

Okna a dveře, kterým se technicky říká výplně stavebních otvorů, mají v budovách řadu funkcí. Asi není třeba zmiňovat, že slouží zejména pro osvětlení místností, které je samo o sobě samostatným vědním oborem. Druhou službou, kterou nám okna poskytují je možnost větrání domu.

Okna a světlo se stávají prostředkem architekta pro vytvoření atmosféry, výrazu, pocitu z prostoru. Dostatek světla je naprosto klíčový pro vytvoření zdravého a příjemného pracovního prostředí kanceláře, stejně jako moderního, prosluněného obývacího či dětského pokoje.

Okna i dveře jsou součástí obálky budovy, která má zabezpečit nejen dostatek osvětlení a solárních zisků, ale také uchovat potřebné teplo uvnitř budovy. Z hlediska tepelné techniky okna byla a asi vždy i budou tou nejslabší částí obvodového pláště, kudy uniká z vytápěného prostoru nejvíce tepla.

Právě toto hledisko mnoho architektů nezohledňuje a podceňuje, a proto se při použití nekvalitních rámců a zasklení stávají domy „zářiči energie“ a obyvatelé se po první zimě nestačí divit při pohledu na účet za topení. Ideálním řešením by bylo nahradit okna silnou vrstvou tepelné izolace. Tudy ovšem cesta samozřejmě nevede. Je proto nutné sáhnout po kvalitních moderních rámech se sofistikovaným systémem zasklení.

Slunce a světlo na nás při pobytu v místnosti působí pozitivně. Okna, která toto zajišťují, však mají v pasivním domě i jinou důležitou funkci. Energie, která se dostává přes zasklení do interiéru, snižuje potřebu tepla na vytápění. U běžných domů se jedná o zanedbatelný podíl, u pasivních domů však sluneční zisky pokrývají až více než třetinu tepelných ztrát domu. Okno by proto mělo do interiéru propouštět dostatek slunečního záření, které dopadá na zasklení a současně výborně izolovat, aby teplo ze Slunce zůstávalo uvnitř. Spolu s tím, že je dům kvalitně zateplen a utěsněn, jsou tyto zisky efektivně využity.

Jak se dozvíte v dalším textu, vlastností, které ovlivňují výslednou kvalitu okna, je celá řada. Na úvod je možné je shrnout následovně.



Obr. 1 Velké prosklené plochy působí bezpochyby efektně. Jsou však zdrojem značných solárních zisků a vyhnout se přehřívání lze jen použitím nákladných vnějších stínících prvků.

Co je důležité u oken a dveří pro pasivní domy?

- kvalitní zasklení, výplň inertním plynem
- izolovaný rám okna
- výborné utěsnění křídla a rámu
- dostatečná hodnota propustnosti slunečního záření
- správné osazení okna do konstrukce a utěsnění při montáži
- stínící systémy proti nadměrnému přehřívání v létě

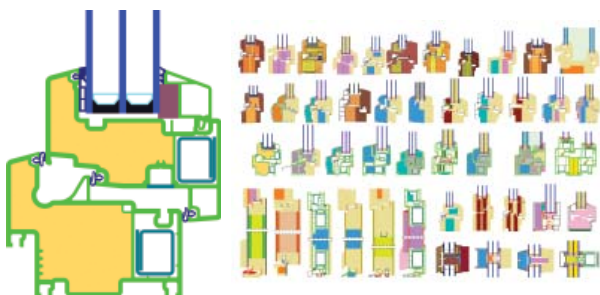
Dřevo nebo plast?

Zástupci firem vyrábějících okna či dveře Vám jistě budou umět vyjmenovat spoustu důvodů proč zrovna jejich výrobek je ten nejvýhodnější. V následující tabulce najdete několik nejčastěji uváděných vlastností oken, které by mohly pomoci při výběru.

plastová okna	dřevěná okna
+ výhody	
nižší cena	hodnotnější vzhled
téměř bezúdržbovái	při správné údržbě dlouhá životnost
odolná při nešetrném používání	přírodní materiál – menší ekologická zátěž
- nevýhody	
nižší pevnost v namáhaných místech	vyšší cena
nehodné pro historické objekty	nutná pravidelná údržba po mytí
vysoká ekologická zátěž	

Ve vztahu k pasivním domům nelze jednoznačně říct, který systém je výhodnější. Na trhu je možné najít i další materiály rámu (hliník, kombinace materiálů). Hliníková okna se ve větší míře uplatňují v občanské zástavbě, ale jejich použití u oken pro pasivní domy je problematické nejen pro extrémně vysokou tepelnou vodivost hliníku, kterou je nutné přerušovat jinými tepelně-izolačními vrstvami, ale také pro jeho vysokou ekologickou stopu. Výroba hliníku je totiž velmi energeticky náročná, což materiál prodražuje a přispívá k produkci škodlivin.

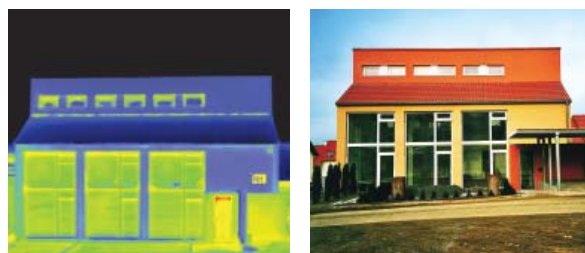
V zásadě je však možné říci, že ve většině systémů lze na trhu najít tak kvalitní rámy, aby vyhovovaly parametrům pasivního domu. Finální rozhodnutí je tedy pouze na Vás, Vašem vkusu a finančních možnostech.



Obr. 2 Řez oknem pro pasivní domy. Na obr. lze vidět některé okení rámy a dveře certifikované v Passivhaus Institutu v Německu. Řada z nich je dostupná i u dodavatelů oken u nás.

Tepelně technické vlastnosti

Mluví se zde o úsporách energie, proto daleko důležitější než nosný materiál rámu oken jsou jeho celkové tepelně-technické vlastnosti, které mají zároveň velký vliv na správnou funkci oken i na konečnou energetickou bilanci domu.



Obr. 3 Snímek termovizní kamerou. I velmi kvalitní okna mají ve srovnání s obvodovým pláštěm nižší teplotu (zelená barva). Největší z hlediska tepelných ztrát jsou na tom použité nekvalitní vchodové dveře (žlutá a červená barva).

Následující fyzikální parametry oken by měly být rozhodující při výběru okna pro pasivní dům.

Součinitel prostupu tepla

Nejdůležitějším parametrem pro hodnocení kvality okna pro pasivní dům je součinitel prostupu tepla U (dříve označovaný jako k). Výrobce by měl vždy uvádět, což je hodnota pro celé okno – tedy zasklení včetně rámu. Požadavky normy na tento parametr jsou neustále zpřísněny, ale doporučená hodnota pro pasivní domy je ještě výrazně nižší.

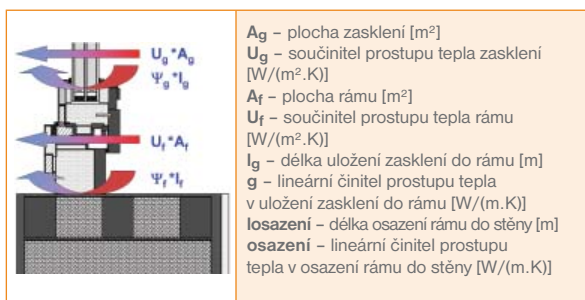
Vývoj požadavků na maximální součinitel prostupu tepla – [W/(m².K)]

	1992	2002	2005	požadavek pro pasivní domy
požadované hodnoty	2,9	1,8	1,7	0,8

*) Uváděné hodnoty jsou pro nová okna z normy ČSN 730540-2 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.

Hodnota 0,8 W/(m².K) je požadována pro certifikaci okna u Passivhaus Institutu (Německo) a uváděna jako maximální pro použití v pasivních domech v klimatických podmínkách Střední Evropy. Co je důležité, že certifikována okna jsou testována se zasklením se stejným parametrem $U_g = 0,7 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$, což vypoovídá i o kvalitě rámu. Okna s vynikající zasklením a nevhodným rámem sice mohou splňovat hodnotu celého okna, ale po osazení do konstrukce vzniká v místě styku značný tepelný most, který výrazně zhorší výsledný součinitel prostupu tepla osazeného okna. Proto je také požadována hodnota zabudovaného okna nižší než 0,85 W/(m².K). Naprostá většina neizolovaných rámu nespňuje tyto požadavky pro pasivní domy. V některých případech lze použít i levnější rámy, které po perfektním osazení splní zmiňované požadavky. V takových případech je vhodné posoudit konkrétní situaci výpočtem.

Součinitel prostupu tepla celým oknem je možné stanovit výpočtem. Z následujícího vztahu lze odvodit, co má vliv na výslednou hodnotu parametru U. Uvedený vztah je pro efektivní hodnotu součinitele prostupu tepla tj. hodnotu korigovanou o vliv osazení okna do stěny (ideálně do vrstvy tepelné izolace).



$$\frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g + I_{osazeni} \cdot \Psi_{osazeni}}{A_g + A_f}$$

Indexy jednotek jsou odvozeny z anglických g – glazing (zasklení) a f – frame (rám).

Jaké lze udělat z uvedeného vztahu závěry? Kvalita okna zdaleka nezávisí pouze na parametrech zasklení, ale také na kvalitě rámu a způsobu uložení skla do rámu a okna do konstrukce. Vzhledem k tomu, že rámy mají při použití vynikajícího zasklení zpravidla horší vlastnosti, vycházejí lépe větší okna, kde je logicky menší podíl plochy rámu. Stejně tak okno jednoduché je výhodnější než dělené i z hlediska solárních zisků. Rámy oken totiž běžně zabírají kolem 30 % u menších oken až 50 % plochy okna. Jelikož nimi teplo jen prochází a neprodukuje žádné solární zisky, měl by být podíl rámu co nejmenší.

Vliv osazení okna

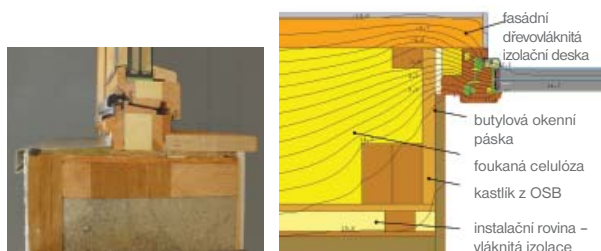
Velký vliv na funkci okna mají nejen parametry rámu a zasklení, ale také způsob zabudování okna do stěny. Pokud je okno zabudováno běžným způsobem, to znamená rám je v úrovni zdiva, dochází k výraznému zhoršení parametru součinitele prostupu tepla. Tím vzniká tepelný most, který způsobuje zvýšený tepelný tok a v krajním případě může docházet ke kondenzaci vody a vzniku plísní kolem rámu okna.

Na obrázcích jsou konstrukční detaily možného zabudování okna, které jsou doplněny průběhem izoterm. Správné osazení okna by mělo být do vrstvy tepelné izolace, tzv. před-sazená montáž okna, která eliminuje vliv tepelného mostu. U masivních staveb jde nejčastěji o osazení na ocelové kotvy. Další možnosti, která se používá jak u dřevostaveb tak i u masivních staveb je montáž okna do kastlíku z OSB desek. Rám okna je pak z vnější strany ještě překryt co největší tloušťkou izolace, minimálně však 30 až 40 mm. Nevhodné osazení okna kromě funkčních potíží s sebou nese i výrazné zvýšení potřeby tepla na vytápění, v některých případech až do 50 %. To jen potvrzuje fakt, že pasivní dům je nutné řešit komplexně a mít na paměti, že každá chyba se projevuje výrazněji než u běžných domů.

špatně	správně
$U_{W,eff} = 1,19 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ $E_A = 20,6 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{a)}$	$U_{W,eff} = 0,78 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ $E_A = 14,7 \text{ kWh/(m}^2 \cdot \text{a)}$

Obr. 4 Vliv osazení okna na součinitel prostupu tepla a měrnou potřebu tepla na vytápění u modelového příkladu. Tepelný most při nevhodném osazení může posunout potřebu tepla na vytápění až o 50 %.

Poznámka: Izoterma spojuje místa se stejnou teplotou v konstrukci. Čím jsou čáry hustější, tím rychleji klesá nebo stoupá teplota. Při nesprávném osazení je zřetelné extrémní zhuštění izoterm a vznik tepelného mostu.



Obr. 5 Příklad osazení okna do parapetu (vpravo) a simulace teplotních polí v místě ostění (vlevo). Jak je vidět okno je vyloženo co nejvíce do exteriéru v kastlíku z OSB desek, aby se snížilo na minimum stínění ostěním. Rám okna je vyplněn polyuretanovou izolací a překryt zvenku tepelnou izolací.

Před-sazená montáž okna je výhodná i z hlediska stínění ostěním. V případě že je okno zabudováno klasicky do roviny zdiva, izolace o tloušťce běžně 30 cm výrazně snižuje sluneční zisky. Přílišné vysazení do exteriéru zase neumožňuje překrýt rám okna dostatečnou tloušťkou izolace a zvyšuje se lineární tepelný most osazení. Ideální je umístění okna v rozmezí 6–16 cm od vnějšího líce fasády.



Obr. 6 Před-sazená montáž okna do masivní stavby. Na kotvení se používají speciální rektifikovatelné kotvy, případně ocelové nebo kompozitní úhelníky, které však vyžadují přesnější montáž. Rám okna je následně překryt min. 40 mm venkovní izolace.

Střešní okna pro pasivní domy?

Raději se jim při návrhu vyhnout.

Často se diskutuje také o použití střešních oken v pasivních domech. Jednak nakloněním zasklení totiž dochází k relativně výraznému zhoršení součinitele prostupu tepla min. 10% (více viz část Zasklení). Omnoho větším problémem je jejich osazení, kde v několika místech naprosto chybí izolace. Je to dáno samotnou koncepcí střešního okna, které aby odolávalo vlivům počasí, musí být osazeno do roviny střešní krytiny, tedy mimo izolační obálku. Dalším problémem bývá jejich těsnost, která zhoršuje výsledek při testu neprůvzdušnosti.

Několik takových střešních oken může zhoršit výslednou potřebu tepla na vytápění pasivního domu i o desítky procent, nehledě na funkční závady jako kondenzace vlhkosti. Také stínění v letním období je problematické a střešní okna se pak stávají zdrojem velkých solárních zisků a způsobují přehřívání podstřešních místností. Vše dohromady tvoří ze střešních oken problematický stavební prvek, kterému je lepší se u pasivních domů vyhnout. Náhradou poskytující potřebné prosvětlení mohou být vhodnější prvky jako např. světlovody, světlíky či vykře, které lze tepelně řešit omnoho jednodušeji.

Teplota na vnitřním povrchu

Se součinitelem prostupu tepla úzce souvisí teplota na vnitřním povrchu materiálu – dotyková teplota. Je to parametr, který způsobuje buď pocit chladu nebo naopak pocit příjemně teplé konstrukce.

U okna o součiniteli prostupu tepla $U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ při venkovní teplotě $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ neklesne nejnižší povrchová teplota okna pod $15 \text{ }^\circ\text{C}$, což je bezpečně nad kritickou hodnotou uváděnou v normě pro výplně otvorů. Kritickým místem s nejnižší teplotou je zpravidla styk zasklení a rámu a tzv. distanční rámeček (viz list Zasklení).

Většina okna má však výrazně vyšší teplotu (až $18 \text{ }^\circ\text{C}$). Tím je docíleno nízkých tepelných rozdílů a tudíž vynikající tepelné pohody i v blízkosti velké prosklené plochy.

Rosení oken je potom důsledkem nízké povrchové teploty oken a vysoké vlhkosti v interiéru.

Nejčastějším místem rosení je spodní hrana zasklení, kde není možné přezolovat rám v místě vnějšího parapetu. Kombinace slabšího rámu a nevhodného distančního rámečku vytváří nízkou vnitřní povrchovou teplotu, kde kondenzuje vlhkost. Izolované rámy pro pasivní domy tuto možnost vylučují. Dotykovou teplotu je možné měřit například dálkovým laserovým teploměrem nebo spočítat ve výpočtovém programu simulujícím teplotní pole.

Propustnost slunečního záření

Pasivní domy by měly být již od začátku navrhovány tak, aby umožňovaly vpustit do interiéru co nejvíce sluneční energie. Při tak dobré tepelné izolaci tvoří sluneční zisky významný podíl na celkovém pokrytí potřeby tepla domu.

Parametrem, který je pro toto určující je propustnost slunečního záření g [%]. Určuje kolik procent slunečního tepla (infračervená oblast slunečního záření) se neodrazí, ale pronikne do interiéru. Tento parametr se použitím třetího skla snižuje. Vyvažují to však lepší tepelně izolační vlastnosti a při celkové bilanci jsou trojskla výrazně úspornější. U okna s $U = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ by měla být propustnost slunečního záření větší než 50% – kritérium viz list Zasklení.

Průvzdušnost funkčních spár

Určuje, jak těsné je připojení rámu okna k ostění (zeď, OSB). Požadavek, který je definován v technické normě ČSN 73 0540-2, je pro budovy s nuceným větráním téměř 10 x přísnější než pro budovy s přirozeným větráním.

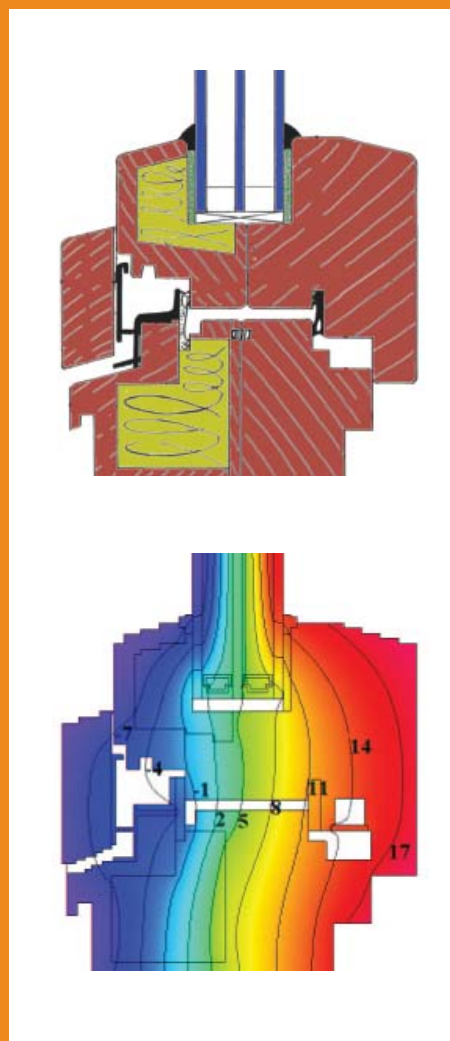
Z toho je zřejmé, že dobré utěsnění má zásadní vliv nejen pro zamezení nekontrolovatelných tepelných ztrát, ale je důležité i pro správné fungování větracího systému, aby nedocházelo k přísávání vzduchu spárami oken a dveří.

Pro zajištění tak nízké průvzdušnosti spáry se používají speciální třístupňové těsnicí systémy - vnitřní, středové a vnější těsnění. Vnitřní utěsnění páskou či fólií slouží k zajištění vzduchotěsnosti a parotěsnosti, kontaktní plocha rámu okna se kvůli tepelné a zvukové izolaci vypěňuje. Vnější páska brání proniknutí dešťové vody do spáry při zachování paropropustnosti.

Správné utěsnění funkčních spár oken má velký význam pro zajištění vzduchotěsnosti a pro dosažení nízké hodnoty n_{50} . Více na samostatném listu Vzduchotěsnost.

Potřeba venkovního stínění

Větší prosklené plochy mohou v letním období přinášet příliš mnoho slunečních zisků, a proto je nutné okna vhodně zastínit. Jižní fasáda si proti vysokému letnímu slunci poradí i s vhodně navrženým horizontálním stíněním (pergola, přesah střechy, apod.). U východní a zejména západní fasády takové opatření nestačí, jelikož je slunce níž na obloze. Zde nezbyvá než navrhnout aktivní stínící prvky jako venkovní žaluzie či rolety, které jsou omnoho účinnější než vnitřní stínění. Optimální návrh by měl dispozičně objekt řešit tak, abychom se obešli i bez těchto nákladných prvků. Cenově totiž stojí přibližně tolik co samotná okna.



Obr. 7 Výstup z výpočtového programu simulujícího teplotní pole. Barevné hladiny zobrazují průběh teplot v rámu okna. Je zde dobře patrné kritické místo kontaktu skla a rámu.



Obr. 8 Při nedostatečném utěsnění připojovací spáry okna dochází ke zvýšenému tepelnému a vlhkostnímu toku. Při spojení s nedostatečným větráním je potom výsledkem plesnivění ostění, parapetů a rámu oken. Tím dochází k mnohem rychlejší degradaci materiálů.



Typy oken

Jaké okno vlastně máte doma? Orientaci v terminologii může usnadnit následující přehled typů oken, se kterými se můžete běžně setkat:

Jednoduché okno

Zastaralý typ okna s jednou skleněnou tabulí, který se v našich klimatických podmínkách ve vytápěných místnostech již nepoužívá, protože má velmi špatné tepelně izolační parametry.

Dvojité okno

Dvojité nebo špaletové okno je historicky ověřená okenní konstrukce, která se v současnosti uplatňuje zejména při renovacích starších budov. Tvoří ho dvě jednoduchá okna vzájemně spojená fošnovou zárubní do jednoho okenního prvku. Okna s nejlepšími tepelně-izolačními parametry se dají tímto způsobem uplatnit i u pasivních domů, ale je třeba počítat s vyššími náklady.

Zdvojené okno

Zdvojené okno tvoří přechodný stupeň od dvojitého okna k jednoduchému oknu s izolačním zasklením. Okenní křídlo se skládá ze dvou sešroubovaných částí, které vytváří podobný izolační efekt jako u dvojitého okna. Tento typ oken je u nás velmi rozšířen například v panelových domech.

Jednoduché okno s izolačním dvojsklem (trojsklem)

V současnosti se tyto nejčastější okenní konstrukce vyrábějí ze všech běžných materiálů. Zasklení těchto oken se zhotovuje téměř výlučně z izolačního dvojskla nebo trojskla. Výrobci již často uvádějí přímo označení okna pro pasivní domy (vhodné pro pasivní domy). Prostor dutiny mezi skly u okna pro pasivní domy je vždy vyplněn inertním plynem - argon, krypton.

Otvíravá vs. neotvíravá

I při použití kvalitnější a tím i dražších oken lze ušetřit. Stačí k tomu zdravá úvaha. Zdaleka ne všechna okna v domě nebo bytě jsou pravidelně otevírána. Použitím neotvíravých oken lze snížit náklady na jedno okno o 30 až 40 %.



Obr. 9 Okno s otvíravou a neotvíravou částí a s vyrovnáním skel na stejnou výšku

Závěr

Při výběru okna byste měli sledovat zejména součinitel prostupu tepla rámu i zasklení a propustnost slunečního záření. Velký důraz by měl být kladen na správné osazení okna do konstrukce a jeho dobré utěsnění. Okna jsou důležitým prvkem pasivního domu, jenž může výrazně ovlivnit požadovaný výsledek i tepelnou pohodu, a proto je jejich optimalizace ve fázi návrhu naprosto zásadní.



Obr. 10 Většina architektů navrhuje velké prosklené plochy obytných místností zejména kvůli vizuálnímu kontaktu s přírodou nebo okolím. Ty zabezpečují dostatek slunečních zisků, ale v letním období mohou způsobovat značné přehřívání interiéru. Vyvážené množství prosklených ploch s případným letním stíněním je proto pro pasivní domy zásadní.

Doporučená a použitá literatura a normy

- [1] FEIST, W.: Protokollband Nr.14 - Passivhaus-Fenster, Arbeitskreis. Passivhaus Institut, Darmstadt, 1998
- [2] TYWONIAK, J.: Nizkoenergetické domy. Grada, 2005
- [3] GABZDYL, M.: Okenní výplně stavebních otvorů. VUT Brno, 2003
- [4] CIHLÁŘ, J.: Pasivní domy. Centrum pasivního domu, Brno, 2007
- [5] ČSN 73 0540:2 Tepelná ochrana budov, změna 2005
- [6] www.ekowatt.cz



Vydalo:

Centrum pasivního domu
Údolní 33, 602 00 Brno

Autor textů: Jiří Cihlář, Juraj Hazucha

Fotografie: Centrum pasivního domu,
Optiwin, Slavona, Passivhaus Institut, Isorast
© 2010 Centrum pasivního domu

www.pasivnidomy.cz



Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována z dotací Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2010 – část A – Program EFEKT