

Optimalizace návrhu pasivního domu pomocí software PHPP 2007 CZ

Ing. arch. David Křeček
Školitel: doc. Ing. Josef Chybík, CSc.
Ústav stavitelství - FA VUT Brno

Institut pasivního domu v čele s Wolfgangem Feistem (Passivhaus Institut), ve městě Darmstad v Německu, vydal v roce 2007 program PHPP 2007 (Passive house planning package) pro determinování energetické náročnosti pasivních domů. Program byl nyní distribuován Centrem pasivního domu v Brně v české mutaci PHPP 2007 CZ. Software je neustále aktualizován na základně nejnovějších poznatků z měření, simulací a výzkumných projektů.

Česká podoba programu vychází z německé verze a jsou do ní implementována klimatická data z českého prostředí (klimadata jsou pro 11 typických klimatických oblastí ČR).

1. Co to je PHPP 2007 CZ

Program PHPP 2007 CZ je velmi mocný nástroj pro navrhování pasivních domů. Je to komplexní program, pomocí kterého lze posuzovat energetickou náročnost již postavené budovy nebo lze optimalizovat návrh pasivního domu již v projektové fázi.

Rozhraní běží pod programem Microsoft Excel a do výpočtů se zadávají okrajové podmínky a parametry výpočtu.

Navrhování pasivních domů vyžaduje zcela specifický přístup k výpočtu. Poněvadž celková potřeba tepla na vytápění je pouze 15 kWh/(m²a), nestačí používat pro výpočet běžně užívané metody pro výpočet tepelných ztrát. Tento postup není zcela přesný, protože zanedbává vliv solárních zisků, zastínění oken, kvalitu rekuperační soustavy, tepelné mosty a mnoho dalších činitelů. Proto jsou klasické výpočty nepřesné a značně se liší od skutečnosti.

Pro výpočet je tedy vhodné používat program PHPP 2007 CZ, který všechny vlivy zohledňuje. Důležité hodnoty pro posouzení jsou:

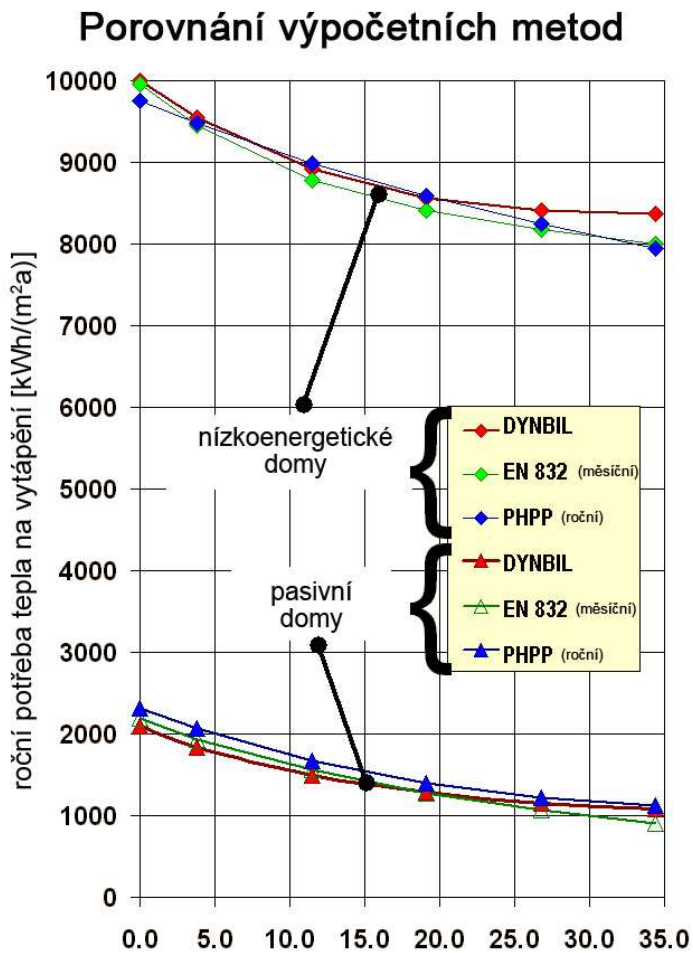
- plochy obalových konstrukcí a součinitelé prostupu tepla
- tepelné ztráty transparentními konstrukcemi, výplněmi otvorů a tepelnými mosty
- solární tepelné zisky a vliv zastínění
- tepelné ztráty větráním, vliv neprůvzdušnosti budovy

2. Proč používat PHPP 2007 CZ

Pokud bychom chtěli stanovit přesné hodnoty pro návrh pasivního domu, je nutno přikročit k přesné dynamické modelování výpočtové situace, ve velmi náročném programu na dynamické 3D modelování parametrů (DYNBIL). Tento

program je velmi složitý a už jen zadávání všech hodnot okrajových podmínek je pro návrh pasivního domu nereálně složité.

Pro návrhy prvních pasivních domů v Německu se využívaly sofistikované výpočetní modely, které obsahovaly mnoho dat pro výpočet energetické bilance. Výpočty pro budovy s nízkou potřebou energie dle stávajících německých norem se jeví jako nepřesné. Počítačový model pro jeden z prvních pasivních domů bytovka Darmstadt-Kranichstein vyžadoval více než 2000 nezávislých vstupních dat (bez klimaticky datového souboru). Pokud má simulace poskytovat spolehlivé výsledky, musí být údaje v souladu s aktuální geometrií budovy a zohledňovat co nejvíce okrajových podmínek [1].



Obr. 1 Porovnání výsledků výpočtových metod [2]

Náklady na takový model jsou rozsáhlejší a ne všechny potřebné údaje jsou rovnocenné důležitosti. Proto se hledala cesta, která bude přívětivější pro architekty a projektanty. Identifikovala se mezidobí kritických faktorů pro spolehlivé výpočty s nástroji, které jsou jednoduché a přijatelné pro zadávání dat.

Tím byly navrženy zjednodušené modely, které s přijatelným úsilím poskytují spolehlivé výsledky. Dostatečné přesnosti pro účely plánování a optimalizace lze dosáhnout při použití jednoduchého modelu. Velmi důležité je používání měsíčních energetických bilancí namísto dynamické simulace v krátkých intervalech, získávání dat pouze z obvodového pláště budovy. Díky tomu snížíme nároky na výpočet a architekt se může více soustředit na důležité proměnné.

V PHPP se jasně využívá okrajových podmínek, které jsou mírně odlišné od klasických postupů:

- pro vnitřní zdroje tepla v obytných budovách od spotřebičů se bere hodnota 2,1 W/m (+0,3), což je reálnější než 5 W/m, jak se často předpokládá
- jako průměrnou teplotu interieru lze předpokládat 20 °C, což je mnohem realističtější než 19 °C
- pro výpočet solárních zisků je důležité vzít v úvahu skutečné stínící faktory (okolní překážky, balkony a další) s ohledem na přítomné nečistoty a prach z ovzduší

- faktor teplotní korekce byl zvolen příliš optimisticky pro super-izolované budovy
- pro vzduchotěsnost je dobré vycházet ze skutečných naměřených hodnot n_{50}

Tímto byl vyvinut program PHPP, který je optimálně přizpůsobený a kalibrovaný pro navrhování pasivních domů [2].

3. Princip zadávání hodnot PHPP 2007 CZ

Celý výpočet je rozdělen do dvou částí – výpočet potřeby tepla na vytápění, který musí být pro pasivní dům do 15 kWh/(m²a), a výpočet celkové primární energie (energie pro TV, vytápění, pomocné a domácí spotřebiče), která musí být do 120 kWh/(m²a).

Software PHPP 2007 CZ byl naprogramován do prostředí Microsoft Excel a zadávání v uživatelském rozhraní se co nejvíce přiblížilo do srozumitelné podoby. Výpočet je rozdělen do záložek, které jsou mezi sebou vzájemně provázané, takže je velmi interaktivní. Při každé změně hodnot se ihned vše aktualizuje.

Program je přehledně uspořádán. Na každém listu je zřejmé, které buňky se mají vyplnit, a které jsou již vypočteny. Celý soubor je uzamčen, aby se náhodou při zadávání a kopírování hodnot nezměnily vložené vzorce. Heslo pro uzamčení není použito, takže lze program modifikovat, přidávat záložky a upravovat. Tento postup si může dovolit jen zkušený odborník, protože nekorektní změny mohou vést ke špatným výsledkům a tudíž díky PHPP nelze provést certifikaci domu.

Přehled nejdůležitějších záložek pro výpočet pasivního domu:

- **hodnocení** – nejdůležitější charakteristika objektu, obestavěný prostor, počet osob, výpočetní metoda a souhrn výsledků
- **plochy** – plochy stavebních dílů, tepelné mosty, vytápěná plocha
- **U-hodnoty** – databáze součinitelů prostupu tepla stavebních konstrukcí
- **zemina** – výpočet tepelných ztrát proti zemině
- **okna** – zadání tvarů, orientace, délky a šířky ráků, U_g a U_f ráků, součinitele prostupu tepla vlivem tepelných vazeb, celkové ozáření
- **oknaTyp** – zasklení a okenní ráky a jejich charakteristiky
- **zastínění** – vliv zastínění okolními vlivy, ostěním, stínicí součinitelé
- **větrání** – množství vzduchu při větrání, účinnost rekuperace, neprůvzdušnost
- **teplo na vytápění** – výpočet roční potřeby tepla
- **měsíčníM** – měsíční metody
- **léto** – intenzita nadměrných teplot pro tepelnou pohodu v letním období (má být do 10% do 25 °C)
- **zastínění-L** – koeficienty zastínění pro letní období
- **větrání-L** – odhad objemových toků pro přirozené větrání
- **TV+rozvody** – tepelné ztráty v rozvodných systémech TV a vytápění
- **elektřina** – výpočet potřeby elektřiny

- **primárníE** – systém rekuperace tepla, charakteristická hodnota primární energie a CO₂
- **CZT** – výpočet potřeby konečné a primární energie
- **klimadata** – klimatická data pro danou oblast

Při zadávání okrajových podmínek a parametrů budovy je nutné dávat velký pozor. Pro správné vložení dat musí být člověk s problematikou obeznámen na úrovni odborníka architekta nebo projektanta [3].

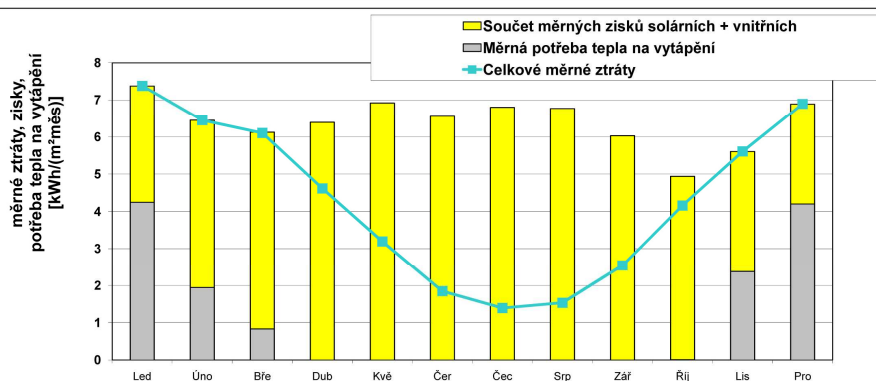
Jak již bylo řečeno, tak program PHPP 2007 CZ je nejvhodnější pro výpočet přímo pasivních domů, které mají spotřebu do 15 kWh/(m²a), a pro nízkoenergetické domy okolo 35 kWh/(m²a) má již výpočtovou odchylku zhruba 10% - což pro nízkoenergetické domy postačuje. Pro posuzování domů vyhovujících pouze dnešní ČSN 73 0540 už nepostačuje a je třeba použít jiný program (například software Tepelná technika) [4].

4. Optimalizace návrhu pasivního domu

Program PHPP 2007 CZ má jednu velkou výhodu. Dům lze v rámci projektové dokumentace doladřovat a optimalizovat a iterací se blížit ideálním výsledům.

Málokterý dům, který je navrhován jako pasivní, lze po prvotním zadání do programu PHPP 2007 CZ klasifikovat jako pasivní. Studie domu se navrhuje s citem a ze zkušeností s návrhem těchto domů a lze pouze intuitivně očekávat, že dům při zvolení správné dispozice, orientace ke světovým stranám, velikostí zastínění a velikosti prosklení jižní fasády bude pasivní.

	led	Úno	Bře	Dub	Kvě	Čer	Čec	Srp	Zář	Říj	Lis	Pro	Rok	
Klima: Standard Německo														
Objekt: PD - koncový řadový dům Kranichstein														
Místo: Darmstadt Kranichstein														
Hodinnostupně - exteriér	15,1	13,1	12,1	8,9	5,7	3,0	2,1	2,5	4,7	8,2	11,4	14,1	101	kWh
Hodinnostupně - podlaha	7,4	7,0	7,6	6,9	6,3	4,7	4,2	3,9	4,5	5,2	5,8	6,8	70	kWh
Ztráty - vnější	1019	882	817	599	387	205	143	170	317	557	773	955	6824	kWh
Ztráty - zemina	132	124	135	122	112	83	75	69	80	92	103	121	1249	kWh
Celkové měrné ztráty	7,4	6,5	6,1	4,6	3,2	1,8	1,4	1,5	2,5	4,2	5,6	6,9	51,8	kWh/m ²
Solární zisky - Sever	25	38	66	94	127	140	140	112	76	46	25	18	908	kWh
Solární zisky - Východ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solární zisky - Jih	195	397	444	558	572	511	538	578	538	424	215	141	5112	kWh
Solární zisky - Západ	6	11	18	26	33	32	33	29	22	14	6	4	235	kWh
Solární zisky - Horiz.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	kWh
Solární zisky - Neprůhledn	19	36	54	83	105	104	107	94	69	43	21	13	746	kWh
Vnitřní zdroje tepla	244	220	244	244	236	244	236	244	236	244	236	244	2870	kWh
Součet měrných zisků solí	3,1	4,5	5,3	6,4	6,9	6,6	6,8	6,8	6,0	4,9	3,2	2,7	63,3	kWh/m ²
Faktor využití	100%	100%	100%	72%	46%	28%	20%	23%	42%	84%	100%	100%	60%	
Potřeba tepla na vytápění	663	304	131	0	0	0	0	0	0	2	372	656	2127	kWh
Měrná potřeba tepla na vytápění	4,3	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	4,2	13,6	kWh/m ²



Obr. 2 Měrná potřeba tepla na vytápění – měsíční metoda [3]

Existují dva základní druhy pro zadávání dat do PHPP 2007 CZ. Buď posuzujeme studii domu a následně ji optimalizujeme nebo počítáme skutečný stav budovy dle prováděcího projektu.

Pro vypracování studie pasivního domu stačí studie stavby domu – situace včetně okolní zástavby, půdorysy a řezy a základní návrh skladby konstrukcí. Ostatní chybějící hodnoty (kvalita oken, velikosti ráků, účinnost rekuperace a další) doplníme ze zkušeností z jiných projektů nebo necháme nevyplněné a program pro výpočet použije standardní data. Pokud například zatím neznáme přesnou vzduchotěsnost stavby, tak program automaticky použije hodnotu 0,6 h-1 [3].

Řídíme se pravidlem, že jsme vždy na straně bezpečnosti. Pro ochlazované plochy používáme například vnější rozměry (máme i záporné tepelné mosty), všechny okenní rámy bereme jako otvíravé (máme větší vliv rámu a menší solární zisky). Například pro hodnoty kvality ráků, zasklení, účinnosti rekuperace, atd. používáme standardní hodnoty. Pokud jsme si jisti, že se skutečně použije námi předpokládaná kvalitnější konstrukce, můžeme výpočet upravit.

Při posuzování stavu dle projektu musí být dostatečně rozpracovaná projektová dokumentace – pro zadávání nestačí pouze hrubá studie stavby. Pro dobré zhodnocení je vhodné mít k dispozici situaci stavby, kde je zobrazena sousední zástavba, porosty stromů a vyšší terénní vlny. Půdorysy a řezy alespoň v měřítku 1:100 a větším s doloženými plochami (rozměry místností, obalové plochy, hrubé rozměry oken). Dále je třeba mít plány technického vybavení budov nebo výkresy větrání, vytápění, teplé vody, návrh větracího zařízení s parametry, výměník tepla a detailní výkresy všech napojení tepelné obálky stavby s vyznačenou vzduchotěsnou rovinou.

Pro kvalitu použitých materiálů a technologií je nutno mít technické informace a technické listy od použitých výrobců. Například pro okna je nutné znát U_f , U_g , $\Psi_{osazení}$, $\Psi_{okraje\ skla}$, součinitel g , a jiné parametry.

Všechny informace je nutno do programu zadat velmi přesně a nedělat žádné kompromisy při vkládání – není možno vynechat tloušťky ráků, ostění, tepelné mosty u základů, vliv zastínění a další faktory. Pokud se údaje vloží nepečlivě, tak bude výsledek nekorektní. Udává se, že chyba lidského faktoru při zadávání údajů je až 10% - to znamená, že ač dva dělají totéž, tak to není totéž.

Skutečné hodnoty po provedení stavby lze zjistit měřením. Přesná hodnota neprůvzdušnosti stavby provedená Blowerdoor testem nám může velmi zahýbat s výpočtem potřeby tepla na vytápění.

Aby si člověk byl jistý správností zadání, je třeba spočítat několik domů, ty optimalizovat a získat takto dostatečnou praxi. Doba pro vložení a optimalizaci rodinného domu pro středně zkušeného člověka je 6 - 8 hodin. V současné době pořádá Centrum pasivního domu seminář pro odborníky pro výpočet v PHPP 2007 CZ, kde je možno získat první impuls pro navrhování v PHPP.

5. Příklad optimalizace pasivního domu

Optimalizace domu není jednoduchá. Je dobré mít jisté zkušenosti a mít přehled o vhodných materiálech, konstrukcích, oknech, atd. Vyladování se často porovnává v peněžních jednotkách. Na způsobu opatření je třeba zjistit jaká je jeho rentabilita do budoucna a efektivita pro měrnou potřebu tepla [4].

Pro optimalizaci je nutno zvážit, co se více vyplatí – zda dostat dům pod limitní hranici 15 kW/(m²a) nebo ušetřit nějaké peníze a zachovat požadovanou

architekturu. Zde je nastínění jednoduché úpravy studie menšího rodinného domu na základě současných cen materiálů. Rozvaha není jednoduchá a lze např.:

Rozvaha pro menší rodinný dům – cca 125 m² vytápěné plochy

- díky zmenšení tloušťky příček bude zvětšena vytápěná plocha – ušetří se 30 tis. Kč a potřeba tepla se sníží o 1,3 kWh/(m²a)
- díky zmenšení stropní desky se ušetří 60 tis. Kč a potřeba tepla se sníží o 0,5 kWh/(m²a)
- díky vylepšeným oknům s $U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ a rámy $U_f = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ se zvýší cena o 70 tis. Kč a potřebu tepla se sníží o 1,5 kWh/(m²a)
- bude zajištěna skutečná lepší vzduchotěsnost na $0,3 \text{ h}^{-1}$ díky kvalitně provedené práci a případné vzduchotěsné vrstvě a potřeba tepla se sníží o 1,1 kWh/(m²a)
- dům se posune do jiné lokality v rámci ČR a lze zdarma vylepšit potřebu tepla až o 4 kWh/(m²a)

Jak je zřejmé, tak optimalizovat dům dle PHPP 2007 CZ je výhodné. Zdaleka nezanedbatelný vliv má lokalita a nadmořská výška domu. Pokud dům vyladíme do ideálních hodnot, tak můžeme z programu vytisknout certifikát, který prokazuje kvalitu v pasivním standardu. Tento certifikát je mezinárodně uznávaný.

6. Program PHPP do budoucna

V současné době se program používá pro výpočet rodinných pasivních domů. Kvalita výsledků je ověřená a celkem přesná pro všechny požadavky. Předpokládá se, že pro program se do budoucna naprogramuje nové rozhraní, protože už nyní je počítání v Excelu na hranici možností programu. Při složitějších výpočtech je program již velmi nestabilní.

Pro navrhování větších a složitějších budov (velké bytové domy, dvojité fasády) bude třeba nutno využívat dynamicky modelované programy nebo bude potřeba vyvinout dokonalejší výpočetní nástroj.

Program PHPP 2007 CZ je v současné době nejkvalitnější nástroj pro projektování pasivních domů a žádný z architektů a projektantů co pasivní domy navrhují, by se bez něho neměl obejít.

7. Zdroje

- [1] 13. Internationale passivhaustagung 2009, In: www.passivhaustagung.de
- [2] IG Passivhaus Österreich, In: www.igpassivhaus.at
- [3] FEIST, Wolfgang et al. *Navrhování pasivních domů – PHPP 2007 CZ*, Passivhaus Institut, Darmstadt, 2007. Překlad Centrum pasivního domu, Brno, leden 2009.
- [4] *Příručka pro odborníky ze semináře PHPP 2007 CZ*, Brno, Centrum pasivního domu, 2009.