

# Vliv filtrace vodní páry na vlhkostní stav stavební konstrukce

Doc. Ing. Jaroslav ŘEHÁNEK, DrSc.  
Centrum stavebního inženýrství, a.s.

## Úvod

Problém „Vliv filtrace vodní páry na vlhkostní stav ve stavební konstrukci“ jsme řešili v CSI, a.s., Praha, v rámci projektu ev. č. FT-TA5/113 „Zlepšení energetických vlastností obvodových plášťů budov minimalizováním problémů spojených s difuzí, filtrací a kondenzací vodní páry“. Výsledky řešení byly využity pro vypracování „Pokynů pro navrhování obvodových stavebních konstrukcí bez kondenzace vodní páry“.<sup>[1]</sup>

**Navrhování stavebních konstrukcí bez kondenzace vodní páry je sice možné i na základě současných postupů uvedených v ČSN EN ISO 13788<sup>[2]</sup>, avšak jejich použití nevyklučuje zcela riziko kondenzace vodní páry, protože:**

- nezahrnují do výpočtu filtraci vodní páry, která je součástí toku vlhkého vzduchu proudícího stavební konstrukcí
- při výpočtu se uvažují jen průměrné měsíční teploty vnějšího vzduchu, jejichž použití nevyklučuje vždy možnost kondenzace vodní páry při nižších teplotách vnějšího vzduchu než jsou průměrné měsíční hodnoty.<sup>[3]</sup>

Zahrnutím těchto dvou činitelů do řešení uvedeného problému se získá větší jistota při návrhu stavebních konstrukcí bez kondenzace vodní páry při zadaných podmínkách, čímž se jednak zmenšuje hodnota součinitele prostupu tepla vnější stavební konstrukce, a tím tepelná ztráta a spotřeba tepla při vytápění, jednak se tím přispívá k prodloužení doby životnosti stavebních konstrukcí.

## Obsah pokynů

### POKYNY OBSAHUJÍ

- přehled základních veličin a jejich označení
- použité výpočtové vztahy
- výpočtové parametry vnitřního a vnějšího prostředí
- postup při zjišťování kondenzace vodní páry při difuzi a filtraci vodní páry
- příklady řešení difuze a filtrace vodní páry ve stavebních konstrukcích.

V přehledu základních veličin a jejich označení jsou uvedeny tepelné veličiny, vlhkostní veličiny, filtrační veličiny, vlhkostně filtrační veličiny a geometrické veličiny.

V rámci výpočtových vztahů se uvádějí všechny vztahy potřebné pro řešení uvedené problematiky, a to pro stanovení: tepelného odporu konstrukce, teploty v konstrukci při uvažování infiltrace vodní páry, částečného tlaku nasycené vodní páry, difuzní odpor konstrukce, činitele měrné vlhkosti, odpor konstrukce při filtraci vodní páry, ekvivalentní odpor stavební konstrukce při difuzi a filtraci vodní páry aj.

V tabulce 1 jsou uvedeny výpočtové parametry vnitřního

a vnějšího prostředí pro zjišťování možnosti kondenzace vodní páry ve stavebních konstrukcích zahrnující difuzi, prostup tepla a filtraci vzduchu a vodní páry.

**Tabulka 1 – Souhrn hodnot výpočtových veličin<sup>[4]</sup>**

Název veličiny	Značka	Hodnota
Teplota vnitřního vzduchu	$\theta_{ai}$	21 °C
Teplota venkovního vzduchu	$\theta_e$	-17°C
Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	$\varphi_i$	0,55
Relativní vlhkost venkovního vzduchu	$\varphi_e$	0,84
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stavební konstrukce	$R_i$	0,25 m <sup>2</sup> K/W
Odpor při přestupu tepla na vnější straně stavební konstrukce	$R_e$	0,04 m <sup>2</sup> K/W
Měrná tepelná kapacita vzduchu	$c$	1 010 J/(kg K)

POZNÁMKA: Pro uvedené veličiny je možné, v případě dohody mezi zainteresovanými účastníky, použít i jiné hodnoty.

**Rozdíl tlaku vzduchu při výpočtu infiltrace vzduchu stavebních konstrukcí se uvažuje podle ČSN 06 0210<sup>[5]</sup>:**

- pro řadové budovy:  $dp = 12$  Pa,
- pro osaměle stojící budovy:  $dp = 16$  Pa,
- pro budovy s větším počtem nadzemních podlaží než 7:  $dp = 20$  Pa.

**Postup při zjišťování kondenzace vodní páry při difuzi, prostupu tepla, filtraci vzduchu a vodní páry.**

**Postup má tyto části:**

- identifikace stavební konstrukce**
  - složení, materiály jednotlivých vrstev, jejich tloušťky  $d_1, d_2, \dots, d_n$
  - pro jednotlivé vrstvy se udají vlastnosti:
    - tepelné: součinitel tepelné vodivosti  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$
    - filtrační: součinitel hmotnostní vzduchové propustnosti  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$
    - difuzní: součinitel difuze vodní páry  $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$

přičemž součinitel filtrace vodní páry se stanoví ze vztahu

$$\varepsilon_f = H \cdot \varepsilon \quad (1)$$

kde  $H$  – je činitel měrné vlhkosti [-]

$$H = \frac{x_h}{1 + x_h} \quad (2)$$

a  $x_h$  – je měrná vlhkost vzduchu.

**b) zadání výpočtových hodnot veličin vnitřního a vnějšího prostředí**

- teplota vnitřního vzduchu  $\theta_{ai}$
- teplota vnějšího vzduchu  $\theta_e$
- relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $\varphi_i$
- relativní vlhkost vnějšího vzduchu  $\varphi_e$
- rozdíl tlaku vzduchu  $dp$
- odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stavební konstrukce  $R_i$
- odpor při přestupu tepla na vnější straně stavební konstrukce  $R_e$
- měrná tepelná kapacita vzduchu  $c$

## c) provedení výpočtu

- z průběhu částečného tlaku vodní páry a částečného tlaku nasycené vodné páry v jednotlivých místech stavební konstrukce  $x_1, x_2, \dots, x_n$  se zjistí, na základě jejich relace, existence (neexistence) kondenzace vodní páry

## d) návrh opatření

- v případě zjištění kondenzace vodní páry, navrhne se opatření k zabránění jejího výskytu.

## Příklady

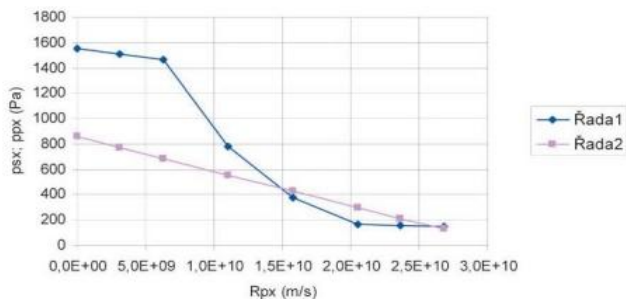
V rámci „Pokynů...“ je uvedena řada příkladů řešení vlhkostního stavu v různých konstrukcích ze závěry o možné kondenzaci vodní páry, a to ve dvou krocích:

- při difuzi vodní páry, prostupu tepla a filtraci vzduchu
- při difuzi vodní páry, prostupu tepla, filtraci vzduchu a vodní páry.

Postup je takový, že nejprve se zjišťuje vlhkostní stav ve stavební konstrukci bez filtrace vodní páry a nezjistí-li se kondenzace vodní páry, pokračuje se ve výpočtu s uvažováním filtrace vodní páry. Zjistí-li se kondenzace vodní páry ve stavební konstrukci již bez filtrace vodní páry, hledá se nejprve řešení pro její odstranění a až pak následuje řešení s filtrací vodní páry.

Pro ilustraci se uvádí příklad vlhkostního stavu v sendvičovém železobetonovém panelu v několika úpravách.

## Příklad 1 – Sendvičový železobetonový panel (železobeton + EPS + železobeton)



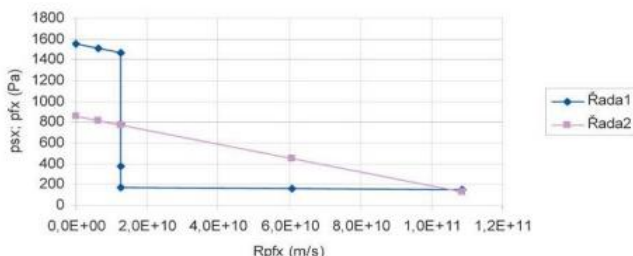
- V panelu vodní pára kondenzuje
- V důsledku ad A) se v dalším řešení nepokračuje

## Příklad 2 – Sendvičový železobetonový panel s tapetou z PVC na vnitřním povrchu (tapeta PVC + železobeton + EPS + železobeton)



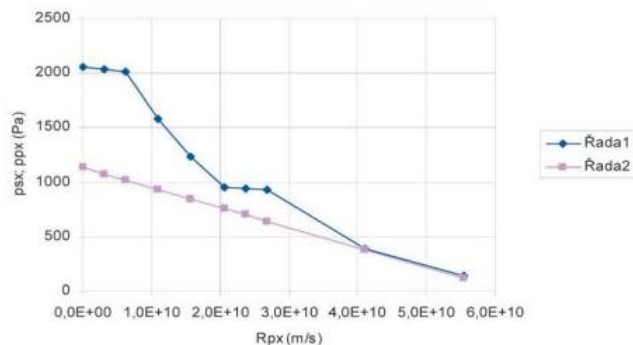
## Výsledek:

Použití tapety z PVC na vnitřním povrchu panelu zajišťuje, že v panelu nedochází ke kondenzaci vodní páry. Pokračuje se ve výpočtu se zahrnutím filtrace vodní páry



Zahrnutí filtrace vodní páry vede ke kondenzaci vodní páry v panelu.

## Příklad 3 – Sendvičový železobetonový panel s dodatečnou tepelnou izolací z EPS (železobeton + EPS + železobeton + EPS)



Výsledek: V panelu vodní pára kondenzuje; v tomto případě se filtrace vodní páry neuvažuje, protože se zjistilo, že je zanedbatelná.

**POZNÁMKA:** V grafech jsou použita označení:  $psx$  – částečný tlak nasycené vodní páry,  $ppx$  – částečný tlak vodní páry,  $R_{px}$  – difuzní odpor stavební konstrukce,  $R_{pfx}$  – ekvivalentní odpor stavební konstrukce při difuzi a filtraci vodní páry

## Použitá literatura:

- Pokyny pro navrhování obvodových stavebních konstrukcí bez kondenzace vodní páry, vypracované v rámci projekt ev. č. FT-TA5/113 „Zlepšení energetických vlastností obvodových pláštů budov minimalizováním problémů spojených s difuzí, filtrací a kondenzací vodní páry, etapa E7 v Centru stavebního inženýrství, a.s., Praha, v divizi stavební tepelné techniky, 2010 (vypracoval: doc. Ing. Rehánek, J., DrSc, odpovědný řešitel ing. Kučera, CSc)
- ČSN EN ISO 13788 Tepelné vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce Výpočtové metody.
- Svoboda, Z. – Králíček, V.: Výpočet celoroční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry v konstrukci podle prEN ISO 13788. Sborník materiálů z 2. Mezinárodní konference Tepelná ochrana budov, Brno, 19. a 20. dubna 2000.
- ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění, 1994
- ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění

Zdroj: Sborník přednášek Regenerace bytového fondu