

Ing. Roman VAVŘIČKA, Ph.D.^{1),2)}
Bc. Matěj MAZUR¹⁾

Odběrové profily teplé vody

¹⁾ ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí
²⁾ ČVUT v Praze, Univerzitní
centrum energeticky efektivních
budov (UCEEB)

Recenzent
Ing. Bořivoj Šourek, Ph.D.

Consumption Profiles of Domestic Hot Water

V úvodní části článku popisuje nařízení Komise EU č. 811 až 814/2013 vztahující se k ohřivačům teplé vody (TV) a zdrojům tepla pro vytápění ve vazbě na uváděné profily odběru tepla v TV. V druhé části je uvedeno měření odběru TV v několika bytových domech a jeho vyhodnocení směrem ke stanovení křivek odběru TV. Následně vyhodnocení porovnává legislativní a reálné výsledky z pohledu využití pro jednotlivé typy budov.

Klíčová slova: teplá voda, ohřivače teplé vody, zásobníky teplé vody, odběrové profily teplé vody

The introductory part of the article discusses the EU Commission Regulations no. 811 to 814/2013 regarding heaters of domestic hot water (DHW) and heat sources for heating in relation to the indicated profiles of heat and DHW consumption. Second part presents measurement of DHW consumption in several apartment buildings and its evaluation leading to determination of DHW consumption curves. Consequent evaluation compares the legislative and real results from the point of view of utilization for different building types.

Keywords: domestic hot water, hot water heater, hot water storage tanks, hot water consumption profiles

ÚVOD

Základním předpokladem správného výpočtu v oblasti přípravy teplé vody je sestavení tzv. odběrového profilu tepla dodaného ohřivačem za danou periodu. Periodou se u bytových a rodinných domů většinou rozumí 1 den = 24 hodin, ale např. pro sportovní centrum může být časový úsek dodaného tepla výrazně kratší (4 až 8 hodin apod.). Odběrový profil tak udává základní údaje o velikosti potřeby teplé vody během vybraného časového úseku. Potřebu tepla dodaného ohřivačem teplé vody za jeden den pro zajištění přípravy teplé vody lze vyjádřit jako:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = Q_{2t}(1+z) = \frac{V_{2p} \rho c (t_2 - t_1)}{3600 \cdot 1000} (1+z) \quad (1)$$

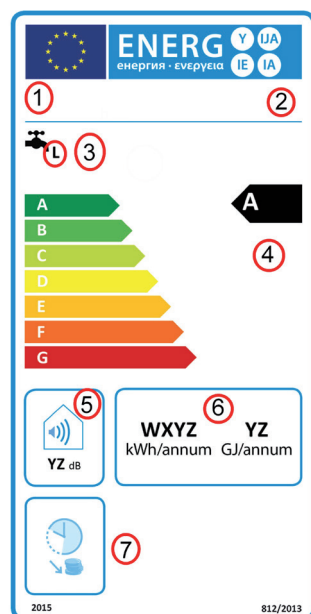
kde je:

- Q_{2p} teplo dodané ohřivačem TV [kWh/den],
- Q_{2t} teplo pro ohřev vody [kWh/den],
- Q_{2z} teplo ztracené při ohřevu a distribuci TV [kWh/den],
- z poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci TV [-],

- V_{2p} celková potřeba teplé vody [m³/den],
- ρ hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m³],
- c měrná tepelná kapacita vody [J/(kg·K)],
- t_1 teplota studené vody [°C],
- t_2 teplota teplé vody [°C].

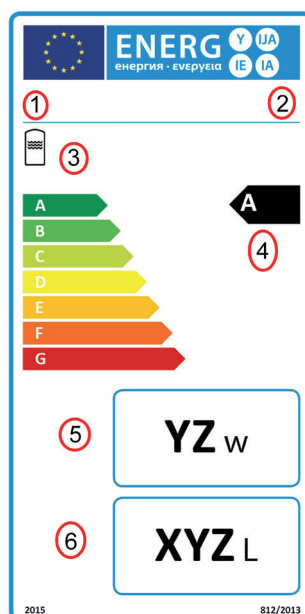
Hodnoty poměrné ztráty tepla při ohřevu a distribuci tepla z jsou závislé na kvalitě tepelné izolace rozvodů teplé vody, tepelné izolaci zásobníku tepla a v neposlední řadě také na době provozu cirkulace během dne a během roku. Pro bytové domy s řízenou cirkulací se hodnota tohoto součinitele pohybuje okolo 0,5. U rodinných domů bez cirkulačního potrubí lze pro výpočet uvažovat hodnoty $z = 0,2$ až $0,3$ [1].

V rámci ErP – „Energy Related Product“ [10] vyšla v roce 2013 nařízení Komise EU s přímou vazbou jak na ohřivače a zásobníky teplé vody, tak i na další zdroje tepla v souvislosti s využitím v rámci topenářské techniky. Následující text je proto rozdělen do dvou částí. První popisuje profily odběru, tak jak jsou definovány právě v nařízeních Komise EU č. 811, 812, 813 a 814. Druhá je věnována reálnému měření odběrů teplé vody v několika bytových domech.



Obr. 1 Energetický štítek pro konvenční ohřivače vody ve třídách energetické účinnosti ohřevu vody A až G: L – zátěžový profil odběru; 1 – název nebo ochranná známka dodavatele; 2 – identifikační značka modelu používaná dodavatelem; 3 – funkce ohřevu vody včetně deklarovaného zátěžového profilu vyjádřeného písmenem; 4 – třída energetické účinnosti ohřevu vody; 5 – hladina akustického výkonu LWA ve vnitřním prostředí v dB; 6 – roční spotřeba elektrické energie v kWh; 7 – u konvenčních ohřivačů vody schopných pracovat pouze v době mimo špičku může být doplněn piktogram

Fig. 1 Energy label for conventional water heaters in energy efficiency classes of water heating A to G: L – load profile of consumption; 1 – name or trademark of the supplier; 2 – supplier's identification sign of the model; 3 – heating water function including declared load profile expressed by a letter; 4 – energy efficiency class of water heating; 5 – sound power level LWA in the indoor environment in dB; 6 – annual energy consumption in kWh; 7 – for conventional water heaters capable of operating only during off-peak hours can be added a pictogram



Obr. 2 Energetický štítek zásobníků teplé vody v třídách energetické účinnosti A až G: 1 – název nebo ochranná známka dodavatele; 2 – identifikační značka modelu používaná dodavatelem; 3 – funkce zásobníku vody; 4 – třída energetické účinnosti; 5 – stálé ztráty ve W zaokrouhlené na nejbližší celé číslo; 6 – objem zásobníku teplé vody v litrech zaokrouhlený na nejbližší celé číslo

Fig. 2 Energy label for hot water storage tanks in energy efficiency classes A to G: 1 – name or trademark of the supplier; 2 – supplier's identification sign of the model; 3 – water storage tank function; 4 – energy efficiency class; 5 – permanent loss in W rounded to the nearest integer; 6 – volume of the hot water storage tank in litres rounded to the nearest integer

Tab. 1 Oblasti působnosti jednotlivých nařízení: VYT – pro vytápění vnitřních prostor; TV – pro ohřev vody; Q – jmenovitý tepelný výkon [kW]; V – užitiný objem [l]
 Tab. 1 Areas covered by individual regulations: VYT – for heating of indoor space; TV - for water heating; Q - nominal heat output [kW]; V - usable volume [l]

Oblast	Oblast působnosti	811/2013	812/2013	813/2013	814/2013
VYT	Ohřivače pro vytápění vnitřních prostor	Ano pro $Q \leq 70$ kW		Ano pro $Q \leq 400$ kW	
VYT+TV	Kombinované ohřivače	Ano pro $Q \leq 70$ kW	Ne*	Ano pro $Q \leq 400$ kW	Ne**
VYT	Soupravy sestávající z ohřivače pro vytápění vnitřních prostor, regulátoru teploty a solárního zařízení	Ano pro $Q \leq 70$ kW		Ano pro $Q \leq 400$ kW	
VYT+TV	Soupravy sestávající z kombinovaného ohřivače, regulátoru teploty a solárního zařízení	Ano pro $Q \leq 70$ kW		Ano pro $Q \leq 400$ kW	
VYT	Ohřivače konkrétně navržené pro využití plyných nebo kapalných paliv vyráběných převážně z biomasy	Ne		Ne	
VYT	Ohřivače na pevná paliva	Ne		Ne	
VYT	Ohřivače v oblasti působnosti směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU	Ne		Ne	
TV	Ohřivače vyrábějící teplo pouze za účelem dodávky teplé pitné nebo užitkové vody	Ne	Ano	Ne	Ano
VYT	Ohřivače sloužící k ohřevu a distribuci plyných teplosnosných látek, jako je pára nebo vzduch	Ne		Ne	
VYT	Kogenerační ohřivače o maximální elektrické kapacitě 50 kW nebo vyšší	Ne		Ne	
TV	Ohřivače vody		Ano pro $Q \leq 70$ kW		Ano pro $Q \leq 400$ kW
TV	Zásobníky teplé vody		Ano pro $V \leq 500$ l		Ano pro $V \leq 2000$ kW
TV	Soupravy sestávající z ohřivače vody		Ano pro $Q \leq 70$ kW		Ano pro $Q \leq 400$ kW
TV	Ohřivače vody konkrétně navržené pro využití plyných nebo kapalných paliv vyrobených převážně z biomasy		Ne		Ne
TV	Ohřivače vody využívající pevná paliva		Ne		Ne
TV	Ohřivače vody v oblasti působnosti směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU		Ne		Ne
TV	Ohřivače vody, které nedosahují alespoň zátěžového profilu s nejmenší referenční energií uvedeného v tabulce 3 přílohy VII		Ne		Ne
TV	Ohřivače vody navržené pouze pro výrobu teplých nápojů nebo potravin		Ne		Ne
VYT	Zdroje tepla navržené pro ohřivače a pláště ohřivačů, jež mají být takovými zdroji tepla vybaveny, které budou uvedeny na trh před 1. lednem 2018 náhradou za identické pláště ohřivačů. Na náhradním výrobku nebo jeho obalu musí být jasně uvedeno, pro jaký ohřivač je určen.			Ne	
TV	Zdroje tepla navržené pro ohřivače vody a pláště ohřivačů vody, jež mají být takovými zdroji tepla vybaveny, které budou uvedeny na trh před 1. lednem 2018 náhradou za identické pláště ohřivačů vody. Na náhradním výrobku nebo jeho obalu musí být jasně uvedeno, pro jaký ohřivač vody je určen.				Ne

* definováno v nařízení 811/2013
 ** definováno v nařízení 813/2013

NAŘÍZENÍ KOMISE EU Č. 811/2013, 812/2013, 813/2103, 814/2013 [6, 7, 8, 9]

Nařízení se týkají ohřivačů teplé vody a zdrojů tepla pro vytápění, jako jsou spalovací zařízení na fosilní paliva (kromě pevných paliv), elektrokotle, ohřivače vody (elektrické, plynové, případně kombinované se solárními zařízeními). Nařízení č. 811/2013 a č. 812/2013 stanovují požadavky pro zdroje tepla do jmenovitého tepelného výkonu 70 kW na uvádění spotřeby energie na energetických štítcích a poskytování doplňujících informací o výrobku. Nařízení č. 813/2013 a č. 814/2013 následně stanovují požadavky na ekodesign pro uvádění na trh a/nebo do provozu.

Podrobnější vymezení oblastí působnosti jednotlivých nařízení jsou zobrazena v tab. 1. Barevné zvýraznění buněk rozlišuje mezi oblastmi působnosti zaměřenými čistě jen na vytápění vnitřních prostor (červená barva pozadí) a oblastmi zaměřenými na ohřev vody (zelená barva pozadí).

Tab. 2 Třídy energetické účinnosti zásobníků teplé vody

Tab. 2 Energy efficiency classes of hot water storage tanks

Třída energetické účinnosti	Statická ztráta S [W] při užitiném objemu V [l]
A+	$S < 5,5 + 3,16 \cdot V^{0,4}$
A	$5,5 + 3,16 \cdot V^{0,4} \geq S < 8,5 + 4,25 \cdot V^{0,4}$
B	$8,5 + 4,25 \cdot V^{0,4} \geq S < 12 + 5,93 \cdot V^{0,4}$
C	$12 + 5,93 \cdot V^{0,4} \geq S < 16,66 + 8,33 \cdot V^{0,4}$
D	$16,66 + 8,33 \cdot V^{0,4} \geq S < 21 + 10,33 \cdot V^{0,4}$
E	$21 + 10,33 \cdot V^{0,4} \geq S < 26 + 13,66 \cdot V^{0,4}$
F	$26 + 13,66 \cdot V^{0,4} \geq S < 31 + 16,66 \cdot V^{0,4}$
G	$S > 31 + 16,66 \cdot V^{0,4}$

Ukázka energetických štítků a jejich hlavních identifikačních údajů pro konvenční ohřívače a zásobníky teplé vody jsou uvedeny na obr. 1 a obr. 2. Dále jsou v tab. 2 uvedeny požadavky na zařazení zásobníků teplé vody do tříd energetických účinností v závislosti na užitném objemu zásobníku a jeho statické tepelné ztrátě.

V každém z uvedených nařízení Evropské komise se vyskytuje příloha obsahující tabulku s typickými zátěžovými profily, které slouží k měření ohřívačů vody. V nařízeních č. 811/2013 a č. 812/2013 se vyskytují zátěžové profily od 3XS do XXL, nařízení č. 813/2013 a č. 814/2013 rozšiřují rozsah zátěžových profilů o další dva: 3XL a 4XL. Základní časovou periodou je 24hodinový cyklus s několika základními pravidly: v době mezi 0.00 a 6.59 hodinou nedochází k žádnému odběru, od 7.00 začíná odběr podle deklarovaného zátěžového profilu a od ukončení posledního odběru do 24 hodin neprobíhá žádný odběr. Z těchto důvodů je většina následujících grafů zátěžových profilů pro lepší přehlednost v časovém rozsahu od 6.00 do 24.00 hodin.

Každý odběr je popsán užitečným energetickým obsahem Q_{tap} [kWh], užitečným průtokem vody f [l/min] a užitečnou teplotou vody t_m [°C]. V případě profilů S až 4XL je rozšířen popis o špičkovou teplotu t_p [°C]. Celkovou energii pro všechny odběry jedné periody udává referenční energie zátěžového profilu Q_{ref} [kWh].

Přesná definice těchto veličin je:

- Q_{tap} – užitečným energetickým obsahem se rozumí energetický obsah teplé vody (vyjádřený v kWh) dodávané o teplotě stejné nebo vyšší než užitečná teplota vody a při průtoku vody stejném nebo vyšším než užitečný průtok vody.
- Q_{ref} – referenční energií se rozumí součet užitečného energetického obsahu odběrů vody, vyjádřený v kWh.
- f – užitečným průtokem vody se rozumí minimální průtok vyjádřený v litrech za minutu, při němž teplá voda přispívá k referenční energii.
- t_m – užitečnou teplotou vody se rozumí teplota vody vyjádřená ve stupních Celsia, při níž teplá voda začíná přispívat k referenční energii.
- t_p – špičkovou teplotou se rozumí minimální teplota vody vyjádřená ve stupních Celsia, které má být dosaženo během odběru vody.

Původní předlohou pro stanovení zátěžových profilů pro nařízení Evropské komise je norma EN 13 203-2:2006 [12]. V této normě se vyskytuje 7 zátěžových profilů (S, M, L, XL, XXL, 3XL a 4XL). Zatímco teploty t_m a t_p jsou teploty vody ve stupních Celsia, teplotní nárůsty ΔT_m a ΔT_p v Kelvinech stanovených v normě se teprve přičítají k teplotě vody na vstupu. Tyto nárůsty se mohou jevit jako univerzálnější, protože teplota na vstupu může být proměnná, ale ve výše zmíněném sdělení je definována teplota vody na vstupu jako neměnná hodnota, a to 10 °C [10].

Pokud se jedná o odběr, kdy je cílem doručit vodu do vany nebo k mytí nádobí (okamžitá teplota vody na vstupu není podstatná), je započítána

Tab. 3 Druhy odběru teplé vody – výběr z normy EN 13 203-2 [12]

Tab. 3 Types of hot water consumption – selection from EN 13 203-2 [12]





















Druh odběru vody	Q_{tap} [kWh]	f [l/min]
úklid	0,105	3
umývání podlahy	0,105	3
umývání nádobí	0,315	4
umývání nádobí	0,420	4
umývání nádobí	0,735	4
sprchování	1,400	6
koupání	3,605	10

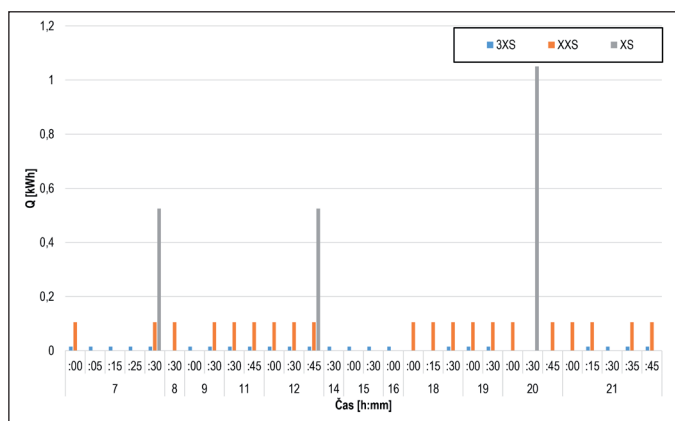
vána užitečná energie od samého začátku vypouštění vody ze zařízení ($t_m = 10$ °C), v takovém případě je hlavní prioritou průměrná teplota vody na konci odběru a musí být tedy dosaženo požadavku špičkové teploty t_p , která vyrovná chladnější teplotu vody na požadovanou. Například během přípravy vody na koupání ve vaně je zapotřebí dosáhnout teploty $t_p = 40$ °C a podobně pro mytí nádobí je stanovena špičková teplota $t_p = 55$ °C. Jakmile je ale odběr využíván ihned od začátku (sprchování, úklid v domácnosti), je pro uživatele důležitá teplota hned na začátku vypouštění. Priorita je v tomto případě kladena na minimální požadovanou teplotu vody na výstupu ze zařízení t_m . Seznam těchto druhů odběru je uveden v tab. 3.

V normě ČSN EN 15316-3, která v podstatě čerpá programy odběru z normy EN 13 203-2, se vyskytují 3 z těchto profilů – S, M a L. Podle

Tab. 4 Typické použití zátěžových profilů odběrů teplé vody

Tab. 4 Typical use of load profiles of hot water consumption

Deklarovaný zátěžový profil	Piktogram	Typické použití
3XS	 35°C	Umyvadlo s 35°C vodou (např. výlevka, umyvadla na toaletách)
XXS	 40°C	Umyvadlo se 40°C vodou (např. umyvadla na toaletách)
XS		Sprcha s elektrickým průtokovým ohřívačem
S	  35°C	Sprcha a umyvadlo s 35°C vodou (např. ubytovny)
M	2x   55°C	Sprcha a dřez (umyvadlo) s 55°C vodou (např. hotely, penziony)
L	   55°C	Vana, sprcha a dřez s 55°C vodou (např. menší byty)
XL	3x    55°C	Vana, sprcha a dřez s 55°C vodou (např. větší byty, jednogenerační rodinné domy)
XXL	3x    55°C	Současné použití van a sprch (např. vícegenerační rodinné domy, apartmány)
3XL	8x   55°C	Krátkodobý špičkový odběr (např. sportovní areál)
4XL	16x   55°C	Krátkodobý špičkový odběr (např. průmyslový areál)



Obr. 3 Odběrové profily 3XS, XXS a XS

Fig. 3 Consumption profiles 3XS, XXS and XS

časového harmonogramu a druhů odběrů profily S až L charakterizují potřebu teplé vody v jednogeneračních rodinných domech. Profil S je přirovnán k typickému průměrnému dennímu odběru pro jednu osobu, profil M odpovídá průměrnému dennímu odběru pro rodinu s používáním sprchy a profil L charakterizuje průměrný denní odběr pro 3člennou rodinu s používáním vany a sprchy.

Podrobné popisy v nařízeních Komise chybí, nicméně v dokumentu [15] z univerzity Stuttgart jsou zobrazeny piktogramy k jednotlivým profilům popisující jejich běžné použití (tab. 4). Například zátěžový profil 3XS je přirovnán k odběrům odpovídajícím občasnému mytí rukou nebo menšímu úklidu. A v případě profilu XXL až 4XL už se jedná o odběry odpovídající špičkovým odběrům např. ve sportovním areálu nebo průmyslovém závodě.

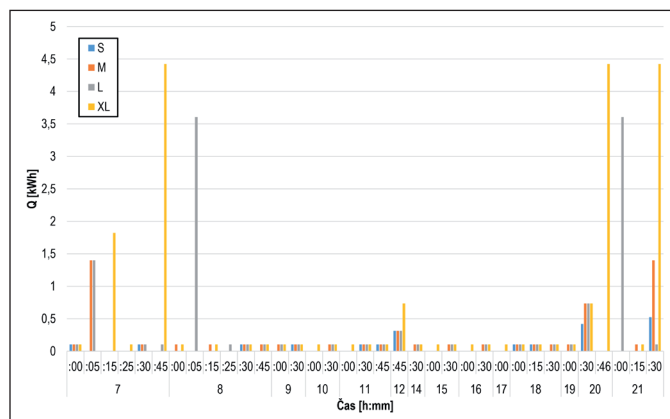
Při porovnání piktogramů z tab. 4 je zřejmé, že nejmenší profil 3XS je složen z velice malých odběrů tepla o stejné hodnotě ($Q_{tap} = 0,015$ kWh), které odpovídají vypuštění cca 0,5 l smíšené vody o teplotě 35 °C (například hygiena rukou po použití toalety). Tomu by také odpovídal požadavek na minimální teplotu odběru $t_m = 25$ °C, protože od začátku vypuštění je voda využívána pouze k mytí rukou. Zvláštností profilu je neexistence tzv. špičkového odběru. Obdobně je tomu i u profilu XXS (obr. 3). Profil XS není možné podle tab. 4 přesněji definovat, ale podle minimální teploty $t_m = 35$ °C, která odpovídá teplotě při sprchování, se jedná o profil teoreticky použitelný pro budovy, kde se jedná o občasně použití sprch (např. elektrický průtokový ohřívač) a k výraznějšímu nárůstu odběru dochází ve večerních hodinách.

Profily S až 4XL jsou kvůli přehlednosti rozděleny do dvou grafů (obr. 4 a obr. 5). Na obr. 4 je vidět, že profily S až XXL mají relativně stejný počet odběrů o velikosti $Q_{tap} = 0,015$ kWh, stejně jako již zmíněný profil XXS, a to i se stejným začátkem odběru. Výrazně se od této skupiny odlišuje profil S, který je téměř bez špičkových odběrů. Naproti tomu profily M a vyšší počítají se „skokovou“ spotřebou v ranních a večerních hodinách. Podle odebrané energie se v těchto časech předpokládá odběr charakteristický pro sprchování nebo koupání. Podle velikosti odběrů lze usoudit, že profil L představuje spotřebu v menším bytě, kde je velká pravděpodobnost použití vany v ranních nebo večerních hodinách, a profil M odpovídá např. hotelovému pokoji, kde je instalována pouze sprcha. Větší profily pouze zvyšují požadavky ve špičkových odběrech z důvodu pravděpodobnosti použití dvou a více náročných zařízení, jako je vana (například 2 koupelny s vanou v domě, větší hotelové apartmány apod.).

Profily 3XL a 4XL jsou z hlediska odběru tepla nejružnorodější. Je to způsobeno kombinací různých druhů odběru ve stejný čas. U těchto profilů se uvažuje s vyšším počtem uživatelů na použité zařízení. Pravděpo-

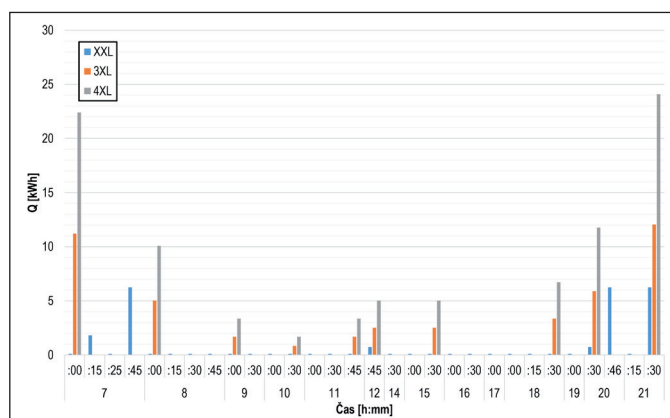
dobně se jedná o kombinaci krátkodobých špičkových odběrů (např. po skončení směny v průmyslovém areálu, ve sportovních centrech apod.). V porovnání s profilem XXL, který je charakterově podobný profilům M a L, je u 3XL a 4XL vidět hlavní rozdíl v nesourodosti odběrů.

Lepeší srovnání jednotlivých profilů odběru teplé vody lze dosáhnout po sestavení tzv. křivky odběru. Křivka odběru je kumulativní grafické vyjádření průběhu dodávky tepla pro ohřev teplé vody za danou periodu (např. 24 hodin). Na obr. 6 a obr. 7 jsou vyneseny všechny výše popsa-



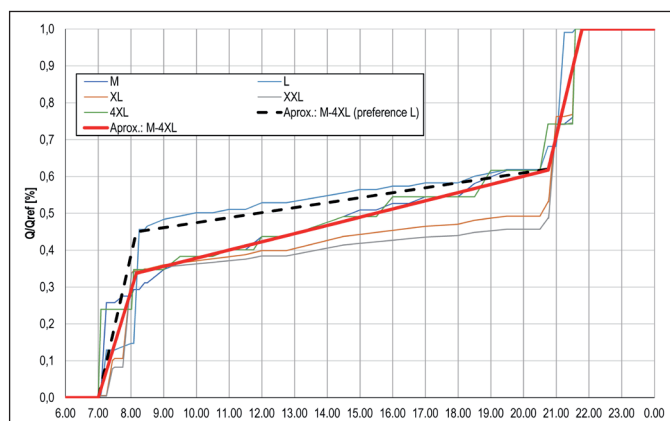
Obr. 4 Odběrové profily S až XL

Fig. 4 Consumption profiles S to XL



Obr. 5 Odběrové profily XXL, 3XL a 4XL

Fig. 5 Consumption profiles XXL, 3XL and 4XL



Obr. 6 Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV – profily M, L, XL, XXL, 3XL a 4XL

Fig. 6 Relative representation of heat consumption curves for DHW preparation – profiles M, L, XL, XXL, 3XL and 4XL

né zátěžové profily odběru teplé vody pro kumulativní vyjádření odběrů tepla v TV. Na obr. 6 jsou zátěžové profily M až 4XL a na obr. 7 profily 3XS až S. U profilů M až 4XL lze vysledovat určitou podobnost. Špičkové odběry a následné utlumení se dá vysvětlit simulací spotřeby uživatele. Na začátku (mezi 7.00 a 8.30) se uvažuje s ranní hygienou, která např. v průměrné domácnosti zahrnuje sprchování, ústní hygienu atd. Během dne dochází k malým odběrům teplé vody odpovídajícím např. mytí rukou, umývání nádobí, úklidu apod. Ve večerních hodinách začíná večerní hygiena zahrnující např. koupání, sprchování, ústní hygienu atd., cca po 22:00 už není simulováno žádný odběr teplé vody.

Výrazné změny odběru na začátku (od 7.00 do 8.30) a na konci (od 20.00 do 21.30) člení průběh na tři odběrové úseky:

- od 7.00 do 8.00 – vysoký odběr teplé vody,
- od 8.00 do 21.00 – nízký odběr teplé vody,
- od 21.00 do 21.50 – vysoký odběr teplé vody.

Tyto úseky jsou metodou nejmenších čtverců aproximovány (křivka „Aprox.: M-4XL“). Jelikož převažují profily s nižším poměrovým nárůstem v úseku od 7.00 do 8.00, je tato aproximace v případě profilu L výrazně podhodnocena. V takové situaci je výhodnější tuto aproximaci upravit, a proto je na obr. 6 zobrazena upravená aproximační křivka „Aprox.: M-4XL (preference L)“.

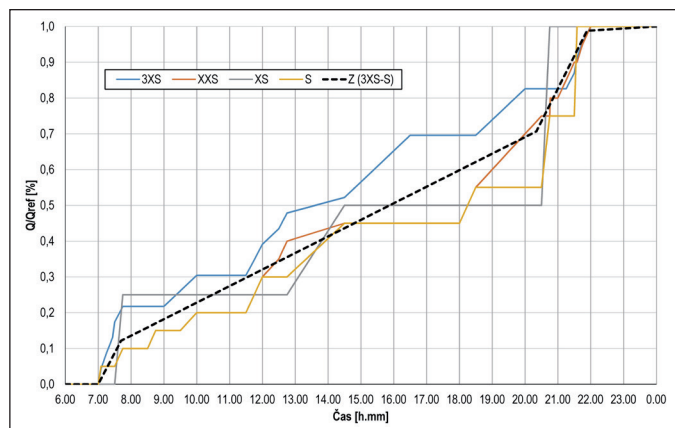
Průběh aproximační křivky „Aprox.: M-4XL“ je následující:

- od 0.00 do 7.00 0 % nárůst (žádný odběr),
- od 7.00 do 8.00 34 % nárůst (ranní špička),
- od 8.00 do 20.45 28 % nárůst (denní spotřeba),
- od 20.45 do 21.45 38 % nárůst (večerní špička).

Průběh aproximační křivky „Aprox.: M-4XL (preference L)“ je následující:

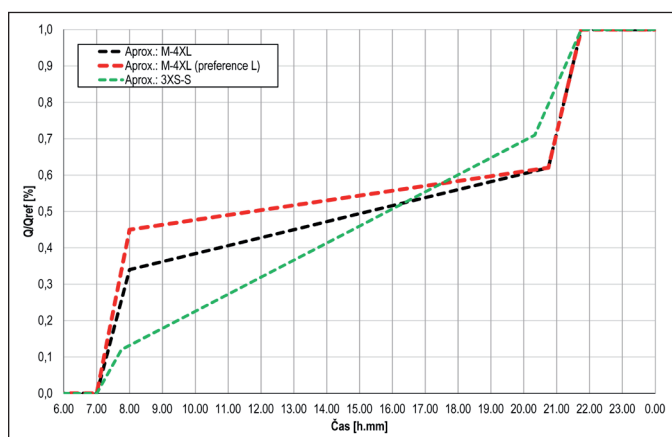
- od 0.00 do 7.00 0 % nárůst (žádný odběr),
- od 7.00 do 8.00 45 % nárůst (ranní špička),
- od 8.00 do 20.45 17 % nárůst (denní spotřeba),
- od 20.45 do 21.45 38 % nárůst (večerní špička).

Oproti tomu profily 3XS, XXS, XS a S při znázornění kumulativní křivkou odběru vyjadřují téměř lineární nárůst dodaného tepla s časovou periodou (obr. 7). Je to dáno tím, že odběry 3XS, XXS nemají během 24 hodin žádný špičkový odběr. Profily XS a S sice uvažují večerní špičku odběru teplé vody, ale jejich charakter odběru během dne je také rovnoměrný. Tyto profily jsou charakteristické např. pro administrativní budovy, školská zařízení atd. (3XS, XXS). Pro provoz, kde je uvažováno se sprchou pro zaměstnance (např. obchody, kancelářské prostory apod.), jsou zase typičtější profily XS a S. Aproximace metodou nejmenších čtverců v tomto případě není tak výrazně segmentována jako u profilů M až 4XL.



Obr. 7 Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV – profily 3XS, XXS, XS a S

Fig. 7 Relative representation of heat consumption curves for DHW preparation – profiles 3XS, XXS, XS and S



Obr. 8 Poměrové zobrazení křivek odběru tepla pro ohřev TV – aproximace M-4XL, M-4XL (preference L) a 3XS-S

Fig. 8 Relative representation of heat consumption curves for DHW preparation – approximation M-4XL, M-4XL (preference L) and 3XS-S

Průběh aproximační křivky „Aprox.: 3XS-S“ je následující:

- od 0.00 do 7.00 0 % nárůst,
- od 7.00 do 8.00 15 % nárůst,
- od 8.00 do 20.45 59 % nárůst,
- od 20.45 do 21.45 29 % nárůst.

Na obr. 8 je porovnán průběh aproximačních křivek z obou výše popsaných skupin.

Je zřejmé, že profily uvažují významný rozdíl ve sklonu křivek v časovém úseku od 8.00 do cca 21.00, kde z nižší pozice začíná aproximační křivka pro skupinu profilů 3XS až S. Otázkou tak je, zda v reálném provozu jsou takové odběry skutečně realizovány?

MĚŘENÍ DENNÍCH PROFILŮ ODBĚRŮ TEPLÉ VODY U BYTOVÝCH DOMŮ

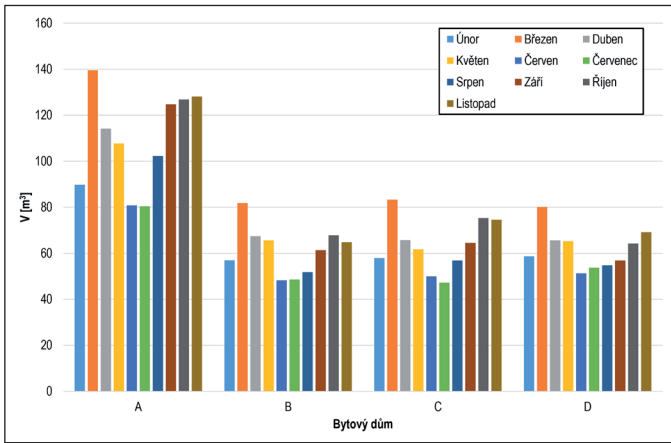
První sada měření je vázána na běžné bytové domy (lokality Středočeský kraj, domy A, B, C a D). V tab. 5 jsou uvedeny základní údaje domů. Dále uváděná data se vztahují k vodoměru studené vody, který je osazen těsně před systémem přípravy teplé vody (tj. před výměníkem TV) daného domu. Jedná se tedy vždy o náměry spotřeby TV na celý dům, nikoli na součet bytových vodoměrů.

Na obr. 9 jsou měsíční spotřeby TV v m³ pro jednotlivé bytové domy v roce 2015. Z obrázku je patrné, že nejnižší spotřeba TV proběhla u všech bytových domů v letních měsících (červen, červenec a srpen). Důvodem je období prázdnin a tím i nižší obsazenost obyvatel domů. Podobný trend je patrný i v únoru, kde nižší spotřeba TV je způsobena

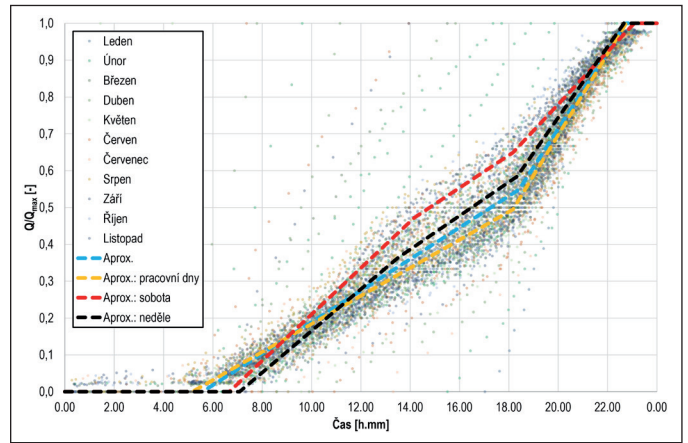
Tab. 5 Parametry posuzovaných bytových domů – město Vlašim

Tab. 5 Characteristics of the assessed residential buildings – the city Vlašim

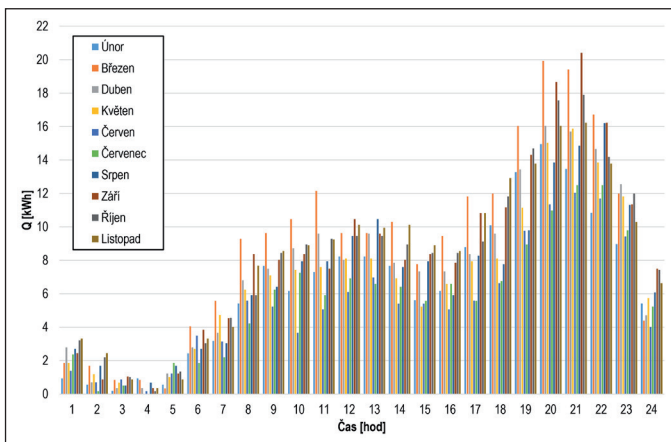
	Bytový dům A	Bytový dům B	Bytový dům C	Bytový dům D
Počet podlaží	5	4	12	12
Počet bytů	64	48	48	48
Spotřeba TV za rok 2015 [m ³ /rok]	1527	872	924	890
Spotřeba TV na byt [m ³ /byt]	23,86	18,17	19,25	18,54



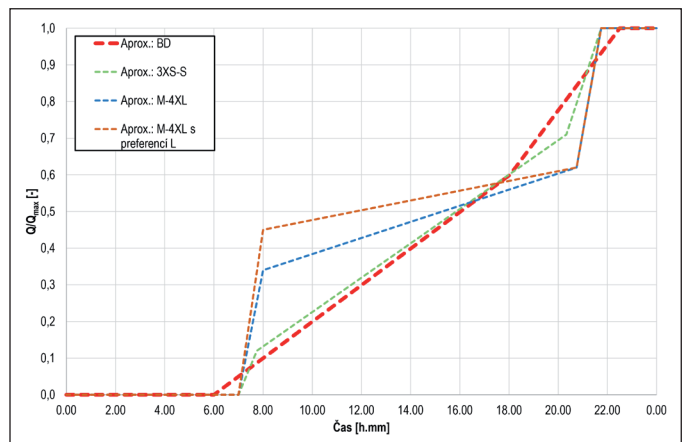
Obr. 9 Měsíční spotřeba TV pro jednotlivé bytové domy za rok 2015
Fig. 9 Monthly consumption of DHW for individual residential houses for the year 2015



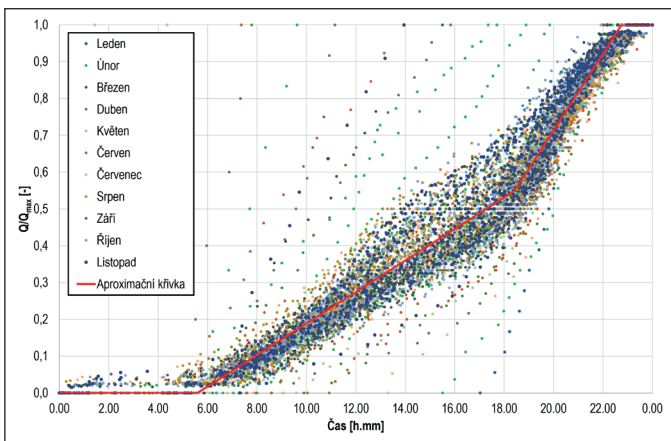
Obr. 12 Aproximační křivky denní spotřeby tepla pro přípravu TV pro bytový dům A
Fig. 12 Approximation curves of daily heat consumption for DHW preparation for the residential building A



Obr. 10 Denní průběh odběrů tepla dodaného ohřívatelem TV pro bytový dům A
Fig. 10 Daily course of consumption of heat supplied by DHV heater for residential building A



Obr. 13 Porovnání aproximačních křivek: BD (průměr pro bytové domy A, B, C a D), dle odběrových profilů 3XS-S, M-4XL a M-4XL s preferencí profilu L
Fig. 13 Comparison of approximation curves: BD (average for residential buildings A, B, C and D), according to consumption profiles 3XS-S, M-4XL and M-4XL with preference of profile L



Obr. 11 Kumulační odběry tepla dodaného ohřívatelem pro bytový dům A za rok 2015
Fig. 11 Cumulative consumptions of heat supplied by heater for residential building A for the year 2015

jednak menším počtem dnů v měsíci, a také termínem školních prázdnin, které využívají rodiny k zimní dovolené.

Denní průběhy odběrů tepla pro přípravu TV (zprůměrované vždy v daném měsíci) v jednotlivých měsících byly pro všechny bytové domy vel-

mi podobné a pro názornost je uveden na obr. 10 pouze bytový dům A. V případě bytových domů A a D bylo dosaženo shodně maximálního odběru TV okolo 21.00 a v domech B a C okolo 20.00. Od 1.00 do 5.00 byl odběr u bytových domů A, B, C a D vůči maximu zanedbatelný. Teprve od 5.00 do 13.00 docházelo k výrazným odběrům TV. V odpoledních hodinách (tj. mezi 13.00 až 17.00) je znatelný pokles odběrů TV. Pro vyjádření jednotlivých procentuálních odběrů v daném časovém úseku jsou naměřené odběry TV opět převedeny do kumulativní křivky (tj. křivky odběru). Pro ukázkou je na obr. 11 znázorněn postup sestavení kumulativní křivky denního odběru TV pro bytový dům A ze všech měřených dnů v roce 2015.

Na obr. 11 je vidět průměrná aproximační křivka odběru zahrnující všechny dny v týdnu. Pokud ale vyjádříme křivky odběru pro dům A samostatně pro pracovní dny a víkendy (obr. 12), můžeme vidět jisté rozdíly. Nejvýraznější rozdíl je vidět u aproximační křivky pro soboty. Rozdíl mezi aproximací soboty a aproximací všech dnů v týdnu dosahuje až 10 %. Pokud se při návrhu použije aproximační křivka všech dní, je zapotřebí brát v potaz i odchylku soboty, která vychází pro návrh negativněji. Podobné trendy byly zaznamenány i u ostatních bytových domů B, C i D.

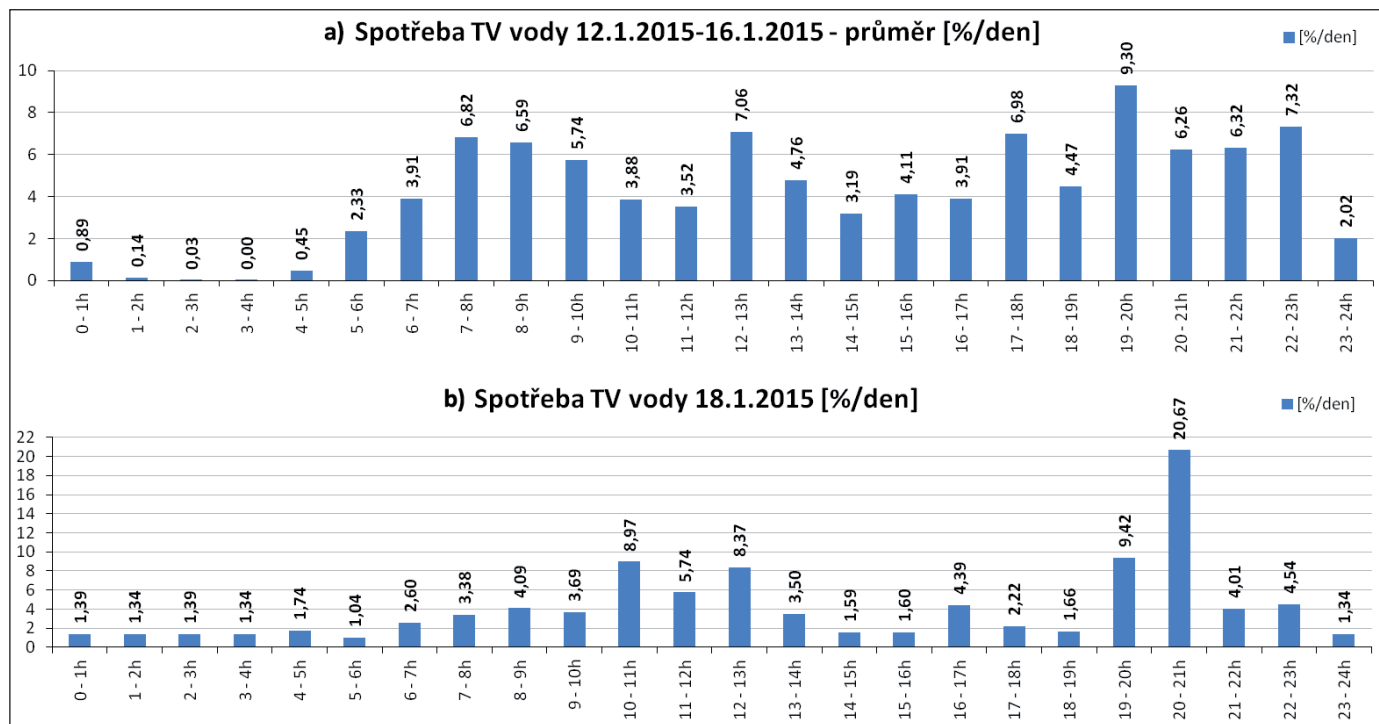
Dle obr. 13 je vidět největší podobnost s průměrnou aproximační křivkou BD u profilu Aprox.: 3XS-S. Důvodem, proč profily M až 4XL vychází

Zdravotně technické instalace – Sanitary Technical Installations

výrazně odlišně, je předpokládán množství spotřebované energie. Jejich průběh je silně ovlivněn jednotlivými obyvateli domu a každý odběr se výrazně projeví v průběhu spotřeby. Naproti tomu bytový dům obývá velký počet obyvatel různých věkových kategorií, které se často liší ve svém denním harmonogramu. Například mladší páry převážně pracují ve standardní pracovní době (od 8.00 do 16.00) a jejich způsob odběru TV by více odpovídal profilům M až 4XL. Kdežto senioři, rodiny s malými dětmi atd. přebývají i v průběhu dne ve svých bytech a využívají více TV pro každodenní potřebu. Dalšími vlivy jsou potřeby, které kvůli časové

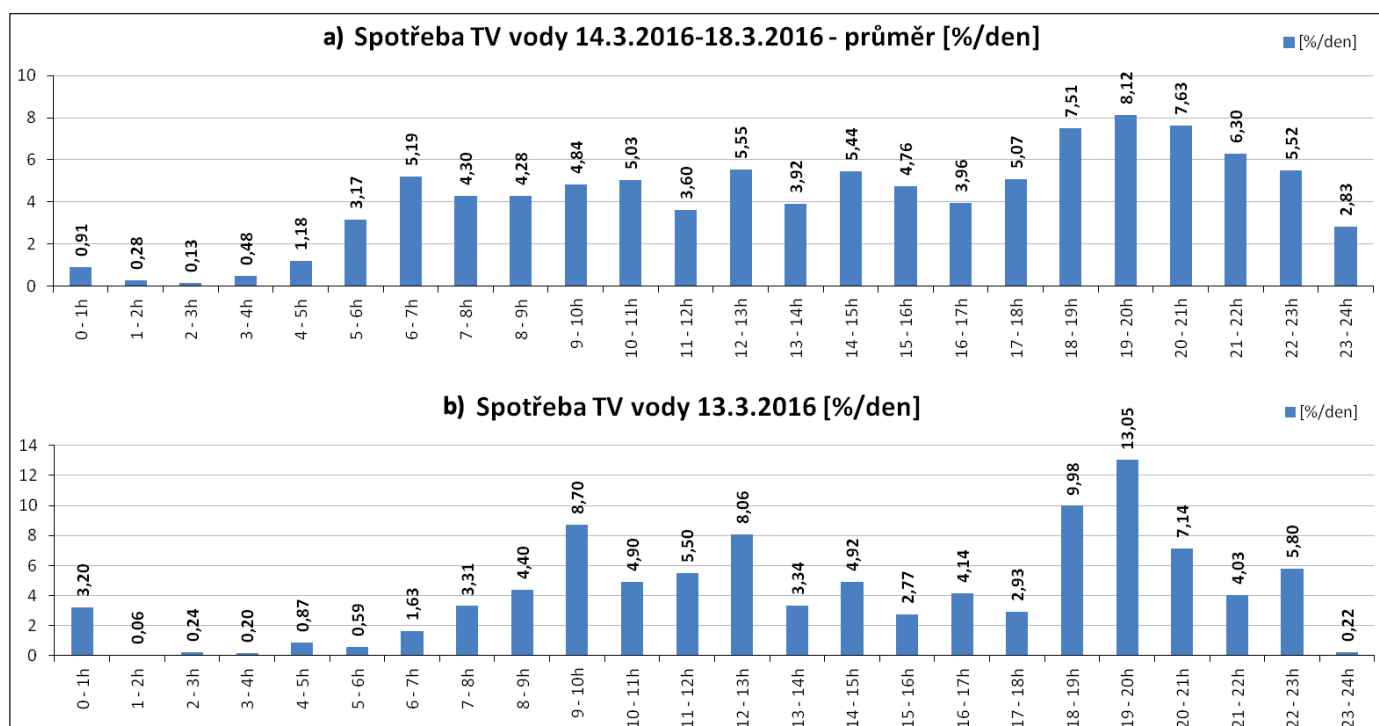
náročnosti nebo delším pravidelným intervalům (např. sprcha a vana je využívána dvakrát až třikrát týdně) neprovozujeme každý den. Příkladem může být opět produktivní generace, která v důsledku pracovní docházky nemá po ránu dostatek času na větší hygienu. Se zvyšujícím počtem obyvatel se kvůli této vysoce individuální potřebě křivka odběru více vyhlazuje a zanikají výrazné špičky na začátku a na konci dne.

Další skupinu měřených bytových domů tvoří bytové domy E (55 obyvatel) a F (131 obyvatel) v Jihomoravském a Moravskoslezském kraji.



Obr. 14 Průměrný průběh spotřeby teplé vody v bytovém domě E (55 obyvatel): a) během pracovních dnů jednoho týdne; b) v neděli

Fig. 14 Average course of domestic hot water consumption in the apartment building E (55 inhabitants): a) during working days of one week; b) on Sunday



Obr. 15 Průměrný průběh spotřeby TV v bytovém domě F (131 obyvatel): a) během pracovního týdne; b) v neděli

Fig. 15 Average course of DHW consumption in the apartment building F (131 inhabitants): a) during working week; b) on Sunday

Příklady měření průběhu denní spotřeby TV jsou uvedeny v grafech na obr. 13 a obr. 14. Spotřeby teplé vody v jednotlivých hodinách jsou v těchto případech uváděny v procentech celodenní spotřeby. Z grafů je patrné, že rozložení spotřeby vody se v pracovních a volných dnech (sobota a neděle) výrazně liší. Během pracovních dnů je průběh odběru teplé vody mezi 7.00 až 22.00 více vyrovnaný. Také se ukazuje, že s rostoucím počtem obyvatel (dům F) jsou odběrové špičky v tomto časovém úseku menší než v domě s menším počtem obyvatel (dům E). V pracovních dnech je patrná největší odběrová špička mezi 19.00 až 20.00. O víkendu je s ohledem na odběrové špičky více dominantní neděle. Mezi 20.00 až 21.00 dojde u domu E (55 obyvatel) k odběru cca 21 % celkové spotřeby teplé vody. S rostoucím počtem obyvatel (dům F, 131 obyvatel) je tato maximální špička rozložena mezi 18.00 až 20.00, ale podíl celkového odebraného množství teplé vody je přibližně stejný, cca 23 %.

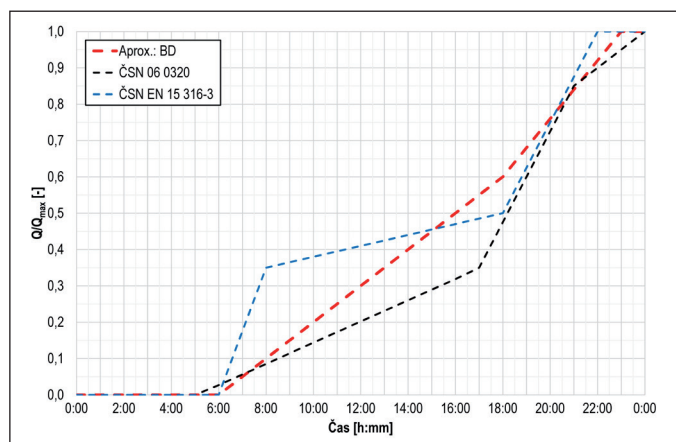
VYHODNOCENÍ

Z výsledků měření různých typů bytových domů vyplývá, že profil odběru teplé vody se s rostoucím počtem obyvatel vyhlazuje a odběrové špičky nejsou tak výrazné. Z pohledu typického dne je zřejmé, že volné dny (víkendy, státní svátky apod.) dávají zcela rozdílný profil odběru v důsledku většího počtu obyvatel v domě během dne a nestandardních hygienických požadavků (sprcha, vana) v ranních a večerních hodinách. Naopak víkendový provoz poskytuje daleko výraznější špičky odběru teplé vody.

Z pohledu definice křivek odběru standardně k tomuto účelu používaných norem ČSN 06 0320 [13] a ČSN EN 15316-3 [14] se nabízí porovnání s reálným odběrem teplé vody pro výše uvedené bytové domy (obr. 16). Zatímco křivka označená ČSN 06 0320 odpovídá spíše nedělnímu provozu odběru teplé vody bytového domu, křivka označená ČSN EN 15 316-3 je bližší běžnému pracovnímu dnu spíše menšího bytového domu nebo např. rodinného domu. Křivka Aprox.: BD pak v sobě zahrnuje průměrný odběr teplé vody měřených bytových domů po celý týden (tj. 7 dní).

ZÁVĚR

Návrh přípravy teplé vody při současném trendu snižování spotřeby energií v budovách nabývá na významu. Např. pro pasivní dům je podíl dodané energie již standardně 50 % na vytápění a 50 % na přípravu teplé vody. Navíc se dá očekávat, že trend zvýšení podílu spotřeby tepla pro přípravu teplé vody se bude v budoucnu nadá-



Obr. 16 Porovnání aproximační křivky BD s křivkami odběru uváděných obvykle dle norem ČSN EN 15 316-3 a ČSN 06 0320

Fig. 16 Comparison of approximation curve BD with approximation curves usually quoted according to the standards ČSN EN 15 316-3 and ČSN 06 0320

Tab. 6 Celkové srovnání časových parametrů odběrů tepla pro přípravu TV dle jednotlivých norem a měření (dle obr. 16)

Tab. 6 Overall comparison of time parameters of heat consumption for DHW preparations according to the individual standards and measurements (according to Fig. 16)

Křivka odběru dle	Čas odběru tepla pro přípravu TV	Podíl z celkově odebraného tepla pro přípravu TV [%]
ČSN 06 0320	0:00 až 5:00	0
	5:00 až 17:00	35
	17:00 až 21:00	50
	21:00 až 24:00	15
ČSN EN 15 316-3	0:00 až 6:00	0
	6:00 až 9:00	35
	9:00 až 19:00	15
	19:00 až 22:00	40
	22:00 až 24:00	10
Aproximace dle měření na BD	0:00 až 6:00	0
	6:00 až 18:00	60
	18:00 až 23:00	40
	23:00 až 24:00	0

le zvyšovat. Pro správný návrh systému přípravy teplé vody je nejdůležitější okrajovou podmínkou znalost profilu odběru teplé vody. Hlavním cílem článku bylo ukázat rozdíly v jednotlivých normách a předpisech. Měření v bytových domech pak prokázala, že s rostoucím počtem odběratelů (bytů) teplé vody je profil odběru bez výraznějších odběrových špiček.

Stran doporučení lze tedy pro návrh systému přípravy teplé vody u menších bytových domů (do 30 až 35 bytů) nebo pro rodinné domy doporučit využití profilu odběru dle sestaveného modelu Aprox.: M-4XL s preferencí profilu L (obr. 13). Naopak pro větší bytové domy (35 bytů a více) je lépe použít odběrový profil Aprox.: BD (obr. 13). Je nutné ale zdůraznit, že metodika křivek odběru a dodávky tepla teplé vody je použitelná v případech, kdy projektant má znalost nejen o profilu odběru teplé vody, ale také o provozu zdroje tepla, a v neposlední řadě o výpočtovém průtoku teplé vody s ohledem na zařizovací předměty v objektu. Tzn. je nutná znalost projektu vodovodu z profese ZTI.

Kontakt na autory: Roman.Vavricka@fs.cvut.cz, Matej.Mazur@fs.cvut.cz

Poděkování: Tato práce vznikla za finanční podpory MŠMT v rámci programu NPU I č. LO1605. Autoři dále děkují Ing. Jakubovi Vránovi, Ph.D., z VUT v Brně za poskytnutá data měření spotřeby TV u bytových domů E a F.

Použité zdroje:

- JIROUT, V. Příprava teplé vody – Sešit projektanta č. 3. Druhé přepracované vydání. STP – OS 02 – Vytápění. Praha, 2007. ISBN 978-80-02-01910-7.
- MAZUR, M. Zátěžový profil ohřivačů teplé vody. Praha, 2016. ČVUT v Praze. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí.
- VAVŘIČKA, R. Metody návrhu zásobníku teplé vody – 1. část. Vytápění, větrání, instalace. 2011, roč. 20, č. 3, s. 108–112. ISSN 1210-1389.
- ŠIROKÝ, J., FABIAN, J. Modelování spotřeb energií budov. Vytápění, větrání, instalace. 2015, roč. 24, č. 4, s. 184–187. ISSN 1210-1389.
- KOLOMAZNÍK, J. Ústřední vytápění a příprava teplé vody – technická normalizace. Vytápění, větrání, instalace. 2015, roč. 24, č. 1, s. 36–37. ISSN 1210-1389.

- [6] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 811/2013 ze dne 18. února 2013, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU, pokud jde o uvádění spotřeby energie na energetických štítcích ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů, kombinovaných ohřivačů, souprav sestávajících z ohřivače pro vytápění vnitřních prostorů, regulátoru teploty a solárního zařízení a souprav sestávajících z kombinovaného ohřivače, regulátoru teploty a solárního zařízení. Brusel, 2013.
- [7] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 812/2013 ze dne 18. února 2013, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU, pokud jde o uvádění spotřeby energie na energetických štítcích ohřivačů vody, zásobníků teplé vody a souprav sestávajících z ohřivače vody a solárního zařízení. Brusel, 2013.
- [8] Nařízení Komise (EU) č. 813/2013 ze dne 2. srpna 2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohřivačů. Brusel, 2013.
- [9] Nařízení Komise (EU) č. 814/2013 ze dne 2. srpna 2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign ohřivačů vody a zásobníků teplé vody. Brusel, 2013.
- [10] Sdělení Komise v rámci provádění nařízení Komise (EU) č. 814/2013, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES, pokud jde o požadavky na ekodesign ohřivačů vody a zásobníků teplé vody, a nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 812/2013, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU, pokud jde o uvádění spotřeby energie na energetických štítcích ohřivačů vody, zásobníků teplé vody a souprav sestávajících z ohřivače vody a solárního zařízení. Brusel, 2014.
- [11] European Council for an Energy Efficient Economy. 814/2013 and 812/2013: *Water heaters and hot water storage tanks* [online]. 4. 10. 2013 [cit. 8. 6. 2016]. Dostupné z: <http://www.eceee.org/ecodesign/products/water-heaters/>
- [12] ČSN EN 13203-2. Gas-fired domestic appliances producing hot water – Part 2: Assessment of energy consumption. Brusel: CEN, 2015.
- [13] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. ČNI, 2006.
- [14] ČSN EN 15 316-3. Tepelné soustavy v budovách – Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinnosti soustavy. ČNI, 2010.
- [15] IWT – University of Stuttgart. *Methodology for the Assessment of the Hot Water Comfort of Factory Made Systems and Custom Built Systems* [online]. Stuttgart, 2012. Dostupné z: <http://www.estif.org/>

Geny německých výpočetních center

Na kongresu Future Thinking 2016 v Darmstadtu byla v kategorii Klimatizace a chlazení oceněna tři řešení a firmy jejich tvůrců.

První cenu získala firma Ex-Cool GmbH z Norimberka za „klasické řešení“ Excool na bázi nepřímého volného chlazení a připojitelného odpařovacího chlazení. Řešení využívá nově vyvinutého samočisticího výměníku vzduch-vzduch-křížový výměník. Vzduch s vyšší výstupní teplotou se využívá k odpařovacímu chlazení. Teplotního rozdílu 2,5 K v mokré části dokáže využít k chladicímu výkonu 0,65 kW/l vody.

Druhou cenu získal systém Sidecooler firmy Schäfer IT Systems z Neunkirchenu za chladicí zařízení odvádějící teplo ze serverů vodou nebo chladivem. Sidecooler se nabízí pro otevřené, uzavřené a hybridní architektury a je vystavěn pro IT racky. Velký výměník tepla snižuje tlakovou ztrátu na straně vzduchu a umožňuje použití chladicí vody o vyšší teplotě.

Na třetím místě se umístilo řešení LCP (Liquid Cooling Package) hybrid CW (Chilled Water) firmy Rittal GmbH, Herborn, spojené jako hybridní chlazení serveru na zadních dveřích. Účinný odvod tepla se děje výměníkem s integrovanými trubkami, v nichž proudí chladivo R134a. Tak lze systémem bez ventilátoru odvést 20 kW tepla. Podle Rittalu lze zadní dveře serverů snadno vyměnit za dveře LCP Hybrid CW.

Pramen: CCI 08/2016, s. 10

(AB)

WHISPER AIR

Decentralizovaná rekuperační jednotka

- 3 velikosti s průtoky **400, 700 a 1000 m³/h**
- Vysoká účinnost rekuperace až **90 %**
- Velmi tichý provoz **35 dBA**
- Integrované **CO₂ čidlo**
- Energeticky úsporné **EC motory**



Argumenty pro:

- ✓ Neustálý přívod čerstvého vzduchu
- ✓ Optimální hladina CO₂
- ✓ Vhodné pro alergiky a lidi trpící dýčacími potížemi
- ✓ Zamezení únavy a bolesti hlavy z vysoké hladiny CO₂
- ✓ Snadná instalace
- ✓ Vhodné i do stávajících budov



ŠKOLY – KANCELÁŘE – KNIHOVNY
– KONFERENCEČNÍ MÍSTNOSTI



www.2vv.cz
2vv@2vv.cz

Výhradní zastoupení pro ČR a SR:

MULTI VAC

info@multivac.cz
www.multivac.cz