



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

Václav Šváb



Poděkování

Dík patří všem, kteří se podíleli na vzniku kurzu „**Pasivní a nulové budovy – od návrhu k realizaci a provozu**“. Svými zkušenostmi, mnoha informacemi a fotografiemi přispěli zejména Aleš Brotánek, Jiří Čech, Jan Praisler (všichni z AB Ateliéru, který je členem sdružení Centrum pasivního domu), Martin Konečný (ze společnosti Kalksandstein CZ s.r.o, člen sdružení Centrum pasivního domu) a Pavel Minář. Poděkování patří i mnoha dalším jednotlivcům i firmám, které poskytly fotografie nebo odborné informace.

PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Text a ilustrace: Václav Šváb

Odborné recenze, konzultace, textové a obrazové podklady:
Akad. arch. Aleš Brotánek, Ing. Jiří Čech, Ing. Martin Konečný,
Ing. Pavel Minář

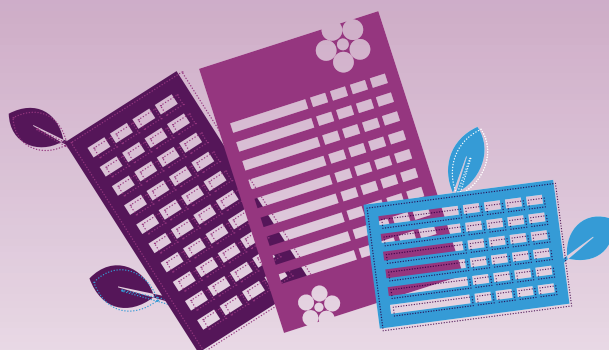
3D ilustrace: Ing. Arch. Jan Praisler

© 2013 Envic, o.s.

Obsah

Nové požadavky klientů a legislativy na energetickou náročnost budov	5
Návrh pasivních a nulových domů	23
Konstrukční systémy a detaily pasivních a nulových domů – zděné stavby	55
Diagnostika staveb	105
Konstrukční systémy a detaily pasivních a nulových domů – dřevostavby	113
Okna a dveře pro pasivní a nulové domy	163
Technická zařízení budov	197
Energetické a tepelně-technické výpočty	265
Příklady z praxe	279

NOVÉ POŽADAVKY KLIENTŮ A LEGISLATIVY NA ENERGETICKOU NÁROČNOST BUDOV



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

Nové požadavky klientů a legislativy na energetickou náročnost budov

Nové směřování v architektuře

Proč navrhovat architekturu jinak?

Česká republika je součástí euroatlantické civilizace, kde se jen na provoz domů spotřebovává 38% energie a v naprosté většině z neobnovitelných zdrojů, které s sebou nesou celou škálu problémů. Na lokální úrovni se například ve Velké Británii hovoří o ohrožení energetickou chudobou u sociálně slabších vrstev již dnes. Na globální úrovni se projevují výkyvy cen těchto zdrojů, kdykoli je válečný konflikt nebo i jeho hrozba blízko zemí vyvážejících ropu a zemní plyn.

Pozitivní zprávou je, že těch 40% podílu architektury nám ukazuje odvětví, kde je velká šance pro využití potenciálu energetických úspor.

Byla architektura vždy takovým ohrožením?

Ještě před 150 lety byla většina obydlí nízkoenergetická až pasivní a neměla jinou možnost, než se zajistit z obnovitelných zdrojů. Dokázala to s komfortem, který si dnes obtížně dokážeme představit. Rodina s řadou dětí obývala jednu sednici, k tomu černou kuchyni, bohatší měli ještě síň. Vytápěla se maximálně sednice teplem od vaření na pokojovou teplotu cca. +16°C. Větrání probíhalo spontánně spalováním dřeva, komínovým efektem. Špičkovou technologií bylo vodní kolo. Tedy téměř 100% potřeb zajišťovaly obnovitelné zdroje energie (OZE).

Život ovlivňovaly místní podmínky, přírodní zdroje s omezeným rozvojem ale respektováním přirozených limitů prostředí. Architektura 19. století poskytovala s minimem obnovitelných zdrojů minimální pohodlí.

Jaké možnosti jsme dokázali využít a za jakou cenu ve 20. století ?

V 20. století začala architektura uspokojovat výrazně větší prostorové nároky ve srovnání s předchozími generacemi, každý v rodině může mít svou místnost oproti jedné místnosti pro celou mnohačetnou rodinu v nedávné minulosti. Zvýšily se nároky na tepelnou pohodu – nová pokojová teplota je cca 21-24°C, ale tepelně izolační vlastnosti domů tomu neodpovídají. Větrá se otevřenými okny. Architektonické formy stále častěji ignorují klimatické podmínky místa i fyzikální zákony nepřiměřeným a nekvalitním prosklením fasád, které způsobuje přehřívání v létě a vyžaduje energeticky náročnou klimatizaci. Ve 20. století byla v domech roční potřeba tepla na vytápění v rozmezí cca 180-240 kWh/m².

Ke konci století od první ropné krize v 70. letech průběžně ceny všech druhů energie narůstají, někdy i skokově. Domy se utěsňují, větrá se méně, používají se těsnější okna. Kvalita vnitřního prostředí se zhoršuje až na prostředí nevhodné nebo i nebezpečné k obývání. Stále častěji je v budovách vysoce překračován maximálně přípustný hygienický standard 1500 ppm koncentrace CO₂ v obytných místnostech.

Současná architektura je energeticky nejnáročnější v historii, poskytuje drahé pohodlí a problematicky nezdravé vnitřní prostředí.

Koncept **pasivních a nulových domů** je reakcí na potřebu hledat komplexní řešení problémů planety i architektury, která má nevyužité možnosti být pohodlná, zdravá, energeticky nenáročná a lokálně i globálně ekonomicky bezpečná.

Jaké jsou tedy důvody pro stavbu pasivních a nulových domů?

Minimální náklady na energie

Pasivní dům má minimální spotřebu energie na vytápění a chlazení, nulový dům kombinuje minimální spotřebu pasivního domu s výrobou energie v maximální míře z obnovitelných zdrojů (= další úspora – např. elektřina z fotovoltaického (dále jen FV) systému je levnější než cena elektřiny ze sítě).

Provozní náklady na energie jsou u pasivního domu cca 2,5 – 5 x nižší než u konvenčního domu.



Rodinný pasivní dům v Malém Lapáši (okres Nitra, Slovenská Republika) použitý jako příklad pro výpočty, návrh domu a hodnocení v tomto kurzu.

Vizualizace a fotografie: ProjektyDomů.cz

	„Standardní“ dům kotel na plyn	Pasivní dům kompaktní systém	Pasivní dům kompaktní systém + FV	Pasivní dům krb na dřevo	Pasivní dům krb na dřevo + FV
Vícenáklady	-	396 722 Kč	719 090 Kč	534 722 Kč	694 722 Kč
Náklady na energie za rok	45 256 Kč	19 061 Kč	3 514 Kč	15 859 Kč	8 250 Kč
Prostá návrátnost	-	15,1 let	17,2 let	18,2 let	18,8 let
Návrátnost při růstu cen energií 5% ročně	-	11 let	12 let	13 let	13 let

Výpočet nákladů na všechny energie. U variant s FV je uvažováno s krytím veškeré spotřeby elektřiny FV systémem v celoročním součtu. Protože časově si výroba a spotřeba elektřiny neodpovídají budou v praxi výsledky horší. Pokud by byla do budoucna elektřina účtována formou Net-meteringu, platily by uvedené výsledky. Přínos FV uvažován jen jako úspora za neodebranou elektřinu ze sítě, protože zelené bonusy od r. 2014 nebudou poskytovány, do budoucna se ale uvažuje o Net-meteringu.

Snížení závislosti na dodavatelích energie

Minimální spotřeba energie domu je kryta v maximální míře z místních obnovitelných zdrojů – pouze nezbytná část je odebírána od dodavatele energie. Část energie odebíraná ze sítě je výrazně menší než u konvenčních budov – tzn. nižší citlivost na změny cen energií, vyšší bezpečnost v případě výpadků energie.



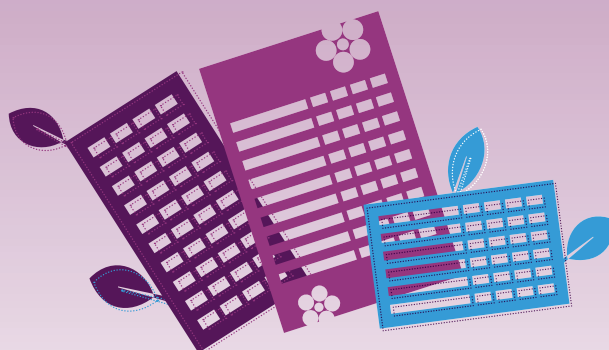
Pasivní a nulové domy snižují naši závislost na velkých dodavatelích energie a paliv (fotografie: ENVIC, o.s.)

Prostor pro pokrytí spotřeby obnovitelnými zdroji je zde podstatně vyšší než u konvenčních budov – solární zisky okny (u konvenčních budov méně významné) se stávají zásadními, nízkoteplotní topné soustavy (stěnové vytápění, podlahové vytápění, teplovzdušné vytápění) umožňují významně efektivnější využití solárních kolektorů i tepelných čerpadel (pracují efektivněji při nižší výstupní teplotě, kterou dodávají).



Vpravo - solární zisky v pasivním domě (fotografie: Martin Šperl). Vlevo - v úsporných domech se výrazně lépe uplatní solární zisky a obnovitelné zdroje energie pracující s nižšími teplotami – např. solární kolektory (fotografie: ENVIC, o.s.)

NÁVRH PASIVNÍCH A NULOVÝCH DOMŮ



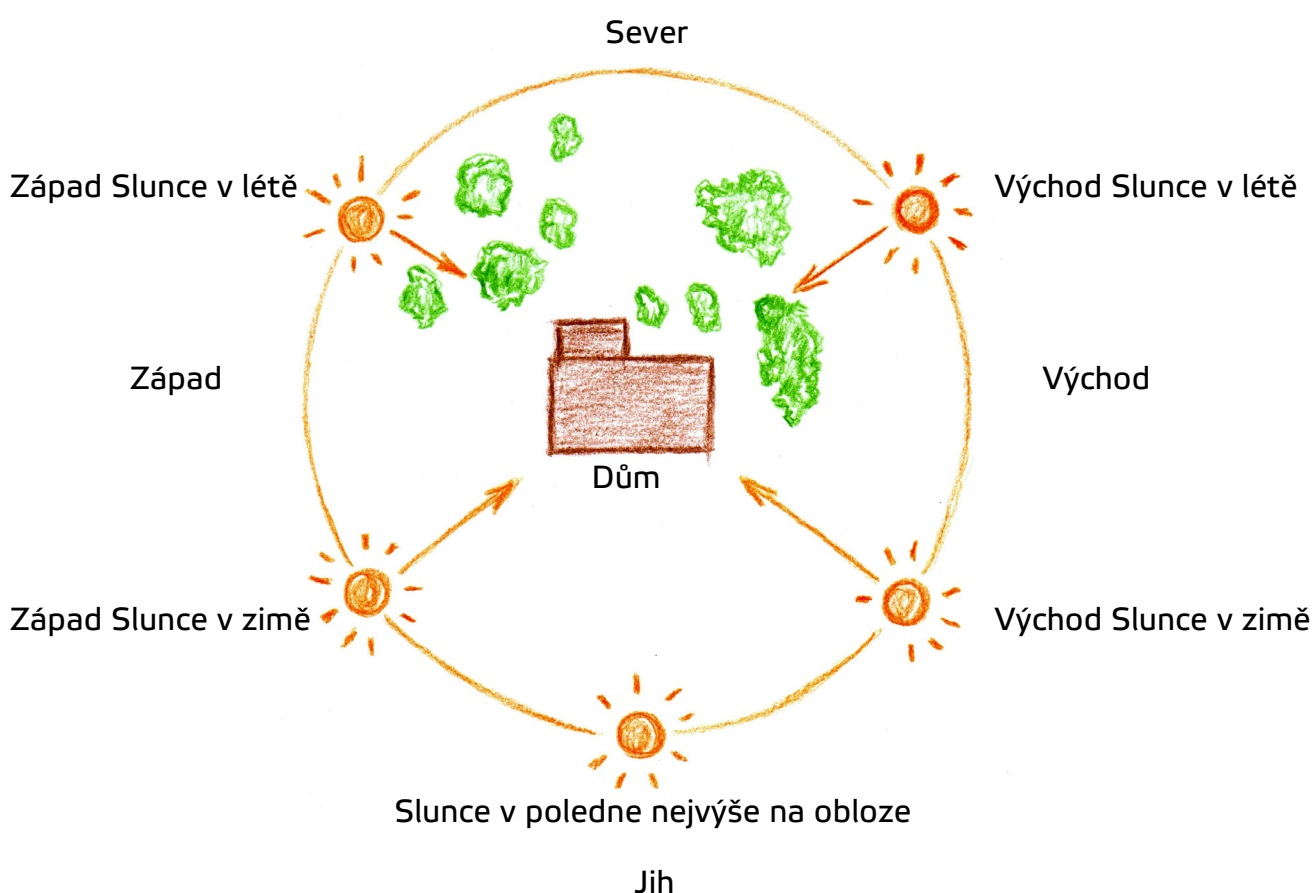
PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

Návrh pasivních a nulových domů

Fáze návrhu u pasivních a nulových domů je zásadní. Minimální spotřeby energie nelze dosáhnout jen nadstandardní tepelnou izolací a špičkovými okny. Celková koncepce domu a jeho technického zařízení (vytápění, ohřev TV, větrání) musí být navrženo s ohledem na minimalizaci spotřeby energie. Promyšlená koncepce zároveň umožňuje uspořit finance oproti stavbě „standardního“ domu a pokrýt tak zvýšené náklady například na kvalitní okna.

Orientace budovy a umístění na pozemku

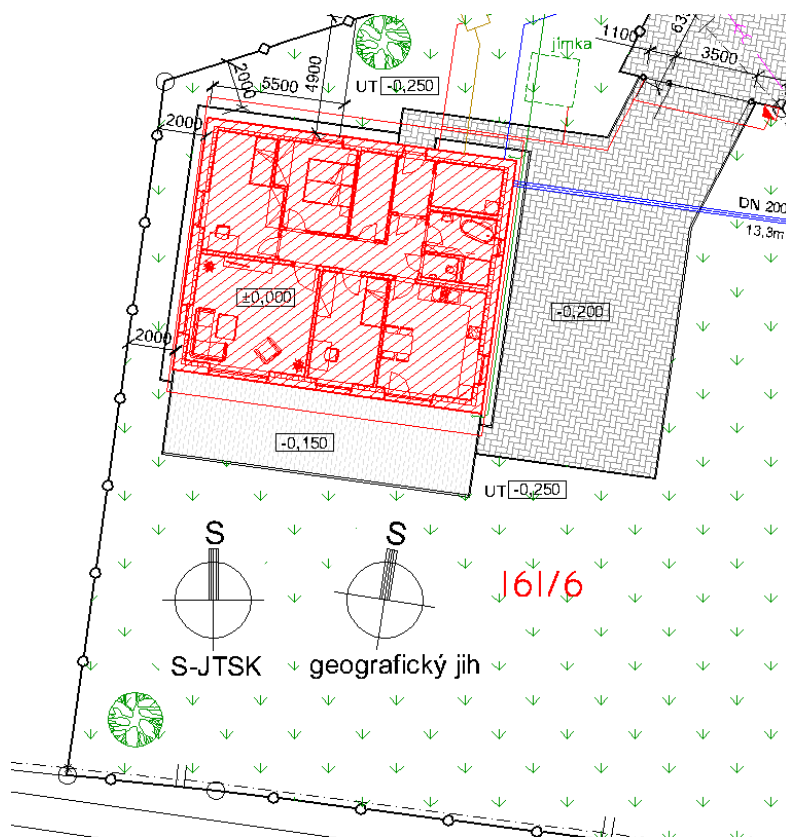


Solární tepelné zisky vznikají prostřednictvím oken a dalších prosklených ploch. Solární zisky v podmínkách ČR pokrývají cca 30 – 50% potřeby tepla na vytápění pasivního domu. Bez dostatečných solárních zisků nelze dosáhnout standardu pasivního domu. Existuje mnoho případů, kdy tohoto standardu nelze dosáhnout – např. v městské zástavbě je značné stínění a solární zisky tak nejsou dostatečné – to je realita s kterou je třeba při návrhu budovy počítat (nižší solární zisky se zohlední ve výpočtu a promítnou do zvýšené potřeby tepla na vytápění).

Slunce vychází na východě, pokračuje směrem k jihu a od něj na západ, kde zapadá. Na severní stranu domu v zimě nesvítí nikdy. Sluneční záření využijeme proto zejména na jižní a částečně na východní a západní straně domu. Je proto

Návrh pasivních a nulových domů

také třeba zajistit, aby z těchto směrů nic dům nestínilo (v době, kdy jsou solární zisky třeba). Je nutné důrazně dbát na orientaci oken a jejich velikost vzhledem ke světovým stranám. Na severní straně bude minimum oken, protože v zimě představují pouze tepelné ztráty, ale nepřinášejí žádné solární zisky.



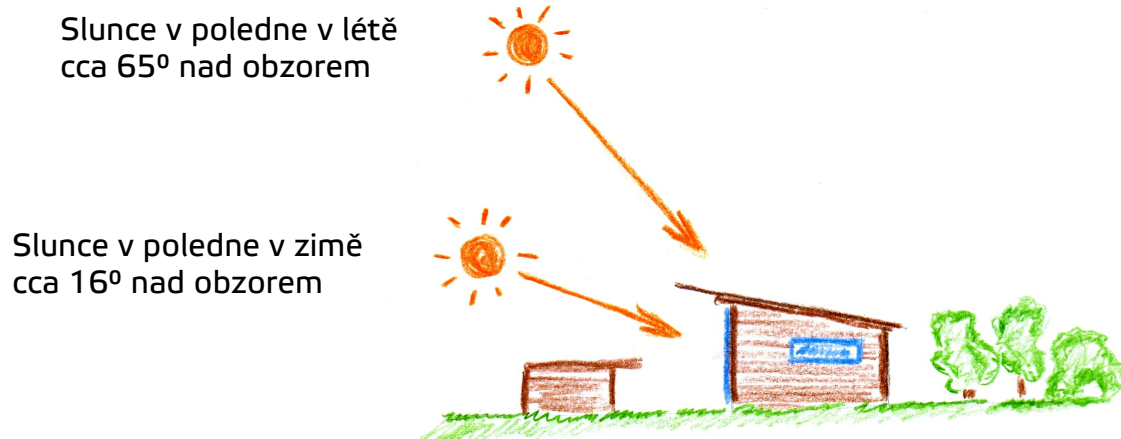
Orientace pasivního domu vůči světovým stranám Výkres: Petr Chalupný

Optimální celková plocha oken (z hlediska tepelné ztráty, solárních zisků, přehřívání a osvětlení interiéru) činí cca 20 – 25% podlahové plochy.



Plochu oken je třeba navrhnout optimálně na základě výpočtu, velké prosklené jižní fasády (navrhované např. v Rakousku) jsou pro naše klimatické podmínky (méně slunečního svitu) zcela nevhodné (fotografie: ENVIC, o.s.)

Pro dostatečné využití solárních zisků musí být celková propustnost okna pro sluneční záření $g > 0,5$. Okna na severní straně domu mohou mít g libovolné – k solárním ziskům přispívají jen minimálně. Při vhodné volbě ploch oken vzhledem ke světovým stranám a tepelně-technických parametrů oken (U , g) bude roční zisk tepla prostřednictvím oken stejný nebo mírně vyšší než je tepelná ztráta těmito okny. Okna se tak mohou stát energeticky aktivní komponentou budovy.



V zimě (kdy potřebujeme záření od Slunce pro zajištění solárních tepelných zisků v domě nejvíce) je Slunce na obloze nejnižší. Objekty, které v létě nestíní, mohou v zimě stínit a stát se tak velkým problémem pro využívání solárních zisků. Nízké objekty na jižní straně stínit nemusí (pokud je jejich výška vhodně zvolena). Různých výšek Slunce v létě a v zimě se využívá pro stínící prvky. Například velmi jednoduchý přesah střechy v létě brání Slunci proniknout oknem do domu (čímž by docházelo k přehřívání) a naopak v zimě Slunci nebrání a to může interiér ohřívat. Přesah střechy by měl být navržen tak, aby o letním slunovratu 21.6. ve 12h slunce dopadalo maximálně k spodnímu prahu prosklených dveří / oken, 21. 12. by mělo slunce dopadat na horní nadpraží oken.



Přesah střechy v létě zastíňuje okna v 2. NP, terasa v 2. NP pak částečně okna v 1. NP. (fotografie: ENVIC, o.s.)

Pokud přesah střechy nepostačuje na odstranění přehřívání domu (řeší se výpočtem v PHPP případně v jiném SW – například Stabilita) v létě je třeba navrhnout doplňkové stínění – pergolu s v zimě opadavou vegetací před okny, listnaté stromy, okenní žaluzie (vnější, integrované do okna, vnitřní – mají omezenou účinnost).

KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY A DETAILS PASIVNÍCH A NULOVÝCH DOMŮ – ZDĚNÉ STAVBY



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

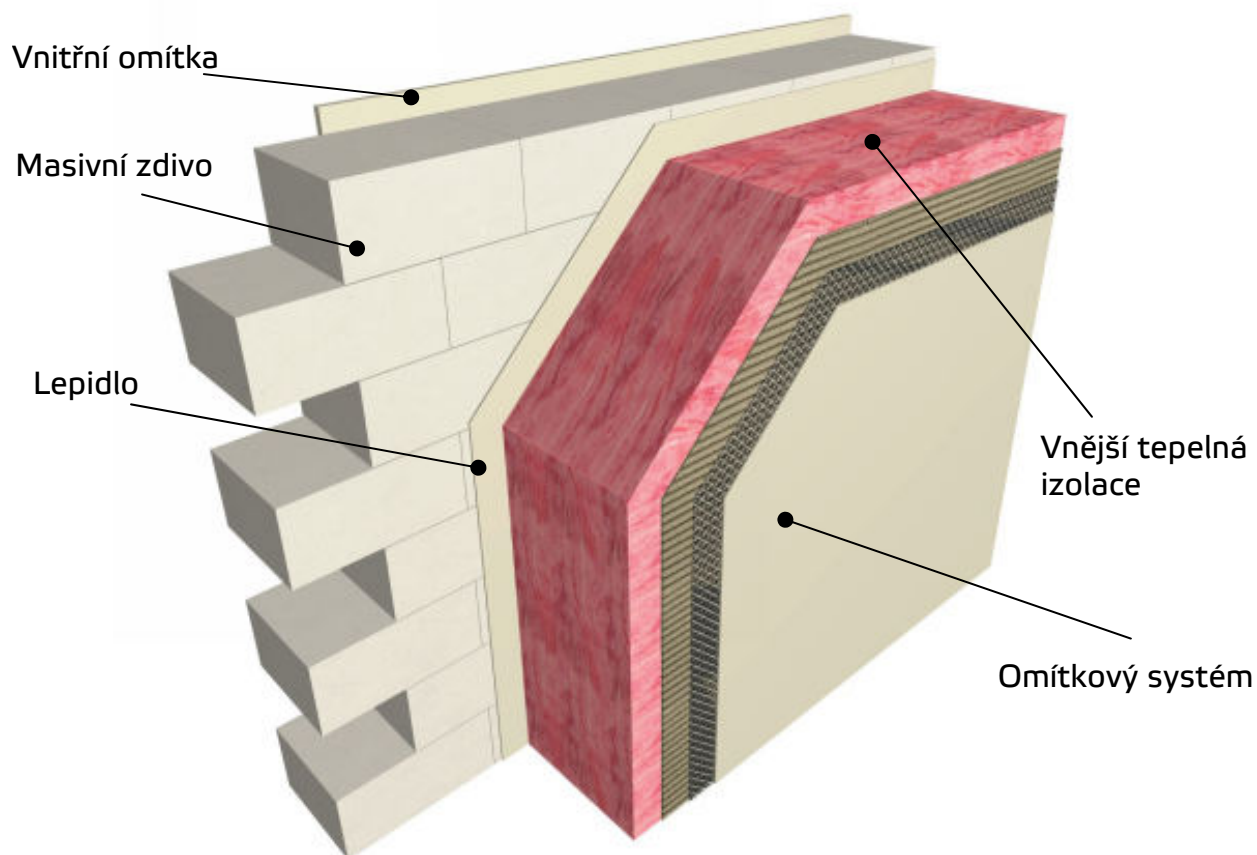
Konstrukční systémy a detaily pasivních a nulových domů

Zděné stavby

1) Masivní zděná konstrukce s vnější tepelnou izolací

Nosnou konstrukci tvoří masivní zdivo (co nejtenčí - snížení tloušťky stěny, úspora materiálu), které zároveň plní tepelně-akumulační funkci. Z vnější strany je nosná konstrukce opatřena tepelnou izolací, která plní tepelně-izolační funkci a ve které probíhá většina teplotního a vlhkostního namáhání obvodové stěny.

Principiální schéma



Všechny tepelné izolace na ilustracích jsou označeny **červenou barvou**

Měřítko: cihla š 17,5 cm, d 24 cm, v 11,3 cm; tloušťka tepelné izolace 24 cm

Příklady materiálů

Masivní zdivo: nepálené i pálené plné cihly, vápenopískové cihly, betonové tvarovky, železobeton, liaporové a pórobetonové tvárnice

Vzduchotěsnící vrstva: vnitřní omítka

Vnější tepelná izolace:

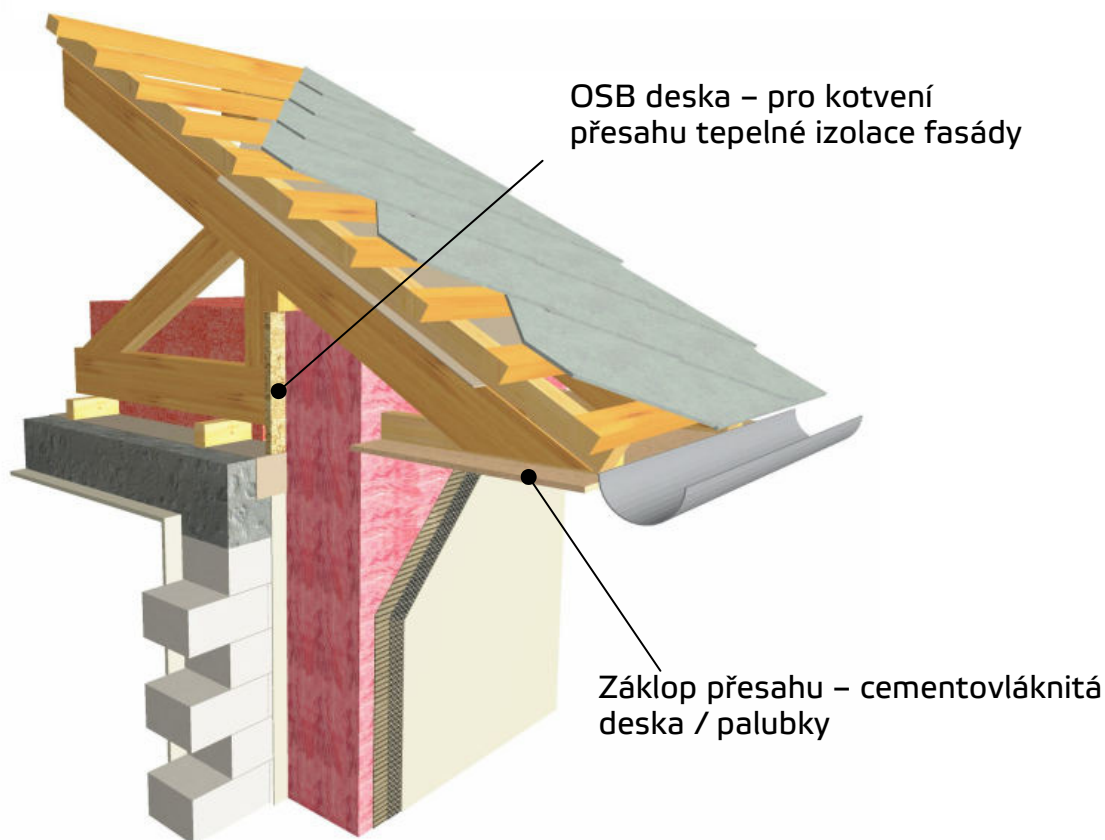
- Tuhé tepelně izolační desky: tuhé desky z konopí, vláken ze dřeva, minerální vlny, polystyrenu, fenolové pěny, vakuové izolační panely (VIP), slaměné balíky
- Měkké tepelné izolace (do roštu nebo foukané): měkké desky z konopí, lnu, vláken ze dřeva, minerální vlny, výplň foukanou tepelnou izolací (drť z celulózy, dřeva nebo minerální vlny)

Z vápenopískových bloků mohou být nosné obvodové konstrukce tenké až 15 cm, z moderních betonů jsou možné ještě tenčí nosné konstrukce než 15 cm.

V případě použití měkkých tepelných izolací je třeba vytvořit z vnější strany konstrukce rošt, případně komory pro foukané izolace. Použité tepelné izolace a skladby konstrukcí (od zdiva směrem do exteriéru) jsou pak podobné jako u dřevostaveb.

Hlavní detaily

a) Napojení obvodové stěny na nejvyšší masivní strop (se střechou bez tepelné izolace)



- Navržením masivního stropu dojde k celkovému ztužení konstrukce, což umožní použití nosných obvodových konstrukcí menší tloušťky (zvětšení obestavěného prostoru, úspora nákladů)
- Masivní strop zajišťuje vyšší tepelnou akumulaci a lepší tepelnou stabilitu místností
- Masivní strop je méně šetrný k životnímu prostředí než lehký strop (vyšší spotřeba energie a materiálu na výstavbu, doprava většího množství stavebního materiálu)

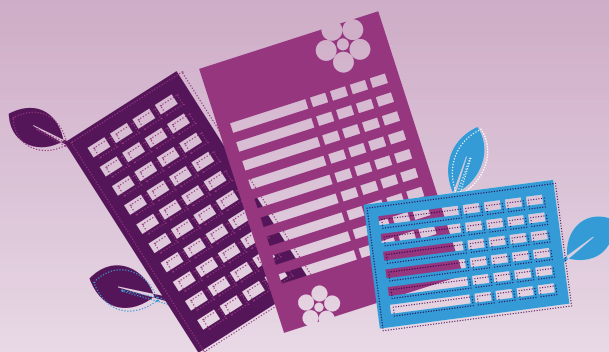


Masivní železobetonový monolitický strop – z vrchní strany bude doplněn foukanou tepelnou izolací, nad stropem bude lehké zastřešení na vaznicích, v interieru zachován pohledový beton (fotografie: Kalksandstein CZ s.r.o.)



Stavba z předchozího obrázku s namontovanými střešními vazníky (fotografie: Kalksandstein CZ s.r.o.)

DIAGNOSTIKA STAVEB



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

Diagnostika staveb

Test průvzdušnosti

Obálka budovy musí být maximálně vzduchotěsná – to platí pro jakýkoliv typ budovy, nejen pro pasivní a nulové domy. U pasivních a nulových domů se na ni klade zvláštní důraz, protože při jejich velmi nízké spotřebě energie, může větší průvzdušnost představovat významné ztráty tepla infiltrací / exfiltrací. Způsoby jak zajistit vzduchotěsnost u jednotlivých konstrukčních systémů jsou popsány v části [Konstrukční systémy a detaily pasivních a nulových domů](#).

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov: V obvodových konstrukcích se nepřipouští netěsnosti a neutěsněné spáry, kromě funkčních spár výplní otvorů a funkčních spár lehkých obvodových plášťů. Všechna napojení konstrukcí mezi sebou musí být provedena trvale vzduchotěsně podle dosažitelného stavu techniky.

Důvody pro maximální vzduchotěsnost obvodových plášťů

- Minimalizace tepelných ztrát neřízenou infiltrací / exfiltrací
- Maximalizace využití účinnosti rekuperačního výměníku VZT jednotky – pokud značné množství vzduchu proniká z a do budovy neřízeně mimo rekuperační výměník jednotky je investice do vysoké účinnosti rekuperace tepla ve VZT jednotce zbytečná
- Odstranění nebezpečí kondenzace vodní páry v neutěsněných spárách konstrukcí – teplý vlhký vzduch z interiéru může pronikat netěsnými spárami, kde vlhkost v chladných místech kondenzuje a poškozuje konstrukci

Celková průvzdušnost budovy se stanovuje (a měřením ověřuje) pomocí celkové intenzity výměny vzduchu n_{50} (h^{-1}) při tlakovém rozdílu 50 Pa. Pokud např. $n_{50} = 0,5 \text{ h}^{-1}$, znamená to, že při rozdílu tlaků mezi interiérem a exteriérem 50 Pa se za hodinu vymění polovina objemu vzduchu v budově.

Doporučené hodnoty dle normy ČSN 73 0540-2 dle typu větrání v budově:

- Přirozené nebo kombinované: $n_{50} = 4,5 / 3 \text{ h}^{-1}$
- Nucené: $n_{50} = 1,5 / 1,2 \text{ h}^{-1}$
- Nucené se ZZT: $n_{50} = 1 / 0,8 \text{ h}^{-1}$
- Nucené se ZZT v pasivních a nulových domech: $n_{50} = 0,6 / 0,4 \text{ h}^{-1}$

Hodnoty před lomítkem se doporučuje splnit vždy, hodnoty za lomítkem se doporučuje splnit přednostně

U budov, kde průvzdušnost není řešena ani projektově ani v průběhu stavby je velký rozptyl v hodnotách $n_{50} = 2 - 8 \text{ h}^{-1}$

U rekonstruovaných domů jsou hodnoty n_{50} dle TNI 73 0329 následující:

- $n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$ – po sanaci obvodového pláště a střechy, včetně výměny oken a dveří
- $n_{50} = 2,5 \text{ h}^{-1}$ – po výměně všech oken
- $n_{50} = 2,5 - 4,5 \text{ h}^{-1}$ – po výměně pouze některých oken

U pasivních domů dle Passive House Institutu, hodnoceným dle PHPP je požadovaná hodnota $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$

V PHPP se v listu „Větrání“ uvádí projektový předpoklad n_{50} , po provedení testu průvzdušnosti je možné provést aktualizovaný výpočet v PHPP vložím změřené hodnoty n_{50} .

Test průvzdušnosti

Při testu průvzdušnosti (někdy se též nazývá blower-door test) se ventilátorem umístěným obvykle ve dveřích vytváří v domě podtlak (a následně přetlak), jejichž hodnoty se postupně mění, a měří se objemový průtok vzduchu otvorem s ventilátorem pro každou hodnotu podtlaku (přetlaku). Vychází se z předpokladu, že přenesený objem vzduchu potřebný pro udržení daného tlakového rozdílu odpovídá objemu vzduchu pronikajícího netěsnostmi budovy. Průtok vzduchu otvorem s ventilátorem se obvykle stanovuje nepřímo – měřením rozdílu tlaků před a za clonou definovaného průměru.

Tímto testem se zároveň prověří kvalita provedení parozábran. Místa pronikání vzduchu netěsnostmi lze odhalit termovizní kamerou, dýmem / mlhou (z generátoru dýmu) případně anemometrem.

Díky měření průtoku vzduchu při různých tlakových rozdílech lze přibližně stanovit, jakého jsou netěsnosti typu – zda se jedná o malé množství větších nebo o větší množství malých netěsností v obálce budovy (proudění v malých netěsnostech reaguje odlišně na změny tlaku než proudění velkými netěsnostmi).

Postup a podmínky měření jsou uvedeny v ČSN EN 13829 Stanovení průvzdušnosti – Tlaková metoda.

Norma stanovuje dvě metody testu:

- Metoda A (test budovy v užívání) – provádí se po dokončení stavby a stav obálky domu musí reprezentovat podmínky, které nastávají v období, kdy je systém vytápění / chlazení v provozu – nezaslepují se žádné funkční otvory, pouze se případně uzavírají provozní klapky
- Metoda B (test obálky budovy) – provádí se po dokončení hrubé stavby, osazení oken a provedení vzduchotěsnících prvků – při testu se utěsňují komíny a vzduchotechnické rozvody

Základní vztah pro průvzdušnost

$$n_{50} = V_{50} / V$$

n_{50} – celková průvzdušnost budovy (1/h)

V_{50} – změřený objemový průtok vzduchu budovou (m^3/h)

V – objem měřeného prostoru (m^3)



Zařízení pro měření průvzdušnosti domu blower-door testem (fotografie: AB Ateliér).

Termovizní měření

Termovizním měřením lze detekovat průnik vzduchu netěsnostmi ve vzduchotěsné obálce budovy, tepelné mosty v konstrukcích, lze stanovit, zda povrchové teploty (a odvozeně i povrchové vlhkosti) konstrukcí odpovídají projektovým předpokladům či požadavkům norem.

Termovizní měření lze provádět pouze při rozdílu teplot mezi exteriérem a interiérem – měření se proto provádí obvykle v zimě, kdy je interiér vytopen na požadovanou teplotu.

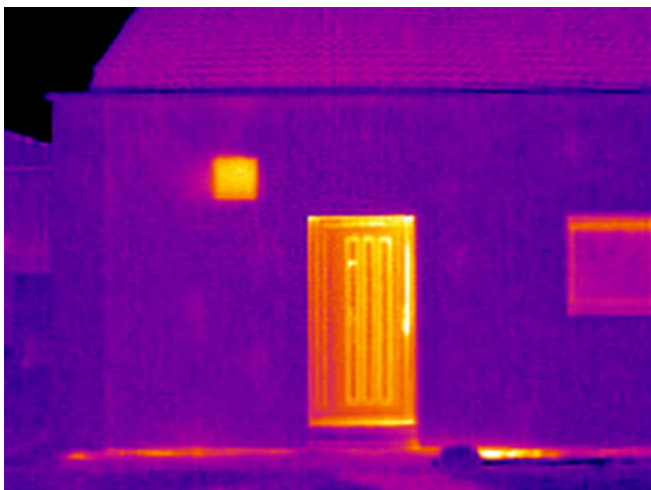
Postup a podmínky měření jsou uvedeny v normě ČSN EN 13187 Kvalitativní určení tepelných nepravidelností v pláštích budov – Infračervená metoda. Norma je z roku 1999 a měření se v praxi často od této normy liší.

Dle zkušeností musí probíhat termovizní měření probíhat za následujících podmínek

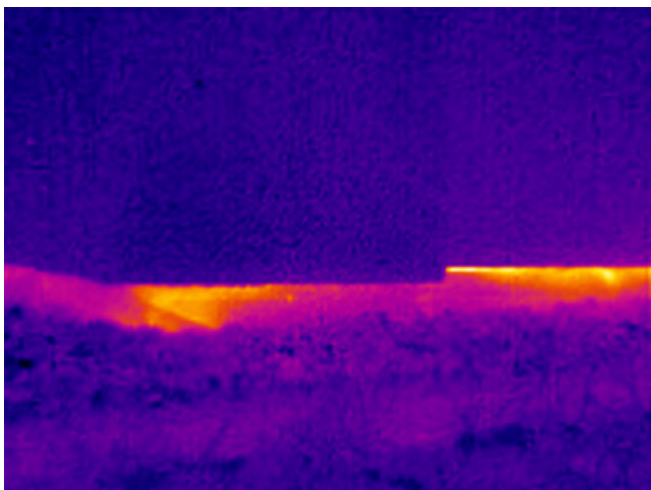
- Dostatečný (a časově stabilní) rozdíl teplot mezi interiérem a exteriérem – cca 15°C (čím více, tím lépe)
- Absence slunečního záření – měření brzy ráno, večer, ve zcela zatažený den
- Absence deště, mlhy, sněhu atd.
- Správně určit emisivitu měřených povrchů – obvykle dle tabulek nebo umístěním samolepky o známé emisivitě na měřený objekt

- Správně určit tzv. odraženou teplotu – obvykle otočením termokamery o 180° od měřeného objektu, nasnímáním okolí a zjištěním jeho průměrné teploty
- Měřit pod mírným úhlem, nikoliv kolmo na měřenou plochu – týká se zejména ploch s vysokou odrazivostí jako jsou okna (v oknech se odráží osoba provádějící měření, čímž je měření znehodnoceno)
- Detaily měřit z maximální blízkosti – aby nedocházelo (díky omezenému rozlišení snímače termokamery) k zahlazování teplotních extrémů ve stavebních detailech.
- Vnější povrchová teplota budov vychází často nižší než je teplota okolního vzduchu – je to z důvodu radiačního ochlazování budovy zejména ve dnech, kdy je jasná obloha.

Příklad použití termovizního měření - kontrola kvality provedení pasivního domu



Nedostatečně tepelně izolovaný sokl

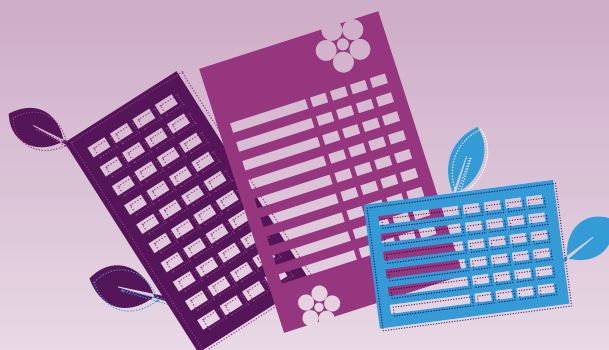


Nedostatečně tepelně izolovaný sokl - detail



Vizuální snímek téhož soklu

KONSTRUKČNÍ SYSTÉMY A DETAILS PASIVNÍCH A NULOVÝCH DOMŮ – DŘEVOSTAVBY



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

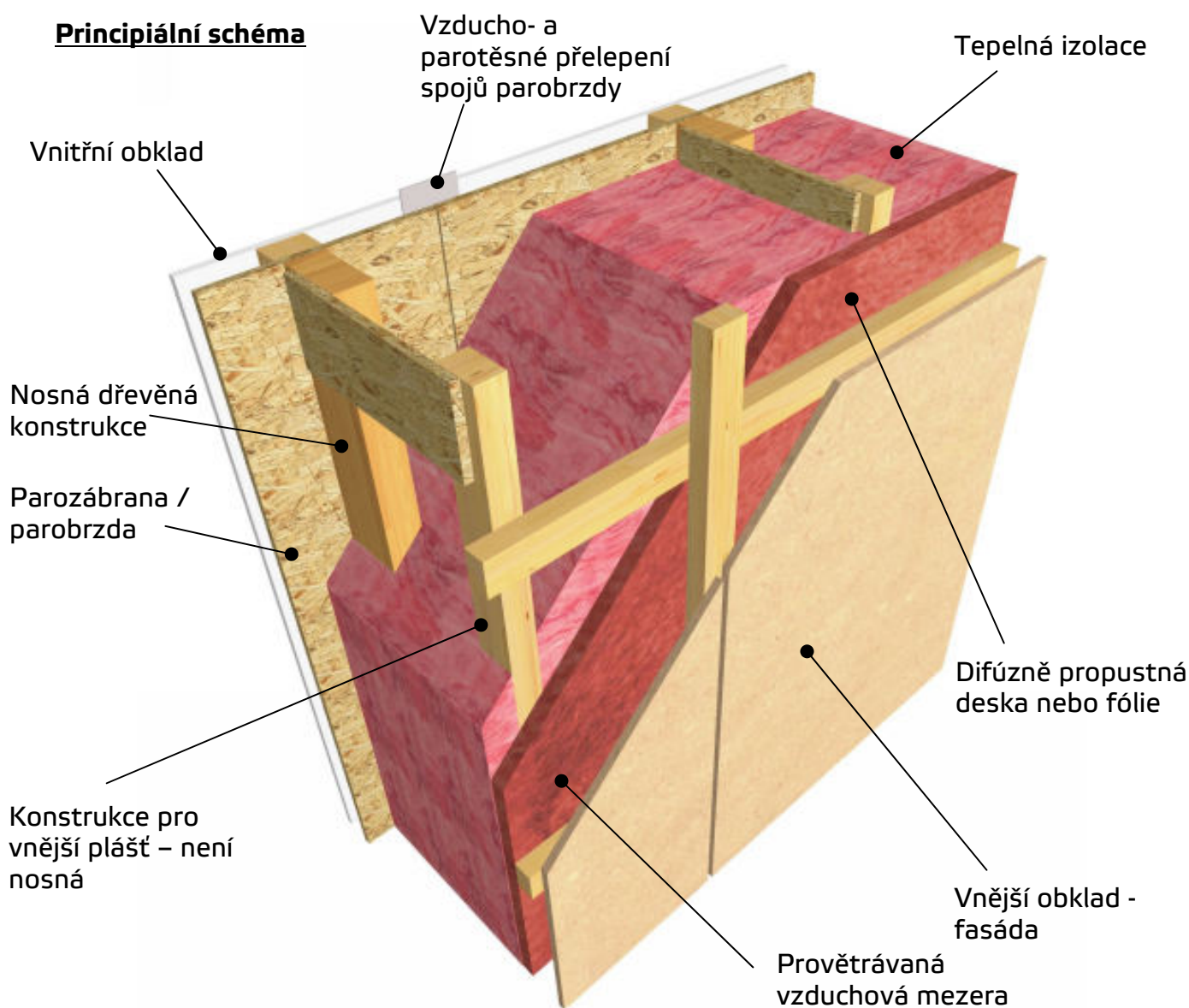
Konstrukční systémy a detaily pasivních a nulových domů

Dřevostavby

1) Lehká dřevěná konstrukce (na bázi two by four) s tepelnou izolací

Nosnou konstrukci tvoří dřevěné sloupky na bázi two by four s předsazenou konstrukcí pro vnější opláštění stavby. Předsazená konstrukce vytváří dostatečnou tloušťku stěny pro umístění tepelné izolace. Vynesení předsazené konstrukce musí tvořit co nejmenší tepelný most. Konstrukce je obvykle plošně ztužena opláštěním z OSB desek.

Principiální schéma



Měřítko: tloušťka tepelné izolace 30 cm, průřez nosných sloupků 10 x 5 cm, rozteč mezi sloupky 60 cm

Příklady materiálů

Dřevěná nosná konstrukce: dřevěné sloupky

Parozábrana / parobrzdá + vzduchotěsnicí vrstva: OSB desky s přelepenými spoji

Vnější obklad: různé deskové materiály s povrchovou úpravou odolnou vnějšímu prostředí (palubky, cementotřískové desky, laminátové desky...)

Tepelná izolace: měkké desky z konopí, lnu, vláken ze dřeva, minerální vlny, výplň foukanou tepelnou izolací (drť z celulózy, dřeva nebo minerální vlny), slaměné balíky. Tepelné izolace s vyšší objemovou hmotností (drť z celulózy, slaměné balíky), přispívají k lepší tepelné stabilitě místností (mají vyšší schopnost akumulace tepla). Lepší tepelnou stabilitu i vnitřní mikroklima zajistí též vnitřní hliněné omítky.

Pozn.: parozábrana / parobrzdá řešená na bázi fólií a podobných materiálů není v příkladech uváděna z důvodu obtížné proveditelnosti a náročnosti kvalitní a dlouhodobě trvalé vzduchotěsné a parotěsné / parobrzděné roviny z těchto materiálů.



Nosná konstrukce z dřevěných sloupků, vnější konstrukce vynesena na páscích z OSB desek (Fotografie: AB Ateliér)



Vyzdívký z plných cihel pro zvýšení akumulace tepla v lehké dřevostavbě (fotografie: AB Ateliér)

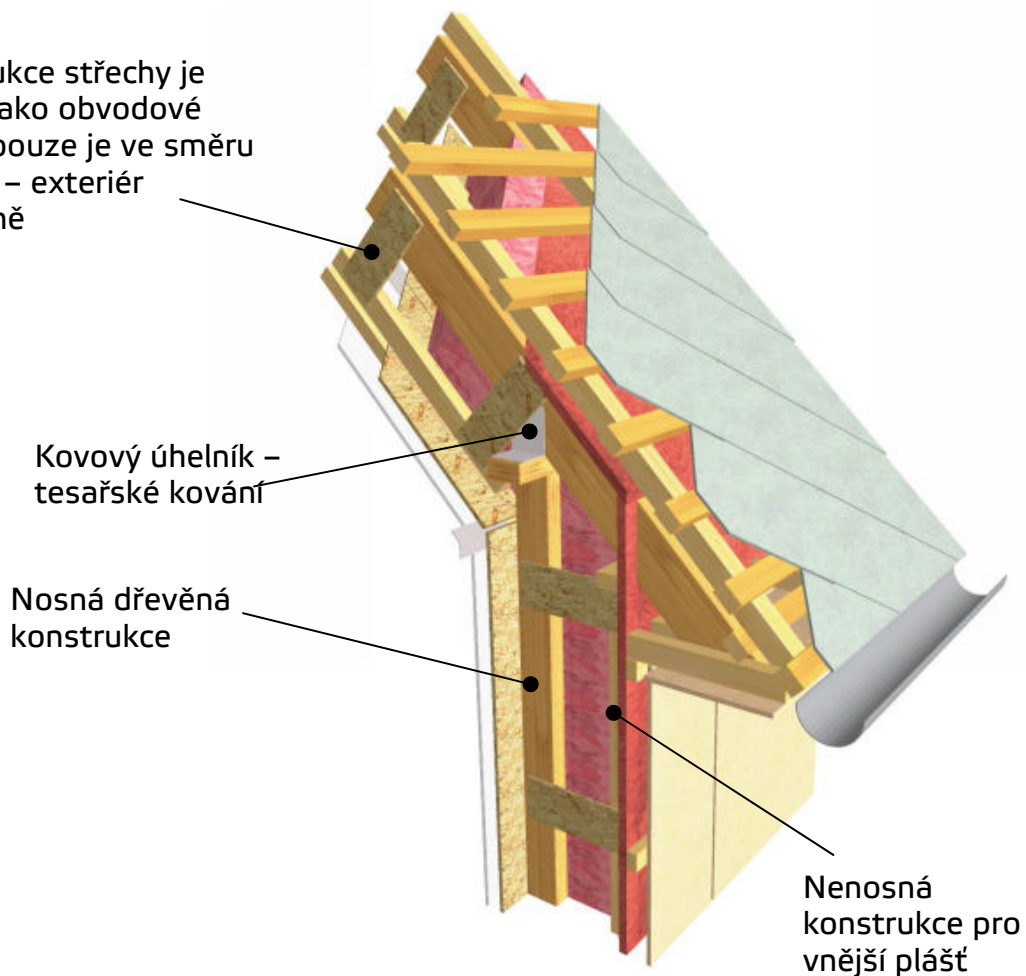


Hliněné omítky – zlepšení akumulace tepla a absorpce / desorpce vodní páry (fotografie: AB Ateliér)

Hlavní detaily

a) Napojení obvodové stěny na šikmou střechu

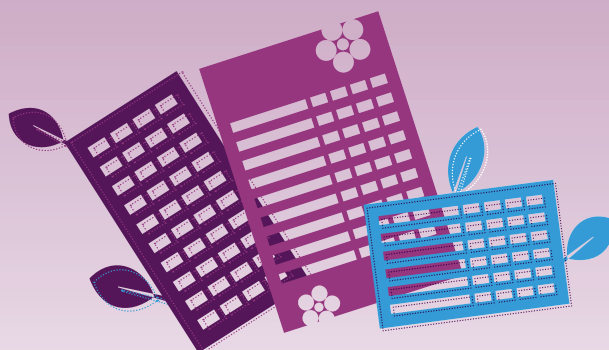
Konstrukce střechy je stejná jako obvodové stěny, pouze je ve směru interiér – exteriér obráceně



Obvodová stěna na bázi two by four, střecha z I nosníků, patrová dřevostavba Praha-Západ (fotografie: AB Ateliér)

- V šikmé střeše nelze prakticky realizovat střešní okna – lze použít světlovody nebo světlíky

OKNA A DVEŘE PRO PASIVNÍ A NULOVÉ DOMY



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

Okna a dveře pro pasivní a nulové domy



(Fotografie: Kalksandstein CZ, s.r.o.)

Okna jsou v pasivním nebo nulovém domě velmi důležitým prvkem celkové energetické bilance. Kromě základní funkce osvětlení interiéru a výhledu do venkovního prostředí zajišťují též funkci „přítápění“ domu prostřednictvím pasivních solárních zisků v době, kdy svítí Slunce. Výběr oken vhodných parametrů a rozměrů je klíčový pro využití solárních tepelných zisků. Správná montáž okna je nutná pro vzduchotěsnost domu a pro životnost osazení okna v konstrukci.

Hlavní druhy oken - podle materiálu rámu

- Dřevěná (s různými povrchovými úpravami, např. s hliníkem = dřevohliníková okna)
- Plastová (plasthliníková okna – obdobně jako dřevohliníková)
- Hliníková (s optimalizovaným rámem pro pasivní domy, obecně rámy hliníkových oken mají nedostatečné tepelně-izolační vlastnosti)

Rámy oken pro pasivní domy jsou doplněny přídatnou tepelnou izolací (polyuretan, tvrzený polyuretan, purenit, tvrzený polystyren, korek)

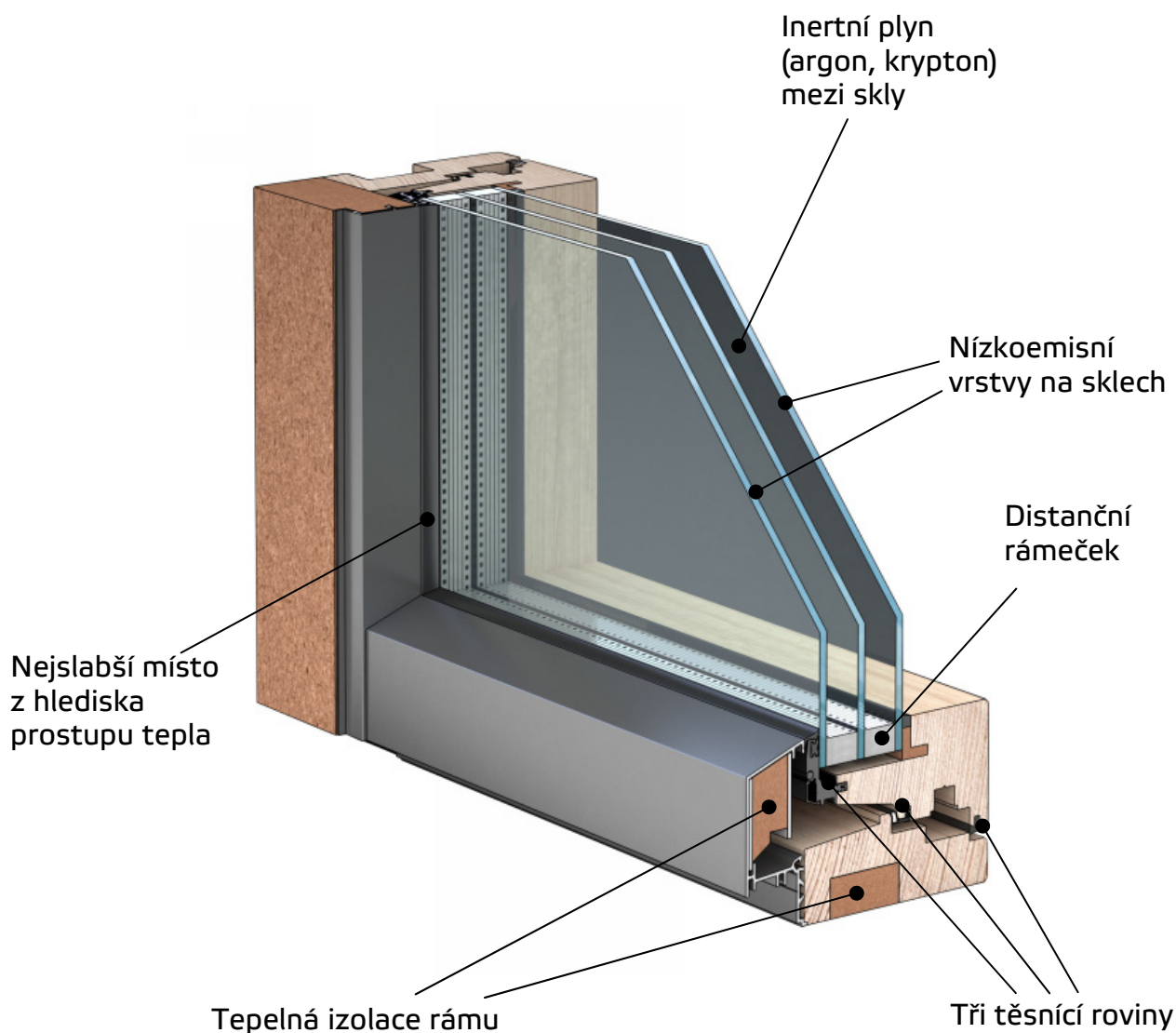
Hlavní druhy oken - podle typu zasklení

- Zasklení trojsklem, případně čtyřsklem (ve vývoji jsou tenká 2 mm skla a čtyřskla budou tedy mít menší hmotnost než současná trojskla)
- S fólií (fóliemi) Heat – mirror

Konstrukční řešení okna

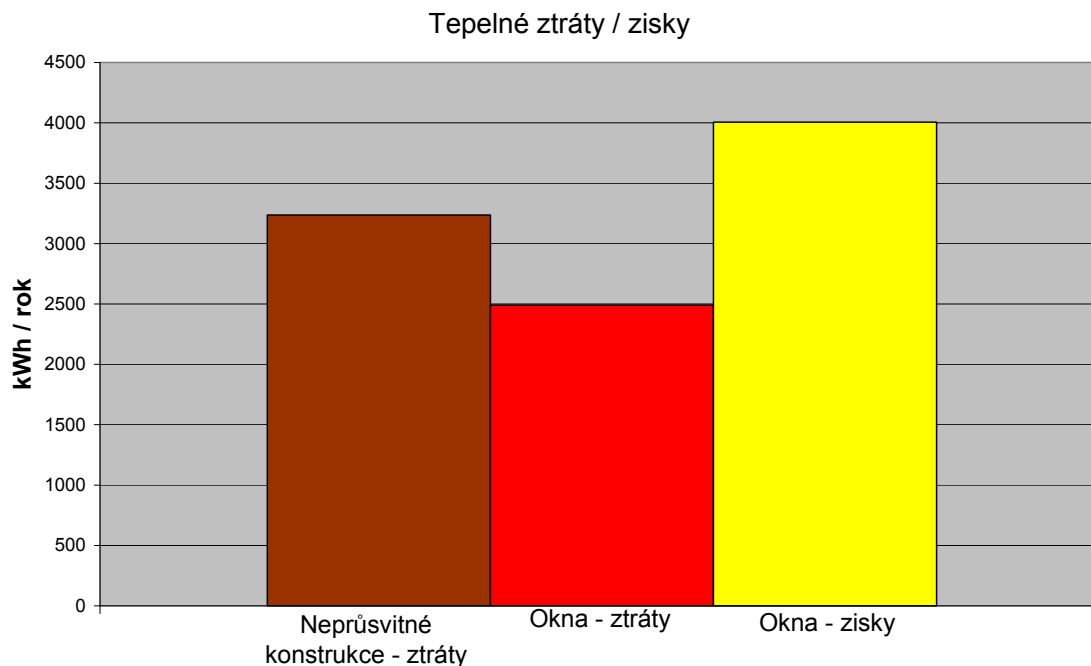
Trojsklo

Řez oknem se zasklením trojsklem se skly pokovenými nízkoemisními vrstvami



(Fotografie: Pro Passivhausfenster GmbH)

- Okna jsou nejslabším článkem domu – mají až 10x horší tepelně-izolační schopnosti než neprůsvitné konstrukce



Graf: příklad rodinného pasivního domu v Malém Lapáši – roční tepelné ztráty okny jsou téměř srovnatelné s ročními ztrátami neprůsvitnými konstrukcemi. Solární tepelné zisky převyšují ztráty okny. Obvykle jsou velikosti a parametry oken navrhovány tak, aby ztráty i zisky okny byly zhruba vyrovnané.

- Pro pasivní a nulové domy jsou okna (a jejich parametry) velmi důležitým prvkem – bez solárních tepelných zisků okny nelze v podmínkách ČR dosáhnout standardu pasivního domu. Současně jsou v našich podmínkách nevhodné nadměrné prosklené plochy, protože zisky okny v mnoha případech nepokryjí ztráty. V Rakousku, případně Německu je více slunečných dnů v topné sezoně.
- Neotevíravé varianty oken dosahují nižších hodnot U a jsou levnější – u domů s řízeným větráním mohou být některá okna neotevíravá
- Konstrukční detaily zajišťující lepší parametry oken:
 - Počet skel; vyšší počet skel – lepší U ale horší g . Vzhledem k váze a ceně se nejčastěji používají trojskla (případně Heat Mirror)
 - Optimální vzdálenost skel od sebe pro danou plynovou náplň
 - Co nejnižší tepelná vodivost plynové náplně (plyny: argon, krypton – nižší tepelná vodivost)
 - Nízkoemisní vrstvy na sklech
 - Minimalizace plochy rámu, tj. výšky rámu (rám je velmi slabým místem okna), zvýšení tloušťky rámu
 - Optimální tepelná izolace rámu z vnější strany
 - Co nejnižší tepelná vodivost distančního rámečku (sklolaminátový, kompozitový distanční rámeček)
 - Dostatečně hluboké uložení zasklení do rámu
 - Obvykle tři roviny těsnění zajišťující vzduchotěsnost rámu (u otevíravých oken)
 - Panty a kování nepřerušující těsnění okna – např. tzv. skryté panty či kování – zlepšují vzduchotěsnost okna
 - Správné osazení okna – viz část [Osazování oken u novostaveb](#)

TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

Technická zařízení budov

Vytápění

Pasivní a nulové domy (dále jen PD a ND) mají cca 3 – 5x menší tepelné ztráty než „standardní“ novostavby stejné velikosti – výkony zdrojů tepla jsou proto úměrně nižší.

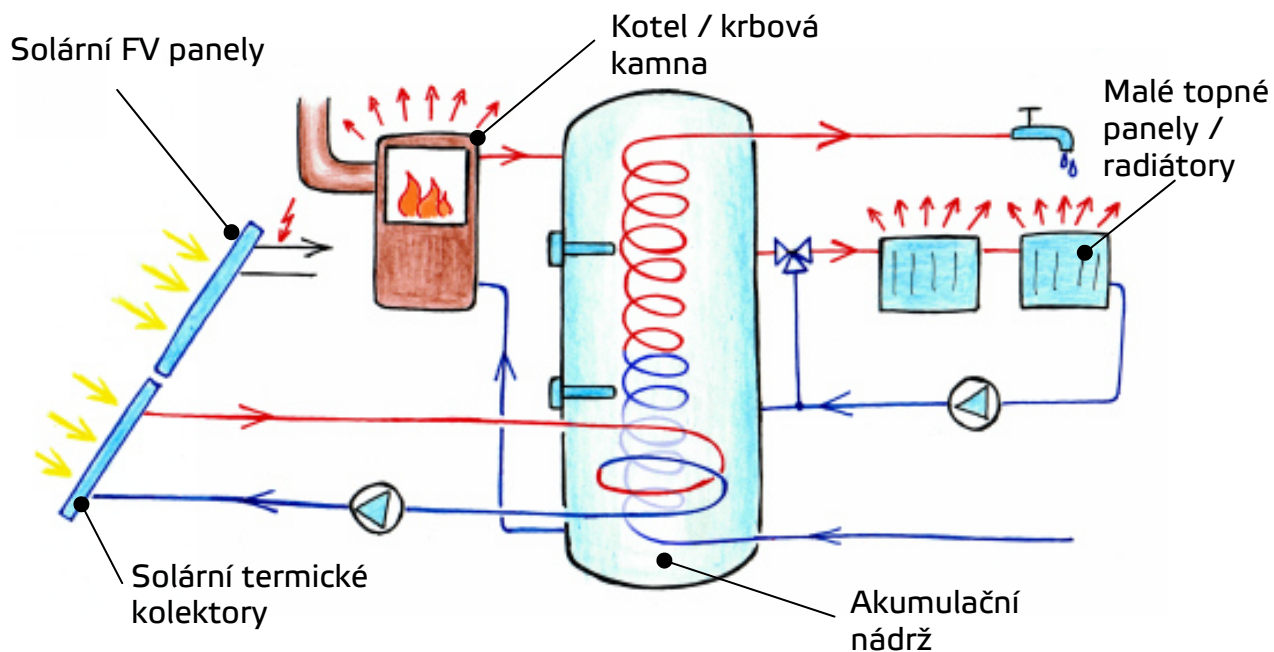
Pozor.: pokud hodnotíme zdroje energie z hlediska návratnosti, vycházejí v pasivních a nulových domech zdroje s vysokými investičními náklady a levnější provozem (např. tepelná čerpadla) poměrně nevýhodně. Díky minimální spotřebě energie jsou i provozní úspory financí poměrně malé (oproti provozně dražšímu zdroji – např. kotli na zemní plyn) a zvýšené investiční náklady na např. tepelné čerpadlo se pak vrací dlouho. To někdy vede k méně vhodným řešením, kdy jsou jako hlavní zdroj tepla navrhovány elektrické přímotopy nebo elektrické topné panely (protože jsou investičně nejméně náročné). Z hlediska spotřeby primární energie a vlivu na životní prostředí je toto řešení (elektrina jako hlavní zdroj tepla v budově) nevhodné.

Zdroj tepla a topná soustava by měla být volena optimálně z hlediska investičních i provozních nákladů, z hlediska možné změny zdroje tepla do budoucna a z hlediska dopadu provozu zdroje na životní prostředí. V příkladech zdrojů uvedených níže proto zcela chybí kotel na uhlí, protože jeho provozování – pokud jde o výkony řádu jednotek až stovek kW – představuje značnou zátěž životního prostředí emisemi oproti například centrálnímu zdroji tepla na uhlí (s výkony v řádu MW), kde jsou použity (nebo alespoň mohou být použity) technologie pro výrazné snižování emisí zejména prachu, oxidů síry a oxidů dusíku.

Specifika zdrojů tepla a topných soustav v PD a ND

- 3 – 5 x nižší výkon oproti „standardním“ novostavbám stejné velikosti
- Topná tělesa umístěna v podstatě libovolně ve vytápěném prostoru, v případě použití kvalitních oken pro pasivní domy není nutné umisťovat topná tělesa pod okna
- Regulovatelnost dodávky tepla na základě vnější i vnitřní teploty – reakce na vnitřní a solární tepelné zisky – spínáním zdroje tepla / topných těles nebo regulací výkonu zdroje tepla / topných těles – viz část [Regulace zdrojů tepla a topné soustavy](#)
- Nízká výstupní teplota zdroje tepla – použití v nízkoteplotních topných soustavách (stěnové / podlahové vytápění, teplovzdušné vytápění, konvektory, fan-coily). Vzhledem k minimalizovaným tepelným ztrátám lze vytápět nízkoteplotně, i nízkoteplotní tělesa jsou poměrně malá. Ve velmi dobře tepelně izolovaném domě lze dosáhnout dobré (dle zkušeností však ne ideální) tepelné pohody i s menším podílem sálavé složky tepla (kterým se vyznačují nízkoteplotní soustavy). Nízkoteplotní topné soustavy jsou podmínkou pro možnost použití tepelných čerpadel a solárních kolektorů jako zdrojů tepla.
- Obvyklé použití akumulční nádrže (lepší využití OZE, využití zdrojů vyšších výkonů)

Vytápění



Základní použití akumulční nádrže s minimální topnou soustavou, na fotografii akumulční nádrž s odběrnými místy v potřebných výškách (Fotografie: Pavel Minář)

- Minimální nebo žádná topná soustava (např. jen krbová kamna bez výměníku, tepelné čerpadlo vzduch-vzduch), topná tělesa malých rozměrů
- Lze řešit zcela bez topné soustavy - vytápět (i chladit) lze přírodním větracím vzduchem

Regulace zdrojů tepla a topné soustavy

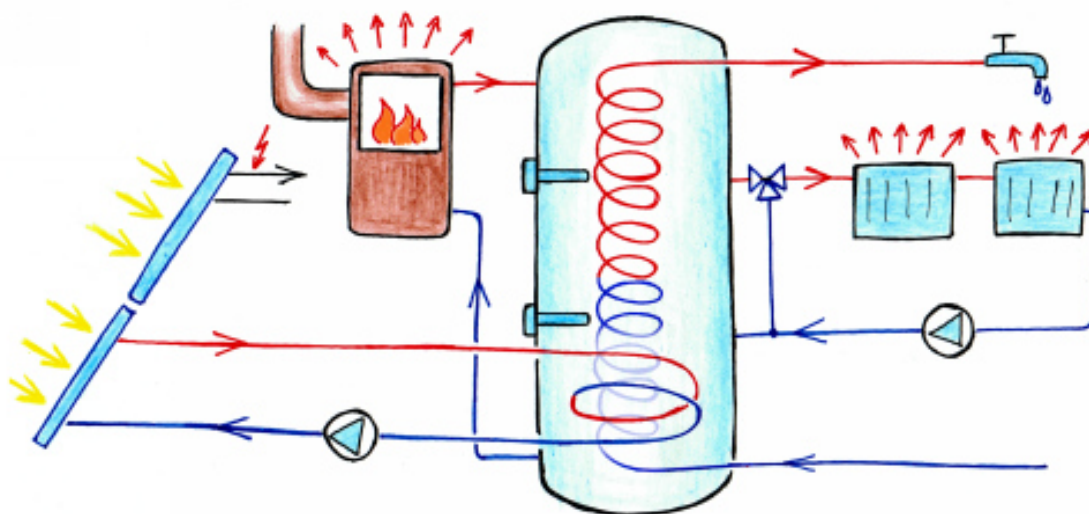
U RD obvykle postačuje regulace pouze dle vnitřní teploty.

U větších budov regulace obvykle dle vnější i vnitřní teploty:

- vnitřní teplota / teploty – zapínání / vypínání zdroje tepla a / nebo topných těles (reakce na vnitřní a solární tepelné zisky). Například zapínání / vypínání zdroje dle prostorového termostatu, zapínání / vypínání topných těles termostatickými ventily
- vnější teplota – ekvitermní regulace výstupní teploty zdroje - výkonu zdroje tepla a / nebo topných těles

Příklady regulace výstupní teploty zdroje tepla

- kotel na pelety s regulací výkonu (v rozsahu cca 20-100%) nebo kotel na plyn s modulací výkonu (v rozsahu cca 10-100%)
- tepelné čerpadlo s proměnnými otáčkami kompresoru (poháněným asynchronním motorem řízeným frekvenčním měničem, někdy označovaným inverter), regulace výkonu v rozsahu cca 30-100%)
- infrapanely nebo podlahové elektrické rohože s pulsně-šířkovou modulací výkonu
- akumulční nádrž (+ zdroj tepla pracující v režimu vypnuto / plný výkon)
 - regulace primární a sekundární (mezi zdrojem a nádrží a mezi zdrojem a topnou soustavou)
 - primární – teplota vody v akumulční nádrži je regulována dle ekvitermní křivky (úspora energie, efektivnější funkce nízkoteplotních zdrojů – TČ, kondenzační kotel, solární kolektory);
 - sekundární – spínání oběhového čerpadla do topné soustavy, omezení max. teploty v topné soustavě



Primární regulace –
ekvitermní

Sekundární regulace – spínání
oběhového čerpadla, omezení max.
teploty

Zdroje tepla a chladu

Základní charakteristiky, výhody / nevýhody

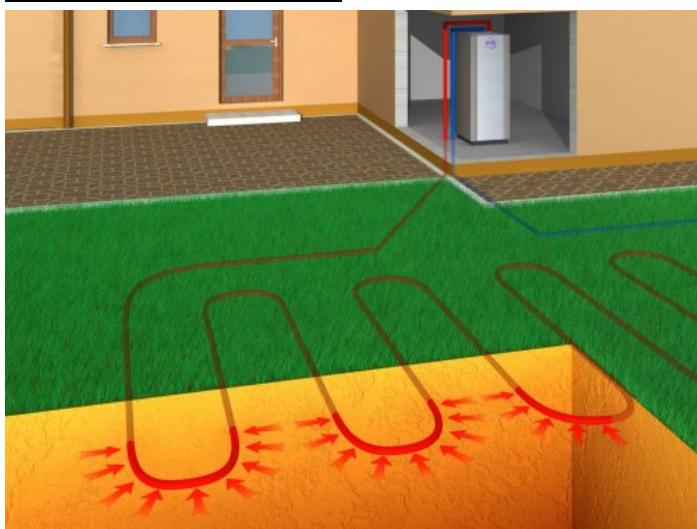
Tepelná čerpadla

Výhody, nevýhody, vlastnosti

- Částečně obnovitelný zdroj energie
- V místě použití mají tepelná čerpadla (dále jen TČ) nulové emise (kromě TČ s kompresory poháněnými spalovacími motory na zemní plyn)
- Výrazně efektivnější při nižších teplotách topného média (čím nižší teplota topné vody, tím vyšší topný faktor) – nízkoteplotní topná soustava, která je obvyklá v PD a ND
- Nevhodné pro tepelně neizolované objekty s chladnými vnitřními povrchy – nízkoteplotní soustava nestačí na vytvoření dostatečné tepelné pohody
- TČ lze využít pro vytápění i chlazení budovy
- Chlad je možné přenést v rámci nízkoteplotních topných soustav používaných v PD a ND – rozvod chladu stěnovým nebo podlahovým vytápěním, fan – coils, chlazení přívodního větracího vzduchu.
- Pokud výkon TČ pokrývá min 60% tepelných ztrát budovy, lze získat snížený tarif za elektřinu pro vytápění domu tepelným čerpadlem.
- Nízký tarif pro elektřinu je využíván i pro elektrický dohřev a pro ohřev TV tepelným čerpadlem, v případě rodinných domů platí nízký tarif pro veškerou spotřebu elektřiny v domě
- Nízký tarif lze využít i pro chlazení TČ – významné zejména v nebytových budovách, kde je potřeba chlazení vysoká (kuchyně, restaurace)
- Investiční náklady jsou poměrně vysoké ve srovnání s úsporami, které přinášejí v PD a ND
- Obvykle nižší životnost ve srovnání s vyššími pořizovacími náklady. Životnost TČ je závislá na životnosti kompresoru, která je dána zejména frekvencí spínání. U TČ vzduch-voda je životnost kompresoru cca 10 – 15 let, u TČ země-voda lze životnost prodloužit až na 20 let.

Tepelné čerpadlo země-voda

Se zemním kolektorem

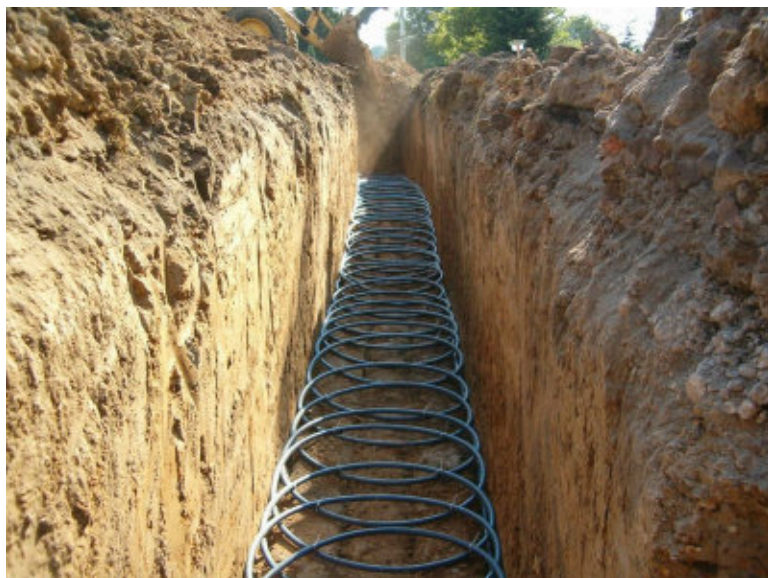


Ilustrace: archiv PZP HEATING a.s.

- Stabilnější teplota v zemním kolektoru (než teplota vzduchu v případě TČ vzduch-voda) - minimalizace využití dohřevu druhým zdrojem
- Délka kolektoru / plocha zabraná kolektorem je úměrná tepelné ztrátě objektu – u pasivních a nulových domů je proto plocha kolektoru několikrát nižší – úspora nákladů

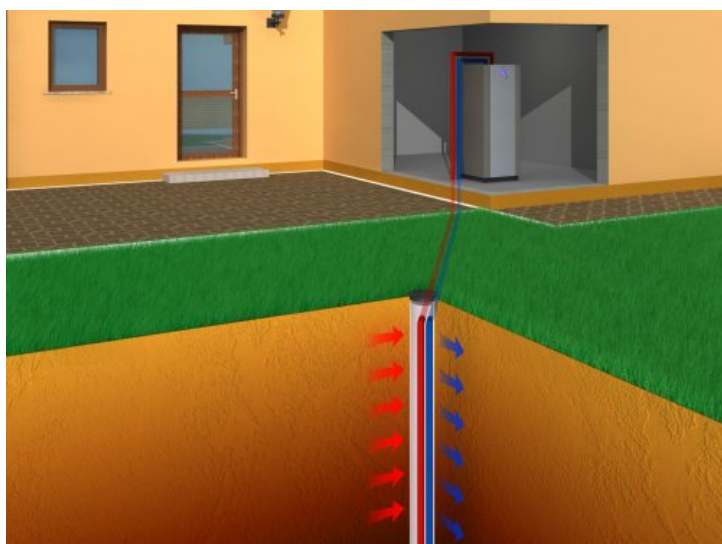


Tepelné čerpadlo země – voda pro rodinné pasivní domy, výkopové práce pro zemní kolektor tohoto TČ jsou minimální, cena tepelného čerpadla cca 100 tis. Kč, zemního kolektoru 23 tis. Kč (fotografie: Atrea, s.r.o.)



Zemní kolektor TČ; příklad pro pasivní rodinné domy – délka výkopu 25m, hloubka 1,2 m (Fotografie: GE-TRA s.r.o.)

S vrtem

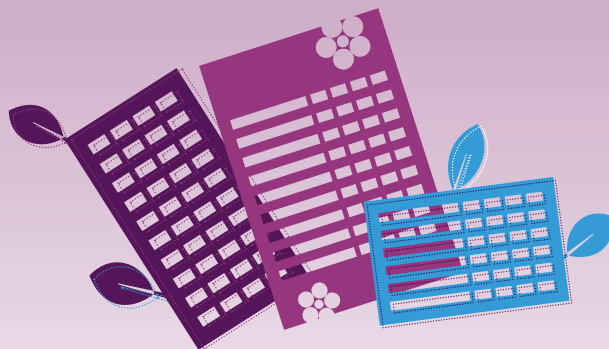


- Stabilní teplota ve vrtu – lze navrhnout zcela bez dohřevu druhým zdrojem (ten je však stejně zapojen z důvodu možné poruchy TČ)
- Délka a počet vrtů je úměrná tepelné ztrátě objektu – značná úspora investičních nákladů v případě PD a ND
- Kapalinu z vrtu lze využít na pasivní chlazení (bez chodu kompresoru TČ) –

v případě kvalitního návrhu PD nebo ND z hlediska letní chladicí zátěže stačí tento způsob na chlazení budovy

- Teplota vrtu se dlouhodobě snižuje (což snižuje dosažitelný zisk tepla) – pokud je vrt používán též k chlazení dochází v letním období k jeho regeneraci

ENERGETICKÉ A TEPELNĚ-TECHNICKÉ VÝPOČTY



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

Energetické a tepelně-technické výpočty

Seznámení s PHPP

- Nástroj pro návrh a optimalizaci pasivní a nulových domů
- Výpočet základních parametrů domu:
 - Měrná potřeba tepla pro vytápění
 - Měrná potřeba primární energie
 - Topná zátěž (tepelná ztráta)
 - Četnost překročení nejvyšší teploty vzduchu
 - Spotřeba energie na vytápění, přípravu TV a spotřeba elektřiny
- Výpočet pro konkrétní klimatickou oblast a nadmořskou výšku
- Statické výpočty – nejedná se o dynamickou simulaci
- Měsíční metoda výpočtu

Příklad domu – návrh v PHPP



Rodinný pasivní dům v Malém Lapáši (okres Nitra, Slovenská Republika) použitý jako příklad pro výpočty, návrh domu a hodnocení v tomto kurzu.

Vizualizace a fotografie: ProjektyDomů.cz

Klimatická data

- Výběr klimatické oblasti
- Úprava nadmořské výšky

Základní údaje

- Vyplnění základních údajů v listu „Hodnocení“
- Výběr „Bydlení / nebytový“ – důležité pro správný výpočet vnitřních zisků.
Viz též část [Zisky](#)

Podlahová plocha v PHPP (Manuál k PHPP - str. 40)

- Užité vytápěná plocha bez obvodových stěn a příček
- Do podlahové plochy patří:
 - Světlé plochy místností se světlou výškou nad 2m
 - Vany, sprchové kouty, vestavěný nábytek
 - Předstěny (např. pod umyvadlem) s výškou nad 1,2m
 - Prahy francouzských oken hlubší než 0,13m

Energetické a tepelně-technické výpočty

- Do podlahové plochy nepatří:
 - Obvodové stěny, příčky, parapety oken a prahy dveří a francouzských oken (kromě prahů francouzských oken hlubších než 0,13m)
 - Zimní zahrady, balkony
 - Komíny, sloupy a vyzdívky vyšší než 1,5m se základovou plochou větší než 0,1m²
 - Předstěny (např. pod umyvadlem) do výšky 1,2m
- Plocha schodišť a galerií přes dvě patra se započítává do podlahové plochy jen jednou (v jednom podlaží)
- Plocha místností s výškou mezi 1 a 2 m se započítává pouze z 50% podlahové plochy, místnosti a prostory nižší se nezapočítávají vůbec.
- Neobytné prostory se světlou výškou nad 2m, které se nacházejí uvnitř tepelné obálky budovy lze započíst pouze ze 60% jejich podlahové plochy.
- Správně by se měly z podlahové plochy odečíst i vnitřní omítky (při odečítání rozměrů např. z CAD výkresu, kde obvykle nejsou omítky zakresleny)
- Zadání podlahové plochy na listu „Plochy“ (Tabulka: Zadání plochy)

Konstrukce - výpočet součinitele prostupu tepla (Manuál k PHPP - str. 44)

List U-Hodnoty v PHPP - zadání konstrukcí:

- Masivní obvodová konstrukce (*z příkladu domu*)
 - Vnitřní omítka – 5 mm
 - Masivní obvodová konstrukce - 175 mm
 - Tepelná izolace polystyren – 300 mm
 - Vnější omítka – 6 mm
- Lehká dřevěná konstrukce na bázi two by four (*příklad pro vyzkoušení*)
 - Sádrokarton – 10 mm
 - Měkká dřevovláknitá deska v instalační mezeře – 50 mm
 - OSB deska 18 mm
 - 1. vrstva tepelné izolace - měkká dřevovláknitá deska – 120 mm; vrstvou procházejí nosné sloupky ze dřeva (tloušťka sloupku 40 mm, výškově prochází celou konstrukcí, vodorovná vzdálenost mezi sloupky 700 mm)
 - 2. vrstva tepelné izolace - měkká dřevovláknitá deska – 180 mm; vrstvou procházejí pásy z OSB vynášející vnější konstrukci (tloušťka OSB 20 mm, výška pásu 150 mm, vodorovná vzdálenost mezi pásy 700 mm, svislá vzdálenost 1m)
 - Tuhá dřevovláknitá deska – 20 mm
 - Vnější omítka – 6 mm

$$R = d / \lambda$$

$$U = 1 / R_{si} + R_1 + R_2 + \dots R_n + R_{se}$$

R – Tepelný odpor vrstvy konstrukce (m².K/W)

d – Tloušťka vrstvy konstrukce (m)

λ - Součinitel tepelné vodivosti materiálu (W/m.K)

U – Součinitel prostupu tepla konstrukcí (W/m².K)

R₁ – R_n – Tepelné odpory jednotlivých vrstev konstrukce (m².K/W)

R_{si} – Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (m².K/W)

Energetické a tepelně-technické výpočty

R_{se} – Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce ($m^2 \cdot K/W$)

λ – nutné zadávat návrhové hodnoty (nikoliv deklarované); návrhové hodnoty někdy udává výrobce (spíše výjimečně), pro některé materiály jsou hodnoty uvedeny v normě ČSN 73 0540-3. Stanovení návrhových hodnot odhadem navýšením hodnot deklarovaného součinitele tepelné vodivosti - u minerálních vláken a foukané celulózy zvýšení o cca 10%, u pěnových polystyrenů o cca 2-3 %.

Posouzení konstrukce z hlediska difúze vodní páry

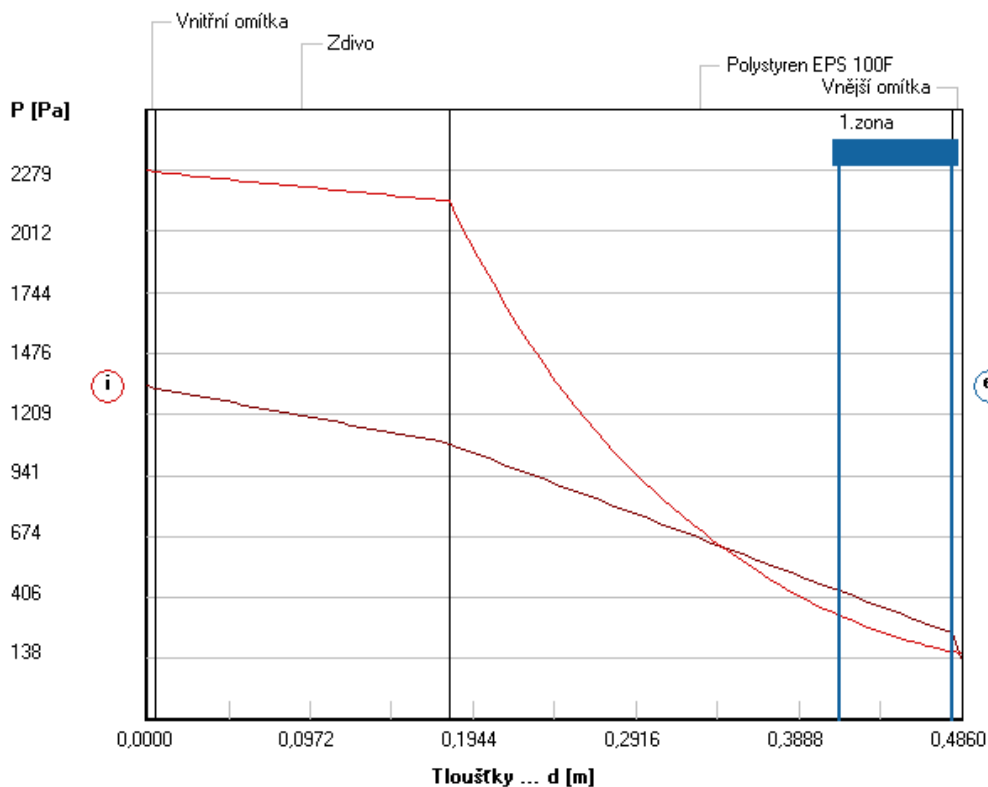
Ukázka výpočtu v Teple – odbočka z PHPP

Do software Teple zadány stejné konstrukce jako do PHPP – ukázka výpočtu a grafického zobrazení difúze vodní páry konstrukcí; ukázka co ovlivňuje kondenzaci vody v konstrukci (snížení faktoru difúzního odporu u materiálů v interiéru / zvýšení faktoru difúzního odporu u materiálů v exteriéru)

V zimním období difunduje vodní pára přes obvodové konstrukce z interiéru do exteriéru (v létě je to naopak, v létě jsou obvykle nižší rozdíly teplot a tlaků vodní páry). Pokud v průběhu difúze vodní pára narazí na vrstvu s vysokým odporem pro vodní páru, na chladné místo nebo obojí, dojde ke kondenzaci vodní páry na vodu, která může způsobit poškození konstrukce. U navrhovaných konstrukcí je proto třeba provést výpočet difúze vodní páry a optimalizovat návrh konstrukce tak, aby konstrukce byla buď bez kondenzace a nebo bylo množství zkondenzované vody bezpečné (nižší než vypařitelné množství kondenzátu).

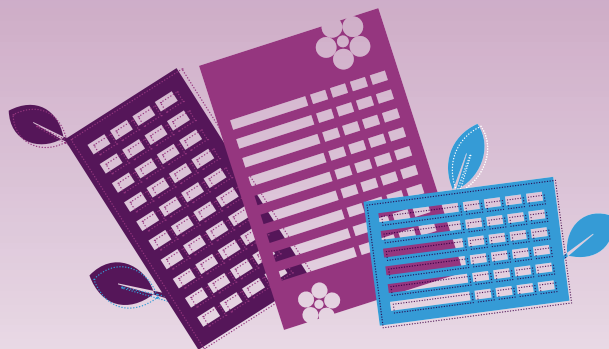
Zvýšení faktoru difúzního odporu na vnitřní straně konstrukce omezí kondenzaci, naopak zvýšení faktoru difúzního odporu na vnější straně konstrukce zvýší pravděpodobnost kondenzace a množství kondenzátu v konstrukci.

Doporučené je snížení výpočtového faktoru difúzního odporu u parobrzd dřevostaveb o cca 30 - 50% z důvodu bezpečnosti výpočtu.



Difúze vodní páry v obvodové stěně zděné stavby. Ke kondenzaci dochází, ale vypařitelné množství vodní páry je cca 50 x vyšší než zkondenzované množství.

PŘÍKLADY Z PRAXE



PASIVNÍ A NULOVÉ BUDOVY OD NÁVRHU K REALIZACI A PROVOZU

Vzdělávací oblast Stavitelství a správa budov

Příklady z praxe

Rodinný dům Buková u Příbramě



Základní údaje

Adresa: Buková u Příbramě

GPS: 49°45' 6,802"N, 14°4' 12,888"E

Typ budovy: Rodinný dům

Rok zahájení stavby: 2010

Rok ukončení stavby: 2012

Autor návrhu: Jan Martínek - projekční a inženýrská činnost

Zastavěná / užitná plocha (dle PHPP): 96,8 m² / 163,9 m²

Měrná potřeba tepla na vytápění dle PHPP: 15 kWh/(m².a)

Měrná potřeba primární energie: 113 kWh/(m².a)

Neprůvzdušnost (měřená): 0,29 h⁻¹

Měrná spotřeba energie: 2 325 kWh (na vytápění), 5 599 kWh (celkem)

Roční spotřeba energie: (od října 2012 do prosince 2012: 912 kWh)

Roční náklady na vytápění / provoz domu: celkem cca 16 000 Kč/rok

Celková cena / cena za m²: cca 3 500 000 Kč / 21 000 Kč

Konstrukce, vytápění, větrání

Konstrukční systém: zděný

Skladba konstrukcí:

- **obvodová stěna:** vápenopísková cihla o tloušťce 175 mm, izolace EPS Greywall o tloušťce 300 mm, $U = 0,105 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

- **střecha:** plochá, Orsil UNI o tloušťce 50 mm, Climatizer plus o tloušťce 400 mm, $U = 0,088 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

- **základové konstrukce:** štěrkové pěnosklo o tloušťce 530 mm, železobetonová základová deska o tloušťce 200 mm, dřevěná nášlapná vrstva, $U = 0,139 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Vytápění a větrání:

- větrací jednotka NILAN VP18 K

- tepelné čerpadlo

- elektrické přímotopy

Zajímavosti a praktické informace

- Jednoduchá konstrukce domu, projekt dokáže realizovat kdokoliv.

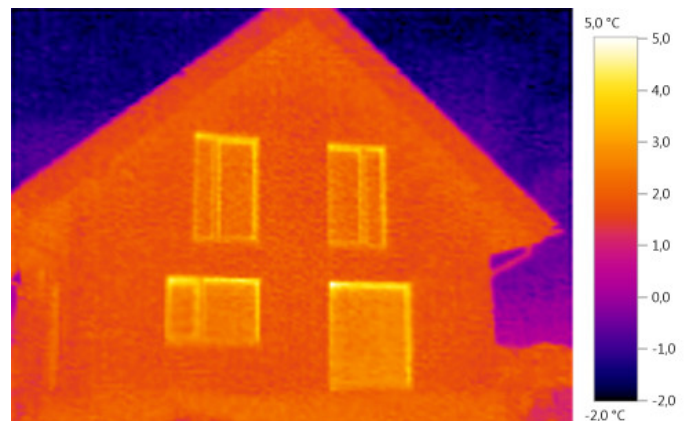
- VZT velice "návyková" - nulová potřeba větrat a stále čerstvý vzduch.

- Je celkem jedno, jaké je venku počasí, uvnitř je stálá teplota - v zimě i v létě.

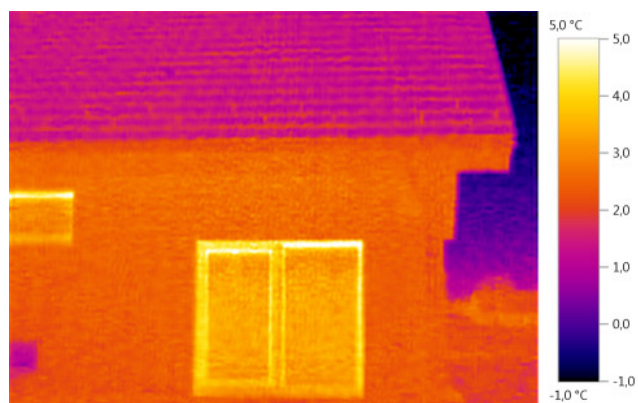
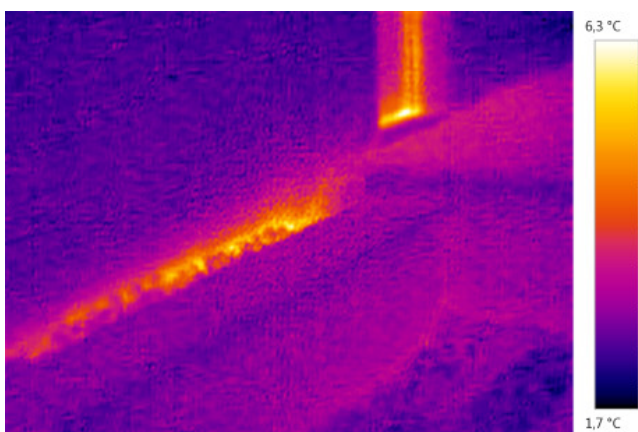
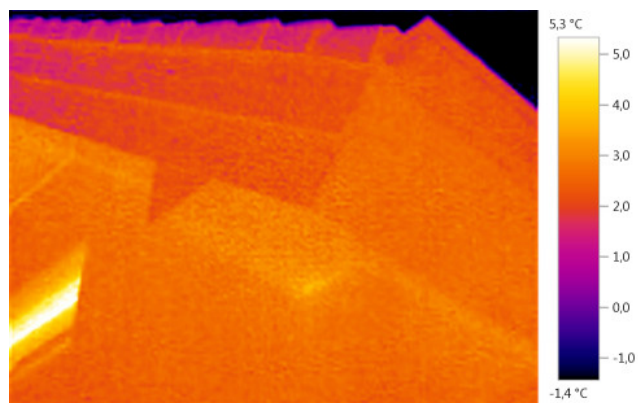
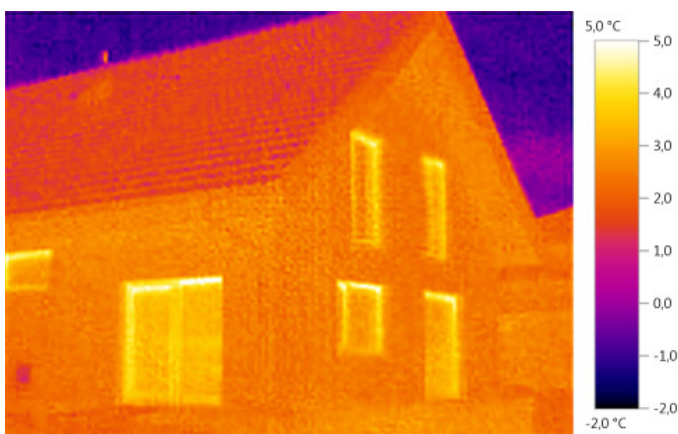
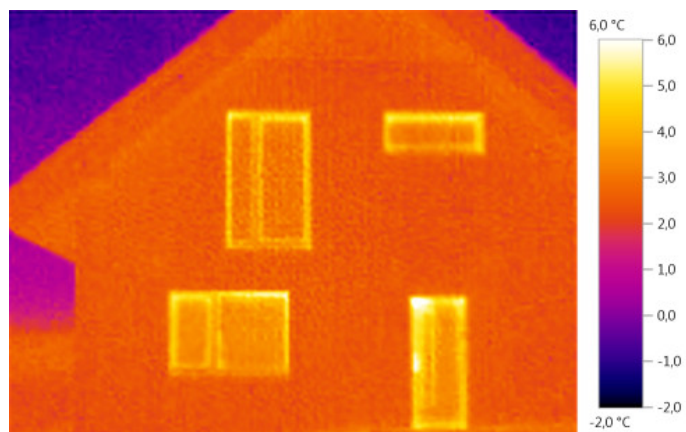
- Velká okna na jih jsou opravdu cítit a to i v zimě, kdy se při jasné obloze netopí.

Možnosti prohlídky domu - pouze technická část domu a pracovna - možnost konzultací a poradenství. Kontakt: 774 416 220.

Fotografie a termogramy



Příklady z praxe



Únik tepla na rozhraní soklu a násypu
pěnoskla - na základě termosnímků
stavebník problém opravil

