



OPTIMALIZACE NÁVRHU RODINNÉHO DOMU

JE PŘIROZENÉ, ŽE NÁVRH RODINNÉHO DOMU MÁ BÝT TAKOVÝ, ABY VYHOVOVAL POTŘEBÁM JEHO OBYVATEL, ALE TAKÉ ABY NÁKLADY NA JEHO STAVBU A PROVOZ BYLY CO NEJNIŽŠÍ. PRO SPLNĚNÍ TĚCHTO POŽADAVKŮ JE NUTNÉ PŘISTOUPIT KOMPLEXNĚ K NÁVRHU UMÍSTĚNÍ, TVARU, DISPOZICE A KONSTRUKCÍ DOMU. ZÁROVEŇ JE ČASTO NUTNÉ DŮM VYBAVIT ŘADOU TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ A INTELIGENTNÍCH OVLÁDACÍCH PRVKŮ. PRO JEDNODUCHOST ROZLIŠENÍ BUDEME CHYTROST UPLATNĚNOU PŘI NÁVRHU UMÍSTĚNÍ, TVARU, KONSTRUKCÍ A ZABUDOVANÝCH TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ OZNAČOVAT JAKO **PASIVNÍ INTELIGENCI DOMU** A VŠECHNY SYSTÉMY OVLÁDÁNÍ TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ JAKO **AKTIVNÍ INTELIGENCI DOMU**.

PASIVNÍ INTELIGENCE DOMU

Nejjednodušší a nejchopitelnější je optimalizovat vlastnosti domu z hlediska pasivní inteligence v rané fázi návrhu, protože některé z vlastností nebude možné v pozdější fázi projektu, při stavbě nebo v průběhu užívání již měnit, nebo jen při zvýšených nákladech.

Mezi prvky pasivní inteligence domu, které mají podstatný vliv na energetickou náročnost provozu domu a na kvalitu vnitřního prostředí patří především:

1. volba tvaru a prostorového uspořádání domu;
2. volba energetického standardu domu;
3. vliv natočení domu ke světovým stranám;
4. optimalizace typu zasklení a velikosti oken;
5. stínění oken.

Vliv uvedených prvků pasivní inteligence na energetickou náročnost a kvalitu vnitřního

prostředí si ukážeme na vývoji projektu reálného rodinného domu.

Projektant na přání investora zahajuje návrh RD. Jedná se o RD, který je osazen na území České republiky v nadmořské výšce 220 m n.m. na pozemku s mírným sklonem k jihu.

Na okolních pozemcích jsou postavené rodinné domy. Dům má být nepodsklepený, navržený z běžně dostupných materiálů a konstrukcí. Dispozice domu má být 4+kk, podlahová plocha přibližně 154 m². Dům bude vytápěn plynem.

1. VOLBA TVARU A PROSTOROVÉHO USPOŘÁDÁNÍ DOMU

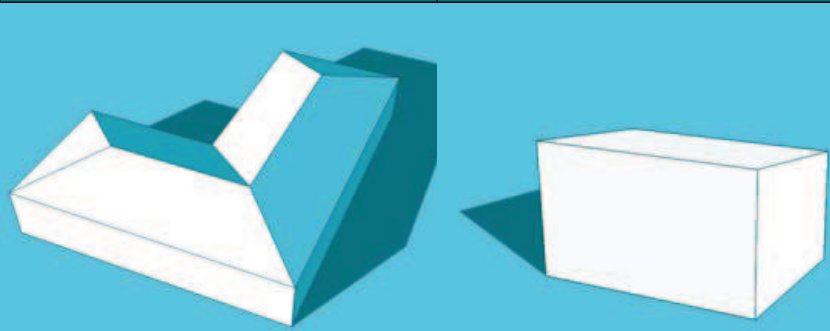
Tvar a prostorové uspořádání domu mají značný vliv na tepelné ztráty a tedy i na potřebu energie na vytápění. Dva domy se stejnou podlahovou plochu mohou mít dosti odlišné plochy ochlazovaných konstrukcí a objem vytápěné části

objektu. To znamená, že při stejné tepelněizolační kvalitě obvodových konstrukcí bude mít dům s méně výhodným tvarem větší tepelné ztráty a na jeho vytápění bude třeba vynaložit více prostředků.

V tabulce /01/ je srovnání dvou domů s podlahovou plochu přibližně 154 m² s dispozicí 4+kk. Součinitel prostupu tepla všech konstrukcí obou srovnávaných domů je shodný a vyhovuje požadavkům tepelnětechnické normy ČSN 73 0540-2 [1].

Z hlediska energetické úspornosti a nákladů na vytápění je výhodnější kompaktnější a tvarově jednodušší dvoupatrový dům s pultovou střechou. Jeho tvar je z hlediska poměru ochlazovaných ploch a objemu blízký, nejvýhodnějšímu reálně použitelnému tvaru – krychli (málo reálný, ale ještě výhodnější je tvar koule). Následující kroky optimalizace jsou proto uvažovány pro dvoupatrový rodinný dům s pultovou střechou.

Tabulka 01 | Porovnání nákladů na vytápění dvou typů domů

Typ domu	Jednopatrový dům typu bungalov	Dvoupatrový rodinný dům s pultovou střechou
Schéma tvaru		
Dispozice	4+kk	4+kk
Vytápěná podlahová plocha [m ²]	153,8	153,9
Plocha ochlazovaných konstrukcí [m ²]	559,4	450,2
Objem vytápěné části domu [m ³]	704,0	625,0
Potřeba energie na vytápění [kWh/rok]	23 276	19 783
Náklady na vytápění [Kč/rok]	50 560	43 212
Úspora nákladů na vytápění [Kč/rok]	0	7 348
Úspora nákladů na vytápění [%]	0,0	14,5

2. VOLBA ENERGETICKÉHO STANDARDU

Při výstavbě domu v pasivním energetickém standardu rostou náklady na stavbu. Zda se vyšší náklady na stavbu vrátí v nižších nákladech na energie, záleží na mnoha vlivech. Do rozvahy vstupuje řada neznámých, nebo jen obtížně předvídatelných faktorů. Jedním z nich je odhad ceny stavby v různých energetických standardech.

Uvažujeme čtyři varianty energetického standardu RD. Varianta 1 je navržena na požadované hodnoty podle [1]. Varianta 2 je navržena na hodnoty doporučené. Varianta 3 je nízkoenergetický dům. Varianta 4 je dům pasivní. Jaké je např. navýšení ceny domu v pasivním energetickém standardu oproti ceně domu splňujícího požadované hodnoty součinitelů prostupu tepla (varianta 1 vs. varianta 4)? To je poměrně obtížné, bez podrobných projektů jednotlivých variant, určit. Obvykle se uvažuje navýšení ceny domu v pasivním energetickém standardu o 5 až 15 %.

Navýšení ceny za vyšší energetický standard se bude značně lišit také podle rozsahu optimalizace domu

pro dosažení lepšího energetického standardu a podle standardu, se kterým srovnáváme. Pokud určitý projekt rodinného domu „zoptimalizujeme“ na pasivní energetický standard pouze zvětšením tloušťky tepelné izolace, bude rozdíl v ceně poměrně velký. Pokud ale budeme optimalizovat projekt od začátku, včetně správného návrhu velikosti, tvaru, umístění na pozemku, orientace na světové strany, tepelněizolačního standardu, typu a rozsahu okenních otvorů, nemusí být navýšení ceny nijak velké, nehledě na další výhody (kvalitnější vnitřní vzduch atd.).

Dalším problémem je odhad růstu cen energií, který dnes nikdo přesně nezná. Lze vycházet ze zkušeností z minulosti.

Dále je třeba určit dobu, po kterou se hodnotí návratnost zvýšené ceny, což je velmi individuální. Pro jednoho stavebníka není zajímavé opatření, které se nevrátí do deseti let. Jiný stavebník vnímá investici do zateplení domu v dlouhodobém horizontu. Delší návratnost pak pro něj není problém.

V následující tabulce /03/ a grafu /02/ jsou uvedeny náklady na výstavbu domu a náklady

na vytápění pro dobu 20 let. Náklady na výstavbu vycházejí z nákladů rodinných domů v příslušném energetickém standardu stanovených v rozpočtech přepočtených na cenu za m³ obestavěného prostoru. Náklady na vytápění byly určeny z vypočtené spotřeby energie uvedené v samostatném okně a z ceny energie při uvažování 5 % meziročního růstu cen.

V samostatném okně je uvedena struktura spotřeby veškerých energií posuzovaných variant RD. Náklady na vytápění a pomocné energie lze optimalizovat v tomto článku řešenou pasivní inteligencí domu, v tabulce 2 jsou vyznačeny šedě a jsou pak uvažovány jako energetické náklady v Tabulce /03/. Ostatní typy spotřebované energie, tj. osvětlení a uživatelská energie lze řešit již jen aktivní inteligencí RD a v zde publikovaných variantách nejsou zahrnuty.

Po dvaceti letech některé komponenty domu dosáhnou hranice své životnosti a bude je nutné vyměnit. Jedná se především o systémy technických zařízení budov. Dnes nelze kvalifikovaně odhadnout budoucí cenu výměny těchto komponent. Navíc vývoj technologií je v této oblasti velmi

Tabulka 03 | Náklady na výstavbu a na provoz RD v různém energetickém standardu

Varianta	Náklady na výstavbu [Kč]	Náklady na vytápění + pomocné energie [Kč/rok]	Celkové náklady na výstavbu a vytápění [Kč]				
			0 let	5 let	10 let	15 let	20 let
Varianta 1 (požadované hodnoty podle [1])	2 906 250	43 212	2 906 250	3 168 860	3 576 579	4 189 543	5 090 040
Varianta 2 (doporučené hodnoty podle [1])	3 031 250	29 187	3 031 250	3 208 635	3 484 036	3 898 074	4 506 332
Varianta 3 (nízkoenergetický dům podle [1])	3 468 750	16 085	3 468 750	3 566 507	3 718 281	3 946 458	4 281 670
Varianta 4 (pasivní dům podle [1])	3 937 500	10 189	3 937 500	3 999 424	4 095 565	4 240 103	4 452 442

progresivní a za dvacet let mohou být dostupné nové technologie se zcela jinými principy. Pravděpodobně ale nikdo nebude chtít zasahovat do určitých konstrukcí domu (např. do podlahy). Tyto konstrukce se proto doporučuje navrhovat velmi uvážlivě.

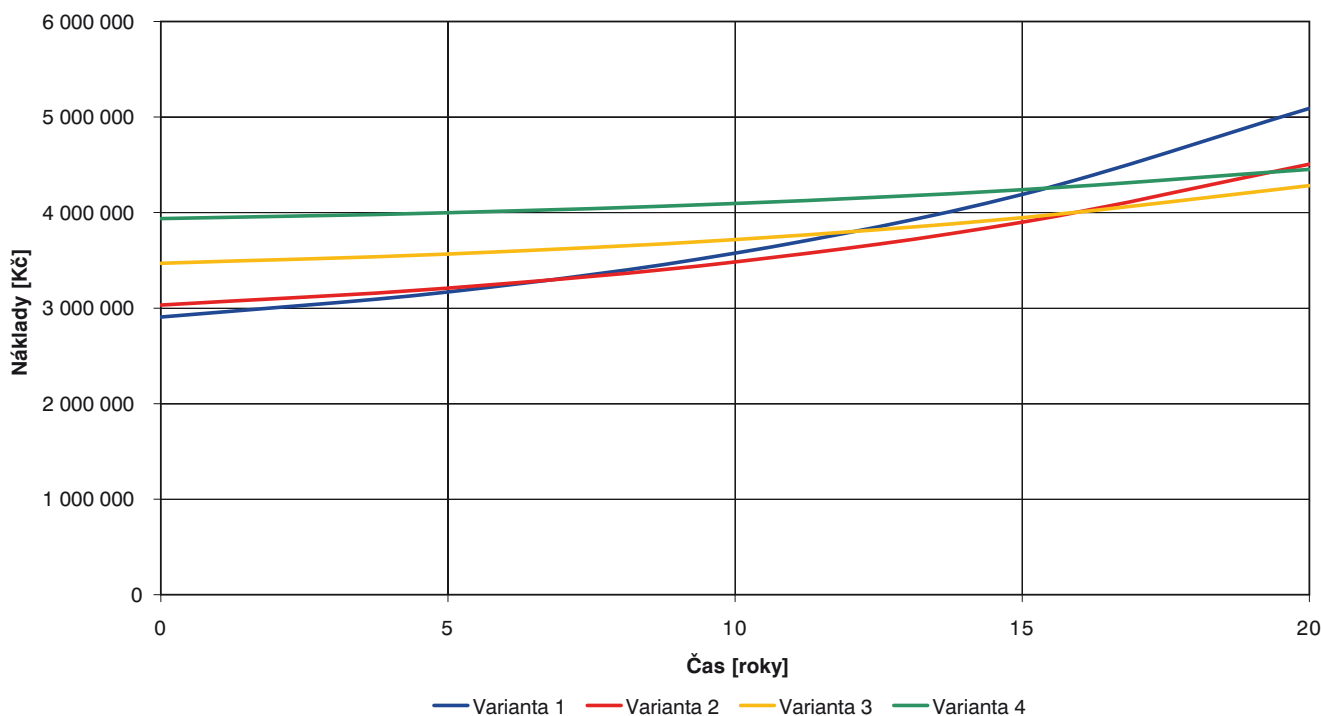
Z grafu /02/ je patrné, že varianty levnější při výstavbě mají větší náklady na provoz. Naopak investičně dražší varianty mají levnější provoz. Celkové náklady na výstavbu a provoz investičně levnějších variant se tak po určité době vyrovnají s náklady na výstavbu a provoz investičně dražších, ale z hlediska provozu úspornějších variant.

Poté už při výstavbě dražší dům dále šetří náklady na provoz, za předpokladu dostatečné technické i morální životnosti navržených technologických systémů.

Rozhodnutí, jaký energetický standard je nejvýhodnější, je vždy individuální a záleží na prioritách konkrétního stavebníka. V našem případě se objekt v nízkoenergetickém standardu (Varianta 3) jeví z hlediska poměru nákladů a získané přidané hodnoty jako optimální.



Graf 02| Náklady na výstavbu a na provoz RD v různém energetickém standardu



STRUKTURA SPOTŘEBY ENERGIE V RODINNÉM DOMĚ

Energie se v RD využívá především na vytápění, v některých případech na chlazení, na přípravu teplé vody a umělé osvětlení. Dále se spotřebovávají tzv. pomocné energie, což jsou energie na pohon čerpadel, ventilátorů a podobných technických zařízení. Další skupinou spotřebovované energie je tzv.

uživatelská energie, což je energie na provoz domácích spotřebičů jako jsou kuchyňské spotřebiče, televize, rádia, počítače atd.

Struktura a vzájemný poměr jednotlivých energií v celkové spotřebě energie v rodinném domě záleží především na energetickém standardu daného domu a na způsobu pokrytí potřeby jednotlivých energií (dá se říci

na účinnosti výroby nebo přeměny energie, účinnosti distribuce a na regulaci a řízení).

Přehledně to ukazuje tabulka a graf v tomto samostatném okně. Pro vybraný dvoupatrový rodinný dům s pultovou střechou v různých tepelněizolačních standardech je v tabulce uvedena struktura spotřeby energií a náklady v závislosti

Struktura spotřeby energie v rodinném domě tvaru podle odstavce 1 (náklady v úrovni roku 2011)

Potřeba energie														
	Typ energie	[Kč/kWh]	Varianta 1 (požadované hodnoty podle [1])			Varianta 2 (doporučené hodnoty podle [1])			Varianta 3 (nízkoenergetický dům podle [1])			Varianta 4 (pasivní dům podle [1])		
			[kWh]	[%]	[Kč/rok]	[kWh]	[%]	[Kč/rok]	[kWh]	[%]	[Kč/rok]	[kWh]	[%]	[Kč/rok]
Vytápění	Plyn	1,70	25 279	76,1	42 974	17 047	68,3	28 980	9 340	54,1	15 878	3 910	30,9	6 647
Příprava teplé vody	Elektrina	1,90	4 334	13,1	8 235	4 334	17,4	8 235	4 334	25,1	8 235	4 334	34,3	8 235
Pomocné energie	Elektrina	4,10	58	0,2	238	50	0,2	207	50	0,3	207	864	6,8	3 542
Osvětlení	Elektrina	4,10	584	1,8	2 394	584	2,3	2 394	584	3,4	2 394	584	4,6	2 394
Uživatelská energie	Elektrina	4,10	2 950	8,9	12 095	2 950	11,8	12 095	2 950	17,1	12 095	2 950	23,3	12 095
Celkem			33 205		65 936	24 965		51 911	17 258		38 809	12 642		32 913

3. VLIV NATOČENÍ KE SVĚTOVÝM STRANÁM

Dalším parametrem, který je možné při navrhování rodinného domu optimalizovat, jsou pasivní solární zisky. Ty ovlivňuje natočení domu ke světovým stranám, prosklenost jednotlivých fasád a použitá

okna. V našem případě byl dům původně natočen hlavní fasádou směrem na západ /obr 01/. Dům by však bylo možné natočit hlavní fasádou také k jihu /obr. 02/. Tato změna umožnila snížení vypočtené energetické náročnosti objektu. Porovnání je v tabulce /04/. V návrhu je vhodné uvažovat i případné

zastínění okolními sousedními objekty nebo stromy.

V tomto případě bylo možno optimalizací natočení domu ke světovým stranám ušetřit 938 Kč za rok, za předpokladu, že natočení neprodloužilo přípojky a nezměnilo objem základů .

Tabulka 04| Porovnání nákladů na vytápění vzhledem k orientaci RD ke světovým stranám

Orientace hlavní fasády	Roční spotřeba energie na vytápění [kWh]	Roční náklady na vytápění [Kč]	Úspora [%]
Na západ	9 340	16 085	0,0
Na jih	8 788	15 147	5,8

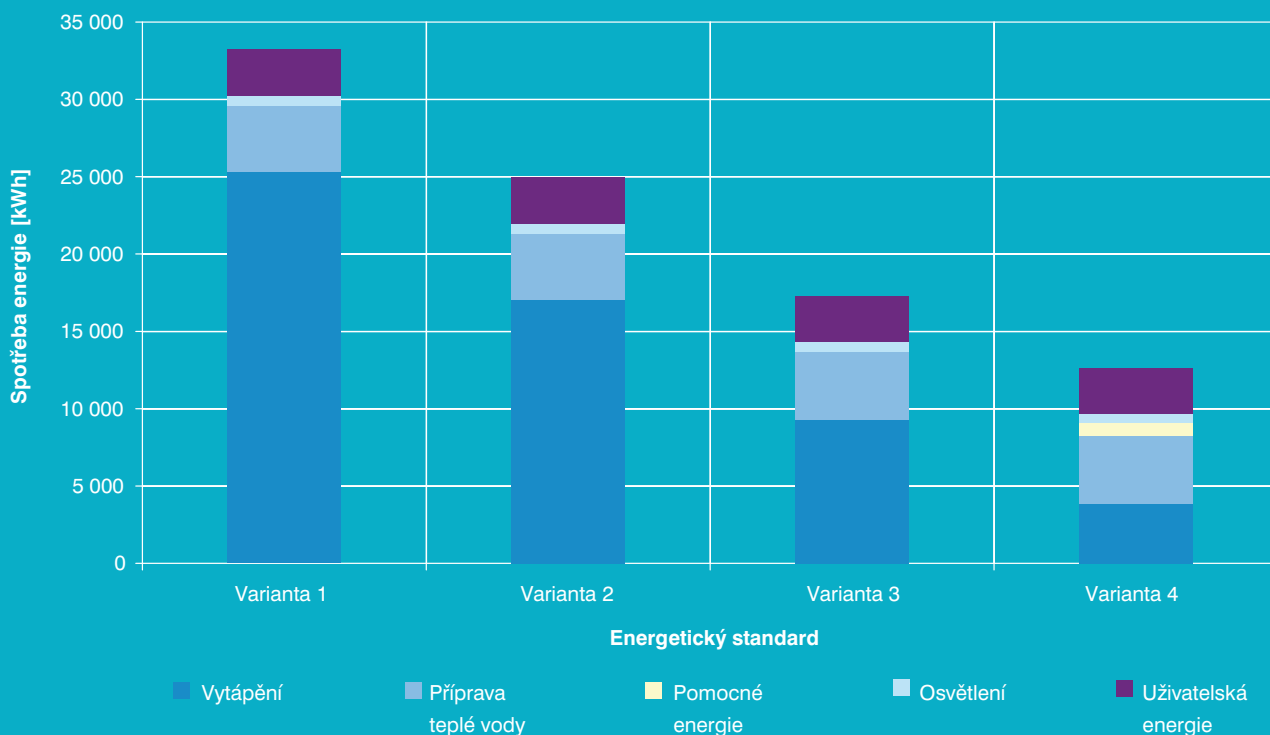
na energetickém standardu domu. Obvodové konstrukce domu ve Variantě 1 jsou navrženy pro splnění požadovaných hodnot součinitelů prostupu tepla podle tepelnětechnické normy ČSN 73 0540-2 [1]. Varianta 2 splňuje již hodnoty doporučené podle [1]. Varianta 3 je navržena pro potřebu energie na vytápění pod 50 kWh/(m²·rok), což je kritérium pro nízkoenergetický dům.

Pasivní dům, s potřebou energie na vytápění do 20 kWh/(m²·rok) je zobrazen ve Variantě 4. Potřeby energií jsou počítány postupem a s okrajovými podmínkami dle TNI 73 0329 [2].

Zajímavá je struktura potřeb energie u domu v pasivním energetickém standardu (varianta 4), kdy potřeba energie na přípravu teplé vody je vyšší, než potřeba energie

na vytápění. Na pokrytí potřeby energie na vytápění v pasivním rodinném domě stačí 15,5 % energie, která je potřeba na pokrytí potřeby energie na vytápění domu, který odpovídá požadavkům platné tepelnětechnické normy [1].

Struktura spotřeby energie v RD



Obr. 01 | Původní orientace hlavní fasády na západ



Obr. 02 | Změna orientace hlavní fasády k jihu



4. OPTIMALIZACE TYPU ZASKLENÍ A VELIKOSTI OKEN

U výplní otvorů je podstatný nejen součinitel prostupu tepla zasklení U_g [$W/(m^2 \cdot K)$], potažmo součinitel prostupu tepla celé výplně otvoru U_w [$W/(m^2 \cdot K)$], kterým se v současnosti zabývá většina stavebníků. Důležitá je rovněž propustnost zasklení pro sluneční záření a poměr prosklených ploch obálky budovy.

Propustnost zasklení pro sluneční záření vyjadřuje podíl slunečního záření, které projde zasklením z exteriéru do interiéru a je přeměněno na tepelný zisk, čímž snižuje náklady na vytápění za předpokladu, že je správně vyřešena teplotní stabilita v letním období (viz odstavec 5).

Podstatná je také míra prosklení jednotlivých fasád. Okno orientované na jih s vhodným poměrem součinitele prostupu tepla a propustnosti zasklení pro sluneční záření má v energetické bilanci domu kladný výsledek. To znamená, že tepelný zisk od slunečního záření realizovaný takovým oknem je větší než tepelná ztráta prostupem tímto oknem. Předpoklad platí pouze pro vhodná okna orientovaná na jih. Okna na východ a na západ přinášejí v energetické bilanci ztrátu. Nejhorší jsou z tohoto pohledu samozřejmě okna orientovaná na sever.

Na řešeném objektu byla provedena optimalizace výplní otvorů. Optimalizace spočívala v úpravě velikosti výplní otvorů na jednotlivé

světové strany a v porovnání dvou variant zasklení. První varianta uvažuje zasklení se součinitelem prostupu tepla $U_g = 0,5$ [$W/(m^2 \cdot K)$] a propustností pro sluneční záření $g = 0,5$ [-]. Druhá varianta uvažuje zasklení se součinitelem prostupu tepla $U_g = 0,6$ [$W/(m^2 \cdot K)$] a propustností pro sluneční záření $g = 0,6$ [-]. Pro daný rodinný dům je, vzhledem k poměrně velkému prosklení jižní fasády, výhodné zasklení s parametry 0,6; 0,6. Zasklení s parametry 0,6; 0,6 je o 400 Kč na m^2 dražší než zasklení s parametry 0,5; 0,5. Naopak byla zmenšena plocha výplní otvorů zmenšením nebo zrušením některých oken. Vícenáklady na výplně otvorů po optimalizaci jsou 1 400 Kč. Návratnost opatření je dva roky. V tabulce /05/ je přehledně uvedena spotřeba a náklady na vytápění modelového RD před a po optimalizaci výplní otvorů.

Pro ilustraci jsou na obrázku /03/ zobrazeny pohledy na fasády domu před optimalizací výplní otvorů a na obrázku /04/ jsou zobrazeny fasády domu po optimalizaci výplní otvorů.

5. STÍNĚNÍ OKEN

Pro energetickou bilanci domu, je výhodné zajistit co nejvyšší tepelné zisky okny v zimním období, zároveň ale musíme minimalizovat možnost přehřátí interiéru v letním období. Optimalizace velikosti okna je tedy ovlivněna těmito protichůdnými požadavky.

V našich zeměpisných šířkách obvykle nelze docílit ideálního

zastínění pevnými stínícími prvky, navíc architektura domu často použití takových prvků neumožní. Proto je výhodné v letním období využít vnější mobilní stínící prvky, jako jsou žaluzie nebo rolety. Vnitřní stínící prvky nedosahují požadované účinnosti. Pokud namodelujeme zkoumaný rodinný dům a spočteme vnitřní teplotu bez použití vnějšího stínění, vyjde nejvyšší vnitřní teplota v interiéru až 28,4 °C. Při používání venkovních žaluzií je nejvyšší vypočtená teplota v interiéru v letním období 23,7 °C.

Z pohledu komfortu v interiéru v letním období přinášejí venkovní žaluzie nebo rolety významný pokrok. Při vhodném užívání vnějšího stínění výplní otvorů lze v klimatu České republiky dosáhnout komfortní teploty v interiéru bez použití strojní klimatizace, což přináší značné investiční i provozní úspory. Strojní klimatizace pro řešený objekt by stála přibližně 105 000 Kč. Venkovní rolety stojí 70 000 Kč.

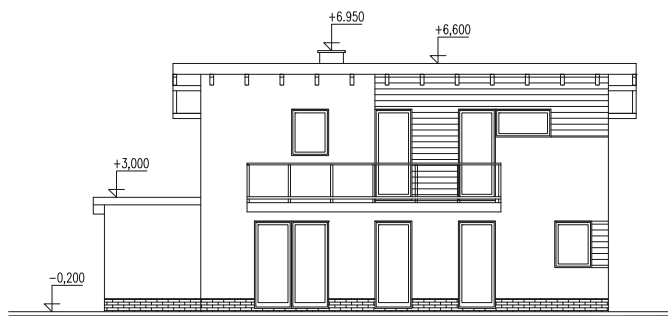
Pokud uvažíme použití venkovních rolet místo strojní klimatizace jsou vícenáklady na venkovní rolety 0 Kč, respektive již pouhým návrhem rolet ušetříme 35 000 Kč. Dále ušetříme náklady na provoz strojní klimatizace.

Venkovní rolety mohou navíc v zimním období snížit tepelnou ztrátu okny během noci a tedy umožnit další snížení nákladů na vytápění. Rolety při pečlivém zatahování na noc a vytahování přes den v průběhu otopného období ušetří 366 Kč za rok.

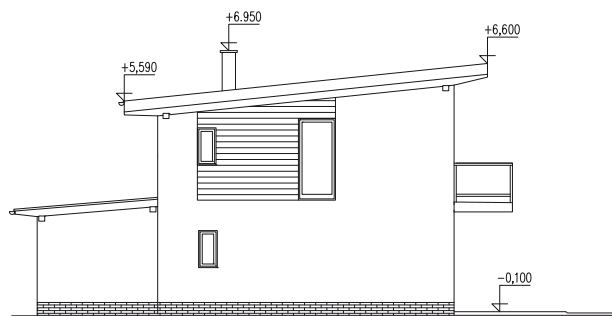
Tabulka 05 | Porovnání nákladů na vytápění při optimalizaci zasklení

Varianta	Spotřeba energie na vytápění [kWh]	Roční náklady na vytápění [Kč]	Úspora [%]
Před optimalizací výplní otvorů	8 788	15 147	0,0
Po optimalizaci výplní otvorů	8 237	14 168	6,5

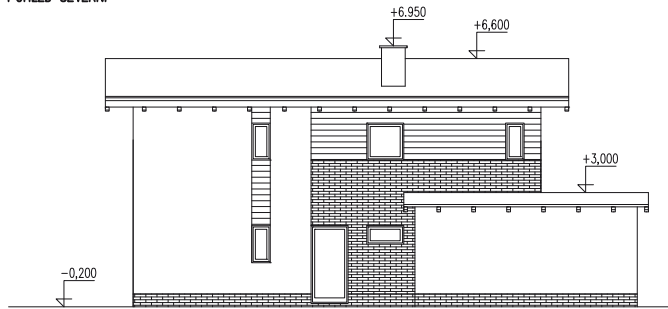
POHLED JIŽNÍ



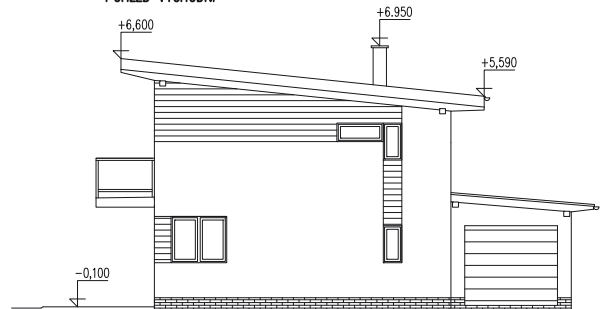
POHLED ZÁPADNÍ



POHLED SEVERNÍ

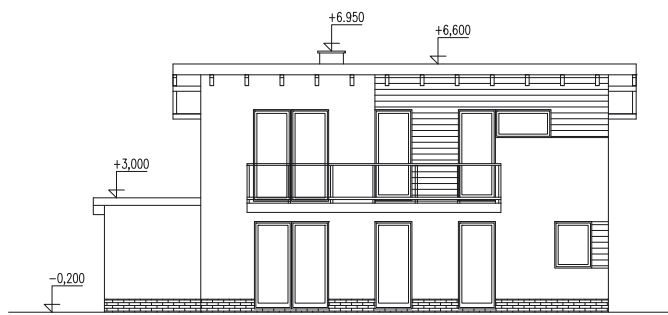


POHLED VÝCHODNÍ

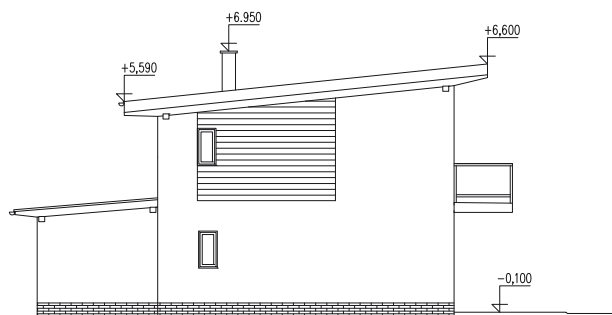


Obr. 03| Pohled na fasády RD před optimalizací výplní otvorů

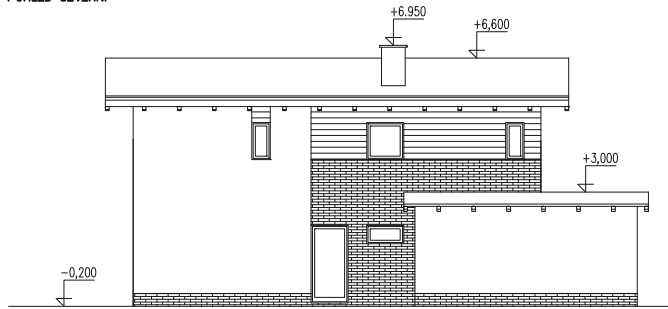
POHLED JIŽNÍ



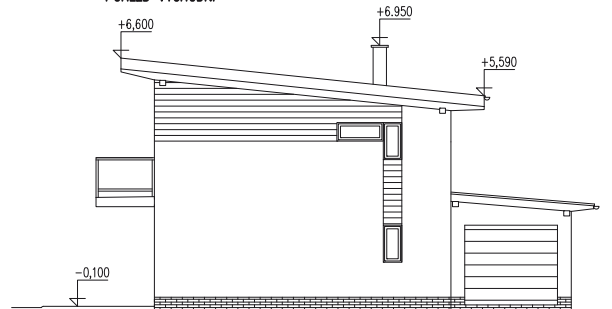
POHLED ZÁPADNÍ



POHLED SEVERNÍ



POHLED VÝCHODNÍ



Obr. 04| Pohled na fasády RD po optimalizaci výplní otvorů

Tabulka 06 | Shrnutí optimalizace návrhu RD

Fáze optimalizace	Náklady na vytápění při vybrání dílčí optimalizace [Kč/rok]	Úspora nákladů na vytápění při vybrání dílčí optimalizace [Kč/rok]	Náklady na vytápění při postupném započtení optimalizací [Kč/rok]	Náklady na opatření [Kč]	Návratnost s uvažováním růstu cen energií pro vybranou optimalizaci [roky]
Bez optimalizace (výchozí projekt domu)	50 560	-	50 560	-	-
1) Tvar a prostorové uspořádání	43 212	7 348	43 212	0	0
2) Změna energetického standardu (z požadovaných hodnot podle [1] na nízkoenergetický)	23 433	27 127	16 085	562 500	12
3) Změna natočení domu ke světovým stranám	49 622	938	15 147	0	0
4) Optimalizace typu zasklení a velikosti oken	49 581	979	14 168	1 400	2
5) Stínění oken	50 194	366	13 802	- 35 0000 ¹⁾	0
Celková optimalizace fáze 1) až 5)	13 802	36 392	13 802	548 900 ²⁾	10
¹⁾ náklady na instalaci žaluzií při odečtení nákladů na strojní klimatizaci ²⁾ v nákladech je zahrnuta cena za optimalizační studii v hodnotě 20 000 Kč					

ZÁVĚR

V tabulce /06/ je shrnuta finanční stránka optimalizace řešeného RD. Návratnost je uvažována při započtení růstu ceny energií o 5 % ročně. Vytápění je ve všech krocích uvažováno plynem.

Z předložených čísel je patrné, že optimalizace projektu domu z hlediska energetické náročnosti a nákladů na vytápění měla smysl. Optimalizace nemá být bezhlavá. Nemá smysl šetřit za každou cenu. Na druhou stranu některá opatření, která se na první pohled jeví jako ekonomicky nenávratná (např. opatření 5. stínění oken) se mohou při pohledu z jiné perspektivy ukázat jako velmi zajímavá (napomohou splnění požadavku na nejvyšší teplotu v letním období bez použití strojního chlazení). Při optimalizaci je kromě ekonomiky nutné uvažovat také o dalších faktorech, především pak o pohodě vnitřního prostředí např. v souvislosti s produkcí oxidu uhličitého viz samostatné okno na následující stránce.

<Ondřej Hec>

- [1] ČSN 73 0540-2:2011 (73 0540)
Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky
- [2] TNI 73 0329:2000 (73 0329)
Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy
- [3] Vyhláška 268/2009Sb.
o technických požadavcích na stavby

OXID UHLÍČITÝ VE VNITŘNÍM PROSTŘEDÍ BUDOV

V souvislosti s úsporami energie se často diskutuje také použití mechanického větrání se zpětným získáváním tepla. Pojďme se však na mechanické větrání se zpětným získáváním tepla podívat z trochu jiného pohledu – z pohledu zdraví a komfortu vnitřního prostředí. Větrání z důvodu optimalizace koncentrace CO_2 , který se dýcháním dostává do prostředí, lidé často podceňují. Jako příklad uvažujeme ložnici o objemu 50 m^3 , ve které spí dva lidé. V první variantě je ložnice větrána pouze infilrací funkční

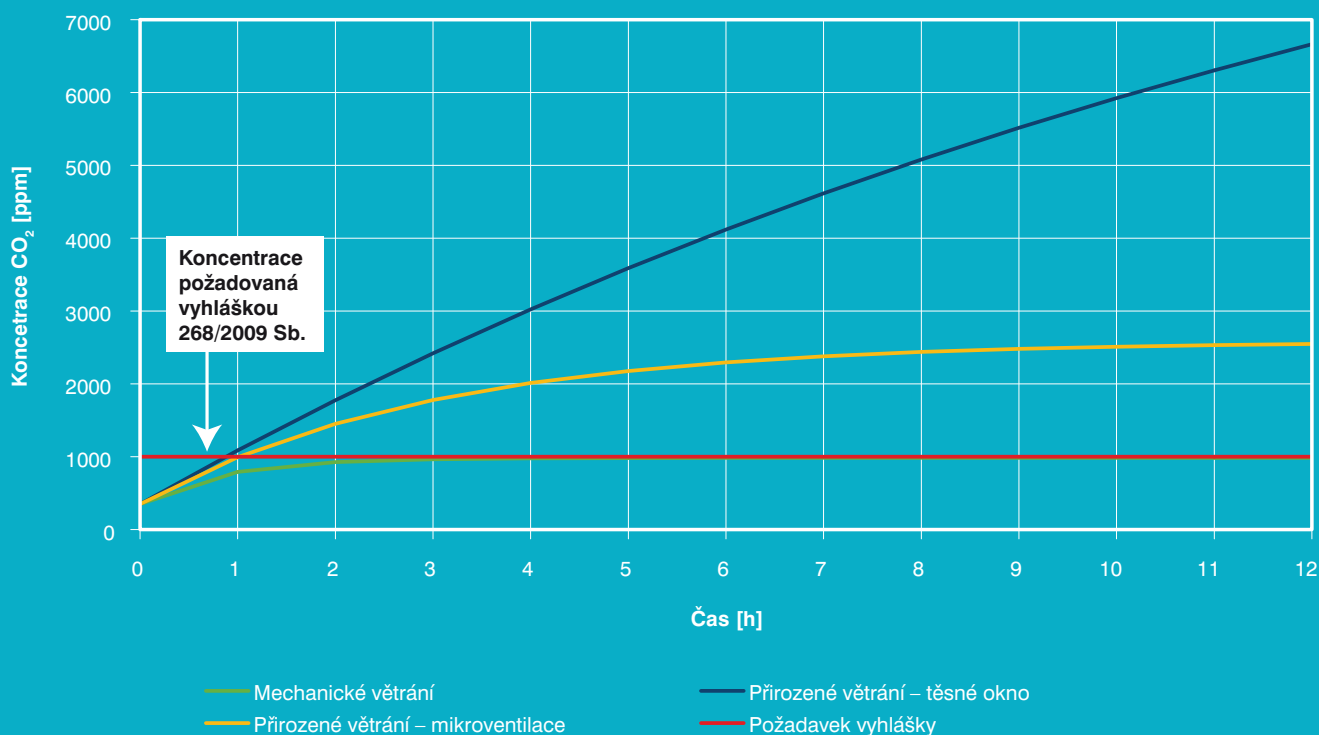
spárou zavřeného okna. Okno má rozměr $2,0 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$, součinitel spárové průvzdušnosti je $i_v = 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Pa}^{0,67})$. Ve druhém případě se jedná o stejné okno, ale je použita mikroventilace. Ve třetím případě je ložnice větrána mechanickým větráním se zpětným získáváním tepla, které přivádí 25 m^3 venkovního vzduchu za hodinu na osobu. V grafu níže je znázorněn průběh koncentrace oxidu uhličitého ve vzduchu v ložnici pro obě varianty. Požadovaná koncentrace CO_2 ve vnitřním vzduchu je podle §26 vyhlášky [3] $1\,000 \text{ ppm}$.

V ložnici se zavřeným oknem v domě bez mechanického větrání je obtížné tento požadavek splnit bez toho, aby uživatel (spící člověk) šel přibližně každou hodinu a půl vyvětrat nebo bylo během noci v ložnici otevřené okno.

V nevětrané místnosti může koncentrace CO_2 dosáhnout zvýšených hodnot. Tabulka na této stránce ukazuje vliv koncentrace CO_2 na lidský organizmus.

V případě řešeného objektu nebylo mechanické větrání se zpětným získáváním tepla investorem vybráno k realizaci.

Koncentrace CO_2 při přirozeném a mechanickém větrání



Vliv koncentrace oxidu uhličitého na lidský organizmus

Koncentrace CO_2	Účinky na lidský organizmus
330 - 370 ppm	vnější prostředí
450 – 1 000 ppm	dobrá úroveň, příjemný pocit
1 000 – 2 000 ppm	pocit ospalosti a horšího vzduchu
2 000 – 5 000 ppm	možné bolesti hlavy, nižší schopnost koncentrace, snížená pozornost
> 5 000 ppm	pocit těžkého vzduchu a nevolnosti, zvýšený tep
> 15 000 ppm	potíže s dýcháním
> 30 000 ppm	bolesti hlavy, závratě a nevolnost
> 45 000 ppm	letargie a ztráta vědomí