucené větrání budovy je shodný se způsobem započítání vyrobené elektřiny na vytápění a je popsán výše v části zabývající se výpočtem primární energie na vytápění.

Roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na úpravu vlhkosti vzduchu NPE_F se stanoví

$$NPE_{RH} = \sum_{k=1}^n Q_{RH-,fuel,k} \cdot \xi_{pne,k} + \sum_{k=1}^n Q_{RH+,fuel,k} \cdot \xi_{pne,k} + Q_{RH,aux} \cdot \xi_{pne,el} \quad (115)$$

kde n je počet energonositelů, $Q_{RH-,fuel,k}$ je roční dodaná energie na odvlhčování vzduchu bez spotřeby pomocné energie připadající na k -tý energonositel [J], $\xi_{pne,k}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro k -tý energonositel [-], $Q_{RH+,fuel,k}$ je roční dodaná energie na zvlhčování vzduchu bez spotřeby pomocné energie připadající na k -tý energonositel [J], $Q_{RH,aux}$ je roční pomocná energie na úpravu vlhkosti vzduchu [J] a $\xi_{pne,el}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektřinu ze sítě [-].

Způsob zohlednění elektřiny vyrobené v budově a použité pro úpravy vlhkosti vzduchu je shodný se způsobem započítání vyrobené elektřiny na vytápění a je popsán výše v části zabývající se výpočtem primární energie na vytápění.

Roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na přípravu teplé vody NPE_W se stanoví

$$NPE_W = \sum_{k=1}^n Q_{W,fuel,k} \cdot \xi_{pne,k} + Q_{W,sc} \cdot \xi_{pne,env} + Q_{W,hp} \cdot \xi_{pne,env} + Q_{W,aux} \cdot \xi_{pne,el} \quad (116)$$

kde n je počet energonositelů (např. elektřina, zemní plyn, uhlí, dřevo...), $Q_{W,fuel,k}$ je roční dodaná energie na přípravu teplé vody bez spotřeby pomocné energie připadající na k -tý energonositel [J], $\xi_{pne,k}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro k -tý energonositel [-], $Q_{W,sc}$ je roční energie ze solárních kolektorů použitá na přípravu teplé vody [J], $\xi_{pne,env}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro energii okolního prostředí [-], $Q_{W,hp}$ je roční energie získaná z okolního prostředí tepelnými čerpadly a použitá na přípravu teplé vody [J], $Q_{W,aux}$ je

roční pomocná energie na přípravu teplé vody [J] a $\xi_{pne,el}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektřinu ze sítě [-].

Způsob zohlednění elektřiny vyrobené v budově a použité pro přípravu teplé vody je shodný se způsobem započítání vyrobené elektřiny na vytápění a je popsán výše v části zabývající se výpočtem primární energie na vytápění.

Roční primární energie z neobnovitelných zdrojů na osvětlení NPE_L se stanoví

$$NPE_L = \sum_{k=1}^n Q_{L,fuel,k} \cdot \xi_{pne,k} \quad (117)$$

kde n je počet energonositelů, $Q_{L,fuel,k}$ je roční dodaná energie na osvětlení připadající na k -tý energonositel [J] a $\xi_{pne,k}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro k -tý energonositel [-].

Způsob zohlednění elektřiny vyrobené v budově a použité pro osvětlení je shodný se způsobem započítání vyrobené elektřiny na vytápění a je popsán výše v části zabývající se výpočtem primární energie na vytápění.

Roční primární energie z neobnovitelných zdrojů spojená s energií vyrobenou v budově a dodávanou mimo budovu NPE_{el} se stanoví

$$NPE_{el} = (Q_{el,PV} + Q_{el,CHP}) \cdot \xi_{pne,export} \quad (118)$$

kde $Q_{el,PV}$ je roční produkce elektřiny fotovoltaickými systémy dodávaná mimo budovu [J], $Q_{el,CHP}$ je roční produkce elektřiny kogeneračními jednotkami dodávaná mimo budovu [J] a $\xi_{pne,export}$ je faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů pro elektřinu dodávanou mimo budovu [-].

13. Emise CO₂

Roční produkce emisí CO₂ se stanovuje analogicky jako roční primární energie z neobnovitelných zdrojů, tj. s použitím principiálně shodných vztahů a postupů. Pouze se ve vztazích (112) až (118) použijí součinitele emisí CO₂ [kg/J] místo faktorů primární energie z neobnovitelných zdrojů.

14. Přerušované vytápění a chlazení

Přerušované vytápění a chlazení se hodnotí podle čl. 6.6.11.3 a čl. 6.6.11.4 v EN ISO 52016-1.

15. Budovy s více zónami

Výpočtové postupy uvedené v kapitolách 2 až 13 platí pro jednozónové budovy. Budovy s více zónami se nicméně hodnotí stejným způsobem (zónu po zóně), přičemž dílčí dodané energie i celková dodaná energie do budovy jsou vždy součtem dílčích dodaných energií do jednotlivých zón.

Tepelná výměna mezi jednotlivými zónami se podle EN ISO 52016-1 standardně nemá uvažovat (viz Tab. B.7 v citované normě). Hodnocení energetické náročnosti vícezónových budov tedy standardně probíhá v režimu tzv. thermally uncoupled calculation - tedy za předpokladu, že mezi jednotlivými zónami nedochází k žádné výměně tepla (resp. že tepelné toky přes rozhraní mezi zónami se z hlediska budovy jako celku vzájemně vyruší).

Výměnu tepla mezi zónami připouští EN ISO 52016-1 doslova "jen ve výjimečných případech a s velkou opatrností". V takovém případě se pak postupuje podle přílohy D v EN ISO 52016-1.

Přenos tepla mezi zónami má smysl hodnotit jen v případech, kdy jsou dílčí zóny vytápěny/chlazeny výrazně odlišným způsobem. Upozornit je nicméně třeba na to, že pokud je jedna ze zón chlazená a ostatní nikoli, je nutné zadat pro zóny bez chlazení realistickou hodnotu průměrné měsíční návrhové vnitřní teploty v teplejší části roku – tak, aby se vyloučilo riziko, že bude tepelná zátěž chlazené zóny snižována prostupem přes dělící konstrukce do okolních chladnějších zón. Pozornost je třeba věnovat tomuto problému zvláště u zón, které jsou v zimním období jen temperované.

Seznam použité literatury

- [1] ČSN EN ISO 52016-1 Energetická náročnost budov - Energie potřebná pro vytápění a chlazení vnitřních prostor a citelné a latentní tepelné zatížení - Část 1: Postupy výpočtu, Praha 2018
- [2] Vyhláška MPO ČR č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov
- [3] ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním – Výpočtová metoda, Praha 2018
- [4] ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody, Praha 2018
- [5] ČSN EN 16798-7 Energetická náročnost budov - Větrání budov - Část 7: Výpočtové metody pro stanovení průtoků vzduchu v budovách, včetně infiltrace (Moduly M5-5), Praha 2018

- [6] ISO/TR 52016-2 Energy performance of buildings -- Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads -- Part 2: Explanation and justification of ISO 52016-1 and ISO 52017-1, CEN 2017
- [7] ČSN EN ISO 13788 Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků - Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce - Výpočtové metody, Praha 2013
- [8] ČSN EN ISO 13790 Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení, Praha 2009
- [9] Matuška, T.: Popis matematického modelu pro program VYKON_SK, ČVUT Praha 2017
- [10] ČSN EN 15316-4-3 Energetická náročnost budov - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 4-3: Výroba tepla, fotovoltaické a solární tepelné soustavy, Praha 2017
- [11] Staněk, K.: Fotovoltaika pro budovy, Grada Praha 2012.