

Ing. Roman VAVŘIČKA, Ph.D.
Ing. Jan SUKDOL
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí

Inovace sprchového výměníku pro zpětné získávání tepla z odpadní vody

Innovation of Shower Heat Exchanger for Wastewater Heat Recovery

Recenzent
doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

Článek shrnuje experimentální vývoj prototypu deskového sprchového výměníku pro zpětné získávání tepla z odpadní vody. Nový prototyp je navržen, tak aby respektoval požadavky prostorového uspořádání výměníkové skříně a umožnil tak vhodné obtékání odpadní vody na obou stranách teplosměnné plochy. Současně byl kladen důraz na minimální výšku výměníkové skříně s ohledem na očekávané průtoky odpadní vody při sprchovacím cyklu a také požadavky na co nejmenší zastavěný prostor.

Klíčová slova: zpětné získávání tepla, energie odpadní vody, sprchový výměník

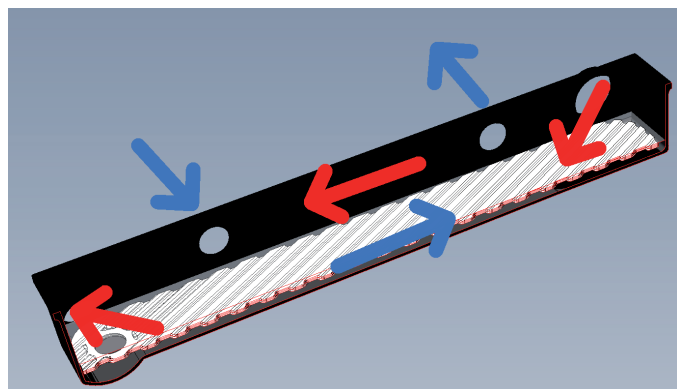
The article summarizes the experimental development of a prototype shower plate heat exchanger for recovery of heat from wastewater. New prototype is designed in order to respect the requirements arising from the arrangement of the heat exchanger case and to allow suitable wastewater flow on both sides of the heat-transfer surface. At the same time, emphasis was placed on the minimum height of the heat exchanger with regard to the expected wastewater flow rates during the shower cycle and also to the requirements for the smallest possible built-up space.

Keywords: heat recovery, wastewater energy, shower heat exchanger

ÚVOD

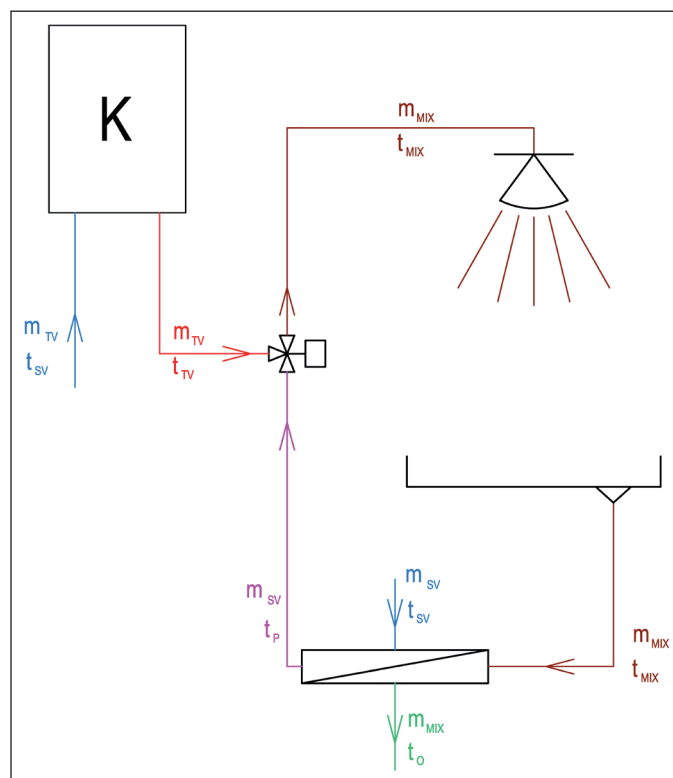
Základní metody zpětného získávání tepla u tzv. sprchových výměníků, a to včetně odvození výpočtu účinnosti sdílení tepla výměníku a poměrné úspory tepla, byly uvedeny v [2]. Na základě experimentálních měření další krok směřoval k možnosti optimalizace sprchového výměníku NELA. Obr. 1 ukazuje, že sprchový výměník NELA se skládá z jednoduchého deskového výměníku, který je volně uložen v plastové vaničce. Z pohledu zapojení výměníku se jedná o protiproudé zapojení, kdy odpadní voda obtéká desku výměníku tepla (červené šipky) v opačném směru, než proudí ohřívána studená voda (modré šipky) uvnitř výměníku.

Výměník NELA prošel rozsáhlým testováním v rámci spolupráce mezi firmou Ivan SAKAL – Technologie pro úsporu energie a ČVUT v Praze, Fakultou strojní. Tato měření byla součástí certifikace výměníku NELA dle požadavků PHI (Passivhaus Institut) [5]. PHI zavádí okrajové podmínky pro zkoušení rekuperačních výměníků, kde je mimo jiné také stanoven požadavek na zjištění účinnosti sdílení tepla výměníku při teplotě odpadní vody $t_{MIX} = 40\text{ °C}$, $t_{SV} = 10\text{ °C}$, $t_{TV} = 55\text{ °C}$ a objemovém průtoku odpadní vody $V_{MIX} = 8\text{ l/min}$. Schéma zapojení výměníku pro certifikaci odpovídá principu lokální rekuperace odpadní vody pro směšovací armaturu odběrného místa (obr. 2). Výměník NELA dosáhl při testování hodno-



Obr. 1 Řez počítačovým modelem výměníku NELA [1]

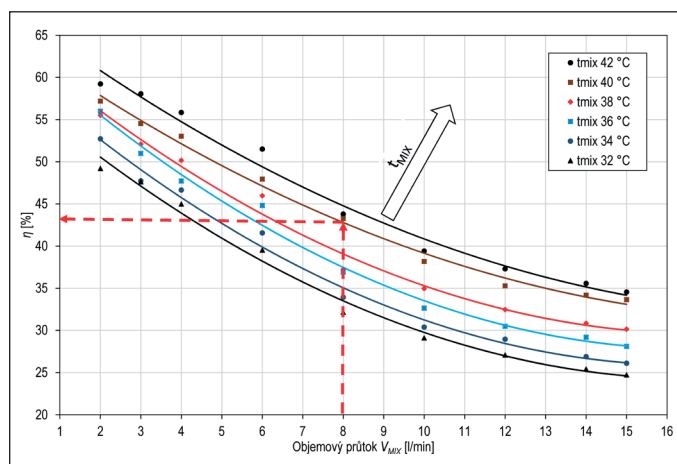
Fig. 1 Cross section of the numerical model of the NELA heat exchanger [1]



Obr. 2 Přímá rekuperace odpadní vody pro směšovací armaturu odběrného místa (sprchy)

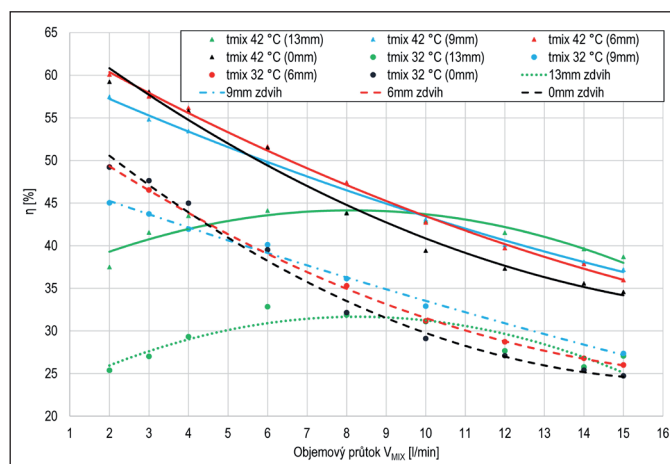
Fig. 2 Direct waste water recovery for mixing valve of the consumption point (showers)

ty účinnosti sdílení tepla výměníku $\eta = 43,2\%$ (dle standardu PHI, tj. pro $V_{MIX} = 8\text{ l/min}$ a $t_{MIX} = 40\text{ °C}$), což ho zařadilo do kategorie výrobku phB (základní výrobek). Kompletní výsledky dosažené účinnosti sdílení tepla výměníku v závislosti na teplotě odpadní vody t_{MIX} a objemovém průtoku odpadní vody V_{MIX} jsou znázorněny na obr. 3.



Obr. 3 Trendy účinnosti sdílení tepla standardního výměníku NELA s vyznačením okrajových hodnot pro certifikaci dle PHI [1]

Fig. 3 Heat exchange efficiency trends for the standard NELA shower heat exchanger with marked values for PHI certification [1]



Obr. 4 Trendy účinnosti sdílení tepla sprchového výměníku NELA pro zvolené hodnoty zdvihu teplosměnné plochy výměníku tepla

Fig. 4 Heat exchange efficiency trends for NELA shower heat exchanger for selected increases of heat-transfer surface area of the heat exchanger

VOLBA PARAMETRŮ PRO OPTIMALIZACI

Parametrů ovlivňujících účinnost sdílení tepla výměníku je celá řada. Z pohledu využití pro lokální rekuperaci odpadního tepla je nutné vzít v úvahu zejména základní požadavky na finální výrobek. Jedná se o geometrii celého výrobku (tj. vnější rozměry skříň výměníku) a také vlastnosti použitých materiálů, a to jak výměníku tepla, tak i jeho skříň. Materiály teplosměnné plochy mají přímý vliv na hodnotu součinitele prostupu tepla a také udávají korozní odolnost a přilnavost povrchu použitých materiálů. Pro úpravu již komerčně využívaného výměníku NELA byl zvolen následující způsob optimalizace:

- ☐ vertikální zdvih teplosměnné plochy,
- ☐ optimalizace velikosti teplosměnné plochy výměníku,
- ☐ usměrnění průtoku odpadní vody ve skříni sprchového výměníku.

Vertikální zdvih teplosměnné plochy

Tato úprava vychází z předpokladu, že deska výměníku, která je za výrobcem stanovených podmínek umístěna volně na dno skříň výměníku, není obtékána ideálně a nelze tak plně využít potenciál přenosu tepla mezi vodou natékající na výměník ze sprchy (t_{mix}) a vodou určenou pro přehřev (t_{sv}). Pro jednotlivé průtoky byla stanovena výška hladiny na vstupu h_1 a výška hladiny na výstupu h_2 (viz tab. 1). Výšky na obou stranách jsou rozdílné, a to díky spádovanému dnu skříň výměníku (plastové vany), jako ochraně před usazením vody při nepoužívání zařízení.

Pro volbu v běžném provozu, jako je bytový dům nebo sportovní zařízení v podobě např. veřejného koupaliště (bazénu), je nutné uvážit reálně dosahované hodnoty průtoku při běžném provozu. Z měření realizovaných v různých prostředích se ukazuje, že průměrná hodnota průtoku odpadní vody při běžném sprchování se pohybuje v rozsahu od 4 do

Tab. 1 Hodnoty výšky hladiny na vstupu a výstupu ze sprchového výměníku NELA

Tab. 1 Height of water surface at the inlet and outlet of the NELA shower heat exchanger

Průtok	[l/min]	15	14	12	10	8	6	4	3	2
	[m³/h]	0,9	0,84	0,72	0,6	0,48	0,36	0,24	0,18	0,12
h_1	[mm]	27	22	20	19	18	10	10	8	5
h_2	[mm]	40	38	37	32	30	24	21	18	14

8 l/min [3] a [4]. Z tab. 1 vyplývá, že při těchto průtocích odpadní vody je výška hladiny vody ve skříni výměníku na vstupu (tj. h_1) v rozmezí od 10 do 18 mm (tloušťka výměníkové desky d je 5 mm). Proto bylo provedeno měření pro varianty zdvihu výměníkové desky pro $z = 13$ mm, 9 mm, 6 mm a 0 mm. Výsledky měření účinnosti upraveného výměníku NELA pro různé zdvihy jsou znázorněny na obr. 4.

Z naměřených hodnot pro deskový výměník NELA je vidět, že pro zdvih 13 mm (zelené křivky na obr. 4) je účinnost výměníku vyšší při vyšších hodnotách průtoku odpadní vody, a sice od 10 l/min a více. Naopak pro nižší průtoky odpadní vody než 10 l/min účinnost sdílení tepla výměníku klesá. Je to dáno tím, že při nižších průtocích odpadní vody je výška hladiny nízká a nedochází tak k optimálnímu přenosu tepla na obou stranách teplosměnné plochy. Tento zdvih byl pro další experimenty vyhodnocen jako zcela nevyhovující.

Pro zdvih 9 mm (modré křivky), 6 mm (červené křivky) a 0 mm (černé křivky) lze pozorovat velmi podobný trend průběhu účinnosti jako u původního výměníku NELA (obr. 3). Nicméně u zdvihu 9 mm můžeme v oblasti nižších průtoků odpadní vody (cca od 5 l/min) vidět nižší progres nárůstu účinnosti ve srovnání se zdvihem 6 mm a 0 mm. Experiment prokázal, že teprve při zdvih 6 mm je dosaženo vyrovnaného nárůstu účinnosti sdílení tepla v celém spektru měřených průtoků odpadní vody. V oblasti průtoků od 4 do 8 l/min, což je oblast nejčastěji se vyskytujících průtoků odpadní vody při běžném sprchování, je účinnost sdílení tepla výměníku při zdvih 6 mm nejvyšší, a to jak při srovnání se standardním umístěním výměníku NELA (tj. při zdvih 0 mm), tak i při porovnání se zdvihem 9 mm. Při pohledu na obr. 4 se nabízí otázka, zda by nebylo vhodné testovat ještě zdvih 3 mm, který by dle trendů předchozího měření zřejmě vykazoval vyšší hodnoty účinnosti ve srovnání se zdvihem 6 mm v oblastech velmi nízkého průtoku vody, tj. při průtoku odpadní vody nižším než 4 l/min. Při běžném sprchování je ovšem průtok odpadní vody vyšší (4 až 8 l/min). Pokud by byl tedy zdvih pouhých 3 mm, lze očekávat, že právě v této oblasti průtoků odpadní vody bude při srovnání se zdvihem 0 mm sice dosažena účinnost sdílení tepla výměníku vyšší, ale při srovnání se zdvihem 6 mm lze očekávat nižší hodnoty. Pro další testování již geometricky upravených nových prototypů byl zvolen zdvih 6 mm a 9 mm.

Optimalizace velikosti teplosměnné plochy výměníku

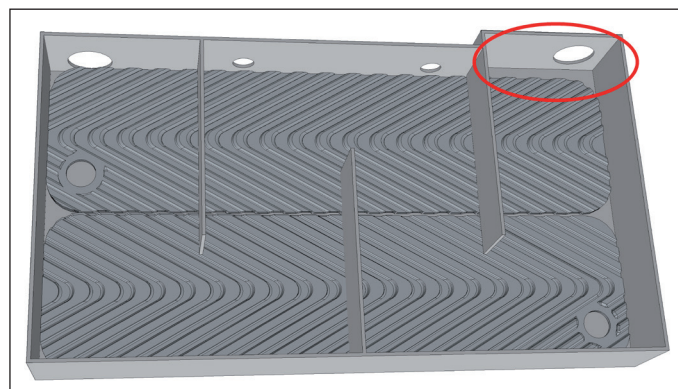
Optimalizace teplosměnné plochy vychází z předpokladu nárůstu teplosměnné plochy tak, aby došlo i ke zvětšení přeneseného tepelného výko-

nu výměníku. Výsledný rozměr celé sestavy výměníku a jeho skříň však musí být takový, aby byl stále aplikovatelný do sprchového koutu bez nutnosti dalších stavebních či jiných úprav. Půdorysné rozměry běžného sprchového koutu (šířka × délka, nebo rozměr poloměru sprchové vaničky) se nejčastěji pohybují v rozmezí 75 × 90, 90 × 90 a 80 × 100 cm. Pro experimenty byla teplosměnná plocha následně popsanych prototypů zdvojnásobena. Byly použity dva základní výměníky NELA, přičemž oba výměníky jsou zapojeny ve smyslu protiproudého výměníku. Celkový půdorysný rozměr teplosměnné plochy je 540 × 290 mm. Celkový pohled na umístění teplosměnné plochy a velikost skříňe nového prototypu znázorňuje obr. 5 (model), resp. obr. 6 (prototyp č. 3).

Usměrnění průtoku odpadní vody ve skříni sprchového výměníku

Současně s úpravou velikosti teplosměnné plochy a jejího zdvihu byla navržena i nová skříň výměníku. Ta musí odpovídat jednak požadavku na rozměry teplosměnné plochy, ale také vhodnému směřování proudu odpadní vody. První úpravou skříňe bylo vytvoření tzv. přepážek. Přepážky byly umísťovány tak, aby vzdálenost mezi přepážkou a stěnou skříňe výměníku (rozeč přepážek) byla shodná s šířkou teplosměnné plochy jedné desky výměníku (tj. šířky skříňe původního výměníku NELA). Rozeč přepážek ve skříni výměníku musí být zároveň uzpůsobena možnostem umístění připojovacích fitinek jak pro napojení potrubí odpadní vody, tak i pro závitové připojení rozvodů na vodovodním potrubí studené vody. Délka přepážek ve skříni je 2/3 z celkové hloubky skříňe výměníku (obr. 5). Přepážky jsou umístěny nad deskou výměníku i pod ní. Výška přepážek pod deskou výměníku umožnila realizaci požadovaného zdvihu výměníku ode dna skříňe. Dno hrdla výstupu odpadní vody ze skříňe výměníku (přechodka pro potrubí HT 40 mm) je umístěno ve stejné výšce jako spodní deska skříňe výměníku, aby byl umožněn odtok veškeré odpadní vody ze skříňe výměníku i po ukončení sprchování.

Při testování se ukázalo jako velmi důležité modelování vstupu odpadní vody do skříňe výměníku (obr. 5 – červeně vyznačená oblast). V této části



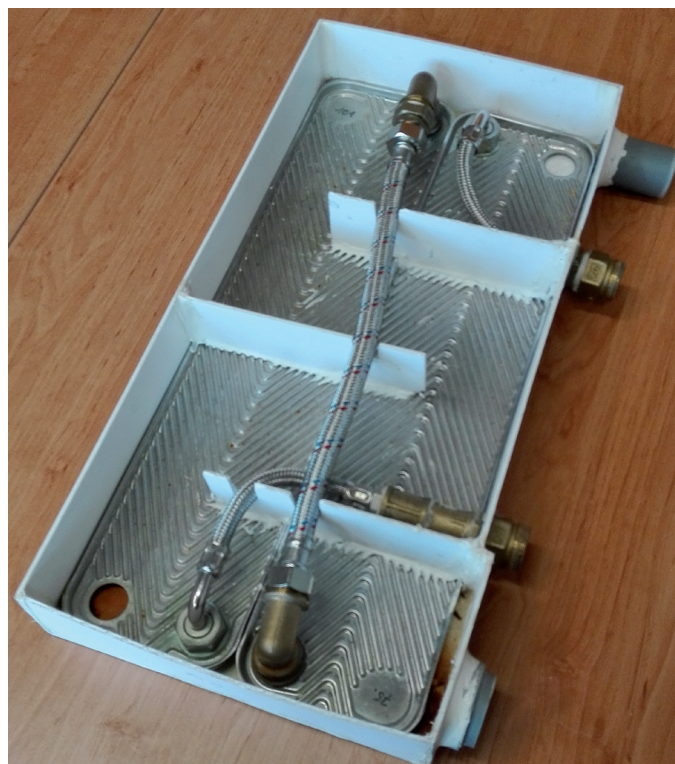
Obr. 5 Počítačový model prototypu č. 3 sprchového deskového výměníku navržený v software Solidworks

Fig. 5 Numerical model of prototype nr. 3 of shower plate heat exchanger created in the Solidworks software

Tab. 2 Popis vytvořených prototypů sprchového výměníku

Tab. 2 Description of shower heat exchanger prototypes

	Zdvih výměníku z [mm]	Přepážky na usměrnění toku odpadní vody	Modulace nátok odpadní vody pod výměník
Prototyp č. 1	9	ANO	NE
Prototyp č. 2	6	ANO	NE
Prototyp č. 3	6	ANO	ANO
Prototyp č. 4	6	NE	ANO



Obr. 6 Prototyp č. 3 sprchového deskového výměníku po skončení testování

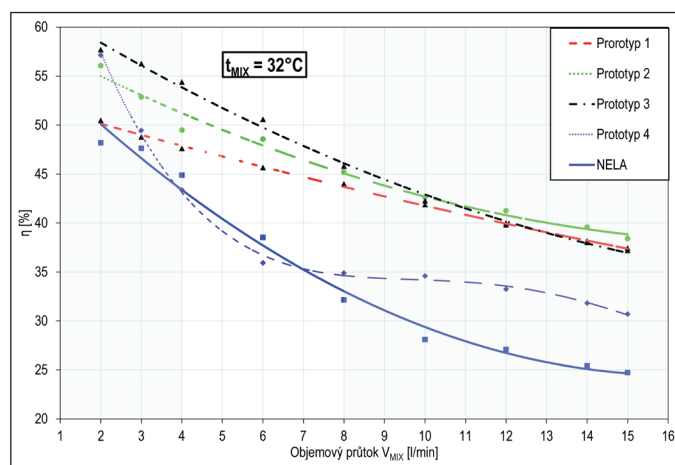
Fig. 6 Prototype nr. 3 of shower plate heat exchanger after testing

byl pro prototypy č. 3 a 4 vytvořen prostor pro odpadní vodu těsně za vstupem odpadní vody do výměníku zvětšením celkové hloubky výměníku tak, aby voda lépe zatékala i pod deskový výměník.

Dle výše popsaných požadavků byly vyrobeny celkem 4 finální prototypy, které pak byly následně testovány ve stejném rozsahu jako původní výměník NELA. Popis kompletně testovaných prototypů obsahuje tab. 2.

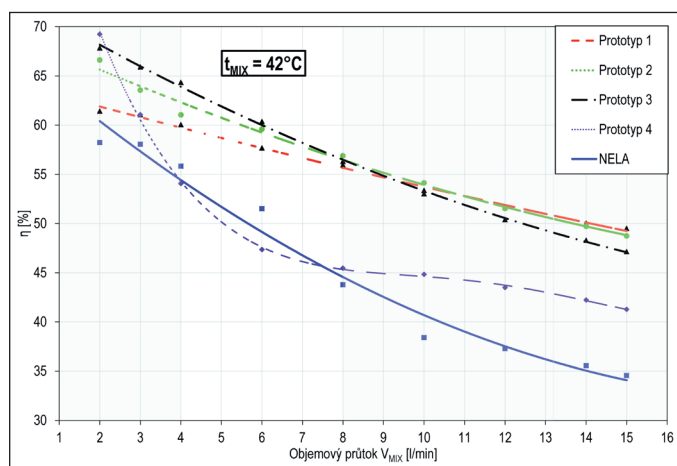
VYHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH ÚPRAV

Následující grafy ukazují výsledky měření pro všechny čtyři nové prototypy ve srovnání s původním výměníkem NELA. Grafy na obr. 7 a 8 prezentují hodnoty dosažené účinnosti sdílení tepla výměníku η . Grafy na obr. 9 a 10



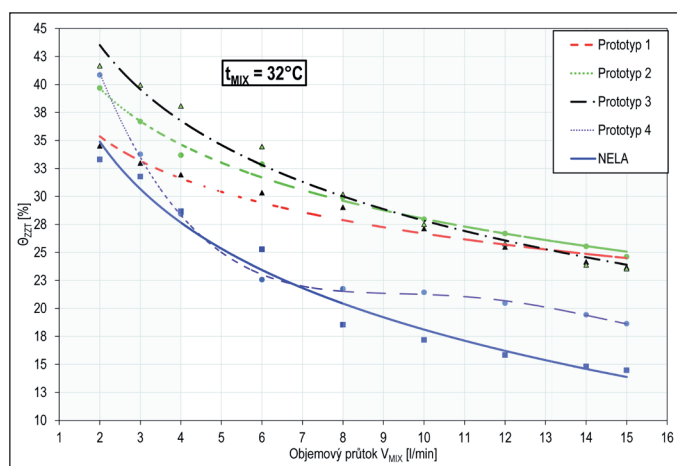
Obr. 7 Porovnání dosažených hodnot účinnosti pro jednotlivé prototypy ve srovnání s původním výměníkem NELA při teplotě odpadní vody $t_{ov} = t_{mix} = 32\text{ °C}$

Fig. 7 Comparison of efficiency values achieved for individual prototypes compared to the original heat exchanger NELA for the wastewater temperature $t_{ov} = t_{mix} = 32\text{ °C}$



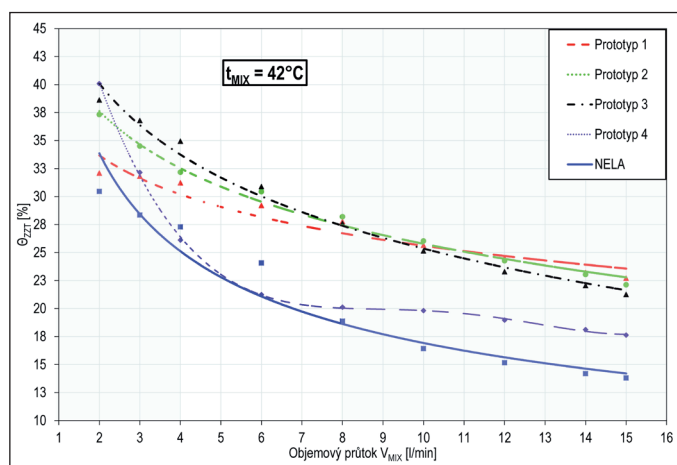
Obr. 8 Porovnání dosažených hodnot účinnosti pro jednotlivé prototypy ve srovnání s původním výměníkem NELA při teplotě odpadní vody $t_{ov} = t_{mix} = 42\text{ °C}$

Fig. 8 Comparison of efficiency values achieved for individual prototypes compared to the original heat exchanger NELA for the wastewater temperature $t_{ov} = t_{mix} = 42\text{ °C}$



Obr. 9 Porovnání dosažené poměrné úspory tepla pro jednotlivé prototypy ve srovnání s původním výměníkem NELA při teplotě odpadní vody $t_{ov} = t_{mix} = 32\text{ °C}$

Fig. 9 Comparison of relative savings of heat achieved for individual prototypes compared to the original heat exchanger NELA for the wastewater temperature $t_{ov} = t_{mix} = 32\text{ °C}$



Obr. 10 Porovnání dosažené poměrné úspory tepla pro jednotlivé prototypy ve srovnání s původním výměníkem NELA při teplotě odpadní vody $t_{ov} = t_{mix} = 42\text{ °C}$

Fig. 10 Comparison of relative savings of heat achieved for individual prototypes compared to the original heat exchanger NELA for the wastewater temperature $t_{ov} = t_{mix} = 42\text{ °C}$

pak znázorňují průběh dosažené poměrné úspory tepla Θ_{ztt} . Vyhodnocení poměrné úspory lze vyjádřit z kalorimetrické rovnice a jedná se o poměr potřeby energie na ohřev teplé vody bez a s instalací sprchového výměníku. Určující veličinou výpočtu je požadovaný průtok teplé vody ohřevem teplé vody [2]. Při nasazení sprchového výměníku dochází k navýšení teploty studené vody ($t_{sv} = t_p$) a to znamená nižší požadavek průtoku teplé vody pro dosažení výsledné teploty vody pro použití ve sprše t_{mix} . Schéma přímé rekuperace je znázorněno na obr. 2.

Z pohledu dosažení nejvyšších hodnot účinnosti sdílení tepla měřených prototypů je jak pro teplotu $t_{mix} = 32\text{ °C}$ (obr. 7), tak i $t_{mix} = 42\text{ °C}$ (obr. 8) vidět nejvyšší potenciál u prototypu č. 3. Výsledky měření shrnuje tab. 3.

Experiment ukázal, že při úpravě velikosti teplosměnné plochy výměníku je velice důležité usměrňování průtoku odpadní vody skříní výměníku. U prototypu č. 4, který měl odstraněny všechny přepážky, byly hodnoty účinnosti sdílení tepla a poměrné úspory tepla v rozsahu průtoků od 4 do 8 l/min v podstatě shodné s původním výměníkem NELA. Až pro výrazně nižší průtoky odpadní vody (tj. méně než 3 l/min) docházelo díky nízké rychlosti proudění odpadní vody v celé skříní výměníku k nárůstu teploty ohřevané studené vody ve výměníku a díky tomu i k nárůstu účinnosti sdílení tepla výměníku.

Experiment zároveň ukázal, že pro oblast proudění vody nižší než 10 l/min je vhodný zdvih výměníku 6 mm, a naopak pro oblasti vyšších hodnot průtoku odpadní vody je lépe použít vyšší zdvih, tj. 9 mm.

Tab. 3 Vyhodnocení dosahovaných hodnot účinnosti sdílení tepla η a poměrné úspory tepla Θ_{ztt} u měřených experimentů pro průtoky 4 až 8 l/min

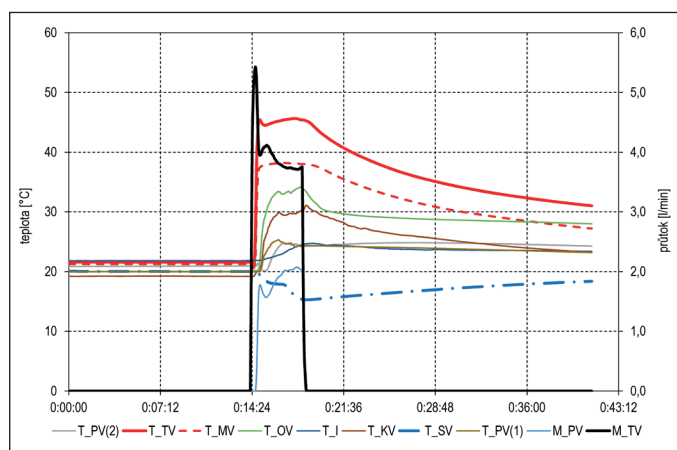
Tab. 3 Assessment of the achieved values of heat exchange efficiency η and relative savings of heat Θ_{ztt} for measured experiments and flow rates 4 to 8 l/min

	Účinnost sdílení tepla η [%]		Poměrná úspora tepla Θ_{ztt} [%]	
	$t_{mix} = 32\text{ °C}$	$t_{mix} = 42\text{ °C}$	$t_{mix} = 32\text{ °C}$	$t_{mix} = 42\text{ °C}$
NELA	32 – 45	44 – 56	19 – 29	19 – 28
Prototyp č. 1	44,5 – 48	56 – 60	29 – 32	27 – 30
Prototyp č. 2	45 – 49	57 – 62	30 – 34	29 – 33
Prototyp č. 3	45,5 – 54,5	56,5 – 64	30,5 – 38,5	29 – 35
Prototyp č. 4	35 – 44	45 – 54	22,5 – 29	20 – 27

REÁLNÝ PROVOZ SPRCHOVÉHO VÝMĚNÍKU A EKONOMIKA PROVOZU

Podmínky testování sprchového výměníku byly popsány v úvodu článku. V reálném provozu však dochází k ochlazení vody t_{mix} mezi výtokem ze sprchové hlavice a vstupem do skříně výměníku. Největší podíl na ochlazení vody t_{mix} před vstupem do odpadního potrubí má teplota stěn sprchového koutu, na které část této vody dopadá, a teplota vzduchu ve sprchovém koutu (tj. tepelná ztráta odparem). Svou roli může hrát také ochlazení vody na povrchu kůže člověka při sprchování. Další část tepelných ztrát pak připadá na ochlazení odpadní vody v odtokovém potrubí kanalizace před vstupem do skříně výměníku. U sprchových výměníků se předpokládá jejich instalace co nejbližší v místě odtoku kanalizace sprchy, právě s cílem minimalizovat tepelné ztráty v odtokovém potrubí. Studie reálného průběhu teplot ve sprše je popsána v [3]. Obr. 11 ukazuje průběh objemového průtoku a teploty vody během 4minutové sprchy.

Reálná hodnota ochlazení vody na vstupu do skříně výměníku má přímý vliv na dosahovanou hodnotu účinnosti sdílení tepla, a samozřejmě stej-



Obr. 11 Průběh objemového průtoku a teploty vody během 4minutové sprchy [3]

Fig. 11 Time course of volume flow rate and temperature of water during a 4-minute shower [3]

ně tak i na poměrnou úsporu tepla. Pro účely výpočtu je zavedena tzv. korigovaná účinnost sdílení tepla η^* , která se vypočítá jako:

$$\eta^* = \eta \left[1 - \frac{\Delta t_o}{(t_{mix} - t_{sv})} \right] \quad (1)$$

Ze studie [3] vyplývá, že ochlazení vody Δt_o ve sprše dosahuje hodnot od 2 do 6 K, jak ukazuje tab. 4.

Tab. 4 Ochlazení vody ve sprše bez člověka, pro teplotu vzduchu v prostoru koupelny 22,5 °C [3]

Tab. 4 Water temperature drop in a shower without a person, for air temperature in the bathroom 22.5 °C [3]

Průtok vody sprchovou hlavici V_{mix} [l/min]	Teplota sprchy t_{mix} [°C]	Teplota odpadní vody t_{ov} [°C]	Ochlazení vody ve sprše Δt_o [K]
14,00	44,40	40,20	4,20
	37,00	34,10	2,90
	31,30	29,10	2,20
8,00	44,20	39,50	4,70
	37,40	34,30	3,10
	30,60	28,60	2,00
5,50	44,10	38,00	6,10
	37,30	33,40	3,90
	30,60	28,20	2,40

Dalším faktorem, který ovlivní reálné dosahovanou úsporu, je pak skutečná teplota studené vody ve vodovodním potrubí před odběrným místem. Zatímco při testování je udržována konstantní teplota studené vody 10 °C, měření na reálných aplikacích, např. v oblasti bytových domů, ukazují na průměrnou teplotu studené vody celoročně před odběrným místem v bytě mezi 13 až 16 °C. Tyto hodnoty záleží na trase vnitřního vodovodu v domě a na stavu tepelné izolace potrubí.

Ekonomické hodnocení provozu sprchového výměníku

Pro ukázkou ekonomického hodnocení nasazení sprchového výměníku byly použity hodnoty z prototypu 3 korigované dle (1). Posuzované aplikace ukazují tab. 5. Investiční náklady reprezentují pořízení sprchové-

ho výměníku (prototyp č. 3) a termostatické sprchové baterie v celkové částce 8 000 Kč/sprchu. Korigovaná účinnost prototypu 3 byla stanovena pro celkové ochlazení vody mezi sprchovou hlavici a vstupem do sprchového výměníku $\Delta t_o = 6$ K. Z pohledu dotačního programu Nová zelená úsporám byla posuzována možná dotace ve výši 5 000 Kč/instalaci. Potřeba TV byla uvažována 40 l/os.den. Meziroční nárůst cen energií byl uvažován 7 %. Tab. 6 ukazuje vypočítané reálné doby návratnosti jak pro teplotu studené vody 10 °C, tak i pro uvažovanou teplotu studené vody 15 °C.

Tab. 5 Příklady aplikací modelující provoz nasazení sprchového výměníku pro zpětné získávání tepla

Tab. 5 Examples of case studies modelling the operation of shower heat exchanger for heat recovery

Aplikace	Uvažovaný počet sprchových cyklů za den	Počet instalovaných výměníků	Možnost dotace NZÚ
Sportoviště	300	16	NE
Hotel/studentká kolej	200	50	NE
Bytový dům (8 bytů)	30	8	ANO
Rodinný dům	4	1	ANO

Tab. 6 Přehled hodnot reálné doby návratnosti pro modelové aplikace (roky)

Tab. 6 Overview of realistic payback times for model case studies (years)

Aplikace	Uvažovaný počet sprchových cyklů za den	Doba návratnosti bez dotace NZÚ		Doba návratnosti s dotací NZÚ	
		$t_{sv} = 10$ °C	$t_{sv} = 15$ °C	$t_{sv} = 10$ °C	$t_{sv} = 15$ °C
Sportoviště	300	okamžitá	okamžitá	-	-
Hotel/ studentká kolej	200	19	24	-	-
Bytový dům (8 bytů)	30	17	22	2	6
Rodinný dům	4	19	24	5	10

Ekonomické hodnocení potvrdilo, že na dobu návratnosti má vliv teplota studené vody přiváděné do systému přípravy TV a množství instalovaných sprchových výměníků. Největší vliv má doba používání sprchy a počet sprch během dne. Potvrdilo se, že pro rodinné a bytové domy, kde je počet sprch velmi často limitován počtem obyvatel, je bez využití dotačních programů aplikace z pohledu investora nevýhodná. Z pohledu využití dotačního programu jsou však u těchto budov reálné doby návratnosti výrazně kratší.

V případě aplikací, jako jsou např. koupaliště, sportovní centra a koleje, záleží zároveň na dispozici objektu. V případě sportovišť je velmi výhodná koncentrace většiny odběrných míst (sprchových koutů) na jednom místě, kdy není zapotřebí velkých investičních nákladů a návratnost je pak prakticky okamžitá. Oproti tomu pro koleje, hotely apod., kde jsou odběrná místa rozmístěna po celém objektu, je zapotřebí většího množství lokálních sprchových výměníků, což se projevuje na výši investičních nákladů a následně i na delší reálné době návratnosti.

ZÁVĚR

Článek ukazuje možnosti inovace stávajícího sprchového výměníku s cílem dosažení vyššího potenciálu úspory tepla. Řešení bylo zaměřeno na geometrii teplosměnné plochy výměníku, její umístění ve skřini výmění-

ku a tvarování průtoku skříní výměníku. Další část je věnována reálným provozním podmínkám při nasazení sprchového výměníku tepla a zhodnocení reálné doby návratnosti i s podporou dotačních programů.

Obecně v oblasti přípravy teplé vody je velmi těžké predikovat přesnou dobu návratnosti, neexistuje totiž nic jako „ekvivalentní odběratel“ či „ekvivalentní rodina“, a je tedy zapotřebí brát v úvahu rozdílnost potřeb lidí jako jednotlivců. Jsou lidé, kteří se sprchují 2 minuty studenou vodou, a v takovém případě je investice do sprchového výměníku spíše otázkou dobré vůle a zájmu o udržitelný rozvoj než otázkou úspor nákladů. Naopak jsou lidé, kteří tráví ve sprše i více než 10 minut a sprchují se vodou o teplotě 40 °C i vyšší. Celkově lze ale konstatovat, že sprchové výměníky jsou zařízení velmi účinná a při vhodné aplikaci i úsporná. Navíc lze očekávat, že při současném trendu nárůstu cen energií budou tato dílčí úsporná opatření stále více nabývat na významu.

Kontakt na autory: Roman.Vavricka@fs.cvut.cz; jansukdol@seznam.cz

Pozn.: Všechny popsané technické detaily řešení jsou součástí Užitého vzoru č. 32692 u patentového úřadu ČR ze dne 19. 3. 2019.

Použité zdroje:

- [1] SUKOL, J. *Návrh a optimalizace deskového výměníku pro zpětné získávání tepla z odpadní vody*. Praha, 2017. Diplomová práce. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí.
- [2] VAVŘIČKA, R., MATUŠKA, T. Zpětné získávání tepla v oblasti přípravy teplé vody. *Vytápění, větrání, instalace*. 2016, roč. 25, č. 3, str. 114–199. ISSN 1210-1389.
- [3] MATUŠKA, T., VAVŘIČKA, R. Úspora tepla dosažená rekuperačním výměníkem v reálném provozu [online]. TZB-Info, 2016. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/15057-ustora-tepla-dosazena-rekuperacnim-vymenikem-v-realnem-provozu>

tzb-info.cz/priprava-teple-vody/15057-ustora-tepla-dosazena-rekuperacnim-vymenikem-v-realnem-provozu

- [4] VAVŘIČKA, R., MAZUR, M. Odběrové profily teplé vody. *Vytápění, větrání, instalace*. 2017, roč. 26, č. 3, s. 156–164. ISSN 1210-1389.
- [5] Passivhaus Institut (PHI). *International Passive House Association* [online]. 2018. Dostupné z: http://www.passiv.de/downloads/03_zertifizierungskriterien_ww_wrg_de.pdf

Seznam označení:

<i>t</i>	teplota vody [°C]
<i>V</i>	průtok odpadní vody [l/min]
<i>η</i>	účinnost sdílení tepla výměníku [%]
<i>h</i>	výška hladiny vody ve skříní výměníku [mm]
<i>d</i>	tloušťka desky výměníku [mm]
<i>z</i>	výška umístění výměníku od dna skříně [mm]

Indexy:

<i>I</i>	okolí
<i>KV</i>	odpadní vody za výměníkem
<i>MIX</i>	vstupující do výměníku
<i>MV</i>	míchané vody za sprchovou hlavici
<i>O</i>	ochlazení
<i>OV</i>	odpadní voda
<i>P</i>	předehřátá voda za výměníkem
<i>PV</i>	předehřátá voda na vstupu do sprchovací hlavice
<i>SPR</i>	sprcha
<i>SV</i>	studená voda
<i>TV</i>	teplá voda
<i>1</i>	vstup
<i>2</i>	výstup

Intuitivní měření klimatických veličin

Nový univerzální IAQ přístroj testo 400

- Rychlé zapnutí: jednoduchá výměna sond během měření bez nutnosti restartu přístroje.
- Asistent měření: chytrá podpora pro realizaci bezchybných měření.
- Úspora času: dokončení měření s kompletní dokumentací přímo na místě u zákazníka.

Testo, s.r.o.

Jinonická 80, 158 00 Praha 5
tel.: 222 266 700
e-mail: info@testo.cz

Be sure. **testo**

www.testo.cz