

Jan Tywoniak a kolektiv

# Nízkoenergetické domy 3

nulové, pasivní a další



edice  
stavitel

GRADA®



Jan Tywoniak a kolektiv

# Nízkoenergetické domy 3

nulové, pasivní a další

edice  
stavitel

Grada Publishing

## **Poděkování**

Poděkování patří i tentokrát kolegům z mého pracoviště a dalším spoluautorům z České republiky, Německa a Rakouska. Bez jejich přátelské spolupráce by tato kniha nevznikla. Velké poděkování patří i Emilovi, Adamovi a Janě.

Jan Tywoniak

Vydání knihy bylo podpořeno projektem MSM 6840770005 Udržitelná výstavba. Některé zde uvedené informace byly dále získány při řešení výzkumných projektů MPO 2A-1TP1/129 – Energeticky nulový dům, MSM 1M0579 (Výzkumné centrum CIDEAS) na Fakultě stavební ČVUT v Praze a MPO Efekt 122 142 0506.

Lektoroval: prof. Ing. Anton Puškár, Ph.D.

Autorský kolektiv:

Jan Tywoniak (kap. 1, 2, 3, 4, 9, část kap. 7), Jiří Novák (kap. 5), Tomáš Matuška (kap. 6), Kamil Staněk (kap. 7 a 8.5), Olaf Reiter (kap. 8.1), Martin Treberspurg, Bernhard Kollmann a Roman Smutný (kap. 8.2), Tomáš Šenberger (kap. 8.3), Jan Růžička (kap. 8.4), Jaromír Veselák, David Havránek (kap. 8.5), Ingo Lütkemeyer, Jens Krause a Günter Löhnert (kap. 8.6), Herwig Ronacher (kap. 8.7), Jiří Novák a Martin Šulc (kap. 8.8), Kateřina Mertenová a Heinz Plöderl (kap. 8.9), Georg W. Reinberg (kap. 8.10).

*Vše, co je uvedeno v této knize, bylo autory napsáno v upřímné snaze zprostředkovat čtenářům co nejlepší informace. Z jejich praktického uplatnění ale nevyplývají pro autory ani pro vydavatelství žádné právní důsledky.*

## **■ NÍZKOENERGETICKÉ DOMY 3 Nulové, pasivní a další**

**Jan Tywoniak a kolektiv**

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

jako svou 4817. publikaci

Odpovědná redaktorka Eva Škrabalová

Sazba JoshuaCreative, s. r. o.

Fotografie na přední straně obálky Jaromír Veselák

Ostatní fotografie z archivu autorů, pokud není uvedeno jinak

Překlad závěrečného shrnutí Adam Tywoniak

Počet stran 204

První vydání, Praha 2012

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

© Grada Publishing, a.s., 2012

Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2012

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.*

ISBN 978-80-247-3832-1 (tištěná verze)

ISBN 978-80-247-8051-1 (elektronická verze ve formátu PDF)

ISBN 978-80-247-8052-8 (elektronická verze ve formátu EPUB)

ISBN 978-80-247-8053-5 (elektronická verze ve formátu MOBIPOCKET)

# ■ Obsah

<b>Předmluva</b> . . . . .	<b>9</b>
<b>1 Úvod</b> . . . . .	<b>11</b>
1.1 Evropské snahy . . . . .	11
1.2 České souvislosti . . . . .	12
1.3 Formy veřejné podpory . . . . .	13
<b>2 Energetická bilance a kategorie budov</b> . . . . .	<b>15</b>
2.1 Princip hodnocení . . . . .	15
2.2 Primární energie . . . . .	15
2.3 Bilanční schéma . . . . .	17
2.4 Kategorie . . . . .	20
2.4.1 Nízkoenergetické budovy . . . . .	20
2.4.2 Pasivní budovy . . . . .	20
2.4.3 Energeticky nulové budovy . . . . .	24
2.4.4 Energeticky nezávislé budovy . . . . .	26
2.5 Přehled charakteristik budov nové generace . . . . .	27
<b>3 Požadavky tepelné ochrany budov</b> . . . . .	<b>31</b>
3.1 Některé pojmy . . . . .	31
3.2 Šíření tepla . . . . .	32
3.2.1 Nejnižší povrchová teplota . . . . .	32
3.2.2 Součinitel prostupu tepla . . . . .	33
3.2.3 Průměrný součinitel prostupu tepla . . . . .	38
3.2.4 Lineární a bodový činitel prostupu tepla . . . . .	41
3.3 Hodnocení podlahových konstrukcí . . . . .	42
3.4 Šíření vlhkosti . . . . .	43
3.5 Šíření vzduchu konstrukcí a budovou . . . . .	45
3.5.1 Průvzdušnost . . . . .	45
3.5.2 Větrání . . . . .	46
3.6 Hodnocení tepelné stability místností a budov . . . . .	48
<b>4 Stavební řešení</b> . . . . .	<b>51</b>
4.1 Celkově . . . . .	51
4.1.1 Prostup tepla . . . . .	51
4.1.2 Tepelná setrvačnost . . . . .	52
4.1.3 Proveditelnost a životnost . . . . .	55
4.2 Obvodové konstrukce . . . . .	55
4.3 Výplně otvorů . . . . .	58
<b>5 Vzduchotěsnost</b> . . . . .	<b>59</b>
5.1 Vzduchotěsnost budov – význam a souvislosti . . . . .	59
5.2 Hodnocení vzduchotěsnosti . . . . .	60
5.2.1 Princip . . . . .	60
5.2.2 Nejčastější hodnotící veličiny . . . . .	61

5.3	Měření vzduchotěsnosti . . . . .	62
5.3.1	Princip nejčastěji používané metody . . . . .	62
5.3.2	Měřicí zařízení . . . . .	63
5.3.3	Měření podle ČSN EN 13839 a související otázky . . . . .	63
5.3.4	Měření velkých budov . . . . .	64
5.3.5	Měření zabudovaných stavebních dílů . . . . .	66
5.3.6	Kontrola kvality měření . . . . .	67
5.4	Kontrola vzduchotěsnosti . . . . .	68
5.4.1	Obecné principy . . . . .	68
5.4.2	Současný stav techniky – stručný přehled . . . . .	69
5.4.3	Časté chyby a omyly . . . . .	70
5.4.4	Vzduchotěsnost desek OSB . . . . .	71
5.5	Reálně dosahovaná úroveň vzduchotěsnosti . . . . .	74
<b>6</b>	<b>Technické soustavy . . . . .</b>	<b>77</b>
6.1	Zdroje elektrické energie . . . . .	78
6.1.1	Fotovoltaické systémy . . . . .	78
6.1.2	Větrné mikroelektrárny . . . . .	78
6.1.3	Mikrokogenerace . . . . .	79
6.1.4	Akumulace elektrické energie . . . . .	81
6.2	Zdroje tepla . . . . .	82
6.2.1	Elektrické kotle a ohřivače . . . . .	82
6.2.2	Plynové a olejové kotle a ohřivače . . . . .	82
6.2.3	Spalovací zařízení na biopaliva . . . . .	83
6.2.4	Tepelná čerpadla . . . . .	85
6.2.5	Solární tepelné soustavy . . . . .	88
6.2.6	Akumulace tepla . . . . .	91
6.3	Zdroje chladu . . . . .	92
6.3.1	Kompresorové chlazení . . . . .	92
6.3.2	Sorpční chlazení . . . . .	93
6.3.3	Nízkoenergetické chlazení . . . . .	93
6.3.4	Akumulace chladu . . . . .	98
6.4	Klimatizační soustavy . . . . .	98
6.4.1	Větrací soustavy . . . . .	99
6.4.2	Otopné soustavy . . . . .	100
6.4.3	Chladicí soustavy . . . . .	100
6.4.4	Rozvody tepla a chladu . . . . .	101
6.5	Příprava teplé vody . . . . .	102
6.5.1	Tepelné ztráty a cirkulace . . . . .	102
6.5.2	Zpětné získávání tepla . . . . .	103
6.5.3	Ochrana proti legionelle . . . . .	103
6.6	Pomocná elektrická energie pro pohon technických soustav . . . . .	104
<b>7</b>	<b>Fotovoltaika pro budovy . . . . .</b>	<b>107</b>
7.1	Environmentální souvislosti . . . . .	107
7.2	Prvky systému a praktická využitelnost . . . . .	108
7.2.1	Články a panely . . . . .	108

7.2.2	Zapojení a střídače	109
7.2.3	Odhad fotovoltaické produkce	110
7.3	Stínění a vliv teploty	111
7.4	Způsob provozu	113
7.5	Příklady aplikací a cíle	114
<b>8</b>	<b>Příklady budov</b>	<b>117</b>
8.1	Mateřská škola v městském parku	117
8.1.1	Architektonické řešení	117
8.1.2	Stavební konstrukce	119
8.1.3	Energetická koncepce	121
8.2	Bytový dům „young corner“	123
8.2.1	Architektonické řešení	123
8.2.2	Stavební řešení	126
8.2.3	Energetická koncepce	126
8.2.4	Realizace a kontrola kvality	127
8.3	Výzkumné centrum v Telči	128
8.3.1	Architektonické řešení	128
8.3.2	Stavební řešení	129
8.3.3	Energetická koncepce	131
8.4	Dřevostavba se zvýšenou tepelnou setrvačností	133
8.4.1	Architektonické a dispoziční řešení	134
8.4.2	Stavební konstrukce a materiálové řešení	134
8.4.3	Vliv zvýšené tepelné setrvačnosti	136
8.4.4	Energetická koncepce	137
8.5	Rodinný dům na Výsluní	139
8.5.1	Architektonické řešení	139
8.5.2	Stavební konstrukce	142
8.5.3	Energetická koncepce	142
8.5.4	Zkušenosti stavebníka	146
8.6	Základní škola Niederheide	149
8.6.1	Architektonické řešení	149
8.6.2	Energetická koncepce	151
8.6.3	Protisluneční ochrana	153
8.6.4	Větrání	154
8.6.5	Osvětlení a akustika	154
8.6.6	Monitorování provozu	156
8.7	Centrum kompetence a výzkumu	157
8.7.1	Architektonické a stavební řešení	157
8.7.2	Energetická koncepce	160
8.8	Novostavba bytového domu – změna z nízkoenergetického na pasivní standard	161
8.8.1	Architektonické a stavební řešení	161
8.8.2	Vytápění a větrání	162
8.8.3	Optimalizace z hlediska potřeby tepla na vytápění	165
8.8.4	Vzduchotěsnost	166
8.8.5	Primární energie	169
8.8.6	Shrnutí a pohled developera	169

8.9 Energeticky autonomní revitalizace průmyslové čtvrti . . . . .	171
8.9.1 Popis projektu . . . . .	171
8.9.2 Energetická koncepce . . . . .	174
8.9.3 Další prvky . . . . .	175
8.10 Dům v zahradě . . . . .	178
8.10.1 Architektonické řešení . . . . .	178
8.10.2 Stavební konstrukce . . . . .	179
8.10.3 Energetická koncepce . . . . .	181
8.10.4 Venkovní plochy . . . . .	182
<b>9 Závěrem . . . . .</b>	<b>183</b>
<b>Literatura . . . . .</b>	<b>186</b>
<b>Rejstřík . . . . .</b>	<b>191</b>
<b>Summary . . . . .</b>	<b>193</b>



## ■ Předmluva

Zda zájem veřejnosti a odborníků o „energeticky rozumná“ řešení budov roste dostatečně rychle, může být předmětem dlouhých diskusí – pro někoho jsou změny příliš rychlé, pro jiného stále nedostatečné. V každém případě se od prvního vydání knihy *Nízkoenergetické domy. Principy a příklady* v roce 2005 situace proměnila. Pasivní dům již není neznámým pojmem a může se objevit i v sobotní příloze novin a ve společenských časopisech. Architektonická kvalita je pečlivě sledována a v případě neúspěšného řešení okamžitě použita pro argumentaci nepřátelskou vůči energeticky optimalizovaným řešením budov.

Nyní, stejně jako dříve, je důležité dále zvyšovat úroveň odborných znalostí architektů a projektantů a dále zvyšovat „imunitu“ veřejnosti proti záměrně nebo nechtěně zkresleným informacím. Nechuť měnit dosavadní projekční zvyky i nedostatečnou znalost zakrývají někteří projektanti účelovými tvrzeními o tom, že všechny aktivity vedoucí k nízké energetické náročnosti jsou jen marketingovým trikem výrobců tepelných izolací. Skutečný marketing ve prospěch energeticky vyspělých řešení za nás ovšem občas udělá vlna mrazů, veder nebo výpadky dodávek energie, kdy si najednou všichni uvědomí svou závislost na technice a energii.

Z téměř třiceti tisíc bytových jednotek postavených celosvětově v pasivním standardu je těch českých stále jen zanedbatelné množství. Horní odhady mluví o pěti stech českých realizovaných nebo připravených projektech. Jsme zatím bohužel příliš pozadu za Rakouskem, kde je okolo třetiny nových stavebních povolení vydáváno pro pasivní budovy, většina ostatních projektů jsou domy nízkoenergetické.

Kniha, kterou vám se spoluautory předkládáme, je inspirována tématy probíranými na odborných konferencích, vychází z běžné praxe i častých dotazů. Má podobnou strukturu jako její dvě předchůdkyně a v mnohém na ně navazuje – v první části připomíná obecné souvislosti a popisuje kategorie budov z hlediska energetické náročnosti. Stručně připomíná řešení stavebních konstrukcí a podrobněji se věnuje technickým systémům. Druhá část přináší komentované příklady budov.

I tuto knihu můžete číst z libovolného místa. Ten, kdo bude studovat jednotlivé kapitoly od začátku, jistě ocení, že jsou zde popsány i aktuální změny v základní normě pro tepelnou ochranu budov (ČSN 73 0540-2). Jiný čtenář se bude možná nejprve inspirovat vybranými příklady budov a k teoretické části se vrátí později. Všem předem děkujeme za připomínky.



# ■ 1 Úvod

## ■ 1.1 Evropské snahy

Směrnice o energetické náročnosti budov [6], která byla teprve celkem nedávno zavedena v členských zemích EU (obsahuje povinné zpracování průkazů energetické náročnosti a další opatření), byla v květnu 2010 [7] nahrazena novým zněním. To přináší celou řadu změn, největší zájem však vyvolává sdělením, že všechny nové budovy mají být v budoucnu stavěny jako energeticky nulové nebo takové úrovni blízké. Tím se dostáváme ke klíčové otázce, co se má za takovou budovu považovat (problém definic) a jakými prostředky takové cíle naplňovat (problém architektonicko-stavebního a technického řešení). Téma je předmětem zájmu Evropské energetické agentury [47], výzkumných pracovišť a je z mnoha pohledů diskutováno v odborných publikacích [53, 58].

Předchozí usnesení Evropského parlamentu [5] z roku 2008 žádající, aby všechny nové budovy byly od roku 2011 stavěny jako pasivní, je novým, ambicióznějším cílem překonáno, ale vlastně zůstává nenaplněno.

V zahraničí se iniciativy chápou některá města a regiony, které si formulují vlastní náročné cíle, motivované snahou o větší energetickou nezávislost na dovozech energie, vlastní energetickou bezpečnost i vzorové plnění cílů z hlediska ochrany klimatu.

Tématu energie se nemohou vyhnout politici žádné orientace. V jedné zemi ve střední Evropě politická reprezentace projednává zákon stanovující maximální (!) podíl obnovitelných zdrojů v národní ekonomice, v ostatních zemích hledají, jak tento podíl výrazně zvýšit.

Uvědomíme-li si, že více než 40 % energie se spotřebovává v souvislosti s provozem budov, je zřejmé, že beze změny přístupu k energetické náročnosti budov se obecně formulované cíle energetické bezpečnosti a ochrany klimatu nemůže podařit naplnit. Přičemž – jak již bylo mnohokrát ukázáno – právě sektor budov je jedinou velkou oblastí v „energetickém koláči“ vyspělých zemí, kde jsou řešení známá a z velké části rovnou použitelná. Současné přibývá odborných prací, které zdůrazňují vhodnost propojení energetického problému budov s ostatními segmenty národní ekonomiky (energetika, doprava).

Hlavní body nové směrnice o energetické náročnosti budov [7] je možné shrnout takto:

***Nové budovy mají být nejpozději od počátku roku 2021 stavěny jako energeticky nulové nebo takové úrovni blízké.***

Pokud se jedná o budovy, kde jsou použity veřejné prostředky, má být výše zmíněné úroveň dosahováno o dva roky dříve. Směrnice ponechává na členských zemích, aby si samy stanovily metody hodnocení a cílové hodnoty energetické náročnosti. Společně závazné je jen to, že do provozní energetické náročnosti se musí započítávat energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, pomocná elektrická energie na provoz technických systémů budovy a elektrická energie na umělé osvětlení. Provozní energetická náročnost se vyjadřuje v hodnotách primární energie (*kapitola 2*), nejlépe charakterizující společenský efekt spotřeby.

### ***Budovy na nákladově optimální úrovni***

Neméně významným bodem je povinnost každé členské země provést analýzy, zda současné požadavky na energetické vlastnosti budov jsou na nákladově optimální úrovni. Pokud se nalezne příliš velký rozpor mezi nákladově optimální úrovní a požadavky, musí členská země zpřísnit požadavky při nejbližší plánované změně předpisů. Ukazuje se, že není možné na mezinárodní úrovni úplně sjednotit požadavky ani metody výpočtu. Pro některé země je možná důležitější, že se téma energetické náročnosti vůbec dostane do projednávané agendy.

Za nákladově optimální se považuje takové řešení budovy, které odpovídá minimu součtové křivky investičních a provozních nákladů na budovu. Podrobnější informace mají být uvedeny v dodatečně vydaném doprovodném dokumentu [4] k Evropské směrnici a navazujícím metodickém doporučení.

Výpočtové hodnocení se provádí pro období 30 let (budovy obytné) nebo 20 let (budovy komerční a ostatní). Provedení výpočtů popisujících vztah mezi primární energií pro provoz budovy a celkovými náklady je nutně zatíženo značnou chybou vycházející z nastavení prognóz vývoje cen energií, inflace, diskontních sazeb (metoda čisté současné hodnoty) i z obecné otázky reprezentativnosti testovaných příkladů budov.

Dalšími významnými body směrnice jsou:

- vydávání certifikátů energetické náročnosti,
- inspekce otopných soustav a klimatizačních systémů,
- nezávislé systémy kontroly certifikátů a inspekčních zpráv.

## ■ 1.2 České souvislosti

Zavedení směrnice [7] vyvolává nutnost změn národních předpisů. V českých podmínkách se jedná o zákon o hospodaření energií (zákon č. 406/2000 Sb. ve znění pozdějších předpisů [68]) a navazující vyhlášky, tedy i ty, podle nichž se provádějí hodnocení energetické náročnosti budov [63] a energetické audity budov [64]. Vzhledem k dlouhým lhůtám, kterými jsou provázány změny legislativních předpisů, a také vzhledem k nutnosti poskytnout stavebnictví potřebnou dobu na přípravu je rozumné začít s formulací nových předpisů co nejdříve.

### **ČSN 73 0540-2 (2011)**

V nedávné době bylo připraveno nové znění základní technické normy pro tepelnou ochranu budov ČSN 73 0540-2 [103] (v platnosti od 1. 11. 2011 – kapitola 3). Splnění požadavků této normy je chápáno jako splnění odpovídajících normových hodnot ve vyhlášce č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby [65], a tím i stavebního zákona [67].

Oproti předchozímu znění jsou v normě přehledněji formulovány požadavky na teplotu vnitřních povrchů konstrukcí s využitím teplotního faktoru vnitřního povrchu. Částečně se mění a doplňují hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukcí. Je upraveno hodnocení prostupu tepla obálkou budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla s využitím metody referenční budovy. Upravena je kapitola popisující požadavky na neprůvzdušnost konstrukcí a požadavky na větrání místností. Informativní příloha A je upravena a rozšířena

o podrobněji popsané definice nízkoenergetických, pasivních a orientačně i energeticky nulových budov. Informativní příloha B obsahuje příklady hodnocení budovy pomocí průměrného součinitele prostupu tepla. Změněna je informativní příloha C s energetickým štítkem obálky budovy.

### **TNI 73 0329 a TNI 73 0330**

Technická normalizační informace TNI 73 0329 [125] se zabývá hodnocením rodinných domů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění, zejména pro potřeby jejich klasifikace. Uvedený postup je v souladu s obecně závaznými právními předpisy, původními českými technickými normami i evropskými normami. Dále se vychází ze zahraničních zkušeností s navrhováním a hodnocením domů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění, s domy nízkoenergetickými a pasivními. V nejvyšší možné míře jsou zde využity postupy obsažené v metodě PHPP [35], která je často v zahraničí užívána a je prověřena velkým množstvím realizací. TNI 73 0330 [126] se analogicky zabývá bytovými domy. Oba dokumenty byly vytvořeny jako reakce na aktuální potřebu podrobnějšího popisu nových kategorií budov, pro které dosud neexistovaly úplné podklady technických norem. Vzhledem k rozsahu obou zmiňovaných TNI a k rozsahu ČSN 73 0540-2 (2011) bylo rozhodnuto obě TNI, původně koncipované jako provizorní dokumenty, i nadále ponechat v platnosti.

Podstatné informace, požadavky a doporučení z výše uvedených technických dokumentů jsou uvedeny a komentovány v kapitole 3.

Ve spleti norem, vyhlášek a předpisů by se ovšem neměl ztrácet prostý fakt, že je povinností projektanta hledat co nejlepší dostupná řešení navrhované budovy, tedy i v otázce energetické náročnosti – to od něj klient očekává, ať již je to schopen formulovat odborně nebo jen nějak intuitivně.

## **■ 1.3 Formy veřejné podpory**

Ve zpětném pohledu na období 2008–2010, kdy byly v ČR prostřednictvím Státního fondu životního prostředí poskytovány dotace na výstavbu pasivních domů, můžeme formulovat některá poučení:

- Rozhodnutí, že v případě novostaveb se budou z prostředků z obchodování s emisními kredity finančně podporovat v oblasti novostaveb výlučně pasivní domy, bylo v principu správné. Realizace programu však částečně narážela na organizační i odbornou neprofesionalitu, především na straně poskytovatele. Hodnocení žádostí trvalo příliš dlouho a nemohlo vytvářet potřebnou zpětnou vazbu. Některé projekty obsahovaly nesprávná řešení, nebyly korektně doloženy odpovídajícími výpočty. Objevily se projekty vzniklé jen obyčejným doplněním větších tlouštěk tepelných izolací a změnou technického systému bez jakékoli optimalizace řešení, bez koncepčního zpracování detailů napojení konstrukcí atd. Výpočty až příliš často narychlo prováděli lidé bez odborné zkušenosti – energetičtí auditoři bez stavebního vzdělání apod. –, bez jakékoli předchozí zkušenosti s nízkoenergetickou výstavbou a dokonce bez důvěry v ni („spočítáme to tak, aby ta dotace vyšla“).
- Možnosti získání dotací rozhoditně probudily zájem sdělovacích prostředků, což bylo jistě zejména na počátku přínosné – o pasivních a nízkoenergetických domech se

intenzivně informovalo i v běžném tisku. Odborná kvalita takových sdělení ovšem příliš vysoká většinou nebyla.

- Pro malého investora plánujícího stavbu v nízkoenergetickém standardu mohla finanční dotace velmi dobře pokrýt ten chybějící krok k domu pasivnímu, ke kterému by se možná se svými finančními možnostmi již neodhodlal. Někteří investoři ovšem chápali příspěvek jako možnost zvýšení standardu vnitřního vybavení domu (luxusní koupelna, dražší kuchyňská linka...) a stavebně-energetické řešení jen jako daň za to („kamna na dřevo tam dáme, ale stejně v nich zatopíme jen na Vánoce“).

Budoucí podpory by měly mít skutečně motivační formu, měly by omezit spekulativní přístup investorů a měly by být poskytovány přednostně takovým řešením, která splní budoucí dobře definované požadavky o několik let dříve a která jdou skutečně nad rámec běžných řešení. Finanční forma může být volena jako kombinace daňových úlev, příspěvek k pokrytí úroku z úvěrů i jako přímá platba. V jednom systému mohou být podpořeny jak progresivní stavebně-energetická řešení, tak zvýšené využití obnovitelných energetických zdrojů. Inspiraci lze nalézt zejména v Rakousku a Německu.

## ■ 2 Energetická bilance a kategorie budov

### ■ 2.1 Princip hodnocení

Hodnocení stavebně-energetických vlastností budovy se provádí na více úrovních, jmenovitě podle:

- a) *součinitele prostupu tepla* (stanovené limity nebo doporučení pro jednotlivé *teplosměnné* konstrukce, tedy konstrukce oddělující vytápěný prostor od venkovního prostředí, sousedního nevytápěného prostoru nebo přiléhající zeminy, a/nebo stanovený limit pro střední hodnotu součinitele prostupu tepla obálky budovy),
- b) *měrné potřeby tepla na vytápění* (netto, tedy bez vlivu účinnosti otopné soustavy),
- c) *měrné potřeby energie na vytápění* (včetně vlivu účinnosti otopné soustavy),
- d) *měrné potřeby primární energie na vytápění*,
- e) *měrné potřeby energie na provoz budovy*,
- f) *měrné potřeby primární energie na provoz budovy*,
- g) *měrných ekvivalentních emisí CO<sub>2</sub> při provozu budovy*.

Ve většině systémů hodnocení se užívá kombinace výše uvedeného. Pro přepočítání na hodnoty primární energie, vyžadované například v nové směrnici EPBD, musí pochopitelně existovat jednoznačná metodika a odpovídající konverzní faktory. Hodnocení měrných ekvivalentních emisí CO<sub>2</sub> se v současné době používá spíše výjimečně.

### ■ 2.2 Primární energie

Definice *primární* (někdy též *prvotní*) energie mohou být různorodé. Odlišují se zejména tím, zda zahrnují veškerou energii, nebo odděleně její obnovitelnou a neobnovitelnou část. Dále se mohou odlišovat tím, zda v sobě zahrnují jen procesní energie potřebné na těžbu, dopravu, transformaci atd. výchozího paliva *energetického nosiče* (*energonositele*, *energy carrier*), nebo i další, tzv. *svázané* (*embodied*) energie.

Za svázané energie se považují takové, které bylo potřeba užít k tomu, aby byl vyroben a připraven materiál, vznikla stavba a další technologické prvky, v daném případě potřebné pro energetické účely (tedy budova elektrárny, příjezdové cesty, trafostanice, dráty a stožáry, komíny, ale také úložiště odpadu, nepřímo i další energii vyžadující procesy až po likvidaci energetického zařízení).

Zahrnutí přímých provozních energií je do značné míry možné, zahrnutí všech relevantních svázaných energií je ale mimořádně obtížné, a tedy zatížené značnými chybami vyplývajícími z nedostupnosti dat a jen omezené možnosti je statisticky korektně zpracovat. Komplexní analýza životního cyklu (LCA) je tedy prakticky nedostupná. Rozsáhlý databázový systém GEMIS [9] poskytuje řadu cenných systémově utříděných informací. Ani zde se ovšem zatím nedá mluvit o úplném hodnocení typu LCA.

Vzhledem k propojenosti energetických sítí, obdobným výrobním podmínkám a postupům, použití identických paliv atd. se dá předpokládat, že odpovídající hodnoty v ČR budou podobné hodnotám v sousedních zemích, zejména Rakousku a Německu.

Při argumentaci o vhodnosti nahrazení vytápění elektřinou systémem s obnovitelným zdrojem energie se někdy argumentuje tím, že vzhledem k odlišnému charakteru elektrických zdrojů by se ve výpočtu nahrazené neobnovitelné elektrické energie neměly počítat pomocí obvyklého mixu zdrojů v síti, ale pouze s uhelnou elektrárnou běžící v době špiček atd., což celou záležitost ještě více komplikuje.

**Tab. 2.1** Referenční hodnoty faktoru energetické přeměny pro přepočítání na hodnoty primární energie z neobnovitelných zdrojů – přehled aktuálních dat podle různých podkladů

Zdroj	Faktor energetické přeměny [kWh/kWh]			
	ČSN 73 0540-2	GEMIS (bez vlivu svázané energie)	Německo	Rakousko
Zemní plyn a další fosilní paliva <sup>2)</sup>	1,1		1,1–1,2	1,1–1,2
Dálkové teplo, kogenerace: 70 %	0,8		0,7	0,8
Dálkové teplo, kogenerace: 35 %	1,1		1,1	1,1
Dálkové teplo, kogenerace: 0 %	1,5		1,5	1,5
Místní tepelná síť, kogenerace: 70 %	0,7		0,6	0,7
Místní tepelná síť, kogenerace: 35 %	1,1		1,0	1,1
Místní tepelná síť, kogenerace: 0 %	1,4		1,4	1,4
Elektrická energie	3,0		2,6	2,6
Elektrická energie podle [9] CZ mix – statistika		3,56		
Elektrická energie podle [9] CZ mix – prognózy		2010: 3,2 2020: 3,0 2030: 2,4		
Dřevo, ostatní biomasa	0,05	0,07	0,2	0,01 dřevo 0,06 štěpka
Dřevěné peletky	0,15	0,15		0,14
Solární systémy termické	0,05	0,06		
Solární systémy fotovoltaické	0,20	0,06		
Solární systém fotovoltaický nahrazující konvenční výrobu elektrické energie <sup>1)</sup>	-2,8			
Spalování biomasy nahrazující výrobu tepla spalováním plynu <sup>1)</sup>	-1,0			

<sup>1)</sup> Hodnoty jsou odvozeny zjednodušeně, jako rozdíl faktoru energetické přeměny obnovitelného a konvenčního zdroje (pro fotovoltaiku: 0,2 – 3,0 = -2,8 (záporná hodnota). Obdobně lze odvodit další hodnoty. Zvláštní předpis může stanovit odlišný způsob započtení takové produkce.

<sup>2)</sup> Netýká se blokových kotelen – tedy místního rozvodu tepla od nich a dálkového tepla! Uvedený údaj se použije pouze pro kotelnu domovní.



Při hodnocení budov se většinou jedná o pohled do budoucna, o porovnání variant řešení na období 20–30 let s legislativními požadavky. Přepočítání na primární energie by tedy mělo spíše odpovídat prognózám pro roky 2015–2030 než statisticky zpracovanému stavu roku 2005 nebo 2009 (nejmladší aktualizace v [9]).

Vzhledem k tomu, že budova může svými systémy produkovat více energie, než sama pro svůj provoz potřebuje, musí se systémově řešit i hodnocení takových případů. Typickým příkladem je fotovoltaický systém napojený na veřejnou síť nebo kotelna na biomasu předávající část výkonu mimo budovu (sousední budově nebo místní tepelné síti).

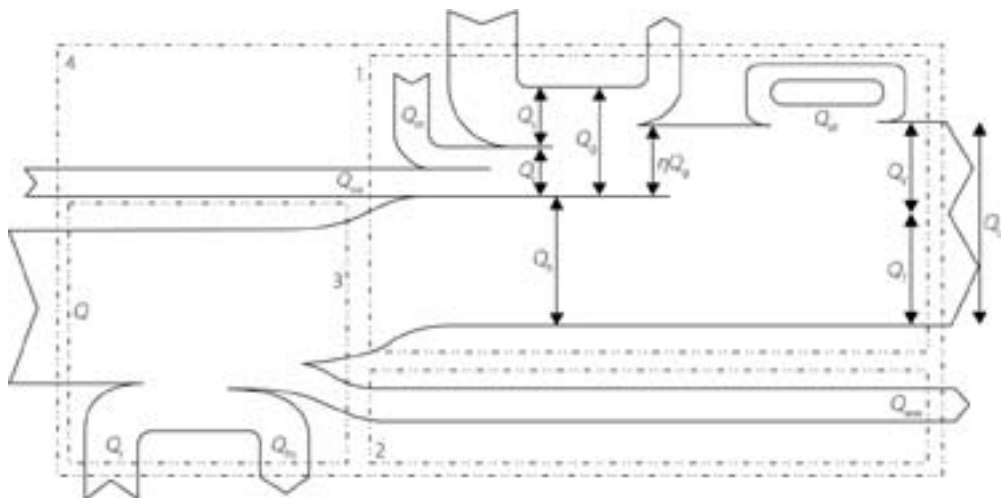
Referenční hodnoty faktoru energetické přeměny (*konverzní faktor*) [103] jsou uvedeny spolu s dalšími údaji v *tabulce 2.1*.

## ■ 2.3 Bilanční schéma

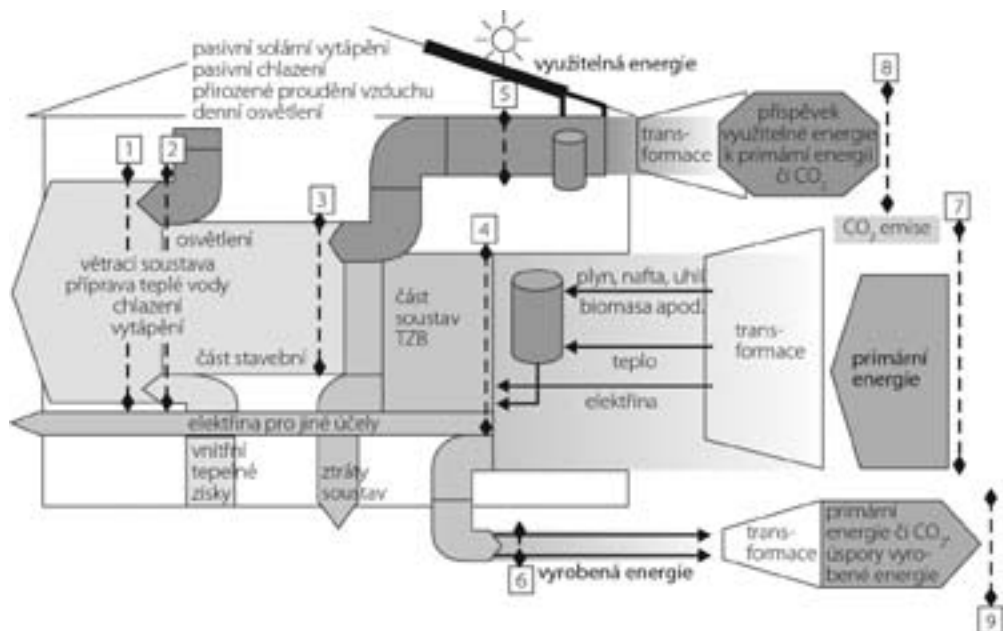
Přehledné bilanční schéma (*obrázek 2.1*) ukazuje základní souvislosti rozhodujících energetických dějů v budově. Bilance zahrnuje jak tepelnou ztrátu (prostupem tepla a v důsledku výměny vzduchu), tak tepelné zisky (od slunečního záření pronikajícího prosklenými plochami, od metabolického tepla osob, od domácích spotřebičů a kancelářské techniky a prvků umělého osvětlení). Lze je rozšířit i pro případy chlazení budovy. Energetické bilance v tomto pojetí neslouží k návrhu jednotlivých technických systémů, ale pro kvalifikované stanovení energetických potřeb. Tento fakt bývá zdrojem občasného nedorozumění mezi profesními specialisty. Technické systémy musí být dimenzovány s dostatečnou rezervou pro zajištění potřebného špičkového výkonu.

Takovou bilanci je možné stanovit jak pro okamžité hodnoty, tak pro určité časové úseky, nejčastěji měsíc nebo rok. Budovu je možné uvažovat jako jednu zónu (jednozónový model – podle ČSN EN ISO 13790 [112]), nebo jako vícezónový model. Pravidla pro dělení na zóny jsou uvedena v technických normách [112, 125, 126].

*Obrázek 2.2* přináší schéma hodnocení rozšířené o zobrazení napojení budovy na vnější síť pro dodávku a export energie. Jiný pohled na energetické toky v budově je uveden na *obrázku 2.3* podle TNI CR 15615 [127], což je zastřešující dokument pro velký počet technických norem zabývajících se energií v souvislosti s budovami.

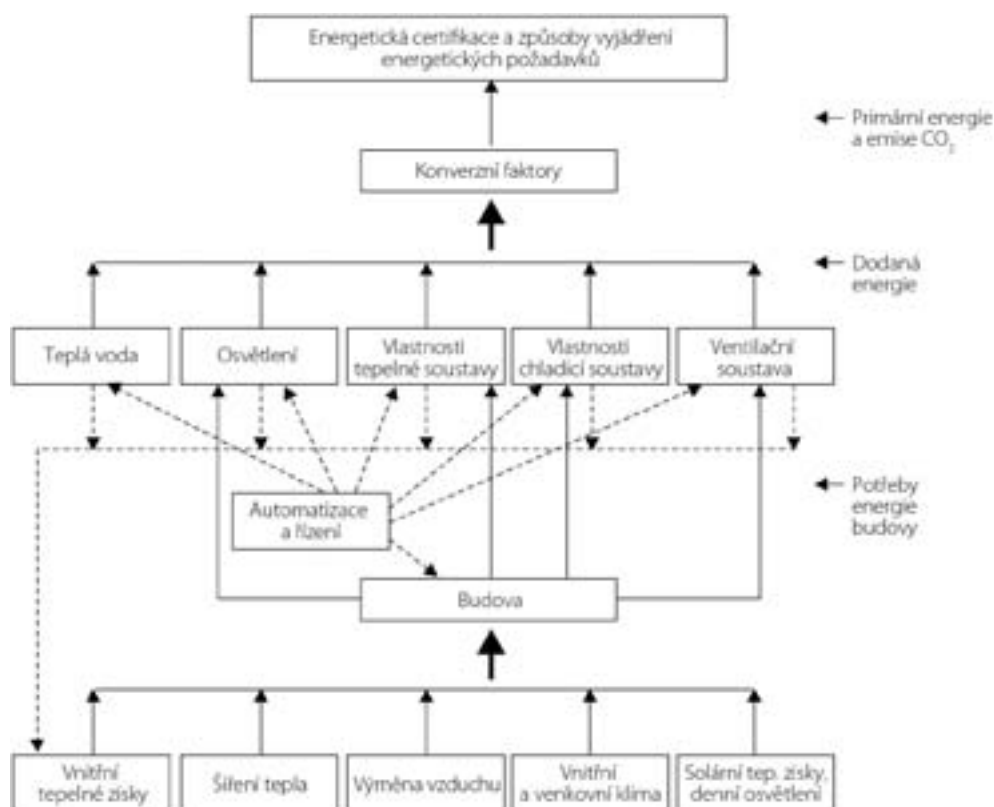


**Obr. 2.1** Základní energetické bilanční schéma budovy podle ČSN EN ISO 13790 [112]. Ztráta prostupem tepla ( $Q_T$ ) a výměnou vzduchu ( $Q_v$ ) musí být kompenzována dodanou energií. Příznivě se zde projeví zpětně získané teplo z větracího vzduchu ( $Q_{vr}$ ). Dodaná energie se zčásti skládá z vnitřních tepelných zisků  $Q_g$ , přesněji řečeno jejich využitelné části  $\eta \cdot Q_g$ : od osob ( $Q_m$ ), spotřebičů ( $Q_{oa}$ ) a proměnlivých pasivních solárních zisků ( $Q_s$ ). Zbývající teplo musí být dodáno pomocí otopné soustavy ( $Q_T$ ). 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** Rozšířené schéma hodnocení budov s vlivem napojení na energetické sítě pro dodávku a produkci energie [127]. Ke schématu jsou doplněna tato vysvětlení:

- 1 představuje energii potřebnou k uspokojení uživatelských požadavků na vytápění, chlazení, osvětlení apod., v souladu s úrovněmi, které jsou předepsány pro účely výpočtu
- 2 představuje „přirozené“ energetické zisky – pasivní solární vytápění, pasivní chlazení, přirozené větrání, denní osvětlení – společně s vnitřními zisky (uživatelé, osvětlení, elektrické spotřebiče apod.)
- 3 představuje potřeby energie budovy, získané z 1 a 2 spolu s vlastnostmi samotné budovy
- 4 představuje dodanou energii, zaznamenanou samostatně pro každý energonositel (nositel energie, *energy carrier*), a zahrnuje pomocnou energii užitou soustavami tepelnými, chladicími, větracími, na přípravu teplé vody a na osvětlení vzhledem k obnovitelným zdrojům energie a kogeneraci. To se může vyjádřit v energetických jednotkách, nebo v jednotkách energonositelů (kg, m<sup>3</sup>, kWh apod.)
- 5 představuje obnovitelnou energii vyráběnou v provozovnách budovy
- 6 představuje zdrojovou energii vyráběnou v provozovnách a vydávanou k odbytu; to může zahrnovat část z 5
- 7 představuje použití primární (prvotní, *primary*) energie nebo emise CO<sub>2</sub> spojené s budovou
- 8 představuje primární energii nebo emise CO<sub>2</sub> spojené s místním zdrojem, která se použije na místě a tudíž se neodečítá od 7
- 9 představuje úspory primární energie nebo emisí CO<sub>2</sub>, spojené s energií vydávanou k odbytu, tudíž se neodečítá od 7



Obr. 2.3 Energetické toky a procesy [127]

## ■ 2.4 Kategorie

### ■ 2.4.1 Nízkoenergetické budovy

Nízkoenergetické budovy jsou charakterizovány nízkou potřebou tepla na vytápění. Té je dosahováno zejména optimalizovaným stavebním řešením obálky budovy. Za nízkoenergetickou budovu se obvykle považuje budova, jejíž potřeba tepla na vytápění je výrazně nižší než aktuální požadavek národních předpisů.

Tímto způsobem „volné definice“ se ustálila obvyklá hodnota měrné potřeby tepla na vytápění do 50 kWh/(m<sup>2</sup>·a), např. podle [103], kde se dále (pouze slovně, bez upřesnění) požaduje, aby budova měla účinnou otopnou soustavu. V devadesátých letech dvacátého století se též někdy udávalo kritérium 70 kWh/(m<sup>2</sup>·a). Dá se předpokládat, že v budoucnu se číselné kritérium bude zpřísnovat v souladu s tím, jak se bude zpřísnovat základní požadavek na budovy, případně že tento termín pro novostavby časem vymizí [53]. Pro budovy s převážující návrhovou teplotou mimo interval 18 až 22 °C se hodnocení neprovádí.

### ■ 2.4.2 Pasivní budovy

Pasivní budovy jsou charakterizovány minimalizovanou potřebou energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimalizovanou potřebou primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich provoz díky optimalizovanému stavebnímu řešení a dalším opatřením. Základní informace o pasivních budovách jsou uvedeny v ČSN 73 0540-2 od roku 2002, zpřesnění je uvedeno v novém znění v roce 2011. Soubor sledovaných veličin je uveden v *tabulce 2.2*, pro obytné budovy podrobněji dále v TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Z praktických důvodů jsou zavedeny pro české podmínky některé veličiny mírně odlišně od nejvíce užívaného zahraničního modelu hodnocení pasivních budov PHPP [35]. *Tabulka 2.3* porovnává započítání základních energetických služeb zajišťovaných budovou pro pasivní budovy a energeticky nulové budovy (*kapitola 2.4.3*).

Hodnoty potřeby tepla na vytápění a dodané energie na vytápění se stanoví postupem podle ČSN EN ISO 13790 s využitím vstupních údajů uvedených v TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Hodnoty dodané energie na chlazení se stanoví postupem podle ČSN EN ISO 13790 nebo podrobněji. Hodnoty dodané energie pro přípravu teplé vody, pomocné elektrické energie na provoz energetických systémů budovy a hodnoty dodané elektrické energie na elektrické spotřebiče se stanoví podle TNI 73 0329, TNI 73 0330 nebo podrobněji podle ověřených podkladů.

Povinně hodnocenou vlastností je celková průvzdušnost obálky budovy podle ČSN EN 13829 [117], TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Celková intenzita výměny vzduchu  $n_{50}$  při tlakovém rozdílu 50 Pa nesmí překročit hodnotu  $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$  (*kapitola 3.5.1*).