

Budovy s nízkou spotřebou energie v Jihočeském kraji a Horním Rakousku

konkrétní příklady a zkušenosti



EVROPSKÁ UNIE
Evropský fond pro
regionální rozvoj



EUROPEAN TERRITORIAL CO-OPERATION
AUSTRIA-CZECH REPUBLIC 2007-2013
Gemeinschaft mehr erreichen. Společně dosáhneme více.

Spolufinancováno Evropskou unií z Evropského fondu pro regionální rozvoj.

ÚVOD

Publikace „Budovy s nízkou spotřebou energie v Jihočeském kraji a Horním Rakousku - konkrétní příklady a zkušenosti“ je určena všem, kteří plánují stavbu domu a přemýšlejí o jeho energetické koncepci. Ve stručnosti shrnuje současný stav evropské a české legislativy, požadavky na současnou výstavbu obytných budov a snaží se naznačit trendy ve výstavbě energeticky úsporných domů.

Hlavním záměrem je rozptýlit obavy z pasivní výstavby a snad i trochu překonat jistou míru averze k netradičním řešením. Nebo spíše překonat zažitě zvyklosti, protože zjistíme, že dům s velmi nízkou spotřebou energie nemusí být stavebně složitý a bydlení v něm přináší stejný nebo dokonce lepší komfort než v takovém, který nazýváme tradiční stavbou.

Obáváte se rostoucích cen energií? Chcete mít své náklady na topení v příštích desetiletích pod kontrolou? Zajímají Vás zkušenosti jiných stavebníků? Pak následující příklady již postavených a užívaných rodinných domů mohou inspirovat i Vás.



SOUČASNÝ STAV V EVROPSKÉ UNII

Nové znění Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (1) z května 2010 přináší celou řadu změn. Největší zájem vyvolává sdělení, že všechny nové budovy mají být od roku 2020 stavěny jako budovy s téměř nulovou spotřebou energie. Na základě provedené studie (Study on the Energy Savings Potentials in EU Member States, Candidate Coun-

tries and EEA Countries) bylo zjištěno, že spotřeba energie na provoz budov pro bydlení a budov pro terciální sektor v zemích EU tvoří více než 40 % z veškeré v EU spotřebované energie. Je tedy zřejmé, že tento sektor, týkající se energetické spotřeby budov, se dostává do popředí zájmu a to i proto, že technická řešení, která vedou k naplnění tohoto ambiciózního cíle, jsou známá, ověřená a ve stavební praxi ihned použitelná. Naplnění obecně formulované definice „dům s téměř nulovou spotřebou energie“ je ponecháno na jednotlivých člen-

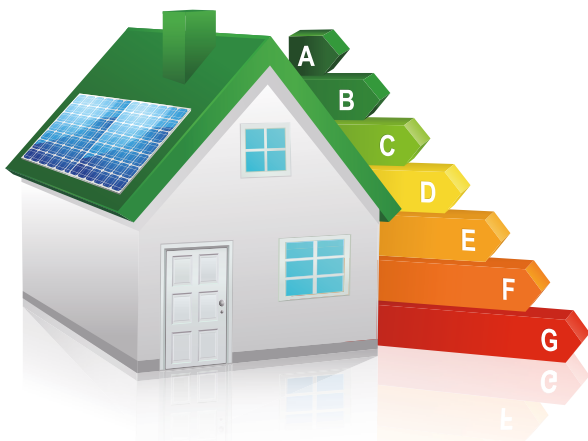
ských zemích, které si samy stanovují metody hodnocení a limity. Do energetické náročnosti budov se započítává energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, pomocná energie na provoz technických systémů a elektrická energie na umělé osvětlení. Energetické vlastnosti současných novostaveb mají být na „nákladově optimální úrovni“, která vyžaduje minimální součet investičních a provozních nákladů budovy.

DOPADY NA ČESKOU ENERGETICKOU LEGISLATIVU

Snižování energetické náročnosti budov řeší § 7 zákona 406/2006 Sb. o hospodaření energií v platném znění novely č. 318/2012 Sb. (2). Podrobnosti upravuje prováděcí vyhláška č. 78/2013 Sb. (3). Požadavky na splnění kritérií energetické náročnosti novostavby budovy až na úroveň téměř nulové spotřeby energie jsou rozloženy do několika časových

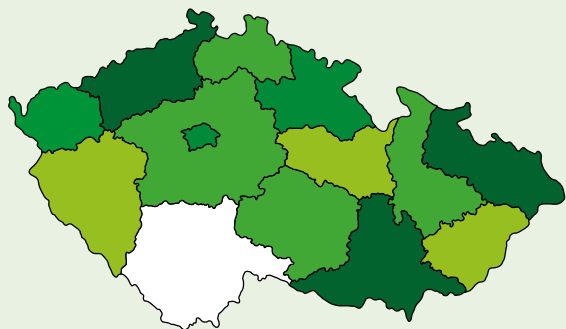
období podle velikosti nových budov. Pro běžný rodinný dům s energeticky vztahnou plochou menší než 350 m² je stanoveno datum 1. ledna 2020. Splnění kritérií se dokládá výpočtem Průkazu energetické náročnosti budovy, který je součástí projektové dokumentace a kladným stanoviskem dotčeného orgánu, kterým je Státní energetická in-

spekce (od roku 2015 patrně nebude stanovisko SEI požadováno). Pod pojmem „dům s téměř nulovou spotřebou energie“ si lze představit dům, který se bude svými parametry obálky budovy blížit domu pasivnímu a část dodané energie bude pokryta z obnovitelných zdrojů. Požadavky na stavební konstrukce budov jsou obsaženy v novelizované ČSN 73 0540-2 (2011) (4), která je základní pomůckou při projektování staveb. V platnosti zůstávají i technické normalizační informace TNI 73 0329 (5) pro rodinné a TNI 73 0330 (6) pro domy bytové, které obsahují metody hodnocení rodinných a bytových domů s velmi nízkou spotřebou energie na vytápění pro potřeby jejich kvalifikace. Vycházejí ze zahraničního modelu hodnocení PHPP (7) s přihlédnutím k českým podmínkám.



SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE

Pasivní domy, definované v následující kapitole, se u nás staví již řadu let, jejich podíl na celkové výstavbě je však velmi malý. Odborníci odhadují, že jich je v ČR postaveno více než tisíc a jejich počet narůstá v souvislosti s dotacemi v rámci programu Ministerstva životního prostředí Nová zelená úsporám, jež administruje Státní fond životního prostředí ČR.



Ve výše uvedeném programu jsou definovány dvě kategorie domů s velmi nízkou energetickou náročností: domy (podoblast B1) s měrnou potřebou tepla na vytápění do 20 kWh/(m²/rok) a s potřebou neobnovitelné primární energie do 90 kWh/(m²/rok).

Domy (podoblast B2) s měrnou potřebou tepla na vytápění do 15 kWh/(m²/rok) a s potřebou neobnovitelné primární energie do 60 kWh/(m²/rok).

Pro domy zařazené v B1 stanoví dotační program Nová zelená úsporám dotaci ve výši 400 000 Kč plus 35 000 Kč na vyřízení administrativy související s dotací a na B2 je stanovena dotace ve výši 550 000 Kč plus 35 000 Kč na vyřízení administrativy související s dotací. V několika posledních letech je patrná snaha projektantů i stavebníků navrhovat a stavět domy, které se svými vlastnostmi nízkoo energetickým kritériím

alespoň přibližují. Je to způsobeno především povinností prokázat výpočtem Průkazu energetické náročnosti budovy dosažení minimálně úrovně C. Dosažení vyšší úrovně brání jak všeobecná nedůvěra v instalaci systémů řízeného větrání a s tím spojené vyšší nároky na zajištění vzduchotěsnosti stavby, tak i podceňování detailů stavby a technického zařízení. Dům s nízkou spotřebou energie musí být dobře promyšlen a to je spojeno s vyššími nároky na kvalitu a komplexnost projektu. Obvykle se staví podle projektové dokumentace v minimálním rozsahu pro stavební povolení, která neřeší podrobnosti. Pravdou je, že s projektováním, stavbou a následným užíváním a provozem pasivních domů přibývá zkušeností a zároveň roste povědomí široké veřejnosti o potřebě energetických úspor v této oblasti.

ENERGETICKÁ BILANCE A KATEGORIE BUDOV

Nízkoo energetické budovy

jsou charakterizovány nízkou potřebou tepla na vytápění. Za nízkoo energetickou budovu považujeme takovou, jejíž měrná potřeba tepla na vytápění je nižší než 50 kWh/m² podlahové plochy za rok. Těchto parametrů je dosahováno především optimálním návrhem tepelných izolací obálky budovy.

Pasivní budovy

jsou z hlediska hodnocených kritérií podstatně složitější. Jejich potřeba energie na zajištění požadovaného vnitřního prostředí je minimalizována, stejně jako potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů. To je zajištěno jak návrhem obálkových konstrukcí, tak technologických systémů budovy. Základní parametry pasivního domu jsou měrná potřeba tepla na vytápění do 15 kWh/m² za rok a měrná potřeba primární energie do 60 kWh/m² za rok.

Aby byla zajištěna dostatečná účinnost systému nuceného větrání a zároveň se zamezilo nežádoucím tepelným ztrátám prouděním vzduchu, je hodnocenou vlastností také celková průvzdušnost obálky budovy, neboli vzduchotěsnost. Celková intenzita výměny vzduchu n_{50} při tlakovém rozdílu 50 Pa nesmí, pro pasivní dům s nuceným větráním se zpětným získáváním tepla, překročit hodnotu 0,6 hod⁻¹.

Budovy s téměř nulovou spotřebou energie,

aby byl splněn požadavek současně platné české legislativy, stačí navrhnout tak, aby stavební řešení byla na půli cesty mezi doporučenými hodnotami a standardem pro pasivní domy. Hodnocení pak vychází z roční bilance energetických potřeb a vlastní energetické produkce v budově z obnovitelných zdrojů (někdy stačí kamna na dřevo). Používá se porovnání ukazatelů energetické náročnosti budovy s takzvanou budovou „referenční“, kde jednotlivé ukazatele musí být stejné nebo lepší než hodnoty referenční.

Z uvedeného plyne, že pro ty, kteří chtějí minimalizovat energetickou náročnost svého domu, je řešením dům pasivní.

OBECNÉ POŽADAVKY NA TEPELNOU OCHRANU BUDOV

Tepelná ochrana budov zahrnuje několik oblastí, které jsou pro konečné užité vlastnosti staveb podstatné. V první řadě jmenujme zdravé životní prostředí v interiéru budovy a uživatelský komfort. Z hlediska stavebních konstrukcí je to zajištění plnění požadované funkce po celou dobu životnosti stavby. V neposlední řadě pak ekonomie provozu budovy, především nízké provozní náklady na zajištění potřebných energií a s tím související ochrana životního prostředí. Tato základní kritéria by měla být důsledně sledována především při návrhu budovy. Nepromítají se tedy jen do konkrétního návrhu obálkových konstrukcí budovy a technického zařízení, ale významně i do návrhu urbanistického, dispozičního a architektonického.



ARCHITEKTONICKÉ A DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ

Dosažení optimálních podmínek oslunění stavby závisí na výběru stavební parcely, její velikosti, uspořádání a výšce okolní zástavby a vzrostlé zeleně. V rozvojových územích obcí a předměstských čtvrtí je nutno vzít v úvahu i stavby, které jsou v sousedství plánované. Ekonomické důvody nasměrovaly realitní nabídku k malým a často stísněným pozemkům, které pro stavbu pasivních domů nejsou ideální. Optimální pozemek by

měl umožnit umístění domu v jeho severní části s komunikačním napojením z vhodné strany. Z možností zastavění pozemku pak vychází tvar, velikost a návrh dispozice domu. Zásady orientace obytných místností v domě na osluněné strany a provozní prostory k severu jsou většinou respektované, často se ale zapomíná plánovat vhodné plochy pro osazení solárních instalací, které jsou pro úsporné domy nezbytné.



MOŽNOSTI STAVEBNÍHO ŘEŠENÍ

Variabilita konstrukčních systémů a stavebních řešení je prakticky neomezená. V zásadě je jedno, zda dům bude dřevostavbou nebo stavbou zděnou a to v jakékoli technologii. Výrobci stavebních systémů v posledních letech nasměrovali svou nabídku k energeticky úsporným řešením, které dosahují ve svých nejlepších variantách tepelně izolačních vlastností na hodnoty doporučené pro pasivní stavby. Platí to jak pro tradiční konstrukce z pálených cihelných bloků nebo pórobetonových tvárnic, ale i pro různé kompletní stavebnicové systémy z betonových či keramzitbetonových tvárnic s integrovanou tepelnou izolací na bázi expandovaného nebo extrudovaného polystyrénu. Kromě toho existují systémy monolitické s betonem vyléváním do ztraceného bednění, jehož součástí je tepelný izolant v dostatečné tloušťce. V praxi se nejčastěji vyskytují zděné konstrukce s dodatečným zateplením. V případě dřevostaveb lze pozorovat posun k použití stavebních izolací na přírodní bázi. Někteří výrobci dřevostaveb však nadále používají u obvodových konstrukcí (s ohledem na posunutí rosného bodu ven z izolantu v sendvičové konstrukci) z venkovní strany na zateplení polystyrén.



Svislé obvodové konstrukce:

Častá otázka stavebníků směřuje k porovnání tepelně izolačních vlastností jednovrstvé zděné konstrukce a zděné konstrukce s dodatečným zateplením ať již kontaktně lepeným nebo v systému provětrávané fasády. Doporučená hodnota součinitele tepelné vodivosti U pro vnější stěnu je dle ČSN 73 0540-2 pro pasivní budovy v rozmezí 0,18 až 0,12 $W/(m^2 \cdot K)$. Této úrovni dosahují jak energeticky úsporné pálené bloky, tak některé pórobetonové tvárnice v dostatečné tloušťce. Pokud je potřeba dosáhnout hodnoty U 0,10 $W/(m^2 \cdot K)$ nebo méně, je nutno použít dodatečné zateplení. Vlastní nosná stěna se pak navrhuje ekonomicky s ohledem na statiku budovy a tloušťka dodatečného zateplení kolem 30 cm. U jednovrstvých konstrukčních systémů je obtížnější dosáhnout dobrého řešení tepelných mostů. Stěna dřevostavby umožňuje řadu vari-

ant konstrukčního řešení, ať už se jedná o rámovou tesařskou konstrukci nebo celostěnové dřevěné panely, které je doplněno vrstveným tepelným izolantem, který obvykle dosahuje celkové tloušťky 40 až 50 cm. Kromě tradiční minerální vlny se prosazují celulóza, dřevitá vlna, konopí a další materiály.

Střešní pláště:

Ploché střechy se obvykle zateplují tepelnou izolací na bázi pěnového polystyrénu nebo desek z PUR a PIR pěny. Řadu variant zateplení umožňují šikmé střešní pláště nad podkrovím. Kromě tradičního uspořádání tepelné izolace mezi krokve a pod krokve se stále více začínají prosazovat nadkroevní systémy. Jejich výhodou je jak souvislý průběh tepelné izolace v rovině střechy, tak pohledové uplatnění krovu v interiéru a větší využitelný vnitřní prostor. Aby byla splněna doporučená hodnota

součinitele U , která je v tomto případě v rozmezí 0,15 až 0,10 $W/(m^2 \cdot K)$, je nutno plánovat minerální tepelné izolace v tloušťkách 40 až 50 cm, v případě PIR desek v nadkroevních systémech 20 cm a více. Pokud střecha obsahuje vikýře, platí i pro jejich boční stěny stejné požadavky.

Výplně otvorů:

Zasklení izolačními trojskly je pro pasivní domy standardem. V ideálním případě se doporučuje použít okna, která jsou pro pasivní domy přímo určena. Tyto výrobky se vyznačují vysokou kvalitou provedení rámu, který bývá nejčastěji v provedení dřevo-hliník nebo plast. Komory plastového profilu jsou vyplněny pěnovou izolací. V poslední době se objevují rámy bez ocelové výtzuhy, které jsou z kompozitních materiálů. Důležitým doplňkem výplní otvorů jsou předokenní žaluzie, které zabraňují ne-



žadoucím tepelným ziskům v letním období. Doporučuje se proto velikost prosklených ploch i jejich tepelně technické parametry optimalizovat s ohledem na možné přehřívání interiéru v létě, ale i v zimě. V případech, kde není nutné okna otvírat, je výhodné použít pevné zasklení. Střešní okna se do pasiv-

ních staveb příliš nedoporučují z důvodu problematického řešení návaznosti okna na vrstvy tepelných izolací. Přesto trh nabízí šikmé okenní výplně s vysokou tepelnou izolací, které jsou osazeny čtyřskly. Vhodnou variantou jsou skla typu Heat Mirror. Obdobné požadavky jako okna by měly splňovat i vchodové dveře. Součinitel prostupu tepla U_w výplní otvorů pasivních budov by měl být menší než $0,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Tepelné vazby:

Tepelnou vazbou nazýváme systémové místo v konstrukci, kde v důsledku konstrukčního uspořádání dochází k většímu prostupu tepla konstrukcí. Především se jedná o místa, kde jedna konstrukce přechází v konstrukci jinou, například stěna – střecha nebo okenní rám a navazující stěna. U dobře zateplených budov může být podíl tepelné ztráty těmito místy velký a to je u domů

s velmi nízkou potřebou energie na vytápění nepřipustné. Proto musí být řešení tepelných vazeb, ale i tepelných mostů věnována zvláštní pozornost a tyto detaily v projektu řešeny a počteně ověřeny.



VZDUCHOTĚSNOST STAVBY

Dostatečná vzduchotěsnost budovy je pro pasivní budovy nutnou podmínkou. Jedná se o jediný parametr, který lze reálně na stavbě změřit. Slouží k tomu Blower door test, jehož principem je měření průtoku vzduchu při předepsaném tlakovém rozdílu. Zděné a omítané konstrukce jsou v ploše prakticky vzduchotěsné. Do lehkých skládaných konstrukcí, jako jsou dřevostavby nebo šikmé střešní pláště, jsou systematicky umísťovány parozábrany nebo parobrzdění. Kromě vzduchotěsnosti zajišťují i parotěsnost, tedy ochraňují vnitřní skladbu konstrukce před kondenzací. Tyto vrstvy jsou buď fóliové, nebo se používají lisované OSB desky.

TECHNICKÉ SOUSTAVY

Původ názvu „pasivní dům“ je možno hledat ve skutečnosti, že potřeba tepla domu na vytápění je tak malá, že se může obejít bez obvyklé otopné soustavy a k vytápění se může využít větracího vzduchu. Z toho plyne i další charakteristika pasivního domu, a to je, že je v něm vždy instalováno zařízení pro řízené větrání čímž se rozumí nuce-

né větrání s ventilátory se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu. A protože se sleduje, jak je uvedeno výše, i podíl primární neobnovitelné energie, je nutno do zásobování energií zapojit i obnovitelné zdroje.

Malé roční potřeby na vytápění je dosaženo především kvalitou obálky budovy. Únik tepla je tak malý, že můžeme vážně počítat s vytápěním od vnitřních zdrojů tepla, to jsou spotřebiče spojené s provozem domácnosti, s produkcí tepla od osob a také s tepelnými zisky okny od oslnění.

V nejchladnějších obdobích roku obvykle tyto zdroje už nestačí a je třeba zapojit do systému vytápění další zdroj tepla. To může být buď elektrický přímotop, nebo tepelné čerpadlo, případně lze použít plynový kotel nebo také kotle a teplovodní vložky na dřevo nebo na pelety. Prodloužit dobu využití sluneční energie umožňují solární termické nebo fotovoltaické systémy.

Teplo můžeme od těchto zdrojů přenést do domu pomocí otopné soustavy, to znamená potrubím a otopnými tělesy, nebo podlahovým vytápěním, méně často stěnovým či stropním vytápěním, nebo, jak bylo uvedeno na začátku odstavce, větracím vzduchem. Většinou ale při vytápění jen s větracím vzduchem nevystačíme. Schopnost vzdu-

chu přenášet teplo je totiž poměrně malá. Proto se větrací systém doplňuje o cirkulaci, aby se zvětšilo množství vzduchu, který je tak schopen přenést potřebný tepelný výkon. Do proudu přiváděného vzduchu je pak zapotřebí vložit teplovodní výměník, nebo elektrické topné těleso.

Často je hlavní součástí systému akumulční zásobník na topnou vodu, který v sobě soustřeďuje teplo od různých zdrojů tepla tak, jak jsou postupně k dispozici a zároveň slouží k přípravě teplé vody pomocí vnořeného zásobníku nebo průtokem přes výměník tepla. Příprava teplé vody představuje v pasivním domě významný spotřebič energie. Vzhledem k minimalizovaným potřebám se pro vytápění a přípravu teplé vody nabízí zdánlivě jednoduché a investičně levné řešení pomocí přímo topné elektřiny. Problém je však právě v množství primární neobnovitelné energie. Novostavba domu odkázaná pouze na elektřinu, včetně většiny pasivních domů, nemůže splnit ani základní legislativní kritérium, natož pak hodnoty požadované pro pasivní domy. Proto se elektřina a někdy i zemní plyn a tepelná čerpadla musí kombinovat se zdroji obnovitelnými (biomasa, sluneční energie), i když to není ekonomicky opodstatněné.



PŘÍKLADY REALIZOVANÝCH STAVEB

Výběr energeticky úsporných domů, které jsou v publikaci popisovány, zahrnuje regiony Jižních Čech a Horního Rakouska. Záměrně nejsou voleny domy, které již byly v minulosti publikovány nebo nějakým způsobem převyšují průměr ve své kategorii.

Jsou to často stavby, které se od okolních domů vnějším vzhledem nijak vý-

znamně neliší. Jiné jsou ale tím, jak byly plánovány a promyšleny ve své energetické koncepci. Na příkladech je patrný i rozdíl mezi Rakouskem a Čechami. Nejnapadnější je ve velikosti domů a náročnosti technického vybavení. České realizace ukazují, že středně velký rodinný dům v pasivním standardu nemusí znamenat vysokou a nedosažitelnou investici a že vzhled domu může být naprosto „civilní“.

Texty se zabývají popisem stavebního a technického řešení. Je nad rámec publikace hodnotit a stavby známkovat například po stránce architektonického

a urbanistického řešení. Všechny budovy naplňují zásady nízkoenergetického stavění svou dispozicí, orientací ke světovým stranám a umístěním v pozemku.

Použité konstrukční systémy a stavební materiály jsou různé. Příklady zahrnují dřevostavby i domy ve zděné technologii s dodatečným zateplením. Dva příklady jsou i z jednovrstvého zdiva. V každém případě jsou tepelné technické vlastnosti ohraničujících konstrukcí vždy ve vysokém standardu.

ODKAZY

- (1) Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov
- (2) Zákon č. 406/2006 Sb. o hospodaření energií v platném znění č. 318/2012 Sb.
- (3) Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov
- (4) ČSN 73 0540-2 (2011) Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky
- (5) TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy, ÚNMZ 2010
- (6) TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy, ÚNMZ 2010
- (7) PHPP 2007, Passive House Planning Package. Requirement for Quality Approved Passive Houses. Passivhaus Institute Darmstadt, 2007



ZDĚNÝ BUNGALOV S VNĚJŠÍM ZATEPLENÍM Z EPS

Dům určený pro bydlení jedné rodiny se nachází na rozlehlé parcele v lokalitě zastavěné samostatně stojícími rodinnými domy ve větší obci v blízkosti Českých Budějovic. Umístění domu v parcele je optimální z hlediska oslunění. Pozemek je obdélného protáhlého tvaru s orientací SV – JZ a stavba je situována v zadní části pozemku. Francouzská okna hlavních obytných místností jsou orientována na vlastní pozemek na jihozápad a na jihovýchod, před nimi je terasa.

Dům je přízemní, nepodsklepený s valbovou střešní konstrukcí tvořenou dřevěnými vazníky. Sestává z obytné části o půdorysném rozměru 10,5 x 16,0 m, na kterou navazuje na severozápadní straně technická místnost a vedle ní dále garáž. Technická místnost a garáž vyzděné z pórobetonových bloků jsou již vně systémové hranice domu, tedy mimo vytápěnou část.

Celková zastavěná plocha domu je 241 m², obestavěný prostor 1180 m³. Výška místností 265 cm, výška hřebene střechy 5,65 m.

Vstup do zádveří je od severozápadu. V přední části domu je rozlehlý obývací prostor s jídelnou a kuchyňským koutem, zadní část obsahuje 3 pokoje. Koupelna je situována poblíž technické místnosti.

Obvodové stěny obytné části domu jsou z vápenopískových bloků tloušťky 240 mm zateplené kontaktním zateplovacím systémem ETICS s tepelným izolantem EPS 70 F v tloušťce

300 mm. Základový pas je z vnější strany obložený izolantem z XPS 150 mm až do úrovně základové spáry. Tepelné izolace podlah jsou z EPS 100Z v tloušťce 300 mm.

Podkrovní prostor je bez využití, hranice zateplení probíhá nad stropem místností v úrovni vazníků. Použita byla foukaná izolace z papírové buničiny v tloušťce 500 mm. Přesahy vazníků před líc vápenopískové tvárnice 1,5 m zajišťují jednak stínění oken v letním období, ale jsou výhodné i pro řešení návaznosti tepelných izolací stěn a stropu, kde je dostatečný prostor pro to, aby izolace nebyly zeslabené a nevznikal zde tepelný most.

Pro výplně otvorů byla použita kvalitní plast-hliníková okna určená pro pasivní domy s izolačním trojsklem 4-12-4-12-4 mm.



U oken nejsou použity předokenní rolety, pouze vnitřní žaluzie, přesto v letním období nedochází k přehřívání interiéru. Vstupní dveře jsou dřevěné vrstvené s PUR výplní a prosklenou výplní s $U_g 0,59 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$. Tepelná ztráta prostupem tepla a větráním (snížená o průměrnou účinnost rekuperace) podle projektové dokumentace je 4,78 kW.

V domě není klasická otopná soustava s otopnými tělesy, ale tepelnou ztrátu kryje zařízení pro řízené větrání s rekuperací. Ve strojovně je osazena vzduchotechnická jednotka, která obsahuje odváděcí a přiváděcí ventilátor. Přiváděcí ventilátor je větší a umožňuje ve spolupráci s regulační klapkou, aby část vzduchu mohla cirkulovat a po dohřátí v teplovodním výměníku dodat do domu tolik tepla, že stačí na vytápění. Kromě toho je v jednotce též filtr přiváděného vzduchu a zejména rekuperační výměník, ve kterém odváděný vzduch předá většinu tepla v něm obsaženého do přiváděného vzduchu a tak ušetří teplo, které by jinak odcházelo bez užitku ven. Zároveň je také zajištěno dostatečné provětrání domu, které je řízeno podle nastaveného programu a dále též čidlem kvality vzduchu v koupelně a po použití WC.

Odváděcí vyústky jsou umístěny v kuchyni, koupelně a WC. Velké vyústky pro nasávání cirkulačního vzduchu jsou na chodbě a v obývacím pokoji. Tak je umožněno přenést teplo od krbových teplovzdušných kamen do ostatních místností. V podlaze je uloženo rozváděcí potrubí přivodního vzduchu a vyústky jsou umístěny pod okny. U francouzských oken jsou rozmístěny tak, aby nepřekážely při chůzi.



Čerstvý vzduch do domu se nasává do vzduchotechnické jednotky buď přímo z venkovního prostředí, nebo přes zemní kolektor. To je plastové potrubí uložené v zemi v hloubce 1,8 m v délce asi 20 m. V létě se v něm přiváděný vzduch ochladí, v zimě zase predehřeje.

S letními vedry si dům také poradí. Problém nastane jen tehdy, pokud zůstávají otevřené venkovní dveře nebo okna. Provozní režim větrací jednotky ale umožňuje v noci zase dům ochladit intenzivním provětráním.

Hlavním zdrojem tepla pro vytápění je přímotopný elektrokotel o výkonu 5 kW a teplá voda se připravuje v elektrickém zásobníkovém ohřivači o objemu 200 l.

Za elektřinu na vytápění a větrání zaplatí majitelka domu asi 30 000 Kč ročně, přičemž část této spotřeby představují domácí elektrospotřebiče v čele s výpočetní technikou.

Zařízení pracuje zcela automaticky a během roku rodina prostě vytápění vůbec neřeší. Do budoucnosti uvažují o doplnění systému o solární termiku.





DŘEVOSTAVBA S VYUŽITÍM PŘÍRODNÍCH IZOLACÍ

Dům v okrajové části Třeboně se nachází na menší parcele, pro pasivní stavbu nepříliš vhodného tvaru, která je situována podél ulice. Realizovaná stavba je však příkladem kvalitního architektonického řešení při současném použití moderních technologií a materiálů.

Jednopodlažní dispozice pro bydlení jedné rodiny je funkčně rozdělena na obytnou část a garáž, mezi nimi je průjezd, z něhož se vstupuje do domu. Vše je zastřešeno jednou obloukovou střechou s vegetační úpravou o ploše 351 m². Obytná část má nepravidelný půdorys o zastavěné ploše vytápěné části 151,9 m², k ní ještě přiléhá nevytápěné zádveří.

Technická místnost je umístěna do středu dispozice, z chodby u ní se vstupuje do všech pokojů a příslušenství. Velký obývací prostor s kuchyní a jídelnou je na jihozápadní straně. Krbová kamna umístěná v technické místnosti se uplatňují v obytném prostoru pouze skleněnými dvířky. Překvapuje nevelká plocha prosklení, okna jsou bez vnějších rolet, ale zastíněná přesahy střechy. Prosvětlení chodby uvnitř dispozice je zajištěno dvěma světlovody.

Konstrukčně se jedná o dřevostavbu, která byla na místě složená z jednotlivých prvků továrně vyrobených CNC technologií. Podlaha dřevěné konstrukce je osazena nad terén na betonové patky, které vystupují ze základových pasů, které jsou skryté ve šterkové vrstvě pod domem a přiléhajícími prkennými terasami. Svislé sloupky podpírají lepené obloukové vazníky profilu 120/300 mm, na které jsou shora osazeny krokve.



Tepelné izolace obvodových stěn jsou z foukané papírové buničiny v celkové tloušťce 350 mm, k tomu z vnější strany 60 mm dřevovláknité izolační desky. Ty slouží jako podklad pro omítkový systém, nebo jsou obkládány modřínovými palubkami. Parotěsnost a vzduchotěsnost zajišťují OSB desky s těsněnými spoji. Konstrukce má instalační mezeru pro technické rozvody a vnitřní povrch tvoří sádkokarton. Skladba podlahy nad terénem je izolována 380 mm foukané izolace, nad ní ještě 50 mm polystyrénu ve vrstvě pro rozvody instalací a 20 mm vláknité kročejové izolace.



Ve střešním pláště mezi vaznicích je celkem 420 mm foukané izolace a shora na vaznicích je skladba uzavřena průběžnými dřevovláknitými izolačními deskami v tloušťce 52 mm. Krokve nad nimi tvoří provětrávanou dutinu pod vodotěsnou izolací a vrstvami substrátu s vegetací.

Součinitele prostupu tepla U pro jednotlivé konstrukce jsou:

stěny	$0,118 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
střecha	$0,103 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
podlaha	$0,099 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
okna s izolačními trojskly	$U_g = 0,488 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
	$U_f = 0,73 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
propustnost slunečního záření	$g = 0,6$

Vypočtená tepelná ztráta prostupem tepla a větráním (snížená o průměrnou účinnost rekuperace) je 3,29 kW.

Pro vytápění domu je využito zařízení pro řízené větrání s rekuperací. Protože pro krytí tepelné ztráty by nestačil pouze větrací vzduch, má větrací jednotka posílený přívodní ventilátor, který ve spolupráci s regulační klapkou zajistí, aby část vzduchu v domě mohla cirkulovat a po dohřátí ve výměníku tepla také dům vytopit. Takovou větrací jednotku poznáme podle toho, že k ní vede pět potrubí místo logických čtyř. Potom není nutno, aby v domě byla obvyklá teplovodní soustava s otopnými tělesy. Vzduch z koupelen a WC je odváděn rovnou do venkovního prostoru. Každé vzduchotechnické zařízení obsahuje filtr přiváděného vzduchu a kromě toho je v jednotce též rekuperační výměník, zařízení, ve kterém odváděný vzduch předá většinu tepla do přiváděného vzduchu a tak ušetří většinu tepla, které je jinak nutné k ohřátí čerstvého vzduchu.

Zároveň je také zajištěno dostatečné provětrání domu, které je řízeno podle nastaveného programu a dále též čidlem kvality vzduchu a čidlem vlhkosti v koupelně a po použití WC. Odváděcí vyústky jsou umístěny v kuchyni, koupelně a WC.



Velké vyústky pro nasávání cirkulačního vzduchu jsou na chodbě a v obývacím pokoji.

Zdrojem tepla je krb s teplovodní vložkou. Příkladání se provádí ze strany obývací místnosti a dobře tepelně izolované těleso vložky je umístěno za stěnou ve strojovně. Je to tak z toho důvodu, aby se většina vyrobeného tepla mohla akumulovat do integrovaného zásobníku tepla o objemu 650 l, jinak by se místnost s krbem rychle přehřála. Do dolní části zásobníku se ukládá rovněž teplo získané ze 4 solárních kolektorů na střeše, každý o ploše $2,57 \text{ m}^2$. V zásobníku jsou navíc v různých úrovních osazeny elektrické topné vložky pro dohřev topné a teplé vody.

Rozváděcí potrubí přívodního vzduchu je umístěno pod stropem, vyústky jsou nad dveřmi a mají tvar dýz, aby proud vzduchu dosáhl k protilehlé stěně s oknem. Čerstvý vzduch do domu se nasává do vzduchotechnické jednotky přímo z venku.

Teplá voda se ohřívá průtokem ve výměníku tepla osazeném v zásobníku. Zajímavostí je použití plastového rekuperačního výměníku umístěného na odpadním potrubí pro předehřívání studené vody do koupelny.





NÍZKOENERGETICKÝ DŮM S VYUŽITÍM VAKUOVÝCH KOLEKTORŮ

Jednopodlažní bungalov obdélného půdorysu 11,5 x 13,75 m je příkladem toho, že ne zcela doporučený tvar pro pasivní domy lze dovést do energeticky velmi efektivního, ale přitom jednoduchého řešení.

Dům, který se nachází v okrajové části městyse Lhenice, je natočený vůči osám světových stran o 45°. Obytné místnosti jsou uspořádány podél jihozápadní a jihovýchodní stěny domu. Ve středu dispozice je komunikační prostor. Zádveří, technická místnost a hygienické vybavení jsou umístěny v severním rohu. Na dům u vstupu navazuje kryté parkovací stání, jihovýchodní strana jeho sklonité střechy je využita pro osazení solárního systému.

Zajímavým prvkem je použití zimní zahrady, která má rozměr 5 x 1,5 m a je umístěna na jižní nároží. Záměrem je zvýšit solární zisk a to se v zimním období skutečně potvrdilo. Absence stínění celoskleněných ploch zimní zahrady se však nepříznivě projevuje přehříváním v létě. Doplnění předokenních rolet by jistě situaci řešilo.

Okna obytných místností na osluněných stranách jsou standardních rozměrů se zděnými parapety. Přestože nejsou stíněna přesahem střechy, ani nemají vnější rolety, nedochází v létě k přehřívání interiéru.

Konstrukční systém domu je tradiční zděný. Obvodová stěna z pálených cihelných bloků 30 P+D je zateplena vnějším kontaktním zateplovacím systémem z minerálních desek v tloušťce 220 mm. Provedena byla zápuštná montáž kotev. Součinitel prostupu tepla U je 0,173 W/(m².K).

Stropní konstrukce je tvořena dřevěnými vazníky, které jsou zespodu zaklopeny OSB deskami s tmelenými spoji perodrážka s přelepením spár těsnící páskou. Tato vzduchotěsná vrstva je ještě doplněna parozábranou z hliníkové fólie. Mezi sádkartonovým podhledem a parozábranou je instalační dutina pro vedení elektrických rozvodů. Tepelně izolační vrstvu tvoří minerální desky 2 x 200 mm, Součinitel U konstrukce je 0,11 W/(m².K).

V podlahách jsou desky XPS ve dvou vrstvách 80 + 40 mm, v tenčí horní vrstvě je uložen rozvod vzduchotechniky z potrubí obdélného průřezu. Extrudovaným polystyrénem tl. 100 mm jsou obloženy sokly a vnější líc základových pasů do hloubky 0,8 m.

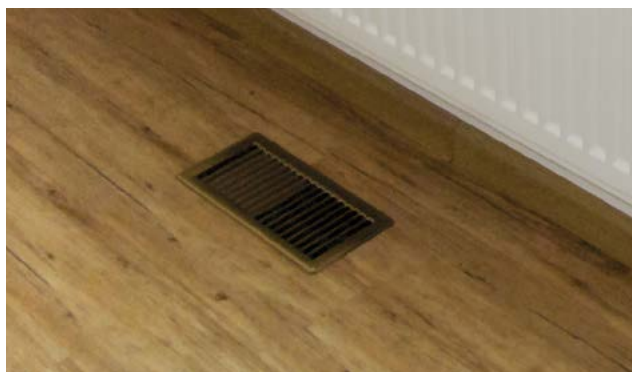
Plastová okna s izolačním trojsklem mají rámy s kompozitní výtuhou a trojím těsněním. Deklarované U_w je 0,8 W/(m².K). Zimní zahrada má standardní prosklení dvojskly do plastových rámu.

Přestože některé parametry součinitelů prostupu tepla nedosahují doporučení pro pasivní domy, je vypočtená tepelná ztráta domu včetně výměny vzduchu podle projektové dokumentace 5,7 kW, a z toho tepelná ztráta prostupem 3,3 kW. V domě je klasická otopná soustava s otopnými tělesy, která kryje tepelnou ztrátu prostupem. Větrání domu je řízené s rekuperací tepla z odpadního vzduchu. Prakticky to znamená, že ve strojovně je osazena vzduchotechnická jednotka obsahující na venkovním sání filtr vzduchu, příváděcí a odváděcí ventilátor, mezi něž je vložen plastový deskový výměník, ve kterém si příváděný a odváděný vzduch proudící proti sobě a odděleny teplosměnnou plochou vyměňují svůj tepelný obsah. Čerstvý vzduch do domu se nasává do vzduchotechnické





jednotky přímo z venku. Studený venkovní vzduch se ohřívá a teplý odváděný se ochlazuje. Protože vnitřní vzduch je navíc také vlhký, při styku s chladným venkovním vzduchem se v něm sráží voda - kondenzát, který je nutno odvést. Zároveň je také zajištěno dostatečné provětrání domu, které je řízeno podle nastaveného programu a impulzem po použití WC. Odváděcí vyústky jsou umístěny v kuchyni, koupelně a na WC. Rozváděcí potrubí přírodního vzduchu je umístěno v podlaze a vyústky jsou osazeny u otopných těles pod okny. Zdrojem tepla je přímotopný elektrokotel o výkonu 6 kW. Ve strojovně je zásobník o objemu 650 l, do kterého se v dolní části ukládá rovněž teplo získané ze čtyř plochých vakuových solárních kolektorů. Teplá voda se ohřívá v zásobníku o objemu 180 l, který je ponořen v hlavním zásobníku s topnou vodou. V obývacím pokoji jsou jako doplňkový zdroj pro vytápění osazena krbová kamna, která mají přívod spalovacího vzduchu vedený třívrstevným komínovým systémem, takže nedochází k ovlivnění řízeného větrání v interiéru. Rodinný dům je v užívání 5 let ke spokojenosti vlastníka.





DVOUPODLAŽNÍ DŘEVOSTAVBA

Dům v blízkosti Tábora se nachází na okraji zástavby rodinnými domy a je postavený na ideální osluněné parcele obdélného tvaru s orientací sever – jih. Situovaný je v její severní části. Garáž je umístěna mimo dům v rohu pozemku.

Dům je dvoupodlažní, obdélného půdorysu o rozměrech 11 x 8,7 m s podélnou stěnou k jihu. Dispozičně respektuje zásady solární architektury. Obytné místnosti v přízemí s okny na jih a západ, u severní stěny je situována technická místnost a hygienické zázemí. Promyšlené uspořádání technologických zařízení má minimální nároky na plochu, zabírá pouze 1,1 x 2 m půdorysu. Ve středu dispozice je schodiště do podkroví, kde se nacházejí ložnice, 2 pokoje a koupelna. Pokoje mají jižní okna v sedlových vikýřích.

Technické parametry domu, který byl navržen jako pasivní tak, aby splnil podmínky dotačního programu Zelená úsporám z roku 2009, sou velmi dobré. Měrná potřeba tepla na vytápění je 19,5 kWh/(m².rok), blower door test vyšel s hodnotou 0,45.

Stavitel se rozhodl pro dřevostavbu klasického pojetí, kdy rámová konstrukce vyplňovaná tepelnou izolací byla zhotovena na místě stavby místním tesařem. Vědom si nízké tepel-

né akumulační schopnosti dřevostavby nechal vystavět jednu vnitřní betonovou stěnu, která plní funkci akumulátoru tepla. Je provedena ze šalovacích tvárnic vylitých betonem v tloušťce 25 cm v přízemí a 20 cm v patře.

Obálkové konstrukce mají tepelně technické parametry odpovídající doporučením pro pasivní stavby. Obvodová stěna je tvořena rámovou dřevěnou konstrukcí z profilů 150/50 mm, která je vyplněna izolací z rohoží minerální vlny a oboustranně opláštěná OSB deskou tl. 12 mm, která na vnitřní straně plní funkci parozábrany. Vnější izolační plášť je z kontaktního zateplovacího systému s izolantem z EPS 200 mm se silikonovou tenkovrstvou omítkou. Z vnitřní strany je pod sádkokartonovým obkladem vytvořena instalační dutina pro vedení rozvodů, která je rovněž vyplněna minerální vatou v tloušťce 50 mm. Součinitel prostupu tepla U konstrukce je 0,11 W/(m².K).

Šikmý střešní plášť je řešen s podkrokevní izolací. Minerální vata je uložena ve dvou vrstvách a to na výšku krokví 160 mm a v dřevěném příčném roštu pod krokvi 200 mm. Na něm je provedena parotěsní vrstva z OSB desek, sádkokartonový podhled vytváří instalační mezeru 50 mm, která je podobně jako u stěn vyplněna tepelnou izolací. Součinitel prostupu tepla U konstrukce je 0,10 W/(m².K).

Tepelná izolace podlah přízemí je z 250 mm podlahového polystyrénu EPS 100 Z. V podlaze je uloženo potrubí přívodu

spalovacího vzduchu pro krbová kamna, která jsou umístěna v obytném prostoru. Velmi dobré parametry mají plastová okna s polystyrénovou izolační výplní v komorách se součinitelem prostupu tepla rámu $U_f 0,9 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Zasklená jsou izolačními trojskly, celkové parametry oken jako celku se pohybují kolem hodnoty $U_w 0,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

V domě je instalováno zařízení pro řízené větrání se zpětným získáváním tepla. Slouží především k výměně vzduchu, neobsahuje cirkulaci vzduchu, přesto je schopno přispět k vytápění domu výkonem asi 1 kW. Celková tepelná ztráta domu je při tom cca 2,5 kW. Potrubí větracího vzduchu díky stavebnímu systému bylo snadné ukrýt do konstrukce, a proto jsou vyústky pro přízemí umístěny ve stropě a v podkrovní v podlaze.

Zdrojem tepla jsou krbová kamna určená pro pasivní domy, která dodávají při jmenovitém provozu 7 kW výkonu do vody a 2 kW do prostoru, kde jsou umístěna. Teplo z kamen se akumuluje do nádrže topné vody o objemu 500 l.

Pro přípravu teplé vody je určen solární termický systém se třemi kolektory o ploše zhruba 6 m^2 umístěnými na střeše a trivalentní zásobník teplé vody o objemu 300 l, umožňující dohřev vody ještě elektrinou nebo teplem z kamen. Systémový kolektor, který je integrovaný do střešní krytiny, dodal výrobce betonové tašky.

V celém domě je ještě elektrické podlahové vytápění o výkonu 3 kW, které však dosud, kromě koupelen, nebylo nutno uvést do provozu. Ostatně i vytápění kamny nemusí být i v mrazech delší než čtyři hodiny denně, aby se pokryla tepelná potřeba domu. Spotřeba dřeva je jen 2–3 m^3/rok . Zkušenosti s provozem domu jsou zatím veskrze kladné. V domě není vysušený vzduch, z vyústek neproudí chladný vzduch a ani okna se nerosí.



STAVBA PODPOŘENÁ DOTACÍ PRO DOMY S VELMI NÍZKOU ENERGETICKOU NÁROČNOSTÍ



Dům je příkladem pasivního domu, který vyhověl požadavkům dotačního programu. Nachází se na okraji menší obce nedaleko Netolic na parcele, která má čtvercový tvar. Dům je umístěn v jejím severozápadním rohu, do volné plochy zahrady jsou orientovány jižní a východní fasáda.

Dispozice dvoupodlažního nepodsklepeného domu na půdorysu 12,1 x 11,2 m je koncipována pro bydlení jedné rodiny. V přízemí je situován velký obytný prostor s orientací oken na jih a východ. V západní polovině dispozice jsou místnosti technického a hygienického zázemí, pracovna a komunikační prostory. Vstupní zádveří je poněkud netradičně z jihu. V podkroví jsou situovány 3 pokoje a koupelna s WC. Ve východní fasádě vystupuje v rozsahu přízemí rizalit, jehož strop tvoří otevřenou terasu přístupnou prosklenými dveřmi z podkroví.

Prosvětlení podkroví zajišťují velká okna ve vikýřích, střešní okna použita nebyla. Všechna okna v jižní fasádě jsou vybavena předokenními roletami, které jsou jednotlivě elektricky ovládány.

Konstrukce domu je zděná, obvodové a nosné stěny jsou z vápenopískových bloků o tloušťce 17,5 cm. Jedná se o materiálově úspornou konstrukci, která však musí být po stránce statiky velmi dobře zvážena. Ziskem je větší užitná plocha místností. Obvodová stěna je zateplená deskami EPS 70 F tloušťky 300 mm, soklová část a základový pas deskami XPS 200 mm. Tepelná izolace podlah na terénu je deskami EPS 100 Z v tloušťce 180 mm. Stropy jsou z betonových nosníků a vložek, terasa s tepelnou izolací z desek XPS 200 mm.

Střecha tvořená vázaným krovem je opatřena izolací mezi a pod krokvemi v celkové tloušťce 400 mm kamenné vlny.

Jako výplně otvorů byla zvolena plastová okna s hliníkovým opláštěním určená pro pasivní domy osazená izolačními trojskly.

Součinitele prostupu tepla obálkových konstrukcí stavby odpovídají doporučením ČSN 73 0540-2 pro pasivní domy a pro jednotlivé konstrukce jsou [ve $W/(m^2.K)$]:

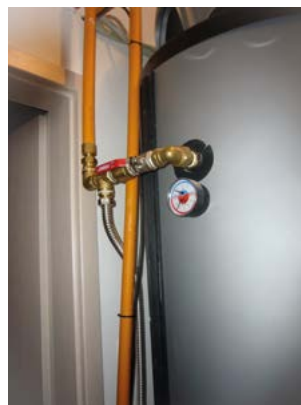
střecha podkroví	$U = 0,100$
strop podkroví	$U = 0,101$
terasa	$U = 0,109$
podlaha na terénu	$U = 0,18$
obvodová stěna	$U = 0,102$
bok vikýře	$U = 0,107$
okna	$U_w = 0,69$
vchodové dveře	$U = 0,75$
francouzská okna	$U_w = 0,76$

Tepelná ztráta domu včetně větrání s rekuperací obnáší zhruba 4,9 kW.

Dům byl dokončen v roce 2013 a obýván je od ledna 2014. K financování stavby bylo využito dotačního programu Nová zelená úsporám 2013, který výstavbu domů s velmi nízkou spotřebou energie podporoval fixní částkou pro jeden dům ve výši 400 000 nebo 550 000 Kč. Splnění podmínek pro přidělení dotace, hlavně měrné roční potřeby tepla ve výši do 20 kWh/m² a rok, bylo nutno doložit odborným posudkem.

Investor předem dobře věděl, co je to pasivní dům, co obnáší jeho stavba a užívání, protože projektantem stavby byl jeho bratr. Ví také, že energetickou potřebu domu ovlivňuje významným způsobem i počet osob v domě a z toho důvodu je vítána každá návštěva, neboť co osoba, to přínos 60 W citelného tepla. Zatímco sousedé v obci museli již tu a tam v pozdním létě v domech zatopit, majitel domu v pasivním standardu to zatím udělat nemusel, k vytápění až doposud stačí vnitřní zisky, sluneční záření prostupující okny a akumulací schopnost domu.

Technologické zařízení domu pro vytápění a přípravu teplé vody je velmi jednoduché. Hlavním zdrojem je tepelné čerpadlo vzduch – voda, které je celé umístěno venku a nezabírá





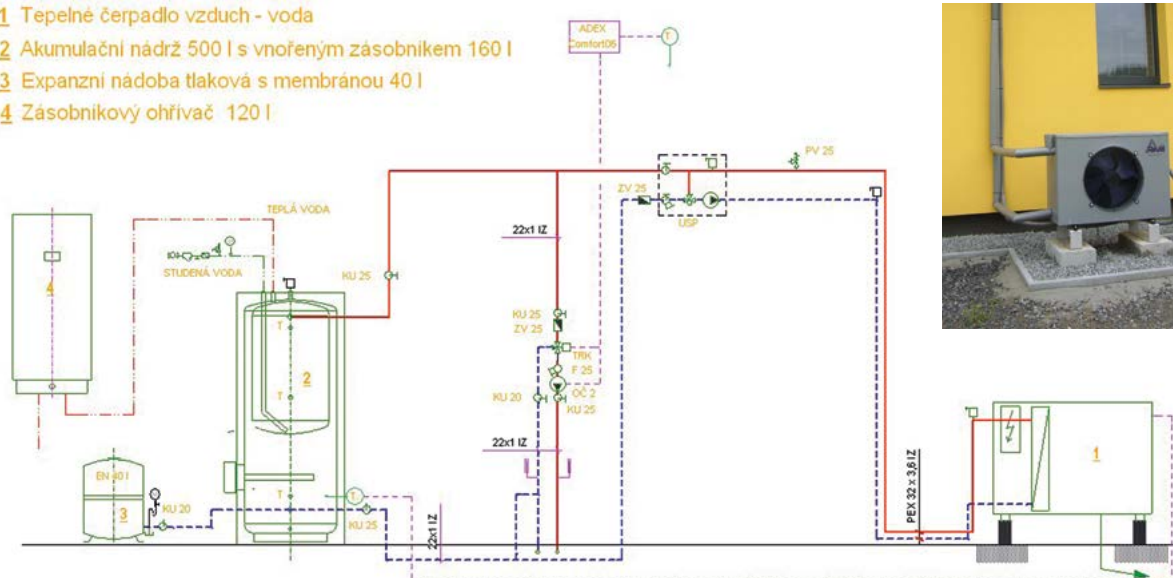
rá v domě žádné místo. Topná voda se shromažďuje v akumulární nádrži o objemu 500 l, která v sobě obsahuje vnořený zásobník teplé užitkové vody. Ta se ještě v případě potřeby dohřívá v běžném elektrickém bojleru o objemu 120 litrů. Pro umístění technologie postačila místnost o ploše necelé 3 m². Při nízkých venkovních teplotách, kdy klesá výkon tepelného čerpadla, se zapíná vestavěný elektrokotel.

Vytápění místností zajišťují ocelová desková tělesa. Protože se pracuje s velmi nízkou teplotou topné vody, musí být tělesa větší, než by odpovídalo běžným teplotním spádům (např. 75/60 °C). Díky malé tepelné ztrátě však skutečná velikost otopných těles není nijak mimořádná. K vytopení prostoru stačí teplota přiváděné topné vody v průměru pou-

hých 33 °C, a to zaručuje, že tepelné čerpadlo pracuje s vysokým topným faktorem.

V domě je samozřejmě řízené větrání, které se stará o výměnu vzduchu a zpětné získávání tepla z větracího vzduchu. Zařízení je naprogramováno tak, že trvale větrá dům vzduchovým výkonem 150 m³/hod a v době zvýšeného provozu v domě, třeba při ranním vstávání se automaticky přepne na vyšší výkon (asi 250 m³/hod). Stejně tak se stane při použití WC nebo koupelny, nebo lze kdykoli zvýšit větrací výkon ručním zásahem. Přívod vzduchu do obývacího pokoje je realizován pomocí dýz s dlouhým dosahem osazených na stěně, jinde jsou použity kruhové talířové vyústky – ventily umístěné ve stropě. Zařízení pracuje bezhlučně.

- 1 Tepelné čerpadlo vzduch - voda
- 2 Akumulační nádrž 500 l s vnořeným zásobníkem 160 l
- 3 Expanzní nádoba tlaková s membránou 40 l
- 4 Zásobníkový ohřivač 120 l





PŘESTAVBA VESNICKÉHO DOMU

Zajímavý příklad nízkoenergetického řešení rekonstrukce domu se nachází v menší obci nedaleko Dubného na Česko-budějovicku. Jedná se o objekt původního statku s typickou dispozicí souběžného obytného a hospodářského křídla se štítu a bránou do návsi a vzadu situovanou stodolou.

Záměrem majitele byla celková revitalizace obytné části domu s důrazem na dosažení co nejlepších energetických vlastností. V těchto případech bývá největším problémem vyřešení původních obvodových kamenných zdí. Jejich stav byl téměř havarijní a dodatečné zateplení bylo vyloučeno. Z toho důvodu byla provedena náhrada obvodového zdiva za energeticky úsporný cihelný blok.

Vlastní objekt je poměrně velký, obdélného půdorysu 9,6 x 26,3 m s podélnou orientací jihovýchod – severozápad. Nová dispozice respektuje umístění obytných místností na osluněných stranách s tím, že jihovýchodní a především jihozápadní fasáda je ve velké ploše prosklená. Naopak většina střešních oken je situována na severovýchod.

Dům má dvě podlaží. V přízemí jsou situovány rozlehlé obývací pokoje s kuchyní, prostory technického zázemí a příslušenství jsou na severovýchodní straně dispozice. Vstup se zádveřím je z jihozápadu, což bylo vynuceno přístupem ze dvora. V podkroví jsou ložnice, dětské pokoje, pracovny a koupelny, tedy soukromá část domu. Návrh architektonického řešení vychází z požadavku respektovat vesnický vzhled štítu do návsi, naopak pohled ze dvora má již novodobý ráz. Původní hmotové uspořádání však zůstalo zachováno.

Vypočtená měrná potřeba tepla na vytápění budovy byla před zateplením 337 kWh/(m².rok), po provedení stavebních úprav 24 kWh/(m².rok). Zateplením došlo ke snížení měrné roční potřeby tepla na vytápění o neuvěřitelných 93 %, i když není v domě instalováno řízené větrání s rekuperací tepla. Skutečná spotřeba paliva po zahájení užívání domu výpočtový předpoklad potvrdila. Zásahu na tom mají nejen použité zdivo a tepelné izolace, ale i vynikající okna a pozornost, která se věnovala řešení detailů, tedy tepelných vazeb a tepelných mostů.

Obvodová stěna z pálených cihelných bloků tloušťky 500 mm má součinitel prostupu tepla 0,16 W/(m².K). Založena je na 100 mm vysokých blocích z tvrzeného pěnového skla, základy navíc izolovány 80 mm deskou z extrudovaného polystyrénu. Střešní plášť má součinitel prostupu tepla 0,12 W/(m².K), stěny vikýřů 0,10 W/(m².K.) Použit byl nadkroevní systém s tepelnou izolací z PIR desek s tepelnou vodivostí 0,022 W/(m².K) v tloušťce 200 mm. Krokve jsou v interiéru viditelné.

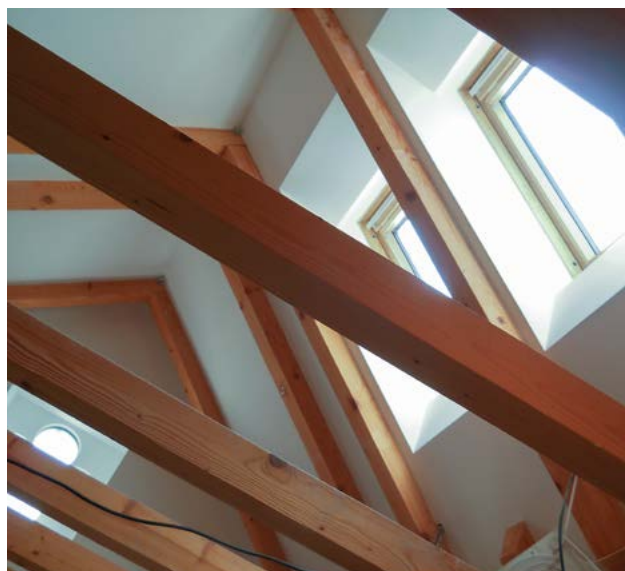
Podlahy na terénu mají součinitel U 0,18 až 0,25 W/(m².K), kombinuje se zde podlahový EPS v tloušťce 160 mm s minerální vatou 60 mm v případě prkenných podlah nebo 240 mm EPS u podlah ostatních.

Okna jsou osazena ve špaletě obložené deskami XPS tloušťka 20 mm a jsou z masivního dřevěného profilu, s trojskly a s celkovým součinitelem $U_w = 0,69$ W/(m².K). Střešní okna energeticky úsporná s trojskly $U_w = 1,0$ W/(m².K).



Hlavním zdrojem pro vytápění jsou krbová kamna na kusové dřevo s teplovodním výměníkem, která dodávají do prostoru tepelný výkon 3,7 kW a do systému vytápění domu 11,3 kW. Pro vytápění domu slouží standardní otopný teplovodní systém s otopnými tělesy a v místech s dlažbou je podlahové vytápění. Maximální teplota přívodní vody do otopných těles byla v projektu navržena 55 °C. Původní projektová dokumentace předpokládala osazení i podlahových konvektorů pod velkými okny. V průběhu stavby se ukázalo, že od oken „netáhne“ a konvektory není třeba montovat.

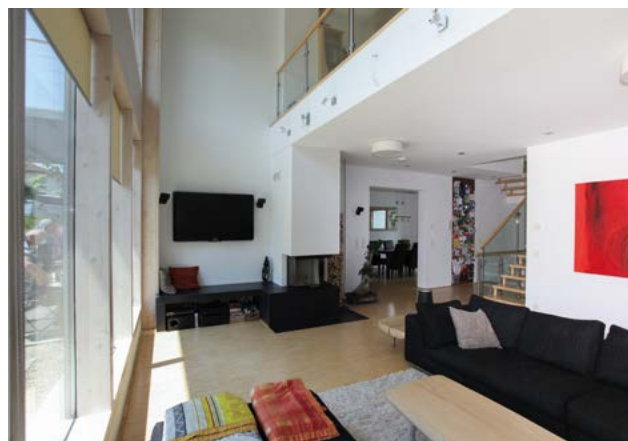
Protože investor počítal s delšími přestávkami ve vytápění v důsledku nepřítomnosti rodiny v domě, je k domu přivedena plynová přípojka a osazen plynový kotel a kombinovaný nepřímotopný zásobník teplé vody o objemu 150 l umístěný pod kotlem. Ukázalo se, že i několikadenní přestávka ve vytápění nezpůsobí tak velký pokles vnitřní teploty, aby sep-



nul plynový kotel. Ani příprava teplé vody plynem není příliš rentabilní, protože díky malé spotřebě plynu zvyšují stále platby za plynoměr cenu plynu tak, že je lépe vodu ohřívat elektřinou. Však také v současné době je přívod plynu uzavřen a plynoměr demontován a navrácen distributorovi. Pravda je, že rozlehlý dům je zatím využíván jen z poloviny. Uživatel má dostatečně vyzkoušeno, že přítomnost několika osob v domě navíc, způsobí stoupnutí vnitřní teploty. Také má vyzkoušeno, že díky pobytu osob, vaření a jiných činností není nutno v domě topit až do venkovní teploty 10 °C. Pokud je navíc venku slunečno alespoň po dobu 3 až 4 hodin, pak není nutno v domě topit až do venkovní teploty 0 °C.



PASIVNÍ STAVBA VE SVAHU (H. Rakousko)



Dům dokončený v roce 2008 je koncipovaný pro bydlení jedné rodiny a podnikání majitele. Překvapí velkorysým dispozičním řešením. Užitná plocha ve třech podlažích je celkem 266 m². Postavený je ve svahu. Částečně do terénu zapuštěné spodní podlaží obsahuje místnosti soukromé praxe, technické místnosti a garážová stání, která navazují na komunikaci na severní straně.

Další dvě podlaží nad ním jsou určena k bydlení. Propojena jsou schodištěm otevřeným do centrálního obytného prostoru, který výškou přesahuje přes obě podlaží a je orientován vysokou prosklenou stěnou k jihu, která je v pohledu zvenku přerušena jen stropní konstrukcí. Ze spodní společenské úrovně se vstupuje na venkovní terasu a k bazénu. Soukromé místnosti v horním podlaží jsou přístupné z galerie nad obývacím pokojem. Centrální prostor je vybaven krbem z kamny. K domu na východní straně přiléhá přístavek, jehož suterén slouží jako sklad dřeva a nad ním v úrovni obytného prostoru je vnitřní bazén se saunou.

Zastřešení je nesymetrickou sedlovou střechou, jejíž strmá kratší jižní strana je osazena solární instalací o ploše kolektorů 21 m². Sklon je 55° pro maximální využití slunečního svitu v přechodných obdobích roku. Využití sluneční energie je primárně pro ohřev teplé vody a přitápění, přebytek tepla slouží k ohřevu bazénu.

Bazén je využitelný od dubna do října díky dobré tepelné izolaci z XPS tloušťky 15 cm a teplovodního rozvodu v konstrukci dna. Čištění vody je přírodní a její teplota je udržována na maximální výši 27 °C, která je hraniční pro život vodních rostlin.

Volba stavebních materiálů vycházela z individuálního přístupu majitele, který vyloučil stěnové konstrukce dodatečně zatepované polystyrénem a lehké sádko-kartonové konstrukce střechy bez dostatečné akumulární schopnosti. Zastává názor, že jednovrstvé cihelné zdivo s klasickou omítkou má mnohem větší trvanlivost, než zatepovací systém na bázi pěnového polystyrénu s tenkovrstvou omítkou. Obvodová stěna je z tepelné izolačního cihelného bloku a při tloušťce 500 mm má součinitel prostupu tepla $U 0,16 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Střecha má železobetonovou konstrukci, shora zateplenou 450 mm minerální vaty. Polystyrén je použit, jen kde je to nezbytně nutné - v podlahách na terénu a k zateplení suterénních stěn.



Okna v pasivním standardu jsou dvojího typu se součiniteli U_w 0,9 až 0,8 W/(m².K).

Menší výplně mají dělený rám, vnitřní dřevěný osazený dvojsklem a vnější hliníkový rám s třetím sklem. Mezi rámy je osazená stínící technika, která je tak chráněná před povětrnostními vlivy.

Velká pevná prosklená stěna má rámy dřevo-hliník s trojskly a vnitřní žaluzie. Ochrana před letním osluněním a přehříváním je řešena předsazením střešní konstrukce o 2,1 m, které však při velké výšce prosklené stěny především na jaře a na podzim nestačí. Vnější stínící prvky (předokenní žaluzie) nejsou použity záměrně. Stavitelé to zdůvodňují tím, že pokud si pořídili velká okna, bylo to kvůli tomu, aby jimi bylo vidět ven do přírody. A to i za tu cenu, že ve vrcholném létě se dům přehřívá na 26 až 27 °C.

Vnitřní klima je proto upravováno systémem chlazení, který využívá v létě systém stěnového vytápění. Jako zdroj chladu slouží vlastní studna s teplotou vody 8 °C. Nároky čerpadla,



které vodu rozvádí do trubního stěnového a podlahového systému jsou 150 W, tedy 1 € denně při potřebě chlazení 30 dní v roce na přijatelnou vnitřní teplotu 22 °C. Systém je využíván i pro vytápění a uspořilo se za pořízení vnějších rolet. V domě je, jak jinak, řízené větrání, které se stará o výměnu vzduchu a zpětné získávání tepla. Přívodní i odsávací potrubí je skryto v konstrukci stropu přízemí.

Pro vytápění je instalováno podlahové a stěnové stropní vytápění. Zdrojem tepla je kotel na kusové dřevo umístěný v kotelně - strojovně a má výkon v rozmezí 14 - 28 kW. Vyrobené teplo se shromažďuje v akumulaciční nádrži o objemu 1500 l spolu s teplem ze solárních kolektorů. Vnitřní uspořádání a způsob napojení zdrojů umožňuje teplotní vrstvení vody. K této nádrži s tepelnými výměníky je paralelně připojena další zásobní nádrž o objemu 1500 l.

V obývacím pokoji je navíc instalován teplovzdušný krb. Roční spotřeba paliva pro celý dům činí 8 m³ kusového dřeva.





BYDLENÍ A PODNIKÁNÍ V PŘÍRODNÍ ZAHRADĚ (H. Rakousko)

Realizace sestává ze dvou budov, které jsou konstrukčně identické. Jedna slouží k bydlení rodiny, druhá s kanceláři pro podnikání majitelů.

Obytný dům má obdélný půdorys o rozměrech 12 x 6 m. Má dvě nadzemní podlaží ukončené plochou střechou. Postaven byl v roce 2002 se záměrem dosažení jak pasivního standardu, tak zdravého životního prostředí s důrazem na ekologii. Tomu odpovídají technické parametry. Měrná roční potřeba tepla na vytápění stanovená výpočtem je u obytného domu 13,4 kWh/(m².rok), u budovy pro podnikání 15 kWh/(m².rok). Kvalitu vnitřního vzduchu majitel dlouhodobě sleduje, hodnoty CO₂ jsou díky účinnému řízenému větrání trvale na hodnotách pod 1000 ppm.



Dispoziční uspořádání vychází z osvědčených řešení pro pasivní stavby. V přízemí je jižně orientovaný obytný prostor propojený s kuchyní na severní straně. Jednoramenné schodiště pokračuje do patra, kde se nacházejí ložnice a pokoje. Technické zázemí je situováno v prostoru pod schodištěm u východní strany domu, která je rovnoběžná s hranicí parcely. Vlastní pozemek se nachází na jih od domu a je koncipován jako biozahrada.

Zajímavé je stavební a konstrukční řešení. Jedná se o dřevěný skelet, kdy trámy a sloupy se pohledově uplatňují v interiéru. Vnitřní dřevěné povrchy z modřínového dřeva jsou bez chemického ošetření a mořidel.

Fasádní plášť je předsazený, ze dvou třetin tvořený průhlednými výplněmi, třetina je neprůhledná. Průhledné výplně tvoří velká okna sestavená v třímetrovém modulu. Jsou pevná nebo s posuvnými křídly. Materiál rámu masivní dřevo, zasklení trojskly.

Vzhledem k tomu, že dvě třetiny obálky budovy tvoří zasklené plochy, je nutno řešit letní přehřívání. Proto jsou všechna okna opatřena vnějšími plátěnými roletami s elektrickým pohonem. Každý modul je ovládán samostatně, takže úroveň vnitřního zastínění i osvětlení je variabilní.

Pevné stěny celkové tloušťky 50 cm jsou tvořeny OSB a dřevoštěpovými deskami s izolační výplní z konopných vláken. Z vnější strany jsou na roštu předsazeny polykarbonátové desky, které spolu se vzduchovou dutinou zvyšují izolační vlastnosti a přispívají k tepelné stabilitě konstrukce.

Základová deska a sokl jsou izolovány deskami z extrudovaného polystyrénu. Střecha z dřevěných panelů má izolaci z minerální vlny.



Solární deskové termické kolektory o ploše 9 m² jsou osazeny svisle na jihozápadní stěně nad vchodem a slouží pouze k předehřívání při přípravě teplé vody v solárním boileru objemu 400 l.

Fotovoltaické panely o výkonu 3,6 kW na rodinném domě a 5,76 kW na budově kanceláří jsou umístěny na obou střechách a doplněny byly až v roce 2012. Celkový roční zisk elektrické energie je 9370 kWh a z větší části je využit v nabíjecí stanici elektromobilu.

V domě (v obou jeho částech samostatně) je řízené větrání, které se stará o výměnu vzduchu a zpětné získávání tepla. Za rekuperačním výměníkem je osazeno malé tepelné čerpadlo

dlo vzduch – vzduch, které odebírá zbytek tepla z odpadního vzduchu a předává do přírodního vzduchu. Vzhledem k malé tepelné ztrátě domu postačí k vytápění prostoru pouze větrací vzduch. Přírodní i odsávací potrubí je vedeno v konstrukci stropu a vyústky vzduchu jsou umístěny nad okny. Odsávání probíhá pomocí ventilů umístěných ve stropě na WC, v koupelně a v kuchyni.

Běžný vzduchový výkon zařízení je 150 m³/hod, maximální 250 m³/hod.

Nasávání čerstvého vzduchu je pomocí zemního kolektoru, který je uložen mimořádně hluboko ve třech metrech pod zemí. Při délce cca 18 m se průchodem vzduch v létě ochladí a v zimě předehřeje. Příkon ventilátorů větrací jednotky je 100 W, příkon tepelného čerpadla je 440 W.

Přiváděný vzduch rovněž prochází dvoustupňovou filtrací. Hrubý vnější filtr se ošetřuje cca dvakrát za rok, jemný vnitřní filtr pak každé tři měsíce. Ovládání větrání je jednoduchým třístupňovým ovladačem. Doplnkovým zdrojem tepla jsou kachlová kamna v přízemí.

Majitel po 12 letech užívání domu hodnotí bydlení velmi kladně a to jak z hlediska extrémně nízkých spotřeb energií, tak především kvality vnitřního klimatu a jednoduchosti obsluhy technických zařízení.



NÍZKOENERGETICKÝ DŮM S PROSKLENOU JIŽNÍ STĚNOU (H. Rakousko)

Měrná potřeba tepla na vytápění 22 kWh/m^2 za rok řadí dům do kategorie nízkoenergetických, stavba je ale zajímavá jak použitím přírodních materiálů, tak celkovou koncepcí energetického řešení.

Třípodlažní rodinný dům na zastavěné ploše $12 \times 12 \text{ m}$ má v úrovni přízemí půdorys tvaru „L“ otevřeného na jih. Dispozice využívá svažitého terénu. Vstup do suterénu je z komunikace na nižší úrovni, pozemek zahrady s bazénem je na jižní straně v úrovni přízemí. Druhé patro je podkrovní. Částečně do terénu zapuštěné spodní podlaží obsahuje kromě vstupu kancelář majitele a poskytuje dostatečný prostor pro situování technického vybavení. V přízemí je byt s rozlehlým centrálním prostorem otevřeným na jižní terasu. Do jižně orientovaných pokojů se vstupuje přímo z obývacího prostoru, ve kterém je umístěno i otevřené schodiště. Kuchyně a hygienické zázemí jsou v severním rohu domu. Realizace z roku 2010 zatím čeká na dokončení podkroví. Na první pohled zaujme solární instalace na jižně orientovaných střeších a velká prosklená stěna. Zastínění je řešeno plachtou s elektrickým svinováním.

Nad betonovým suterénem je stavba realizována převážně z přírodních materiálů. Stěny přízemí jsou z 10 cm silných dřevěných panelů, které zatepluje 16 cm izolace z foukané celulózy a 6 cm dřevovláknité měkké desky, na které je aplikován omítkový systém fasády. Ač se nabízelo ponechat v interiéru pohledové dřevě, jsou vnitřní povrchy opatřeny hliněnou omítkou, v níž jsou zabudovány rozvody stěnového vytápění. Podlahové vytápění je pod dlažbami, většina podlah je ale dřevěná a tepelná izolace pod prkny je z ovčí vlny v tloušťce 25 cm . Nevytápěné podkroví izoluje 40 cm foukané celulózy ve stropní konstrukci. Spodní stavba je zateplena deskami XPS, vytápěné místnosti suterénu jsou navíc zevnitř obloženy dřevovláknitou deskou. Okna jsou dřevohliníková s trojskly, součinitel prostupu $U_w 0,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$.



Zajímavostí je betonové monolitické schodiště, které má ve hliněné omítce teplovodní rozvod. Akumulované teplo v masivní konstrukci přispívá k tepelné stabilitě dřevostavby. Měrné roční potřebě tepla stanovené výpočtem podle projektové dokumentace na 22 kWh/m^2 a rok odpovídá roční spotřeba tepla $10 - 12 \text{ MWh}$. Termická solární instalace vyrobí $3 - 3,5 \text{ MWh}$ za rok a fotovoltaika 5 MWh . Měrná cena fotovoltaiky činila 2200 €/kW_p . Byla instalována v roce 2013, je zde 18 panelů každý po 250 W (4500 W_p). Veřejná síť je využívána jako akumulátor elektriny, vykupována je za $0,09 \text{ €/kWh}$, nákup ze sítě je za $0,13 \text{ €/kWh}$.





V domě je řízené větrání, které se stará o výměnu vzduchu a zpětné získávání tepla. Úmyslně nemluvíme o rekuperaci, protože místo obvyklého deskového rekuperačního výměníku je v jednotce osazen rotační výměník regenerační, kdy teplosměnná akumulační hmota přichází střídavě do styku s chladným venkovním a teplým odpadním vzduchem. Přívodní potrubí je vedeno v podlaze a vyústky vzduchu jsou umístěny u oken. Odsávání probíhá pomocí ventilů umístěných ve stropě na WC, v koupelně a v kuchyni. Odsávací potrubí je skryto v konstrukci stropu. Běžný vzduchový výkon zařízení je 100 m³/hod, maximální 250 m³/hod.

Zdrojem tepla pro podlahové a stěnové vytápění je sporák o výkonu 7 kW umístěný v kuchyni, ve kterém se spaluje kusové dřevo, jenž je kombinován s peletovým kotlem o výkonu 4 kW. Vyrobené teplo se shromažďuje v akumulační nádrži o objemu 4000 l spolu s teplem ze solárních kolektorů. Roční spotřeba paliva činí 2 m³ kusového dřeva a 600 kg dřevěných pelet. V domě není klimatizace (strojní chlazení).

Pro zachycování a hospodaření s dešťovou vodou je určena nádrž o objemu 10 m³ a voda se kromě zalévání může používat i pro WC a praní.

Pořizovací cena domu byla cca 350 000 €, z toho zařízení TZB 50 000 €.





Vydalo:

Energy Centre České Budějovice

Text: Ing. Zdeněk Krejčí,
Ing. Jiří Veselý a tým ECČB

Fotografie: archiv ECČB, Roman Růžička

Náklad: 2000 ks

Rok vydání: 2014

Vydání první

Grafická úprava a výroba: Viva Design, s.r.o.

Tato publikace je zdarma.