

Moderní konstrukce zateplení podkroví

The modern energy – saving attic structures

Jan Krňanský, Stavební fakulta ČVUT Praha, Insowool s.r.o.,
FAU TU v Liberci

Moderní konstrukce zateplení podkroví mají úzkou souvislost s kvalitou vnitřního prostředí, které těmito úpravami vytváříme. Příspěvek se zamýšlí nad těmito souvislostmi a nabízí jedno z možných řešení, využívající inovativní materiály a konstrukční přístupy ověřené v praxi.

The modern energy saving attic structures have a close relation to the quality of internal environment, created by that treatment. This article thinks about possible interactions and offers one of possible solutions. This one uses the innovative materials and design approach, verified by practical experience.

Zdravé budovy a úspory energie

Trvalým požadavkem kladeným na budovy je požadavek energetické úspornosti. Významných energetických úspor se docílí především

- prováděním dostatečně tlustých vrstev tepelných izolací střešních a obvodových pláštů,
- používáním výplní otvorů s co největší tepelně izolační schopností (dveře, okna),
- maximálním omezením netěsností obalových konstrukcí.

Tyto úpravy a opatření mají významný dopad na kvalitu vnitřního prostředí staveb. Starší budovy, u kterých doposud přetrvávají nekvalitní výplně otvorů, mají paradoxně vlivem řady různých netěsností vesměs dostatečnou výměnu vzduchu s okolím. Současně může u těchto starších budov volně probíhat v obvodových i střešních pláštích proces difuze (pokud ovšem nejsou nově „olepené“ neprodyšnými izolacemi na bázi pěnových plastů, opatřenými navíc neprodyšnými tenkovrstvými polymerními omítkovinami).

Některé nové nebo nesprávně tepelně doizolované budovy, poplatně výše zmíněným energeticky úsporným opatřením, jsou často téměř zcela vzduchotěsné, tj. v jejich pláštích nemůže probíhat ani konvektivní, ani molekulární přenos plynů. Typickým příkladem takových konstrukcí je většina dnes používaných konstrukcí zateplení podkroví. Je proto třeba si uvědomit, že požadavek zvýšené ochrany tepelné energie současně výrazně akcentuje kritéria hygieny vnitřního prostředí, a to zejména požadavky na

- nezbytnou výměnu vzduchu v interiéru,
- zdravotní nezávadnost vnitřních povrchů interiéru.

Požadavky hygieny vnitřního prostředí tak nabývají rozhodující význam u všech budov, tedy i u rodinných domků, včetně zateplených podkroví, kde se doposud vnímaly často jen velmi „vlažně“.

Malá nebo prostorově nestejněměrná výměna vzduchu může způsobit vznik vysokých koncentrací látek, které nejsme schopni svými smysly vnímat, které však škodí našemu zdraví. Typickými příklady takových látek jsou formaldehyd (koberce, bytová chemie...), oxid uhličitý, který vydechujeme, či ozón, vznikající např. při činnosti kopírek nebo tiskáren. Vnitřní mikroklima v zatěsněných interiérech může být oproti vnějšímu klimatu daleko více „zahuštěné“ bakteriemi, viry, spóry hub či jinými mikrobiologickými kulturami, které svými smysly rovněž nevnímáme. Typickým projevem přílišného utěsněných prostorů je například vznik pachů, který se projevuje při jejich dlouhodobějším uzavření (např. o dovolené).

Především je tedy zřejmé, že je zcela nezbytné zajistit u takto zatěsněných prostor dostatečnou výměnu vzduchu. Pokud usilujeme o maximální ochranu tepla („zimní energetika“ budov), potom musíme jít nevyhnutelně cestou minimalizace přirozeného větrání (okny, dveřmi apod.) a výměnu vzduchu zajistit nuceným větráním ve spojení s technologií rekuperace tepla.

To však ještě neřeší problém kvality vnitřních povrchů. Všechny prostory v interiéru totiž nelze ani nuceným větráním účinně provětrat (například úzké mezery mezi nábytkem a obvodovým pláštěm). V takto exponovaných oblastech u budov s pláštěm bez molekulárního přenosu není výjimkou výskyt plísní, bakteriálního osídlení povrchů apod.

Proto vstupuje do hry i požadavek na snížení těchto rizik. Jednou z účinných cest je povrchová „mikroventilace“, kterou může zajistit právě molekulární přenos, tedy difuze.

Uvedené souvislosti naznačují, že požadavek energetické úspornosti velice úzce s otázkou konstruování zdravých budov souvisí. Ře-

Klíčová slova:

Úspory energie ♦ environmentální aspekty nízkoenergetických budov ♦ difúzně otevřené konstrukce střešních ♦ tepelná stabilita ♦ dřevovláknité desky

Key words:

Energy saving ♦ environmental aspects of low-energy buildings ♦ diffusion-opened roof structures ♦ thermal stability ♦ wood fibreboards

šení jednoho problému nelze oddělit od druhého.

Kritika současných konstrukcí zateplení podkroví

Podíváme-li se na běžné konstrukce zateplení podkroví střešních, zjistíme, že prakticky všechny důsledně oddělují vnější a vnitřní prostředí pomocí parozábran. Jde o polymerní fólie (např. PE), které mají zabránit vstupu páry ze strany interiéru do konstrukce. Parozábrana v souvrství zateplení střechy ovšem není projevem pokroku a moderního stavitelství. Je především výrazem obav konstruktéra, že mu ve střešní konstrukci zkondenzuje příliš mnoho vodní páry, konstrukce si s ní neporadí a nastane biologická degradace (plísně, hniloba, dřevokazný hmyz). Parotěsné fólie se lepí na rovněž vzduchotěsné výplně otvorů (okna, dveře). V tomto smyslu se potom prostor podkroví může jevit jako hermeticky uzavřený „igelitový vak“ se vzduchotěsnými průhledy do okolí. Je nasnadě, že bez dalších technických opatření je jak kvalita vzduchu, tak i kvalita povrchů v interiéru z hlediska osídlení (i neviditelnými) biologickými kulturami problematická. Takto koncipované konstrukce zateplení nedýchají, neprobíhá v nich přirozený přenos suchého vzduchu a vodní páry mechanismem molekulárního přenosu (tedy difuze).

Důsledkem úplného zatěsnění je i další skutečnost, o které se často příliš nehovoří: velmi malá regenerační schopnost zatěsněných konstrukcí v případě, kdy dojde k masivnějšímu zatečení vody do jejich nitra (během montáže, v důsledku porušení krytiny apod.).

Je tedy na místě uvažovat o alternativním konstrukčním řešení, které by umožnilo jak jistou prodyšnost střešního pláště, tak by i směřovalo k využití ekologicky co nejpřátelštějších materiálů, resp. materiálů z obnovitelných zdrojů.

Prodyšnost střešního pláště

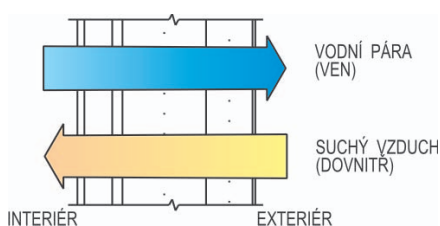
Pojem „prodyšnost“ střešního (ale i obvodového) pláště je populárním opisem jeho schopnosti transportovat v přiměřeném množství plynné látky mechanismem molekulárního transportu – difuze. Ve stavebních aplikacích nás primárně nejčastěji zajímá binární směs suchý vzduch – vodní pára (obr. 1).

Snaha o konstrukci difuzně otevřených střešních pláštů je snahou vytvá-

řet konstrukce zateplených podkroví bez použití parozábran. Teoretické výpočty i zkušenosti z celé řady realizací v ČR i v zahraničí z posledních let jednoznačně potvrzují, že taková řešení existují a jsou funkčně spolehlivá.

V difuzně otevřené konstrukci probíhají sice malé, avšak nikdy neustávající navzájem protisměrné molekulární toky suchého vzduchu a vodní páry (nulová barycentrická rychlost směsi). To přináší důležité výhody:

- konstrukce podkroví není ze strany interiéru hermeticky těsná. Zmiňované toky tak automaticky napomáhají udržet kvalitu vnitřního prostředí v interiéru (sama o sobě sice nedostatečná, ale trvalá výměna vzduchu);
- protisměrný pohyb páry a suchého vzduchu významně snižuje pravděpodobnost osídlení povrchů interiéru mikrobiologickými kulturami;
- vzniká autoregulace vlhkosti v prostoru interiéru (sorpcí, resp. desorpcí z povrchových i hlouběji umístěných materiálů podle aktuálního stavu vlhkosti v interiéru);
- prodyšné pláště vykazují velice dobrou regenerační schopnost, tedy schopnost vlastními silami se zbavit nadměrné (havarijní) vlhkosti;
- po konstrukční stránce jsou tyto pláště jednodušší (už jenom díky absenci parotěsné vrstvy, jejíž dokonalé provedení je navíc exaktně vzato nemožné) a snadno se provádějí.



Obr. 1 Přenos hmoty konstrukcí

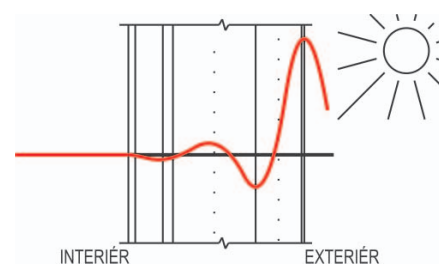
Akumulace tepla a tepelná stabilita podkroví

Ani prodyšné, difuzně otevřené konstrukce zateplení podkroví ovšem nemusí být funkčně dokonalé. Mohou trpět nedostatkem, který je dnes typický pro běžná zateplení podkroví i pro většinu dřevostaveb – malou tepelněakumulační schopností. Nedostatek akumulace má u střešního (i obvodového) pláště za následek malou tepelnou stabilitu interiéru. To prakticky znamená, že kolísání teplot v exteriéru budovy se

v relativně krátkém čase a s malým tlumením „propisuje“ i do interiéru stavby. Tuto skutečnost pocítujeme zejména v horkých letních dnech, kdy se prostory podkroví přehřívají. Jen málo používaných obytných podkroví je vybaveno klimatizací, která může tento nedostatek kompenzovat (ovšem za cenu vysoké spotřeby energie). V zimním období malou akumulaci vesměs nepocítujeme, protože ji v případě správně navržené otopné soustavy „kompenzujeme“ vytápěním objektů.

U laické veřejnosti často panuje názor, že kolísání teplot v interiéru lze účinně omezit dostatečnou tloušťkou jakékoliv tepelné izolace. Tento názor je koncepčně mylný. Tloušťkou tepelné izolace primárně pouze snižujeme hustotu tepelného toku (obr. 2), který je rozhodující především pro „zimní energetiku“ budov (únik tepla konstrukcí ven do exteriéru). Integrovaně (pro celé souvrství pláštů) potom vyjadřujeme míru schopnosti minimalizovat hustotu tepelného toku veličinou, nazývanou součinitel prostupu tepla. Sám součinitel prostupu tepla je veličina, která je odvozena z předpokladu ustáleného teplotního stavu. Proto principiálně nemůže nic vypovídat o reakci konstrukce na časovou proměnu parametrů vnějšího prostředí (neustálený teplotní stav).

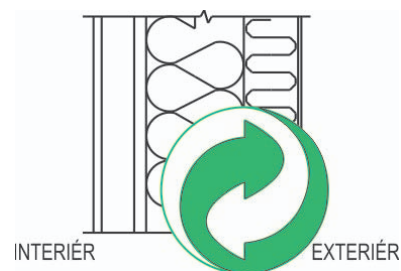
Z veličin, které používá současný aparát stavební fyziky, má v tomto smyslu patrně nejlepší vypovídací schopnost fázový posun teplotního kmitu. Ten vyjadřuje dobu, za jakou projde amplituda teplotního kmitu (sinový průběh, délka periody 24 hodin) z jedné strany konstrukce na druhou. Jde tedy o veličinu dynamické povahy, která v sobě integruje jak tloušťky jednotlivých vrstev konstrukce, tak i jejich akumulační schopnosti. Právě tato veličina je vesměs rozhodující pro posouzení komfortu bydlení i v letním období – tepelné stability interiéru (z pohledu vlivu plných stěn).



Obr. 2 Tepelný tok konstrukcí

Moderní řešení podkroví: dřevovláknité desky Hofatex

Multifunkčním materiálem, který je schopen potřebné požadavky kladené na funkční vlastnosti zateplení podkroví pokrýt, je nelisovaná dřevovláknitá deska Hofatex. Její součinitel tepelné vodivosti je pouze o 10 – 20% větší než je obvyklé u běžně užívaných vláknitých či pěnových izolací (podle objemové hmotnosti). Dřevovláknitá deska však propůjčuje konstrukci podkroví řadu vlastností, které pomocí zmíněných běžných typů izolací nejsou vůbec dosažitelné. Dřevovláknitou desku lze použít jako konstrukční desku. Materiál má vysokou požární odolnost, sorpci vlhkosti, je difúzně otevřený, ekologický, vyrábí se z obnovitelných surovinových zdrojů. U konstrukcí zateplení podkroví je ovšem zásadní jeho tepelná kapacita. Při stejných tloušťkách má v porovnání s běžnými tepelnými izolacemi akumulční schopnost 20 až 30krát vyšší. To je kvalitativní rozdíl oproti jakékoliv jiné tepelné izolaci. Použijeme-li do konstrukce podkroví dřevovláknitou desku v tloušťce 60 – 100 mm, bude doba prohřátí podkroví (fázový posun teplotního kmitu) 3 až 4krát delší, než bez použití této desky. Obvyklá konstrukce podkroví se prohřeje cca za 3 až 4 hodiny (tloušťky lehkých izolací běžně 200 – 300 mm). Znamená to, že v let-



Obr. 3 Desky jsou po obvodě opatřené dvojitým perem a drážkou

ním období, kdy v městských aglomeracích dosahuje teplota špičkových hodnot (s ohledem na sálání okolních ploch) okolo 17 – 18 hodiny, dorazí tepelná vlna do interiéru cca ve 21 – 22 hodin. Tyto prostory se potom stávají pro spánek či pro práci více či méně neobyvatelné. Při použití dřevovláknité desky však dorazí tepelná vlna do interiéru v časných ranních hodinách, kdy je již venku chladný vzduch a problém můžeme snadno řešit přímým větráním (otevřením oken).

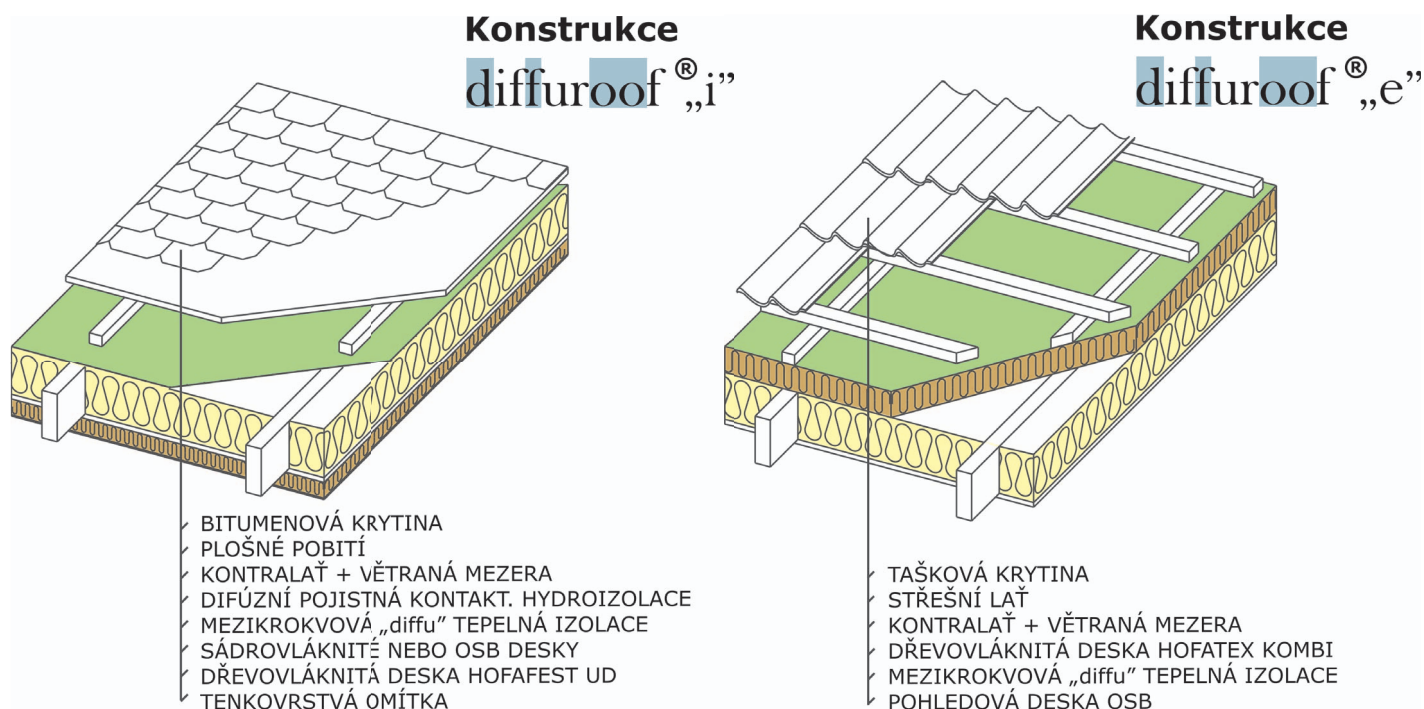
Optimálními výrobky pro toto použití jsou nadkroevní konstrukčně izolační dřevovláknité desky Hofafest UD s objemovou hmotností 260 kg/m³, případně desky Hofatex Kombi (lacinější varianta), vyráběné slovenskou společností Smrečina Hofatex. Tyto desky jsou ve hmotě hydrofobizované, takže v případě porušení krytiny a zatečení srážkové vody do odvětrávané mezery

střešního pláště nedojde k vlhkostnímu poškození ani dřevovláknitých desek, ani celé konstrukce zateplení. Desky jsou navíc po obvodě opatřené dvojitým perem a drážkou (obr. 3). To výrazně zjednodušuje montáž a zlevňuje konstrukci zateplení (napojování desek nemusí být nad krokviemi). Napojování desek na dvojitě pero a drážku účinně zabraňuje spárové konvekci vzduchu i zatékání vody.

Z výše uvedených důvodů jsou dřevovláknité desky ideálním výchozím materiálem pro tvorbu difúzně otevřených konstrukcí zateplení podkroví.

Základní skladba difúzně otevřeného střešního obvodového pláště

Z konstrukčního hlediska je vhodným řešením skladby zatepleného střešního pláště umístění dřevovláknitých desek Hofatex nad krokve. Běžné tloušťky,



Obr. 4 Skladby zateplení střešního pláště



Obr. 5 Ukázka zateplení střešního a obvodového pláště v systému diffuwall®. Experimentální ověřování difuzně otevřené sestavy v klimatické komoře, CSI Praha

používané pro tyto konstrukce, jsou 60 – 100 mm. Mezi krokvemi je umístěná vhodná difuzní vláknitá tepelná izolace. Funkci parobrzdy, omezující množství páry vstupující do pláště, plní interiérová deska; nejčastěji je to vhodně volená deska OSB, nebo jiný plášťový materiál s dostatečným difuzním odporem (například deska Rigidur Sd). Tyto tři vrstvy jsou současně jediné „povinné“ systémové vrstvy. Ze strany interiéru je možné použít předstěnu či například palubkový obklad. Ze strany exteriéru je pak možné nad povinnou provětrávanou mezerou (běžně tloušťka 40 mm) použít libovolný typ krytiny. U nestandardních konstrukcí střech, zejména pak u střech s malým spádem, musíme potřebnou tloušťku provětrávané mezery určit ze zákonů laminárního proudění plynů (analogie Hagen-Poiseuilleova zákona) pro daný tvar „průřezu“ provětrávané mezery.

V případě, kdy nechceme či nemůžeme umístit dřevovláknitou desku nad krokve (architektonické důvody, nově

položená krytina na stávající nezateplený střešní plášť apod.), je možné provést zateplení dřevovláknitými deskami i ze strany interiéru.

Příklady skladeb difuzně otevřených střešních plášťů jsou na obrázcích.

Příklady zateplení střešního pláště dřevovláknitými deskami, konstrukce diffuroof® společnosti Insowool, s. r. o.

Od roku 2008, kdy společnost Insowool difuzně otevřené skladby plášťů experimentálně otestovala a ocertifikovala, již byly realizovány desítky plášťů střech (i obvodových plášťů dřevostaveb) bez jakýchkoliv závad v oblasti vlhkostní techniky. Rovněž trvale probíhající ověřovací měření objektů in situ potvrzují, že idea difuzní otevřenosti přináší všestranně výhodné a funkčně vysoce komfortní konstrukce plášťů.

Je však třeba poznamenat, že návrh skladby difuzně otevřené konstrukce na bázi dřeva je vždy třeba pečlivě pro-

věřit nadstandardně podrobným vlhkostnětechnickým posouzením. Zejména je třeba soustředit se na bilanci vlhkosti, na úroveň rovnovážné vlhkosti dřevěných prvků krovu, na doby jejich trvání a dále na vlhkostní režim konstrukčních detailů.

Zdroje obrázků: www.insowool.cz, www.hofatex.eu

Literatura:

- [1] ŠESTÁK, J., *Teoretické základy oboru-přenos hmoty*, skriptum FS ČVUT Praha, vydání třetí, 1990
- [2] HUTCHEON, N. B., HANDEGORD, G. O. P., *Building science for a cold climate*, John Wiley & Sons, 1983
- [3] VODÁK, F., *Fyzika kontinua I.*, skriptum FSv ČVUT Praha, 1979
- [4] PÁNEK J., KRŇANSKÝ J., *Techniko-fyzikální analýza staveb*, skriptum FSv ČVUT Praha, 1990
- [5] KRŇANSKÝ, J., *Building structures: engineering physical analysis*, LLP Erasmus programme, TU v Liberci, 2007