

Ing. Roman VAVŘIČKA, Ph.D.
Bc. Erika LANGEROVÁ
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí

Praktické možnosti využití zátěžových profilů ohřivačů teplé vody

Practical Ways of Using Load Profiles of Hot Water Heaters

Recenzent
Ing. Ondřej Hojer, Ph.D.

Článek ukazuje možnosti využití zátěžových profilů ohřivačů teplé vody, definovaných nařízením Komise č. 811, 812, 813 a 814/2013, k sestavení kumulativní křivky odběru teplé vody. Autoři poukazují na chyby, kterých se projektanti systému přípravy teplé vody dopouští ve vztahu k využívání těchto zátěžových profilů. Závěr článku obsahuje srovnání mezi křivkami odběru získanými ze zátěžových profilů ohřivačů teplé vody a reálnými měřeními u různých typů domů.

Klíčová slova: teplá voda, profily ohřivače vody, zásobník teplé vody, příprava teplé vody, návrh zásobníku teplé vody, měření spotřeby teplé vody

The article shows the ways of using load profiles of hot water heaters defined by Commission Regulations No 811, 812, 813 and 814/2013 to construct a cumulative hot water consumption curves. The authors point out errors commonly made by designers of hot water preparation systems in relation to the use of the load profiles. The conclusion of the article contains a comparison between consumption curves obtained with use of the hot water heaters' load profiles and real measurements in different types of buildings.

Keywords: hot water, water-heater load profiles, hot water storage tank, hot water preparation, hot water storage tank design, hot water consumption measurement

ÚVOD

Z hlediska přípravy teplé vody je nutné respektovat využití budovy a její provozní režim. Jednou z možností návrhu vhodného zdroje tepla a velikosti zásobníku teplé vody je využití metody křivek odběru a dodávky tepla. Vstupním údajem pro tuto metodu je znalost odběrové křivky daného objektu, která popisuje rozložení odběrů teplé vody v čase. Křivku je nejlépe sestavit z měření skutečných odběrů teplé vody z řešeného objektu nebo z naměřených hodnot objektu s podobným využitím. Pokud nelze měření provést, využívají se pro sestavení křivky odběru normativní hodnoty.

V rámci nařízení Komise EU č. 811, 812, 813 a 814/2013 o zkoušení a hodnocení energetických parametrů ohřivačů vody vzniklo 10 vzorových zátěžových profilů (tabulkovou formou), které mají odpovídat reálnému provozu ohřivačů v budově. Tyto tabulky je možné převést na grafické vyjádření křivek odběru (více v [7]). Článek porovnává vzorové profily odběru se skutečně naměřenými údaji a dále maximálně zjednodušuje tvar křivek odběru a verifikuje je s reálnými odběry teplé vody tak, aby nebyl výrazně ovlivněn výsledek stanovení velikosti zásobníku teplé vody a požadovaného tepelného výkonu ohřivače.

ZÁTĚŽOVÉ PROFILY DEFINOVANÉ NAŘÍZENÍMI KOMISE EU Č. 811, 812, 813 A 814/2013

Zátěžové profily definované nařízením Komise EU jsou primárně určeny pro testování ohřivačů vody a stanovení tzv. ekodesignu, tj. energetického štítku ohřivače. Zkoušení ohřivačů probíhá v několika 24hodinových cyklech. Odběr teplé vody začíná vždy v 7.00 h a probíhá až do 24.00 h. Od 24.00 h až do 6.59 h se žádný odběr nevyskytuje [1]. Tzv. zátěžový profil tak určuje sled odběrů teplé vody v časové ose (v našem případě v průběhu dne, tj. za 24 hodin). Definuje, jaké množství energie bylo odebráno v příslušném čase. Zátěžové profily dle nařízení Komise EU č. 811, 812, 813 a 814/2013 jsou uvedeny ve formě tabulky, kde je jednotlivým časovým úsekům přiřazeno množství odebrané energie. Každý zátěžový profil byl sestaven tak, aby simuloval použití ohřivače v určitém typu bu-

dovy. Označení zátěžových profilů symbolizuje velikost odběru, přičemž označení 3XS je malý odběr a 4XL označuje výrazné odběrové špičky. Ve studii Ing. Reného Kemny *Water heaters, Review study Task 1* [5], vypracované pro Evropskou komisi, je uvedeno použití profilů z pohledu odběrných míst (tab. 1). Tab. 1 je navíc doplněna o přiřazení zátěžového profilu předpokládanému typu budovy.

Tab. 1 Přiřazení zátěžových profilů k typům budov [5]
(upraveno podle anglického originálu)

Tab. 1 Allocation of load profiles to building types [5]
(adapted from the English original)

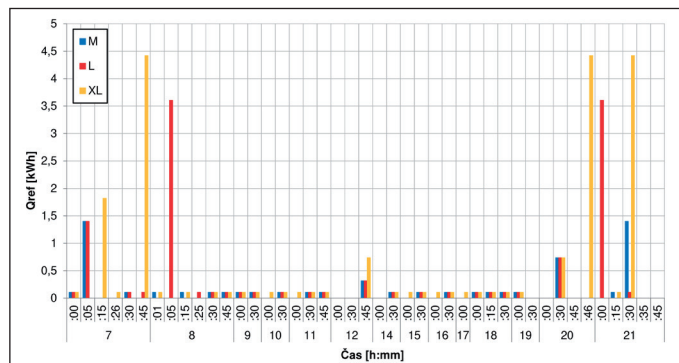
Označení	Typy odběru	Přiřazení k typu budovy
3XS	umyvadlo	kancelářská budova
XXS	kuchyňský dřez nebo umyvadlo	kancelářská budova
XS	sprcha (jedno odběrné místo – sprcha)	kancelářská budova
S	1 osoba s více odběrnými místy, s malým odběrem TV	bytový nebo rodinný dům
M	2 až 3 lidé – příprava TV pouze pro sprchu	bytový nebo rodinný dům
L	4 až 5 osob – příprava TV pro sprchu a nepravdělně pro vanu	bytový nebo rodinný dům
XL	4 až 5 osob – příprava TV pro sprchy a vanu – denně	bytový nebo rodinný dům
XXL	více než 5 osob, nebo menší komerční prostory	víceúčelové budovy
3XL	komerční prostory, veřejné prostory	specifické budovy*
4XL	komerční prostory, veřejné prostory	specifické budovy*

*Pojem „specifické budovy“ zahrnuje např. sportovní areály, veřejné budovy, průmyslové areály apod.

Základní grafické vyjádření zátěžového profilu lze znázornit ve sloupcovém grafu. Příklad takového grafického vyjádření zátěžových profilů M, L a XL je znázorněn na obr. 1. Graf je kvůli přehlednosti zobrazen

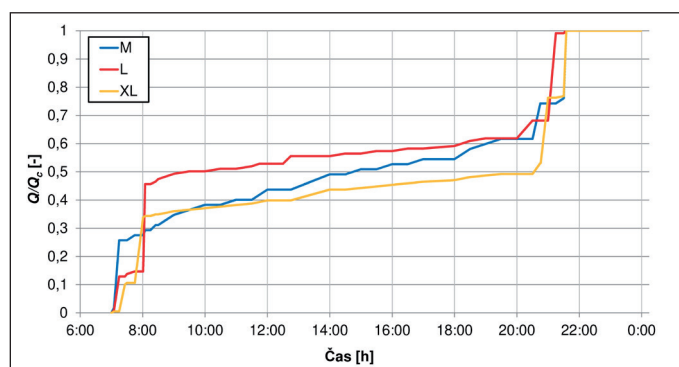
pouze v časovém úseku, kdy nařízení Komise EU definuje probíhající odběry, tzn. v čase mezi 7.00 h do 22.00 h, časová perioda pro daný profil je však samozřejmě 24 hodin, tj. graf by začínal v 0.00 h a končil ve 24.00 h.

Pokud chceme informace o časovém rozložení odběru teplé vody využít pro návrh velikosti zásobníku teplé vody a požadovaného tepelného výkonu ohřívače vody, je vhodné převést informace z obr. 1 do tzv. kumu-



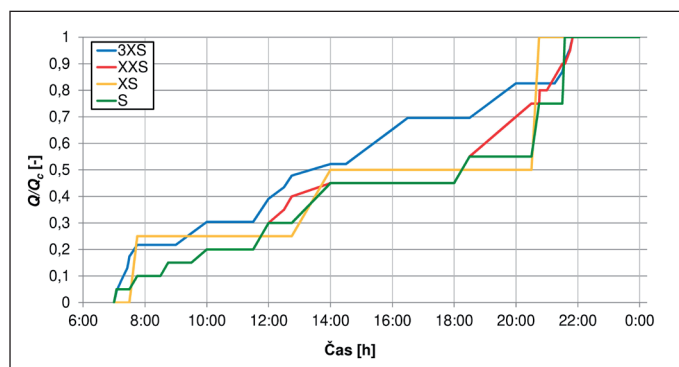
Obr. 1 Sloupcové vyjádření zátěžových profilů M, L a XL dle definice nařízení Komise EU č. 811/2013 [1]

Fig. 1 Column expression of load profiles M, L and XL as defined by Commission Regulation (EU) No 811/2013 [1]



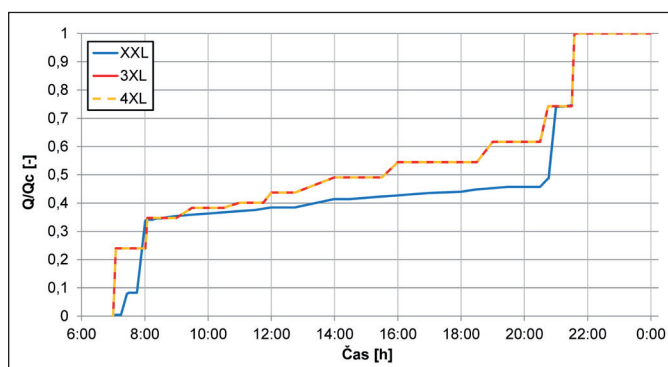
Obr. 2 Kumulativní vyjádření zátěžových profilů M, L a XL dle definice nařízení Komise EU č. 811/2013 – křivky odběru tepelné energie v odebrané teplé vodě, tj. křivky odběru [8]

Fig. 2 Cumulative expression of load profiles M, L and XL as defined by Commission Regulation (EU) No 811/2013 – curves of heat consumption in hot water discharge, i.e. consumption curves [8]



Obr. 3 Kumulativní vyjádření zátěžových profilů 3XS, XXS, XS a S dle definice nařízení Komise EU č. 811/2013 – křivky odběru tepelné energie v odebrané teplé vodě, tj. křivky odběru [8]

Fig. 3 Cumulative expression of load profiles 3XS, XXS, XS and S as defined by Commission Regulation (EU) No 811/2013 – curves of heat consumption in hot water discharge, i.e. consumption curves [8]



Obr. 4 Kumulativní vyjádření zátěžových profilů XXL, 3XL a 4XL dle definice nařízení Komise EU č. 811/2013 – křivky odběru tepelné energie v odebrané teplé vodě, tj. křivky odběru [8]

Fig. 4 Cumulative expression of load profiles XXL, 3XL and 4XL as defined by Commission Regulation (EU) No 811/2013 – curves of heat consumption in hot water discharge, i.e. consumption curves [8]

lativního grafu. Kumulativní křivka je přírůstek odběru energie v závislosti na čase, nemůže mít tedy nikdy klesající trend. Z pohledu návrhu systému přípravy teplé vody rozlišujeme křivku odběru, která charakterizuje kumulativní odběr teplé vody, a křivku dodávky charakterizující kumulativní odběr tepla v ohřívači teplé vody (zdroji tepla). Čím jsou obě křivky strmější, tím vyšší hodnotu odběru energie v závislosti na čase uvažujeme. Více o metodice návrhu systému přípravy teplé vody metodou křivek odběru a dodávky lze nalézt např. v [10], [11], [12]. Obr. 2 znázorňuje kumulativní průběh odběrů teplé vody dle obr. 1. Pro možnosti porovnávání průběhu jednotlivých zátěžových profilů je u kumulativních křivek na ose y použita relativní hodnota odebrané energie vztážená k celkové sumě odebrané energie za celý uvažovaný časový úsek (tj. za 24 hodin).

Kumulativní průběh zátěžového profilu dokáže zřetelně ukázat výrazné změny v odběru teplé vody. Obr. 2 znázorňuje kumulativní průběh odběru u zátěžových profilů M, L a XL. U těchto profilů jsou vidět výrazné odběrové špičky v ranních hodinách (cca mezi 7.05 h až 8.05 h) a ve večerních hodinách (cca mezi 20.30 h až 21.30 h). V průběhu dne je nárůst odběru teplé vody v podstatě rovnoměrný.

Naopak u kumulativních křivek zátěžových profilů 3XS, XXS a S (obr. 3) je vidět rovnoměrný nárůst odběrů teplé vody mezi 8.00 h až 20.00 h, a ačkoli se v tomto čase vyskytují odběrové špičky, nejsou tak výrazné jako u profilů L a XL. Výjimkou je profil XS, u kterého nastávají v podstatě pouze tři odběry během dne, přičemž všechny vykazují významný nárůst odběru v krátkém časovém úseku. Nejvíce je to patrné u večerní špičky, kdy odběr trvá pouze 15 minut a představuje energeticky 50 % z celkového množství odebrané energie během dne. Zátěžové profily 3XS až S ukazují odběr teplé vody charakteristický např. pro úklid, používání toalet, mytí nádobí apod., což je typické např. pro kancelářské budovy.

U zátěžových profilů XXL, 3XL a 4XL (obr. 4) je vidět shoda v grafickém vyjádření s průběhy u zátěžových profilů M, L a XL. Zajímavé je, že v kumulativním vyjádření profily 3XL a 4XL vykazují totožný průběh. Profily 3XL a 4XL se sice liší v požadavku na množství odebrané energie během dne, profil 4XL má dvojnásobné energetické potřeby než profil 3XL, avšak energie se odebrává ve stejných časech a ve stejném poměru k celkovému množství odebrané energie. Zde je proto nutné zdůraznit, že celkové množství odebrané energie na přípravu teplé vody je sice významným vstupním parametrem pro návrh systému přípravy teplé vody, ale důležitější je znát časové intervaly s vazbou na podíl z celkové odebrané energie na přípravu teplé vody.

Celkovou energii pro přípravu teplé vody za časovou periodu lze vyjádřit na základě vztahu:

$$Q_{TV, celk} = Q_{TV, teor} + Q_{TV, ztráty} = Q_{TV, teor} (1 + z) = \frac{V_i \rho c (t_{TV} - t_{SV})}{3600 \cdot 1000} (1 + z) \quad (1)$$

kde je:

$Q_{TV, celk}$	teplo dodané ohřivačem teplé vody [kWh/perioda],
$Q_{TV, teor}$	teplo pro ohřev vody [kWh/perioda],
$Q_{TV, ztráty}$	teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody [kWh/perioda],
z	poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci teplé vody [-],
V_i	celková potřeba teplé vody [m ³ /perioda],
ρ	hustota vody při střední teplotě zásobníku [kg/m ³],
c	měrná tepelná kapacita [J/kg·K],
t_{SV}	teplota studené vody (obvykle 10 °C) [°C],
t_{TV}	teplota teplé vody (obvykle 55 °C) [°C].

Časovou periodou pak rozumíme např. 24 hodin [10]. Z rovnice (1) je vidět, že na celkové teplo dodané ohřivačem teplé vody má nejvýraznější vliv celková potřeba vody V_i a poměrná ztráta tepla při ohřevu a distribuci z . Zatímco poměrná ztráta z je závislá na tepelné izolaci potrubních rozvodů a zásobníku teplé vody nebo na časovém řízení u cirkulačního čerpadla, celková potřeba vody V_i závisí na typu řešeného objektu. Proměnnou ve stanovení celkové potřeby vody jsou u obytných budov osoby, u ubytovacích zařízení to jsou často lůžka a např. u průmyslových areálů počet sprch. Základní přehled ukazují tab. 2 a 3 [13].

Tab. 2 Potřeba teplé vody pro obytné budovy [13]

Tab. 2 Hot water demand for residential buildings [13]

Typ budovy	V_i [l/osoba-den]
objekty pro bydlení (prosté bydlení)	25 – 60
objekty pro bydlení (luxusní bydlení)	60 – 100
jednotlivé bytové jednotky	40 – 70
bytové domy	25 – 30

Pozn.: Hodnoty v tabulkách jsou dle normy uvažovány pro teplotu teplé vody na výtoku 60 °C a teplotu studené vody 13,5 °C.

Tab. 3 Požadavky na teplou vodu pro nebytové budovy [13]

Tab. 3 Hot water demand for non-residential buildings [13]

Způsob využití	Vztažná jednotka	V_i [l/jednotka-den]
ubytování	počet lůžek	28
zdravotnické zařízení, bez ubytování	počet lůžek	10
zdravotnické zařízení, s ubytováním a prádelnou	počet lůžek	88
stravování, 2 jídla za den, tradiční kuchyně	počet hostů na jídlo	21
stravování, 2 jídla za den, samoobslužné	počet hostů na jídlo	8
hotel 1*, bez prádelny	počet lůžek	56
hotel 1*, s prádelnou	počet lůžek	70
hotel 4* a vyšší, bez prádelny	počet lůžek	118
hotel 4* a vyšší, s prádelnou	počet lůžek	132
sportovní zařízení	instalované sprchy	101

Pozn.: Hodnoty v tabulkách jsou dle normy uvažovány pro teplotu teplé vody na výtoku 60 °C a teplotu studené vody 13,5 °C.

NÁVRH ZJEDNODUŠENÍ KŘIVEK ODBĚRU JEDNOTLIVÝCH ZÁTĚŽOVÝCH PROFILŮ

Při zjednodušování byla využita původní kumulativní křivka zátěžového profilu – tj. křivka odběru – a zjednodušení bylo provedeno lineární aproxiací v prostředí MS Excel. Snahou bylo vytvoření co nejjednodušší křivky odběru k danému profilu, zároveň však musely být zohledněny předpokládané odběrové špičky. Je zřejmé, že modelovat složitou křivku odběru dle obr. 2 až 4 je pro použití v praxi nevhodné. Navržené zjednodušení těchto křivek respektuje integraci reálné křivky v každém časovém kroku. Výsledkem je pak zjednodušená křivka odběru, která respektuje odběrové špičky v jednotlivých časech a zároveň není tvarově příliš složitá. Ukázka zjednodušené křivky pro zátěžový profil L je znázorněna na obr. 5. Pro porovnání vypočítaných hodnot velikosti zásobníku teplé vody byla vytvořena referenční křivka dodávky, která musí splňovat následující tři kritéria.

1. Křivka dodávky je odsazena od křivky odběru minimálně o 10 %.

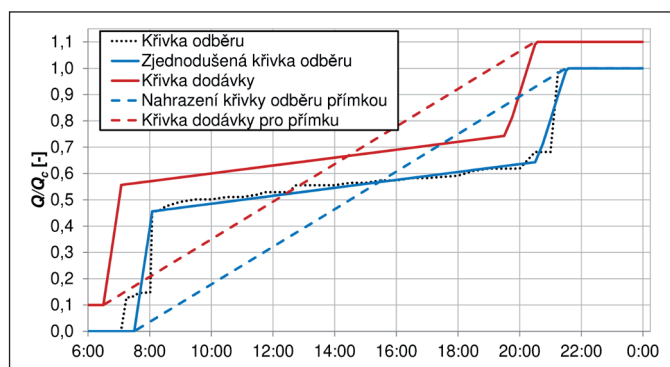
Tento předpoklad respektuje potenciální změny křivky odběru v důsledku nepředvídatelného chování uživatele, např. použití sprchy v odpoledních nebo nočních hodinách, kterou v rámci návrhu dané křivky odběru neuvažujeme. Ekvidistantní odsazení křivky dodávky tepla tak poskytuje minimální rezervu pro tyto neočekávané změny odběru teplé vody (více v [10]).

2. Dodávka energie je časově předsunutá o 1 hodinu před křivku odběru.

Opět je uvažováno s časovou rezervou v rámci předpokládaného odběru teplé vody (tj. při neočekávaném chování uživatele).

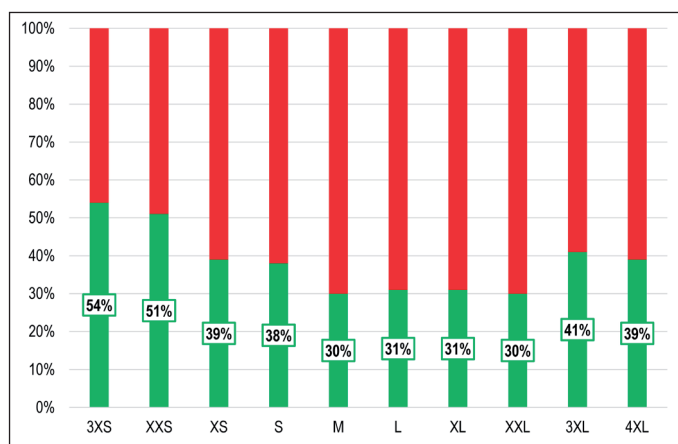
3. Křivka dodávky nikdy neprotíná původní ani zjednodušenou křivku odběru.

Dále nejsou ve výpočtech uvažovány tepelné ztráty při ohřevu a distribuci, protože by to znamenalo pouze konstantní změnu sklonu křivky odběru a dodávky. Ukázka takto sestavených křivek odběru a dodávky je znázorněna na obr. 5. Graf nemá počátek v 0.00 h, ale až v 6.00 h, protože (jak bylo uvedeno výše) zátěžové profily dle nařízení Komise EU uvažují s počátkem odběru vždy až od 7.00 h. Obr. 5 současně odpovídá na otázku, která se velmi často objevuje v praxi, zda by bylo možné nahradit jakoukoli předpokládanou křivku odběru prostou přímkou. V podstatě se však jedná o chybný předpoklad, kdy projektant při výpočtu uvažuje, že pokud zná celkovou potřebu energie pro přípravu teplé vody dle vzorce (1) a zároveň ví, v jakém celkovém časovém intervalu teplou vodu potřebuje, pak stačí tuto energii vydělit časem odběru a výsledkem bude potřebný výkon ohřivače teplé vody. Jak je vidět graficky z obr. 5, je jasné, že tento předpoklad by zcela ignoroval možné odběrové špičky.



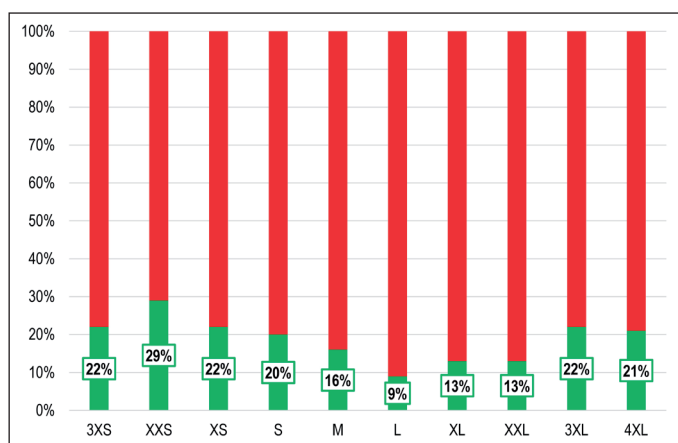
Obr. 5 Ukázka uvažovaného zjednodušení u křivky zátěžového profilu L včetně vytvoření křivek dodávky dle popsaných požadavků [8]

Fig. 5 Demonstration of the considered simplification of the curve of load profile L including creation of supply curves according to the described requirements [8]



Obr. 6 Srovnání vypočítaného objemu zásobníku teplé vody VTV při použití zjednodušené křivky odběru (přímky) s reálnou křivkou dodávky dle principu na obr. 5

Fig. 6 Comparison of the hot water storage tank volume VTV calculated using the simplified consumption curve (line) and the real supply curve according to the principle in Fig. 5



Obr. 7 Srovnání vypočítaného tepelného výkonu ohřivače PTV při použití zjednodušené křivky dodávky (rovnoběžkou s křivkou dodávky ve tvaru přímky) s reálnou křivkou odběru dle principu na obr. 5

Fig. 7 Comparison of the hot water heater heat output PTV calculated using the simplified supply curve (parallel to the line supply curve) and the real consumption curve according to the principle in Fig. 5

VYHODNOCENÍ

Graf na obr. 6 znázorňuje srovnání vypočítané velikosti zásobníku teplé vody pro jednotlivé zátěžové odběry, pokud bychom dle obr. 5 křivku dodávky nahradili přímkou (tzn. dle principu na obr. 5). Na ose y je zvolena poměrová hodnota mezi správně vypočítanou velikostí objemu zásobníku teplé vody (představuje hodnotu 100 %) a vypočítanou velikostí zásobníku teplé vody při použití prosté přímky coby křivky odběru. Číslo uvedené v každém sloupci představuje vypočítané velikosti zásobníku teplé vody pro jednotlivé zátěžové profily vztahované k hodnotě 100 % (tj. ke správně vypočítané velikosti zásobníku se správně zvolenou křivkou odběru). Podobný princip je použit i v grafu na obr. 7 s tím rozdílem, že se jedná o požadovaný tepelný výkon ohřivače teplé vody.

Je vidět, že podcenění způsobu odběru teplé vody v jednotlivých časových úsecích vede k výraznému poddimenzování velikosti zásobníku teplé vody. Platí, že pokud odběrový profil vykazuje více výraznějších odběrových špiček (profily M až XXL), pak roste i chyba výpočtu. Situace při stanovení požadovaného tepelného výkonu ohřivače teplé vody

(obr. 7) je ještě horší. Zde je nutné upozornit, že pokud by byla křivka dodávky přímkou, pak jsou takto vypočítané hodnoty v pořádku. Zjednodušení křivky dodávky na přímku však není vhodné pro návrh velikosti zásobníku teplé vody, a proto i v případě, že se k vytvoření křivky odběru využije takto chybně stanovená křivka odběru, jsou dosažené výsledky pro reálný odběr naprosto nevyhovující.

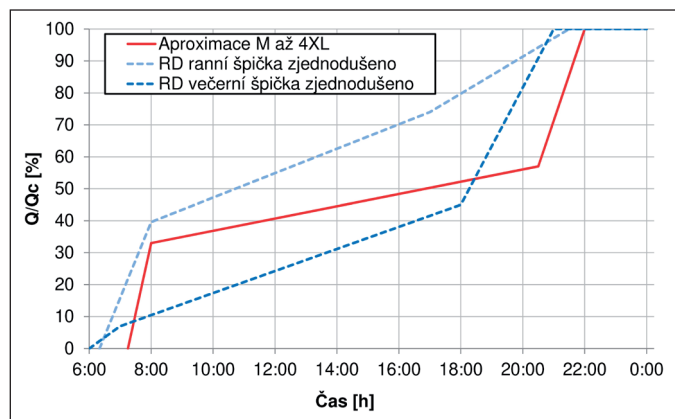
Tento způsob návrhu se bohužel nezdávka objevuje v praxi. Projektant vypočítá teplo dodané ohřivačem teplé vody dle (1), stačí mu znát celkovou potřebu teplé vody V_i (podle osob, lůžek, počtu sprch apod.) a velikost poměrné ztráty tepla při ohřevu, distribuci TV odhadne. Pak stanoví, že teplá voda bude odebírána např. od 6.00 h do 22.00 h, tj. 16 hodin během dne. Požadovaný výkon získá následně pouhým dělením energie a času, požadovanou velikost zásobníku teplé vody vydělením energie požadovaným rozdílem teplot, hustotou a měrnou tepelnou kapacitou vody. Znamená to, že se vůbec nezabývá grafickým vyjádřením způsobu odběru teplé vody a takto vypočítané hodnoty jsou pak v reálném provozu naprosto nevyhovující.

REÁLNÁ MĚŘENÍ

Rodinné domy

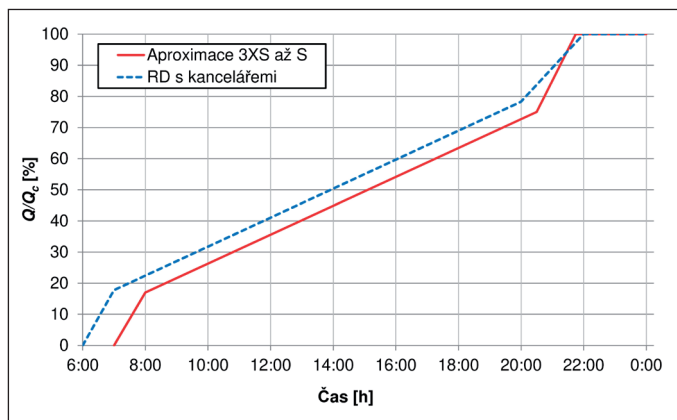
Zajímavé výsledky pro srovnání stanovených kumulativních křivek odběru dle nařízení Komise EU nabízí měření v 74 rodinných domech ve městě Québec v Kanadě, které probíhalo od listopadu 2006 do dubna 2007 [5], [6]. Počet obyvatel každého rodinného domu se pohyboval od jedné do pěti osob, přičemž nejvíce byly zastoupené domy se dvěma a se čtyřmi obyvateli. Spotřeba teplé vody byla měřena v pětiminutových intervalech. Teplá voda se ve všech domech připravovala v zásobníkových ohřivačích ohřevem na výstupu ze zásobníku 60 °C. Při měření čtvrtina domů vykazovala výraznou ranní odběrovou špičku, třetina večerní odběrovou špičku a zbytek měl odběry rozložené nepravidelně během dne.

Z obr. 8 je zřejmé, že křivky odběru stanovené na základě zátěžových profilů M, L a XL vykazují dobrou shodu. Lze konstatovat, že jak ranní, tak i večerní špička ukazuje na podobné trendy. Je patrné, že pokud u rodinného domu nastává výrazná ranní odběrová špička (ranní hygiena spojená se sprchou), pak již ve večerních hodinách není odběr teplé vody tak výrazný. U rodinných domů s večerní odběrovou špičkou (večerní hygiena spojená se sprchou nebo vanou) je situace přesně opačná. Za pozornost také stojí, že v tomto konkrétním měření večerní odběrová špička začíná již okolo 18.00 h a končí ve 21.00 h, což může naznačovat obsazenost domu spíše mladší rodinou s dětmi.



Obr. 8 Porovnání kumulativních křivek odběru dle měření v rodinných domech [5] a [6] s křivkou odběru aproximovanou ze zátěžových profilů M, L, XL, XXL a 4XL

Fig. 8 Comparison of cumulative consumption curves as measured in family houses [5] and [6] with the consumption curve approximated from the load profiles M, L, XL, XXL and 4XL



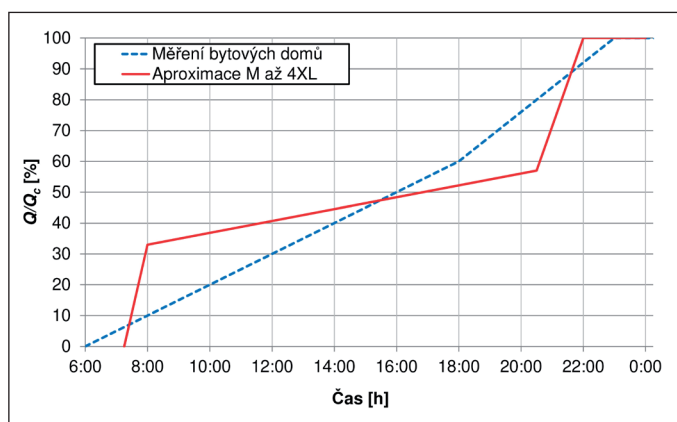
Obr. 9 Porovnání kumulativní křivky odběru dle měření rodinného domu s kancelářemi [9] s křivkou odběru aproximovanou ze zátěžových profilů 3XS, XS a S
Fig. 9 Comparison of cumulative consumption curve as measured in family house with offices [9] with the consumption curve approximated from the load profiles 3XS, XS and S

Kancelářské budovy

Zajímavé výsledky ukazuje práce [9], která obsahuje měření rodinného domu rozděleného na obytnou část a dvě kanceláře, kde je uvedena tabulka s naměřenými hodnotami spotřeby energie pro přípravu teplé vody v závislosti na čase. Z práce [9] byla převzata data naměřená v pracovní den a sestavena křivka odběru vyjádřená poměrově k celkovému odebranému množství energie. Jak je patrné z grafu na obr. 9, odběrová křivka 3XS až S se ranní špičkou dobře shoduje s naměřenými hodnotami, pouze je posunutá v čase. Večerní odběrová špička u reálného měření trvá déle než křivka pro 3XS až S, zřejmě kvůli tomu, že měření zahrnovalo současně i obytnou část budovy. V kancelářských budovách nebo budovách občanské vybavenosti závisí rozložení odběru teplé vody na provozní době budovy, je však vidět, že trend odběru teplé vody u těchto budov je poměrně vyrovnaný a časově dobře předvídatelný.

Bytové domy

Z pohledu typického dne je zřejmé, že volné dny (víkendy, státní svátky apod.) budou dávat mírně rozdílné profily odběru teplé vody v důsledku většího počtu obyvatel, kteří jsou v domě přítomni během dne, a také nestandardních hygienických požadavků v ranních a zejména večerních hodinách. To může být způsobeno např. vyšším využitím vanových koupelí ve volných dnech než pouhého sprchování ve dnech pracovních.



Obr. 10 Porovnání kumulativní křivky odběru dle měření rodinného domu s kancelářemi [9] s křivkou odběru aproximovanou ze zátěžových profilů M, L, XL, XXL a 4XL

Fig. 10 Comparison of cumulative consumption curve as measured in family house with offices [9] with the consumption curve approximated from the load profiles M, L, XL, XXL and 4XL

Typický profil odběru teplé vody pro bytový dům s více než 50 obyvateli je znázorněn na obr. 10 [10]. Ze srovnání se zátěžovými profily, které by měly postihovat odběr teplé vody pro dvou až čtyřčlennou rodinu (tj. M, L, XL, XXL a 4XL), vyplývá, že tyto profily pravděpodobně uvažují pouze s jednou bytovou jednotkou. Jak ukazuje reálné měření v bytových domech, vliv celkového počtu odběrných míst a typického chování uživatelů má přímý vliv na reálnou křivku odběru teplé vody. Lze konstatovat, že s rostoucím počtem obyvatel bytového domu se odběrové špičky výrazně vyhlazují a nejsou tak výrazné, jako by tomu bylo při uvažování pouze jedné bytové jednotky.

ZÁVĚR

Článek reaguje na stále se opakující chyby v navrhování systému přípravy teplé vody. V praxi je běžné, že projektant podceňuje přípravu teplé vody a při návrhu se dopouští celé řady chyb. Z pohledu požadovaného objemu zásobníku teplé vody a tepelného výkonu ohřivače je zásadní chybou zanedbání tvaru odběrových křivek. Jak bylo ukázáno na profilech odběru dle nařízení Evropské komise [1], [2], [3] a [4], takové zjednodušení způsobuje výrazné poddimenzování. Navíc je nutné si uvědomit, že na výsledný návrh má kromě správně zvoleného tvaru křivky odběru vliv také vhodně navržená křivka dodávky. Křivka dodávky by měla respektovat nejen požadavky na odběr tepla v teplé vodě, ale také možnosti použitého ohřivače. Zcela jiný tvar křivky dodávky tepla bude použit např. v bytovém domě napojeném výměňkovou stanicí na centrální horkovod teplárny, než kdyby stejný bytový dům využíval k přípravě teplé vody tepelné čerpadlo, plynový kotel apod. Tvar navrhované křivky dodávky mohou ovlivnit také časové možnosti provozu použitého zdroje tepla, např. při společné přípravě teplé vody a vytápění objektu ze společného zdroje tepla.

Kontakt na autory: Roman.Vavricka@fs.cvut.cz, Erika.Langerova@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) č. 811/2013, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU [online], 2013, Brusel. [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1559499852559&uri=CELEX:52014XC0703\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1559499852559&uri=CELEX:52014XC0703(01))
- [2] Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 812/2013, kterým se doplňuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/30/EU [online], 2013, Brusel. [cit. 2018-10-15]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1540490773594&uri=CELEX:32013R0812>
- [3] Nařízení Komise (EU) č. 813/2013, 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. [online], 2013, Brusel. [cit. 2018-10-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1540490895768&uri=CELEX:32013R0813>
- [4] 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. [online], 2013, Brusel. [cit. 2018-10-16]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1540490977111&uri=CELEX:32013R0814>
- [5] KEMNA, R. *Water heaters, Review study Task 1*. [online], 2019, [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: https://www.ecohotwater-review.eu/downloads/20190208_Water%20Heater%20TASK1%20draft%20final%20report%20January%202019.pdf
- [6] EDWARDS, S., BEAUSOLEIL-MORRISON, I., LAPERRIÉREC, A. *Representative hot water draw profiles at high temporal resolution for simulating the performance of solar thermal systems* [online], 2015, [cit. 2019-05-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X14005131>
- [7] VAVŘIČKA, R., MAZUR, M. Odběrové profily teplé vody. *Vytápění, větrání, instalace*. 2017, roč. 26, č. 3, s. 156–164. ISSN 1210-1389.
- [8] LANGEROVÁ, E. *Zátěžový profil ohřivačů teplé vody*. Praha, 2019. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav techniky prostředí.

- [9] HELÁNOVÁ, B. Energetická náročnost přípravy teplé vody. Brno, 2013. Diplomová práce, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov.
- [10] VAVŘIČKA, R. a kolektiv. *Příprava teplé vody*. Sešit projektanta č. 3. STP – OS 02 – Vytápění. Praha 2017, 182 s. ISBN 978-80-02-02713-3.
- [11] VAVŘIČKA, R. Metody návrhu zásobníku teplé vody – 1. část. *Vytápění, větrání, instalace*. 2011, roč. 20, č. 3, s. 108–112. ISSN 1210-1389.
- [12] ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách. Příprava teplé vody – Navrhování a projektování. ČNI 2006.
- [13] ČSN EN 12831-3 Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 3: Tepelný výkon pro soustavy teplé vody a charakteristika potřeb. Modul M8-2, M8-3. 1. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.