



ENERGETICKÁ HOSPODÁRNOST

A. Sedláková | V. Merjavá | M. Kováč

4

ENERGETICKÁ HOSPODÁRNOSŤ

Slovensko sa spolu s ďalšími členskými štátmi EU zaviazalo docieľiť uhlíkovú neutralitu do roku 2050. Zdá sa to byť vzdialený cieľ, ale vedú k nemu postupné kroky. Európska komisia predstavila aktualizovaný plán s cieľom znížiť emisie skleníkových plynov v EU už do roku 2030 najmenej o 55 %, v porovnaní s rokom 1990, v celom hodnotovom reťazci. Budovy svojou prevádzkou, materiálmi a výstavbou tvoria významnú časť, až 40 % celosvetových energetických emisií uhlíka, čo poukazuje na potrebu zmeny myslenia v tomto sektore. Nízkouhlíkové technológie a materiály či zodpovednejšia výstavba a prevádzka sú preto nevyhnutnosťou pri ceste k uhlíkovej neutralite. Stavebníctvo a súvisiace odvetvia preto stoja na prahu ďalších výziev, predovšetkým pri hľadaní ďalšieho zefektívňovania prevádzky budov, využívaní bez emisných zdrojov energií pomocou obnoviteľnej energie. Očakáva sa nová legislatíva sprísňujúca kritériá pre hodnotenie emisií budov, ale aj pre uhlík zabudovaný v stavebných materiáloch (embodied carbon), samotné navrhovanie a prevádzku budov. Zároveň pribúdajú neziskové iniciatívy a certifikačné systémy pre hodnotenie uhlíkovej stopy budov a celkový dopad na životné prostredie počas celého životného cyklu budovy.

4.1 Navrhovanie budov – nové ciele

- Zvyšovanie nárokov na EHB v súlade s cieľmi EÚ,
- V súčasnom období, kedy človek trávi 80-90 % času v architektonizovanom interiérovom prostredí, je veľmi dôležité zabezpečiť hodnotenie kvality vnútorného prostredia budov, charakterizované snahou o vytvorenie tepelnej, akustickej a svetelnej pohody a súčasne o zabezpečenie kvalitného vnútorného ovzdušia s prepojením na energetickú stratégiu výstavby nových budov a obnovu existujúcich budov,
- Kľúčovými v tejto oblasti sú renovácie súčasných budov, ktoré predstavujú obrovský potenciál úspor energie, preto je potrebné podstatne zvýšiť mieru a kvalitu ich obnovy,
- Súčasná stratégia obnovy budov požaduje opatrenia a postupy na podporu obnovy fondu budov s cieľom dosiahnuť do roku 2050 vysoko energeticky efektívny a uhlíkovo neutrálny fond budov, a tým aj nákladovo efektívnu transformáciu existujúcich budov na budovy s takmer nulovou spotrebou energie,
- Uhlíková neutralita stavieb v celom životnom cykle.

Systémové riešenia a spolupráce s cieľom zabezpečenia dostupnosti zdravého, zeleného bývania, sa považuje za urgentnú potrebu tak v kontexte riešenia klimatických zmien, ako aj podpory zdravia ľudí na Slovensku. Ekologické aspekty navrhovania budov majú v súčasnosti autonómne postavenie. Energetické hľadisko a s tým súvisiace znižovanie emisií CO₂ je kľúčové pri otázkach súvisiacich so zmenami klímy. Opatrenia na elimináciu a redukovanie potrieb energie sú ustanovené v príslušnej legislatíve a regulatívoch jednotlivých krajín podľa medzinárodných dohôd. Veľký význam má dosiahnutie energeticky úsporných budov už v prvotnej fáze návrhu, kde je potrebné nájsť súlad medzi architektonickým a konštrukčným riešením a podmienkami miestnej klímy. To si vyžaduje optimálny návrh a analyzovanie variantných riešení s využitím dostupných softvérových prostriedkov. V prvotnom návrhu je dôležité optimalizovanie obalových konštrukcií budov vo väzbe na vnútorné a vonkajšie prostredie.

V zmysle zákona o energetickej hospodárnosti budov (555/2005 Z. z.) je u nás od roku 2008 povinná energetická certifikácia. Pri nej sa každá budova zaradi do energetickej triedy podľa kritéria škálovania, ktorým je globálny ukazovateľ – primárna energia v kWh/(m². a) s konkrétnou stanovenou úrovňou pre rôzne typy stavieb. Posledná veľká zmena na Slovensku prebehla pred 2 rokmi, kedy od 1. 1. 2021 musia byť všetky budovy v kontexte novej legislatívy EÚ a legislatívy na Slovensku v energetickej triede A0 (úroveň výstavby budov s takmer nulovou potrebou energie).

4.1.1 Požiadavky a kritériá na obalové konštrukcie

Požiadavky na zmenu vo výstavbe nových, ale aj obnovovaných budov s cieľom zníženia negatívnych dopadov na životné prostredie sú stále naliehavejšie. Kľúčovým faktorom medzisektorovej spolupráce je hľadanie takých riešení, ktoré kombinujú ekonomicky efektívne a energeticky zodpovedné prístupy. Technickými normami zavedené požiadavky na kritérium minimálnych tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií obalu budovy (súčinitele prechodu tepla), na hygienické kritérium (eliminovanie kondenzácie vodnej pary a rastu plesní na vnútorných povrchoch stavebných konštrukcií) ako aj na energetické kritérium (potreby tepla a energie na vykurovanie) sa súčasne preukazuje splnenie základnej požiadavky podľa stavebného zákona a to: hygiena, zdravie a životné prostredie ako aj základná požiadavka: energetická hospodárnosť a udržanie tepla. Návrh normalizovaných požiadaviek podľa konsolidovaného znenia STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019, zohľadňuje súhrn základných požiadaviek na stavby vrátane energetickej náročnosti. Konsolidované znenie STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 nahrádza STN 73 0540-2 z júla 2012, opravu O1 z decembra 2012 a zmenu 1 z augusta 2016 v celom rozsahu.

4.1.2 Konsolidované znenie STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019

STN 73 0540 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov sa člení takto:

- Časť 1: Terminológia (2002),
- Časť 2: Funkčné požiadavky (2019),
- Časť 3: Vlastnosti prostredia a stavebných výrobkov (2012).

Konsolidované znenie STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 sa vzťahuje na projektovú dokumentáciu budov, projektové a normalizované hodnotenie energetickej hospodárnosti budov podľa STN EN ISO 52003-1 a STN EN ISO 52000-1. Od 01.01.2021 platia cieľové hodnoty pre budovy s takmer nulovou potrebou energie ako normalizované (požadované). Na projektovanie nových budov s takmer nulovou potrebou energie sú uvedené aj prísnejšie cieľové odporúčané hodnoty súčiniteľa prechodu tepla stavebných konštrukcií. Projektant je povinný splnenie minimálnych požiadaviek na energetickú hospodárnosť budovy zahrnúť do projektovej dokumentácie na stavebné povolenie alebo na povolenie zmeny stavby. Kapitoolami 3 až 9. STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 stanovuje odporúčané hodnoty súčiniteľa prechodu tepla (U_{r1}) ako normalizované hodnoty pre budovy ultranízkoenergetickej úrovne výstavby podľa zmeny 1 od 1. 1. 2016 a cieľové požiadavky ako normalizované požiadavky (U_{r2}) pre budovy s takmer nulovou potrebou energie od 1. 1. 2021. Uvádza aj prísnejšie cieľové požiadavky ako odporúčané (U_{r3}) pre budovy s takmer nulovou potrebou energie. Stanovuje požiadavky na súčiniteľ prechodu tepla okien v šikmej strešnej konštrukcii a ľahkých obvodových plášťov pre všetky energetické úrovne výstavby. Rozširuje možnosti použitia hodnôt zvýšenia súčiniteľa prechodu tepla vplyvom tepelných mostov. Uvádza požiadavku na uskutočnenie výpočtu potreby tepla na vykurovanie a chladenie mesačnou alebo hodinovou metódou. Normalizované požiadavky na obvodový a strešný plášť zostávajú aj po 31. decembri 2020 stanovené rovnakými hodnotami ako platili pre ultranízkoenergetickú úroveň výstavby. Sprísňuje sa požiadavka na otvorové konštrukcie ($U \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Stanovili sa cieľové odporúčané požiadavky na budovy s takmer nulovou potrebou energie. Pre korektný výpočet energetickej hospodárnosti budov je potrebné navrhnuť jednotlivé konštrukcie tak, aby spĺňali minimálne tepelnotechnické vlastností stavebných konštrukcií podľa časti. 4.1.1 normy STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019. Hlavným kritériom na obalové konštrukcie je súčiniteľ prechodu tepla U ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$), ktorý je uvedený v norme STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 ako maximálna hodnota.

Preto všetky konštrukcie teplo-výmenného obalu budovy: obvodového plášťa, strešného plášťa, otvorových konštrukcií, stropu nad nevykurovaným suterénom musia mať hodnotu nižšiu, ako je uvedená maximálna hodnota súčiniteľa prechodu tepla U pre danú kategóriu konštrukcie. Projektovaná budova, ako celok, tak musí vyhovovať požiadavke pre preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budov podľa časti 8.2.1 normy STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019. Keďže súčiniteľ prechodu tepla U je priamo závislý od základnej charakteristiky tepelnoizolačných materiálov, t.j. súčiniteľa tepelnej vodivosti, kde výrobcovia tepelnoizolačných materiálov uvádzajú jeho deklarovanú hodnotu λ_D , je preto veľmi dôležité správne určenie návrhovej hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti λ .

4.1.3 Vyhláška č. 35/2020 Z.z.

Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky z 11. februára 2020, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.

Táto vyhláška, ktorá nadobudla účinnosť 10. marca 2020 zmenila a doplnila rozsah stále platnej vyhlášky č. 364/2012 Z.z. v rozsah postupu výpočtu energetického hodnotenia nových a obnovovaných budov:

Projektové hodnotenie alebo normalizované hodnotenie sa spracúva ako:

Tepelnotechnický návrh a posúdenie stavebných konštrukcií a budovy

- Základné údaje o stavebných konštrukciách a budove,
- Geometrická schéma budovy, orientácia podľa svetových strán, rozdelenie na tepelné zóny,
- Požiadavky a kritériá na konštrukcie teplovýmenného obalu budovy a vnútorné deliace konštrukcie,
- Navrhované riešenie stavebných konštrukcií,
- Posúdenie tepelnotechnických vlastností stavebných konštrukcií:
 - posúdenie kritéria na minimálne tepelnoizolačné vlastnosti stavebných konštrukcií (výpočet súčiniteľa prechodu tepla všetkých druhov (skladieb) plných stavebných konštrukcií, všetkých druhov a veľkostí otvorových konštrukcií podľa orientácie),
 - posúdenia kritéria na minimálnu teplotu vnútorného povrchu (posúdenie detailov metódou plošného teplotného poľa), rizika rastu plesní a rosného bodu (zasklené konštrukcie),
 - posúdenie kritéria na minimálnu priemernú výmenu vzduchu v miestnosti vrátane stanovenia objemu vzduchu výmenou spätným získavaním tepla (rekuperáciou),
 - posúdenie energetického kritéria (mesačnou alebo hodinovou metódou),
 - posúdenie potreby tepla na vykurovanie a preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budovy (podľa kategórie budovy),
 - posúdenie kondenzácie vodnej pary v stavebných konštrukciách,
- Hodnotenie podľa technickej normy STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019, alebo inej obdobnej technickej špecifikácie s porovnateľnými alebo prísnejšími požiadavkami.

Energetické posúdenie technického systému budovy

Posúdenie sa vykoná v závislosti od technického riešenia a rozsahu zabudovania technických systémov so stanovením potreby tepla/energie pre jednotlivé miesta spotreby a energetický nosič (napr. plyn, elektrina):

- miesto spotreby na vykurovanie,
- miesto spotreby na prípravu teplej vody,
- miesto spotreby na chladenie a vetranie,
- miesto spotreby energie na osvetlenie.

Posúdenie globálneho ukazovateľa

- výpočet potreby dodanej energie podľa energetických nosičov,
- výpočet primárnej energie,
- výpočet emisií oxidu uhličitého (CO₂).

4.1.4 Požiadavky na pracovné prostredie – kancelársky priestor

Význam pri zabezpečení prijateľného pracovného prostredia kancelárie zohráva technické vybavenie budovy a jeho obsluha. Vplýva na základné parametre mikroklimy, ktorá je určená zložkami: teplota, vlhkosť, tlak a výmena čerstvého vzduchu. Tieto činnosti spadajú do technického facility managementu. Aby podal pracovník maximálny výkon, musí mať vytvorené vhodné pracovné prostredie.

Tepelnú pohodu charakterizujú nasledovné čísla:

- optimálna teplota kancelárií je v rozmedzí: 19 – 21 °C,
- optimálna teplota spoločných priestorov (chodieb): 15 °C,
- rozdiel medzi interiérovou teplotou a exteriérom v lete by nemal byť vyšší ako 6 °C,
- maximálna doba používania klimatizácie – max. 4 hodiny denne,
- ideálna relatívna vlhkosť: 40 - 60 %,
- rýchlosť prúdenia vzduchu: 0,15 – 0,25 m/s,
- množstvo vymeneného vzduchu za hodinu: 30 m³ na osobu,
- denné osvetlenie,
- intenzita osvetlenia by nemala byť nižšia ako 300 Luxov,
- minimálna svetlá výška miestnosti 2,7 m,
- maximálna hladina hluku v kancelárii: 40 dB.

Projektová miestnosť:

Uzavretý pracovný priestor pre štyri až desať osôb, vhodný pre tímovú spoluprácu, ktorá môže byť dôverná a vyžaduje častú internú komunikáciu.

Použitie a aktivity:

- Spoločná práca, ktorá vyžaduje častú komunikáciu v rámci tímu,
- Samostatná práca vyžadujúca stredne sústredenie sa napríklad pre prácu na PC,
- Práce, ktoré vyžadujú určitý stupeň utajenia, ako sú napríklad audity.

Veľkosti a usporiadanie:

- Odporúčaná minimálna plocha je 6 m² na pracovnú stanicu alebo 7,5 m² pri pridaní rokovacieho stola,
- Písacie stoly môžu byť usporiadané „tvárou v tvár“ alebo „chrbát ku chrbtu“, takto sa podporí komunikácia alebo koncentrácie,
- Pokiaľ je to možné, tak stolové usporiadanie užívateľov je s priamym výhľadom na dvere.

Umiestnenie:

- Najlepšie v blízkosti okna, poskytuje výhľad vonku a prístup denného svetla,
- Môže byť umiestnená v blízkosti rušných chodiieb alebo iného otvoreného priestoru, keď je dobre „zaizolovaná“.

Obr. 4.1 Budova – Projektová miestnosť



Poznámky: Vyváženie požadovanej úrovne koncentrácie a interakcie môže byť problematické,

Výhody: Poskytuje určitú mieru súkromia a dôvernosti, rovnako ako interakcie; Tímové nastavenie stimuluje voľný pohyb znalostí a praktického výcviku v rámci tímu; Celkom dobré možnosti pre individuálne ovládanie klimatizácie.

Nevýhody: Od podlahy až k stropu priečka, ktorá má negatívny dopad na nákladovú efektivitu a flexibilitu; Nebezpečenstvo nepredvídateľnej miery využitia (napr. intenzívne využívaný priestor počas určitého projektu a prázdny po dokončení projektu); Tímy sú oddelené od ostatných na pracovisku.

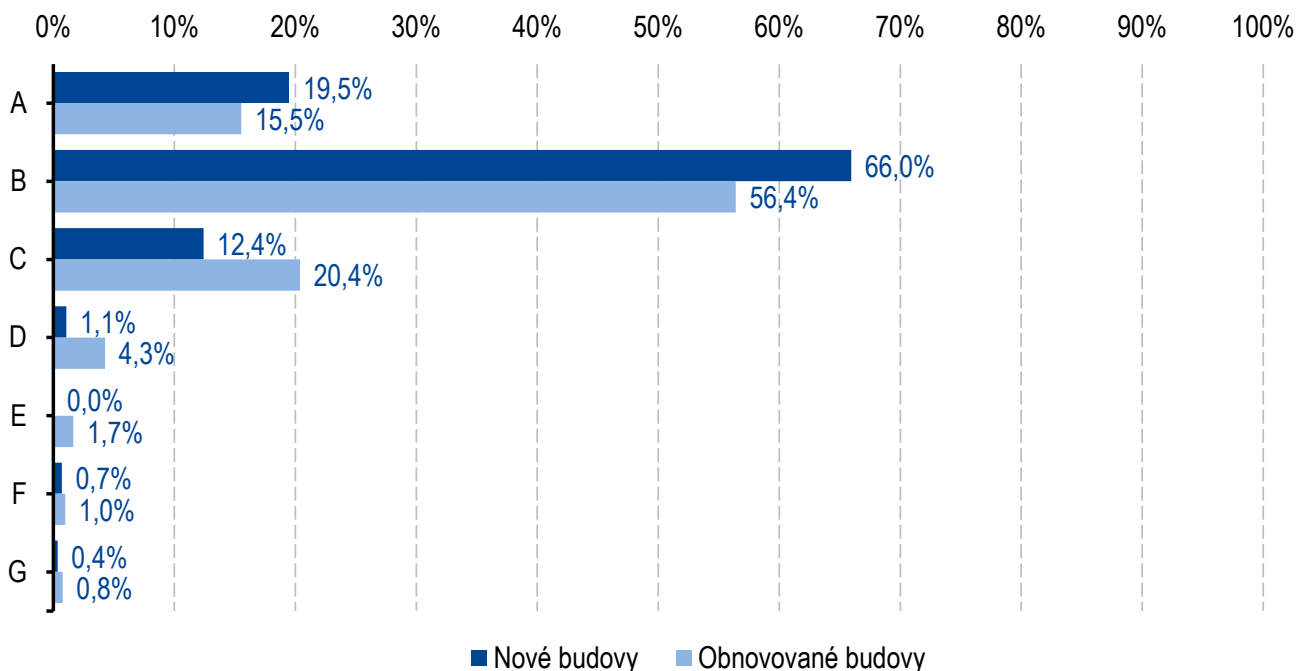
Zdroj: https://www.stuba.sk/buxus/docs/stu/ustavy/ustav_manazmentu/NAB2012-2/clanok4.pdf

Tento faktor vplýva aj na výšku prevádzkových nákladov. Je dôležité, keď je možné systém kúrenia a chladenia jednotlivo regulovať. Úsporu nákladov prinesú aj vlastné merače. Tu je potrebné si uvedomiť, že návrh budov je komplexný a zložitý proces zahrňujúci množstvo parametrov (kritérií), kde možno v zásade rozlišovať: architektonickú tvorbu a konštrukčnú tvorbu budov. Vývoj v navrhovaní budov možno obecné charakterizovať trvalým zvyšovaním požiadaviek a s tým súvisiaci nárast komplexnej zložitosti. V minulosti navrhované budovy boli optimalizované s ohľadom na funkčnú spôsobilosť a investičné náklady. Neskôr sa pridali požiadavky na kvalitu vnútorného prostredia a požiadavky estetické. U súčasných budov stále viac požadujeme energetickú úspornosť a environmentálnu šetrnosť, investičné a prevádzkové náklady s dôrazom na zdravé vnútorné prostredie a čo najmenšie negatívne dopady výstavby na životné prostredie. Optimalizáciou parametrov architektonicko-konštrukčnej tvorby administratívnych budov možno nájsť riešenie rešpektujúce požiadavky súčasnosti.

Z hľadiska platnej EU legislatívy aj jednotlivých štátov EU je potrebné vypracovať:

Spoločný európsky certifikát pre podporu hodnotenia verejných a komerčných nebytových budov na ceste k zníženiu emisií skleníkových plynov. Aby všetky budovy spĺňali požiadavku budovu s takmer nulovou potrebou energie čo sa rozumie budova s veľmi vysokou energetickou hospodárnosťou. Prícom takmer nulové alebo veľmi malé množstvo energie potrebné na užívanie takej budovy musí byť zabezpečené efektívnou tepelnou ochranou a vo vysokej miere energiou dodanou z obnoviteľných zdrojov nachádzajúcich sa v budove alebo v jej blízkosti.

Obr. 4.2 Podiel energetických tried školských budov na Slovensku za obdobie rokov 2016 - 2021



Poznámka: Graf zobrazuje percentuálny podiel jednotlivých energetických tried, do ktorých boli zaradené školské budovy v rokoch 2016 až 2021. Jedná sa o nové školské budovy a školské budovy po významnej obnove. Zo štatistických údajov vyplýva, že prevažná časť školských budov spadá do energetickej triedy B.

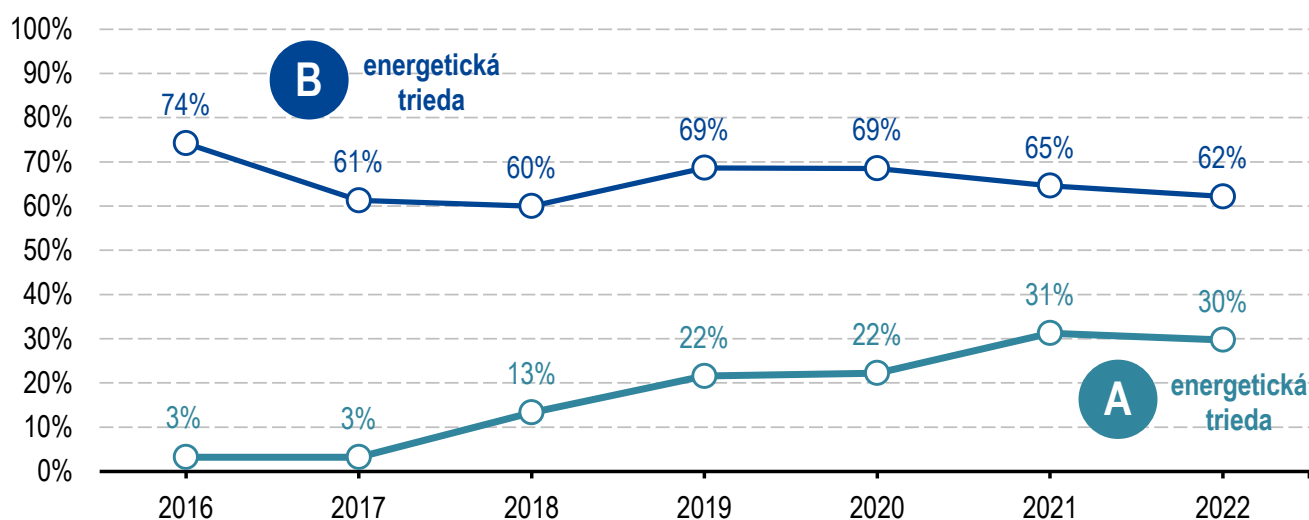
Zdroj: <https://www.inforeg.sk/ec/>

Principiálne môžeme povedať, že po roku 2015, t. j. od 1. januára 2016 máme povinnosť navrhovať, projektovať a realizovať nové budovy v energetickej triede A, pričom do konca roka 2020 to bola tzv. energetická trieda A1 a od 1. januára 2021 je to energetická trieda A0. Ak sa pozrieme na štatistické údaje centrálného registra energetických certifikátov, zisťujeme, že podiel nových školských budov v energetickej triede A nie je dominantný, ale zastáva druhé miesto, pričom prevažná časť energetických certifikátov hodnotila nové školské budovy v energetickej triede B. Zo štatistiky vyplýva, že podiel energetickej triedy A má vzostupný charakter, avšak to nie je dostatočný argument a je potrebné v tejto oblasti zlepšiť návrh, projektovanie a realizáciu nových školských budov.

V prípade obnovovaných školských budov je principiálne požiadavka na energetickú hospodárnosť identická s požiadavkou na nové školské budovy, avšak s dodatkom, ak je takáto obnova budovy technicky, technologicky a ekonomicky uskutočniteľná. Vývoj štatistických údajov od roku 2016 do roku 2021 pre obnovované školské budovy má veľmi podobný trend s novými školskými budovami a teda, že dominuje energetická trieda B za celé spomínané obdobie. Pozitívne môžeme hodnotiť trend vývoja energetickej triedy A, ktorý má mierne vzostupný charakter. Ale podobne ako v prípade nových školských budov, je potrebné aj pri obnove týchto budov hľadať také riešenia, ktoré

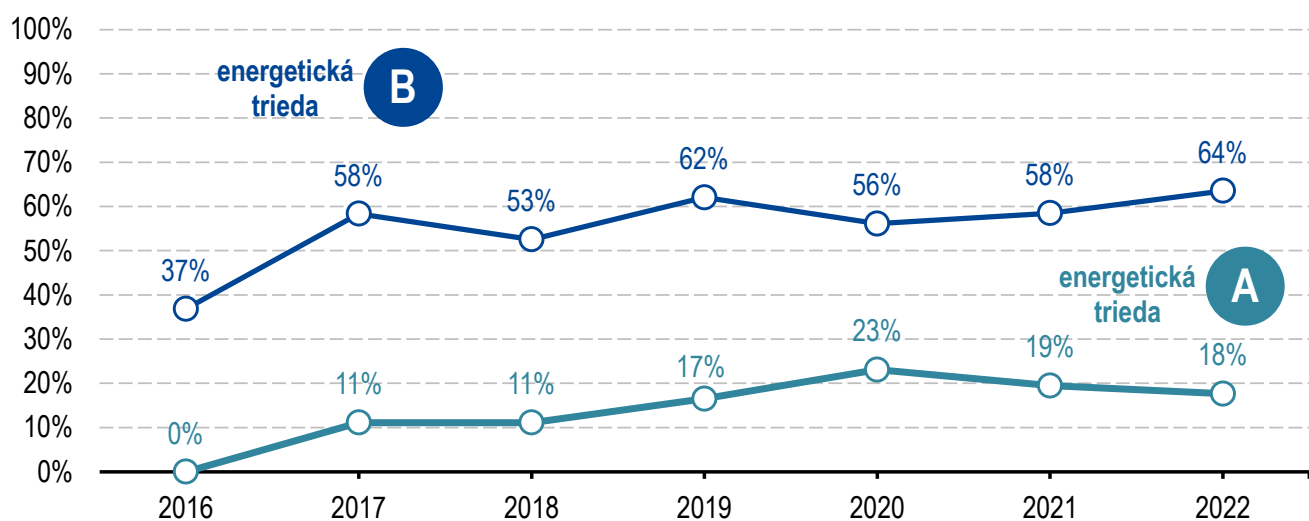
budú využívať na podporu energetickej efektívnosti budovy práve obnoviteľné zdroje energie, ktoré budú uplatňovať prvky zelenej architektúry a podobne.

Obr. 4.3 Trend vybraných energetických tried nových školských budov od roku 2016 do 2021 na Slovensku



Zdroj: <https://www.inforeg.sk/ec/>

Obr. 4.4 Trend vybraných energetických tried obnovovaných školských budov od roku 2016 do 2021 na Slovensku



Zdroj: <https://www.inforeg.sk/ec/>

Budovy sa súčasne budú podieľať aj na dekarbonizácii dopravy. Akým spôsobom? Smernica 844/2018/EÚ zaviedla požiadavky na tzv. elektromobilitu v súvislosti s výstavbou nových školských budov a školských budov, ktoré prechádzajú fázou obnovy. Myšlienka je v tomto smere veľmi jednoduchá a pritom elegantná. Budovy už nebudú len miestom, kde ľudia trávajú takmer 90 % svojho života, ale budú aj tzv. akumulátormi elektrickej energie vyrobenej a uskladnenej na mieste vďaka inštalovaným fotovoltaickým panelom. Táto energia sa bude využívať na prevádzku energeticky efektívnych elektrospotrebičov, podľa rozsahu bude možné v niektorých prípadoch dobíjať batérie elektromobilov (autá, bicykle, kolobežky alebo iné dopravné prostriedky). Je to súčasne jeden z motivačných cieľov Európskej únie, ako do budúcnosti urýchliť a zvýšiť podiel elektromobilov na cestách. Spomínaná smernica zaviedla povinnosť inštalácie potrebnej infraštruktúry, či už sa jedná o káblové rozvody alebo o min. počet nabíjajúcich staníc, a to pre nové ako aj obnovované školské budovy. Pri školských budovách, ktoré majú viac ako 10 parkovacích miest, je teda potrebná min. jedna nabíjacia stanica elektrických vozidiel a každé min. piate parkovacie miesto musí byť vybavené potrebnou infraštruktúrou (káblovými rozvodmi), ktorá umožní neskoršiu inštaláciu nabíjacej stanice pre elektrické vozidlo. Naša legislatíva (zákon č. 378/2019) tieto požiadavky vyžaduje od 11. marca 2021 a teda nielen pre nové, ale aj pre obnovované školské budovy. Významná obnova budovy môže vyžadovať rôznu výšku finančných nákladov a preto, v prípadoch kde by náklady na realizáciu elektrických rozvodov pre elektromobily presiahli 7 % nákladov významnej obnovy, sa zákon nebude uplatňovať. Samozrejme, pokiaľ sa investor rozhodne s inštaláciou potrebnej infraštruktúry (elektrických káblov) alebo nabíjacej stanice, aj napriek týmto faktom, bude to pozitívny signál, ktorý bude motivovať ostatných k podobným rozhodnutiam. Okrem týchto vyššie spomínaných požiadaviek pre nové a obnovované školské budovy, zákon č. 378/2019 vyžaduje od roku 2025, aby každá školská budova s viac ako 20 parkovacími miestami mala min. jednu nabíjajúcu stanicu elektrických vozidiel.

Obr. 4.5 Budovanie infraštruktúry pre elektromobily v rámci výstavby nových a obnovovaných školských budov



Poznámka: V prípade školských budov je povinnosťou od 11. marca 2021 v prípade, že parkovisko má viac ako 10 miest, vybudovať patričnú infraštruktúru (elektrické rozvody) pre každé piate parkovacie miesto a zrealizovať min. jednu nabíjajúcu stanicu elektrických vozidiel.

Zdroj: M. Kováč

Procesu energetickej certifikácie podliehajú vybrané kategórie budov a pre každú kategóriu budovy sú definované miesta spotreby energie. Vo všeobecnosti sa jedná o 4 miesta spotreby energie a to: Vykurovanie, Príprava teplej vody, Nútené vetranie a chladenie, a Osvetlenie. V prípade školských budov sa hodnotia všetky 4 miesta spotreby energie, pre ktoré sa určia energetické triedy v rozsahu A až G na základe ich potreby energie. Následne sa stanoví dodaná energia budove, ktorá je základom pre výpočet množstva primárnej energie a emisií oxidu uhličitého. Primárna energia je závislá od konverzného faktora pre použitý energetický nosič, ktorým môže byť elektrická energia alebo biomasa resp. iné palivo. Primárna energia je globálnym ukazovateľom energetickej hospodárnosti budovy a jej energetická trieda sa pohybuje v rozsahu A0 až G. A od 1. januára 2021 musia byť všetky nové školské budovy v energetickej triede A0. To znamená, že pri spracovávaní projektovanej dokumentácie na stavebné povolenie musia byť už jasné systémy vykurovania, prípravy teplej vody, núteného vetrania a chladenia, a osvetlenia, aby bolo možné určiť ich energetickú triedu a musia byť zrejme aj energetické nosiče, ktoré budú použité pre zdroj tepla na vykurovanie a prípravu teplej vody, resp. zdroje chladu pre systém chladenia. To všetko vytvára predpoklady k tomu, že energetická trieda stanovená v rámci projektového hodnotenia školskej budovy bude rovnaká ako energetická trieda budovy stanovená v rámci normalizovaného hodnotenia na základe skutočného vyhotovenia stavby pre účely získania kolaudačného rozhodnutia. Ak sa počas realizácie budovy plánuje zásadná zmena v projektovanom systéme z projektovanej dokumentácie na stavebné povolenie, je potrebné túto zmenu najskôr prehodnotiť z hľadiska jej dopadov na globálny ukazovateľ primárnej energie. V prípade, že sa jej realizáciou nezhorší pôvodná energetická trieda budovy, je možné tieto zmeny uskutočniť. Samozrejme pokiaľ sa nejedná o zmeny, ktoré si vyžadujú informovanie príslušných úradov a ich schválenie.

Obr. 4.6 Miesta spotreby energie v školskej budove



Poznámka: Existujú 4 miesta spotreby energie, ktoré môžu byť predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti budovy a to v závislosti od tzv. kategórie budovy. V prípade školských budov sa hodnotia všetky 4 miesta spotreby energie.

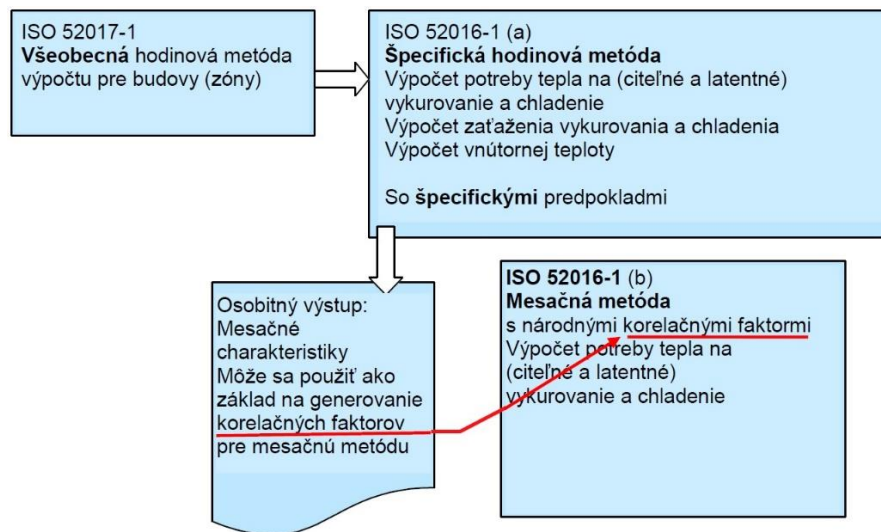
Zdroj: M. Kováč

4.1.5 Výpočtové metódy podľa STN EN ISO 52016-1, TNI CEN ISO/TR 52016-2 a STN EN ISO 52017-1

ISO 52016-1 predstavuje koherentný súbor metód výpočtu na rôznej úrovni podrobností, na (citelnú) potrebu tepla na vykurovanie a chladenie priestoru, (latentnú) potrebu tepla na odvlhčovanie/zvlhčovanie budovy, na určenie vnútornej teploty a na určenie vykurovacieho a/alebo chladiaceho zariadenia. Môže sa zohľadňovať aj vplyv špecifických vlastností systému, ako napríklad maximálny výkon vykurovania alebo chladenia a vplyv osobitných ustanovení o riadení systému. ISO 52016-1 obsahuje hodinové aj mesačné výpočty. Tieto výpočty sú navzájom úzko prepojené; čo najviac ako sa dá, využívajú rovnaké vstupné údaje a predpoklady. Hodinová metóda produkuje ako dodatočný výstup kľúčové mesačné hodnoty, potrebné na generovanie parametrov pre mesačnú výpočtovú metódu. To znamená, že vytvorené prípadové štúdie (rôznych typov budov) na národnej úrovni možno spúšťať/spustiť hodinovou metódou a z týchto prípadových štúdií je možné generovať/odvodiť mesačné korelačné faktory pre mesačnú metódu. ISO 52016-1 bola vypracovaná pre budovy, ktoré sú, alebo sa predpokladá, že sú vykurované a/alebo chladené za účelom dosiahnutia tepelnej pohody ich obyvateľov; ale môže byť použitá aj pre iné typy budov (napr. priemyselné,

poľnohospodárske, budovy bazénov a iné), pokiaľ sa vyberú vhodné vstupné údaje a zohľadní sa vplyv osobitných fyzikálnych podmienok. ISO 52016-1 nahrádza ISO 13790: 2008. Obsahuje (novú) hodinovú metódu výpočtu a mesačnú metódu výpočtu. Hodinová metóda výpočtu je špecifická aplikácia všeobecnej metódy uvedenej v ISO 52017-1 ISO 52016-1 ďalej obsahuje špecifické okrajové podmienky, špecifické zjednodušenia a vstupné údaje na použitie: výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie. Vzťah medzi normami ISO 52016-1 a ISO 52017-1 je znázornený na obrázku 4.7.

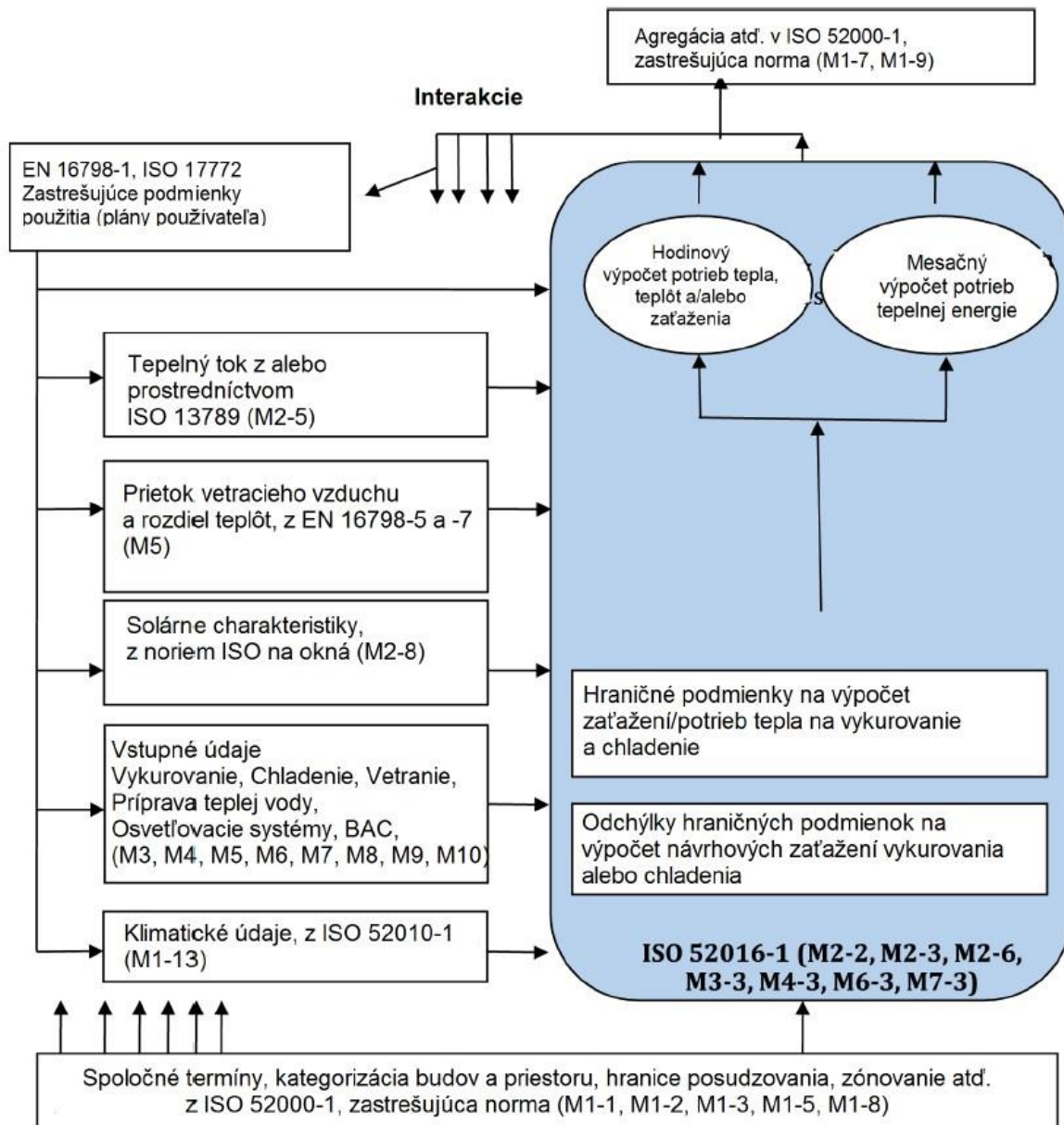
Obr. 4.7 Vzťah medzi ISO 52016-1 a ISO 52017-1



Poznámka: Ako je znázornené na obrázku, ISO 52017-1 hrá úlohu referenčnej metódy výpočtu. Je teda referenčnou metódou napríklad aj pre metódu popísanú normou ISO 52016-1. Pre ostatné vzťahy (vstupy-výstupy) s inými normami EN a ISO v súbore noriem EHB je relevantná len ISO 52016-1. Vstupy a interakcie normy ISO 52016-1 s ďalšími normami EHB sú uvedené na obrázku 4.8

Referenčná hodinová metóda podľa ISO 52017-1

ISO 52017-1 je všeobecná referenčná hodinová metóda výpočtu pre výpočet tepelnej bilancie v budove alebo zóne budovy. Hlavnými výstupnými veličinami sú vnútorná teplota a vnútorná stredná radiačná teplota a teplota (odvodená z týchto dvoch) operatívna. V prípade potrieb tepla na vykurovanie alebo chladenie sa výpočet môže vykonať tak, že potreba energie na vykurovanie alebo chladenie je výstup, pri daných nastavených hodnotách vykurovania a/alebo chladenia pre operatívnu teplotu. Požadovaná technika riešenia pre tento spôsob výpočtu však nie je uvedená vo všeobecnej metóde výpočtu, pretože voľba techniky riešenia závisí od konkrétneho použitia (celkovej požadovanej presnosti, dostupných vstupných údajov, uvažovaných možnostiach systému riadenia atď.). To je obsiahnuté v ISO 52016-1. ISO 52017-1 tiež obsahuje rovnicu vlhkostnej bilancie, prevzatú z ISO 13791: 2012 (informatívnej) prílohy K, ktorá však bola upravená na všeobecnejšie (normatívne) vzorce. To napríklad umožnilo zahrnúť absorpciu alebo desorpciu materiálov do rovníc vlhkostnej bilancie, bez toho, aby sa určilo, ako sa získajú; táto špecifikácia je ponechaná na normy so zameraním na špecifické aplikácie (napr. ISO 52016-1). Krok od vlhkostnej bilancie k latentnému zaťaženiu a potrebe tepla je taktiež uvedený, ale opäť len všeobecným spôsobom, pretože skutočné latentné tepelné zaťaženie závisí od konkrétneho použitia, ktoré je obsiahnuté v ISO 52016-1.



Hodinová metóda podľa ISO 52016-1

ISO 52016-1 obsahuje špecifickú hodinovú metódu výpočtu energetických zaťažení a potrieb tepla na vykurovanie a chladenie a hodinovej vnútornej teploty (vzduchu, strednú radiačnú teplotu a operatívnu teplotu). Obsahuje tiež špecifickú hodinovú metódu výpočtu vlhkosťného zaťaženia a latentnej potreby tepla na zvlhčovanie (odvlhčovanie) a hodinového obsahu vlhkosti vnútorného vzduchu (vlhkosť). Predpoklady a zjednodušenia boli zvolené takým spôsobom, aby bola dosiahnutá dostatočná presnosť (napr. vo vzťahu k spoľahlivosti vstupných údajov a okrajových podmienok) s minimom požadovaných vstupných údajov. Vstupné údaje, ktoré má používateľ zozbierať, sú rovnaké alebo rovnocenné vstupným údajom pre zjednodušenú mesačnú metódu výpočtu.

Mesačná metóda podľa ISO 52016-1

ISO 52016-1 obsahuje špecifickú mesačnú metódu výpočtu pre výpočet (mesačných) potrieb tepla na vykurovanie a chladenie, plus špecifickú jednoduchú mesačnú metódu výpočtu pre výpočet (mesačných) potrieb tepla na zvlhčovanie/odvlhčovanie.

4.1.6 Mesačný výpočtový postup podľa STN EN ISO 52016-1

Mesačná výpočtová metóda pokrýva oblasť použitia pre výpočet potreby (citeľného a latentného) tepla. Z dôvodu mesačného časového intervalu nepokrýva výpočet vnútornej teploty ani výpočet návrhu zaťaženia vykurovania a chladenia. Napriek tomu, je v tejto metóde pridaný zjednodušený ukazovateľ na odhadnutie rizika prehriatia v tepelnej zóne. Mesačná metóda využíva mesačné klimatické údaje a mesačné priemerné podmienky používania budovy a modely harmonogramov obsadenosti. Pretože fyzikálne procesy sú vysoko nelineárne, existuje mnoho dynamických efektov, ktoré nie je možné explicitne vyčíslieť pomocou mesačných priemerných hodnôt. Tieto sa aproximujú koreláciou alebo jednoduchými korekčnými faktormi. Dĺžky sezón vykurovania, chladenia, zvlhčovania a odvlhčovania sú definované časom prevádzky príslušných technických systémov. To sa musí brať do úvahy pri výpočtoch špecifických pre daný systém. Môže sa líšiť v čase vyplývajúcom z výpočtu základných potrieb tepla. Pretože sú možné mesiace s potrebami na vykurovanie aj chladenie, a pretože to nie je možné predpovedať bez toho, aby sa vykonal skutočný výpočet, pre každý mesiac sa vykonávajú dva nezávislé výpočty:

- Výpočet potrieb na vykurovanie s predpokladmi pre režim vykurovania (napr. pri použití solárnych žalúzií, vetrania),
- Výpočet potrieb na chladenie s predpokladmi pre režim chladenia (napr. pri použití solárnych žalúzií, vetrania).

V skutočnosti budú dni v režime vykurovania a dni v režime chladenia striedavo. Potreby tepla na vykurovanie, chladenie, zvlhčovanie a odvlhčovanie sa vypočítavajú s predpokladom nekonečného výkonu systémov. Z dôvodu mesačného časového intervalu výpočtu je možné všetky časovo-variantné interakcie s technickými systémami v budove modelovať iba zjednodušene, a to najmä zavedením korelačných súčiniteľov. Hodnoty týchto súčiniteľov sú vo väčšine prípadov nevyhnutnou funkciou klímy, správania používateľov a napr. typu systémov a riadenia systému. Vykurovanie a chladenie v tom istom mesiaci sa určujú vykonaním dvoch samostatných výpočtov, z ktorých každý má svoje vlastné hodnoty pre rôzne premenné a parametre, odrážajúce reprezentatívne podmienky vykurovania alebo chladenia (napr. na vetranie, spätné získavanie tepla, ochranu proti slnečnému žiareniu atď.). Potreby vykurovania a chladenia sa vypočítavajú pre všetkých dvanásť mesiacov roka (pričom pre niekoľko mesiacov môže byť potreba vykurovania alebo chladenia nulová). Potreby tepla na aktívny predohrev alebo predchladenie hygienického vetrania vzduchom (napr. vzduchotechnickou jednotkou alebo ventilátorom) nie sú zahrnuté do tejto metódy (a preto nie sú zahrnuté do potrieb tepla/energie na vykurovanie a chladenie).

Podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 je výpočet mernej potreby tepla $Q_{H,nd}$ pri uvažovaní neprerušovaného vykurovania hodnotením energetického kritéria, ktoré zohľadňuje vplyv stavebných konštrukcií na maximálnu potrebu tepla bez zohľadnenia kategórie budovy podľa účelu jej užívania. Budovy spĺňajú energetické kritérium, ak majú v závislosti od faktora tvaru budovy mernú potrebu tepla:

$$Q_{H,nd} \leq Q_{H,nd,N} \quad (4.1)$$

kde:

$Q_{H,nd}$ je merná potreba tepla v kWh/(m².a) alebo kWh/(m³.a),

$Q_{H,nd,N}$ normalizovaná hodnota mernej potreby tepla podľa Tab. 4.1, stanovená v kWh/(m².a) pre bytové a nebytové budovy a je stanovená pre nebytové budovy s konštrukčnou výškou viac ako 2,8 m, ktoré nespĺňajú prvú požiadavku, v kWh/(m³.a).

Tab. 4.1 Hodnoty $Q_{H,nd,N}$

Faktor tvaru budovy 1/m	Potreba tepla na vykurovanie									
	Maximálna hodnota $Q_{H,nd,max}$		Normalizovaná (požadovaná) hodnota $Q_{H,nd,N}$ od 1. 1. 2013		Odporúčaná hodnota $Q_{H,nd,r1}$ normalizovaná (požadovaná) od 1. 1. 2016		Cieľová hodnota od 1. 1. 2021			
							$Q_{H,nd,r2}$ normalizovaná (požadovaná)		$Q_{H,nd,r3}$ odporúčaná	
	$Q_{H,nd,max1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,max2}$ kWh/(m ³ .a)	$Q_{H,nd,N1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,N2}$ kWh/(m ³ .a)	$Q_{H,nd,r1,1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,r1,2}$ kWh/(m ³ .a)	$Q_{H,nd,r2,1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,r2,2}$ kWh/(m ³ .a)	$Q_{H,nd,r3,1}$ kWh/(m ² .a)	$Q_{H,nd,r3,2}$ kWh/(m ³ .a)
0,3	70,00	25,00	50,00	17,90	25,00	8,93	25,00	8,93	12,50	4,47
0,4	78,60	28,10	57,10	20,40	28,55	10,20	28,55	10,20	14,28	5,10
0,5	87,10	31,10	64,30	23,00	32,15	11,49	32,15	11,49	16,08	5,75
0,6	95,70	34,20	71,40	25,50	35,70	12,75	35,70	12,75	17,85	6,38
0,7	104,30	37,50	78,60	28,10	39,30	14,04	39,30	14,04	19,65	7,02
0,8	112,90	40,30	85,70	30,60	42,85	15,31	42,85	15,31	21,43	7,66
0,9	121,40	43,40	92,90	33,20	46,45	16,60	46,45	16,60	23,23	8,30
≥ 1,0	130,00	46,50	100,00	35,70	50,00	17,86	50,00	17,86	25,00	8,93

POZNÁMKA 1. – Merná potreba tepla stanovená podľa tejto normy slúži na vzájomné porovnanie projektového riešenia budov zohľadnením vplyvu osadenia budovy vzhľadom na svetové strany a tepelnotechnickej kvality stavebných konštrukcií. Nie je hodnotením skutočnej spotreby energie v konkrétnych podmienkach osadenia a spôsobu užívania budovy.

POZNÁMKA 2. – Faktor tvaru budovy A/V_b , v 1/m, stanovený podľa STN EN ISO 52003-1, je podielom súčtu plôch teplovýmenných konštrukcií (plocha stavebných konštrukcií A , v m², ktorými sa uskutočňujú tepelné straty a tepelné zisky) a obostavaného priestoru V_b , v m³.

POZNÁMKA 3. – Hodnoty $Q_{H,nd}$ pre medziľahlé hodnoty A/V_b sa určia lineárnou interpoláciou tabuľkových hodnôt.

POZNÁMKA 4. – Vypočítané hodnoty sa zaokrúhľujú na stotiny.

Výpočet $Q_{H,nd}$ sa vykoná podľa STN EN ISO 52016-1 mesačnou alebo hodinovou metódou. Pre bytové budovy s neprerušovaným vykurovaním možno použiť sezónnu metódu ako informatívne hodnotenie. Merná potreba tepla $Q_{H,nd}$ sa stanoví na neprerušované vykurovanie a na rozdiel teplôt vnútorného a vonkajšieho vzduchu ($\theta_{ai} - \theta_{ae}$), v K, uvažovaný pri stanovení mernej tepelnej straty budovy podľa STN EN ISO 13789.

Výpočet potreby tepla na preukázanie predpokladu splnenia minimálnej požiadavky na energetickú hospodárnosť budovy zohľadňuje aj prevádzkový čas vykurovania budov so stanoveným vplyvom na pokles vnútornej teploty v budove určenej kategórie. Predpoklad energetickej hospodárnosti spĺňajú budovy, ak majú v závislosti od kategórie budovy potrebu tepla na vykurovanie:

$$Q_{EP} \leq Q_{N,EP} \quad (4.2)$$

kde:

$Q_{N,EP}$ je normalizovaná hodnota potreby tepla na vykurovanie na dosiahnutie energetickej hospodárnosti budovy, v kWh/(m².a) podľa Tab. 4.2,

Q_{EP} Je potreba tepla na vykurovanie na preukázanie predpokladu splnenia minimálnej požiadavky na energetickú hospodárnosť budovy, v kWh/(m².a).

POZNÁMKA 1. – Merná potreba tepla na vykurovanie na stanovenie predpokladu splnenia minimálnej požiadavky na energetickú hospodárnosť budovy podľa normy STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 slúži na vzájomné porovnanie budov pri zohľadnení vplyvu osadenia budovy vzhľadom na svetové strany, tepelnotechnickú kvalitu stavebných konštrukcií a normalizovaný spôsob užívania. Nie je hodnotením skutočnej spotreby energie v konkrétnych podmienkach.

POZNÁMKA 2. – Potreba tepla na vykurovanie podľa tejto normy sa používa na projektové a normalizované energetické hodnotenie podľa STN EN 52003-1 s uvažovaním klimatických podmienok podľa STN 73 0540-3 na výpočet energetickej hospodárnosti budov.

POZNÁMKA 3. – Výpočet potreby tepla na vykurovanie sa vykoná v súlade s STN EN ISO 52016-1 mesačnou metódou alebo hodinovou metódou. Pre bytové budovy s neprerušovaným vykurovaním sa môže použiť sezónna metóda ako informatívne hodnotenie.

POZNÁMKA 4. – Preukázanie dosiahnutia úrovne ultranízkoenergetickej výstavby a úrovne budov s takmer nulovou potrebou energie ovplyvňuje okrem potreby tepla na vykurovanie aj potreba energie na vykurovanie a potreba energie pre ostatné miesta spotreby energie (príprava teplej vody, chladenie, vetranie, osvetlenie). Pri budovách s takmer nulovou potrebou energie je potrebné zohľadniť vplyv obnoviteľných zdrojov na energetickú hospodárnosť budovy

Tab. 4.2 Preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budovy

Kategória budovy	Faktor tvaru	Konštrukčná výška	Teplota vnútorného vzduchu	Výmena vzduchu	Vnútorná výpočtová teplota počas tímej prevádzky	Upravená vnútorná výpočtová teplota pre prerušované vykurovanie	Počet dennostupňov pre vykurovanie obdobia 2/12 dní	Hodnoty potreby tepla na vykurovanie na preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budovy			
								Normalizovaná hodnota $Q_{N,EP}$ od 1.1.2013	Odporúčaná hodnota $Q_{r1,EP}$ od 1.1.2016	Cieľová hodnota od 1.1.2021	
										Maximálna $Q_{r2,EP}$	Odporúčaná $Q_{r3,EP}$
								kWh/(m ² .a)			
Budovy škôl a školských zariadení	0,3	3,3	20	0,5	17	18,4	3083	53,2	27,6	27,6	13,8

Ročná potreba tepla (annual energy need) na vykurovanie, podľa STN EN ISO 52016-1:2021(SK)

$Q_{H,nd;ztc;an}$ v kWh, pre tepelne upravovanú zónu *ztc* sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H,nd;ztc;an} = \sum_{m=1}^{12} Q_{H,nd;ztc;m} \quad (4.3)$$

kde:

$Q_{H,nd;ztc;m}$ je mesačná potreba tepla (monthly energy need) na vykurovanie pre tepelne upravovanú zónu *ztc* a mesiac *m* v kWh.

Pri výpočte mesačnej potreby tepla na vykurovanie sa rozlišuje medzi mesiacmi s dlhým obdobím neobsadenosti a bez obdobia neobsadenosti. Pre každú tepelne upravovanú zónu *ztc* a pre každý mesiac *m* sa mesačná potreba tepla na vykurovanie $Q_{H,nd;ztc;m}$ v kWh, vypočíta podľa jedného z nasledujúcich prípadov:

- Pre mesiace bez obdobia dlhodobej neobsadenosti sa vypočíta pomocou nasledujúcich dvoch vzorcov:

$$\text{- ak } \gamma_{H;ztc;m} \leq 0 \quad \text{a} \quad Q_{H;gn;ztc;m} > 0 \quad \text{potom } Q_{H,nd;ztc;m} = 0 \quad (4.4)$$

$$\text{- ak } \gamma_{H;ztc;m} > 2 \quad \text{potom } Q_{H,nd;ztc;m} = 0 \quad (4.5)$$

$$\text{- inak} \quad Q_{H,nd;ztc;m} = (Q_{H;ht;ztc;m} - \eta_{H;gn;ztc;m} \cdot Q_{H;gn;ztc;m}) \quad (4.6)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$\gamma_{H;ztc;m}$ je bezrozmerný pomer tepelnej bilancie pre režim vykurovania stanovený podľa vzorca (4.56),

$Q_{H;ht;ztc;m}$ je celkový prenos tepla pre režim vykurovania (total heat transfer for the heating) v kWh podľa vzorca (4.8),

$\eta_{H;gn;ztc;m}$ je faktor využitia tepelných ziskov [-] podľa vzorcov (4.52) alebo (4.53) alebo (4.54) alebo (4.55),

$Q_{H;gn;ztc;m}$ sú celkové tepelné zisky pre režim vykurovania (total heat gains for the heating) v kWh podľa v (4.9).

- Pre mesiace s obdobím dlhodobej neobsadenosti sa vypočíta pomocou článku 6.6.11.5. STN 52016-1

Termíny „total heat transfer“ a „total heat gains“ v rovniciach tepelnej bilancie sú približné pomenovania. Tepelná bilancia:

$$H_{ht} \cdot \Delta\theta = Q_{gn} \quad (4.7)$$

Z ľavej strany bilančnej rovnice: v skutočnosti „total heat transfer“ (H_{ht}) pokrýva všetky výrazy v energetickej bilancii, ktoré sú úmerné rozdielu teploty medzi vnútorným a vonkajším prostredím ($\Delta\theta$). Z pravej strany bilančnej rovnice: „total heat gains“ pokrývajú všetky ostatné termíny: množstvá tepla (alebo chladu), ktoré nie sú úmerné rozdielu teplôt, ale sú „autonómne“, ako napríklad solárne a (väčšinou) vnútorné tepelné zisky. Potreba tepla na vykurovanie alebo chladenie sa potom pridá (chladenie: so záporným znamienkom) na pravú stranu tejto rovnice, aby sa zabránilo príliš nízkemu teplotnému rozdielu na ľavej strane. Aj keď toto, vo veľmi veľkej miere, zodpovedá skutočnému prenosu tepla verzus skutočným tepelným ziskom, existujú aj situácie, v ktorých sa to môže líšiť. Napríklad osobitý prenos tepla spôsobený oblohovou teplotou, ktorá sa líši od teploty vonkajšieho vzduchu, je záporným ziskom, pretože nie je úmerný rozdielu teplôt v interiéri a exteriéri. Prenos tepla prechodom z teplejšieho vonkajšieho prostredia do tepelnej zóny je zápornou stratou. Druhá časť prvej podmienky ak ($\gamma_{H;ztc;m} \leq 0$ a $Q_{H;gn;ztc;m} > 0$) sa zavádza preto, aby sa vo výnimočných prípadoch s malými solárnymi a vnútornými ziskami v kombinácii s negatívnymi ziskami zo žiarenia z oblohy, nastavila potreba tepla na vykurovanie na nulu. Druhá podmienka ($\gamma_{H;ztc;m} > 2,0$) sa zavádza, aby sa zabránilo tomu, že ani v letných mesiacoch kedy sa potreba tepla na vykurovanie nikdy nedostane presne na nulu (matematickou povahou vzorcov), sa táto potreba rovnala nule. Mohlo by sa stať, že potreba tepla na vykurovanie by nadobudla (veľmi) malú hodnotou, ktorá by sa vo výpočtoch mohla javiť ako nula v dôsledku zaokrúhľovania, ale napríklad vo výpočtoch pomocou výpočtových programov to tak nemuselo v skutočnosti byť.

Celkový prenos tepla a tepelné zisky (total heat transfer and heat gains)

Pre každú zónu a každý mesiac sa celkový prenos tepla (total heat transfer) pre režim vykurovania $Q_{H;ht;ztc;m}$ v kWh, vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;ht;ztc;m} = Q_{H;tr;ztc;m} + Q_{H;ve;ztc;m} \quad (4.8)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$Q_{H;tr;ztc;m}$ je celkový prenos tepla prechodom tepla na vykurovanie (total heat transfer by transmission) v kWh podľa vzorca (4.10),

$Q_{H;ve;ztc;m}$ je celkový prenos tepla vetraním na vykurovanie (total heat transfer by ventilation) v kWh podľa vzorca (4.18).

Celkové tepelné zisky v režime vykurovania (total heat gains for the heating) $Q_{H;gn;ztc;m}$ v kWh, sa vypočítajú podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;gn;ztc;m} = Q_{H;int;ztc;m} + Q_{H;sol;ztc;m} \quad (4.9)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$Q_{H;int;ztc;m}$ je súčet vnútorných tepelných ziskov (internal heat gains) na vykurovanie v kWh podľa vzorca (4.24),

$Q_{H;sol;ztc;m}$ je súčet solárnych tepelných ziskov (solar heat gains) na vykurovanie v kWh podľa vzorca (4.28).

Prenos tepla prechodom tepla (total heat transfer by transmission)

Celkový prenos tepla prechodom tepla (total heat transfer by transmission) na vykurovanie $Q_{H;tr;ztc;m}$ v kWh, sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;tr;ztc;m} = (H_{H;tr(excl.gf;m);ztc;m} \cdot (\theta_{int;cal;H;ztc;m} - \theta_{e;a;m}) + H_{gr;an;ztc;m} \cdot (\theta_{int;cal;H;ztc;m} - \theta_{e;a;an})) \cdot 0,001 \cdot \Delta t_m \quad (4.10)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$H_{H;tr(excl.gf;m);ztc;m}$ je celkový merný tepelný tok prechodom tepla (overall heat transfer coefficient by transmission) na vykurovanie, pre všetky stavebné prvky s výnimkou prvkov v styku so zeminou, v W/K podľa vzorca (4.11),

$\theta_{int;cal;H;ztc;m}$ výpočtová teplota zóny na vykurovanie v °C,

$\theta_{e;a;m}$ mesačná priemerná teplota vzduchu vonkajšieho prostredia v °C, získaná z príslušnej normy EHB modulu M1 -13,

$H_{gr;an;ztc;m}$ merný tepelný tok stavebnými prvkami v tepelnom styku so zeminou, vrátane podláh na teréne, vyvýšených podláh a suterénov, pre tepelnú zónu ztc a mesiac m na základe ročného teplotného rozdielu, vo W/K, podľa normy STN EN ISO 13789,

$\theta_{e;a;an}$ priemerná teplota vonkajšieho prostredia za celý rok v °C, získaná z príslušnej normy EHB modulu M 1-13,

Δt_m dĺžka trvania mesiaca m v h, získaná z príslušnej normy EHB podľa modulu M1-13.

POZNÁMKA 1. — Podľa dohody, je merný tepelný tok prechodom a vetraním uvažovaný v smere zvnútra von. Prenos tepla alebo časť prenosu tepla môže mať počas určitého obdobia záporné znamienko, v tomto prípade je teplo do zóny dodávané.

POZNÁMKA 2. — Merný tepelný tok prechodom stavebnými prvkami v tepelnom styku so zeminou, sa zakladá na priemernom ročnom teplotnom rozdiel. Merný tepelný tok sa nemôže zakladať na mesačnom strednom teplotnom rozdiel.

Tab. 4.3 Návrhová vnútorná teplota a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu v zimnom období

Druh miestnosti s požadovaným stavom vnútorného prostredia	Návrhová vnútorná teplota $\Theta_{int,set,H}$ [°C]	Návrhová relatívna vlhkosť vzduchu φ [%]
Budovy škôl a školských zariadení		
Prednáškové sály, učebne, kresliarne, rysovne, kabinety, laboratóriá, jedálne	20	50
Učebné dielne	18	50
Telocvične	15	70
Šatne pri telocvičniach	20	50
Sprchy prezliekarnie, kúpeľne a šatne	24	80
Ošetrovne	24	50
Vykurované vedľajšie miestnosti (chodby, schodištia, záchody, šatne len na vonkajší odev a iné)	15	50
Materské školy, jasle – učebne, herne, spálne		

Učebne, herne, spálne	22	50
Šatne pre deti	20	50
Umyvárne pre deti, WC	24	80
Izolačné miestnosti	22	50

Tab. 4.4 Počet dní vykurovacieho obdobia, priemerná vonkajšia teplota

		Október	31
		November	30
		December	31
Počet dní vykurovacieho obdobia/počet vykurovacích dní podľa mesiacov	212	Január	31
		Február	28
		Marec	31
		Apríl	30
		Október	9,8
		November	4,3
		December	-0,3
Priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacieho obdobia/priemerná vonkajšia teplota podľa mesiacov Θ_e [°C]	3,86	Január	-1,8
		Február	0,4
		Marec	4,6
		Apríl	9,9

Celkový merný tepelný tok prechodom (overall heat transfer coefficient by transmission)

Celkový merný tepelný tok prechodom na vykurovanie pre všetky stavebné prvky, s výnimkou prvkov v kontakte so zemínou, pre tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m , vo W/K sa vypočíta podľa vzorca:

$$H_{H,tr(excl,gf);ztc;m} = \sum_k (H_{H,el,k;m}) + H_{tr;tb;ztc} \quad (4.11)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$H_{H,el,k;m}$ je celkový merný tepelný tok prechodom tepla (overall heat transfer coefficient by transmission) na vykurovanie pre každý prvok (stavebnú konštrukciu) (element) k , v mesiaci m , vo W/K, podľa vzorca (4.12) alebo (4.13) alebo (4.14),

$H_{H,tb;ztc}$ je celkový merný tepelný tok vplyvom tepelných mostov (overall heat transfer coefficient for thermal bridge) v tepelne upravovanej zóne ztc , vo W/K, podľa vzorca (4.15).

Celkový merný tepelný tok prechodom tepla na vykurovanie $H_{H,el,k;m}$ pre každý prvok (stavebnú konštrukciu) k , v mesiaci m , vo W/K, sa vypočíta podľa týchto vzorcov:

Pre prvky v styku s vonkajším prostredím:

$$H_{H,el,k;m} = U_{H;k;m} \cdot A_{el;k} \quad (4.12)$$

Pre prvky v styku so susednou tepelne neupravovanou zónou vonkajšieho typu:

$$H_{H,el,k;m} = b_{ztu;k;m} \cdot U_{H;k;m} \cdot A_{el;k} \quad (4.13)$$

Pre prvky v styku so susednou tepelne neupravovanou zónou vnútornému typu:

$$H_{H,el,k;m} = (1 - b_{ztu;k;m}) \cdot U_{H;k;m} \cdot A_{el;k} \quad (4.14)$$

kde pre každý mesiac m :

- $U_{H;k,m}$ je súčiniteľ prechodu tepla (the thermal transmittance) konštrukciou k , vo $W/(m^2.K)$,
 $b_{ztu;k,m}$ je teplotný redukčný faktor (the adjustment factor) pre susednú tepelne neupravovanú zónu k , podľa kapitoly 6.4.5.4 normy STN EN ISO 52016-1:2021(SK), alebo zjednodušene podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019,
 $A_{el;k}$ je plocha stavebnej konštrukcie na teplovýmennom obale budovy získaná pre všetky typy stavebných konštrukcií/prvkov podľa STN EN ISO 13789.

Súčiniteľ prechodu tepla každej stavebnej konštrukcie, ktorá nie je v styku so zeminou $U_{H,m}$ sa vypočíta nasledovne:

- súčiniteľ prechodu tepla nepriesvitných stavebných konštrukcií, ktoré nie sú v kontakte so zeminou $U_{c,op}$ (opaque building elements) sa vypočíta podľa STN EN ISO 6946,
- súčiniteľ prechodu tepla okien a dverí, U_w a U_d , sa vypočíta podľa STN EN ISO 10077-1 alebo ISO 15099 alebo ISO 10292 pre zasklenia.

V prípade okien, ak sú s tienené okenicami, súčiniteľ prechodu tepla okna s uzatvorenými okenicami, $U_{w,sh}$ vo $W/(m^2.K)$, sa vypočíta podľa normy STN EN ISO 10077-1. Mesačná vážená priemerná hodnota súčiniteľa prechodu tepla s otvorenými alebo zatvorenými okenicami sa vypočíta podľa prílohy G normy ISO 52016-1.

- súčiniteľ prechodu tepla závesných stien (ľahkého obvodového plášťa) (curtain walling), U_{wc} sa vypočíta podľa STN EN ISO 12631.

Pre výpočet celkového merného tepelného toku prechodom tepla pre každú stavebnú konštrukciu $H_{H;el;k,m}$, sa uvažuje namiesto teplotného rozdielu medzi vnútorným vykurovaným prostredím a vonkajším prostredím alebo susediacim priestorom vykurovaným na nižšiu teplotu teplotný redukčný faktor $b_{ztu;k,m}$. Podľa normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019 sa použije teplotný redukčný faktor s hodnotou $b_{ztu;k,m} \neq 1$, ak je teplota na druhej strane stavebnej konštrukcie iná, ako teplota vonkajšieho prostredia. Teplotný redukčný faktor sa použije pre všetky stavebné konštrukcie oddeľujúce vnútorné prostredie na druhej strane stavebnej konštrukcie (vonkajšie prostredie, zemina, priestory s neupravovanými vnútornými podmienkami a susedné priestory s upravovanými vnútornými podmienkami na rozdielnú teplotu) podľa Tab. 4.5 alebo podľa tabuľky č.11 z normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019.

Tab. 4.5 Teplotné redukčné faktory $b_{ztu;k,m}$ v závislosti od deliacej konštrukcie

Tepelná strata cez konštrukciu	$b_{ztu;k,m}$
cez vonkajšiu stenu, okno, vonkajšie dvere	1,00
cez strechu (plochú, šikmú) na teplovýmennom obale budovy	1,00
cez podlahu na teréne	1,00
cez podlahu podstrešného priestoru (povaly)	0,80
cez stenu medzi vykurovaným a nevykurovaným priestorom a podstrešným priestorom	0,80
cez stenu alebo strop nevykurovaného priestoru (suterénu)	0,50
cez stenu alebo strop temperovaného priestoru (garáž, susedná budova)	0,35
cez otvorenú dilatáciu	0,35
cez uzavretú zaizolovanú dilatáciu so šírkou do 0,05 m	0,10
cez stenu a otvorovú konštrukciu do nevykurovaného zaskleného priestoru, ktorý má zasklenie:	
- jednoduché	0,70
- dvojité	0,60
- s tepelnoizolačným dvojsklom $U_g \leq 2,0 W/(m^2.K)$	0,50
cez strop nad otvoreným prejazdom	1,00

Tepelné mosty

Celkový merný tepelný tok vplyvom tepelných mostov (overall heat transfer coefficient for thermal bridge), vo W/K, sa vypočíta podľa vzorca:

$$H_{tr;tb;zt} = \sum_k (l_{tb;k} \cdot \psi_{tb;k}) \quad (4.15)$$

kde pre tepelnú zónu zt :

$l_{tb;k}$ je dĺžka lineárneho tepelného mosta k , v m podľa STN EN ISO 13789,

$\psi_{tb;k}$ je lineárny stratový súčiniteľ lineárneho tepelného mosta k , vo W/(m.K), vypočítaný podľa STN EN ISO 10211, alebo prevzatý z katalógov tepelných mostov a tabuliek pripravených podľa STN EN ISO 14683.

V zmysle normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019 je možné vyššie uvedený výpočtový vzťah nahradiť zjednodušeným výpočtovým vzťahom:

$$H_{tr;tb;zt} = \Delta U \cdot \sum A_i \quad (4.16)$$

kde:

A_i je plocha časti i stavebnej konštrukcie na ochladzovanej obálke v m²,

ΔU je zvýšenie súčiniteľa prechodu tepla vplyvom tepelných mostov vo W/(m².K).

Hodnota ΔU , vo W/(m².K), sa podľa STN 730540-2+Z1+Z2:2019 môže približne určiť v prípadoch, ak nie sú známe konštrukčné detaily:

- $\Delta U = 0,02$ za predpokladu spojitaj tepelnoizolačnej vrstvy na vonkajšom povrchu konštrukcie a použitia nových systémov murovaných konštrukcií spĺňajúcich aspoň požiadavky normalizované od 1.1.2016,
- $\Delta U = 0,05$ za predpokladu spojitaj tepelnoizolačnej vrstvy na vonkajšom povrchu konštrukcie a použitia nových systémov murovaných konštrukcií najmä po roku 2002,
- $\Delta U = 0,1$ pri murovaných, panelových vrstvených betónových a keramických, ľahkých drevených roštových konštrukciách, kovoplastických obvodových plášťoch (pred ich obnovou),
- $\Delta U = 0,2$ pri zateplení na vnútornej strane vonkajšej konštrukcie,
- Ak je známa hodnota ΔU pre konštrukčný systém, môže sa použiť za predpokladu, že sa určila podľa STN EN ISO 13789,
- V prípade stanovenia súčiniteľa prechodu tepla ľahkých obvodových plášťov podľa tab. 2a normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019 sa vplyv tepelných mostov v obvodovom plášti nezohľadňuje pri výpočte mernej tepelnej straty,
- V ostatných prípadoch sa vplyv tepelných mostov určí podľa STN EN ISO 13789, lineárne stratové súčinitele sa vypočítajú podľa STN EN ISO 10211.

Prenos tepla vetraním (total heat transfer by ventilation)

Pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a pre každý mesiac m sa celkový prenos tepla vetraním (total heat transfer by ventilation) na vykurovanie $Q_{H;ve;ztc;m}$, v kWh, vypočíta pomocou vzorca:

$$Q_{H;ve;ztc;m} = H_{H;ve;ztc;m} \cdot (\theta_{int;cal;H;ztc} - \theta_{e;a;m}) \cdot \Delta t_m \quad (4.17)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

- $H_{H;ve;ztc;m}$ je celkový merný tepelný tok vetraním (overall heat transfer coefficient by ventilation) v tepelne upravovanej zóne ztc , vo W/K, podľa vzorca (4.18),
- $\theta_{int;cal;H;ztc}$ je výpočtová teplota zóny na vykurovanie v °C,
- $\theta_{e;a;m}$ je mesačná priemerná teplota vzduchu vonkajšieho prostredia v °C, získaná z príslušnej normy EHB modulu M1 -13,
- Δt_m je dĺžka trvania mesiaca m v h, získaná z príslušnej normy EHB podľa modulu M1-13.

Celkový merný tepelný tok vetraním (overall heat transfer coefficient by ventilation)

Celkový merný tepelný tok vetraním pre zónu ztc a mesiac m na vykurovanie $H_{H;ve;ztc;m}$ vo W/K, sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$H_{H;ve;ztc;m} = \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_k (b_{ve,k;H;m} \cdot q_{V,k;H;m} \cdot f_{ve,dyn;k;m}) \quad (4.18)$$

kde pre každý mesiac m :

- $H_{H;ve;ztc;m}$ je celkový merný tepelný tok vetraním na vykurovanie pre tepelne upravovanú zónu ztc , vo W/K,
- $\rho_a \cdot c_a$ je tepelná kapacita objemu vzduchu v J/(m³.K); podľa článku 6.3.6 STN EN ISO 52016-1:2021,
- $q_{V,k;H;m}$ je mesačný priemerný objemový tok vzduchu pre prvok k prepúšťajúci vzduch, ktorý vstupuje do tepelnej zóny na vykurovanie v m³/s, podľa príslušných noriem EHB modulu M5-5,
- $b_{ve,k;H;m}$ je teplotný redukčný faktor pre prvok k prepúšťajúci vzduch, určený podľa vzorca (4.19),
- $f_{ve,dyn;k;m}$ je dynamický korekčný faktor prvku k prepúšťajúceho vzduchu,
- k predstavuje každý z príslušných prvkov s prietokom vzduchu, ako sú infiltrácia vzduchu, prirodzené vetranie, mechanické vetranie a/alebo osobitné vetranie pre nočné chladenie.

Vo všeobecnosti sa teplotný redukčný faktor $b_{ve,k;H;m}$ pre tok vzduchu k určuje podľa nasledujúceho vzorca:

$$b_{ve,k;H;m} = \frac{(\theta_{calc;H;m} - \theta_{sup,k;H;m})}{(\theta_{calc;H;m} - \theta_{e;a;m})} \quad (4.19)$$

kde pre každý mesiac m :

- $b_{ve,k;H;m}$ je teplotný redukčný faktor pre tok vzduchu k ,
- $\theta_{calc;H;m}$ je výpočtová teplota zóny na vykurovanie v °C,
- $\theta_{sup,k;H;m}$ je teplota dodávaného prúdu vzduchu k na vykurovanie v °C,
- $\theta_{e;a;m}$ je mesačná priemerná teplota vzduchu vonkajšieho prostredia v °C.

Ak sa teplota dodávaného vzduchu $\theta_{sup,k;H;m}$ nerovná teplote vonkajšieho prostredia, hodnota $b_{ve,k;H;m} \neq 1,0$. Na vetranie, vrátane infiltrácie vzduchu, z tepelne neupravovanej zóny vonkajšieho alebo vnútorného typu, sa teplotný redukčný faktor $b_{ve,k;H;m}$, pre tok vzduchu k rovná redukčnému faktoru pre tepelne neupravované zóny:

$$b_{ve,k;H;m} = b_{ztu;m} \quad (4.20)$$

kde pre každý mesiac m :

$b_{ve,k;H;m}$ je teplotný redukčný faktor pre tok vzduchu k ,

$b_{ztu;m}$ je redukčný faktor pre tepelne neupravovanú zónu ztu podľa článku 6.4.5.4 normy STN EN ISO 52016-1:2021.

V prípade prvku k v systéme vetrania s dodávanou teplotou odlišnou od teploty vonkajšieho vzduchu, sa teplota dodávaného toku vzduchu prvkom k , $\theta_{sup,k;H;m}$, musí určiť v súlade s príslušnými normami EHB modulu M5-6. POZNÁMKA - Týka sa to napríklad predohrevu alebo predchladenia, spätného získavania tepla (s voliteľnými účinkami ochrany proti prenikaniu a/alebo ochrany proti mrazu), rozptýleného tepla z ventilátorov, úniku tepla do alebo zo vzduchových potrubí. Dynamický korekčný faktor prvku k prepúšťajúceho vzduch, ak má hodnotu 1,0 ($f_{ve,dyn;k;m} = 1,0$), upravuje významné rozdiely medzi priebehom úrovne vetrania a/alebo dodávanej teploty počas dňa (každú hodinu) a týždňa (pracovné dni, víkendy) a priebehom vnútorných a/alebo vonkajších teplôt a/alebo potrieb tepla. Jeho hodnota sa určí v súlade s tabuľkou A.28 (normatívny vzor); informatívna predvoľba je uvedená v tabuľke B.28 normy STN EN ISO 52016-1:2021.

V zmysle normy STN 730540-2+Z1+Z2:2019 je možné uvedený výpočtový vzťah (4.18) nahradiť upraveným výpočtovým vzťahom:

$$H_{ve} = 0,33.n.V_m \quad (4.21)$$

kde:

H_{ve} celkový merný tepelný tok vetraním, vo W/K,

n intenzita výmeny vzduchu, 1/h,

V_m vnútorný objem priestoru, v m³,

$V_m = 0,75.V_b$ pre nové rodinné domy,

$V_m = 0,85.V_b$ pre pôvodné budovy,

$V_m = 0,8.V_b$ pre ostatné budovy,

V_b obostavaný objem budovy, v m³.

Intenzita výmeny vzduchu škárovou prievzdušnosťou stykov a škár výplní otvorov (prirodzenou infiltráciou) sa pre budovy s výškou do 25 m stanoví podľa vzťahu:

$$n = 25000 \cdot \frac{\sum(i_{lv} \cdot 10^{-4} \cdot l)}{V_b} \quad (4.22)$$

kde:

i_{lv} súčiniteľ škárovej prievzdušnosti, v m³/(m.s),

l dĺžka škár, v m,

V_b obostavaný objem budovy, v m³.

Tab. 4.6 Hodnoty súčiniteľov škárovej prievzdušnosti

Druh otvorovej konštrukcie	Súčiniteľ škárovej prievzdušnosti $I_{lv} \cdot 10^{-4}$
Nové drevené, plastové a kovové okná s tesniacim profilom	$\leq 1,0$
Jednoduché okno drevené alebo kovové s jedným sklom, netesné (pôvodná výstavba)	1,9
Zdvojené okno drevené alebo kovové s dvoma čírymi sklami, netesné (pôvodná výstavba)	1,4
Zdvojené kovové okno s prerušeným tepelným mostom s dvoma čírymi sklami, netesnené (pôvodná výstavba)	1,4
Dvojité drevené špaletové okno s dvoma čírymi sklami, netesnené (pôvodná výstavba)	1,2

V prípade budov s výškou nad 25 m sa intenzita výmeny vzduchu škárovou prievzdušnosťou stykov a škár výplní otvorov určí podľa obecného vzťahu C.4 v zmysle normy STN 730540-2+Z1+Z2: 2019, príloha C. Vypočítaná intenzita výmeny vzduchu prirodzenou infiltráciou „ n “ vyhovuje, ak je splnená nasledujúca podmienka:

$$n \geq n_N \quad (4.23)$$

kde:

- n intenzita výmeny vzduchu, 1/h,
 n_N požadovaná priemerná intenzita výmeny vzduchu, 1/h.

V prípade, že hygienické predpisy a prevádzkové podmienky nestanovujú špeciálne požiadavky na intenzitu výmeny vzduchu, potom požadovaná priemerná intenzita výmeny vzduchu vo všetkých priestoroch bytových a nebytových budov musí mať minimálnu hodnotu $n_N = 0,5$ 1/h. Ak nie je možné zabezpečiť minimálnu intenzitu výmeny vzduchu prirodzenou infiltráciou, je potrebné ju dosiahnuť iným spôsobom.

Vnútorné tepelné zisky

Vnútorné tepelné zisky sú definované ako tepelné zisky od vnútorných tepelných zdrojov ako je metabolické teplo od ľudí v priestore, teplo od spotrebičov, teplo z osvetľovacích zariadení a iných vnútorných procesov, produkujúcich teplo. Medzi tieto procesy radíme aj tepelné straty zo systémov vykurovania, prípravy teplej vody a pod.

Pre tepelne upravovanú zónu ztc sa vypočítajú tepelné zisky z vnútorných zdrojov tepla pre obdobie vykurovania v kWh, podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;int;ztc;m} = Q_{H;int;dir;ztc;m} \quad (4.24)$$

V prípade jednej alebo viacerých susedných tepelne neupravovaných zón (pozri kapitolu 6.4.5 v STN EN ISO 52016-1:2021):

$$Q_{H;int;ztc;m} = Q_{H;int;dir;m} + \sum_{k=1}^n [(1 - b_{ztc,k,m}) \cdot F_{ztc;ztc,k,m} \cdot f_{gn,max;H;ztc,k,m} \cdot Q_{H;int;dir;ztc,k}] \quad (4.25)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

- $Q_{H;int;dir;ztc;m}$ sú mesačné vnútorné tepelné zisky (internal heat gains) v tepelne upravovanej zóne ztc v kWh podľa vzorca (4.27),
 $b_{ztc,k,m}$ je redukčný faktor (the adjustment factor) pre tepelne neupravovanú zónu k , podľa článku 6.4.5.4 STN EN ISO 52016-1:2021,

- $F_{ztc;ztu,k;m}$ je distribučný faktor (the distribution factor) pre zisky v tepelne neupravovanej zóne k priradenej k susednej tepelne upravovanej zóne ztc , podľa článku 6.4.5.4 STN EN ISO 52016-1:2021,
- $f_{gn,max;H;ztu,k;m}$ je redukčný faktor (the reduction factor) aby sa predišlo nadhodnoteniu ziskov v tepelne upravovanej zóne k v režime vykurovania vo W/K, stanovený podľa kapitoly E.3.3 STN EN ISO 52016-1:2021,
- $Q_{H,int;dir;ztu,k;m}$ sú mesačné vnútorné tepelné zisky susednej tepelne neupravovanej zóny k vnútorného alebo vonkajšieho typu (ako je definované v článku 6.4.5.1 STN EN ISO 52016-1:2021) v režime vykurovania vo kWh.

Zdroje vnútorných tepelných ziskov

Pre každú tepelne upravovanú alebo neupravovanú zónu zt a pre každý mesiac m sa tepelné zisky z vnútorných zdrojov tepla v zóne, či už tepelne upravovanej alebo neupravovanej, v režime vykurovania, v kWh, vypočítajú nasledujúcim vzorcom:

$$Q_{H,int;dir;zt,m} = (Q_{H,spec,int;oc;zt,m} + Q_{H,spec,int;A;zt,m} + Q_{H,spec,int;L;zt,m} + Q_{H,spec,int;WA;zt,m} + Q_{H,spec,int;HVAC;zt,m} + Q_{H,spec,int;proc;zt,m}) \cdot A_{use;zt} \quad (4.27)$$

kde pre každú tepelnú zónu zt a mesiac m :

- $Q_{H,spec,int;oc;zt,m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku metabolického tepla od používateľov (occupants), v kWh/m², stanovené podľa príslušnej normy EHB modulu M1-6,
- $Q_{H,spec,int;A;zt,m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku uvoľneného tepla zo spotrebičov a zariadení (appliances), v kWh/m², stanovené podľa príslušnej normy EHB modulu M1-6,
- $Q_{H,spec,int;L;zt,m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku spätne získateľných strát z osvetlenia (lighting), v kWh/m², stanovené podľa príslušnej normy EHB modulu M9-1,
- $Q_{H,spec,int;WA;zt,m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku spätne získateľných strát zo systémov teplej a pitnej vody a kanalizácie (hot and mains water and sewage), v kWh/m², stanovené podľa príslušných noriem EHB modulov M3-1 a M8-1,
- $Q_{H,spec,int;HVAC;zt,m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku spätne získateľných strát zo systémov vykurovania, chladenia a vetrania (heating, cooling and ventilation systems), v kWh/m², stanovené podľa príslušných noriem EHB modulov M3-1, M4-1 a M5-1; pre výpočet potrieb tepla špecifického systému sa môžu použiť hodnoty špecifické pre systém,
- $Q_{H,spec,int;proc;zt,m}$ sú špecifické vnútorné tepelné zisky (the specific internal heat gains) v dôsledku spätne získateľných strát z procesov a tovarov (processes and goods), v kWh/m², stanovené podľa príslušných noriem EHB modulov M1-6,
- $A_{use;zt}$ úžitková podlahová plocha zóny v m², podľa článku 6.4.3 STN EN ISO 52016-1:2021

Princípy výpočtu vzhľadom na spätne získateľné tepelné straty sú opísané v ISO 52000-1:2017, článku 8.1.3. Tento dokument zohľadňuje iba spätne získateľné teplo v budove a nie teplo ktoré sa spätne získalo už v systéme alebo podsystéme. Mesačné hodnoty jednotlivých zložiek vnútorných ziskov $Q_{H,spec,int;x;zt,m}$ sa určujú podľa zdrojov, ktoré sú uvedené vyššie.

Môžu sa vyskytnúť nasledujúce dve situácie:

- Ak zdroj priamo udáva kumulatívnu mesačnú hodnotu zisku, hodnota sa priamo použije ako vstup pre mesačnú metódu výpočtu,
- Ak zdroj poskytuje iba hodinové hodnoty, uplatňuje sa nasledujúci postup:
 - zväži sa čiastkové obdobie mesiaca, ktoré sa opakuje,
 - vypočíta sa kumulatívna hodnota pre čiastkové obdobie všetkých hodinových ziskov,
 - rozdelí sa hodnota čiastkového obdobia na celé trvanie príslušného mesiaca (berúc do úvahy premennú dĺžku mesiacov).

POZNÁMKA 1. - Spoločné prípady mesačných čiastkových období, ktoré sa opakujú (podľa 2.a. vyššie), sú:

- jeden deň, ak všetky dni v mesiaci majú rovnaký hodinový profil,
- týždeň, ak sú všetky týždne rovnaké,
- celý mesiac, ak neexistuje cyklický priebeh.

POZNÁMKA 2 - Bežné prípady škálovania sú:

- vynásobí sa denná hodnota počtom dní v mesiaci,
- podelí sa týždenná hodnota siedmimi a potom sa táto hodnota vynásobí počtom dní v mesiaci.

Tento postup zabezpečuje že týždňové a víkendové dni sa posudzujú v správnom pomere na dlhodobom (ročnom alebo viacročnom) priemere.

Tab. 4.7 Harmonogramy obsadenosti pre energetické výpočty

Školy, triedy				Harmonogram používania						
Parametre a nastavenia				Energetický výpočet						
Parameter		Hodnota	Jednotka	čas h	Dni v týždni			Vikendy		
					Obyvatelia	Spotrebiče	Osvetlenie	Obyvatelia	Spotrebiče	Osvetlenie
Prevádzkový čas	Hodina v dni, ZAČIATOK	8	hodina	1	0	0	0	0	0	0
	Hodina v dni, KONIEC	17	hodina	2	0	0	0	0	0	0
	Prestávky, počas dňa	0	hodín	3	0	0	0	0	0	0
	Dni /v týždni	5	dni	4	0	0	0	0	0	0
	Hodiny / deň	9	hodín	5	0	0	0	0	0	0
	Hodiny / rok	2346	hodín	6	0	0	0	0	0	0
Vnútorné zisky	od používateľov (occupants)	5,4	m ² /osobu	7	0	0	0	0	0	0
	od používateľov (celkové)	21,7	W/m ²	8	0	0	0	0	0	0
	od používateľov (citeľné)	13,8	W/m ²	9	0,6	0,6	0,6	0	0	0
	od spotrebičov (appliances)	8	W/m ²	10	0,7	0,7	0,7	0	0	0
	od osvetlenia			11	0,6	0,6	0,6	0	0	0
	produkcia vlhkosti	11,11	g/(m ² , h)	12	0,4	0,4	0,4	0	0	0
	produkcia CO ₂	3,46	l/(m ² , h)	13	0,3	0,3	0,3	0	0	0
Body nastavenia	Min T _{op} počas hodín bez obsadenia ľuďmi	16	°C	14	0,7	0,7	0,7	0	0	0
	Max T _{op} počas hodín bez obsadenia ľuďmi	32	°C							
	Min T _{op}	20	°C							
	Max T _{op}	26	°C							
	Vetranie (min.)	3,8	l/(s m ²)							
	Vetranie na základe emisií CO ₂	1,84	l/(s m ²)							
	Max koncentrácia CO ₂ (oproti vonkajšku)	500	ppm							

	Min. relatívna vlhkosť	25 %
	Max. relatívna vlhkosť	60 %
	Osvetlenie, osvetlenosť na pracovnej ploche	500 lux
	potreba teplej vody	100 l/(m ² rok)
Iné		

Centrá dennej starostlivosti – Materské školy

Parametre a nastavenia		
	Parameter	Hodnota Jednotka
Prevádzkový čas	Hodina v dni, ZAČIATOK	7 hodina
	Hodina v dni, KONIEC	19 hodina
	Prestávky, počas dňa	0 hodín
	Dni /v týždni	5 dní
	Hodiny / deň	12 hodín
	Hodiny / rok	3129 hodín
Vnútorné zisky	od používateľov (occupants)	3,8 m ² /osobu
	od používateľov (celkové)	33,3 W/m ²
	od používateľov (citeľné)	20 W/m ²
	od spotrebičov (appliances)	4 W/m ²
	od osvetlenia	
	produkcia vlhkosti	15,79 g/(m ² , h)
	produkcia CO ₂	4,92 l/(m ² , h)
Body nastavenia	Min T _{op} počas hodín bez obsadenia ľuďmi	16 °C
	Max T _{op} počas hodín bez obsadenia ľuďmi	32 °C
	Min T _{op}	17,5 °C
	Max T _{op}	25,5 °C
	Vetranie (min.)	4,5 l/(s m ²)
	Vetranie na základe emisií CO ₂	1,64 l/(s m ²)
	Max koncentrácia CO ₂ (oproti vonkajšku)	500 ppm
	Min. relatívna vlhkosť	25 %
	Max. relatívna vlhkosť	60 %
	Osvetlenie, osvetlenosť na pracovnej ploche	500 lux
	potreba teplej vody	100 l/(m ² rok)
Iné		

15	0,6	0,6	0,6	0	0	0
16	0,4	0,4	0,4	0	0	0
17	0,2	0,2	0,2	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0

Harmonogram používania

Energetický výpočet						
čas	Dni v týždni			Vikendy		
	Obyvatelia	Spotrebiče	Osvetlenie	Obyvatelia	Spotrebiče	Osvetlenie
h						
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0,4	0,4	0,4	0	0	0
9	0,8	0,8	0,8	0	0	0
10	0,8	0,8	0,8	0	0	0
11	0,3	0,3	0,3	0	0	0
12	0,3	0,3	0,3	0	0	0
13	0,8	0,8	0,8	0	0	0
14	0,1	0,1	0,1	0	0	0
15	0,1	0,1	0,1	0	0	0
16	0,4	0,4	0,4	0	0	0
17	0,3	0,3	0,3	0	0	0
18	0,3	0,3	0,3	0	0	0
19	0,3	0,3	0,3	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0

Celkové solárne tepelné zisky

Pre tepelne upravovanú zónu ztc sa solárne tepelné zisky vypočítajú pre obdobie vykurovania v kWh, podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;sol;ztc;m} = Q_{H;sol;dir;ztc;m} \quad (4.28)$$

V prípade jednej alebo viacerých susedných tepelne neupravovaných zón (pozri kapitolu 6.4.5 v STN EN ISO 52016-1:2021):

$$Q_{H;sol;ztc;m} = Q_{H;sol;dir;m} + \sum_{k=1}^n [(1 - b_{ztc,ztu,k;m}) \cdot F_{ztc,ztu,k;m} \cdot f_{gn,max;H;ztc,k;m} \cdot Q_{H;sol;dir;ztc,k}] \quad (4.29)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$Q_{H;sol;dir;ztc;m}$ sú mesačné solárne tepelné (solar heat gains) v tepelne upravovanej zóne ztc v kWh podľa vzorca (4.30);

$b_{ztc,k;m}$ je redukčný faktor (the adjustment factor) pre tepelne neupravovanú zónu k , podľa článku 6.4.5.4 STN EN ISO 52016-1:2021,

$F_{ztc,ztu,k;m}$ je distribučný faktor (the distribution factor) pre zisky v tepelne neupravovanej zóne k priradenej k susednej tepelne upravovanej zóne ztc , podľa článku 6.4.5.4 STN EN ISO 52016-1:2021,

$f_{gn,max;H;ztc,k;m}$ je redukčný faktor (the reduction factor) aby sa predišlo nadhodnoteniu ziskov v tepelne upravovanej zóne k v režime vykurovania vo W/K, stanovený podľa kapitoly E.3.3 STN EN ISO 52016-1:2021,

$Q_{H;sol;dir;ztc,k;m}$ sú mesačné solárne tepelné (solar heat gains) susednej tepelne neupravovanej zóny k vnútorného alebo vonkajšieho typu (ako je definované v 6.4.5.1 STN EN ISO 52016-1:2021) v režime vykurovania vo kWh.

Zložky solárnych tepelných ziskov

Pre každú tepelne upravovanú alebo neupravovanú zónu zt a pre každý mesiac m sa solárne tepelné zisky v zóne, či už tepelne upravovanej alebo neupravovanej, v režime vykurovania, v kWh, vypočítajú nasledujúcim vzorcom:

$$Q_{H;sol;dir;zt;m} = \sum_{k=1} Q_{H;sol;wi,k} + \sum_{k=1} Q_{H;sol;op,k} \quad (4.30)$$

kde pre každý prvok k a mesiac m :

$Q_{H;sol;wi,k}$ sú mesačné solárne zisky cez priehľadný prvok wi,k v režime vykurovania v kWh podľa vzorca (4.31),

$Q_{H;sol;op,k}$ sú mesačné solárne zisky cez nepriehľadný prvok op,k v režime vykurovania v kWh podľa vzorca (4.50).

Tepelný tok spôsobený solárnymi ziskami cez priehľadný obalový prvok (ďalej len okná) wi , $Q_{H;sol;wi;m}$ v kWh, sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;sol;wi;m} = g_{gl;wi;H;m} \cdot A_{wi} \cdot (1 - F_{fr,wi}) \cdot F_{sh;obst;wi;m} \cdot H_{sol;wi;m} - Q_{sky;wi;m} \quad (4.31)$$

kde pre každé okno wi a mesiac m :

$g_{gl;wi;H;m}$ je bezrozmerná veličina – priemerná mesačná hodnota efektívnej celkovej priepustnosti slnečnej energie transparentnej konštrukcie,

POZNÁMKA - Priehľadný prvok môže obsahovať číre zasklenie, ale tiež (trvalé) rozptyľové alebo (trvalé alebo pohyblivé) tieniace zariadenia protislnečnej ochrany (pozri kapitolu E.2.2 normy STN EN ISO 52016-1:2021).

A_{wi} je plocha okna wi , určená vlastnosťami prenosu tepla podľa kapitoly 6.6.5.2 STN EN ISO 52016-1:2021, v m²; v prípade vystupujúcich komponentov sa použije priemet plochy,

$F_{fr,wi}$	je časť plochy rámu okna w_i , podiel priemetu plochy rámu k celkovej projektovanej ploche zaskleného prvku okna w_i , ako je stanovené v kapitole E.2.1 normy STN EN ISO 52016-1:2021,
$F_{sh,obst;wi;m}$	je bezrozmerný redukčný faktor tienenia vonkajšou prekážkou, ako je stanovené v prílohe F normy STN EN ISO 52016-1:2021,
$H_{sol;wi;m}$	je mesačná energia slnečného žiarenia na plochu prvku, s uhlom sklonu β_{wi} a azimutovým uhlom γ_{wi} , vo kWh/m ² získaná z príslušnej normy EHB podľa modulu M1-13 (STN EN ISO 52010-1),
$Q_{sky;wi;m}$	je mesačné dodatočné množstvo tepla spôsobené tepelným sálaním voči oblohe, v kWh podľa vzorca (4.51),
β_{wi}	je uhol sklonu okna w_i (od vodorovného, meraného smerom nahor) získaný z geometrických údajov konštrukčného prvku, v stupňoch,
γ_{wi}	je uhol orientácie okna w_i , získaný z geometrických údajov konštrukčného prvku, v stupňoch (vyjadrený ako geografický azimutový uhol horizontálneho priemetu sklonenej plochy v smere normály; znamienková dohoda: uhol od juhu, na východ kladný, západne záporný).

POZNÁMKA 1. - Vonkajšie prekážky pre „priehľadný prvok“ sú neďaleké prekážky, ako sú zalomenia objektu, bočné steny alebo vystupujúce konštrukcie alebo susedné časti budov. Tak isto je možné zohľadniť aj vzdialené prekážky v závislosti od voľby vykonanej v tejto súvislosti, ako sa uvádza v prílohe F normy STN EN ISO 52016-1:2021.

POZNÁMKA 2. - Odporúča sa zaokrúhliť azimutové uhly na 45° v súlade s diskretizáciou segmentov horizontu pre mesačné výpočty tienenia slnečného žiarenia podľa prílohy F normy STN EN ISO 52016-1:2021.

Celková priepustnosť slnečnej energie priesvitných prvkov

Priesvitné stavebné prvky ako okno, (zasklené) dvere, závesná stena, budú ďalej označované len ako „okno“. Priesvitná časť okna bude ďalej označovaná ako „zasklenie“ alebo „zasklená časť“ okna“. Celková priepustnosť slnečnej energie zasklením okna w_i , $g_{gl;wi}$, je pomer energie prechádzajúcej cez okno k energii dopadajúcej na neho. Pri oknách s rozptylovým zasklením sa prepočet priepustnosti slnečnej energie pre žiarenie dopadajúce kolmo na zasklenie, vypočíta v súlade s ISO 9050 alebo EN 410. Celková priepustnosť slnečnej energie závisí od uhla dopadu (nadmorskej výšky a azimutu) dopadajúceho slnečného žiarenia. Hodnota (vážený časový priemer) potrebná pre výpočty je o niečo nižšia ako hodnota $g_{gl;n}$. Preto sa používa korekčný faktor, F_w , podľa nasledujúceho vzorca:

$$g_{gl;wi} = F_w \cdot g_{gl;n;wi} \quad (4.32)$$

kde:

$g_{gl;wi}$	je celková priepustnosť slnečnej energie (korigovaná podľa uhla dopadu),
F_w	je korekčný faktor pre nerozptylové zasklenie, získaný pre mesačné hodnoty z tabuľky A.43; informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.43 normy STN EN ISO 52016-1:2021,
$g_{gl;n;wi}$	priepustnosť energie slnečného žiarenia kolmo na zasklenie.

Tab. 4.8 Celková priepustnosť slnečnej energie dopadajúcej kolmo na plochu transparentnej stavebnej konštrukcie $g_{gl;n}$

Typ zasklenia	Celková priepustnosť slnečnej energie dopadajúcej kolmo na plochu $g_{gl;n}$ [-]
Jednoduché zasklenie	0,85
Dvojnásobné zasklenie	0,75
Trojnásobné zasklenie	0,70
Dvojité okno	0,75
Dvojnásobné zasklenie (izolačné dvojsklo) so selektívnou vrstvou nízkej emisivity	0,67
Trojnásobné zasklenie (izolačné trojsklo) s dvoma selektívnymi vrstvami nízkej emisivity	0,50

Pri oknách s rozptylovým zasklením alebo so zariadeniami na ochranu proti slnečnému žiareniu, môže byť priepustnosť energie slnečného žiarenia kolmá na zasklenie (normálový dopad), $g_{gl;n}$, výrazne podcenená. Celková priepustnosť slnečnej energie, korigovaná podľa uhla dopadu, sa potom vypočíta podľa váženého súčtu, ako uvádza vzorec E.4 normatívnej prílohy E normy STN EN ISO 52016-1:2021.

Tab. 4.9 Celková energia slnečného žiarenia na jednotku plochy pre zimné mesiace

Orientácia	Mesiace							Spolu
	I	II	III	IV	X	XI	XII	
Juh	30,2	43,6	61,2	66,3	57,2	33,1	28,4	320
Sever	9,1	13,8	20,1	27,2	14,5	8,4	6,8	100
Východ, západ	14,9	24,5	42,0	59,1	32,2	15,4	11,8	200
Juhovýchod, juhozápad	22,7	33,8	50,9	62,0	44,8	24,9	20,8	260
Severovýchod, severozápad	10,2	16,1	26,8	41,6	18,3	9,6	7,4	130
Horizontálna rovina	22,2	38,6	71,4	108,2	55,0	26,2	18,4	340

Podiel plochy okenných rámov:

Zasklenú plochu je možné získať priamo z geometrických údajov, alebo sa môže plocha zasklenia odvodiť z podielu pevnej plochy rámov. Podiel plochy rámu okenného prvku w_i , $F_{fr;w_i}$, sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$F_{fr;w_i} = 1 - \frac{A_{gl;w_i}}{A_{w_i}} \quad (4.33)$$

kde pre okenný prvok w_i :

$A_{gl;w_i}$ je zasklená plocha okenného prvku w_i , v m², podľa normy ISO 13789,

A_{w_i} je plocha okenného prvku w_i , v m², podľa normy ISO 13789; v prípade vysunutých komponentov sa použije projekčná plocha prvku.

$F_{sh;obst;k;m}$ bezrozmerný redukčný faktor tienenia povrchu k (w_i ; op) vonkajšími prekážkami

Celkové slnečné ožiarenie povrchu k, $H_{tot;sh;k;m}$ vrátane vplyvu tienenia, je súčtom vypočítaného celkovej slnečného ožiarenia, korigovaného na tienenie objektmi pomocou stredného redukčného faktora tienenia pre priame slnečné žiarenie a podiel priameho slnečného žiarenia na celkovom žiarení:

$$F_{sh;obst;k;m} = F_{sh;dir;k;m} \cdot f_{sol;dir;m} + (1 - f_{sol;dir;m}) \quad (4.34)$$

kde pre každý zatienený povrch k a každý mesiac m:

$F_{sh;obst;k;m}$ je bezrozmerný redukčný faktor tienenia vonkajšími prekážkami,

$F_{sh;dir;k;m}$ je redukčný faktor tienenia pre priamu intenzitu ožiarenia, určený podľa prílohy F.3.6.2 normy STN EN ISO 52016-1:2021,

$f_{sol;dir;m}$ je podiel priameho slnečného žiarenia v celkovom žiarení získaný ako funkcia klimatických údajov a orientácie z tabuľky A.48 (normatívny vzor), s informatívnymi predvoľbami v tabuľke B.48 normy STN EN ISO 52016-1:2021; (viď. Tab. 4.10).

Priamy redukčný faktor tienenia $F_{sh;dir;k;t}$, je určený mesačným stredným uhlom solárnej výšky alebo zjednodušenými korelačnými faktormi (pre jednoduché objekty tienenia) a geometriou tieneneho povrchu k a objektmi tienenia.

Tab. 4.10 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia prekážkami alebo vystupujúcimi konštrukciami; podrobnejšia metóda.
Podľa tabuľky B.48a normy STN EN ISO 52016-1:2021

Umiestnenie: 40° severnej zemepisnej šírky									
Obdobie: zima: Október — Máj									
Orientácia	Váhový faktor $w_{obs,m;i}$ v sektore				Výška slnka, $\alpha_{sol,m;i}$ v sektore				Podiel priameho slnečného žiarenia v celkovom žiarení $f_{sol,dir,m}$
	1	2	3	4	1	2	3	4	
S	0	0	0	0	-	-	-	-	0
SV	0	0	0	1,00	-	-	-	7,6	0,10
V	0	0	0,31	0,69	-	-	9,0	20,8	0,50
JV	0	0,14	0,58	0,28	-	9,2	22,2	24,0	0,70
J	0,06	0,40	0,47	0,07	9,4	22,8	22,6	9,7	0,75
JZ	0,22	0,63	0,15	0	24,2	22,0	9,6	-	0,70
Z	0,70	0,30	0	0	20,6	9,5	-	-	0,50
SZ	1,00	0	0	0	8,7	-	-	-	0,10

Identifikácia a geometria objektov tienenia:

- Jednoduché zalomenia, vystupujúce konštrukcie a bočné steny

Táto metóda platí pre zalomenia, vystupujúce konštrukcie s nekonečnou dĺžkou a bočné steny s nekonečnou výškou alebo iné geometricky podobné objekty tienenia (ako sú balkóny alebo steny). Pozri Obr. 4.9.

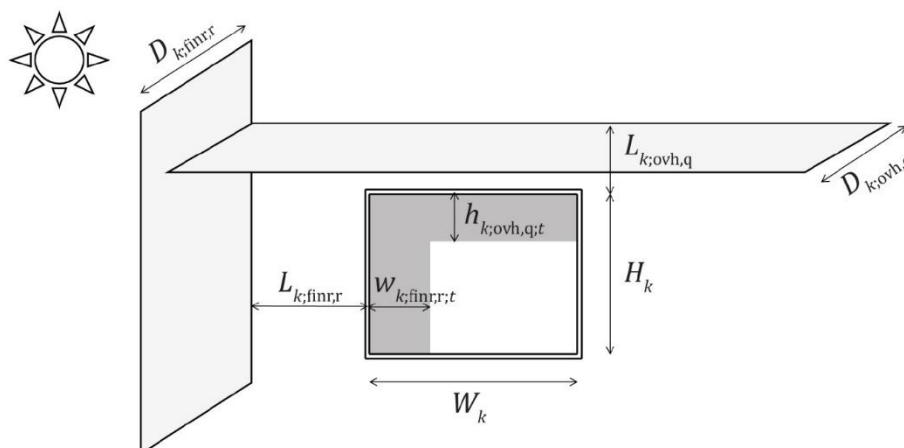
Tienený prvok obvodového plášťa:

Pre prvok obvodového plášťa sú potrebné nasledujúce údaje:

H_k výška prvku k , získaná z geometrických údajov o prvku, v m; ak je prvok v sklone, berie sa zvislý priemet jeho výšky,

W_k šírka prvku k , získaná z geometrických údajov o prvku, v m.

Obr. 4.9 Geometria jednoduchých vystupujúcich konštrukcií alebo bočných stien



Vystupujúce konštrukcie (Overhang):

Termín vystupujúce konštrukcie zahŕňa pevné prvky obvodového plášťa a ostatných častí budovy (napríklad balkóny). Nasledujúce údaje sú potrebné pre každý objekt tienenia, q , ktorý možno považovať za vystupujúcu konštrukciu:

$D_{k,ovh,q}$	hĺbka vystupujúcej konštrukcie q , meraná od roviny prvku obvodového plášťa k , v horizontálnom smere, získaná podľa miestnej situácie, v m,
$L_{k,ovh,q}$	zvislá vzdialenosť medzi okrajom fasádneho prvku k a vystupujúcou konštrukciou q , získaná podľa miestnej situácie, v m.

Bočné steny (Side fins):

Táto metóda platí pre bočné steny s nekonečnou výškou alebo pre iné geometricky podobné tieniace objekty (ako sú steny). Nasledujúce údaje sú potrebné pre každý tieniaci objekt, r , ktorý možno považovať za bočnú stenu:

$D_{k,finr,r}$	hĺbka bočnej steny r na pravej strane, meraná od roviny prvku k v kolmom smere, získaná podľa miestnej situácie, v m,
$L_{k,finr,r}$	vodorovná vzdialenosť medzi okrajom prvku k a pravou stranou (orientácia smerom von) bočnej steny r , získaná podľa miestnej situácie, v m,
$D_{k,finl,l}$	hĺbka bočnej steny l na ľavej strane, meraná od roviny prvku k v kolmom smere, získaná podľa miestnej situácie, v m,
$L_{k,finl,l}$	vodorovná vzdialenosť medzi okrajom prvku k a ľavou stranou (orientácia smerom von) bočnej steny l , získaná podľa miestnej situácie, v m.

Zalomenia (Rebate):

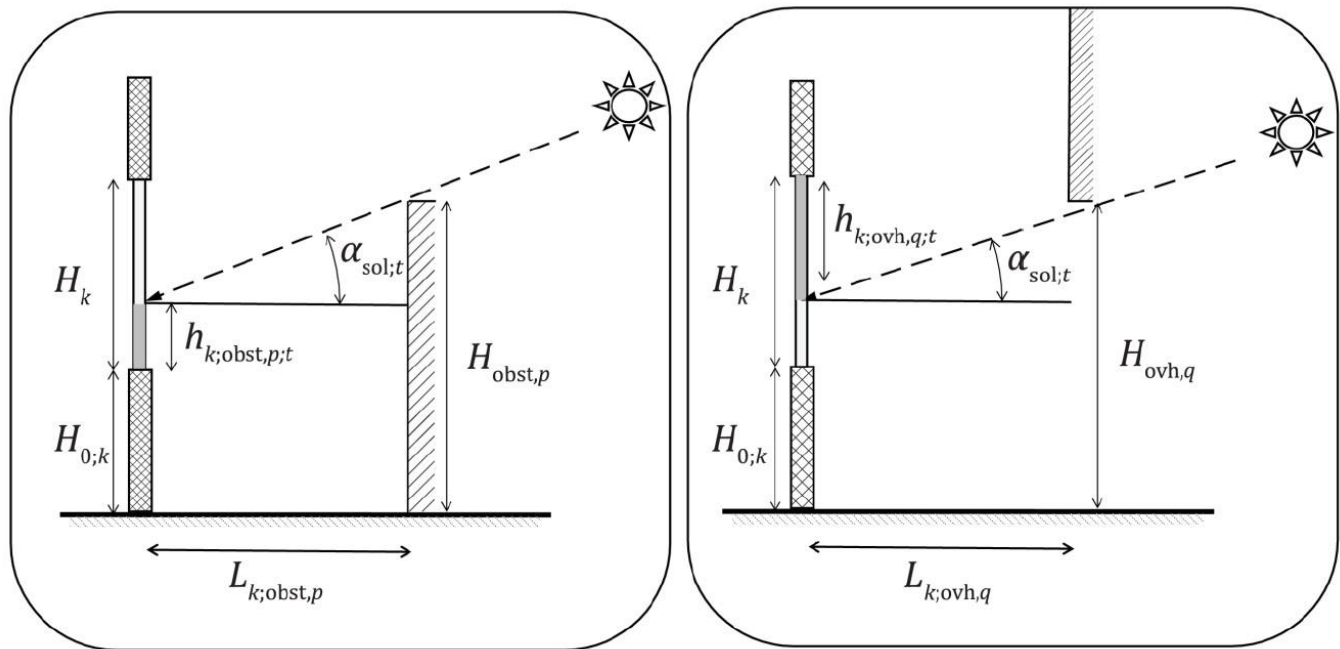
Zalomenia môžu byť modelované ako kombinácia vystupujúcej konštrukcie a bočnej steny, ale na získanie presnejšieho výsledku sa použijú oddelené korelačné faktory.

- Ďalšie objekty tienenia; podrobnejšia metóda

Tienený objekt a tieniaci objekt (prekážka alebo vystupujúca konštrukcia) sú charakterizované nasledujúcimi údajmi. Pozri Obr. 4.10. Nasledujúce údaje sú potrebné pre tienení objekt k :

H_k	výška tieneného objektu k , získaná z geometrických údajov o prvku, v m; ak je prvok v sklone, berie sa zvislý priemet jeho výšky,
W_k	šírka tieneného objektu k , získaná z geometrických údajov o prvku, v m; pre túto metódu výpočtu a typy tieniacich objektov podľa tejto podrobnejšej metódy (na rozdiel od metódy podľa Obr. 4.9) skutočná šírka nie je potrebná a ak nie je poskytnutá, môže byť nastavená na 1 m,
β_k	je uhol sklonu tieneného povrchu (od vodorovného smeru, meraný smerom nahor) získaný z geometrických údajov o konštrukčnom prvku, v stupňoch,
γ_k	je uhol orientácie tieneného povrchu, získaný z geometrických údajov o konštrukčnom prvku, v stupňoch (vyjadrených ako geografický azimutový uhol od vodorovného normálového priemetu plochy v sklone; znamienková dohoda: uhol od juhu smerom na východ – kladný, uhol od juhu smerom na západ – záporný).

Obr. 4.10 Tienenie priameho slnečného lúča vplyvom objektov tienenia



a. Vertikálny rez – prekážka

b. Vertikálny rez – vystupujúca konštrukcia

POZNÁMKA - Pre mesačné výpočtové postupy sa index t nahradí indexom m.

Ak zvislý prierez tieniaceho objektu nie je konštantný, zvislý rez sa posudzuje v strede objektu. Pre špecifikáciu tieniacich objektov je obloha rozdelená na niekoľko segmentov, $i = 1$ až $n_{sh;segm}$, z ktorých každá je charakterizovaná hornou hranicou azimutového uhla, $\gamma_{sh;obst;max;i}$, s použitím znamienkovej dohody: uhol od juhu smerom na východ – kladný; smerom na západ - záporný.

POZNÁMKA: Sever → Východ → Juh → Západ → Sever = $+180^\circ \rightarrow +90^\circ \rightarrow 0^\circ \rightarrow -90^\circ \rightarrow -180^\circ$.

Pre „Mesačný výpočtový postup“ je voľba rozdelenia oblohy na segmenty pevne určená na $n_{sh;segm} = 8$ s pevnými uhlami 45° . Pre každý segment zvlášť je potrebné uvažovať s rovnakou výškou a vzdialenosťou prekážky nad segmentom. Nasledujúce údaje sú potrebné pre každú tieniacu prekážku, p , (ak existuje), v každom segmente i :

$H_{obst;p;i}$ výška tieniacej prekážky r , od úrovne terénu, získaná podľa miestnej situácie, v m,

$L_{k;obst;p;i}$ vodorovná vzdialenosť medzi tieniacim objektom k a tieniacou prekážkou r , zistená podľa miestnej situácie, v m.

POZNÁMKA - V prípade mesačného časového intervalu nepodlieha jemnejšie delenie k celkovej presnosti.

Ak existujú vystupujúce konštrukcie, je potrebné získať nasledujúce údaje o vystupujúcej konštrukcii (ak existuje), q , každom segmente i , s použitím rovnakej segmentácie ako pre prekážky tienenia:

$H_{ovh;q;i}$ najnižšia výška tieniacej vystupujúcej konštrukcie q meraná z úrovne terénu, získaná podľa miestnej situácie, v m,

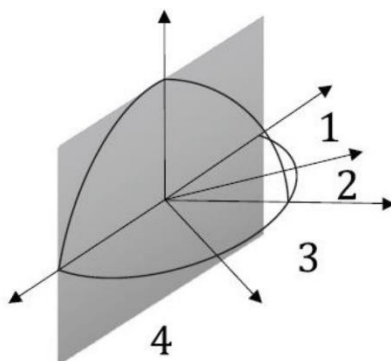
$L_{k;ovh;q;i}$ horizontálna vzdialenosť medzi tieniacim objektom k a tieniacou vystupujúcou konštrukciou q získaná podľa miestnej situácie, v m.

Horizontálna vzdialenosť môže byť vzdialenosť k budove (pre vzdialené prekážky) alebo vzdialenosť k (stred) tieneneho povrchu, pre vzdialené prekážky alebo prekážky súvisiace s oknami (okenné parapety, bočné steny, previsy/vystupujúce konštrukcie). Rozdiel medzi prekážkami a vystupujúcimi konštrukciami - prevismi je ten, že prekážky končia v určitej výške nad úrovňou terénu, zatiaľ čo vystupujúce konštrukcie previsov sa začínajú v určitej výške nad úrovňou terénu.

Kontrola, či tienový povrch je v zornom poli slnečného lúča

Pre mesačné výpočtové postupy je orientácia tieneneho objektu zaokrúhlená na 45°, takže vonkajší pohľad na objekt pokrýva štyri segmenty, ako je znázornené na Obr. 4.11.

Obr. 4.11 Mesačné výpočtové postupy: rozdelenie oblohy do 8 segmentov, so 4 segmentami vzhľadom na tienový objekt



Výpočet jednotlivých prípadov tienenia:

- Jednoduché zalomenia, vystupujúce konštrukcie a bočné steny

Pozri obrázok Obr. 4.9.

Vystupujúce konštrukcie (Overhang):

Táto metóda platí pre vystupujúce konštrukcie (nad tienenými konštrukciami – oknami) s nekonečnou dĺžkou alebo pre iné geometricky podobné tieniace objekty (napríklad balkóny).

Výška tieňa vrhnutého každou vystupujúcou konštrukciou q na obalový prvok k v mesiaci m je daná:

$$h_{k;ovh;q;m} = 1 - H_k \cdot \left\{ 1 + \left[\left(A_1 + B_1 \cdot c_{South} \cdot (\phi_w - \delta_m) \right) \cdot P_{1;k;ovh;q} + \left(A_2 + B_2 \cdot c_{South} \cdot (\phi_w - \delta_m) \right) \cdot P_{1;k;ovh;q} \cdot P_{2;k;ovh;q} \right] \right\} \quad (4.35)$$

$$\text{ak } h_{k;ovh;q;m} < 0 \quad \rightarrow \quad h_{k;ovh;q;m} = 0$$

$$\text{ak } h_{k;ovh;q;m} > H_k \quad \rightarrow \quad h_{k;ovh;q;m} = H_k$$

POZNÁMKA - Vzorec sa zakladá na empirických koreláciách s použitím podrobnej metódy výpočtu tienenia slnečného žiarenia.

$$P_{1;k;ovh;q} = \frac{D_{k;ovh;q}}{H_k} \quad \text{a} \quad P_{2;k;ovh;q} = \frac{L_{k;ovh;q}}{H_k} \quad (4.36)$$

kde:

- $h_{k;ovh;q;m}$ je výška tieňa vystupujúcej konštrukcie q na prvok obalu budovy k , v mesiaci m , v m,
 H_k je výška prvku k , ako je stanovené na Obr. 4.13, v m,
 $D_{k;ovh;q}$ je hĺbka vystupujúcej konštrukcie q , na prvku k (podľa Obr. 4.13), v m,
 $L_{k;ovh;q}$ je zvislá vzdialenosť medzi okrajom obalového prvku k a vystupujúcou konštrukciou q , (podľa Obr. 4.13), v m,
 c_{South} korekčný faktor pre južnú hemisféru:
 Severná pologuľa: $c_{South} = 1$,
 Južná pologuľa: $c_{South} = -1$,
 δ_m je slnečná deklinácia za mesiac m , podľa tabuľky Tab. 4.11 v stupňoch,
 ϕ_w zemepisná šírka meteorologickej stanice, ako je stanovená v príslušnej norme EHB v module M 1-13, v stupňoch.

Hodnoty korelačných faktorov A1, B1, A2 a B2 pre rôzne orientácie sú uvedené v tabuľke A.46 (normatívny vzor), s informatívnou predvoľbou uvedenou v tabuľke B.46 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.12).

Tab. 4.11 Mesačná stredná slnečná deklinácia δ_m (°)

Mesiac	Hodnota (°)	Mesiac	Hodnota (°)
Január	-20,8	Júl	21,1
Február	-13,3	August	13,3
Marec	-2,4	September	2,0
Apríl	9,5	Október	-9,8
Máj	18,8	November	-19,1
Jún	23,1	December	-23,1

Tab. 4.12 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia vplyvom vystupujúcich konštrukcií podľa Tabuľky B.46 normy STN EN ISO 52016-1:2021

Obdobie:		leto: Jún — September			
Orientácia		A1	B1	A2	B2
Severná pologuľa	Južná pologuľa				
J	S	-3,023	0,045	1,285	-0,006
JV - JZ	SV - SZ	-1,255	0,015	0,905	-0,008
V - Z	V - Z	-0,684	0,005	0,610	-0,004
SV - SZ	JV - JZ	-0,654	0,006	0,616	-0,006
S	J	-0,726	0,007	0,616	-0,007

Bočné steny (Side fins):

Termín bočné steny zahŕňa okenné zalomenia, prvky pripevnené na okná alebo obvodový plášť a iné stavebné časti budovy (ako napríklad sú steny). Táto metóda platí pre bočné steny s nekonečnou výškou alebo pre iné geometricky podobné tieniace objekty. Šírka tieňa vrhnutého stenami z oboch strán na fasádny prvok budovy k , v mesiaci m , je:

$$\text{je } w_{k;fin;m} = 1 - W_k \cdot \left\{ 1 + \left[\left(A_1 + B_1 \cdot c_{South} \cdot (\phi_w - \delta_m) \right) \cdot P_{1;k;fins;s} + \left(A_2 + B_2 \cdot c_{South} \cdot (\phi_w - \delta_m) \right) \cdot P_{2;k;fins;s} \right] \right\} \quad (4.37)$$

$$\begin{aligned} \text{ak } w_{k;fin;m} < 0 & \rightarrow w_{k;fin;m} = 0 \\ \text{ak } w_{k;fin;m} > W_k & \rightarrow w_{k;fin;m} = W_k \end{aligned}$$

$$P_{1;k;fins;s} = \frac{D_{k;fins;s}}{W_k} \quad \text{a} \quad P_{2;k;fins;s} = \frac{L_{k;fins;s}}{W_k} \quad (4.38)$$

Približne, šírku tieňa vrhnutého každou bočnou stenou samostatne udáva tabuľka Tab. 4.13.

Tab. 4.13 Šírka tieňa vrhnutého každou bočnou stenou

Orientácia		$W_{k;fin,r;m}$	$W_{k;fin,l;m}$
Severná pologuľa	Južná pologuľa		
J, S	S, J	$W_{k;fin,r;m} = 0,50 W_{k;fin;m}$	$W_{k;fin,l;m} = 0,50 W_{k;fin;m}$
V, SV	Z, JZ	$W_{k;fin,r;m} = W_{k;fin;m}$	$W_{k;fin,l;m} = 0$
Z, SZ	V, JV	$W_{k;fin,r;m} = 0$	$W_{k;fin,l;m} = W_{k;fin;m}$
JV	SZ	$W_{k;fin,r;m} = 0,75 W_{k;fin;m}$	$W_{k;fin,l;m} = 0,25 W_{k;fin;m}$
JZ	SV	$W_{k;fin,r;m} = 0,25 W_{k;fin;m}$	$W_{k;fin,l;m} = 0,75 W_{k;fin;m}$

POZNÁMKA - Tieto oddelené hodnoty sú potrebné na umožnenie výpočtu účinku kombinácie rôznych tieniacich objektov.

kde:

$W_{k;fin,r;m}$ je šírka vrhnutého tieňa na fasádny prvok k bočnej steny r po pravej strane prvku k v mesiaci m , v m ,

$W_{k;fin,l;m}$ je šírka vrhnutého tieňa na fasádny prvok k bočnej steny l po ľavej strane prvku k v mesiaci m , v m ,

W_k je šírka prvku k , ako je stanovené na Obr. 4.13, v m ,

$D_{k;fin,r}$ $D_{k;fin,l}$ sú hĺbky bočných stien, podľa Obr. 4.13, v m ,

$L_{k;fin,r}$ sú vzdialenosti bočných stien, podľa Obr. 4.13, v m ,

c_{South} korekčný faktor pre južnú hemisféru:

Severná pologuľa: $c_{South} = 1$,

Južná pologuľa: $c_{South} = -1$,

δ_m je slnečná deklinácia za mesiac m , získaná z tabuľky Tab. 4.11, v stupňoch,

ϕ_w zemepisná šírka meteorologickej stanice, ako je stanovená v príslušnej norme EHB v module M 1-13, v stupňoch.

Hodnoty korelačných faktorov A_1 , B_1 , A_2 a B_2 pre rôzne orientácie, sú uvedené v tabuľke A.47 (normatívny vzor), s informatívnou predvoľbou uvedenou v tabuľke B.47 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.14).

Tab. 4.14 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia vplyvom bočných stien podľa Tabuľky B.47 normy STN EN ISO 52016-1:2021

Obdobie:		leto: Jún — September			
Orientácia		A1	B1	A2	B2
Severná pologuľa	Južná pologuľa				
J	S	-1,175	0,012	0,860	-0,008
JV - JZ	SV - SZ	-0,799	0,009	0,684	-0,006
V - Z	V - Z	0,118	-0,014	0,005	-0,010
SV - SZ	JV - JZ	0,155	-0,041	-0,680	-0,009
S	J	0,275	-0,133	0,641	0,039

Zalomenia (Rebate):

Zalomenia sa môžu modelovať ako kombinácia vystupujúcej konštrukcie a bočných stien.

POZNÁMKA - Na dosiahnutie presnejších výsledkov sa vyvinuli samostatné korelačné faktory. Tieto však neposkytujú rozdiel medzi výškou a šírkou vrhnutého tieňa, čo je potrebné na výpočet vplyvu kombinácie rôznych objektov tienenia (bližšie pozri F.3.6.2 normy STN EN ISO 52016-1:2021).

- Ďalšie objekty tienenia; podrobnejšia metóda

Postup výpočtu je podobný ako v prípade hodinovej metódy, ale s pevnými segmentmi s mesačnou strednou solárnou výškou a váziacim faktorom pre každý sektor, ktorý závisí od zemepisnej šírky, orientácie a obdobia (mesiac alebo sezóna). Pozri Obr. 4.10.

Prekážky (Obstacles):

Pre každú prekážku p v segmente i ($i = 1, 2, 3, 4$) sa výška tienenia tieneneho objektu k určuje podľa nasledujúceho vzorca:

$$h_{k,obst;p;m} = \sum_{i=1}^4 (w_{obst;m;i} \cdot h_{k,obst;p;m;i}) \quad (4.39)$$

$$h_{k,obst;p;m;i} = \max[0; H_{obst,p;i} - H_{0;k} - L_{k,obst,p;i} \cdot \tan(\alpha_{sol;m;i})] \quad (4.40)$$

kde pre každý zatienený povrch k a každý mesiac m :

- $h_{k,obst;p;m}$ je výška tieňa od prekážky p na tienený povrch k ; ak je v sklone: použije sa zvislý priemet, v m,
- $w_{obst;m;i}$ je faktor váženía pre segment i , pre mesiac m , ako funkcia zemepisnej šírky lokality a orientácie tieneneho objektu, získaný z tabuľky A.48 (normatívny vzor), s informatívnymi predvoľbami v tabuľke B.48 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď Tab. 4.10); súčet faktorov váženía na 4 segmentoch je 1 alebo 0,
- $h_{k,obst;p;m;i}$ je výška tieňa od prekážky p v segmente i na tienený povrch k ; ak je v sklone: zvislý priemet,
- $H_{0;k}$ je základná výška tieneneho povrchu k , ako je uvedené na Obr. 4.14a, v m,
- $H_{obst,p;i}$ je výška tieniacej prekážky p v segmente i , ako je uvedené na Obr. 14a, v m,
- $L_{k,obst,p;i}$ je vodorovná vzdialenosť medzi tieneným povrchom k a tieniacou prekážkou p v segmente i , ako je uvedené na Obr. 4.14a, v m,
- $\alpha_{sol;m;i}$ mesačný stredný uhol solárnej výšky v mesiaci m , ako funkcia zemepisnej šírky lokality a orientácie tieneneho objektu a čísla segmentu i , získaný z tabuľky A.48 (normatívny vzor), s informatívnymi predvoľbami v tabuľke B. 48 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.10), v stupňoch.

POZNÁMKA - Obvykle sa mesačné hodnoty vyberú rovnaké počas niekoľkých mesiacov v sezóne.

Vystupujúce konštrukcie (Overhangs):

Pri každom previse q v segmente i ($i = 1, 2, 3, 4$) sa výška tienenia na tienenom objekte k určuje podľa nasledujúceho vzorca:

$$h_{k,ovh;q;m} = \sum_{i=1}^4 (w_{ovh;m;i} \cdot h_{k,ovh;q;m;i}) \quad (4.41)$$

$$h_{k,ovh;q;m;i} = \max[0; H_k + H_{0;k} - H_{ovh;q;i} + L_{k,ovh,q;i} \cdot \tan(\alpha_{sol;m;i})] \quad (4.42)$$

kde pre každý zatienený povrch k a každý mesiac m :

- $h_{k,ovh;q;m}$ je výška tieňa od vystupujúcej konštrukcie q na tienenom povrchu k ; ak je v sklone: zvislý priemet, v m,
 $h_{k,ovh;q;m;i}$ je výška tieňa od vystupujúcej konštrukcie q v segmente i na tienenom povrchu k ; ak je v sklone: zvislý priemet, v m,
 $H_{ovh,q;i}$ je výška vystupujúcej konštrukcie (previsu) p v segmente i , ako je uvedené na Obr. 4.10b, v m,
 $L_{k,ovh,q;i}$ je vodorovná vzdialenosť medzi tieneným povrchom k a vystupujúcou konštrukciou q v segmente i , ako je uvedené na Obr. 4.10b, v m,

a kde ostatné premenné sú rovnaké ako v predchádzajúcom vzorci.

Výpočet redukčného faktora tienenia pre priame slnečné žiarenie

Výška tieňa na tienenom povrchu k od všetkých prekážok (obstacles) p , $h_{k,obst;m}$ je najväčšia zo všetkých, pričom ako maximálna hodnota je výška tieneného objektu:

$$h_{k,obst;m} = \min[H_k; \max_p(h_{k,obst,p;m})] \quad (4.43)$$

Výška tieňa na tienenom povrchu k od všetkých vystupujúcich konštrukcií q , $h_{k,ovh;m}$ je najväčšia zo všetkých, pričom ako maximálna hodnota je výška tieneného objektu:

$$h_{k,ovh;m} = \min[H_k; \max_q(h_{k,ovh,q;m})] \quad (4.44)$$

Výška zostávajúcej slnkom zaliatej plochy na tienenom povrchu k od všetkých prekážok p a všetkých vystupujúcich konštrukcií q sa rovná:

$$h_{k,sun;m} = \max[0; H_k - (h_{k,obst;m} + h_{k,ovh;m})] \quad (4.45)$$

Šírka tieňa na tienenom povrchu k od všetkých pravých bočných stien r , $w_{k,finr;m}$ je najväčšia zo všetkých, pričom ako maximálna hodnota je šírka tieneného objektu:

$$w_{k,finr;m} = \min[W_k; \max_r(w_{k,finr,r;m})] \quad (4.46)$$

Šírka tieňa na tienenom povrchu k od všetkých ľavých bočných stien l , $w_{k,finl;m}$ je najväčšia zo všetkých, pričom ako maximálna hodnota je šírka tieneného objektu:

$$w_{k,finl;m} = \min[W_k; \max_l(w_{k,finl,l;m})] \quad (4.47)$$

Šírka zostávajúcej slnkom zaliatej plochy na tienenom povrchu k od všetkých pravých stien r a všetkých ľavých stien l sa rovná:

$$w_{k,sun;m} = \max[0; W_k - (w_{k,finr;m} + w_{k,finl;m})] \quad (4.48)$$

Napokon, priamy redukčný faktor tienenia tieneného povrchu pre prekážky, vystupujúce konštrukcie a bočné steny na tienenom povrchu k v časovom intervale m (mesiac) je daný nasledujúcim vzorcom:

$$F_{sh;dir;k;m} = \frac{h_{k,sun;m} \cdot W_{k,sun;m}}{H_k \cdot W_k} \quad (4.49)$$

kde

$F_{sh;dir;k;m}$ je bezrozmerný priamy redukčný faktor tienenia tieneného povrchu k pre všetky tieniace objekty v časovom intervale t ,

H_k je (zvislo premietnutá) výška tieneného povrchu, ako je uvedené na Obr. 4.13 alebo na Obr. 4.14, v m,

W_k je šírka tieneného povrchu, ako je uvedené na Obr. 4.13 alebo na Obr. 4.14, v m.

Tepelný tok spôsobený solárnymi ziskami cez nepriehľadný obalový prvok k , $Q_{H;sol;op;k;m}$ v kWh, v mesiaci m , sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{H;sol;op;k;m} = \alpha_{sr;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;op;k} \cdot A_{c;k} \cdot F_{sh;obst;k;m} \cdot H_{sol;k;m} - Q_{sky;k;m} \quad (4.50)$$

kde pre každý nepriehľadný prvok k a mesiac m :

$\alpha_{sr;k}$ je bezrozmerný súčiniteľ pohltivosti slnečného žiarenia, získaný z tabuľky A.29, s informatívnymi predvoľbami uvedenými v tabuľke B.29 normy STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.15),

$R_{se;k}$ je odpor pri prestupe tepla na vonkajšom povrchu, $R_{se} = 1/(h_{ce}+h_{re})$, so súčiniteľmi prestupu tepla na vonkajšom povrchu h_{ce} a h_{re} získanými podľa STN EN ISO 13789 (viď. Tab. 4.16), v $m^2 \cdot K/W$,

$U_{c;op;k}$ je súčiniteľ prechodu tepla nepriehľadného prvku k vo $W/(m^2 \cdot K)$,

$A_{c;k}$ je plocha nepriehľadného prvku k , v m^2 .

Tab. 4.15 Súčiniteľ pohltivosti slnečného žiarenia vonkajšími nepriehľadnými povrchmi podľa Tabuľky B.29 normy STN EN ISO 52016-1:2021

Kategória:	
Kategória 1	$\alpha_{sol} = 0,3$ (svetlá farba)
Kategória 2	$\alpha_{sol} = 0,6$ (stredne tmavá farba)
Kategória 3	$\alpha_{sol} = 0,9$ (tmavá farba)

Tab. 4.16 Súčinitele prestupu tepla na povrchu (podľa STN EN ISO 13789)

Súčiniteľ prestupu tepla na povrchu $W/(m^2 \cdot K)$	Smer tepelného toku		
	nahor	vodorovne	nadol
Súčiniteľ prestupu tepla prúdením; vnútorný povrch h_{ci}	5,0	2,5	0,7
Súčiniteľ prestupu tepla prúdením; vonkajší povrch h_{ce}	20	20	20
Súčiniteľ prestupu tepla sálaním; vnútorný povrch h_{ri}	5,13	5,13	5,13
Súčiniteľ prestupu tepla sálaním; vonkajší povrch h_{re}	4,14	4,14	4,14

POZNÁMKA - Hodnoty uvedené pre vnútorný povrch sú vypočítané pre $\varepsilon = 0,9$ s hodnotou hr_0 vyhodnotenou pri $20^\circ C$. Hodnoty uvedené pre vonkajší povrch sú vypočítané pre $\varepsilon = 0,9$; hr_0 vyhodnotenou pri $10^\circ C$, a pre $v = 4m/s$.

Tepelné žiarenie voči oblohe

Mesačný dodatočný tepelný tok spôsobený tepelným žiarením voči oblohe, $Q_{sky;k;m}$, sa pre konkrétny stavebný prvok k na telovymennom obale budovy, v mesiaci m , v kWh, vypočíta podľa nasledujúceho vzorca:

$$Q_{sky;k;m} = 0,001 \cdot F_{sky;k} \cdot R_{se;k} \cdot U_{c;k} \cdot A_{c;k} \cdot h_{lr;e;k} \cdot \Delta\theta_{sky;m} \cdot \Delta t_m \quad (4.51)$$

kde pre každý prvok k a mesiac m :

$F_{sky;k}$	je pohľadový faktor (the view factor) medzi prvkom a oblohou, ktorý sa získa z tabuľky A.30, informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.30 STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.17),
$R_{se;k}$	je odpor pri prestupe tepla na vonkajšom povrchu prvku k , $R_{se} = 1/(h_{ce}+h_{re})$, so súčiniteľmi prestupu tepla na vonkajšom povrchu h_{ce} a h_{re} získanými podľa STN EN ISO 13789 (viď. Tab. 4.16), v $m^2.K/W$,
$U_{c;op;k}$	je súčiniteľ prechodu tepla prvku k vo $W/(m^2.K)$,
$A_{c;k}$	je plocha prvku k , v m^2 ,
$h_{lr,e;k}$	súčiniteľ prestupu tepla dlhovlnným sálaním na vonkajšom povrchu, vo $W/(m^2.K)$ získaný z STN EN ISO 13789,
$\Delta\theta_{sky;m}$	priemerný rozdiel medzi zdanlivou teplotou oblohy a teplotou vzduchu v K, získanou z tabuľky A.31, informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.31 podľa STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.2),
Δt_m	dĺžka trvania mesiaca m , získaná z príslušnej normy EHB podľa modulu M1-13.

Tab. 4.17 Faktor zobrazenia oblohy podľa Tabuľky B.30 normy STN EN ISO 52016-1:2021

	Netienená vodorovná strecha	Netienená zvislá stena
F_{sky}	1,0	0,5

Tab. 4.2 Rozdiel medzi vonkajšou teplotou vzduchu a teplotou oblohy podľa Tabuľky B.31 normy STN EN ISO 52016-1:2021

Klimatická oblasť	Subpolárne oblasti	Tropické oblasti	Oblasti s miernym podnebí
$\Delta\theta_{sky,m}$ (K)	9	13	11

Vnútorá efektívna tepelná kapacita zóny

Vnútorá efektívna tepelná kapacita zóny sa líši od tepelnej kapacity pri hodinovej metóde. Pri hodinovej metóde existujú dva „druhy“ tepelnej kapacity:

- tepelná kapacita vnútorného prostredia tepelnej zóny ako takej, pozostávajúca zo vzduchu plus nábytku, a
- tepelná kapacita každého stavebného prvku, rozdelená na vrstvy (uzly).

Pri mesačnej metóde efektívna kapacita kombinuje tepelnú kapacitu vnútorného prostredia a tepelnú kapacitu stavebných prvkov do jedného agregovaného množstva, pričom z tepelnej kapacity stavebných prvkov sa berie do úvahy len tá časť, ktorá je „videná zvnútra“.

Jednoduchá metóda

Tab. 4.3 obsahuje triedy konštrukčných typov s predvoľbami pre vnútornú tepelnú kapacitu.

Tab. 4.3 Predvoľby hodnôt vnútornej efektívnej tepelnej kapacity

Trieda	Mesačná metóda $C_{m,int,eff,ztc}$ J/K
Veľmi ľahké	80 000 x $A_{use,ztc}$
Ľahké	110 000 x $A_{use,ztc}$
Stredné	165 000 x $A_{use,ztc}$
Ťažké	260 000 x $A_{use,ztc}$
Veľmi ťažké	370 000 x $A_{use,ztc}$

kde

$A_{use,ztc}$ je úžitková podlahová plocha tepelnej zóny ztc , v m^2 .

Na výpočet faktora využitia tepelných ziskov sa stanoví časová konštanta budovy určením hodnoty tepelnej kapacity budovy podľa STN EN ISO 52016-1. Zaradenie budovy podľa priemernej plošnej hmotnosti stavebných konštrukcií sa vykoná podľa Tab. 4.4.

Tab. 4.4 Typy budov podľa stavebných konštrukcií - kategórie na určenie vnútornej tepelnej kapacity podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019

Typ konštrukcie budovy	Opis stavebnej konštrukcie
Veľmi ľahká $m' \leq 15 \text{ kg/m}^2$	Ľahká nosná konštrukcia s ľahkým obvodovým plášťom a ľahkými deliacimi konštrukciami
Ľahká $15 \text{ kg/m}^2 < m' \leq 75 \text{ kg/m}^2$	Ľahký obvodový plášť s drevenou alebo inou ľahkou skeletovou nosnou konštrukciou, sadrokartónové priečky
Stredne ťažká $75 \text{ kg/m}^2 < m' \leq 150 \text{ kg/m}^2$	Ťažké masívne drevené konštrukcie, murované nosné konštrukcie z ľahčených dierovaných tehál, skeletové železobetónové konštrukcie s obvodovým plášťom a priečkami murovanými z dierovaných tehál, pórobetónu a iných ľahčených betónov alebo zo sadrokartónu, s vnútornými povrchmi z kobercov, s podhladmi alebo plošné železobetónové konštrukcie s textilnými nášľapnými vrstvami a s podhladmi a s prevažne veľkými miestnosťami nad 20 m^2
Ťažká $150 \text{ kg/m}^2 < m' \leq 300 \text{ kg/m}^2$	Murované z plnej pálenej tehly, plošná železobetónová konštrukcia so železobetónovými stropmi a vnútornými priečkami, aj ak sú podlahy prevažne zakryté textilnými nášľapnými vrstvami, ale miestnosti sú väčšinou malé, do 20 m^2
Veľmi ťažká $m' \geq 300 \text{ kg/m}^2$	Ťažké plošné železobetónové konštrukcie bez povrchovej úpravy a zakrytia (koberce)

Faktory využitia (Utilization factors)

V mesačnej metóde sa dynamické účinky zohľadňujú zavedením faktora využitia zisku pre režim vykurovania (gain utilization factor for heating). Vplyv zotrvačnosti v prípade prerušovaného vykurovania alebo v prípade vypnutia sa zohľadňuje oddelene.

Faktor využitia tepelných ziskov pre režim vykurovania (gain utilization factor for heating)

Bezrozmerný faktor využitia tepelných ziskov pre obdobie vykurovania $\eta_{H,gn}$, je funkciou faktora pomeru tepelnej bilancie pre režim vykurovania γ_H a číselného parametra α_H , ktorý závisí od zotrvačnosti budovy. Vypočíta sa pre každú zónu a pre každý mesiac podľa nasledujúcich vzorcov:

$$ak \gamma_{H,ztc;m} > 0 \quad a \quad \gamma_H \neq 1 \quad \eta_{H,gn,ztc;m} = \frac{1 - (\gamma_{H,ztc;m})^{\alpha_{H,ztc;m}}}{1 - (\gamma_{H,ztc;m})^{(\alpha_{H,ztc;m} + 1)}} \quad (4.52)$$

$$ak \gamma_{H,ztc;m} = 1 \quad \eta_{H,gn,ztc;m} = \frac{\alpha_{H,ztc;m}}{\alpha_{H,ztc;m} + 1} \quad (4.53)$$

$$ak \gamma_{H,ztc;m} \leq 0 \quad a \quad Q_{H,gn,ztc;m} > 0 \quad \eta_{H,gn,ztc;m} = \frac{1}{\gamma_{H,ztc;m}} \quad (4.54)$$

$$ak \gamma_{H,ztc;m} \leq 0 \quad a \quad Q_{H,gn,ztc;m} \leq 0 \quad \eta_{H,gn,ztc;m} = 1 \quad (4.55)$$

$$\gamma_{H;ztc;m} = \frac{Q_{H;gn;ztc;m}}{Q_{H;ht;ztc;m}} \quad (4.56)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$\gamma_{H;ztc;m}$ je bezrozmerný pomer tepelnej bilancie pre režim vykurovania,

$\alpha_{H;ztc;m}$ je bezrozmerný číselný parameter, určený podľa vzorca (4.57),

$Q_{H;ht;ztc;m}$ je celkový prenos tepla pre režim vykurovania (total heat transfer for the heating) v kWh podľa (4.8),

$Q_{H;gn;ztc;m}$ sú celkové tepelné zisky pre režim vykurovania (total heat gains for the heating) v kWh podľa (4.9).

Bezrozmerný numerický parameter $\alpha_{H;ztc;m}$ sa vypočíta podľa vzorca (4.57):

$$\alpha_{H;ztc;m} = \alpha_{H;0} + \frac{\tau_{H;ztc;m}}{\tau_{H;0}} \quad (4.57)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$\alpha_{H;0}$ je bezrozmerný referenčný číselný parameter, určený podľa tabuľky A.34, informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.34 STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.5),

$T_{H;ztc;m}$ časová konštanta zóny pre režim vykurovanie vypočítaná podľa vzorca (4.58), v h,

$T_{H;0}$ referenčná časová konštanta, v h, určená podľa tabuľky A.34, informatívne predvoľby sú uvedené v tabuľke B.34 STN EN ISO 52016-1:2021 (viď. Tab. 4.5).

Tab. 4.5 Hodnoty referenčného číselného parametra $\alpha_{H;0}$ a referenčnej časovej konštanty $\tau_{H;0}$ pre výpočet faktora využitia tepelných ziskov podľa Tabuľky B.34 normy STN EN ISO 52016-1:2021

$\alpha_{H;0}$	$T_{H;0}$ h
1,0	15

Vo výnimočných prípadoch môžeme dôjsť k záporným tepelným ziskom v prípade malých solárnych a vnútorných ziskov v kombinácii so zápornými ziskami zo sálania voči oblohe. S faktorom využitia tepelných ziskov nastaveným na 1 sa záporné zisky pridajú k stratám bez zníženia. Ak je hodnota faktora bezrozmerného pomeru tepelnej bilancie záporná kvôli negatívne celkovému mernému prenosu tepla, potreba tepla na vykurovanie je nulová, čo je prípad

$$\eta_{H;gn;ztc;m} = \frac{1}{\gamma_{H;ztc;m}}.$$

Faktor využitia ziskov je definovaný nezávisle od charakteristík vykurovacieho systému, za predpokladu dokonalej regulácie teploty a nekonečnej flexibility. Pomaly reagujúci vykurovací systém a menej ako dokonalý riadiaci systém môžu významne ovplyvniť využitie tepelných ziskov.

Časová konštanta zóny

Časová konštanta tepelne upravovanej zóny ztc , τ , v hodinách, charakterizuje vnútornú tepelnú zotrvačnosť upravovanej zóny. Môže sa líšiť medzi výpočtami vykurovania a chladenia a môže sa líšiť od mesiaca po mesiac v závislosti od premenných, najmä H_{tr} a H_{ve} . Vypočíta sa pomocou nasledujúceho vzorca:

$$\tau_{H;ztc;m} = \frac{C_{m;eff;ztc} / 3600}{H_{H;tr(exl.grfl);ztc;m} + H_{H;gr;adj;ztc} + H_{H;ve;ztc;m}} \quad (4.58)$$

kde pre každú tepelne upravovanú zónu ztc a mesiac m :

$C_{m;eff;ztc}$ je efektívna vnútorná tepelná kapacita zóny, ako je uvedené v Tab. 4.3, v J/K,

$H_{H;tr(exl.grfl);ztc;m}$ je celkový merný tepelný tok prechodom na vykurovanie s výnimkou prvkov/konštrukcií v kontakte so zeminou, podľa vzorca (4.11), vo W/K,

$H_{H;gr;adj;ztc}$ sezónny priemerný celkový merný tepelný tok cez prvky/konštrukcie v kontakte so zeminou, za vykurovaciu sezónu, upravený pre sezónny teplotný rozdiel, získaný z ISO 13789, vo W/K,

$H_{H;ve;ztc;m}$ celkový merný tepelný tok vetraním na vykurovanie podľa vzorca (4.18), vo W/K.

4.2 Systém prípravy teplej vody

Úlohou systému prípravy teplej vody v školských budovách je zabezpečenie potrebného množstva teplej vody a jej dodanie na príslušné odberné miesta. Jedná sa teda o ohrev pitnej vody na požadovanú teplotu a jej distribúciu na odberné miesta v budove, ktorými sú výtokové armatúry teplej vody. Spôsobov prípravy teplej vody aj vo vzťahu k odberným miestam je niekoľko, ale v zásade môžeme hovoriť o:

- **Lokálnej príprave teplej vody** – kde ohrev pitnej vody sa uskutočňuje priamo na odbernom mieste. Príkladom je elektrický prietokový ohrievač umiestnený na výtokovej zmiešavacej batérii, alebo elektrický zásobníkový ohrievač vody umiestnený pod stropom alebo na podlahe miestnosti, kde sa priamo nachádzajú odberné miesta teplej vody (umývadlá),
- **Centrálnej príprave teplej vody** – kedy je v budove použitý zásobník(y) teplej vody, ktoré sú umiestnené v centrálnej miestnosti (kotelni) a teplá voda z nich je potrubnými rozvodmi dopravovaná na jednotlivé odberné miesta v budove,
- **Centralizovanej príprave teplej vody** – kde príprava teplej vody sa uskutočňuje v tzv. kompaktných odovzdávacích staniách tepla (KOST) napojených na teplovodné rozvody či už mestskej teplárne alebo kotelne, určenej pre zásobovanie menšieho počtu objektov v danej lokalite. Súčasťou KOST sú výmenníky tepla, kde sa studená voda ohrieva na teplú vodu, pričom pre tento účel využíva tepelnú energiu dodávanú prostredníctvom vykurovacej vody z teplovodných rozvodov.

Faktorov, ktoré ovplyvňujú výber spôsobu prípravy a dodávky teplej vody v školskej budove je viacero, či už sa jedná o výšku vstupnej investície, výšku prevádzkových nákladov, alebo úroveň energetickej triedy systému.

Obr. 4.12 Všeobecná schéma základných prvkov systému prípravy teplej vody




Poznámka: Každý systém pozostáva z niekoľkých základných prvkov, ktoré v závislosti od zvoleného spôsobu prípravy teplej vody sú alebo nie sú jeho súčasťou. V tomto prípade je zvolený spôsob centrálnej prípravy teplej vody v budove. Dodávku tepelnej energie pre ohrev pitnej vody v zásobníku teplej vody zabezpečuje zdroj tepla (napr. elektrické tepelné čerpadlo). Pripravená teplá voda je následne distribuovaná potrubnými rozvodmi až k odbernému miestu (umývadlo).

Zdroj: M. Kováč

Energetické požiadavky systému prípravy teplej vody spoločne s ostatnými miestami spotreby energie (vykurovanie, nútené vetranie a chladenie, osvetlenie) priamo ovplyvňujú celkovú potrebu energie budovy, následne dodanú energiu a na konci primárnu energiu budovy. Tá je ukazovateľom energetickej hospodárnosti celej budovy. Už od 1. januára 2021 máme povinnosť projektovať budovy s takmer nulovou potrebou energie a teda budovy v energetickej triede A0. Okrem stanovenia energetickej triedy budovy sa určuje aj energetická trieda hodnoteného systému a teda v tomto prípade systému prípravy teplej vody, ktorá sa môže pohybovať na škále od A po G. Úroveň energetickej triedy tak vypovedá o kvalite navrhnutého systému prípravy teplej vody a to z hľadiska energetického. Úlohou projektanta systému prípravy teplej vody je navrhnuť najefektívnejší systém, ktorý bude hodnotený tou najlepšou energetickou triedou, čím sa vytvoria predpoklady k tomu, že aj celá budova bude na konci výpočtu zaradená do energetickej triedy A0.

Tab. 4.13 Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody

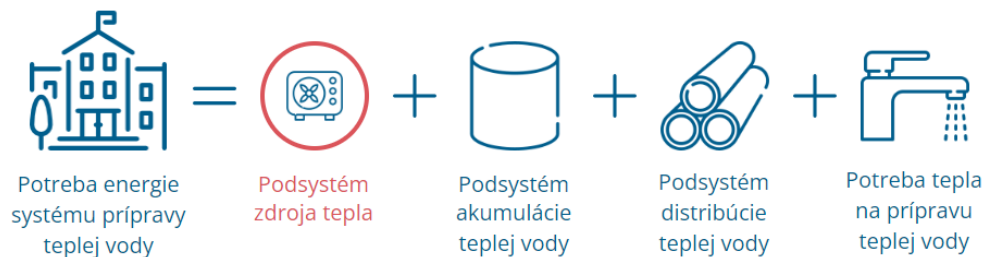
Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36	> 36

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

Pri stanovovaní potreby energie systému prípravy teplej vody je potrebné vyčísliť energetické požiadavky jeho jednotlivých podsystémov. Základom je tzv. potreba tepla na prípravu teplej vody, ktorá predstavuje množstvo energie (tepla) potrebného na ohriatie pitnej vody a to na požadovanú teplotu. Z toho vyplýva, že toto množstvo energie je paralelne možné znížiť nižšou spotrebou samotnej teplej vody alebo zabránením zbytočnému prehrievaniu teplej vody na vysokú teplotu. Ďalším v poradí je podsystém distribúcie teplej vody, kde sa počítajú tepelné straty z potrubných rozvodov teplej vody a množstvo elektrickej energie potrebnej na prevádzku cirkulačného čerpadla v prípade, že je v systéme použitý aj okruh cirkulácie teplej vody. Minimalizovať energetické požiadavky v tomto prípade je priamo možné použitím tepelných izolácií v dostatočnej hrúbke, minimalizovaním vzdialenosti odberných miest od zásobníka teplej vody, používaním moderných cirkulačných čerpadiel s nízkou spotrebou elektrickej energie a s časovačom resp. termostatom. V prípade, že sa v systéme nachádza zásobník teplej vody, je potrebné vypočítať energetické požiadavky tzv. podsystému akumulácie teplej vody, kde teda dochádza k tepelným stratám cez obal samotného zásobníka. Teplá voda v priebehu času chladne a je potrebné ju opätovne dohrievať na požadovanú teplotu. Minimalizovať energetické straty tohto podsystému je možné použitím dostatočne tepelne izolovaného zásobníka a nastavením optimálnej teploty teplej vody v zásobníku. Miera tepelných strát zásobníka je daná aj jeho veľkosťou, resp. veľkosťou teplovýmennej plochy. Malý zásobník teplej vody bude vykazovať nižšie tepelné straty v porovnaní s veľkým zásobníkom. Avšak nedostatočná veľkosť objemu zásobníka v budove môže spôsobiť problémy s dodávkou teplej vody na odberných miestach, čo sa prejaví znížením komfortom užívateľov budovy, ktorí pri použití výtokovej armatúry nemusia vždy mať dostatočnú teplotu teplej vody. Na druhej strane príliš veľký zásobník alebo vyšší počet zásobníkov v budove navyšuje energetické požiadavky celého systému. Je preto nutné nájsť optimálne riešenie tohto podsystému. Posledným podsystémom je podsystém zdroja tepla, kde sa hodnotí efektívnosť jeho prevádzky.

Obr. 4.13 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému prípravy teplej vody

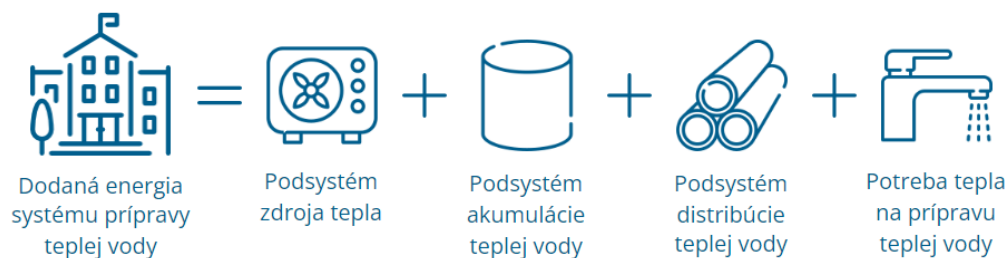


Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja tepla sa nezohľadňuje v potrebe energie systému prípravy teplej vody a preto je tento podsystém zvýraznený červenou farbou na obrázku. Samotná prevádzka zdroja tepla a teda jeho efektívnosť sa započítava až do dodanej energie systému prípravy teplej vody.

Zdroj: M. Kováč

To, že sa efektívnosť prevádzky zdroja tepla nezohľadňuje v potrebe energie systému prípravy teplej vody je úplne v poriadku a vyplýva to aj z významu samotného slova „potreba“. Systém resp. jeho jednotlivé podsystemy majú určité energetické požiadavky, ktoré musia byť kryté energiou, aby na konci tohto reťazca, ktorým je výtoková armatúra, bola teplá voda o dostatočnom množstve, prietoku a teplote. Hovoríme preto o potrebe energie systému, v tomto prípade systému prípravy teplej vody. Aby použitý zdroj tepla v systéme mohol pokryť spomínané energetické požiadavky, musí spotrebovať určité množstvo energie (paliva), resp. inak povedané, musí mu byť dodaná energia (palivo). A preto sa efektívnosť prevádzky zdroja tepla počíta až do tzv. dodanej energie systému prípravy teplej vody. Jedná sa o efektívnosť transformácie energie viazanej v energetickom nosiči (palivo), ktorým môže byť elektrická energia, biomasa alebo zemný plyn na energiu tepelnú. To sú teda zásadné rozdiely medzi potrebou energie systému prípravy teplej vody a dodanou energiou systému prípravy teplej vody (terminológia).

Obr. 4.14 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému prípravy teplej vody

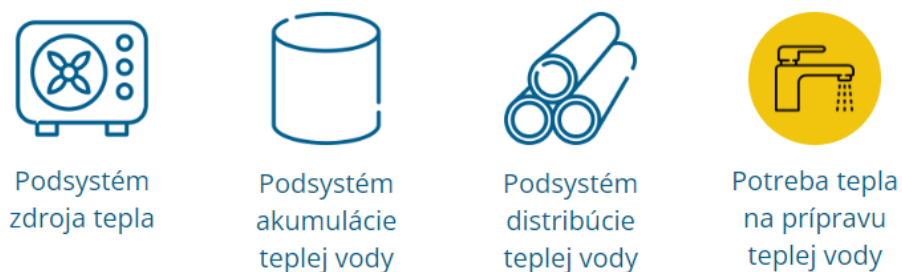


Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja tepla sa zohľadňuje v dodanej energii systému prípravy teplej vody. Každý zdroj tepla je charakterizovaný svojou efektívnosťou transformácie použitého energetického nosiča (palivo) na tepelnú energiu.

Zdroj: M. Kováč

4.2.1 Potreba tepla na prípravu teplej vody

Obr. 4.15 Systém prípravy teplej vody – potreba tepla na prípravu teplej vody



Zdroj: M. Kováč

Koncové prvky systému prípravy teplej vody (zmiešavacie batérie) predstavujú odberné miesta teplej vody. Spotreba teplej vody je v prvom rade priamo závislá od samotného užívateľa, ktorý je zodpovedný za čas, počas ktorého teplá voda vyteká z armatúry a taktiež za intenzitu (sila prúdu), s akou teplá voda z vodovodnej batérie vyteká. Samotné množstvo teplej vody je teda možné znížiť racionálnym správaním sa samotných užívateľov budovy. Okrem toho, k redukcii spotreby teplej vody napomáhajú aj samotné výtokové armatúry a to svojou konštrukciou resp. typom perlátora, ktorý dokáže obmedziť množstvo vody na výtok a zachovať pritom požadovanú intenzitu prúdu vody. Používanie klasických 2 kohútikových zmiešavacích batérií je v súčasnosti veľmi nevhodné a to vzhľadom na fakt, že časový úsek, počas ktorého užívateľ nastavuje (otáča kohútikom) množstvo teplej a studenej vody, predstavuje zbytočnú stratu vody.

Samozrejme kvôli dizajnu sa takéto armatúry používajú aj v dnešnej dobe, avšak s konštrukčnými vylepšeniami. Jedná sa napr. o 2 kohútikové zmiešavacie termostatické batérie, kde teda jedným kohútikom užívateľ nastavuje (zmiešava studenú a teplú vodu) teplotu vody a druhým kohútikom určuje silu prúdu, s akou voda z batérie vyteká. To je úspora času a teda aj úspora vody, či už teplej alebo studenej. V súčasnosti najviac rozšírenými zmiešavacími batériami sú tzv. pákové zmiešavacie batérie, ktorých hlavnou výhodou je rýchlejšie a pre užívateľa jednoduchšie nastavenie požadovanej teploty a intenzity vody na výtoku z batérie. Ich malou nevýhodou je, že pokiaľ dochádza ku kolísaniu tlaku vody v rozvodoch teplej a studenej vody alebo keď užívateľ zmení intenzitu prúdu, prejaví sa to kolísaním teploty vody na výtoku z takejto batérie, čo predstavuje pre užívateľa určitý diskomfort. Z týchto vyššie uvedených hľadísk je možné za najhospodárnejšie výtokové armatúry označiť tzv. termostatické zmiešavacie batérie. Výhodou termostatického článku v zmiešavacej batérii je fakt, že batéria si udržuje teplotu vody nastavenú užívateľom a to aj v prípade, že užívateľ často mení silu prúdu vody. A v neposlednom rade zohráva dôležitú úlohu v spotrebe teplej vody (a nielen teplej, ale aj studenej vody) samotný perlátor. Veľkosť a počet otvorov v samotnom perlátore určuje množstvo spotrebovanej vody. Vo všetkých vyššie spomínaných prípadoch sa jedná o mechanicky ovládané vodovodné batérie. V školských budovách je z hľadiska hygienického vhodnejšie voliť vodovodné batérie ovládané senzorom pohybu rúk, čím sa minimalizuje fyzický kontakt osoby s povrchom samotnej batérie a redukuje prenos baktérií. Potreba tepla na prípravu teplej vody predstavuje množstvo tepla (energie), ktoré je potrebné dodať určitému množstvu vody za účelom dosiahnutia požadovanej teploty. Množstvo tepla na prípravu (ohrev) je teda priamo závislé od spotreby teplej vody v budove a aj od teploty, na ktorú sa ohrieva. Znížiť potrebu tepla je teda možné racionálnou spotrebou teplej vody (neponechávať pootvorenú výtokovú batériu, ak to nie je potrebné) a taktiež správnym nastavením požadovanej teploty teplej vody pri jej príprave napr. v zásobníku teplej vody (zbytočne neprehrievať – neudržiavať vysokú teplotu vody, netýka sa to pravidelnej termickej dezinfekcie zásobníka).

Tab. 4.22 Referenčné hodnoty ročnej potreby tepla na prípravu teplej vody

Kategória budovy	Potreba tepla na prípravu teplej vody [kWh/(m ² .rok)]
Školské budovy	10

Poznámka: Tabuľka uvádza referenčnú ročnú hodnotu potreby tepla na prípravu teplej vody, vyjadrenú na 1 m² podlahovej plochy školskej budovy.

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

4.2.2 Podsystem distribúcie teplej vody

Obr. 4.16 System prípravy teplej vody – podsystem distribúcie teplej vody



Podsystem zdroja tepla



Podsystem akumulácie teplej vody



Podsystem distribúcie teplej vody



Potreba tepla na prípravu teplej vody

Zdroj: M. Kováč

Podsystem distribúcie teplej vody tvoria potrubné rozvody medzi zásobníkom teplej vody a koncovými prvkami systému prípravy teplej vody, ktorými sú výtokové armatúry teplej vody (zmiešavacie batérie). Potrubnými rozvodmi prúdi teplá voda a keďže jej teplota je vyššia ako teplota okolitého prostredia, dochádza k tepelnému toku medzi dvoma prostrediami, ktoré od seba oddeľuje stena potrubia. Miera tepelného toku je priamo závislá od teplotného rozdielu vody v potrubí a okolitým prostredím, ďalej od tepelno technických vlastností samotného potrubia resp. tepelnej izolácie na potrubí, a aj od veľkosti potrubia (priemer a dĺžka). Potrubné rozvody teplej vody môžu byť vedené vykurovanými resp. nevykurovanými časťami budovy alebo aj mimo samotnú budovu (príprava teplej vody v susednej budove, kde sa nachádza centrálna kotolňa). Vyhnúť sa teda existencii tepelných strát nie je možné úplne, až na niektoré výnimky ako napr. použitie lokálnych elektrických prietokových ohrievačov priamo v mieste odberu teplej vody (ohrievač v mieste zmiešavacej batérie alebo v jej tesnej blízkosti). Snahou a v podstate aj úlohou projektanta zdravotníckej techniky je navrhnúť takú potrubnú sieť, ktorá bude vykazovať minimálne tepelné straty. Ako to dosiahnuť? Faktory ovplyvňujúce mieru tepelného toku sú známe a preto je nutné venovať zvýšenú pozornosť návrhu potrubnej trasy, čo sa týka dĺžky a miesta vedenia trasy. Súčasne je potrebné do projektu uviesť a pri realizácii stavby aj dodržať predpísaný typ a rozmer (hrúbka) tepelnej izolácie na potrubíach teplej vody a cirkulačných potrubíach teplej vody. Úlohou podsystemu distribúcie teplej vody je teda stanoviť energetické (tepelné) straty z potrubných rozvodov teplej vody.

4.2.3 Podsystem akumulácie teplej vody

Obr. 4.17 System prípravy teplej vody – podsystem akumulácie teplej vody

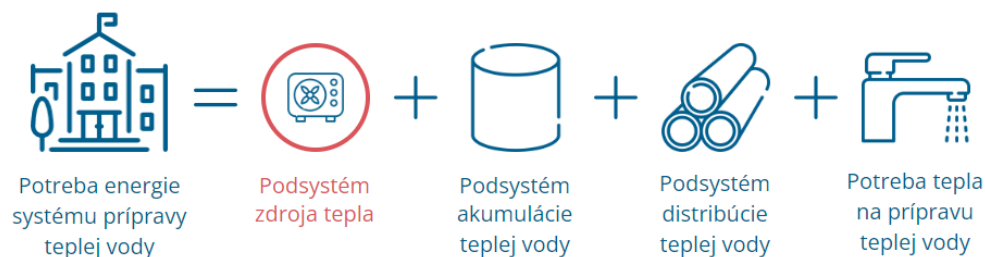


Zdroj: M. Kováč

Podsystem akumulácie teplej vody je predmetom hodnotenia v prípade, že sa jedná o tzv. zásobníkovú prípravu teplej vody. Či už ide o priamo ohrievaný alebo nepriamo ohrievaný zásobník teplej vody, tento akumuluje v sebe určité množstvo teplej vody, ktorej teplota je vyššia ako teplota okolia a z toho dôvodu je potrebné počítať s tepelnými stratami do okolia. Miera tepelného toku je podobne ako v prípade tepelných strát z potrubných rozvodov závislá od tepelno technických vlastností zásobníka, resp. od typu a hrúbky tepelnej izolácie, ďalej od objemu vody v nádrži resp. od veľkosti teplo výmennej plochy a od teplotného rozdielu medzi teplotou vody v nádrži a okolitým vzduchom. Úlohou podsystemu akumulácie tepla je teda stanoviť energetické (tepelné) straty zo zásobníka.

4.2.4 Potreba energie systému prípravy teplej vody


Obr. 4.18 Potreba energie systému prípravy teplej vody



Zdroj: M. Kováč

Výpočet potreby energie systému prípravy teplej vody zohľadňuje energetické straty (požiadavky) jednotlivých podsystémov okrem podsystému zdroja tepla. Ten sa zohľadňuje až pri výpočte dodanej energie systému prípravy teplej vody. Potreba energie vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí zdroj tepla vyprodukovať na výstupnej strane, aby bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystémov systému prípravy teplej vody, ktoré nasledujú za samotným zdrojom tepla. V prípade, že súčasťou systému prípravy teplej vody je obnoviteľný zdroj energie (napr. slnečný teplovodný kolektor), je potrebné jeho energetický zisk taktiež započítať do potreby energie systému prípravy teplej vody. Výsledná hodnota potreby energie systému prípravy teplej vody sa následne prepočíta na 1 m² podlahovej plochy. Vypočítaný údaj sa porovná so škálou energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody (Tab. 4.23) a teda sa určí výsledná energetická trieda systému prípravy teplej vody.

Tab. 4.23 Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody

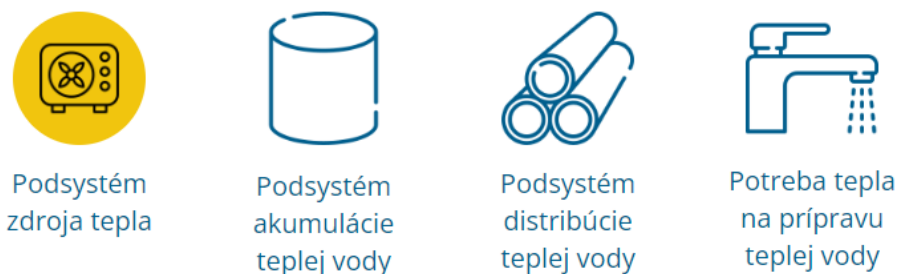
Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 6	7 - 12	13 - 18	19 - 24	25 - 30	31 - 36	> 36

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

4.2.5 Podsystem zdroj tepla



Obr. 4.19 System prípravy teplej vody – podsystém zdroja tepla



Zdroj: M. Kováč

Produkcia tepla potrebného na prípravu (ohrev) teplej vody, prebieha v samotnom zdroji tepla, kde dochádza k transformácii energie viazanej v energetickom nosiči (elektrická energia, drevo, peletky a podobne) na teplo. Úlohou podsystemu zdroja tepla je teda stanoviť energetické straty, ktoré vznikajú prevádzkou zdroja tepla na prípravu teplej vody – hovoríme o efektívnosti prevádzky zdroja tepla. Zaujímavú skupinu tvoria elektrické tepelné čerpadlá, ktoré vďaka kompresorovému procesu dosahujú hodnoty koeficientu hospodárnosti tzv. COP vyššie ako 100 %. Ich výhodou je nízka spotreba elektrickej energie, čiže množstvo dodanej energie do tepelného čerpadla je nižšie ako množstvo energie v podobe tepla na výstupe z tepelného čerpadla. Je to dané vlastnosťami chladiva v kompresorovom okruhu, ktoré sa dokáže odparovať aj pri nízkych teplotách. Energiu k tomu využíva tepelné čerpadlo napr. z okolitého vzduchu, alebo zo studňovej vody alebo využíva energetický potenciál zo zeme (pôda, vrty). V podstate elektrická energia je potrebné iba na chod kompresora, a samozrejme ďalšej regulačnej a riadiacej techniky. V prípade zdrojov tepla, akými sú kotle, ktoré spaľujú tuhé alebo plyné palivá, či už sa jedná o biomasu alebo zemný plyn, hovoríme o tzv. účinnosti zdroja tepla. Účinnosť zariadenia sa počas prevádzky pohybuje pod hodnotou 100 %. Znamená to, že v podsysteme zdroja tepla vznikajú energetické straty pri transformácii vstupného paliva a je teda potrebné množstvo energie na vstupe do zdroja tepla navýšiť, aby bolo možné pokryť energetické požiadavky ostatných podsystemov systému prípravy teplej vody, ktoré nasledujú za samotným zdrojom tepla.

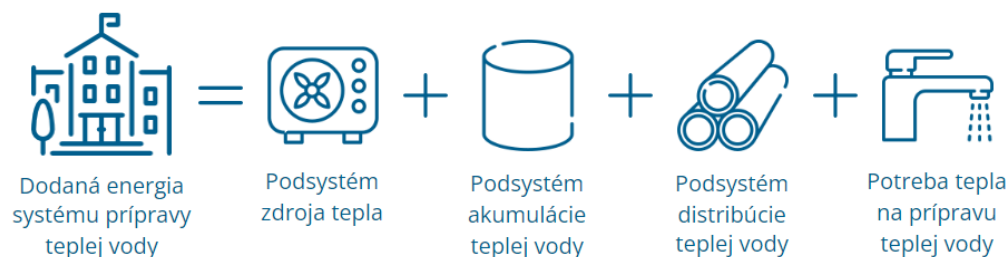
Tab. 4.24 Faktory využitia energie pre rôzne zdroje tepla a energetické nosiče

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor využitia energie
		f_{gn}
Elektrina	Elektrické vykurovanie	99%
	Elektrický ohrev pitnej vody	99%
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	260%
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízkoteplotné vykurovanie	290%
	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch / (vzduch sa ohrieva do 35°C)	290%
	Tepelné čerpadlo zem-voda / radiátorové vykurovanie	290%
	Tepelné čerpadlo zem-voda / nízkoteplotné vykurovanie	340%
	Tepelné čerpadlo voda-voda / radiátorové vykurovanie	340%
	Tepelné čerpadlo voda-voda / nízkoteplotné vykurovanie	390%
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / radiátorové vykurovanie	400%
Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / nízkoteplotné vykurovanie	440%	
Drevené peletky	Kotol na biomasu	86%
Drevná štiepka	Kotol na biomasu	78%
Kusové drevo	Kotol na biomasu	70%
	Kotol na biomasu so splyňovaním	83%
Zemný plyn	Štandardný kotol - starý	83-89%
	Štandardný kotol - nový	89-90%
	Nízkoteplotný kotol	90-93%
	Kondenzačný kotol	97-105%
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	140%
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízkoteplotné vykurovanie	150%

Zdroj: Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

4.2.6 Dodaná energia systému prípravy teplej vody

Obr. 4.20 Dodaná energia systému prípravy teplej vody



Zdroj: M. Kováč

Pri výpočte dodanej energie systému prípravy teplej vody sa zohľadňujú energetické požiadavky všetkých podsystemov systému prípravy teplej vody, a teda aj podsystem zdroj tepla. Dodaná energia vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí byť do zdroja tepla dodané na vstupe, aby zdroj tepla bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystemov systému prípravy teplej vody, ktoré nasledujú za ním. Hodnota dodanej energie sa použije na výpočet primárnej energie, ktorá sa stanoví na základe konverzných faktorov primárnej energie pre jednotlivé energetické nosiče a v závislosti od použitého zdroja tepla.

4.3 Systém vykurovania

Úlohou systému vykurovania v budove je zabezpečenie dostatočného množstva tepelnej energie na dosiahnutie a udržanie požadovanej teploty vo vykurovaných priestoroch počas zimných mesiacov. Jedná sa teda o prenos tepelnej energie zo zdroja tepla cez potrubné rozvody až ku koncovým prvkom, zabezpečujúcim prenos tepla do okolitého priestoru. Z hľadiska lokalizácie zdroja tepla vo vzťahu k vykurovaným priestorom môžeme hovoriť o:

- **Lokálnom vykurovaní** – kde zdroj tepla určený na vykurovanie sa nachádza priamo vo vykurovanom priestore,
- **Centrálom vykurovaní** – kedy je v objekte použitý jeden alebo viacero zdrojov tepla (napr. tepelné čerpadlo), ktoré sú umiestnené v centrálnej miestnosti (technická miestnosť) a tepelná energia z nich je distribuovaná potrubnými rozvodmi vykurovacej vody do koncových prvkov (radiátor, podlahové vykurovanie a iné) umiestnených vo vykurovaných miestnostiach,
- **Centralizovanom vykurovaní** – kde sa vykurovacia voda upravuje na požadovanú teplotu v tzv. kompaktnéj odovzdávacej stanici tepla (KOST) napojenej na teplovodné rozvody či už mestskej teplárne alebo kotolne, určenej pre zásobovanie menšieho počtu objektov v danej lokalite.


Tepelná pohoda resp. komfort užívateľov vo vykurovanej miestnosti počas zimného obdobia je daná operatívnou teplotou priestoru, ktorá zohľadňuje teplotu vzduchu a povrchovú teplotu okolitých vnútorných povrchov miestnosti. To, aká je teplota vzduchu resp. teplota jednotlivých vnútorných povrchov je priamo závislé od veľkosti transparentných plôch (okná) a ich tepelno technických parametrov, ďalej od súčiniteľa prechodu tepla resp. tepelného odporu netransparentných konštrukcií (stena a podobne), a od tesnosti resp. vzduchotesnosti budovy. Z pohľadu technických zariadení budov ovplyvňuje vnútornú teplotu vzduchu a teplotu povrchov zvolený systém odovzdávania tepla do vykurovaného priestoru.

Z tohto hľadiska môžeme potom hovoriť o:

- **Prevažne konvekčnom vykurovaní** – kde sa používajú koncové prvky (radiátor), ktoré prevažnú časť tepelnej energie odovzdávajú konvekciou (prúdením). Samozrejme prenos tepla sa uskutočňuje stále aj radiáciou. V tomto prípade je však úroveň teploty vnútorného vzduchu vyššia ako teplota vnútorných povrchov. Je to spôsobené tým, že vykurovacie teleso primárne ohrieva okolitý vzduch, od ktorého sa následne ohrievajú okolité povrchy. Vyššia teplota vzduchu však spôsobuje vysušovanie vzduchu (zníženie relatívnej vlhkosti),
- **Prevažne radiačnom vykurovaní** - kedy sa prevažná časť tepelnej energie odovzdáva do miestnosti radiáciou. Zostávajúce spôsoby prenosu tepla sú aj naďalej prítomné, avšak v menšom rozsahu. Do tejto skupiny patrí veľkoplošné podlahové, stropné a stenové vykurovanie. V tomto prípade má daná teplovýmenná plocha výrazne vyššiu povrchovú teplotu ako je okolitý vzduch a ostatné vnútorné povrchy miestnosti sú osálané, čím dochádza k zvýšeniu ich povrchovej teploty. Nižšia teplota vzduchu zabraňuje nadmernému vysušovaniu sliznice a znižuje tepelné straty objektu prechodom tepla keďže teplotný rozdiel medzi interiérom a exteriérom je nižší v porovnaní s prevažne konvekčným systémom vykurovania.

Energetické požiadavky systému vykurovania spoločne s ostatnými miestami spotreby energie (príprava teplej vody, nútené vetranie a chladenie, osvetlenie) priamo ovplyvňujú celkovú potrebu energie budovy, následne dodanú energiu a na konci primárnu energiu budovy. Tá je ukazovateľom energetickej hospodárnosti celej budovy. Už od 1. januára 2021 máme povinnosť projektovať budovy s takmer nulovou potrebou energie a teda budovy v energetickej triede A0. Okrem stanovenia energetickej triedy budovy sa určuje aj energetická trieda hodnoteného systému a teda v tomto prípade systému vykurovania, ktorá sa môže pohybovať na škále od A po G. Úroveň energetickej triedy tak vypovedá o kvalite navrhnutého systému vykurovania a to z hľadiska energetickeho. Úlohou projektanta je navrhnúť najefektívnejší systém, ktorý bude hodnotený tou najlepšou energetickou triedou, čím sa vytvoria predpoklady k tomu, že aj celá budova bude na konci výpočtu zaradená do energetickej triedy A0.

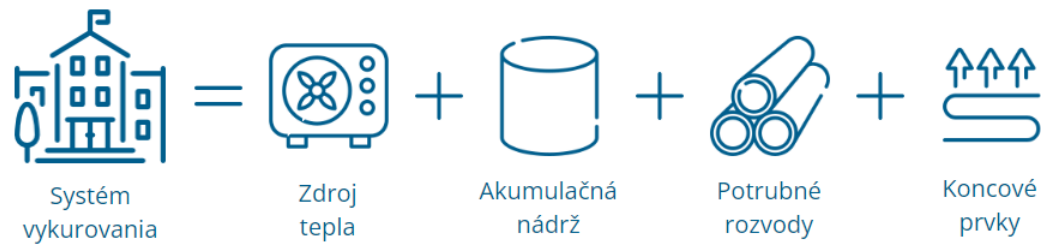
Tab. 4.22 Škála energetickej tried pre potrebu energie na vykurovanie

Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 28	29 - 56	57 - 84	85 - 112	113 - 140	141 - 168	> 168

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

Obr. 4.21 Všeobecná schéma základných prvkov systému vykurovania



Poznámka: Každý systém pozostáva z niekoľkých základných prvkov, ktoré v závislosti od zvoleného spôsobu vykurovania sú alebo nie sú jeho súčasťou. V tomto prípade je zvolený spôsob centrálného vykurovania budovy. Dodávku tepelnej energie pre vykurovanie miestností zabezpečuje zdroj tepla (napr. elektrické tepelné čerpadlo). Vykurovacia voda pripravená zdrojom tepla môže byť v určitých prípadoch akumulovaná v nádrži (tepelné čerpadlo, kotol na drevo a podobne) a následne distribuovaná potrubnými rozvodmi až ku koncovým prvkom, ktoré zabezpečujú prenos tepla do miestnosti (radiátor, podlahové vykurovanie a podobne).

Zdroj: M. Kováč

Pri stanovovaní potreby energie systému vykurovania je potrebné vyčíslit' energetické požiadavky jeho jednotlivých podsystémov. Základom výpočtu je tzv. potreba tepla na vykurovanie, ktorá predstavuje množstvo energie (tepla) potrebného na dosiahnutie a udržanie požadovanej teploty vo vykurovanom priestore. Toto množstvo tepla je závislé predovšetkým od súčiniteľa prechodu tepla resp. tepelného odporu stavebných konštrukcií, ktoré oddeľujú vykurovaný priestor od exteriéru, ďalej od spôsobu vetrania interiéru, potom od geometrického tvaru budovy, ktorý definuje veľkosť teplovýmennej plochy vo vzťahu k objemu budovy a v neposlednom rade od teploty vzduchu v interiéru. Neopodstatnené prekurovanie miestnosti má za následok zvýšenú spotrebu energie a zhoršenie kvality vnútorného prostredia pre jeho užívateľov, nakoľko dochádza k zníženiu relatívnej vlhkosti vzduchu, čo môže spôsobiť vysušovanie sliznice, prípadné iné zdravotné problémy. Minimalizovať potrebu tepla na vykurovanie je teda možné optimálnym architektonickým návrhom geometrie budovy a návrhom obalových konštrukcií s nízkou hodnotou súčiniteľa prechodu tepla, ďalej použitím systému núteného vetrania so spätným získavaním tepla (rekuperácia) a úroveň teploty vzduchu v interiéru. Požadovanú teplotu interiéru zabezpečujú koncové prvky, akými sú vykurovacie telesá alebo sálavé systémy (podlahové vykurovanie, stenové vykurovanie a podobne), ktoré z hľadiska metodiky výpočtu energetickej hospodárnosti spadajú do podsystému odovzdávania (emisie) tepla. Každý z týchto koncových prvkov prenáša tepelnú energiu do okolitého priestoru všetkými spôsobmi prenosu tepla, pričom niektorá z týchto zložiek je vždy prevažujúca. Napríklad konvekčný (radiátorový) systémy odovzdáva prevažnú časť tepla do okolia konvekciou. Naopak podlahové vykurovanie odovzdáva tepelnú energiu do okolia hlavne radiáciou. To samozrejme ovplyvňuje samotnú teplotu vzduchu a teplotu okolitých vnútorných povrchov v rámci vykurovaného priestoru. Každý z týchto koncových prvkov je doplnený o riadiace prvky, ktoré snímajú okolitú teplotu vzduchu a regulujú resp. otvárajú/zatvárajú regulačné armatúry na koncových prvkoch. To všetko s cieľom, aby bola energia do priestoru dodávaná iba v tom čase, keď je to potrebné. V rámci podsystému odovzdávania (emisie) tepla sa teda počítajú energetické požiadavky, ktoré súvisia s použitým spôsobom vykurovania (radiátorové, podlahové, stropné vykurovanie a podobne). Tieto systémy sú charakteristické svojim teplotným gradientom vzduchu (stratifikácia=vrstvenie teplôt po výške miestnosti), ďalej teplotou použitej vykurovacej vody v systéme a použitým systémom regulácie teploty vzduchu vo vykurovanej miestnosti. To všetko priamo ovplyvňuje (navyšuje) potrebu energie systému vykurovania. Je preto nutné aj z hľadiska projektovania systému vykurovania venovať pozornosť nielen návrhu dostatočného tepelného výkonu vykurovacej sústavy, ale aj prvkom, ktoré majú teplotu riadiť/udržiavať a teda v konečnom dôsledku šetriť energiou a zabezpečiť pre užívateľov maximálny komfort. Príkladom sú moderné elektronické termostatické hlavice pre vykurovacie telesá alebo elektronické nástenné termostaty pre podlahové vykurovanie, ktoré umožňujú nastaviť v jednotlivých miestnostiach rôznu teplotu počas pracovných dní a víkendov. V dnešnej dobe sú tieto zariadenia vybavené aj prvkami inteligencie, kedy sa merané údaje zaznamenávajú, vyhodnocujú a následne sa na základe toho

upravuje režim vykurovania. Ďalším v poradí je podsystem distribúcie tepla, kde sa počítajú tepelné straty z potrubných rozvodov vykurovacej vody a potreba elektrickej energie na prevádzku obehových čerpadiel. Minimalizovať energetické požiadavky v tomto prípade je možné použitím tepelných izolácií v dostatočnej hrúbke, ďalej používaním nízkoteplotných systémov, čím sa znižuje teplotný rozdiel medzi teplotou vody v potrubí a teplotou vzduchu v okolí, a používaním moderných obehových čerpadiel s nízkou spotrebou elektrickej energie. V prípade, že sa v systéme vykurovania nachádza akumulčná nádrž, je potrebné vypočítať energetické požiadavky tzv. podsystemu akumulácie tepla, kde teda dochádza k tepelným stratám cez obal samotnej nádrže. Vykurovacia voda akumulovaná v nádrži má svoj energetický potenciál a v priebehu času sa znižuje v dôsledku tepelného toku do okolia. Minimalizovať energetické straty tohto podsystemu je možné hlavne použitím dostatočne tepelne izolovanej nádrže, ale aj teplotou vykurovacej vody v nádrži. Avšak tá je priamo závislá od použitého zdroja tepla (kotol na drevo, elektrické tepelné čerpadlo) resp. od teplotného spádu vykurovacej sústavy. Dôležitým faktorom je aj objem nádrže, resp. teplovýmenná plocha nádrže. Malá akumulčná nádrž bude síce vykazovať nižšie tepelné straty v porovnaní s veľkou nádržou, avšak nedostatočná veľkosť nádrže môže spôsobovať problémy v prevádzke vykurovacieho systému. Príkladom môže byť elektrické tepelné čerpadlo s poddimenzovanou akumulčnou nádržou, v ktorej akumulovaná energia nie je schopná pokryť energetické požiadavky vykurovacej sústavy v dobe odpojenia tepelného čerpadla od prívodu elektrickej energie zo strany dodávateľa (1-2 hodinová odstavka) kvôli energetickým špičkám v elektrických rozvodoch. V takom prípade môže dôjsť k situáciám, kedy nebude dodávaná tepelná energia do koncových prvkov vykurovania (napr. podlahové vykurovanie) alebo nebude možné ohriať pitnú vodu v zásobníku teplej vody. Posledným podsystemom je podsystem zdroja tepla, ktorého efektívnosť prevádzky sa ale do potreby energie systému vykurovania nezahrňuje.

Obr. 4.22 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému vykurovania



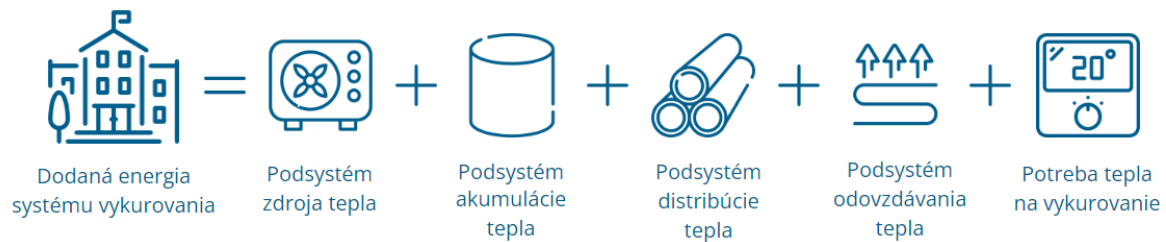
Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja tepla (červenou zvýraznený podsystem) sa nezohľadňuje v potrebe energie systému vykurovania.

Zdroj: M. Kováč

Skutočnosť, že sa efektívnosť prevádzky zdroja tepla nezohľadňuje v potrebe energie systému vykurovania je úplne v poriadku a vyplýva to aj z významu samotného slova „potreba“. System resp. jeho jednotlivé podsystemy majú určité energetické požiadavky, ktoré musia byť kryté energiou, aby na konci tohto reťazca, ktorým je vykurovacie teleso alebo plocha, bol dostatok tepla pre dosiahnutie požadovanej teploty vo vykurovanej miestnosti. Hovoríme preto o potrebe energie systému, v tomto prípade systému vykurovania.

Aby použitý zdroj tepla v systéme mohol pokryť spomínané energetické požiadavky, musí spotrebovať určité množstvo energie (paliva), resp. inak povedané, musí mu byť dodaná energia (palivo). A preto sa efektívnosť prevádzky zdroja tepla počíta až do tzv. dodanej energie systému vykurovania.

Obr. 4.23 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému vykurovania



Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja tepla sa zohľadňuje v dodanej energii systému vykurovania. Každý zdroj tepla je charakterizovaný svojou efektívnosťou transformácie použitého energetického nosiča (palivo) na tepelnú energiu.

Zdroj: M. Kováč

4.3.1 Potreba tepla na vykurovanie

Obr. 4.24 Systém vykurovania – potreba tepla na vykurovanie



Zdroj: M. Kováč

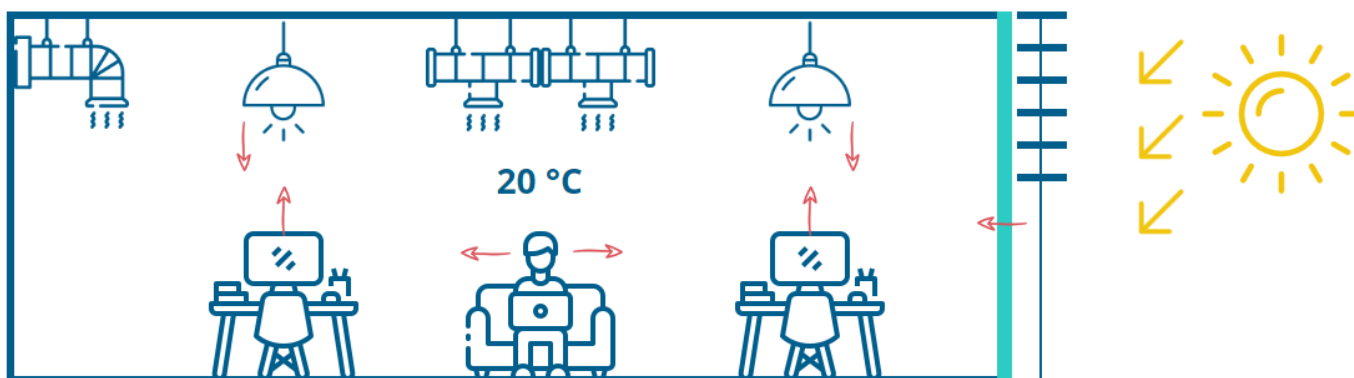
Aby bolo možné vyčíslíť množstvo energie potrebnej na prevádzku vykurovacieho systému, je nutné začať od jeho koncových prvkov a teda stanoviť potrebu tepla na vykurovanie. Táto predstavuje množstvo tepla potrebného na dosiahnutie a udržanie požadovanej teploty vnútorného vzduchu vo vykurovanej miestnosti resp. v budove. Výpočet zohľadňuje energetické straty a energetické zisky. Energetické straty vznikajú v dôsledku teplotného rozdielu medzi vykurovaným priestorom budovy a exteriérom počas zimných mesiacov. Medzi tieto straty patrí tzv. tepelná strata prechodom tepla cez obvodové konštrukcie oddelujúce vykurovaný priestor od exteriéru, ale aj stavebné konštrukcie, ktoré oddelujú vykurovaný priestor od nevykurovaného priestoru v samotnej budove. V tomto prípade je miera tepelného toku priamo závislá od tepelno technických parametrov stavebnej konštrukcie, vyjadrených cez súčiniteľ prechodu tepla. Čím je jeho hodnota nižšia, tým je aj tepelný tok nižší. Aby bolo vnútorné prostredie budov vhodné pre pobyt a prácu jeho užívateľov, je potrebné zabezpečiť jeho vetranie, čím sa reguluje vnútorná vlhkosť vzduchu a koncentrácia oxidu uhličitého v budove. V tomto prípade sa však jedná o tzv. tepelnú stratu vetraním pre budovu. Najjednoduchšou formou výmeny vzduchu je prirodzené vetranie, t.j. pravidelné otváranie okien. Avšak tento spôsob vetrania počas zimných mesiacov je veľmi energeticky náročný, a nie je ani komfortný vzhľadom na skutočnosť, že pootvorením okna vstupuje do miestnosti vonkajší chladný vzduch, ktorý spôsobuje výrazné teplotné diferencie interiérového vzduchu a vyvoláva u užívateľov budovy tepelnú nepohodu. Nakoniec to teda končí zanedbaním pravidelného vetrania priestorov budovy, čo vedie k vzostupu relatívnej vlhkosti vzduchu a koncentrácie oxidu uhličitého.

Riešením je teda použitie núteného vetrania s rekuperáciou, kde prívod čerstvého vzduchu do miestnosti a odvod opotrebovaného vzduchu z miestnosti zabezpečuje vzduchotechnická jednotka. Rekuperačné zariadenie integrované vo vzduchotechnickej jednotke predhrieva privádzaný čerstvý vzduch do miestnosti, pričom energiu na predohrev získava z opotrebovaného vzduchu odvádzaného z miestnosti do exteriéru. K prenosu tepla dochádza cez tzv.

teplýmenné plochy, z ktorých je samotný rekuperátor vyrobený. Je to efektívne riešenie, ktoré výrazne znižuje energetické straty vetraním, keďže účinnosť rekuperačných zariadení sa pohybuje od 70 % smerom nahor. Pokiaľ je to potrebné, je možné vzduchotechnickú jednotku vybaviť predohrevom resp. dohrevom privádzaného čerstvého vzduchu. Aký je v tom rozdiel? Predohrev vzduchu sa využíva na zvýšenie teploty privádzaného chladného vzduchu pred vstupom do rekuperátora, aby sa zabránilo jeho zamrznutiu. A dohrev vzduchu sa potom používa až za samotným rekuperátorom a to v prípadoch, kedy je požiadavka privádzať do miestnosti resp. do budovy nielen čerstvý predohriaty vzduch, ale vzduch s konkrétnou teplotou. Výhodou systému núteného vetrania s rekuperáciou je kontinuálna výmena vzduchu v čase prítomnosti osôb, pričom sa minimalizuje tepelná strata vetraním. Súčasne je regulovaná relatívna vlhkosť a koncentrácia oxidu uhličitého v interiérovom vzduchu. Výmena vzduchu prebieha pri stanovenom objemovom prietoku vzduchu, ktorý sa môže aj meniť napr. v závislosti od počtu osôb v miestnosti resp. v budove, čo v prípade administratívnych budov je v dnešnej dobe veľmi dôležité.

Počas prevádzky budovy v zimných mesiacoch nevznikajú len tepelné straty, ale sú prítomné aj tepelné zisky. Tieto rozdeľujeme na vonkajšie a vnútorné. Slnéčné žiarenie, ktorého síce počas zimných mesiacov je výrazne menej ako je tomu v čase letných mesiacov, radíme práve medzi tzv. vonkajšie tepelné zisky. Slnéčné lúče prechádzajú cez transparentné konštrukcie (okná) do miestnosti a zahrievajú jej vnútorné povrchy, v dôsledku čoho dochádza z vzostupu teploty interiérového vzduchu. Jedná sa o energetický zisk pre vykurovaný priestor, čím sa znižuje potreba tepla dodávaná z vykurovacieho telesa (plochy) do miestnosti. Okrem slnečného žiarenia sa vo výpočte zohľadňujú aj tepelné zisky od vnútorných zdrojov tepla, ktorými sú samotní užívatelia budovy, ďalej elektrické a svetelné zariadenia, ktoré pri svojej prevádzke vždy emitujú určité množstvo tepelnej energie do okolitého priestoru. Toto množstvo tepla je potrebné zohľadniť v energetickej bilancii budovy.

Obr. 4.25 Grafická schéma výpočtu potreby tepla na vykurovanie



Poznámka: Obrázok znázorňuje energetické straty a energetické zisky v budove počas vykurovacej sezóny. Energetickými stratami sú v tomto prípade tepelné straty prechodom tepla cez stavebné konštrukcie, či už netransparentné alebo transparentné, ďalej tepelné straty vetraním v dôsledku nútej výmeny vzduchu prostredníctvom vzduchotechnického systému. Súčasne je potrebné zohľadniť vo výpočte energetické zisky, medzi ktoré patrí jednak tepelný zisk zo slnečného žiarenia, ktoré prestupuje do interiéru budovy cez transparentné konštrukcie, a ďalej vnútorné tepelné zisky, ktorými sú samotní užívatelia budovy, ďalej osvetlenie a iné elektrické zariadenia, ktoré pri svojej prevádzke emitujú určité množstvo tepelnej energie do okolitého priestoru.

Zdroj: M. Kováč

4.3.2 Podsystem odovzdávania (emisie) tepla

Obr. 4.26 Systém vykurovania – podsystem odovzdávania (emisie) tepla



Podsystem zdroja tepla



Podsystem akumulácie tepla



Podsystem distribúcie tepla



Podsystem odovzdávania tepla



Potreba tepla na vykurovanie

Zdroj: M. Kováč

Do tohto podsystemu patria všetky koncové prvky vykurovacieho systému, prostredníctvom ktorých dochádza k prenosu tepla do vykurovaného priestoru. Jedná sa o vykurovacie telesá (doskový radiátor, podlahový konvektor) a vykurovacie plochy (podlahové, stenové, stropné vykurovanie). Výber koncového prvku ovplyvňuje teplotu vzduchu a teplotu vnútorných povrchov miestnosti. K prenosu tepelnej energie dochádza vedením, prúdením a sálaním, avšak pri niektorých typoch koncových prvkov prevláda prenos tepla prúdením (podlahový konvektor, doskový radiátor), alebo sálaním (podlahové, stenové a stropné vykurovanie). Teplota vzduchu a teplota okolitých povrchov ovplyvňuje výslednú tzv. operatívnu teplotu. Táto by mala byť na úrovni, ktorú stanovuje norma STN EN 12 831-1 pre jednotlivé typy vykurovaných miestnosti. Napríklad pre obytné miestnosti akými sú obývacia izba, spálňa alebo detská izba je požadovaná teplota 20 °C. Ak porovnáваме konvekčný systém vykurovania (napr. doskový radiátor) a sálavý systém vykurovania (napr. podlahové vykurovanie), je potrebné si uvedomiť, že pri sálavom systéme bude priemerná teplota okolitých povrchov (steny, stropy) vyššia ako v prípade použitia konvekčného vykurovania. A naopak teplota vzduchu pri použití sálavého systému vykurovania môže byť reálne nižšia ako v prípade konvekčného vykurovania. Toto porovnanie vychádza z faktu, že výsledná operatívna teplota je 20 °C v prípade sálavého vykurovania aj v prípade konvekčného vykurovania. Spomínané rozdiely v teplotách vzduchu alebo vnútorných povrchoch v kombinácii s výškou miestnosti a veľkosťou okenných konštrukcií majú vplyv na stratifikáciu vzduchu, t.j. teplotný gradient alebo inými slovami povedané, rozloženie teploty vzduchu po výške miestnosti. Ak sa vrátíme k porovnaniu konvekčného a sálavého vykurovania, tak väčší teplotný rozdiel po výške miestnosti bude práve pri použití konvekčného systému vykurovania – teplejšie bude pod stropom. Tieto skutočnosti, ktoré vyplývajú z prírodných zákonitostí však majú dopad na energetickú náročnosť vykurovacieho systému. Aby bolo možné udržiavať operatívnu teplotu 20 °C v miestnosti pri použití konvekčného vykurovania, je potrebné zvýšiť teplotu vzduchu nad 20 °C, pretože priemerná teplota okolitých povrchov bude prevažne nižšia ako 20 °C. Čím väčšie presklené plochy, tým bude klesať priemerná povrchová teplota na vnútorných povrchoch. To má však za následok zvýšenú potrebu energie. Podobne je to aj s teplotným gradientom. Ak si predstavíme radiátorové vykurovanie, kde teplota vzduchu nad podlahovou je výrazne nižšia ako teplota pod stropom v dôsledku cirkulácie vzduchu, tak potom sme opäť nútený reálne zvýšiť teplotu vzduchu na termostate, aby bol dosiahnutý komfort pre užívateľov miestnosti v tzv. pobytovej zóne (cca. do výšky 1,8-2,0 m). Zvýšenie teploty znamená navýšenie potreby energie. Samozrejme aj pri podlahovom vykurovaní máme teplotný gradient, avšak s menšou diferenciou a preto v tomto prípade bude navýšenie potreby energie menšie v porovnaní s konvekčným systémom vykurovania.

Ďalším faktorom, ktorý ovplyvňuje energetickú náročnosť podsystemu odovzdávania tepla je použitý spôsob regulácie teploty. Ak by sme porovnali radiátorové vykurovanie v rodinnom dome s centrálnym termostatom a to isté vykurovanie v dome, kde by každé vykurovacie teleso bolo osadené termostatickou hlavicou, tak je zrejmé, že vyššia energetická náročnosť bude v prípade systému s centrálnym termostatom. Prečo? Centrálny termostat je umiestnený v referenčnej miestnosti a ovláda prevádzku zdroja tepla.

Vykurovacie telesá nemajú termostatické hlavice, a tak nevedia efektívne reagovať na zvyšujúce sa tepelné zisky v miestnostiach napr. od slnečného žiarenia alebo od prítomnosti osôb a tak naďalej dodávajú vykurovacie telesá teplo do miestností. Riešenie užívateľov takýchto priestorov? Jednoduché, otvorením okna regulujú teplotu v miestnostiach. Príklad neefektívneho nakladenia s teplom. Stačí pritom málo a to inštalovať termostatické hlavice na všetky vykurovacie telesá a pomocou nich regulovať dodávku tepla do miestnosti. Samozrejme v dnešnej dobe sú na trhu k dispozícii rôzne typy termostatických hlavíc alebo iných regulátorov (nástenné termostaty) a to nielen z hľadiska ich dizajnu, ale aj z hľadiska možností nastavenia programov vykurovania (napr. denný/nočný režim), alebo z hľadiska snímania a vyhodnocovania teploty vzduchu v miestnosti (mechanické alebo elektronické termostaty). Niektoré z nich majú v sebe integrované aj prvky inteligencie.

Obr. 4.27 Inteligentné termostatické hlavice ovládané prostredníctvom mobilného telefónu



Poznámka: Príklad inteligentnej termostatickej hlavice, ktorú možno nastavovať a ovládať pomocou mobilného telefónu. Aplikácia v telefóne umožňuje nastaviť denný a nočný režim vykurovania s požadovanou teplotou v miestnosti.

Zdroj: www.danfoss.com

4.3.3 Podsystem distribúcie tepla

Obr. 4.28 Systém vykurovania – podsystem distribúcie tepla



Zdroj: M. Kováč

Podsystem distribúcie tepla tvoria potrubné rozvody medzi zdrojom tepla a koncovými prvkami vykurovania resp. medzi akumulačnou nádržou vykurovania a koncovými prvkami vykurovacieho systému. Potrubnými rozvodmi prúdi vykurovacia voda o rôznej teplote. Keďže jej teplota je však vyššia ako teplota okolitého prostredia, vzniká tepelný tok medzi dvoma prostrediami, ktoré od seba oddeľuje stena potrubia. Miera tepelného toku je priamo závislá od teplotného rozdielu vody v potrubí a okolitým prostredím, ďalej od tepelno technických vlastností samotného potrubia resp. tepelnej izolácie na potrubí a samozrejme od veľkosti potrubia (priemer a dĺžka). Je potrebné si uvedomiť, že pokiaľ dochádza k tepelnému toku z potrubných rozvodov, ktoré sú vedené v rámci vykurovanej časti budovy, predstavuje tento tepelný tok v konečnom dôsledku tzv. tepelný zisk pre vykurovaný priestor. Ak sa však jedná o potrubné rozvody vedené mimo vykurované priestory budovy, potom predstavuje tepelný tok z potrubia tepelnú stratu pre vykurovací systém. Tieto straty potom zhoršujú celkovú energetickú efektívnosť vykurovacieho systému. Vyhnúť sa existencii tepelných strát nie je úplne možné, až na niektoré výnimky (priamo výhrevné elektrické konvektory). Obeh vykurovacej vody v potrubiach systému vykurovania zabezpečuje obehové čerpadlo, ktoré na svoju prevádzku potrebuje určité množstvo elektrickej energie. Okrem výpočtu tepelných strát z potrubných rozvodov sa v rámci podsystemu distribúcie tepla počíta aj tzv. prídavná energia, t.j. elektrická energia pre obehové čerpadlo.

4.3.4 Podsystem akumulácie tepla

Obr. 4.29 Systém vykurovania – podsystem akumulácie tepla



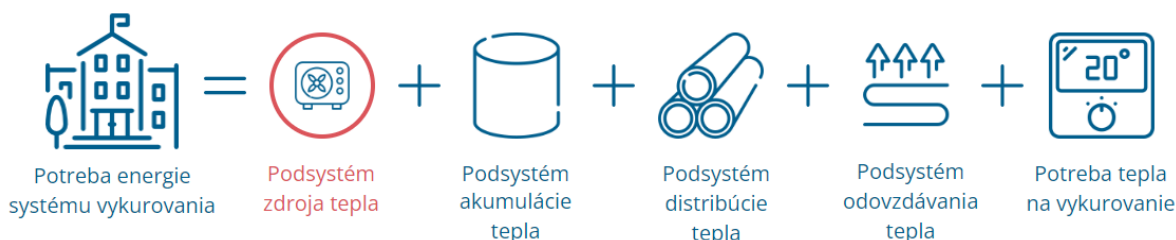
Zdroj: M. Kováč

V prípade použitia zdrojov tepla, akými sú kotol na drevo, na peletky, alebo elektrické tepelné čerpadlo, je súčasťou vykurovacieho systému akumulačná nádrž. V prípade elektrického tepelného čerpadla je úlohou akumulačnej nádrže uchovávať dostatočné množstvo tepla, potrebného na pokrytie energetickej potreby systému vykurovania v čase odpojenia samotného tepelného čerpadla od elektrickej siete. K odpájaniu od siete dochádza prostredníctvom HDO (hromadné diaľkové ovládanie) zo strany dodávateľa elektrickej energie a to kvôli regulácii napätia v distribučnej sieti

(špičkové odbery a podobne). Význam inštalácie akumuláčnej nádrže pri použití kotlov na kusové drevo alebo peletky je ten, aby bol zdroj prevádzkovaný pri konštantných podmienkach, aby dosahoval maximálnu účinnosť výroby tepla, aby bola maximalizovaná efektívnosť procesu spaľovania a podobne. Keďže nádrž akumuluje v sebe vykurovaciu vodu, ktorej teplota je vyššia ako teplota okolia, je potrebné počítať s tepelnými stratami do okolia. Miera tepelného toku je podobne ako v prípade tepelných strát z potrubných rozvodov závislá od tepelno technických vlastností nádrže, resp. od typu a hrúbky tepelnej izolácie, ďalej od veľkosti teplo výmennej plochy a od teplotného rozdielu medzi teplotou vody v nádrži a okolitým vzduchom. Úlohou podsystemu akumulácie tepla je teda stanoviť energetické (tepelné) straty z akumuláčnej nádrže.

4.3.5 Potreba energie systému vykurovania

Obr. 4.30 Potreba energie systému vykurovania



Zdroj: M. Kováč

Výpočet potreby energie systému vykurovania zohľadňuje energetické straty (požiadavky) jednotlivých podsystemov okrem podsystemu zdroja tepla. Ten sa zohľadňuje až pri výpočte dodanej energie systému vykurovania. Potreba energie vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí zdroj tepla vyprodukovať na výstupnej strane, aby bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystemov systému vykurovania, ktoré nasledujú za samotným zdrojom tepla. V prípade, že súčasťou systému vykurovania je obnoviteľný zdroj energie, je potrebné jeho energetický zisk taktiež započítať do potreby energie systému vykurovania. Príkladom môžu byť teplovodné solárne kolektory, ktoré sa využívajú ako podpora systému vykurovania najmä v prechodných obdobiach, resp. na začiatku a konci vykurovacej sezóny. Dostupnosť slnečného žiarenia je síce v tomto období dosť malá v porovnaní s dostupnosťou v letných mesiacoch, ale na druhej strane dnešné budovy potrebujú veľmi malé množstvo energie. Pokiaľ sú efektívne navrhnuté akumuláčnej nádrže pre solárne kolektory, je možné veľkú časť tepla zo slnečných lúčov uskladniť v čase slnečných dní prechodného obdobia a následne neskôr využiť na temperovanie/vykurovanie miestností začiatkom a možno aj koncom zimného obdobia.

Výsledná hodnota potreby energie systému vykurovania sa následne prepočíta na 1 m² podlahovej plochy. Vypočítaný údaj sa porovná so škálou energetických tried pre potrebu energie na vykurovanie Tab. 4.26 a teda sa určí výsledná energetická trieda systému vykurovania.

Tab. 4.26 Škála energetických tried pre potrebu energie na vykurovanie

Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 28	29 - 56	57 - 84	85 - 112	113 - 140	141 - 168	> 168

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

4.3.6 Podsystem zdroj tepla

Obr. 4.31 Systém vykurovania – podsystem zdroj tepla



Podsystem zdroj tepla



Podsystem akumulácie tepla



Podsystem distribúcie tepla



Podsystem odovzdávania tepla





Potreba tepla na vykurovanie

Zdroj: M. Kováč

Produkcia tepelnej energie prebieha v samotnom zdroji tepla, kde dochádza k transformácii energie viazanej v energetickom nosiči (elektrická energia, drevo, peletky a podobne) na teplo. Zaujímavú skupinu tvoria elektrické tepelné čerpadlá, ktoré vďaka kompresorovému procesu dosahujú hodnoty koeficientu hospodárnosti tzv. COP vyššie ako 100 %. Ich výhodou je nízka spotreba elektrickej energie, čiže množstvo dodanej energie do tepelného čerpadla je nižšie ako množstvo energie v podobe tepla na výstupe z tepelného čerpadla. Je to dané vlastnosťami chladiva v kompresorovom okruhu, ktoré sa dokáže odparovať aj pri nízkych teplotách. Energiu k tomu využíva tepelné čerpadlo napr. z okolitého vzduchu, alebo zo studňovej vody alebo využíva energetický potenciál zo zeme (pôda, vrty). V podstate elektrická energia je potrebná iba na chod kompresora, a samozrejme ďalšej regulačnej a riadiacej techniky. V prípade zdrojov tepla, akými sú kotle, ktoré spaľujú plynné alebo tuhé palivá, či už sa jedná o zemný plyn alebo biomasu, hovoríme o tzv. účinnosti zdroja tepla. Účinnosť zariadenia sa počas prevádzky pohybuje pod hodnotou 100 %. Znamená to, že v podsysteme zdroj tepla vznikajú energetické straty pri transformácii vstupného paliva a je teda potrebné množstvo energie na vstupe do zdroja tepla navýšiť, aby bolo možné pokryť energetické požiadavky ostatných podsystemov systému vykurovania, ktoré nasledujú za samotným zdrojom tepla. V prípade kotlov na zemný plyn môže byť účinnosť vyššia ako 100 % a v takom prípade sa používa miesto slova účinnosť už termín stupeň využitia. Je s ním možné počítať pre systémy vykurovania s nízkym teplotným spádom pod 50 °C, kedy je možné využiť kondenzačné teplo v spalinách. Jedná sa o teplo, ktoré je viazané v podobe vodnej pary v spalinách odchádzajúcich do komína. Kondenzáciou týchto pár sa získava dodatočná energia, pričom sa znižuje teplota spalín na výstupe z kotla do komína. Využitie tejto viazanej energie zvyšuje energetickú hospodárnosť samotného zdroja tepla a teda aj systému vykurovania ako celku. Pokiaľ však prechádza kotol do prípravy teplej vody, kde je nútený pracovať s vyššou teplotou vykurovacej vody, ide jeho účinnosť smerom dole a dostáva na hranicu, resp. pod hranicu 100 %. Úlohou podsystemu zdroj tepla je teda stanoviť energetické straty, ktoré vznikajú prevádzkou zdroja tepla.

Tab. 4.27 Faktory využitia energie pre rôzne zdroje tepla a energetické nosiče

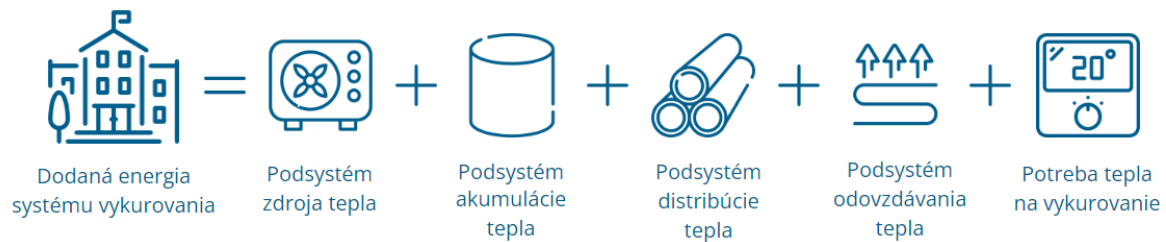
Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor využitia energie
		f_{gn}
Elektrina	Elektrické vykurovanie	99%
	Elektrický ohrev pitnej vody	99%
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	260%
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko-teplotné vykurovanie	290%
	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch / (vzduch sa ohrieva do 35°C)	290%
	Tepelné čerpadlo zem-voda / radiátorové vykurovanie	290%
	Tepelné čerpadlo zem-voda / nízko-teplotné vykurovanie	340%
	Tepelné čerpadlo voda-voda / radiátorové vykurovanie	340%
	Tepelné čerpadlo voda-voda / nízko-teplotné vykurovanie	390%
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / radiátorové vykurovanie	400%
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / nízko-teplotné vykurovanie	440%
Drevené peletky	Kotol na biomasu	86%
Drevná štiepka	Kotol na biomasu	78%
Kusové drevo	Kotol na biomasu	70%
	Kotol na biomasu so splyňovaním	83%
LPG	Štandardný kotol - nový	89-90%
	Nízko-teplotný kotol	90-93%
	Kondenzačný kotol	97-105%
Lahký vykurovací olej	Štandardný kotol - starý	82%
	Štandardný kotol - nový	85%
	Nízko-teplotný kotol - starý	87%
	Nízko-teplotný kotol - nový	91%
Zemný plyn	Štandardný kotol - starý	83-89%
	Štandardný kotol - nový	89-90%
	Nízko-teplotný kotol	90-93%
	Kondenzačný kotol	97-105%
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	140%
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko-teplotné vykurovanie	150%

Zdroj: Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

4.3.7 Dodaná energia systému vykurovania

Pri výpočte dodanej energie systému vykurovania sa zohľadňujú energetické požiadavky všetkých podsystémov systému vykurovania, a teda aj podsystém zdroja tepla. Dodaná energia vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí byť do zdroja tepla dodané na vstupe, aby zdroj tepla bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystémov systému vykurovania, ktoré nasledujú za ním. Hodnota dodanej energie sa použije na výpočet primárnej energie, ktorá sa stanoví na základe konverzných faktorov primárnej energie pre jednotlivé energetické nosiče a v závislosti od použitého zdroja tepla.

Obr. 4.32 Dodaná energia systému vykurovania



Zdroj: M. Kováč

4.4 Systém núteného vetrania a chladenia

Obr. 4.33 Všeobecná schéma základných prvkov systému núteného vetrania a chladenia



Poznámka: Každý systém pozostáva z niekoľkých základných prvkov, ktoré v závislosti od zvoleného spôsobu núteného vetrania a chladenia sú alebo nie sú jeho súčasťou. V tomto prípade je zvolený samostatný spôsob núteného vetrania a samostatný systém chladenia budovy.

Zdroj: M. Kováč

Úlohou systému núteného vetrania a chladenia v školských budovách je celoročné zabezpečenie dostatočného množstva čerstvého vzduchu a energie na chladenie vnútorných priestorov počas letných mesiacov. Pri systéme núteného vetrania je z hľadiska energetického veľmi dôležitá rekuperácia vzduchu, pri ktorej sa hlavne v zimných mesiacoch a v prechodnom období roka využíva tepelná energia viazaná vo vzduchu, ktorý je odvádzaný z budovy smerom do exteriéru. Prenos energie z odpadového vzduchu do privádzaného vzduchu z exteriéru do budovy je realizovaný prostredníctvom rekuperačných zariadení, či už doskovej alebo rotačnej konštrukcie, ktoré sa nachádzajú vo vzduchotechnických jednotkách systému núteného vetrania. Doprava vzduchu cez vzduchotechnické potrubné rozvody predstavuje spotrebu elektrickej energie na pohon ventilátorov, čo v konečnom dôsledku ovplyvňuje energetickú hospodárnosť celého systému vetrania. Dôležité je preto optimálne voliť veľkosť potrubných rozvodov (dimenzia potrubia), ale aj trasu (rozsah, tvar a podobne). Prívod čerstvého vzduchu do pobytovej oblasti užívateľov budovy nesmie spôsobovať diskomfort, napr. v podobe zvýšenej hladiny hluku, alebo rýchlosti prúdenia vzduchu. Z toho dôvodu je dôležité venovať pozornosť vhodnému návrhu distribúcie vzduchu, vhodnému použitiu koncových prvkov pre distribúciu vzduchu a to s ohľadom aj na geometriu priestoru a zónu pobytu samotných zamestnancov.

Vhodnou distribúciou vzduchu je možné znížiť objemový prietok vzduchu, čím sa redukuje aj energetická hospodárnosť systému núteného vetrania a to je našim cieľom. Z hľadiska distribúcie vzduchu v miestnosti delíme systémy núteného vetrania na:

- **Zmiešavacie systémy** – v tomto prípade je vzduch privádzaný zhora alebo zo strany takou rýchlosťou, aby došlo k celkovému premiešaniu vzduchu v miestnosti. Tento spôsob si principiálne vyžaduje väčšie objemové prietoky vzduchu a z hľadiska hygienického môže potenciálne spôsobovať šírenie baktérií a vírusov, nakoľko dochádza k intenzívnemu premiešavaniu vzduchu v priestore.
- **Záplavové systémy** – v tomto prípade je vzduch privádzaný zdola, či už z podlahy alebo od steny, pričom jeho rýchlosť je nízka, aby negatívne neovplyvňovala pohodu užívateľov priestoru. Jeho výhodou je, že v zásade je možné priviesť menšie množstvo vzduchu, ktoré primárne vstupuje priamo do pobytovej oblasti a následne je tento stúpajúci vzduch odvádzaný sacím potrubím, ktoré býva zväčša umiestnené pod stropom miestnosti. Nie je tak potrebné premiešavať vzduch v miestnosti, ako v prípade zmiešavacieho vetrania. Napomáha to súčasne aj hygienickému hľadisku takejto distribúcie vzduchu, keďže opotrebovaný vzduch je v zásade vytlačovaný z pobytovej oblasti smerom k odvodným výustkám a potrubiu.

V prípade systému chladenia sa jedná o prenos energie (chladu) zo zdroja chladu cez potrubné rozvody až ku koncovým prvkom, zabezpečujúcim chladenie daného priestoru. Tepelná pohoda resp. komfort užívateľov v chladenej miestnosti počas letných mesiacov je daná operatívnou teplotou priestoru, ktorá zohľadňuje teplotu vzduchu a povrchovú teplotu okolitých vnútorných povrchov miestnosti. Z tohto hľadiska rozlišujeme systémy chladenia, ktoré primárne upravujú (znižujú) teplotu vzduchu a naopak systémy, ktoré primárne znižujú povrchové teploty stavebných konštrukcií. Každý zo systémov má svoje výhody resp. nevýhody.


Z tohto hľadiska môžeme teda hovoriť o:

- **konvekčnom chladení** – jedná sa o systém chladenia, kde koncové prvky chladiaceho systému ochladzujú vzduch v miestnosti tým, že ho nasávajú do zariadenia, v ktorom sa nachádza výmenník energie (chladu), od ktorého sa vzduch ochladzuje a následne vyfukuje do priestoru. Medzi takéto systémy patria napr. SPLIT jednotky alebo vodné systémy chladenia FANCOILY. Ich výhodou je, že veľmi efektívne dokážu v krátkom časovom úseku upraviť teplotu interiéru na požadovanú hodnotu. Nevýhodou môže byť zvýšená rýchlosť prúdenia vzduchu v pobytovej oblasti zamestnancov, ak je ventilátor nastavený na vyššie otáčky. Pri prevádzke zariadenia dochádza k vzniku kondenzátu (vyzrážanie vzdušnej vlhkosti na povrchu chladiaceho výmenníka), čo môže mať za následok šírenie zápachu resp. baktérií do priestoru,
- **radiačnom (sálavom) chladení** - tento spôsob pristupuje k chladeniu miestnosti iným spôsobom a to tým, že primárne ochladzuje stavebné konštrukcie (strop, stena, podlaha), od ktorých sa následne ochladzuje aj vzduch v miestnosti. To je však druhoradý efekt. Ten najdôležitejší prínos tohto systému chladenia spočíva v tom, že užívateľ pociťuje tepelnú pohodu v miestnosti, ktorej povrchové teploty sú nižšie, čím dochádza k odvádzaniu tepla z povrchu tela práve radiáciou resp. sálaním. Tieto systémy sa vyznačujú hlavne absolútnou tichosťou, keďže ich súčasťou nie sú žiadne ventilátory. Možnou nevýhodou je ich tepelná zotrvačnosť, resp. rýchlosť odozvy na zmeny podmienok v miestnosti. Nie sú schopné v krátkom čase znížiť teplotu v miestnosti na požadovanú úroveň ako je tomu v prípade konvekčného chladenia. Tieto nedostatky sú však riešiteľné a to vhodným spôsobom prevádzkovania samotného systému chladenia.

Energetické požiadavky systému núteného vetrania a chladenia spoločne s ostatnými miestami spotreby energie (príprava teplej vody, vykurovanie, osvetlenie) priamo ovplyvňujú celkovú potrebu energie budovy, následne dodanú energiu a na konci primárnu energiu budovy. Tá je ukazovateľom energetickej hospodárnosti celej budovy. Už od 1. januára 2021 máme povinnosť projektovať budovy s takmer nulovou potrebou energie a teda budovy v energetickej triede A0. Okrem stanovenia energetickej triedy budovy sa určuje aj energetická trieda hodnoteného systému a teda v tomto prípade systému núteného vetrania a chladenia, ktorá sa môže pohybovať na škále od A po G. Úroveň

energetickej triedy tak vypovedá o kvalite navrhnutého systému núteného vetrania a chladenia a to z hľadiska energetického.

Tab. 4.28 Škála energetických tried pre potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia

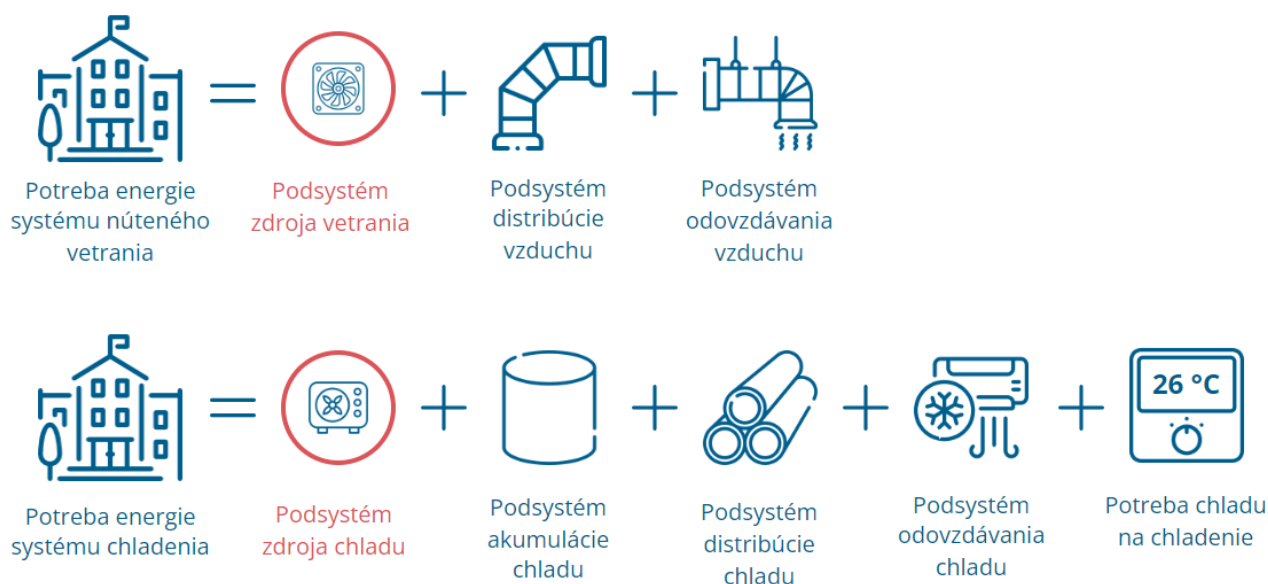
Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Administratívne budovy	≤ 15	16 - 30	31 - 45	46 - 59	60 - 74	75 - 89	> 89

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

Cieľom je určiť tzv. potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia, t. j. určiť energetické požiadavky jednotlivých podsystémov, pričom je potrebné si uvedomiť, že podsystém zdroja vetrania a zdroja chladu sa nezohľadňuje vo výpočte potreby energie, ale až vo výpočte dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia.

Obr. 4.34 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému núteného vetrania a chladenia



Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja vetrania a chladu (červenou zvýraznený podsystém) sa nezohľadňuje v potrebe energie systému núteného vetrania a chladenia.

Zdroj: M. Kováč

Skutočnosť, že sa efektívnosť prevádzky zdroja vetrania a chladenia nezohľadňuje v potrebe energie systému núteného vetrania a chladenia je úplne v poriadku a vyplýva to aj z významu samotného slova „potreba“. Systém resp. jeho jednotlivé podsystémy majú určité energetické požiadavky, ktoré musia byť kryté energiou, aby na konci tohto reťazca, ktorými sú vzduchotechnické výstky alebo koncové prvky chladenia (SPLIT, FANCOIL, chladiaci strop) mali dostatok energie na zabezpečenie požadovanej teploty vo vetranej, chladenej miestnosti. Hovoríme preto o potrebe energie systému, v tomto prípade systému núteného vetrania a chladenia.

Aby použitý zdroj vetrania a chladu mohol pokryť spomínané energetické požiadavky, musí spotrebovať určité množstvo energie (paliva), resp. inak povedané, musí mu byť dodaná energia (palivo). A preto sa efektívnosť prevádzky zdroja vetrania a chladu počíta až do tzv. dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia.

Obr. 4.35 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia



Poznámka: Efektívnosť prevádzky zdroja vetrania a chladu sa zohľadňuje v dodanej energii systému núteného vetrania a chladenia.

Zdroj: M. Kováč

4.4.1 Potreba chladu na chladenie

Obr. 4.36 Systém núteného vetrania a chladenia – potreba chladu na chladenie

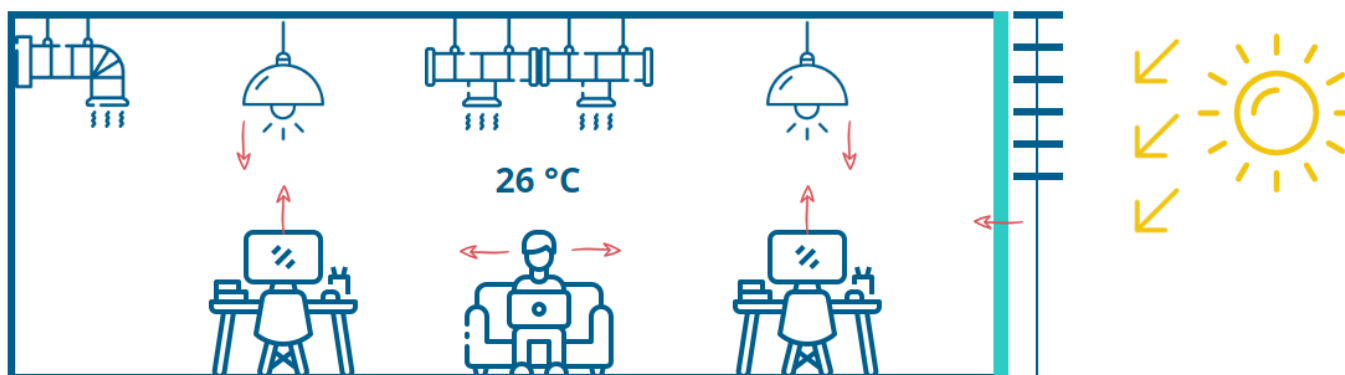


Zdroj: M. Kováč

Potreba energie (chladu) na chladenie predstavuje množstvo energie potrebného na dosiahnutie a udržanie požadovanej teploty vnútorného vzduchu v chladenej miestnosti resp. v budove. Výpočet zohľadňuje tepelnú záťaž

priestoru, ktorá vzniká v dôsledku prítomnosti vonkajších a vnútorných tepelných ziskov. Medzi vonkajšie tepelné zisky radíme slnečné žiarenie a samozrejme vonkajší vzduch, resp. teplotný stav exteriéru, ktorého teplota je vyššia ako požadovaná teplota chladenej miestnosti resp. budovy. Slnečné žiarenie dopadajúce na fasádu budovy spôsobuje vzostup povrchovej teploty netransparentných aj transparentných konštrukcií, v dôsledku čoho dochádza k prenosu tepla (tepelná záťaž) kondukciou do interiéru budovy. Veľký podiel tepelných ziskov vnútorných priestorov budovy spôsobuje prechod slnečného žiarenia (priame slnečné žiarenie) práve cez transparentné konštrukcie. V tomto prípade je možné ich redukovať vhodným systémom zasklenia otvorových konštrukcií. O miere prestupu slnečného žiarenia cez sklený systém hovorí tzv. koeficient slnečnej priepustnosti (SHGC). Čím je jeho hodnota nižšia, tým sa minimalizuje aj tepelná záťaž interiéru. Okrem zamerania sa termooptické vlastnosti skla fasády s cieľom redukovať tepelnú záťaž priestoru budovy, je ďalším riešením použitie napr. pasívnych alebo aktívnych tieniacich prvkov na fasáde budovy. V prípade letných dní, kedy je vonkajšia teplota vzduchu vyššia ako teplota interiéru, dochádza k tepelnej záťaži interiéru budovy aj vplyvom vetrania, ktorého primárnou úlohou je zabezpečiť výmenu vzduchu, resp. prívod čerstvého vzduchu do budovy. Naopak, počas nočných hodín, kedy býva zväčša teplota vonkajšieho vzduchu nižšia ako teplota interiéru, je možné systémom vetrania (prirodzené alebo nútené vetranie) odviešť tepelnú záťaž z miestnosti, inými slovami „predchladiť“ budovu, jej stavebné konštrukcie (možné v prípade ťažkých/hmotných stavebných konštrukcií, nie v prípade ľahkých drevostavieb bez akumulačných stavebných prvkov – stena, strop a podobne) a tak vytvorí podmienky pre nasledovný deň, kedy bude časť tepelnej záťaže miestnosti absorbovaná stavebnou konštrukciou budovy a znížia sa tak nároky na chladenie (potreba energie na chladenie). Okrem vonkajších tepelných ziskov je potrebné počítať aj s vnútornými tepelnými ziskami, medzi ktoré patria samotný užívatelia budovy, elektrické zariadenia (PC a podobne) a umelé osvetlenie. Práve tieto tepelné zisky predstavujú významnú tepelnú záťaž miestnosti v prípade školských budov.

Obr. 4.37 Grafická schéma výpočtu potreby chladu na chladenie



Poznámka: Obrázok znázorňuje tepelnú záťaž budovy počas letných dní. Slnečné žiarenie, ktoré prestupuje do interiéru budovy cez transparentné konštrukcie, a ďalej vnútorné tepelné zisky, ktorými sú samotní užívatelia budovy, ďalej osvetlenie a iné elektrické zariadenia, ktoré pri svojej prevádzke emitujú určité množstvo tepelnej energie do okolitého priestoru.

Zdroj: M. Kováč

4.4.2 Podsystem odovzdávania vzduchu a chladu

Obr. 4.38 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem odovzdávania vzduchu a chladu



Zdroj: M. Kováč

Do tohto podsystemu patria všetky koncové prvky vetracieho systému, ktoré zabezpečujú spôsob distribúcie vzduchu v danej miestnosti, a koncové prvky chladenia, prostredníctvom ktorých dochádza k prenosu energie (chladu) do chladeného priestoru. V prípade vzduchotechniky hovoríme o výstkách rôznej geometrie, umiestnenia, veľkosti a počtu a to aj vo väzbe na zvolený spôsob vetrania budovy, či už sa jedná o zmiešavacie alebo záplavové vetranie. V prípade chladiaceho systému radíme medzi koncové prvky napr. vnútorné jednotky systému SPLIT, alebo vnútorné jednotky vodných systémov FANCOIL. Tieto predstavujú skupinu tzv. konvekčného chladenia. Druhú skupinu tvoria tzv. systémy radiačného (sálavého) chladenia a tu patria chladiace stropy, steny, podlahy a ich kombinácie. Výber koncového prvku, či už sa jedná o systém núteného vetrania alebo chladenia, ovplyvňuje teplotu vzduchu a teplotu vnútorných povrchov miestnosti, čo v konečnom dôsledku vplyva na výslednú tzv. operatívnu teplotu, ktorá určuje tepelnú pohodu užívateľov miestnosti. Významným faktorom, ktorý ovplyvňuje energetické požiadavky podsystemu odovzdávania vzduchu a odovzdávania chladu je geometria miestnosti, resp. jej výška, typ koncových prvkov pre chladenie a regulácia týchto zariadení, resp. regulácia teploty v miestnosti. Snahou efektívneho návrhu podsystemu odovzdávania vzduchu do miestnosti, je voliť také distribučné prvky, ktoré zabezpečia prívod čerstvého vzduchu priamo k užívateľovi, bez zbytočnej potreby premiešavať celý objem vzduchu v miestnosti resp. navyšovať objemový prítok vzduchu, aby došlo k už spomínanému dostatočnému zmiešaniu privádzaného čerstvého vzduchu so vzduchom v miestnosti. Výber koncových prvkov chladenia nie je len vecou dizajnu alebo chladiaceho výkonu, čo je potrebné si uvedomiť hlavne v prípadoch použitia konvekčného chladenia. Tieto systémy sú veľmi pružné, s dostatočným chladiacim výkonom, avšak môžu spôsobovať nadmerný hluk alebo zvýšenú rýchlosť prúdenia vzduchu v pobytovej oblasti. Okrem iného tieto systémy sú nútené chladiť priestory na nižšiu teplotu vzduchu s cieľom dosiahnuť požadovanú operatívnu teplotu a teda aj tepelnú pohodu zamestnancov administratívnej budovy. Chladenie na nižšiu teplotu vzduchu má za následok vyššie energetické požiadavky a teda aj náklady na chladenie alebo produkciu skleníkových plynov. Z tohto hľadiska sa sálavé (radiačné) systémy chladenia budov radia medzi energeticky efektívnejšie, avšak je potrebné pri ich projektovaní pristupovať oveľa obozretnejšie k návrhu, spôsobu regulácie a prevádzkovaniu koncových prvkov chladenia.

4.4.3 Podsystem distribúcie vzduchu a chladu

Obr. 4.39 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem distribúcie vzduchu a chladu



Zdroj: M. Kováč

Podsystem distribúcie chladu tvoria potrebné rozvody medzi zdrojom chladu resp. akumulačnou nádržou na chlad a koncovými prvkami systému chladenia. Potrubnými rozvodmi prúdi chladiaca voda v závislosti od toho, či sa jedná o nízko teplotné (6/12 °C - fancoily) alebo vysoko teplotné chladenie (19/21 °C – stropné chladenie). Druhú skupinu tvoria chladičové okruhy, ako napr. systémy SPLIT alebo VRV systémy, kde v potrubných rozvodoch neprúdi voda, ale chladiaca zmes. Keďže je teplota chladiacej vody v potrubí nižšia ako teplota okolitého prostredia v čase chladenia, vzniká tepelný tok medzi dvoma prostrediami, ktoré od seba oddeľuje stena potrubia. Miera tepelného toku je priamo závislá od teplotného rozdielu vody v potrubí a okolitým prostredím, ďalej od tepelno technických vlastností samotného potrubia resp. tepelnej izolácie na potrubí a samozrejme od veľkosti potrubia (priemer a dĺžka). Je potrebné si uvedomiť, že pokiaľ dochádza k tomuto tepelnému toku z okolitého (chladeného) prostredia do potrubných rozvodov, ktoré sú vedené v rámci teplotne upravovanej (chladenej) časti budovy, predstavuje tento tepelný tok v konečnom dôsledku tzv. tepelnú záťaž pre systém chladenia a teda energiu navyše, ktorú je potrebné vykryť celkovou dodávkou chladu do miestností. Obeh chladiacej vody v potrubíach systému chladenia zabezpečujú obehové čerpadlá, ktoré na svoju prevádzku potrebujú elektrickú energiu. Okrem výpočtu tepelnej záťaže potrubných rozvodov chladu sa v rámci podsystemu distribúcie chladu počíta aj tzv. prídavná energia, t.j. elektrická energia pre obehové čerpadlá.

Podsystem distribúcie vzduchu tvoria vzduchotechnické potrubia, ktoré môžu byť vedené vykurovanými/chladenými časťami budovami alebo aj priestormi bez úpravy teploty vzduchu, resp. sú vedené v exteriéri. Vzduch dopravovaný v prívodnom potrubí, ktorý má upravované teplotné podmienky tak môže byť ovplyvnený teplotným stavom okolia (teplota vzduchu v miestnostiach) a to buď zvýšením alebo znížením jeho teploty. Cez stenu vzduchotechnického potrubia dochádza k prenosu energie, ktorá tak môže znamenať tepelnú záťaž (vyššia teplota vzduchu okolia ako teplota vzduchu v potrubí), resp. tepelnú stratu (nižšia teplota vzduchu okolia ako teplota vzduchu v potrubí). To samozrejme predstavuje navýšenie energetických požiadaviek celého systému núteného vetrania a teda v tomto prípade podsystemu distribúcie vzduchu.

4.4.4 Podsystem akumulácie chladu

Obr. 4.40 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem akumulácie chladu



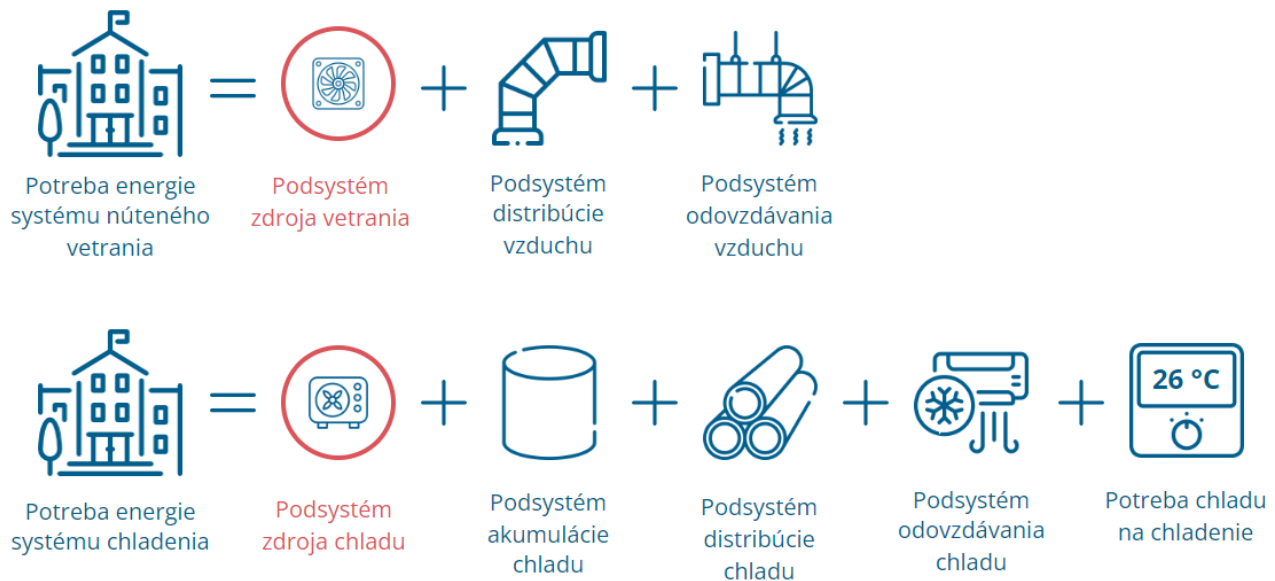
Zdroj: M. Kováč

V mnohých prípadoch sú súčasťou vodných chladiacich systémov tzv. akumulčné nádrže, ktoré majú za úlohu udržiavať určité množstvo chladu (napr. chladiaca voda), a to napr. za účelom minimalizovania častého spínania/vypínania napr. tepelného čerpadla pracujúceho v tzv. reverznom chode, t. j. v prípade chladenia. Energia uložená v akumulčnej nádrži je tak koncovými prvkami systému chladenia odoberaná prostredníctvom potrubných rozvodov a to napr. v čase, keď je tepelné čerpadlo (v režime chladenia – letný režim) vypnuté. Keďže nádrže akumulujú v sebe chladiacu vodu, ktorej teplota je nižšia ako teplota okolia, je potrebné počítať s tepelným tokom smerom do nádrže a teda s tepelnou záťažou. Miera tepelného toku je závislá od tepelno technických vlastností nádrže, resp. od typu a hrúbky tepelnej izolácie, ďalej od veľkosti teplo výmennej plochy a od teplotného rozdielu medzi teplotou vody v nádrži a okolitým vzduchom. Úlohou podsystemu akumulácie chladu je teda stanoviť energetické požiadavky na udržanie teploty v akumulčnej nádrži.

4.4.5 Potreba energie systému núteného vetrania a chladenia

Výpočet potreby energie systému núteného vetrania a chladenia zohľadňuje energetické požiadavky jednotlivých podsystemov okrem podsystemu zdroja vetrania a zdroja chladu. Tieto sa zohľadňujú až pri výpočte dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia. Potreba energie vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí zdroj vetrania a zdroj chladenia vyprodukovať na výstupnej strane, aby bol schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystemov systému núteného vetrania a chladenia, ktoré nasledujú za samotnými zdrojmi. V prípade, že súčasťou systému núteného vetrania a chladenia je obnoviteľný zdroj energie, je potrebné jeho energetický zisk taktiež započítať do potreby energie systému núteného vetrania a chladenia.


Obr. 4.41 Potreba energie systému núteného vetrania a chladenia



Zdroj: M. Kováč

Výsledná hodnota potreby energie systému núteného vetrania a chladenia sa následne prepočíta na 1 m² podlahovej plochy a porovná sa so škálou energetických tried, čím sa určí výsledná energetická trieda systému.

Tab. 4.29 Škála energetických tried pre potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia

Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Administratívne budovy	≤ 15	16 - 30	31 - 45	46 - 59	60 - 74	75 - 89	> 89

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

4.4.6 Podsystem zdroj vetrania a zdroj chladu

Produkcia chladu prebieha v samotnom zdroji chladu, kde dochádza k transformácii energie viazanej v energetickom nosiči (elektrická energia) na chlad. Zaujímavú skupinu tvoria elektrické tepelné čerpadlá, ktoré vedú pracovať aj v reverznom chode, t.j., že dokážu chladiť. Vďaka kompresorovému procesu dosahujú hodnoty koeficientu hospodárnosti pre chladenie tzv. EER vyššie ako 100 %. Ich výhodou je nízka spotreba elektrickej energie, čiže množstvo dodanej energie do tepelného čerpadla je nižšie ako množstvo energie v podobe chladu na výstupe z tepelného čerpadla. Je to dané vlastnosťami chladiva v kompresorovom okruhu. Energiu k tomu využíva tepelné čerpadlo napr. z okolitého vzduchu, alebo zo studňovej vody alebo využíva energetický potenciál zo zeme (pôda, vrty). V podstate elektrická energia je potrebná iba na chod kompresora, a samozrejme ďalšej regulačnej a riadiacej techniky. V rámci podsystemu zdroj vetrania sa stanovuje prídavná energia, t. j. elektrická energia na pohon ventilátorov, ktoré zabezpečujú dopravu vzduchu od vzduchotechnickej jednotky ku koncovým prvkom systému a naopak (od koncových prvkov ku vzduchotechnickej jednotke). Súčasťou vzduchotechnickej jednotky s rekuperáciou môže byť napr. predohrev vzduchu, ohrev resp. chladenie vzduchu, privádzaného do miestností s upravovanými

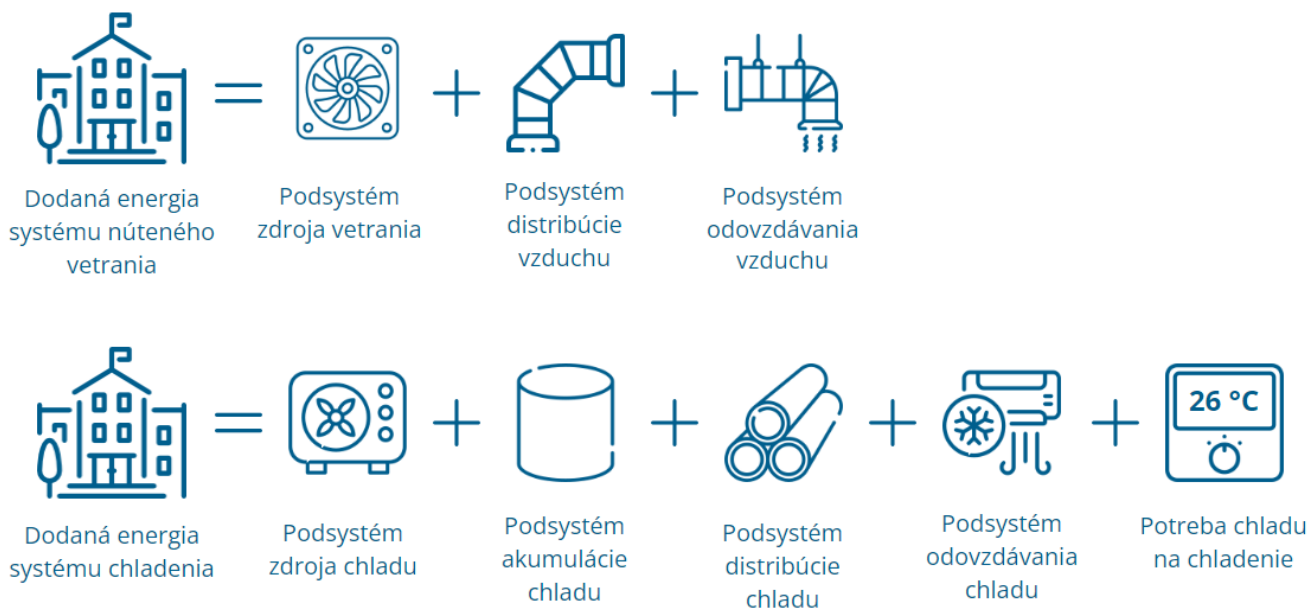
vnútornými podmienkami. Či už sa jedná o elektrické ohrievače, alebo vodné ohrievače/chladiče, resp. chladivové okruhy s tepelnými čerpadlami (chladenie/ohrev vzduchu vo vzduchotechnickej jednotke), je potrebné v rámci podsystému zdroja vetrania tieto energetické požiadavky vypočítať a do energetickej bilancie zahrnúť.

Obr. 4.42 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystém zdroja vetrania a zdroja chladu



4.4.7 Dodaná energia systému núteného vetrania a chladenia

Obr. 4.43 Dodaná energia systému núteného vetrania a chladenia

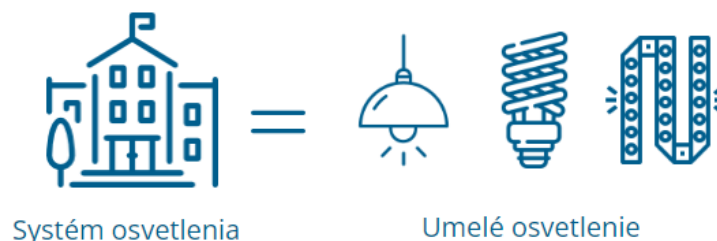


Zdroj: M. Kováč

Pri výpočte dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia sa zohľadňujú energetické požiadavky všetkých podsystémov systému, a teda aj podsystém zdroja vetrania a zdroja chladu. Dodaná energia vyjadruje vlastne množstvo energie, ktoré musí byť do zdrojov dodané na vstupe, aby tieto boli schopný pokryť energetické požiadavky jednotlivých podsystémov systému núteného vetrania a chladenia, ktoré nasledujú za nimi. Hodnota dodanej energie sa použije na výpočet primárnej energie, ktorá sa stanoví na základe konverzných faktorov primárnej energie pre jednotlivé energetické nosiče a v závislosti od použitého zdroja chladu.

4.5 Systém osvetlenia / potreba energie / dodaná energia

Obr. 4.44 Systém umelého osvetlenia v budove



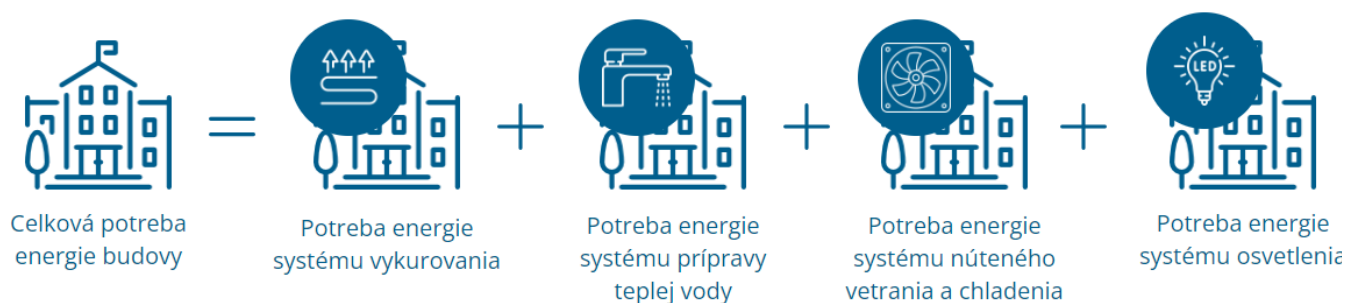
Zdroj: M. Kováč

Úlohou systému umelého osvetlenia je zabezpečiť dostatočnú úroveň osvetlenia pracovnej roviny v závislosti od druhu vykonávanej zrakovej činnosti a od druhu priestoru. V dnešnej dobe sú na trhu rôzne typy svietidiel s rôznou energetickou spotrebou elektrickej energie. V minulosti predstavovali kompaktné žiarivky energeticky úspornú alternatívu k vtedy používaným žiarovkám s edisonovou päticou. Ich nevýhodou (žiarovky) bola predovšetkým spotreba elektrickej energie (vysoký príkon), pričom malá časť tejto energie bola využívaná na svetlo a dominantná časť energie bola transformovaná na teplo, čo v konečnom dôsledku predstavovalo tepelnú záťaž priestoru a to najmä v kancelárskych budovách počas letných dní. Kompaktné žiarivky priniesli rovnakú úroveň osvetlenia, ale výrazne nižšiu spotrebu elektrickej energie. V súčasnosti sú vo veľkej miere používané LED svietidlá, ktorá oproti kompaktným žiarivkám ešte viac znížili spotrebu elektrickej energie pri zachovaní rovnakej úrovne osvetlenia pracovnej roviny. Z hľadiska energetického sú veľmi často žiadané a používané práve v školských budovách LED svietidlá so stmievaním, čím dochádza k ďalšej úspore elektrickej energie pri ich prevádzke. Najmä v hlbokých priestoroch je vhodné tzv. zónovanie umelého osvetlenia, kde okrajové zóny (v blízkosti fasády budovy) môžu byť stmievané, resp. úplne vypnuté a to za predpokladu dobrých svetelných podmienok (dostatok denného svetla). Celý systém disponuje snímačmi osvetlenia a regulátormi, ktoré upravujú intenzitu svietenia. Úlohou je teda stanoviť potrebu energie umelého osvetlenia a následne dodanú energiu, ktorá bude vstupovať do výpočtu tzv. primárnej energie budovy, a práve táto hodnota je ukazovateľom energetickej hospodárnosti celej budovy.

4.6 Celková potreba energie budovy


V prípade školských budov sú predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti štyri miesta spotreby energie, ktorými sú systém vykurovania, systém prípravy teplej vody, systém núteného vetrania a chladenia, a nakoniec systém osvetlenia. Pre každý z týchto systémov sa určuje tzv. potreba energie systému, ktorej odpovedá príslušná energetická trieda v rozsahu A – G. Súčet potreby energie všetkých hodnotených systémov predstavuje tzv. celkovú potrebu energie budovy. Táto číselná hodnota následne prepočítaná na 1 m² podlahovej plochy budovy sa porovnáva so škálou energetických tried celkovej potreby energie budovy. Na základe toho sa budova zatriedi do príslušnej energetickej triedy v rozsahu A – G.

Obr. 4.45 Celková potreba energie budovy



Zdroj: M. Kováč

Tab. 4.30 Škála energetických tried celkovej potreby energie budovy

Miesto spotreby	Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy						
		A	B	C	D	E	F	G
	Školské budovy	≤ 43	44 - 86	87 - 129	130 - 172	173 - 215	216 - 258	> 258

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m². a)

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

4.7 Primárna energia


Obr. 4.46 Primárna energia v závislosti od energetického nosiča



Zdroj: M. Kováč

Primárna energia je globálnym ukazovateľom energetickej hospodárnosti budovy. Pri jej stanovení sa vychádza z dodanej energie jednotlivým systémom, ktoré sú predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti budovy. V prípade školských budov sa teda jedná o systém vykurovania, systém prípravy teplej vody, systém núteného vetrania a chladenia a nakoniec systém osvetlenia. Dodaná energia sa prepočíta na primárnu energiu použitím prepočítavacích faktorov primárnej energie, ktoré sú závislé od druhu použitého energetického nosiča (paliva). Výsledná hodnota primárnej energie sa následne prepočíta na 1 m² podlahovej plochy. Vypočítaný údaj sa porovná so škálou energetických tried pre primárnu energiu Tab. 4.31 a teda sa určí výsledná energetická trieda budovy.

Tab. 4.31 Škála energetických tried globálneho ukazovateľa – primárna energia

Kategória budov	Trieda energetickej hospodárnosti budovy							
	A0	A1	B	C	D	E	F	G
 Školské budovy	≤ 34	35 - 68	69 - 136	137 - 204	205 - 272	273 - 340	341 - 408	>408

Poznámka: Hodnoty uvedené v tabuľke sú vyjadrené v kWh/(m².a).

Zdroj: Vyhláška č. 35/2020 Z.z. Ministerstva dopravy a výstavby Slovenskej republiky

4.8 Emisie CO₂



Obr. 4.47 Emisie CO₂ v závislosti od energetického nosiča



Zdroj: M. Kováč



V prípade výpočtu emisií oxidu uhličitého (CO₂) je postup identický s postupom stanovenia primárnej energie. To znamená, že sa vychádza z dodanej energie jednotlivým systémom, ktoré sú predmetom hodnotenia energetickej hospodárnosti budovy. Dodaná energia sa prepočíta na emisie CO₂ použitím prepočítavacieho faktora emisie CO₂, ktorý je závislý od druhu použitého energetického nosiča (paliva).

Tab. 4.32 Prepočítavacie faktory primárnej energie

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor primárnej energie
		f_{PRIMEN} [-]
Elektrina	Elektrické vykurovanie	2,2
	Elektrický ohrev pitnej vody	
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch / (vzduch sa ohrieva do 35°C)	
	Tepelné čerpadlo zem-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo zem-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / radiátorové vykurovanie	
Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / nízko teplotné vykurovanie		
Drevené peletky	Kotol na biomasu	0,2
Drevná štiepka	Kotol na biomasu	0,15
Kusové drevo	Kotol na biomasu	0,1
	Kotol na biomasu so splyňovaním	
LPG	Štandardný kotol - nový	1,35
	Nízko teplotný kotol	
	Kondenzačný kotol	
Lahký vykurovací olej	Štandardný kotol - starý	1,1
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol - starý	
	Nízko teplotný kotol - nový	
Zemný plyn	Štandardný kotol - starý	1,1
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol	
	Kondenzačný kotol	
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	
	Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko teplotné vykurovanie	

Zdroj: Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

Tab. 4.33 Prepočítavacie faktory emisií CO₂

Energetický nosič	Spôsob transformácie	Faktor emisií CO ₂
		f_{CO_2} [kg/kWh]
Elektrina	Elektrické vykurovanie	0,167
	Elektrický ohrev pitnej vody	
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch / (vzduch sa ohrieva do 35°C)	
	Tepelné čerpadlo zem-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo zem-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda-voda / radiátorové vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda-voda / nízko teplotné vykurovanie	
	Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / radiátorové vykurovanie	
Tepelné čerpadlo voda od 18°C-voda / nízko teplotné vykurovanie		
Drevené peletky	Kotol na biomasu	0,02
Drevná štiepka	Kotol na biomasu	
Kusové drevo	Kotol na biomasu	
LPG	Kotol na biomasu so splyňovaním	0,2484
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol	
Ľahký vykurovací olej	Kondenzačný kotol	0,29
	Štandardný kotol - starý	
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol - starý	
Zemný plyn	Nízko teplotný kotol - nový	0,22
	Štandardný kotol - starý	
	Štandardný kotol - nový	
	Nízko teplotný kotol	
	Kondenzačný kotol	
Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / radiátorové vykurovanie		
Plynové tepelné čerpadlo vzduch-voda / nízko teplotné vykurovanie		

Zdroj: Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

Zoznam tabuliek

- Tab. 4.1 Hodnoty $Q_{H,nd,N}$
- Tab. 4.2 Preukázanie predpokladu splnenia energetickej hospodárnosti budovy
- Tab. 4.3 Návrhová vnútorná teplota a relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu v zimnom období
- Tab. 4.4 Počet dní vykurovacieho obdobia, priemerná vonkajšia teplota
- Tab. 4.5 Teplotné redukčné faktory $b_{zlu;k;m}$ v závislosti od deliacej konštrukcie
- Tab. 4.6 Hodnoty súčiniteľov škárovej prievzdušnosti
- Tab. 4.7 Harmonogramy obsadenosti pre energetické výpočty
- Tab. 4.8 Celková priepustnosť slnečnej energie dopadajúcej kolmo na plochu transparentnej stavebnej konštrukcie $g_{gl,n}$
- Tab. 4.9 Celková energia slnečného žiarenia na jednotku plochy pre zimné mesiace
- Tab. 4.10 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia prekážkami alebo vystupujúcimi konštrukciami; podrobnejšia metóda. Podľa tabuľky B.48a normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.11 Mesačná stredná slnečná deklinácia δ_m (°)
- Tab. 4.12 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia vplyvom vystupujúcich konštrukcií podľa Tabuľky B.46 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.13 Šírka tieňa vrhnutého každou bočnou stenou
- Tab. 4.14 Parametre mesačného tienenia slnečného žiarenia vplyvom bočných stien podľa Tabuľky B.47 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.15 Súčiniteľ pohltivosti slnečného žiarenia vonkajšími nepriesvitnými povrchmi podľa Tabuľky B.29 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.16 Súčinitele prestupu tepla na povrchu (podľa STN EN ISO 13789)
- Tab. 4.17 Faktor zobrazenia oblohy podľa Tabuľky B.30 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.18 Predvoľby hodnôt vnútornej efektívnej tepelnej kapacity
- Tab. 4.19 Typy budov podľa stavebných konštrukcií - kategórie na určenie vnútornej tepelnej kapacity podľa STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019
- Tab. 4.20 Hodnoty referenčného číselného parametra $\alpha_{H;0}$ a referenčnej časovej konštanty $\tau_{H;0}$ pre výpočet faktora využitia tepelných ziskov podľa Tabuľky B.34 normy STN EN ISO 52016-1:2021
- Tab. 4.21 Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody
- Tab. 4.22 Referenčné hodnoty ročnej potreby tepla na prípravu teplej vody
- Tab. 4.23 Škála energetických tried pre potrebu energie na prípravu teplej vody
- Tab. 4.24 Faktory využitia energie pre rôzne zdroje tepla a energetické nosiče
- Tab. 4.25 Škála energetických tried pre potrebu energie na vykurovanie
- Tab. 4.26 Škála energetických tried pre potrebu energie na vykurovanie
- Tab. 4.27 Faktory využitia energie pre rôzne zdroje tepla a energetické nosiče
- Tab. 4.28 Škála energetických tried pre potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia
- Tab. 4.29 Škála energetických tried pre potrebu energie systému núteného vetrania a chladenia
- Tab. 4.30 Škála energetických tried celkovej potreby energie budovy
- Tab. 4.31 Škála energetických tried globálneho ukazovateľa – primárna energia
- Tab. 4.32 Prepočítavacie faktory primárnej energie
- Tab. 4.33 Prepočítavacie faktory emisií CO₂

Zoznam obrázkov

- Obr. 4.1 Budova – Projektová miestnosť
- Obr. 4.2 Podiel energetických tried školských budov na Slovensku za obdobie rokov 2016 – 2021
- Obr. 4.3 Trend vybraných energetických tried nových školských budov od roku 2016 do 2021 na Slovensku

Obr. 4.4 Trend vybraných energetických tried obnovovaných školských budov od roku 2016 do 2021 na Slovensku
Obr. 4.5 Budovanie infraštruktúry pre elektromobily v rámci výstavby nových a obnovovaných školských budov
Obr. 4.6 Miesta spotreby energie v školskej budove
Obr. 4.7 Vzťah medzi ISO 52016-1 a ISO 52017-1
Obr. 4.8 Vzťah medzi ISO 52016-1 a inými normami EHB
Obr. 4.9 Geometria jednoduchých vystupujúcich konštrukcií alebo bočných stien
Obr. 4.10 Tienenie priameho slnečného lúča vplyvom objektov tienenia
Obr. 4.11 Mesačné výpočtové postupy: rozdelenie oblohy do 8 segmentov, so 4 segmentami vzhľadom na tienený objekt
Obr. 4.12 Všeobecná schéma základných prvkov systému prípravy teplej vody
Obr. 4.13 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému prípravy teplej vody
Obr. 4.14 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému prípravy teplej vody
Obr. 4.15 Systém prípravy teplej vody – potreba tepla na prípravu teplej vody
Obr. 4.16 Systém prípravy teplej vody – podsystem distribúcie teplej vody
Obr. 4.17 Systém prípravy teplej vody – podsystem akumulácie teplej vody
Obr. 4.18 Potreba energie systému prípravy teplej vody
Obr. 4.19 Systém prípravy teplej vody – podsystem zdroja tepla
Obr. 4.20 Dodaná energia systému prípravy teplej vody
Obr. 4.21 Všeobecná schéma základných prvkov systému vykurovania
Obr. 4.22 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému vykurovania
Obr. 4.23 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému vykurovania
Obr. 4.24 Systém vykurovania – potreba tepla na vykurovanie
Obr. 4.25 Grafická schéma výpočtu potreby tepla na vykurovanie
Obr. 4.26 Systém vykurovania – podsystem odovzdávania (emisie) tepla
Obr. 4.27 Inteligentné termostatické hlavice ovládané prostredníctvom mobilného telefónu
Obr. 4.28 Systém vykurovania – podsystem distribúcie tepla
Obr. 4.29 Systém vykurovania – podsystem akumulácie tepla
Obr. 4.30 Potreba energie systému vykurovania
Obr. 4.31 Systém vykurovania – podsystem zdroja tepla
Obr. 4.32 Dodaná energia systému vykurovania
Obr. 4.33 Všeobecná schéma základných prvkov systému núteného vetrania a chladenia
Obr. 4.34 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie potreby energie systému núteného vetrania a chladenia
Obr. 4.35 Grafické znázornenie postupu pre stanovenie dodanej energie systému núteného vetrania a chladenia
Obr. 4.36 Systém núteného vetrania a chladenia – potreba chladu na chladenie
Obr. 4.37 Grafická schéma výpočtu potreby chladu na chladenie
Obr. 4.38 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem odovzdávania vzduchu a chladu
Obr. 4.39 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem distribúcie vzduchu a chladu
Obr. 4.40 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem akumulácie chladu
Obr. 4.41 Potreba energie systému núteného vetrania a chladenia
Obr. 4.42 Systém núteného vetrania a chladenia – podsystem zdroja vetrania a zdroja chladu
Obr. 4.43 Dodaná energia systému núteného vetrania a chladenia
Obr. 4.44 Systém umelého osvetlenia v budove
Obr. 4.45 Celková potreba energie budovy
Obr. 4.46 Primárna energia v závislosti od energetického nosiča
Obr. 4.47 Emisie CO₂ v závislosti od energetického nosiča

Zoznam literatúry

Vyhláška č. 324/2016 Z.z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky

Zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Zákon č. 321/2014 Z. z. o energetickej efektívnosti a o zmene a o doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Vyhláška MDVRR SR č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Vyhláška č. 35/2020 Z. z. MDVRR SR z 11. februára 2020, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky č. 364/2012 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov v znení vyhlášky č. 324/2016 Z. z.

Nehnuteľnosti a Bývanie ISSN 1336-944X, 01/2012 strana 42

Andrej Adamuščin: Plánovanie dispozičného riešenia, Štandardy priestorov a charakteristika vybraných kancelárskych priestorov, Nehnuteľnosti a Bývanie ISSN 1336-944X

STN 73 0540-2+Z1+Z2:2019 Tepelná ochrana budov. Tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Časť 2: Funkčné požiadavky. Konsolidované znenie (73 0540)

STN EN 16798-1:2019 Energetická hospodárnosť budov. Vetranie budov. Časť 1: Vstupné údaje o vnútornom prostredí budov na navrhovanie a hodnotenie energetickej hospodárnosti budov – kvalita vzduchu, tepelný stav prostredia, osvetlenie a akustika. Modul M1-6

STN EN 16798-7:2017 Energetická hospodárnosť budov. Vetranie budov. Časť 7: Metódy výpočtu na stanovenie prietokov vzduchu v budovách vrátane infiltrácie. (Modul M5-5)

STN EN ISO 10077-1:2020 Tepelnotechnické vlastnosti okien, dverí a okeníc. Výpočet súčiniteľa prechodu tepla. Časť 1: Všeobecne (ISO 10077-1: 2017, opravená verzia 2020-02)

STN EN ISO 10211:2019 Tepelné mosty v stavebných konštrukciách. Tepelné toky a povrchové teploty. Podrobné výpočty (ISO 10211: 2017)

STN EN ISO 12631:2018 Tepelnotechnické vlastnosti závesných stien. Výpočet súčiniteľa prechodu tepla (ISO 12631: 2017)

STN EN ISO 13789:2019 Tepelnotechnické vlastnosti budov. Merný tepelný tok prechodom tepla a vetraním. Výpočtová metóda (ISO 13789: 2017)

STN EN ISO 52000-1:2019 Energetická hospodárnosť budov. Zastrešujúce posúdenie energetickej hospodárnosti budov (EHB). Časť 1: Všeobecný rámec a postupy (ISO 52000-1: 2017)

STN EN ISO 52010-1:2021 Energetická hospodárnosť budov. Podmienky vonkajšieho prostredia. Časť 1: Konverzia klimatických údajov na energetické výpočty (ISO 52010-1: 2017)

STN EN ISO 52016-1:2021 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty a citeľné a latentné tepelné zaťaženie. Časť 1: Výpočtové postupy (ISO 52016-1: 2017)

STN EN ISO 52017-1:2018 Energetická hospodárnosť budov. Citeľné a latentné tepelné zaťaženie a vnútorné teploty. Časť 1: Všeobecné výpočtové postupy (ISO 52017-1: 2017)

TNI CEN ISO/TR 52016-2:2021 Energetická hospodárnosť budov. Výpočet potreby tepla na vykurovanie a chladenie, vnútorné teploty a citeľné a latentné tepelné zaťaženie. Časť 2: Vysvetlenie a zdôvodnenie ISO 52016-1 a ISO 52017-1 (ISO/TR 52016-2: 2017)

<https://www.ecopoint.sk>

https://www.stuba.sk/buxus/docs/stu/ustavy/ustav_manazmentu/NAB2012-2/clanok4.pdf

<https://www.inforeg.sk/ec/>

www.danfoss.com

