05

Úspora energie ve stavebnictví

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Publikace vznikla v rámci projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost Zelený most mezi školou a praxí – environmentální vzdělávací moduly pro trvale udržitelný rozvoj, registrační číslo CZ.1.07/1.1.00/14.0153, který realizuje Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670 ve spolupráci s těmito partnery:

- Vyšší odborná škola a Střední zemědělská škola, Tábor, náměstí T. G. Masaryka 788
- Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Hradec Králové, Hradební 1029
- Střední odborná škola energetická a stavební, Obchodní akademie a Střední zdravotnická škola, Chomutov, příspěvková organizace, Na Průhoně 4800
- Masarykova střední škola, Letovice, Tyršova 500
- Střední škola – Centrum odborné přípravy technické, Kroměříž, Nábělkova 539
- Integrovaná střední škola technická, Benešov, Černoleská 1997

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
Více informací o projektu na jdete na www.zelenymost.cz.

ÚSPORA ENERGIE VE STAVEBNICTVÍ

Autorský tým:
Ing. Jan Charypar (3.2.1, 3.2.2, 3.4.3, 6.1)
Ing. Zdeněk Lanz (2, 3.1, 3.4.2, 3.4.6)
Ing. Lenka Polanková (3.4.1, 3.4.4, 3.4.5)
Ing. Soňa Stachová (4, 5, 6.2)

Editor: Ing. Marcel Gause
Metodická pomoc: RNDr., PhDr. Danuše Kvasničková, CSc.
Obálka a grafická úprava: Quo-ST, spol. s r.o.
Tisk: FINAL EXIT tisková produkce

Text neprošel jazykovou úpravou

Vydala Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670
Tábor 2013

Úspora energie ve stavebnictví

SPŠ
TÁBOR

Obsah

1	**Úvod**	6
2	**Legislativa**	9
3	**Energeticky úsporné budovy**	11
3.1	Základní rozdělení energeticky úsporných budov	12
3.1.1	Energetické vlastnosti budov jako výsledek celkové koncepce	13
3.1.2	Historie	15
3.2	Základy stavebně fyzikálních výpočtů	16
3.2.1	Přehled základních stavebně fyzikálních parametrů a vztahů	16
3.2.2	Základy stavebně fyzikálních výpočtů a zásad - difúze vodních par, rosný bod a jeho následky	18
3.3	Stavební materiály pro energeticky úsporné budovy včetně materiálů na bázi obnovitelných zdrojů surovin	20
3.4	Stavební konstrukce pro energeticky úsporné budovy	22
3.4.1	Obvodové konstrukce u nízkoenergetických a pasivních objektů	
3.4.2	Výplně otvorů – okna, dveře, prosklené plochy	27
3.4.2.1	Požadavky	27
3.4.2.2	Tepelně technické veličiny	28
3.4.2.3	Materiál	29
3.4.3	Střechy	30
3.4.3.1	Zelené střešní pláště	32
3.4.3.2	Šikmé střechy	34
3.4.3.3	Ploché střechy	36
3.4.4	Další konstrukce a detaily	39
3.4.4.1	Omezení tepelných mostů	39
3.4.4.2	Stínění [A11, A28]	42
3.4.5	Dřevostavby	43
3.4.6	Další způsoby získávání tepla	47
4	**Výpočet tepelných ztrát budov a posouzení jejich energetické náročnosti**	50
4.1	Tepelná ztráta	50
4.1.1	Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla	51
4.1.2	Tepelná ztráta větráním	53
4.1.3	Návrhový tepelný výkon	55
4.2	Energetická náročnost budov	56

5	**Technická zařízení budov pro energeticky úsporné budovy včetně využití obnovitelných zdrojů energie**	59
5.1	Rekuperace tepla, vzduchotechnika – základní pravidla	59
5.1.1	Větrání	59
5.1.1.1	Přirozené větrání	59
5.1.1.2	Nucené větrání	60
5.1.2	Rekuperace tepla	66
5.2	Způsoby vytápění NE a PAS domů – krby, kotle, tepelná čerpadla a solární systémy a akumulátory, podlahové vytápění	70
5.2.1	Otopná tělesa	70
5.2.2	Zdroje tepla pro vytápění	70
5.2.2.1	Kotle	70
5.2.2.2	Interiérová kamna nebo krbová vložka s teplovodní vložkou	71
5.2.2.3	Tepelné čerpadlo	71
5.2.2.4	Solární systém	72
5.2.2.5	Teplovzdušné vytápění	74
6	**Snižování energetické náročnosti budov**	79
6.1.	Stavební zásady pro rekonstrukci budov z hlediska energetických úspor a význam dodatečné izolace	79
6.1.1	Obvodové stěny	79
6.1.2	Výplně otvorů	80
6.1.3	Strop	81
6.1.4	Střecha šikmá	82
6.1.5	Střecha plochá	84
6.2	Technická zařízení budov	85
6.3	Provozní úspory	87
	Literatura	90

1 Úvod

Říkává se, že energie je krev průmyslu. Ale zdaleka nejen průmyslu. Často si ani neuvědomujeme, že energie je základním předpokladem **veškerého života** na naší planetě, tedy i nás - lidí. Každé malé dítě ví, že musí jíst - a že většímu výdejí energie (při sportu, při práci) odpovídá i větší potřeba výživy. Tuto **energetickou potřebu** pro život lidí zajišťuje již více než 5000 let hlavně zemědělství ve formě potravin, v některých oblastech světa také rybářství.

Základním energetickým zdrojem pro naši planetu je Slunce, které vyzařuje do vesmírného prostoru obrovské množství energie (okolo 3,8 . 10^{19} MJ /s). Z ní na naši Zemi dopadá přibližně pouze jedna dvoumiliardtina, ale tato „kapka“ energie ohřívá zemský povrch, uvádí do pohybu vrstvy atmosféry kolem něho a přeměňuje se v energii větru, umožňuje oběh vody a mění se ve vodní energii, je příčinou energie mořského vlnění a díky fotosyntéze je jeho malá část (necelé 1 %) zdrojem energie pro veškerý život na Zemi. Fotosyntéza představuje obdivuhodnou základní reakci života, při níž je v zelených rostlinách energie slunečního záření převáděna do energie chemických vazeb organických látek (z energetického hlediska do „energetických konzerv“ či do biomasy). Ty jsou pak v následných potravních řetězcích postupně využívány a měněny a slouží jako zdroj výživy (energie a látek) pro všechny ostatní organismy - tedy i pro nás.

Kromě této základní energetické potřeby pro život, je pro lidi důležitá také další **energetická spotřeba** - pro úpravu potravy, bydlení, výrobu různých látek, dopravu, obchod, spotřebu, kulturu - prostě pro lidský způsob života. Velikost energetické spotřeby se v průběhu vývoje lidské společnosti měnila. I v dnešním světě existují obrovské rozdíly ve spotřebě energie.

Předpokládá se, že naši předchůdci, kteří ještě nepoužívali oheň, potřebovali pro svůj život okolo 8000 kJ denně, což odpovídá i dnešnímu příjmu potravy. Využíváním ohně stoupla energetická spotřeba našich předchůdců někdy před 500 000 lety na dvojnásobek - tj. asi na 6 GJ/rok na osobu. V dobách počátečního zemědělství asi před 10 000 lety se tato spotřeba vlivem využívání zvířat zvýšila na 20-30GJ/osobu/rok, ve starověku a středověku se dále zvyšovalo využívání energie vody a větru. Naprostou změnu ve spotřebě energie pak znamenala **průmyslová revoluce**, která zahájila využívání nového energetického zdroje - fosilních paliv. S vynálezem parního stroje stoupla spotřeba energie přibližně na 100 GJ/osobu/rok. Další velmi nerovnoměrný vývoj ve světě dokumentuje diametrálně rozdílná spotřeba energie v dnešním světě: zatímco v USA se roční spotřeba energie na osobu odhaduje na 350 GJ, v Evropě průměrně na 200 GJ, v rozvojových státech Afriky pouze na 20-30 GJ na osobu/rok. Hlavním energetickým zdrojem současné civilizace jsou fosilní paliva.

Odkud se vlastně vzala?
Jejich základem je biomasa (především rostlin, ale i ostatních organismů), která se na Zemi fotosyntézou vytvářela **před mnoha miliony let** a která se v průběhu následujících milionů let vlivem geologických změn postupně pod vrstvami hornin za nepřístupu vzduchu měnila v uhlí, ropu a zemní plyn. Když uvážíme, že existence člověka na Zemi (včetně jeho přímých předchůdců) se dnes odhaduje na dobu 1 - 2 miliony let a proces vytváření např. černého uhlí na více než 200 milionů let, pak je na prvý pohled zřejmé, že fosilní paliva jsou **zdroje neobnovitelné**.

Nevíme sice přesně, jak velké zásoby fosilních paliv se v hlubinách naší Země ještě skrývají a odhady se u jednotlivých druhů paliv i u jednotlivých odhadců liší až v měřítku století, ale víme, že je nejvyšší čas intenzivně **hledat nové energetické zdroje** pro lidstvo, chceme-li nadále využívat stejné či zvyšující se množství energie.

Navíc využívání fosilních paliv s sebou nese vážné nebezpečné vlivy na prostředí. **Nečistoty** vypouštěné do ovzduší z domácích i průmyslových topenišť a ze stále rostoucího počtu dopravních prostředků představují vážné nebezpečí pro zdraví lidí a významně snižují také výnosy a kvalitu zemědělských produktů. Snad ještě větším globálním problémem je to, že při jejich spalování se uvolňuje oxid uhličitý vázaný do těl organismů před mnoha miliony let, což sebou přináší zvyšování skleníkového jevu a s tím související hrozbu **klimatických změn**, jejichž důsledky by mohly představovat katastrofy nezvyklých rozměrů.

Bezesporu nový nepominutelný energetický zdroj nepůsobící na **klimatické změny** představuje **jaderná energie**, která se uvolňuje při rozpadu radioaktivních prvků. Zdrojem je však rovněž neobnovitelný zdroj - různé nerosty ze zemské kůry obsahující izotop U^{235} . Zdá se, že tohoto zdroje je zatím k dispozici značné množství, ale tragické katastrofy z ukrajinského Černobylu a japonské Fukušimy budí mnoho obav z využívání tohoto přírodního zdroje a mnohé státy se proto orientují jiným směrem. Naděje se obracejí i k **jaderné fúzi** - tedy k obdobě procesů probíhajících na Slunci, ale možnosti jejího využívání v praxi jsou zatím v nedohlednu.

Energie však není nedostatek. Stálý a prakticky **nevyčerpatelný** je zdroj sluneční energie, která se na Zemi dostává v množství přibližně 21. 10^{20} kJ /rok - a je zdrojem neustále se **obnovující energie vody, větru i biomasy**. Nevyčerpatelným energetickým zdrojem je i **teplo zemského nitra**, které se uvolňuje stálými radioaktivními přeměnami v hlubinách Země a také **přitažlivé síly Měsíce** na naši Zemi, které způsobují pravidelný příliv a odliv na pobřežích oceánů a moří.

Před technicky vyspělou společností stojí nyní velmi závažné i podněcující úkoly:
- jak efektivněji a bezpečněji (s ohledem na vlivy na prostředí) využívat dosavadní energetické zdroje (neboť jejich náhlé opuštění není prakticky možné),
- jak zlepšit možnosti a perspektivy využívání energetických zdrojů nevyčerpatelných a obnovitelných, s nimiž nemusí být spojeny závažné problémy bezpečnostní, ani vlivy na biosféru.
Přitom je nezbytné mít na zřeteli souvislosti **environmentální, ekonomické i sociální** - tedy základní pilíře **udržitelnosti** dalšího vývoje naší civilizace.
Na tuto cestu je důležité vykročit co nejdříve - a začít ověřovat nejrůznější současné možnosti v praxi. Které způsoby šetření a využívání energie to jsou?

Možnosti šetření energií jsou nejen v jednání každého člověka, které zamezí zbytečnému plýtvání, ale i v řadě technických opatření v průmyslu (nové technologie), v zemědělství (využívání zbytkového tepla a biomasy), v dopravě (nové formy pohonu dopravních prostředků a snižování jejich spotřeby), ve stavebnictví (nové formy izolací, energeticky úsporné stavby atd.).

A další možnosti jsou v postupném a kombinovaném zavádění různých zařízení pro využívání nevyčerpatelných a obnovitelných energetických zdrojů:
- energie solární, jako přímého zdroje tepla, jako zdroje elektrické energie prostřednictvím fotovoltaických článků či jako naakumulované energie v ovzduší, ve vodě a v půdě prostřednictvím tepelných čerpadel (popř. v kombinaci s využíváním energie geotermální),
- energie větru prostřednictvím větrných elektráren
- energie vody prostřednictvím různých typů vodních elektráren,
- energie biomasy , a to jak novými termickými způsoby jejího využívání prostřednictvím spalování, zplynování, zkapalňování apod., tak i různými biotechnologickými způsoby využívání zbytkové biomasy a odpadních organických látek.

Zavádění těchto nových možností úspor a získávání energie musí překonávat mnohé problémy spojené zejména s nepravidelností slunečního záření, ale také s mnoha předsudky, neochotou hledat nové cesty a s řadou nežádoucích společenských vlivů ekonomického i sociálního rázu. Žádné novinky nikdy nebyly přijímány jednoznačně kladně a bez obav.
Navzdory různým těžkostem je důležité nenechat se odradit od hledání možnosti udržitelného řešení energetiky v 21. století.

RNDr., PhDr. Danuše Kvasničková, CSc.

2 Legislativa

V oblasti úspor energie ve stavebnictví existuje řada zákonů, vyhlášek, směrnic EU, ČSN, které se stále vyvíjejí a novelizují.

Jak uvádí Ministerstvo životního prostředí ČR [B14], v současnosti platná legislativa je založena na zákonech a vyhláškách vycházejících ze směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov [D1]. V roce 2010 bylo vydáno přepracované znění této směrnice pod označením 2010/31/EU [D2], ve kterém jsou jednak úpravy původní směrnice, a jednak jsou zde definovány nové administrativní nástroje ke snížení energetické náročnosti budov s platností od roku 2012.

Dále je uveden přehled těch nejdůležitějších předpisů, některé jejich pasáže a části nebo stručný obsah.

Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) [D6]

§ 156 Požadavky na stavby

(1) Pro stavbu mohou být navrženy a použity jen takové výrobky, materiály a konstrukce, jejichž vlastnosti z hlediska způsobilosti stavby pro navržený účel zaručují, že stavba při správném provedení a běžné údržbě po dobu předpokládané existence splní požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu, požární bezpečnost, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí, bezpečnost při udržování a užívání stavby včetně bezbariérového užívání stavby, ochranu proti hluku a na úsporu energie a ochranu tepla.

Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb [D5] v příloze č. 1 stanovuje rozsah a obsah projektové dokumentace pro ohlášení stavby. V souhrnné technické zprávě v bodě Úspora energie a ochrana tepla předepisuje vyhláška splnění požadavků na energetickou náročnost budov a splnění porovnávacích ukazatelů podle jednotné metody výpočtu energetické náročnosti budov a stanovení celkové energetické spotřeby tepla. V dokladové části projektové dokumentace musí být doložen průkaz energetické náročnosti budovy podle zákona o hospodaření energií [D7], [D3].

Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby [D4]

§ 8 Základní požadavky

(1) Stavba musí být navržena a provedena tak, aby byla při respektování hospodárnosti vhodná pro určené využití a aby současně splnila základní požadavky, kterými jsou mimo jiné:

f) úspora energie a tepelná ochrana.

§ 16 Úspora energie a tepelná ochrana

(1) Budovy musí být navrženy a provedeny tak, aby spotřeba energie na jejich vytápění, větrání, umělé osvětlení, popřípadě klimatizaci byla co nejnižší. Energetickou náročnost je třeba ovlivňovat tvarem budovy, jejím dispozičním řešením, orientací a velikostí výplní otvorů, použitými materiály a výrobky a systémy technického zařízení budov. Při návrhu stavby se musí respektovat klimatické podmínky lokality.

(2) Budovy s požadovaným stavem vnitřního prostředí musí být navrženy a provedeny tak, aby byly dlouhodobě po dobu jejich užívání zaručeny požadavky na jejich tepelnou ochranu splňující:

a) tepelnou pohodu uživatelů,
b) požadované tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov,
c) tepelně vlhkostní podmínky technologií podle různých účelů budov,
d) nízkou energetickou náročnost budov.

(3) Požadavky na tepelně technické vlastnosti konstrukcí a budov jsou dány normovými hodnotami.

Dále jsou zde obsaženy požadavky na stavební konstrukce staveb z hlediska **tepelné techniky**. Jedná se o stěny a příčky, stropy a podlahy, střechy a výplně otvorů.

Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií [D7] mimo jiné stanoví některá opatření pro zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie.

Pro účely tohoto zákona se rozumí **průkazem energetické náročnosti budovy** průkaz, který obsahuje informace o energetické náročnosti budovy vypočtené podle metody stanovené prováděcím právním předpisem.

Vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov [D3] mimo jiné stanoví požadavky na energetickou náročnost budov, porovnávací ukazatele, výpočtovou metodu stanovení energetické náročnosti budov, obsah průkazu energetické náročnosti budov a způsob jeho zpracování.

ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky [C3]
Tato norma stanovuje tepelně technické požadavky pro navrhování a ověřování budov s požadovaným stavem vnitřního prostředí při jejich užívání, které podle stavebního zákona zajišťují hospodárné splnění základního požadavku na úsporu energie a tepelnou ochranu budov.

TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou spotřebou tepla na vytápění – rodinné domy
Technická normalizační informace mimo jiné stanovuje jednotný postup hodnocení rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností, zejména nízkoenergetických a pasivních domů podle přílohy A [C6].

TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou spotřebou tepla na vytápění – bytové domy
Technická normalizační informace mimo jiné stanovuje jednotný postup hodnocení bytových domů s velmi nízkou energetickou náročností, zejména nízkoenergetických a pasivních domů podle přílohy A [C7].

3 Energeticky úsporné budovy

Terminologie v této oblasti není jednoznačně ustálená. Vhodnou pomůckou je technická norma ČSN 73 0540-2 [C3], která uvádí, že budovy s velmi nízkou energetickou náročností mají průměrný součinitel prostupu tepla $\mathbf{U}_{em}$ výrazně nižší, než je požadovaná normová hodnota. Obvyklým vyjádřením energetických vlastností těchto budov je plošná měrná potřeba tepla na vytápění $\mathbf{e}_{A,}$ vztažená na 1 m^2 celkové podlahové plochy vytápěné části budovy a rok.

Základní veličiny tepelné techniky budou probrány v kapitole 3.2.

3.1 Základní rozdělení energeticky úsporných budov

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Starší budovy	často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby i více
Obvyklá novostavba podle aktuálních závazných požadavků platných do r. 2007	80-140 kWh/(m^2 a) v závislosti na faktoru tvaru A/V
Nízkoenergetický dům	≤ 50 kWh/(m^2 a)
Pasivní dům	≤ 15 kWh/(m^2 a)
Dům s nulovou potřebou tepla na vytápění	≤ 5 kWh/(m^2 a)
Energeticky nulový dům	potřeba konečné energie pro provoz domu = 0 kWh/(m^2 a)
Dům s energetickým přebytkem, Energie-plus, Energy-plus	potřeba konečné energie pro provoz domu < 0 kWh/(m^2 a)
Energeticky nezávislý dům	nelze jednoznačně stanovit; nezávislost na obvyklém energetickém zásobování

Tab. 3.1 Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění a potřeby energie na provoz [A28b]

Nízkoenergetické domy
jsou budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění $\mathbf{e}_A$, nepřesahující 50 kWh/(m^2.a) a které využívají velmi účinnou topnou soustavu [C3].
Limit byl použit na základě rešerše zahraničních podkladů z doby okolo roku 2000 [A26]. V budoucnu je možné očekávat snížení uvedené hodnoty.

Pasivní domy
jsou budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění, nepřesahující 15 kWh/(m^2.a). Takto nízkou energetickou potřebu budovy lze krýt bez použití obvyklé otopné soustavy, pouze se systémem nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odváděného vzduchu a malé zařízení pro dohřev vzduchu v období velmi nízkých venkovních teplot.
Současně nemá u těchto budov celkové množství primární energie spojené s provozem budovy (vytápění, ohřev teplé vody a elektrická energie pro spotřebiče) překračovat hodnotu 120 kWh/(m^2.a). Primární energie je taková, kterou je třeba uvolnit při energetické přeměně v místě zdroje. K dosažení úrovně pasivního domu je zpravidla potřebné splnění celé řady dalších požadavků [C3].

Definice pasivního domu byla převzata ze zahraničních podkladů z doby okolo roku 2000 [A26]. Základem jsou teoretické práce Dr. W. Feista (Passivhaus Institut Darmstadt).

Domy s nulovou potřebou tepla na vytápění.
Za takové domy jsou považovány budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění menší než 5 kWh/(m^2.a), tedy blízkou nule.

Energeticky nulové domy.
Domy, jejichž výpočtová potřeba tzv. konečné energie (vytápění, příprava teplé vody, elektřina, případně chlazení) se v ročním součtu blíží nule.

Pozitivní domy, domy s energetickým přebytkem nebo také Energie plus.
Tyto domy vyrobí více energie, než samy spotřebují.

Energeticky nezávislé domy.
Domy, které si energii pro svůj provoz vyrobí samy. Navrhují se do oblastí, kde nejsou k dispozici běžné energetické sítě.

3.1.1 Energetické vlastnosti budov jako výsledek celkové koncepce

Energetické vlastnosti budovy ovlivňují zejména:

- volba pozemku a osazení budovy na něm,
- orientace ke světovým stranám s ohledem na dopad přímého solárního záření během roku, současně i v budoucnu předpokládané zastínění budovy okolní zástavbou, terénem a zelení,
- převládající směr a intenzita větru,
- tvarové řešení budovy,
- vnitřní uspořádání s ohledem na soulad vytápěcích režimů, tepelných zón a orientaci prostorů ke světovým stranám,
- velikost vytápěných a nepřímo vytápěných podlahových ploch (objemů) a jejich přiměřenost danému účelu,
- vlastnosti obvodových konstrukcí,
- velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách,
- vnitřní tepelné zisky podle charakteru provozu v budově,
- volba otopné soustavy, regulace,
- jak je zajištěna pohoda prostředí v teplé části roku,
- efektivnost ohřevu teplé vody a energetická účinnost elektrických spotřebičů,
- skutečné dosažené energetické vlastnosti po realizaci,
- skutečný způsob užívání budovy.

Základem návrhu budov s velmi nízkou energetickou náročností je vyváženost všech složek ovlivňujících energetickou bilanci budovy [C3].

Zde jsou podrobněji popsány některé z nich:

Situování domu
Nejvhodnější situování domu je u severní a východní hranice pozemku tak, aby jižní a případně západní průčelí mohlo být vystaveno solárním ziskům [A24].

Tvarové řešení budovy

Tvarové řešení budovy (kompaktnost budovy, členitost povrchů) se nejsnáze vyjadřuje objemovým faktorem tvaru A/V, tj. poměrem mezi ochlazovanou plochou obálky budovy a vytápěným objemem budovy. Nižší hodnoty A/V jsou obvykle příznivější [C3].

Velikost a tvar budovy jsou vždy závislé na představě stavebníka, tvůrčí invenci projektanta a požadavku stavebního úřadu. Toto hledisko tedy nelze splnit stoprocentně. V praxi se nejčastěji používá tvar dvoupodlažního ležatého kvádru, jehož delší strana je orientována na jih. Střecha může být plochá, pultová, případně sedlová [A24].

Dispozice se tepelně zónuje, což znamená, že se sdružují prostory se stejným způsobem užívání a režimem vytápění. Společenská zóna (obývací pokoj, kuchyně s jídelnou apod.) v přízemí, intimní zóna (ložnice, dětský pokoj apod.) v podkroví. Obytné místnosti se orientují na osluněné strany, vstupy, komunikace apod. na stranu odvrácenou [A28b], [A24].

Vlastnosti obvodových konstrukcí

Hodnoty součinitele prostupu tepla **U** obvodových konstrukcí zmiňuje [C3] hned na několika místech. V informativní příloze Navrhování budov s velmi nízkou energetickou náročností uvádí, že obvodové konstrukce je vhodné navrhovat tak, aby hodnoty součinitele prostupu tepla byly nižší než normové doporučené hodnoty. Pro pasivní domy pak nemají hodnoty **U** překračovat hodnotu 0,15 W/(m^2.K). Tam, kde je to konstrukčně a bez výrazného navýšení ceny konstrukce možné, se doporučují hodnoty nižší (např. u střech je vhodné U ≤ 0,12 W/(m^2.K).

Hledisko tepelné ochrany budov

Z hlediska tepelné ochrany budov (snížení tepelné ztráty v zimě, omezení přehřívání v létě) jsou okna spíše slabším místem budov. A to i přes využití pasivních solárních zisků. I ta nejkvalitnější okna mají totiž podstatně horší tepelně technické vlastnosti než přilehlý obvodový plášť. Jsou však nezbytná pro denní osvětlení, přirozené větrání (pokud není instalováno nucené větrání) i vizuální kontakt s vnějším prostředím.

Jejich velikosti a rozmístění je proto potřeba věnovat mimořádnou pozornost. Okna pro pasivní domy mají mít výsledný součinitel tepla $U_w \leq 0{,}8$ W/(m^2.K) [A29], [C3].

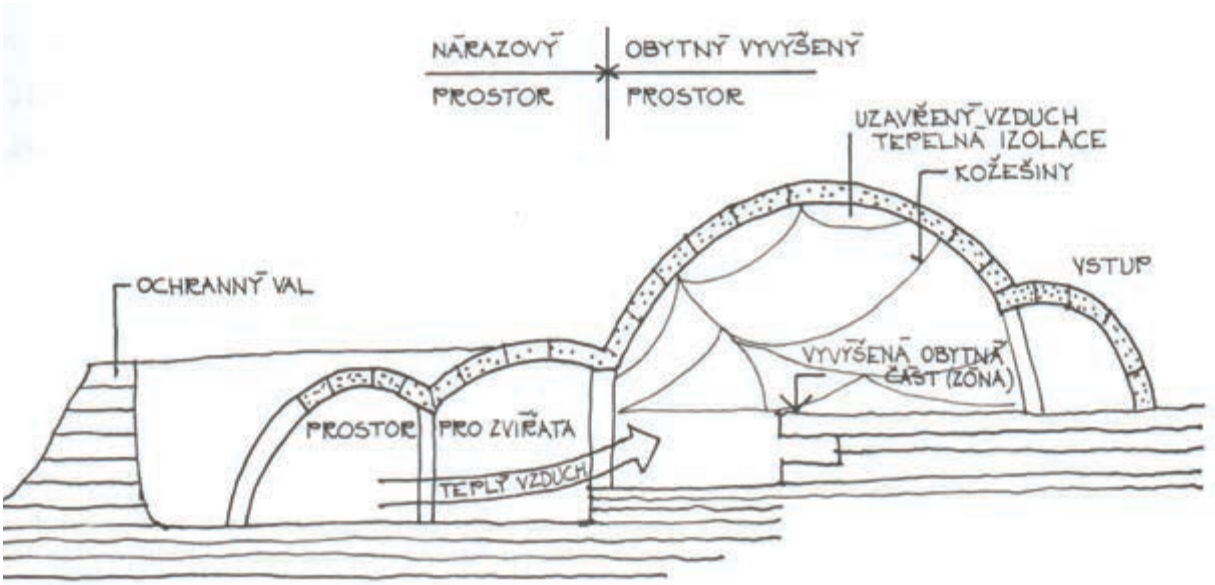
Tepelné zisky

Tepelné zisky lze rozdělit na zisky z metabolického tepla, zisky z elektrických spotřebičů a umělého osvětlení, někdy i z výrobních technologií, a na již zmíněné pasivní solární zisky [A28b].

Započítání vnitřních tepelných zisků má značný vliv na konečnou energetickou náročnost budovy. ČSN EN ISO 13790 [C4] jednoznačně říká, že se mají použít údaje na národní úrovni. Pokud nejsou k dispozici, doporučuje pracovat s hodnotou vnitřních tepelných zisků ve výši 5 W/m^2. Tato hodnota je ale pro nízkoenergetické domy zpravidla příliš vysoká. Řešením je použití metodiky PHPP 2007 Passivhaus Institut Darmstadt [A29].

3.1.2 Historie

Již v minulosti vedla dlouholetá zkušenost, bez větších teoretických znalostí, lidi ke stavbě energeticky racionálních obydlí. Například kopulový tvar iglú (eskymácká obydlí) znamená minimální ochlazované plochy k danému objemu (tedy faktor tvaru A/V). Obvodový plášť ze sněhových kvádrů a vzduchovou mezerou mezi ním a baldachýnem z kůží tvoří velmi dobrou tepelnou izolaci. Budovali také ochranné valy proti větru apod. Viz obr. 3.1 [A17].



Obr. 3.1 Iglú

I v našem mírném podnebí ovlivňovalo využití klimatických podmínek stavbu obydlí. Dobrá tepelná izolace obvodového pláště, zónování dispozice, správná orientace oken ke světovým stranám a jejich využití k pasivním solárním ziskům (především v přechodném období), jejich stínění, např. předsazenou střechou, v létě apod.

3.2 Základy stavebně fyzikálních výpočtů

3.2.1 Přehled základních stavebně fyzikálních parametrů a vztahů

V předchozí kapitole jsme se seznámili s jednotlivými typy energeticky úsporných budov, které se mezi sebou liší množstvím energie, již spotřebovávají na svůj provoz. Abychom trochu porozuměli tomu, co se v konstrukcích z energetického hlediska děje, je potřeba objasnit některé základní veličiny, podle kterých se konstrukce a celé objekty hodnotí. Minimální nebo maximální přípustné hodnoty veličin, které zde budeme popisovat, jsou pro jednotlivé konstrukce uvedeny v normě ČSN 73 0540. Omezení daná v této normě bychom měli při návrhu stavebních objektů respektovat, neboť jejich účelem je omezit plýtvání energiemi. Bylo by totiž zbytečné umět spočítat např. kolik tepla mi prostoupí jednou stěnou, když bych výsledné číslo nemohl s ničím porovnat, a nevěděl bych, zda je to v pořádku nebo už tepla uniká příliš mnoho. Proto v jednotlivých příkladech bude na konci vždy porovnání výsledku s normovou hodnotou.

Součinitel tepelné vodivosti

Tato veličina se značí λ (lambda) [W/(mK)] a udává schopnost materiálu vést teplo. Čím je hodnota λ větší, tím lépe daný materiál vede teplo a zároveň méně izoluje. Budeme ji používat v následujících výpočtech a její hodnoty nalezneme v tabulce materiálů nebo v prospektech výrobců.

Tepelný odpor

Tepelný odpor byla do roku 2002 základní veličina, podle které se v normách posuzoval prostup tepla konstrukcemi. V současných normách je nahrazena součinitelem prostupu tepla a slouží jako součást jeho výpočtu. Značí se R a má jednotky [m^2K/W]. Čím menší hodnotu má, tím více tepla konstrukcí prochází. Při výpočtu se sčítá podíl d pro jednotlivé vrstvy konstrukce.

$$R = d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + \ldots + d_n/\lambda_n$$

d = tloušťka vrstvy konstrukce
n = počet započitatelných vrstev konstrukce

Smluvní odpory při přestupu tepla			
Odpor při přestupu tepla [$m^2 \cdot K/W$]	Směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04
Odpory při přestupu tepla se používají pro povrchy přilehlé ke vzduchu. Odpor při přestupu tepla se nepoužije pro povrchy v kontaktu s jiným materiálem.			

Součinitel prostupu tepla

Je pro nás základním parametrem, pomocí něhož hodnotíme stavební konstrukce z hlediska prostupu tepla. Jeho výpočet i doporučené a požadované hodnoty jsou uvedeny v normě čsn 73 0540. Značí se u a udává se v jednotkách [W/(m^2K)] a je odvozen z tepelného odporu konstrukce.

$U = 1/(R_{si} + R + R_{se})$

R_{si} = odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [(m^2K)/W]
R_{se} = odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [(m^2K)/W]

Při návrhu stavebních konstrukcí se snažíme držet normových hodnot, abychom zamezili vzniku stavebně fyzikálních poruch (jako je povrchová kondenzace – viz následující kapitola), pokud však chceme účinněji omezit spotřebu energie na vytápění a dosáhnout např. pasivního standardu, je potřeba použít přísnější kriteria, než nám udává norma.

Pro orientační výpočet si můžete vyzkoušet následující formulář: http://stavba.Tzb-info.Cz/tabulky-a-vypocty/68-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci

Tepelná jímavost

Tepelná jímavost konstrukce udává schopnost materiálu pohlcovat nebo vydávat teplo. Čím větší je hodnota tepelné jímavosti, tím má materiál větší schopnost akumulovat teplo.

Hmotnější konstrukce má lepší schopnost akumulovat teplo než konstrukce lehká. Tato vlastnost je důležitá pro tepelnou stabilitu místností v zimním a letním období. Zjednodušeně lze říci, že je to parametr, který nám udává, jak konstrukce působí na udržování tepelné stability místnosti (vychládání resp. ohřívání místnosti v zimním resp. v letním období).

3.2.2 Základy stavebně fyzikálních výpočtů a zásad - difúze vodních par, rosný bod a jeho následky

Problematika difúze vodní páry

Každý vzduch obsahuje v určitém množství vodní páru a v každém prostředí je určitá teplota a tlak – toto jsou dva základní fyzikální parametry, na nichž záleží, kolik gramů vody může být ve vzduchu ve formě vodní páry obsaženo. Pokud dojde k nasycení vzduchu vodní párou (například tím, že se teplota sníží pod tzv. rosný bod (teplota při které je vzduch vodní párou právě nasycen), dojde ke kondenzaci (srážení) vodní páry. Když se to děje ve vzduchu, dojde ke vzniku mlhy (např. když v zimě vydechneme, vodní pára z teplého a vlhkého vzduchu z plic zkondenzuje a od úst jde mlha), pokud se toto stane na chladném povrchu nějakého předmětu (např. skla), dojde k jeho orosení (tento jev známe například z koupelny, kdy se při sprchování orosí zrcadlo, nebo tento jev nastane, když například z ledničky vyndáme chladnou láhev s pitím a ta se v teplém vzduchu orosí).

Jakým způsobem se tento jev projevuje ve stavebních objektech? Z toho, co už jsme si řekli, vyplývá, že ke kondenzaci vodní páry dochází při jejím přestupu z teplého prostředí do studeného – tedy především v zimě.

Objasníme si to na příkladu:

V běžné místnosti, kde je teplota +21 °C, dosahuje při relativní vlhkosti vzduchu 50 % tzv. částečný tlak vodní páry hodnoty 1243 Pa – tomu odpovídá přibližné 9,2 gramu vody v m3 vzduchu.

V zimě ve venkovním vzduchu, který má teplotu -15 °C, dosahuje při relativní vlhkosti vzduchu 84 % částečný tlak vodní páry hodnoty 139 Pa – tomu odpovídá přibližně 1,2 gramu vody v m^3 vzduchu.

Všimněme si, že 1 m^3 teplého vzduchu obsahuje o 8 gramů více vody než venkovní studený vzduch – to je přibližně množství, které v každém m^3 teplého vzduchu zkondenzuje, pokud tento vzduch přemístíme do studeného prostředí (např. otevřením okna v zimě). Vodní pára rozptýlená ve vzduchu ale neuniká z místností pouze otevřenými okny případně netěsnými spárami, ale prostupuje i stavebními konstrukcemi. Zde se dostáváme k druhému důsledku uvedeného příkladu.

Všimněme si, že rozdíl parciálních tlaků vodní páry mezi vnitřním a vnějším prostředím je 1104 Pa. Je zřejmé, že vodní pára bude proudit z prostředí s větším tlakem do prostředí s tlakem menším - tedy zevnitř ven. Bude se snažit protlačit stavebními konstrukcemi tlakem odpovídajícím rozdílu částečných tlaků tedy tlakem 1104 Pa.

Difúze vodní páry a stavební konstrukce

Stavební konstrukce se skládají z materiálů a prvků, které jsou více (minerální vlna, spáry a netěsnosti mezi konstrukčními prvky) či méně (asfaltový pás, PE fólie, plech) prostupné pro procházející vodní páru. Existuje zásada, podle které se při návrhu obvodové konstrukce snažíme umisťovat jednotlivé materiály do skladby konstrukce tak, aby směrem ven klesal odpor pro prostup vodní páry – aby vodní pára, která už do konstrukce pronikne, neměla v blízkosti chladného vnějšího povrchu významnou překážku, která by jí zabraňovala přestoupit do vnějšího prostředí. Pokud by bylo zabráněno úniku vodní páry z konstrukce, došlo by ke hromadění a postupnému nasycení vzduchu vodní párou a po dosažení rosného bodu v některém místě konstrukce by došlo ke kondenzaci vody ve stavebním dílci.

Difúzní vlastnosti materiálů se popisují různými veličinami.

Nejužívanější jsou:

Faktor difúzního odporu
Veličina charakterizující schopnost bránit difúzi vodních par v konstrukci se nazývá faktor difúzního odporu μ [-] (udává, kolikrát je materiál méně propustný pro vodní páru, než vzduch).

Ekvivalentní difúzní tloušťka
Udává, jakou tloušťku by musela mít vrstva vzduchu, aby kladla prostupující vodní páře stejný odpor. Její pomocí se porovnávají difúzní vlastnosti (především tenkovrstvých) materiálů.

$s_d = \mu.d$ [m]

d = tloušťka materiálu [m]

Difúzní odpor konstrukce

$R_d = s_d.N$ [m/s]

N – fyzikální konstanta, velikost je 5,315 . 10^9 a udává se v s^{-1}

Problematika kondenzace vodní páry

Kondenzací vodní páry vznikne kapalná voda. K tomuto jevu může dojít jak na povrchu, tak i uvnitř konstrukce.

Povrchovou kondenzaci v interiéru u novostaveb jsme povinni úplně vyloučit vhodnou skladbou a dostatečným zateplením obvodových konstrukcí. Někdy se s ní však setkáváme u starších nebo špatně provedených objektů. Typicky vzniká tam, kde se vyskytují tzv. tepelné mosty, tedy místa, kde je povrchová teplota výrazně nižší než v okolí (překlady, nadpraží nebo ostění oken, krokve v nedostatečně zateplené střeše apod.).

Tato kondenzace se na konstrukci projeví plísněmi, případně porušováním konstrukce vlhkostí. Pro růst plísní dokonce stačí, když se povrchová teplota konstrukce blíží teplotě, při které má vzduch relativní vlhkost 80 %.

Příklad:

Pro vnitřní místnost, kterou jsme uvedli v předchozím příkladu, platí, že by povrchová teplota konstrukce neměla klesnout pod rosný bod +10,2 °C, aby se předešlo kondenzaci vodní páry a zároveň by neměla klesnout pod 13,6 °C, aby se předešlo vzniku plísní.

Pokud se jedná o kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce, potom nám norma ČSN 73 0540-2 nabízí dvě možnosti:

Pokud by byl materiál konstrukce zkondenzovanou vlhkostí poškozován tak, že by se zkracovala jeho životnost nebo by docházelo ke snížení jeho funkce (dřevo, minerální vlna), musíme úplně zamezit kondenzaci vodní páry v konstrukci.

Pokud je materiál konstrukce takový, že vlhkost od zkondenzované vodní páry neohrozí jeho požadovanou funkci a životnost (např. cihla, beton), potom můžeme za určitých podmínek tolerovat v zimních měsících kondenzaci vody od 0,10 do 0,50 kg/(m^2.rok) v případě, že se voda během léta z konstrukce beze zbytku vypaří.

3.3 Stavební materiály pro energeticky úsporné budovy včetně materiálů na bázi obnovitelných zdrojů surovin

Stavebnictví jako jedno z nejstarších odvětví činnosti lidstva od pradávna využívalo nejrůznější materiály pro stavební konstrukce. Tyto materiály pocházely nejprve z blízkého okolí stavby a byly získávány ručními nástroji. S rozvojem průmyslu se začaly materiály dovážet na větší vzdálenosti a začaly se získávat různými postupy za použití strojů.

Zapojením dopravy materiálů na veliké vzdálenosti a rozvojem průmyslu, který tyto materiály vyrábí, došlo v minulém století k prudkému nárůstu emisí CO_2 do ovzduší vlivem výroby a dopravy stavebních materiálů. V posledních desetiletích, kdy je snaha omezovat negativní vliv průmyslu na životní prostředí, se začalo sledovat i tzv. množství vázané primární energie (PEI), které se označuje i jako tzv. šedá energie. Jde o energii vynaloženou na získání suroviny, výrobu a dopravu materiálu a udává se v MJ/kg (viz tabulka). O této veličině se mluví především v souvislosti se snahou obnovit využívání přírodních materiálů. V této kapitole uvedeme přehled základních tepelně izolačních materiálů a materiálů používaných při ekologickém stavitelství.

Tepelně izolační materiály:

Určitou tepelně izolační funkci mají všechny materiály. Mezi vysloveně tepelně izolační materiály patří ty, které mají měrnou tepelnou vodivost nižší než 0,15 [W/(mK)].
Tepelná vodivost se stoupající vlhkostí vzrůstá, proto je potřeba udržovat tepelně izolační vrstvu v suchu nebo používat materiály nenasákavé.

Pěnový polystyren expandovaný – používá se pro zateplení stěn, podlah, střech. Je velmi oblíbený pro svoje dobré mechanické a tepelné vlastnosti, příznivou cenu a snadné použití.

Jeho nevýhodou je hořlavost, veliký difúzní odpor a u některých druhů i nasákavost. Používá se ve formě desek nebo jako sypaný drcený polystyren.

Pěnový polystyren extrudovaný – na rozdíl od předchozího má uzavřenou strukturu, tím i nepatrnou nasákavost a vyšší pevnost. Používá se do trvale vlhkého prostředí, a tam, kde je větší zatížení – izolace pod úrovní terénu, obrácené a zelené střechy, podlahy. Nevýhodou je vyšší cena oproti předchozímu. Používá se ve formě desek.

Pěnový polyuretan – používá se na fasádách, střechách, do izolačních desek a také k utěsňování spár na staveništi – lze jej aplikovat přímo na staveništi. Jeho výhodou je nepatrná nasákavost a výborné tepelně technické vlastnosti.

Pěnové sklo – velikou výhodou je nenasákavost, pevnost, a odolnost proti vysokým teplotám, nevýhodou je křehkost a vysoká cena. Používá se do zatížených konstrukcí podlah a střech.

Minerální vlna – používá se pro zateplení stěn, stropů, podlah, střech, jako výplň příček apod. Výhodou je nehořlavost, schopnost propouštět vodní páry a výborné tepelně izolační vlastnosti. Používá se ve formě desek, rohoží nebo granulí.

Pórovité lehké kamenivo – *Liapor* – uměle vyráběné pórovité kamenivo ve tvaru kuliček. Používá se pro tepelně izolační zásypy do střech, podlah apod.

Celulózová izolace – *Climatizer plus* – je to rozvlákněný papír napuštěný sloučeninami boru (ochrana před škůdci, snížení hořlavosti), který se používá pro zateplování vyplňováním dutin ve stěnách, stropech, střechách apod. Aplikuje se pneumaticky – zafoukáním do dutin v konstrukci. Je oblíbený pro svou snadnou aplikaci.

Pórobeton - silikátová tepelně izolační hmota, např. Ytong. Pro vysloveně tepelně izolační účely se používá beton objemové hmotnosti do 480 kg/m^3. Z pórobetonu různých objemových hmotností se dělají stěny, překlady, stropy, schodiště apod.

Polystyrenbeton – beton s plnivem z drceného polystyrenu. Používá se pro izolační vrstvy podlah, střech a jako ztracené bednění v obvodových panelech.

Přírodní stavební materiály:

Tyto materiály mají tu výhodu, že minimálně zatěžují přírodu svou výrobou, během svého vzniku většinou absorbují CO_2 a nejsou problémy s jejich likvidací (některé jdou i recyklovat).

Korek – vyrábí se z kůry korkového dubu. Výhodou je difúzní propustnost pro vodní páry, dobré tepelně izolační vlastnosti, tvarová stálost, je těžce hořlavý (skupina B1), nepropouští kapaliny, netrouchniví, nepodléhá hnilobě a odolává chemickým látkám a bakteriím. Používá se pro tepelné a zvukové izolace ve formě desek do podlah, stropů, příček, stěn, oken apod.

Ovčí vlna – výhodou je dlouhá životnost, dobré tepelně izolační vlastnosti, stabilizuje vlhkostní mikroklima (umí vázat a zase uvolnit vlhkost), trvale zachovává pružnost, je nehořlavá (třída hořlavosti B2). Používá se ve formě měkkého rouna nebo rohože jako izolace stropů, stěn, podlah, střech. Např. Isolena, Inwool, Doscha/Wolle, Isowool, Daemwool.

Konopí – výhodou jsou výborné tepelně i zvukově izolační vlastnosti, difúzní propustnost vodních pár, špatně hoří, odpuzuje vodu a je nepoživatelné pro hlodavce, termity a hmyz. Používá se jako tepelná izolace podlah, stěn a střech ve formě rohoží a desek, jako těsnící materiál pro roubené stavby nebo jako přísada do omítek.

Sláma – používá se ve formě balíků pro izolaci stěn a stropů případně i jako svislá nosná konstrukce. Její výhodou je snadná dostupnost, difúzní prostupnost a nízká cena, nevýhodou je vysoká hořlavost, výskyt škůdců, plísní a hub při zavlhnutí a nižší tepelně izolační účinnost, takže je potřeba počítat s větším prostorem pro izolaci. Např. Stramit.

Rákos – výhodou jsou průměrné tepelně izolační a protipožární vlastnosti, je také difúzně dobře propustná. Používá se ve formě desek, rolí nebo rohoží jako tepelná izolace stěn a stropů a jako střešní krytina.

Len – výhodou jsou průměrné tepelně izolační vlastnosti, odolnost proti plísním a hmyzu. Nevýhodou je lámavost vláken, proto se přidávají vlákna polyesteru, která tuto vlastnost omezují. Len se používá ve formě rohoží a desek pro izolaci stěn, stropů, střech a dutin, ukládá se tak, aby na něj nepůsobilo zatížení a vlhkost. Např. Termolen, Heraflax, Isoflachs.

3.4 Stavební konstrukce pro energeticky úsporné budovy

3.4.1 Obvodové konstrukce u nízkoenergetických a pasivních objektů

Požadavky na klasické konstrukce [A5]
- vytvoření optimálního vnitřního prostředí
- mechanická a statická odolnost
- nehořlavost
- odolnost proti vlhkosti, plísni a jiným biologickým škůdcům
- životnost
- vzhled

Další požadavky u nízkoenergetických a pasivních konstrukcí [B26]
- vynikající tepelná izolace s minimem tepelných mostů
- dostatečná schopnost akumulovat teplo
- jednoduchost provedení
- přijatelná tloušťka konstrukce
- minimální vliv na životní prostředí při výrobě nebo výstavbě

Rozdělení obvodových stěn [A5, A6]

- z hlediska technologie - zděná, monolitická, prefabrikovaná, prefa-monolitická
- z hlediska vrstev – jednovrstvá, dvouvrstvá a vícevrstvá (sendvičová)
- z hlediska provětrávání – neprovětrávaná a provětrávaná konstrukce
- z hlediska propustnosti - difúzně uzavřená (obsahuje nepropustné fólie) a difúzně otevřená konstrukce (konstrukce může dýchat a odvádět přijatou vlhkost z interiéru do venkovních prostor, neobsahuje žádné nepropustné fólie)
- z hlediska hmotnosti - těžká masivní výstavba (zděná nebo méně často betonová konstrukce) a lehká montovaná výstavba (většinou dřevěné rámové konstrukce)

Doporučený součinitel prostupu tepla U pro obvodové stěny [A11, A28]

- nízkoenergetické domy - těžké konstrukce U = 0,19 W/m^{2}K, přibližná tloušťka tepelné izolace obvyklých parametrů 200 mm
- nízkoenergetické domy - lehké konstrukce U = 0,15 W/m^{2}K, přibližná tloušťka tepelné izolace obvyklých parametrů 300 mm
- pasivní domy - těžké konstrukce U = 0,15 W/m^{2}K, přibližná tloušťka tepelné izolace obvyklých parametrů 300 mm
- pasivní domy - lehké konstrukce U = 0,12 W/m^{2}K, přibližná tloušťka tepelné izolace obvyklých parametrů 400 mm

Skladby obvodových stěn [B26]

a) Zděné konstrukce

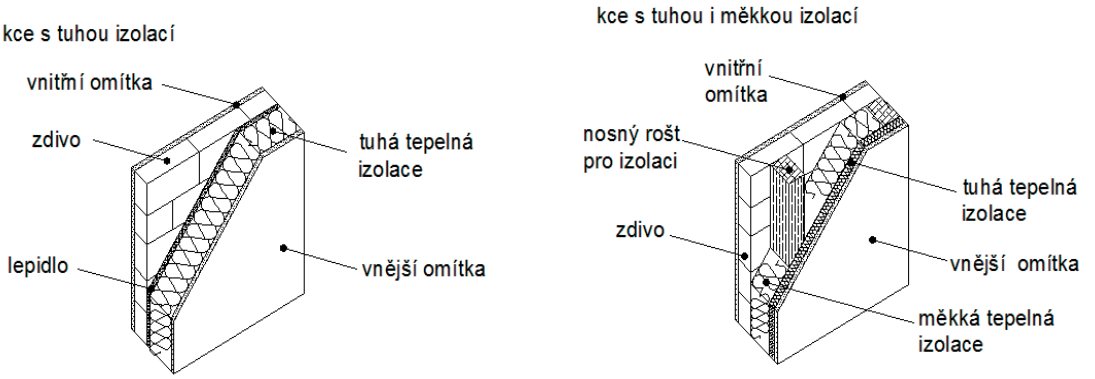
výhody – minimalizuje tepelné mosty, akumuluje teplo a tepelná izolace toto teplo nepouští do exteriéru, tepelně a vlhkostně je namáhána pouze tepelná izolace, nosná konstrukce je chráněna a zvyšuje se její životnost, dobrá tepelná stabilita – místnosti se v létě nepřehřívají;

nevýhody – vyžaduje více energie na výrobu a výstavbu, zatěžuje životní prostředí, je náročnější na přepravu materiálu.

- **masivní zděná jednoplášťová konstrukce**

materiály:

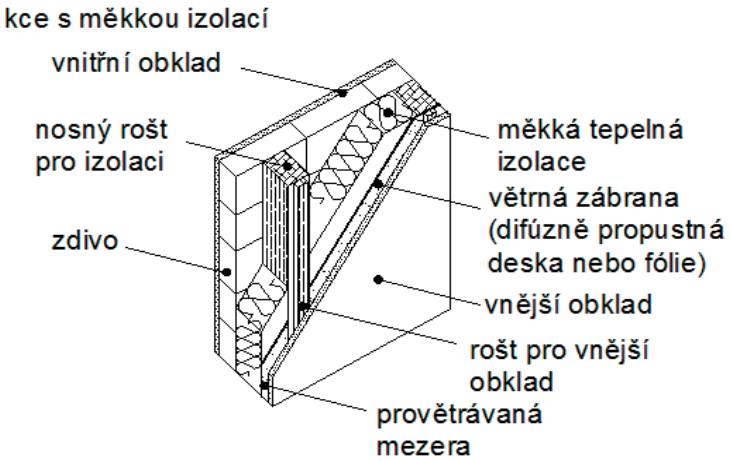
masivní zdivo – pálené i nepálené plné cihly, vápenopískové cihly, betonové tvarovky
tepelné izolace – tuhé desky z polystyrenu, z minerální vlny, z vláken ze dřeva, z konopí, slaměné balíky nebo měkké desky z minerální vlny, vláken ze dřeva, z konopí, lnu, ovčí vlny, výplň z foukané drcené celulózy
vnější povrch – omítka



- **masivní zděná dvouplášťová provětrávaná konstrukce s roštem**

materiály:

masivní zdivo – pálené i nepálené plné cihly, vápenopískové cihly, betonové tvarovky
tepelné izolace – měkké desky z minerální vlny, z vláken ze dřeva, z konopí, lnu, ovčí vlny, výplň z foukané drcené celulózy
vnější povrch – různé deskové materiály s povrchovou úpravou odolnou vnějšímu prostředí – palubky, cementotřískové, laminátové desky, plast, ... nebo režné zdivo nebo omítka



b) Železobetonové konstrukce se ztraceným bedněním

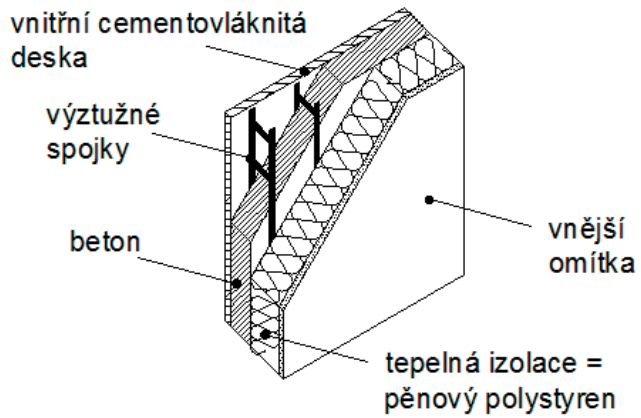
výhody – jednoduchost provedení, větší možnost stavby svépomocí, hotový, předpřipravený systém;

nevýhody – bednění obvykle z pěnového polystyrenu, který je málo šetrný k životnímu prostředí; menší schopnost akumulovat teplo, pokud i interiérovou část bednění tvoří tepelná izolace.

- **masivní konstrukce se ztraceným bedněním**

materiály:

masivní zdivo – beton vyztužený ocelovými pruty, kterým je vylita mezera v bednění
tepelné izolace – polystyren, který je součástí ztraceného bednění
vnější povrch – omítka
vnitřní povrch – cementovláknité desky + omítka



c) Dřevěné konstrukce

výhody – šetrná k životnímu prostředí, malá tloušťka stěny, možnost založení bez větších zemních prací, lehká konstrukce je méně náročná na přepravu materiálu a na montáž;

nevýhody – nízká schopnost akumulovat teplo, horší tepelná stabilita – možnost přehřívání místností v létě, náročné provedení parozábrany nebo parobrzdy a nosné vrstvy – pečlivé spojení a přelepení všech spojů, trvanlivost a těsnost spojů není plně prověřena, nižší životnost než u zděných staveb.

- **lehká dřevěná jednoplášťová konstrukce**

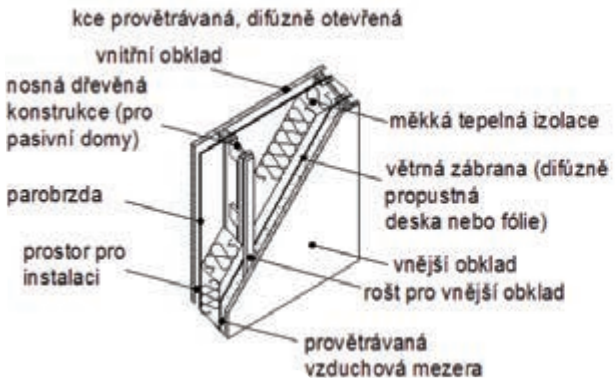
materiály:

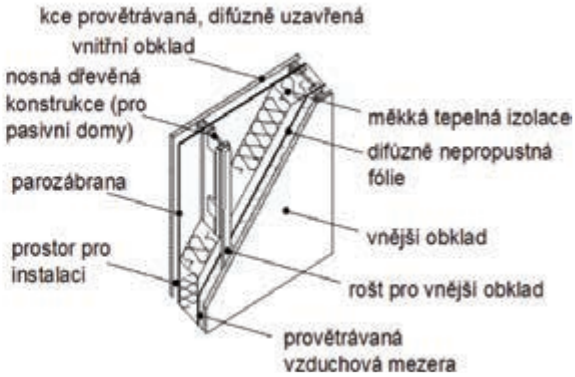
dřevěná nosná konstrukce – dřevěné sloupky a profily
parozábrana – asfaltové pásy, fólie z PVC, PE
parobrzda – speciální fólie, OSB desky
tepelné izolace – tuhé desky z minerální vlny, z vláken ze dřeva, z konopí, slaměné balíky nebo měkké desky z minerální vlny, z vláken ze dřeva, z konopí, lnu, ovčí vlny, výplň z foukané drcené celulózy
vnější povrch – omítka

- **lehká dřevěná dvouplášťová provětrávaná konstrukce s roštem**

materiály:

dřevěná nosná konstrukce – dřevěné sloupky a profily
parozábrana – asfaltové pásy, fólie z PVC, PE
parobrzda – speciální fólie, OSB desky
tepelné izolace – měkké desky z minerální vlny, z vláken ze dřeva, z konopí, lnu, ovčí vlny, výplň z foukané drcené celulózy
vnější povrch – různé deskové materiály s povrchovou úpravou odolnou vnějšímu prostředí – palubky, cementotřískové, laminátové desky, ... nebo omítka

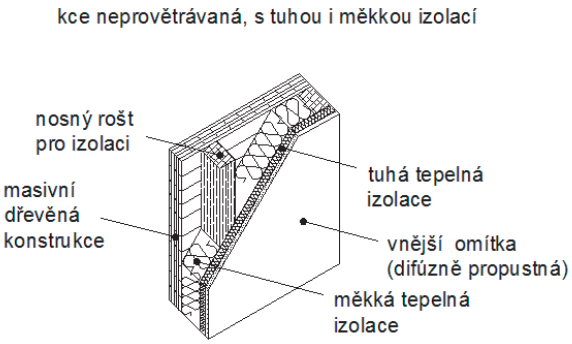


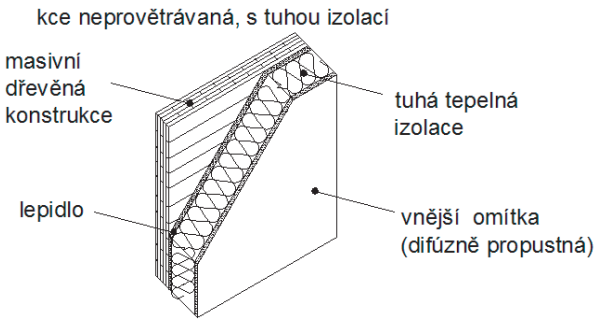


- **masivní dřevěná jednoplášťová konstrukce**

materiály:

dřevěná nosná konstrukce – dřevěné panely
tepelné izolace – tuhé desky z minerální vlny, z vláken ze dřeva, z konopí, slaměné balíky nebo měkké desky z minerální vlny, z vláken ze dřeva, z konopí, lnu, ovčí vlny,
vnější povrch – omítka

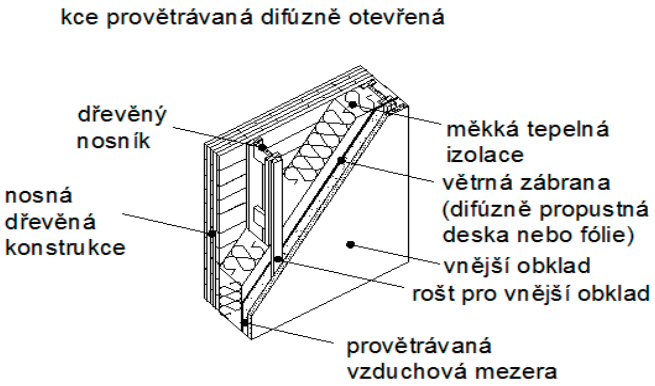




- **masivní dřevěná dvouplášťová provětrávaná konstrukce s roštem**

materiály:

dřevěná nosná konstrukce – masivní dřevěné panely
tepelné izolace- měkké desky z minerální vlny, z vláken ze dřeva, z konopí, lnu, výplň z foukané drcené celulózy
vnější povrch – různé deskové materiály s povrchovou úpravou odolnou vnějšímu prostředí – palubky, cementotřískové, laminátové desky, … nebo omítka



Chytrá parobrzda v zimním období zpomaluje vnikání vodní páry z interiéru do konstrukce a v létě umožňuje vysychání vlhkosti, která se tam dostává v zimním období (např. Isover Vario KM Duplex UV) [B23].

Difúzně otevřená konstrukce je takové uspořádání konstrukce (vrstev ve skladbě konstrukce a jejich vlastností), které umožňuje definovanou kontrolovanou a rovnoměrnou difúzi vodní páry konstrukcí bez nadměrné kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce. Zároveň ale neumožňuje proudění vzduchu konstrukcí (konstrukce je vzduchotěsná). Pohyb plynů nevyhovuje plísním, houbám a různým mikroorganismům a zlepšuje kvalitu vnitřního ovzduší v budovách, v zimním období může docházet k vysušování konstrukce, zlepšují se užitné vlastnosti plášťových konstrukcí [A23].

3.4.2 Výplně otvorů – okna, dveře, prosklené plochy

3.4.2.1 Požadavky

Pro navrhování oken, dveří a prosklených ploch je vhodnou pomůckou ČSN 73 0540-2 [C3].

Koncepčně správné řešení oken, dveří a prosklených ploch a jejich tepelné vazby na obvodové konstrukce patří k rozhodujícím prvkům tepelně technické kvality budovy.

Při návrhu jejich velikosti, druhu, otevírání, umístění, těsnění atd. je třeba brát v úvahu řadu někdy i protichůdných požadavků – velikost tepelné ztráty určené hodnotou součinitele prostupu tepla, velikost solárních zisků, požadavky na denní osvětlení a oslunění místností, požadavky výměny vzduchu, požární bezpečnosti atd.

Hlavní zásady pro navrhování:

Velikost, kvalita a umístění
Doporučuje se volit velikost a kvalitu prosklených ploch v závislosti na orientaci ke světovým stranám a dalším skutečnostem souvisejícím s účinným pasivním využíváním solárních zisků, při současném uvážení možného nepříznivého ovlivnění pohody vnitřního prostředí nadměrným přehříváním místností v přechodném a letním období. Okna na neosluněných fasádách se doporučuje volit tak, aby v přilehlých místnostech byly bez větších rezerv splněny požadavky na denní osvětlení (orientačně bývá doporučováno cca 15 % podlahové plochy). Na osluněných fasádách se mohou volit okna větší, je ale potřeba prověřit riziko přehřívání těchto místností a podle potřeby navrhnout odpovídající opatření.

Stínící prvky
Největší účinnost mají protisluneční prvky umístěné na vnější straně oken, méně účinné jsou prvky umístěné mezi skly a nejméně účinné jsou prvky umístěné v místnosti. Doporučuje se navrhovat nastavitelné vnější stínící prvky, které lze vhodně kombinovat s pevnými stavebními prvky, jako je přesah střechy, římsy, balkony a markýzy. Reflexní vrstvy na sklech snižují tepelný tok do místnosti, což je výhodné v letním období, ale nevýhodné v ostatních obdobích roku.

Osazení oken
Vnější výplně otvorů by měly být osazovány do obvodových stěn v rovině navazující na tepelně izolační vrstvu, nebo musí účinná tepelně izolační vrstva v dostatečné tloušťce překrývat rám okna nejméně o 30 mm až 40 mm.

Podrobně se správným zabudováním otvorových výplní do stavební konstrukce zabývá připravovaná nová norma ČSN 74 6077-2 Okna a dveře – Použití ve stavebnictví Část 1: Vhodnost použití oken a balkonových dveří podle technických požadavků a ČSN 74 6077-2 Okna a dveře – Použití ve stavebnictví Část: 2 Technické požadavky na zabudování oken a balkonových dveří. Více např. [A7].

3.4.2.2 Tepelně technické veličiny

Výsledný prostup tepla okny je ovlivněn:
- vlastnostmi zasklení,
- vlastnostmi rámu,
- poměrem plochy zasklení a celého okna,
- vlastnostmi distančního rámečku na okraji zasklívací jednotky,
- vazbou mezi oknem a obvodovou stěnou,
- skutečným provedením.

Součinitel prostupu tepla
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla oken, dveří a jiných výplní otvorů ve vnější stěně a strmé střeše je maximálně 1,7 W/(m^2.K), doporučená hodnota je 1,2 W/(m^2.K) [C3].

Propustnost slunečního záření
Celková propustnost slunečního záření **g** udává, jak velké množství energie ze slunečního záření projde celkově do interiéru [A29].

Součinitel spárové průvzdušnosti
Součinitel spárové průvzdušnosti funkčních spár $\mathbf{i_{LV}}$, v $m^3/(s.m.Pa^{0,67})$, musí splňovat požadavek ČSN [A29].

Jedním z požadavků, jejichž splnění je zpravidla potřebné k dosažení úrovně pasivního domu je, že okna mají mít výsledný součinitel prostupu tepla $U \leq 0,8$ W/(m^2.K), při celkové energetické propustnosti solárního záření $g \geq 0,5$ [C3].

3.4.2.3 Materiál

Rámy oken i rámy křídel mohou být dřevěné, plastové, hliníkové, ocelové nebo jako kombinace těchto materiálů, případně doplněné tepelnou izolací.

Dřevěná okna
Dřevo je tradiční, staletími prověřený materiál. Má dobré tepelně technické vlastnosti. Geometrie průřezu okenních vlysů se vyvíjela po staletí až do dnešní podoby. Vlysy jsou v současné době vyráběny zpravidla z vícevrstvé lepené lamely. Mohou být kombinovány s izolační vrstvou z korku nebo z polyuretanu, opatřeny vzduchovými dutinami, na vnější straně opatřeny hliníkovými profily (dřevohliníková okna) s vypěněným polyuretanem [A28b], [A8].

Plastová okna
Pro výrobu oken se používají profily z extrudovaného PVC. Základní profily jsou vyráběny kontinuální extruzí z granulátu. Profily jsou duté (komorové), s pěti a více komorami. Dostatečná tuhost profilů se většinou zajišťuje ocelovými výztuhami, vkládanými zpravidla do středních komor plastových profilů. Ty však zhoršují tepelně technické vlastnosti základního profilu. Novou možností jsou např. okna Progress vyrobená z profilu, na jehož výrobu byl použit kompozitní materiál obsahující skleněná vlákna. Díky tomu je možné vyrobit okno bez použití ocelových výztuh. Do hlavních profilových komor jsou vsazeny izolační moduly. Více např. [B16].

Hliníková okna
U konstrukce hliníkových oken je potřeba řešit přerušení tepelného mostu pomocí plastových vložek. Jejich využití pro energeticky úsporné domy není považováno za příliš vhodné [A24].

Zasklení oken
Pro zasklení se používají izolační dvojskla nebo trojskla. Dutiny mezi skly se mohou plnit vzácnými plyny (nejlevnější je argon, dražší krypton nebo xenon). Používají se skla s nízkou emisivitou, která se získá pokovením. Povrch skla odráží dlouhovlnné tepelné záření a udržuje ho v místnosti. Další možností jsou izolační dvojskla s fólií s nízkoemisivními povlaky mezi skly. U nás je nejznámější systém Heat Mirror (tepelné zrcadlo).

Distanční rámečky
Distanční rámečky pro vícenásobné zasklení mají vliv na celkovou hodnotu součinitele prostupu tepla $\mathbf{U_w}$. V současné době jsou za nejlepší považovány plastové rámečky s výztuží, vhodné jsou nerezové, nejhorší jsou dříve často užívané rámečky hliníkové.

3.4.3 Střechy

Střecha je konstrukce nad posledním podlažím stavebního objektu, která se skládá ze střešního pláště a nosné střešní konstrukce.

Z hlediska sklonu dělíme střechy na
- ploché (sklon do 5°)
- šikmé (sklon do 45°)
- strmé (nad 45°)
-

Z hlediska konstrukce na
- nevětrané (jednoplášťové)
- větrané (dvouplášťové a víceplášťové – liší se počtem provětrávaných vzduchových mezer mezi vrstvami ve střešním plášti).

Hlavním úkolem střechy je ochrana objektu před klimatickými vlivy. Vedle toho musí konstrukce splňovat i další požadavky:

- Stavebně fyzikální - Střecha musí zajistit optimální prostředí v podstřešním prostoru a její konstrukce se navrhuje tak, aby v zimě bránila úniku tepla, v létě omezila přehřívání prostoru, a aby ve střešní konstrukci nemohly kondenzovat vodní páry, které jí spolu se vzduchem procházejí.

- Architektonické - Tvar a provedení střechy výrazným způsobem ovlivňuje vzhled celé budovy.

- Statické - Střecha musí přenést namáhání od vlastní hmotnosti a zároveň i od vnějších vlivů (především větru a sněhu), které na ni působí. Nosná část je u plochých střech tvořena vodorovnými nosníky, vazníky nebo deskami, u šikmých střech nejčastěji dřevěnou konstrukcí krovu nebo příhradovými vazníky. Volba typu a tvaru nosné konstrukce závisí především na způsobu využívání podstřešního prostoru a na ekonomických možnostech investora.

- Akustické - Všechny obvodové konstrukce objektů mají chránit vnitřní prostor před nadměrným hlukem z okolí.

- Protipožární - Střešní konstrukce musí při požáru plnit svoji funkci po určitou dobu tak, aby byl možný únik osob ze zasažené oblasti. Aby bylo omezeno riziko vzniku požáru, snažíme se do stavebních konstrukcí zabudovat materiály především nehořlavé nebo těžce hořlavé. Středně a lehce hořlavé materiály před požárem chráníme (obklady, omítky, nátěry)

- Požadavky na odtok vody - Dešťová voda musí být spolehlivě odváděna z povrchu střechy, nesmí se v žádném místě hromadit a vnikat do okolních konstrukcí.

Je zřejmé, že veliká rozmanitost požadavků, které jsou na střechu kladeny, vyžaduje specifické a komplexní řešení, které nelze zajistit jedním materiálem nebo prvkem. Je proto potřeba správně poskládat jednotlivé materiály do střešní konstrukce tak, aby se vzájemně svými vlastnostmi a funkcí doplňovaly. V následující části se budeme zabývat pouze vybranými vzorovými skladbami ve třech základních typech střech s ohledem na používání přírodních materiálů a na úsporu energie.

Obr. Střecha jako zahrada (zdroj: www.cms.tvujdum.cz)

3.4.3.1. Zelené střešní pláště

Zelené střechy mohou být ploché i šikmé. Nejčastěji se ozeleňují střechy ploché, které se potom mohou řadit mezi střechy provozní, neboť mohou být využívány jako zahrada či park. Pokud se jedná o novostavbu, nebývá problém s návrhem jakéhokoli typu zelené střechy, pokud jde ale o rekonstrukci, je nutno počítat s výrazným přitížením nosné střešní konstrukce vrstvami substrátu a provozem.

Střešní souvrství je nutno dimenzovat:

- proti prorůstání kořínků - hydroizolace nesmí být porušena kořenovým systémem rostlin, neboť by potom do objektu zatékalo – řeší se to úpravou hydroizolace nebo její ochranou
- proti proražení při obdělávání a údržbě střechy – řeší se ochranou hydroizolace
- na zatížení skladbou střechy a provozem (dostatečně únosná nosná konstrukce)

Střechy z hlediska pěstebního souvrství rozdělujeme na (hmotnost zeminy je cca 1700 kg/m^3):

a) extenzivní – hmotnost cca 60 – 300 kg/m^2
Tyto střechy slouží k pěstování travin, rozchodníků, skalniček, suchomilných rostlin a mechů, nepočítá se se zavlažováním.

- 3 - 6 cm (mechy a předpěstované koberce trávy) – použití např. při rekonstrukcích, kde nejsou rezervy v únosnosti střechy
- 6 -15 cm – skalničky a tráva vysazovaná na střeše
- 15 - 20 cm – navíc lze pěstovat i nízké plazivé dřeviny

Obr. Intenzivní střecha (zdrojwww.isodom.cz)

b) intenzivní (tloušťka substrátu je až 1,3 m, hmotnost střechy je i 1500 kg/m^2 a více)
Na této střeše je možno pěstovat cokoli – lze ji obdělávat jako zahradu (květiny, zelenina apod.), pokud chceme pěstovat vyšší stromy a velké keře je vhodné je umístit na střechu do samostatných kontejnerů.

Vrstvy střešního pláště (od exteriéru)

Vegetační vrstva + substrát je tvořena směsí rašeliny, zeminy, jílu aj. a slouží pro růst rostlin.

Hydroakumulační vrstva slouží pro zadržování a akumulaci vody potřebné pro růst rostlin. Používá se rašelina nebo silně nasákavé plastové či minerální desky.

Filtrační vrstva zachycuje jemná zrnka vyplavovaná z vegetačního souvrství.
Musí dobře propouštět vodu a být odolná vůči biologické korozi. Tvoří ji obvykle minerální, skelné nebo syntetické tkaniny, rouna a rohože.

Drenážní vrstva odvodňuje souvrství střešního pláště nad hlavní hydroizolační vrstvou. Bývá tvořena oblázky, keramzitem, prostorovou smyčkovou rohoží PE, nopovou fólií apod.

Separační a dilatační vrstvy oddělují jednotlivé vrstvy a umožňují jejich vzájemné posuny. Bývají tvořeny asfaltovými pásy, fóliemi nebo textiliemi.

Ochranná vrstva zajišťuje ochranu hydroizolace především před prorůstáním kořínků. Bývá tvořena speciálními asfaltovými pásy, fóliemi, deskami z plastů nebo betonovou vrstvou.

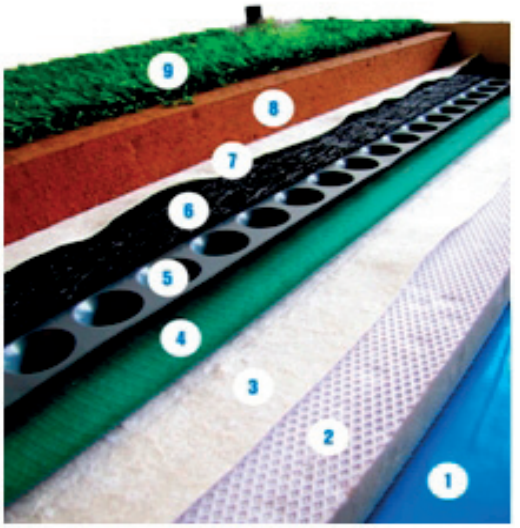
Ve směru do interiéru poté následuje běžná skladba střechy: vodotěsná izolace, tepelná izolace, parotěsná vrstva a nosná konstrukce.

Výhody zelených střech:

- zelené střechy bývají architektonicky zajímavé, zlepšují životní prostředí a mohou rozšiřovat užitnou plochu objektu
- chrání vodotěsné izolace před vlivem vnějšího prostředí (UV zářením, velkými výkyvy teplot), tím zvyšují životnost střešních plášťů
- zlepšují vlastnosti střechy z hlediska akustické i tepelné ochrany a tepelné stability přilehlých místností.

Nevýhody zelených střech:

- vyšší investiční náklady
- vysoké nároky na technické řešení (návrh, použité materiály, provedení) a na nosné stavební konstrukce (střecha je díky vrstvě substrátu těžká)



•komplikované opravy v případě poruchy
•nutná údržba užitných vrstev

Příklad skladby zelené střechy:
(zdroj: www.fatrafol.cz)

1. Parotěsná fólie
2. Tepelná izolace
3. Geotextílie
4. Hydroizolační fólie
5. Drenážní vrstva (Fatradren)
6. Smyčková rohož
7. Geotextílie
8. Substrát
9. Vegetační vrstva

3.4.3.2 Šikmé střechy

Vrstvy střešního pláště:

***Krytina*:** Šikmé střechy jsou tradičně používány v oblasti ČR po celá staletí. Jejich veliká výhoda je v tom, že po nich voda snadno stéká, a krytina tedy nemusí být úplně vodotěsná (odolná vůči stojaté vodě), stačí, když vodu z povrchu střechy bezpečně odvede. Tento požadavek dostatečně spolehlivě zajišťují jak nejrůznější typy skládané krytiny (betonové nebo pálené tašky), tak i tradiční, v minulosti často používané, krytiny z přírodních materiálů jako je sláma, rákos, kámen nebo dřevo.

Pojistná hydroizolační vrstva se umísťuje před krytinu (ve směru z interiéru). V případě poruchy hlavní izolační vrstvy přebírá krátkodobě její funkci; odvádí odkapávající zkondenzované vodní páry pod krytinou a i dešťovou vodu, pokud pronikne pod krytinu. Nejčastěji je tvořena fóliemi nebo izolovaným záklopem, méně často skládanými drážkovanými deskami (např. z polystyrénu).
Běžná pojistná hydroizolace – nesmí se pokládat přímo na tepelnou izolaci, pod ní i nad ní musí být provětrávaná vzduchová mezera.
Difúzně otevřená pojistná hydroizolace – smí být položena přímo na tepelnou izolaci, nad ní musí být provětrávaná vzduchová mezera.

Tepelně izolační vrstva omezuje nežádoucí tepelné ztráty nebo zisky podstřešních místností. Z normy ČSN 730540-2 vyplývá, že šikmá střecha musí mít minimální součinitel prostupu tepla U = 0,24 W/(m^{2}K), doporučuje se U = 0,16 W/(m^{2}K). Tyto parametry odpovídají přibližně 22–30 cm vláknité tepelné izolace.

Parotěsná vrstva brání prostupu vodní páry z vnitřního prostoru do střešního pláště. Při jejím zhotovení je třeba dbát na důsledné a vzduchotěsné provádění konstrukčních detailů (napojování na konstrukce, prostupy apod.)

Základní skladby střešních plášťů:

Existuje v zásadě 5 možných konstrukcí střešního pláště z hlediska tepelné izolace:
1. střecha bez tepelné izolace
2. tepelná izolace nad nosnou konstrukcí
3. tepelná izolace mezi prvky nosné konstrukce
4. tepelná izolace mezi nosnými prvky a pod nimi
5. tepelná izolace pod nosnými prvky střechy

Střecha bez tepelné izolace
Konstrukce bez tepelné izolace jsou vhodné k nejméně náročnému využití (otevřené podkroví, jednoduchý sklad…)

Tepelná izolace nad nosnou konstrukcí
Tento princip má mnoho výhod. Nosná konstrukce zůstává v interiéru přiznaná a je vystavená jen nepatrným výkyvům vlhkosti a teploty. Tepelnou izolaci lze dimenzovat nezávisle na výšce nosné konstrukce. Nesporná výhoda systému spočívá i v tom, že parotěsnící vrstvu lze umístit shora na bednění v jedné rovině a bez přerušení, čímž vznikne tepelně izolační vrstva průběžná – bez přerušení nosnými prvky. Větrací mezery pod krytinou se vytvoří kontralatěmi (nebo také větracími krokvemi). Tato skladba vyžaduje nejvyšší konstrukční výšku střešního pláště. Tepelná izolace může být provedena i z polystyrénových šablon uložených na latích, na které se přímo klade střešní krytina.

Tepelná izolace mezi prvky nosné konstrukce
Konstrukční výška střešního pláště u tohoto systému zateplení je nižší než u všech ostatních způsobů. Funkčnost tohoto systému je možná jen při dostatečně vysoké nosné konstrukci, která umožní vložení tepelné izolace v požadované tloušťce a zároveň vytvoření větrací mezery pro zabezpečení dostatečného větrání střešního pláště. Velkou nevýhodou tohoto systému je vytvoření výrazných tepelných mostů přerušením tepelné izolace v místě nosných prvků konstrukce (to lze řešit použitím úzkých nosných profilů – např. tvaru I).

Tepelná izolace mezi nosnými prvky a pod nimi
Tento typ konstrukce se používá v případě, že není k dispozici dostatečná výška nosné konstrukce a celá skladba se musí udržet v co nejmenší konstrukční výšce. Tento systém je výhodnější než předchozí, neboť alespoň částečně eliminuje tepelné mosty způsobené nosnou konstrukcí krovu přidáním tepelné izolace i pod ní. Pro připevnění podhledu a parotěsnící vrstvy je potřebná pomocná konstrukce z latí nebo plechových profilů. Tento systém se často používá při dodatečné vestavbě podkroví.

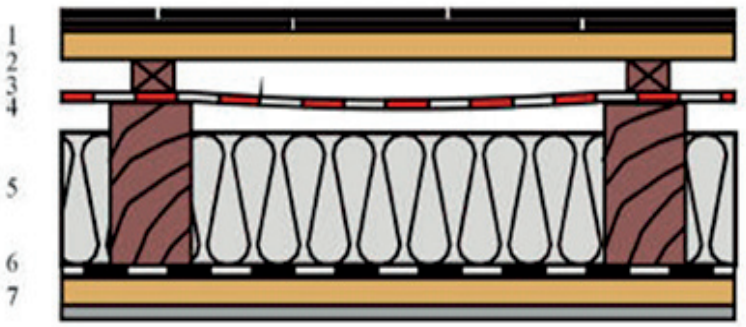
Tepelná izolace pod nosnou konstrukcí
Při nedostatečné výšce nosné konstrukce je někdy potřebné umístit tepelnou izolaci pod ní. Tepelná izolace musí být buďto dostatečně tuhá a vhodná na zabudování parotěsné zábrany a vnitřního obkladu nebo se musí přerušit nosnou podkladní konstrukcí. Tato skladba má vysokou konstrukční výšku a její velká nevýhoda spočívá ve ztrátě objemu vnitřního prostoru.

Větrání střechy

Pro zajištění správné funkce šikmé střechy je nutné její větrání. Střecha se větrá zejména z těchto dvou důvodů:

- pro odvedení vlhkosti proniklé zvenčí, zevnitř nebo zbytkové stavební vlhkosti střechy (primární ochrana)
- pro odvětrání tepla při letním přehřátí vnějších vrstev střechy vlivem slunečního záření a eliminování vysokých teplot střešní krytiny, což příznivě ovlivňuje i tepelnou ochranu podstřešního prostoru v létě (sekundární ochrana)

3.4.3.3 Ploché střechy



Střešní krytina na latích nebo bednění

1. latě nebo bednění
2. kontralatě
3. podstřešní pojistná fólie
4. ventilační vzduchová mezera
5. tepelná izolace
6. parozábrana a spojovací pásky
7. interiérový obklad a rošt

Ploché střechy jsou v současnosti hojně používány pro zastřešování panelových, bytových i rodinných domů. Jejich výhodou je, že nepotřebují prostorovou nosnou konstrukci jako střechy šikmé, postačí jim dostatečně únosná stropní konstrukce posledního podlaží. Po ploché střeše odtéká voda pomaleji než po střeše šikmé, proto střešní plášť musí být dokonale těsný, a každá chyba nebo závada se okamžitě projeví zatékáním.

Rozdělení střešních plášťů podle funkce:

Toto rozdělení je důležité z hlediska konstrukce a volby materiálů, které pro střešní plášť použijeme. U málo zatížených střech stačí méně pevné prvky, naopak u velmi zatížených střech musíme používat únosné a pevné termoizolace, hydroizolace i roznášecí vrstvy.

- nepochozí střecha - střecha, která umožňuje přístup pouze pro kontrolu stavu konstrukce, zařízení na střeše a pro nezbytnou údržbu
- provozní střecha - zajišťuje fce střechy a nadto může být využita pro účely dopravy, sportu, rekreace, speciální technologické vybavení nebo pro extenzivní či intenzivní zemědělské využití jako tzv. vegetační střecha (zelené střechy).

Základní vrstvy střešního pláště plochých střech:

Provozní vrstva - vrstva při vnějším povrchu střešního pláště umožňující provozní využití střechy. Může být tvořena dlažbou, vegetací apod.

Krytina – vrstva chránící vnitřní prostor a ostatní vrstvy střešního pláště před povětrnostními vlivy. Nejčastěji se používá povlaková krytina (asfaltové pásy, syntetické fólie), která musí být vodotěsná v ploše i ve spojích. Lze použít i plech nebo stěrkovou a stříkanou hydroizolaci.

Roznášecí vrstva - vrstva zajišťuje roznesení zatížení z provozu střešního pláště. Měla by být co nejlehčí, aby zbytečně nezatěžovala nosnou konstrukci.

Separační a dilatační vrstva - odděluje dvě vrstvy střešního pláště z výrobních, mechanických, chemických či jiných důvodů.

Tepelně izolační vrstva - vrstva omezující nežádoucí tepelné ztráty či tepelné zisky objektů. Někdy bývá sloučena se spádovou vrstvou. Může být tvořena polystyrenem, minerální vlnou, pěnovým sklem aj. Podle normy ČSN 730540-2 má mít plochá střecha minimální součinitel prostupu tepla stejný jako šikmá střecha do 45° U= 0,24 W/(m^2K), doporučuje se U= 0,16 W/(m^2K). Tyto parametry odpovídají přibližně 22 – 30 cm tepelné izolace.

Spádová vrstva - vrstva vytvářející potřebný sklon následujících vrstev střešního pláště. Měla by být co nejlehčí, aby zbytečně nezatěžovala nosnou konstrukci. Výhodné je zvolit materiál, který zlepšuje tepelně izolační vlastnosti (lehčený beton), nebo je možné spád zajistit i v tepelně izolační vrstvě pomocí spádových klínů.

Parotěsná vrstva - vrstva omezující či zamezující pronikání vodní páry z vnitřního prostředí do střešního pláště. Jako parotěsnou zábranu lze použít asfaltové pásy, syntetické fólie, kovové plechy nebo nátěry a stěrky v různých bázích.

Rozdělení střešních plášťů podle základního konstrukčního řešení:

a) Jednoplášťová plochá střecha - střecha (střešní konstrukce), která odděluje chráněné či vnitřní prostředí od vnějšího jedním střešním pláštěm.

Jsou nejrozšířenějším typem plochých střech. Mezi výhody patří menší investiční náročnost, vysoká variabilita povrchových úprav (od pochůzné přes zelené až po pojízdné), jednoduchá a rychlá realizace, menší tloušťka střešního pláště. Pro dobrou funkčnost je však nutné provést správný tepelně technický návrh konstrukce a zachovat přísnou kázeň při realizaci. Skladba střešního pláště u jednoplášťových střech se různí dle funkčních, konstrukčních a technologických podmínek.

Rozeznáváme 3 základní typy jednoplášťových plochých střech:

- střecha s klasickým pořadím vrstev – je charakterizována tím, že tepelná izolace je blíže k interiéru než hydroizolace, proto není vystavena povětrnostním vlivům a nemusí tedy být nenasákavá nebo voděodolná.

- střecha s obráceným pořadím vrstev – její tepelná izolace se pokládá až nad hydroizolaci a musí tedy být odolná vůči vodě, nenasákavá a nenamrzavá, což střechu prodražuje. Na druhou stranu tepelná izolace chrání hydroizolaci před povětrnostními vlivy, UV zářením a mechanickým poškozením např. kroupami, čímž významně přispívá k prodloužení její životnosti.

- DUO střecha – kombinace předchozích. Výhodné je její použití u rekonstrukcí plochých střešních plášťů s dodatečným zateplením.

Voda ve střešním plášti: Protože jsou jednoplášťové střechy většinou zhotovovány jako neprovětrávané, musí být jejich skladba precizně navržena i provedena tak, aby se do střešního pláště nedostávala voda, neboť by měla omezené možnosti úniku. Ve stadiu návrhu je proto nutné provést posouzení bilance zkondenzované a vypařené vody ve střešním plášti a upravit návrh tak, aby se všechna voda, která by v konstrukci mohla zkondenzovat (dle ČSN 730540-2 může za určitých podmínek kondenzovat maximálně cca 0,10 až 0,5 [kg/(m^{2}rok)]), beze zbytku vypařila.

Ve střešním plášti se může objevit zejména:

- atmosférická voda, která se dostala do souvrství vlivem poruch povlakové hydroizolace nebo uzavřením srážkové vody v průběhu realizace střechy
- technologická voda, která je nutná pro zpracování vrstev s mokrým procesem - její obsah se mění vysycháním a migrací mezi sousedními vrstvami
- difúzní vlhkost, která je ovlivněna celoroční bilancí zkondenzované a vypařené vody ze střešního pláště. Její množství závisí na relativní vlhkosti vnitřního a vnějšího vzduchu a na průběhu teploty a vlhkosti ve střešním plášti.

b) Dvou a víceplášťová plochá střecha

- střecha, která odděluje chráněné či vnitřní prostředí od vnějšího dvěma střešními plášti, mezi nimiž je vzduchová mezera, prostor mezi plášti (vzduchová vrstva) může být neprůlezný, průlezný či průchozí, nebo slouží jako půda (půdní prostor)
- víceplášťová střecha - střecha vytvořená několika střešními plášti od sebe oddělenými provětrávanými vzduchovými vrstvami
- používají se především v těžkých klimatických podmínkách, např. při zastřešování prostorů s mokrými provozy, v nichž je trvale vysoká relativní vlhkost.

Skladba dvouplášťové ploché střechy:

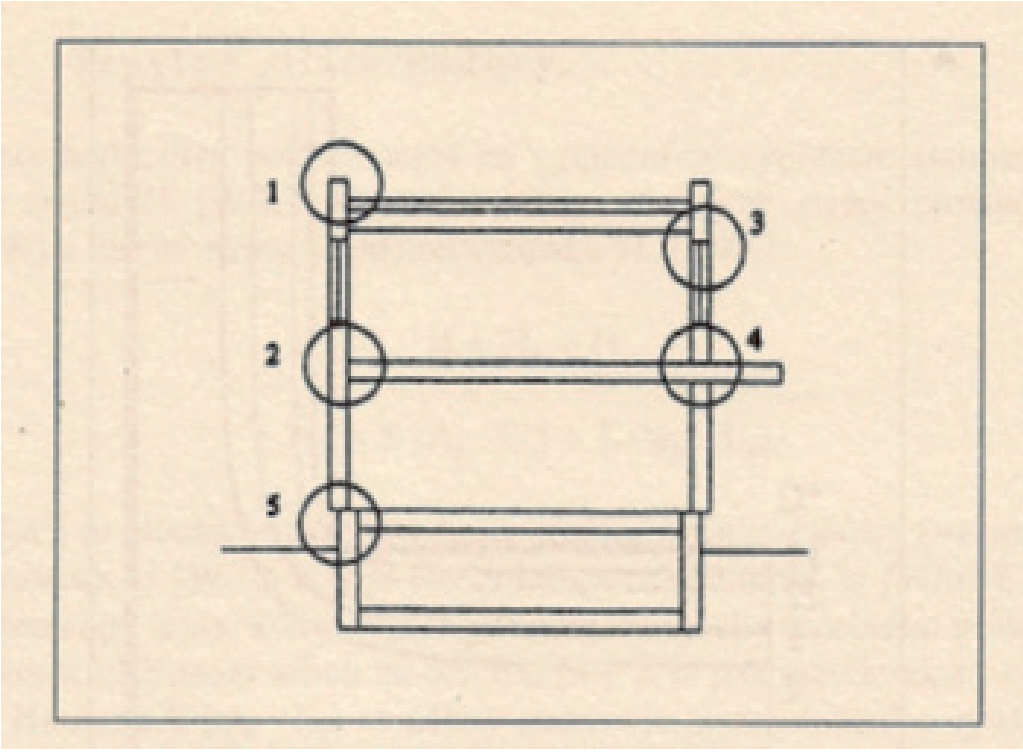
Horní plášť tvoří ochrannou konstrukci proti atmosférickým srážkám, slunečnímu záření a větru. Nemá funkci tepelné izolace. Skladba horního pláště ovlivňuje proudění vzduchu ve vzduchové mezeře, která má zabránit kondenzaci vodní páry. Provětrávání musí být tak intenzivní, aby spolehlivě odvedlo vodní páru, která do vzduchové mezery vnikla z vnitřního prostředí.

Úkolem dolního pláště je vedle tepelné ochrany i parotěsnost – omezení pronikání vzduchu s vodní párou do střešního souvrství.

3.4.4 Další konstrukce a detaily

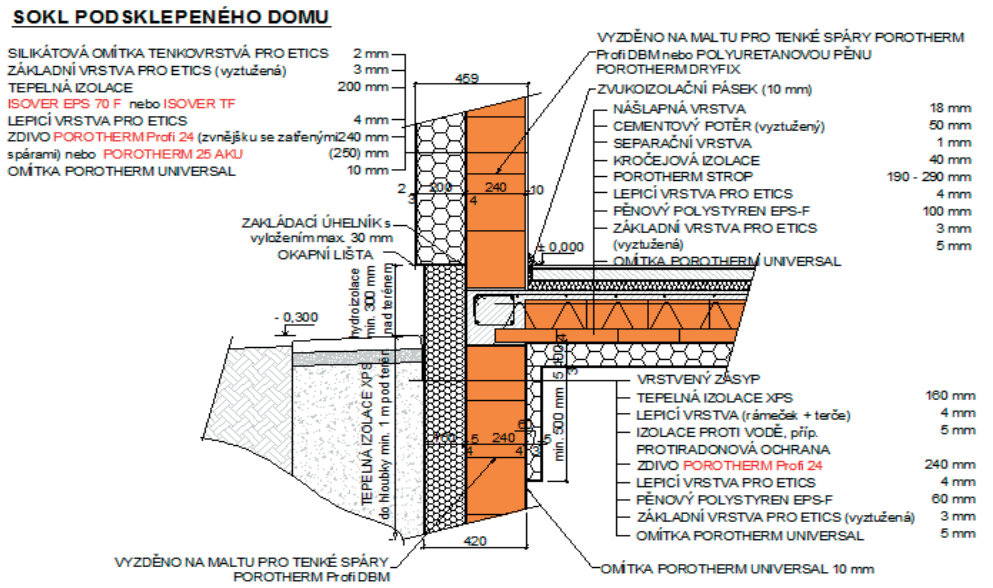
3.4.4.1 Omezení tepelných mostů [A6]

Tepelný most je místo v obvodové konstrukci, kterým prochází více tepla z vnitřního do venkovního prostředí, protože je toto místo méně tepelně izolováno. Aby se minimalizovaly tepelné mosty, je nutné navrhnout tepelnou izolaci v celé konstrukci bez přerušení, jak je vidět u následujících detailů.

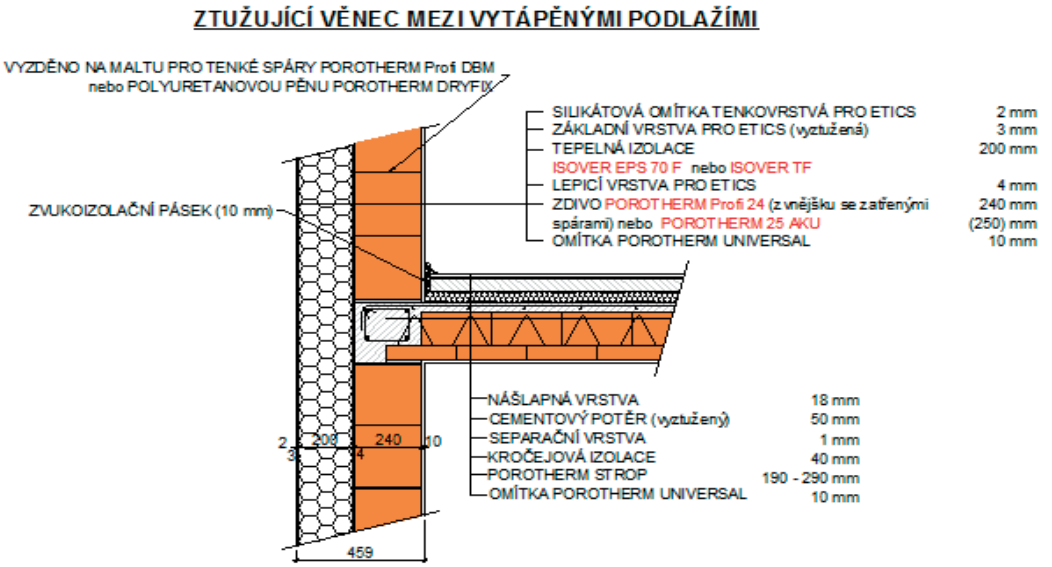


Obr. Typická místa tepelných mostů
(1 – atika, 2 – ztužující pozední věnec, 3 – nadpraží, 4 – napojení balkonu, 5 – styk suterénního a obvodového zdiva)

Detaily pro nízkoenergetické a pasivní domy [B20, B29]

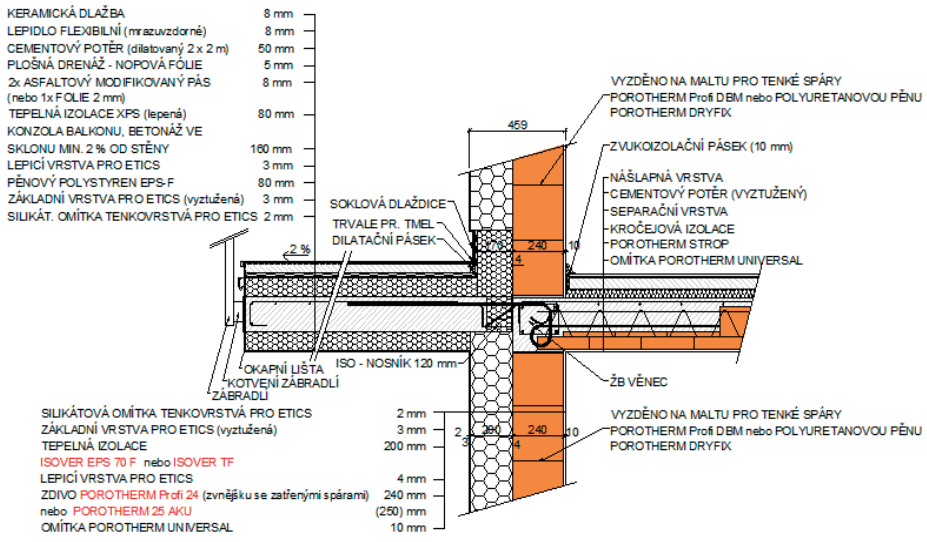


Sokl u podsklepeného domu musí být nejlépe zaizolován jak z venkovní strany, tak z vnitřní, aby teplo neunikalo ven a vlhkost se nedostala z venkovního prostředí do vnitřních místností.



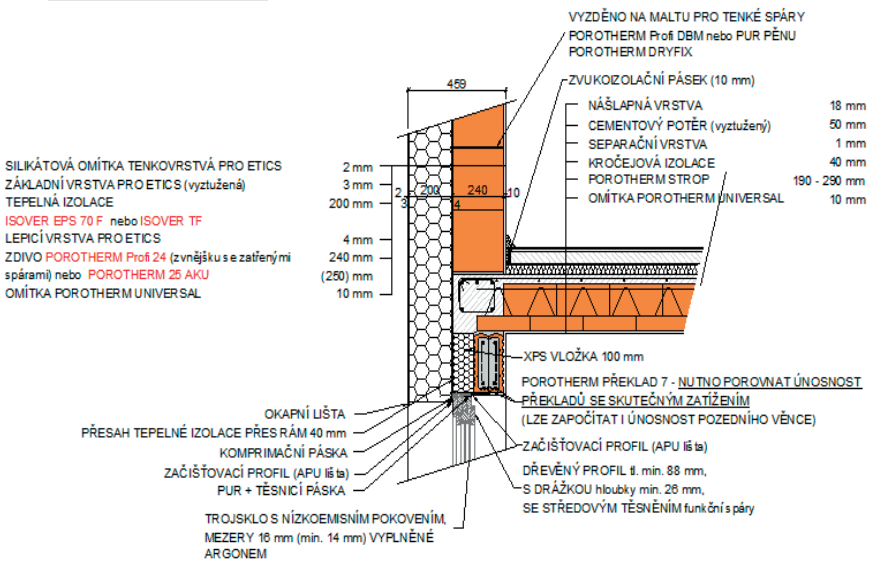
Ztužující věnec musí být zaizolován z venkovní strany nepřerušeně, aby nedocházelo ke vzniku tepelného mostu.

PROSTUP KONZOLY BALKONU VNĚJŠÍ STĚNOU

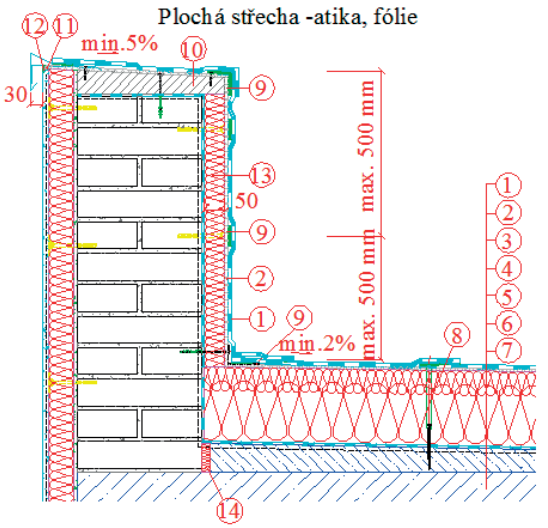


Navázání balkónu a vnější obvodové konstrukce je řešeno obalením tepelné izolace všech kritických konstrukcí, kde by mohlo docházet k unikání tepla z vnitřních místností.

NADPRAŽÍ OKNA / DVEŘÍ



Nadpraží okna nebo dveří musí být řešeno také vyplněním tepelné izolace v místech, kudy by mohla vnikat vlhkost do interiéru.



1 PVC - hydroizolace
2 Podkladní fólie
3 Minerální izolace ROCKWOOL MONROCK MAX
4 Parotěsná PE fólie
5 Penetrační nátěr
6 Spádová vrstva
7 Nosná stropní konstrukce
8 Kotvení hydroizolační fólie
9 Poplastovaný plech
10 Dřevěná fošna, impregnovaná a opatřená nářezy proti kroucení mechanicky kotvená do atiky
11 PE-provazec
12 Neutrální silikonový tmel
13 Minerální izolace ROCKWOOL - deska ROCKFALL - tloušťka 60 mm
14 Dilatace

Atika u ploché střechy musí být oddělena tepelnou izolací jak z venkovní strany obvodové konstrukce, tak v místě střešního pláště, aby nedocházelo k úniku tepla do exteriéru.

3.4.4.2 Stínění [A11, A28]

Nejjednodušší stínění je pevnými částmi – přesahem střechy nebo pergolami, dobře odcloní vysoké jižní slunce. Nízké východní a západní slunce je nejlepší clonit mobilním zastíněním - vnitřní nebo vnější žaluzií. Účinnost vnějších žaluzií je podstatně vyšší, protože vnitřní žaluzie vyzařují část tepla do interiéru. Je také možné použít i venkovních posuvných stěn nebo vnějších svinovacích žaluzií, ale tady může být problém s tepelným mostem u truhlíku nad oknem.
Dokonalé stínění je nutné zejména u pasivních dřevostaveb, které mají velmi nízkou akumulaci, a proto může dojít k prudkému zvýšení vnitřní teploty.

Obr. Stínění oken v jižní fasádě: letní slunce – jaro a podzim - zima

3.4.5 Dřevostavby

Dřevo je jediná obnovitelná surovina, kterou lze využít ve stavebnictví k realizaci prakticky všech nosných konstrukcí.

Vlastnosti dřeva [A15]

- mechanické vlastnosti – dřevo má rozdílné vlastnosti v různých směrech, nejlepší parametry pevnosti i tuhosti a zároveň nejmenší deformace má dřevo ve směru rovnoběžně s vlákny, ale tyto vlastnosti ovlivňuje konstrukční rozměr, objemová hmotnost, vlhkost dřeva, vady dřeva, rychlost zatěžování a doba trvání zatížení
- vlhkost – závisí na množství vody, které je ve dřevu obsaženo
- tepelná vodivost – je velmi malá, protože dřevo má malou objemovou hmotnost, je pórovité a proto je vhodným tepelně izolačním materiálem
- tepelná roztažnost – je malá, proto se nemusí počítat s účinky od teplotních změn a provádět dilatační spáry
- elektrické vlastnosti – dřevo je velmi dobrý izolant, ale s rostoucí vlhkostí a teplotou se elektrický odpor dřeva velmi snižuje
- akustické vlastnosti – zvuková pohltivost dřeva je přibližně 50%

Dřevostavby jsou budovy, kde hlavním konstrukčním prvkem je dřevo, které tvoří nosnou konstrukci stavby. Ostatní (nenosné) prvky stavby mohou tvořit i jiné materiály než dřevo a jejich podíl v obytných budovách bývá i více než 60%.

Konstrukční systémy dřevostaveb [B15, B27]

a) srubová stěnová konstrukce

V minulosti nejrozšířenější, používala se kulatina, trámy hraněné nebo polohraněné. Druhy srubů:

- tradiční sruby z masivního dřeva - z kmenů stromů, tloušťka stěny 150 – 300 mm

Obr. Srub z masivního dřeva (zdroj: [B15])

- novodobé sruby – z masivního nebo lepeného dřeva – jednoplášťové 150 – 400 mm nebo se zateplením jako sendvičové nebo dvojité konstrukce

Obr. Novodobý srub se zateplením (zdroj: [B15])

výhody srubové stěnové konstrukce – plné uplatnění dřeva jako přírodního materiálu, působivý architektonický vzhled, vysoký stupeň přípravy hrubé stavby ve výrobně, menší nároky na montážní a dopravní techniku

nevýhody srubové stěnové konstrukce – vyšší pracnost při montáži, vysoký podíl dokončovacích pracích při montáži, objemové a tvarové změny stavby, vyšší cena

b) hrázděná konstrukce

- u nás výjimečně, dříve oblíbené v městech západní Evropy
- konstrukce – dřevěná kostra, jednotlivá pole jsou vyplněna cihlovým zdivem
- kostra se skládá z prahu, sloupků, vzpěr a překladů, je přiznaná a vytváří architektonický prvek
- výhody – působivý architektonický výraz, menší nároky na montážní a dopravní techniku, lepší akumulační vlastnosti stěny
- nevýhody – větší výrobní náročnost na opracování dřeva, tesařské spoje apod., vysoký podíl dokončovacích pracích při montáži

Obr. Ukázka hrázděné konstrukce (zdroj: [B10])

c) sloupková konstrukce

- vznikla v USA a Kanadě
- používají se sloupky 50–60 x 100–200 mm po 400 až 600 mm, překlady, stropnice, krokve
- prvky se spojují šikmým hřebíkováním, více namáhané prvky se sdružují
- mezi prvky tepelná izolace
- prostorovou tuhost zajišťuje opláštění z aglomerovaných velkoplošných desek
- výhody – výrobní a montážní technická nenáročnost, pružné řešení změn při montáži, odbourávání vysoké režie výrobynevýhody – výroba a montáž na staveništi je vystavena povětrnostním vlivům, nutná potřebná plocha na staveništi pro výrobu sloupkových stěn

Obr. Ukázka sloupkové konstrukce (zdroj: archiv autora)

d) panelová konstrukce

- rám panelů je buď obvodový, příčkový, stropní, střešní nebo podlahový
- prostor mezi žebry je vyplněn tepelnou izolací
- opláštění je z aglomerovaných velkoplošných desek
- výhody – maximální dokončení ve výrobě, automatizace výroby, rychlá hrubá nebo finální montáž stavby, možnost lepší kontroly kvality
- nevýhody – potřeba dopravní techniky ve výrobě a při montáži, omezená výstavba v náročnějších podmínkách terénu, vyšší režie z provozu výrobních hal a výrobní techniky

Obr. Ukázka panelové konstrukce (zdroj: archiv autora)

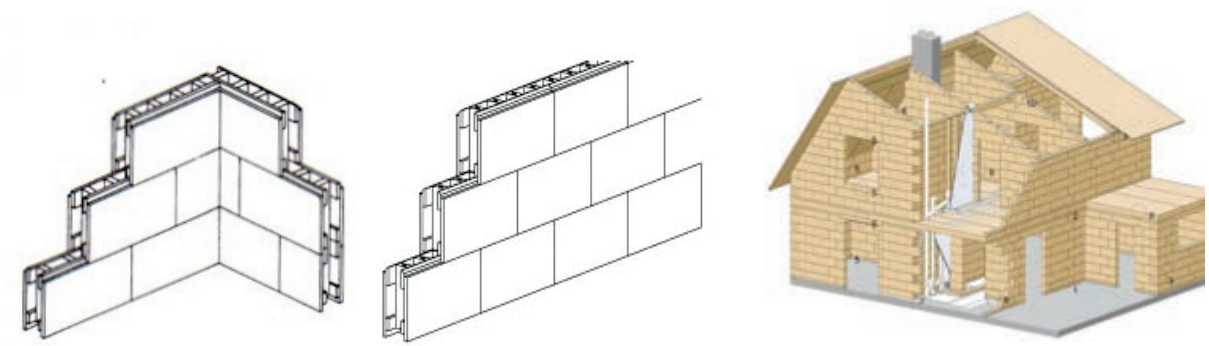
e) skeletová soustava

- prostorová konstrukce – svislé sloupky a vodorovné průvlaky
- výplně jsou nenosné, ale mohou zajišťovat prostorovou pevnost konstrukce
- nosné prvky – plnostěnné průřezy z lepeného lamelového dřeva různých tvarů
- příčky – lehké (různé systémy sádrokartonových nebo sádrovláknitých příček)
- výhody – ekonomičtější zakládání, variabilnost umístění příček, možnost vytvoření velkých vnitřních prostorů
- nevýhody – potřeba náročnější techniky při montáži, vyšší pracnost při montáži, vyšší nároky na dřevěné nosné prvky

Obr. Ukázka skeletové konstrukce (zdroj: [B12]*)*

f) stěnová soustava z prefabrikovaných tvarovek

- suchý způsob montáže (= zdění z cihlářských tvarovek) ze standardizovaných, průmyslově vyráběných tvarovek o modulové délce 600 mm a výšce 300 mm
- spojují se buď na pero a drážku nebo kolíkovým spojem, stěna se dodatečně vyztužuje na výšku vloženými hranoly
- výhody – vysoký stupeň dokončení ve výrobě, rychlá montáž
- nevýhody – architektonicky nepružný konstrukční systém, omezený architektonický výraz



Obr. Konstrukce z prefabrikovaných tvarovek (zdroj: [A27], [B25]*)*

3.4.6 Další způsoby získávání tepla

Využití slunečního záření v architektuře můžeme rozdělit na pasivní a aktivní. **Pasivní** přijímání sluneční energie působí na tepelný režim vnitřních prostorů budovy, **aktivní** využití pomocí systémů pro jímání solární radiace s její přeměnou na teplo, elektrickou energii apod. V této kapitole se budeme věnovat pasivnímu využití sluneční energie. Aktivní využití je předmětem kapitol pojednávajících o TZB [A17].

Solární systémy je možné racionálně kombinovat. Např. teplý vzduch se šíří přirozenou konvekcí a nuceným prouděním (**kombinované systémy**). Více např. [B28].

Pasivní využívání slunečního záření úzce souvisí s celkovou koncepcí budovy (viz kap. 3.1.2.).

Sluneční záření působí na plochy obvodového pláště budovy ve dvou formách [A17].

- Část spektra (krátkovlnné záření) proniká průsvitnými (transparentními) konstrukcemi (zasklené plochy), dopadá na vnitřní povrchy, přeměňuje se na dlouhovlnné tepelné záření a je vyzařováno zpět do vnitřního prostoru. Zasklené plochy velmi obtížně propouštějí dlouhovlnné záření pro teploty pod 100 °C a teplo vzniklé dopadem krátkovlnné části spektra slunečního záření zůstává ve vnitřním prostoru a zvyšuje vnitřní teplotu (**skleníkový efekt**).

- Neprůsvitné konstrukce pohlcují část slunečního záření, to se mění na teplo a zvyšuje teplotu vnějšího povrchu konstrukce.

Způsobů využití solární energie je celá řada. Ucelený přehled solárních systémů, pasivních i aktivních, zpracovaný z různých pohledů lze najít např. v [A17], [A9], [A28b].

Zde jsou uvedeny některé příklady:

Klasickým příkladem pasivního využití slunečního záření je **Sokratův dům**. Ten využívá v optimální míře „solárního designu“ pro snížení energetické náročnosti domu [B8]. Hlavní prostory jsou orientovány na jih, pomocné, komunikační a skladovací prostory na sever. Viz též zónování v kapitole 3.

Nejjednodušším, již výše zmíněným způsobem, je přímý tepelný zisk skrz prosklené plochy obvodového pláště, tedy nejčastěji okny.

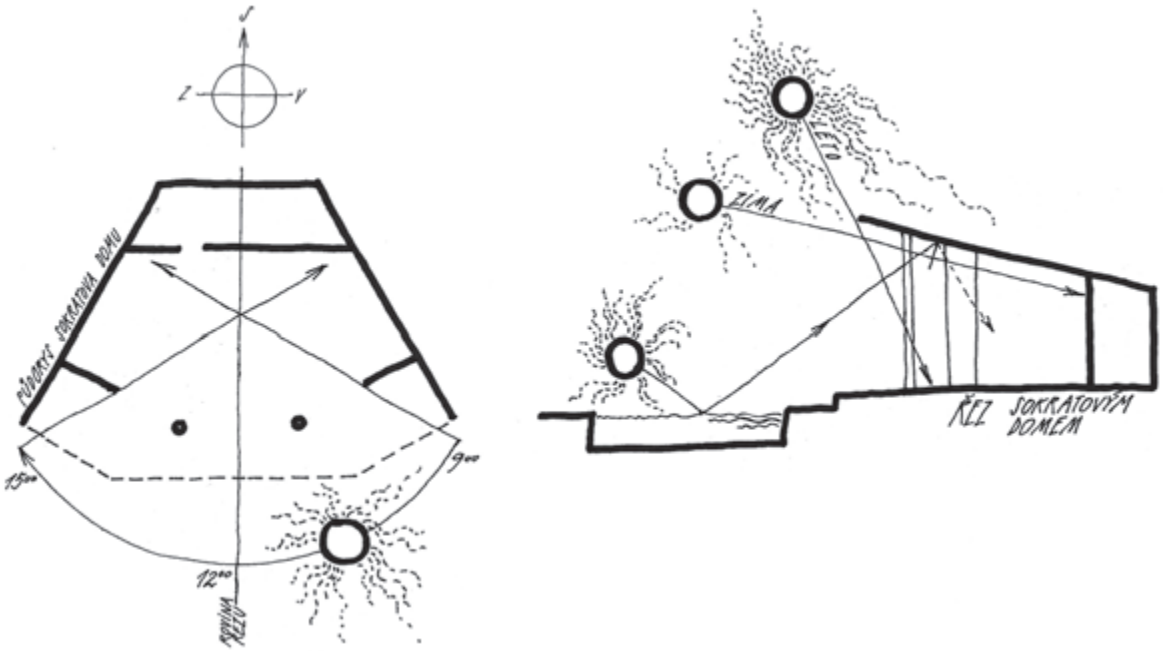
Zimní zahrady, prosklené lodžie a jiné podobné prostory zpravidla nepřispívají k dalšímu zlepšení energetické bilance pasivního domu. Pokud jsou z jiných důvodů navrženy, je třeba zajistit jejich dokonalé tepelné oddělení od vytápěného prostoru, dále zajistit jejich účinné větrání a stanovit vhodný způsob jejich užívání s ohledem na vlhkost vzduchu. Konstrukce oddělující vytápěnou zónu od těchto prostorů se zpravidla navrhují shodně s ostatními obvodovými konstrukcemi [C3].

Přes tyto prostory je možné nasávat vzduch, který se v nich předehřívá, dále do místnosti. Na tomto principu funguje i **zasklená dvojitá fasáda**.

Tato fasáda, v některé literatuře také nazývaná **energetická**, je v podstatě dvojitá fasáda, kdy skleněný obvodový plášť se zavěšuje ve vzdálenosti 100 až 600 mm před stávající fasádu. V zimě a v přechodném období slouží k pasivnímu jímání slunečního záření, v létě jako ochrana proti nadměrnému záření. Podrobněji např. v [A17], [A9], [B28], [B4].

Další možností je **zasklená tepelná izolace** (např. v Rakousku vyvinuté **kartonové** voštiny), která se osadí na fasádu. Sluneční paprsky pronikají do izolační vrstvy v různých hloubkách podle druhu izolace. Ta se ohřívá a ztráty prostupem tepla se snižují. Protože izolační hmoty mají malou hmotnost a tudíž jen nepatrně akumulují solární energii, funguje izolační efekt zpravidla jen při slunečním záření [A9].

Jinak je tomu u **zasklené transparentní tepelné izolace**. Ta může být z plastických hmot, skla nebo tzv. aerogelu[1)]. Když teplota vnitřního povrchu stěny překročí teplotu místnosti, začne stěna předávat sálavé teplo do místnosti. Tento systém přeměňuje na teplo i difúzní solární záření, ale vzhledem k vysokým nákladům je efektivní orientace k jihu. Vyžaduje ochranu proti přehřívání místností v létě.



Obr. Sokratův dům (zdroj: [B8])

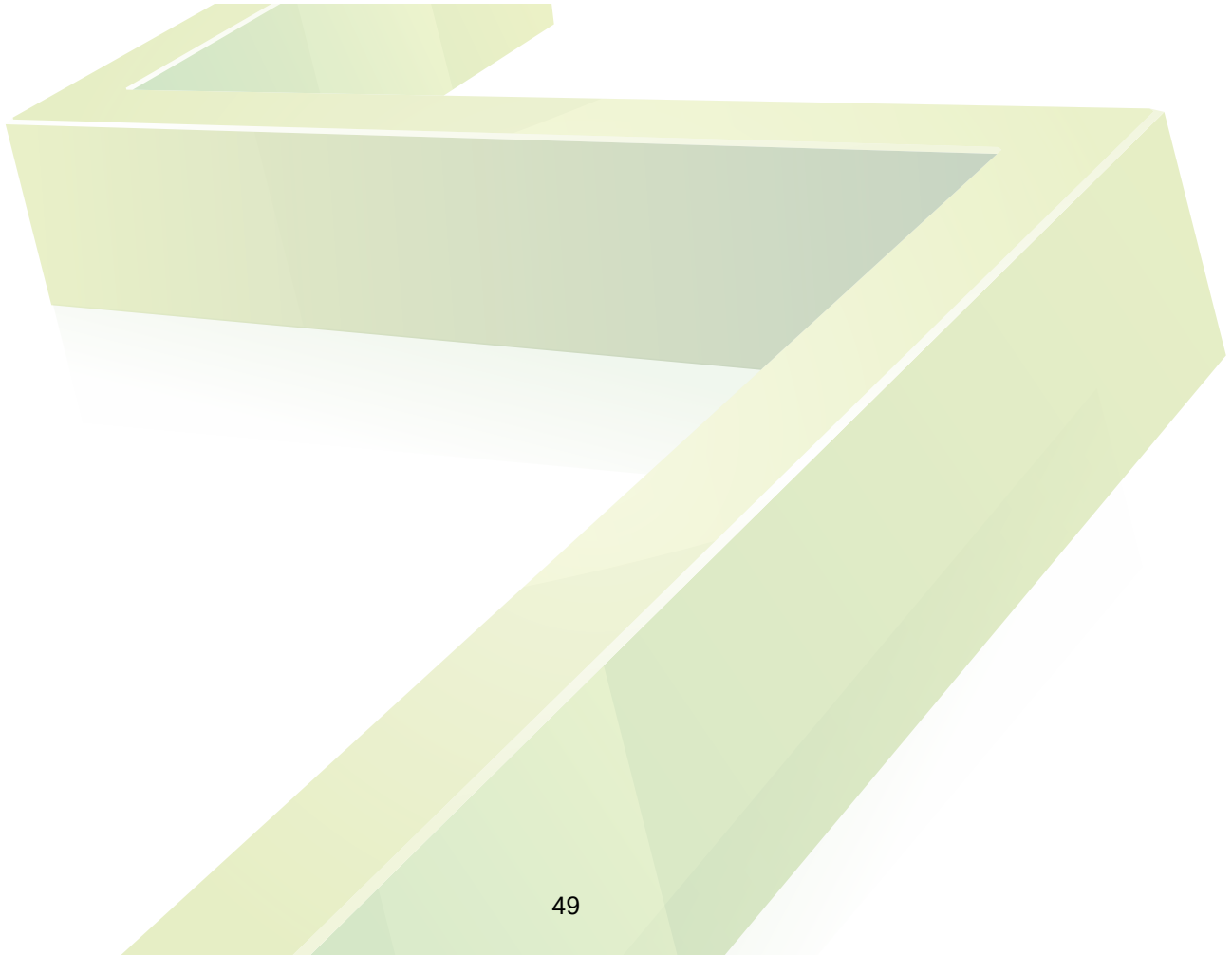
Podobně je tomu u stěn z **transparentních prvků,** které většinou sestávají z jádra z transparentní tepelné izolace, opatřené z obou stran sklem. Celková tloušťka bývá od 50 do 150 mm. Používají se u budov, kde není důležitý vizuální kontakt s vnějším prostředím, ale je kladen důraz na lepší využití denního světla.

Jinou možností je využití prosklené plochy s masivní akumulační stěnou (tzv. **Trombeho stěna**). Její funkce je popsána v řadě publikací, např. [B7].

Zpravidla jižní (případně jihozápadní či jihovýchodní) stěna budovy je postavena z masivního materiálu dobře akumulujícího teplo – například z plných cihel, betonu, kamene apod. Vnější povrch této stěny je opatřen černou barvou, dobře pohlcující sluneční záření. Před tuto stěnu je v určité vzdálenosti předsazena průsvitná deska, obvykle skleněná. Vzdálenost skla od stěny se pohybuje od několika centimetrů (nejčastěji 10 cm) do několika desítek centimetrů. Mezi stěnou a sklem tak vzniká vzduchová mezera. Ve vlastní stěně jsou obvykle dva otvory – spodní, kterým může vzduch z interiéru domu proudit do vzduchové mezery a horní, kterým vzduch proudí ze vzduchové mezery zpět do interiéru domu. Otvory jsou uzavíratelné, například pomocí klapek. Vzduchová mezera je v horní části opatřena též klapkou – ta po otevření umožňuje proudění vzduchu ze vzduchové mezery ven do exteriéru.

---

1) Aerogel je látka na křemíkové bázi, často nazývaná zmrzlý dým nebo modrý dým. Obsahuje 99,98 % vzduchu, zbytek připadá na oxid křemičitý [B30].



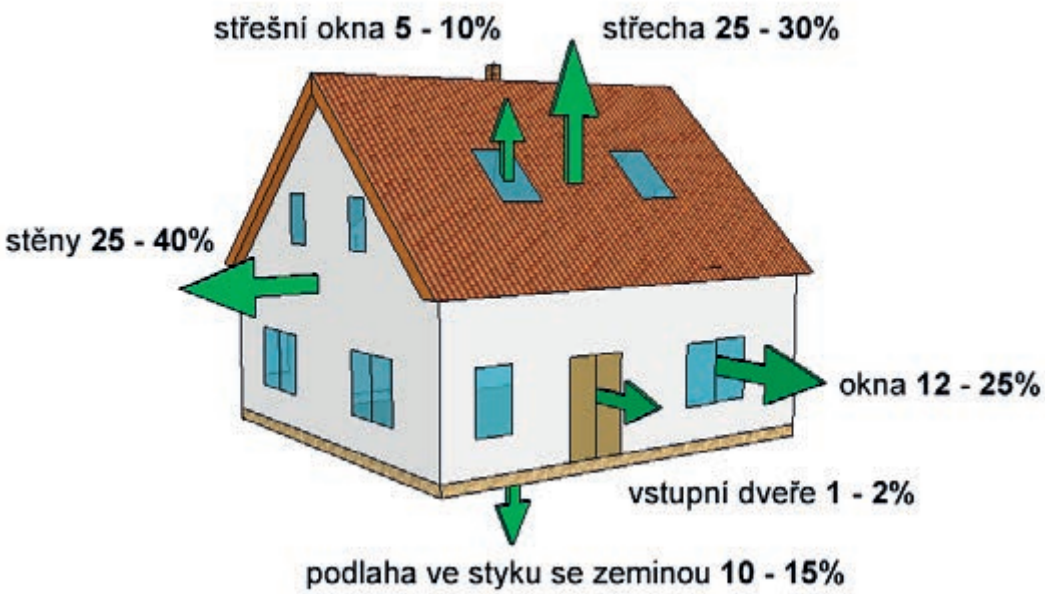
4 Výpočet tepelných ztrát budov a posouzení jejich energetické náročnosti

4.1 Tepelná ztráta

Tepelná ztráta budovy je výchozím údajem ke stanovení spotřeby energie na vytápění.

V současnosti se výpočet provádí podle ČSN EN 12831 „Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu“. Tato norma nahradila dříve platnou ČSN 060210.

Celková návrhová tepelná ztráta budovy
Tepelné ztráty se počítají pro každou jednotlivou místnost zvlášť a jejich součet tvoří celkovou tepelnou ztrátu objektu. Slouží pro návrh otopných ploch v jednotlivých místnostech i návrh zdroje tepla. Jsou stanoveny pro nejnepříznivější výpočtové parametry exteriéru a výpočtové teploty interiéru.



Obr. Tepelná ztráta obálkou budovy (zdroj: [B6])

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru = návrhová tepelná ztráta prostupem + návrhová tepelná ztráta větráním

$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}$ [W]

4.1.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

$$\Phi_{T,i} = \left(H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,iue} + H_{T,ij}\right).\left(\Theta_{int,i} - \Theta_e\right)$$

$H_{T,ie}$…měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí [W/K]
$H_{T,ig}$…měrná tepelná ztráta do přilehlé zeminy [W/K]
$H_{T,iue}$…měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor) [W/K]
$H_{T,ij}$.. měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou [W/K]
$\boldsymbol{\theta}_{int,i}$… teplota ve vytápěném prostoru (interiér) [°C]
$\boldsymbol{\theta}_e$… venkovní výpočtová teplota (exteriér) [°C]

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do venkovního prostředí - $H_{T,ie}$
Měrná tepelná ztráta konstrukcí na hranici vytápěného prostoru a venkovního prostředí (stěny, okna, dveře,..)

$$H_{T,ie} = \sum_k A_K \,.\, U_K \,.\, e_k + \sum_l \psi_l \;.\, l_l \;.\, e_l$$

A_K… plocha stavební konstrukce [m^2]

e_k, e_l…korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům při uvažování klimatických jevů, pokud tyto nebyly uvažovány při stanovení U-hodnot

U_k… součinitel prostupu tepla stavební části [W/(m^2. K)], vypočtené dle:
EN ISO 6946 pro neprůsvitné části
EN ISO 10077-1 pro dveře a okna
nebo z údajů uvedených v Evropských technických schváleních

l_l… délka lineárních tepelných mostů mezi vnitřním a vnějším prostředím [m]

ψ_l… činitel lineárního prostupu tepla lineárního tepelného mostu [W/mK]
hrubé stanovení – hodnoty jsou uvedené v EN ISO 14683 (hodnoty jsou stanoveny pro celou budovu, poměrné rozdělení mezi místnostmi provede projektant); nebo se vypočtou podle EN ISO 10211-2.

Při výpočtu podle zjednodušené metody tepelnou ztrátu tepelnými mosty nahradíme korekcí součinitele prostupu tepla ($e_k = 1$)

$$H_{T,ie} = \sum (A_K \,.\, U_{Kc} \,.\, e_k)$$

U_{Kc}… korigovaný součinitel prostupu tepla stavební konstrukce [W/(m^2. K)]

$$U_{Kc} = U_K + \Delta U \quad \text{[W/(m}^2\text{. K)]}$$

ΔU... korekční součinitel

- ΔU = 0,00 konstrukce bez tepelných mostů
- ΔU = 0,02 konstrukce téměř bez tepelných mostů (projektový předpoklad)
- ΔU = 0,05 konstrukce s mírnými tepelnými mosty
- ΔU = 0,10 konstrukce s běžnými tepelnými mosty

Měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do zeminy – $H_{T,ig}$
Ztráta vzniká prostupem tepla podlahou nebo stěnou v kontaktu se zeminou.
Stanovení ztráty zjednodušeným způsobem:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \,.\, f_{g2} \,.\, \left(\sum A_K \,.\, U_{equiv,k}\right) \,.\, G_W \quad \text{[W/K]}$$

f_{g1}… korekční součinitel, uvažující vliv roční změny průběhu venkovní teploty (1,45)

f_{g2}… teplotní redukční činitel, zahrnující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

$$f_{g2} = \left(\theta_{int,i} - \theta_{m,e}\right) \Big/ \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right)$$

$\boldsymbol{\theta}_{m,e}$… průměrná teplota v otopném období [K, °C]

G_W… opravný součinitel na vliv spodní vody
Je-li předpokládaná hladina méně než 1m od úrovně podlahy suterénu, uvažuje se 1,15. Jinak je roven 1.

$U_{equiv,k}$… ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zeminou (s vlivem zeminy)
Hodnoty $U_{equiv,k}$ pro některé případy viz přílohy na CD.

Měrná tepelná ztráta do nevytápěného prostoru (ven přes nevytápěný prostor) – $H_{T,iue}$
podkroví – půda, nevytápěné komunikační prostory, suterén,….

$$H_{T,iue} = \sum_k b_u \,.\, A_K \,.\, U_K + \sum_l \psi_l \,.\, l_l \,.\, b_u \qquad [W/K]$$

b_u… součinitel redukce teploty
známe-li teplotu v nevytápěném prostoru $\boldsymbol{\theta}_u$, pak vypočteme:

$$b_u = \left(\theta_{int,i} - \theta_u\right) \Big/ \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right)$$

Ψ_l… činitel lineárního prostupu tepla tepelného mostu, vazby [W/mK]
l_l… délka lineárního tepelného mostu [m]

Měrná tepelná ztráta do/z vytápěného prostoru s odlišnou teplotou – $H_{T,ij}$
sousední vytápěný prostor

$$H_{OT,i} = \sum_k f_{ij} \,.\, A_K \,.\, U_K \qquad [W/K]$$

f_{ij}… součinitel redukce teploty [-]
zahrnuje rozdíl mezi teplotou přilehlého prostoru a venkovní výpočtovou teplotou

$$f_{ij} = \left(\theta_{int,i} - \theta_j\right) \Big/ \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right)$$

θ_{ej}… teplota přilehlého prostoru [K, °C]

4.1.2 Tepelná ztráta větráním

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \,.\, (\theta_{int,i} - \theta_e) \qquad [W]$$

$H_{V,i}$ … měrná tepelná ztráta větráním

$$H_{V,i} = V_i \,.\, \rho \,.\, c = V_i \,.\, 0{,}34 \qquad [W/K]$$

ρ… měrná hmotnost vzduchu [kg/m^3]
c… tepelná kapacita vzduchu [J/kgK]

U objektů bez větracího systému
se volí vyšší z hodnot objemového toku $V_{min,i}$ a $V_{inf,i}$

$V_{min,i}$.. minimální objemový tok vzduchu vytápěného prostoru požadovaný z hygienických důvodů [m^3/h]

$$V_{min,i} = n_{min} . V$$

V… objem vytápěného prostoru, vypočítaný na základě vnitřních rozměr [m^3] (cca 0,8 x objem vypočítaný na základě vnějších rozměrů)

n_{min}... minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu [h^{-1}]
25 m^3/h na osobu
n = 0,3 ÷ 0,6 h^{-1} u obytných budov v užívaných místnostech
n = 1 h^{-1} u kuchyní
(Další hodnoty viz přílohy na CD.)

$V_{inf,i}$… objemový tok vzduchu v důsledku proudění vzduchu štěrbinami a spárami pláště budovy

$$V_{inf,i} = 2 . V . n_{50} . e_i . \varepsilon_i$$

n_{50}… stupeň těsnosti obvodového pláště budovy [h^{-1}]
hodnota intenzity výměny vzduchu při rozdílu tlaku 50 Pa (zjištěna měřením)
hodnoty viz přílohy na CD

e_i… stínící součinitel, hodnoty viz přílohy na CD
ε_i… korekční součinitel na výšku od úrovně terénu (vliv větru ve vyšších podlažích)
Jeho hodnota je dle středu výšky místnosti od úrovně terénu:
ε = 1 0 až 10m
ε = 1,2 nad 10 do 30m
ε = 1,5 nad 30m.

U objektů s větracím systémem nemá vzduch parametry venkovního vzduchu, je-li například:

- ohříván rekuperací
- předehříván
- přiváděn z přilehlého prostoru.

$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \cdot f_{v,i} + V_{mech,inf,i}$ [m^3/h]

$V_{inf,i}$… množství vzduchu infiltrací [m^3/h]
$V_{su,i}$… množství vzduchu přiváděného do místnosti vzduchotechnickým systémem (dále VZT) [m^3/h] dle projektanta VZT systému
$V_{mech,inf,i}$…rozdíl mezi nuceně přiváděným a odváděným vzduchem (rovnotlaké větrání = 0) [m^3/h]

$f_{v,i}$… korekční teplotní činitel

$$f_{v,i} = \left(\theta_{int,i} - \theta_{su}\right) / \left(\theta_{int,i} - \theta_e\right) \quad [K, °C]$$

θ_{su}… teplota přiváděného vzduchu

4.1.3 Návrhový tepelný výkon

Návrhový tepelný výkon pro místnost
Je to součet tepelné ztráty prostupem všech konstrukcí ohraničujících místnost a větráním. Je-li to nutné (u přerušovaně vytápěných prostor) je v tepelném výkonu zahrnut zátopový tepelný výkon.

$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i}$ [W]

Návrhový tepelný výkon pro budovu (pro návrh zdroje)

$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i}$ [W]

$\Sigma\Phi_{T,i}$…součet tepelných ztrát všech vytápěných prostorů prostupem tepla kromě tepla šířícího se uvnitř části budovy nebo celé budovy
$\Sigma\Phi_{V,i}$.. tepelné ztráty všech vytápěných prostorů větráním kromě tepla šířícího se uvnitř části budovy nebo celé budovy
$\Sigma\Phi_{RH,i}$…součet tepelných příkonů na vytápění potřebných k vyrovnání vlivů přerušovaného vytápění pro všechny vytápěné prostory

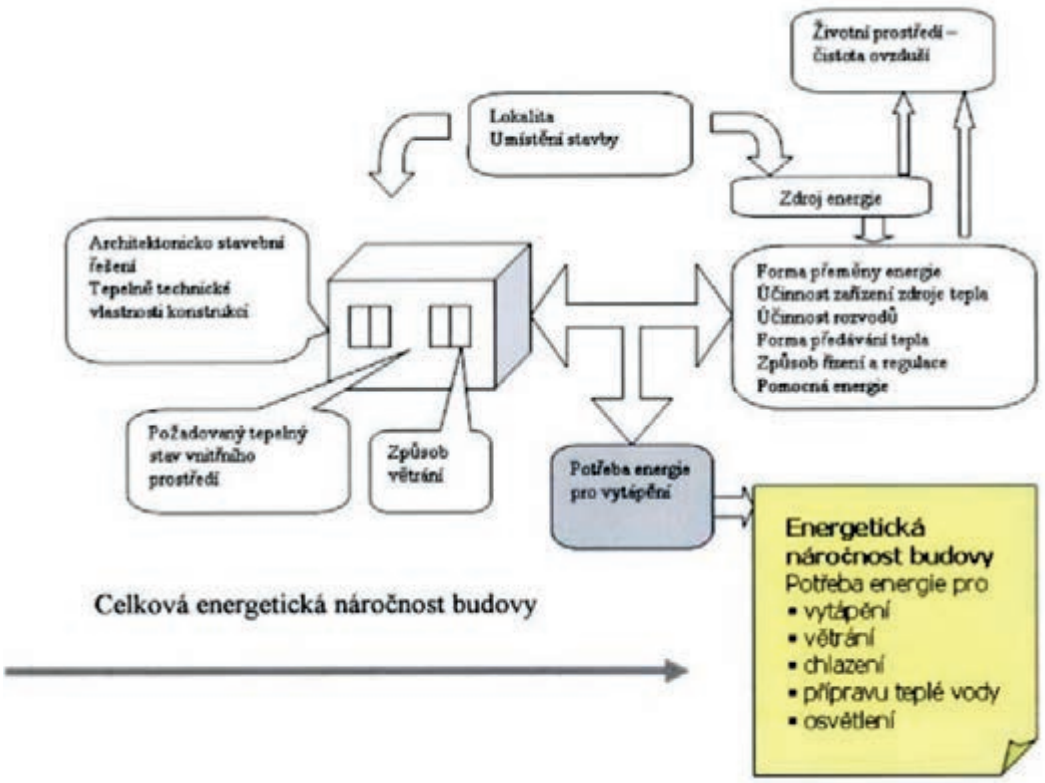
4.2 Energetická náročnost budov

Energetická náročnost budovy = spotřeba energie
- faktické množství nakupované energie, kryjící energetické nároky budovy

Energetický nárok budovy = potřeba energie
- množství energie, které objekt pro svou funkci objektivně potřebuje

Budovy byly doposud hodnoceny pouze metodou zohledňující měrnou potřebu tepla na vytápění objektu, kdy jedinými faktory, které ovlivňovaly výsledné hodnocení, byly tepelně technické vlastnosti budovy.

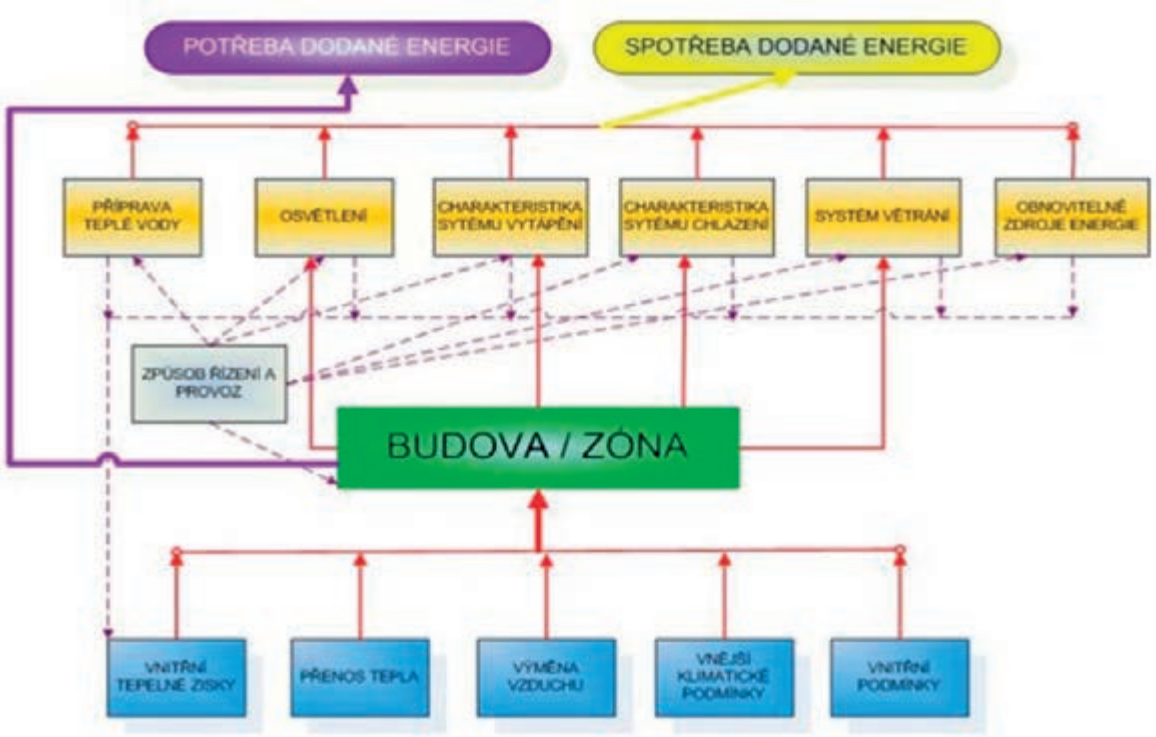
Energetickou náročnost budovy z pohledu celkové dodané energie, tzn. energie spotřebované (vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení), ovlivňují všechny **systémy podílející se na spotřebě a výrobě energie**. Princip posouzení respektuje základní schéma toku energie.



Obr. Faktory ovlivňující potřebu energie pro vytápění budov a návaznost na energetickou náročnost (zdroj: [B19])

Energetická náročnost budovy se stanoví výpočtovou metodou z návrhových veličin – vhodné pro účely vstupního hodnocení (nové budovy i poprvé hodnocené stávající budovy).

Bilanční hodnocení budovy představuje hodnocení budovy při standardizovaném užívání a daných klimatických podmínkách.



Obr. Schematické znázornění tepelných toků v budově (zdroj: [B5])

Údaj, který je v současné době používán jako referenční hodnota, je měrná potřeba tepla na vytápění [v kWh/m^{2}a], viz tab.

Klasifikace energetické náročnosti budovy je rozdělena do klasifikačních tříd A až G.

Budova by celkově měla dosáhnout na minimálně třídu A-C. Třída D-G je z pohledu splnění požadavku vyhlášky nevyhovující.

Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní budova	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Budova pro vzdělávání	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Budova pro velkoobchod a maloobchod	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

Tab. Klasifikační třídy EN hodnocení energetické náročnosti budovy podle vyhlášky 148/2007 Sb., hodnoty jsou uvedeny v kWh/m^2 (zdroj: [B5])

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

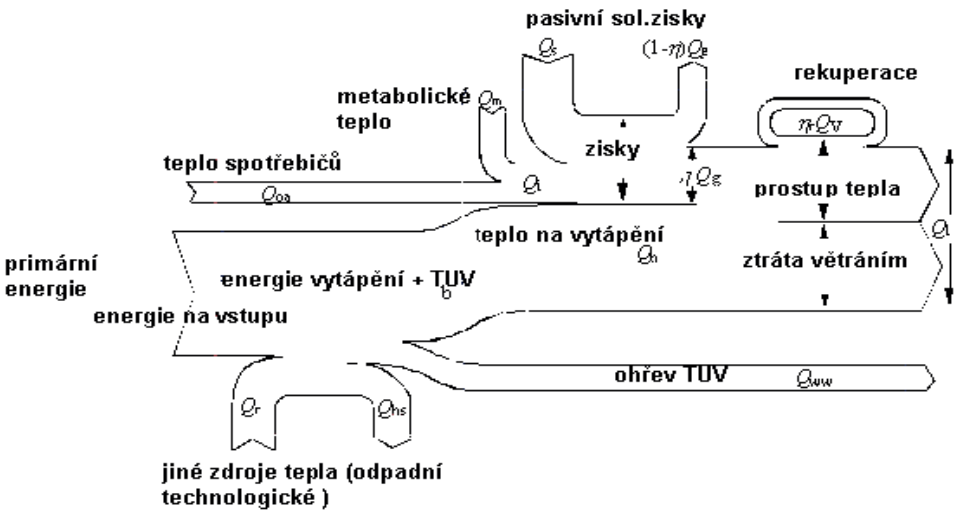
Typ budovy, místní označení: VZ - Vzdělávací zařízení Adresa budovy: PARDUBICE Celková podlahová plocha A_c : 808.0 m²	Hodnocení budovy stávající stav	 po realizaci doporučení
<47 A		
47 89 B	B	
90 130 C		
131 174 D		
175 220 E		
221 265 F		
>265 G		
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/(m².rok)	61	0
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ	178,1	0,0

Podíl dodané energie připadající na [%]:

Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
55,8	0,9	24,2	6,0	13,1

Doba platnosti průkazu :	15.11.2019
Průkaz vypracoval	Jméno a příjmení : Osvědčení č. : Datum vypracování :

Obr. Průkaz energetické náročnosti budovy (zdroj: [B5])



Obr. Energetická bilance budovy (zdroj: [B6])

5 Technická zařízení budov pro energeticky úsporné budovy včetně využití obnovitelných zdrojů energie

5.1 Rekuperace tepla, vzduchotechnika – základní pravidla

Z hygienických důvodů je třeba zajistit v obytných prostorách potřebné množství čerstvého vzduchu a zajistit odvod škodlivin, které v prostoru vznikají.

Škodliviny produkují:
- osoby a důsledky jejich činností (kuchyně, domácí práce,…)
- uvolňování škodlivin z nábytku, podlahovin, stavebních hmot,… oxid uhličitý, vodní pára, odéry, jedovaté plyny a páry,…
- mikroorganizmy – bakterie, viry, spory hub, roztoči,…

Větrání se navrhuje podle:
- intenzity výměny vzduchu cca 0,5 h^{-1}
- přívodu čerstvého vzduchu 15 až 30 m^3/h na osobu
- intenzity větrání cca 0,1 h^{-1} pokud v domě nikdo není (odvod vlhkosti a případných škodlivin)

Typ místnosti	n_{min} [h^{-1}]
Obytné místnosti	0,5
Kuchyně a koupelny bez oken	1,5
Kanceláře	1,0
Zasedací místnosti, třídy, apod.	2,0

Tab. Hygienické minimum intenzity větrání dle ČSN EN 12 831 (zdroj: [B18])

5.1.1 Větrání

Rozeznáváme dva způsoby výměny vzduchu – přirozené větrání a nucené větrání.

5.1.1.1 Přirozené větrání

- funguje na principu tlakového rozdílu mezi vnitřním a vnějším prostředím (rozdíl *měrných hmotností* vzduchu, vítr)
- u těsných oken musíme zajistit výměnu vzduchu jejich pravidelným otvíráním
- v zimě je vhodné větrat pomocí průvanu, vzduch se rychle vymění a tepelná ztráta větráním je menší, než když se vzduch vyměňuje infiltrací

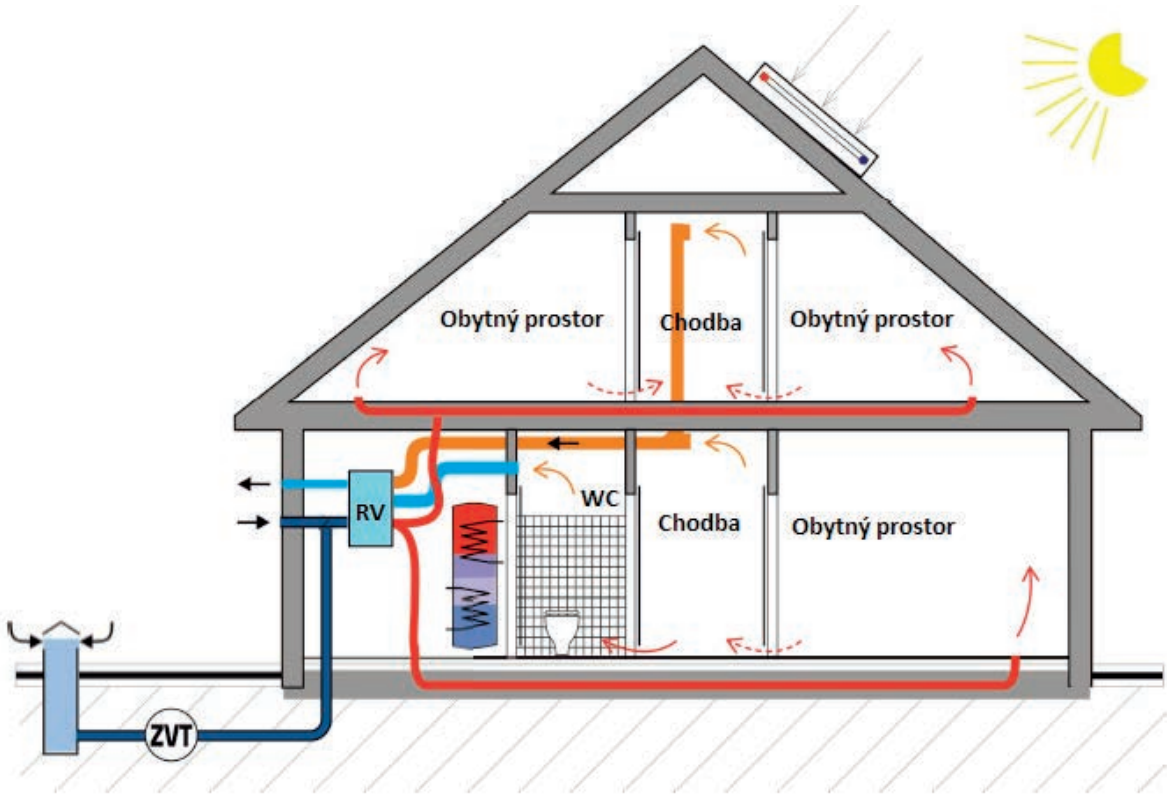
výhody:
- žádné rozvody vzduchu
- žádná spotřeba elektrické energie
- žádné investiční náklady

nevýhody:
- intenzita výměny vzduchu závisí na klimatických podmínkách a poloze místnosti v budově

5.1.1.2 Nucené větrání

Vzduchotechnické zařízení nasává čerstvý vzduch z venkovního prostředí a přivádí ho dovnitř. Vzduch přitom prochází přes filtr, který ho zbavuje škodlivin a před vstupem do místnosti se ještě dohřeje na pokojovou teplotu.

Vzduch, který odchází z místností, se s přívodním nesmísí, ale průchodem přes rekuperační výměník mu předá velkou část svého tepla. Pro přívod čerstvého vzduchu do budovy se může použít předehřev (v létě předchlazení) vzduchu v zemním výměníku tepla.



Obr. Schéma nuceného větrání v rodinném domě (ZVT – zemní výměník tepla; RV – rekuperační výměník) (zdroj: [B1])

výhody:
- konstantní výměna vzduchu zajištěná vhodnými ventilátory, nezávislá na rozdílu teplot a intenzitě větru
- vzduch v interiéru je neustále čištěn průchodem přes filtry vzduchotechnické jednotky (zajištěna nezávadnost přiváděného vzduchu)
- odtah odpadního vzduchu z míst s produkcí škodlivin (WC, koupelna, digestoř,…) po průchodu výměníkem tepla budovu ihned opouští
- vysoký účinek rekuperačního výměníku tepla – min. 75 %
- minimální teplotní rozdíly v místnostech, vzduch rovnoměrně prochází celým prostorem
- malá rychlost proudění vzduchu (několik cm/s)

nevýhody:
- nutnost rozvodů vzduchu
- spotřeba elektrické energie
- investiční náklady

Doporučuje se rozdělení budovy na tři zóny:
1. přívod vzduchu (obytné místnosti),
2. transport vzduchu (chodby, schodiště)
3. odvod odpadního vzduchu (koupelna, WC, kuchyň).

Rozvody by měly být co nejpřímější a nejkratší s ohledem na tlakové ztráty vzduchovodů. Větrací rozvody lze použít i pro vytápění pomocí ohřátého vzduchu (teplovzdušné vytápění). Pasivní dům má totiž tak nízké ztráty, že je lze pokryt i ohřátým vzduchem, což může být levnější než oddělené systémy větrání a topení.

Zemní výměník tepla

- je zařízení, které využívá stálého tepla země (v hloubce 2 m je v zimě teplota až 8 °C, v létě až 14 °C)
- používají se výměníky vzduchové nebo solankové

Zjednodušeně se jedná o potrubí v zemi, kterým prochází buď přímo nasávaný čerstvý vzduch, nebo nemrznoucí kapalina, která ho ohřívá. Vzduch se v zimě ohřeje a v létě ochladí.

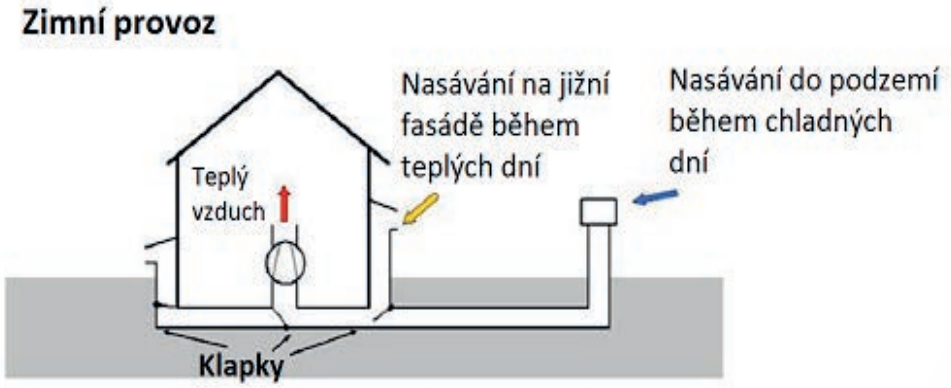
Obr. Praktické provedení zemního vzduchového výměníku [B6]

Nasávací otvor

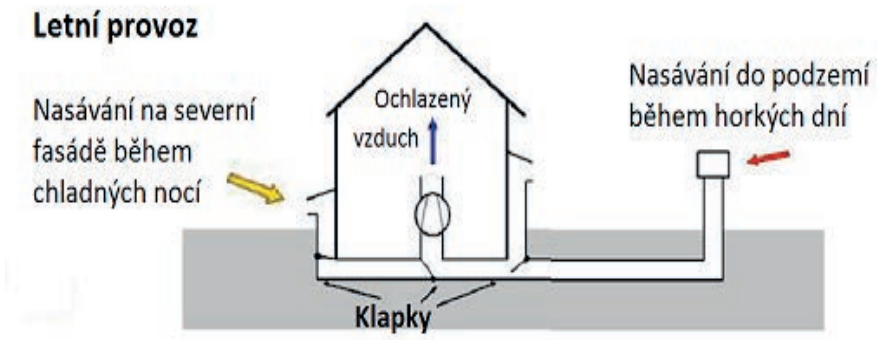
- je opatřen prachovým filtrem, ev. jemnějším pylovým filtrem.

Potrubí

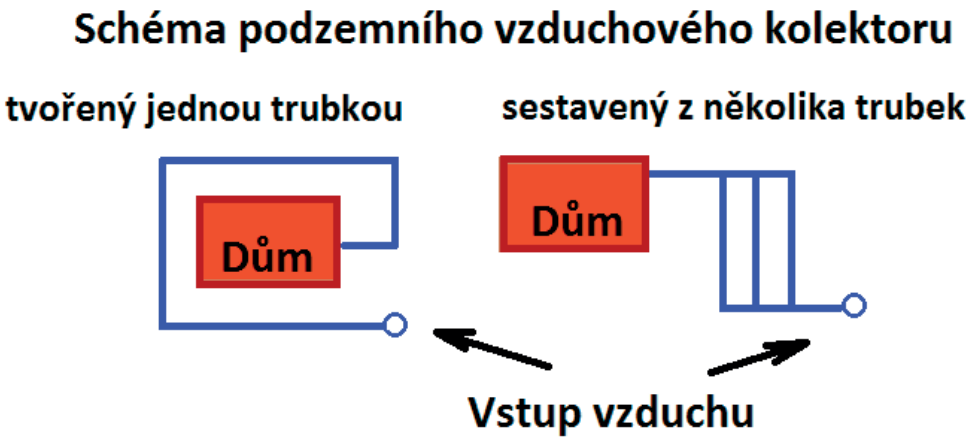
- nejčastěji vysokohustotní polyetylenové potrubí používané pro kanalizaci, DN 150 až 200
- roury hladké (čištění), spoje těsné (potrubí bývá podtlakové a u perforovaného nebo netěsného potrubí by docházelo k nasávání vzduchu z půdy včetně radonu, mikroorganismů apod.) „husí krk“ není vhodný kvůli odvodu kondenzátu a čištění, i když by byla dvojnásobná teplosměnná plocha
- vedeno ve spádu
- kondenzát odveden přes sifon do kanalizace (při ochlazování kondenzuje vzdušná vlhkost).
  Během léta při objemu větracího vzduchu 130 m^3/h je množství kondenzátu cca 1,5 l/h.
- rychlost v potrubí by neměla být vyšší než 0,2 m/s (tlakové ztráty)
- jako optimální se pro rodinné domky jeví plocha 20 až 60 m^2 (tj. 40 až 120 m potrubí DN 200) podle objemu větracího vzduchu



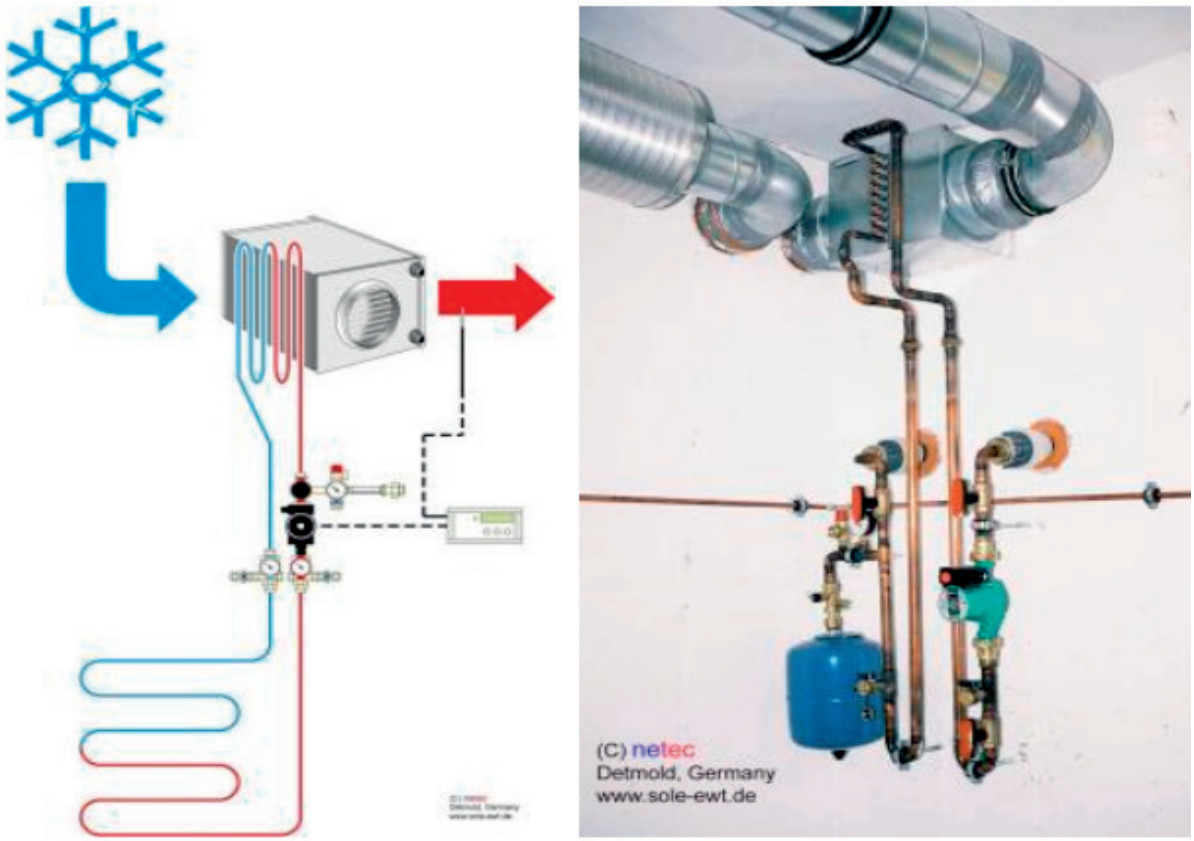
Obr. Nasávání čerstvého vzduchu do zemního kolektoru v zimním období [B6]



Obr. Nasávání čerstvého vzduchu do zemního kolektoru v letním období [B6]



Obr. Schéma plošného uložení potrubí zemního kolektoru [B6]



Obr. Schéma a zapojení kapalinového zemního výměníku tepla. [B9]

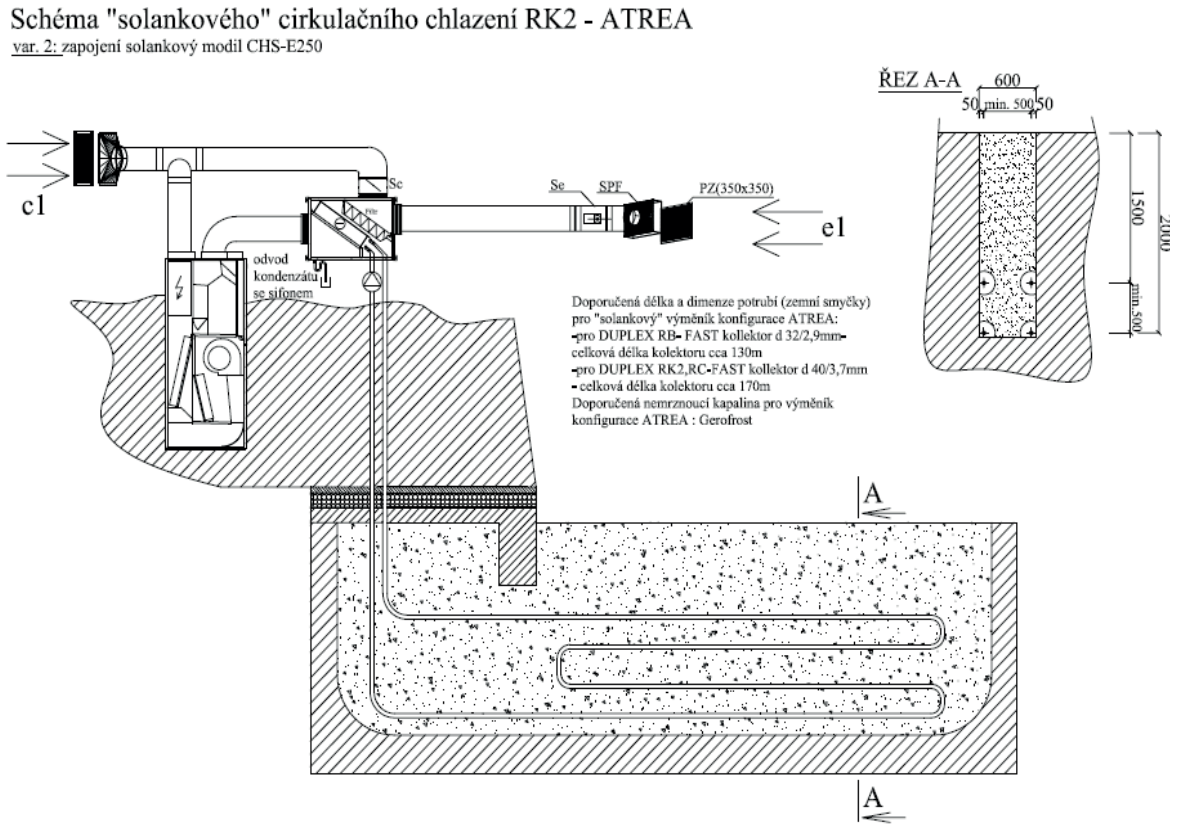
Solankový výměník

Při průtoku nemrznoucí kapaliny potrubím uloženým v zemině dochází k ohřevu nemrznoucí kapaliny, která následně předá takto získané teplo ve výměníku chladnému čerstvému vzduchu nasávanému VZT jednotkou, který je takto předehříván.

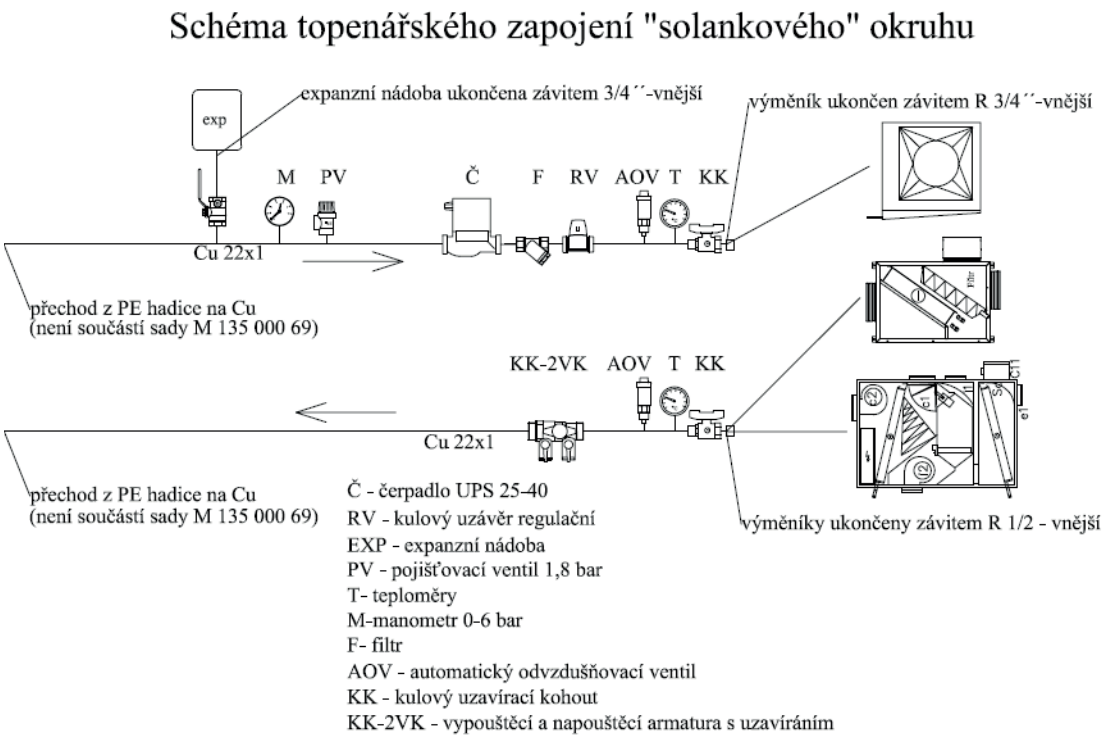
- je dražší než vzduchový
- provozní náklady se zvyšují o oběhové čerpadlo
- je bezporuchový, nevyžaduje čištění

Závěr

Podzemní vzduchový kolektor se používá jak v rodinných a bytových domech, tak u administrativních budov. U obytných domů je obvykle důležitější funkcí předehřev studeného vzduchu v zimě. U administrativních budov, které jsou standardně vybaveny chlazením, hraje důležitou roli i letní chlazení větracího vzduchu.
Energetický přínos podzemního potrubí pokrývá jen malou část spotřeby tepla na vytápění. Je-li však spotřeba nízkoenergetického rodinného domu okolo 10 tis. kWh, může zemní kolektor pokrýt až 10%.



Obr. Zemní solankový kolektor [B1]



Obr. Schéma zapojení solankového okruhu [B1]

5.1.2 Rekuperace tepla

Rekuperace (zpětné získávání tepla *z odpadního vzduchu*) je děj, při kterém se vzduch přiváděný do budovy předehřívá teplým odpadním vzduchem. Teplý vzduch není tedy bez užitku odveden otevřeným oknem ven, ale v rekuperačním výměníku odevzdá většinu svého tepla přiváděnému vzduchu.

Tepelné ztráty větráním jsou u pasivního domu bez použití nuceného větrání s rekuperací příliš velké. Při intenzitě výměny vzduchu n = 0,5 h^{-1} tepelné ztráty větráním činí kolem 30 kWh/(m^2a).
Použitím nuceného větraní s rekuperací s účinností nad 80 % se tyto ztráty sníží na hodnotu 5–8 kWh/(m^2a).

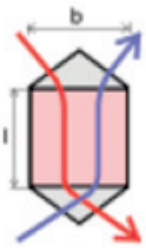
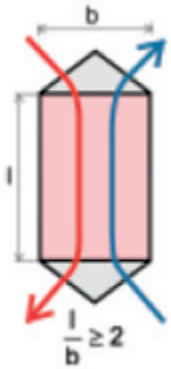
Přičemž: 80 % - vynikající účinnost rekuperace
90 % - maximální reálně dosažitelná hodnota
0 % - účinnost otevřeného okna

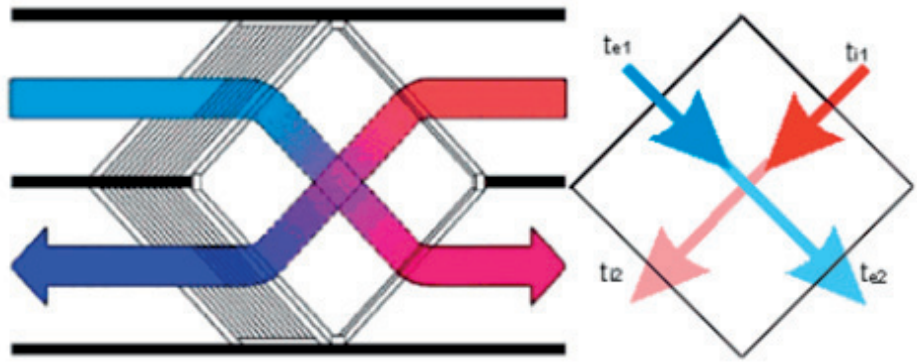
Využití rekuperace

Rekuperační výměníky tepla se nejčastěji osazují přímo do větracích jednotek. Rekuperaci je tak možno využít prakticky ve všech typech objektů při hygienicky nutném větrání.

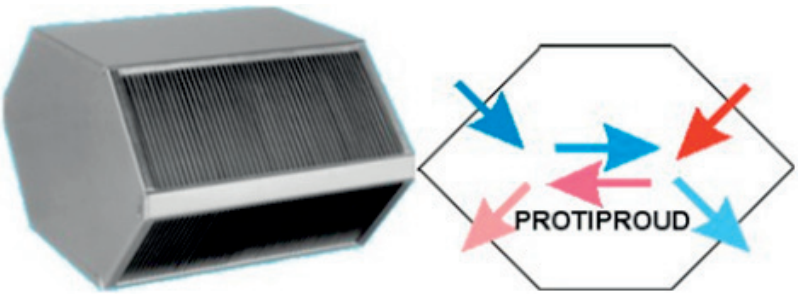
Výpočet teploty přiváděného vzduchu za rekuperátorem je uveden na www.rekuperace.cz/.

Druhy rekuperačních výměníků:
- deskový křížový
- křížový protiproudý
- protiproudý kanálový

Rekuperační výměníky *[B9]*			
Schéma			
Typ výměníku	Křížový	Křížový protiproudý	Protiproudý kanálový
Plocha výměníku [m^2]	4 - 10	6 - 14	17 - 60
Účinnost [%]	50 - 70	70 - 85	85 - 92



Obr. Schéma deskového výměníku s křížovým proudem. [B13]



Obr. Schéma deskového výměníku s protiproudem. [B13]

Protiproudý kanálový výměník (Eberhard Paul)

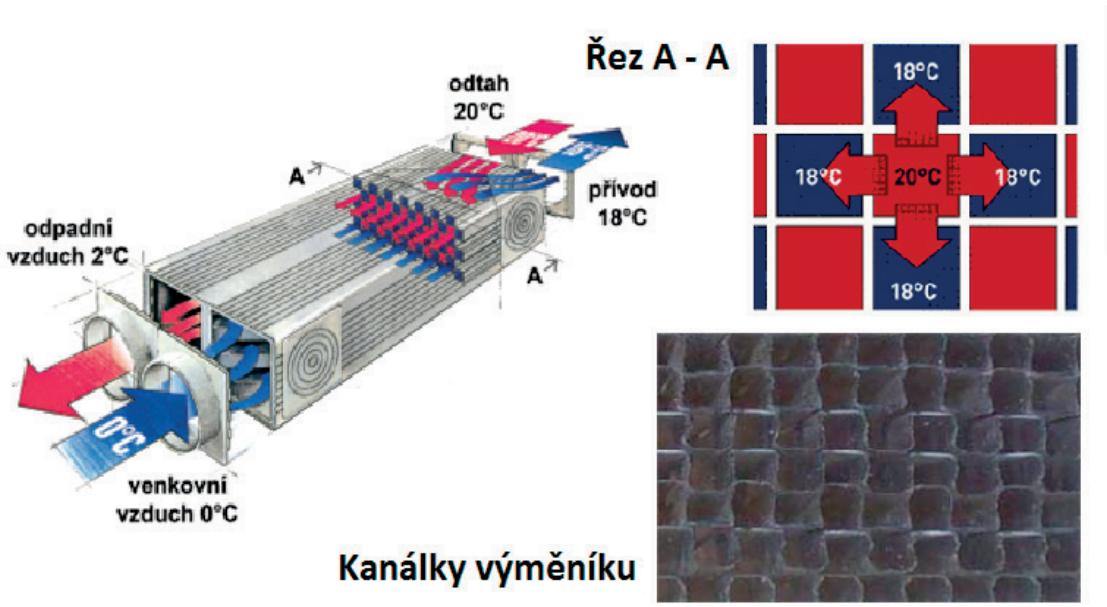
Výhody:

Účinnost zpětného získávání tepla až 99%

Výměník s extrémně velkou teplosměnnou plochou na co nejmenším objemu.
- šachovnicové uspořádání protiběžných kanálů
- kanály čtvercového průřezu mají ve skutečnosti velikost cca 4 mm

Výměník s malou tlakovou ztrátou.
- ventilátory s velmi malou výkonností, motory ventilátorů mají velmi malý příkon
- rekuperační jednotka je velmi tichá

Jednotka s dobrou vnější izolací.
- dostatečná tloušťka izolace umožňuje umístit jednotky i do nevytápěných prostor
- izolace jednotek Paul je konstruována s ohledem na dostatečný tepelný odpor bez tepelných mostů a zároveň vysokou akustickou pohltivost



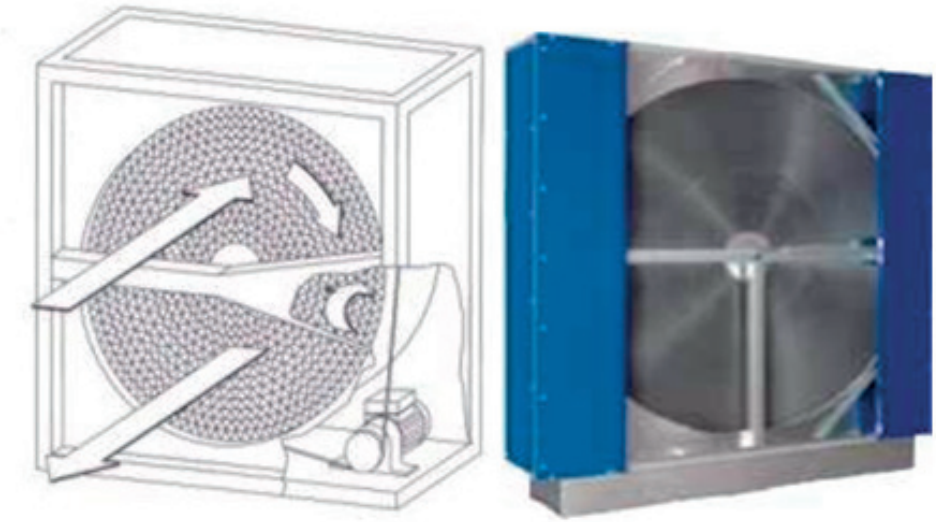
Obr. Protiproudý kanálový výměník [B9]

Zpětný zisk vlhkosti

V zimním období odvádíme z větracího prostoru vlhký vzduch, ale přivádíme vzduch velmi suchý.

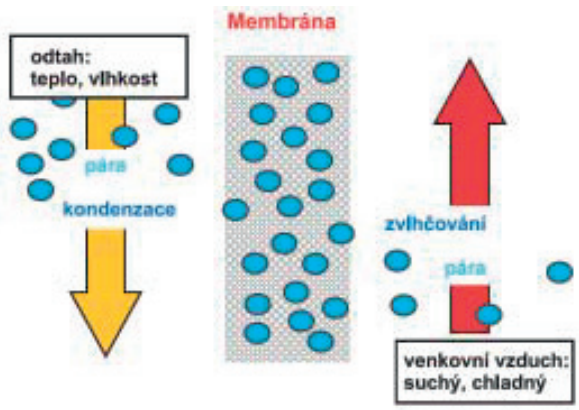
Některé systémy zpětného získávání tepla, například regenerační systém s rotačními prvky nebo i jiné, umožňují například zpětný zisk vlhkosti.

Obr. Schéma předávání vlhkosti [B9]



Obr. Schéma a obrázek rotačního výměníku tepla s přenosem vlhkosti pro větrání. [B1]

K dispozici jsou i rekuperační výměníky, které mají teplosměnnou plochu z membrány umožňující zpětný zisk až 60 % vlhkosti.



Obr. Princip zpětného zisku vlhkosti ve výměnících používajících membránu.[B9]

Obr. Větrací jednotka DUPLEX 300 EC. [B1]

5.2 Způsoby vytápění nízkoenergetických a pasivních domů - krby, kotle, tepelná čerpadla a solární systémy a akumulátory, podlahové vytápění

Nízkoenergetické a pasivní domy, charakteristika, zásady

- velmi malá tepelná ztráta
- na vytápění používáme u obou typů domů běžné teplovodní otopné soustavy nebo i přímotopné panely a radiátory
- u pasivních domů je vhodnější použít teplovzdušné vytápění (max. tepelný příkon pasivního domu bývá 10 Wm^{-2}),
- pokud použijeme cirkulaci, můžeme teplovzdušné vytápění použít i u nízkoenergetických domů

5.2.1 Otopná tělesa

- můžeme použít všechny druhy otopných těles
  desková tělesa, otopné žebříky, podlahové konvektory, podlahové vytápění
- vzhledem k nízkým tepelným ztrátám není nutné v odůvodněných případech umisťovat tělesa pod okna

5.2.2 Zdroje tepla pro vytápění

Zdroji tepla může být:

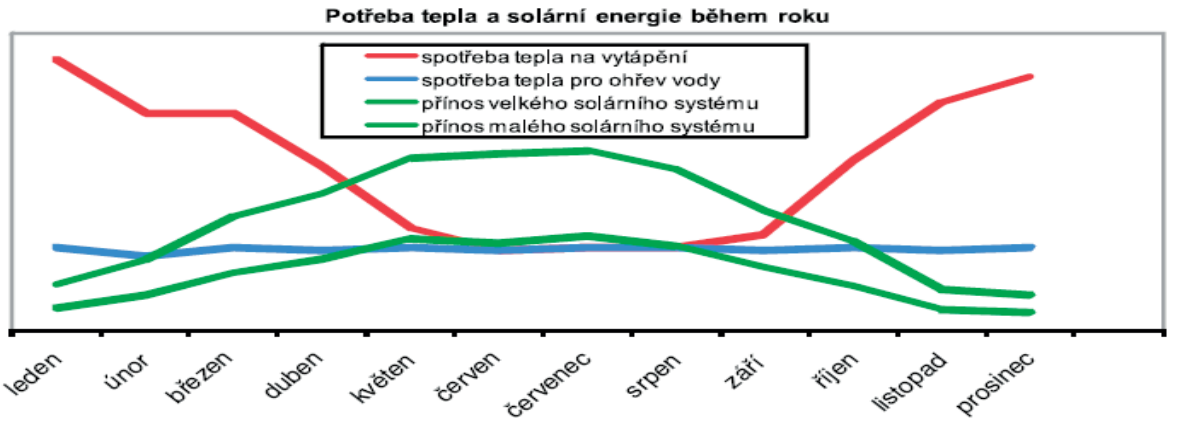
- elektřina
- zemní plyn
- kusové dřevo
- dřevěná štěpka
- dřevěné peletky
- jiná biomasa
- tepelné čerpadlo
- kogenerační jednotka
- solární systém

5.2.2.1 Kotle

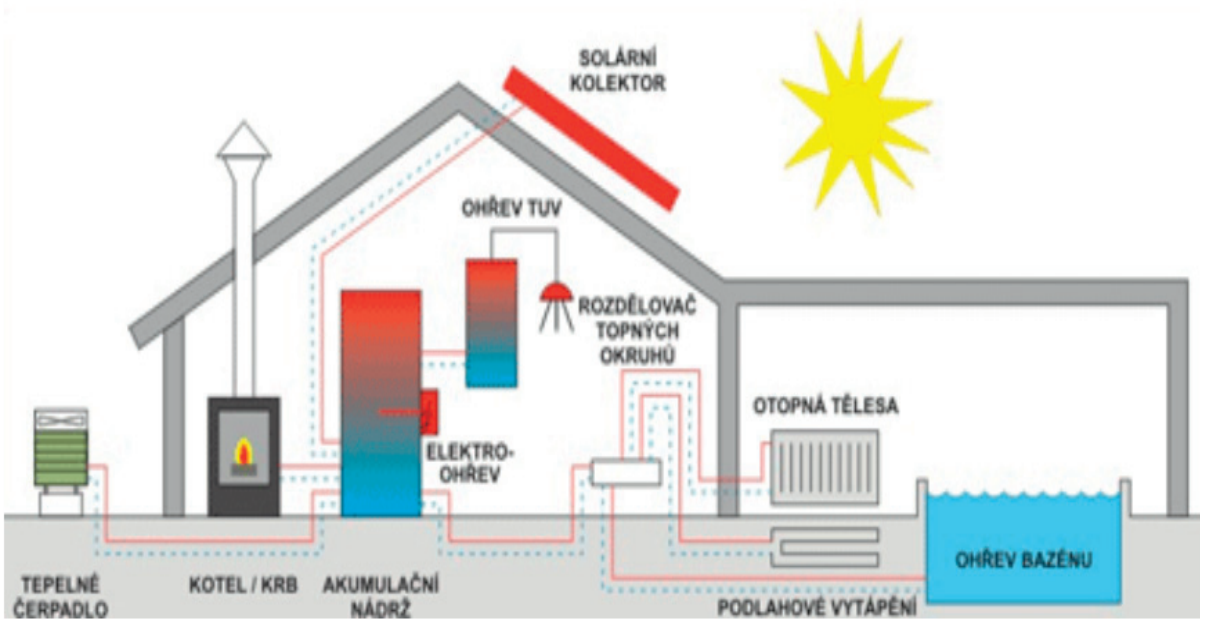
Požadavky:
- nutná správná velikost, vysoká účinnost, regulovatelný výkon, snadná obsluha
- obvykle se vyrábějí ve vyšších výkonech než je potřeba (nejnižší výkony mají elektrokotle)
- problém s výkonem řeší akumulační nádrž
- lépe kotel mírně poddimenzovat (v nejchladnějších dnech použijeme elektrický přímotop)

5.2.2.4 Solární systém

- vhodný pro ohřev teplé vody – může ohřát až 3/4 celoroční spotřeby teplé vody
- zkrácení otopného období na několik zimních měsíců, kdy je intenzita slunečního záření malá
- získanou energii musíme akumulovat v zásobnících
- obvykle používáme krátkodobou akumulaci v zásobníku topné vody
- je nutný další topný systém, který pružně dodá chybějící tepelnou energii
- v ČR je během zimy solární energie málo, obvyklá velikost solárního zařízení pokryje max. 20% roční potřeby tepla pro vytápění



Obr. Potřeba tepla a solární energie během roku [B24]



Obr. Kombinované teplovodní vytápění domu a bazénu [B11]

Vhodné typy:

- plynové kotle - kondenzační (využívají teplo spalin)
- kotle na dřevo - zplynovací
- kotel na peletky – automatické podávání paliva

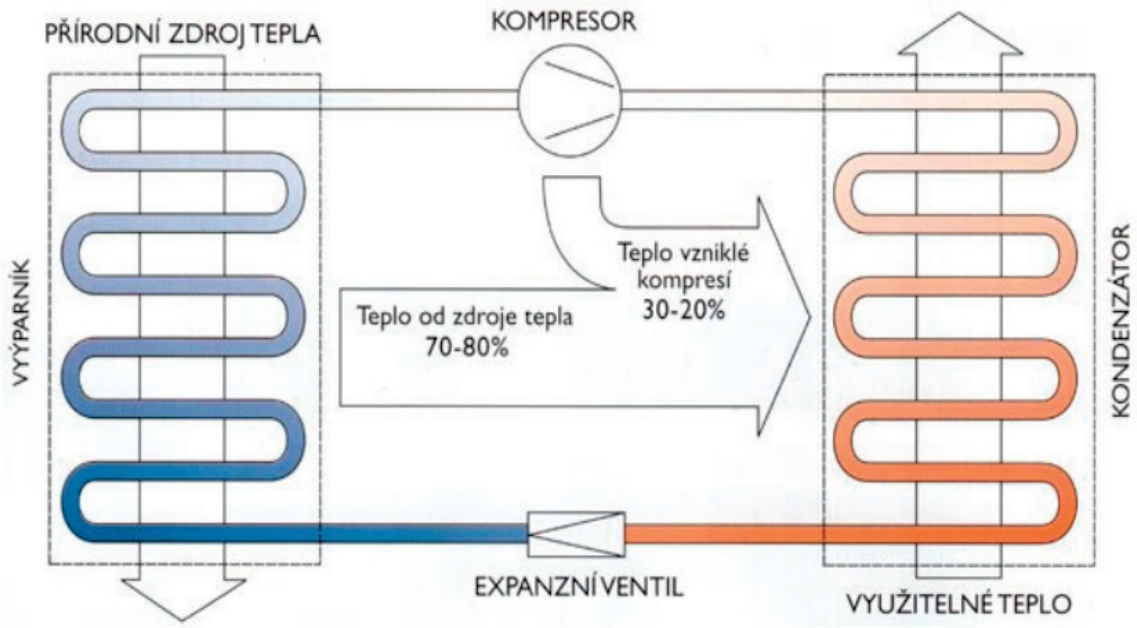
pokud bude kotel správně zvolen, nemusí být akumulační nádrž
suchý sklad paliva

5.2.2.2 Interiérová kamna nebo krbová vložka s teplovodní vložkou

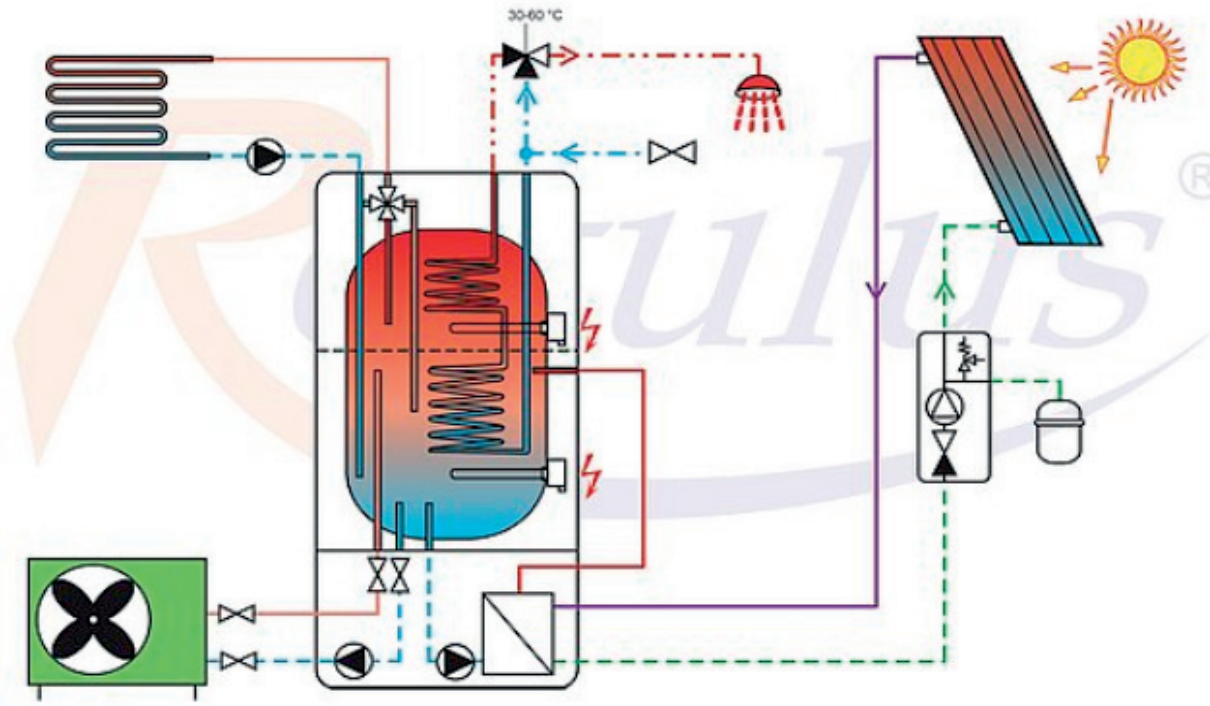
Část tepla se předává do místnosti, zbytek tepla je odváděn do akumulační nádrže a používá se pro teplovodní vytápění. Při nesprávném návrhu hrozí nebezpečí přehřátí místnosti, i když se teplo rozvádí do dalších částí domu.

5.2.2.3 Tepelné čerpadlo

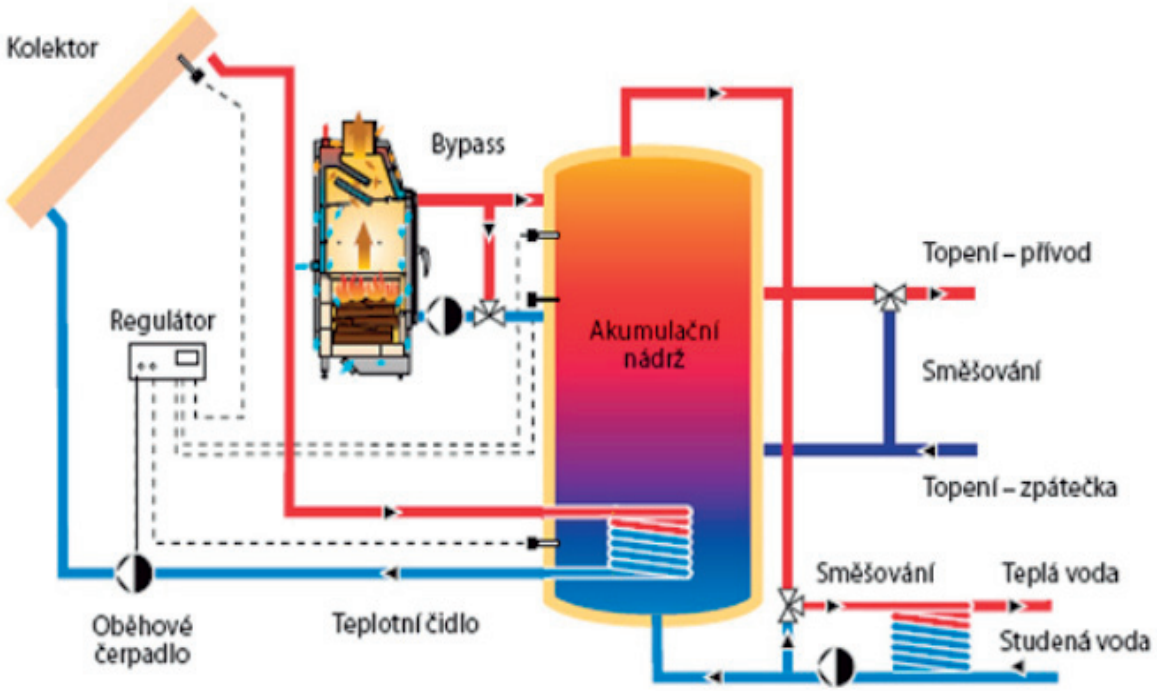
- za pomoci tepelných čerpadel je převáděno nízkopotenciální teplo na vyšší teplotu
- takto produkované teplo je možné využít pro vytápění budov, ohřev teplé vody, ohřev vody v bazénech, vzduchotechnické ohříváky, skleníky apod.
- hodnoty topného faktoru bývají 2,5 ÷ 4,5 (topný faktor vyjadřuje poměr mezi získanou a vloženou energií)
- tepelnému čerpadlu musíme přizpůsobit otopnou soustavu (teplota otopné vody do 55°C)



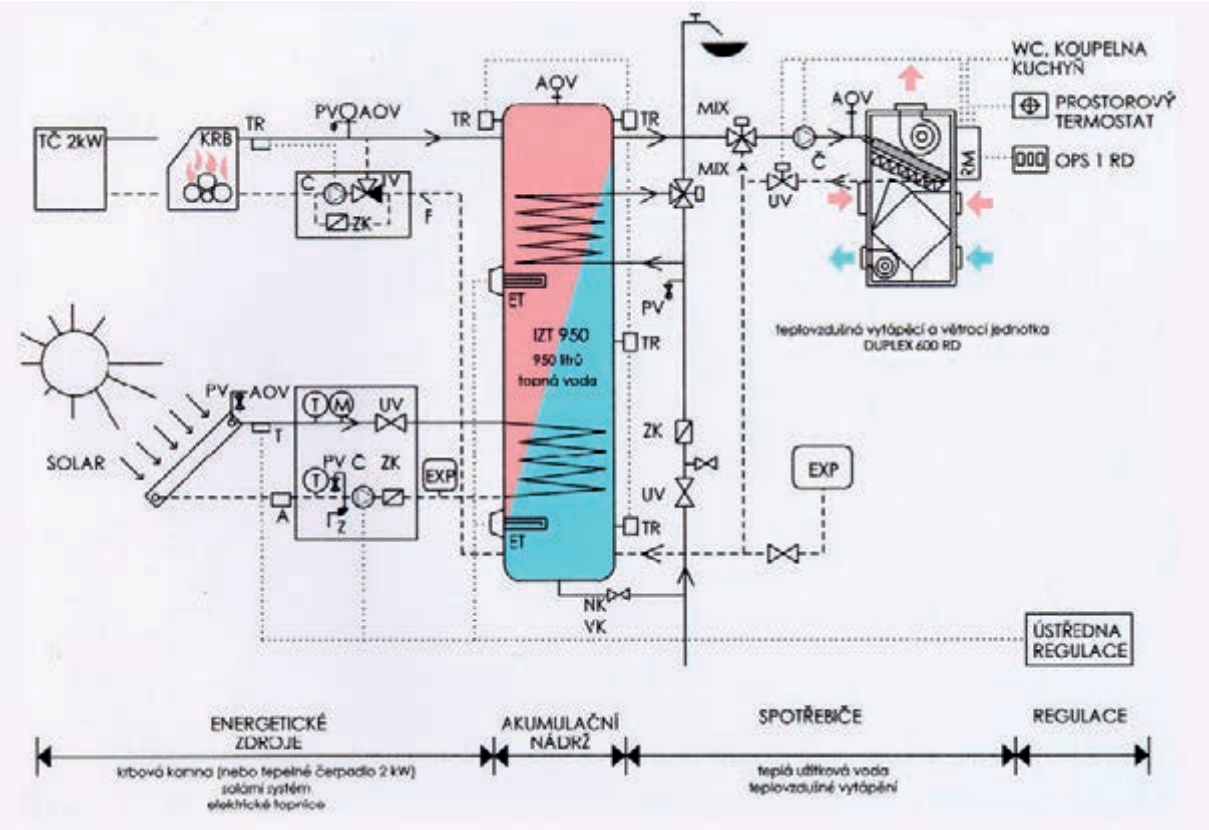
Obr. Schéma tepelného čerpadla [B2]



Obr. Schéma zapojení teplovodního vytápění - domácí tepelná centrála EcoEl/Aku v kombinaci s tepelným čerpadlem a solárním systémem [B31]



Obr. Kombinované teplovodní vytápění (solární kolektory a krbová vložka s akumulační nádrží) [B32]



Obr. Příklad zapojení krbových kamen příp. TČ a solárních kolektorů do systému teplovzdušného vytápění a nuceného větrání s rekuperací. Všechny zdroje společně ukládají teplo do integrovaného zásobníku tepla, odkud je odebíráno v požadované teplotě do místa spotřeby. [B32]

5.2.2.5 Teplovzdušné vytápění

Rozvod čerstvého vzduchu můžeme využít i k distribuci tepla. Šetříme tak pořizovací náklady. Vhodné pouze pro objekty s velmi malou tepelnou ztrátou!

Vzduch má malou schopnost vést teplo a max. teplota vzduchu je omezena z hygienických důvodů na 50 °C (pak rozklad prachu).

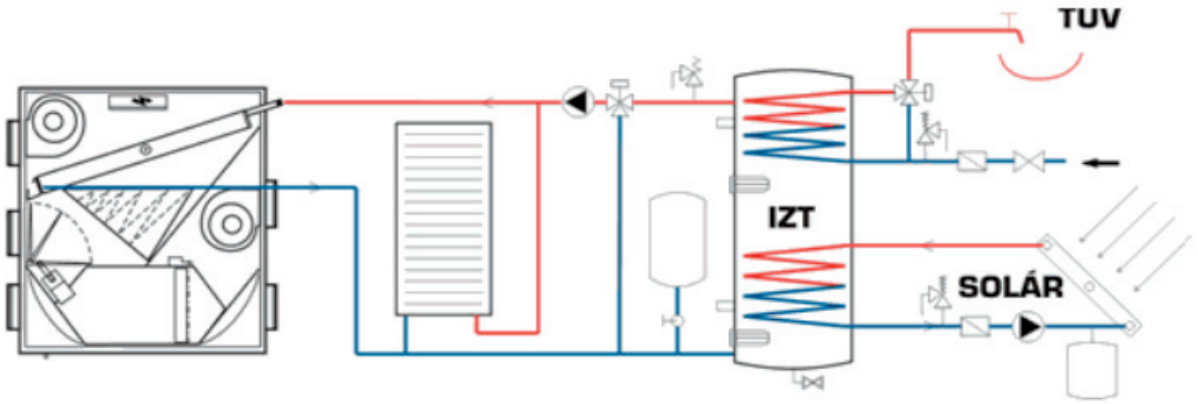
Dohřívací výměník může být umístěn centrálně nebo před každou vyústkou (lepší regulovatelnost)
Dohřev může být teplovodní (z akumulační nádrže) nebo elektrický.

Teplovzdušné vytápění rozdělujeme na:

- teplovzdušné vytápění bez cirkulace
- teplovzdušné vytápění s cirkulací (dvouzónové větrací jednotky)

Teplovzdušné vytápění bez cirkulace

- čerstvý vzduch po průchodu rekuperačním výměníkem je ohříván na teplotu do 52 °C a přiváděn do místnosti
- po vyvětrání a vyhřátí místnosti je odsáván a vyměňován za čerstvý
- při vyšších tepelných ztrátách je nutné kombinovat teplovzdušné vytápění s dodatečnými zdroji tepla (kamna, sálavé panely, atd.)
- při větších výměnách vzduchu dochází v zimě k jeho vysušování



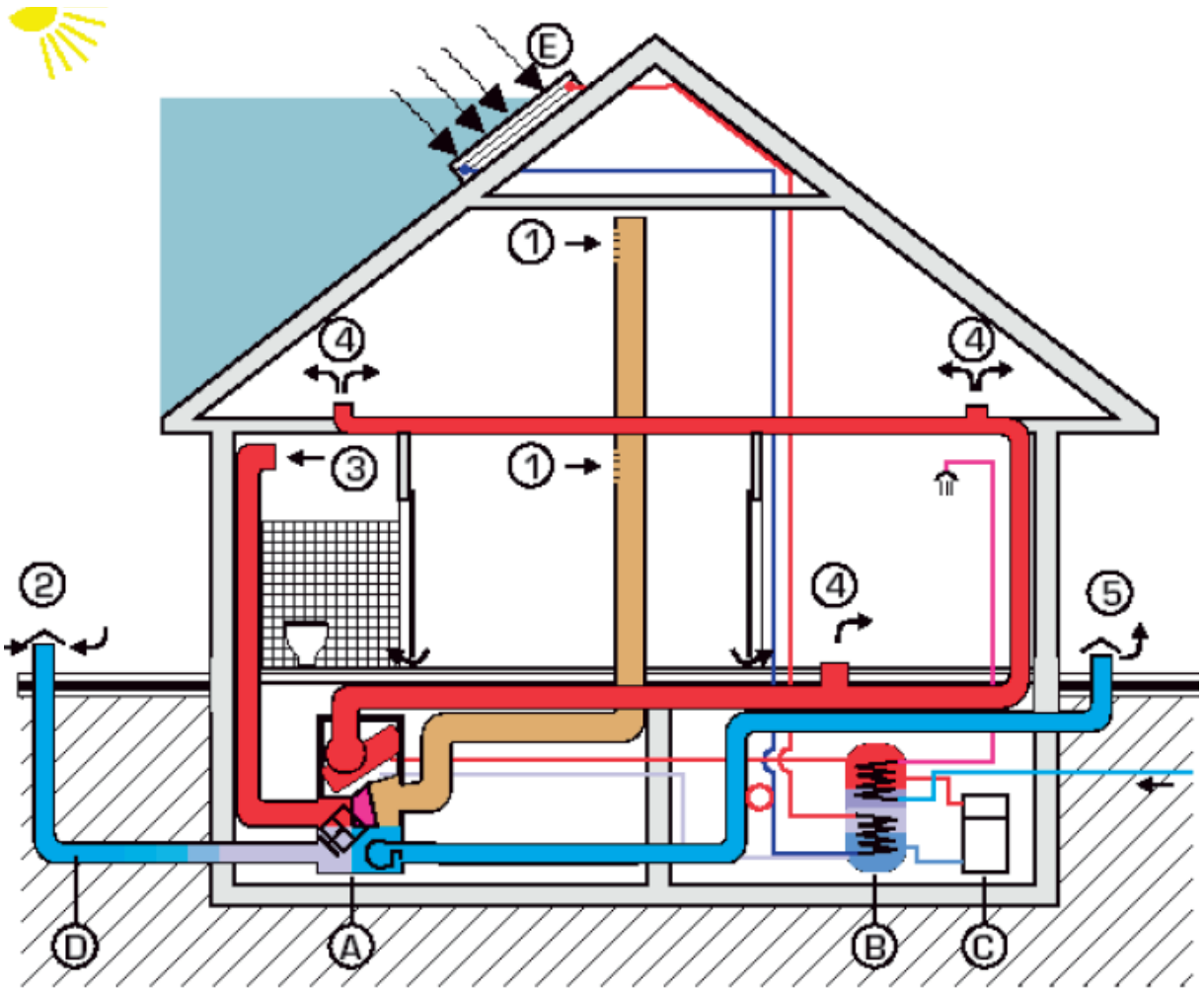
Obr. Schéma dohřívání vzduchu ve vzduchotechnické jednotce akumulačním elektroohřevem a solárními kolektory, dodatečná otopná plocha [B21]

Teplovzdušné vytápění s cirkulací (dvouzónové větrací jednotky) se řeší takto:

- čerstvý vzduch po průchodu rekuperačním výměníkem je ohříván na teplotu do 52 °C a přiváděn do místnosti
- v období nízkých venkovních teplot se část vzduchu z vytápěné místnosti přivede do větrací jednotky, kde se přidá k čerstvému vzduchu v potřebném množství
- cirkulační vzduch z vytápěné místnosti se pravidelně čistí ve filtrech vzduchotechnické jednotky
- vzduch z WC, koupelny apod. po průchodu rekuperačním výměníkem budovu opouští.

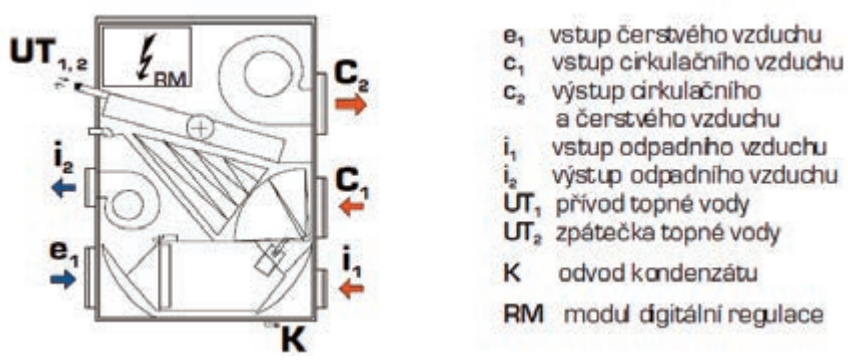
výhody:
- systém pokryje i vyšší tepelné ztráty bez narušení hygieny vnitřního prostředí a vysušování vzduchu
- v letním období umožňuje větší chladící výkon díky většímu objemu větracího vzduchu

nevýhody:
- složitější rozvodný systém (jedna větev navíc pro cirkulaci),
- rozvody o větším průměru.

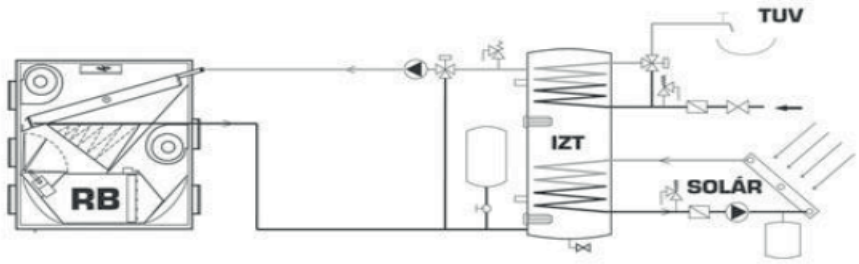


Obr. Teplovzdušné vytápění s cirkulací a rekuperací tepla [B1]

1 – cirkulační vzduch z místnosti do rekuperační jednotky
2 – venkovní vzduch přiváděný zemním kolektorem
3 – odpadní vzduch (WC, koupelna,…)
4 – cirkulační a větrací vzduch do obytných místností
5 – výfuk odpadního vzduchu po rekuperaci
A – vzduchotechnická dvouzónová vytápěcí a větrací jednotka
B – integrovaný zásobník tepla
C – zplyňovací dřevokotel
D – zemní kolektor
E – solární kolektory



Obr. Vzduchotechnická dvouzónová vytápěcí a větrací jednotka [B1]

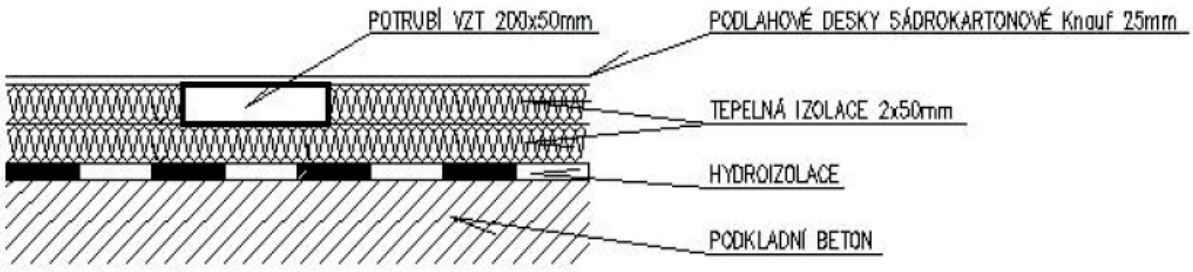


Obr. Schéma dohřívání vzduchu ve vzduchotechnické jednotce akumulačním elektro ohřevem a solárními kolektory [B1]

Rozvody teplého vzduchu procházejí vždy teplými místnostmi. Rozvody mohou být umístěny:

- v podlahách – kanálky 50 x 200 mm, plast nebo pozinkovaný plech vedeno v izolační vrstvě podlahy

- ve stropě – měkké pružné hliníkové potrubí, ocel nebo plast rozvody se obvykle zakrývají sádrokartonem



Obr. Schéma uložení potrubí teplého cirkulačního vzduchu [B1]

Obr. Příklady rozvodů k jednotlivým vyústkám [B1]

6 Snižování energetické náročnosti budov

6.1. Stavební zásady pro rekonstrukci budov z hlediska energetických úspor a význam dodatečné izolace

Během posledních desetiletí se několikrát zpřísnily požadavky na prostup tepla obvodovými konstrukcemi budov a zároveň vzrostly náklady na vytápění. Díky zpřísnění tepelně technických požadavků dochází k výraznému snížení potřeby energie pro vytápění a tím i k finanční úspoře při provozu budov.

Pro novostavby je celkem bezproblémové navrhnout dostatečnou tepelnou izolaci tak, abychom těchto přísnějších požadavků dosáhli. Jednotlivé konstrukce se prostě upraví tak, aby se na ně dalo umístit více tepelné izolace se všemi dalšími potřebnými doplňkovými vrstvami.

Problém ale nastává tehdy, když potřebujeme provést zateplení nějakého staršího objektu. Pro účely této publikace provedeme pouze stručný přehled základních možností, pomocí nichž lze dosáhnout lepších tepelně technických vlastností jednotlivých konstrukcí.

6.1.1. Obvodové stěny

V současnosti se často setkáváme se zateplováním stěn, výměnou oken, sanací balkónů apod. jak u panelových či rodinných domů, tak i u historických a památkových objektů. Snaha je jasná – snížit náklady na vytápění, které je rok od roku dražší.

K celé stavební akci je však třeba přistupovat zodpovědně, neboť při špatném návrhu či provedení můžeme celou stavbu výrazně poškodit.

Izolace na vnějším líci stěny

Co se týká obvodových stěn, je jednoznačně nejlepší umístit účinnou tepelnou izolaci na vnější stranu stávající nosné (obvykle betonové nebo zděné) konstrukce. Tato konstrukce vytváří dostatečně pevný a únosný podklad pro tepelně izolační vrstvu. Velikou výhodou je, že můžeme zvolit optimální tloušťku izolace, neboť ve venkovním prostoru obvykle nejsme ničím výrazně omezeni.

Vnějším zateplením zároveň snižujeme riziko vzniku tepelných mostů a obalením celého objektu tepelnou izolací dojde i k tomu, že těžká nosná konstrukce nebude příliš namáhána výkyvy teploty a navíc nám zajistí akumulací tepla lepší tepelnou stabilitu místností v zimním i letním období.

Izolace na vnitřním líci stěny

Předchozí řešení je nejobvyklejší a provádí se ve většině případů. Ne vždy je však možné tento postup zvolit. Vezměme si například památkový objekt s členitým průčelím, u kterého bychom jednak celou historickou hodnotu průčelí zateplením zničili, a jednak by nám to v mnohých případech nedovolil památkový ústav. Potom nezbývá nic jiného, než provést zateplení zevnitř z interiéru.

Tento způsob má však mnohá úskalí. Přidáním tepelné izolační vrstvy dovnitř místnosti dojde ke zmenšení prostoru. Zároveň se výrazně nebo úplně omezí vliv akumulace tepla svislé nosné konstrukce na tepelnou stabilitu interiéru, neboť obvodové zdivo bude velmi chladné – nedostane se k němu teplo z vnitřku místnosti.

Dojde také ke vzniku tepelných mostů a to především v místech, kde je tepelná izolace přerušena stavebními konstrukcemi (podlahami, stropy, výklenky oken). Vodní pára, která se okolo tepelné izolace dostane do prochlazeného vnějšího zdiva, potom může kondenzovat a způsobovat degradaci konstrukcí (především dřevěných), vznik plísní apod.

Lze říci, že pokud je to možné, je lepší tento způsob zateplení nevolit. Pokud ale není jiná možnost, potom je potřeba optimálně navrhnout tepelnou izolaci, správně provést parotěsnou zábranu a pečlivě zhotovit všechny detaily.

6.1.2. Výplně otvorů

Výplně otvorů u stávajících objektů často způsobují významné tepelné ztráty. Okna bývají pokroucená, rozklížená, popraskaná nebo zahnilá, mnohdy nejdou dovřít a netěsní.

Pokud se provádí zateplování nebo rekonstrukce fasády, je vhodné stará okna vyjmout a nahradit novými. Pokud ale nechceme investovat do nových oken, potom můžeme zvolit i jiné způsoby zateplení.

Pokud jsou v oknech velké netěsnosti ve spárách, je vhodné zvolit vložení těsnících pásků nebo profilů. Tyto těsnící prvky se umísťují na tu plochu, kde doléhá okenní křídlo na rám, která je co nejvíce uvnitř (kdyby se dala na k vnějšku spáry, docházelo by ke kondenzaci vodní páry).

Chceme-li zlepšit tepelné vlastnosti celé plochy okna případně zasklení, můžeme opět volit mezi několika způsoby:

- Přidání dalšího skla do okna. Toto lze provést například u dvojitého nebo zdvojeného okna náhradou jednoho (obvykle vnitřního) skla dvojsklem.
- Vložení průhledné např. polyesterové fólie mezi skla nebo před ně.
- Nahrazením jednoho nebo více obyčejných skel speciálními skly s nanesenou speciální nízkoemisní vrstvičkou, která sníží prostup tepla až o 25% nebo nalepením speciálních fólií s podobným účinkem.
- Osadit okenice nebo rolety, které na noc, kdy je největší zima a tedy i největší tepelné ztráty, zavřeme nebo stáhneme.

Při zateplování a výměně oken si musíme dát pozor na změnu vlhkostních parametrů v interiéru. Pokud byla v nějakém prostoru doposud používána netěsná okna, docházelo samovolně k výměně vzduchu i k odvádění vodní páry. I po utěsnění objektu bychom měli zajistit dostatečné větrání tak, aby se relativní vlhkost v interiéru udržovala mezi 40 a 60%, aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry.

6.1.3. Strop

Teplý vzduch stoupá vzhůru a hromadí se pod stropem. Pokud je nad stropem chladný prostor (např. nevytápěná půda), který není oddělený tepelnou izolací, dochází k významnému úniku tepla z interiéru. Při rekonstrukci se ty to ztráty snažíme snížit. Volba zateplení záleží na typu a způsobu zhotovení stropu.

Ve starých objektech se často prováděly stropy trámové, kde mezi trámy byl buďto násyp nebo vzduchová mezera a nad trámy prkenný záklop. Při rekonstrukci potom lze násyp odstranit a mezi trámy vložit tepelnou izolaci.

Před aplikací tepelné izolace je nutné pod ni položit parotěsnou zábranu. Jako tepelnou izolaci je výhodné použít:

- rohože z minerální vlny, které se snadno přizpůsobí různým roztečím trámů,
- foukanou izolaci např. minerální granulát (granulát z minerálních tepelně izolačních vláken) nebo Climatizer plus (na bázi celulózy), která má navíc tu výhodu, že není nutné celoplošně odstraňovat horní záklop, neboť ji lze foukat i do málo přístupných míst,
- drcený polystyren, který lze nasypat mezi trámy a má oproti celulóze tu výhodu, že neváže vzdušnou vlhkost a nesesedá

Obr. Izolace stropu celulózovými vlákny CLIMATIZER PLUS. (Zdroj: www.ekoizolcb.cz)

Není-li možnost vložit izolaci do stropní konstrukce, můžeme ji umístit na ni – do půdního prostoru. Tento způsob je obzvláště výhodný, pokud je půda nevyužívána (např. málo sklonitá střecha z dřevěných příhradových vazníků). Jako materiál lze opět použít minerální vlnu, minerální granulát nebo Climatizer plus.

Před aplikací tepelné izolace se musí provést parotěsná zábrana, nebo pokud to není možné, je nutno velmi pečlivě navrhnout a posoudit tloušťku a materiál tak, aby nedocházelo ke kondenzaci vodní páry v konstrukci. Je také nutné zajistit dostatečné odvětrání prostoru půdy.

Pokud nemůžeme provést zateplení z vnější strany stropní konstrukce a pokud máme dostatek místa pod stropem, nezbývá, než zvolit tuto variantu. Pro ni platí to, co jsme si řekli v předchozí kapitole o zateplování obvodových stěn zevnitř. Při tomto způsobu zateplování je zvýšené nebezpečí vzniku tepelných mostů a kondenzace vodní páry ve stropní konstrukci.

6.1.4. Střecha šikmá

Zateplování střechy se provádí nejčastěji při změně využívání podstřešního prostoru – například při půdních vestavbách. Při zateplování přidáváme do střešní konstrukce navíc různé vrstvy, které přitěžují nosnou konstrukci krovu. Proto bychom neměli zapomenout na statické posouzení – zda krov naše zásahy unese. V zásadě lze zateplení provádět dvěma způsoby:

- s ponecháním původní krytiny
- se sejmutím původní krytiny

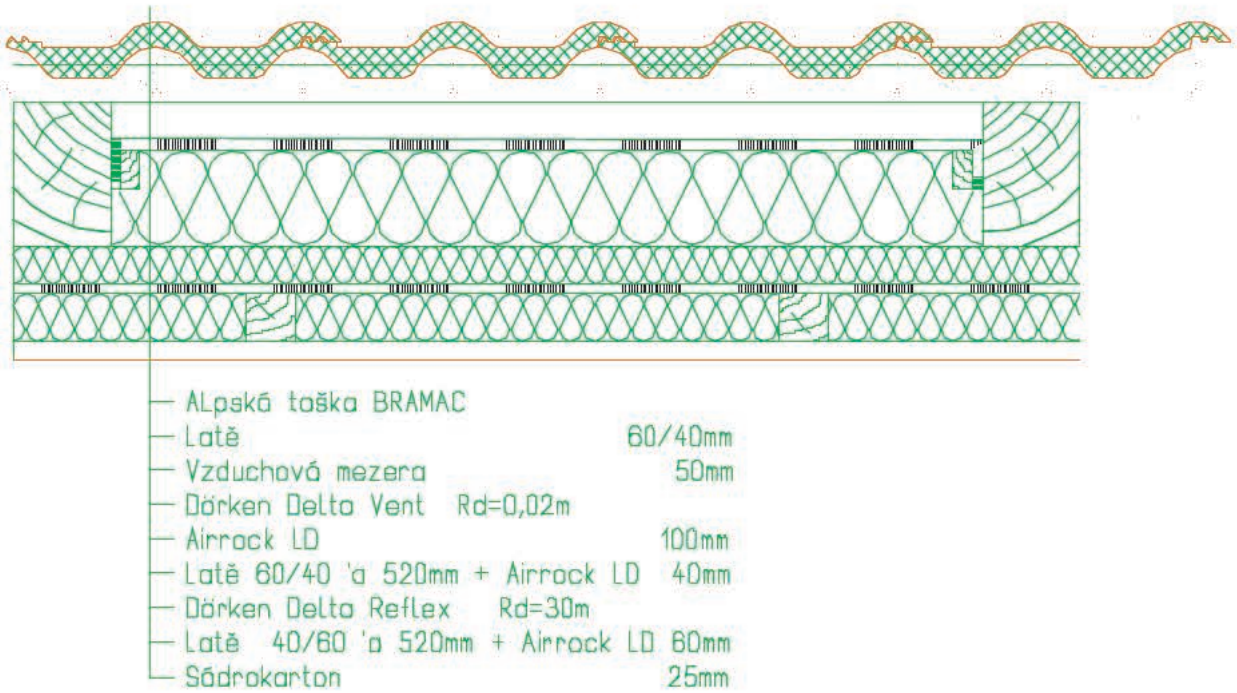
S ponecháním původní krytiny – nezměněná poloha střešní roviny.

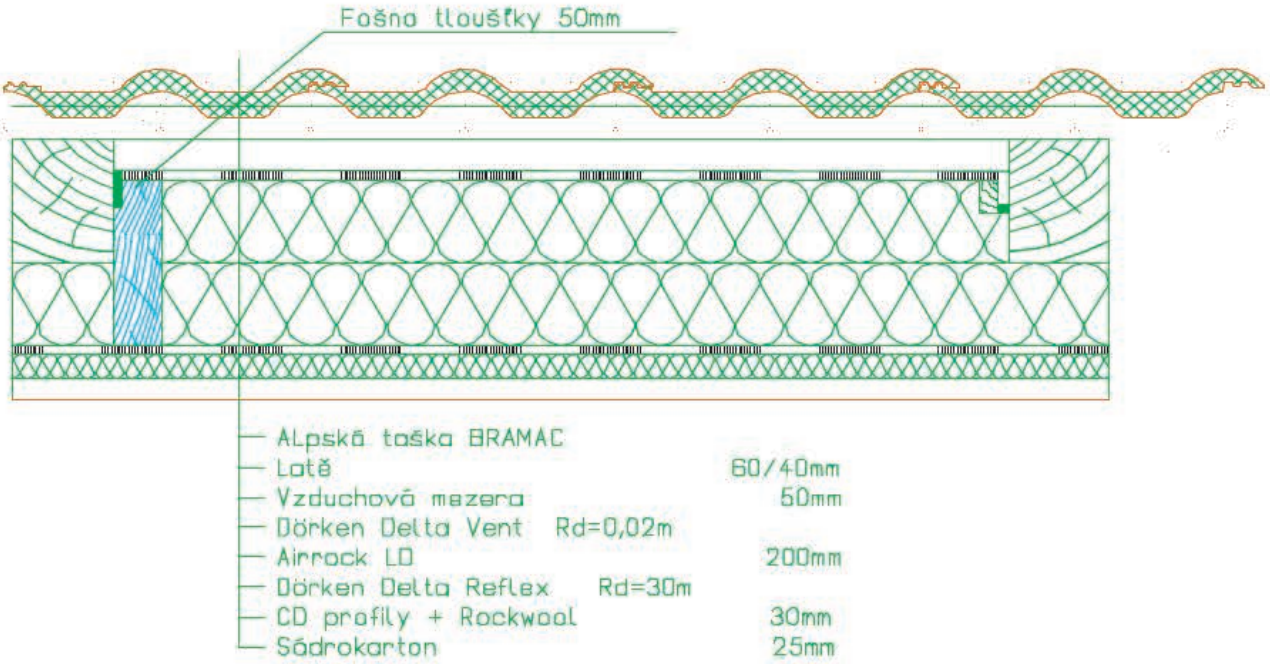
Tento systém volíme za předpokladu, že je krytina stále dostatečně kvalitní, a zároveň musí být pod nosnou konstrukcí krovu dostatek místa pro zhotovení podkroví, umístění tepelné izolace a podhledů. Při návrhu zateplení tímto způsobem narazíme na několik problémů.

Nejspíše hned na první pohled zjistíme, že výška krokví není dostatečná pro umístění optimální vrstvy tepelné izolace, proto musíme navrhnout nějaký systém, kterým bychom mohli tepelnou izolaci i s parotěsnou zábranou a podhledem umístit i pod krokve (lze použít dřevěné prvky – latě, fošny, nebo profily a příponky k připevnění sádrokartonového podhledu – viz obrázky – archiv autora). Problematické bude také zhotovení provětrávané mezery a umístění pojistné izolace.

Se sejmutím původní krytiny – zvýšená poloha střešní roviny

Pokud krytina už dosluhuje a je nutno ji vyměnit, máme jednodušší situaci, než v předchozím systému, protože se s veškerou tepelnou izolací nemusíme vejít jen pod a mezi krokve, ale můžeme použít i prostor nad krokvemi. Vznikne tak souvislá tepelně izolační vrstva nepřerušovaná tepelnými mosty, která bude chránit nosnou konstrukci před teplotními výkyvy. Popis v kapitole o střechách.





6.1.5. Střecha plochá

Nové zateplení plochých střech se obvykle z
rekonstrukci střešního pláště poté, co dojde k zestárnutí krytiny a zatékání. Tyto starší střešní konstrukce jsou z pohledu dnešních norem téměř všechny nedostatečně zaizolovány, a proto se v rámci rekonstrukce kromě výměny hydroizolačních vrstev volí i dodatečné zateplení.

Při návrhu rekonstrukce je potřeba posoudit únosnost nosné konstrukce, aby dodatečnými zásahy nedošlo k jejímu přetížení. Pro zlepšení tepelně izolačních vlastností máme 4 základní postupy:

Nejradikálnějším způsobem je **odstranění veškerých vrstev střechy** až k nosné konstrukci a provedení zcela nového střešního pláště. Výhodou je, že tímto způsobem většinou nedojde k významnějšímu přitěžování nosné konstrukce, ani ke zvednutí střešní roviny nad úroveň atiky.

Dalším způsobem sanace je **přidání tepelně izolační vrstvy** (např. z polystyrenových desek) a nové povlakové hydroizolační krytiny na stávající střešní plášť. Velikou výhodou je, že se nemusí odstraňovat tolik odpadu jako u předchozího systému a zároveň že není potřeba přidávat tolik nové tepelné izolace jako u předchozího, neboť do součinitele prostupu tepla můžeme započítat i izolaci stávající.

Jednoplášťovou plochou střechu můžeme také **změnit na dvouplášťovou provětrávanou střechu**, kde je nosná konstrukce horního pláště zhotovena na bázi dřeva (hranoly, prkna) a nová tepelná izolace je umístěna pod provětrávanou mezerou.

-Poslední z možností je **sanace se změnou způsobu využívání střechy**

– např. přeměna na zelenou střechu (skladba viz kapitola o zelených střechách). Zde je potřeba řádně posoudit případně vyztužit nosnou konstrukci, neboť zhotovením zelené střechy dojde k jejímu výraznému přitížení. Výhodou je, že vznikne další využitelná pochozí plocha a zlepší se tepelná stabilita místností pod střechou.

6.2 Technická zařízení budov

Rostoucí náklady na výrobu tepla a chladu nás nutí přemýšlet nad tím, jak jeho potřebu minimalizovat.

Úspory ve vytápění souvisí se samotnou stavbou:
- zateplení obvodových konstrukcí, zateplení střechy a podlahy
- odstranění tepelných mostů
- kvalitní okna a dveře se špičkovými tepelně technickými parametry
- soustředění prostor se stejnou teplotou.

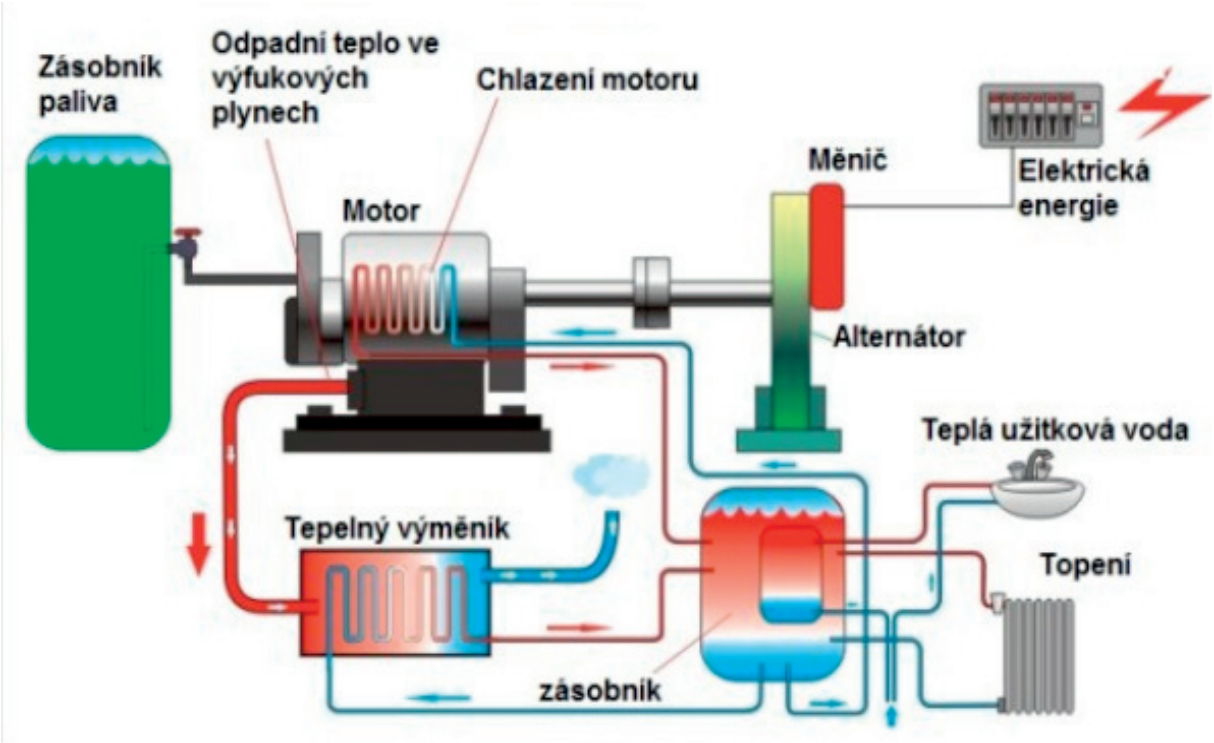
Další oblastí úspor je větrání:
- přechod od přirozeného větrání okny k nucenému větrání za využití větracích rekuperačních jednotek pracujících na principu zpětného získávání tepla

Tepelné soustavy:
- zvyšuje se energetická účinnost otopných soustav
- nové konstrukce otopných těles, čerpadel, prvků měření a regulace
- nižší teploty otopných těles – bezpečnější, hygieničtější, možnost využívání OZE
- používání plynových kondenzačních kotlů, které využívají i teplo spalin

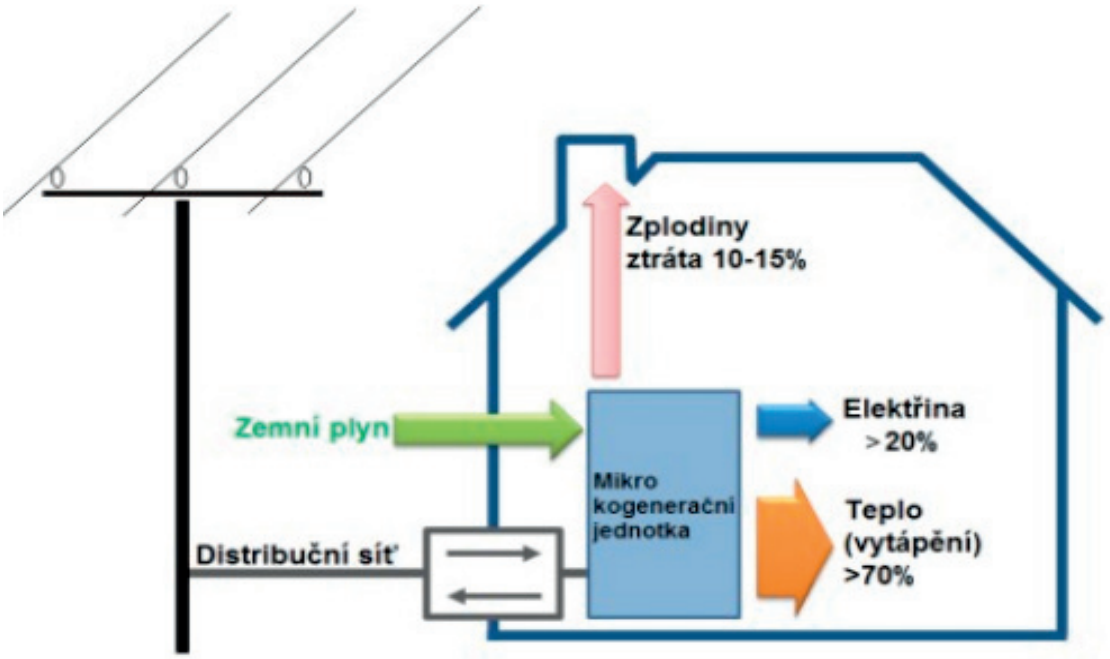
tepelná čerpadla:
- nízká spotřeba energie pro pohon, ale vysoké investiční náklady
- výhoda zvláštního tarifu – celá domácnost má k dispozici nízký tarif 22 hodin denně
- malé tepelné čerpadlo může odebírat teplo odpadnímu vzduchu a ohřívat teplou vodu

kogenerační jednotka:
- vyrábí zároveň elektřinu a teplo
- elektrickou energii vyrábí generátor, teplo je získáváno z chlazení spalovacího motoru, mazacího oleje a spalin
- využití malých kogeneračních (mikrokogeneračních) jednotek může přispět k energetické soběstačnosti domácností, zatím jsou však drahé

využití solární energie k přípravě teplé vody a ev. k vytápění:
- nutnost akumulace tepla



Obr. Schéma mikrokogenerační jednotky [B3]



Obr. Rozložení vstupní energie plynu, včetně účinnosti [B3]

6.3 Provozní úspory

Energetická náročnost domácích spotřebičů v posledních desetiletích výrazně klesá, elektrospotřebiče jsou stále úspornější. Spotřeba elektřiny v domácnostech přesto stále roste, protože spotřebičů v domácnostech stále přibývá.

Spotřebiče

V ČR se některé spotřebiče označují energetickým štítkem, jehož součástí může být česká nebo evropská značka ekologicky šetrných výrobků.

Nejúspornější spotřebiče jsou označeny A+ a A++. Jejich skutečná spotřeba je závislá na tom, jak bude přístroj používán (např. umístění ledničky).

Stand-by spotřeba:

Většina domácích spotřebičů odebírá proud, i když jsou vypnuté (hlavně elektronika). Tyto spotřebiče mají zabudovaný transformátor, který je trvale připojen k síti. Vypínač je umístěn až za transformátorem. Stand-by příkon domácnosti běžně činí za rok 175kWh.

spotřebič	příkon v provozu	stand-by příkon
LCD televize (plochý displej)	100 W	2 W
CRT televize (s klasickou obrazovkou)	130 W	5 W
Plazmová televize	250 W	4 W
Hi-Fi věž	20 W	8 W
DVD rekordér	20 W	1 W
CRT monitor (s klasickou obrazovkou)	120 W	12 W
LCD monitor	30 W	1 W
PC (bez monitoru)	150 W	10 W
Notebook	30 W	1 W
Tiskárna inkoustová	20 W	1 W
Tiskárna laserová	500 W	15 W
Kopírka	1 000 W	20 W

Tab. Příklad spotřeby různých výrobků [B24]

Kuchyně

chladničky a mrazničky
- nekupujeme zbytečně veliké (objem 50 – 70 l na osobu)
- spotřebič neumisťujeme na teplá místa
- nenastavujeme zbytečně nízkou teplotu, doporučuje se +5 °C, u mrazničky -18 °C
- alespoň jednou za rok vyčistíme vysavačem zadní mřížku chladničky (kondenzátor)
- odstraňujeme námrazu, jinak funguje jako tepelná izolace
- zmražené potraviny necháme rozmrznout v chladničce

vaření a příprava pokrmů
- dno hrnce má odpovídat velikosti plotýnky (hořáku)
- nepoužíváme příliš mnoho vody, vaření s pokličkou ušetří až polovinu energie
- vaření v tlakovém hrnci ušetří až polovinu energie
- vyboulené dno hrnce zvyšuje spotřebu energie až o 30 %
- ohřev v mikrovlnné troubě je asi o 20 % levnější než v hrnci

myčka
- ušetří zhruba 50 % energie proti mytí nádobí pod tekoucí vodou
- pokud myjeme nádobí ve dřezu je spotřeba srovnatelná
- myčku pouštíme jen je-li naplněná
- programy s delší mycí dobou za nižší teploty jsou úspornější

	neúsporná pračka	úsporná pračka
spotřeba vody	60 l/cyklus	44 l/cyklus
cena vody	49,67 Kč/m^3	
náklady na vodu	2,98 Kč/cyklus	2,19 Kč/cyklus
spotřeba elektřiny	1,36 kWh/cyklus	0,85 kWh/cyklus
cena elektřny (D02d)	3,79 Kč/kWh	
náklady na elektřinu	5,15 Kč/cyklus	3,22 Kč/cyklus
náklady na za rok (200 pracích cyklů) – bez pracích prostředků	1 600 Kč/rok	1 200 Kč/rok

Tab. Porovnání nákladů na praní (ceny v roce 2007) [B24]

Počítače

- starší počítače a monitory se vyznačují vyšší spotřebou energie
- pokud používáme počítačovou sestavu (stolní počítač s monitorem, tiskárny, modem atp.) pouze část dne, vyplatí se ji v dobu klidu celou vypínat

Koupelny

teplá voda
- optimální úsporná teplota je 45 – 55 °C

sprchování místo koupání ve vaně
- jedna plná vana spotřebuje tolik vody jako 3 – 4 příjemné sprchy

pračka
- pouštíme jen naplněnou pračku
- používáme nižší teploty praní (40 °C místo 60 °C – ušetříme asi třetinu energie)

Osvětlení

- používáme zářivky nebo úsporné žárovky (proti klasickým ušetří až 80 % energie)
- důsledně zhasínáme v prostorách, kde se v té době nikdo nevyskytuje
- na chodbách a v místnostech, kde není trvalý pobyt, lze světlo spínat bezobslužně fotobuňkou

Literatura

[A1] BÍLEK, Vladimír. *Dřevostavby:Navrhování dřevěných vícepodlažních budov.* 1. vyd. Praha: ČVUT, 2005. 251 s. ISBN 80-01-03159-4

[A2] ČERMÁKOVÁ, Barbora; MUŽÍKOVÁ, Radka. *Ozeleněné střechy.* Praha: Grada Publishing, 2009. 248 s. ISBN 978 – 80 – 247 – 1802 – 6.

[A3] Efektivní energetický region jižní Čechy - Dolní Bavorsko. Cíl 3 Česká republika – Svobodný stát Bavorsko 2007 – 2013.

[A4] FAJKOŠ, Antonín. *Ploché střechy.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 1997. 80 s. ISBN 80 – 214 – 0973 – X.

[A5] HÁJEK, Václav a kol. *Pozemní stavitelství I.* 6. vyd. Praha: Sobotáles, 2005. 168 s. ISBN 80-86817-12-1

[A6] HÁJEK, Václav a kol. *Pozemní stavitelství III.* 3. vyd. Praha: Sobotáles, 2004. 328 s. ISBN 80-86817-04-0

[A7] HÁJEK, Václav, ŠÁLA, Jiří. Otvorové výplně staveb: Normou nelze omezit technický rozvoj. *Stavebnictví 09/2009.* EXPO DATA 2009.

[A8] HÁJEK, Václav; NOVÁK, Luděk; ŠMEJCKÝ, Jindřich. Konstrukce pozemních staveb 30 : Kompletační konstrukce. Vydání první. Praha: ČVUT, 1996. 451 s. ISBN 80-01-01490-8.

[A9] HALLER, Andreas; HUMM, Othmar; VOSS, Karsten. *Solární energie: Využití při obnově budov.* První vydání. Praha: Grada Publishing, 2001. 184 s. ISBN 80-7169-580-7.

[A10] HANZALOVÁ, Lenka; ŠILAROVÁ, Šárka. *Ploché střechy*. Praha: Informační centrum ČKAIT, s. r. o., 2005. 328 s. ISBN 80 – 86769 – 71 – 2.

[A11] HUDEC, Mojmír. *Pasivní rodinný dům:Proč a jak stavět.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2008. 112 s. ISBN 978-80-247-2555-0.

[A12] HUMM, Othmar. *Nízkoenergetické domy.* Praha: Grada Publishing, 1999. 360 s. ISBN 80-7169-657-9

[A13] CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. Praha: Grada Publishing, 2009. 272 s. ISBN 978-80-247-2532-1.

[A14] KALOUSEK, Miloš. Typ zasklení limituje solární zisky. *Stavitel 02/2009.* Economia 2009.

[A15] KOLB, Josef. *Dřevostavby:systémy nosných konstrukcí obvodového pláště.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2008. 320 s. ISBN 978-80-247-2275-7

[A16] KULHÁNEK, František; TYWONIAK, Jan; *Stavební fyzika 20: stavební tepelná technika*. 2. vyd., Praha: ČVUT, 2000. 140 s. Fakulta stavební. ISBN není.

[A17] MEDEK, František. *Netradiční zdroje energie a architektura.* Vydání druhé. Praha: ČVUT, 2002. 105 s. ISBN 80-01-02537-3.

[A18] NESTLE, Hans et al. *Moderní stavitelství pro školu i praxi*. Praha: Europa-Sobotáles cz. s.r.o., 2005. 608s. ISBN 80-86706-11-7.

[A19] NEUMANN, Dietrich; WEINBRENNER, Ulrich; HESTERMANN Ulf et al. *Stavební konstrukce II.* 32. vyd., v JAGA GROUP, s. r. o. první. Bratislava: JAGA GROUP s. r. o., 2006. 499 s. ISBN 80-8076-041-1.

[A20] PETRÁŠ, Dušan a kol. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie.* 1.vyd.Bratislava: Jaga group, s.r.o., 2008. 219s. ISBN 978-80-8076-069-4

[A21] PLATIL, Ladislav. Otvorové výplně v nízkoenergetické a energeticky pasivní výstavbě . *Inženýrská komora : nízkoenergetické a pasivní domy.* ČKAIT 2009.

[A22] SCHUNCK, Eberhard; OSTER, Hans, J.; BARTHEL, Rainer et al. *Atlas střech : Šikmé střechy*. 4. vyd., v Jaga group, v. o. s. první. Bratislava: Jaga group v. o. s., 2003. 449 s. ISBN 80-88905-58-3.

[A23] SKŘIPSKÝ, Jiří. *Dřevostavby difúzně otevřené, uzavřené nebo přivřené.* Dřevostavby 2011 – sborník přednášek z odborného semináře Volyně. Volyně 20.-21.4.2011.VOŠ a SPŠ Volyně 2011, s. 267- 275.

[A24] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů.* První vydání. Praha: Grada, 2011. 352 s. ISBN 978-80-247-2995-4.

[A25] SVOBODA, Luboš; TOBOLKA Zdeněk. *Stavební izolace*. Praha: Pro Českou komoru inženýrů a techniků vydal Český svaz stavebních inženýrů –, 1997, 150 s. ČKAIT - technická knižnice autorizovaného inženýra a statika. ISBN není.

[A26] ŠÁLA, Jiří, et al. *Tepelná ochrana budov: Komentář k ČSN 73 05 40.* ČEA: IC ČKAIT, 2008. 290 s.

[A27] ŠTEFKO, Josef; REINPRECHT, Ladislav; KUKLÍK, Petr. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba.* 1. vyd. Bratislava: Jaga group a spol., s.r.o., 2004. 196 s. ISBN 80-88905-95-8

[A28] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy:Principy a příklady.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.

[A28b] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy2.* 1. vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2008. 204 s. ISBN 978-80-247-2061-6.

[A29] Udržitelná výstavba budov, Kurzy celoživotního vzdělávání, Kurz 1: Návrh a hodnocení nízkoenergetických budov.

B1] ATREA. *Vytápění a větrání domů* [online]. [cit. 5.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.atrea.cz/cz/ke-stazeni>

[B2] CARRIER. *Princip tepelného čerpadla* [online].[cit. 10.8.2011]. Dostupný z WWW: < http://www.carrierpm.cz/tepelna-cerpadla/rodinne-domy-zeme-voda/rada-30nqc-e/ >

[B3] CZECH NATURE ENERGY. *Mikrokogenerační jednotka* – vlastní výroba elektřiny a tepla[online]. [cit.7.6.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.mikrokogenerace-kogenerace-cne.cz/prostredni_strana.html >

[B4] ČVUT PRAHA, fakulta architektury, Ústav stavitelství http://15123.fa.cvut.cz

[B5] ČVUT, FSV, katedra TZB. *Energetická náročnost budov* [online]. [cit. 10.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://tzb.fsv.cvut.cz/projects/nkn/?-page=hodnoceni-enb>

[B6] EkoWATT. *Hestia 5.0 VIVID – Encyklopedie 2008* [online]. Praha, Eko-WATT, 2008. [cit. 25.7.2011]. Dostupný z WWW: <http://hestia.energeti-ka.cz/encyklopedie/>

[B7] ENVIC,občanské sdružení www.envic-sdruzeni.cz

[B8] GREEN LAB www.greenlab.cz

[B9] HAZUCHA, Juraj. *Větrání a vytápění* [online]. Brno: Centrum pasivního domu, 2010. 8s. [ci.t1.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://domy.atrea.cz/cz/ke-stazeni>

[B10] *Hrázděný dům ze slámy a nepálených cihel*[online].[cit.18.4.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.stavoarch.eu/cs/content/hrazdeny-dum--dum-ze-slamy-nepalenych-cihel>.

[B11] KARLOVARSKÁ TOPENÁŘSKÁ S.R.O. *Solární systémy* [online].[cit. 16.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.kvtopenarska.cz/topeni/so-larni-systemy>

[B12] *Konstrukční systémy domů ze dřeva – skeletové*[online]. [cit.18.4.2011]. Dostupný z WWW*:* <http://www.svet-drevostavby.cz/cs/Technologie/Systemy-drevostaveb/Konstrukcni-systemy-drevostaveb---skeletove/>.

[B13] LAIN, Miloš. *Zpětné získávání tepla ve větrání a klimatizaci* (I) [on-line].*TZB info* [cit. 10.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.tzb-info.cz/3648-zpetne-ziskavani-tepla-ve-vetrani-a-klimatizaci-i >

[B14] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ www.mzp.cz

[B15] NOVOSELETZ, Katerina. *Konstrukční systémy dřevodomů*[online]. [cit.5.2.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.asb-portal.cz/stavebnic-tvi/konstrukce-a-prvky/konstrukce-a-prvky-ze-dreva/konstrukcni-syste-my-drevodomu-842.html>.

[B16] OKNA PROGRESS www.okna-progress.cz

[B17] PAUL. *Rekuperace tepla* [online] [cit. 3.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.paul-rekuperace.cz/>

[B18] POČINKOVÁ Marcela. *Vytápění. Výpočet tepelného výkonu, Tepelné soustavy a otopné soustavy v budovách* [online]. Brno: Ústav technic-kých zařízení budov VUT [cit. 20. dubna 2011]. Přednáška. Dostupný z WWW: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/>

[B19] POČINKOVÁ, Marcela; HIRŠ, Jiří. *Vývoj v oblasti vytápění* [online]. *Stavebnictví*. 2007, č. 11-12 [cit. 18.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=509>

[B20] Rockwool - CAD detaily[online]. [cit.27.6.2011]. Dostupný z WWW:< http://pruvodce.rockwool.cz/nastoje-a-dokumenty/cad-detaily.aspx?-cat=1316>.

[B21] RVD – VZDUCH. *Energetické soustavy rodinného domu*. [online]. [cit.7.6.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.rvd-vzduch.cz/sluzby-vy-tapeni >

[B22] RWE. *Tipy na úspory energie v domácnosti* [online]. 6s. [cit.1.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.setrimenergii.cz/files/download/tipy_na_uspory_energie_v_dome3.pdf>

[B23] SEDLÁČEK, Karel. *Chytré parobrzdy od společnosti Isover*[online]. [18.5.2011]. Dostupný z *WWW*: http://www.isover.cz/chytre-parobrzdy-od-spolecnosti-isover

[B24] SRDEČNÝ, Karel. *S energií efektivně* [online]. Praha: Magistrát hl.m., 2007. 73s. [cit. 1.8.2011]. Dostupný z WWW: <http://ekowatt.cz/uplo-ad/185e8ebf18feb4362c73f87f56e58606/S_energii_efektivne_publika-ce.pdf>

[B25] STEKO – katalog[online]. [cit. 18.4.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.steko.ch/fileadmin/ablage/dokumente/Downloads/STEKO_bro-chure_francais.pdf>.

[B26] *Svislé obvodové konstrukce nízkoenergetických a pasivních domů* [online]. [cit.21.3.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.enviprogramy.cz/156-261-environmentalne-setrne-stavby.htm

[B27] ŠTEFKO, Josef. *Porovnání konstrukčních systémů dřevěných staveb[online].[cit. 5.2.2011]. Dostupný z WWW*: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/konstrukce-a-prvky/konstrukce-a-prvky-ze-dreva/porovna-ni-konstrukcnich-systemu-drevenych-staveb-1643.html>.

[B28] VUT BRNO
www.vutbr.cz

[B29] Wienerberger - detaily pro nízkoenergetické a pasivní domy[on-line]. [cit.27.6.2011]. Dostupný z WWW: <http://www.wienerberger.cz/servlet/Satellite?pagename=Wienerberger/Page/IFrame05&ci-d=1269846534310&c=Page&sl=wb_cz_home_cs>.

[B30] Aerogel. [online].[cit.18.7.2011.]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Aerogel

[B31] Regulus. Akční sestavy tepelných čerpadel [pdf]. [cit.7.6.2011]. Dostupný z <http://www.regulus.cz/cz/ke-stazeni#separator22 >

[B32] Centrum pasivního domu [online]. [cit. 7.8.2011]. Dostupné z <http://www.pasivnidomy.cz/>

[C1] ČSN 73 0540 – 1. *Tepelná ochrana budov:Část 1: Terminologie.* Praha: Český normalizační institut, červen 2005.

[C2] ČSN 73 0540 – 4. *Tepelná ochrana budov: Část 4:Výpočtové metody.* Praha: Český normalizační institut, červen 2005.

[C3] ČSN 73 0540 - 2. *Tepelná ochrana budov: Část 2: Požadavky.* Praha: Český normalizační institut, 2007. 44 s.

[C4] ČSN EN ISO 13790. *Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení.* Praha: Úřad pro normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. xx s.

[C5] ČSN EN ISO 6946 - *Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla - Výpočtová metoda*

[C6] TNI 73 0329. *Technická normalizační informace: Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy.* Praha: ÚNMZ, 2009. 11 s.

[C7] TNI 73 0330. *Technická normalizační informace: Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy.* Praha: ÚNMZ, 2009. 20 s.

[C8] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.* Praha: Český normalizační institut, březen 2005, 76 s.

[D1] Směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov

[D2] Směrnice 2010/31/EU (od roku 2012)

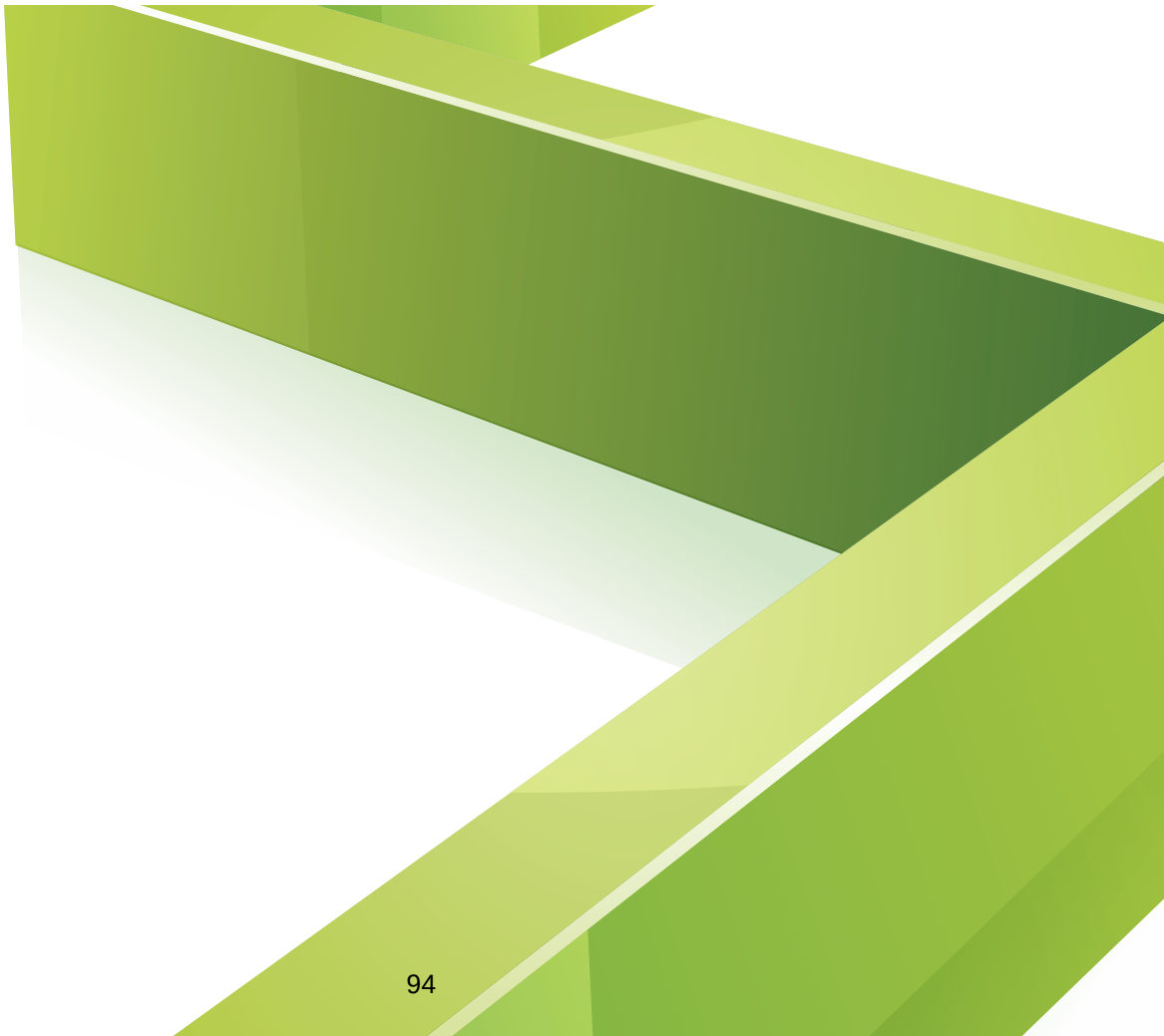
[D3] Vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov

[D4] Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby

[D5] Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb

[D6] Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

[D7] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií



V rámci projektu Zelený most mezi školou a praxí - environmentální vzdělávací moduly pro trvale udržitelný rozvoj, reg. č. CZ.1.07/1.1.00/14.0153 vznikl soubor sedmi učebnic, které poskytují ucelený pohled na současné možnosti využívání obnovitelných zdrojů energie a způsobů, jak šetřit energiemi.

Učebnice jsou určeny studentům středních a vyšších odborných škol a dále všem zájemcům o studium energetiky, stavebnictví a udržitelnosti rozvoje lidstva.

1. Význam, přehled a celkové využití energetických zdrojů

- Kategorizace energetických zdrojů
- Charakteristika obnovitelných zdrojů
- Výhody a nevýhody užití obnovitelných zdrojů
- Energetické úspory
- Udržitelný rozvoj

2. Biomasa pro energii

- Biomasa a její produkce
- Energetické rostliny a další druhy biomasy
- Zpracování biomasy pro energetické využití
- Energetické využití biomasy
- Biotechnologické využití biomasy
- Využití bioodpadů

3. Solární energie

- Význam a využití solární energie
- Solární kolektory a solární systémy
- Fotovoltaické systémy

4. Tepelná čerpadla

- Význam a využití energie akumulované v prostředí
- Tepelná čerpadla – druhy, princip činnosti, užití

5. Úspora energie ve stavebnictví

- Materiály
- Snižování energetické náročnosti
- Úspora energie ve stavebnictví
- Ekologicky šetrné stavby

6. Větrná energie

- Význam a využití větrné energie
- Větrné elektrárny
- Podmínky pro stavbu větrných elektráren

7. Vodní energie

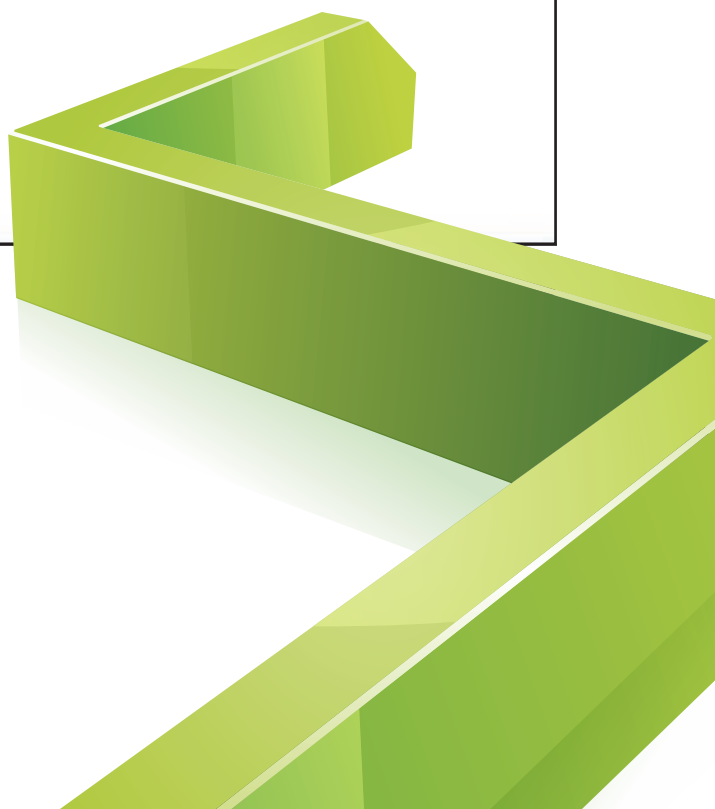
- Význam a využití vodních zdrojů energie
- Vodní turbíny a motory
- Montáž turbín
- Vodní elektrárny

BIOMASA PRO ENERGII

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí proces vytváření biomasy za různých podmínek a tok energie v trofických vztazích - vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro nepotravinářské využití fytomasy (např. v energetice, stavebnictví) a organických zbytků (vedlejších produktů, odpadů) jako alternativního zdroje energie - uvede podíl biomasy ve využití ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě	**2. Biomasa a její produkce** - fytomasa jako primární produkce různých ekosystémů (různý podíl dodatkové energie) - nepotravinářská fytomasa, její produkce a využívání (agro, lesní a jiné ekosystémy) - energie v biologických zbytcích a odpadech (zemědělství, potravinářství, lesnictví, komunální sféra, další odvětví)
- uvede hlavní druhy pěstovaných energetických rostlin (dřeviny, byliny a řasy) a jejich biologickou a energetickou charakteristiku - objasní technologii pěstování hlavních druhů energetických rostlin	**3. Energetické rostliny** - druhy rostlin - způsoby pěstování - možnosti využití
- uvede příklady využití polních plodin pro energetické účely - zhodnotí význam rozptýlené zeleně v krajině, vyjmenuje a pozná hlavní druhy rostlin - uvede možnosti využití zbytkové biomasy	**4. Další biomasa využitelná jako zdroj energie** - polní plodiny - rozptýlená zeleň v krajině - zbytková biomasa v krajině

(lesy, sady, stromořadí, porost kolem vodotečí apod.) - vyhledá a hodnotí potenciál biomasy z vedlejších zemědělských produktů - popíše způsoby využití dřevní hmoty po lesní těžbě - odhadne potenciál biomasy z lesa - objasní způsoby zpracování dřevní hmoty pro využití ke spalování (dřevní štěpka, dřevěné brikety, dřevěné pelety) - zhodnotí využitelnost těžebního odpadu pro energetické účely	- využívání vedlejších produktů ze zemědělství a potravinářství - lesní biomasa - dřevní hmota po lesní těžbě a její zpracování
- popíše přípravu pro energetické využití rostlin - uvede a popíše stroje a zařízení používané pro pěstování, sklizeň a zpracování pro využití energetických rostlin (např. sklízecí mechanizmy, sušárny apod.) - objasní možnosti logistiky pro energetiku	**5. Zpracování biomasy pro energetické využití a její distribuce** - stroje a zařízení pro pěstování, sklizeň, úpravy a dopravu biomasy - ekonomické, ekologické a bezpečnostní aspekty využívání biomasy
- popíše výrobu tepla z biomasy ve velkých i malých provozech - popíše výrobu elektřiny z biomasy - vysvětlí principy kogenerace (společné výroby tepla a elektřiny) - porovná výrobu tepla a společnou výrobu elektrické energie a tepla z ekonomického i technického hlediska - zhodnotí význam malých decentralizovaných komunálních energetických zdrojů - vysvětlí klasickou technologii výroby dřevoplynu	**6. Energetické využití biomasy** - výroba tepla - výroba elektřiny - nové vývojové trendy - znovuobjevený dřevní plyn
- vysvětlí princip tvorby bioplynu - vyjmenuje zdroje biomasy vhodné pro výrobu bioplynu (zemědělství, potravinářství, komunální odpad) - popíše technická zařízení používaná k výrobě bioplynu - vysvětlí možnosti využití digestátů (kapalný podíl) z bioplynových stanic - vyjmenuje způsoby a možnosti využití bioplynu - uvede vliv zušlechťování bioplynu na kvalitu zemního plynu z bioplynových stanic	**7. Biotechnologické využití biomasy** - bioplyn - pyrolýzní plyn

- nízkoteplotní depolymerizace (základ pro výrobu kapalných motorových paliv II. generace) - vysvětlí princip výroby a využití pyrolýzního plynu	
- popíše technologii kompostování, uvede způsoby využití kompostu - charakterizuje zpracování a využití biologicky rozložitelného komunálního odpadu - charakterizuje zpracování a využití čistírenských kalů	**8. Využití bioodpadů** - kompostování - biologicky rozložitelný komunální odpad - čistírenské kaly
- vysvětlí principy chemických procesů (fermentační procesy, esterifikace, depolymerizace, pyrolýza, krakování) - uvede suroviny, popíše způsob výroby bionafty - uvede suroviny, popíše způsob výroby bioetanolu - uvede další kapalná biopaliva (např. butanol)	**9. Využití dalších chemických procesů pro zpracování biomasy** - bionafta - bioetanol
- analyzuje potřeby pěstování a využívání biomasy na regionální i celostátní úrovni ve vztahu k ekonomickým a sociálním aspektům - prakticky hodnotí možnosti získávání a využívání biomasy v okolní krajině - komunikuje se zemědělci, vlastníky pozemků, občany a s místní samosprávou, zajišťuje osvětu - vyjmenuje předpisy a možnosti podpory ze strany státu vztahující se k pěstování a využívání biomasy - využívá a řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**10. Podpora a osvěta pro využívání biomasy** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP



SOLÁRNÍ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití slunce jako zdroje energie a její podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití solární energie - uvede možnosti pasivního využívání solární energie včetně praktických příkladů	**2. Význam a využití sluneční energie** - solární architektura
- čte a používá technickou a schvalovací dokumentaci obsaženou hlavně v normách - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - diagnostikuje poruchy - udržuje a opravuje systémy - popíše princip akumulace energie v solárních kolektorech a systémech	**3. Solární kolektory a solární systémy** - technická dokumentace - druhy kolektorů - montáž systémů - opravy, údržba a diagnostikování - způsoby akumulace energie
- čte a používá technickou a schvalovací	**4. Fotovoltaické systémy**

dokumentaci obsaženou hlavně v normách - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - diagnostikuje poruchy - udržuje a opravuje systémy - popíše princip akumulace energie ve fotovoltaických systémech	- technická dokumentace - druhy panelů - montáž systémů - opravy, údržba a diagnostikování - způsoby akumulace energie
- využívá informace o solární energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**5. Podpora a osvěta pro různé způsoby využívání solární energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

TEPELNÁ ČERPADLA

Výsledky vzdělávání	Učivo
- kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí akumulaci energie v prostředí z dostupných zdrojů - uvede příklady a možnosti využívání energie akumulované v prostředí (v domácnostech, průmyslu, zemědělství, dopravě)	**2. Význam a využití energie akumulované v prostředí** - princip akumulace energie
- čte a používá technickou a schvalovací dokumentaci a normy - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - obsluhuje a udržuje v chodu tepelná čerpadla - diagnostikuje poruchy - opravuje systémy	**3. Tepelná čerpadla** - technická dokumentace - systémy tepelných čerpadel - montáž systémů - diagnostikování, opravy a údržba
- využívá informace o tepelných čerpadlech k jejich propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**4. Podpora a osvěta pro využívání tepelných čerpadel** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

ÚSPORA ENERGIE VE STAVEBNICTVÍ

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- orientuje se v tepelně izolačních stavebních materiálech a porovná jejich vlastnosti - zvolí vhodný typ materiálu pro jednotlivé konstrukce - sleduje a hodnotí z různých hledisek nové možnosti využívání energeticky vhodných stavebních materiálů	**2. Materiály** - přehled a vlastnosti tepelně izolačních materiálů - volba materiálu
- vysvětlí význam snižování energie z ekonomických a ekologických hledisek - uvede příklady snižování energetické náročnosti domácností, finančně je zhodnotí - uvede základní principy pasivního využívání solární energie pro energetické úspory včetně konkrétních příkladů - uvede příklady snižování energetické náročnosti v průmyslových a zemědělských provozech ze stavebního hlediska	**3. Snižování energetické náročnosti průmyslových provozů a domácností** - význam - ekonomické a ekologické aspekty
- vysvětlí význam zateplování budov, zdůvodní ho z hledisek ekologických a ekonomických - charakterizuje zásady pro rekonstrukci budov z hledisek energetických úspor	**4. Úspora energie ve stavebnictví** - zateplování budov - rekonstrukce budov - nízkoenergetické domy

a objasní význam dodatečné izolace ve všech souvislostech (úspora, ochrana konstrukcí, apod.) - zvolí způsob zateplení podle účelu jednotlivých konstrukcí - vysvětlí a dodržuje technologické postupy při jednotlivých způsobech zateplení - vysvětlí principy a odlišnosti mezi způsobem výstavby nízkoenergetických a pasivních domů a úsporami při provozu objektů - provádí práce spojené s výstavbou nízkoenergetických a pasivních domů	- pasivní domy
- zhodnotí význam dřevěných staveb z hlediska energetického, ekonomického a sociálního i vzhledem k umístění v krajině k podmínkám prostředí	**5. Ekologicky šetrné stavby** - dřevostavby
- orientuje se v předpisech týkajících se energetických úspor souvisejících se stavebnictvím - vysvětlí roli stavebních úřadů - uvede účastníky investiční výstavby - zpracuje žádost na stavební úřad pro ohlášení stavby nebo stavební povolení	**6. Legislativa** - právní předpisy (Stavební zákon č.183/2006Sb., ve znění pozdějších předpisů) - přímí a nepřímí účastníci investiční výstavby
- využívá informace o energetických úsporách spojených se stavebnictvím k propagaci a k jednání s veřejnou správou a s veřejností - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**7. Podpora a osvěta pro energetické úspory spojené se stavebnictvím** - propagace - předpisy BOZP

VĚTRNÁ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití větrného zdroje energie a její podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití větrné energie	**2. Význam a využití větrné energie** - přehled a podmínky pro využití větrné energie
- vysvětlí princip různých typů VTE, jejich funkce a vlastnosti - charakterizuje podmínky vhodné pro stavbu VTE (přírodní, technické, ekonomické a environmentální) - charakterizuje provoz a podmínky provozu větrné elektrárny včetně jejího výkonu a výroby ve vztahu k provozním podmínkám a efektivitě - provádí montážní práce	**3. Větrné elektrárny (VTE)** - typy větrných elektráren - podmínky pro stavbu a provoz VTE
- využívá informace o větrné energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**4. Podpora a osvěta pro využívání větrné energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

VODNÍ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití energie z vodních zdrojů a jejich podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití vodních zdrojů energie - hodnotí perspektivy využívání vodní energie i nové možnosti využívání (moře)	**2. Význam a využití vodních zdrojů energie** - přehled a podmínky pro využití energie z vodních zdrojů
- vysvětlí princip funkce a možnosti využití různých typů vodních turbín a vodních motorů	**3. Vodní turbíny a motory** - funkce a využití
- popíše přípravu stanoviště pro montáž - vysvětlí postup sestavování jednotlivých dílů - vysvětlí průběh a zásady montáže turbíny - orientuje se v technických podkladech - charakterizuje způsoby vyhledávání různých druhů závad - vysvětlí sestavení technologie oprav - objasní důvod provádění údržbářských, inspekčních a opravárenských prací na strojních součástech	**4. Montáž turbín** - příprava stanoviště - montáž turbín - závady a jejich vyhledávání - opravy a opravárenské práce - údržba - evidence dat

- charakterizuje způsob ošetřování a údržbu příslušného vybavení a strojů - eviduje technická data o průběhu a výsledcích práce	
- vysvětlí princip funkce vodních elektráren - charakterizuje přírodní podmínky vhodné pro stavbu vodní elektrárny - uvede optimální parametry/ukazatele (včetně ekonomických, ekologických, hygienických, bezpečnostních atd.) vhodné pro stavbu vodní elektrárny - charakterizuje provoz a podmínky provozu vodní elektrárny včetně jejího výkonu a výroby ve vztahu k provozním podmínkám a efektivitě vodní elektrárny - vypočítá dle zadání výkon a výrobu vodní elektrárny - provádí montážní práce - charakterizuje vztah vodních elektráren k ochraně organismů - popíše význam MVE z ekologického hlediska zejména ve vztahu k ochraně organismů	**5. Vodní elektrárny** - vodní elektrárny s výkonem nad 10 MWh - voní elektrárny s výkonem do 10 MWh (MVE)
- využívá informace o vodní energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**6. Podpora a osvěta pro využívání vodní energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky