

Případová studie: Vytápění rodinného domu tepelným čerpadlem vzduch-vzduch v rámci podpory NZÚ

Jiří Beranovský, MSc., PhD., MBA, EkoWATT CZ s. r. o. a Fakulta elektrotechnická, katedra EMHV

Petra Horová, MSc., EkoWATT CZ s. r. o.

Gabriela Krajcarová, MSc., EkoWATT CZ s. r. o.

Případová studie ukazuje možnosti vytápění rodinného domu tepelným čerpadlem (TČ) vzduch-vzduch. Porovnává jednak různé konstrukční možnosti rodinného domu se zřetelem na splnění požadavků programu NZÚ (Nová zelená úsporám) a zároveň porovnává provozní náklady na vytápění TČ a zemním plynem (ZP).

Cílem je poukázat na skutečnost, že TČ vzduch – vzduch, mají potenciál se ucházet o to být, za určitých podmínek, plnohodnotným zdrojem vytápění a dokonce i přípravy TV. TČ vzduch – vzduch jsou v nejjednodušší formě prosté klimatizace. Řada architektů pasivních domů je zcela intuitivně začala již v minulosti používat pro vytápění domů navržených v pasivním standardu. Je to ostatně logické, protože u domů, jejichž tepelná ztráta je 2 nebo 3 kW, je využití zdroje s nízkým příkonem přínosné.

TČ vzduch – vzduch je vhodné doplnit zařízením na přípravu TV. Na trhu se před několika lety objevila nová zařízení, která integrují TČ a zásobník na vodu. Jedná se v podstatě o kompaktní TČ vzduch – voda. Tato zařízení buď využívají venkovní vzduch jako běžné jednotky nebo je lze umístit do místností, ve kterých chceme primárně udržovat nižší teplotu nebo které mají jistý potenciál přebytečného tepla. Typicky se může jednat o sklepy nebo technické místnosti, kde mohou být umístěny třeba pračky, sušičky, lednice apod. V těchto místnostech, které se primárně vytápí přebytečným teplem, nižší teplota na vytápění nevadí. Tato zařízení navíc chlazený vzduch odvlhčují, což může být v řadě případů výhodou. Může se jednat třeba o sušárnu prádla nebo právě již zmiňovaný sklep.

Některé modely TČ vzduch – vzduch v provedení multisplit umožňují dokonce jednu pozici využít pro přípravu TV. Některé pokročilejší modely dokonce v módu chlazení umožňují přípravu TV odpadním teplem. Takovým provedením se snižuje celková uhlíková stopa zařízení.

Ačkoliv TČ vzduch – vzduch se tedy jeví jako velmi užitečná zařízení, dosud nemají v kategorii TČ stejný status jako TČ voda – voda. Jedná se zejména o celkové vnímání těchto zařízení a jejich použití při návrhu staveb. Přitom TČ mohou v ČR, díky svým vysokým sezónním faktorům, emisně konkurovat zemnímu plynu dokonce i při současném energetickém mixu, jak ukazuje Tabulka 5. Vyšší sezónní topný faktor TČ pomáhá splnit legislativní požadavky nZEB z hlediska primární energie z neobnovitelných zdrojů energie.

V kombinaci s odběrem certifikované zelené elektřiny potom mohou směle konkurovat i využití biomasy a jsou tak jednoznačným adeptem pro využití pro snižování emisní zátěže systémů vytápění. To znamená, že TČ svým způsobem pomáhají splnit požadavky Zelené dohody pro Evropu (European Green Deal).

Předpoklady: Typový rodinný dům Star 123

Modelové řešení představuje typový dvoupodlažní rodinný dům obdélníkového půdorysu zastřešený sedlovou střechou se zastavěnou plochou 77,38 m², celkovou užitnou plochou 134,26 m² a obestavěným prostorem 431,42 m³.

Obálka budovy je zateplená s tepelně-izolačními otvorovými výplněmi. U francouzského okna obývacího pokoje je zastřešená terasa. Předpokládá se, že přírážka na vliv tepelných vazeb má maximální hodnotu 0,02, čemuž odpovídá i požadavek pro novostavby dle vyhlášky 264/2020 Sb.

Orientace objektu se uvažuje se štíty umístěnými v severojižním směru. Průčelí se uvažuje s orientací na východ a na západ. Hlavní vstup je orientován na sever. Předpokládané umístění řešeného objektu je v městské zástavbě s podobně tvarově řešenými objekty.

Předpokládaná délka rozvodů pro teplou vodu (TV) je 15 m bez cirkulace. Předpokládaný objem zásobníku TV je 260 l. Průvzdušnost obálky budovy (blowerdoor test) se uvažuje na maximální úrovni s hodnotou $0,6 \text{ h}^{-1}$.

Objekt je vytápěn na $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Jedná se o teplovzdušné vytápění s průměrnou teplotou přiváděného vzduchu $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Účinnost distribuce tepla se uvažuje na úrovni 91 % (průtok $150 \text{ m}^3/\text{h}$) a účinnost sdílení tepla pracuje s hodnotou 92 % (systém s centrální regulací podle referenční místnosti s výústkou u vnější stěny). Účinnost rekuperace je 80 %. Vzduchotechnická jednotka (VZT) má elektrický dohřev.

Osvětlení se uvažuje pro novostavbu rodinného domu standardní. Systémy TZB jsou řešeny v uvažovaných variantách.

Řešené varianty

Varianty stavební: Obalové konstrukce jsou navrženy na

- V1: doporučené hodnoty součinitele prostu prostupu tepla $U_{\text{rec},20} \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$
- V2: tzv. horší hodnoty součinitele prostu prostupu tepla $U_{\text{pas},20} \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$ pro pasivní budovy
- V3: tzv. lepší hodnoty součinitele prostu prostupu tepla $U_{\text{pas},20} \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$ pro pasivní budovy

Varianty technických zařízení budov (TZB):

- Va: vytápění TČ vzduch- vzduch, příprava TV elektrickým zásobníkem, přirozené větrání
- Vb: vytápění TČ vzduch- vzduch, příprava TV elektrickým zásobníkem, systém VZT s rekuperací
- Vc: vytápění TČ vzduch- vzduch, příprava TV TČ vzduch – voda, přirozené větrání
- Vd: vytápění TČ vzduch- vzduch, příprava TV TČ vzduch – voda, systém VZT s rekuperací
- Ve: vytápění TČ vzduch – voda, příprava TV TČ vzduch – voda, systém VZT s rekuperací

Pro nucené větrání se uvažuje vzduchotechnická jednotka VAM – FC9 se zpětným získáváním tepla (ZZT) se sezónní účinností s minimální hodnotou 80 % a s elektrickým dohřevem.

Varianty Va až Vd mají TČ vzduch- vzduch (tzv. klimatizace) pro vytápění. Ve výpočtech je uvažován model Daikin typ FDXM25-35F3V1B9 s $\text{SCOP} = 4,6$. Pro přípravu TV je uvažováno TČ vzduch – voda Daikin typ EKHH2E – AV3 s $\text{COP} = 3,10$.

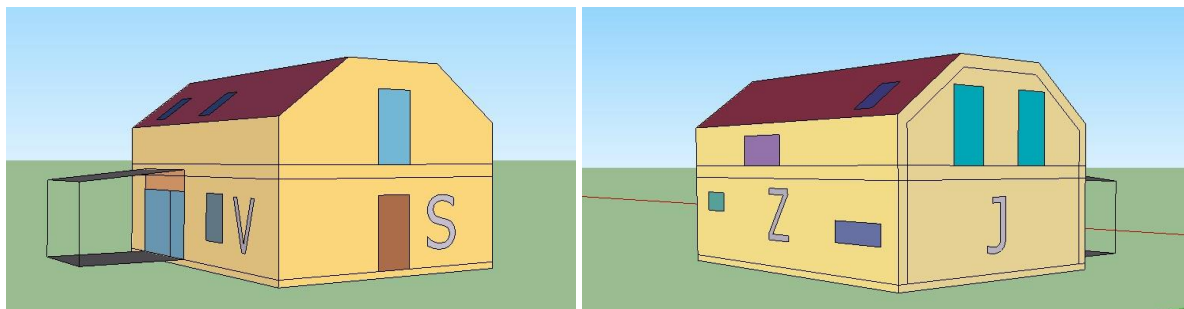
- TČ vzduch - vzduch na vytápění - 90 % TČ a 10 % el. dohřev VZT a el. žebřík v koupelně
- TČ vzduch - voda na přípravu TV – 94 % TČ a 6 % záložní el. dohřev

Tento způsob výpočtu se využívá pro výpočty pro dotační program Nová zelená úsporám.

Varianta Ve se uvažuje s TČ vzduch – voda s venkovní jednotkou ERGA04DV a vnitřní jednotkou EHVH04S23DV s integrovaným zásobníkem TV objemu 230 l. Pro vytápění bylo do výpočtu použito $\text{COP}_{\text{H,gen}} = \text{SCOP} = 4,47$. Pro přípravu TV byly do výpočtu použito $\text{COP}_{\text{W,gen}} = \text{SCOP} = 3,10$. Objekt je vytápěn podlahovým vytápěním s teplotou topné vody $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Podíl roční potřeby tepla na vytápění je 90 % příprava TČ a 6 % záložní el. dohřev a 4 % el. žebřík v koupelně. Podíl roční potřeby tepla na přípravu TV je 94 % příprava TČ a 6 % záložní el. dohřev.

Model obálky budovy

Pro definování plochy vytápěné obálky budovy a pro odečtení jednotlivých ploch obalových konstrukcí byl vytvořen model řešeného objektu. Byla definována energeticky vztažná plocha a vnitřní a vnější objem objektu. Část nevytápěné půdy a terasa není zahrnuta do obálky budovy, jedná se o nevytápěný prostor a exteriér.



Obrázek 1: Ekonomické vyhodnocení, odborný odhad provozních nákladů na elektřinu a ZP.

Vyhodnocení funkčních variant z hlediska programu NZÚ oblast B

Výši podpory na rodinný dům oblasti B - Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností NZÚ 3 ukazuje následující tabulka:

Podoblast podpory	Popis	Výše podpory [Kč/dům]
B.0	dům s nízkou energetickou náročností	150 000
B.1	dům s velmi nízkou energetickou náročností	300 000
B.2	dům s velmi nízkou energetickou náročností s důrazem na použití obnovitelných zdrojů energie	450 000

Tabulka 1: Výše podpory pro program NZÚ oblast B.

Shrnutí:

Označení varianty	Požadavky NZÚ		
	B.0	B.1	B.2
V1 + Vd	✗	✗	✗
V2 + Vd	✓ (třída ENB = B)	✗	✗
V3+ Vd	✓ (třída ENB = A)	✓ (VZT se ZZT min. 87 %, potom EA = 20 kWh/m ² .r a E _{pN,A} = 54 kWh/m ² .r.)	✓ (za předpokladu nižší měrné potřeby tepla na vytápění EA, E _{pN,A} je splněno)
V2+Ve	✓ (třída ENB = B)	✗	✗

Tabulka 2: Posouzení variant z hlediska požadavků NZÚ.

Vyhodnocení funkčních variant z hlediska spotřeby energie, provozních nákladů a emisí CO₂

Tabulka 3 ukazuje vyhodnocení spotřeby energie:

Energetické posouzení, souhrn:							
označení varianty	energonositel	Q,fuel dodaná energie	vytápění	příprava TV	osvětlení	nucené větrání	Celkem
V1 + Vd	elektřina	(MWh/rok)	2,34	1,19	0,69	0,35	4,57
	energie okolního prostředí	(MWh/rok)	5,55	2,09	-	-	7,64
V2 + Vd	elektřina	(MWh/rok)	1,85	1,19	0,69	0,28	4,01
	energie okolního prostředí	(MWh/rok)	4,4	2,09	-	-	6,49
V3+ Vd	elektřina	(MWh/rok)	1,19	1,19	0,69	0,21	3,28
	energie okolního prostředí	(MWh/rok)	2,82	2,09	-	-	4,91
V2+Ve	elektřina	(MWh/rok)	2,14	1,16	0,69	0,17	4,16
	energie okolního prostředí	(MWh/rok)	4,94	2,04	-	-	6,98

Tabulka 3: Vyhodnocení spotřeby energie.

Tabulka 4 ukazuje vyhodnocení emisí CO₂ v souladu s vyhláškou 480/2012 Sb. o energetickém auditu a posudku.

Posouzení z hlediska emisí CO ₂ :					
Sledované parametry	Označení [Jednotka]	Výpočetní varianty			
		V1+Vd	V2+Vd	V3+Vd	V2+Ve
Emise CO ₂ za rok (bez vlivu případného nedopalu)	[t]	4,628	4,071	3,324	4,220
Měrné emise CO ₂ za rok (na 1 m ³)	[kg/(m ³ .r)]	10,7	9,40	7,7	9,8
Měrné emise CO ₂ za rok (na 1 m ²)	[kg/(m ² .r)]	30	26	21	27
Dílčí shrnutí: Z hlediska emisí CO ₂ vychází lépe varianty s použitím TČ vzduch – vzduch se zateplením alespoň na doporučenou hodnotu U jednotlivých konstrukcí. Měrné emise CO ₂ v tomto případě vychází 21 – 26 kg/m².rok. Při použití TČ vzduch – voda na vytápění a přípravu TV vychází hodnota 27 kg/m².rok.					

Tabulka 4: Vyhodnocení z hlediska emisí CO₂ v souladu s vyhláškou 480/2012 Sb.

Tabulka 5 ukazuje alternativní způsob vyhodnocení emisí, který srovnává emise ze spotřeby elektřiny pro navrhovaná řešení pomocí TČ s emisemi z fiktivní spotřeby zemního plynu (ZP) pro srovnatelnou spotřebu energií. Pro vyhodnocení jsou použity emisní koeficienty používané pro program NZÚ:

Alternativní odborný odhad emisí CO₂:							
označení varianty	Energonositel	emise	vytápění	příprava TV	osvětlení	nucené větrání	Celkem
V1 + Vd	Elektřina	(t/rok)	1,144	0,582	0,337	0,171	2,235
	ZP	(t/rok)	1,574	0,654	0,337	0,171	2,736
V2 + Vd	Elektřina	(t/rok)	0,905	0,582	0,337	0,137	1,961
	ZP	(t/rok)	1,247	0,654	0,337	0,137	2,375
V3+ Vd	Elektřina	(t/rok)	0,582	0,582	0,337	0,103	1,604
	ZP	(t/rok)	0,800	0,654	0,337	0,103	1,894
V2+Ve	Elektřina	(t/rok)	1,046	0,567	0,337	0,083	2,034
	ZP	(t/rok)	1,412	0,638	0,337	0,083	2,471
Ve výpočtech jsou uvažovány následující emisní koeficienty: ¹ Elektřina: 0,489 (t/MWh) ZP: 0,19944 (t/MWh)							

Tabulka 5: Alternativní odborný odhad emisí CO₂ podle aktuálního energetického mixu.

Tabulka 6 ukazuje ekonomické vyhodnocení formou provozních nákladů. Hodnocení vychází z předpokladu, že investiční náklady (IN) na pořízení TČ jsou srovnatelné s IN do alternativního řešení pomocí kotle na ZP.

Ekonomické vyhodnocení, odborný odhad provozních nákladů na elektřinu a ZP:							
označení varianty	Energonositel	provozní náklady	vytápění	příprava TV	osvětlení	nucené větrání	Celkem
V1 + Vd	Elektřina	(Kč/rok)	7 020 Kč	3 570 Kč	2 070 Kč	1 050 Kč	13 710 Kč
	ZP	(Kč/rok)	11 835 Kč	4 920 Kč	3 450 Kč	1 750 Kč	21 955 Kč
V2 + Vd	Elektřina	(Kč/rok)	5 550 Kč	3 570 Kč	2 070 Kč	840 Kč	12 030 Kč
	ZP	(Kč/rok)	9 375 Kč	4 920 Kč	3 450 Kč	1 400 Kč	19 145 Kč
V3+ Vd	Elektřina	(Kč/rok)	3 570 Kč	3 570 Kč	2 070 Kč	630 Kč	9 840 Kč
	ZP	(Kč/rok)	6 015 Kč	4 920 Kč	3 450 Kč	1 050 Kč	15 435 Kč
V2+Ve	Elektřina	(Kč/rok)	6 420 Kč	3 480 Kč	2 070 Kč	510 Kč	12 480 Kč
	ZP	(Kč/rok)	10 620 Kč	4 800 Kč	3 450 Kč	850 Kč	19 720 Kč
Ve výpočtech jsou uvažovány následující ceny: Elektřina: NT 3 000 (Kč/MWh) a VT 5 000 (Kč/MWh) ZP: 1 500 (Kč/MWh)							

Tabulka 6: Ekonomické vyhodnocení, odborný odhad provozních nákladů na elektřinu a ZP.

¹ Bc. Kurt Dědič, ředitel odboru ochrany ovzduší (Praha, 3. září 2015) Sdělení odboru ochrany ovzduší ke způsobu výpočtu očekávaných efektů při náhradě stávajících kotlů v rodinných domech moderními zdroji vytápění pro účely zpracování analýzy proveditelnosti k žádostem krajů v rámci Specifického cíle 2.1 Prioritní osy 2 Operačního programu Životní prostředí 2014-2020.

Tabulka 7 ukazuje orientační investiční náklady na pořízení dvou řešených variant.

TČ vzduch-voda		TČ vzduch-vzduch	
TČ vzduch-voda + TV	275 000 Kč	TČ vzduch-vzduch	250 000 Kč
Podlahové vytápění	125 000 Kč	TČ pro přípravu TV	75 000 Kč
Celkem	400 000 Kč	Elektrické vytápění	50 000 Kč
Fancoil na chlazení	135 000 Kč		
Celkem s chlazením	535 000 Kč	Celkem s chlazením	375 000 Kč

Tabulka 7: Odhad investičních nákladů včetně instalace pro TČ vzduch-voda a TČ vzduch-vzduch. (Zdroj: Daikin.)

Shrnutí výsledků pro funkční varianty V1 + Vd, V2+ Vd, V3+ Vd a V2+ Ve

Pro variantu V1 + Vd bez uvedených navrhovaných zlepšení nejsou splněny podmínky dotace NZÚ. Objekt vychází ve třídě B energetické náročnosti.

Pro variantu V2 + Vd jsou splněny podmínky pro dosažení dotace NZÚ podoblast B.0. Objekt vychází ve třídě B energetické náročnosti.

Pro variantu V3 + Vd jsou splněny podmínky pro dosažení dotace NZÚ podoblast B.0. Objekt vychází ve třídě A energetické náročnosti.

Dosažení vyšší kategorie, podoblasti B.1, je možné při uvažování účinnosti rekuperace VZT jednotky na úrovni min. 87 %. Po této úpravě vychází měrná potřeba tepla na vytápění EA 20 kWh/m².r a měrná neobnovitelná primární energie $E_{pN,A}$ 54 kWh/m².r.

Dosažení nejvyšší kategorie, podoblasti B.2, je možné po zlepšení parametru měrné potřeby tepla na vytápění EA s uvažováním přírážky na tepelné vazby s hodnotou 0 (nutné posouzení detailů). Možné je přidat také další systém OZE (například FVE, FTE) případně krb nebo sprchový výměník.

Pro variantu V2 + Ve (TČ vzduch – voda) jsou splněny podmínky pro dosažení dotace NZÚ podoblast B.0. Objekt vychází ve třídě B energetické náročnosti.

Z hlediska emisí CO₂ vychází lépe varianty s použitím TČ vzduch – vzduch se zateplením alespoň na doporučenou hodnotu U jednotlivých konstrukcí. Měrné emise CO₂ v tomto případě vychází 21 – 26 kg/m².rok. Při použití TČ vzduch – voda na vytápění a přípravu TV vychází hodnota 27 kg/m².rok.

Závěry:

Případová studie ukazuje, že TČ vzduch- vzduch v kombinaci s TČ vzduch – voda pro přípravu TV jsou vhodným způsobem vytápění a přípravy TV v úsporných domech. TČ obecně pomáhají novostavbám i rekonstrukcím splnit aktuální požadavky na energetickou náročnost domů.

Je možné dosáhnout i na dotační tituly NZÚ minimálně na úrovni B.0 a třídy B energetické náročnosti. Podmínkou je provedení stavebních konstrukcí alespoň na úrovni tzv. horší hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{pas,20}$ (W/m².K) pro pasivní budovy a využití systému VZT se systémem ZZT.

Dosažení vyšší kategorie dotačního titulu NZÚ, podoblasti B.1, je možné za dvou předpokladů. Podmínkou je provedení stavebních konstrukcí alespoň na úrovni tzv. lepší hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{pas,20}$ (W/m².K) pro pasivní budovy a využití systému VZT se systémem ZZT s minimální účinností na úrovni 87 %.

Dosažení nejvyšší kategorie dotačního titulu NZÚ, podoblasti B.2, je možné po zlepšení parametru měrné potřeby tepla na vytápění EA s uvažováním přírážky na tepelné vazby s hodnotou 0, které implikuje posouzení detailů. Zároveň je možné přidat další systémy OZE, které zlepšují parametry pro neobnovitelné energie.

Z hlediska emisí CO₂ vychází varianty s použitím TČ lépe než ZP. Varianta s vytápěním pomocí TČ vzduch – vzduch a s TČ vzduch – voda pro přípravu TV vychází dokonce lépe než TČ vzduch – voda na vytápění a přípravu TV. Důvodem je vyšší topný faktor.

Literatura:

Ing. HABEL Tomáš, Environment Readiness Officer (2020) Podklady Daikin. M: +420 778 783 028 | E: habel.t@daikin.cz | W: www.daikin.cz. Daikin Airconditioning Central Europe – Czech Republic spol. s r.o.

MACHÁČEK Vladimír, Residential Sales Supervisor (2020) Podklady Daikin. M: +420 603 145 030 | E: machacek.v@daikin.cz | W: www.daikin.cz

Ing. Zbyněk Svoboda (2020) Stavební fyzika. Software. K-CAD, spol. s r.o., Praha, E: kcad@kcad.cz, W: www.kcad.cz

Vyhláška 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov,

Bc. Kurt Dědič, ředitel odboru ochrany ovzduší (Praha, 3. září 2015) Sdělení odboru ochrany ovzduší ke způsobu výpočtu očekávaných efektů při náhradě stávajících kotlů v rodinných domech moderními zdroji vytápění pro účely zpracování analýzy proveditelnosti k žádostem krajů v rámci Specifického cíle 2.1 Prioritní osy 2 Operačního programu Životní prostředí 2014-2020.

ČSN 730540 Tepelná ochrana budov, ČNI 2002 – 2011

ČSN 730542 Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov, ČNI Praha 1995

ČSN EN ISO 6949 Stavební prvky a stavební konstrukce – Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla – Výpočtová metoda, ČNI Praha 1998

ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody, ČNI Praha 1999

ČSN EN ISO 13789 Tepelné chování budov – Měrná tepelná ztráta – Výpočetní metoda, ČNI 2000

ČSN EN ISO 13790 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění, ČNI Praha 2005

ČSN EN 832 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby tepla na vytápění – Obytné budovy, ČNI 2000

ČSN EN ISO 14683 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Lineární činitel prostupu tepla – Zjednodušená metoda a orientační hodnoty, ČNI Praha 2000

ČSN 060320 Ohřívání užitkové vody – Navrhování a projektování