

edice stavitel

Nízkoenergetické domy 2

principy a příklady

Jan Tywoniak a kolektiv



 GRADA®

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.





Copyright © Grada Publishing, a.s.



Copyright © Grada Publishing, a.s.

■ Obsah

Předmluva	9
1 Úvod	11
1.1 Situace	11
1.2 Společenské souvislosti	15
1.3 Politika a veřejné rozpočty	18
2 Energetická bilance a kategorie budov	19
2.1 Jednoduchá bilance	19
2.2 Základní určení tepelných ztrát	21
2.3 Tepelné zisky	31
2.4 Tepelná bilance	36
2.5 Úrovně hodnocení budov	37
2.6 Matice energetických služeb	37
2.7 Kategorie a označení	38
2.8 Pasivní domy	40
2.9 Vypovídací schopnost výpočtů	44
3 Metodika hodnocení rodinných domů	47
3.1 Charakter hodnocení	47
3.2 Vstupní údaje	48
3.2.1 Započtení ploch a objemů	48
3.2.2 Klimatické okrajové podmínky	48
3.2.3 Vnitřní tepelné zisky	50
3.2.4 Výměna vzduchu	51
3.3 Výpočet	52
3.3.1 Součinitel prostupu tepla	52
3.3.2 Měrná potřeba tepla na vytápění	54
3.3.3 Stanovení dalších energetických potřeb domu	54
3.4 Hodnocení	56
3.5 Klasifikační schéma	58
3.6 Protokol	59
3.7 Příklad	60
4 Koncepce budovy a technické prvky	69
4.1 Rozhodování	69
4.2 Stavebně-energetické koncepce	71
4.3 Solární energie a budova	76
4.4 Obvodové konstrukce	79
4.4.1 Požadavky	79
4.4.2 Konstrukční řešení	80
4.4.3 Okna	84
4.4.4 Nové prvky	86

4.5	Technické systémy a řízení	89
4.5.1	Solární termické systémy	89
4.5.2	Fotovoltaické systémy (<i>autoři textu Kamil Staněk a Marek Ženka</i>)	89
4.5.3	Zemní výměníky tepla (<i>autor textu Pavel Kopecký</i>)	93
5	Odezva a provozní zkušenosti	97
5.1	Dům W po čtyřech letech	97
5.2	Studentská kolej ve Vídni	99
5.3	Středisko ekologické výchovy Sluňákov	101
5.4	Fotovoltaický systém na ČVUT v Praze	104
5.5	Sonnenplatz	107
5.6	Chalupa v Bedřichově	108
6	Příklady budov	110
6.1	Rodinný dům v obci Loučeň (<i>autoři textu: Jan Růžička, Radek Začal, Jiří Novák</i>)	110
6.1.1	Architektonicko-stavební řešení	110
6.1.2	Stavební konstrukce	111
6.1.3	Technická zařízení budovy	111
6.1.4	Energetické bilance	111
6.2	Soubor rodinných domů v Koberovech (<i>spoluautor textu: Petr Morávek</i>)	122
6.2.1	Koncepce a urbanistické souvislosti	122
6.2.2	Architektonicko-stavební řešení	122
6.2.3	Stavební konstrukce	123
6.2.4	Technická zařízení budov	124
6.2.5	Stavebně-energetické výpočty	124
6.2.6	Fotovoltaika	124
6.2.7	Kontrola kvality a dlouhodobé sledování vlastností	126
6.3	Energeticky nulový dům v Koberovech (<i>spoluautoři textu: Petr Morávek, Kamil Staněk</i>)	132
6.3.1	Architektonicko-stavební řešení	132
6.3.2	Fotovoltaický systém	132
6.3.3	Energetická bilance a environmentální souvislosti	133
6.4	Bytové domy v Roschégasse ve Vídni (<i>spoluautoři textu Martin Treberspurg, W. Hoffbauer</i>) 137	137
6.4.1	Architektonické řešení	137
6.4.2	Stavební konstrukce	138
6.4.3	Některé konstrukční detaily	138
6.4.4	Technická zařízení budov	138
6.4.5	Fotovoltaický systém	139
6.5	Přestavba zemědělské usedlosti v Buchově (<i>autoři textu: Jan Růžička, Radek Začal, Jiří Novák</i>)	143
6.5.1	Charakteristika projektu	143
6.5.2	Provozní a architektonický koncept	144
6.5.3	Stavebně-konstrukční řešení	144
6.5.4	Stavebně-energetická koncepce	145
6.6	Administrativní budova Forum Chriesbach (<i>s využitím podkladů [90, 91]</i>)	150
6.6.1	Architektonický koncept budovy	150

6.6.2	Stavebně-energetické řešení	150
6.6.3	Konstrukční materiály	152
6.6.4	Zacházení s vodou	152
6.6.5	Závěrem	153
6.7	Rodinný dům v Čerčanech (<i>spoluautor textu Martin Růžička</i>)	159
6.7.1	Celková koncepce	159
6.7.2	Stavební řešení	159
6.7.3	Vytápění a příprava teplé vody	161
6.7.4	První zkušenosti s bydlením	161
6.8	Přestavba a rozšíření školy ve Schwanenstadtu (<i>s použitím textů Bernarda Gassera, Heinze Plöderla a Güntera Langa</i>)	167
6.8.1	Celková situace	167
6.8.2	Popis budovy	167
6.8.3	Konstrukční řešení	168
6.8.4	Technická zařízení budovy	168
6.8.5	Osvětlení	169
7	Závěrem	172

■ Předmluva

Rostoucí zájem odborné i laické veřejnosti o nízkoenergetické stavění se projevuje pozoruhodně velkou účastí na informačních akcích a odborných konferencích, mnoha dotazy i úspěšným prodejem publikací s touto tematikou. Konečně začíná být viditelný nárůst počtu realizovaných domů i v České republice. Jejich uživatelé zjišťují, že bydlení v nízkoenergetickém nebo pasivním domě je příjemné a bez jakýchkoli omezení. Ve srovnání s lídry v této oblasti, kterými jsou německy mluvící země, je množství postavených domů u nás stále velmi malé. Zpoždění je však možné využít – neopakovat celý proces hledání, ale urychleně a přitom s citem pro místní podmínky se nechat inspirovat zkušenostmi a příklady ze zahraničí.

Postupně se mění – se setrvačností, která je stavebnictví vlastní – celkový pohled na priority stavebnictví i na potenciál úspor v provozu budov, novostaveb i budov rekonstruovaných. Společenské souvislosti jsou v evropském i světovém kontextu jasné: chceme-li ve vyspělé části světa udržet komfort, na jaký jsme zvyklí, budeme se ho muset naučit zajišťovat s výrazně nižší energetickou náročností. Lapidární vyjádření k tomu je ještě tvrdší: úspory energie jsou nejlepší mírovou politikou. O energii začínají z pochopitelných důvodů mluvit i ti, co to dříve nedělali. Náklady na energii i zabezpečení jejího dostatku jsou vysokou prioritou všech.

Provoz budov je přitom největší jednotlivou položkou v koláči užití energie každé národní ekonomiky. Současně s tím je na místě si uvědomit, že v provozu budov, na rozdíl od ostatních dílků téhož koláče, je potenciál úspor obrovský a dlouhodobě přítomný. Již v tisících realizací bylo potvrzeno, že víme, jak ho ze značné části využít.

To vše je důvodem, že vám předkládáme další knihu o nízkoenergetických budovách. Její struktura je podobná té předchozí – první část shrnuje dosavadní poznatky v dílčích otázkách. Přináší také novou metodiku hodnocení nízkoenergetických rodinných domů. Druhá část knihy je opět věnována komentovaným příkladům budov, ve většině případů již realizovaných, v několika případech dosud zpracovaných jen na úrovni studií nebo podrobnější projektové dokumentace. Příklady ilustrují různá stavební zadání – novostavby i rekonstrukce, stavby pro bydlení, vzdělávání či administrativu, částečně z České republiky, částečně ze zahraničí. Při výběru příkladů nastává dvojitý problém: co vybrat z toho dosavadního, stále malého množství nízkoenergetických domů v ČR a co vybrat z velkého množství realizací zahraničních. Výběr tedy není v žádném případě objektivní. Byl sestaven ve snaze zdůraznit možnou různorodost koncepcí a zejména ukázat, že energetická úspornost není při skutečně dobrém řešení v rozporu s náročnými požadavky na kvalitní architekturu. Věnovali jsme se také některým projektům a budovám představeným v předchozí knize – jak dopadla jejich výstavba, jak jsou na tom po několika letech provozu, jak byly přijaty uživateli a veřejností.

I tentokrát platí, že knihu můžete začít číst z libovolného místa, třeba od příkladů budov, hledáte-li okamžitou inspiraci, nebo od vysvětlení klasifikačního systému, pokud s ním potřebujete pracovat nebo pochopit jeho výsledky. Možná, že se najdou i trpěliví čtenáři, kteří budou číst od začátku. Všem děkujeme za připomínky.

■ 1 Úvod

■ 1.1 Situace

Zájem o nízkoenergetické a pasivní domy začíná výrazněji růst už i v České republice, a to i bez zřetelnější podpory ze strany státu. Výhodou je jistě možnost inspirace zahraničními příklady, která může proces dále urychlovat. Zvýšený zájem můžeme předpokládat zejména:

mezi *běžnými malými investory* rodinných a bytových domů, kteří chtějí nalézt co nejracionalnější dlouhodobé řešení. To vede k poptávce po velké různorodosti, od domů navenek svým vzhledem a uspořádáním jasně deklarujících svou energetickou výjimečnost až po domy zdánlivě „zcela obyčejné“. Žádána jsou různorodá řešení z hlediska volby rozhodujících stavebních hmot a konstrukčních principů, z hlediska zdrojů vytápění, otopných ploch i celkové finanční náročnosti;

- a) mezi *developery*, kteří včas pochopí marketingovou sílu tohoto rychle rostoucího segmentu trhu;
- b) mezi *investory – správci veřejných rozpočtů*, kteří by ve svých investičních plánech jak pro novostavby, tak zejména pro změny staveb, měli hájit veřejný zájem. Splnění pouhých „vyhláškových a normových požadavků“ zpravidla není společensky optimálním řešením;
- c) mezi *stavebními firmami a výrobci stavebních hmot a prvků*. Z postupné proměny poptávky na stavebním trhu budou profitovat ti, kteří byli včas a dobře připraveni. Je možné uplatnit výrazně větší množství izolačních hmot, na trh uvádět nové výrobky, nabízet nové služby;
- d) mezi *vzdělávacími institucemi*.

Všechny uvedené skupiny potřebují kvalitní informace, odpovídající technická řešení pro své investiční záměry, ověřené podklady pro tato řešení i garantované způsoby ověřování kvality – jak v procesu navrhování, tak při kontrole realizace a způsobu užívání budov.

Rozvoj výstavby nízkoenergetických a pasivních domů vyžaduje další upřesnění výpočtových postupů, v první řadě pro (úřední) deklaraci energetických parametrů, i když taková deklarace má smluvní charakter a nutně se bude od skutečnosti odlišovat, někdy i značně.

Ambiciózní cíle výstavby budov s velmi nízkou energetickou náročností při zajištění kvality vnitřního prostředí, a to při pouze minimálním nebo nulovém zvýšení investičních nákladů, motivují výrobce stavebních hmot a prvků k dalším inovacím.

Podstatné je, že ověřené metody navrhování, ověřená souvrství obvodových konstrukcí a vhodné konstrukční detaily i použití prvků inteligentního řízení vedou k navrhování kvalitních domů. Ke kvalitě patří i jistá „robustnost“ řešení, kdy i dům provozovaný svým uživatelem ne zcela ideálně a odlišně od projektových předpokladů bude dobře fungovat, kdy se neprojeví obtíže ani při extrémních klimatických situacích apod.

Z historie nízkoenergetické výstavby

Historie nízkoenergetické výstavby je stručně připomenuta v knize O. Humma [1]. Od původních lákavých představ, že téměř vše vyřeší solární energie pronikající do budovy díky vhodně orientovaným proskleným plochám s následnou sofistikovanou akumulací tepla, se postupně začala zdůrazňovat přednost minimalizace potřeby tepla na vytápění díky výrazně zlepšeným vlastnostem obvodových konstrukcí a zpětnému získávání tepla z větracího vzduchu [2].

Po ověření nízkoenergetických domů v praxi v průběhu osmdesátých let dvacátého století byl vytvořen a publikován princip pasivního domu jako teoretického a mimořádně ambiciózního cíle [3]: návrh domu, na jehož vytápění by spolu s vnitřními zisky (teplo od obyvatel, domácích spotřebičů apod.) a pasivními solárními zisky okny postačilo jen takové množství vzduchu, které je nutné tak jako tak přivádět z hygienických důvodů. Jak připomíná jeden z tvůrců této koncepce Dr. W. Feist z Darmstadtu, tato vize byla chápána jako vzdálený teoretický cíl, pro který našli tvůrci přitažlivé označení pasivní dům. Po prvních experimentech byl v roce 1996 v Darmstadtu postaven bytový dům v tomto energetickém standardu, a pak se začal vývoj náhle urychlovat. O princip, konkrétní řešení i metody výpočty začala mít zájem řada přemýšlivých architektů i investorů.

Rozvoj nízkoenergetické výstavby a výstavby pasivních domů je zvláště patrný v německy mluvících zemích. Pozitivní impuls přinesla světová výstava v Hannoveru v roce 2000. K této



Obr. 1.1 Bytový dům v Halleinu (Rakousko) architekta Othmara Essla, realizace v roce 2000. Jeden ze čtrnácti projektů pasivních domů podpořených evropským projektem CEPHEUS [4]

příležitosti bylo postaveno větší množství pasivních domů. Tradiční náskok mezi rakouskými spolkovými zeměmi si udrželo Vorarlbersko s nepřerušovanou tradicí dřevostaveb. Mezinárodní projekt CEPHEUS [4] (Cost Effective Passive Houses as an European Standard) přinesl další pilotní realizace, sledování skutečných vlastností budov i další žádanou publicitu. Velký význam měl i několikaletý rakouský program Haus der Zukunft (*Dům budoucnosti*) [5], který podpořil řadu investičních akcí a sledování skutečných vlastností budov.

Mezinárodní výměna informací probíhá od roku 1997 každoročně na konferencích Passivhaustagung [6]. K dispozici je mnoho dalších informačních zdrojů, v tištěné i elektronické podobě, probíhá mnoho nejrůznějších školení i informačních akcí pro veřejnost apod. Současně se základní definicí funkčního principu pasivního domu se postupně zpřesňuje i metodika navrhování.

Otázka definic

Podle běžných definic [101] je za nízkoenergetický považován takový dům, kde je potřeba tepla na vytápění nejvýše $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, a za pasivní dům takový, kde je potřeba tepla na vytápění nejvýše $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Přestože marketingový přístup takové zjednodušené „nálepkování“ vyžaduje, je jasné, že musí být splněna řada dalších podmínek.

Můžeme očekávat postupné snižování limitní hodnoty pro nízkoenergetický dům, jakmile se zpřísní legislativní požadavky na běžnou výstavbu, později i úplné vymizení tohoto pojmu.

U výrazu *pasivní dům* je situace odlišná. W. Feist [2] uvádí obecnou definici v tomto smyslu: budova, kde může být tepelný komfort zajištěn výlučně pomocí dohřevu nebo chlazení čerstvého větracího vzduchu, aniž by k tomu muselo být užito vzduchu cirkulačního. Pokud definici přečteme pečlivě, jistě konstatujeme, že vytápění může být vlastně řešeno libovolně, pokud stavebně energetické vlastnosti obálky budovy a zpětné získávání tepla z větracího vzduchu budou na potřebné vysoké úrovni. Současně W. Feist [2] připomíná, že se nejedná o energetický standard, ale o princip řešení. Rozmach výstavby pasivních domů i jejich zařazení do veřejné podpory výstavby v některých zemích ale z tohoto termínu právě energetický standard vlastně tvoří.



Obr. 1.2 Nízkoenergetický bytový dům Wohnpark Sandgrubenweg v Bregenzi (Rakousko). Jeden z projektů rakouského programu Haus der Zukunft, Atelier für Baukunst, Wolfgang Ritsch, Gerhard Hörbuger, Helmuth Kuess, Norbert Schweitzer [5]



Obr. 1.3 Obecní centrum v Ludeschi, Vorarlbersko (Rakousko). Ukázkové řešení pasivní budovy s důrazem na širší souvislosti udržitelné výstavby a kvality vnitřního prostředí (H. Kaufmann) [5]

Výpočtová hodnocení

I pro specialisty v oboru vytápění a stavební fyziky je někdy obtížné vyrovnat se s novou realitou v energetické bilanci objektu, kdy některé dříve dominantní jevy přestávají být významné (např. únik tepla plochou konstrukcí, pokud jsme snížili součinitel prostupu tepla k hodnotám $0,15-0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), a jiné skutečnosti, jako je energetický vliv neřešených tepelných mostů a vazeb nebo vliv průvzdušnosti obálky budovy, se naopak projeví výrazně více. Výpočty energetických bilancí jsou výrazně více než dříve citlivé na korektnost zahrnutí vnitřních tepelných zisků od osob, energie slunečního záření pronikající okny i tepelných zisků od technologických zařízení a spotřebičů v domě.

Pro výpočet potřeby tepla na vytápění nízkoenergetického a pasivního domu vystačíme s obvykle užívanou metodou měsíčních bilancí podle ČSN EN ISO 13790 [102]. Nejčastěji užívaná metodika výpočtu pro pasivní domy PHPP [7] v sobě tento postup obsahuje také. Klíčové je rozhodnutí o způsobu zahrnutí vnitřních zisků od osob a obsazenosti budovy a dále o použití vhodných souborů klimatických údajů.

Důležitým prvkem koncepčního řešení budovy je uvažování v širších souvislostech, včetně environmentálních. Z tohoto hlediska je významnou charakteristikou budovy množství primární energie pocházející z neobnovitelných zdrojů, a dále množství ekvivalentních emisí CO_2 s tím spojené.



Obr. 1.4 Schiestlhaus – horská chata v nadmořské výšce 2154 m. n. m. v pasivním standardu, Hochschwab, Rakousko (M. Rezac, F. Oettl, K. Stieldorf, M. Treberspurg, W. Hoffbauer a další) [5]

Významnou odlišností nízkoenergetických domů oproti dosud obvyklým řešením jsou tepelně-akumulační vlastnosti stavebních konstrukcí. Díky velkým tloušťkám tepelných izolací je možné pozorovat i u dřevostaveb značnou tepelnou setrvačnost. Vliv velikosti a orientace prosklených ploch je výrazně větší než vliv hmotnosti stavebních konstrukcí.

Rizikům přehřívání budov i optimalizačním výpočtům pro volby vhodných strategií, jak těmto rizikům čelit, bude zřejmě nezbytné věnovat výrazně větší pozornost než dosud, zejména u administrativních, školních a obdobných budov. Na významu pak nepřímou nabývají výpočtová hodnocení uvažující veškeré energetické spotřeby.

■ 1.2 Společenské souvislosti

Ke konci devadesátých let dvacátého století se z terminologie udržitelného rozvoje společnosti (*sustainable development*) začínají odvozovat požadavky na výstavbu. Objevuje se dosud neznámý pojem *udržitelná výstavba (sustainable construction)* [22]. Důsledná řešení nízkoenergetických budov dobře zapadají do takových celkových snah [8, 9, 10]. Čím nižší se budeme dostávat v deklarované potřebě tepla na vytápění, tím více se budeme muset zabývat ostatními energetickými potřebami provozu budov a dále uvažovat v obecnějších souvislostech [8].

V teoretické rovině to může být pro mnohé z nás celkem jasné: protože neznáme žádný zcela čistý energetický zdroj, je nepochybně nejlepší strategií pomocí stavebního řešení co nejvíce snížit potřebu energie na provoz budovy, jak v daném případě stav techniky umožňuje. Zbytkovou potřebu energie přednostně pokryjeme pomocí obnovitelných energetických systémů. Z pohledu konkrétního investora to ovšem nemusí být jasné vůbec: zpravidla potřebuje řešit svůj okamžitý problém bydlení a má omezené finanční zdroje, nebo se jedná o velkého investora – developera, kterého přednosti nízkoenergetické výstavby v dlouhodobé perspektivě dosud nezajímají. Vlastně jen výjimečně je požadavek nízkoenergetického řešení jednoznačně a technicky kompletně formulován předem. O zvoleném způsobu řešení pak rozhoduje směs často neutříděných, někdy i protichůdných informací, které se k investorovi v daném období dostanou.

Současně je dobré si uvědomit, že souvislosti jsou širší – naše rozhodování o volbě architektonicko-stavebního a technického řešení by nemělo působit odděleně od celkové koncepce, která bude respektovat celou řadu dalších skutečností, souvisejících se samotnými důsledky existence budovy (kap. 7 v [8]). K tomuto účelu byla vyvinuta nebo se stále ještě vyvíjí řada metod pro hodnocení širších souvislostí výstavby. Liší se uspořádáním, podrobností, náročností zpracování, etapou projektové přípravy, kdy jsou použitelné, atd. [13, 14].

Klíčová rozhodnutí provedená včas, tedy v přípravných fázích navrhování budovy, mohou výsledek ovlivnit nejvíce. Hodnotící nástroje, které mohou věrohodně pracovat s malým množstvím v té době známých vstupních dat, jsou velmi žádané. Zejména tehdy, pokud umožňují jasnou interpretaci.

Cesty vedoucí ke snižování environmentálního zatížení v souvislosti s budovami jsou velmi různorodé. Společným znakem by měl být soulad s obecně formulovanými požadavky udržitelnosti, kam lze kromě kvalitního vnitřního prostředí, nízké produkce škodlivin všeho druhu a energetických souvislostí zařadit i otázky sociální a ekonomické. Můžeme z toho odvodit snadno srozumitelný dílčí závěr, že je „...vhodné navrhovat taková řešení budov, aby bylo požadavku nízké energetické náročnosti dosahováno efektivně, tedy zejména s nízkou investiční náročností a s malou zátěží životního prostředí, po celý životní cyklus budovy.

Výsledné energetické vlastnosti budovy lze zpravidla nejlépe ovlivnit při vytváření celkové koncepce v přípravné fázi projektu, zejména dobrou koordinací s koncepcí nosné funkce, vytápění a osvětlení budovy. Taková koncepce by měla být charakterizována mj. vyvážeností objemového a konstrukčně technologického řešení všech prostorů a konstrukcí, při nejnižší energetické náročnosti budovy.“ [101].

Společnost 2000 W

Vyspělost společnosti se dá měřit zodpovědností v přístupu k novým výzvám, i když mohou být z krátkodobého hlediska omezující nebo investičně náročnější. Za skvělý příklad takového postupu je jistě možné označit švýcarské dokumenty *Cesta ke snižování potřeby energie SIA* [15] a *Společnost 2000 W* [16].

Motivace k prosazování nízkoenergetické výstavby mohou být založeny na různých principech – dokument SIA představuje „přístup zdola“: stanovuje dlouhodobé cíle a vychází z dosaženého poznání a stavu techniky. Takové „utahování šroubů“ se vyznačuje vynikající

kontinuitou – to, co bylo doporučením dříve, se stává povinností dnes a nová doporučení jdou opět výrazně dále. Objevuje se zde statisticky kvalitně a hlavně názorně zpracovaný přístup, přiřazující budovám určitá množství potřebné energie:

- energie pro jejich vznik (tzv. šedá nebo svázaná energie – embodied energy [21]),
- energie potřebná na vytvoření požadovaného stavu vnitřního prostředí,
- energie na domácí a další elektrické spotřebiče a umělé osvětlení,

energie v souvislosti s vyvolanou mobilitou. (Existence budovy v určitém místě vždy vyvolá nutnost dopravy, velmi odlišnou podle vzdálenosti k místům dalších aktivit, bydlení atd. Hodnoty jsou výrazně závislé na dostupnosti veřejné dopravy.)

Společnost 2000 W [16] představuje rámcový „přístup shora“ s využitím globálních indikátorů. Statistickými metodami byl vypočten stálý energetický výkon připadající na jednoho obyvatele vyspělé Evropy ve výši přes 6000 W v primární energii. Pro porovnání, na jednoho obyvatele USA připadá asi třikrát více, na jednoho obyvatele Bangladéše asi desetkrát méně. Výpočet prognózuje vývoj v zemích, jako je Indie a Čína, a v dalším rozvojovém světě na jedné straně a přijatelnost energetické produkce v celosvětovém měřítku podle zásad udržitelnosti na straně druhé. Z toho pak vyplyne dlouhodobě udržitelný cíl nepřekročení stálého výkonu 2000 W na obyvatele planety, což je o něco více, než současný globální průměr. Tomu odpovídá 17 500 kWh/a na osobu v primární energii. Toto množství energie má zajistit, aby každá společnost měla dostatek energetických zdrojů pro svůj rozvoj a přiměřený komfort, tedy podmínky pro ekonomickou a společenskou udržitelnost. Pro stabilizaci klimatu a šetření přírodních zdrojů by měla být z oněch 2000 W nejvýše jedna čtvrtina (500 W) pokryta pomocí fosilních zdrojů a 1500 W ze zdrojů obnovitelných. Tím by byl také přibližně plněn cíl stanovený klimatology, totiž udržet produkci emisí CO₂ na hodnotách přibližně 1 tuny na obyvatele ročně. Prověření fondu budov, současných a budoucích stavebně-energetických standardů na straně jedné a zpřísněných požadavků na emise CO₂ na straně druhé (redukce o 2/3 v roce 2050!) vedlo k těmto závěrům:

- Současný fond budov (Švýcarsko) není sám o sobě schopen tyto cíle splnit.
- Nejlepších výsledků se dosahuje v kombinaci pasivních domů vytápěných pomocí obnovitelné energie.
- Další zpřísnění standardu za úroveň pasivního domu nemá příliš význam.
- Významně redukovány musí být další části energetické spotřeby při provozu budovy (příprava teplé vody, elektrické spotřebiče, svázaná energie).
- Elektřina by se měla vyrábět v podstatné míře neutrálně z pohledu CO₂.
- Měl by být kontrolován nárůst obytné plochy. Přednost by měla mít zástavba ve stávajících sídlech před novostavbami na zelené louce.
- Požadavek standardu pasivního domu (*kapitola 2*) z hlediska primární energie by měl být dále snížen ze 120 na 100 kWh/(m²a) [16].

Jistou výhodou české situace můžeme (prozatím) vidět v tom, že pro hledání vlastního přístupu k těmto otázkám můžeme využít inspirace zahraničními prověřenými přístupy, jak ve společenském rámci, jak je uvedeno na příkladu výše, tak v konkrétních technických řešeních.

■ 1.3 Politika a veřejné rozpočty

Potřeba razantních kroků vedoucích k úsporám energie je probírána na mnoha politických fórech různých úrovní. Evropský parlament vyzval svým usnesením z 31. 1. 2008 [17] Evropskou komisi, aby navrhla „závazné požadavky, podle nichž by všechny nové budovy vyžadující vytápění či chlazení musely být od roku 2011 postaveny podle norem pro pasivní domy nebo obdobných norem pro nebytové domy...“. Současně přitom musel konstatovat, že ne všechny země dostatečně korektně splnily dosavadní požadavky vyjádřené ve Směrnici o energetické náročnosti budov (EPBD [18]), která sama o sobě žádná společná kritéria nestanoví a jen ukládá povinnost členskými zeměmi energetickou náročnost budov vůbec hodnotit.

Úloha veřejných rozpočtů je jasně dvojitá: chovat se jako řádný hospodář a současně plnit funkci vzoru pro ostatní. Zemské předpisy ve Vorarlbersku již od roku 2007 jednoznačně trvají na dosažení standardu pasivních domů pro všechny novostavby sociálního bydlení [19]. Při energetické obnově budov se nesmí překračovat hodnota měrné potřeby tepla ve výši 30 kWh/(m²a). Dolnorakouská zemská vláda rozhodla, že všechny novostavby v jejím vlastnictví (vládní budovy a další úřady) musí od roku 2008 dosahovat úrovně pasivního domu [20].

Veřejná správa může dát jasný signál v tomto směru i nepřímo: zahrnutím přísných energetických požadavků do zastavovacích podmínek při přípravě nových území určených pro výstavbu (projekt Eurogate ve Vídni s 1700 bytovými jednotkami v pasivních domech a další připravované projekty), bonifikací ceny prodávaných pozemků apod.

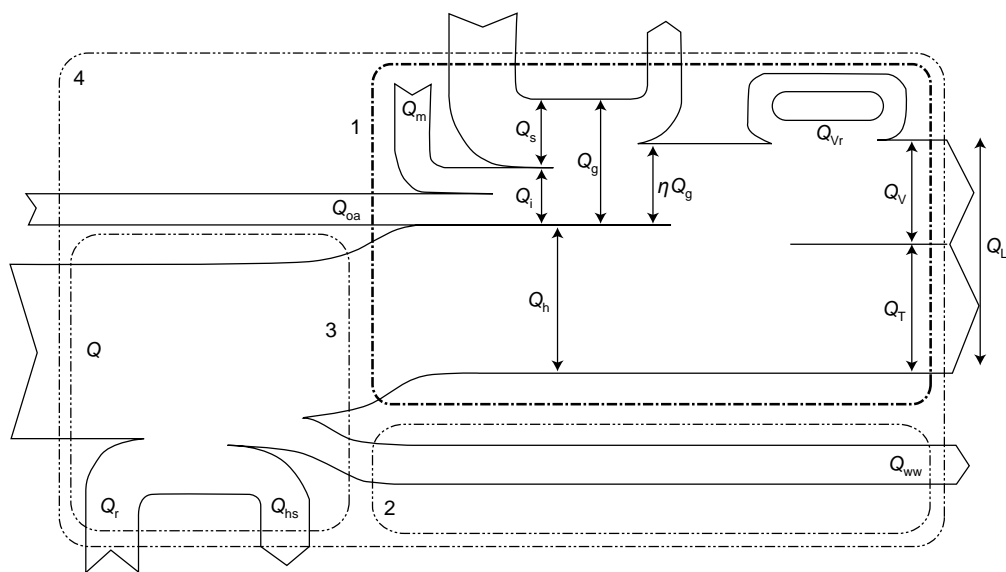
Veřejné zájmy mohou být v oblasti nízkoenergetické výstavby vyjadřovány různými způsoby a mohou být stanovovány nejrůznější dlouhodobé strategické cíle a systémy pobídek ve formě podpor, daňových úlev, podpor hypoték atd.

2 Energetická bilance a kategorie budov

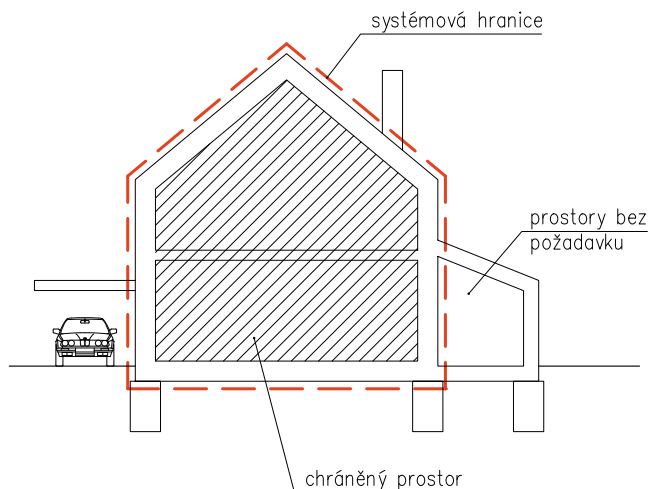
2.1 Jednoduchá bilance

Přehledné bilanční schéma (obrázek 2.1) pomáhá pochopit základní souvislosti rozhodujících energetických dějů v budově. Zjednodušeně si představme, že budova působí jako jeden celek – jako jedna zóna – podle [102, 103]. Zóna je ohraničena konstrukcemi na své *systémové hranici* (obrázek 2.2). V odůvodněných případech se chráněný prostor budovy dělí na více zón s výrazně odlišnými vnitřními teplotami nebo odlišným provozním režimem [102] (obrázek 2.3). Energetické toky v budově jsou vzájemně provázány. Tepelný tok z jedné zóny, pro kterou znamená tepelnou ztrátu, je tepelným ziskem pro zónu přiléhající apod. Pro zjednodušení výpočtů se někdy mohou jednotlivé zóny chápat jako vzájemně nezávislé – podrobněji v [104].

Poznámka: Často se pro prostor zóny používá označení *vytápěný prostor* místo obecnějšího a správnějšího označení *prostor s požadovaným stavem vnitřního prostředí* (též *kondicionovaný prostor* [104]), kde se musí teplota s odvoláním na požadavek normy, předpisu nebo přání



Obr. 2.1 Základní energetické bilanční schéma budovy [103]. Ztráta prostupem tepla (Q_T) a výměnou vzduchu (Q_V) musí být kompenzována dodanou energií. Příznivě se zde projeví zpětně získané teplo z větracího vzduchu (Q_V). Dodaná energie se z části skládá z vnitřních tepelných zisků Q_r , přesněji řečeno jejich využitelné části ηQ_g : od osob (Q_m), spotřebičů (Q_{or}) a proměnlivých pasivních solárních zisků (Q_g). Zbývající teplo musí být dodáno pomocí otopné soustavy (Q_h). Otopná soustava často také řeší přípravu teplé vody (Q_{ww}). Na vstupu do objektu musíme dodat dostatečné množství energie (Q) tak, abychom kromě skutečné potřeby pokryli i tepelné ztráty technického systému v důsledku úniků tepla i nevhodné regulace (Q_{hs}). V některých případech můžeme využít i nějakou zpětně získanou energii z technologických procesů (Q), například odpadní teplo ve výrobním areálu.

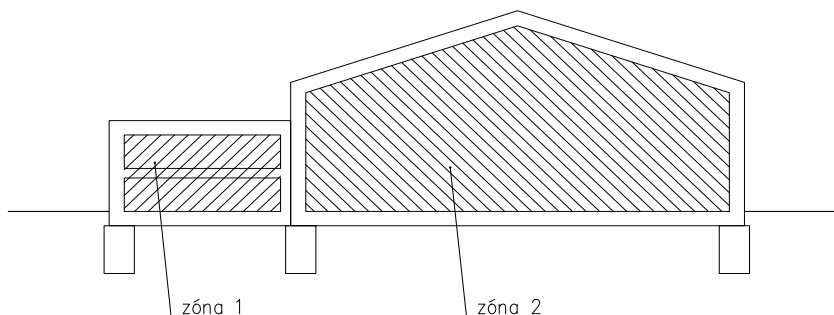


Obr. 2.2 Schéma chráněného prostoru a systémové hranice budovy

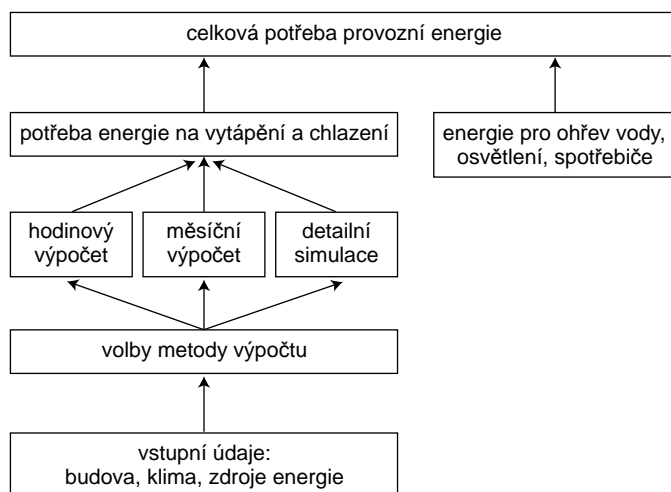
investora pohybovat v určitém intervalu hodnot, je-li budova užívána. Sousední nevytápěné prostory (analogicky *prostor bez požadovaného stavu vnitřního prostředí, nekondicionovaný prostor*) jsou pak takové, kde není požadavek výše uvedeného druhu stanoven. Aktuální teplota tam bude proměnlivá, jako výsledek energetických toků na tento prostor působících.

Bilance zahrnuje jak tepelnou ztrátu (prostupem tepla a v důsledku výměny vzduchu), tak tepelné zisky (od slunečního záření pronikajícího prosklenými plochami, metabolického tepla osob, domácích spotřebičů a kancelářské techniky a prvků umělého osvětlení). Takové bilanční schéma je základem obvyklých energetických výpočtů a odpovídajících počítačových programů [102, 23].

Výpočty se provádějí nejčastěji po měsíčních úsecích, výjimečně postačí i výpočet za celou otopnou sezónu. Pro podrobné studium energetických vlastností budovy, například pro porovnání výpočtů s naměřenými údaji, mohou být zapotřebí i výpočty pracující s kratšími časovými úseky – až po dynamické simulační modely využívající data po hodinách (obrázek 2.4). Nové znění normy EN ISO 13790 [104] se snaží tyto možné přístupy sjednotit a dále umožnit i výpočet energie na chlazení, což přináší některé komplikace.



Obr. 2.3 Příklad dvouzónové budovy. Výrobní hala a administrativní část s velmi odlišnými provozními režimy (teploty, doba vytápění a větrání) a společnou dělicí stěnou jsou spojeny jednou otopnou soustavou.



Obr. 2.4 Schéma pro volbu výpočtového postupu energetické bilance [104]. Vybírá se mezi jednoduchou bilanční metodou s měsíčními úseky, obdobnou metodou, kdy se podle potřeby dá ve vybraných měsících započítat i aktivní chlazení budovy, a výpočtem s hodinovým krokem (dynamické simulace).

Energetické bilance v tomto pojetí neslouží k návrhu jednotlivých technických systémů, ale pro kvalifikované stanovení energetických potřeb. Technické systémy musí být dimenzovány s dostatečnou rezervou pro zajištění potřebného špičkového výkonu.

■ 2.2 Základní určení tepelných ztrát

Tepelná ztráta pro jednotlivé časové úseky v roce se vypočítá pomocí vztahu:

$$Q_i = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t$$

kde je

Q_i celková tepelná ztráta budovy v daném měsíci v kWh,

H celková měrná tepelná ztráta budovy ve W/K,

θ_i požadovaná vnitřní teplota v zóně ve °C,

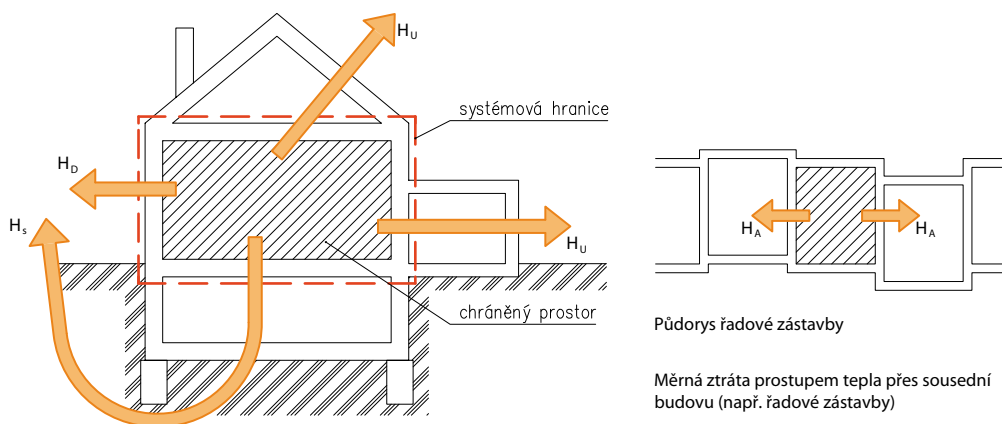
θ_e průměrná teplota vnějšího vzduchu v daném časovém úseku ve °C,

t délka časového úseku v hodinách.

Časovými úseky jsou zpravidla jednotlivé měsíce v roce.

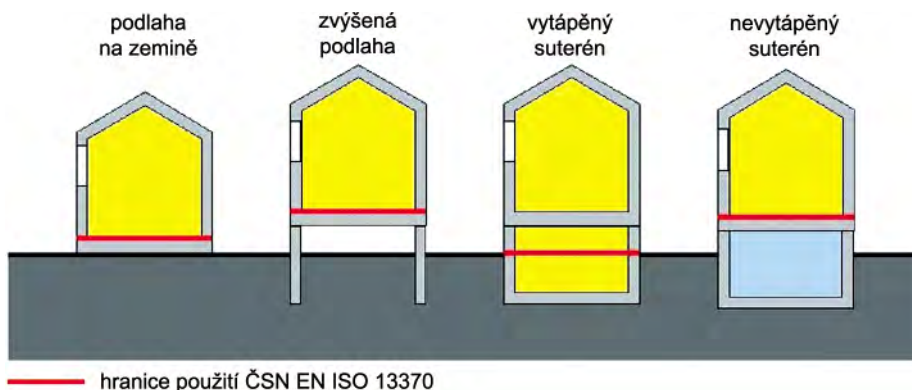
Při členění tepelných ztrát můžeme pro názornost vycházet ze schématu na obrázku 2.5. Tepelné ztráty můžeme rozdělit na ztráty prostupem tepla a ztráty v důsledku výměny vzduchu. Celková měrná tepelná ztráta budovy H se tedy vypočítá jako součet měrné ztráty prostupem tepla H_T a měrné tepelné ztráty výměnou vzduchu H_V (vše ve W/K):

$$H = H_T + H_V$$



Obr. 2.5 Schematický přehled tepelných ztrát budovy

Prostup tepla může probíhat konstrukcemi přímo, pokud jsou v kontaktu s venkovním vzduchem, nebo nepřímo, pokud je mezi vytápěným prostorem a exteriérem prostor nevytápěný. Dalším a složitějším případem je prostup tepla přes zeminu přiléhající k budově. Sem se řadí situace, kdy je pod vytápěnou budovou jen základová deska na zemině, otevřený průlezný prostor, nevytápěné podzemní podlaží či podzemní podlaží v části nebo zcela vytápěné (obrázek 2.6). I když je většina výpočtů vyhrazena specialistům, je vhodné, aby alespoň základní souvislosti byly srozumitelné všem účastníkům výstavby.



Obr. 2.6 Schéma prostupu tepla přes podzákladí a zeminu