

Významnost „architektonických“ prvků stavby na potřebu tepla na vytápění

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

Počátek návrhu úsporné stavby je nejvíce „abstraktní složkou návrhu s velmi nejistými vstupy“, neboť spousta parametrů v té chvíli je ještě zcela neznámá. Při navrhování pasivního domu se uplatňuje spousta navzájem propojených faktorů, např. trajektorie Slunce a vliv stínění okolím, hledisko oslunění a osvětlení interiéru, energetická kvalita konstrukcí, atd. V současné době architektovi nezbývá, než využívat všeobecně známých pouček, jako je například orientace velkých oken na jih, ale ze severu nikoliv apod. Bohužel tyto „empirické vzorce“ pro návrh skutečného pasivního domu nestačí. A přitom první náčrt domu nejvíce ovlivní nejen jeho tvar, formu, ale i uživatelský komfort, cenu, realizovatelnost a budoucí energetické chování stavby a s tím související provozní náklady domu. Je zcela zřejmé, že tato etapa nesmí být podceňena, neboť již „při malé změně počátečních vstupů je velkou měrou ovlivněn výsledek“.

Klíčová slova: pasivní dům, energetická optimalizace, potřeba tepla na vytápění

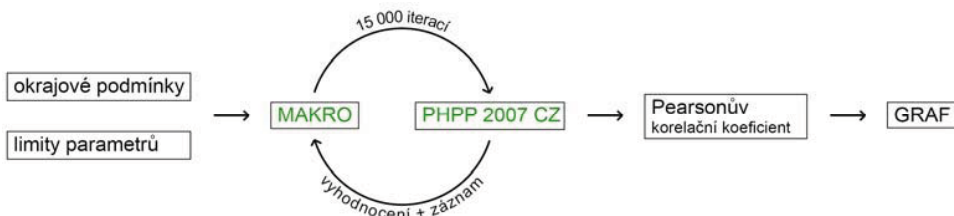
Significance of “Architectural” Building Features for the Purposes of Heating Heat

Beginning efficient building design is the most “abstract factor of concept linked with very uncertain inputs,” because a lot of parameters in that moment is still unknown. Many mutually connected factors are invoked during designing passive house e.g. trajectory of the sun and the shielding effect of the surroundings, the aspect of sunlight and interior lighting, power quality construction, etc. Currently, the architect has no choice, he can use only well-known precepts, such as large windows are facing the South not the North. Unfortunately this "empirical formula" for the design of a real passive house is not enough. And yet the first draft of the house is most affected by not only its shape, form, but user's comfortable, cost, feasibility and future energy behavior of buildings and related operating costs of the house too. It is obvious that this stage should not be underestimated, because “minor variation of the initial inputs greatly influence the outcomes.”

Keywords: passive house, energy optimization, energy consumption

1 Použitá metoda výzkumu

Jednou z nejzajímavějších věcí, ale zároveň také z nejsložitějších, je posuzování všech vstupujících parametrů do návrhu stavby současně a vyhodnocování jejich vzácné interakce. Cílem je využití metody komplexního hodnocení alternativ, jako metod multi-kriteriálního rozhodování pro řešení úlohy výběru optimální varianty potřeby tepla na vytápění E_A . V rámci makra ve VBA (Visual Basic for Applications, viz obr. 1) se stanovují okrajové podmínky a limity pro 10 nezávislých proměnných a na bázi stochastického modelu s rovnoměrným rozložením pravděpodobnosti vyhodnocuje pomocí metody Monte Carlo (15000 iterací) a citlivostní analýzy (Pearsonův korelační koeficient) vliv významnosti jednotlivých parametrů. Pro vyhodnocení významnosti byla zvolena již zmiňovaná metoda Monte Carlo, která je nejčastějším a nejjednodušším typem citlivostní analýzy. Znalost citlivosti vstupních parametrů na změnu výstupních parametrů by měla být součástí každé úlohy identifikace, analýzy, syntézy a hlavně optimalizace. V případě hledání minima, například funkce Y_i nám slouží citlivostní analýza pro identifikaci takového vstupního parametru X_i , který má na hodnotu Y_i největší vliv. Citlivostní analýzou můžeme také seřadit pořadí významnosti (citlivosti) jednotlivých parametrů X_i od nejcitlivějšího (nejsilnějšího) po „nejslabší“ parametr. V takovém případě je nutné nejdříve matematický model, popsaný deterministickým způsobem, popsat stochastickým (pravděpodobnostním) modelem, tj. modelem respektující náhodný charakter vstupních parametrů.



Obrázek 1: Znárodnění postupu výpočtu při významnosti jednotlivých faktorů. Zdroj: Autor

Metoda Monte Carlo je založena na mnohočetném numerickém opakování výpočetního kroku základního výpočtu, který je vygenerovaný jako náhodná veličina v daném rozmezí (limitu). Každý základní výpočet může mít libovolnou sadu náhodných veličin vstupních parametrů. Pokud chceme model optimalizovat, je vhodné u všech vstupních parametrů zvolit rovnoměrné (binomické) rozložení pravděpodobnosti – všechny hodnoty z intervalu mají stejnou pravděpodobnost výskytu. Pro vyhodnocení vzájemných souvislostí získaných dat je použit tzv. Pearsonův korelační koeficient, který udává míru vlivu, nebo-li míru významnosti prvku. Koeficient determinace porovnává skutečné hodnoty a jejich odhady. Nabývá hodnot od 0 do 1 (0, 100%). Pokud je roven 1, existuje v tomto vzorku dokonalá

korelace, tj. mezi odhadem a skutečnými hodnotami y není žádný rozdíl. Pokud je koeficient determinace roven nule, znamená to, že regresní rovnice nedokáže předpovídat hodnoty y a neexistuje žádný vztah.

2 Výpočet vzájemné korelace

- Postup výpočtu korelace:
- stanovit deset posuzovaných parametrů a jejich limity (meze);
- pomocí metody Monte Carlo generované náhodné veličiny posuzovaných parametrů vyhodnocovat pomocí PHPP, výsledky zapisovat do tabulky a tento proces zopakovat 15 000 krát (iterační proces);
- získaná data vyhodnocovat pomocí Pearsonova korelačního koeficientu a výsledek zapsat do diagramu.
- Opakovací výpočetní proces byl 15 000 krát dostačující a s dostatečnou přesností. Další iterace by nadměru prodloužily čas výpočtu. Navíc MS Excel 2007 má „pouze“ 16 384 sloupců. Jen pro představu, jedno posouzení trvalo na dvoujádrovém počítači více než 2,5 hodiny a procesory musely v tu dobu spočítat více než 3 miliardy jednotlivých výpočetních úkonů souvisejících pouze s úkonem výpočtu.

Tabulka 1: Charakteristické hodnoty posuzovaných krychlí

Charakteristika			KRYCHLE	
popis		jednotky	MALÁ	VELKÁ
Rozměry	Šířka	[m]	7	70
	Hloubka	[m]	7	70
	Výška	[m]	6,7	68,7
Ochlazovaná plocha		[m ²]	285,6	29036
Objem stavby		[m ³]	328,3	29036
Vytápěná plocha		[m ²]	73,5	80850
Procento prosklení fasád	Jih	[%]	30	30
	Východ	[%]	10	10
	Západ	[%]	10	10
	Sever	[%]	5	5

Zdroj: Autor

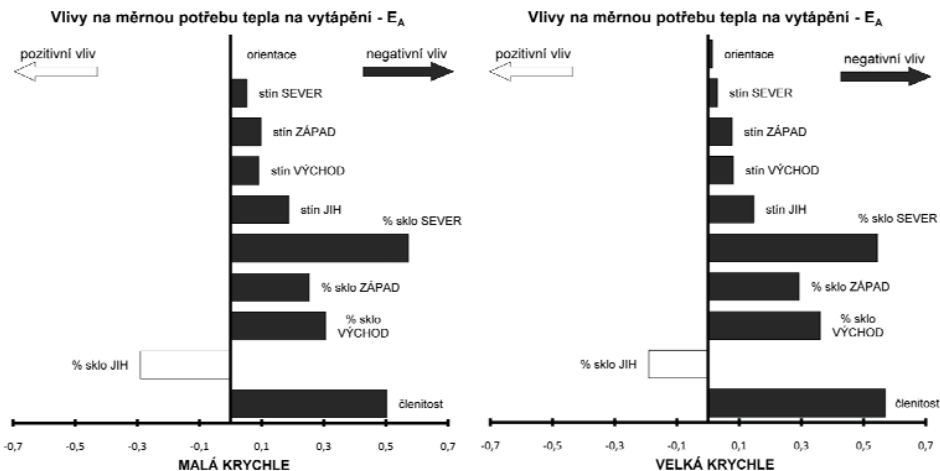
Pro co nejvíce korektní výpočet jsou zvoleny pouze dvě různě velké virtuální krychle, které reprezentují malou a velkou stavbu (velká byla zvolena jako 10 krát větší než malá stavba), viz tab. 1. Rozměry jsou velmi rozdílné, aby výsledky byly čitelné a dobře porovnatelné. Nejde o simulování reálné stavby, která by z hlediska oslunění dispozice takto postavit nešla. Stejně rozměry jsou vybrány, aby nedocházelo ke zkreslení závěrů s ohledem na proporce ploch fasád (aby žádná z nich nebyla

zvýhodněna). Složitou věcí je na úloze správná konfigurace nastavených parametrů, aby výsledky byly relevantní, tzn. určit reálně dosažitelné meze posuzovaných proměnných. Jsou zvoleny hodnoty, které se při návrhu nejvíce vyskytují. Posuzovány jsou dvě varianty vzhledem k potřebě tepla na vytápění.

Tabulka 2: Významnost vlivu parametrů na EA – STANDARDNÍ POSOUZENÍ

Vliv parametrů na potřebu tepla na vytápění E_A - Pearsonův korelační koeficient [bez jednotky]				
Posuzovaný parametr	minimální meze	maximální meze	pearson MALÁ	pearson VELKÁ
členitost stěn	100%	160%	0,503	0,570
% sklo JIH	0%	85%	-0,290	-0,191
% sklo VÝCHOD	0%	85%	0,306	0,361
% sklo ZÁPAD	0%	85%	0,253	0,293
% sklo SEVER	0%	85%	0,572	0,545
stín JIH	0%	30%	0,187	0,147
stín VÝCHOD	0%	30%	0,091	0,081
stín ZÁPAD	0%	30%	0,098	0,077
stín SEVER	0%	30%	0,053	0,030
orientace od jihu	0°	±45°	0,000	0,014

Zdroj: Autor



Obrázek 2: Vliv významnosti posuzovaných parametrů na měrnou potřebu tepla na vytápění EA – STANDARDNÍ POSOUZENÍ. Zdroj: Autor

První varianta ukazuje standardní posouzení, které běžně nastává při návrhu, který není nějak „deformovaný“ požadavky. Obsahuje standardní pravděpodobnost stínění fasád (do 30 %), prosklení (do 85 % celé fasády), kompaktnost (s dostatečnou tolerancí do 160 %) a běžně zvažovanou orientaci (odchylka od jihu do 45°).

Meze a výsledky Pearsonova koeficientu, které ukazují významnost a slouží k porovnání krychlí jsou zaneseny do tab. 2 a obr. 2. Jak se dalo předpokládat, tak jižní prosklení účinkuje velmi pozitivně a je to prakticky jediný parametr, který se vyplatí vždy zvětšovat (ale pozor na topnou zátěž a letní přehřívání).

U malé krychle působí významněji, je to z důvodů proporcí oken a stěn, protože jak již bylo výše zmíněno, tak malé stavby jsou na změnu prosklení citlivější. Nejvíce škodí severní prosklení (je horší než členitost) a velmi negativně ovlivňuje celkovou bilanci (více opět u malých staveb). Prosklení na západ a východ účinkuje negativně, ale mnohem méně, neboť energetická bilance oken na této orientaci je většinou mírně záporná. Je zajímavé, že u větších staveb působí výrazněji. Zastínění (je uvažováno do 30 %) se nejvíce projeví na jižní straně a na severní jen velmi málo, tedy nemá moc smysl zastiňovat severní okna.

Členitost, nebo-li porušení kompaktnosti, je další hlavní složkou, která se nemůže podcenit. U větších staveb hraje o něco větší roli, to potvrzuje hypotézu, že menší stavby jsou citlivější na orientaci a větší na kompaktnost. Dokonce u velké krychle je členitost o něco podstatnější než prosklení severní fasády. Změna orientace v rozmezí 45° je v rámci statistické chyby, takže nemá až tak velký vliv, jak by se mohlo na první pohled jevit. Účinkuje negativně, ale mírná odchylka se promítne mnohem méně, než velké okno na jihu.

V tab. 3 a obr. 3 jsou posuzovány významnosti faktorů při velkém stínění, tj. zvažuje se možnost stoprocentního zastínění oken (interval od 0 do 100 %). Tato možnost nastává, pokud jsou zastavovací podmínky mnohem méně výhodné a je třeba zvažovat i se stíněním okolí, které může například eliminovat veškeré solární zisky na jihu. Týká se to především urbanizovaného území v proluce, atd. Jak je patrné, tak již ani prosklení na jih není pokaždé kladné, ale při jeho zvětšování vznikne minimální chyba.

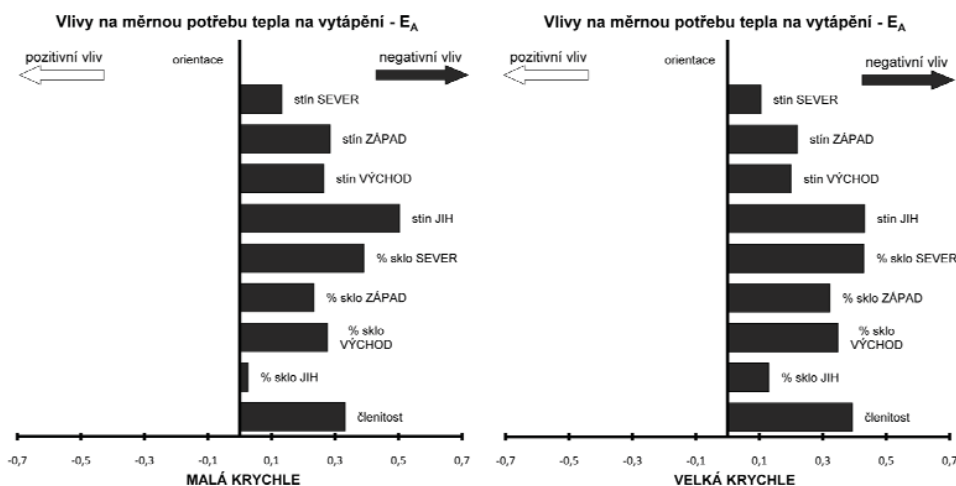
Když je například jižní fasáda zastíněná, pak při zvětšování rostou rychle tepelné ztráty a mnohem méně přibývají zisky od Slunce – díky tomu se nevyplatí zvětšovat okna. S tímto souvisí i velký vliv trvalého stínění jižních oken, které je podstatným faktorem. V této kombinaci má prosklení severní fasády velký vliv, ale menší než zmíněné jižní stínění. Významnost ostatních prvků je podobná, jako při standardním posouzení, včetně vlivu členitosti a minimálního vlivu orientace.

Tato parametrická posouzení s citlivostní analýzou poskytují dobrý základ pro další výzkum, neboť u každé stavby a klimatických dat se mohou jinak projevit prvky významnosti a jejich vzájemné proporce.

Tabulka 3: Významnost vlivu parametrů na EA – VELKÉ STÍNĚNÍ

Vliv parametrů na potřebu tepla na vytápění E_A - Pearsonův korelační koeficient [bez jednotky]				
Posuzovaný parametr	minimální meze	maximální meze	pearson MALÁ	pearson VELKÁ
členitost stěn	100%	160%	0,328	0,400
% sklo JIH	0%	85%	0,031	0,074
% sklo VÝCHOD	0%	85%	0,244	0,329
% sklo ZÁPAD	0%	85%	0,217	0,317
% sklo SEVER	0%	85%	0,391	0,443
stín JIH	0%	100%	0,523	0,436
stín VÝCHOD	0%	100%	0,243	0,245
stín ZÁPAD	0%	100%	0,296	0,204
stín SEVER	0%	100%	0,142	0,089
orientace od jihu	0°	±45°	0,001	0,006

Zdroj: Autor



Obrázek 3: Vliv významnosti posuzovaných parametrů na měrnou potřebu tepla na vytápění EA – VELKÉ STÍNĚNÍ. Zdroj: Autor

3 Závěry

Na jižní fasádě má smysl zvětšovat prosklení, ale pokud není výrazně stíněno stálým zastíněním.

Severní prosklení je velký negativní prvek a výrazně se projevuje do energetické bilance, jeho trvalé zastínění nemá výraznější efekt, protože se na ziscích prosazuje jen slabé difúzní záření.

Západní a východní prosklení má mírný negativní vliv, při větším prosklení se netvoří zásadní chyba, ale nemůže se kalkulovat s vyššími solárními příspěvky, západní a východní směr není vždy úplně stejný (většinou je příznivější západní strana).

Členitost a kompaktnost hmoty je důležitým parametrem, špatný návrh může vést k vzájemnému samostínění oken, větší citlivost mají větší stavby.

Orientace je podstatná až při vyšších odklonech od jihu (od 45°), v tomto „malém“ rozmezí je méně škodlivá než ostatní prvky.

4 Seznam použité literatury a pramenů

DIEDEREN, A. a kol. *Global Resource Depletion*. Eindhoven: Eburon Uitgeverij B.V., 2010. ISBN 978-90-5972-425-9.

KOTEK, P. *Metoda Monte Carlo jako nástroj optimalizace energetické náročnosti budov*. Dizertační práce. Praha: FSV ČVUT, 2007.

software PHPP 2007 CZ. *Passive house plannig package - česká mutace*. Brno: Centrum pasivního domu, 2008.