

Ing. Naďa ČERVENKOVÁ
 ČVUT Praha, Fakulta strojní
 Ústav mechaniky tekutin
 a energetiky

Zkoušení a hodnocení tepelných čerpadel v režimu vytápění

Testing and Assessment of Heat Pumps in Heating Mode

Recenzent
 Prof. Ing. Jiří Petrák, CSc.

Předmětem příspěvku je fragment problematiky zkoušení a hodnocení tepelných čerpadel v režimu vytápění. Pro nejčastěji používaná tepelná čerpadla vzduch – voda, voda – voda a nemrznoucí kapalina – voda jsou vybrány nezávislé zkušební Wärmepumpen-Testzentrum Buchs, Eurovent, technické předpisy Rozhodnutí Komise č. 2007/742/ES a normou ČSN EN 14511, které tepelná čerpadla zkouší a hodnotí i zařazují do různých kategorií. Cílem příspěvku je poukázat na rozličnost a především nejednotnost metodiky zkoušení, hodnocení a zařazení tepelných čerpadel do kategorií podle nezávislých zkušeben a technických předpisů.

Klíčová slova: tepelná čerpadla, zkušební podmínky, zkušebny, Evropská komise

The author states in her contribution a fragment of problem as concerns testing and assessment of heat pumps in the heating mode. She chose independent testing rooms Wärmepumpen-Testzentrum Buchs, Eurovent, technical regulations of the Decision of the Commission no. 2007/742/ES and Standard ČSN EN 14511, by which heat pumps are tested, assessed, and classified in different categories for the most frequently used heat pumps using air/water, water/water and antifreeze/water mediums. The aim of the contribution is to highlight the diversity and the disunity of the methodology of testing, assessment, and the classification of heat pumps in categories according to independent testing rooms and technical regulations, above all.

Key words: heat pumps, test conditions, testing rooms, European Commission

ÚVOD

Příspěvek volně navazuje na článek „Zkoušení a hodnocení tepelných čerpadel“ publikovaný v časopisu Vytápění, větrání, instalace č.5/2008 [6]. Cílem této práce je poukázat na rozdílné metodiky způsobů zkoušení a hodnocení tepelných čerpadel v režimu vytápění. Přes to, že zkušební podmínky a hodnotící kritéria jsou definována normami a nařízeními, není bohužel tato oblast žádným způsobem sjednocena. Nejen laik, ale ani odborník se v této spletité problematice nemůže orientovat, natož si vybrat energeticky a ekologicky nejvhodnější výrobek. Tento článek je zaměřen na nejčastěji používaná tepelná čerpadla. Aby bylo patrné, v čem se tabulky technických předpisů liší, jsou pro přehlednost zkráceny.

I. ČSN EN 14511

Evropská technická norma EN 14511 byla v České republice přijata bez překladu a vydána jako ČSN EN 14511 [1] s názvem Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru, je rozdělena na čtyři části. Z části 2 „Zkušební podmínky“ byly pro tento článek vybrány typy systémů tepelných čerpadel vzduch-voda, voda-voda a nemrznoucí kapalina-voda a jejich podmínky pro hodnocení. Jak již název napovídá, tato stať normy se zabývá pouze zkušebními podmínkami pro tepelná čerpadla v režimu vytápění a chlazení bez hodnotících kritérií. V normě jsou pouze odkazy na další normy či technické směrnice a předpisy týkající se opět zkoušení zařízení např. hlučnost či ekologické podmínky uvedení výrobku na trh například podle [2].

Tab. 1 Tepelná čerpadla typu vzduch – voda. Režim vytápění

Podmínky hodnocení	Výparník		Kondenzátor	
	te,s (°C)	te,m (°C)	vstup (°C)	výstup (°C)
Standardní	20	12	40	45
	7	6	30	35
40			45	
Provozní	2	1	a)	35
				45

a) Zkouška se realizuje při objemovém průtoku vody stejném jako během zkoušky při odpovídajících standardních podmínkách hodnocení.

Tab. 2 Tepelná čerpadla typu kapalina – voda. Režim vytápění

		Výparník		Kondenzátor	
		vstup (°C)	výstup (°C)	vstup (°C)	výstup (°C)
Standardní podmínky hodnocení	voda	10	7 ^{b)}	40	45
				30	35
	nemrznoucí kapalina	0	-3 ^{b)}	40	45
				30	35

b) Pro jednotky navržené pro režim vytápění a chlazení je používán objemový průtok vody stejný jako během zkoušky při standardních podmínkách hodnocení v režimu chlazení.

II. TECHNICKÁ SMĚRNICE MŽP Č. 54–2008

Technická směrnice MŽP č. 54–2008, která určuje ekologická kritéria pro udělení ekoznačky Společenství tepelným čerpadlům stanoví, že ekoznačka může být udělena produktu s vlastnostmi, které mu umožňují přispívat ke zlepšení klíčových environmentálních aspektů. Cílem stanovení kritérií Národního programu označování ekologicky šetrných výrobků pro udělení ekoznačky „Ekologicky šetrný výrobek“, je omezit ekologické dopady plynoucí z výroby, provozu a konce životnosti tepelných čerpadel. Technická směrnice MŽP č. 54–2008, která je v souladu s Nařízením Evropského parlamentu a rady (ES) č. 1980/2000 o revidovaném systému Společenství pro udělování ekoznačky a s Rozhodnutím č. 2007/742/ES, se vztahuje na tepelná čerpadla na elektrický nebo plynový pohon nebo absorpční tepelná čerpadla s nejvyšším tepelným výkonem 100 kW.

1. Energetické hodnocení – účinnost v režimu ohřevu (COP)

Účinnost tepelného čerpadla by měla přesahovat minimální požadavky na topný faktor (COP) a na koeficient využití primární energie (PER). COP je poměr topného výkonu ku příkonu kompresoru a příkonu ventilátoru, resp.

čerpadla na nízkotlaké straně a závisí na vstupní teplotě ochlazené látky a na výstupní teplotě ohřivané látky. PER je dán vztahem $COP \times 0,40$ pro tepelná čerpadla na elektrický pohon, kde 0,40 je současná evropská průměrná účinnost výroby elektřiny včetně ztrát sítě.

Směrnice požaduje, aby pro udělení ekoznačky tepelné čerpadlo systému vzduch – voda při teplotě vzduchu 2 °C a ohřevu vody z 40 na 45 °C mělo COP minimálně 2,6. Při ohřevu vody z 30 na 35 °C a stejné teplotě vzduchu je požadován minimální COP = 3,1.

V Technické směrnici je uvedeno, že zkoušky tepelných čerpadel budou provedeny v souladu s normou ČSN EN 14511, ale porovnáním [1] s [3] tomu tak není. V normě ČSN EN 14511 (tab. 1) není pro vzduch s teplotou suchého teploměru 2 °C a mokrého teploměru 1 °C na straně výparníku předepsána vstupní teplota vody do kondenzátoru, protože objemový průtok vody je již předem nastavený z odpovídajících standardních podmínek. Není možné předem definovat, o jaké teplotě bude vstupovat voda do kondenzátoru. Teplotní spád tedy nemůže být 40/45 °C, jak uvádí Technická směrnice. Stejný problém je pro systém vzduch – voda, kde je předem definovaný teplotní spád 30/35 °C.

Tab. 3 Minimální topný faktor pro udělení ekoznačky tepelnému čerpadlu

Typ TČ	Výparník		Kondenzátor		min. COP (1)	min. PER (1)
	te,s (°C)	te,m (°C)	tw1 (°C)	tw2 (°C)		
vzduch – voda	2	1	30	35	3,1	1,24
			40	45	2,6	1,04
	vstup (°C)	výstup (°C)	vstup (°C)	výstup (°C)		
voda – voda	10	7	30	35	5,1	2,04
			40	45	4,2	1,68
nemrznoucí kapalina – voda	0	-3	30	35	4,3	1,72
			40	45	3,5	1,40

Pro tepelná čerpadla voda–voda s teplotním spádem 40/45°C na straně kondenzátoru je minimální hodnota COP pro udělení ekoznačky 4,2, pro teplotní spád 30/35°C je požadovaná minimální hodnota COP 5,1. Podmínky pro zkoušení tepelných čerpadel v režimu vytápění jsou podle [1] a [3] shodné. Minimální hodnota COP pro udělení ekoznačky tepelnému čerpadlu pro systém nemrznoucí kapalina – voda s teplotním spádem 40/45 °C na straně kondenzátoru je 3,5. Pro teplotní spád 30/35°C je požadovaná minimální hodnota COP 4,3. V případě, že je tepelné čerpadlo zkoušeno v režimu vytápění, jsou podmínky podle [1] a [3] opět shodné.

V Technické směrnici nejsou uvedeny ani zkušební podmínky, ani energetická hodnocení tepelných čerpadel kapalina–voda určených jak pro obor vytápění, tak pro obor chlazení. V případě ČSN EN 14511 je tato schopnost některých čerpadel zohledněna zkušebními podmínkami. Na straně výparníku je definován teplotní spád pracovního média. Na straně kondenzátoru je předepsána vstupní teplota vody a objemový průtok vody je stejný jako během zkoušky při standardních podmínkách hodnocení v režimu chlazení, viz tab. 2. V Technické směrnici o této záležitosti není ani zmínka.

2. Ekologické hodnocení – GWP

Další podmínka pro udělení ekoznačky se týká chladiv. Potenciál globálního oteplování (GWP) nesmí překročit hodnotu GWP = 2000 za období 100 let. Pokud má použité chladivo GWP menší než 150, jsou požadavky na minimální hodnotu COP sníženy o 15 %. Uvedenými hodnotami GWP jsou ty, jež jsou uvedeny v příloze I Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006 o některých fluorovaných skleníkových plynech.

Pro ilustraci je v tab. 4 uveden výběr nejpoužívanějších chladiv a jim odpovídající hodnoty GWP.

Tato technická směrnice pouze předepisuje jakou minimální hodnotu COP a EER musí tepelné čerpadlo mít, aby mu byla udělena ekoznačka.

Další aspekty zabývající se zkoušením a hodnocením ve směrnici blíže uvedeny nejsou. Problematika hluku je krátce shrnuta jednou větou odkazující na nespécifikovanou normu.

Tab. 4 Potenciál globálního oteplování

Látka		GWP
R134a	CH ₂ FCF ₃	1300
R404A	R125/R134a/R143a	3780
R407C	R32/R125/R134a	1650
R410A	R32/R125	1980
R744	CO ₂	1

III. WÄRMEPUMPEN-TESTZENTRUM BUCHS

Tepelná čerpadla jsou také zkoušena a hodnocena akreditovanými nezávislými zkušebnami. Mezi takové laboratoře patří i zkušebna Wärmepumpen-Testzentrum Buchs (WPZ) ve Švýcarsku. Ta zkouší tepelná čerpadla nejen za podmínek uvedených normě ČSN EN 14511, ale má stanovené i vlastní podmínky, podle kterých tepelná čerpadla také hodnotí. Tepelná čerpadla jsou hodnocena pouze v režimu vytápění. Podmínky pro zkoušení, nad rámec normy ČSN EN 14511, jsou uvedeny v tab. 5 [7,8].

Tab. 5 Zkušební podmínky WPZ (nad rámec ČSN EN 14511). Režim vytápění. WPZ

Typ TČ	Výparník		Kondenzátor	
	te,s (°C)	te,m (°C)	tw1 (°C)	tw2 (°C)
vzduch – voda	2	1	25	35
	10	8,3	a)	
	20	13,7		55
	vstup (°C)	výstup (°C)	vstup (°C)	výstup (°C)
voda – voda	10	7	25	35
	15	a)	a)	55
nemrznoucí kapalina – voda	0	-3	25	35
	-5	a)	a)	
	5			55

a) Zkouška se realizuje při objemovém průtoku vody stejném jako během zkoušky při odpovídajících standardních podmínkách hodnocení.

1. Energetické hodnocení – hodnota SEKZ

Vlastní podmínky zkušebny WPZ, při kterých jsou tepelná čerpadla zkoušena a hodnocena, jsou pro systém vzduch – voda A2/W35 až 25, pro systém voda – voda W10/W35 až 25 a pro systém nemrznoucí kapalina – voda B0/W35–25. Je evidentní, že kritériem je ohřev vody z 25 na 35 °C (W35 až 25). Za těchto podmínek jsou pro tepelná čerpadla vzduch-voda, voda–voda a nemrznoucí směs-voda stanoveny hodnoty COP.

Hodnota COP je přepočítána na tzv. Standard–Energiekennzahl (SEKZ) podle vzorce (1)

$$SEKZ = \frac{COP}{1 + \xi \cdot (COP - 1)} \quad (1)$$

kde ξ představuje typ tepelného čerpadla a platí:

$\xi = 0$ vzduch – voda

$\xi = 0,019$ voda – voda

$\xi = 0,026$ nemrznoucí kapalina–voda

Podle rozmezí velikosti hodnot SEKZ je stanoveno 7 kategorií viz tab. 6 [5], do kterých jsou tepelná čerpadla s určitým SEKZ přiřazena. Energeticky nejvýhodnější tepelná čerpadla jsou v kategorii 1, nejhorší energetické parametry přísluší tepelným čerpadlům v kategorii 7.

Tab. 6 Rozdělení změřených TČ do jednotlivých kategorií z hlediska energetického

Kategorie	1	2	3	4	5	6	7
SEKZ	> 4,00	> 3,33 až 4,00	> 2,86 až 3,33	> 2,50 až 2,86	> 2,22 až 2,50	> 2,00 až 2,22	< 2,00

Důsledky hodnocení podle SEKZ jsou popsány v příspěvku „Zkoušení a hodnocení tepelných čerpadel“ [6].

Podmínky pro zkoušení a hodnocení jsou na straně výparníku shodné s [1] a [3]. Na straně kondenzátoru je ale podstatný rozdíl v tom, že WPZ ohřívá vodu také z 25 na 35 °C, zatímco [1] a [3] pracují s teplotním spádem 30/35 °C a 40/45 °C. Další podmínky stanovené ve WPZ jsou v tab. 5.

1. Hodnocení hlučnosti

Tepelná čerpadla jsou hodnocena, mimo jiné, podle hlučnosti. Aby se mezi sebou mohla porovnávat tepelná čerpadla různých topných výkonů, je pro jejich hodnocení z hlediska hlučnosti zaveden přepočtený akustický výkon na topný výkon 10 kW podle vzorce (2),

$$L_n = L + 10 \cdot \log\left(\frac{10}{Q_t}\right) \quad (2)$$

kde L představuje naměřený akustický výkon [dB(A)] a Q_t naměřený topný výkon v kW.

Tepelná čerpadla jsou hodnocena z energetického hlediska a netradičně i podle hlučnosti. Je výhodou, že hodnotí hlučnost, přičemž takové hodnocení se nevyskytuje ani v normě, ani ve směrnici. S ohledem na hodnocení tepelných čerpadel by právě hlučnost měla být jedním z důležitých kritérií. Výkonost, kvalita či užžitná hodnota tepelného čerpadla, jsou totiž úzce spjaty s hlukovými projevy.

IV. EUROVENT

Eurovent je mezinárodní organizace výrobců, kteří se angažují ve zdokonalování norem pro obor vytápění, větrání, klimatizace a chlazení na celém evropském trhu. Nezávislá certifikační společnost hodnotí, mimo jiné, převážně aparátů chladičů techniky (obecné tepelné techniky) s elektrickým pohonem o maximálním výkonu při chlazení kapalinou 1500 kW a při chlazení vzduchem 600 kW. Reverzibilní zařízení by měla být certifikována jak v režimu chlazení, tak v režimu vytápění. V tabulce 7 [10] jsou uvedeny vybrané zkušební podmínky.

b) Pro jednotky navržené pro režim vytápění a chlazení je používán objemový průtok vody stejný jako během zkoušky při standardních podmínkách hodnocení v režimu chlazení.

Energetické hodnocení – účinnost v režimu ohřevu (COP)

Tepelná čerpadla jsou hodnocena v režimu vytápění podle hodnoty COP. Třídám, do kterých jsou tepelná čerpadla zařazena, odpovídá určitý rozsah hodnot COP. Nejvyšší je třída A a poslední je třída G. Jaké hodnoty COP přísluší jednotlivým třídám a jejich rozsah je pro dané systémy patrný

Tab. 7 Zkušební podmínky pro tepelná čerpadla v režimu vytápění podle Eurovent

Typ TČ	Výparník		Kondenzátor	
	te,s (°C)	te,m (°C)	tw1 (°C)	tw2 (°C)
vzduch-voda	7	6	30	35
			40	45
	vstup (°C)	výstup (°C)	vstup (°C)	výstup (°C)
voda – voda	10	7 ^{b)}	30	35
			40	45
nemrznoucí kapalina – voda	0	–3	30	35
			40	45

Tab. 8 Kategorizace tepelných čerpadel podle hodnoty COP

Třída	Vzduch voda* A7/W45	Vzduch voda** A7/W45	Vzduch voda A7/W35	Kapalina voda W10/W45	Kapalina voda W10/W35
A	> 3,2	> 3,0	> 4,05	> 4,45	> 4,5
B	3–3,2	2,8–3	3,9–4,05	4,15–4,45	4,25–4,5
C	2,8–3	2,6–2,8	3,75–3,9	3,85–4,15	4,0–4,25
D	2,6–2,8	2,4–2,6	3,6–3,75	3,55–3,85	3,75–4,0
E	2,4–2,6	2,2–2,4	3,45–3,6	3,25–3,55	3,5–3,75
F	2,2–2,4	2–2,2	3,3–3,45	2,95–3,25	3,25–3,5
G	< 2,2	< 2	< 3,3	< 2,95	< 3,25

* výparník umístěn venku

** výparník umístěn uvnitř (s přívodem vzduchu)

z tab. 8. Podmínky jsou totožné se standardními podmínkami hodnocení podle [1].

Zajímavé je porovnat hodnocení Euroventu (tab. 8) s ekoznačkou (tab. 3) pro tepelná čerpadla voda – voda, v obou případech při teplotě zdrojové vody na vstupu do výparníku 10 °C. Pokud je ekoznačka udělena na základě hodnoty COP při ohřevu vody z 40 na 45 °C (COP nad 4,2) Eurovent by toto tepelné čerpadlo při COP pod 4,45 zařadil do třídy B. Pokud stejné tepelné čerpadlo obdrží ekoznačku za COP při ohřevu vody z 30 na 35 °C (COP větší než 5,1), jde z hlediska Euroventu o vynikající výrobek bohatě splňující podmínky třídy A, neboť jeho COP je větší než 4,5 (viz tab. 8).

Takovéto porovnání nelze udělat pro tepelná čerpadla vzduch – voda, protože hodnocení Euroventu a udělení ekoznačky je založeno na různých hodnotách teplot vzduchu vstupujícího do výparníku (7 a 2 °C).

ZÁVĚR

V dnešní době, kdy je kladen důraz na hospodaření s energiemi, roste zájem o netradiční energetiku. Využívání přírodních zdrojů energie vede ke zdokonalování a rychlému rozvoji zařízení po celém světě. Dynamický rozvoj může být ale zároveň „brzdou“ v prolínání se a mnohdy odporující si zájmů technických a ekonomických. Provozovatele či kupující při výběru tepelného čerpadla zajímají nejen jeho užité vlastnosti, ale i cena. Ta mnohdy bývá, a je to špatně, primárním kritériem pro výběr výrobku.

Spotřebitel, mající v plánu koupit co nejlevnější tepelné čerpadlo, by se měl zamyslet nad tím, zda opravdu dosáhne úspor energie, spolehlivosti a schopnosti provozu za minimální cenu. Užité vlastnosti, kvalita, spolehlivost, hlučnost, servis, náhradní díly a další faktory se nám promítají nejen do ceny, ale i při hodnocení tepelného čerpadla.

Z uvedeného textu jsou zřejmé rozdílné podmínky pro zkoušení a následné hodnocení tepelných čerpadel v režimu vytápění. Příkladem je rozdíl mezi zkušebními podmínkami směrnice MŽP a normou, na kterou se směrnice odkazuje, udělováním ekoznačky a hodnocením podle Euroventu apod. Náprava zmíněných nedostatků je ale v nedohlednu. Je evidentní, že zcela chybí souměřitelná procedura pro zkoušení a hodnocení tepelných čerpadel přicházejících na trh nejen z Evropské unie.

Rozdíly mezi čtyřmi vybranými technickými předpisy jsou značné, a to je pouhý fragment, který uvádím. Vzhledem k rychlosti legislativních procesů a zájmu o tuto problematiku vůbec, je pravděpodobné, že ke „sjednocení“ ani nedojde.

Kontakt na autorku: nadik.k@email.cz

Použité zdroje:

- [1] ČSN EN 14511-1 až 4. Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru. Vydání 2008
- [2] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006 ze dne 17. 5. 2006 o některých fluorovaných skleníkových plynech. Úřední věstník EU L 161/1 z 14. 6. 2006
- [3] Technická směrnice MŽP č. 54-2008. Tepelná čerpadla. MŽP, Praha 11. 1. 2008
- [4] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1980/200 ze dne 17. 7. 2000 o revidovaném systému Společenství pro udělování ekoznačky. Úřední věstník EU L 237/1 z 21. 9. 2000
- [5] Rozhodnutí komise č. 2007/742/ES ze dne 9. 11. 2007, kterým se stanoví ekologická kritéria pro udělení ekoznačky Společenství tepelným čerpadlům na elektrický nebo plynový pohon a tepelným čerpadlům absorbujícím plyn. Úřední věstník EU L 301 z 20. 11. 2007
- [6] Petrák, J., Petrák, M., Zkoušení a hodnocení tepelných čerpadel. *Vytápění, větrání, instalace*. 2008, č. 5, s 240-242. ISSN 1210-1389
- [7] D-A-CH Prüfrelement. Prüfung von Luft/Wasser-Wärmepumpen. Wärmepumpen Testzentrum WPZ. Interstaatliche Hochschule für Technik NTB, Buchs. Ausgabe 21. 8. 2007
- [8] D-A-CH Prüfrelement. Prüfung von Wasser/Wasser- und Sole/Wasser Wärmepumpen. Wärmepumpen Testzentrum WPZ. Interstaatliche Hochschule für Technik NTB, Buchs. Ausgabe 21. 8. 2007
- [9] WPZ-Bulletin. Stand der Wärmepumpentechnik. Interstaatliche Hochschule für Technik NTB. Wärmepumpen Testzentrum WPZ. Buchs. Ausgabe 01-2008.
- [10] Eurovent Certification [online]. *The Vision Statement of EUROVENT* [cit. 16. 2. 2010], aktualizováno 31. 3. 2010. Dostupné z: <http://www.eurovent-certification.com>. ■

* Termoakustické chlazení

Na Palo Alto Research Center vyvinuli nový systém pro chlazení místností na základě termoakustiky.

Principiálně se jedná o tepelné oscilace v závislosti na zvukových vlnách. Zařízení sestává z regenerátoru – trubice s akumulací vestavbou. Zvukové vlny vytváří v trubici pole nízkého tlaku/nízké teploty a pole vysokého tlaku/vysoké teploty. V trubici jsou dále umístěny výměníky tepla, které umožňují přívod nebo odvod takto vzniklého tepla z trubice.

Toto nové zařízení má proklamovaný chladicí faktor až 9, tedy víc než dvakrát větší než mají nejlepší kompresorová chladicí zařízení.

(IIR Newsletter No. 42)

(MP)

DAIKIN Ururu Sarara

Perfect C°mfort pro váš domov



**Váš spánek bude hlubší.
Teplota zůstává konstantní.**

**V ložnici i ve všech ostatních místnostech.
Užívejte si trvale optimální a zdravé klima.**

Daikin Ururu Sarara – jediná klimatizace, která dokáže nejen chladit a vytápět, ale i zvlhčovat bez externího zdroje vody, odvlhčovat, přivádět čerstvý vzduch a prostřednictvím víceúrovňového systému čistit vzduch.

www.daikin.cz

DAIKIN
Air Conditioning