

# OPTIMALIZACE NÁVRHU RODINNÉHO DOMU II

## OPTIMALIZACE SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

ČLÁNEK JE POKRAČOVÁNÍM ČLÁNKU  
„OPTIMALIZACE NÁVRHU RODINNÉHO DOMU“,  
KTERÝ VYŠEL V ČASOPISE DEKTIME 01 | 2012.  
PRVNÍ ČLÁNEK SE ZABÝVAL OPTIMALIZACÍ  
STAVEBNÍ ČÁSTI KONKRÉTNÍHO DOMU.  
OPTIMALIZACE STAVEBNÍ ČÁSTI DOMU  
MĚLA ZA ÚKOL PŘEDEVŠÍM SNIŽIT POTŘEBY  
ENERGIE NA VYTÁPĚNÍ, CHLAZENÍ A VĚTRÁNÍ.

Tento článek se zabývá optimalizací systémů technického zařízení budov v rodinném domě řešeném v minulém článku. Pro optimalizovanou stavební část domu bylo zavedeno označení **pasivní intelligence domu**, pro systémy technických zařízení budov (systémy TZB) a jejich řízení pojem **aktivní intelligence domu**. Aktivní intelligence domu zahrnuje systémy, které zajišťují, aby v domě byla příjemná teplota, čerstvý vzduch a dostatek teplé a studené vody. V minulém článku jsme dospěli k závěru, že vhodně navrženými a provedenými konstrukcemi a stíněním se lze v podmínkách České republiky vyhnout u rodinných domů strojnímu chlazení. Budeme se tedy zabývat jen vytápěním, přípravou teplé vody a energiemi na provoz domácích spotřebičů.

Jaká kritéria při výběru systému vytápění a přípravy teplé vody zajímají investory nejvíce? Jsou to náklady na pořízení systému a jeho provoz (tedy vlastně účinnost systémů a cena za energii vstupující do systémů) a údržbu. Dále pak komfort, který systém poskytuje a náročnost jeho obsluhy a údržby. V současné době také začíná stále více lidí zajímat dopad systémů na životní prostředí, který je možné zohlednit prostřednictvím emisí a spotřeby primární energie.

Některá z uvedených kritérií je možné zhodnotit objektivně číselně. Některá kritéria jsou subjektivní a obecně jen těžko zhodnotitelná a záleží na preferencích každého jednotlivého uživatele. Obtížné lze odhadnout technologický vývoj v oblasti systémů vytápění a přípravy teplé vody, vývoj cen energií a životnost jednotlivých porovnávaných systémů.

Hodnocení jednotlivých systémů vytápění a přípravy teplé vody bylo provedeno pomocí několika kritérií. Jednotlivá kritéria budou popsána v následujícím textu. Variabilita hodnocení tkví především v tom, že různí uživatelé dávají různou váhu odlišným kritériím. Pro někoho je při hodnocení nejpodstatnější například pořizovací cena, pro někoho roční náklady na energie a pro někoho komfort obsluhy.

## HODNOTICÍ KRITÉRIA

### ÚČINNOST SYSTÉMU

Rodinný dům má určitou tepelnou ztrátu, kterou je nutné pokrýt. V domě se spotřebuje určité množství teplé vody. Pokrytí těchto potřeb řeší systémy technických zařízení budov – otopná soustava, systém přípravy a distribuce teplé vody. Tyto systémy, stejně jako všechna technická zařízení, pracují s určitou účinností. Ta je vyjádřena množstvím vstupující energie k práci, která z něj vystupuje. Proto se přirozeně požaduje, aby navržený systém vytápění a přípravy teplé vody v budově byl co možná nejúčinnější.

### NÁKLADY NA PROVOZ SYSTÉMU

Konečného uživatele ale více než abstraktní fyzikální účinnost obvykle zajímají finanční náklady, které jsou s vytápěním, přípravou teplé vody a provozem domácnosti spojené.

### NÁKLADY NA POŘÍZENÍ SYSTÉMU A CELKOVÉ NÁKLADY

Kromě nákladů na provoz systému jsou důležité také náklady na pořízení systému a celkové náklady za celou životnost systému. Jde o náklady na pořízení, náklady na energie a další náklady na provozování systému po určité období. Zde se dostáváme k otázce určení životnosti systémů. Téměř všichni výrobci zdrojů tepla a systémů na přípravu teplé vody

uvádějí u svých výrobků dlouhou životnost v řádu desetiletí.

Výrobci tepelných čerpadel hovoří o životnosti až 20 let. Všechny moderní zdroje tepla v sobě obvykle obsahují regulační elektroniku, jejíž složitost se mezi zdroji dnes již příliš neliší, a téměř všechny zdroje v sobě mají nějaký elektrický pohon (ventilátor, pohon dopravníku paliva, kompresor, atd.). Není důvod uvažovat podstatně odlišnou životnost jednotlivých zdrojů. Proto byla pro ekonomické hodnocení všech systémů uvažována shodná doba životnosti 15 let.

### UŽIVATELSKÝ KOMFORT

Uživatele také zajímá komfort, jaký mu daný systém poskytuje a jak náročná je jeho obsluha. Uživatelský komfort v případě vytápění znamená, jak zdroj tepla dokáže pružně reagovat na měnící se okolní podmínky (např. zohlednění slunečních zisků apod.). Proto byl uživatelský komfort v závěrečném posouzení rozdělen do tří tříd.

Do první třídy spadají zdroje tepla, které automaticky víceméně plynule reagují na aktuální potřebu tepla na vytápění; pokud krátkodobě není potřeba tepla zdroje nespotřebovávají palivo (např. elektrický kotel, kotel na plyn).

Do druhé třídy lze zařadit zdroje tepla, které jsou schopné automaticky reagovat na aktuální potřebu tepla, při krátkodobém

útlumu ale stále spotřebovávají určité množství paliva (automatický kotel na pevná paliva).

Do třetí třídy patří zdroje, které nedokáží automaticky reagovat na měnící se aktuální potřebu tepla na vytápění (kotle na pevná paliva s ruční dodávkou paliva).

### KOMFORT OBSLUHY

Komfort obsluhy je také rozdělen do tří tříd. První třídu tvoří zdroje tepla na pevná paliva s ručním přikládáním (např. krbová kamna, kotel na uhlí apod.). Do druhé třídy patří zdroje na pevná paliva s automatickým přikládáním. Do třetí třídy jsou zařazeny ostatní zdroje, které mají automatickou dodávku paliva víceméně bez zásahu obsluhy (plynový kotel, elektrický kotel atd.).

### EKOLOGIE

Ekologická kritéria lze zjednodušeně zhodnotit pomocí emisí prachu, a spotřeby primární energie.

Uvedená kritéria, pomocí kterých je hodnocen systém TZB, jsou shrnuta v tabulce /01/.

Podrobnosti (vstupní data) pro konečné posouzení jsou uvedeny na následujících třech barevných stranách.

Tabulka 01 | Hodnotící kritéria

| Kritérium                            | Jednotka             |
|--------------------------------------|----------------------|
| Účinnost systému                     | %                    |
| Náklady na provoz systému            | Kč/kWh; Kč/rok       |
| Náklady na pořízení systému          | Kč                   |
| Uživatelský komfort                  | 1 až 3 <sup>1)</sup> |
| Komfort obsluhy                      | 1 až 3 <sup>1)</sup> |
| Ekologie – emise prachu              | g/kWh; kg/rok        |
| Ekologie – spotřeba primární energie | kWh/kWh; kWh/rok     |
| <sup>1)</sup> Rozdělení do kategorií |                      |

## ČÁSTI SYSTÉMU VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY

Systémy vytápění a přípravy teplé vody se obvykle skládají ze tří částí. První částí je zdroj, ve kterém dochází k výrobě tepla z paliva, případně místo, kde dochází k přeměně jednoho druhu tepla na jiný (výměňková stanice, příprava teplé vody, ohřev vzduchu).

Druhou částí jsou rozvody. Může se jednat o rozvody tepla k otopným tělesům, rozvody teplé vody, vzduchovody atd.

Poslední částí pak je sdílení, které je v případě vytápění obvykle zajišťováno otopnými plochami nebo ohřátým vzduchem, v případě teplé vody se jedná o výtakovou baterii.

Na každé z těchto částí dochází ke ztrátám. Například při spalování paliva v kotli není využito veškeré spalné teplo na ohřev topné vody.

Část tepla mizí do okolního prostoru sáláním z povrchu kotle, část pak uniká do komína a tvoří komínovou ztrátu. Na nezaizolovaných i zaizolovaných rozvodech dochází ke ztrátám tepla z povrchu potrubí. Nedostatečná regulace může způsobovat přetápění místností nad požadovanou teplotu.

### PALIVA A ENERGIE

Druhy paliv a energií, které se obvykle užívají pro výrobu tepla v rodinných domech včetně některých jejich důležitých vlastností jsou uvedeny v tabulce /02/.

### ZDROJ TEPLA

Pro přeměnu energie z paliva na prakticky využitelné teplo se užívají zdroje tepla. V současné době je na trhu velké množství různých zdrojů tepla určených pro rodinné domy, které se od sebe značně liší pořizovací cenou, účinností, komfortem obsluhy

a ekologií provozu. Jejich obvykle užívané typy jsou uvedeny v tabulce /03/.

### ROZVODY A DISTRIBUCE TEPLA

Další podstatnou částí otopné soustavy je distribuce a sdílení tepla. V rodinných domech v současné době rozvod a distribuci tepla obvykle zajišťuje dvourubková teplovodní otopná soustava. Otopné plochy tvoří otopná tělesa (nejčastěji plechová desková) nebo podlahové nebo stěnové otopné plochy. Vytápění v rodinném domě lze řešit také lokálními zdroji bez otopné soustavy (např. elektrickými přímotopy, elektrickým podlahovým vytápěním, elektrickými sálavými panely, v současné době méně častěji lokálními zdroji na pevná paliva – kamna, krby atd.). S klesající energetickou náročností rodinných domů se stále častěji používá také mechanické větrání kombinované s teplovzdušným vytápěním. V rámci studie

Tabulka 02 | Přehled cen paliv (květen 2012)

| Palivo                           | Měrná jednotka [m.j.] | Výhřevnost [kWh/m.j.] | Orientační cena paliva [Kč/m.j.] | Orientační cena tepla <sup>1)</sup> [Kč/kWh] |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|
| Zemní plyn – výhřevnost          | m <sup>3</sup>        | 9,43                  | 17,45                            | 1,85                                         |
| Elektřina – D25d (akumulace)     | kWh                   | 1,00                  | 2,17                             | 2,17                                         |
| Elektřina – D45d (přímotopy)     | kWh                   | 1,00                  | 2,80                             | 2,80                                         |
| Elektřina – D55d (tepelné čerp.) | kWh                   | 1,00                  | 2,69                             | 2,69                                         |
| Uhlí hnědé ořech 1               | kg                    | 4,89                  | 3,55                             | 0,73                                         |
| Uhlí hnědé ořech 2               | kg                    | 4,89                  | 2,65                             | 0,54                                         |
| Uhlí černé ořech 1               | kg                    | 6,42                  | 5,10                             | 0,79                                         |
| Uhlí černé ořech 2               | kg                    | 6,42                  | 4,75                             | 0,74                                         |
| Koks                             | kg                    | 7,64                  | 7,30                             | 0,96                                         |
| Dřevo                            | kg                    | 3,78                  | 3,50                             | 0,93                                         |
| Dřevěné brikety                  | kg                    | 4,72                  | 5,20                             | 1,10                                         |
| Dřevěné pelety                   | kg                    | 4,72                  | 5,50                             | 1,16                                         |
| Dřevní štěpka                    | kg                    | 3,47                  | 2,80                             | 0,81                                         |
| Rostlinné pelety                 | kg                    | 4,44                  | 3,65                             | 0,82                                         |
| Propan butan                     | kg                    | 12,89                 | 28,00                            | 2,17                                         |
| Obilí                            | kg                    | 5,00                  | 4,00                             | 0,80                                         |
| Lehký topný olej                 | kg                    | 11,67                 | 28,00                            | 2,40                                         |

<sup>1)</sup> Cena za kilowatthodinu tepla z daného paliva, uvažována 100 % účinnost systému výroby tepla. Z hodnoty lze udělat závěr o nákladnosti jednotlivých paliv bez vlivu systému.

na posuzovaném objektu nebyl hodnocen vliv ceny otopné soustavy na výsledné náklady, byly uvažovány pouze náklady na pořízení zdroje tepla.

U teplovodních otopných soustav je jedním z nejdůležitějších parametrů teplota výstupní a vratné vody a teplotní spád. Tyto teploty mají u některých zdrojů tepla poměrně zásadní vliv na jejich účinnost. Jedná se především o tepelná čerpadla a kondenzační kotle na plynná paliva.

Vliv požadované teploty topné vody a venkovní teploty na účinnost (topný faktor) tepelného čerpadla je znázorněn v grafu /01/.

Graf /01/ znázorňuje závislost topného faktoru tepelného čerpadla na teplotě energetického média (venkovní vzduch) a na teplotě topné vody vystupující z tepelného čerpadla. Topný faktor je poměr topného výkonu tepelného čerpadla a elektrického příkonu tepelného čerpadla. Čím je topný faktor vyšší, tím pracuje tepelné

čerpadlo s vyšší účinností. Z grafu je patrné, že topný faktor roste s rostoucí teplotou energetického média (prostředí, ze kterého je odebíráno nízkopotenciální teplo, například vnější vzduch). Teplotu energetického média nedokážeme příliš ovlivnit. Topný faktor také roste s klesající teplotou topné vody vstupující do otopné soustavy. A právě tento parametr lze ovlivnit vhodnou volbou otopné soustavy. Proto je pro tepelné čerpadlo velmi vhodná otopná soustava s podlahovým vytápěním.

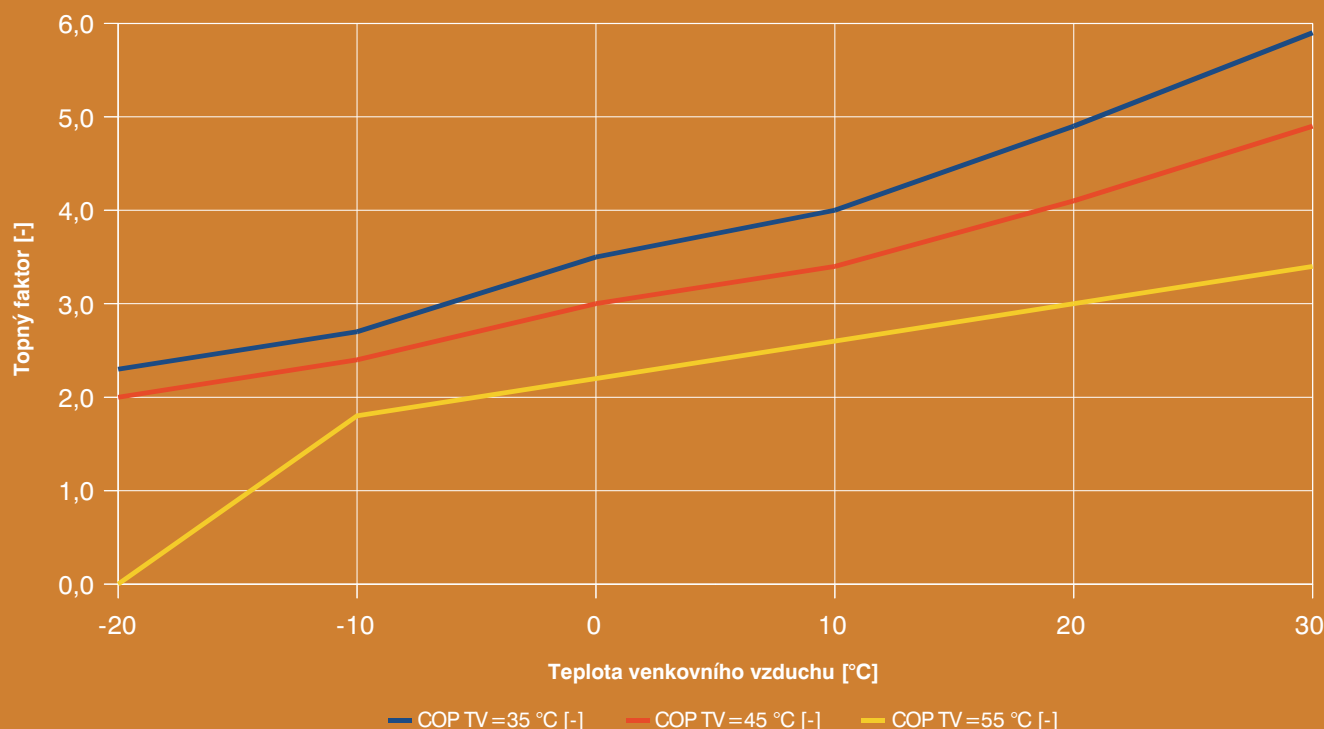
Tabulka 03 | Zdroje tepla

| Typ zdroje tepla                        | Orientační pořizovací cena zdroje <sup>2)</sup> [Kč] | Deklarovaná účinnost zdroje [%] | Průměrná účinnost zdroje [%] | Modulovatelnost zdroje [%] | Užívané palivo   | Cena paliva [Kč/kWh] | Emise prachu [g/kWh] | Uživatelský komfort [-] | Komfort obsluhy [-] | Orientační cena tepla <sup>1)</sup> [Kč/kWh] |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------------------------|
| Elektrické přímotopy                    | 15 000–30 000                                        | až 99                           | 99                           | 100-100                    | Elektřina        | 3,03                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 3,06                                         |
| Kamna na uhlí                           | 15 000–30 000                                        | 55 až 78                        | 50                           | 50-100                     | Brikety, uhlí    | 1,10                 | 4,53                 | 3                       | 3                   | 2,20                                         |
| Kotel na dřevěné pelety automatický     | 72 000–125 000                                       | 82 až 95                        | 85                           | 30-100                     | Dřevěné pelety   | 1,16                 | 0,06                 | 2                       | 2                   | 1,36                                         |
| Kotel na dřevní štěpku                  | 156 000–600 000                                      | 88 až 90                        | 80                           | 30-100                     | Dřevní štěpka    | 0,81                 | 0,36                 | 2                       | 2                   | 1,01                                         |
| Kotel na dřevo                          | 12 000–25 000                                        | 71 až 83                        | 65                           | 50-100                     | Dřevo            | 0,93                 | 0,36                 | 3                       | 3                   | 1,43                                         |
| Kotel na dřevo zplyňovací s aku. nádrží | 75 000–175 000                                       | 81 až 91                        | 82                           | 70-100                     | Dřevo            | 0,93                 | 0,05                 | 1                       | 3                   | 1,13                                         |
| Kotel na elektřinu                      | 15 000–25 000                                        | až 99                           | 99                           | 10-100                     | Elektřina        | 3,03                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 3,06                                         |
| Kotel na koks                           | 12 000–25 000                                        | 70 až 80                        | 75                           | 70-100                     | Koks             | 0,96                 | 0,92                 | 3                       | 3                   | 1,28                                         |
| Kotel na obilí automatický              | 85 000–150 000                                       | 83 až 93                        | 85                           | 30-100                     | Obilí            | 0,80                 | 0,06                 | 2                       | 2                   | 0,94                                         |
| Kotel na propan butan běžný             | 12 000–34 000                                        | 90 až 92                        | 88                           | 40-100                     | Propan butan     | 2,17                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 2,47                                         |
| Kotel na propan butan kondenzační       | 26 000–69 000                                        | až 108                          | 98                           | 10-100                     | Propan butan     | 2,17                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 2,21                                         |
| Kotel na propan butan nízkoteplotní     | 12 000–34 000                                        | 93 až 98                        | 94                           | 40-100                     | Propan butan     | 2,17                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 2,31                                         |
| Kotel na rostlinné pelety automatický   | 85 000–150 000                                       | 83 až 93                        | 85                           | 30-100                     | Rostlinné pelety | 0,82                 | 0,05                 | 2                       | 2                   | 0,96                                         |
| Kotel na uhlí automatický               | 70 000–105 000                                       | 82 až 88                        | 85                           | 30-100                     | Hnědé uhlí       | 0,54                 | 0,17                 | 2                       | 2                   | 0,64                                         |
| Kotel na uhlí odhořivací                | 12 000–25 000                                        | 71 až 83                        | 65                           | 70-100                     | Hnědé uhlí       | 0,73                 | 0,92                 | 3                       | 3                   | 1,12                                         |
| Kotel na uhlí prohořivací               | 12 000–25 000                                        | 55 až 65                        | 55                           | 70-100                     | Hnědé uhlí       | 0,73                 | 4,53                 | 3                       | 3                   | 1,33                                         |
| Kotel na zemní plyn běžný               | 12 000–34 000                                        | 90 až 92                        | 88                           | 40-100                     | Zemní plyn       | 2,03                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 2,31                                         |
| Kotel na zemní plyn kondenzační         | 26 000–69 000                                        | až 108                          | 98                           | 10-100                     | Zemní plyn       | 2,03                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 2,07                                         |
| Kotel na zemní plyn nízkoteplotní       | 12 000–34 000                                        | 93 až 98                        | 90                           | 40-100                     | Zemní plyn       | 2,03                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 2,26                                         |
| Otevřený krb                            | 20 000–50 000                                        | 10 až 15                        | 10                           | 70-100                     | Dřevo            | 0,93                 | 4,53                 | 3                       | 3                   | 9,30                                         |
| Krbová vložka                           | 20 000–50 000                                        | 40 až 60                        | 50                           | 70-100                     | Dřevo            | 0,93                 | 0,36                 | 3                       | 3                   | 1,86                                         |
| Tepelné čerpadlo                        | 110 000–160 000                                      | až 320                          | 270                          | 100                        | Elektřina        | 2,79                 | 0,00                 | 1                       | 1                   | 1,03                                         |

<sup>1)</sup> Cena tepla se zohledněním účinnosti zdroje

<sup>2)</sup> Orientační pořizovací cena zdroje na rodinný dům se ztrátou 15 kW

Graf 01 | Závislost topného faktoru na venkovní teplotě a požadované teplotě topné vody



Topná voda v podlahovém vytápění má totiž obvykle teplotu 30 až 40 °C. V kombinaci s podlahovým vytápěním může tepelné čerpadlo pracovat s výrazně vyšší efektivitou než v klasické otopné soustavě s otopnými tělesy navrženými na teplotní spád 75/65 °C. Pokud v kombinaci s tepelným čerpadlem chceme použít otopná tělesa, je vhodné je dimenzovat na nižší teplotu otopné vody (např. na 45/35), pak ale vychází otopná tělesa s velmi velkými rozměry.

Podobný vliv na účinnost jako u tepelného čerpadla má správný návrh otopné soustavy v případě kondenzačního plynového kotle na zemní plyn. Kondenzační plynový kotel při výrobě tepla spalováním plynu využívá nejen citelné teplo, ale také latentní teplo z kondenzace vodní páry ve spalínách. Aby došlo ke kondenzaci vodní páry ze spalín, musí být teplota vratné vody ve výměníku spaliny-voda v kotli nižší, než teplota kondenzace vodní páry ve spalínách. Tato teplota se podle přebytku spalovacího vzduchu pohybuje mezi 50 a 55 °C. Při použití kondenzačního plynového kotle je tedy vhodné použít nízkoteplotní otopnou

soustavu s teplotou vratné vody pod 50 °C. Využitím latentního tepla lze zvýšit účinnost plynového kotle teoreticky až o 11 %.

#### AKUMULACE TEPLA

V úvodní části článku se hovoří o uživatelském komfortu, který hodnotí, jak se který zdroj dokáže svým okamžitým výkonem přizpůsobit aktuální potřebě tepla na vytápění. Výkon zdroje tepla je dimenzovaný na výpočtovou venkovní teplotu (obvykle -12 °C až -18 °C). Tato velmi nízká teplota ale v otopném období obvykle nastává jen na poměrně krátkou dobu, obvykle několik hodin, maximálně několik dnů. Po většinu otopného období je tedy výkon zdroje tepla předimenzovaný a zdroj je provozován na nižší než jmenovitý výkon. Někdy je rozdíl mezi jmenovitým výkonem zdroje a aktuálně požadovaným výkonem zdroje značný. U některých zdrojů toto nečiní problém. Plynové kondenzační kotle dokáží modulovat svůj výkon obvykle v rozsahu 20 až 100 % jmenovitého výkonu, automatické kotle na pevná paliva obvykle v rozsahu 30 až 100 % jmenovitého výkonu.

Problém nastává u kotlů na pevná paliva s ručním přikládáním paliva a u tepelných čerpadel. U těch je modulace výkonu poměrně obtížná. Akumulační nádrž dokáže „překlenout“ rozdíl mezi aktuální potřebou tepla na vytápění a výkonem zdroje tepla. Zdroj tepla je možné provozovat na jmenovitý výkon, při kterém funguje optimálně a s největší možnou účinností. Vyrobené teplo je ukládáno do topné vody v akumulaci nádrži, ze které lze odebírat do otopné soustavy právě takové množství tepla, které je aktuálně vyžadováno. Akumulační nádrž navíc výrazně zvyšuje tepelnou pohodu v interiéru domu a u kotlů na pevná paliva s ruční dodávkou paliva umožní v teplejší části otopného období nezatápět každý den, ale třeba jednou za dva až tři dny. U tepelného čerpadla pak akumulaci nádrž výrazně snižuje počet startů, které jsou klíčové pro životnost tepelného čerpadla a životnost čerpadla prodlužuje.



## VÝBĚR ZDROJE TEPLA NA VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY PRO POSUZOVANÝ DŮM

V prvním článku tohoto seriálu (DEKTIME 01 | 2012) jsme provedli optimalizaci stavební části konkrétního rodinného domu. Nyní na tomto domě provedeme studii výhodnosti různých zdrojů tepla. Tepelná ztráta řešeného domu je po optimalizaci stavební části

poměrně malá, stejně jako potřeba tepla na vytápění. Vstupní hodnoty jsou uvedeny v tabulce /04/.

## ZHODNOCENÍ ZDROJŮ TEPLA

V tabulce /05/ je zhodnocení možných zdrojů tepla pro vytápění a přípravu teplé vody. Hodnocení bylo provedeno s uvažováním otopné soustavy o účinnosti rozvodu, distribuce a regulace 87%. Růst cen energií je uvažován

jednotně hodnotou 5 % za rok. Doba životnosti je pro všechny zdroje uvažována shodně 15 let.

Kritéria z tabulky /01/ jsou hodnocena v tabulce /05/. Hodnoty v každém sloupci jsou barevně rozděleny do tří tříd. Hodnotám spadajícím do nejlepší třídy je přiřazena zelená barva, hodnotám spadajícím do střední třídy oranžová barva a hodnotám spadajícím do nejhorší třídy červená barva.

Tabulka 04 | Vstupní hodnoty pro studii výhodnosti možných zdrojů tepla

|                                                                                                                |    |       |     |           |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|-----|-----------|-------|
| Tepelná ztráta domu [kW]                                                                                       |    | 5     |     |           |       |
| Potřeba tepla na vytápění [kWh/rok]                                                                            |    | 6 354 |     |           |       |
| Potřeba tepla na přípravu teplé vody [kWh/rok]                                                                 |    | 3 392 |     |           |       |
| Spotřeba elektrické energie v domácnosti [kWh/rok]                                                             |    | 3 500 |     |           |       |
| Rozdělení spotřeby elektrické energie v domácnosti (bez vytápění a přípravy teplé vody) podle použitého tarifu |    |       |     |           |       |
| Tarif D2d (bez nízkého tarifu)                                                                                 | VT | [%]   | 100 | [kWh/rok] | 3 500 |
|                                                                                                                | NT | [%]   | 0   | [kWh/rok] | 0     |
| Tarif D25d (8 hodin nízkého tarifu denně)                                                                      | VT | [%]   | 40  | [kWh/rok] | 1 400 |
|                                                                                                                | NT | [%]   | 60  | [kWh/rok] | 2 100 |
| Tarif D45d (20 hodin nízkého tarifu denně)                                                                     | VT | [%]   | 10  | [kWh/rok] | 350   |
|                                                                                                                | NT | [%]   | 90  | [kWh/rok] | 3 150 |
| Tarif D55d (22 hodin nízkého tarifu denně)                                                                     | VT | [%]   | 5   | [kWh/rok] | 175   |
|                                                                                                                | NT | [%]   | 95  | [kWh/rok] | 3 325 |

Tabulka 05 | Zhodnocení možných zdrojů tepla pro vytápění a přípravu teplé vody

| Č.                              | Zdroj tepla na vytápění                | Zdroj tepla na přípravu teplé vody    | Tarif na elektřinu [Kč] | Účinnost zdroje vytápění [%] | Účinnost zdroje na přípravu TV [%] | Náklady na pořízení [Kč] |
|---------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Nejčastěji realizované varianty |                                        |                                       |                         |                              |                                    |                          |
| 1                               | Kotel na dřevěné pelety                | Topná sezóna kotel, mimo el. bojler   | D25d                    | 85,0                         | 99,0                               | 153 900                  |
| 2                               | Kotel na dřevo zplyňovací s aku nádrží | Topná sezóna kotel, mimo el. bojler   | D25d                    | 82,0                         | 82,0                               | 150 480                  |
| 3                               | Kotel na elektřinu                     | Kotel na elektřinu                    | D45d                    | 99,0                         | 99,0                               | 30 780                   |
| 4                               | Kotel na uhlí automatický              | Topná sezóna kotel, mimo el. bojler   | D25d                    | 85,0                         | 99,0                               | 125 400                  |
| 5                               | Kotel na zemní plyn kondenzační        | Kotel na zemní plyn kondenzační       | D2d                     | 98,0                         | 98,0                               | 62 700                   |
| 6                               | Tepelné čerpadlo                       | Tepelné čerpadlo                      | D55d                    | 270,0                        | 270,0                              | 239 400                  |
| Další varianty                  |                                        |                                       |                         |                              |                                    |                          |
| 7                               | Elektrické přímotopy                   | Elektrický bojler                     | D45d                    | 99,0                         | 99,0                               | 36 480                   |
| 8                               | Kotel na dřevěné pelety                | Kotel na dřevěné pelety               | D2d                     | 85,0                         | 85,0                               | 148 200                  |
| 9                               | Kotel na dřevěné pelety                | Elektrický bojler                     | D25d                    | 85,0                         | 99,0                               | 133 380                  |
| 10                              | Kotel na dřevní štěpku                 | Kotel na dřevní štěpku                | D2d                     | 80,0                         | 80,0                               | 228 000                  |
| 11                              | Kotel na dřevo                         | Kotel na dřevo                        | D2d                     | 65,0                         | 65,0                               | 45 600                   |
| 12                              | Kotel na dřevo zplyňovací s aku nádrží | Elektrický bojler                     | D25d                    | 82,0                         | 99,0                               | 150 480                  |
| 13                              | Kotel na obilí automatický             | Kotel na obilí automatický            | D2d                     | 85,0                         | 85,0                               | 157 320                  |
| 14                              | Krbová vložka                          | Elektrický bojler                     | D25d                    | 50,0                         | 59,0                               | 51 300                   |
| 15                              | Kotel na propan butan kondenzační      | Kotel na propan butan kondenzační     | D2d                     | 98,0                         | 98,0                               | 62 700                   |
| 16                              | Kotel na rostlinné pelety automatický  | Kotel na rostlinné pelety automatický | D2d                     | 85,0                         | 85,0                               | 157 320                  |
| 17                              | Kotel na uhlí automatický              | Kotel na uhlí automatický             | D2d                     | 85,0                         | 85,0                               | 119 700                  |
| 18                              | Kotel na uhlí automatický              | Elektrický bojler                     | D25d                    | 85,0                         | 99,0                               | 125 400                  |
| 19                              | Kotel na uhlí prohořivací              | Kotel na uhlí prohořivací             | D2d                     | 55,0                         | 55,0                               | 39 900                   |
| 20                              | Kotel na zemní plyn nízkoteplotní      | Kotel na zemní plyn nízkoteplotní     | D2d                     | 94,0                         | 94,0                               | 38 760                   |
| 21                              | Kotel na zemní plyn kondenzační        | Elektrický bojler                     | D25d                    | 98,0                         | 99,0                               | 131 100                  |

### ROZBOR VÝSLEDKŮ VÝBĚRU ZDROJE (komentář k tabulce /05/)

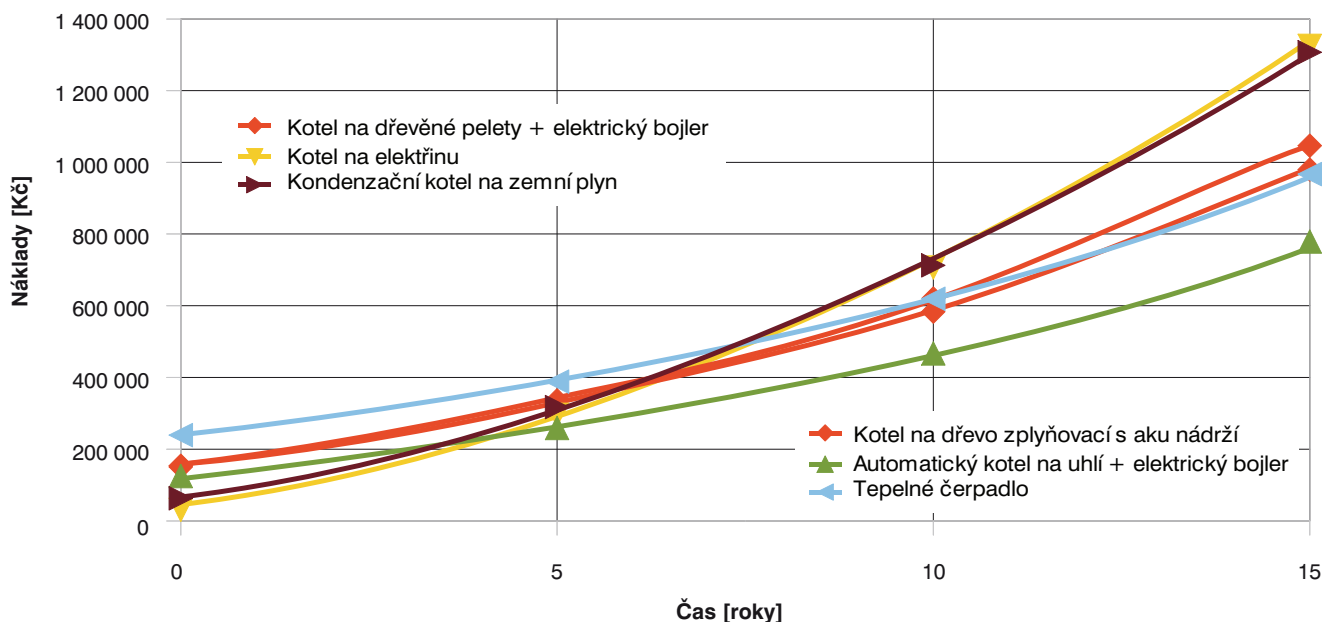
- Zajímavý je vliv tarifu elektrické energie na výsledné náklady na vytápění, přípravu teplé vody a elektřinu pro domácnost. Tento vliv je v /tabulce 05/ možné sledovat v řádcích 8 a 9 na příkladu kotle na pelety a v řádcích 17 a 18 na příkladu automatického kotle

na uhlí. Vzhledem k výhodnějšímu tarifu elektrické energie pro domácnost při použití elektrického bojleru pro přípravu teplé vody se použití bojleru vyplatí. Nejnižší náklady na elektrickou energii pro domácnost jsou pak při použití tepelného čerpadla.

- Z čistě ekonomického hlediska (kumulované náklady po patnácti letech) je nejvýhodnějším zdrojem

pro rodinný dům automatický kotel na hnědé uhlí spolu s kombinovaným bojlerem, který je v topné sezóně ohříván topnou vodou a mimo topnou sezónu elektrickou energií. V tomto případě je ale nutné zvážit další okolnosti, jako jsou práce při skládání uhlí, plnění násypky kotle, nutnost mít v objektu vhodnou místnost, která může sloužit jako uhelna atd.

Graf 02 | průběh nákladů na nejčastěji užívané zdroje tepla pro RD



| Náklady na vytápění [Kč/rok] | Náklady na přípravu TV [Kč/rok] | Náklady na elektřinu pro domácnost [Kč/rok] | Náklady na energie celkem [Kč/rok] | Kumulované náklady za 15 let [Kč] | Uživatelský komfort [-] | Komfort obsluhy [-] | Emise prachu [kg/rok] | Spotřeba primární energie [kWh/rok] | Body |
|------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------------|------|
| 9 972                        | 6 962                           | 13 118                                      | 30 052                             | 1 046 414                         | 1                       | 2                   | 0,7                   | 18 060                              | 19   |
| 8 287                        | 6 514                           | 13 118                                      | 27 919                             | 979 646                           | 1                       | 3                   | 0,6                   | 16 992                              | 17   |
| 21 552                       | 11 505                          | 10 518                                      | 43 575                             | 1 324 913                         | 1                       | 1                   | 0,0                   | 44 465                              | 14   |
| 4 642                        | 4 264                           | 13 118                                      | 22 024                             | 779 483                           | 1                       | 2                   | 1,9                   | 28 401                              | 19   |
| 15 136                       | 8 080                           | 18 690                                      | 41 906                             | 1 307 265                         | 1                       | 1                   | 0,0                   | 23 080                              | 15   |
| 8 160                        | 6 610                           | 9 734                                       | 24 504                             | 967 144                           | 1                       | 1                   | 0,0                   | 16 171                              | 21   |
| 19 937                       | 11 505                          | 10 518                                      | 41 960                             | 1 282 649                         | 1                       | 1                   | 0,0                   | 42 805                              | 14   |
| 9 972                        | 5 323                           | 18 690                                      | 33 985                             | 1 157 520                         | 1                       | 2                   | 0,8                   | 12 478                              | 18   |
| 9 972                        | 8 590                           | 13 118                                      | 31 680                             | 1 074 243                         | 1                       | 2                   | 0,5                   | 23 610                              | 16   |
| 7 399                        | 3 950                           | 18 690                                      | 30 039                             | 1 120 127                         | 1                       | 2                   | 5,0                   | 12 601                              | 15   |
| 10 455                       | 5 581                           | 18 690                                      | 34 726                             | 1 076 927                         | 2                       | 3                   | 6,2                   | 11 361                              | 10   |
| 8 287                        | 8 590                           | 13 118                                      | 29 995                             | 1 041 301                         | 1                       | 3                   | 0,4                   | 22 768                              | 15   |
| 6 877                        | 3 671                           | 18 690                                      | 29 238                             | 1 025 659                         | 1                       | 2                   | 0,8                   | 11 159                              | 18   |
| 13 591                       | 8 590                           | 13 118                                      | 35 299                             | 1 099 644                         | 3                       | 3                   | 13,4                  | 23 054                              | 7    |
| 16 180                       | 8 638                           | 18 690                                      | 43 508                             | 1 354 843                         | 1                       | 1                   | 0,0                   | 23 080                              | 13   |
| 7 049                        | 3 763                           | 18 690                                      | 29 502                             | 1 033 499                         | 1                       | 1                   | 0,7                   | 12 478                              | 20   |
| 4 642                        | 2 478                           | 18 690                                      | 25 810                             | 886 231                           | 1                       | 2                   | 2,2                   | 25 006                              | 18   |
| 4 642                        | 8 590                           | 13 118                                      | 26 350                             | 907 968                           | 1                       | 2                   | 1,5                   | 31 777                              | 17   |
| 7 174                        | 3 830                           | 18 690                                      | 29 694                             | 921 781                           | 2                       | 2                   | 92,3                  | 32 914                              | 13   |
| 15 780                       | 8 424                           | 18 690                                      | 42 894                             | 1 312 668                         | 1                       | 1                   | 0,0                   | 23 617                              | 15   |
| 15 136                       | 8 590                           | 13 118                                      | 36 844                             | 1 225 329                         | 1                       | 1                   | 0,0                   | 30 521                              | 15   |

- Automatický kotel na uhlí je pak zajímavou volbou především při výměně stávajícího kotle na pevná paliva za nový. V této situaci nevznikají vícenáklady na pořízení uhelny. Pro uživatele zvyklého na obsluhu starého odhořivacího nebo prohořivacího kotle na tuhá paliva přináší nový automatický kotel na uhlí značné zvýšení uživatelského komfortu i komfortu obsluhy.
- Automatický kotel na uhlí je ale pouze ve střední kategorii co se týká ekologických kritérií.
- V celkovém hodnocení nejhůře dopadly zastaralé kotle a kamna na uhlí nebo dřevo.
- V ekologických kritériích jsou zajímavé kotle na biomasu – tedy automatický kotel na dřevěné

pelety, rostlinné pelety a obilí a zplyňovací kotel na dřevo v kombinaci s akumulací nádrží.

- Vzhledem ke své vysoké účinnosti je, přes využívání elektrické energie z hlediska ekologických kritérií, zajímavé i tepelné čerpadlo.
- V grafu /02/ je znázorněn průběh nákladů pro šest pravděpodobně nejčastěji užívaných zdrojů tepla pro rodinné domy.

Obdobnou analýzu s přihlédnutím k preferencím majitele, podle typu stavby, otopné soustavy nebo dostupnosti zdrojů energie, lze provést pro každý rodinný dům. Při konkrétním zadání lze dojít k jasným podkladům pro rozhodnutí majitele objektu o nejvhodnějším systému pro vytápění a přípravu teplé vody.

Pro majitele modelového domu byly nejdůležitějšími kritérii celkové náklady na systém v uvažovaném časovém horizontu 15 let a uživatelský komfort a komfort obsluhy. Investor nechtěl trávit čas topením a nechtěl mít v domě zdroj prachu a dalších nečistot. Přál si, aby otopná soustava a systém přípravy teplé vody fungovaly na stisknutí tlačítka. Vyšší pořizovací náklady neznamenal problém. Proto bylo v domě instalováno tepelné čerpadlo vzduch-voda.

<Ondřej Hec>

#### OMEZENÍ TEPELNÝCH ČERPADEL

- Vyšší pořizovací náklady v porovnání s ostatními systémy;
- u nejčastěji používaných venkovních čerpadel vzduch-voda je čerpadlo zdrojem hluku ve venkovním prostředí;

- u nejčastěji používaných venkovních čerpadel vzduch-voda pokles výkonu a účinnosti čerpadla s poklesem teploty venkovního vzduchu;
- nutnost použití vhodné nízkoteplotní otopné soustavy pro plné využití potenciálu

- úspor tepelného čerpadla (např. podlahové topení);
- u nejčastěji používaných venkovních čerpadel vzduch-voda venkovní jednotka zabírá venkovní prostor;
- závislost na dodávce elektrické energie.