

Nízkoenergetický rodinný dům v Roztokách u Prahy - praktické zkušenosti z realizace dřevostavby, porovnání s návrhem

Jan Růžička*) **, Radek Začal**)

*) Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha

***) atelier KUBUS, Na Valech 6, 160 00 Praha 6

Tel: +420 777 585 096, e-mail: jan.ruzicka@fsv.cvut.cz, atelier@kubus.cz

1. Úvod

Navrhování a výstavba nízkoenergetických a pasivních domů představuje široký komplex problémů, které je potřeba řešit jednak ve fázi návrhu stavby, ale také v průběhu realizace. Cílem příspěvku je ukázat jeden z možných přístupů, jakým je energeticky úsporná stavba navržena a jakým je v jednotlivých projekčních fázích a ve fázi realizace kontrolována její kvalita z hlediska energetických souvislostí.

Tento přístup je prezentován na konkrétním příkladu nízkoenergetického rodinného domu v Roztokách u Prahy, jehož výstavba byla zahájena v listopadu 2007. Jedná se o dvoupodlažní nepodsklepený objekt se samostatně stojící garáží. Vlastní objekt rodinného domu je realizován jako dřevostavba systémem "2x4" a je navržen jako nízkoenergetický. Samostatně stojící garáž je nevytápěná a její konstrukce je zděná. Základní parametry objektu (bez garáže a skladů) jsou:

- zastavěná plocha 153,6 m²
- užitná plocha 240,0 m² (1.NP 119,9 m², 2. NP 120,1 m²)
- obestavěný prostor 1100,6 m³
- studie, DSP, TDI: atelier KUBUS
- DPS: Porsenna Stavební, s.r.o., atelier KUBUS
- realizace: Porsenna Stavební, s.r.o., 11/2007 – 09/2008



Obr. 1 Půdorysy obou podlaží rodinného domu a příčný řez.



Obr. 2 Objekt ve fázi realizace. Stav k 10/2008.

2. Energetická kvalita objektu v jednotlivých fázích

Ve všech fázích návrhu stavby i v průběhu realizace je potřeba provést řadu koncepčních rozhodnutí, které mají kromě jiného vliv na energetickou bilanci objektu. Jednotlivé varianty řešení i konečná rozhodnutí by měly být v reálném čase ověřovány a upřesňovány pomocí vhodného výpočtového modelu, který rychle reaguje na změny návrhu, umožňuje jednoduše pracovat ve variantách a přináší podrobné a přehledné výsledky.

Pro takovouto efektivní práci byl použit nástroj vytvořený v prostředí tabulkového procesoru (1). Metodika výpočtu potřeby tepla na vytápění důsledně respektuje ČSN EN ISO 13790. Jednotlivé výpočetní moduly umožňují přehledně sledovat kvalitu jednotlivých subkonstrukcí i okolní vlivy a jejich dopad na celkovou potřebu tepla na vytápění. V průběhu výpočtu jsou sledovány např.: kvalita obvodového pláště, kvalita výplní otvorů a jejich komponentů na základě jejich geometrie (rám, zasklení, distanční rámeček) včetně vlivu stínění, vliv tepelných vazeb a tepelných mostů, způsob větrání, vliv akumulace podle použitých materiálů atd. Grafický výstup umožňuje sledovat rozdělení měrné tepelné ztráty prostupem na všechny prvky obvodového pláště a stává se tak základní pomůckou při optimalizaci jejich tepelně izolačních vlastností. Výpočtový model a tepelně technické výpočty ve všech fázích projektu i realizace provedl Ing. Jiří Novák, Fakulta stavební, ČVUT v Praze.

Jednotlivé varianty jsou posuzovány dvěma výpočtovými přístupy:

- (i) optimalizační přístup – zohledňuje všechny vazby objektu na konkrétní lokalitu (místní klimatická data), na místní situaci (orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou, horizontem...) a na konkrétní způsob užívání. Tento přístup slouží k optimalizaci konstrukčního řešení pro cílové požadavky projektanta nebo klienta a zjednodušeně odráží reálné chování budovy v konkrétních podmínkách.

- (ii) deklarační přístup podle „Metodiky hodnocení nízkoenergetických rodinných domů“ (2) – slouží k deklarování obecné kvality stavebního řešení objektu a není vázán na konkrétní lokalitu a konkrétní podmínky užívání. Tento výpočtový přístup umožňuje objektivně porovnávat technickou kvalitu staveb navzájem mezi sebou bez ohledu na různé okrajové podmínky v místě stavby.

2.1. Návrh stavby (studie) – model A1, A2, A3, A3dec

Účelem energetického posouzení objektu ve fázi návrhu stavby (studie) bylo prověřit architektonické, dispoziční a provozní souvislosti z hlediska požadavků na nízkoenergetický/pasivní dům. Zejména šlo o prověření hmotového konceptu (poměr A/V), dále o vliv počtu, velikosti a orientace okenních otvorů a o členění na vytápěné, nevytápěné, popř. temperované zóny na celkovou tepelnou bilanci objektu.

V této fázi byly posuzovány tři úrovně tepelně technické kvality obvodového pláště, která je dána v jednotlivých variantách cílovými hodnotami součinitele prostupu tepla U [W/m^2K]. Vliv tepelných vazeb (styk podlaha/stěna, přechod stěna/střecha, ostění, nadpraží a parapety okenních otvorů) a tepelných mostů (kotvení žaluzií, zábradlí balkonů...), ale také vliv akumulace atd. byl v předběžném výpočtu zahrnut formou „kvalifikovaného odhadu“. Dále byl zahrnut vliv přirozeného (model A1, A2) a mechanického větrání (model A3).

Všechny tři varianty byly posouzeny optimalizačním přístupem (model A1, A2, A3), konečná varianta A3dec byla posouzena také deklaračním přístupem podle Metodiky (2). Výsledná varianta sloužila jako výchozí zadání pro další projektové fáze.

2.2. Projekt pro stavební povolení – model B1

Pro stavební povolení byl objekt navržen jako zděný z keramických tvárnic tl. 240 mm, s prefamonolitickou stropní konstrukcí z keramických nosníků a vložek o celkové tl. 250 mm. Obvodový plášť byl tvořen KZS, tl. zateplení 220 mm resp. 240 mm. Konstrukce valbové střechy byla tvořena nosnými vazbami s oboustrannými kleštinami a vrcholovou vaznicí podporovanou také zdvojenými kleštinami s provětrávanou skladbou o celkové tl. tepelné izolace 340 mm. Schodiště bylo navrženo jako železobetonové monolitické.

V tepelně technickém posouzení (model B1) jsou zahrnuty navržené skladby konstrukcí, dále konkrétní tepelné vazby a tepelné mosty.

2.3. Prováděcí projekt – model C1, C1dec

Na základě rozhodnutí investora byl objekt z ekonomických a časových důvodů realizován jako dřevostavba systémem „2x4“. Prováděcí dokumentaci zpracovala dodavatelská firma (Porsenna Stavební s.r.o.). Navržené technické řešení bylo prověřeno jednak s ohledem na energetické souvislosti tepelně technickým výpočtem (model C1, C1dec), ale také s ohledem na původní provozní a architektonické požadavky definované investorem.

V úrovni prováděcího projektu se jednalo zejména o přepočítání navržených skladeb konstrukcí, revizi tepelných vazeb a tepelných mostů s ohledem na nové technologické řešení, zahrnutí snížení vlivu akumulace do výpočtu celkové potřeby tepla na vytápění atd.

V souvislosti s novým konstrukčním řešením došlo také ke změnám v průběhu hranice vytápěné zóny. Tepelná izolace neprobíhá v rovině střešního pláště, ale v úrovni stropu 2. NP. Prostor mezi stropem a střechou je nevytápěný a větraný. Tím došlo ke snížení zmenšení plochy teplosměnné obálky stavby, což mohlo dílčím způsobem ovlivnit výpočet.

2.4. Realizace stavby – model D1, D1dec

V průběhu realizace stavby došlo k některým dílčím změnám oproti prováděcímu projektu, zejména se jednalo o změnu kvality výplní otvorů (nebyly použity tak kvalitní okna jak bylo v projektu předpokládáno), dále o dílčí změny použitých materiálů atd. Bylo snahou všechny tyto odchylky od naprojektovaného řešení zahrnout do konečného výpočtu, jehož model (model D1, D1dec) nejuvěrněji odráží skutečné provedení a skutečnou kvalitu stavby.

Specifickým problémem dřevostaveb (ale nejen jejich) je zajištění vzduchotěsnosti obálky stavby. Kvalita provedení vzduchotěsné obálky je klíčová pro zajištění efektivní funkce zpětného získávání tepla rekuperací. Vzduchotěsnost stavby byla před kompletací vnitřních povrchů ověřena tzv. Blower Door Testem (Ing. Jiří Novák, Ph.D., Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 08/2008). Výsledek měření 0,43 [h⁻¹], který mj. představuje dosažení vynikající kvality vzduchotěsnosti obvodového pláště, byl zohledněn v aktualizovaném výpočtu.



Obr. 3 Kontrola vzduchotěsnosti stavby – Blower Door Test, 08/2008, Ing. Jiří Novák, Ph.D., Fakulta stavební ČVUT v Praze.

2.5. Přehled variant a analýza výsledků

Přehled jednotlivých parametrů rozhodujících pro energetickou bilanci stavby je v různých fázích projektu a realizace uveden společně s výsledky energetického posouzení v tabulce 1. Zvýrazněny jsou vždy ty parametry, u kterých došlo ke změnám vůči předchozímu výpočtovému modelu. Z přehledu je zřejmé, že v jednotlivých fázích projektu se může řada parametrů výrazně měnit, ať již vlivem cílené optimaliza-

ce konstrukčního, materiálového či technologického řešení nebo vlivem více či méně subjektivních rozhodnutí stran zúčastněných na projektu a realizaci stavby.

Výsledky tepelně technického posouzení ukazují, že energetická kvalita objektu se v jednotlivých fázích návrhu i realizace může výrazně lišit. Z toho vyplývá potřeba sledovat projekt i výstavbu a průběžně prověřovat vliv dílčích změn nebo úprav tak, aby nedošlo k výraznému odchýlení od vytyčených cílů.

Zároveň jsou z výsledku analýzy patrné významné rozdíly mezi tzv. optimalizačním přístupem a tzv. deklaračním přístupem podle Metodiky [2]. Z toho je patrná potřeba do budoucna zejména pro deklarační účely přijmout takový způsob výpočtu, který bude co nejméně citlivý na subjektivní způsoby posuzování, tak aby bylo možné objektivně vyhodnocovat a vzájemně porovnávat technickou kvalitu staveb mezi sebou.

Zároveň je potřeba připomenout význam optimalizačního přístupu, který slouží k optimálnímu návrhu stavby a jejích jednotlivých komponentů v konkrétních podmínkách, s cílem maximálně efektivně využít technické a finanční možnosti k dosažení stanovených cílů.

Fáze projektu	STUDIE	STUDIE	STUDIE	STUDIE - dle Metodiky [2]	DSP	DPS	DPS - dle Metodiky [2]	REALIZACE	REALIZACE - dle Metodiky [2]
Model	A1	A2	A3	A3dec	B1	C1	C1dec	D1	D1dec
Stručný popis									
způsob větrání A/V	přirozené 0,63	přirozené 0,63	mechanické 0,63	mechanické 0,63	mechanické 0,63	mechanické 0,69	mechanické 0,69	mechanické 0,69	mechanické 0,69
Větrání podrobněji									
tok větracího vzduchu [m ³ /h]			150	105	150	150	105	150	105
způsob výpočtu toku v.v.	$n = 0,5 \text{ h}^{-1}$	$n = 0,5 \text{ h}^{-1}$	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)	6 osob, 25 m ³ /(h.os)
účinnost ZZT	bez ZZT	bez ZZT	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
násobnost výměny vzduchu n_{50} [h ⁻¹]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,43	0,43
Tepelně izolační vlastnosti U [W/(m².K)]									
okna velká - zasklení	1,10	1,10	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
okna velká - rám	1,40	1,14	1,00	1,00	1,00	0,86	0,86	1,00	1,00
okna malá - zasklení	1,10		1,10	1,10	1,10	0,60	0,60	0,60	0,60
okna malá - rám	1,40		1,00	1,00	1,00	0,86	0,86	1,00	1,00
obvodová stěna	0,38	0,25	0,15	0,15	0,15	0,119	0,119	0,119	0,119
střecha	0,24	0,16	0,14	0,14	0,15	0,115	0,115	0,115	0,115
podlaha nad exteriérem (nad vstupem)	0,24	0,16	0,15	0,15	0,15	0,119	0,119	0,119	0,119
podlaha 1. NP	0,45	0,30	0,30	0,30	0,23	0,272	0,272	0,272	0,272
Tepelné zisky									
čas. konstanta zóny τ [hod]	100	100	150	150	150	100	100	100	100
celkové vnitřní zisky ϕ_i [W]	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00	520,00
Výsledky									
prům. souč. p.t. U_{em} [W/(m ² .K)]	0,44	0,34	0,25	0,24	0,24	0,20	0,19	0,20	0,19
celková tepelná ztráta budovy Q_t [MWh]	44,40	37,24	20,11	16,53	19,72	15,84	12,62	15,99	12,85
tep. ztráta budovy při $\Delta\theta = 36 \text{ °C}$ [kW]	15,150	12,694	6,856	6,228	6,721	5,399	4,757	5,451	4,841
měrná potřeba tepla n. v. e_A [kWh/(m².a)]	129,5	103,4	44,9	30,1	43,5	31,1	18,6	31,6	19,2

Tab. 1 Součinitele prostupu tepla U [W/m².K] pro jednotlivé výpočtové varianty a celkové výsledky.

3. Realizace stavby

Ve fázi realizace stavby byla velká pozornost soustředěna na kvalitní provedení stavebních prací jednak z hlediska přerušení teplených mostů v tepelně izolačním plášti stavby a jednak z hlediska zajištění těsnosti vzduchotěsné vrstvy stavby, která záro-

veň tvoří také parozábranu. Výsledek, deklarovaný m.j. Blower Door Testem, je dán jednak kvalitně zpracovanou prováděcí dokumentací a jednak příkladným provedením realizační firmy. Řešení některých klíčových detailů stavební konstrukce ukazují následující obrázky.



Obr. 4 Detaily přerušení tepelných mostů v tepelně izolační obálce stavby.



Obr. 5 Detaily zajištění těsnosti vzduchotěsné a parotěsné vrstvy.

4. Závěr

Prezentovaný projekt ukazuje, že sledování kvality objektu ve všech fázích návrhu i realizace a zohlednění konkrétních změn a úprav, je nezbytnou součástí zajištění cílové kvality stavby.

Zkušenost z těchto podrobných analýz pak ukazuje stále větší požadavky na kvalitu vstupních údajů, zejména dat týkajících se tepelně-technických vlastností použitých materiálů (např. tepelných izolací, parotěsných a vzduchotěsných vrstev...) a jednotlivých komponentů (výplní otvorů atd.). To je úkol a výzva zejména pro jejich výrobce a distributory.

5. Literatura

- (1) RŮŽIČKA, J., ZAČAL, R., NOVÁK, J.: *Tvorba koncepce nízkoenergetických staveb ve fázi jejich návrhu*, sborník Pasivní domy 2006, Centrum pasivního domu, 2006, 64 – 65 s.
- (2) TYWONIAK, J.: *Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů*, Tepelná ochrana budov, 2008/1, 11-17 s., ISSN 1213-0907