Převzato z portálu TZB-info – www.tzb-info.cz

Reflexní a termoreflexní fólie v podlahové otopné ploše

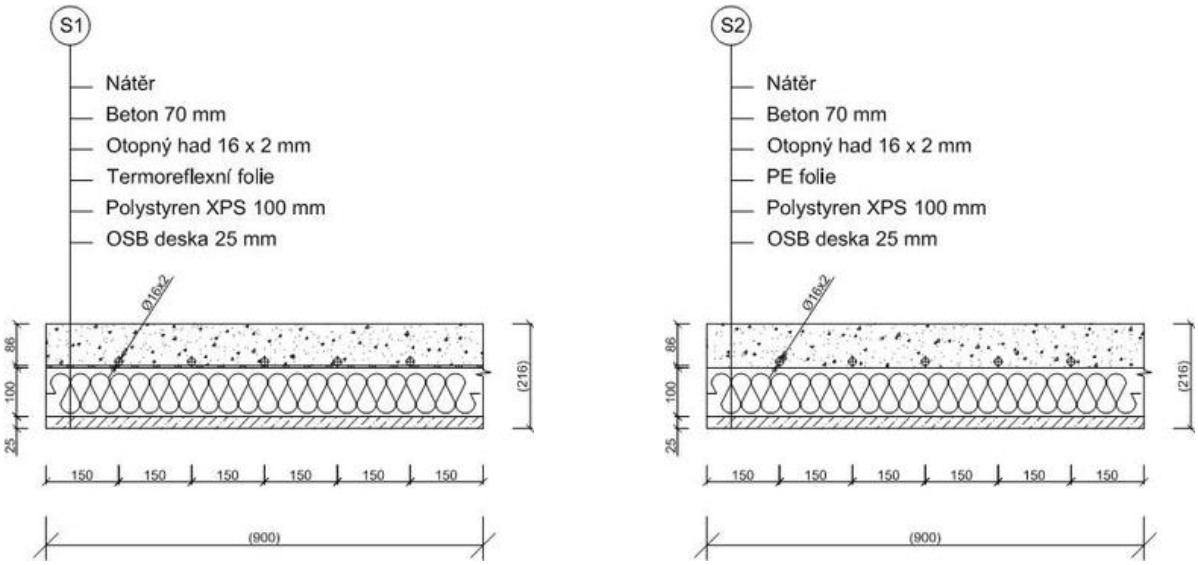
Datum: 2.11.2015 | Autor: prof. Ing. Jiří Bašta, Ph.D. | Recenzent: Jiří Sirůček, ředitel technického oddělení GIACOMINI CZECH s.r.o.

V dnešních systémech se často využívá i reflexní či termoreflexní fólie. Pokusme se v následujícím textu zaměřit na fyzikální podstatu děje a uvést některé hodnoty získané experimentálně. Zajímala nás úspora tepla, rozdíly v tepelných výkonech a tepelný náběh obou variant podlahových otopných ploch.

V dnešních systémech se často využívá i reflexní či termoreflexní fólie. Pokusme se v následujícím textu zaměřit na fyzikální podstatu děje a uvést některé hodnoty získané experimentálně. Pro experiment, který proběhl na Ústavu techniky prostředí ČVUT v Praze, byl zvolen systém s termoreflexní fólií a jako porovnávací systém bez ní [1].

Otopná plocha byla dělena na dvě poloviny, kde v jedné byla na tepelnou izolaci položena termoreflexní fólie (skladba S1) a v druhé polovině hydroizolační nereflexní PE fólie (skladba S2). Skladbu podlahové otopné plochy pro experiment ukazuje obr. 1. Termoreflexní fólie je termoizolační fólie o tloušťce 3 mm (bublinková fólie) opatřená reflexní vrstvou. Ve stavu pokládky pod vrstvou betonu se její výška snížila na 1,5 mm.

Obr. 1 Skladba měřené podlahové otopné plochy: S1 – s termoreflexní fólií; S2 – s PE nereflexní fólií



Obr. 2 Detail upevnění otopného hadu plastovými sponami: vlevo – PE fólie; vpravo – termoreflexní fólie

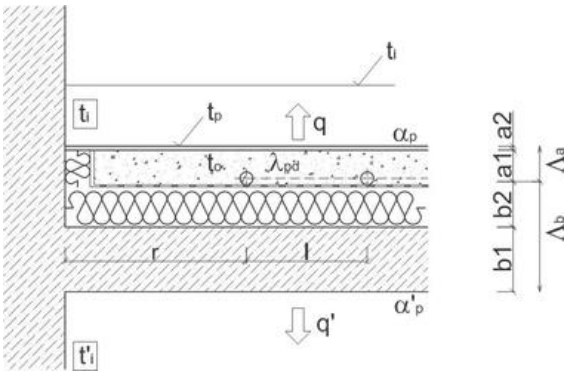
Zdroj: http://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni/13391-reflexni-a-termoreflexni-folie-v-podlahove-otopne-plose

Převzato z portálu TZB-info – www.tzb-info.cz

Reflexní fólie

Při použití prosté reflexní fólie nemůže dojít ke změně tepelné propustnosti. Vlastní vedení tepla tenkou vrstvou fólie je zahrnuto v sumě $\sum \frac{b}{\lambda_b}$. Pokud bychom snad uvažovali o účincích reflexe (odrazivost – vztah ke sdílení tepla sáláním), tak zde k přenosu tepla sáláním mezi jednotlivými vrstvami nemůže dojít, neboť sálání probíhá jen mezi dvěma povrchy s rozdílnými povrchovými teplotami, mezi nimiž je průteplivé prostředí (např. vzduch). Zde se mezi jednotlivými vrstvami podlahové konstrukce uplatňuje pouze fyzikální princip vedení tepla. Z celého vyplývá, že reflexní fólie nemůže změnit rozhodující veličinu pro tepelný tok směrem dolů, tj. tepelnou propustnost vrstvy pod rovinou trubek, a nedojde ani k ovlivnění tepelné propustnosti vrstvy nad rovinou trubek, tudíž ani sdíleného tepelného výkonu podlahové otopné plochy.

Obr. 3 Schématický nákres podlahové otopné plochy pro výpočet



Termoreflexní fólie

Termoreflexní fólie může teoreticky změnit tepelnou propustnost vrstvy pod rovinou trubek díky tepelnému odporu vzduchové mezery, a tak i tepelný tok sdílený do a pod vytápěný prostor. V definičním vztahu pro tepelnou propustnost pod rovinou trubek přibude jak vlastní tepelný odpor termofólie $\frac{b_{tf}}{\lambda_{vzduch}}$, tak podíl sálavé složky $\frac{1}{\alpha_{ref}}$, tj. tepelného toku, který je na reflexní fólii sdílen přes nepatrnou vzduchovou mezeru na protější plochu. Vztah pro tepelnou propustnost vrstvy pod rovinou trubek se změní na

$$\Lambda_b = \frac{1}{\sum \frac{b}{\lambda_b} + \frac{b_{tf}}{\lambda_{vzduch}} + \frac{1}{\alpha_{ref}} + \frac{1}{\alpha'_P}} \quad [\mathrm{W/m^2.K}]$$

Tloušťka termofólie je velice malá (dodáváno 3 mm, po stlačení vrstvou mazaniny 1,5 mm) ale zároveň i součinitel tepelné vodivosti vzduchu v uzavřených buňkách folie je malý (0,026 W/m.K). To znamená, že vliv termofólie nelze teoreticky s potřebnou přesností stanovit a je nutné přistoupit k experimentu.

Součinitel přestupu tepla sáláním je definován

$$\alpha_{ref} = e_1 \cdot e_2 \cdot C_0 \cdot \frac{\left(\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right)}{t_1 - t_2} \quad [\mathrm{W/m^2.K}]$$

kde je

e_1 a e_2	emisivity protilehlých povrchů (reflexní fólie a betonové mazaniny) [–],
C_0	součinitel sálání absolutně černého tělesa [$\mathrm{W/m^2.K^4}$],
T_1 a T_2	termodynamické teploty protilehlých povrchů [K].
t_1 a t_2	prosté teploty protilehlých povrchů [°C].

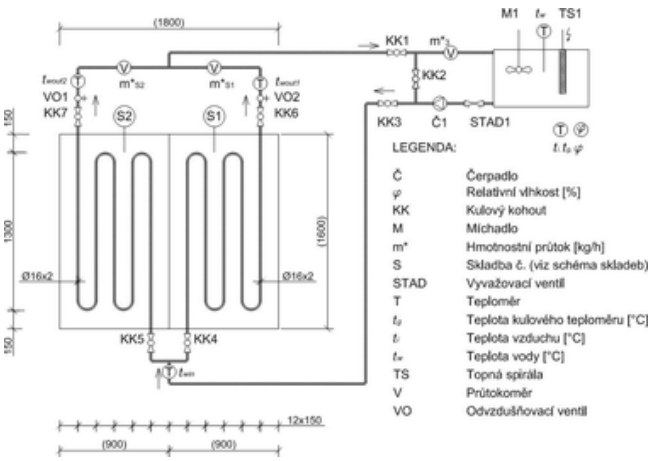
Sálavá složka nebude mít rozhodující vliv, neboť rozdíl teplot na obou stranách termoreflexní fólie je téměř zanedbatelný, a to i přesto, že emisivita reflexní plochy se pohybuje okolo 0,05 a emisivita mazaniny je cca 0,88. Jinými slovy rozdíl teplot z předchozího vztahu ($T_1 - T_2$) půjde za ustáleného stavu limitně k nule. Celkový efekt tak bude přinášet především vlastní tepelně izolační schopnost termofólie. Ta má však tloušťku po stlačení mazaninou pouhých 1,5 mm. Této nepatrné tloušťce „tepelné izolace“ bude také odpovídat účinek na vedení tepla vzduchovou mezerou směrem pod vytápěný prostor.

Zdroj: http://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni/13391-reflexni-a-termoreflexni-folie-v-podlahove-otopne-plose

Při daných výchozích teplotách t_m a t_i (střední teplota vody a vnitřní výpočtová teplota) závisí střední povrchová teplota podlahové otopné plochy t_P především na rozteči trubek l. Ostatní veličiny jsou buď přibližně konstantní, nebo mají na výsledek jen malý vliv.

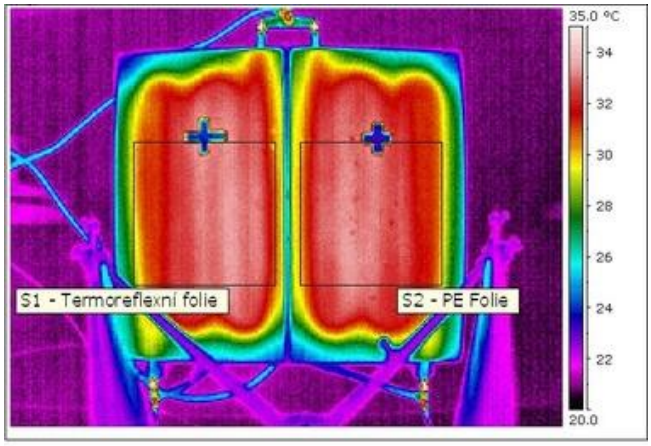
V rámci experimentu byla volena shodná skladba otopných ploch systému (obr. 1). V první polovině sledované otopné plochy byla použita termoreflexní fólii (TRF) a v druhé pouze PE fólii (PEF). Obě poloviny otopné plochy byly od sebe odděleny tepelnou bariérou a napájeny vodou o stejné přívodní teplotě a stejném hmotnostním průtoku. Rovněž další okrajové podmínky byly při měření vždy stejné (teplota vzduchu, výsledná teplota, relativní vlhkost), neboť obě poloviny otopné plochy byly vždy měřeny současně.

Obr. 4 Schéma měřicího stanoviště



Současně s váhovou metodou měření tepelného výkonu obou podlahových otopných ploch na straně vody byly snímány povrchové teploty obou ploch v čase. K tomu byla využita termovizní kamera instalovaná na stativu ve snímající výšce od povrchu otopné plochy 1,9 m. Otopná plocha (obě poloviny) byla opatřena matně černým sourodým nátěrem s definovanou emisivitou e_p = 0,95. Váženým průměrem podle jednoho pixelu jsme tak dostali střední povrchovou teplotu podlahové otopné plochy t_{pm} pro snímanou oblast.

Obr. 5 Termogram s vyznačenými kontrolními oblastmi v ustáleném stavu otopných ploch



Váhová metoda měření (kalorimetrické měření) umožňuje určit celkový tepelný výkon podlahové otopné plochy přijatý z teplonosné látky (vody). Rozhodujícími měřenými veličinami tak jsou teplota přiváděné vody t_{win}, teploty výstupní vody $t_{wout1,2}$ a hmotnostní průtok m_w. Teploty a další veličiny měření, získané v průběhu času ukazuje tab. 1. Výkon otopné plochy je pak dán

$$\dot{Q}_{S1} = \dot{m}_w \cdot c_w \cdot \left(t_{win} - t_{wout1}\right), \quad resp. \qquad \dot{Q}_{S2} = \dot{m}_w \cdot c_w \cdot \left(t_{win} - t_{wout2}\right).$$

Tepelný výkon sdílený do vytápěného prostoru je dán především střední povrchovou teplotu podlahové otopné plochy t_{pm} a teplotou vzduchu t_i, jak definičně ukazuje následující vztah

$$\dot{Q}_p = \alpha_p \cdot S_p \cdot \left(t_{pm} - t_i\right).$$

Pro praktické vyhodnocení a přesnější určení výsledků je vhodnější zkušebnami experimentálně stanovený vztah pro podlahovou otopnou plochu [2], u kterého se vyhneme nepřesnostem při stanovování součinitele přestupu tepla z kriteriální rovnice a jeho rozšíření o sálání určené linearizací v daném rozsahu teplot přes součinitel přestupu tepla sáláním.

$$\dot{Q}_p = 8{,}92 \cdot S_p \cdot \left(t_{pm} - t_i\right)^{1{,}1}.$$

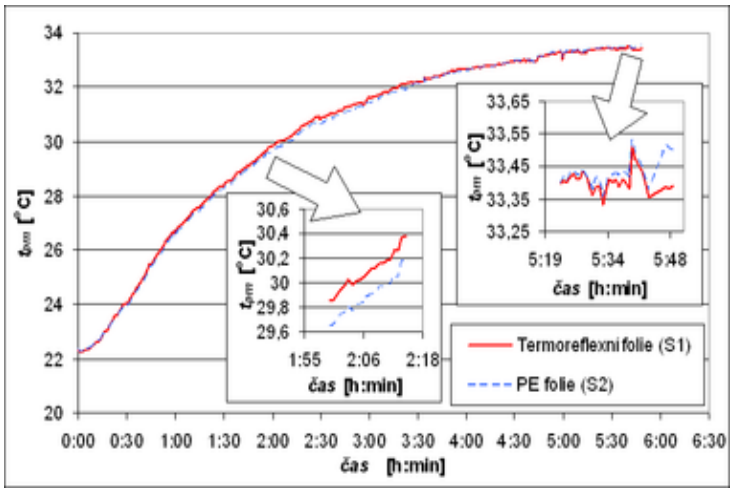
Tab. 1 Výběr naměřených veličin u váhové metody

čas τ [h:min]	teplota vzduchu t_i [°C]	výkon S1 (TRF) Q_{S1} [W]	výkon S2 (PEF) Q_{S2} [W]	rozdíl výkonů S2 – S1 ΔQ [%]
0:03	21,6	471	485	2,83
0:36		328	340	3,47
1:52		249	260	4,29
3:12		211	214	0,99
4:22		194	196	0,99
5:42		169	171	0,99

Výsledky uvedené v tabulce ukazují, že termoreflexní fólie změnila tepelnou propustnost vrstvy pod rovinou trubek, a tak i tepelný tok sdílený především pod vytápěný prostor velmi nepatrně. V definičním vztahu pro tepelnou propustnost pod rovinou trubek se projevil vlastní tepelný odpor termofólie jako přídatná tepelná izolace v rozsahu cca 1 %. Vzduchová mezera mezi reflexní vrstvou a mazaninou nad ní neumožnila, aby se fyzikálně projevil i princip sálání s ohledem na téměř shodné teploty mezivrstev. Podíl tepelného toku sáláním na změně tepelné propustnosti přes vzduchovou mezeru je vzhledem k velice malé tloušťce termofólie, a tak i zanedbatelnému rozdílu povrchových teplot (reflexní vrstva – mazanina nad TRF), zanedbatelný.

Úspora tepla (určovaná na straně vody) se v čase pohybovala u otopné plochy s termoreflexní fólií oproti podlahové otopné ploše pouze s PE fólií od cca 4 do 1 %, tj. v rámci nejistoty měření. V ustáleném stavu rozdíl vykazuje pouhé 1 %. Povrchové teploty se na změně tepelného výkonu předávaného do vytápěného prostoru neprojevily. U varianty S1 i u varianty S2 (pouze s PE fólií) byl tepelný výkon za uvedených okrajových podmínek stejný. Rozdíly v tepelných výkonech jsou tak vázány pouze na teplo přivedené do otopné plochy ve vodě a nikoli sdílené na povrchu otopné plochy směrem do vytápěného prostoru. Měrný tepelný tok, tj. i tepelný výkon sledovaných podlahových otopných ploch do vytápěného prostoru, byl shodný, neboť i střední povrchová teplota obou ploch se shodovala, a to za podmínky stejné teploty vody přiváděné do obou otopných ploch. Uváděné experimentální výsledky byly dosaženy s celkovou nejistotou měření ±3,5 %.

Obr. 6 Dynamické chování podlahové otopné plochy – náběh v čase



Tepelný náběh obou podlahových otopných ploch (obr. 6) vykazoval víceméně shodné chování. Rozdíly nejsou postižitelné, neboť se pohybují v rozsahu nejistoty měření.

Tento článek shrnuje výsledky výzkumu na ústavu techniky prostředí prováděného s kolegou Jančíkem [1].

Literatura

- [1] Bašta, J., Jančík, L.: Podlahová otopná plocha a reflexní fólie. In: VVI, 2010, roč. 19, č. 4. ISSN 1210-1389.
- [2] Bašta, J.: Regulace výkonu podlahové otopné plochy. In: VVI, 2006, roč. 15, č. 4, s. 165–168. ISSN 1210-1389.
- [3] Bašta, J.: Velkoplošné sálavé vytápění. Grada Publishing, a.s., Praha 2010, 128 s., ISBN 978-80-247-3524-5.

Komentář recenzenta
Jiří Sirůček, ředitel technického oddělení GIACOMINI CZECH s.r.o.

Stále více a více medializovaná honba za co největší úsporou je zneužívána marketingovými akcemi firem, které se netrápí seriózním přístupem k zákazníkovi. Nabízejí zákazníkovi „zázračné odrazové“ fólie, které ušetří 10 až 30 % tepelné energie. Využívají faktu, že zákazník se o fyziku většinou nezajímá a nemá žádnou šanci tuto úsporu změřit, natož pak eventuálně reklamovat.

Pokud se navíc nechají přesvědčit, že použitím této „zázračné odrazové“ fólie ještě ušetří několik cm standardní tepelné izolace (do podkladu), kterou pak nepoužijí, paradoxně budou platit za energii více, protože budou více vytápět podloží (základovou desku, sklep, atd.).

Zdroj: http://vytapeni.tzb-info.cz/podlahove-vytapeni/13391-reflexni-a-termoreflexni-folie-v-podlahove-otopne-plose

Hliník na fólii navíc do několika dnů po zalití zmizí, protože podlehne chemické reakci se zásaditým anhydritem nebo betonovou směsí.
Tím, že se tyto fólie používají hlavně v případě, kdy se trubka připevňuje pomocí sponek (cca 2 - 3 sponky na 1m trubky), nepomůže ani provedení fólie s hliníkem na spodní straně, protože se zásaditá voda dostane propíchanými otvory pod fólii, kde reaguje s hliníkovou vrstvou. Navíc tato voda nasákne do podkladové izolace, čímž sníží její izolační vlastnosti.

Jak prokázal experiment provedený na Ústavu techniky prostředí ČVUT v Praze, ve skladbě podlahového vytápění nepomůže ani bublinková verze těchto „zázračných odrazových“ fólií.

Snížení konstrukční výšky podlahového vytápění při dodržení požadovaného tepelného odporu se dá dosáhnout jen použitím velmi kvalitních tepelných izolací např. desky PIR. Z nových technologií by nejlepším řešením bylo použití vakuových izolačních desek, které budou mít při stejném tepelném odporu zhruba 1/10 výšky, ale jsou asi 6x nákladnější.

Skutečnou úsporu nákladů, resp. nižší energetickou náročnost (nižší teplota topné vody a tím i nižší náklady na ohřev této vody) dosáhneme jen při použití kvalitních materiálů a systémů podlahového vytápění, které jsou v souladu s platnými normami.