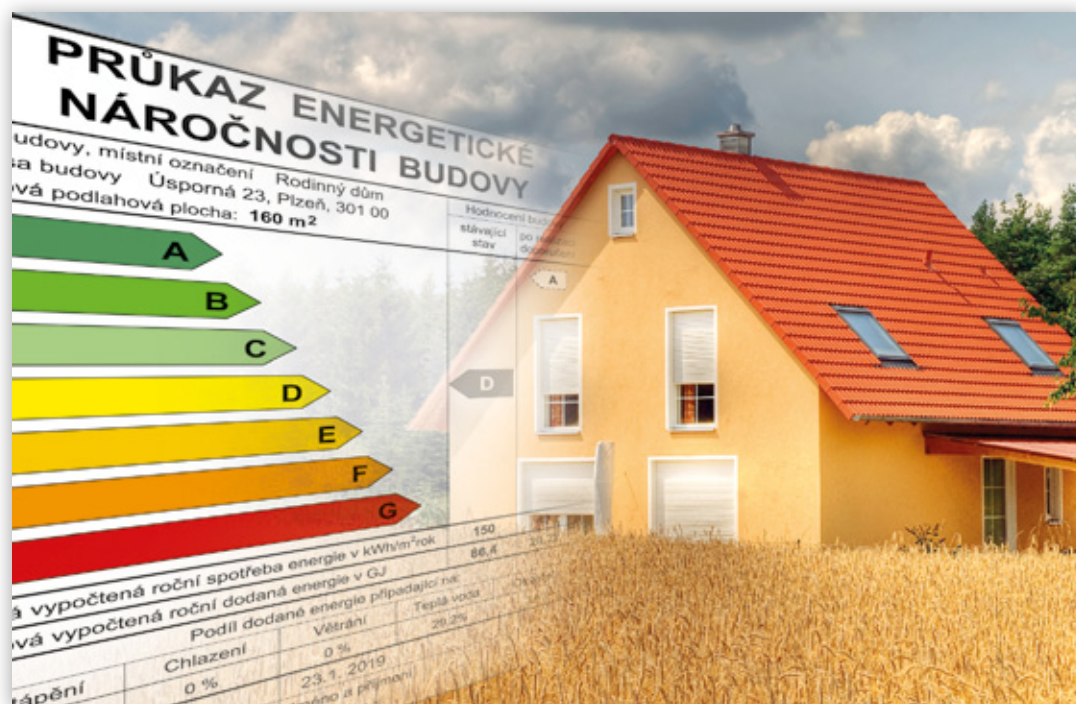


Rekonstrukce domu na nízkoenergetický standard

Praktická řešení



Václav Laxa, Václav Šváb

Zdravé a levné bydlení
Izolační materiály
Zateplení stěn, střech, stropů
Řešení vytápění
Příprava teplé vody
Příklady větrání



Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2009 – část A – Program EFEKT

Rekonstrukce domu na nízkoenergetický standard

Praktická řešení

Ing. Václav Laxa, Václav Šváb

**Zdravé a levné bydlení
Izolační materiály
Zateplení stěn, střech, stropů
Řešení vytápění
Příprava teplé vody
Příklady větrání**



Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2009 – část A – Program EFEKT

Veškerá práva vyhrazena.

Kopírování a rozšiřování pouze s písemným svolením autorů.

© 2009 Ing. Václav Laxa, Václav Šváb

© 2009 Envic, občanské sdružení

ISBN 978-80-254-5862-4

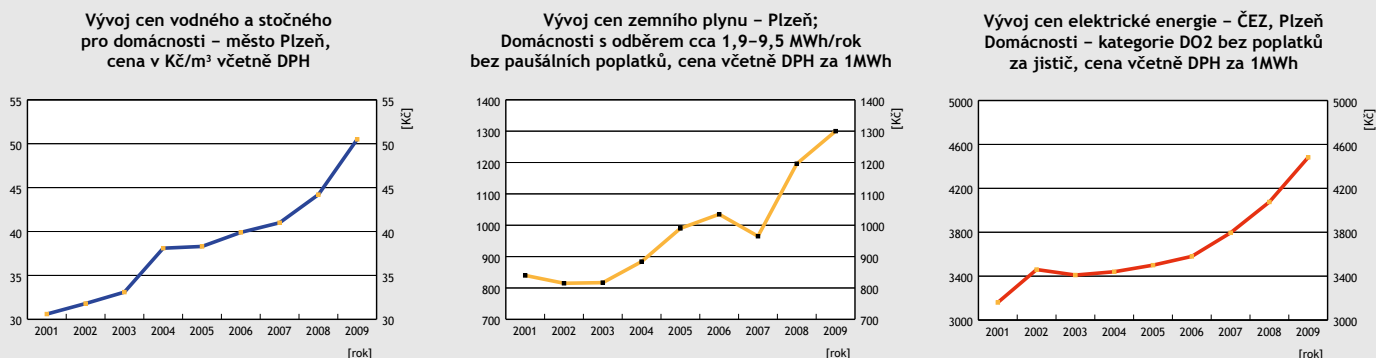
1. Úvod	6
2. Materiály využívané při rekonstrukcích	8
2.1 Přírodní tepelně izolační materiály	8
a] Drť z celulózy	8
b] Dřevovláknité desky	9
c] Keramzit	10
d] Perlit	10
e] Korek	11
f] Další přírodní materiály a speciální tepelné izolace	11
2.2 Umělé tepelně izolační materiály	11
a] Minerální vlna	11
b] Pěnový polyuretan	12
c] Pěnový (expandovaný) polystyren (EPS)	13
d] Extrudovaný polystyren (XPS)	13
e] Perforovaný polystyren (EPS)	14
2.3 Hydroizolace	14
3. Rekonstrukce	15
3.1 Obvodové stěny	16
a] Kontaktní zateplení pěnovým polystyrenem (EPS)	18
b] Kontaktní zateplení minerální vlnou	19
c] Kontaktní zateplení speciálním (sanačním) perforovaným polystyrenem	20
d] Provětrávaná fasáda s izolačními deskami z minerální vlny	21
3.2 Stropy	22
a] Tepelná izolace na podlaze půdy bez pochozí úpravy	22
b] Tepelná izolace na podlaze půdy s pochozí úpravou	23
c] Tepelná izolace na podlaze půdy s pochozí úpravou na roštu	23
d] Tepelná izolace z celulózové, případně dřevní drtě, strojově nafoukaná mezi trámy stropu	24
3.3 Podlahy	24
a] Tepelná izolace podlahy obytné části domu zateplením stropu sklepa	25
3.4 Střechy	25
a] Šikmé střechy	25
b] Ploché střechy	30
3.5 Otvorové výplně	32
4. Technické zařízení budov	35
4.1 Vytápění a příprava teplé vody	35
a] Plynové kotle	36
b] Kotle na biomasu	37
c] Krbové vložky, krbová kamna	38
d] Elektrokotle, lokální elektrická topidla	39
e] Tepelná čerpadla	40
f] Využití tepla ze slunce	43
g] Integrované zásobníky tepla	44
4.2 Větrání	45
4.3 Příklady realizace systémů vytápění a ohřevu teplé vody	46
a] Obecná legenda	46
b] Způsoby samostatného ohřevu teplé vody	47
c] Způsoby samostatného vytápění	48
d] Způsoby vytápění a přípravy teplé vody	49
e] Způsoby vytápění a přípravy teplé vody se začleněním solárních kolektorů	50
f] Příklad řešení systému vytápění a ohřevu TV u staveb s velmi nízkou potřebou energie	51
4.4 Další možnosti úspor	52
5. Použité a doporučené zdroje informací	54

1. Úvod

Draží čtenáři, v rukou držíte publikaci, která vznikla za finanční podpory Ministerstva průmyslu a obchodu ČR. Jejím hlavním cílem je seznámit zájemce se základními principy v oblasti renovací a rekonstrukcí občanské zástavby, především pak rodinných domů. Tato potřeba je dána především stárnoucím stavebním fondem v České republice a nevyhovujícím stavem občanské zástavby v oblasti kvality vnitřního prostředí a energetické náročnosti, která vede i k neúnosnému zatěžování životního prostředí, a ve svém důsledku také rodinných financí. Velkým impulzem k řešení oblasti energetické náročnosti budov jsou také nejrozličnější formy podpory a dotací, které jsou na úsporná opatření poskytovány. Aktuální seznam dotací v oblasti snižování energetické náročnosti budov, které můžete čerpat, lze vyhledat prostřednictvím webových stránek příslušných organizací uvedených v seznamu doporučených zdrojů informací na konci této publikace. V současnosti se jedná především o program Zelená úsporám a Operační program Životního prostředí.

Dle nálezu Evropské komise budovy a jejich provoz společně se segmentem dopravy a průmyslu představují tři hlavní sféry spotřeby energie. Energetická efektivita je pro Evropu zásadní, a pokud by se strategie snižování energetické náročnosti uplatnila již nyní, lze v roce 2020 očekávat snížení přímých nákladů energetické spotřeby o více než 100 miliard EUR a emisí o 780 milionů tun CO₂ ročně. Zmiňované budovy se podle údajů Evropské komise podílí na celkové spotřebě energie v Evropě ze 40 % a tvoří tedy nejvýznamnější sféru, přičemž dvě třetiny této energie připadají na provoz domácností. V souvislosti se vzrůstajícím životním standardem, společně s vyšší mírou využívání klimatizačních systémů lze očekávat stále větší roli domácností v segmentu spotřebitelů energie. Spotřeba stávajícího domovního fondu České republiky se pohybuje okolo 45 % celkové národní spotřeby energií. V osmdesáti procentech všech užívaných budov lze snižováním energetické náročnosti budov uspořit téměř polovinu nákladů na vytápění (při zvyšování tepelné pohody pro uživatele!).

Realizace opatření snižujících spotřebu energií je do značné míry motivována obavou z nárůstu cen energií, nebo je brána jako příprava na období důchodu či náhlé nemoci, kdy je obtížné financovat provoz energeticky náročné domácnosti.



Obrázek 1 | Vývoje cen vstupů typické domácnosti – neobsahují paušální platby, ceny jsou včetně DPH

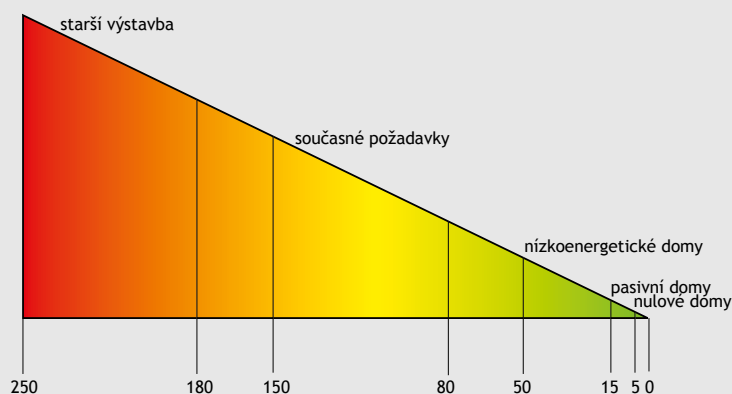
Při posuzování přínosů energeticky efektivnějšího způsobu bydlení však nelze uvažovat pouze v rovině ekonomické. Zrenovovaná budova je při důmyslném návrhu a kvalitním provedení daleko vlídnější vůči lidskému zdraví. Z hlediska kondenzace vodní páry se rekonstrukcí můžeme zbavit tvorby plísní, či dokonce narušení stavby z hlediska její statiky a životnosti. Rekonstruované budovy také vykazují nižší energetickou náročnost, a tím snižují spotřebu energií, které je nutné vyrobit. Přestože za okny nemáme zrovna tepelnou elektrárnu či uhelný důl, každý jistě zná důsledky těchto provozů na kvalitu ovzduší, vod, půdy, a tedy i na život rostlin, živočichů a krajinný ráz.

Mnoho lidí sází na obnovitelné zdroje energie. Ty mají v energetice jistě svoje místo, nicméně je třeba dodat, že jejich podíl na celkové výrobě v ČR je stále nízký, a představa, že převzou roli dominantních zdrojů energie, je v současnosti ekonomicky i technicky nereálná. Provozování obnovitelných zdrojů na lokální úrovni (rodinné a bytové domy, městské budovy atp.) je jistě přínosné, avšak vždy musí být doprovázeno minimalizováním ztrát a efektivnějším využitím vyrobených energií (bez ohledu na jejich původ!).

Mimo jiné i z těchto rozličných důvodů se snažíme o budování a rekonstrukce objektů na energeticky efektivní a environmentálně šetrné celky. Energetická náročnost budov je z hlediska naší legislativy určena potřebou energie na vytápění, chlazení, ohřev teplé vody, větrání a osvětlení. Stanovením minimálních požadavků na energetickou náročnost nových a renovovaných budov se zabývá Evropská směrnice EP 2002/91/ES (Energy Performance of Buildings Directive), která je v právním řádu ČR zapracována do novely zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a to především prostřednictvím § 6a. Prováděcím předpisem je pak vyhláška č. 148/2007 Sb., kterou se stanovují podrobnosti energetické náročnosti budov.

U „nízkoenergetických budov“ obecně je základním kritériem měrná potřeba tepla na vytápění, která by neměla přesáhnout 50 kWh/m² a rok. V případě energeticky pasivních budov, které jsou realizovány na ještě vyšší úsporné úrovni s využitím technických prostředků k zpětnému získávání tepla z vyvětrávaného vzduchu (tzv. rekuperace), se jedná o limit 15 (resp. 20) kWh/m² a rok.

Měrná roční potřeba tepla na vytápění – kWh/m² vytápěné plochy za rok



Obrázek 2 | Srovnání budov podle měrné roční potřeby tepla na vytápění

Obecně je u těchto domů nutné dodržovat několik zásad, které se aplikují hlavně u novostaveb, v případě rekonstrukcí pak podle technicko-ekonomických možností:

- jižní stranu domu vhodně osadit prosklenými plochami pro využívání solárních tepelných zisků,
- nadstandardní tepelná izolace a kvalita oken,
- vzduchotěsnost obálky budovy,
- regulace otopné soustavy schopná reagovat na tepelné zisky,
- kompaktní tvar budovy.

Pokud se rozhodnete rekonstrukci uskutečnit, je třeba provést místní šetření vaší budovy, aby projektant mohl zhodnotit všechny aspekty, které mohou do energetické bilance zasáhnout. Jedná se tedy nejen o posouzení lokality objektu, jeho stávajícího stavu a kvality izolace proti úniku tepla či prostupu vlhkosti, ale také o návrh vhodného materiálu dodatečné tepelné izolace s výpočtem potřebné tloušťky a o způsob zateplení konstrukčních detailů (okna, zdobené fasády, atypické části, atp.). Při rekonstrukci je nutné vhodně upravit či vyměnit i otopnou soustavu včetně regulačních prvků, jelikož budova bude po zateplení vykazovat daleko nižší tepelnou ztrátu. Při výpočtech před samotnou realizací se nesmí zanedbat ani bilance vzdušné vlhkosti, která v domě vzniká. Během realizace úprav je vhodné zvážit výměnu nevhodných spotřebičů a využití zdrojů, které nám doslova „dopadají“ na střechy – totiž slunečního záření a atmosférických srážek.

Finální úspora, kterou po rekonstrukci dosáhnete, se tedy z velké části odvíjí od kvality, důmyslnosti a systémového přístupu projektanta. Kvalita samotného provedení rekonstrukce má samozřejmě také vliv, jelikož sebelepší projekt při nedodržení technologické kázně v průběhu realizace způsobí nejen nedosažení vytčených cílů, ale mnohdy může kvalitu stavby ještě zhoršit. V neposlední řadě ovlivňují výsledný energetický obraz budovy také její obyvatelé – resp. jejich návyky, schopnost a ochota k energeticky úspornějšímu způsobu života.

Věříme, že vám tato publikace pomůže ve všeobecném rozhledu a prostřednictvím vybraných ukázkových řešení nabídne také volbu způsobu, jak rekonstruovat.

2. Materiály využívané při rekonstrukcích

Pro potřeby porovnávání různých tepelně izolačních materiálů je třeba si nejprve vysvětlit několik základních parametrů. Jedním z hlavních je **součinitel tepelné vodivosti** λ [W/(m·K)] (uvádí jej výrobce daného materiálu). Čím je tento parametr nižší, tím daný materiál hůře vede teplo a je tedy lepší tepelnou izolací. Pokud takový materiál tvoří vrstvu v konstrukci (např. tepelnou izolaci ve stěně) o známé tloušťce, můžeme u něj stanovit tzv. **tepelný odpor** R . Jestliže hovoříme o konstrukci jako celku (např. o stěně se všemi vrstvami, které obsahuje), uvádíme obvykle **součinitel prostupu tepla** U . Pro přehlednost uvádíme základní výpočetní vzorce:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{se}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})] \qquad R = \frac{d}{\lambda} \quad [(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}]$$

R_{si} je odpor vrstvičky vzduchu těsně přiléhající ke stěně v interiéru (R_{se} totéž, ale v exteriéru) a nebude se jimi v této publikaci více zabývat. R je součet tepelných odporů všech materiálů použitých v konstrukci, tloušťka materiálu d se uvádí v metrech.

V tabulce níže jsou shrnuty maximální hodnoty součinitele prostupu tepla vybraných konstrukcí doporučené pro nízkoenergetické (NED) a pasivní domy (PD):

Druh konstrukce	U_{NED}	U_{PD}
Vnější obvodová stěna – těžká	0,25	0,15
Střecha plochá a šikmá do 45° včetně	0,16	0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45° – lehká *	0,20	0,12
Venkovní okno a dveře (z interiéru do exteriéru)	1,20	0,80
* Za lehkou konstrukci se považuje ta, která dosahuje plošné hmotnosti vrstev od interiéru k tepelné izolaci do 100 kg/m ² (např. střecha s dřevěným krovem). Ostatní konstrukce jsou považovány za „těžké“ (např. železobetonová střecha).		

Tabulka 1 | Maximální hodnoty součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540, TNI 73 0329 a TNI 73 0330, doporučené pro nízkoenergetické a pasivní stavby

Pozn.: Jedná se o maximální hodnoty, které je třeba splnit. Hodnoty U_{NED} v tabulce odpovídají hodnotám doporučeným normou ČSN 73 0540, které nízkoenergetické stavby musí splňovat. Podle konkrétních podmínek se doporučuje splnění hodnot na úrovni 2/3 až 3/4 hodnot doporučených výše zmíněnou normou.

Tepelně izolační materiály však nelze posuzovat jen s ohledem na to, jak moc dokáží nepropustit teplo, ale také podle toho, jaký odpor kladou průchodu vodní páry (více o průchodu vodní páry v kapitole 3). To nám udává tzv. **faktor difuzního odporu** μ , který vyjadřuje kolikrát je difuzní odpor dané vrstvy materiálu větší, než difuzní odpor stejné silné vrstvy vzduchu. Čím vyšší je jeho hodnota, tím daný materiál více brání průchodu vodní páry. Vzduch má $\mu = 1$. Materiál s $\mu = 3$ má tedy 3× horší propustnost vodní páry než vrstva vzduchu o stejné tloušťce. U cihly je μ cca 10, minerální vlna má $\mu = 1$ –2, polystyren kolem 30–100 (podle druhu více i méně), polyetylenová fólie až statisíce a IPA několik tisíc.

2.1 Přírodní tepelně izolační materiály

a] Drť z celulózy

Surovinou je odpadový papír nasycený kyselinou boritou a boraxem proti hoření a biologickému napadení. Vyrábí se v sypké podobě, ve formě pelet nebo desek zesílených jutovými vlákny. Energetická náročnost jeho výroby je poměrně nízká.

Výhodný je pro svou nízkou cenu a možnost snadné aplikace sypké celulózové drti foukáním do výplní konstrukcí. Má velmi dobré tepelné a zvukové izolační schopnosti, je difuzně propustný pro vodní páru a vlhkostně vyrovnaný – využívá se jeho nasákavosti v případě zvýšené vlhkosti podkladu (např. zdiva), aby ji mohl odevzdat okolnímu prostředí (např. proudícímu vzduchu v provětrávaných fasádách). Při použití na obvodové konstrukce musí být materiál dokonale odvětráván a chráněn před povětrnostními vlivy.



Obrázek 3 | Příklad aplikace
celulókové drtě foukáním.
Zdroj: CIUR a.s.

Celulóková drť	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,037–0,050
faktor difuzního odporu μ [–]	1–1,5
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	18
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	30

Tabulka 2 | Obecné izolační ukazatele celulókové drtě

b] Dřevovláknité desky

Surovinou je odpadový dřevěný materiál, většinou ze smrku a borovice. Drobné třísky jsou tepelně a mechanicky zpracovávány do podoby vláken, které se následně lisují do desek. Přísada kamence umožňuje uvolnění přírodních pryskyřic, které po vyschnutí činí desky pevnými bez nutnosti použití umělých příměsí. Vodovzdorné desky obsahují další hydrofobizační aditiva, jako je např. latex či vosk. Materiál je obvykle čistě přírodní a recyklovatelný.

Desky se vyrábějí v různých provedeních (měkké i tvrdé a odolné proti stlačení) a variantních tloušťkách, s povrchovou úpravou i drážkami pro vzájemné sestavování do větších celků. Mezi jejich přednosti patří kromě dobrých tepelně izolačních vlastností také malý difuzní odpor (dobrá paropropustnost), zvukově izolační schopnost, u tvrdých desek pak také mechanická pevnost a tuhost. Používají se nejvíce na konstrukce zateplení obvodových plášťů i podkroví, do podlahových skladeb a v interiérech jsou vhodnou náhradou sádkartonových desek s ohledem na jejich menší náchylnost k praskání.



Obrázek 4 | Škála vyráběných profilů
z dřevovláknitých desek.
Zdroj: INSOWOOL s.r.o.

Dřevovláknité desky	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,038–0,06
faktor difuzního odporu μ [–]	3–12 (dle tvrdosti desky)
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	19
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	32

Tabulka 3 | Obecné izolační ukazatele dřevovláknitých desek

c] Keramzit

Jedná se o sypký materiál vyrobený z jílu využívaný ve formě násypů, drenáže, přísad do malt a betonů a na výrobu tepelně izolačních keramzitbetonových tvarovek. Tepelně izolační vlastnosti nejsou příliš dobré, zato je však odolný až do 1 050 °C.



Obrázek 5 | Keramzitový granulát.
Zdroj: ENVIC, o.s.

Keramzit	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,09–0,20
faktor difuzního odporu μ [-]	2–16
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	60
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	100

Tabulka 4 | Obecné izolační ukazatele keramzitu

d] Perlit

Vyrábí se z hornin a způsob použití je obdobný jako u keramzitu. Dosahuje však lepších tepelně izolačních parametrů. Je vodou nasáklavý, proto může být použit pouze tam, kde se žádná voda (ani zkondenzovaná) nevyskytuje.



Obrázek 6 | Expandovaný perlit.
Zdroj: ENVIC, o.s.

Perlit	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,06
faktor difuzního odporu μ [-]	10
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	24
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	40

Tabulka 5 | Obecné izolační ukazatele perlitu

e) Korek

Korek je odumřelé tkanivo získané z kůry korkového dubu. Používá se ve formě desek do fasádních zateplovacích systémů či jako zatížitelná podlahová tepelná izolace. Granulát vzniklý jako recyklát korkových desek lze použít k izolaci přístaveb a stropů, případně jako výplňovou izolaci dveří. Korek má také zvukově izolační schopnosti, odolává vlhkosti a akumuluje teplo.



Obrázek 7 | Tepelně izolační korkové desky. Zdroj: Korek Jelínek, spol. s r.o.

Korek	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,06
faktor difuzního odporu μ [-]	8
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	24
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	40

Tabulka 6 | Obecné izolační ukazatele korku

f) Další přírodní materiály a speciální tepelné izolace

Především v pasivních domech se využívají další materiály, jako je např. len, ovčí vlna či konopí. Jejich nespornou výhodou je téměř nulová ekologická zátěž životního prostředí při jejich výrobě, možnost ekologické likvidace, dobré tepelné izolační vlastnosti a nízký faktor difuzního odporu. Tyto vlastnosti je přímo předurčují k používání v pasivních domech formou lisovaných desek či jako výplňové izolace stropů, střech, podlah nebo provětrávaných fasád. Nevýhodou je v některých případech vyšší cena a nižší životnost.

Mezi speciální tepelné izolace můžeme zařadit například **vakuové izolační panely (VIP)**, u kterých je izolační materiál zabalen do vzduchotěsné obálky, ze které je odčerpán vzduch. Tyto panely se vyrábějí v tloušťce od 2 do 8 cm a dosahují součinitele tepelné vodivosti kolem 0,004–0,008 W/(m·K). Cena je v současnosti bohužel stále vysoká, a tak se VIP uplatňují spíše při řešení tepelných mostů komplikovaných konstrukčních detailů, kde je vyžadováno zateplení místa izolací malé tloušťky. V poslední době se také stále více hovoří o možnosti „zateplení“ stěny z interiéru pomocí **termoizolační stěrky**. Ta funguje na principu odrazu tepla zpět do místnosti díky svým přísadám a při jejím použití se zlepšuje vnitřní tepelná pohoda. Nanáší se v tloušťce 0,5–1 mm stěrkou, válečkem, nástřikem či štětkou na interiérové plochy. Tepelná vodivost těchto stěrky se pohybuje kolem 0,02 W/(m·K) při zachování dobré paropropustnosti (difuzní odpor 30). Tímto materiálem obvykle není možné plně nahradit vnější zateplovací systém, je ale možné ho využít jako doplňkové opatření při řešení míst, kde je venkovní izolace vyloučena či k zvýšení povrchové teploty stěny a eliminaci rizikových míst, kde může vlivem kondenzace vlhkosti dojít k tvorbě plísní.

2.2 Umělé tepelně izolační materiály

a) Minerální vlna

Společně s pěnovým polystyrenem tvoří nejčastěji používaný izolační materiál. Vyrábí se z hornin tavením na velmi slabá vlákna a finální produkt je ve formě měkkých, polotvrdých i tvrdých desek, které mohou mít povrchovou úpravu (např. potažené fólií). Lze ji použít i na výrobu různých tvarovek. Z velké variabilnosti provedení plyne i její široké uplatnění, jen je vždy třeba dávat pozor na to, jaký konkrétní druh (a s jakou úpravou) kupujeme – s ohledem na účel použití.

Využívá se především na izolace střech a stěn. Bez izolační úpravy není minerální vlna doporučována v místech, kde by mohly ulétávat částice do ovzduší. Při izolaci stěn je potřeba brát v úvahu působení vlastní váhy, která může vlnu stlačovat. Proto je nutné vhodně navrhnout nosnou konstrukci (např. kotvením či nosným roštem).

Minerální vlna je velmi dobrý tepelný izolant, odolný vůči škůdcům, difuzně propustný pro vodní páru, avšak vlhkost výrazně snižuje její tepelně izolační schopnost, a proto je třeba ji před ní chránit.



Obrázek 8 | Příklad tepelných izolací z minerální vlny: izolační pás, měkké a tuhé izolační desky.

Zdroj: Saint-Gobain Isover CZ s.r.o.

Minerální vlna	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,03–0,05
faktor difuzního odporu μ [-]	1–5
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	16
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	27

Tabulka 7 | Obecné izolační ukazatele minerální vlny

b] Pěnový polyuretan

Jedná se o nejučinnější tepelnou izolaci s vynikajícími tepelně-vlhkostními parametry. Je vyráběn v měkkém provedení (molitan) nebo jako ve stavebnictví hojně používaná tvrdá polyuretanová pěna (**PUR pěna**). Tento materiál je teplotně stálý až do 130 °C, odolný a nenasákavý. Nevýhodou je opět zátěž životního prostředí při jeho výrobě. Tvrdá PUR pěna při vystavení slunečním paprskům degraduje a drolí se.

Využití je pestré. Díky jeho odolnosti vůči vodě ho lze použít i na místech, kde kromě tepelné izolace požadujeme také funkci hydroizolace. Užívá se také všude tam, kde je vlhko a izolace není proti vlhkosti chráněna (tepelná izolace základů, suterénů, teplovodů, ...).



Obrázek 9 | Pěnový polyuretan – tepelně izolační desky, tepelná izolace rámu okna.

Zdroj: Bayer MaterialScience AG, ENVIC, o.s.

Pěnový polyuretan (PUR)	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,02–0,035
faktor difuzního odporu μ [-]	30–100
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	12
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	20

Tabulka 8 | Obecné izolační ukazatele pěnového polyuretanu

c] Pěnový (expandovaný) polystyren (EPS)

Tento, u nás nejvíce používaný tepelně izolační materiál vyráběný z ropy je cenově dostupný, odolný vůči škůdcům a hnilobě, avšak poměrně parotěsný, s horší zvukově izolační schopností a jeho výroba je značně energeticky náročná.

Při práci s ním je třeba si dát pozor na organická rozpouštědla, která jej mohou rozpustit. Také teplota, jaké je vystaven, hraje roli. Ta by neměla překročit hodnotu udávanou výrobcem (zpravidla kolem 85 °C), raději však zatěžujte EPS maximální teplotou kolem 70 °C. Z tohoto důvodu se nedoporučuje jeho použití na zateplování parapetů či hodně tmavých fasád vystavených ve větší míře slunečním paprskům.



Obrázek 10 | Tuhé desky z pěnového polystyrenu. Zdroj: ENVIC, o.s.

Pěnový polystyren (EPS)	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,035–0,045
faktor difuzního odporu μ [–]	30–100
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	16
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	27

Tabulka 9 | Obecné izolační ukazatele pěnového polystyrenu

d] Extrudovaný polystyren (XPS)

Oproti pěnovému polystyrenu má lepší mechanické vlastnosti, je nenasákavý a má znatelně nižší tepelnou vodivost. Nevýhodou je jeho cena, malá odolnost vůči vyšším teplotám (obdobně jako u EPS) a organickým rozpouštědlům, proto se často nahrazuje pěnovým polyuretanem, který má lepší fyzikální vlastnosti. Od EPS se pozná tak, že se při rozlomení nedrolí na jednotlivé kuličky. Užívá se k izolaci trvale vlhkých míst, základů, podlah, soklů v pásnu s ostřikem dešťové vody, okenního ostění, balkónů apod.



Obrázek 11 | Extrudovaný polystyren. Zdroj: Saint-Gobain Isover CZ s.r.o.

Extrudovaný polystyren (XPS)	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,030–0,038
faktor difuzního odporu μ [–]	100–200
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	13
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	22

Tabulka 10 | Obecné izolační ukazatele extrudovaného polystyrenu

e] Perforovaný polystyren

Jedná se o speciální druh polystyrenu, který v sobě spojuje cenovou dostupnost a tepelně izolační parametry klasického polystyrenu, ale s nízkým difuzním odporem pro vodní páru. Tento paropropustný polystyren „s otvory“ omezuje riziko kondenzace vzdušné vlhkosti a podporuje rychlejší vysychání zdiva. Speciálním druhem je tzv. „šedý“ polystyren, který obsahuje grafit a má mimořádně dobré tepelně izolační vlastnosti.



Obrázek 12 | Perforovaný polystyren s grafitem. Zdroj: ENVIC, o.s.

Perforovaný polystyren	
součinitel tepelné vodivosti λ [W/(m·K)]	0,031–0,040
faktor difuzního odporu μ [-]	≤ 10
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,25$	14
orientační tloušťka v cm pro dosažení $U = 0,15$	23

Tabulka 11 | Obecné izolační ukazatele perforovaného polystyrenu

2.3 Hydroizolace

Hydroizolační ochranné vrstvy zamezují přístupu vody a vodní páry do stavby. Je evidentní, že stavba musí zůstat „v suchu“. Proto je třeba se problematikou hydroizolací zabývat již v rámci přípravy rekonstrukce. Pečlivé navržení a kvalitní provedení hydroizolace je vhodné svěřit do rukou specializované firmy. Řešení „na koleně“ by se vám nemuselo vyplatit – ať už z hygienického hlediska, tak i s ohledem na životnost stavby a nákladnost sanací a oprav případných škod.

Izolace proti vlhkosti můžeme stručně rozdělit na zemní hydroizolace a izolace střech a stěn.

Zemní hydroizolace slouží k zamezení prostupu zemní vlhkosti a působení tlakové a stékající vody. Současně může mít i protiradonový izolační efekt. U jejího provedení je velice důležité dodržení technologické kázně a pracovních postupů, jelikož její dodatečné úpravy a změny již nejsou v naprosté většině případů možné. Většina těchto hydroizolací je asfaltového či dehtového původu, případně jsou provedené z plastů, pryže, kovu či z jílových hmot nebo skla. Podle materiálu se následně rozlišuje i způsob aplikace – od pokládky za studena, přes lepení, natavování, svařování, až po mechanické připevňování, stříkání či natírání. U každého způsobu aplikace však hydroizolace musí tvořit stejnorodou a na sebe funkčně navazující vrstvu.

Nejširší uplatnění mají dnes vodotěsné izolace na bázi asfaltů. Jejich použití známe ve formě penetračních či klasických nátěrů, asfaltových stěrek či pásů, které disponují vysokou pevností a pružností podobnou jako u izolačních fólií. Při jejich aplikaci je třeba se vyvarovat možného mechanického narušení (propíchnutí, ořez apod.), jelikož jsou náchylné na degradaci hnilobou.

Poměrně nové materiály na zemní hydroizolace jsou fólie z měkčeného PVC. Je možné je nanášet na vlhký povrch i při nízkých teplotách a jejich výhodou je také větší odolnost proti namáhání. Ve výčtu nelze opomenout ani stěrkové izolace z tekutých či pastových materiálů, které se nanášejí natíráním, stříkáním či stěrkováním. Používány jsou především k zlepšení vodotěsnosti (např. betonu), ale nezvyšují pevnost podkladu. Tímto způsobem lze izolovat i těžko přístupná a nerovná místa.

Při rekonstrukcích domů provádíme dodatečné vodorovné hydroizolace obvodových stěn obvykle těmito metodami:

- Vysekání spáry ve zdivu, do které uložíme hydroizolační pás.
- Podřezání zdiva a uložení hydroizolačních pásů do vytvořené spáry.
- Zarážení nerezových plechů do vodorovné spáry v cihelném zdivu.
- Injektáž tekutého hydroizolačního materiálu vyvrtanými otvory.
- Elektrofyzikální metoda – umístění elektrod v dolní a horní části zdiva (proud mezi elektrodami omezuje kapilární vztlínání vody).

Dále se jedná o hydroizolace proti bočním zdrojům vlhkosti – obložení základů novou fólií v kombinaci s drenáží. Je vhodné volit fólie s větší výškou nopů a kvalitně fólie spojovat (svařováním nebo lepením).

V rámci řešení odvlhčení domu se mohou navrhnout další speciální opatření – vzduchové dutiny a soustavy vzduchových dutin obvykle s odvětráváním.

Zejména v lehkých střešních konstrukcích a stěnách dřevostaveb je nutná **izolace proti vzdušné vlhkosti**. Pro lepší porozumění problematice si je třeba ujasnit terminologii izolačních prostředků, nejčastěji různých typů fólií. **Parozábrana** (paronepropustná fólie, hliníkové fólie, asfaltové pásy) nebo **parobrzd** (OSB desky, impregnovaný papír) se umísťuje na interiérové straně konstrukce a jejím účelem je zabránit nebo omezit difuzi vodní páry z interiéru do tepelné izolace (viz též vysvětlení v kapitole 3). Faktor difuzního odporu je v případě parozábran větší jak 50 000 (často v řádech stovek tisíc), pokud je faktor difuzního odporu nižší, hovoříme o parobrzdách.

U nízkoenergetických a pasivních domů parozábrany nebo parobrzd často plní též funkci vzduchotěsnící vrstvy, která je důležitá při použití řízeného větrání se zpětným získáváním tepla.

Novým trendem jsou fólie, které mají proměnlivou paropropustnost. Faktor difuzního odporu se mění podle okolní vlhkosti a fólie jsou tak pro vodní páru propustnější v létě, kdy umožňují vysychání. Naopak v zimě se jejich difuzní odpor zvýší a poskytují tak ochranu proti pronikání vzdušné vlhkosti do tepelné izolace.

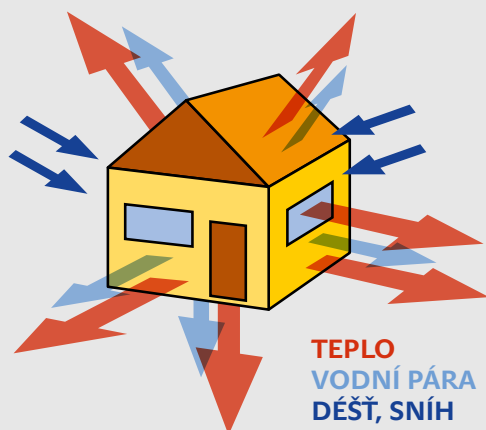
Z druhé (studené) strany tepelné izolace se většinou umísťují **pojistné hydroizolace** (difuzní střešní fólie, difuzně propustné dřevovláknité desky). Ty jsou nepropustné pro vodu a sníh, avšak umožňují propustit případnou vlhkost nacházející se v tepelné izolaci směrem ven. Faktor difuzního odporu u difuzních pojistných hydroizolací je obvykle kolem několika jednotek až desítek.

3. Rekonstrukce

Před realizací zateplení je potřeba budovu komplexně prozkoumat. Je vhodné nechat si vypracovat energetické hodnocení stávajících obvodových konstrukcí a revizi stavu svislých a vodorovných konstrukcí, krovů a otvorových výplní (dveře a okna). Dodatečné zateplení musí být řešeno systémově a s ohledem nejen na tepelnou izolaci, ale také na statiku a z hlediska vlhkosti. S ohledem na uvedené je potřeba nepodceňovat projektové přípravy úprav. Kromě řešení podkladového materiálu, vhodného izolačního systému a statiky kotvení je potřeba věnovat pozornost také výpočtu prostupu tepla se zohledněním vlivu tepelných mostů, kondenzaci vlhkosti v konstrukci, povrchové teplotě v kritických místech stavby a samozřejmě požárnímu hodnocení stavby po provedené rekonstrukci. Realizační firma by pak měla projektové předpoklady uvést do reality. Mnohdy tomu tak však nebývá, a je proto nutné při výběru dodavatele hledět nejen na cenu provedených prací, ale také na záruky dodržení technologických postupů, využívání certifikovaných zateplovacích systémů a záruk nenavyšování účtované ceny během výstavby.

V předchozím textu jsme se zabývali **vlhkostí**. K tomuto tématu je potřeba doplnit několik základních informací. V zimě se teplo z interiéru domu snaží uniknout přes všechny části domu do exteriéru, kde je chladno (červené šipky na **obrázku 13**). Proti unikání tepla se používají různé materiály souhrnně nazývané tepelné izolace. Zároveň se vodní pára obsažená ve vzduchu v interiéru (jejími hlavními zdroji jsou: vaření, sušení prádla, dýchání, květiny) snaží proniknout do exteriéru (světle modré šipky na **obrázku 13**). Vodní pára prochází přes stěny, střechu apod. – říkáme tedy, že vodní pára difunduje. Proti pronikání (difuzi) vodní páry do některých konstrukcí (např. střechy, stěny dřevostaveb) umísťujeme ze strany interiéru parozábrany nebo parobrzd. Průnik vodní páry do konstrukcí se musí takto omezit, protože jinak v nich pára může zkondenzovat na vodu a následně způsobit tvorbu plísní a degradaci materiálů.

V opačném směru – ze strany exteriéru – se snaží proniknout do konstrukce voda z atmosférických srážek (déšť, sníh – tmavě modré šipky na **obrázku 13**). Proti působení této vody se do některých konstrukcí (např. střechy, stěny dřevostaveb) umísťují pojistné hydroizolace. Ty mají za úkol zamezit pronikání vody z exteriéru, ale musí propustit vodní páru, která prochází z interiéru, jak bylo popsáno výše.



Obrázek 13 | Tepelné a vlhkostní vlivy na dům

Dalším zmiňovaným termínem byl tzv. **tepelný most (resp. tepelná vazba)**. Představme si stěnu, která má v interiéru na povrchu určitou konstantní teplotu a na straně exteriéru nižší teplotu. Abychom teplo v interiéru uchovali, je stěna zateplena. Zateplení je realizováno zateplovacím systémem, který musí být nějakým způsobem ukotven ke stěně. Pokud kotvicí systém nebude dostatečně zaizolovaný a bude z materiálu tepelně vodivějšího než samotná izolace, vytvoří nám malé místo, skrz které bude teplo z interiéru intenzivněji vedeno směrem do exteriéru. Důsledkem bude na straně interiéru nižší povrchová teplota v místě tepelného mostu. S **tepelnou vazbou** se nejčastěji setkáváme při nedodržení technologických postupů u styku vodorovné konstrukce se svislou či u nadokenních překladů, tepelné mosty pak tvoří nejčastěji neizolované krokové trámy či již zmiňované kotvicí prvky.

Přítomnost tepelných mostů lze ověřit pomocí termovizního snímkování, případně s použitím vhodně zvoleného infračerveného teploměru. Ačkoliv únik tepla tepelným mostem nemusí být v celkové energetické bilanci zásadní, rozhodujícím negativním vlivem je lokální snížení povrchové teploty v tomto místě pod teplotu rosného bodu – neboli pod teplotu, kdy se začne vodní pára srážet (kondenzovat). Pokud se sráží na povrchu interiérové stěny, vytváří prostředí pro tvorbu plísní, a tedy vážné zdravotní riziko, pokud se sráží ve zdicím či dřevěném materiálu, může mít destruktivní vliv (snižuje pevnost a životnost, zvyšuje tepelnou vodivost), a jestliže vlhkost kondenzuje v některých izolačních materiálech (např. minerální vlna), zhorší se jejich izolační schopnosti a sníží životnost.

Podobné problémy nastávají i při průchodu vodní páry obvodovou stěnou, pokud pára narazí na materiál, který má vysoký difuzní odpor (v případě, že množství zkondenzované vlhkosti ve stavebním materiálu je větší, než množství vlhkosti vypařené). Pro modelování kondenzačních zón ve stavebních konstrukcích je dostupná celá řada softwarových produktů, které důslednější projektanti využívají a při svých návrzích skladeb stěn a střech problematiku kondenzace vzdušné vlhkosti neberou na lehkou váhu. Vzorová řešení v této publikaci již analýzu kondenzačních zón obsahují a jsou navržena tak, aby vlhkost nekondenzovala ve stavebním materiálu, případně ani v oblasti navržené izolace, pokud by na ní mohla mít vlhkost negativní vliv.

3.1 Obvodové stěny

Zateplování obvodových svislých konstrukcí lze realizovat dvěma základními způsoby. Buď takzvaným vnějším kontaktním zateplovacím systémem (ETICS – external thermal insulation composite systems), nebo prostřednictvím odvětrávané fasády.

U **kontaktního systému** je tepelná izolace nalepena pomocí akrylátových, silikonových či silikátových tmelů na povrch zateplované konstrukce a případně ukotvena kotevními talířovými hmoždinkami. Dále je tepelná izolace překryta armovací stěrkou vyztuženou skelnou sítí na kterou se nanáší obvykle tenkovrstvá omítka, jejíž složení se volí podle paropropustnosti (běžná venkovní, velmi kvalitní silikonová, akrylátová, difuzně propustnější silikátová, speciální sanační či ušlechtilá) a dalších vlastností (mechanická a chemická odolnost, variabilita zrnitosti apod.). Veškeré komponenty kontaktního systému musí být sladěny, a proto je nutné koupit všechny součásti v rámci jednoho zateplovacího systému či použít doporučené materiály pro danou skladbu. Nejčastějším zateplovacím materiálem používaným v ČR je fasádní pěnový polystyren či desky z minerální vlny. Ze zahraničí je pak známo používání desek z korku, různých rostlinných vláken či polyuretanu.

Řada firem i méně poučených poradců při nedoporučování polystyrenu jako vhodného zateplovacího materiálu argumentuje tím, že stavba „méně dýchá“. Tento vžitý omyl je třeba přenést do reálného kontextu. Žádné zdvo neumožňuje znatelnou výměnu vzduchu, ať už je zateplené, nebo nikoliv. U zdroje tvrzení o nevhodnosti polystyrenu stál jiný problém – totiž schopnost konstrukce umožnit průchod vodní páry. Jak již bylo uvedeno v předcházející kapitole, každý zateplovací systém se vyznačuje určitým odporem k průchodu vodní páry. Zateplení obvodového zdiva je nutné provádět tak, aby vodní pára mohla procházet z konstrukce ven. U některých objektů při nevhodné volbě polystyrenu dochází k vlhnutí zdiva (zejména v případech, kdy zdivo již má zvýšenou vlhkost, např. z důvodu chybějící zemní hydroizolace). Tím jsme se dostali k hlavnímu rozdílu mezi klasickým polystyrenem a tepelnými izolacemi s nižším faktorem difuzního odporu (nejčastěji minerální vlnou, ale i dřevovláknitými deskami nebo drti z celulózy). Ve prospěch minerální vlny hovoří také její nehořlavost. U všech materiálů v kapitole 2 je faktor difuzního odporu uveden a je tedy možné jednotlivé materiály porovnat z hlediska paropropustnosti. U objektů, které mají vlhčí obvodové zdivo, je potřeba umožnit vlhkosti vypařování a zvolit tedy systém s tepelnou izolací s nízkým faktorem difuzního odporu, případně speciální druh polystyrenu (označovan též sanační, otevřený, perforovaný), který má malý difuzní odpor. Ten je také vhodnou a levnější alternativou provětrávané fasády (viz dále). ETICS má tedy v porovnání s provětrávanou fasádou horší difuzně propustné vlastnosti. Je však levnější, vyžaduje menší tloušťku při stejných tepelně izolačních vlastnostech a při jeho aplikaci dochází k menším tepelným mostům kotvicími prvky. V případě využívání pěnového polystyrenu je třeba mít na paměti, že barva venkovní omítky by neměla mít tmavší odstíny. Polystyren totiž snáší teploty zhruba do 70°C (výrobci uvádějí až 85°C). Při použití tmavé fasády exponované slunečnímu záření by tato teplota mohla být překročena.

Odvětrávané zateplení se využívá především tam, kde je potřeba zateplit vlhké stěny (např. v důsledku porušené vodorovné hydroizolace) či u staveb, kde je požadována fasáda obkládaná deskovými materiály (dřevo, kámen, sklo atp.). Tepelnou izolaci může tvořit jakýkoliv tepelně izolační materiál, který má malý difuzní odpor (nejčastěji se využívá minerální vlna, foukaná celulóza či měkké dřevovláknité desky). Podle druhu izolace se volí i kotvicí systém. Často se využívají dřevěné rošty, mezi které se instaluje izolační materiál.



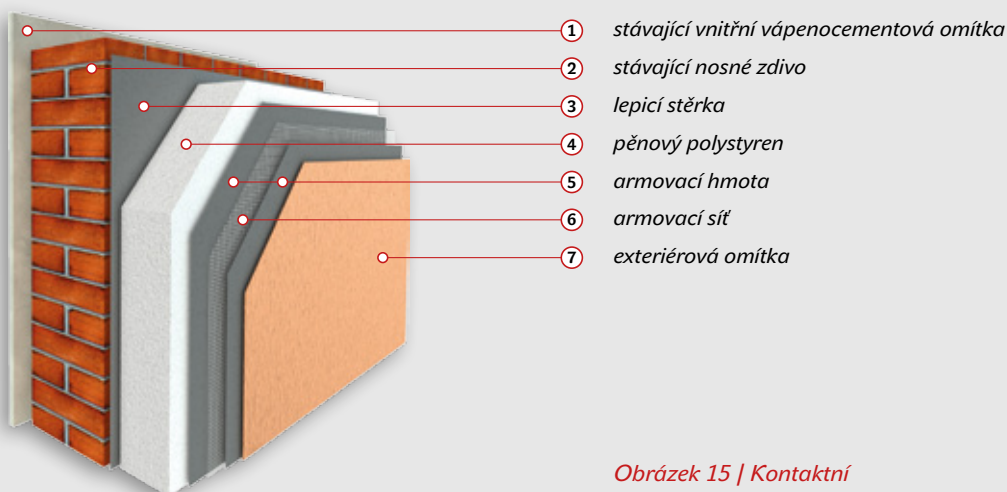
Obrázek 14 | Provětrávaná fasáda zateplená dřevovláknitými deskami nebo minerální vlnou v dřevěné nosné konstrukci, tvořené z tzv. „l“ nosníků, které omezují tepelný most tvořený nosnou konstrukcí

V případě použití celulózy jako tepelné izolace se posuv její hmoty zabezpečí ještě textilií připevněnou na latě. Kotevní systém mohou tvořit i hliníkové profily či kovové kotvy, které se využívají především u vyšších budov. Jejich hlavním nedostatkem je jejich tepelná vodivost, a tedy vytvoření tepelných mostů, které je nutno následně vhodně kompenzovat. U lisovaných tepelně izolačních materiálů, které jsou dostatečně pevné, lze upevnění provést klasickými talířovými hmoždinkami. Hlavním rozdílem v porovnání s kontaktním zateplením je, že na tepelnou izolaci nenanášíme další armovací vrstvu a omítku, ale prostřednictvím svislých latí vytvoříme vzduchovou mezeru. Na tyto latě je možné umístit jakýkoliv deskový materiál (OSB desky, lamely, sklo, plechové tabule, atp.), který může mít povrchovou úpravu pro následné nanášení klasické omítky. Tloušťka vzduchové mezery je minimálně 40 mm a je závislá na výšce objektu a velikosti horních a dolních větracích otvorů, které je nutné zakrýt mřížkou proti hmyzu a drobnému zvířectvu. Proudící vzduch v této mezeře pak umožňuje odchod difundující vodní páry z konstrukce do exteriéru.

Následující schémata by vám mohla pomoci v rozhodnutí, jakou tloušťku tepelné izolace je potřeba zvolit pro dosažení finálního součinitele prostupu tepla

(doporučeného normou ČSN 73 0540) u různých druhů stavebních materiálů. Tloušťka jednotlivých vrstev v konstrukci je označena *d*. Vliv tepelných mostů byl zohledněn přírážkou k výsledné hodnotě součinitele prostupu tepla. Jeho doporučené hodnoty dle ČSN 73 0540 naleznete v **tabulce č. 1** na začátku kapitoly 2. Upozorňujeme, že tloušťka nanášených stěrek (armovacích hmot) a exteriérové omítky musí být vždy v souladu s technologickým předpisem využívaného systému. Zde uvedené hodnoty jsou orientační! Všechny příklady stěn s provětrávanou fasádou jsou zcela bez kondenzace vody (bez rosného bodu) v konstrukci. Příklady, kde ke kondenzaci ve stěně dochází, jsou navrženy tak, že plně vyhovují platným normám z hlediska nepřekročení povoleného množství zkondenzované vody.

a] Kontaktní zateplení pěnovým polystyrenem (EPS)



Obrázek 15 | Kontaktní zateplení pěnovým polystyrenem

Pozn.: Tloušťka nanášených stěrek (armovacích hmot) a exteriérové omítky musí být vždy v souladu s technologickým předpisem využívaného systému. Zde uvedené hodnoty jsou orientační!

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]
1	vnitřní vápenocementová omítka	19	0,99	2
2	nosné zdivo	viz tabulky níže		
3	lepící stěrka	50	0,80	0,2
4	pěnový polystyren	40	0,04	viz tab. níže
5	armovací hmota	50	0,80	0,2
6	armovací síť			
7	exteriérová omítka	121	0,70	0,3

Pálená cihla plná ($\mu = 8,5$; $\lambda = 0,8$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pálená cihla plná	30	0,24
4	pěnový polystyren	16	
2	pálená cihla plná	45	0,23
4	pěnový polystyren	16	

Škvárobeton ($\mu = 6$; $\lambda = 0,54$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	škvárobeton	30	0,23
4	pěnový polystyren	16	

Cihly z nepálené hlíny ($\mu = 10$; $\lambda = 1$)			
s ohledem na možnou vlhkost zdiva tento systém zateplení nedoporučujeme.			

Děrovaná cihla ($\mu = 7$; $\lambda = 0,73$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	děrovaná cihla	37,5	0,23
4	pěnový polystyren	16	

Vylepšená děrovaná cihla ($\mu = 7$; $\lambda = 0,53$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	vylepšená děrov. cihla	29	0,23
4	pěnový polystyren	16	

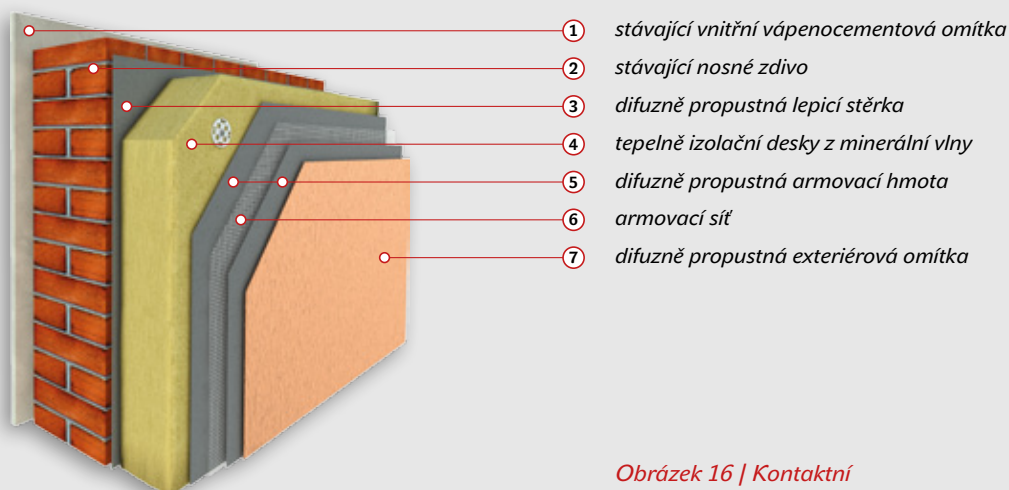
Pórobetonová tvárnice ($\mu = 9$; $\lambda = 0,24$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pórobeton	30	0,24
4	pěnový polystyren	12	
2	pórobeton	40	0,25
4	pěnový polystyren	10	

Pórobetonová tvárnice s nižší objem. hmotností ($\mu = 6$; $\lambda = 0,19$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pórobeton	30	0,25
4	pěnový polystyren	10	
2	pórobeton	40	0,23
4	pěnový polystyren	10	

Beton ze struskové pemzy ($\mu = 17$; $\lambda = 0,84$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	struskový beton	37,5	0,24
4	pěnový polystyren	16	

Smíšené zdivo z cihel a lomového kamene ($\mu = 50$; $\lambda = 1,4$)			
s ohledem na možnou vlhkost zdiva tento systém zateplení nedoporučujeme.			

Tabulka 12 | Kontaktní zateplení pěnovým polystyrenem



Obrázek 16 | Kontaktní zateplení minerální vlnou

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]
1	vnitřní vápenocementová omítka	19	0,99	2
2	nosné zdivo	viz tabulky níže		
3	difuzně propustná lepicí stěrka	18	0,80	0,5
4	tepelně izolační desky z minerální vlny	1,5	0,042	viz tab. níže
5	difuzně propustnější armovací hmota	18	0,80	0,5
6	armovací síť			
7	difuzně propustná exteriérová omítka	30	0,70	0,3

Pálená cihla plná ($\mu = 8,5$; $\lambda = 0,8$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m².K)]
2	pálená cihla plná	30	0,25
4	minerální vlna	16	
2	pálená cihla plná	45	0,24
4	minerální vlna	16	

Škvárobeton ($\mu = 6$; $\lambda = 0,54$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m².K)]
2	škvárobeton	30	0,24
4	minerální vlna	16	

Cihly z nepálené hlíny ($\mu = 10$; $\lambda = 1$)			
s ohledem na možnou vlhkost zdiva tento systém zateplení nedoporučujeme.			

Děrovaná cihla ($\mu = 7$; $\lambda = 0,73$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m².K)]
2	děrovaná cihla	37,5	0,24
4	minerální vlna	16	

Vylepšená děrovaná cihla ($\mu = 7$; $\lambda = 0,53$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m².K)]
2	vylepšená děrov. cihla	29	0,24
4	minerální vlna	16	

Pórobetonová tvárnice ($\mu = 9$; $\lambda = 0,24$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m².K)]
2	pórobeton	30	0,25
4	minerální vlna	12	
2	pórobeton	40	0,23
4	minerální vlna	12	

Pórobetonová tvárnice s nižší objem. hmotností ($\mu = 6$; $\lambda = 0,19$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m².K)]
2	pórobeton	30	0,24
4	minerální vlna	12	
2	pórobeton	40	0,23
4	minerální vlna	10	

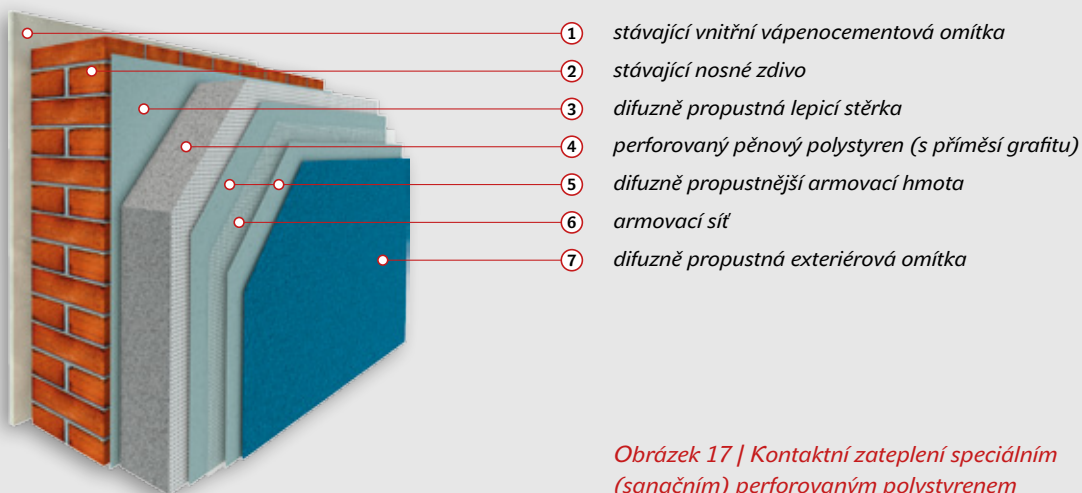
Beton ze struskové pemzy ($\mu = 17$; $\lambda = 0,84$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m².K)]
2	struskový beton	37,5	0,24
4	minerální vlna	16	

Smíšené zdivo z cihel a lomového kamene ($\mu = 50$; $\lambda = 1,4$)			
s ohledem na možnou vlhkost zdiva tento systém zateplení nedoporučujeme.			

Pozn.: Tloušťka nanášených stěrek (armovacích hmot) a exteriérové omítky musí být vždy v souladu s technologickým předpisem využívaného systému. Zde uvedené hodnoty jsou orientační!

Tabulka 13 | Kontaktní zateplení minerální vlnou

c] Kontaktní zateplení speciálním (sanačním) perforovaným polystyrenem



Obrázek 17 | Kontaktní zateplení speciálním (sanačním) perforovaným polystyrenem

Pozn.: Tloušťka nanášených sterek (armovacích hmot) a exteriérové omítky musí být vždy v souladu s technologickým předpisem využívaného systému. Zde uvedené hodnoty jsou orientační!

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]
1	vnitřní vápenocementová omítka	19	0,99	2
2	nosné zdivo	viz tabulky níže		
3	difuzně propustná lepicí stěrka	18	0,80	0,2
4	perforovaný pěnový polystyren s grafitem	10	0,031	viz tab. níže
5	difuzně propustnější armovací hmota	18	0,80	0,2
6	armovací síť			
7	difuzně propustná exteriérová omítka	20	0,70	0,3

Pálená cihla plná ($\mu = 8,5$; $\lambda = 0,8$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pálená cihla plná	30	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	
2	pálená cihla plná	45	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	

Škvárobeton ($\mu = 6$; $\lambda = 0,54$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	škvárobeton	30	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	

Cihly z nepálené hlíny ($\mu = 10$; $\lambda = 1$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	cihly z nepálené hlíny	30	0,25
4	perf. pěn. polystyren	12	
2	cihly z nepálené hlíny	45	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	

Děrovaná cihla ($\mu = 7$; $\lambda = 0,73$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	děrovaná cihla	37,5	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	

Vylepšená děrovaná cihla ($\mu = 7$; $\lambda = 0,53$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	vylepšená děrov. cihla	29	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	

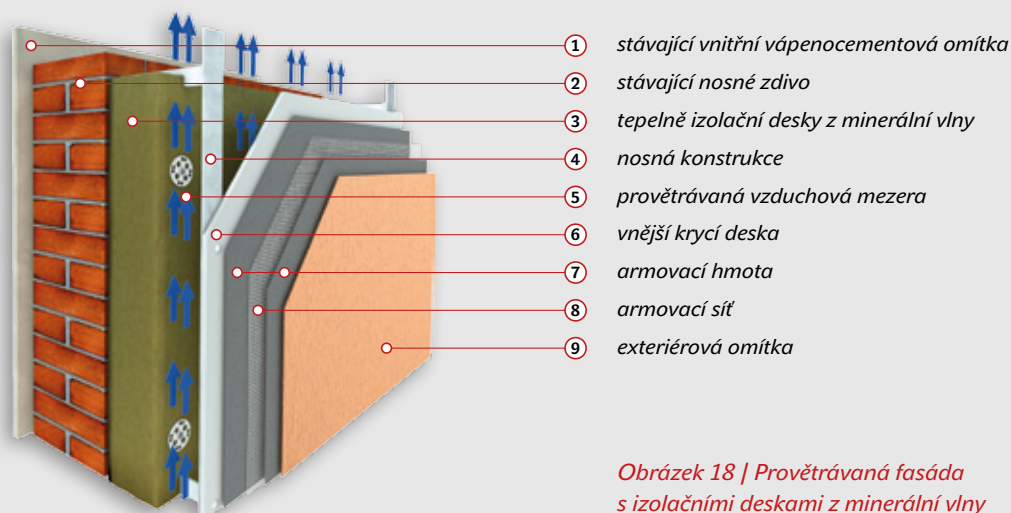
Pórobetonová tvárnice ($\mu = 9$; $\lambda = 0,24$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pórobeton	30	0,23
4	perf. pěn. polystyren	10	
2	pórobeton	40	0,24
4	perf. pěn. polystyren	8	

Pórobetonová tvárnice s nižší objem. hmotností ($\mu = 6$; $\lambda = 0,19$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pórobeton	30	0,25
4	perf. pěn. polystyren	8	
2	pórobeton	40	0,22
4	perf. pěn. polystyren	8	

Beton ze struskové pemzy ($\mu = 17$; $\lambda = 0,84$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	struskový beton	37,5	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	

Smíšené zdivo z cihel a lomového kamene ($\mu = 50$; $\lambda = 1,4$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	smíšené zdivo	60	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	
2	smíšené zdivo	75	0,24
4	perf. pěn. polystyren	12	
2	smíšené zdivo	90	0,23
4	perf. pěn. polystyren	12	

Tabulka 14 | Kontaktní zateplení speciálním (sanačním) perforovaným polystyrenem s grafitem



Obrázek 18 | Provětrávaná fasáda s izolačními deskami z minerální vlny

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]
1	vnitřní vápenocementová omítka	19	0,99	2
2	nosné zdivo	viz tabulky níže		
3	tepelně izolační desky z minerální vlny	3,5	0,039	viz tab. níže
4	nosná konstrukce (kotvy a izolované hliníkové profily, nebo dřevný rošt)			
5	provětrávaná vzduchová mezera (min. 4 cm)			
6	vnější krycí deska			
7	armovací hmota	pouze v případě použití omítky, parametry vrstev nemají na tepelně-vlhkostní vlastnosti konstrukce vliv		
8	armovací síť			
9	exteriérová omítka			

Pálená cihla plná ($\mu = 8,5$; $\lambda = 0,8$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pálená cihla plná	30	0,24
4	minerální vlna	18	
2	pálená cihla plná	45	0,24
4	minerální vlna	18	

Škvárobeton ($\mu = 6$; $\lambda = 0,54$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	škvárobeton	30	0,24
4	minerální vlna	18	

Cihly z nepálené hlíny ($\mu = 10$; $\lambda = 1$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	cihly z nepálené hlíny	30	0,25
4	minerální vlna	18	
2	cihly z nepálené hlíny	45	0,24
4	minerální vlna	18	

Děrovaná cihla ($\mu = 7$; $\lambda = 0,73$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	děrovaná cihla	37,5	0,24
4	minerální vlna	18	

Vylepšená děrovaná cihla ($\mu = 7$; $\lambda = 0,53$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	vylepšená děrov. cihla	29	0,24
4	minerální vlna	18	

Pórobetonová tvárnice ($\mu = 9$; $\lambda = 0,24$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pórobeton	30	0,25
4	minerální vlna	14	
2	pórobeton	40	0,25
4	minerální vlna	12	

Pórobetonová tvárnice s nižší objem. hmotností ($\mu = 6$; $\lambda = 0,19$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	pórobeton	30	0,24
4	minerální vlna	14	
2	pórobeton	40	0,24
4	minerální vlna	12	

Beton ze struskové pemzy ($\mu = 17$; $\lambda = 0,84$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	struskový beton	37,5	0,24
4	minerální vlna	18	

Smíšené zdivo z cihel a lomového kamene ($\mu = 50$; $\lambda = 1,4$)			
č.	název	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	smíšené zdivo	60	0,24
4	minerální vlna	18	
2	smíšené zdivo	75	0,24
4	minerální vlna	18	
2	smíšené zdivo	90	0,25
4	minerální vlna	16	

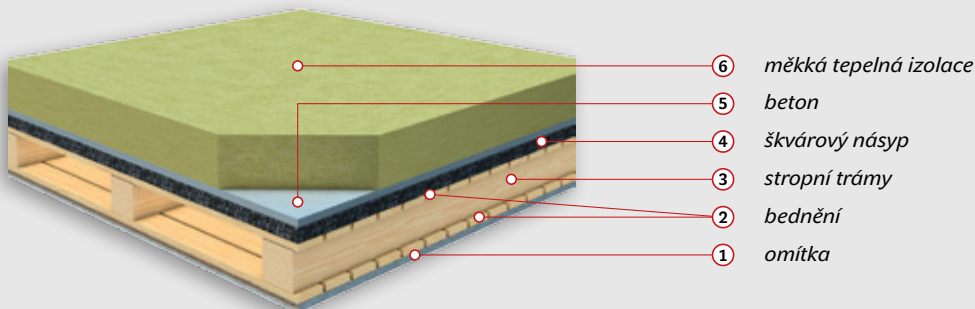
Pozn.: Tloušťka nanášených střešek (armovacích hmot) a exteriérové omítky musí být vždy v souladu s technologickým předpisem využívaného systému. Zde uvedené hodnoty jsou orientační!

Tabulka 15 | Provětrávaná fasáda s izolačními deskami z minerální vlny

3.2 Stropy

V rámci zateplování stropů zde popíšeme nejběžnější případ, kterým je zateplení stropu obytné místnosti pod nevytápěnou půdou (strop nevyššího obytného podlaží). K rekonstrukci zde přistupujeme vždy ze strany nevytápěného prostoru, jedná se tedy vlastně o zateplení podlahy půdy. S trochou nadšázky se dá říci, že v případě nouze je možné jednoduše na podlahu půdy nanést co nejsilnější vrstvu jakéhokoliv izolačního materiálu s co nejnižším faktorem difuzního odporu pro vodní páru (celulóza, dřevotřísková deska, minerální vlna, dřevovláknité desky ale i seno, či sláma). Při nepochozí úpravě volíme tloušťku tepelné izolace co největší, zpravidla alespoň 20 cm.

a) Tepelná izolace na podlaze půdy bez pochozí úpravy



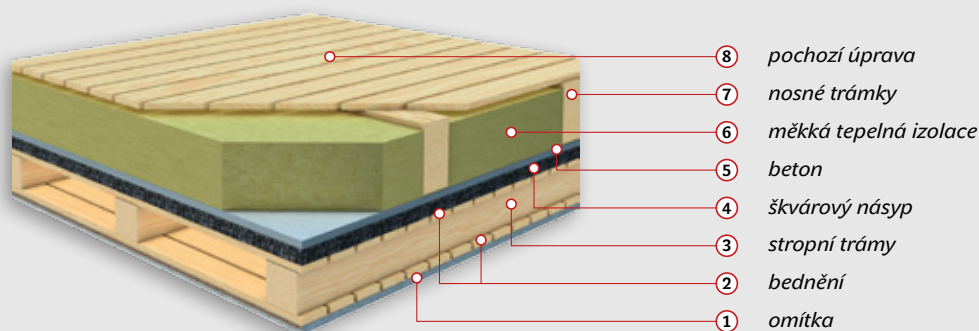
Obrázek 19 | Tepelná izolace na podlaze půdy – bez pochozí úpravy

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
stáv. konstrukce	1 vnitřní vápenná omítka	6	0,870	3	0,20
	2 dřevěné bednění	50	0,220	2	
	3 stropní trámy	50	0,220	15	
	2 dřevěné bednění	50	0,220	2	
	4 škvárový násyp	3	0,270	5	
	5 beton	17	1,230	3	
6	tepelná izolace – měkká minerální vlna	2	0,041	20	

Tabulka 16 | Tepelná izolace na podlaze půdy – bez pochozí úpravy

Pokud vyžadujeme podlahu půdy **pochozí** a nechceme či nemůžeme ji nijak narušovat, je možné na ní instalovat **dřevěné trámký**, mezi které budeme následně klást tepelnou izolaci (měkká minerální vlna, celulóza, měkké dřevovláknité desky, ...). Výhodou je, že nejsme omezeni výškou stropních trámů (jako v případě umístění izolace mezi trámy stropu na **obrázku 22**). Izolační vrstva se při požadavku pochozí úpravy zakryje např. prkny položenými na dřevěných trámcích, mezi kterými je vhodné nechat mezery pro volný průchod vodní páry. V případě, že vyžadujeme pochozí vrstvu celistvou (bez mezer), je třeba použít materiál s nízkým faktorem difuzního odporu podle výsledků výpočtu kondenzace vodní páry v konkrétní skladbě stropu. V každém případě je nutné izolaci instalovat tak, aby dobře doléhala k dřevěným trámkům a neumožňovala výskyt dodatečných tepelných mostů. Rovněž je potřeba dbát na správné utěsnění prostupujících konstrukcí (např. komíny, elektroinstalace apod.).

Tloušťku tepelné izolace volíme silnější než v předchozím případě (alespoň 25 cm, z důvodu výskytu tepelných mostů instalovanými dřevěnými trámkami).



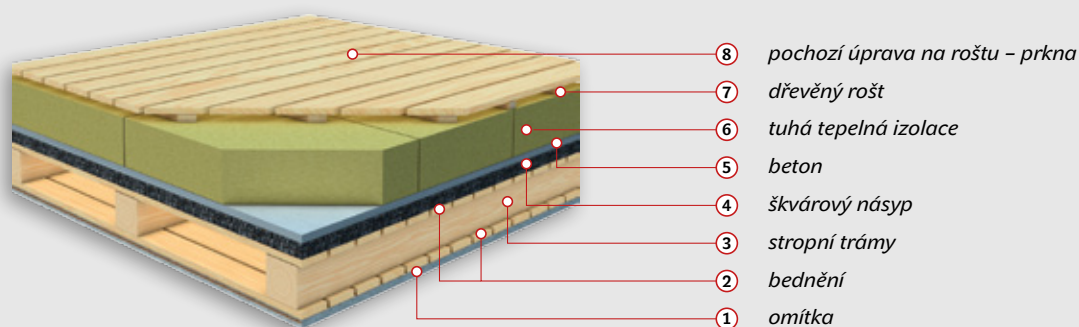
Obrázek 20 | Tepelná izolace na podlaze půdy – s pochozí úpravou

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
stáv. konstrukce	1 vnitřní vápenná omítka	6	0,870	3	0,20
	2 dřevěné bednění	50	0,220	2	
	3 stropní trámy	50	0,220	15	
	2 dřevěné bednění	50	0,220	2	
	4 škvárový násyp	3	0,270	5	
	5 beton	17	1,230	3	
6	tepelná izolace – měkká minerální vlna	2	0,041	25	

Tabulka 17 | Tepelná izolace na podlaze půdy – s pochozí úpravou

Druhou možností je položení desek z tuhé minerální vlny nebo dřevovláknitých desek na podlahu půdy a umístění **roštu s prkny** přímo na její povrch. Toto řešení je možné použít pouze pro občasné chození, aby nedocházelo k přílišnému stlačování minerální vlny dřevěným roštem.

c] Tepelná izolace na podlaze půdy s pochozí úpravou na roštu



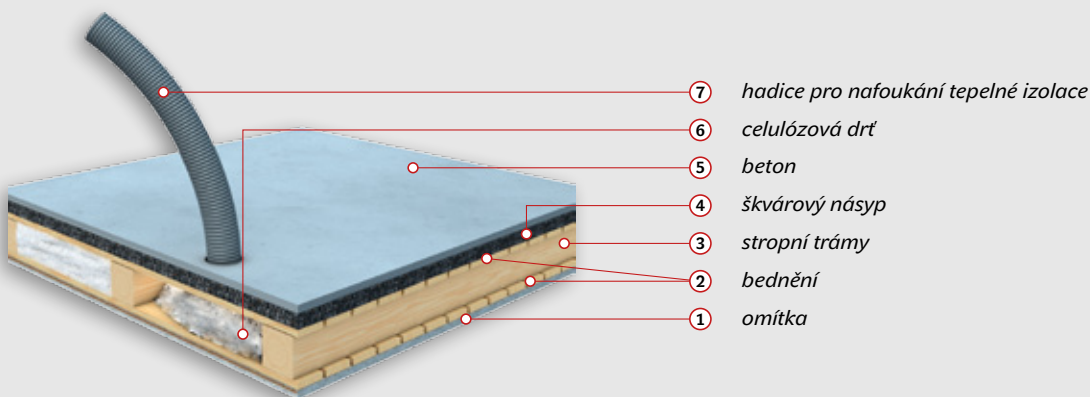
Obrázek 21 | Tepelná izolace na podlaze půdy – s pochozí úpravou na roštu

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
stáv. konstrukce	1 vnitřní vápenná omítka	6	0,870	3	0,20
	2 dřevěné bednění	50	0,220	2	
	3 stropní trámy	50	0,220	15	
	2 dřevěné bednění	50	0,220	2	
	4 škvárový násyp	3	0,270	5	
	5 beton	17	1,230	3	
6	tepelná izolace – tuhá minerální vlna	4	0,041	20	

Tabulka 18 | Tepelná izolace na podlaze půdy – s pochozí úpravou na roštu

Často prováděný a cenově výhodný způsob zateplení je použití **foukané izolace mezi nosnými trámy stropu**. Stávající pochozí vrstva (záklp) se při tomto způsobu nemusí demontovat, pouze se do mezis-
tropního prostoru vyvrtá díra, prostřednictvím které se místo vyplní celulórou či jinou foukanou izolací, která navíc může díky své impregnaci chránit dřevo. Nevýhodou těchto přístupů je, že se většinou nedosáhne doporučeného součinitele prostupu tepla $U = 0,20$, jelikož tloušťka tepelné izolace je limitována výškou nosných trámů. Dále v případě tohoto systému často dochází ke kondenzaci vodní páry v konstrukci – toto řešení je proto možné použít pouze v případě, že jiné řešení je z technických důvodů neproveditelné. Provedení výpočtu bilance vodní páry v konkrétní skladbě stropu je zde nutností. Určitou výhodou je naopak impregnace celulózy, která původním trámům poskytuje ochranu proti hmyzu. Celulóza také může zajistit redistribuci vlhkosti obsažené ve dřevě.

d] Tepelná izolace z celulózy, případně dřevní drtě, strojově nafoukaná mezi trámy stropu



Obrázek 22 | Tepelná izolace z celulózy, případně dřevní drtě, strojově nafoukaná (vytvořenými otvory v podlaze) mezi trámy stropu

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
stáv. konstrukce	1 vnitřní vápenná omítka	6	0,870	3	0,27
	2 dřevěné bednění	50	0,220	2	
	3 stropní trámy	50	0,220	15	
	2 dřevěné bednění	50	0,220	2	
	4 škvárový násyp	3	0,270	5	
	5 beton	17	1,230	3	
6	tepelná izolace – foukaná celulózová drť	1,1	0,037	15	

Tabulka 19 | Tepelná izolace na podlaze půdy – s pochozí úpravou

Izolace stropu z vnitřní strany není doporučována s ohledem na možnost kondenzace vodní páry v konstrukci studeného stropu. Jestliže jiná varianta neexistuje, vždy volíme spíše tenčí vrstvu izolace s vysokým difúzním odporem, případně izolaci doplněnou o parotěsnou zábranu.

3.3 Podlahy

Rekonstrukce podlah bývá obvykle velice složitá. Zvyšování podlahy o tloušťku potřebné izolace větší není možné s ohledem na výšku dveří, stropů a dalších konstrukcí. Pokud se jedná o podlahu místnosti, která se nalézá nad nevytápěným prostorem (např. sklep), je možné zateplení provést zespodu na stropě tohoto sklepa upevněním kontaktního zateplovacího systému.



Obrázek 23 | Schéma tepelné izolace podlahy obytné části domu zateplením stropu sklepa

č.		název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
nová konstruk.	1	betonová podlaha	17	1,23	15	0,37
	2	lepicí stěrka	50	0,8	0,2	
	3	pěnový polystyren	40	0,04	10	
	4	armovací hmota	50	0,80	0,2	
	5	armovací síť				
	6	vápenocementová omítka	19	0,99	0,5	

Tabulka 20 | Tepelná izolace podlahy obytné části domu zateplením stropu sklepa

Subjektivní pocit tepla navodíme též novou podlahovou krytinou, která bude vykazovat nižší tepelnou jímavost (při doteku se bude zdát teplejší – např. dřevěná či opatřená kobercem).

Komplexní rekonstrukce podlahy na rostlém terénu je možná odstraněním celé původní skladby do potřebné hloubky a její nahrazení novou podlahou s tepelnou izolací, jejíž skladba je závislá na konkrétním případě, zejména na výskytu vlhkosti.

3.4 Střechy

Tepelná izolace střešů je velmi důležitá, a to z několika zásadních důvodů. Všichni známe onen obrázek, kdy střešou uniká nejvíce tepla do exteriéru. Ačkoliv se jedná o klasickou obálkovou konstrukci budovy, je třeba poznamenat, že jelikož směřuje směrem vzhůru k nebi, je zatížena velkým radiačním ochlazováním, a tedy únikem tepla, které se od oblohy neodráží a volně uniká do prostoru. Naopak při teplém letním počasí u střešů bez tepelné izolace dochází k přehřívání interiéru vlivem ohřevu střešů od slunečních paprsků. I zde má tedy dodatečná tepelná izolace svůj význam. U rekonstrukcí střešů je nutné důsledně dbát na kvalitní provedení detailů. Systémový přístup a dodržení technologických postupů zde tedy důrazně platí obdobně jako u obvodových stěn.

a] Šikmé střechy

Při zateplování lehkých šikmých střešů s dřevěným krovem je důležité věnovat pozornost tepelně izolačním vlastnostem, a hlavně vlhkostním parametrům, na které jsou nosné konstrukce krovu i tepelná izolace citlivé. Podle přístupu lze tyto rekonstrukce rozdělit na instalace tepelné izolace z vnější strany a ze strany interiéru. V případě postupu z vnější strany nezasahujeme do povrchové úpravy interiéru a zateplení lze spojit s rekonstrukcí střešní krytiny. Zateplení „zevnitř“ je často náročnější (například z důvodu většího zásahu do stávajících instalací) a má své limity, protože omezuje vnitřní prostor.

Tepelnou izolaci klademe mezi krokve, nad krokve či pod krokve. Izolaci mezi krokvemi je vhodné kombinovat s další tepelnou izolací pod nebo nad krokvemi (viz dále). Jako materiál využíváme zejména minerální vlnu, dřevovláknité desky nebo drt z celulózy. Drt z celulózy aplikovaná nafoukáním dobře zaplní i méně přístupná místa a zákoutí. Jelikož krokve jsou tepelně vodivější než samotná tepelná izolace, vytvářejí nám lineární tepelné mosty. Jejich účinky lze eliminovat další tepelnou izolací umístěnou pod krokve nebo nad krokve.

Proti pronikání vodní páry z interiéru do tepelné izolace je třeba **pod tepelnou izolaci** umístit z interiérové strany střechy celoplošnou parozábranu. Pod parozábranou je obvykle ještě umístěna tzv. instalační mezera (pro vedení elektrické instalace, přívodů vzduchu apod.), která je již zespodu uzavřena interiérovým obkladem. Instalační mezera pod parozábranou může být také vyplněna tepelnou izolací, ale její tloušťka nesmí být vyšší než cca 1/3 tloušťky hlavní tepelné izolace umístěné nad parozábranou.

Proti pronikání vody z exteriéru (déšť, sníh) je třeba **nad tepelnou izolaci** umístit z exteriérové strany pojistnou hydroizolaci, která zabrání zatékání vody, která by mohla proniknout střešní krytinou (např. při zafoukání sněhu). Nad pojistnou hydroizolaci je provětrávaná vzduchová mezera a střešní krytina.

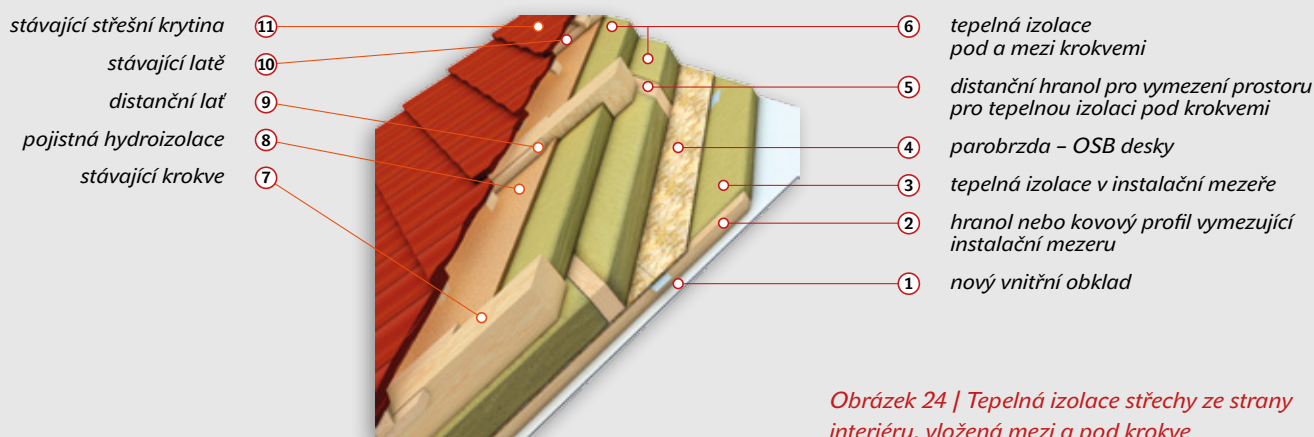
Pro instalaci další tepelné izolace **pod krokve** je třeba na spodní stranu krokví připevnit latě (kolmo na směr krokví), mezi ně vložit tepelnou izolaci a pod ni umístit parozábranu.

Pro instalaci další tepelné izolace **nad krokve** se na stávající krokve položí tepelná izolace z vyšší pevnosti v tlaku (například pevné dřevovláknité desky), nad ní je umístěna pojistná hydroizolace, provětrávaná vzduchová mezera a střešní krytina.

Další možností nadkrokevní tepelné izolace je zvýšení výšky krokví pomocí kovových distančních nosníků upevněných v místě stávajících krokví. Na nosnících jsou upevněny latě, které plní funkci „zvýšených“ krokví. Mezi nosníky je umístěna klasická měkká tepelná izolace. Pro všechny případy platí, že pod hlavní vrstvou tepelné izolace je umístěna parozábrana a nad tepelnou izolaci je umístěna pojistná hydroizolace.

Výhodou nadkrokevní izolace je i fakt, že tloušťku požadované izolace je možné volit podle skutečných potřeb, tloušťka izolace tedy není omezena rozměry konstrukcí. Nadkrokevní izolace zároveň významně snižuje ztráty tepelnými mosty v místě krokví, a tepelně izolační efekt je tedy větší. Jednotlivé varianty zateplení, včetně orientačního výpočtu součinitele prostupu tepla, jsou názorně vyobrazeny na následujících schématech. Vliv tepelných mostů byl zohledněn přírážkou k celkovému součiniteli prostupu tepla.

a1] Tepelná izolace šikmé střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve

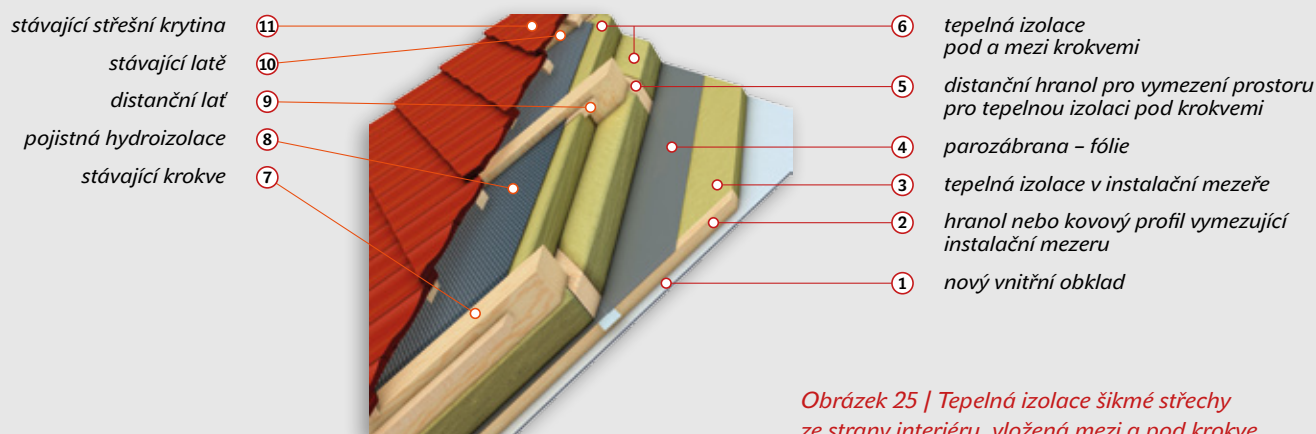


Obrázek 24 | Tepelná izolace střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve

Nový vnitřní obklad je tvořen sádkartonem nebo palubkami. Jako parobrzda slouží OSB deska, spojená na pero a drážku s přelepenými spoji těsnicí páskou. Tepelná izolace (minerální vlna, dřevovláknité desky nebo celulósová drt) je umístěna mezi a pod krokve. Ke stávajícím krokvim jsou připevněny distanční latě pro vytvoření provětrávané mezery. Z vrchní strany je skladba uzavřena pojistnou hydroizolací z hydrofobní difúzně propustné dřevovláknité desky. Nad provětrávanou mezerou je stávající laťování se střešní krytinou.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
nová konstruk.	1 nový vnitřní obklad – sádkarton	9	0,220	1,2	0,16
	3 měkká minerální vlna v instalační mezeře	2	0,037	6	
	4 parobrzda – OSB deska	200	0,130	1,2	
	6 měkká minerální vlna pod a mezi krokve	2	0,037	24	
	8 pojistná hydroizolace – dřevovláknitá deska	5	0,052	2,1	

Tabulka 21 | Tepelná izolace střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve



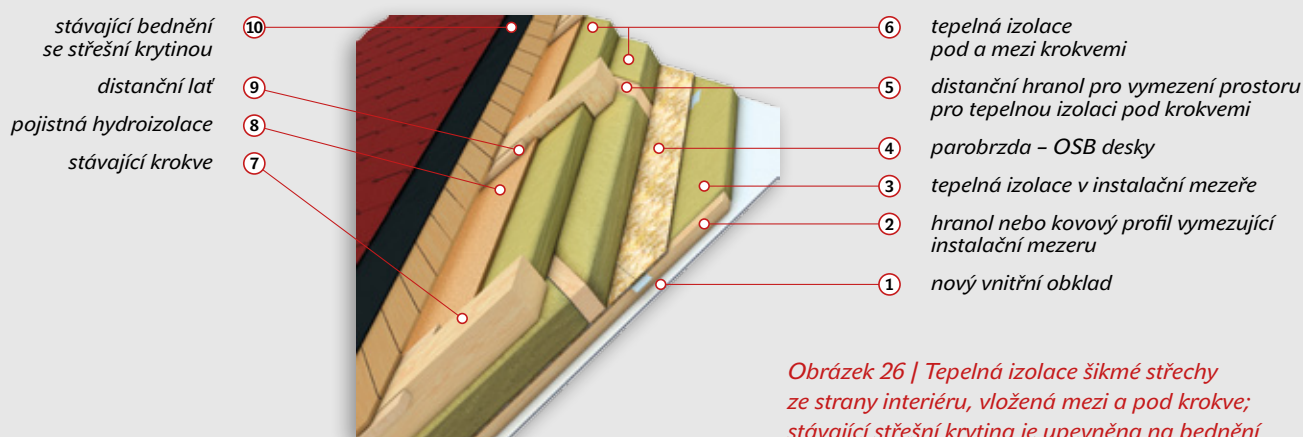
Obrázek 25 | Tepelná izolace šikmé střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve

Na rozdíl od řešení na předchozím **obrázku 24** je zde jako parozábrana použita fólie se slepenými spoji těsnicí páskou a jako pojistná hydroizolace difúzně propustná fólie.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
nová konstruk.	1 nový vnitřní obklad - sádrokarton	9	0,220	1,2	0,16
	3 měkká minerální vlna v instalační mezeře	2	0,037	6	
	4 parozábrana – fólie	26878	0,350	0,025	
	6 měkká minerální vlna pod a mezi krokvemi	2	0,037	26	
	8 pojistná hydroizolace – fólie	33	0,350	0,06	

Tabulka 22 | Tepelná izolace šikmé střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve

a3] Tepelná izolace šikmé střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve; stávající střešní krytina je upevněna na bednění



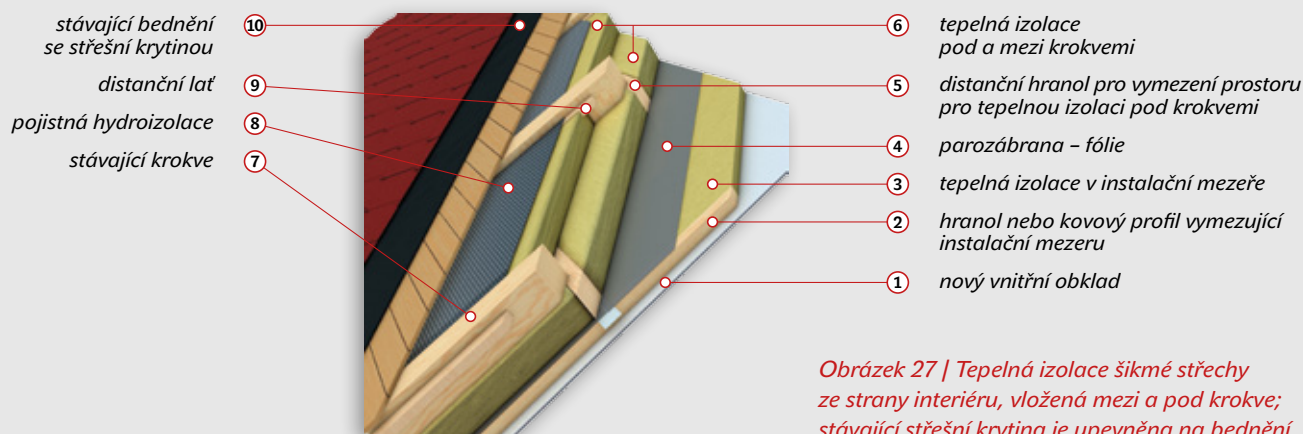
Obrázek 26 | Tepelná izolace šikmé střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve; stávající střešní krytina je upevněna na bednění

Nový vnitřní obklad je tvořen sádrokartonem nebo palubkami. Jako parozábrada slouží OSB deska, spojená na pero a drážku s přelepenými spoji těsnicí páskou. Tepelná izolace (minerální vlna, dřevovláknité desky nebo celulózová drt) je umístěna mezi a pod krokvemi. Ke stávajícím krokvím jsou připevněny vzdálené latě pro vytvoření provětrávané mezery. Z vrchní strany je skladba uzavřena pojistnou hydroizolací z hydrofobní difúzně propustné dřevovláknité desky. Nad provětrávanou mezerou je stávající bednění se střešní krytinou.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
nová konstruk.	1 nový vnitřní obklad - sádrokarton	9	0,220	1,2	0,16
	3 měkká minerální vlna v instalační mezeře	2	0,037	6	
	4 parozábrada (OSB deska)	200	0,130	1,2	
	6 měkká minerální vlna pod a mezi krokvemi	2	0,037	24	
	8 pojistná hydroizolace - dřevovláknitá deska	5	0,052	2,1	

Tabulka 23 | Tepelná izolace šikmé střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve; stávající střešní krytina je upevněna na bednění

a4] Tepelná izolace šikmé střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokve; stávající střešní krytina je upevněna na bednění

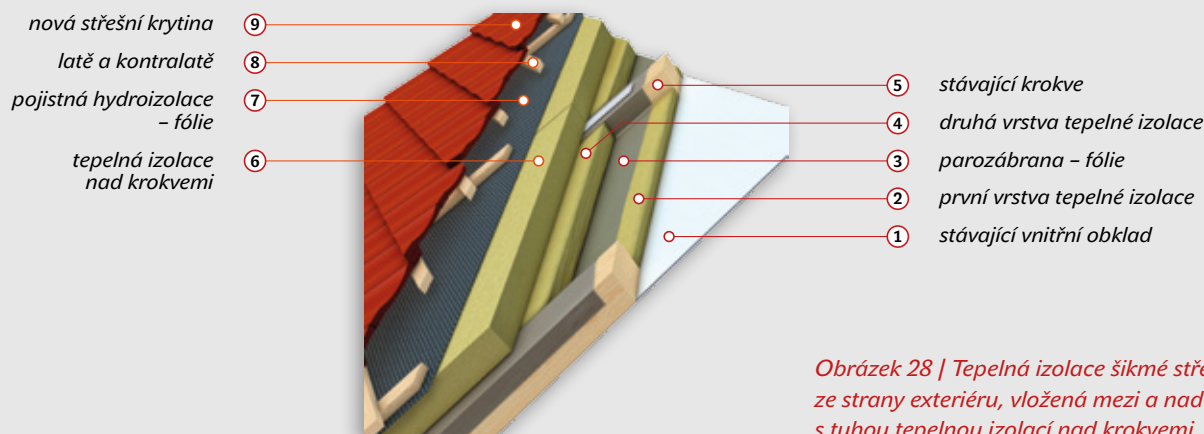


Na rozdíl od řešení na předchozím **obrázku 26** je zde jako parozábrana použita fólie se slepenými spoji těsnící páskou a jako pojistná hydroizolace difúzně propustná fólie.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
nová konstruk.	1 nový vnitřní obklad - sádkartón	9	0,220	1,2	0,16
	3 měkká minerální vlna v instalační mezeře	2	0,037	6	
	4 parozábrana - fólie	26878	0,350	0,025	
	6 měkká minerální vlna pod a mezi krokvemi	2	0,037	26	
	8 pojistná hydroizolace - fólie	33	0,350	0,06	

Tabulka 24 | Tepelná izolace šikmé střechy ze strany interiéru, vložená mezi a pod krokvemi; stávající střešní krytina je upevněna na bednění

a5] Tepelná izolace šikmé střechy ze strany exteriéru, vložená mezi a nad krokvemi; s tuhou tepelnou izolací nad krokvemi

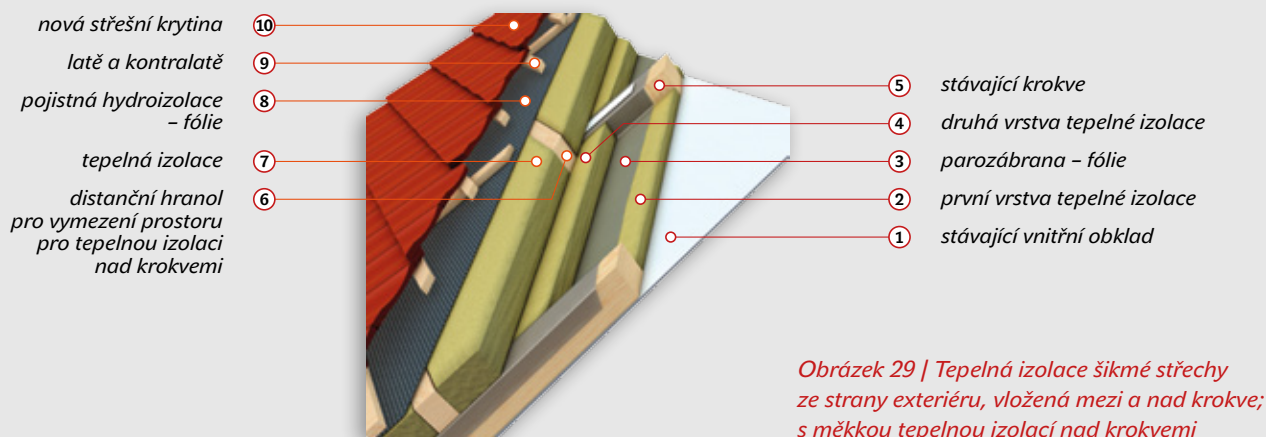


Stávající vnitřní obklad je zachován. Tepelná izolace (minerální vlna, dřevovláknité desky nebo celulózová drť) je umístěna mezi krokvemi. Jako parozábrana slouží fólie se slepenými spoji těsnící páskou. Nad krokvemi je vrstva tuhé tepelné izolace (minerální vlna, dřevovláknité desky). Na ní jsou upevněny latě a kontralatě s novou střešní krytinou.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
nová konstruk.	1 stávající vnitřní obklad - sádkartón	9	0,220	1,2	0,16
	2 měkká minerální vlna mezi krokvemi	2	0,037	6	
	3 parozábrana - fólie	26878	0,350	0,025	
	4 měkká minerální vlna mezi krokvemi	2	0,037	10	
	6 tuhá deska z minerální vlny nad krokvemi	4	0,041	20	
	7 pojistná hydroizolace - fólie	33	0,350	0,06	

Tabulka 25 | Tepelná izolace šikmé střechy ze strany exteriéru, vložená mezi a nad krokvemi; s tuhou tepelnou izolací nad krokvemi

a6] Tepelná izolace šikmé střechy ze strany exteriéru, vložená mezi a nad krokve; s měkkou tepelnou izolací nad krokvemi



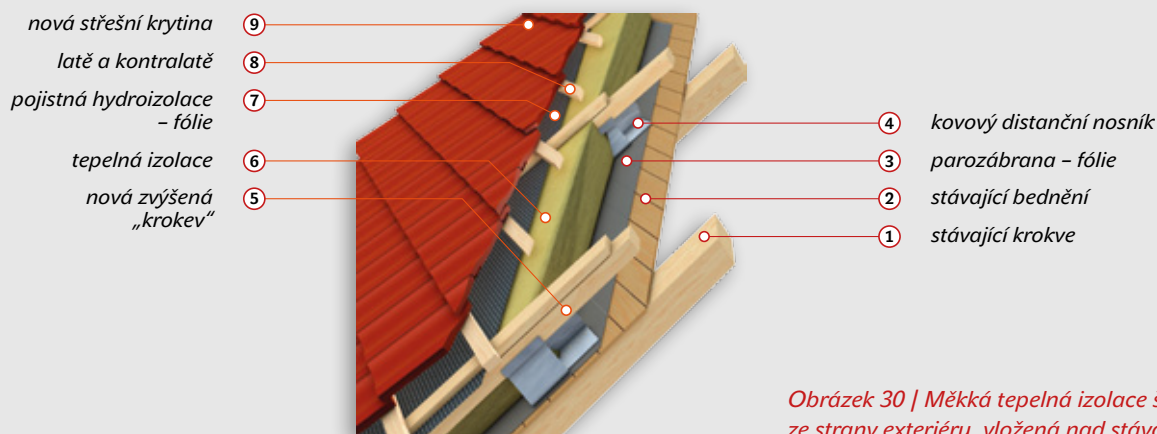
Obrázek 29 | Tepelná izolace šikmé střechy ze strany exteriéru, vložená mezi a nad krokvemi; s měkkou tepelnou izolací nad krokvemi

Na rozdíl od řešení na předchozím **obrázku 28** je zde použita měkká nadkroevní izolace (minerální vlna, dřevovláknité desky nebo celulózová drť). Prostor pro tepelnou izolaci je vymezen distančním hranolem.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
1	stávající vnitřní obklad - sádkokarton	9	0,220	1,2	0,16
2	měkká minerální vlna mezi krokvemi	2	0,037	6	
3	parozábrana - fólie	26878	0,350	0,025	
4	měkká minerální vlna mezi krokvemi	2	0,037	10	
7	měkká minerální vlna nad krokvemi	2	0,037	16	
8	pojistná hydroizolace - fólie	33	0,350	0,06	

Tabulka 26 | Tepelná izolace šikmé střechy ze strany exteriéru, vložená mezi a nad krokvemi; s měkkou tepelnou izolací nad krokvemi

a7] Měkká tepelná izolace šikmé střechy ze strany exteriéru, vložená nad stávající krokve



Obrázek 30 | Měkká tepelná izolace šikmé střechy ze strany exteriéru, vložená nad stávající krokve

Stávající vnitřní obklad je zachován. Jako parozábrana slouží fólie se slepenými spoji těsnicí páskou. Nad stávajícími krokvemi je vrstva měkké tepelné izolace (minerální vlna, dřevovláknité desky). Prostor pro ni je vymezen novými zvýšenými „krokvemi“ upevněnými na kovových distančních nosnících. Tepelná izolace je shora pokryta fóliovou pojistnou hydroizolací. Na ní jsou upevněny latě a kontralatě s novou střešní krytinou.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
2	stávající bednění	50	0,220	2	0,16
3	parozábrana - fólie	26878	0,350	0,025	
6	měkká minerální vlna	3,55	0,035	30	
7	pojistná hydroizolace - fólie	33	0,350	0,06	

Tabulka 27 | Měkká tepelná izolace šikmé střechy ze strany exteriéru, vložená nad stávající krokve

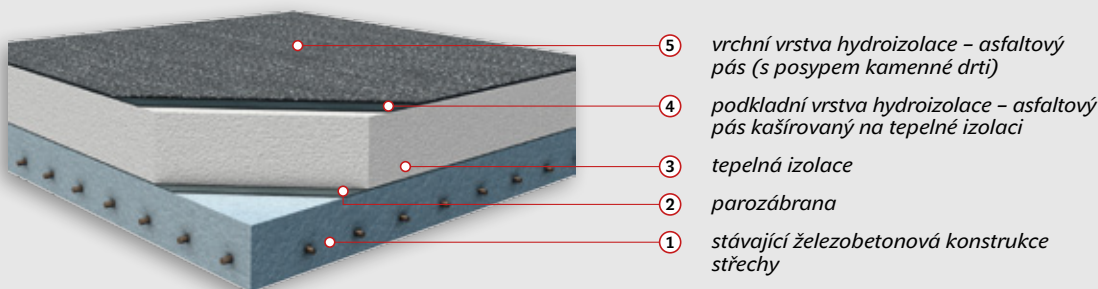
b] Ploché střechy

Nejčastěji se vyskytují dva základní druhy plochých střech – odvětrávané (dvouploškové, mají podobný princip jako provětrávané fasády) a neodvětrávané (jednoplášťové). Rekonstrukce se provádí vždy ze strany exteriéru. Nejprve je třeba zaměřit se na výměnu (či opravu) stávající hydroizolace, která po rekonstrukci obvykle převezme funkci parotěsné zábrany, na kterou se instaluje tepelná izolace, která by měla být zhruba 4× silnější než původní překrývaná tepelná izolace. Na nejsvrchnější část se následně klade nová hydroizolace. V případě kotvení izolace je třeba dbát na dostatečné upevnění (proti uvolnění poryvy větrem) a neporušení parotěsné zábrany. Vždy je třeba důsledně vyřešit spád střechy, aby srážky odtékaly do odpadu.

Jako tepelný izolant se nejčastěji používá minerální vlna v kombinaci s povlakovou fólií či pěnový polystyren s asfaltovým modifikovaným pásem. Na svrchní hydroizolaci je možné nanést vrstvu kačírku, která zároveň hydroizolaci zatíží.

U zatravněných střech je potřeba navíc položit drenážní vrstvu a vegetační vrstvu s ochranou proti prorůstání kořínků. Dalšími variantami rekonstrukcí je tzv. **systém obrácené střechy** (kdy je vodě odolná tepelná izolace umístěna nad hydroizolací). Jedná se například o nástřik pěnového polyuretanu na opravenou hydroizolaci nebo kladení desek z extrudovaného polystyrenu přímo na stávající hydroizolační vrstvu. Povrch extrudovaného polystyrenu se pak ještě opatřuje ochrannou textilií a zatížením.

b1] Tepelná izolace železobetonové střechy z polystyrenu, nová hydroizolace je nad tepenou izolací

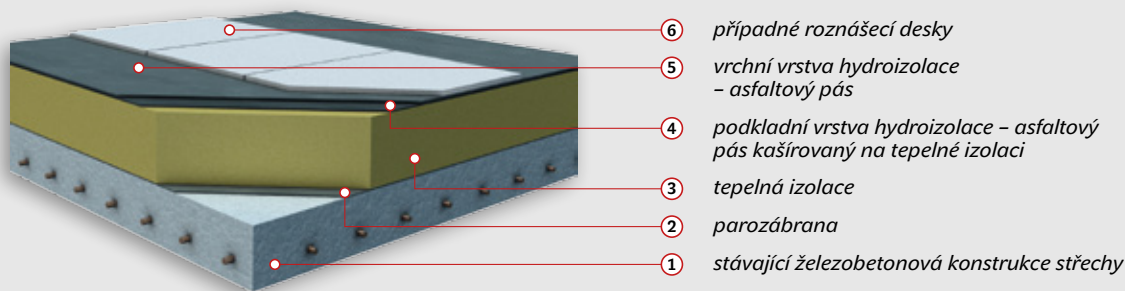


Obrázek 31 | Tepelná izolace železobetonové střechy z polystyrenu, nová hydroizolace je nad tepenou izolací

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
1	stávající železobetonová konstrukce	23	1,430	15	0,16
nová konst.	2 parozábrana	300 000	0,210	0,35	
	3 tepelná izolace – pěnový polystyren	30	0,037	26	
	4 podkladní hydroizolace – asfaltový pás	35 012	0,210	0,35	
	5 vrchní hydroizolace – asfaltový pás	35 000	0,210	0,4	

Tabulka 28 | Tepelná izolace železobetonové střechy z polystyrenu, nová hydroizolace je nad tepenou izolací

b2] Tepelná izolace železobetonové střechy z minerální vlny – asfaltová hydroizolace



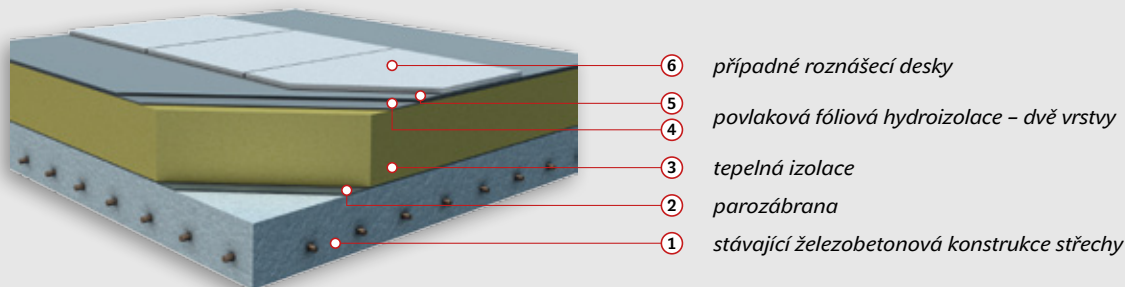
Obrázek 32 | Tepelná izolace železobetonové střechy z minerální vlny – asfaltová hydroizolace

Nová hydroizolace je nad tepelnou izolací. V místech předpokládaného zatěžování střechy chůzí je možné použít pochozí (tzv. roznášecí) desky.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
1	stávající železobetonová konstrukce	23	1,430	15	0,16
2	parozábrana	300 000	0,210	0,35	
3	tepelná izolace – tuhá minerální vlna	1	0,038	26	
4	podkladní hydroizolace – asfaltový pás	35 012	0,210	0,35	
5	vrchní hydroizolace – asfaltový pás	35 000	0,210	0,4	

Tabulka 29 | Tepelná izolace železobetonové střechy z minerální vlny – asfaltová hydroizolace

b3] Tepelná izolace železobetonové střechy z minerální vlny – fóliová hydroizolace



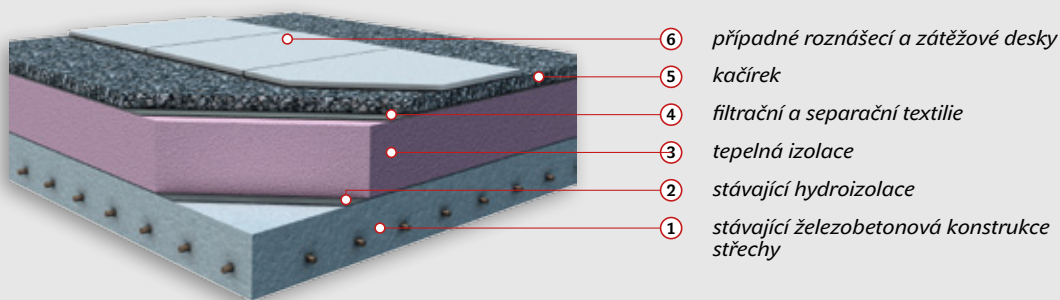
Obrázek 33 | Tepelná izolace železobetonové střechy z minerální vlny – fóliová hydroizolace

Nová hydroizolace je nad tepelnou izolací. V místech předpokládaného zatěžování střechy chůzí je možné použít pochozí (tzv. roznášecí) desky. Oproti předchozímu **obrázku 32** je zde namísto asfaltové hydroizolace použita fóliová povlaková hydroizolace.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
1	stávající železobetonová konstrukce	23	1,430	15	0,16
2	parozábrana	300 000	0,210	0,35	
3	tepelná izolace – tuhá minerální vlna	1	0,038	26	
4	střešní pružné PVC fólie	7 500	0,350	0,2	
5	střešní pružné PVC fólie	7 500	0,350	0,2	

Tabulka 30 | Tepelná izolace železobetonové střechy z minerální vlny – fóliová hydroizolace

b4] Tepelná izolace železobetonové střechy z extrudovaného polystyrenu, hydroizolace je pod tepelnou izolací



Obrázek 34 | Tepelná izolace železobetonové střechy z extrudovaného polystyrenu, hydroizolace je pod tepelnou izolací

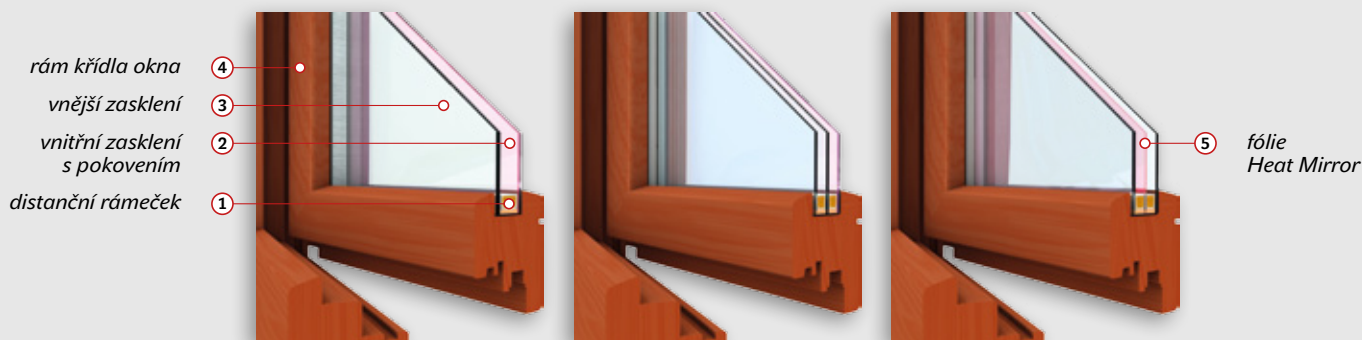
Stávající hydroizolace (případně opravená) funguje po zateplení dále jako hlavní hydroizolační vrstva. Tepelná izolace z nenasákavého materiálu (např. z extrudovaného polystyrenu) je umístěna nad hydroizolací (jedná se tedy o tzv. obrácenou střechu). Pro chození a zatížení tepelné izolace je možné použít pochozí (tzv. roznášecí) desky.

č.	název	μ [-]	λ [W/(m·K)]	d [cm]	dosažené U [W/(m²·K)]
1	stávající železobetonová konstrukce	23	1,430	15	0,16
nová k. 2	parozábrana	18 570	0,210	0,51	
3	tepelná izolace – extrudovaný polystyren	100	0,034	24	
4	filtrační a separační textilie	100	0,200	0,02	

Tabulka 31 | Tepelná izolace železobetonové střechy z extrudovaného polystyrenu, hydroizolace je pod tepelnou izolací

3.5 Otvorové výplně

Okna se u rodinného domu podílí na tepelných ztrátách zhruba z 30 %, proto je při rekonstrukcích nezbytné zabývat se těmito otvorovými výplněmi. Údaje o základních tepelně technických požadavcích na okna jsou v tabulce v kapitole 2. Zároveň se jedná o průsvitný prvek, přes který proniká sluneční záření do budovy, které nám vytváří vnitřní tepelné zisky. Z tohoto hlediska je lepší mít větší prosklené plochy orientované na jih s volným horizontem, menší pak na sever. Podrobněji se o solárních ziscích hovoří v kapitole 4 – „Využití tepla ze slunce“.



Obrázek 35 | Druhy zasklení oken: izolační dvojsklo, izolační trojsklo, izolační dvojsklo s fólií Heat Mirror

Obecně je potřeba se věnovat také kvalitě oken – nestačí je pouze vyměnit za „nový typ“. Kvalitní okna by měla dosahovat dostatečné tepelné izolační schopnosti (resp. nízkého součinitele prostupu tepla), aby ztráty tepla nebyly vyšší než solární tepelné zisky. V okně tepelnou izolaci zajišťuje systém skel, mezi kterými je plyn s nízkou tepelnou vodivostí (xenon, krypton, fluorid sírový, argon, vysušený vzduch). Skla jsou běžně doplněna selektivní vrstvou (pokovením), která je propustná pro sluneční záření z exteriéru, ale interiérové teplo „odráží“ zpět do místnosti. Novinkou jsou okenní dvojskla doplněná o fólii „Heat Mirror“, která tvoří prostřední vrstvu. Takové okno je daleko lehčí než izolační trojsklo, v zimě

efektivněji udržuje teplo v místnosti, v létě pak odráží exteriérové teplo ven. Propustnost pro sluneční paprsky (viditelné světlo) zůstává zachována a škodlivé ultrafialové (UV) záření je odráženo.

Neseriózní dodavatelé často uvádějí výborné tepelně izolační parametry jejich skel, avšak výslednou hodnotu celého okna neuvedou. V ještě horším případě vydávají součinitel prostupu tepla samotného zasklení za hodnotu součinitele prostupu tepla celého okna. Tu totiž ovlivňují další parametry, jako vlastnosti a provedení distančního rámečku oddělující jednotlivá skla, parametry okenního rámu či členitost okna (poměr zasklení a celého okna). Součinitel prostupu tepla samotného rámu (označován U_r) je obvykle horší (vyšší) než samotného zasklení (označován U_g). Součinitel prostupu tepla celého okna (označován U_w) je proto obvykle vyšší (někdy výrazně) než samotného zasklení. Uvádět tedy pouze údaj o zasklení je zavádějící. Součinitel prostupu tepla starších oken se pohybuje kolem $2,5\text{--}5,5\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, u oken s troj-skly nebo fóliemi Heat Mirror s využitím odrazných vrstev lze dosáhnout i hodnot kolem $0,6\text{--}0,7\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Kvalita osazení oken je dalším důležitým faktorem vstupujícím do finální funkčnosti. Při realizaci je třeba si počínat tak, aby nevznikaly tepelné mosty. Mezi řešení lze doporučit přetažení venkovní tepelné izolace přes část okenního rámu. Kotvení by mělo být provedeno pomocí kotev, které umožňují dilatační pohyb proti stavbě. Častým nedostatkem je vyplňování spár mezi oknem a zdívm výplňovou polyuretanovou pěnou. Ta by měla být montážní – je pevnější a s menšími plynovými dutinkami. Spáry mezi oknem a stěnou by z vnitřní strany měly být opatřeny parotěsnou fólií (obvykle lepicí páska), z vnější naopak difúzně otevřenou. U pasivních domů fólie zároveň zajišťují jejich vzduchotěsnost. Parapetní část, stejně jako napojovací spáry, musí být izolována proti zatékání srážkové vody. Při rekonstrukcích je doporučováno umístění oken tak, aby na straně exteriéru **lícovala s původním obvodovým pláštěm budovy**. Ostění je pak realizováno pouze přetažením venkovní tepelné izolace přes rám okna.

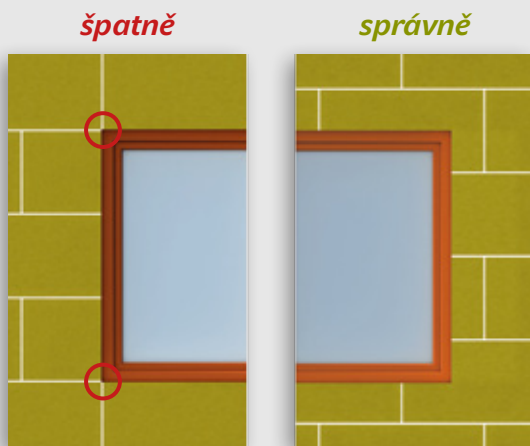


V případě, že toto usazení není technicky proveditelné a nové okno se instaluje **na místo původního**, je potřeba počítat s tím, že tepelná izolace ostění je nedostatečná.



U nadstandardně tepelně izolovaných domů se osazení oken řeší tzv. **předsazenou montáží**, kdy je okno vysunuto z nosné stěny do tepelné izolace.

U rohů oken by neměla být napojena spára kontaktního zateplovacího systému – rohy je potřeba vždy izolovat celými deskami (viz **obrázek 38**).



Obrázek 38 | Příklad častých chyb při zateplování fasády v okolí oken

Neopomenutelnou výhodou při úplné výměně oken je také výborná akustická izolace od venkovního hluku. Za úvahu také stojí, zda vyžadujete ve všech místnostech otevíratelná okna. Tam, kde to není vyloženo nutné, lze nové okno instalovat přímo do konstrukce obvodového zdiva bez možnosti otevírání. Dosáhnete tak lepších parametrů a minimalizujete úniky tepla. Toto provedení je také podstatně levnější a realizuje se především u domů s větracím systémem. Problémem pak ale bývá náročnější mytí oken, zejména pokud má dům více podlaží.

Nejčastěji se používají plastová okna, která se vyznačují dobrým poměrem ceny a kvality. Mají minimální požadavky na údržbu a dají se pořídit v široké škále barev a povrchových úprav. Při čištění po rekonstrukci je nutné se vyvarovat poškrábání plastu. Pozor na okna

z recyklovaného plastu! Komorový systém těchto oken je velmi nekvalitní a to se odráží na tepelně izolačních vlastnostech, o pevnosti nemluvě. S ohledem na povrchové úpravy je téměř nemožné je běžným pohledem rozeznat, ovšem pokud požádáte dodavatele o ukázkou řezu okna, měli byste být schopni šedý recyklovaný plast uvnitř jednoznačně poznat.

Dřevěná okna jsou oblíbená pro svůj vzhled, tradici a větší šetrnost k životnímu prostředí. Je nutné si dát pozor při jejich výběru do prostor, kde se předpokládá vyšší vlhkost (kuchyně, koupelny) – zde je vždy třeba konzultace s dodavatelem, zda jsou okna upravena k vystavení tomuto vlivu. Ze strany exteriéru bývají chráněna hliníkovými okapnicemi či jinou povrchovou úpravou, aby bylo dřevo chráněno před povětrnostními vlivy. Zvláštní kategorií jsou tzv. „Eurookna“, která jsou vyráběna ke splnění deklarované kvality s celoobvodovým kováním a v nejrůznějších variantách. S rozšířeným profilem na 92 mm většinou nemají problém vyhovět i přísným požadavkům na celkový prostup tepla. Dřevěná okna jsou sice dražší, ale jejich výroba je ekologičtější, materiál přírodní, případné opravy lze provést zatmelením či přelakováním a s ohledem na pevnostní vlastnosti dřeva není ani problém vyrobit atypická oblouková či šikmá okna. Jejich nevýhodou je nutnost ochrany dřeva před vlhkostí, plísní a mikroorganismy.

Moderní kovová okna nejčastěji ze slitin hliníku jsou již ošetřena proti výskytu tepelných mostů, a přestože je kov velmi dobrý vodič tepla, při použití izolantů oddělujících rámy již dosahují dobrých tepelně izolačních vlastností. Uplatňují se především v místech, kde není možná údržba oken, jsou tvarově stálá a odolná. Výroba hliníku je ale energeticky náročná a kromě vyšší zátěže životního prostředí je nutné počítat také s vyššími pořizovacími náklady. Na trhu se vyskytují také kombinovaná okna, která spojují výhody dřeva s ochranným hliníkovým povrchem. Výsledkem je výborná tepelná izolace, moderní a estetický vzhled, variabilita povrchové úpravy a odolnost. Možné jsou i kombinace vnitřního plastového a vnějšího hliníkového rámu.

Pokud nechcete investovat do koupi nových oken, je možné renovovat pouze zasklení (v případě kvalitního stávajícího rámu), instalovat odrazivé fólie či doplnit stávající okna dalšími prvky (žaluzie, závěsy apod.). Pozornost byste měli věnovat také izolaci netěsností na přechodu mezi sklem a rámem okenního křídla, mezi okenním křídlem a rámem okna a spárovým netěsnostem mezi oknem a ostěním. Izolačních prvků na bázi neoprenových či silikonových profilů je na trhu dostatek.

Doplňkovým opatřením jsou také předokenní izolační žaluzie, které omezují úniky tepla okny. V případě rekonstrukce je obvykle nutné využít systém s roletovým boxem umístěným nad okenním otvorem (na fasádě). U roletového boxu umístěného v horní části okenního otvoru je sice lépe řešitelná jeho tepelná izolace, ale obvykle příliš zmenšuje využitelnou plochu otvoru pro vlastní okna – nová okna by pak byla příliš nízká.

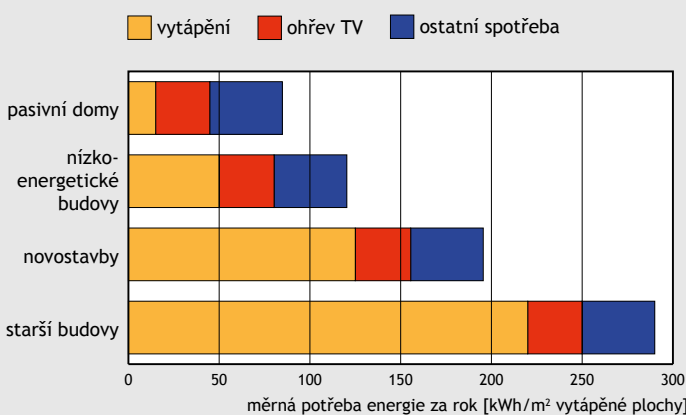
Mezi otvorové výplně patří samozřejmě i dveře. Z hlediska tepelně izolačních parametrů se na exteriérové dveře vztahují stejné požadavky jako na okna. Tepelná izolace je zde provedena nejčastěji izolačními kazetami v kombinaci s dvojskly nebo trojskly (pokud je část dveří prosklená).

4. Technické zařízení budov

Soustavy technického zařízení budov (TZB) zabezpečují v našem domě kvalitu vnitřního prostředí a jsou předpokladem pro dosažení jistého stupně hygieny a bezpečnosti. Obecně se pod termínem TZB rozumí systém vytápění, ohřevu teplé vody (TV), větrání, klimatizace, osvětlení a samozřejmě také domácích spotřebičů.

Při úpravách těchto systémů hraje roli nejen vhodná volba zdroje tepla (kotle, tepelného čerpadla atd.), ale také možnost regulace, která přináší nemalé ekonomické úspory, vyšší uživatelský komfort, menší spotřebu energie, a tím také šetrnost k životnímu prostředí.

Obecně musí všechny systémy TZB respektovat stavebně technickou dispozici domu a jejich realizace musí být v souladu s platnou legislativou a normativními předpisy. O systémech TZB je proto třeba rozhodovat již ve fázi přípravy projektové dokumentace. Kvalitní návrh takového systému vyžaduje spolupráci energetiků i stavebářů. Ačkoli se může zdát příprava na „technickém zázemí“ objektu ještě před prvním výkopem základu nebo stržením původní omítky předčasná, věřte, že vám přinese nemalé úspory. Už jen tím, že se vyhnete vícenákladům, které doprovázejí dodatečné úpravy stavebního řešení při instalaci technologií TZB.



Obrázek 39 | Orientační energetická bilance jednotlivých standardů budov při využívání elektrospotřebičů o stejné energetické náročnosti u všech typů budov

4.1 Vytápění a příprava teplé vody

U většiny rodinných domů se tepelná soustava rozděluje na otopný systém a soustavu zajišťující přípravu TV (teplé vody). Řešit výběr zdroje tepla pro otopnou soustavu a teplou vodu zvlášť je nelogické a systematicky nesprávné! Na tuto problematiku lze pohlížet jako na „systém spojených nádob“, kdy se jednotlivé části navzájem ovlivňují. I z tohoto důvodu jsou oba systémy popsány v této kapitole společně. U rekonstrukcí domů však nastávají případy, kdy je z technických důvodů vytápění a ohřev vody řešen odděleně – i na tyto případy je v této kapitole pamatováno. Při rozhodování nad typem zdroje tepla a volbou celé distribuční soustavy je třeba postupovat v několika základních krocích. V prvé řadě je třeba zvážit, jaké zdroje jsou v místě realizace dostupné. Po volbě vhodného zdroje (nebo kombinaci více zdrojů) musíme vědět, jak velká je tepelná ztráta vytápěného objektu a jaký bude provozní režim celé soustavy. Na tomto místě musíme zdůraznit, že výpočet tepelné ztráty je zcela klíčový. V žádném případě nelze spoléhat na orientační úvahy některých topenářů, kteří „počítají“ potřebu tepla podle podlahové plochy objektu. Takovýto postup je zcela nevyhovující a přiblížení se k správnému výsledku je tedy věcí náhody. Skutečný výpočet respektuje geometrii objektu, jeho lokalizaci v terénu, zahrnuje místní klimatické podmínky a samozřejmě také vlastnosti obálky budovy (vliv zateplení) a tepelné zisky vzniklé provozem elektrických spotřebičů a osvětlení, získané ze slunečního záření pronikajícího okny a prosklenými plochami. Roli hraje rovněž použitý stavební materiál a jeho tepelně akumulační schopnosti. Potřeba tepla se navíc počítá s ohledem na výskyt extrémně nízkých venkovních teplot v otopném období (např. -15°C) a je jasné, že taková teplota nastane pouze během několika dnů v roce. S ohledem na ekonomičnost provozu a snížení investic do nákupu naddimenzovaného zdroje tepla je pak lépe provozovat zdroj o nižším tepelném výkonu a pouze v případě velkých mrazů dotápět přídatným zdrojem (elektrokotel, elektrické sálavé panely apod.) či domácím krbem. Jestliže provozujeme jediný zdroj navrhovaný na maximální tepelnou ztrátu budovy, je velice důležitá schopnost regulace takového systému, aby v objektu nedocházelo k přetápění.

V konečné fázi rozvahy je potřeba také zohlednit výši vložených investic, provozní náklady a porovnání návratnosti jednotlivých možností. Konkrétní řešení musí být pro váš dům či byt „ušito na míru“, proto je potřeba vše navrhovat společně s energetickým poradcem či kvalifikovaným topenářem, který s vámi ochotně prodiskutuje všechny alternativy a vyslechne si vaše záměry a očekávání. Následující popis soustav a zdrojů je proto pouze informativní, v žádném případě se nejedná o univerzální návod na rekonstrukci systému vytápění.

a] Plynové kotle

U nízkoenergetických domů, kde potřebný výkon na vytápění klesá i pod 5 kW jsou tradiční plynové kotle s výkony 12 kW a více z hlediska vytápění předimenzovány a efekt snížení potřeby energie může být znehodnocen zvýšenou spotřebou energie zdrojem. Plynové kotle se vyznačují velmi dobrou možností regulace – a to až už teplotou otopné vody, či plynulou modulací hořáku (20–100%). V souvislosti s použitím klasických plynových kotlů minimum projektantů ví, že pokud k takovému kotli nainstalujeme akumulární nádrž, zvýšíme jeho provozní účinnost (o 10 až 30 % - podle toho jak moc je kotel předimenzován a seřízen na nižší výkon) a zvýšíme jeho životnost, protože kotel může být provozován na jeho optimální výkon, méně často spíná (necykluje), je méně teplotně namáhán a je nižší komínová ztráta i ztráta plynu při méně častém zapalování plamene hořáku. S ohledem na nejvyšší účinnost, hospodárnost, ekologičnost a menší spotřebu paliva si popíšeme princip **kotle kondenzačního**.



Obrázek 40 | Nástěnný plynový kondenzační kotel se zásobníkem na TV. Zdroj: Junkers

Ten je schopen využívat i teplo obsažené ve spalínách jejich kondenzací. Takto uvolněnou energii je pak možné ve výměníku využít k ohřevu otopné vody. Uvedená technologie zvyšuje účinnost kotle o cca 8 %, a celý zdroj tak dosahuje účinnosti až 108 % (vztaženo k výhřevnosti zemního plynu). Nutno však podotknout, že tato účinnost je uváděna pro nejnižší teplotní spád otopné vody (40/30 °C), kdy je účinnost nejvyšší. Fyzikálně správný výpočet ze spalného tepla zemního plynu stanovuje objektivní účinnost na cca 97,5 %. V našich atmosférických podmínkách lze kondenzační kotle provozovat až do teplotního spádu 80/60 °C. Teplota spalin dosahuje 40–90 °C v závislosti na teplotě otopné vody a okamžitém využití kotle (bývá většinou o 5–10 °C vyšší, než je teplota zpátečky) a vložkování komína je tedy možné i plastovou vložkou s příslušenstvím. Každý kondenzační kotel vyžaduje trvalý odvod kondenzátu a jeho napojení na kanalizaci podléhá schválení správce kanalizace. Při využití zemního plynu je množství kondenzátu vzniklého spálením 1 m³ plynu cca 1,5 litru.

Spotřeba zemního plynu kondenzačního kotle je o 25–40 % nižší v porovnání s ostatními kotli klasické konstrukce a návratnost vícenákladů oproti klasickému plynovému kotli je cca 2–4 roky. Kotle pro nízkoenergetické domy lze pořídit s výkonovým rozsahem již od 1 kW.

Kondenzační kotle jsou při provozu na nižším teplotním spádu vhodné k použití s podlahovým či stěnovým nízkoteplotním vytápěním, nízkoteplotními radiátory, případně na provoz kombinované otopné soustavy (s vysokoteplotními radiátory). Ohřev teplé vody je realizován buď integrovaným průtokovým ohříváčem (max. teplota vody 55–60 °C), integrovaným zásobníkem (většinou 40–50 l) či prostřednictvím externích zásobníků (80 litrů a více).

Jak již bylo řečeno, velkou výhodou kondenzačních plynových kotlů je jejich vysoká účinnost, snadná a efektivní regulovatelnost, ale také bezodpadová technologie, relativní ekologičnost (nižší obsah škodlivin ve spalínách) a velký výběr různých typů na trhu. Na druhé straně je potřeba přiznat, že spalováním zemního plynu vyčerpáváme fosilní zdroj energie, který je do ČR navíc dovážěn, a s ohledem na praktickou monopolnost trhu s touto strategickou surovinou je nutné počítat s cenovými výkyvy této komodity. Náklady na vytápění nízkoenergetické budovy o podlahové ploše 100 m² s potřebou tepla na vytápění 5 MWh (18 GJ) ročně činí zhruba 9 500 Kč (pro domácnosti využívající plyn i k vaření, dodavatel RWE energie, a.s.).

Využívání biomasy v podobě dřeva k vytápění má velmi dlouhou tradici a je stále cenově nejvýhodnější. Technologie na spalování biomasy jsou bez problémů dostupné, včetně moderních kotlů na zplynování či automatických zařízení na pelety (pevný dřevní výlisek s vysokou výhřevností a nízkým obsahem popelovin a vody).

Dřevozplyňující kotle pro rodinné domy a menší budovy o výkonu 20–100 kW s horním zásobníkem jsou zásobeny poleny o délce do 50 cm a průměru do 15 cm. Vysušené dřevo o max. vlhkosti 20 % vydrží v zásobníku při středním výkonu kotle až 8–12 hodin provozu.



Obrázek 41 | Zplyňovací kotel na dřevo, 20kW.
Zdroj: Jaroslav Cankař a syn, ATMOS

Kotel je tvořen dvěma komorami. V horní komoře kotle dochází zahříváním paliva za omezeného přístupu vzduchu k jeho postupné pyrolýze (tepelnému rozkladu), při čemž vzniká oxid uhelnatý, který je hlavní složkou tzv. dřevoplynu. Horké plyny jsou keramickou tryskou vedeny do spodní spalovací komory kotle, kde shoří. Kotle bývají vybaveny vlastní elektronikou, která řídí proces spalování a chladicí smyčkou, zabráňující přetopení kotle, např. při výpadku elektrického proudu. Kotle mohou být dovybaveny odtahovým ventilátorem a podle jejich vybavení a kvality paliva dosahují účinnosti 75 až 89 %. Odstraňování popela postačí provádět zpravidla jednou za 3–7 dnů. Výkony kotlů jsou mnohdy regulovatelné, s dokonalým spalováním a nízkým obsahem škodlivin. Teplota vratné vody by neměla klesnout pod 65 °C aby nedošlo ke zvýšenému množství dehtů a kyselin, které snižují životnost kotle. Zabezpečení této podmínky se realizuje zavedením kotlového okruhu s čerpadlem a směšovacím ventilem. Důležitý je také tah komína – malý zkracuje ži-

votnost a kouří do prostoru (řeší se vyvložkováním komína nebo odtahovým ventilátorem) a naopak velký tah zvětšuje spotřebu paliva (řeší se umístěním škrtící klapky v kouřovodu).

Součástí systému kotle je i akumulční zásobník (nádrž s otopnou vodou) o objemu od 25 l na každý kilowat výkonu kotle. (Pozor! Některé dotační tituly požadují akumulční nádrž o větším objemu na každý instalovaný kW výkonu.) Čím větší je zásobník vody, tím více energie je možné do něj naakumulovat. Zařazení akumulční nádrže přináší mnoho výhod - např. úsporu paliva, vyšší provozní účinnost, vyšší komfort obsluhy, vyšší životnost kotle či menší znečištění teplosměnných ploch v kotli i komína. Kotel zpravidla pracuje na plný výkon až do doby, kdy je akumulční zásobník nabitý teplem. Tepelné požadavky domu jsou uspokojovány odběrem tepla právě z tohoto zásobníku. V topném období se zásobník vybíjí cca 1–3 dny.

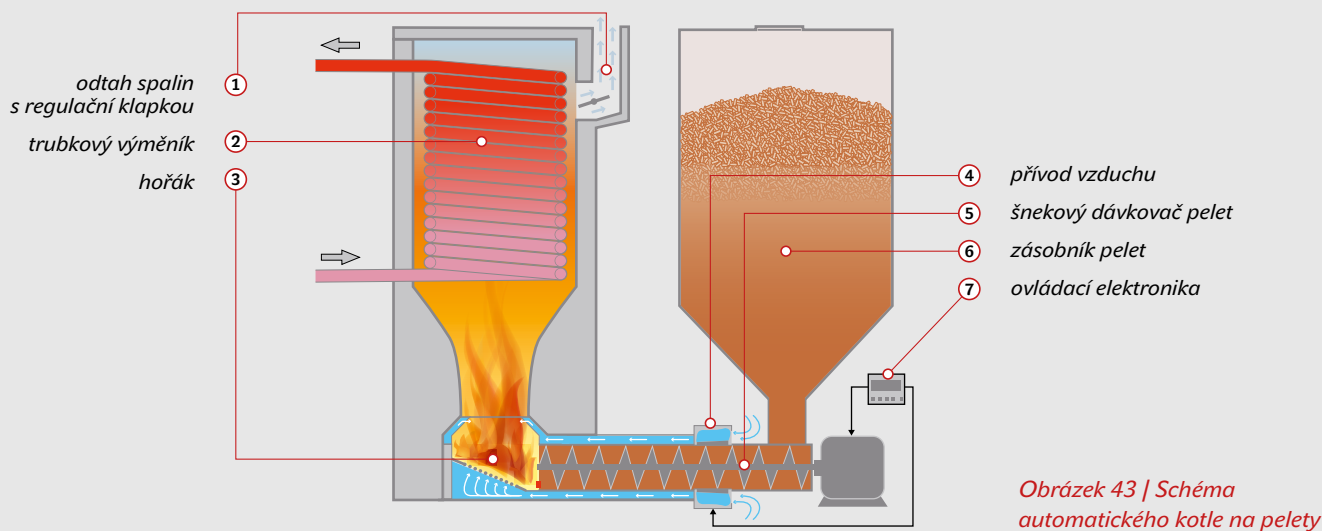
Ke společnému ohřevu TV se často používá kombinovaný zásobník (s případným dohřevem elektrickou energií).



Obrázek 42 | Dřevní pelety a brikety.
Zdroj: ENVIC, o.s.

V poslední době se stále větší oblibě těší automatické kotle na **dřevní pelety**. Ty jsou sice poněkud dražší (jejich cena se pohybuje kolem 3–5 Kč/kg) než kusové dřevo, avšak odpadá častá obsluha kotle (zásobník dnešních automatizovaných kotlů na pelety vydrží podle velikosti průměrně 1 týden a kotel je vybaven automatickým odpopelňováním). Při spalování dochází k minimální produkci prachu a škodlivin. Kotelová automatika dokáže v průběhu dne vytápět či temperovat dům i bez přítomnosti obsluhy, a tak se tento systém stává velkým konkurentem kotlů na zemní plyn. Výkon těchto kotlů je velmi dobře regulovatelný ve značném rozsahu s tím, že určité typy jsou schopny efektivně pracovat již od výkonů kolem 5 kW. Účinnost automatických kotlů na pelety dosahuje až 95 %.

Regulovatelnost ve větším rozsahu je nutnou podmínkou každého zdroje tepla v nízkoenergetických objektech. Jejich potřeba tepla v průběhu dne často kolísá. Dobrá regulovatelnost je u kotlů na dřevo a pelety dosažitelná díky již zmiňované akumulaci nádrži, která umožňuje nejen odebrání různého množství tepla podle aktuálních potřeb, ale také osazení kotle většího výkonu, než je skutečná potřeba tepla budovy. Toho lze s výhodou využít, pokud menší zdroj není na trhu.

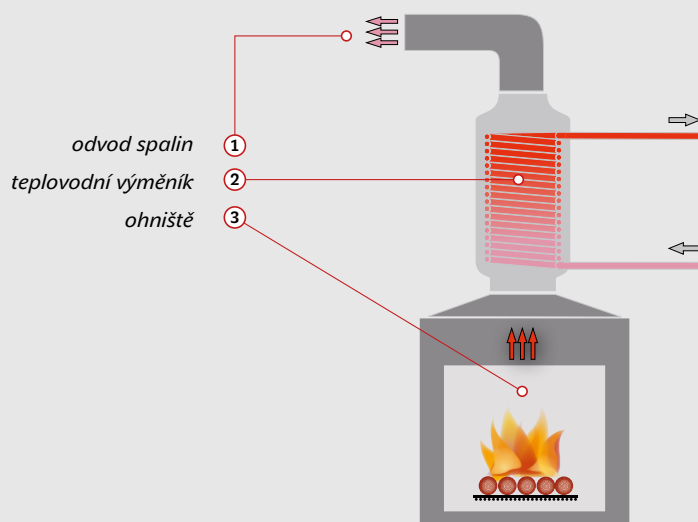


Náklady na vytápění nízkoenergetické budovy o podlahové ploše 100 m² s potřebou tepla na vytápění 5 MWh (18 GJ) ročně činí zhruba 3 500 Kč u zplyňovacího kotle na dřevo a 4 400 Kč u kotle na pelety.

c] Krbové vložky, krbová kamna

Krbové vložky jsou koncipovány buď na vytápění teplým vzduchem, nebo jsou vybaveny výměníkem, který slouží jako hlavní či sekundární zdroj pro otopnou soustavu i přípravu TV. V naprosté většině případů se krb provozuje jako přídatný zdroj energie, kdy jeho výkon přechodně využíváme v nejpožívanějších místnostech domu pro překlenutí nejchladnějších dnů v roce, kdy hlavní zdroj tepla svým výkonem není dostačující pro krytí tepelných potřeb budovy.

U teplovzdušného systému se teplý vzduch rozvádí prostřednictvím systému trubek umístěných ve stavbě krbu nebo jen soustavou průduchů, které umožňují optimální rozvod teplého vzduchu po budově. Je výhodné krb doplnit akumulací hmotou, která následně plní funkci sálavého zdroje tepla. Jedná se například o obezdění krbové vložky kamenem či šamotovými cihlami. Výsledná teplota v místnosti je pak příjemně nižší než teplota samotné krbové vložky a systém dodává energii do místnosti větší plochou.



Obrázek 44 | Krbový teplovodní výměník

U nízkoenergetických a pasivních staveb by klasická krbová vložka místnost a potažmo celý dům velmi rychle přehřála. Z tohoto důvodu se nejčastěji v těchto domech využívají peletová krbová kamna s výměníkem tepla, která mají plynule regulovatelný výkon, jehož větší část (cca od 3 do 20 kW) předávají otopné vodě v akumulaci nádrži a do místnosti, v níž jsou umístěna vysílají minimum svého výkonu (cca 1,5–2,5 kW). V případě využití krbové vložky jako zdroje tepla se rovněž doporučuje, aby jako palivo byly použity dřevěné pelety, jejichž technologie spalování nám umožní regulovat výkon vysálaný do místnosti i předávaný výkon do otopné vody v akumulaci nádrži. (blíže viz **schémata v kapitole 4.3**). Pasivní stavby musejí navíc splňovat určitý vzduchotěsný standard. Jelikož krb nasávající vzduch z místnosti může tuto vzduchotěsnost narušit, realizuje se přívod vzduchu z exteriéru prostřednictvím jakéhosi „vzduchovodu“. Přívod vzduchu lze samozřejmě samostatně regulovat. Další výhodou tohoto řešení je dosažení lepších mikroklimatických podmínek v místnosti s krbem.

Ať už jsou systémy určené ke spalování biomasy jakkoli důmyslné, je potřeba počítat s tím, že vyžadují více či méně častou obsluhu a údržbu.

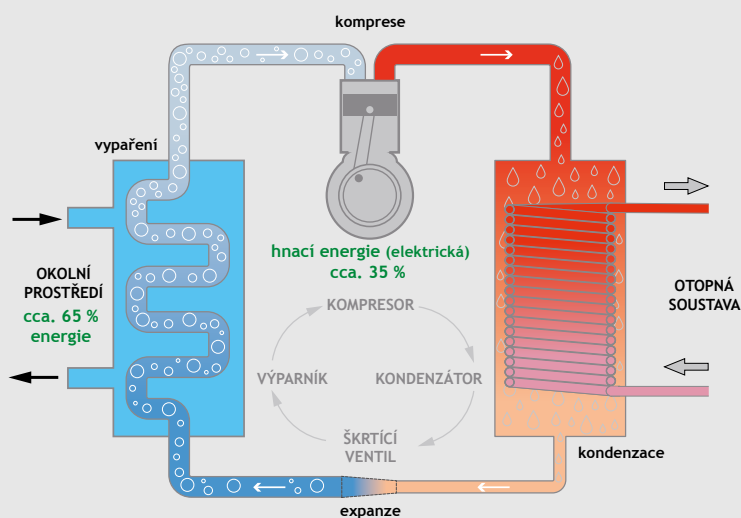
d] Elektrokotle, lokální elektrická topidla

Využívání elektrické energie ke krytí tepelných potřeb uvnitř obydlí se těší stále velké oblibě. Jsou to systémy „čisté“, neznečišťují ovzduší v místě jejich spotřeby, jsou k dispozici téměř všude a disponují vysokou účinností přeměny elektrické energie na teplo (98 %). Uplatnění nacházejí jako přímotopné jednotky v podobě panelů či odporového podlahového vytápění, zářičů, sálavých panelů či akumulaci kamen. U akumulaci systémů je nevýhodou špatná regulovatelnost. S ohledem na rostoucí cenu elektrické energie se systém vytápění jen prostřednictvím elektřiny opouští a elektrokotle většinou plní funkci doplňkového zdroje tepla – formou elektrických patron topných žebříků v koupelnách, bivalentního (druhého, doplňkového) zdroje tepla v akumulaci nádržích a tepelných čerpadlech či jako finální dohřev TV v elektrických akumulaci ohřivačích (bojlery). Jistou ekonomickou výhodou při používání elektrické energie na vytápění představuje možnost odebírat elektrický proud levněji v rámci speciálního tarifu, díky kterému pak platíme méně i za provoz běžných elektrospotřebičů a osvětlení. Z pohledu globálního je však s použitím elektrické energie, stejně jako plynu, spojena řada otázek. Je potřeba si uvědomit, že elektrická energie se musí nějakým způsobem vyrobit (účinnost výroby elektrické energie v tepelné elektrárně je stěží 40 %!) a do našeho domova se musí dopravit, což přináší další ztráty. Tento proces s sebou nese řadu negativních dopadů na životní prostředí a společně s vidinou nedostatku elektrické energie ve světě je lépe vyhnout se používání elektrické energie jako hlavního zdroje tepla pro naše domovy.

Pro srovnání: pokud bychom vytápěli nízkoenergetickou budovu o podlahové ploše 100 m² s potřebou tepla na vytápění 5 MWh (18 GJ) ročně pouze elektrickou energií, zaplatíme až 17 000 Kč za rok.

e] Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla (TČ) jsou zařízení napájená elektrickou energií, která odjímají teplo z okolního prostředí (ze vzduchu, vody či půdy) a převádějí ho na vyšší teplotní hladinu, a tím umožňují jeho účelné využití pro vytápění nebo ohřev TV. Nemrznoucí pracovní látka přenáší odebrané teplo z okolního prostředí do výparníku, kde je odnímáno pomocí chladiva. Zahříváním kapalného chladiva dojde k jeho vypařování a páry jsou následně stlačeny kompresorem na vysoký tlak, čímž dojde k dalšímu nárůstu teploty par. Ty pak v kondenzátoru předávají teplo pracovní (otopné) látce, čímž se ochlazují a mění své skupenství na kapalně. Kondenzát je zpět přiváděn přes expanzní ventil do výparníku a celý cyklus se opakuje. Z uvedeného plyne, že TČ spotřebovává elektrickou energii jen pro pohon kompresoru a oběhového čerpadla (ventilátoru systému vzduch–voda), přičemž se zpravidla jedná o 1/3 jeho výkonu. Zbývající část tvoří teplo, které je odvedeno z okolního prostředí (je tedy nejen ekologické, ale i zdarma). Podle toho, z kterého systému se teplo odebírá a do kterého se naopak dodává, nejčastěji rozlišujeme systémy tepelného čerpadla voda–voda, země–voda a vzduch–voda.



Obrázek 45 | Princip funkce tepelného čerpadla

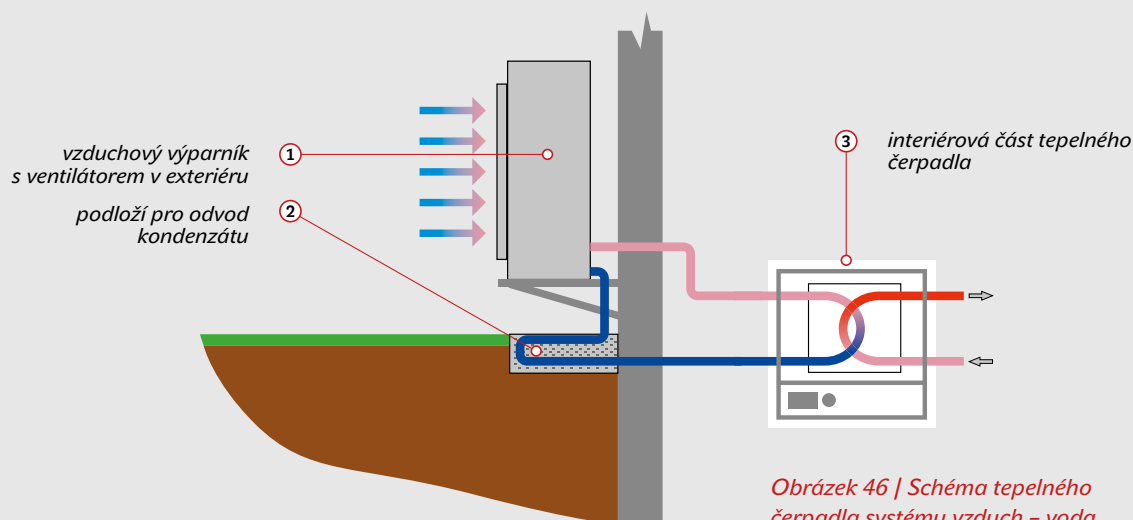
Tepelná čerpadla jsou srovnávána především prostřednictvím tzv. topného faktoru (COP, Coefficient of performance). Ten udává poměr vyprodukovaného tepla k množství spotřebované energie a pohybuje se kolem 2–7. COP kolem hodnoty 3 lze zjednodušeně popsat jako stav, kdy z každé dodané kilowatt-hodiny elektrické energie tepelné čerpadlo vyrobí 3 kWh tepelné energie. Je nutné podotknout, že COP se u konkrétního tepelného čerpadla mění v závislosti na teplotě pracovní látky, se kterou čerpadlo pracuje. Při výběru TČ je proto vhodné zajímat se, pro jaké podmínky je topný faktor uváděn. Některé dotační tituly, které podporují nákup tepelných čerpadel jako ekologického zdroje vytápění, mohou vyžadovat použití TČ např. s topným faktorem 3 při teplotní charakteristice A2/W32, což znamená dosažení topného faktoru 3 při teplotě venkovního vzduchu (Air), ze kterého odebíráme teplo, 2 °C a teplotě vytápěcí vody na výstupu z tepelného čerpadla (Water) 32 °C.

Dalším nutným dodatkem je fakt, že někteří výrobci nezapočítávají do topného faktoru pomocnou elektrickou energii potřebnou k pohonu oběhových čerpadel (resp. ventilátorů). Skutečný COP se pak při provozu může poněkud lišit.

Výkon TČ s ohledem na vysoké investice při jeho nákupu volíme tak, aby odpovídal cca 50–75 % vypočtené tepelné potřeby objektu. Tento stav odpovídá většině otopných dnů v průběhu roku. Pokud v průběhu zimy výkon čerpadla nestačuje, je spínán dodatečný (bivalentní) zdroj tepla, většinou snadno regulovatelný elektrokotel implementovaný v tepelném čerpadle, který zbývající potřebu tepla vyrovnává.

Novodobá tepelná čerpadla již disponují frekvenčním měničem k plynulé regulaci jejich výkonu. Rovněž pro svůj provoz nevyžadují akumulární nádoby.

Zapojení moderního tepelného čerpadla je možné provést včetně externího akumulárního ohřívače na TV. Úspora energie v porovnání s osazeným elektrickým akumulárním ohřívačem (bojlerem) samostatně je až 66 %!

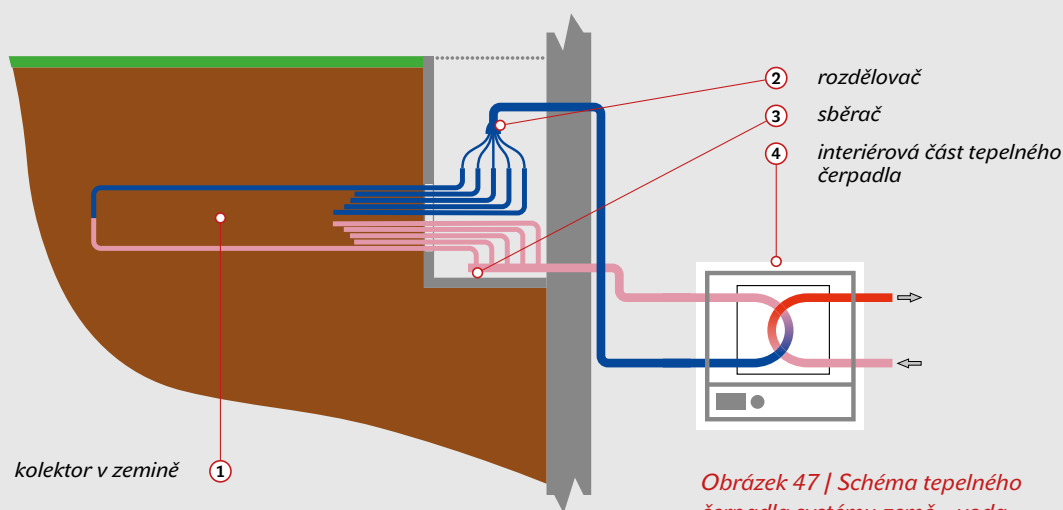


Tento, v ČR nejvyžívanější systém tepelných čerpadel, je nejméně náročný na stavební úpravy, instalaci a zastavěný prostor. Výrobci uvádějí provozuschopnost tohoto čerpadla až do -25°C . S výhodou ho lze provozovat po celý rok, a tak jeho osazení ocení především majitelé bazénů, kdy mohou tento systém napojit i na ohřev vody v bazénu v období, kdy není potřeba vytápět dům. Jistou nevýhodou tohoto systému je fakt, že v období, kdy je nejnižší venkovní teplota, má také nejnižší topný faktor. V dřívějších dobách byla u těchto systémů velkým problémem také hlučnost, jelikož venkovní jednotka obsahuje výkonný ventilátor. U moderních typů ventilátorů již tento problém nenastává, i tak je však potřeba údajům výrobce o hlučnosti věnovat zvýšenou pozornost a místo osazení TČ volit i s ohledem na dispozice daného domu (neinstalovat vedle ložnice).

Venkovní jednotku je ideální umístit na jižní stranu tak, aby nesměřovala na balkony, stěny vedlejších domů či garáží – průchod vzduchu by neměl být nějak omezován. Také je potřeba, aby venkovní jednotka měla pevný, vodorovný nosný základ s možností odtoku kondenzátu, který vzniká při venkovních teplotách pod 7°C . Vzdálenost mezi tepelným čerpadlem a místností s akumulacím zásobníkem by měla být s ohledem na tepelné ztráty v potrubí co nejmenší (ideálně pouze „přes stěnu“).

Tento systém lze i různě modifikovat a ventilační jednotka nemusí být umístěna ani vně budovy. Vnitřní uspořádání dovoluje realizace zvláštního sacího a výfukového potrubí.

e2] Tepelné čerpadlo systému země – voda



U tohoto systému je nízkopotenciální teplo odebráno zemině prostřednictvím polyetylenových či měděných trubek, které tvoří zemní horizontální kolektory, či prostřednictvím vertikálního vrtu. Oba systémy jsou nejnákladnější ze všech možných řešení TČ s ohledem na zemní práce. Volba mezi vrtem a horizontálním kolektorem závisí na dispozicích pozemku u rodinného domu a dalších místních podmínkách.

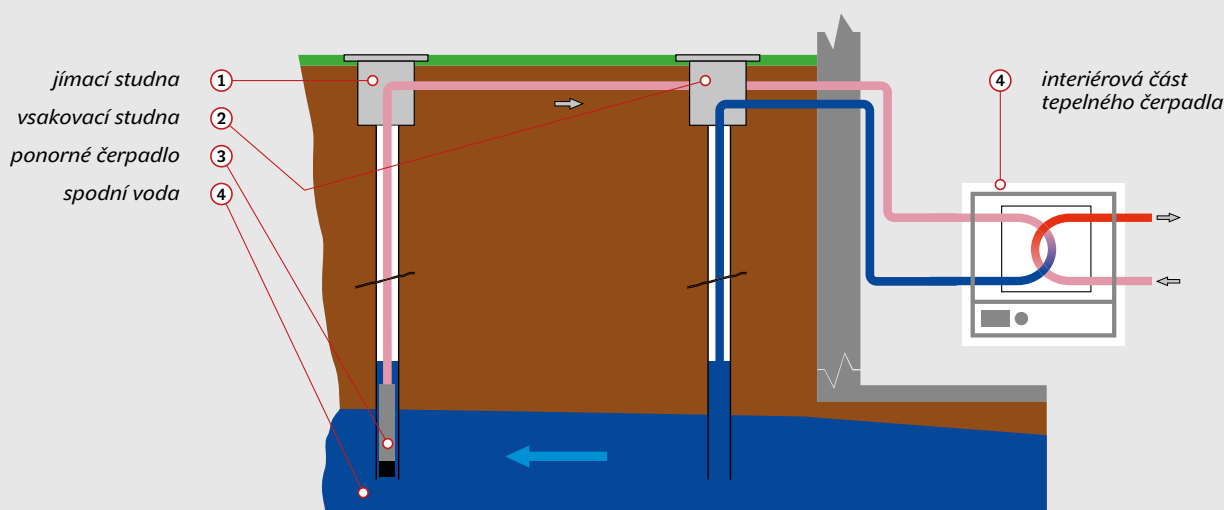
Tepelná čerpadla země – voda vykazují jednu z nejvyšších účinností. U horizontálních kolektorů se svazek trubek umísťuje do nemrznoucí hloubky kolem 1–2 m a orientačně lze vyčíslit plochu zabrané půdy na cca 35 m² připadající na každý 1 kilowatt výkonu čerpadla. Samozřejmě záleží na typu půdy, rozteči trubek (0,5–1 m) a hloubce uložení.

Takto využívaná část pozemku se nesmí dále zastavovat a s ohledem na odjímání tepla z půdy je nutné počítat s jistým promrzáním. Proto by se na takovém místě neměla ani vysazovat zeleň s hlubším prorůstáním kořenů.

Samotný kolektor se pokládá minimálně 2 m od základů domu a 1,5 m od vodovodního, odpadního či jiného systémového vedení, ideálně na jižní stranu.

Pro vertikální zemní sondy je potřeba provést na pozemku jeden či více vrtů o hloubce 30–150 m. Potřebná hloubka závisí na profilu zeminy a obecně lze předpokládat, že na 1 kW výkonu TČ bude potřeba 12–18 m vrtu. Výhodou je stabilní celoroční teplota vrtu, a tedy efektivnější funkce tepelného čerpadla. Před realizací je potřeba postupovat v souladu s vodním zákonem a mít k dispozici hydrologický průzkum, aby nedošlo k narušení spodních vod.

e3] Tepelné čerpadlo systému voda – voda



Obrázek 48 | Schéma tepelného čerpadla systému voda – voda s využitím dvou studní

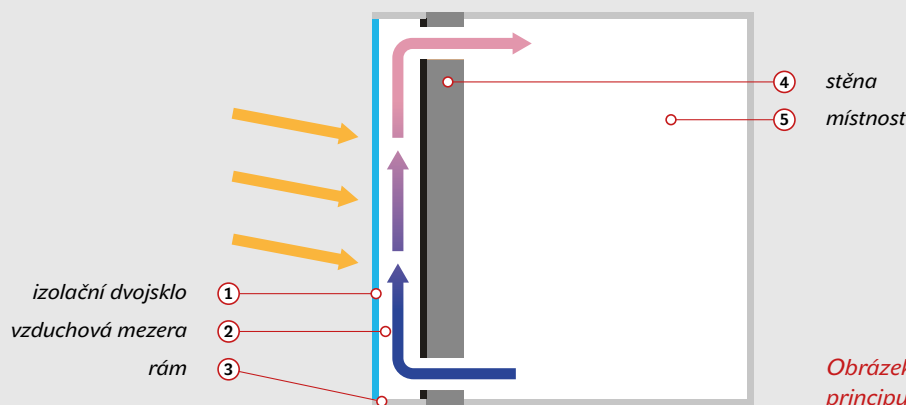
Zdrojem pro tento systém je povrchová či studniční voda. Oba zdroje by měly být do cca 15 m od tepelného čerpadla. Většina těchto systémů se u nás provádí systémem 2 studní – jedné jímací a druhé vsakovací, které jsou od sebe vzdáleny min. 15 m. Voda z jímací studny je odčerpávána (cca 150 litrů za hodinu na každý 1 kW tepelného výkonu TČ) a po odejmutí jejího tepla se vrací zpět do vsakovací studny (cca o max. 5 °C chladnější). Průtokem zeminou ze vsakovací studny do jímací se voda opět ohřeje. Ztrát podzemní vody se není třeba obávat.

V České republice dopadne každý rok v průměru 950–1 100 kWh energie na metr čtvereční. Tyto solární tepelné zisky se dají zužít různými způsoby. Ve stavbách přicházejí v úvahu systémy pasivní, hybridní a aktivní.

U **pasivních systémů** se jedná o tepelnou energii získanou prostupem slunečních paprsků průsvitnými výplněmi budovy (okna, prosklené terasy, ...) a její akumulaci ve stěnách domu. U stavby, která má velké prosklené plochy orientované na jih či západ, se dá očekávat, že tyto solární tepelné zisky z dopadajícího záření budou značné, a proto by se měl řešit i pasivní či aktivní systém cirkulace vzduchu z místnosti vystavené slunečnímu záření. U těchto budov také hrozí riziko přehřívání interiéru v průběhu léta. Je proto vhodné zvážit osazení stínící techniky.

Velikost prosklených ploch v domě je třeba vždy řešit se zkušeným projektantem. Příliš velké prosklené plochy mohou znamenat v zimě, v období kdy nesvítí slunce, velké tepelné ztráty. V našich klimatických podmínkách je třeba velikost oken volit tak, aby tyto ztráty v celkové bilanci nepřevýšily tepelné zisky. Plochu oken je proto třeba volit optimálně z hlediska tepelných ztrát i zisků.

U **hybridních systémů** je teplo ze slunečních paprsků zužitkováno navíc prostřednictvím pohybu vzduchu. Příkladem může být tzv. Trombeho stěna. Primární funkcí Trombeho stěny je ohřev zdi (např. z cihel nebo betonu, která je natřená načerno), před níž je ve vzdálenosti 10 až 20 cm předsazena skleněná plocha. Dopadající sluneční paprsky se po dopadu na stěnu přeměňují v teplo, které se akumuluje do zdi. Účinek je umocněn prostorem mezi zdí a skleněnou plochou fungujícím jako skleníkem. Vzduch zahřátý mezi sklem a zdí lze prostřednictvím otvorů u paty a vrcholu Trombeho stěny využít k přitápění domu. Otvory mohou být opatřeny uzavíratelnými klapkami či ventilátory, doplněné větrací lištou zvenčí na vrcholu. Tyto prvky a případná klasická žaluzie dovolují systém efektivně regulovat.



Obrázek 49 | Schéma principu Trombeho stěny

Již v dřívějších dobách si lidé upravovali teplotu vody smyčkovým okruhem načerno netřenou hadicí na střeších či zahrádkách. Tento **aktivní způsob** využití sluneční energie je dnes realizován průmyslově vyráběnými solárními kolektory a lze je využít nejen k ohřevu TV a vody v bazénech, ale také k dotápění, kdy lze uspořit až 35 % spotřeby energie na vytápění.

Podle tvaru rozlišujeme kolektory ploché a trubkové. Ploché deskové kolektory s jednoduchým zasklením jsou nejrozšířenější. Obsahují měděný či hliníkový absorbér s černým povrchem, který pohlcuje tepelnou energii ze slunečního záření a následně ji předává nemrznoucí teplotnosné kapalině proudící v trubkovém registru primárního oběhu mezi sklem a absorbérem. Zvýšení účinnosti lze dosáhnout dostatečnou izolací dna kolektoru a použitím selektivní vrstvy, která dovoluje záření projít do kolektoru, ale brání prostupu vytvořené tepelné energie zpět ven z kolektoru. U koncentračních kolektorů je navíc systém speciálních odrazných vrstev, zrcadlových žlabů či čoček, které zvyšují účinnost a dosažitelnou teplotu ohřívání vody. U plochých a trubkových vakuových kolektorů se zvyšuje účinnost především v zimě, kdy se snižuje jejich tepelná ztráta (v zimě dodávají 2–3× více tepla oproti klasickým kolektorům). Jejich výhodou je však i nevýhoda, jelikož vyžadují v zimě mechanické odstraňování sněhu, který u klasických nevakuovaných kolektorů samovolně roztaje vlivem ohřívání kolektoru.

Vakuové trubicové kolektory se s výhodou používají i na svislé instalace (na fasády). Standardní umístění solárních kolektorů obecně je většinou na střechách či nestíněných plochách jihovýchodním až jihozápadním směrem. Jejich sklon se liší, pokud se jedná o systém využívaný především v létě, je ideální kolem 20–30° od vodorovné roviny a naopak v zimních měsících se jako nejvýhodnější doporučuje kolem 75–90°. Optimální natočení pro celoroční provoz je 45° a více, aby nedocházelo k přehřívání kolektorů v letním období. Nejideálnější poměr orientace a sklonu vám poradí regionální poradenské středisko či odborný dodavatel s ohledem na přesnou lokalitu a místní podmínky.

Při kvalitním návrhu solárního systému můžeme ušetřit na nákladech spojených s ohřevem TV 100 % nákladů v letních měsících. Pravdou je, že v zimě je situace poněkud složitější a vyžaduje doplňkový dohřev, nicméně v celoroční bilanci nám systém pokryje 50–60 % tepelných potřeb na ohřev TV. Situace se bude přirozeně měnit podle druhu kolektoru a návrhu celého systému.

Důležitou roli v aktivním systému zastává také akumulační zásobník, jehož vodu primární okruh solárních kolektorů zahřívá. Účinnost takového zásobníku je stejně důležitá jako účinnost samotných kolektorů. Velmi obecně lze pak říci, že na každou osobu domácnosti je třeba cca 1,6 m² plochy kolektoru a 80 l objemu zásobníku při jeho využívání k ohřevu TV.

Schémata kombinovaného systému na ohřev TV s využitím solárního kolektoru, dalšího zdroje tepla (plynový kotel, elektrické topné těleso) a solárního okruhu s podporou vytápění jsou vyobrazena v kapitole 4.3.



Obrázek 50 | Solární kolektory umístěné na budově FEL ZČU v Plzni

Zapojení solárního předehřevu jen pro ohřev TV je samozřejmě také možné předřazením akumulačního zásobníku ke stávajícímu bojleru (viz **obrázek 55**).

g] Integrované zásobníky tepla

Příkladem řešení energetických požadavků na vytápění a současnou přípravu TV komplexnějším přístupem je použití integrovaného zásobníku tepla. Akumulační zásobníky o objemu 300–1 000 litrů obsahující vodu (ta je nejvýhodnější teplotonosnou kapalinou pro uchovávání energie s ohledem na velkou tepelnou kapacitu), která se „nabíjí“ ze všech aktuálně provozovaných zdrojů tepla v domácnosti. V zásobníku se akumulují „tepelné přebytky“, jež aktuálně nevyužijeme, na pozdější čas. Vybíjení tisícilitrového zásobníku v domě s tepelnou ztrátou 10 kW trvá podle venkovní teploty od 5 do 40 hodin. Do systému je možno zapojit kromě solárních kolektorů také tepelné čerpadlo, plynový kotel či kotel na pelety a „elektrickou patronu“ či krb s výměníkem jako doplňkový zdroj energie. Systémy pracují tak, aby nabily zásobník a poté se odstavily. Veškeré potřeby na ohřev TV a vytápění jsou hrazeny právě z akumulační nádoby do doby, než klesne její teplota pod stanovenou úroveň, kdy se opět sepnou zdroje tepla podle toho, u kterého je aktuálně nejvýhodnější provoz.

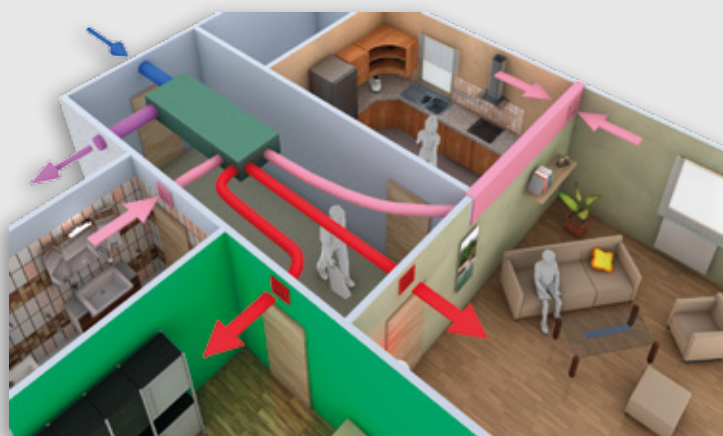
Důležitá je kvalitní a dostatečná tepelná izolace integrovaného zásobníku, aby dosahoval co nejvyšší účinnosti a neměl vysoké tepelné ztráty, které by znehodnocovaly energii vyrobenou jiným, třeba velmi efektivním zdrojem. Schematický příklad integrovaného zásobníku tepla je například na **obrázku 63**.

Ve starší výstavbě byla výměna vzduchu realizována pasivně netěsnostmi v konstrukci, prostřednictvím spár a díky nedoléhavosti oken. U zatepleného domu jsou tyto faktory eliminovány úpravou obálky budovy a výměnou oken za okna tepelně izolační s vysokou spárovou těsností, což vede ke značné úspoře tepla. Výsledkem zateplení obálky je pak nejen úspora tepla, ale také nedostatečná výměna vzduchu, a tedy i hromadění škodlivin (např. látky uvolňující se z nábytku) a vlhkosti obsažené ve vzduchu. Důsledkem je horší vnitřní klima objektu, a tedy i vyšší únava obyvatel, ale hlavně zvýšené riziko vzniku plísní v místech kondenzace vzdušné vlhkosti. Řešením může být využívání mikroventilací moderních oken, instalace vzduchotechniky, provoz digestoře nebo časté větrání – doporučuje se výměna vzduchu o objemu 20–30 m³ na 1 osobu každou hodinu. Hlavně v zimě je lépe větrat méně často, ale intenzivně a krátce, aby se nám neochlazovaly vyhřáté stěny. Nevýhodou tohoto větrání je však únik tepla, který je v budovách s nízkou potřebou tepla na vytápění velmi zásadní a může činit až 50 % všech tepelných ztrát.

Z tohoto důvodu se, především u pasivních domů, snažíme získat teplo z odváděného vzduchu zpět a pokud možno ho předávat čerstvému vzduchu zvenčí takzvanou rekuperací tepla (zpětným získáváním tepla). Ta vyžaduje přítomnost vzduchotechnické jednotky zajišťující nucený oběh vzduchu s výměníkem tepla. Kromě zmiňovaného získávání tepla z „odpadního vzduchu“ je výhodou těchto systémů hlavně možnost regulace mikroklimatických podmínek jednotlivých místností, filtrace (vhodné zvláště pro alergie) a úprava vlhkostních parametrů čerstvého vzduchu. Rozličných systémů rekuperace je mnoho – od jednoduchých výměníků s teplosměnnou plochou a účinností 60–80 % až po využívání akumulčních hmot s účinností cca 85 %.

Pro úplnost je třeba doplnit, že pasivní domy jsou řešeny jako maximálně vzduchotěsné a větrací jednotka se zpětným získáváním tepla je zde pravidlem.

Komplexní přístup k ventilaci lze realizovat **centrální větrací jednotkou**, která může být propojena se zemním registrem, který pomáhá přiváděný vzduch v zimě předehřívat a naopak v létě ochlazovat. U pasivních staveb je možné dohřívat přiváděný větrací vzduch, a plně tak pokrýt tepelné potřeby celého objektu. Stavebně je tento systém poněkud náročnější, a proto se v rámci rekonstrukce buduje spíše ve výjimečných případech. Systémů je na trhu velmi mnoho, a proto je při výběru třeba dát pozor na to, jaký prostor bude po instalaci zabírat a zda umožňuje svislé i vodorovné instalace. Velkou roli hraje také počet výkonových stupňů, na kterých je systém schopen pracovat, přítomnost protiproudého výměníku a jednoduchost odvodu kondenzátu. Opomenout nelze také schopnost programování času a výkonu sepnutí (programovaná regulace) a v neposlední řadě je třeba při výběru dát pozor také na hlučnost. Vzduch je u centrálních jednotek odsáván zejména z kuchyní a toalet (koupelen) a upravený čerstvý vháněn do obývacích místností, pracoven a ložnic. Strojní jednotka je většinou na půdách, v technické místnosti či ve sklepě.

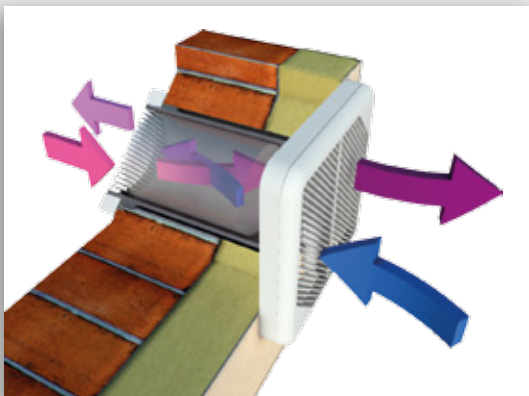


Obrázek 51 | Větrací jednotka s rekuperací tepla umístěná v pohledu přístupové chodby

Pro rekonstruované domy lze doporučit systém s hlavní jednotkou např. v chodbě, kdy obsluhuje exponované místnosti v okolí.

Jinou alternativou je řízený větrací systém obsahující soustavu decentrálních větracích jednotek. Tyto jednotky střídavě mění směr proudění vzduchu (režim nasávání a odtahu). Ve fázi nasávání využívají teplo z odpadního vzduchu naakumulované v jednotce během režimu odtahu.

Další možností jsou malé lokální rekuperační jednotky umístěné v jednotlivých místnostech. Jejich výhodou je individuální regulace každé místnosti zvlášť a úspora prostoru. V některých případech však může nastat problém s hlučností.



Obrázek 52 | Princip lokální stěnové větrací jednotky s rekuperací tepla



Obrázek 53 | Lokální stěnová větrací jednotka s rekuperací tepla. Zdroj: Regulus

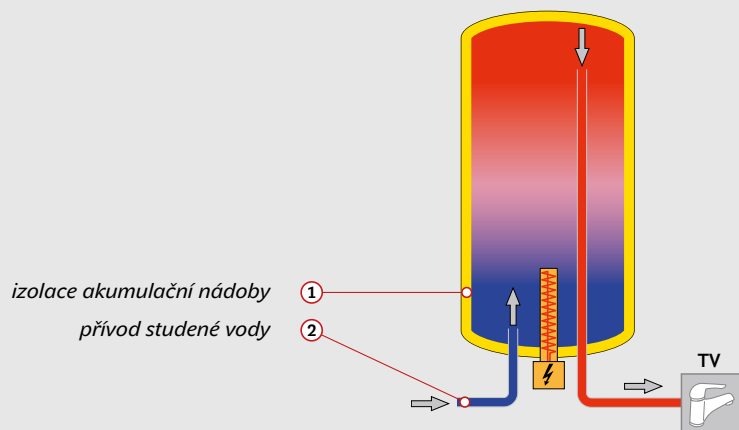
Pozn.: Pro správnou funkci lokálních větracích jednotek s rekuperací tepla by nasávací a výfukové otvory měly být od sebe vzdáleny alespoň 1,5 m. Tuto podmínku bohužel řada výrobců větracích jednotek zatím nerespektuje.

4.3 Příklady realizace systémů vytápění a ohřevu teplé vody

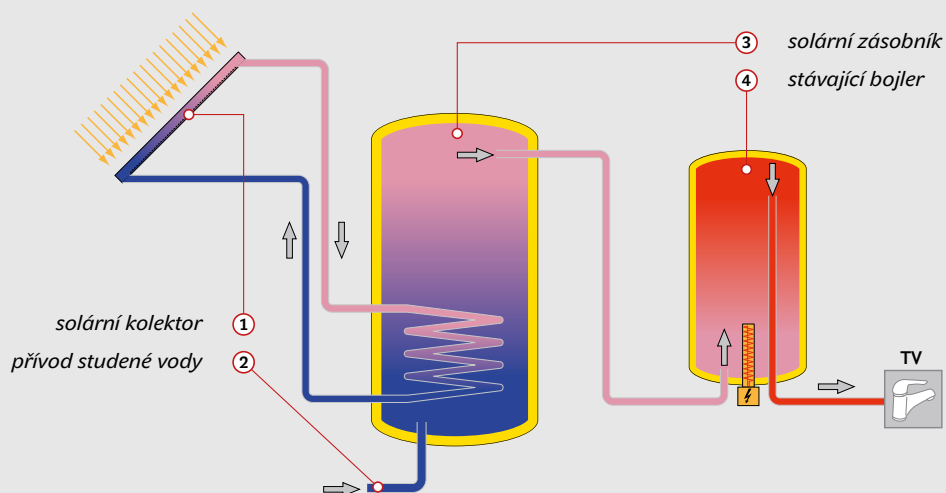
a] Obecná legenda

	kotel na kusové dřevo		teplovodní (vysokoteplotní) radiátor		elektrické topné těleso (doplňkový elektrokotel)
	kotel na pelety		nízkoteplotní radiátor		průtokový ohřivač (plynový či elektrický)
	plynový kotel		podlahové (stěnové) vytápění		odběr teplé vody (TV)
	krbová vložka (krbová kamna) na kusové dřevo nebo pelety		lokální elektrické topidlo		
	tepelné čerpadlo		topný žebřík s elektrickými doohřevem		

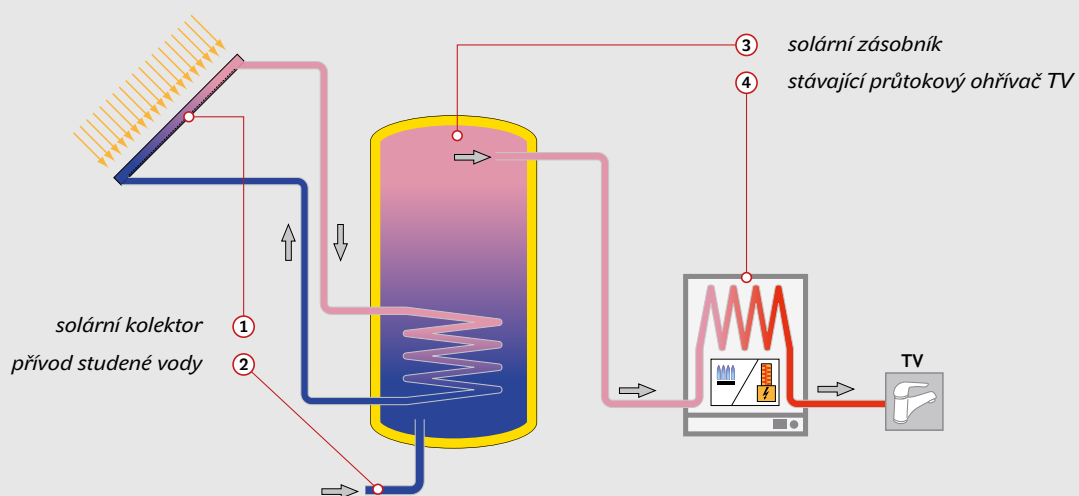
V systémech vytápění je na schématech vpravo u otopné soustavy vždy uveden ten typ zdroje tepla, který se k provozování otopné soustavy využívá.



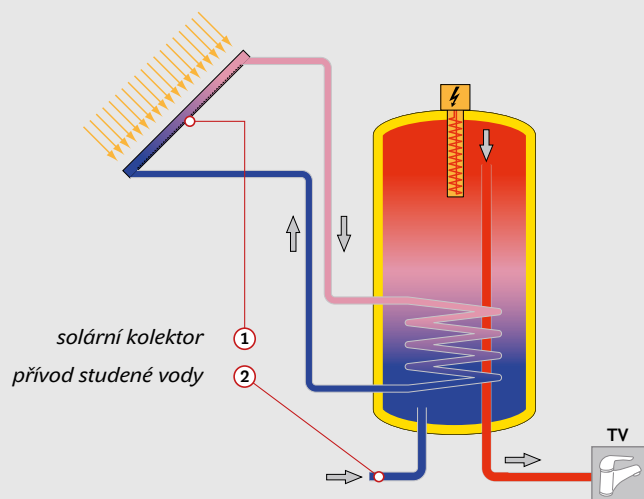
Obrázek 54 | Schéma principu klasického elektrického akumulčního ohřivače („bojleru“)



Obrázek 55 | Schéma principu solárního předehřevu předřazeného před elektrický akumulční ohřivač („bojler“)

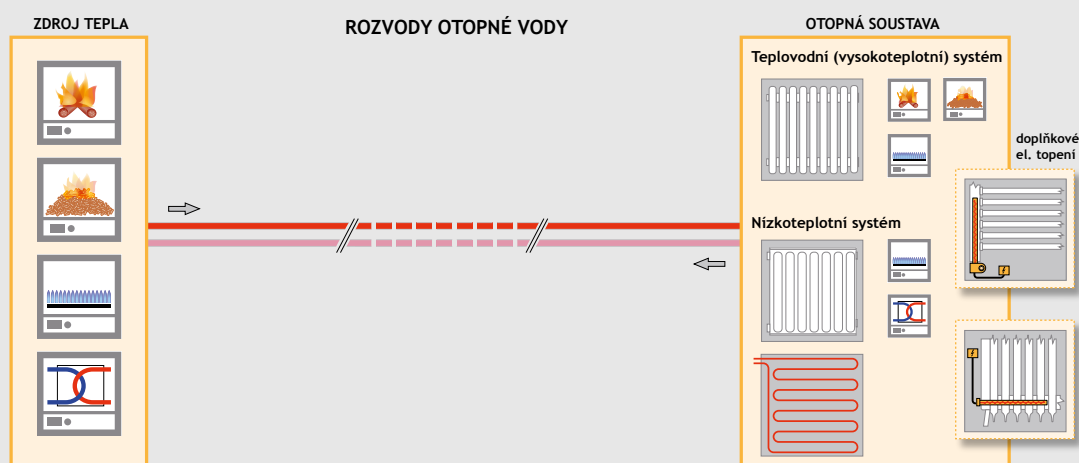


Obrázek 56 | Schéma principu solárního předehřevu předřazeného před průtokový ohřivač

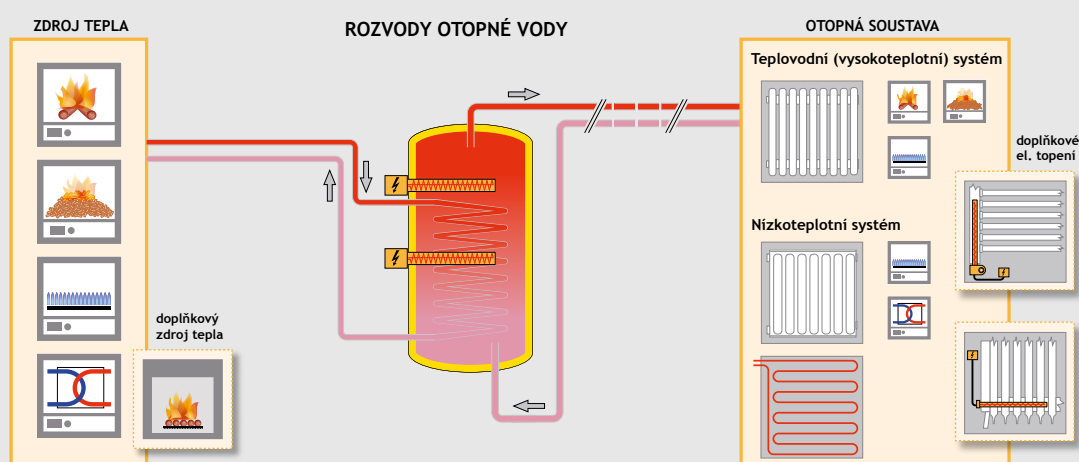


Obrázek 57 | Schéma principu solárního zásobníku s integrovaným dohřevem teplé vody

c] Způsoby samostatného vytápění

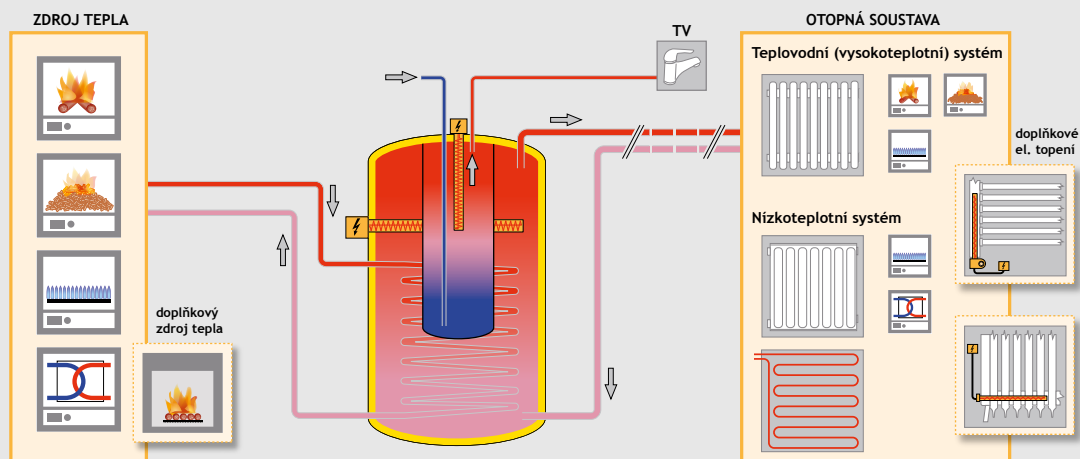


Obrázek 58 | Schéma vytápění – zdroj tepla přímo obsluhuje otopnou soustavu



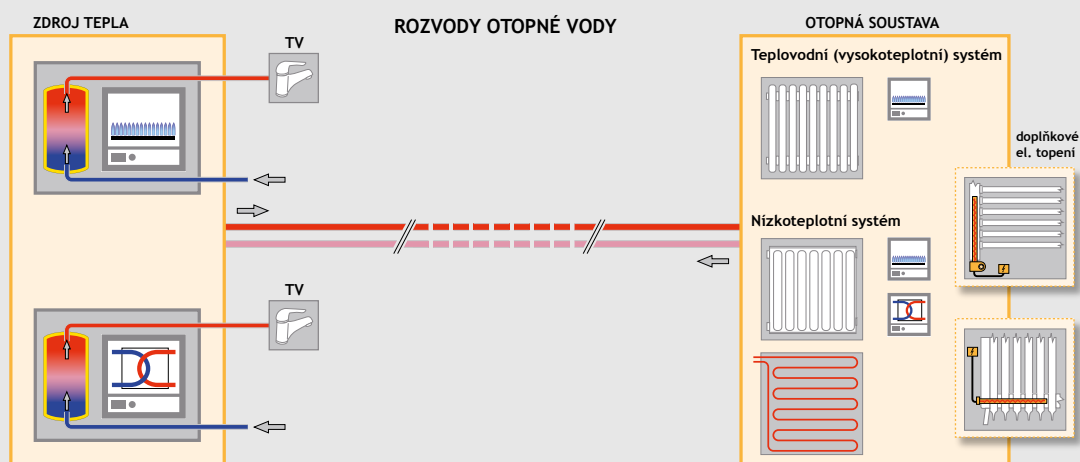
Obrázek 59 | Schéma vytápění s akumulčním zásobníkem

Zdroj(e) tepla natápí akumulční zásobník (s doplňkovým/nouzovým elektroohřevem), ze kterého jsou hrazeny požadavky otopné soustavy.



Obrázek 60 | Schéma integrovaného vytápění a přípravy teplé vody

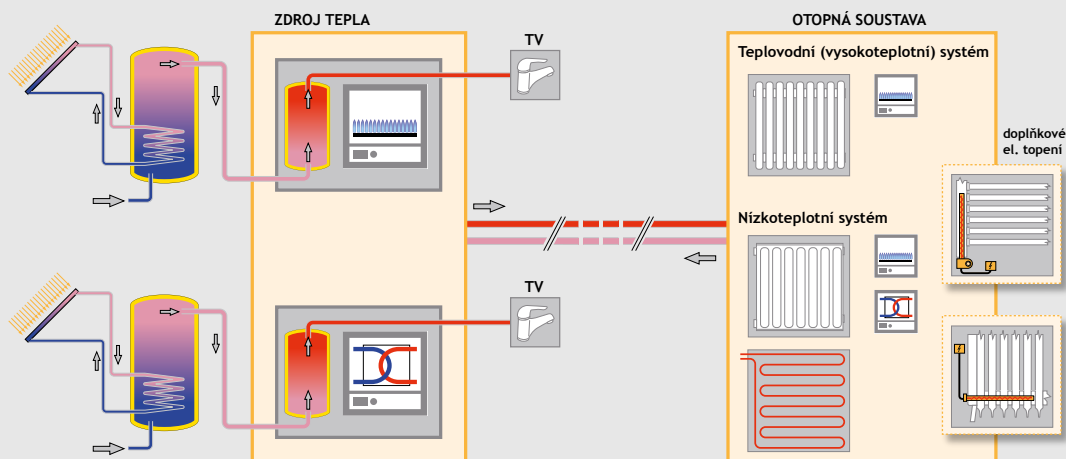
Zdroj(e) tepla natápí akumulční zásobník (s doplňkovým/nouzovým elektroohřevem), ze kterého jsou hrazeny požadavky otopné soustavy. V akumulčním zásobníku je navíc integrována nádrž na ohřev TV (variantou k této nádrži je průtokový ohřev TV spirálou v akumulčním zásobníku).



Obrázek 61 | Schéma vytápění s integrovanou přípravou teplé vody zdrojem tepla

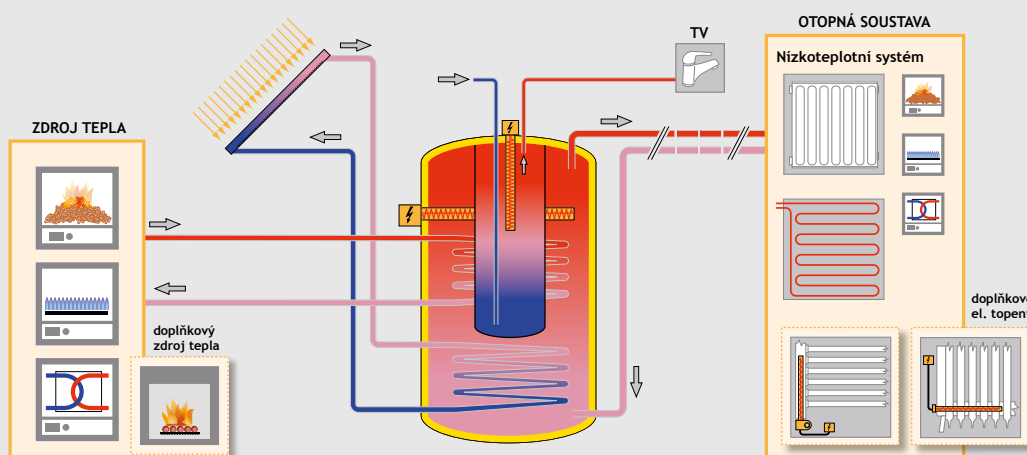
Zdroj tepla přímo obsluhuje otopnou soustavu. Ve zdroji tepla je současně integrován zásobník na přípravu teplé vody.

e] Způsoby vytápění a přípravy teplé vody se začleněním solárních kolektorů



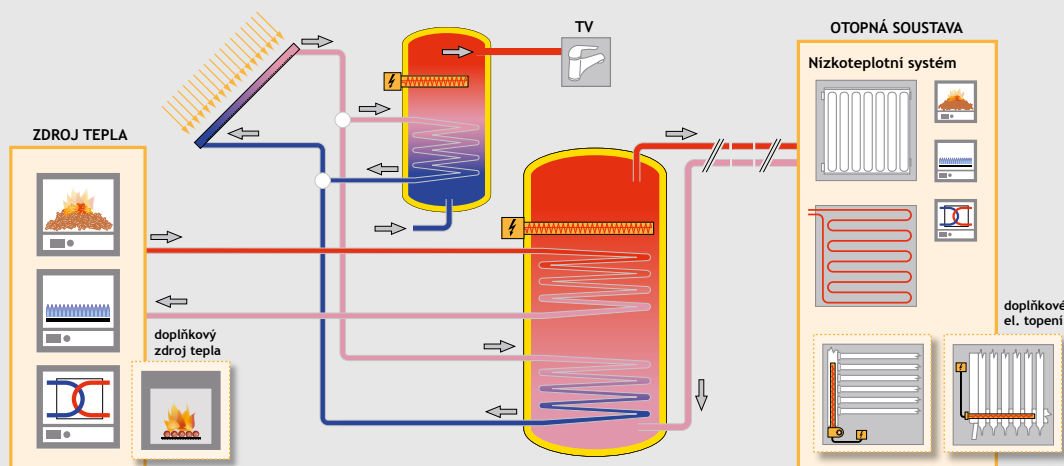
Obrázek 62 | Schéma vytápění s integrovanou přípravou teplé vody zdrojem tepla, ke které je předřazen solární zásobník

Solární kolektory natáčí solární zásobník, který předeřívá vodu určenou k dohřevu ve zdroji tepla. Zdroj tepla zároveň přímo obsluhuje otopnou soustavu.



Obrázek 63 | Schéma vytápění a přípravy teplé vody s využitím integrovaného zásobníku tepla

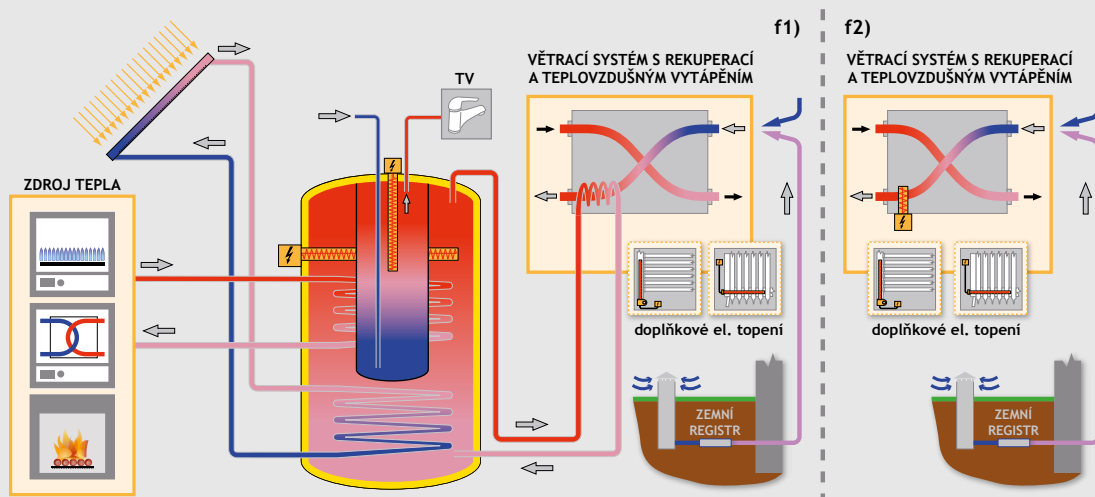
Integrovaný zásobník tepla (akumulační zásobník) je předeříván solárními kolektory a dotápěn klasickým zdrojem tepla. Zároveň obsahuje doplňkový (nouzový) elektroohřev v integrovaném zásobníku a nádrž na přípravu TV (variantou k této nádrži je průtokový ohřev TV spirálou v integrovaném zásobníku). Z integrovaného zásobníku je odebíráno teplo do otopné soustavy.



Obrázek 64 | Schéma vytápění a přípravy teplé vody s využitím separátních zásobníků

Tento systém zabezpečuje dodávku tepla otopné soustavě obdobně jako na předcházejícím obrázku (obrázek 63). Solární předehřev však pružně přepouští teplo do toho akumulčního zásobníku, který to v danou chvíli nejvíce vyžaduje (teplá voda či vytápění).

f) Příklad řešení systému vytápění a ohřevu TV u staveb s velmi nízkou potřebou energie



Obrázek 65 | Schéma teplovzdušného vytápění a přípravy teplé vody s využitím větrací jednotky s rekuperací tepla a dohřevem vzduchu

Zdroje tepla v systému f1) natápí integrovaný zásobník tepla, který zároveň zabezpečuje dodávku teplé vody (nádrží nebo průtokovou spirálou v integrovaném zásobníku). Předehřev otopné vody může být dále zajištěn solárními kolektory. Odpadní větrací vzduch předává teplo v rekuperační jednotce čerstvému, a tím ho předehřívá. Jeho dohřev je realizován výměníkem natápeným z integrovaného zásobníku. Systém lze doplnit o předehřev čerstvého vzduchu ze zemního registru, případně o lokální elektrická topidla. V systému f2) je dohřev vzduchu realizován elektrickou spirálou. Teplá voda se v takovém případě připravuje separátně (viz schémata v kapitole 4.3b).

4.4 Další možnosti úspor

Potřeba tepla na vytápění a ohřev vody je u starší zástavby zásadní. Jejím snížením docílíme značných úspor, a zároveň tím dojde ke zvýšení procentuálního podílu potřeby energie na ostatní provoz domu. Například podíl potřeby energie na provoz spotřebičů a osvětlení se pak zvýší z původních v průměru 15 % až na 50 % u pasivních staveb!

V kategorii **velké domácí spotřebiče**, jako je například chladnička, mraznička, elektrický sporák (varné desky, el. trouba), pračka a sušička, je dobré se řídit takzvaným energetickým štítkem. Ten byl zaveden zákonem o hospodaření energií v roce 2000 a ukládá povinnost označit některé spotřebiče štítkem, který stručně a výstižně vypovídá o jejich spotřebě, účinnosti a dalších důležitých parametrech podle typu výrobku (např. hlučnosti). Tím, že se při výběru spotřebičů budete kromě estetické vizáže, komfortu ovládání a životnosti výrobku zaměřovat také na jeho energetickou náročnost a svůj výběr směřovat mezi produkty s označením A, A+ či dokonce A++ (tedy velmi úsporné), rozhodně nic nezkažíte. Rady typu „vařte s pokličkou, perte s plným bubnem a rozmrazujte pravidelně“ jsou nad rámec této publikace a jistě se o nich dočtete v jiných publikacích, na internetu či v poradenských střediscích. Důrazně však varujeme před neobjektivními zdroji informací majícími za cíl zlákat spotřebitele k nákupu produktu konkrétní značky. To se samozřejmě týká nejen výběru elektrických spotřebičů.

Menší elektrospotřebiče (TV, DVD, kancelářská technika, audio systémy, některé lampičky atp.), které mají integrovaný transformátor umístěný ještě před vypínačem přístroje, se mohou „pochlubit“ jistou spotřebou, i když jsou zdánlivě vypnuty (Stand-by režim). Jedná se vesměs o výrobky s dálkovým ovladačem a rada, jak eliminovat tyto ztráty je jednoduchá – vypínat je hlavním vypínačem (který většinou bohužel nemají) anebo vypínačem umístěným na zásuvkové liště prodlužovacího kabelu. Zvláštní kategorií je **výpočetní technika**. Využívá ji téměř každá domácnost a v souvislosti se stále rostoucími výkonnějšími součástmi roste i potřeba výkonnějších zdrojů a celkový příkon počítače tak může včetně periférií přesáhnout i 400 W. Naštěstí LCD obrazovky a řada komponent opatřených logem „Energy Star“ jsou vyvíjeny i s ohledem na co nejnižší spotřebu. Pohotovostní režim („Stand-by“) má příkon v průměru od 1 W až po 20 W u některých počítačových sestav. Abychom byli objektivní, je třeba zmínit, že někteří výrobci už své výrobky koncipují tak, aby jejich „spotřeba ve vypnutém stavu“ byla pod 1 W.

Další důležitou složkou spotřeby energie v domácnosti je **osvětlení**. Význam tohoto segmentu roste opět s úrovní energetické náročnosti celé budovy. Zatímco u klasického objektu se osvětlení podílí na spotřebě energie zhruba ze 3 %, u NED a pasivních budov se může jednat řádově o 20 % (podle typu osvětlovací soustavy). Roli hraje nejen systém regulace, ale hlavně efektivita a spotřeba zdrojů světla. Ostatně se není čemu divit, když klasické žárovky s energetickou třídou E a horší přeměňují elektrickou energii na světelnou jen s účinností kolem 5 %, zbytek energie se přeměňuje v teplo, a to ocení snad jen teraristé využívající klasické levné žárovky k ohřívání příbytků jejich studenokrevných mazlíčků.

Tato problematika se začíná v poslední době řešit i restriktivně a vyústila v platnost evropské směrnice zakazující od září 2009 prodej matných žárovek na síťové napětí. Úprava prodeje se týká i dalších druhů (viz následující tabulka).

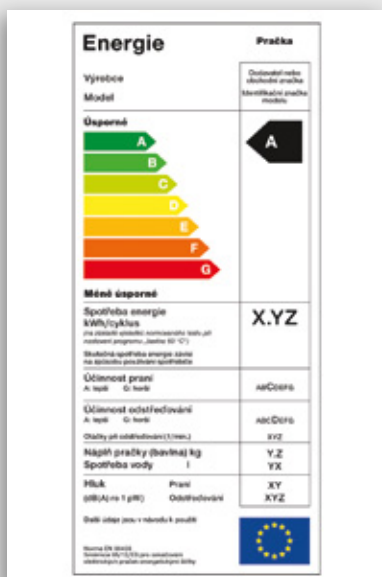
IX 2009	IX 2010	IX 2011	IX 2012	IX 2013	IX 2014	IX 2015	IX 2016
100 W	75 W	60 W	15 W	klasické žárovky již nebudou povoleny			

Tabulka 32 | Harmonogram zákazu prodeje klasických čirých žárovek podle jejich příkonu.

Není se však čeho obávat. Alternativních výrobků v energetické třídě A–C je na trhu více než dost. Pro srovnání: klasická 100 W žárovka má měrný výkon 14 lm/W a životnost 1 000 hodin, halogenová pak měrný výkon 16–20 lm/W s životností 2–3 tisíce hodin. Naproti tomu kompaktní zářivky patří k velmi účinným zdrojům, jelikož spotřebují 15–25 % energie oproti klasické žárovce při měrném výkonu 40–106 lm/W. Jejich nevýhodou je pomalejší náběh na plný výkon. Nejen díky životnosti kolem 6 000–15 000 hodin se těší kompaktní zářivky stále větší oblibě. K dostání jsou v provedení se závitem E24 i E14 (jako klasické žárovky), s měrným výkonem 19–62 lm/W při spotřebě 3–26 W.

spotřeba klasické žárovky [W]	15	25	40	60	75	100	120
ekvivalent spotřeby úsporné zářivky [W]	3	5	9	11	15	20	23–25

Tabulka 33 | Orientační přepočty příkonu klasických žárovek a úsporných „kompaktek“ při stejném světelném výkonu



Obrázek 66 | Energetický štítek pračky



Obrázek 67 | Příklad moderní kompaktní zářivky



Z praktického hlediska je třeba při výběru zohlednit tvar zářivek (aby se nám do osvětlovacího tělesa vešly – klasické, svíčkové, kruhové), ale také barevné podání světla, které produkují. Teplé bílé světlo je podobné klasické žárovce, má teplotu chromatičnosti (barevný odstín) 2 700 kelvinů (K) a typové označení 827. Využíváme jej například v obývacích pokojích. Chladnější bílá o 4 000 K s označením 830 či 840 nebo chladnější bílá podobná dennímu světlu o 6 000 K s označením 860 či 864 se hodí spíše do pracovních prostorů (kuchyně, pracovny). Setkat se můžeme také s nafialovělou barvou „planta“ o 10 000 K určenou především k osvětlení rostlin a akvárií.

Je třeba upozornit, že trh je zaplaven různými úspornými zářivkami za cenu kolem 30–80 Kč/kus. Mnohdy tyto „kompakty“ vůbec neodpovídají údajům na obalu a jejich životnost silně závisí na počtu sepnutí a vypnutí podle kvality obsažené elektroniky. Často nepodávají kvalitní světlo, a v některých případech dokonce ruší i příjem TV či radiopřijímače.

Posledním moderním typem osvětlení, který se začíná hojně využívat, jsou světla na bázi LED technologie. Bílá „LEDka“ dosahuje měrného výkonu kolem 70 lm/W (výhledově až 150 lm/W) a vyznačuje se velice nízkou spotřebou a obrovskou životností bez ohledu na počet sepnutí. LED světelné zdroje se vyrábějí s variabilním podáním barev za relativně příznivou cenu. Před koupí je dobré zaměřit se na svítivost – vždy musíme dodavatele seznámit s tím, jaký prostor hodláme osvětlovat a kolik světla očekáváme. Problémem může být také úhel osvětlení, který je u této technologie omezený. Lehce se však odstraní vhodnou volbou odrazné plochy osvětlovacího tělesa. LED diody s dostatečným výkonem se také hodí jako alternativa klasických žárovek v místnostech, kde se často rozsvěcuje a zhasíná.

Vhodnou obměnou za úsporné spotřebiče lze ušetřit až 50 % v porovnání se spotřebou zastaralých spotřebičů. U mnohých spotřebičů ovlivňuje jejich energetickou náročnost také prostředí ve kterém jsou umístěny (např. lednička by měla být v chladnějších místnostech). Zaměřit bychom se měli rovněž na optimální využití kapacity spotřebiče (myčky, pračky, trouby).

Závěrem několik stručných informací o ekologickém **hospodaření s vodou**. Pravda, s energetickou účinností to souvisí jen okrajově, ale do konceptu nízkoenergetického a ekologického standardu to bezesporu patří. Při rekonstrukcích lze totiž velmi snadno uzpůsobit svody okapů přes filtrační mechanismus do nádrže s přepadem, odkud můžeme srážkovou vodu využívat k zalévání zahrádky, mytí auta a v důmyslnějších systémech i ke splachování toalet a praní prádla. Až 60 % spotřeby pitné vody v domácnosti lze nahradit užitkovou vodou! Bezešvé plastové jímky zakopávané pod zem se běžně vyrábějí o objemu 2–9 m³, u větších objemů se využívají svařované či betonové nádrže. Cena nádrže o objemu 1 m³ je cca 500 až 2 000 Kč. Svépomocí vyrobený systém s neintegrováním odčerpáváním vody vyjde na několik tisíc Kč, důmyslný systém s rozvody může vyjít např. na 70 000 Kč, což nahrává skeptikům ohledně ekonomické návratnosti celého systému. Je však třeba počítat s tím, že průměrná cena 50 Kč za 1 m³ pitné vody není zdaleka konečná a jistě se v budoucnu dá čekat její radikální nárůst.

Věříme, že uvedené příklady řešení oceníte a budou ku prospěchu nejen vašim peněženkám, ale také životnímu prostředí. Znovu je třeba poznamenat, že energetické systémy i stavební řešení jsou individuální záležitostí a každý projekt je nutné konzultovat s odborníkem, který zohlední všechny možné aspekty a navrhne ideální řešení. Nezapomínejte prosím také na své návyky ve smyslu spotřebitelského chování vůči všem typům energií. Tato opatření vás nic nestojí a přinášejí nemalé úspory! Ostatně – nejlevnější energií zůstává stále ta, kterou není třeba vyrobit...

5. Použité a doporučené zdroje informací

- **BALÍK, Michael, et al.** *Odvlhčování staveb*. Praha: Grada, 2008.
- **BLAHA, Martin, BUKOVSKÝ, Ladislav.** *Prevence a odstraňování vlhkosti*. Brno: ERA, 2004.
- **Česká energetická agentura a Regionální energetické centrum, o.p.s.** *Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie*. Valašské Meziříčí: Regionální energetické centrum, o.p.s., 2006.
- **DUFKA, Jaroslav.** *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Praha: Grada, 2007.
- **DUFKA, Jaroslav.** *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Praha: Grada, 2007.
- **DUFKA, Jaroslav.** *Větrání a klimatizace domů a bytů*. Praha: Grada, 2005.
- **HŮLKA, Ctibor.** *Kutnar - Šikmé střechy: Skladby a detaily*. Praha: Dektrade a.s., 2009.
- **CHMÚRNÝ, Ivan.** *Tepelná ochrana budov*. Bratislava: Jaga, 2003.
- **JOKL, Miloslav.** *Přirození klimatizace*. Brno: ERA, 2004.
- **KUŽELA, Martin.** *Zdi vnější a vnitřní*. Brno: ERA, 2006.
- **LAXA, Václav.** *Energetická bilance budov a její posouzení v rámci průkazu energetické náročnosti budovy*. Plzeň: 2009. Diplomová práce.
- **MOTYKOVÁ, Adela.** *Okna: správná řešení pro novostavby i rekonstrukce*. Praha: Grada, 2008.
- **NAGY, Eugen.** *Nízkoenergetický ekologický dům*. Bratislava: Jaga, 2002.
- **POČINKOVÁ, Marcela, ČUPROVÁ, Danuše.** *Úsporný dům*. Brno: ERA, 2008.
- **POČINKOVÁ, Marcela, TREUOVÁ, Lea.** *Vytápění*. Brno: ERA, 2002.
- **PREGIZER Dieter.** *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada, 2009.
- **PREGIZER, Dieter.** *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada, 2009.
- **ŘEHÁNEK, Jaroslav, et al.** *Tepelně-technické a energetické vlastnosti budov*. Praha: Grada, 2002.
- **SMOLA, Josef.** *Stavba rodinného domu krok za krokem*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007. 400 s. ISBN 978-80-247-2148-4.
- **SRDEČNÝ, Karel, MACHOLDA, F.** *Úspory energie v domě*. Praha: Grada Publishing, 2004.
- **SRDEČNÝ, Karel.** *Energeticky soběstačný dům: realita či fikce?*. Brno: ERA, 2007.
- **ŠÁLA, Jiří, MACHATKA, Milan.** *Zateplování v praxi*. Praha: Grada, 2002.
- **ŠUBRT, Roman.** *Tepelné izolace: v otázkách a odpovědích*. Praha: BEN, 2008.
- **ŠUBRT, Roman.** *Tepelné izolace domů a bytů*. Praha: Grada, 1998.
- **ŠUBRT, Roman.** *Zateplování*. Brno: ERA, 2008.
- **TINTĚRA, Ladislav.** *Úspory energie v domácnosti*. Brno: ERA, 2004.
- **TYWONIAK, Jan, et al.** *Nízkoenergetické domy 2: Principy a příklady*. Praha: Grada, 2008.
- **TYWONIAK, Jan.** *Nízkoenergetické domy: Principy a příklady*. Praha: Grada, 2005.
- **VAVERKA, Jiří, et al.** *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: Vutium, 2006.
- **ČSN 730540.** *Tepelná ochrana budov*. Praha: Český normalizační institut, 2005 (2007).
- **TNI 73 0329.** *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- **TNI 73 0330.** *Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

www.envic-sdruzeni.cz
www.imaterialy.cz
www.lepebydlet.cz/stavebnictvi
www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/informacni-listy
www.stavebnictvi3000.cz
www.tzb-info.cz

Dotační tituly pro oblast snižování energetické náročnosti budov lze vyhledat na stránkách:

- Státního fondu životního prostředí ČR: www.sfzp.cz
- Informačního portálu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR: www.mpo-efekt.cz
- Ministerstva životního prostředí ČR: www.mzp.cz

Ing. Václav Laxa, Václav Šváb

Rekonstrukce domu na nízkoenergetický standard
Praktická řešení

Vydavatel: ENVIC, občanské sdružení

Prešovská 8, 301 00 Plzeň | www.envic-sdruzeni.cz

Oponentní posudek: Lubomír Klobušník, ECČB

Grafická úprava a zlom: Hana Lehmannová (hanja.eu)

Grafy a schémata: Ing. Michal Petran

Tisk: Tiskárna Bílý slon

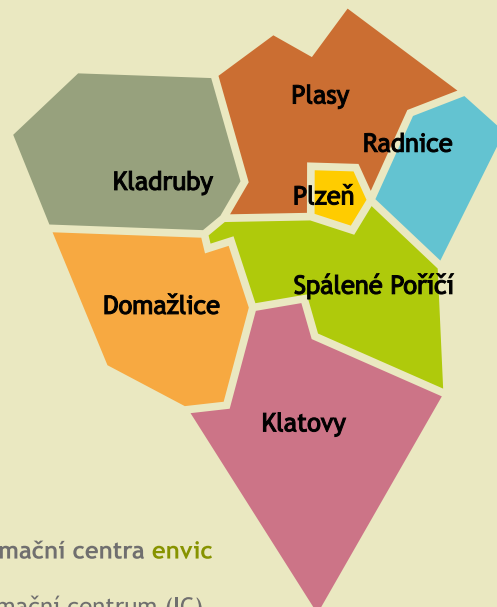
Plzeň 2009, 1. vydání

Náklad: 2 000 ks

Publikace byla zpracována za finanční podpory Státního programu
na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů
energie pro rok 2009 – část A – Program EFEKT

Vytištěno na recyklovaném papíru.

- Sít' **envic** spojuje informační centra v Plzeňském kraji, poskytující informace v oblasti životního prostředí, péče o přírodu a krajinu apod. Jejich pracovníci se pravidelně setkávají a předávají si své poznatky a zkušenosti, aby odpovědi, které Vám dávají, byly co nejpřesnější.



Dva hlavní pilíře činnosti sítě **envic**

- informační a poradenská činnost v problematice životního prostředí
- vzdělávání v hlavních tématech životního prostředí

Čím se vyznačuje sít' **envic**

- je postavena na profesionálním zázemí
- našimi partnery jsou organizace, které jsou odbornými garanty naší činnosti
- sít' znamená, že střediska jsou propojena a probíhá mezi nimi výměna všech důležitých informací pro jejich činnost
- pracovníci informačních center mají vstřícný přístup k návštěvníkům

Proč je tu sít' **envic**

- informační centra podávají důležité informace o prostředí, ve kterém žijeme a které má bezprostřední vliv na kvalitu našeho života a na naše zdraví

Zdravé životní prostředí je důležité pro důstojný a kvalitní život.

Navštivte některou z našich akcí

- vyberte si v **kalendáři akcí** na www.envic.cz akci, která Vás zajímá

Energetika staveb a OZE

Poradenská a projektová činnost Informačního centra Plzeň

- energetika staveb
- řešení úspor energie domácností
- obnovitelné zdroje energie
- poradenské centrum pro Operační program Životního prostředí

Informační centra **envic**

Informační centrum (IC) sítě **envic** najdete v každém okrese Plzeňského kraje. Na mapce si můžete vybrat, které IC je Vám nejbližší:

- IC Plzeň
Prešovská 8, 301 00 Plzeň
t | 377 220 323
e | ic.plzen@envic.cz
provozuje | ENVIC, o.s.
- IC Domažlice
t | 737 566 127
e | ic.domazlice@envic.cz
provozuje | ZO ČSOP Libosváry
- IC Kladruby
Husova 6, Kladruby, 349 01 pošta Stříbro
t | 373 721 003
e | ic.kladruby@envic.cz
provozuje | Ekocentrum Tymián
- IC Klatovy
Střední škola zemědělská a potravinářská
Národních mučedníků 141, 339 01 Klatovy
t | 602 133 880
e | ic.klatovy@envic.cz
provozuje | Uhlava, o.p.s.
- IC Plasy
Klášter Plasy, Plzeňská 2, 331 01 Plasy
t | 774 454 557 | 774 454 558
e | ic.plasy@envic.cz
provozuje | DDM Radovánek, Kaznějov
- IC Radnice
Na Potocích 221, 338 28 Radnice
t | 371 785 085 | 724 077 208
e | ic.radnice@envic.cz
provozuje | ZO ČSOP Radnice
- IC Spálené Poříčí
Plzeňská 55, 335 61 Spálené Poříčí
t | 371 594 842 | 724 759 455 | 724 139 381
e | ic.porici@envic.cz
provozuje | ZO ČSOP Spálené Poříčí