Podmínky instalace výměníku tepla ve stokové síti z hlediska tvorby biofilmu

Luboš Harašta, David Stránský, Ivana Kabelková, Vojtěch Bareš a Gabriela Šťastná

Abstrakt

Wastewater is a suitable energy source for heat exchangers used for heating of buildings, or for combination of heating the buildings in winter and cooling them in summer. However, the efficiency of the heat transfer can be decreased by heat exchanger's surface biofouling, which may cause up to 50 % losses. The goal of this paper is to introduce a sampling device, which can be used for biofilm sampling from the heat exchanger surface under water. Thus, the amount of the biofilm can be put into the relation with the decrease of the heat exchange efficiency. Paralelly, biofilm sampling from plates installed in two Prague sewers with different wastewater velocities was performed. One set of the samples was taken from regularly mechanically cleaned plates, another one from intact plates. Results show that a much lower amount of biofilm is present at the site with a high dry weather flow velocity (0.7 m/s) than at the site with a lower velocity (0.3 m/s). At the site with the high velocity no difference between the amount of the biofilm at the cleaned plates and at the intacts ones was observed. Thus, heat exchangers installation can be recommended rather at sites with higher velocities as they won't have to be cleaned.

Klíčová slova: *Biofilm; heat exchanger; sewer; sampler; shear stress;velocity*

Úvod

Tepelné výměníky v kanalizacích jsou technologií pro využití energie z druhotných alternativních zdrojů, mezi které patří odpadní voda. Odpadní voda, zejména splašková, je potenciálně vhodným zdrojem energie vzhledem ke své relativně stálé a vysoké teplotě.

Jednou z problematik týkající se tepelných výměníků v kanalizacích je snižování tepelného přenosu, které může být zapříčiněno zejména zarůstáním povrchu teplosměnné plochy biofilmem, zachycováním částic různých látek, korozí kovového materiálu nebo krystalickým srážením rozpuštěných solí (zejména $CaSO_4$, $CaCO_3$) [1]. To má za následek, že při nevhodných podmínkách může dojít až k 50 % snížení účinnosti tepelného přenosu [2]. Pro efektivní získávání tepla je proto vhodné instalovat výměníky v místech, kde se očekává menší nárůst biofilmu, a teplosměnnou plochu je nutno pravidelně čistit.

Biofilm jsou bakteriální kolonie na površích, které jsou ve styku s vodným prostředím. Růst biofilmu závisí především na rychlosti vody, resp. na velikosti tečného napětí a na koncentraci substrátu. Rychlost proudění a tečné napětí ovlivňují strukturu a vlastnosti biofilmu. Při vyšších hodnotách tečného napětí je biofilm tenčí, jednotnější a hutnější. Biofilm, který narostl pod nízkým tečným napětím, se oddělí snadněji při zvýšení tohoto napětí než biofilm, který narostl za vyšších hodnot tečného napětí [3]. Tečné napětí ovlivňuje i rozložení biofilmu v příčném profilu stoky, kdy u dna stoky je vrstva biofilmu tenčí a

hutnější a blíže k hladině je biofilm mocnější s větší pórovitostí [4]. Vyšší obsah substrátu v odpadních vodách podporuje nárůst biofilmu. Důležitá je interakce konentrace substrátu a rychlosti vody. Při nízkých hodnotách rychlostí odpadní vody je biofilm dotován substrátem pomalu, a proto je růst biofilmu pomalejší. S postupně rostoucí rychlostí odpadní vody je ve větší intenzitě dodáván substrát a růst biofilmu je výraznější.

Odstraňování biofilmu v jednotné kanalizaci se děje jednak zvýšenými průtoky za deště (při opakovaném překročení rychlostí 1 m/s po dobu alespoň cca 20 minut je značná část biofilmu odstraněna a odplavena a lze předpokládat 80 % účinnost přenosu tepla [2]). V ostatních případech je nutno výměníky čistit, kdy v úvahu připadají zejména různé způsoby mechanického čištění (např. manuální, tryskami, rotačními kartáči, umělým zvýšením průtoku).

V rámci projektu enKAN jsou vyvíjeny výměníky tepla, které budou instalovány na dvou stokách v pilotním povodí Hradec Králové. Odběry biofilmu budou sloužit jako doplňkové informace pro sledování poklesu účinnosti přenosu tepla a pro vyhodnocení účinnosti různých způsobů čištění výměníků.

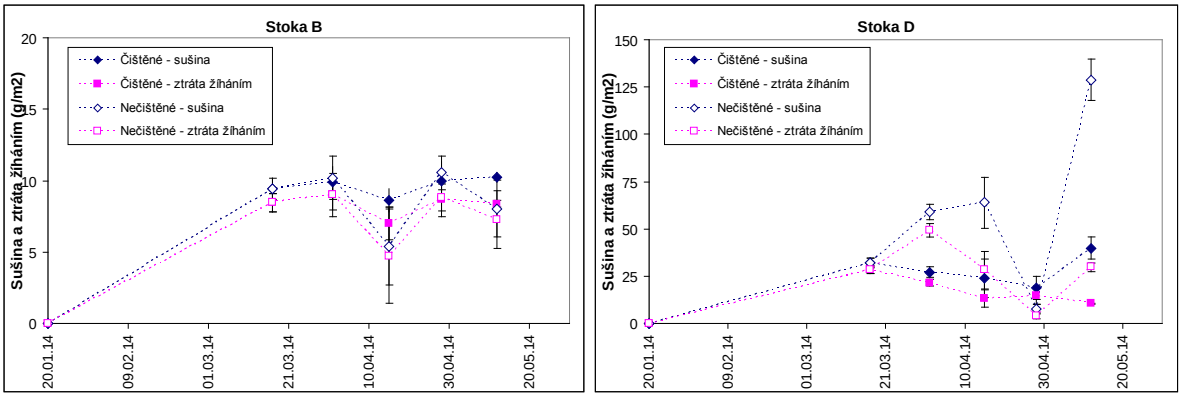
Cílem tohoto příspěvku je představit vývoj a testováním odběrného zařízení biofilmu z tepelných výměníků ve stokových sítích. Souběžně s vývojem odběrného zařízení probíhá vzorkování biofilmu z plechových pásů umístěných ve dvou pražských kmenových stokách s různými rychlostmi proudění, které poslouží k získání informací o vzniku a variabilitě biofilmu za různých podmínek.

Odběr biofilmu z pásů ve stokách

Odběr biofilmu probíhá na kmenových stokách B a D v Praze. Průměrné rychlosti proudění za bezdeštného stavu se značně liší – cca 0,7 m/s na stoce B a cca 0,3 m/s na stoce D. V profilech stok byly 20. 1. 2014 osazeny plechové pásy o ploše 300 cm^2, které jsou vyjímány, z definované plochy jsou seškrábány nárosty biofilmu a pásy opět vráceny zpět. Ve stoce B je pás osazen při dně na boku stoky, zatímco ve stoce D je přímo na dně. První odběr proběhl 17.3. 2014, další odběry se uskutečňují v cca 14 denních intervalech. Vzorky jsou odebírány jednak opakovaně ze stejných míst za účelem zjištění vlivu čištění tepelných výměníků na rychlost obnovy nárostů, jednak jsou nárosty také odebírány po každé z jiných (nečištěných) míst za účelem zjištění rychlostí jejich růstu a variability. Ve vzorcích je laboratorně stanovována sušina a ztráta žíháním vypovídající o obsahu organických látek.

Z výsledků provedených odběrů (Obr. 1) je patrno, že:

- ve stoce B, kde se biofilm vyvíjí za poměrně vysokých rychlostí proudění a kde je díky osazení na boku stoky méně vystaven účinkům abraze při transportu sedimentů, je množství biofilmu na čištěných i nečištěných místech téměř stejné a kolísá jen málo (ztráta žíháním nečištěné místo 6,4±3,2 g/m^2, čištěné místo 6,9±3,2 g/m^2),
- ve stoce D, kde se biofilm vyvíjí za nižších rychlostí, se na pravidelně čištěných místech udržuje poměrně stabilní množství biofilmu (ztráta žíháním 23,6±12,4 g/m^2), avšak vyšší než ve stoce D; na nečištěných místech ztráta žíháním kolísá v závislosti na zvýšení průtoků vlivem dešťových událostí podstatně více (23,3±16,8 g/m^2) a ještě více kolísá sušina (48,6±43,0 g/m^2), což je způsobeno přítomností sedimentu,
- směrodatná odchylka ztráty žíháním pro 3 odběrná místa může být výjimečně až 70%, proto je vhodné provádět replikované odběry.



Obr. 1 Sušina a ztráta žíháním vzorků biofilmu ze stok B a D (pozor: různá měřítka)

Návrh odběrného zařízení

Vzorky biofilmu z povrchu výměníků v kanalizaci je nutno odebírat za přítomnosti proudící odpadní vody. Proto byla navržena modifikace odběrného zařízení dle [4], které se skládá ze čtyř částí – krabice, plechového zhlaví, rozpěrné tyče a úchytu. Krabice má odkrytá obě dna a je zhotovena z desek tvrzeného PVC. Je tvaru obdélníku s vnitřními rozměry 18 x 23 cm (tj. plocha 414 cm^2). Výška samostatné krabice je 40 cm podle očekávané výšky hladiny odpadní vody ve stokách, ve kterých má být použita. Na spodní hraně, jenž bude v přímém kontaktu s plochou tepelných výměníků, je nalepeno gumové těsnění „E“ profilu. Část krabice, která bude vystavěna proti proudící vodě, je opatřena předním zhlavím, které usnadní obtékání krabice odpadní vodou. K vrchní části zařízení je přidělán úchyt, který je vytvořen ze spojených úhelníků. Jeho hlavní funkcí je podstavec pro upevnění rozpěrné tyče. Teleskopická rozpěrná tyč, která je zachycená na podložce umístěné na úchytu, zajistí

manuálním vytažením stabilitu a tuhost celého zařízení.

Vzorkování biofilmu se provádí po odsátí odpadní vody ve vzorkovací krabici pomocí dětské vodní pistole nebo peristaltického čerpadla přenosného vzorkovače Sigma 900MAX. Biofilm, vymezený otevřeným dnem krabice, se oškrábe plechovou stěrkou a nasaje opět peristaltickým čerpadlem do vzorkovnice.

Testování funkčnosti zařízení bylo provedeno ve vodou napuštěném umělém žlabu v laboratoři.

Závěr

Z výsledků sledování množství biofilmu v pražských stokách vyplývá, že vhodné je instalovat výměníky v místech s rychlejším prouděním (zde 0,7 m/s), kde se tvoří podstatně méně biofilmu a kde povrch výměníku nebude nutno čistit. Výsledky budou ještě vyhodnoceny jako tečné napětí. Ukázala se také nutnost replikovaných odběrů pro sledování vývoje množství biofilmu. Odběrné zařízení bude nutno ještě otestovat i ve stoce s odpadní vodou.

Poděkování

Projekt č. TA03020600 „Získávání tepelné energie z odpadní vody v kanalizačních sítích (enKAN)" je řešen s finanční podporou TA ČR. Poděkování patří též Tomáši Pickovi a Milanu Haraštovi, kteří se podíleli na uskutečnění této práce.

Seznam použité literatury

[1] CHARACKLIS, W. G., M. J. NIMMONS a B. F. PICOLOGLOU. Influence of Fouling Biofilms on Heat Transfer. *Heat transfer engineering*. 1981, vol. 3, no. 1, s. 23-37.

[2] WANNER, Oskar. Biofims Hamper Heat Recovery. *Www.eawag.ch*. 2006. Dostupné z: http://www.eawag.ch/medien/publ/eanews/archiv/news_60/en60e_wanner_hamper_heat.pdf

[3] GANTZER, Charles J., Bruce E. RITTMANN a Edwin E. HERRICKS. Effect of long-term water velocity changes on streambed biofilm activity. *Water Research*. 1991, vol. 25, issue 1, s. 15-20. DOI: 10.1016/0043-1354(91)90093-6. Dostupné z: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0043135491900936

[4] HUISMAN, Jacco L. *Transport and transformation processes in combined sewers*. Zürich: ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, IHW, Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft, 2001. ISBN 39-064-4510-0.