

ZÁVĚRY SLEDOVÁNÍ PRŮBĚHU TEPLOT V INVERZNÍ STŘEŠE

V PŘEDCHOZÍCH ČÍSLECH ČASOPISU DEKTIME (07 | 2006 A 02 | 2009) BYLY UVEDENY ČLÁNKY PŘINÁŠEJÍCÍ PRŮBĚŽNÉ ZÁVĚRY Z MĚŘENÍ TEPELNĚTECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ SKLADBY PLOCHÉ STŘECHY S OBRÁCENÝM POŘADÍM VRSTEV. V NÁSLEDUJÍCÍM ČLÁNKU JE UVEDENO SHRNUTÍ DOSAVADNÍCH POZNATKŮ A VYHODNOCENÍ TŘETÍ FÁZE SLEDOVÁNÍ SKLADBY STŘECHY.



01

HISTORIE MĚŘENÍ

První část měření, probíhající v roce 2006, byla zaměřena zejména na chování tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu ve skladbě s opačným pořadím vrstev. Z tepelněizolační vrstvy byly odebrány vzorky, u kterých byla gravimetrickou metodou zjištěna hmotnostní vlhkost a její rozmístění v průřezu tepelněizolační vrstvy. Na základě zjištěných údajů byl vyhodnocen vliv vlhkosti na tepelněizolační vlastnosti skladby střechy.

Další část měření probíhající od roku 2006 do roku 2009 byla zaměřena na pozorování průběhu teplot v jednotlivých vrstvách skladby sledované střechy v závislosti na teplotě venkovního vzduchu a srážek. Hlavním účelem měření bylo zaznamenat vliv srážkové vody zatékající pod tepelněizolační vrstvu na teplotu uvnitř skladby, v úrovni hydroizolační vrstvy. Bylo zjištěno, že dešťová voda nebo voda z tajícího sněhu způsobuje zejména v otopném období výrazné kolísání teploty uvnitř skladby.

ZAMĚŘENÍ TŘETÍ ČÁSTI EXPERIMENTU

V roce 2008 byla sada teplotních čidel rozšířena také o čidla umístěná na vnitřní straně střešní skladby. Nově instalovaná čidla zaznamenávala teplotu vnitřního vzduchu a teplotu vnitřního povrchu střešní konstrukce. Měření mělo odhalit, jak významný vliv má zatékající srážková voda mezi tepelnou izolaci na vnitřní povrchovou teplotu konstrukce a také na součinitel prostupu tepla.

VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA

Při dešti nebo při tání sněhu dochází k zatékání části vody přes spáry mezi deskami tepelné izolace z extrudovaného polystyrenu až na hydroizolační vrstvu. Zejména během otopného období má tato voda výrazně nižší teplotu, než jaká by odpovídala ustálené teplotě v úrovni hydroizolační vrstvy. Zatečením chladné srážkové vody dojde k poklesu teploty v úrovni hydroizolace a následně také na vnitřním povrchu konstrukce.

Míra poklesu vnitřní povrchové teploty je pak dána tepelným odporem vrstev mezi hydroizolační vrstvou a vnitřním povrchem střešní konstrukce.

SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA

Dalším důsledkem prochlazování střešní konstrukce zatékající srážkovou vodou je zvýšení tepelného toku konstrukcí a tím snížení tepelné ochrany budovy. Zhoršení tepelné izolace vlastností se při návrhu skladby střechy s obráceným pořadím vrstev s tepelnou izolací z extrudovaného polystyrenu zohledňuje přírážkou podle ČSN EN ISO 6946 [3]. Do výpočtu přírážky vstupuje průměrná intenzita srážek během otopné sezóny, odtokový činitel vyjadřující podíl vody dosahující k hydroizolační vrstvě, dále činitel zvýšení tepelné ztráty způsobené prouděním dešťové vody po hydroizolační vrstvě. Do výpočtu vstupuje také poměr tepelného odporu tepelné izolace nad hydroizolační vrstvou k tepelnému odporu konstrukce před uplatněním korekce. Součinitel prostupu tepla sledované střešní konstrukce, vypočtený podle ČSN 73 0540-4 [2], je $0,18 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, korekce zohledňující proudění vody mezi tepelnou izolací a hydroizolační vrstvou, vypočtená podle ČSN EN ISO 6946 [3], je $\Delta U = 0,031 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Celkový součinitel prostupu tepla sledované konstrukce se započítanou korekcí je $0,211 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

REÁLNÉ CHOVÁNÍ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE

V rámci třetí etapy měření byl zaznamenáván kromě průběhu teplot v konstrukci a v exteriéru také průběh teploty na vnitřním povrchu konstrukce a teploty v interiéru. Záznam teplot na spodním povrchu konstrukce ukázal, že pokles teploty na hydroizolační vrstvě vlivem zatečení srážkové vody se projeví také poklesem teploty na interiérovém povrchu konstrukce. To dokládá např. /graf 01/.

Graf zachycuje zaznamenaný průběh teplot ve dnech 24. 12. – 26. 12. 2009. V tomto období došlo ke krátkodobému oteplení a teplota venkovního vzduchu vystoupila nad nulu. Následkem oteplení začala odtávat sněhová pokrývka na povrchu střechy a voda z tajícího sněhu způsobila pokles teploty v konstrukci, na úrovni hydroizolace. Pokles teploty v konstrukci se projevil také poklesem vnitřní povrchové teploty střešní konstrukce cca o 3°C . K tomuto poklesu dochází s mírným zpožděním, které je dáno fázovým posunem konstrukce.

VLIV ZATÉKÁNÍ SRÁŽKOVÉ VODY NA SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA

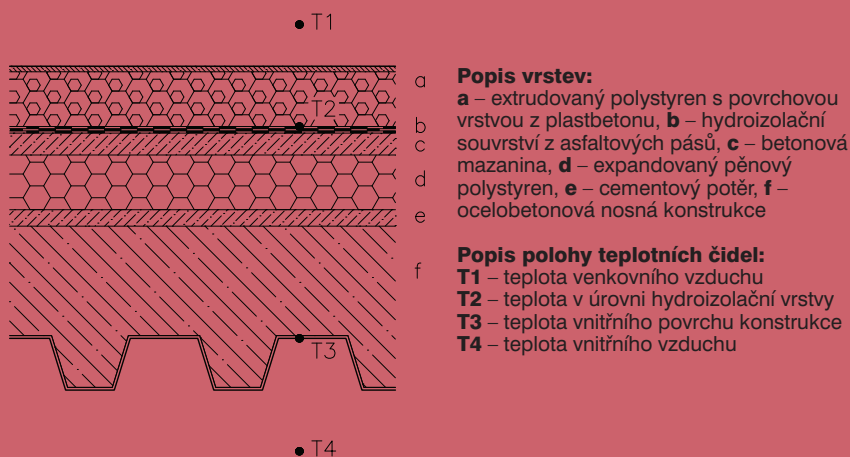
Na základě teploty vnitřního vzduchu, teploty venkovního vzduchu, vnitřní povrchové teploty konstrukce a odporu při přestupu tepla na vnitřním povrchu konstrukce lze pro

ustálený stav vypočítat součinitel prostupu tepla konstrukce. Pokud použijeme shodný výpočet pro každý časový okamžik ve kterém byly zaznamenány teploty, získáme průběh měrného prostupu tepla konstrukcí v čase. Měrný prostup tepla konstrukcí lze vyjádřit v jednotkách $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$. Do jeho skutečné hodnoty se promítají ještě další vlivy, jako například oslunění venkovního povrchu konstrukce nebo rychlost větru, proto jeho hodnoty vypočtené jen na základě teplot vnitřního a vnějšího vzduchu a vnitřního povrchu nelze korektně použít pro přímé porovnání se součinitelem prostupu tepla konstrukce podle ČSN 73 0540 [1]. Přesto lze na vývoji měrného součinitele prostupu tepla pozorovat významný vliv zatékání srážkové vody na reálný součinitel prostupu tepla konstrukce. V grafu /02/ je zobrazen průběh měrného prostupu tepla konstrukcí a je zde také uvedena hodnota součinitele prostupu tepla konstrukce podle ČSN 73 0540 [1] včetně korekce pro inverzní střechy podle ČSN EN ISO 6946 [3]. Do grafu je také vložen průběh teplot na hydroizolaci (měřítko je $10\times$ zmenšeno), který indikuje období ve kterém docházelo k zatékání vody z tajícího sněhu pod tepelnou izolaci.

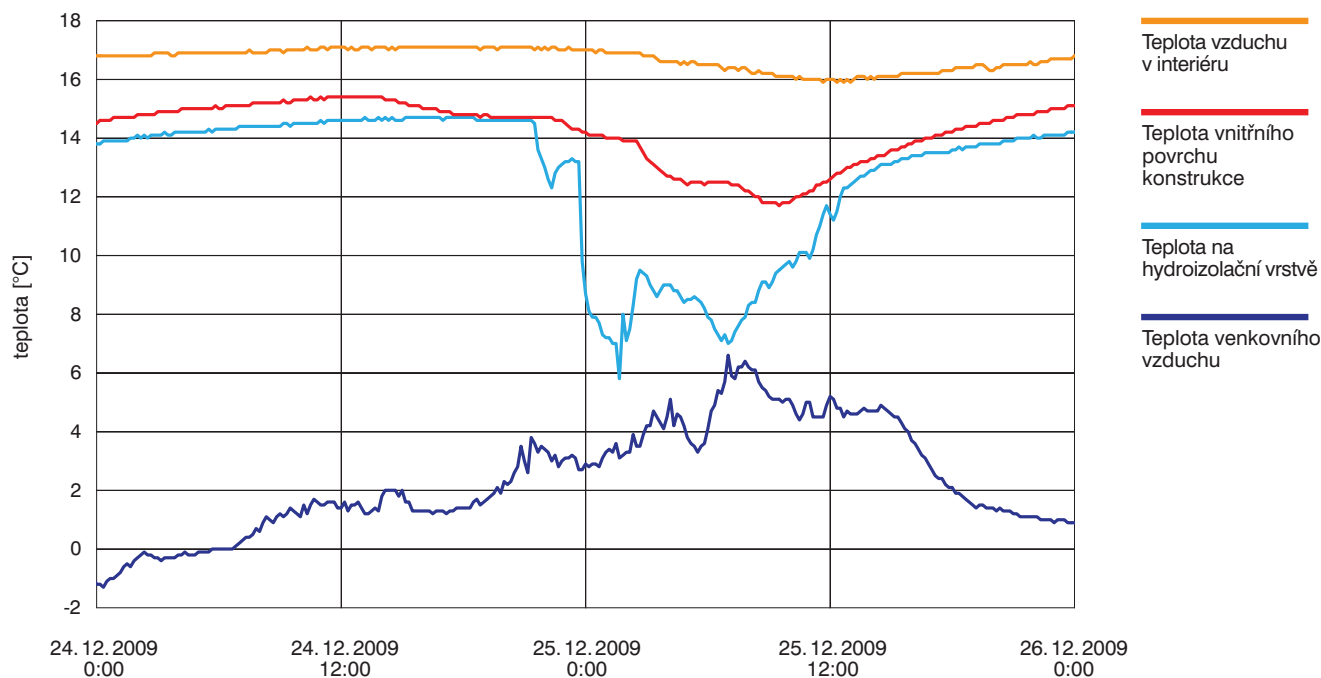
Z grafu /02/ je vidět, že v období bez srážek a bez tání sněhu se hodnota okamžitého měrného prostupu tepla pohybuje zhruba kolem hodnoty součinitele prostupu tepla konstrukce. Při zatékání srážkové vody až na úroveň hydroizolační vrstvy však reaguje hodnota okamžitého měrného prostupu tepla rychlým vzestupem.

ZÁVĚR

Skladbu ploché střechy s obráceným pořadím izolačních vrstev je výhodné použít tam, kde je požadována zvýšená ochrana hydroizolační vrstvy. Při návrhu takové střechy je ale nutné zohlednit její specifické vlastnosti. Z výše uvedeného je patrné, že srážková voda, zatékající spárami v tepelné izolaci až k hydroizolační vrstvě může způsobit dočasné snížení vnitřní povrchové teploty střešní konstrukce a také zhoršení součinitele prostupu tepla konstrukce.



Obr. 01 | Schéma skladby pozorované střechy

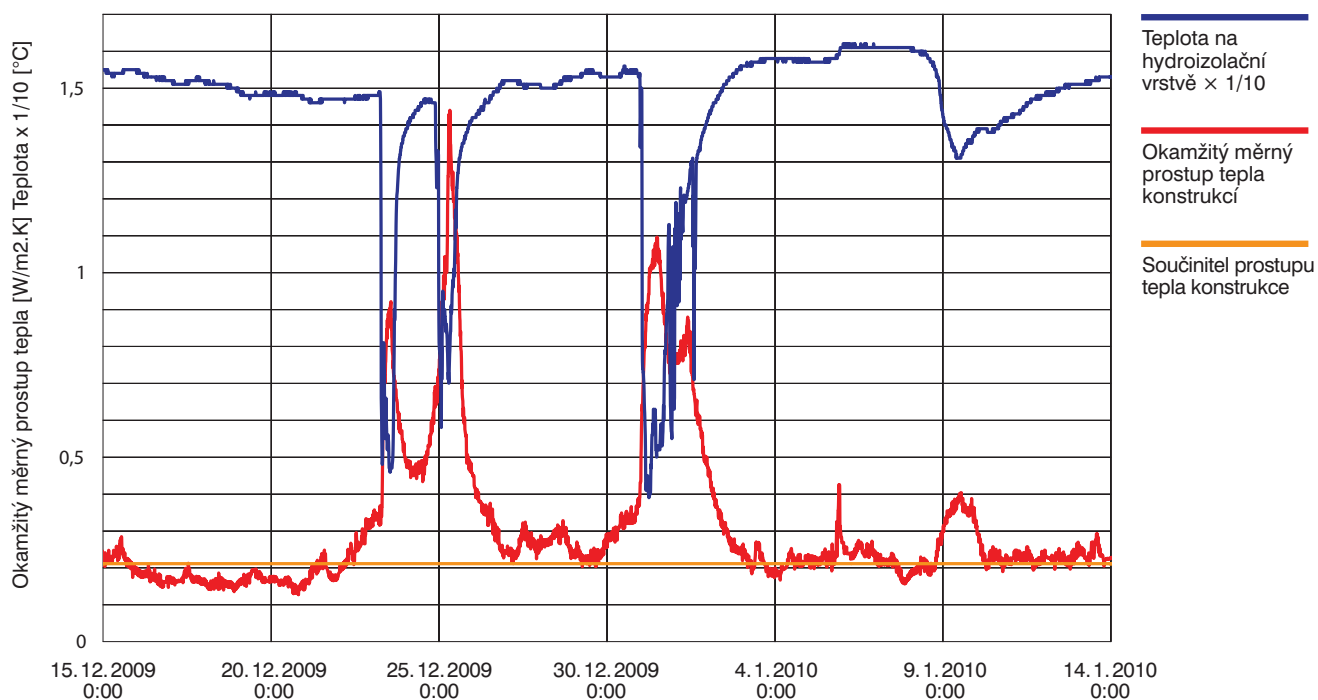


Graf 01 | Pokles teploty vnitřního povrchu konstrukce vlivem zatékání vody z tajícího sněhu pod tepelnou izolaci z extrudovaného polystyrenu

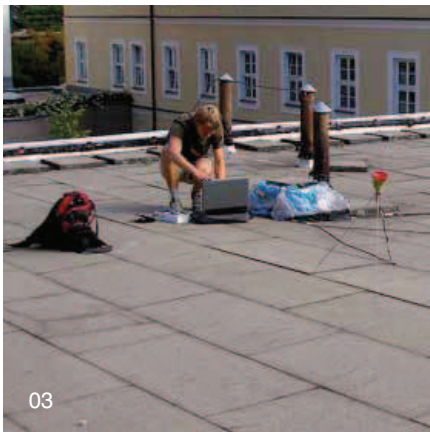
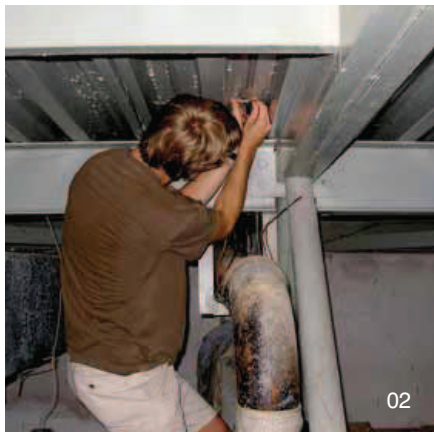
Vyhodnocení naměřených dat ukázalo, že korekce součinitele prostupu tepla podle ČSN EN ISO 6946 [3], zohledňující vliv zatékající srážkové vody pod tepelnou izolaci střechy s obráceným pořadím vrstev, je opodstatněná, ve výpočtech součinitele prostupu tepla inverzní střechy nesmí být opomenuta.

Dále je třeba zdůraznit, že v obdobích, kdy dochází k zatékání srážek do skladby, dochází k několikanásobně většímu zhoršení součinitele prostupu tepla, než je hodnota výpočtové korekce. Je však nutné vzít v úvahu, že zatímco zvýšení prostupu tepla konstrukcí vlivem zatékání srážek do skladby je nárazovým jevem,

korekce součinitele prostupu tepla, promítnutá do volby tloušťky tepelněizolační vrstvy, je pro konstrukci uplatněna dlouhodobě. Lze tedy konstatovat, že při správném návrhu výše korekce, nemá krátkodobé, několikanásobné zhoršení součinitele prostupu tepla vlivem zatékání srážek pod tepelněizolační vrstvu vliv na



Graf 02 | Změna měrného prostupu tepla konstrukcí při zatékání vody z tajícího sněhu pod tepelnou izolaci střechy s obráceným pořadím vrstev



01 – 03 | Záběry z instalace čidel vnitřní povrchové teploty

průměrnou, celoroční tepelnou ztrátu střešní konstrukcí. Návrhem vrstev pod hydroizolační vrstvou střechy je však nutné zajistit, aby nárazové zhoršení součinitele prostupu tepla nezpůsobilo kritický pokles vnitřní povrchové teploty a následné vlhkostní poruchy.

DOPORUČENÍ PRO NÁVRH PLOCHÝCH STŘECH S OBRÁCENÝM POŘADÍM IZOLAČNÍCH VRSTEV

Pronikání srážkové vody pod tepelněizolační vrstvu je vhodné omezit volbou typu tepelněizolačních desek z extrudovaného polystyrenu. Vhodné jsou desky spojované systémem per a drážek, které zpravidla propouštějí méně vody, než desky s rovnými hranami.

Tepelný odpor vrstev pod hydroizolační vrstvou střechy by měl být minimálně takový, aby i v době zatékání srážkové vody k hydroizolační vrstvě byl splněn požadavek na teplotní faktor vnitřního povrchu konstrukce. Minimální doporučená hodnota je $0,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$. Vhodné je použít kombinovanou skladbu, kde je část tepelné izolace umístěna také pod hydroizolační vrstvou.

Pro vrstvy nad tepelněizolační vrstvou z extrudovaného polystyrenu mají být voleny materiály s nízkým difúzním odporem, aby nedocházelo k navlhnutí extrudovaného polystyrenu vlivem difuze vodní

páry, tak jak bylo zdokumentováno v článku Ing. Vymětalíka v časopise DEKTIME 07 | 2006.

Tento článek vznikl na základě dat z měření konkrétní střechy. Měření provádí společně ATELIER DEK a Ing. Vladimír Vymětalík, který se této problematice věnuje i ve své disertační práci v rámci doktorského studia na stavební fakultě ČVUT v Praze.

<Petr Řehořka>

Foto:
Viktor Zwiener

Literatura:

- [1] ČSN 73 0540-2: 2007 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*
- [2] ČSN 73 0540-4: 2005 *Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody*
- [3] ČSN EN ISO 6946: 2008 *Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda*
- [4] Vymětalík V., Hůlka C.: Extrudovaný polystyren s povrchovou úpravou z plastbetonu v inverzních střechách, DEKTIME 07 | 2006, str. 4-12
- [5] Vymětalík V., Hůlka C.: Průběh teplot ve skladbě střechy s opačným pořadím izolačních vrstev, DEKTIME 02 | 2009, str. 12-19

V srpnu 2010 vyšlo nové, upravené, vydání publikace **KUTNAR – PLOCHÉ STŘECHY** skladby a detaily konstrukční, technologické a materiálové řešení.

Nově je koncipována kapitola 4 – Skladby plochých střech. Původní tabulka byla nahrazena přehledem konstrukčních typů s uvedenými zásadami pro použití, návrh a pro volbu vhodných materiálů.

Do příloh byly umístěny tabulky určené k ověření vhodnosti střešní skladby z pohledu tepelné techniky. V příloze 1 je přehled typů vnitřního prostředí uspořádaných podle požadavků na součinitel prostupu tepla, v příloze 2 je tabulka, ze které lze stanovit kombinaci typu vnitřního prostředí a nadmožské výšky, ve kterých bude skladba střechy s danou tloušťkou tepelněizolační vrstvy vyhovující. Tabulka v příloze 2 je zatím zpracována pro jednoplašťové střechy s vodotěsnicí vrstvou na tepelné izolaci ležící na betonové monolitické nosné vrstvě nebo na nosné vrstvě z trapézového plechu. Autorem tabulek v přílohách je Ing. Tomáš Kupsa, vedoucí specialista stavební fyziky v Ateliéru DEK.

V novém vydání publikace je použito názvosloví uplatňované při revizi ČSN 73 1901 – Navrhování střech.

V elektronické podobě lze publikaci získat na www.dekpartner.cz nebo www.atelier-dek.cz. Účastníci programu DEKPARTNER mohou od technika Ateliéru DEK získat i vytištěnou verzi publikace.

Podrobnosti o programu DEKPARTNER jsou na stránkách www.dekpartner.cz.

