

JAK POSTAVIT nízkoenergetický

Karel Srdečný

DŮM



Jak postavit nízkoenergetický dům

Ing. Karel Srdečný



Jak postavit nízkoenergetický dům

Ing. Karel Srdečný

Fotografie: Aleš Brotánek, Jan Brotánek, Lenka Hudcová, Ekologický institut Veronica, František Macholda, Karel Murtinger, Karel Srdečný, Jan Truxa.



Vydal:
EkoWATT, centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie
www.ekowatt.cz
www.energetika.cz
info@ekowatt.cz

Praha:
Švábky 2, 180 00 Praha 8,
tel.: 266 710 247
fax: 266 710 248
e-mail: paha@ekowatt.cz

České Budějovice:
Žižkova 1, 370 01 České Budějovice,
tel.: 389 608 211, e-mail: cb@ekowatt.cz

Liberec:
Rumunská 655/9, 460 01 Liberec,
tel.: 486 123 478, e-mail: liberec@ekowatt.cz



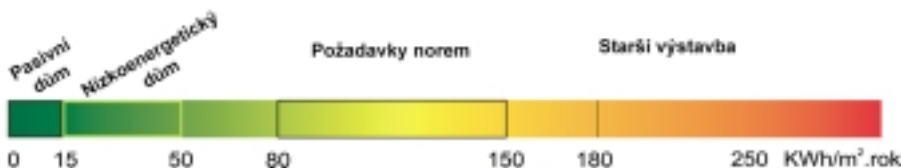
Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována s dotací Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2008 – část A – Program EFEKT.

OBSAH

1.	CO JE NÍZKOENERGETICKÝ DŮM A JAK HO POZNAT?	5
1.1.	JAK SE DOSAHUJE NÍZKÉ SPOTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ?	5
1.2.	ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU	6
1.3.	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	7
1.4.	ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY	9
1.5.	NÁKLADY NA ENERGIE	11
2.	KONSTRUKČNÍ ZÁSADY	12
2.1.	VOLBA POZEMKU A ORIENTACE DOMU	12
2.2.	TVAR A DISPOZICE DOMU	14
2.3.	ZIMNÍ ZAHRADY	15
3.	OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU	18
3.1.	OBVODOVÉ STĚNY	18
3.2.	PODLAHY A ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE	26
3.3.	PLOCHÉ STŘECHY	28
3.4.	ŠIKMÉ STŘECHY S PODKROVÍM	29
3.5.	OKNA A PROSKLENÍ	30
3.6.	TEPELNÉ MOSTY	32
4.	VĚTRÁNÍ	34
4.1.	VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA Z ODPADNÍHO VZDUCHU	34
4.2.	TEPELNÉ ČERPADLO VE VĚTRACÍM SYSTÉMU	36
4.3.	ZEMNÍ VZDUCHOVÝ KOLEKTOR	36
5.	VYTÁPĚNÍ	38
5.1.	ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ	38
5.2.	ZDROJE TEPLA	39
5.3.	SOLÁRNÍ SYSTÉM	40
6.	KONTROLA KVALITY	42
6.1.	KONTROLA PROJEKTU, OPTIMALIZACE	42
6.2.	REALIZACE A STAVEBNÍ DOZOR	43
6.3.	VZDUCHOTĚSNOST	43
6.4.	TERMOVIZE	45
7.	ZÁVĚR	46
8.	LITERATURA	47

1. CO JE NÍZKOENERGETICKÝ DŮM A JAK HO POZNAT?

Koncept nízkoenergetického domu vznikl jako odpověď na rostoucí ceny energií. Přestože se předpisy na energetickou spotřebu domu a izolační vlastnosti konstrukcí stále zpřísňují, má nízkoenergetický dům ve srovnání s běžnou výstavbou podle současných norem zhruba jen poloviční až třetinovou spotřebu tepla na vytápění. Základním kritériem pro nízkoenergetický dům je roční spotřeba na vytápění nanejvýš 50 kWh/m².rok. Existují i tzv. pasivní domy, kde je spotřeba tepla ještě nižší (15 kWh/m².rok a méně), ty ale vyžadují mnohem náročnější postupy při projektování i výstavbě.



Obrázek 1: Škála energetické náročnosti domů. Zdroj: EkoWATT.

Nízkoenergetický dům nemusí být dražší než „běžný“ dům a nevyžaduje ani nějaké extravagantní architektonické řešení nebo speciální stavební postupy a materiály. Kromě nízké spotřeby tepla (a tím i účtů) má i další pozitivní vlastnosti, zejména kvalitní vnitřní vzduch a větší tepelnou pohodu. Jestliže tedy chceme za své peníze co nejlepší dům, proč bychom měli stavět jinak, než nízkoenergeticky?

1.1. JAK SE DOSAHUJE NÍZKÉ SPOTŘEBY TEPLA NA VYTÁPĚNÍ?

Abychom získali nízkoenergetický dům, rozhodně nestačí k „běžnému“ domu přidat další vrstvu tepelné izolace. Teplo z domu totiž uniká nejen prostupem konstrukcemi, ale i větracím vzduchem. Bez strojního větrání s rekuperací tepla nelze dost dobře dosáhnout parametru spotřeby tepla na vytápění pod 50 kWh/m².rok (pokud přece ano, pak jen na papíře, při použití specifických výpočetních metod). Další nezbytnou součástí je systém vytápění, který umožní pružně reagovat na potřeby domu a využít tepelné zisky od slunce a spotřebičů, které mohou zadarmo dodat až třetinu energie na vytápění.

	Roční spotřeba tepla na vytápění
„Běžný“ dům, který vyhovuje požadavku norem.	80 až 120 kWh/m ²
Dům s nadstandardní tepelnou izolací a kvalitními okny.	60 až 90 kWh/m ²
Nízkoenergetický dům, s nadstandardní tepelnou izolací, kvalitními okny a strojním větráním s rekuperací tepla.	30 až 50 kWh/m ²
Pasivní dům, s využitím solárních zisků a vnitřních zisků tepla, s nadstandardní tepelnou izolací, špičkovými okny a strojním větráním s rekuperací tepla.	méně než 15 kWh/m ²

Tabulka 1: Orientační hodnoty energetické náročnosti budov.

1. CO JE NÍZKOENERGETICKÝ DŮM A JAK HO POZNAT?

1.2. ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI NÍZKOENERGETICKÉHO DOMU

Na první pohled není nízkoenergetický dům nijak nápadný. Podle fotografie z katalogu spotřebu domu rozhodně nepoznáme. Vždy je nutno podívat se při nejmenším na stavební projekt domu. Nízkoenergetický dům má několik základních znaků:

- kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků
- prosklené plochy jsou orientovány na jih
- nadstandardní tepelné izolace
- regulace vytápění využívající tepelné zisky
- strojní větrání s rekuperací tepla
- spotřeba tepla na vytápění je max. 50 kWh/m² za rok

Kromě toho je důležité, aby jednotlivé komponenty domu byly vyvážené a vzájemně spolupracovaly. Například způsob vytápění může ovlivnit volbu konstrukčního systému domu. Je-li vytápění nepřerušované, není příliš důležitá akumuláční schopnost konstrukcí domu a lze tedy zvolit tzv. lehkou stavbu nebo stěny s vnitřní izolací apod.

Podmínkou úspěšné realizace nízkoenergetické stavby je pečlivá příprava projektu, na kterém bychom rozhodně neměli šetřit. Důležité je také, aby dům projektoval tým specialistů – zadávat projekt postupně různým profesím není ideální. Při práci na projektu by dobrý projektant či architekt měl se zadavatelem průběžně konzultovat různé možnosti řešení, aby dům co nejlépe vyhovoval právě stavebníkovi a jeho rodině. Během této fáze je ideální provést i energeticko – ekonomickou optimalizaci projektu (viz kapitola 6.). Jinak totiž můžeme získat dům, který má sice nízkou spotřebu energie, ale nebude mít nízké provozní náklady, nebo bude sice úsporný v provozu, ale drahý při stavbě. Dobrý dům, nejen nízkoenergetický, by měl splňovat i další požadavky:

- jednotlivé prvky domu se k sobě hodí a spolupracují
- způsob vytápění a větrání se hodí ke stavební konstrukci
- investiční náklady odpovídají požadavkům na kvalitu
- úspora energie není dosaženo zbytečně draze
- dům vyhovuje potřebám uživatelů
- dům jako celek dobře funguje

Spotřeba energie je jen jedním z parametrů kvality domu. Pro každého znamená kvalitní dům něco jiného, například co nejnižší zátěž pro životní prostředí. Nízkoenergetické domy svůj ekologický vliv někdy snižují použitím přírodních stavebních materiálů (nepálená hlína, izolace z ovčí vlny, slámy či konopí, dřevo v nejrůznějších podobách atd.), zelenou střechou, kořenovou čistírnou odpadní vody nebo využitím dešťové vody v domě. Tyto materiály a postupy snižují množství energie potřebné pro stavbu domu i jeho dopad na životní prostředí. Nejsou to však atributy povinné, nízkoenergetický dům může být postaven i z běžných materiálů, dostupných v každém obchodě se stavebninami.

1. CO JE NÍZKOENERGETICKÝ DŮM A JAK HO POZNAT?

1.3. PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Od ledna 2009 bude povinnou součástí dokumentace ke stavebnímu povolení (na všechny novostavby a rekonstrukce nad 1000 m²) „Průkaz energetické náročnosti budovy“ (PENB), definovaný vyhláškou č. 148/2007 Sb. Jeho hlavním výstupem je hodnota spotřeby energie na metr čtvereční podlahové plochy. Na první pohled je to jednoduché a srozumitelné – čím menší spotřeba, tím je dům lepší. Je zde však několik háčeků!

Do spotřeby se započítává nejen spotřeba tepla na vytápění, ale i na ohřev vody, osvětlení, elektřina na provoz oběhových čerpadel a ventilátorů a případně i na chlazení budovy. Pokud nás zajímá spotřeba na vytápění, je potřeba vynásobit měrnou spotřebu energie procentem, které připadá na vytápění. *Příklad: Rodinný dům je v energetické třídě B, celková vypočtená roční spotřeba energie je 90 kWh/m².rok, na vytápění připadá 50 %, spotřeba tepla na vytápění je tedy 45 kWh/m².rok – jde tedy o nízkoenergetický dům.*

Do spotřeby se nezahrnuje spotřeba elektřiny na provoz domácnosti – vaření, praní a provoz většiny elektrospotřebičů (kromě osvětlení). Tato spotřeba nicméně majitele domu zajímá, protože za ni dostává měsíčně účty od dodavatele elektřiny. *Příklad: Rodinný dům s podlahovou plochou 100 m² je v energetické třídě B, celková vypočtená roční spotřeba je 90 kWh/m².rok, tj. 9 000 kWh. Spotřeba elektřiny pro domácnost je dalších 2 000 kWh za rok, skutečná spotřeba je tedy o 22 % vyšší.*

Vhodnou volbou parametrů výpočtu lze dosáhnout značně rozdílných výsledků. Nejlépe je to vidět na energii pro ohřev vody. Kolik lidí bude v domě „výpočtově“ bydlet? Jeden nebo šest? Kolik každý „výpočtově“ spotřebuje teplé vody – 30 nebo 80 litrů? *Příklad: Nízkoenergetický rodinný dům spotřebuje 45 kWh/m².rok na vytápění. Za předpokladu 4 osob se spotřebou 50 l teplé vody denně bude v energetické třídě C. Pokud snížíme počet osob na 2, bude již o třídu lepší, tj. v energetické třídě B.*



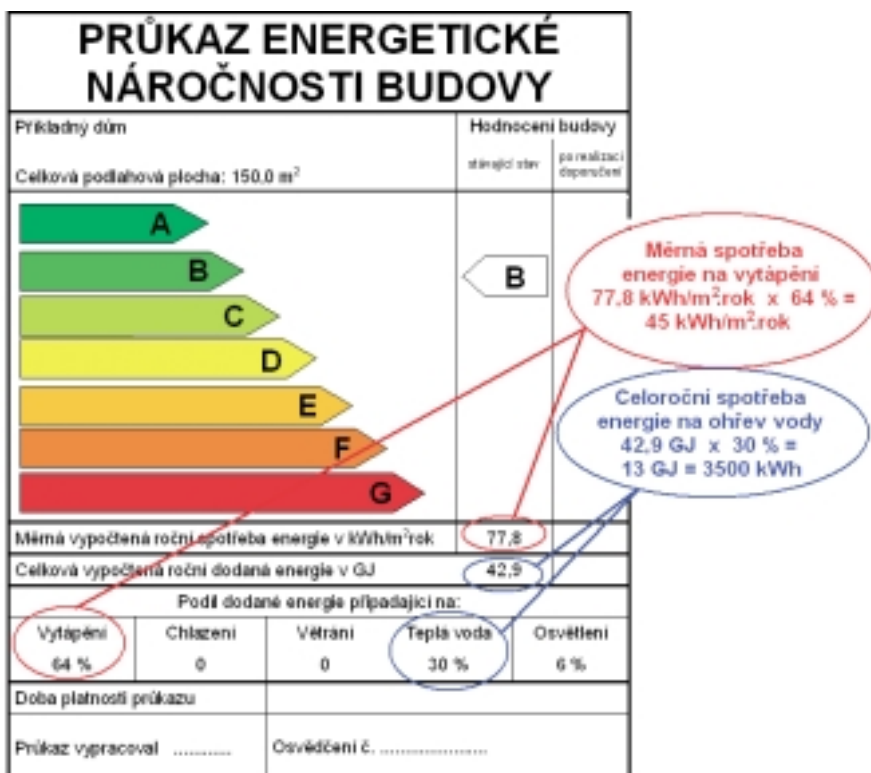
Obrázek 2: Kompaktní tvar je základním poznávacím znakem nízkoenergetického domu.

Foto: J. Brotánek

1. CO JE NÍZKOENERGETICKÝ DŮM A JAK HO POZNAT?

Spotřeba na vytápění	7500 kWh	64%
Spotřeba pro TV (4 osoby)	3500 kWh	30%
Elektrina pro osvětlení	675 kWh	6%
Elektrina pro domácnost	2000 kWh	nevstupuje do PENB
Spotřeba celkem	13 675 kWh	49,2 GJ
Spotřeba uváděná v PENB	11 675 kWh	42,0 GJ
Měrná spotřeba v PENB	77,8 kWh/m ² .rok	
Hodnocení dle PENB	B	
Spotřeba na vytápění	50 kWh/m ² .rok	
Užitná plocha domu	150 m ²	
Hodnocení	nízkoenergetický dům	

Tabulka 2: Příklad hodnocení spotřeby energie v konkrétním domě.



Obrázek 3: Jak číst Průkaz energetické náročnosti budovy.

1. CO JE NÍZKOENERGETICKÝ DŮM A JAK HO POZNAT?

Výsledné kritérium měrné spotřeby toho moc neřekne o nákladech na energie. Zahrnuje v sobě různé druhy energií (teplo na vytápění, na ohřev vody, elektřinu), přičemž každá má cenu jinou. Je třeba ponořit se hlouběji do několikastránkového protokolu k PENB a z něho vyčíst spotřebu energií pro různé účely, případně spotřebu jednotlivých paliv. Cena energií a paliv se mění i několikrát ročně, je tedy nutno spočítat si náklady vždy podle aktuálních cen (on-line kalkulačku najdete například na www.energetika.cz). Více viz příklad v tabulce.

Chceme-li tedy zjistit, zda je dům nízkoenergetický, musíme si údaje z Průkazu energetické náročnosti budovy pečlivě přepočíst. Zařazení domu do třídy A, B nebo C ještě nic neznamená.

1.4. ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY

Již několik let existuje „Energetický štítek obálky budovy“, který by měl být i součástí stavební projektové dokumentace. Z grafické části, velmi podobné PENB, vyčteme údaje o tom, jak dobře izolují stěny domu a další konstrukce. Dům je zařazen do tříd A až G na základě průměrného součinitele prostupu tepla. Novostavba by rozhodně neměla být horší než C, jinak by ani neměla dostat stavební povolení! U nízkoenergetického domu lze čekat, že díky důkladnějším izolacím bude dům v kategorii B (ale i dům třídy C může být nízkoenergetický). Požadavky na kategorii A jsou natolik náročné, že se s nimi zatím setkáme jen výjimečně; zejména díky stále kvalitnějším oknům může těchto domů přibývat.

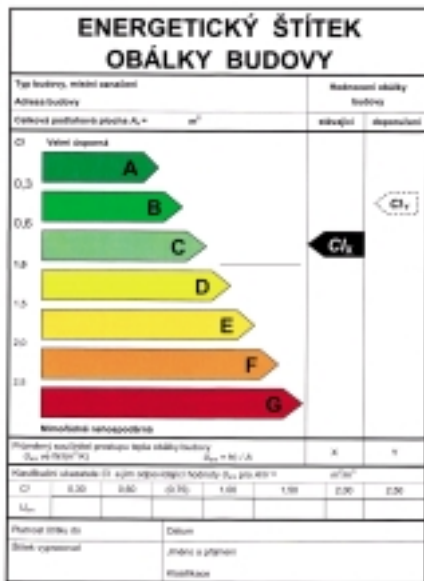
Je nanejvýš důležité uvědomit si, že štítek se týká jen stavební části domu. To, jak je dům postaven, samozřejmě velmi ovlivňuje spotřebu tepla na vytápění, ale není to jediný faktor. Rolí hraje i způsob vytápění a zejména větrání, konečné náklady ovlivňuje i cena paliva. Konstrukce domu je však důležitá i proto, že ji v případě potřeby nevyměníme tak snadno, jako kotel nebo větrací zařízení.

Z energetického štítku obálky budovy bohužel nevyčteme, zda je dům nízkoenergetický nebo ne. Oproti Průkazu energetické náročnosti budovy zde však není velký prostor pro kreativní způsoby výpočtu, takže budovy jsou podle štítku vzájemně dobře porovnatelné a štítek dává poměrně objektivní informaci o kvalitě budovy.

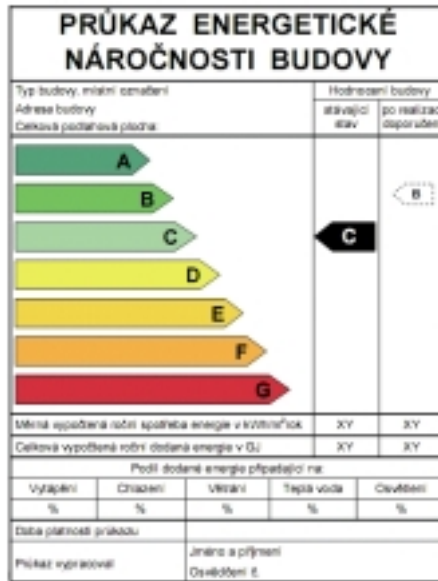
Kromě grafické části s barevnou stupnicí obsahuje štítek i dvou až třístránkový protokol, kde jsou uvedeny další parametry domu. Nejzajímavější bude nejspíš tabulka s výčtem jednotlivých konstrukcí, jejich plochou a součinitelem prostupu tepla. Pro porovnání je u každé konstrukce uvedena i hodnota požadavku a doporučení normy. Díky tomu i laik snadno zjistí, jsou-li stěny jeho domu dvakrát lepší, než norma požaduje, nebo jestli splňují požadavek jenom těsně. Zde je i vodítko k optimalizaci projektu: jestliže je jedna konstrukce výrazně lepší nebo horší než ostatní (vztaženo k požadavku normy), je třeba se zamyslet, proč tomu tak je a zda je to tak v pořádku. Zajímavý je i předposlední řádek této tabulky, kde je uveden vliv tepelných mostů. U běžné stavby by rozhodně neměl být více než 10 % celkové ztráty prostupem.

Grafickou podobu i obsah štítku předepisuje norma ČSN 730540, ve znění z dubna 2007. Pozor, starší verze normy uváděly jinou formu štítku! Pro starší budovy, kde je možnost rekonstrukce, obsahuje štítek hodnoty, které je možné rekonstrukcí dosáhnout.

1. CO JE NÍZKOENERGETICKÝ DŮM A JAK HO POZNAT?



Obrázek 4: Energetický štítek obálky budovy dle ČSN 73 0540.



Obrázek 5: Průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhl. 148/2007 Sb.

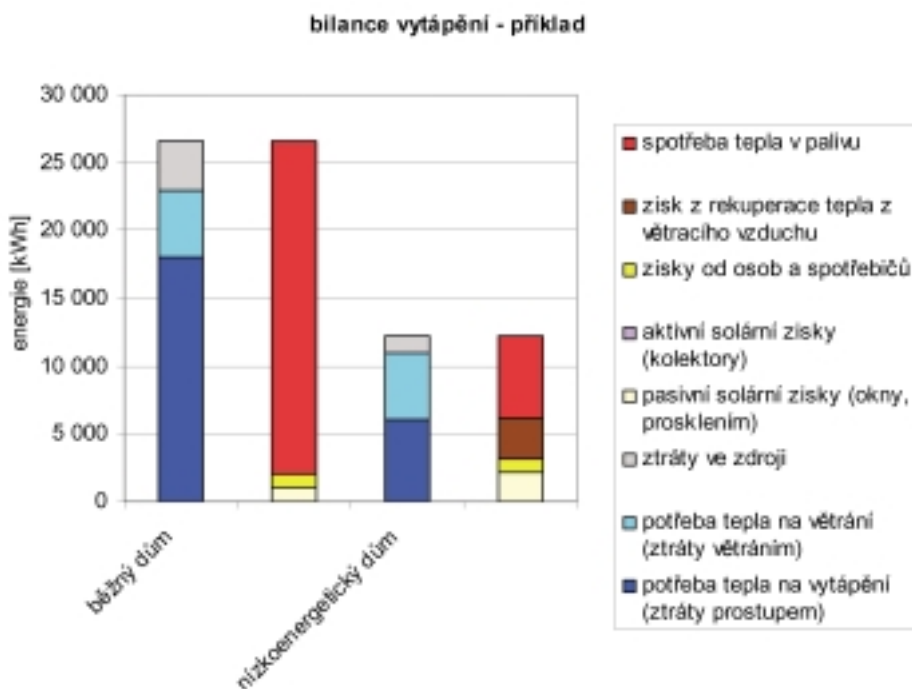
Charakteristika energeticky významných údajů ochlazovaných konstrukcí

Ochlazovaná konstrukce	Plocha	Součinitel (činitel) průstupu tepla U_i $(\sum \Psi_{k,i} \cdot J_k + \sum \chi_j)$ [W/(m ² ·K)]	Požadovaný (doporučený) součinitel průstupu tepla $U_{N,rd}$ ($U_{N,rc}$) [W/(m ² ·K)]	Činitel teplotní redukce b_i [-]	Měrná ztráta konstrukce průstupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]
Vnější obvodová stěna	96,0	0,24	0,38 (0,25)	1,00	23,0
Stěny a štíty podkroví	65,0	0,30	0,30 (0,20)	1,00	19,5
Okna	40,0	0,81	1,70 (1,2)	1,15	37,3
Dveře	4,6	1,70	1,70 (1,2)	1,15	9,0
Podlaha nad sklepem	46,0	0,55	0,60 (0,40)	0,40	10,1
Podlaha na terénu	54,0	0,40	0,45 (0,30)	0,40	8,6
Šikmý strop podkroví	34,0	0,18	0,30 (0,20)	1,00	6,1
Plochá střecha	150,0	0,30	0,30 (0,20)	1,00	45,0
Tepelné mosty a vazby					63,5
Celkem	489,6				222,2

Konstrukce splňují požadavky na součinitele průstupu tepla podle ČSN 73 0540-2.

Tabulka 3: Ukázka tabulky konstrukcí z Energetického štítku obálky budovy.

1. CO JE NÍZKOENERGETICKÝ DŮM A JAK HO POZNAT?



Obrázek 6: Příklad energetické bilance.

1.5. NÁKLADY NA ENERGIE

V domě se energie nespotřebovává jen na vytápění, ale také na ohřev vody a provoz elektrospotřebičů v domácnosti. S tím, jak klesá spotřeba energie na vytápění, význam ostatních roste.

Dosažení nízké spotřeby energie, respektive nízkých nákladů na provoz domu, je možné pomocí různě drahých opatření. Například volba zdroje tepla má vliv i na další náklady na domácnost – ku příkladu při topení elektřinou lze využít levnější proud i pro pračku, myčku a další domácí spotřebiče. Při nízké spotřebě tepla se tedy vytápění elektřinou může v celkové ekonomické bilanci vyplatit.

Na dům, spotřebu energií a související investiční a provozní náklady bychom se tedy měli dívat jako na celek. Opomenout bychom neměli ani předpokládaný budoucí růst cen různých paliv a energií a potřebné reinvestice do technologií. Jednoznačnou odpověď na otázky dlouhodobé výhodnosti investic do úsporných opatření a volby technologií nám přinese pouze celková optimalizace projektu domu z hlediska investičních a provozních nákladů (viz kapitola 6.).

2. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

2.1. VOLBA POZEMKU A ORIENTACE DOMU

Abý dům mohl využívat sluneční energii (tzv. pasivní solární zisky), měla by většina prosklených ploch být orientována na jih – v případě nízkoenergetického domu lze využít i bohatší prosklení. Pozemek by tedy měl na této straně poskytovat dost soukromí a zároveň nesmí být stíněn (lesem, okolní zástavbou). Pokud však z nějakého důvodu není možné otevřít dům jižnímu slunci, dá se sluneční energie využívat jinak, například pomocí teplovzdušných nebo teplovodních solárních kolektorů.



Obrázek 7: Teplovzdušné kolektory na stěně domu zvýší využití solární energie tam, kde není možné použít okna. Foto: Jan Brotánek.

Orientovat větší prosklené plochy na východ či západ je nevhodné. Letní slunce má i nízko nad obzorem dost síly, takže by i ráno a večer dům přehřívalo. Za jasného dne dopadá na západní/východní okno až 750 W, hodinu až dvě po východu a před západem je intenzita záření 200 až 400 W. Jižní zasklení lze před vysokým sluncem snáze zastínit (např. markýzou) a paprsky dopadající pod ostrým úhlem se z větší části odrážejí ven. Podobně nejsou příliš vhodná šikmá střešní okna, která nelze zastínit a jimiž vlivem sklonu proniká více slunečního záření. V létě pak hrozí přehřívání interiéru.

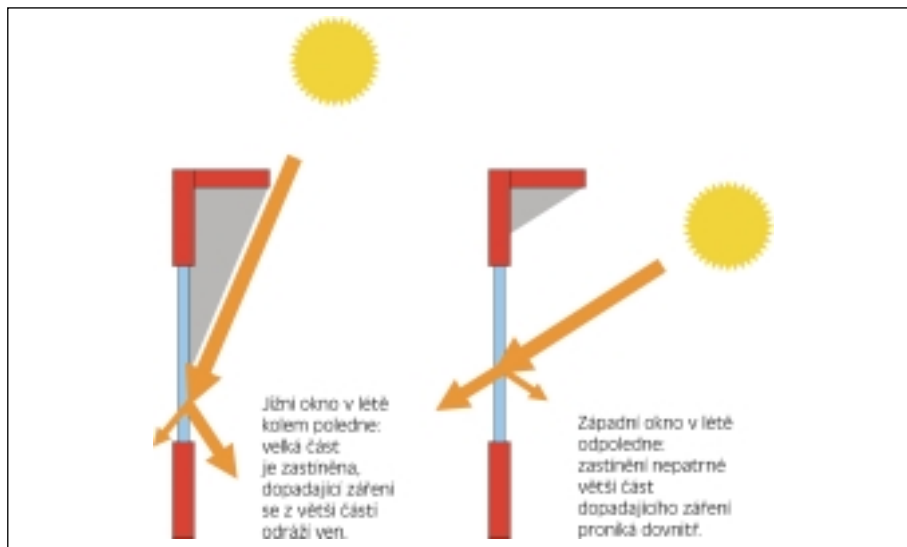
2. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Maximální denní solární zisky

kWh/m ² .den	okno bez stínění			okno s vodorovnou markýzou, jejíž přesah se rovná výšce okna		
	jih	jihozápad/ jihovýchod	východ/ západ	jih se stíněním	JV/JZ se stíněním	V/Z se stíněním
prosinec	3,2	2,4	1,0	2,5	1,9	0,9
leden, listopad	3,7	2,8	1,2	2,8	2,1	1,0
únor, říjen	5,0	3,8	1,9	3,2	2,5	1,5
březen, září	5,8	4,7	2,8	2,7	2,5	2,0
duben, srpen	6,0	5,3	3,6	2,0	2,2	2,3
květen, červenec	5,9	5,5	4,1	1,8	2,2	2,3
červen	5,7	5,3	4,1	1,7	2,1	2,2

Tabulka 4: Solární energie dopadající na okno za jasného dne, množství energie dopadající do interiéru závisí na energetické propustnosti skla.

Při použití kvalitních, dobře izolujících oken není třeba bát se ani oken orientovaných na sever (hodí se třeba pro místnosti, kde se pracuje s počítačem). Solární zisky zde budou ovšem velmi malé, ale tepelná ztráta nemusí být nikterak obrovská. Poměr solárních zisků a tepelných ztrát závisí ovšem i na parametrech zasklení. Obecně platí, že čím lépe okno izoluje, tím méně sluneční energie propouští dovnitř. U jednoduchého zasklení jsou ztráty vždy vyšší než zisky, u kvalitně izolujících trojskel může být energetická bilance pozitivní i na severovýchodní straně domu, viz tabulka.



Obrázek 8: Jižní a západní zasklení. Zdroj: EkoWATT.

2. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

	světelná propustnost τ –	energetická propustnost g –	součinitel prostupu tepla U W/m ² .K	ztráta tepla říjen-duben kWh/m ²	pasivní solární zisky říjen-duben				
					J	JZ	JV/Z	V/SV	SZ/S
					kWh/m ²				
jednoduché zasklení	0,89	0,86	5,8	489	323	278	196	140	115
dvojsklo	0,80	0,76	2,9	245	286	246	173	123	102
dvojsklo s pokovením	0,77	0,67	1,5	126	252	216	153	109	90
dvojsklo s pokovením a Ar	0,77	0,62	1,1	93	233	200	141	101	83
dvojsklo s pokovením a Kr	0,77	0,62	0,9	76	233	200	141	101	83
trojsklo	0,73	0,70	1	84	263	226	159	114	94
trojsklo s pokovením	0,66	0,48	0,7	59	180	155	109	78	64
dvojsklo + Heat Mirror	0,61	0,45 až 0,33	1,1	93	169	145	102	73	60
dvojsklo + Heat Mirror, Ar	0,61	0,45 až 0,34	0,8	67	169	145	102	73	60
dvojsklo + Heat Mirror, Kr	0,61	0,45 až 0,35	0,6	51	169	145	102	73	60

Tabulka 5: Ztráta tepla a pasivní zisky na 1 m² prosklení v průměrné lokalitě ČR.

Volbu místa pro dům může (kromě mnoha a mnoha dalších) ovlivnit ještě jeden energetický faktor: dopravní vzdálenost. Denní dojíždění autem za prací, školou, zábavou či přáteli může spotřebovat více energie než celý dům. Litř benzínu představuje asi 9 kWh. Cena energie v benzínu je ovšem výrazně vyšší než je cena tepla z běžných paliv. *Příklad: Nízkoenergetický dům s plochou 100 m² spotřebovuje za rok 5000 kWh pro vytápění. Stejný objem energie znamená pro auto se spotřebou 6 l/100 km roční nájezd cca 9 200 km, tedy 37 km každý pracovní den.*

2.2. TVAR A DISPOZICE DOMU

Oblíbená poučka, že dům by měl mít kompaktní tvar, vychází ze snahy minimalizovat plochu vnějších konstrukcí (kterými uniká teplo) při co největším vnitřním prostoru v domě. Zde se nejvíce projevuje nevýhoda rodinných domů: čím je dům menší, tím větší má ochlazovanou plochu. Byt v bytovém domě ztrácí teplo jen dvěma či třemi stěnami (kromě bytů v nejvyšším a nejnižším patře), z ostatních stran „hřejí“ sousedé. Stejně velký byt v samostatném domě ztrácí teplo nejen všemi stěnami, ale i podlahou a střechou. Zvyšovat jejich plochu nejrůznějšími výklenky, vikýři a výběžky není chytré.

2. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Kompaktní tvar je vhodný i proto, že složitější tvar domu vyžaduje i složitější statická řešení, při nichž nevyhnutelně vznikají tepelné mosty. Eliminace takto vzniklých tepelných mostů bývá poměrně složitá a prodražuje stavbu.

Na druhou stranu, kompaktní tvar domu není nepřekročitelné dogma. Jde o technický problém, který se dá řešit (vhodným návrhem, důslednou izolací), takže není nezbytné, aby nízkoenergetický dům vypadal jako fádni kostka nebo dokonce polokoule.

Jiná oblíbená a zbytečná poučka praví, že na severní stranu domu patří místnosti s nižší teplotou. Ve skutečnosti je to díky důkladně izolovaným stěnám jedno. Pozor: důkladně izolované musí být všechny konstrukce mezi vytápěným a nevytápěným prostorem, třeba i „příčka“ mezi pokojem a garáží. Mnohem více ovlivní vnitřní dispozici domu potřeba využít solární zisky velkým prosklením na jižní straně.



Obrázek 9: Nízkoenergetický dům nemusí mít na jižní straně velká okna. Foto: L. Hudcová

2.3. ZIMNÍ ZAHRADY

Zimní zahrada bývala velmi oblíbeným atributem nízkoenergetických domů hlavně v počáteční fázi rozvoje. Jistě tu hrálo roli to, že stavebník dával navenek najevo, že dům je čímsi jiný – vrstva tepelné izolace ve stěnách moc vidět není.

2. KONSTRUKČNÍ ZÁSADY

Zimní zahrada na osluněné straně domu může sloužit jako solární kolektor, z něhož se teplý vzduch rozvádí do celého domu. Bohužel se v praxi často ukázalo, že bydlení v zimní zahradě je natolik příjemné, že se ho obyvatelé domu nechtějí vzdát ani v zimě. Značná spotřeba energie na vytopení zimní zahrady pak koncept domu s nízkou spotřebou dosti nabourávala.

V současnosti se zimní zahrady jako energeticky aktivní prvek domu moc nevykytují – móda přešla a investiční náklady nejsou malé. Roli hraje jistě i to, že energetický přínos zimní zahrady hodně závisí na jejím správném používání – což v domě s několika různými lidmi nelze nikdy zaručit.

Zimní zahrada by vždy měla být „vně“ domu, oddělená od vytápěných místností důkladně izolovanou stěnou. Pokud je zapuštěná dovnitř hmoty domu, může naopak působit jako chladič, kterým dům ztrácí velké množství tepla.



Obrázek 10: Zimní zahrada jako komunikační prostor nízkoenergetického domu.

Foto: K. Murtinger.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

Leckdy se setkáme s představou, že nízkoenergetický dům je vlastně obyčejný dům s nějakým zateplením navíc. Vášnivě diskuse se vedou o to, zda postavit dům „ze dřeva“ nebo „z cihel“, přičemž se zapomíná, že obvodové stěny jsou jen jedna z konstrukcí domu. Často i zděný dům je napůl „dřevostavba“, když má podkrovní v dřevěném krovu. Naopak „dům ze dřeva“ může mít betonové základy a podlahy, zděné příčky (kvůli akumulaci tepla a akustickému útlumu) nebo dokonce celý nosný skelet a dřevěnou konstrukci používá jen jako lehký obvodový plášť.

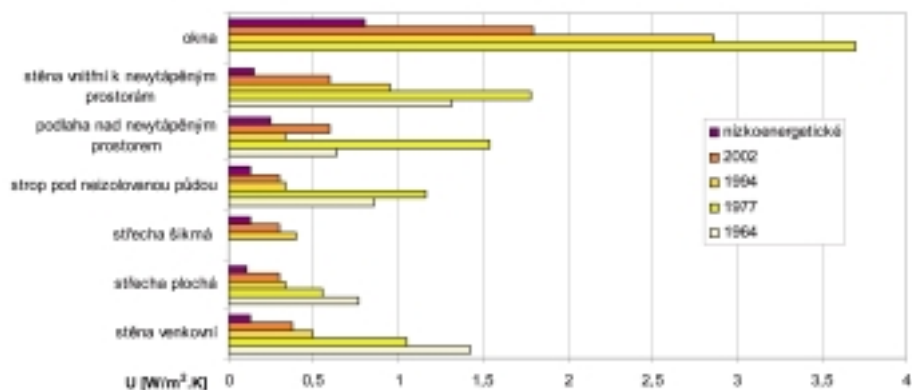
Někdy také stavebník dlouze váhá, zda se mu vyplatí ten či onen druh cihel, ale unikne mu, že do podlahy navrhne projektant tak málo izolace, že ani nesplní požadavek normy. Má-li být dům kvalitní a přitom ne zbytečně drahý, je třeba porovnávat všechny konstrukce současně a hledat zlepšení tam, kde je to nejefektivnější. Volba konstrukcí je ovlivněna i způsobem vytápění a cenou paliva, což ovšem může specialistovi na stavební konstrukce uniknout, zejména když ve fázi návrhu stavební části ještě vůbec neví, jak se bude v domě topit.

Je nanejvýš vhodné, aby nízkoenergetický dům navrhoval tým specialistů. Tradiční postup, kdy se projekt postupně přesouvá mezi jednotlivými odborníky na statiku, stavební část, na topení, vodu, elektřinu, nepřináší nejlepší výsledky, zejména když se zpracovatelé ani neznají, natož aby společně řešili jednotlivé problémy.

Nedá se říci, že nějaký konstrukční systém je pro nízkoenergetický dům ideální. Důležité je, aby stěna dobře izolovala, a to i v místě tepelných mostů, kterým se nelze zcela vyhnout. Je pochopitelné, že různí výrobci a dodavatelé vychvalují právě svoje zboží, ale dobrý (a na provizích nezávislý) projektant upozorní zákazníka i na slabé stránky materiálů a konstrukčních systémů.

Každá konstrukce by vždy měla splňovat požadavky norem na šíření tepla a vlhkosti v konstrukci, požadavky na únosnost, zvukově-izolační parametry, požární odolnost a zdravotní nezávadnost. Z hlediska tepelně-izolační schopnosti by pouhé splnění normy bylo pro nízkoenergetický dům málo, nestačí k dosažení normou doporučených hodnot.

vývoj normových požadavků na součinitel prostupu tepla konstrukcí



Obrázek 11: Srovnání požadavků na nízkoenergetický dům a dobových požadavků normy.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

3.1. OBVODOVÉ STĚNY

Má-li stěna dostatečně izolovat a přitom nebýt silnější než obvykle, zhruba do půl metru, nemůže být pouze z cihel či tvárnic (být třeba termoizolačních). Taková zeď bez další izolace snad může vyhovět požadavkům normy, pro nízkoenergetický dům to ale v žádném případě nestačí. Jestliže ovšem musíme cihlu doplnit tepelnou izolací, pak je rozumné použít nosné zdivo co nejtenčí a nejlevnější. Stěna musí být samozřejmě dostatečně únosná, což při použití dutinkových cihel nebo plynosilikátových tvárnic znamená tloušťku okolo 24–30 cm. Tepelná izolace pak může být provedena jako vnější kontaktní zateplení se sěrkovou omítkou. To v dřívějších většině rodinných domků vyhoví i z hlediska šíření vlhkosti konstrukci. Dražší varianta zateplení může být provedena tak, že izolace je překryta vnějším pláštěm (mezi ním a izolací je odvětrávaná vzduchová mezera). Vnější plášť může být tvořen prakticky čímkoli – keramickými nebo betonovými tvarovkami, prkny či deskami na bázi dřeva nebo podobných materiálů, nejluxusnější domy mohou mít obklad z fotovoltaických panelů nebo mramoru. Efektní je vyzdít vnější plášť z lícového zdiva.



Obrázek 12: Nosný dřevěný rošt pro izolaci.
Foto: K. Srdečný.



Obrázek 13: Zateplení s přízdívkou u pohledového zdiva.
Foto: K. Srdečný.



Obrázek 14: Odvětrání mezery otvory v dokončeném lícovém zdivu.
Foto: K. Srdečný.

U staveb ze dřeva je škála konstrukcí velmi široká. Oblíbeným řešením je nosná dřevěná konstrukce se sloupky, vyplněná tepelnou izolací. Lze použít skelnou nebo minerální vatu, ovčí vlnu, vložky z celulózy (papíru), slámu, rohože z konopí a další a další materiály. Protože sloupek tvoří ve stěně tepelný most, používa-

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

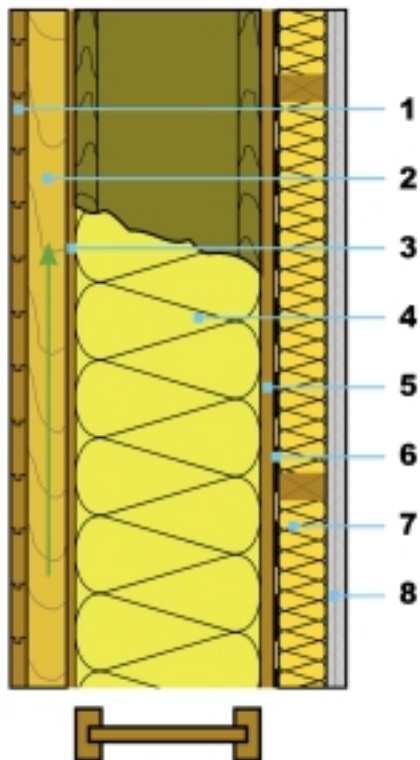
jí se místo trámek dřevěné I-nosníky nebo žebříčkové nosníky. Venkovní plášť může být ze dřeva (prkna, desky) nebo z desek s omítkou. Některé stavební systémy přidávají na dřevěné stěny kontaktní zateplení s polystyrenem a sěrťkovou omítkou, takže dům navenek vřbec nevypadá jako dřevostavba.

Vnitřní plášť stěny bývá opět ze dřeva, dřevovláknitých desek či sádrokartonu. Pokud chceme zvýšit akumuláční schopnost konstrukce, lze použít masivnější vnitřní omítky nebo tenkou přízdívku z plných cihel (třeba i z nepálené hlíny).

Zajímavým způsobem stavby je konstrukce z dřevěných panelů (sendvič ze dřeva a tepelné izolace), vyrobených v továrně individuálně dle požadavků stavby. Na staveništi se pak složí do podoby hotového domu. Výhodou je to, že panely se kompletují ve výrobní hale, takže dosažení potřebné kvality konstrukce by mělo být snazší než při kompletování konstrukce přímo na staveništi. Kompletace domu z panelů je pak velmi rychlá.

U většiny dřevěných konstrukcí je důležitým prvkem parotěsná zábrana, která omezuje vnikání vodní páry obsažené ve vnitřním vzduchu do konstrukce. Musí být provedena co nejkvalitněji! Při instalaci potrubí, elektroinstalace atd. hrozí riziko jejího protřetí. Proto se někdy dává parotěsná zábrana mezi dvě vrstvy izolace, přičemž vrstva vnitřní vrstvě izolace slouží jako instalační prostor. Viz obrázek.

Obecně platí, že u konstrukcí ze dřeva je potřeba pečlivěji kontrolovat riziko kondenzace vlhkosti v konstrukci. U zděných či betonových konstrukcí je kondenzace také nežádoucí, ale pokud k ní dojde, znamená to obvykle zásadní problém. Dřevo s vlhkostí nad 20 % je však ohroženo napadením dřevokaznými houbami, což může během let vést až k destrukci konstrukce. Protože dřevěné prvky jsou v konstrukcích „schovány“ a porucha tak není vidět, přijde se na ni až ve chvíli, kdy se projeví závažnějším způsobem.



- 1 – vnější obklad z palubek
- 2 – odvětraná mezera
- 3 – záklop z prken/desek
- 4 – minerální vlna/kamenná vlna/ovčí vlna mezi dřevěnými I-nosníky
- 5 – záklop z prken/desek
- 6 – parotěsná fólie
- 7 – minerální vlna /kamenná vlna/ovčí vlna mezi roštem z latí
- 8 – sádrokarton

Obrázek 15: Schéma stěny s dřevěnými I-nosníky.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

Jiným zajímavým systémem je betonování obvodových stěn (i jiných konstrukcí) do ztraceného bednění. To může být tvořeno třeba deskami na bázi dřeva nebo polystyrenovými tvárnici. Tento systém se hodí i pro stavbu svépomocí. Nevýhoda spočívá v tom, že pozdější přestavby jsou poměrně obtížné, dům je tedy potřeba hned zpočátku dobře naplánovat. Betonová stěna může být vylévána i do přenosného bednění, což umožňuje opatřit hotovou stěnu libovolnou tloušťkou izolace.



Obrázek 16: Stěny z monolitického betonu umožňují použití pro zateplení libovolnou tloušťku izolantu.
Foto: K. Srdečný.

Stěny domu nemusí mít vždy nosnou funkci. Dům může mít nosný železobetonový skelet z vnitřních zdí a stropů, který nese venkovní stěny. Zde odpadají potíže s řešením tepelných mostů tvořených nosnými prvky v obvodových stěnách. To dále zvyšuje variabilitu řešení.

Z hlediska celkových nákladů na stavbu představují obvodové stěny jen několik procent nákladů na tzv. hrubou stavbu. Někdy lze za srovnatelných nákladů pořídit konstrukci, která izoluje významně lépe. V ostatních případech jsou vícenálady na stěnu s lepší izolační schopností zanedbatelné vzhledem k ceně celého domu.

V následující tabulce jsou srovnány tepelně-izolační parametry různých typů konstrukcí. Seznam není vyčerpávající, technologií pro stavbu je na trhu nepřeberné množství, navíc je lze různě modifikovat a vzájemně kombinovat. Proto by každá jednotlivá konkrétní konstrukce na stavbě měla být ověřena tepelně-technickým výpočtem, zejména z hlediska součinitele prostupu tepla, kondenzace vlhkosti a případně i minimální povrchové teploty.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

Tabulka 6: Tepelně izolační parametry různých typů konstrukcí.

Skladba	tloušťka	Součinitel prostupu tepla U	Hodnocení
Konstrukce/vrstva	mm	W/m ² .K	
Nosná cihlová stěna se zateplením vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) lepidlo izolace skelná/kamenná vata vnější stěrková omítka	370 15 240 5 100 10	0,370	vyhovuje požadavku ČSN
Nosná cihlová stěna se zateplením vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) lepidlo izolace skelná/kamenná vata vnější stěrková omítka	470 15 240 5 200 10	0,200	vyhovuje doporučení ČSN
Nosná cihlová stěna se zateplením vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) lepidlo izolace skelná/kamenná vata vnější stěrková omítka	670 15 240 5 400 10	0,110	Ize použít pro nízkoenergetický dům
Porotherm 240 P+D se zateplením vnitřní omítka Porotherm 24 P+D lepidlo izolace polystyren PPS 20 vnější stěrková omítka	420 15 240 5 150 10	0,240	vyhovuje doporučení ČSN
Porotherm 240 P+D se zateplením vnitřní omítka Porotherm 24 P+D lepidlo izolace polystyren PPS 20 vnější stěrková omítka	470 15 240 5 200 10	0,170	vyhovuje doporučení ČSN
Porotherm 240 P+D se zateplením vnitřní omítka Porotherm 24 P+D lepidlo izolace Rockwool Fasrock L vnější stěrková omítka	470 15 240 5 200 10	0,210	vyhovuje doporučení ČSN
Porotherm 44 P+D s tepelně izolační omítkou vnitřní omítka perlitová Porotherm 44 P+D vnější omítka perlitová	1075 25 440 30	0,320	vyhovuje požadavku ČSN

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

Skladba	tloušťka	Součinitel prostupu tepla U	Hodnocení
konstrukce/vrstva	mm	W/m ² .K	
Porotherm 44 P+D se zateplením vnitřní omítka perlitová Porotherm 44 P+D lepidlo izolace polystyren PPS 20 vnější stěrková omítka	580 25 440 5 100 10	0,180	vyhovuje doporučení ČSN
Porotherm 44 P+D se zateplením vnitřní omítka perlitová Porotherm 44 P+D lepidlo izolace polystyren PPS 20 vnější stěrková omítka	560 25 440 5 80 10	0,200	vyhovuje doporučení ČSN
Stěna z tvárnic LIAPOR S vnitřní omítka stěna z tvarovek LIATHERM vnější omítka tepelněizolační	485 10 425 50	0,240	vyhovuje doporučení ČSN
Sendvičové zdvo sendwix L 2420 vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera lícové zdvo (VPC/klinker)	550 10 240 200 35 65	0,180	vyhovuje doporučení ČSN
Sendvičové zdvo sendwix L 2410 vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera lícové zdvo (VPC/klinker)	450 10 240 100 35 65	0,330	vyhovuje požadavku ČSN
Sendvičové zdvo vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera lícové zdvo (VPC/klinker)	750 10 240 400 35 65	0,100	lze použít pro pasivní dům
Stěna se zateplením a plastovým obkladem vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera s nosným roštem obklad z tvarovek Vinyl Siding	510 10 240 200 35 25	0,180	vyhovuje doporučení ČSN

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

Skladba	tloušťka	Součinitel prostupu tepla U	Hodnocení
Konstrukce/vrstva	mm	W/m ² .K	
Stěna se zateplením a plastovým obkladem vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera s nosným roštem obklad z tvarovek Vinyl Siding	410 10 240 100 35 25	0,330	vyhovuje požadavku ČSN
Stěna se zateplením a plastovým obkladem vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera s nosným roštem obklad z tvarovek Vinyl Siding	710 10 240 400 35 25	0,100	Ize použít pro pasivní dům
Stěna se zateplením a dřevěným obkladem vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera s nosným roštem obklad ze dřeva	510 10 240 200 35 25	0,180	vyhovuje doporučení ČSN
Stěna se zateplením a dřevěným obkladem vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera s nosným roštem obklad ze dřeva	410 10 240 100 35 25	0,330	vyhovuje požadavku ČSN
Stěna se zateplením a dřevěným obkladem vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera s nosným roštem obklad ze dřeva	710 10 240 400 35 25	0,100	Ize použít pro pasivní dům
Stěna s fotovoltaickou fasádou vnitřní omítka vápenopískové cihly (nosná konstrukce) izolace Rockwool Airrock odvětraná vzd. mezera s nosným roštem fotovoltaické panely	720 10 240 400 35 35	0,100	Ize použít pro pasivní dům
Dřevěná konstrukce výplňová lícové zdivo vnitřní (klinker/nepálená cihla) izolace Orsil L mezi vodorovným lafováním parotěsná fólie izolace Orsil L mezi svislými nosníky OSB desky ve dvou vrstvách vnější omítka na rabic. pletivu	450 10 60 340 20 20	0,130	Ize použít pro nízkoenergetický dům

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

Skladba	tloušťka	Součinitel prostupu tepla U	Hodnocení
Konstrukce/vrstva	mm	W/m ² .K	
Dřevěná konstrukce výplňová sádrokarton parotěsná fólie izolace Orsil L mezi svislými nosníky nosníky CETRIS desky ve dvou vrstvách izolace polystyren PPS 20 vnější stěrková omítka	240 20 120 30 60 10	0,220	vyhovuje doporučení ČSN
Dřevěná konstrukce výplňová sádrokarton parotěsná fólie izolace Orsil L mezi svislými nosníky nosníky CETRIS desky ve dvou vrstvách izolace polystyren PPS 20 vnější stěrková omítka	340 20 120 30 160 10	0,140	Ize použít pro nízkoenergetický dům
Stěna z polystyrenových tvarovek vnitřní omítka stěrková PPS tvárnice ISORAST beton pro výplň tvárnice vnější omítka stěrková	455 10 435 10	0,100	Ize použít pro pasivní dům
Stěna z polystyrenových tvarovek vnitřní omítka stěrková PPS tvárnice ISORAST beton pro výplň tvárnice vnější omítka stěrková	515 10 375 120 10	0,140	Ize použít pro nízkoenergetický dům
Ytong 375 vnitřní omítka tvárnice z porobetonu YTONG vnější stěrková omítka	389 4 375 10	0,320	vyhovuje požadavku ČSN
Ytong 375 se zateplením vnitřní omítka tvárnice z porobetonu YTONG lepidlo izolace polystyren PPS 20 vnější stěrková omítka	596 4 375 5 200 12	0,130	Ize použít pro nízkoenergetický dům

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

Skladba	tloušťka	Součinitel prostupu tepla U	Hodnocení
konstrukce/vrstva	mm	W/m ² .K	
Betonový skelet se zateplením vnitřní omítka nosná železobetonová stěna izolace Orsil L mezi svislými nosníky nosníky odvětraná vzd. mezera s nosným roštem obklad ze dřeva montážní práce	765 15 240 450 35 25	0,130	Ize použit pro nízkoenergetický dům
Stěna z polystyrenových tvarovek vnitřní omítka stěrková PPS tvárnice MEDMAX beton pro výplň tvárnice vnější omítka stěrková	470 10 450 10	0,100	Ize použit pro pasivní dům
Stěna z polystyrenových tvarovek vnitřní omítka stěrková PPS tvárnice MEDMAX beton pro výplň tvárnice vnější omítka stěrková	270 10 250 10	0,280	vyhovuje požadavku ČSN
Stěna systému Velox vnitřní omítka ztracené bednění Velox 35 + 115 beton vnější omítka	320 10 150 150 10	0,318	vyhovuje požadavku ČSN
Stěna systému Velox vnitřní omítka ztracené bednění Velox 35 + 235 beton vnější omítka	440 10 270 150 10	0,154	Ize použit pro nízkoenergetický dům
Stěna z tvárnic LIATHERM vnitřní omítka stěna z tvarovek LIATHERM vnější omítka tepelněizolační	425 10 365 50	0,270	vyhovuje požadavku ČSN
Stěna z tvárnic LIAPOR S vnitřní omítka stěna z tvarovek LIAPOR vnější omítka tepelněizolační	425 10 365 50	0,210	vyhovuje doporučení ČSN
Stěna z tvárnic LIAPOR S vnitřní omítka stěna z tvarovek LIATHERM vnější omítka tepelněizolační	485 10 425 50	0,240	vyhovuje doporučení ČSN

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

3.2. PODLAHY A ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE

Napojení tepelně izolované horní stavby na základovou konstrukci vyžaduje pečlivý návrh. Spojení musí být staticky dostatečně únosné, současně je třeba zabránit přenosu tepla do zeminy. Řešení jsou různá. U zděných stěn se místo první vrstvy cihel používají desky z pěnového skla, což je jediná tepelná izolace s dostatečnou únosností. Nevýhodou tohoto řešení je vyšší cena. Jindy se vnější zateplení stěn přetahuje až pod terén (do hloubky cca 0,5 m), takže základy jsou „v teple“. Je ovšem nutno použít dražší nenasákové tepelné izolace (extrudovaný polystyren).

Podle způsobu zateplení soklu je pak třeba izolovat i podlahu. Opět je třeba zabránit úniku tepla do zeminy. Izolace podlahy se podceňuje, protože zemina je přece oproti venkovnímu prostředí teplejší. Ve výpočtech se uvažuje teplota pod podlahou +5 °C, v praxi bývá vyšší (+7 až +10 °C, podle tloušťky izolace v podlaze a u základů), směrem od středu domu ven teplota v zemině klesá. Během roku se teplota mění jen málo, zatímco teplota venkovního vzduchu je i během zimy vyšší než teplota v zemině. Teplo do zeminy tedy uniká pomaleji, ale soustavněji.

Má-li podlaha zvýšit tepelnou kapacitu stavby, je třeba dát tepelnou izolaci co nejnižší. Obvykle je potřeba použít nejen vodě odolnou, ale i únosnou izolaci. Má-li být v podlaze podlahové topení, je vhodné tloušťku izolace ještě zvýšit, protože teplota v podlaze bude až 40 °C (oproti běžným cca 20 °C).

Pokud je podlaha nad nevytápěným sklepem, platí pro tepelnou izolaci obdobná pravidla. Čím méně izolace v podlaze, tím teplejší sklep bude.

Zajímavou alternativou, zejména pro dřevostavby (které jsou podstatně lehčí než zděné stavby), je zakládání na patkách zapuštěných do terénu. Podlaha je tak „ve vzduchu“. Výhodou je to, že odpadá potřeba plošné hydro- a protiradonové izolace. Patky jsou samozřejmě levnější než masivní základy, ovšem podlahová konstrukce musí být masivnější a tedy dražší než při zakládání na terénu.

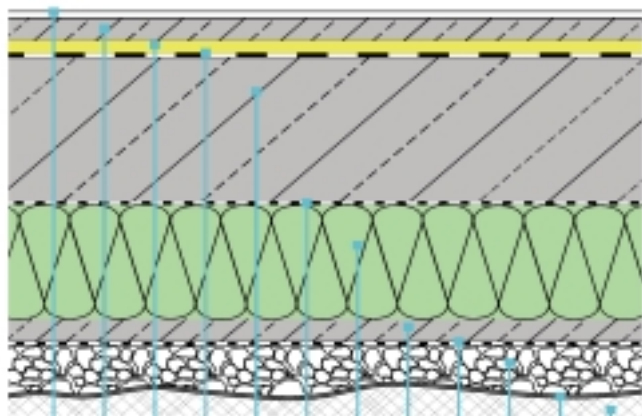


Obrázek 17: Napojení izolace stěn a základů (před provedením hydroizolační vrstvy a do-sypáním zeminy).
Foto: K. Srdečný.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU



Obrázek 18: Založení stavby na patkách zapuštěných v terénu.
Foto: K. Srdečný.



Legenda:

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. podlahová krytina | 6. PE folie |
| 2. betonová roznášecí vrstva | 7. pěnové sklo/extrudovaný PS |
| 3. minerální vata | 8. podkladový beton |
| 4. hydroizolace | 9. separační vrstva |
| 5. betonová deska | 10. štěrkový násyp |
| | 11. geotextilie |
| | 12. rostlý terén |

Obrázek 19: Schéma podlahy na terénu s tepelnou izolací.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU

3.3. PLOCHÉ STŘECHY

Plochá střecha, případně pultová střecha s mírným sklonem, je pro nízkoenergetický dům častým řešením, neboť zvyšuje kompaktnost domu. Při osazení nosné konstrukce střechy na obvodové stěny často vzniká tepelný most, neboť je opět potřeba pevně spojit různé konstrukce. U plochých střech se proto tepelnou izolací často obaluje celá atika.

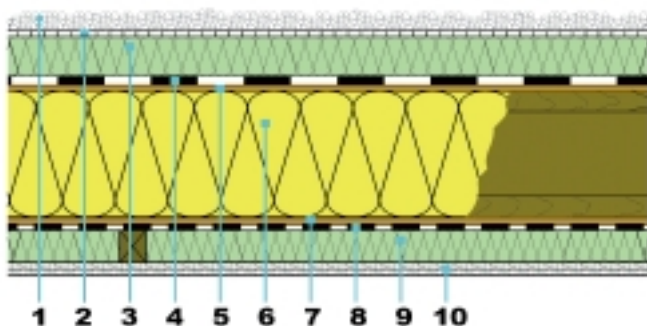
Ploché střechy s dřevěnými nosnými prvky se častěji provádějí jako dvouplášťové, protože jsou bezpečnější z hlediska bilance vlhkosti. Pokud v konstrukci zkondenzuje vlhkost z vnitřního vzduchu, dokáže se během léta díky odvětrané mezeře odpařit ven.

Plochá střecha může být provedena i jako zelená, v tom případě jde obvykle o tzv. obrácenou střechu. Na nosné konstrukci je položena hydroizolace a na ni shora teprve vrstva tepelné izolace. U zelené střechy je pak ještě nahoře půdní substrát, podle typu rostlin je jeho vrstva silná až desítky cm. Jinak může být tepelná izolace překryta pochozí dlažbou nebo násypem kamínků atd. Výhodou obrácené střechy je, že hydroizolace není namáhána teplotními výkyvy, povětrností ani ultrafialovým zářením, což zvyšuje její životnost.



Obrázek 20: Zelená střecha, kde došlo k částečnému splavení substrátu. Foto: K. Srdečný.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU



Legenda:

1. nános oblázků
2. geotextilie
3. extrudovaný polystyrén
4. hydroizolace
5. záklop z prken/desek
6. minerální vata mezi dřevěnými I-nosníky
7. záklop z prken/desek
8. parotěsná zábrana
9. minerální vata mezi latěmi
10. sadrokarton

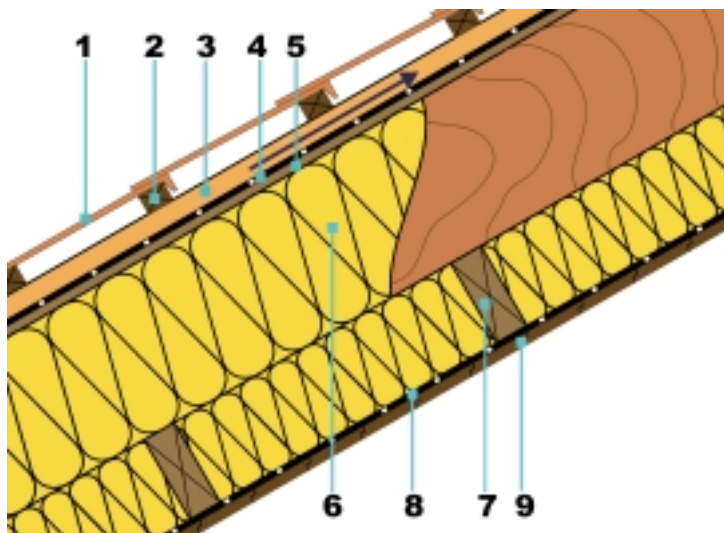
Obrázek 21: Schéma jednoplášťové obrácené střechy.

3.4. ŠIKMÉ STŘECHY S PODKROVÍM

Podkroví vestavěné do šikmé střechy se nejčastěji řeší jako dřevostavba. Skladba šikmých stropů je podobná jako u stěn, rozdíl je pochopitelně v požadavku na vyšší pevnost a tuhost konstrukce, což vede k většímu počtu nosných prvků (krokve, trámký, lepené či sbíjené nosníky atd.). Opět je třeba eliminovat tepelné mosty tvořené těmito nosnými prvky. Výška krokví obvykle nestačí pro uložení dostatečné vrstvy izolace (tloušťka je běžně 30 až 50 cm). Na krokve se proto zespeda připevní další rošt z vodorovných latí či nosníků, do které se vloží druhá vrstva izolace. Parotěsná zábrana se s výhodou dává mezi tyto dvě vrstvy, aby tak byla lépe chráněna před případným protržením během další stavby.

Pokud je použita pojistná hydroizolace pod krytinu, je nutno navrhnout skladbu konstrukce tak, aby vodní pára mohla uniknout z konstrukce. Jednou z možností je použít speciální fólii, která nepropustí kapky vody dovnitř, ale mnohem menší molekuly vody zevnitř ven ano. Je-li pojistná hydroizolace difúzně nepropustná, je třeba odvětrat prostor mezi ní a vrstvou tepelné izolace. Stejně jako u provádění parotěsné zábrany platí, že je nutno dohlédnout, aby konstrukce byla skutečně namontována správně, aby to, co vypadá jako dobrý nápad na výkrese, také skutečně fungovalo v praxi.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU



Legenda:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. krytina | 6. izolace mezi krokveři 240mm |
| 2. latě | 7. izolace ve vodorovném roštu 120mm |
| 3. odvětraná mezera + kontralatě 50mm | 8. parotěsná zábrana |
| 4. pojistná paropropustná hydroizolace | 9. vnitřní obklad z palubek 24mm |
| 5. základ z prken 24mm | |

Obrázek 22: Příklad skladby šikmé střechy s odvětranou mezerou.

3.5. OKNA A PROSKLENÍ

Nízkoenergetický dům bývá často bohatě prosklen kvůli solárním ziskům. Toto zasklení musí být kvalitní, aby ztráty tepla nebyly vyšší než solární zisky. V roční bilanci musí oknem dopadnout dovnitř více energie, než jím unikne ven. Používají se proto okna s trojsklem, případně systém, kde je prostřední tabule skla nahrazena odrazivou fólií (výhodou je nižší hmotnost). Samozřejmostí je tzv. selektivní vrstva, tedy pokovení, které funguje jako polopropustné zrcadlo. Sluneční záření propustí do interiéru, kde se přemění na teplo. Tepelné záření však již sklem neprojde a odráží se zpět do místnosti.

To, co v okně izoluje, je mezera mezi skly. Platí, že čím je tato mezera širší, tím lépe izoluje. Za optimální lze považovat šířku 16 mm pro mezeru plněnou vzduchem i argonem, pro krypton je to 12 mm. Další zvětšování už zlepšuje izolační schopnost jen velmi málo (u vzduchu od cca 5 cm už zcela nepatrně). Je tedy výhodné používat trojskla s mezerou 16 mm, zejména když jejich cena je stejná jako cena trojskla s mezerou 10 mm (které ovšem izoluje o čtvrtinu hůře). Mnozí výrobci oken však nemají v sortimentu rámy dostatečně široké pro osazení trojskla s celkovou tloušťkou 44 mm (4 + 16 + 4 + 16 + 4). Izolační schopnost trojskla s užší mezerou mezi skly se pak zlepšuje použitím kryptonu místo argonu, což ovšem zvýší cenu zasklení až na dvojnásobek při stejné izolační schopnosti.

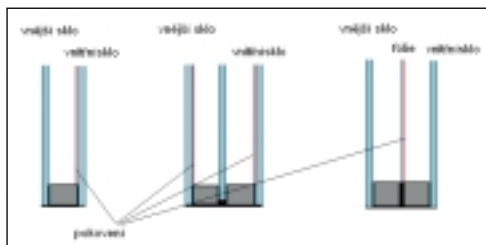
Vliv na kvalitu okna má i distanční rámeček mezi skly. Běžně se používají nerezové nebo plastové rámečky, které jsou výrazně lepší než dřívě používané hliníkové. Plastový rámeček může být i v odstínu odpovídajícímu rámu okna, což vypadá dobře zejména u dřevěných oken. Rámeček však vždy tvoří tepelný most, proto je vhodné, aby byl zasazen v okenním rámu hlouběji. Tím se sníží riziko kondenzace vodní páry na zasklení.

Jedním ze základních požadavků na nízkoenergetický dům je jeho těsnost. Větrání je zajištěno ventilátory ve vzduchotechnickém systému. Není tedy nutné, aby byla všechna okna otevíravá. Použití pevného prosklení má několik výhod. V první řadě se sníží cena oken (rám a kování tvoří většinu ceny okna), při dobrém návrhu je možné obejít se i bez okenních ráků a izolační trojsklo (ev. jiné zasklení) zasadit přímo do stěny. Pevně prosklená okna mají větší plochu prosklení (pevný rám je užší). Tím se zvýší množství světla v místnosti a také i solární zisky. V neposlední řadě je pevné prosklení zcela těsné a není třeba obávat se nějaké poruchy v kování atd. Nevýhodou je obtížnější mytí oken, hlavně ve vyšších patrech. Z psychologických důvodů, pro případ výpadku vzduchotechniky a hlavně kvůli letnímu větrání se však v každé místnosti nechává nejméně jedno okno otevíravé. Tím vzniká estetický problém při kombinaci oken s různou tloušťkou rámu v jedné fasádě.

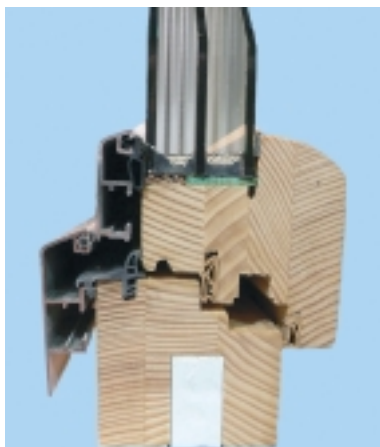
Běžný okenní rám izoluje hůře než trojsklo, proto se používají dřevěné i plastové rámy s izolací (obvykle polyuretanovou). Udávat součinitel prostupu tepla pro rám si mnozí výrobci dosud nezvykli. Stále se můžeme setkat s tím, že neseriózní dodavatel zaměňuje součinitel prostupu tepla pro sklo s hodnotou pro celé okno (která je obvykle zhruba o 10 % horší). Pokud chceme znát skutečnou hodnotu, je potřeba vypočítat ji pro každé okno zvlášť, protože závisí na ploše rámu a prosklení a délce rámečku mezi skly. Je zřejmé, že členitější okno bude mít horší parametry než okno rozdělené na menší počet větších ploch, bude také dražší.

Při osazení okna do stěny vzniká poměrně složitý konstrukční detail. Okno je třeba osadit do stěny tak, aby nevznikl tepelný most, případně tento most potlačit (např. u zděných stěn se okno osadí na vnější líc stěny a vnější zateplení se přetáhne i přes pevnou část okenního rámu). Spára mezi oknem a stěnou musí být zevnitř těsná proti pronikání vodní páry, zvenku naopak difuzně otevřená, aby případně proniknuvší pára mohla odejít ven. Nejsložitější bývá parapetní část, neboť zde je navíc požadavek na vodotěsnost. Tradiční postup – vyplnit pěnou a zamazat omítkou – rozhodně není to pravé ořechové.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU



Obrázek 23: Dvojsklo, trojsklo a Heat mirror.



Obrázek 24:
Dřevohliníkové okno
s izolační vložkou v rámu.
Foto: K. Srdečný.

3.6. TEPELNÉ MOSTY

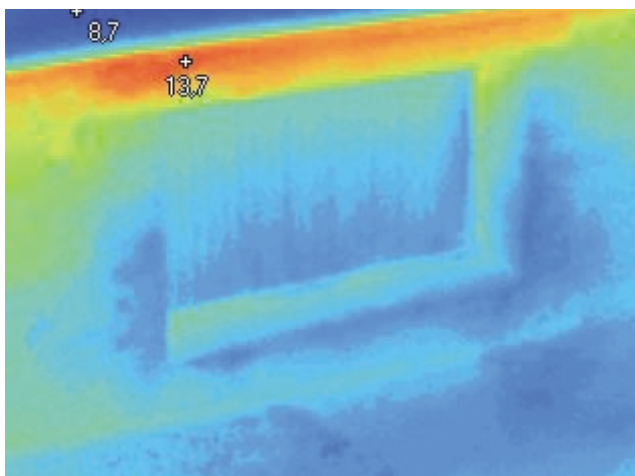
Vzhledem k mimořádným izolačním schopnostem použitých konstrukcí mají na spotřebu tepla relativně velký vliv tepelné vazby (místa, kde se stýkají dvě konstrukce a tvoří kout) a tepelné mosty (místa, kde je konstrukce či izolace zeslabena). Tepelná ztráta těmito místy může mít velikost i několik desítek procent celkové tepelné ztráty postupem tepla.

Typickými místy, kde vzniká tepelný most, jsou:

- napojení obvodových stěn na spodní stavbu
- osazení oken a dveří do obvodových stěn
- napojení krovu na obvodové stěny
- styk nosných prvků krovu
- uložení stropů do obvodových nosných stěn
- balkóny, římsy, stříšky a podobné prvky

Při řešení tepelných mostů lze využít katalogy detailů, které se na stavbách často vyskytují. Z nich lze vybrat shodný nebo nejpodobnější detail, viz odkazy na literaturu na konci knihy. Individuální výpočet tepelných mostů a vazeb je poměrně pracný. Zde jsou ve výhodě typizované stavby, kde lze čekat opakování jednotlivých detailů. Dalším rizikem tepelných mostů je, že mohou místně způsobit pokles vnitřní povrchové teploty konstrukce. V extrémním případě pak může docházet k povrchové kondenzaci vlhkosti z vnitřního vzduchu. Může k tomu dojít i u dobře izolovaného domu, kterým je nízkoenergetický dům z definice, například v místě, kde okna tvoří nároží.

3. OBVODOVÝ PLÁŠŤ DOMU



Obrázek 25: Termovizní snímek odhaluje tepelný most tvořený nadokenním překladem. Foto: J. Truxa.



Nízkoenergetický dům využívající přírodní materiály.

Foto: A. Brotánek.

4. VĚTRÁNÍ

4.1. VĚTRÁNÍ S REKUPERACÍ TEPLA Z ODPADNÍHO VZDUCHU

Spotřeba energie na ohřev větracího vzduchu tvoří u běžných domů zhruba 30 % celkové spotřeby. Čím je dům lépe izolován, tím je tento podíl vyšší. Pro větrání rodinných domů a bytů neexistují závazné předpisy. Obvykle se větrání navrhuje tak, aby se buď splnil požadavek intenzity výměny vzduchu 0,3 až 0,5 objemu obytných místností za hodinu, respektive aby přívod čerstvého vzduchu byl 25 až 50 m³/h na osobu. V době, kdy v domě nikdo není, by měla být intenzita větrání cca 0,1 objemu/h, kvůli odvodu vlhkosti a případných škodlivin (např. těkavé látky uvolňující se z nábytku). Dosud přežívá teze, že dům se musí větrat s intenzitou 0,5 objemu za hodinu, někdy se to dokonce vydává za požadavek normy. Nic takového neexistuje! Takovouto intenzitu větrání uvažovaly starší výpočetní postupy při projektování velikosti radiátorů a s hygienickými požadavky to nijak nesouvisí.

Jak je uvedeno v tabulce 1 v kapitole 1.1., dům bez strojního větrání s rekuperací tepla stěží může být nízkoenergetický. Hlavním důvodem pro strojní větrání je možnost využití tepla z odváděného vzduchu. Nejčastěji se používá tzv. rekuperační výměník, ve kterém znečištěný vzduch odváděný zevnitř předává teplo čerstvému vzduchu přiváděnému zvenčí. V zimě se přiváděný vzduch ohřívá, v létě ochlazuje.

V domě je tak vždy zajištěn dostatečný přívod čerstvého vzduchu a na rozdíl od větrání okny se není třeba o nic starat. Vzduch může být zároveň filtrován, případně i zvlhčován, což sníží prašnost a zvýší komfort v domě. Filtry je pochopitelně nutno měnit či prát, což zvyšuje provozní náklady. Vlastní výměník je obvykle z plastu a lze ho vypláchnout ve vodě se saponátem.

Strojní větrání často slouží i pro odvedení přebytečného tepla z jižních místností do chladnějších (neosluněných) částí domu. Pro efektivnější distribuci tepla mezi místnostmi se pak používá systém, v němž část vzduchu cirkuluje. Díky cirkulaci vzduchu je také možné kalkulovat objem čerstvého přiváděného vzduchu podle počtu osob v celém domě. Bez cirkulace je nutno do každé místnosti přivádět množství čerstvého vzduchu podle předpokládaného počtu osob, bez ohledu na to, zda v místnosti někdo skutečně je nebo není, takže celkové množství větracího vzduchu je větší. Tím roste i spotřeba energie a náklady. Cirkulační vzduch spolu s teplem roznáší i pachy, nehodí se proto do domácností kuřáků, chemických experimentátorů, chovatelů zvířat a nešikovných hospodyněk, které často něco připálí.

Dostatek čerstvého vzduchu dělá bydlení příjemným a uživateli je vesměs vysoce oceňován. Nesprávný návrh větracího systému však může způsobit problémy, například může být zdrojem hluku.

Na rozdíl od pasivních domů, kde větrací systém může současně fungovat i pro vytápění (rozváděný vzduch se dohřívá), v nízkoenergetických domech to možné není, rozhodně ne celoročně. Kvůli větší tepelné ztrátě by přiváděný vzduch musel být ohříván na nezdravě vysoké teploty.

Větrací zařízení běžně nabízí stupňovou regulaci s různým množstvím vzduchu. Například pro provoz ve dne je přívod vzduchu vyšší než dobu, kdy se spí; pro případ větší návštěvy mívají zařízení „párty režim“ s nejvyšším výkonem. U systémů s cirkulací lze nastavovat různý poměr čerstvého a cirkulačního vzduchu. Někdy je možné nastavit různé režimy režimů pro zimní a letní období, běžně má regulace týdenní program (o víkendu se obvykle větrá více než během pracovních dní).

4. VĚTRÁNÍ

Větrací systém vzduch nejen přivádí, ale i odvádí. Pokud je objem přiváděného vzduchu větší než odváděného, mluvíme o přetlakovém větrání. Přetlakové větrání je poněkud rizikové pro domy, kde lze oprávněně pochybovat o kvalitě provedené parotěsné vrstvy. Přetlak „pumpuje“ netěsnostmi do konstrukce vnitřní vlhký vzduch a zvyšuje tak riziko poškození konstrukce zkonzenzovanou vlhkostí. Podtlakový systém, kdy se odvádí více vzduchu než se přivádí, pracuje proti směru difuze vodních par. Nelze ho však použít tam, kde chceme topit v kamnech – dům by nasával vnější vzduch přes komín! V každém případě je žádoucí vyregulovat objem přiváděného a odváděného vzduchu vždy tak, aby rozdíl objemů byl co nejmenší a dům se tak přiblížil rovnobalnému větrání.

Správně vyregulování větracího systému je jednou z dosud podceňovaných stránek strojního větrání. Je důležité, aby množství vzduchu protékajícího jednotlivými výústkami odpovídalo projektové hodnotě (s jistou tolerancí). V opačném případě může docházet k pocitům průvanu, zvýšení hluku nebo vytvoření „zkratu“ mezi přívodem a odtahem, takže část prostoru v domě bude větrána málo nebo vůbec.

Správně vyregulovaný systém znamená i nízkou spotřebu elektřiny na pohon ventilátorů. Špatně nastavený ventilátor může mít několikanásobnou spotřebu při stejném vzduchovém výkonu!

Větrací systémy se zpravidla navrhují jako centrální, s jednou větrací jednotkou pro celý dům. Rozvody se pak vedou v podlahách či stropích nebo stropních podhledech. Je také možné osadit do každé místnosti samostatnou větrací jednotku, nejčastěji pod okno. Nevýhodami jsou zpravidla horší účinnost, přenos hluku do místnosti, zabor prostoru a obvykle i vyšší investiční náklady. Výhodou je možnost větrat každou místnost individuálně, v různé době, s různou intenzitou, dále také jednodušší stavební projekt i vlastní stavba.

Pro konečnou spotřebu energie je důležitá účinnost rekuperace. Výrobci vzduchotechnických zařízení uvádějí účinnost od 70 do 90 %. Účinnost obecně klesá s objemem větracího vzduchu, takže menší jednotka pracující na plný výkon bude mít horší účinnost než větší jednotka, která běží na polovinu výkonu.

Pokud je dům netěsný, účinnost rekuperace dále klesá. Pokud například 10 % vnitřního vzduchu uteče netěsnostmi v konstrukcích, klesne i množství tepla, které by se mohlo v rekuperačním výměníku využít.



Obrázek 26: Větrací jednotka s rekuperací tepla.

Foto: K. Srdečný

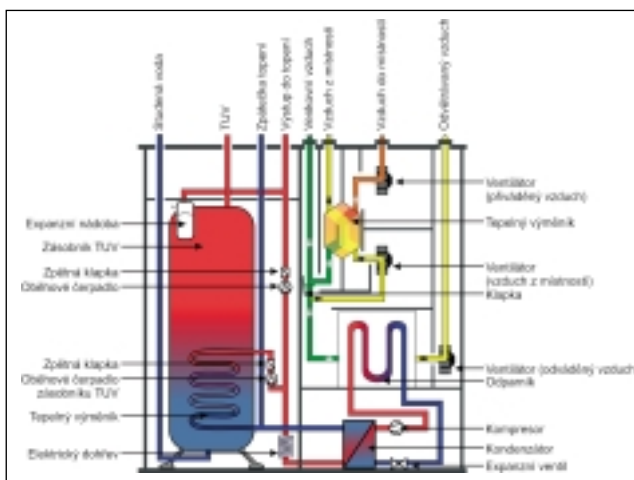
4. VĚTRÁNÍ

4.2. TEPELNÉ ČERPADLO VE VĚTRACÍM SYSTÉMU

Rekuperace může být nahrazena tepelným čerpadlem, které odebírá teplo z odpadního vzduchu a ohřívá přiváděný vzduch (případně vodu) pro vytápěcí systém nebo ohřívá užitkovou vodu. Z hlediska energetiky domu to je jedno – energie by byla potřeba tak jako tak. Některá zařízení na českém trhu zajišťují jen odtažení vnitřního vzduchu, čerstvý vzduch je přiváděn bez předeřevu.

Zásadní výhodou je vyšší využití tepla z odváděného vzduchu. V rekuperačním výměníku lze odváděný vzduch (např. + 20 °C) ochladit jen na teplotu přiváděného vzduchu (např. + 10 °C), zatímco tepelné čerpadlo ho ochladí i pod nulu. Jinou výhodou může být příznání elektrické sazby pro tepelná čerpadla.

Problémem nicméně je to, že ve vnitřním vzduchu není a nemůže být dost energie na to, aby vytopila dům. Topný faktor není nijak vysoký. Proto mají tyto systémy další zdroj nízkopotenciálního tepla: výměník pro ochlazování vnějšího vzduchu nebo půdní kolektor ochlazující zeminu v okolí domu. Obvykle mají také elektrokotel pro použití v těch několika týdnech v roce, kdy výkon tepelného čerpadla nedostačuje.



Obrázek 27: Tepelné čerpadlo ochlazující odváděný větrací vzduch.

4.3. ZEMNÍ VZDUCHOVÝ KOLEKTOR

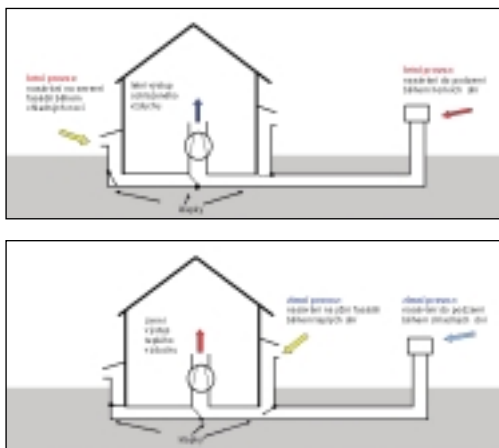
Poměrně populární je doplňovat větrací systém zemním výměníkem tepla (ZVT). Myšlenka je prostá: v zimě je pod zemí tepleji než venku, v létě naopak chladněji. Proč tento teplotní rozdíl nevyužít i v dalších budovách? Jestliže je dům vybaven strojním větráním (a to nízkoeenergetické domy jsou téměř bez výjimky), nabízí se řešení samo. Přiváděný vzduch se prožene podzemním potrubím, kde se v zimě ohřeje a v létě ochladí.

4. VĚTRÁNÍ

Potrubí se ukládá do hloubky 1,5 až 2 m, což nevyžaduje příliš mnoho zemních prací, zejména při novostavbě. I v této hloubce však teplota kolísá zhruba od 5 do 15 °C. Je zřejmé, že i během topného období nastávají chvíle, kdy je teplota venkovního vzduchu vyšší, než může být teplota země. Kdyby se takovýto vzduch nasával podzemním kolektorem, ochlazoval by se namísto žádoucího ohřevu. Proto je nutné, aby větrací systém mohl nasávat vzduch také přímo, např. otvorem na fasádě. Dovoluje-li to architektura objektu, je vhodné pořídit jednoduchý vzduchový kolektor na jižní (osluněné) fasádě, přes nějž se může venkovní vzduch nasávat a současně ohřívat. Přepínání mezi těmito dvěma režimy (kolektor/přímé nasávání) může být ruční nebo automatické. Při ručním řízení je potřeba často kontrolovat, zda není vzduch vystupující z podzemí chladnější než vzduch venku. Nejjednodušší systémy prostě "vypínají" kolektor při pevně nastavené venkovní teplotě, obvykle 9 °C.

Zejména na jaře, kdy je země už poměrně vychlazená a denní teploty poměrně vysoké, nemá smysl ZVT využívat. Znamená to, že i když je větrací systém v chodu skoro nepřetržitě, je podzemní vzduchový kolektor v provozu méně než polovinu této doby. Nejvyšší efekt má kolektor začátkem topné sezóny, kdy je země nahřátá sluncem a teplem z ochlazovaného letního vzduchu. V nízkoenergetickém domě však topná sezóna začíná později (a končí dříve), díky důkladným izolacím a využití pasivních solárních zisků. Kolektor se tak využívá kratší dobu. Energetický přínos pro vytápění rodinného domku se dá čekat ve výši 500 až 1000 kWh za rok. Finanční úspora je tedy v řádech stokorun ročně, návratnost investice je tedy poměrně dlouhá.

Zdá se, že hlavní důvody pro instalaci ZVT jsou dva: letní ochlazování přiváděného vzduchu a protimrazová ochrana systému v zimě. V nízkoenergetickém domě druhý důvod odpadá, protože ve vzduchotechnické jednotce nemusí být teplovodní výměník pro dohřev vzduchu, nemá tedy co zamrznout (na rozdíl od pasivních domů, kde je dohřev vzduchu pravidlem).



Obrázek 28: Schéma zemního výměníku tepla.

5. VYTÁPĚNÍ

5.1. ÚSTŘEDNÍ VYTÁPĚNÍ

System vytápění pro nízkoenergetický dům může být stejný jako v „běžném“ domě. Rozdíl bude pochopitelně ve velikosti radiátorů nebo jiných topných těles, která mohou být menší a levnější. Pro dům s malou tepelnou ztrátou se velmi dobře hodí podlahové topení, které je velmi komfortní. Díky potřebě menšího výkonu nemusí být povrchová teplota podlahy zbytečně vysoká (z hygienických důvodů by neměla překročit 29 °C, v koupelně může být až 35 °C). Variantou je použití stěnového vytápění. Topné trubky mohou být uloženy pod omítkou nebo v drážkách rubové strany sádkartonových obkladů. Pozor na dostatečnou izolaci stěn a podlah!

Nízkoteplotní podlahové či stěnové vytápění se dobře hodí zejména tam, kde chceme využít teplo ze solárních kolektorů pro přitápění na jaře a na podzim (viz kapitola 5.3.). V kombinaci s vytápěním pomocí tepelného čerpadla zvyšuje jeho efektivitu (lepší topný faktor).

Zcela zásadní je instalovat správnou regulaci. V nízkoenergetickém domě se již výrazně projevují pasivní solární zisky i vnitřní zisky (např. žehlička má běžně příkon okolo 2 kW, což je v domě se ztrátou 10 kW docela znát). Regulace musí být schopna vypnout vytápění v každé místnosti zvlášť, jestliže třeba právě tam svítí okny slunce. Je možné osadit jednotlivé radiátory termostatickými hlavice; obdobně se dají ovládat i jednotlivé smyčky podlahového (či stěnového) vytápění, termostatická hlavice ovšem musí mít externí čidlo teploty. Regulace jen na úrovni kotle pomocí termostatu v jedné z místností domu je často nevyhovující. Samozřejmě by měl být časový spínač, kde se nastaví doba vytápění (např. snížení teploty na noc, útlum dopoledne během pracovních dní a vyšší teplota o víkendech atd.). Útlumy jsou důležité zejména v lehkých stavbách. Pozor, aby se regulace vytápění „nehádala“ s regulací větracího systému!



Obrázek 29: Vnitřní stěna z nepálených cihel kvůli zvýšení akumulační schopnosti domu.
Foto: J. Truxa

5.2. ZDROJE TEPLA

Domy s velmi malou tepelnou ztrátou se poněkud paradoxně potýkají s problémem, jaký kotel zvolit. Na trhu existují desítky výrobců nejrůznějších kotlů, neměl by tedy být problém vybrat si ten správný. Bohužel, většina kotlů se vyrábí ve vyšších výkonech, zatímco nízkoenergetický dům potřebuje zdroj s výkonem do 10 kW. Pouze u elektrokotlů to není problém, u plynových kotlů je nabídka menší. Nejobtížnější je sehnat kotel na dřevo s dostatečně malým výkonem. Z konstrukčních důvodů výrobci nabízejí kotle na kusové dřevo nad 20 kW, což je pro nízkoenergetický dům zbytečně moc. Řešením tohoto problému je akumulční nádrž. Kotel ohřívá vodu v nádrži při provozu na plný (jmenovitý) výkon, kdy je účinnost nejvyšší a emise nejnižší. Po nahřátí nádrže se kotel vypne (nebo přejde do režimu útlumu). Systém vytápění si pak teplo bere z nádrže podle potřeby. Velikost nádrže se volí podle spotřeby tepla v domě a velikosti kotle. Nádrž s objemem 1 m³ (1000 l) může při rozdílu teplot 40 °C pojmout 46 kWh, což může postačit pro vytápění nízkoenergetického domu na celý den na jaře nebo na podzim. Během zimy, v době nejnižších teplot, pak kotel může běžet třeba jen půl dne a zbytek času pokryje teplo z nádrže.

V poslední době je velmi populární topení interiérovými kamny (ev. krbovou vložkou). Mnoho z nich má i teplovodní vložku, kterou mohou ohřívát topnou vodu v systému ústředního vytápění nebo právě v akumulční nádrži. Představa stavebníka je, že v kamnech bude topit po večerech a současně si nahřeje akumulční nádrž pro vytápění a ohřev užitkové vody na další den. V nízkoenergetickém domě to ale takto idylicky nejspíš fungovat nebude. Většina interiérových kamen a krbových vložek na trhu má celkový výkon okolo 10 kW, přičemž dvě třetiny až polovina výkonu přechází do místnosti a jen třetina až polovina tepla je odváděna do nádrže. Kamna tak velmi snadno přehřejí místnost, kde jsou umístěna, i když se část tepla rozvádí vzduchotechnikou do celého domu. Jejich výkon (do jediné místnosti) je většinu roku vyšší, než je ztráta celého domu! V každém případě budou v provozu jen poměrně krátce (několik hodin denně). Naproti tomu množství tepla, které by bylo potřeba pro nahřátí akumulční nádrže, případně pro ohřev užitkové vody, by vyžadovalo delší dobu topení v kamnech. Důsledkem pak je, že kamna se provozují jen zřídka a teplo do nádrže je dodáváno zejména elektrickou topnou patronou, která byla původně instalována jen jako nouzový zdroj tepla.

Pro ty, kdo chtějí topit dřevem a současně komfortně, se nabízí kotle a kamna na peletky, s automatickým podáváním paliva. Výkon se dá plynule měnit, akumulční nádrž tedy není nezbytná. Rozhodně však platí, že výkon kotle by měl dobře odpovídat tepelné ztrátě domu. Pokud bude kotel mírně poddimenzován, může být potřeba během několika nejchladnějších dnů v roce přitopit např. elektrickým přímotopem. Pokud ale bude kotel zbytečně velký, budou s topením problémy celý rok.

Použití tepelného čerpadla v nízkoenergetickém domě nebývá příliš výhodné. Jestliže dům má nízkou spotřebu, budou i náklady poměrně nízké. Snížení těchto nákladů cca na polovinu díky tepelnému čerpadlu znamená v absolutních číslech částku několika tisíc korun. Investiční náklady jsou přitom poměrně vysoké. Pokud má být hlavním důvodem pro použití tepelného čerpadla ekonomika, je třeba předem důkladně spočítat návratnost investice (třeba v rámci optimalizace, viz kap. 6.). Při

5. VYTÁPĚNÍ

výpočtu se ovšem nesmí zapomenout na důležitou výhodu tepelného čerpadla: díky odběru elektřiny ve zvláštním tarifu má celá domácnost k dispozici levnější „noční proud“ po dobu 22 hodin denně. Úspora v účtech za elektřinu pro provoz domácnosti může být srovnatelná s úsporou nákladů na vytápění! Je však riziko, že časem se stávající systém sazeb pro elektrické vytápění změní. U podnikatelských sazeb již několik let platí pravidlo, že tepelné čerpadlo má vlastní elektroměr a ostatní spotřeba se měří zvlášť a účtuje v jiné sazbě.



Obrázek 30: Interiérová kamna s teplovodním výměníkem jsou oblíbeným doplňkem vytápěcího systému. Foto: A. Brotánek

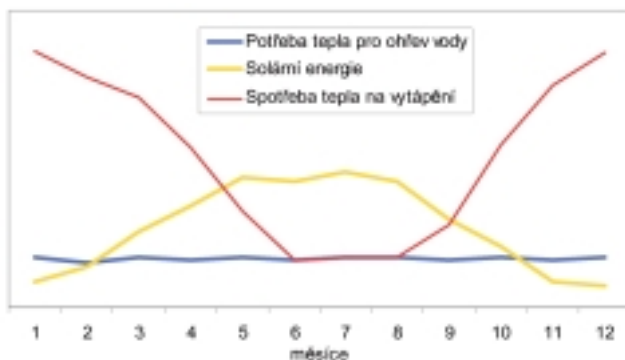
5.3. SOLÁRNÍ SYSTÉM

Bylo by velkou chybou soustředit se v domě jen na spotřebu energií na vytápění. Čím je nižší, tím více roste význam spotřeby energie pro ohřev teplé vody (TV). Je na místě se během optimalizace projektu domu zeptat, zda má smysl dále vkládat peníze třeba do silnějších izolací, nebo zda by nebylo efektivnější za stejné peníze pořídit solární systém, který ušetří větší množství energie.

Teplu pro ohřev vody může tvořit více než třetinu spotřeby nízkoenergetického domu. Solární systém, který může bez problémů ohřát více než 3/4 celoroční spotřeby teplé vody, je tedy důležitý. Často se navrhuje i pro přitápění, zejména v kombinaci s podlahovým či stěnovým vytápěním. Jinou možností je nahřívání akumulací nádrže, z níž si vytápěcí systém odebírá teplo podle potřeby. V těchto případech je ale nutno velmi dobře spočítat, kolik energie pro vytápění je schopen systém dodat v zimních měsících. Intenzita slunečního svitu v zimě je u nás nižší než například v Rakousku, takže se často stává, že složitě a drahé zařízení přinese jen málo užtku a topení se ohřívá většinu zimy elektřinou.

5. VYTÁPĚNÍ

Bohužel se často stává, že stavebník kvůli neplánovanému zvýšení nákladů během stavby solární systém z projektu vyškrtne. V tom případě lze doporučit, aby v domě zůstala zachována možnost solární systém instalovat později (ponechat průchodky pro potrubí, koupit akumulaci nádrž s možností pozdějšího napojení solárního okruhu atd.).



Obrázek 31: Graf potřeby tepla a solární energie během roku.



Obrázek 32: Solární systém pro ohřev vody (světlejší) a fotovoltaický systém pro výrobu elektřiny pokrývající celou jižní střechu domu.

Foto: K. Srdečný.

6. KONTROLA KVALITY

6.1. KONTROLA PROJEKTU, OPTIMALIZACE

Navrhnout a postavit nízkoenergetický dům není nic jednoduchého. Na českém trhu je bohužel málo renomovaných dodavatelů s dostatečnými zkušenostmi. Bohužel je také možné narazit i na neseriózní dodavatele, kteří spoléhají na to, že zákazník ví o nízkoenergetických domech ještě méně než oni sami. Nízkoenergetický dům není v českém právu nijak definován, pod tímto pojmem tedy může nabízet kdokoli cokoli.

Proto je důležité kontrolovat kvalitu domu již od návrhu. Hned první problém je v tom, že v ČR neexistuje obecně závazný postup výpočtu. Leckterý dům tak sice splňuje kritérium nízké spotřeby, ale jen na papíře, díky kreativnímu výpočetnímu postupu. Jedním z dobrých vodítek je Energetický štítek obálky budovy (viz kapitola 1.4.), kde lze poměrně snadno zjistit, o kolik jsou jednotlivé konstrukce lepší než doporučení normy (norma výslovně uvádí, že u nízkoenergetického domu by hodnoty měly dosahovat 2/3 doporučených hodnot).

Pokud ve stavební dokumentaci nejsou detaily řešení tepelných mostů, je to vážný důvod k pochybnostem. Některé firmy nabízejí typová řešení detailů. Skutečná situace na stavbě (např. osazení do terénu) je ale složitější. Proto je dobré mít příslušné detaily vyřešené přímo pro konkrétní dům.

Může se vyplatit nechat projekt posoudit nezávislým specialistou, třeba v rámci optimalizace stavebních a provozních nákladů. V rámci energetické optimalizace se vytvoří matematický model objektu a namodelují se různé možnosti řešení pláště budovy (např. různé tloušťky izolací, různé typy oken atd.). Důležité je, že se navíc oproti běžnému stavebnímu projektu navrhnou různé kombinace vytápění, větrání a přípravy teplé vody, podle požadavků stavebníka. Jednotlivé možnosti se potom srovnají z hlediska investičních a provozních nákladů (je nutno zohlednit i růst cen energií a časovou hodnotu peněz), případně dalších hledisek (emise, rizika aj.). Díky optimalizaci si investor může být jist, že v jeho domě se energie nešetří za každou cenu.

Architektka a projektanta domu samozřejmě nemusí zajímat, kolik vás bude stát provoz chladničky a kolik zaplatíte za ohřev vody. I proto je optimalizace provedená energetickým specialistou důležitá.

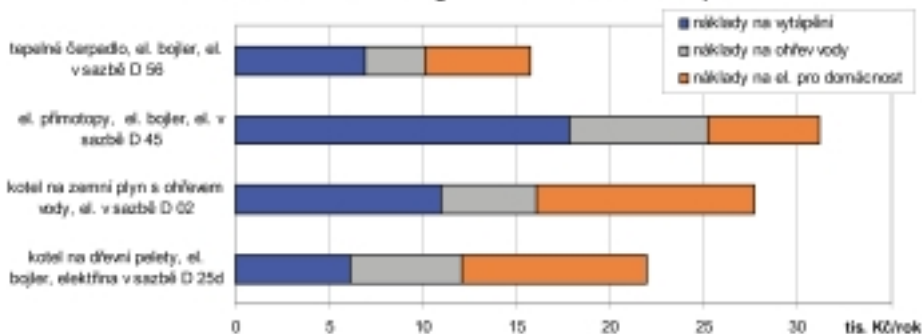
Průkaz energetické náročnosti budovy (viz kapitola 1.3.) může být v rámci optimalizace zpracován, nemůže ji však plně nahradit. V průkazu se pouze konstatuje stávající stav a navrhuje se nanejvýš jedna varianta zlepšení, což je málo.

	spotřeba [MWh]	kotel na dřevní pelety, el. bojler elektrina v sazbě D 25d	kotel na zemní plyn s ohřevem vody, el. v sazbě D 02	el. přímotopy el. bojler, el. v sazbě D 45	tepelné čerpadlo el. bojler el. v sazbě D 56
vytápění	7,5	6 150 Kč	10 950 Kč	17 850 Kč	6 900 Kč
ohřev vody	3,5	5 950 Kč	5 110 Kč	7 385 Kč	3 220 Kč
elektrina pro domácnost	2,7	9 809 Kč	11 610 Kč	5 885 Kč	5 644 Kč
celkem	13,7	21 909 Kč	27 670 Kč	31 120 Kč	15 764 Kč

Tabulka 7: Příklad různých nákladů na energie v nízkoenergetickém domě.

6. KONTROLA KVALITY

ekonomická bilance nízkoenergetického rodinného domu - příklad



Obrázek 33: Příklad různých nákladů na energii v nízkoenergetickém domě.

6.2. REALIZACE A STAVEBNÍ DOZOR

I nejlepší projekt může zkazit špatně provedená stavba. Kontrola kvality práce dělníků je zcela nezbytná – na staveništi by tedy neměl chybět odborný stavební dozor. Nabídku dodavateléské firmy, že stavební dozor zajistí sama, je lepší zdvořile odmítnout. Stavební dozor by měl hájit zájmy stavebníka (který chce za své peníze včas a kvalitně provedenou stavbu) a nikoli dodavatele (který chce stavbu dokončit s co nejnižšími náklady na materiál i práci). Projektant, který na stavbě provádí autorský dozor, stěží může stavební dozor plně nahradit, protože nebývá na staveništi denně (navíc nemusí být nezávislý na dodavateli).

Dobrý stavební dozor se zaplatí sám, tím, že hlídá objem skutečně dodaného a fakturovaného materiálu, termíny prací a jejich kvalitu.

6.3. VZDUCHOTĚSNOST

Aby nízkoenergetický dům fungoval tak, jak má, je nezbytné zajistit potřebnou vzduchotěsnost obálky domu. Pokud do domu „táhne“ skulinami kolem oken nebo dokonce ve stěnách (slabina dřevostaveb), je vzduchotechnika a rekuperační výměník téměř k ničemu. Teplo totiž nekontrolovaně utíká. Netěsnosti jsou současně místem, kudy se do konstrukce dostává vlhkost z vnitřního vzduchu. Zkondenzovaná vlhkost stavbě škodí, nejvíce ohrožuje dřevo, které může být napadeno houbami.

6. KONTROLA KVALITY

Těsnost budovy se proto kontroluje tzv. Blower-door testem, kdy se všechny otvory uzavřou a dům se „napumpuje“ pomocí ventilátoru osazeného obvykle ve vstupních dveřích. Podle toho, kolik vzduchu musí ventilátor dodat za určitého tlakového rozdílu, se zjistí těsnost. Požadavek pro nízkoenergetické domy je těsnost $n_{50,N} < 0,6 \text{ h}^{-1}$. To znamená, že za rozdílu tlaků 50 Pa (odpovídá zhruba stavu, kdy na dům fouká vítr rychlostí 30 km/h) se veškerý vzduch v budově vymění za 0,6 hodiny. Test je vhodné provádět dvakrát. Poprvé, když je dokončena hrubá stavba a provedena parotěsná vrstva. V této fázi je ještě relativně snadné najít a opravit netěsnosti. Druhý test se provádí po dokončení stavby, před předáním zákazníkovi. Zde už by bylo na opravy pozdě. Požadavek na těsnost budovy je dobré zakotvit ve smlouvě s dodavatelem – pokud nebude dům dost těsný, lze požadovat slevu, nebo naopak vyplatit prémii při dosažení lepších hodnot.

Těsnost domu nepřímou ukazuje i na kvalitu provedení celé stavby – jsou-li ostatní práce na domě odbyté, stěží můžeme čekat, že dům bude dost těsný a naopak.

Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ během měření těsnosti budovy:

Větrání přirozené nebo kombinované	4,5 h ⁻¹
Větrání nucené	1,5 h ⁻¹
Větrání nucené s rekuperací tepla	1,0 h ⁻¹
Nízkoenergetické a pasivní domy	0,6 h ⁻¹

Doporučené hodnoty pro těsnost domu dle ČSN 730540.



Obrázek 34: Blower-door test. Foto: Ekologický institut Veronica.

6. KONTROLA KVALITY

6.4. TERMOVIZE

Kontrola stavby termovizní kamerou může odhalit místa, kde v konstrukci vznikly tepelné mosty. Nevýhodou je, že měření se provádí již na hotové stavbě, kdy je na opravy většinou pozdě. Měření musí probíhat v době nízkých venkovních teplot, tj. zhruba od října do dubna. Tepelné mosty se projeví vyšší povrchovou teplotou venkovních stěn (nebo naopak nízkou teplotou vnitřních stěn, pokud měříme uvnitř místnosti). Příliš výrazné tepelné mosty mohou být opět důvodem k požadování slevy z ceny stavby.

Termovize se uplatní i při výše uvedeném testu těsnosti, resp. při hledání netěsností – odhalí místa, kudy dovnitř proudí vnější vzduch s odlišnou teplotou. Lze ji také využít pro kontrolu kvality tepelných izolací (jestli není někde vynechaná nebo zeslabená) nebo pro kontrolu funkce podlahového či stěnového topení.



Obrázek 35: Nízkoenergetický dům z dřevěných panelů.

Foto: K. Srdečný.

Nízkoenergetický dům je dům netradiční – poskytuje svým obyvatelům komfort, teplo a čerstvý vzduch, ale přitom jeho provoz není drahý. V takovém domě je namísto použít i netradiční stavební postupy a materiály a nespoléhat na řešení typu „takhle se to dělalo vždycky“.

Při přemýšlení nad domem jistě narazíte na mnoho dalších otázek, které se v této knize nevyskytují. Můžete navštívit některou z energetických poraden, případně poraden ekologických. Většina z nich poskytuje konzultace zdarma, nejen osobně, ale i e-mailem přes webové rozhraní na www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/i-ekis.

Energetické poradny (podporované Ministerstvem průmyslu a obchodu):

<http://www.mpo-efekt.cz/>

Ekologické poradny:

<http://www.ekoporadny.cz/>

<http://www.ekoporadna.cz/>

8. LITERATURA

- [1] Beranovský, J., Truxa, J.: Alternativní energie pro váš dům, ERA, Brno, 2004.
- [2] Cihelka, J.: Solární tepelná technika. T. Malina, Praha, 1994.
- [3] Humm, O.: Nízkoenergetické domy, Grada, Praha, 1999.
- [4] Kol.: Passivhaus-Bauteilkatalog, SpringerWienNewYork, Wien, 2008.
- [5] Kol.: Spotřebitelské otázky a odpovědi ekologických poraden. STEP, Brno 2002.
- [6] Kovář. S., Böhmová, I.: Harmonie ekodomu, Spolek za obrodu architektury
- [7] Slunečnice, České Budějovice, 2004.
- [8] Ladener, H. a kol.: Jak pořídit ze staré stavby nízkoenergetický dům. HEL, 2001.
- [9] Ladener, H., Späte, F.: Solární zařízení, Grada, Praha, 2003.
- [10] Macholda, F., Srdečný, K.: Úspory energie v domě. Grada, Praha, 2004.
- [11] Mittermair, F.: Zařízení se slunečními kolektory. HEL, Ostrava, 1995.
- [12] Murtinger, K., Truxa, J.: Solární energie pro váš dům, ERA, Brno 2005.
- [13] Murtinger, K.: Co bychom měli vědět než začneme stavět dům, HEL, Ostrava 2004.
- [14] Nagy, E.: Nízkoenergetický ekologický dům. Jaga Group, 2002.
- [15] Počinková, M., Čuprová, D.: Úsporný dům, ERA, Brno, 2004.
- [16] Řehánek, J., Janouš, A., Kučera, P., Šafránek, J.: Tepelně technické a energetické vlastnosti budov, Grada, 2002.
- [17] Srdečný, K., Truxa, J.: Tepelná čerpadla, ERA, Brno 2005.
- [18] Srdečný, K.: Energeticky soběstačný dům. ERA, Brno, 2006 .
- [19] Šála, J., Machatka M.: Zateplování budov v praxi, Grada 2002.
- [20] Šála, J.: Zateplování budov. Grada 2000.
- [21] Šubrt, R.: tepelné izolace v otázkách a odpovědích, BEN, Praha, 2005.
- [22] Tichý, F., Mužík, V.: Zateplování budov, SIA, 1998.
- [23] Tintěra, L. a kol.: Úsporná domácnost. ERA, Brno, 2002.
- [24] Trnka, L. (ed): Pasivní dům, Veronica, Brno, 2004.
- [25] Tywniak, J.: Nízkoenergetické domy – principy a příklady, Grada, Praha 2005.



JAK POSTAVIT NÍZKOENERGETICKÝ DŮM

Karel Srdečný



Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována s dotací Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2008 - část A - Program EFEKT

vydal: **EkowATT**



centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie

Švábky 2
180 00 Praha 8 - Karlín
www.ekowatt.cz
info@ekowatt.cz