

# Příklady využití tepelných čerpadel

## Examples of heat pumps utilisation

Doc. Ing. Karel BROŽ, CSc.  
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav  
 techniky prostředí

V článku jsou shrnuta některá méně obvyklá řešení využití tepelných čerpadel ve vytápění a přípravě teplé užitkové vody, která byla vypracována v Ústavu techniky prostředí v letech 1999 až 2002. U většiny realizovaných případů jsou uvedeny poznatky z provozu.

**Klíčová slova:** vytápění, tepelné čerpadlo, plynový kotol, topný faktor, teplá užitková voda, úspora energie

Recenzent  
 Prof. Ing. Jiří Petrák, CSc.

In this article some less common solutions of heat pump utilisation for heating and warm service water preparation are rounded up that were elaborated at the Institute of environment engineering from 1999 to 2002. The operation knowledge is indicated for the majority of the complemented examples.

**Key words:** heating, heat pump, gas boiler, COP, warm service water, energy saving

Tepelná čerpadla (dále TČ) se postupně uplatňují při vytápění rodinných domů. Zvláště u dobře tepelně izolovaných domů s nízkou spotřebou energie, které mají ještě nižší součinitele prostupu tepla než předepisuje současná ČSN 73 0540, jsou malá tepelná čerpadla dostupná i pro běžného stavebníka. Navíc je možné získat i podporu ze Státního fondu životního prostředí. Zdrojem nízkopotenciálního tepla je v těchto případech často geotermální energie (svíslé vodní vrty, případně mělčí vrtané studny poblíž vodních toků nebo tzv. suché sondy, což jsou svíslé zemní vrty s výměníkem tepla, protékáním nemrznoucí směsí) nebo venkovní vzduch u tepelných čerpadel typu vzduch – voda či vzduch – vzduch.

Další zdroje nízkopotenciálního tepla (dále NPT), jako např. sluneční energie, teplo z povrchových vodních toků, odpadní technologické teplo, představují již atypická řešení a jsou více vázány na místní podmínky. Správné nadimenzování zdroje NPT je základní podmínkou pro správnou funkci TČ. Poddimenzování zdroje NPT znamená nutně doplnit původně monovalentní zdroj dalším zdrojem na fosilní palivo nebo elektřinu, čímž se zvyšují jak pořizovací, tak provozní náklady.

Některá z méně obvyklých řešení využití TČ pro školy, veřejné a hospodářské objekty i rodinné domy, vypracovaná v letech 1999 až 2002 v Ústavu techniky prostředí, jsou uvedena v dalším.

## PŘEHLED ŘEŠENÝCH PROJEKTŮ

### 1. TČ pro zámek Uherský Ostroh

Předmětem projektu byla náhrada plynové kotelny 1155 kW za TČ voda-voda 3 x 90 kW a špičkový zdroj na náhradní palivo 90 kW po doizolování objektu. Projektová studie byla vypracována v r. 1999.

Přes mnohá a usilovná jednání se nepodařilo představiteli města přesvědčit o budoucích výhodách navrženého řešení. Byly podrobně propočítávány tepelné ztráty objektu. Výpočty prokázaly, že plynová kotelna je svým výkonem více než 2 x předimenzována a že k vytápění zámku by stačil výkon TČ 350 kW s příkonem motorů do 100 kW<sub>e</sub>. Dále byly provedeny výpočty snížení tepelných ztrát objektu zastřešením zámeckého nádvoří průhledným akrylátem, které bylo povoleno památkovým úřadem. Tím klesly ztráty o dalších 48 kW. Rozhodly však investiční nároky na TČ a zastřešení, takže pro investory bylo mnohem přijatelnější ponechat si plynovou kotelnu beze změny, i když její provozní náklady jsou značně vyšší a zemní plyn se dováží.

### 2. TČ v Nedakonicích pro MŠ a pro 2 bytové domy

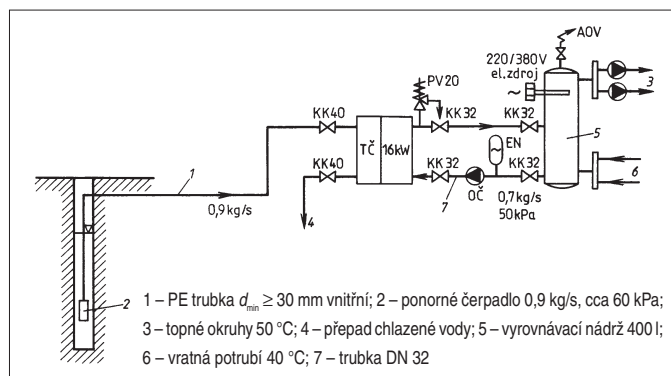
Záměrem projektu, vypracovaného v r. 1999, byla náhrada elektrického vytápění MŠ a přípravy TUV tepelným čerpadlem typu voda – voda o výkonu 16 kW (po doizolování stavby).

Projekt byl úspěšně realizován v r. 2000. Spotřeba elektřiny v objektu po uvedení TČ do chodu klesla na 20 800 kWh za rok proti 36 500 kWh za rok dříve. Nevýhodou je, že uvedená čísla zahrnují veškerou elektřinu spotřebovanou v objektu, tedy i na osvětlení a vaření. V každém případě však přínos TČ činí 15 700 kWh za rok, což představuje úsporu 16 tun hnědého uhlí za rok pro elektrárnu, které není nutno těžit a spalovat. V r. 2001 byla realizována další 2 TČ pro 2 domy, každý o 4 bytech, výkon 2 x 25 kW. Každé TČ má svůj vrt asi 30 m hluboký. Všechna TČ pracují ke spokojenosti uživatelů a dosahují projektovaných topných faktorů.

### 3. TČ pro obecní dům v Brněnci – realizováno v r. 2001

Obecní dům se 6 byty pro 12 osob byl vytápěn elektrickými přímotopy o výkonu 48,6 kW. V projektové studii z r. 1999 bylo navrženo TČ voda – voda o výkonu 16 kW a špičkové přímotopy 30 kW. Podle výpočtů měla úspora elektřiny dosáhnout 50 % (snížení z původních 121 MWh/r na 61,5 MWh/r).

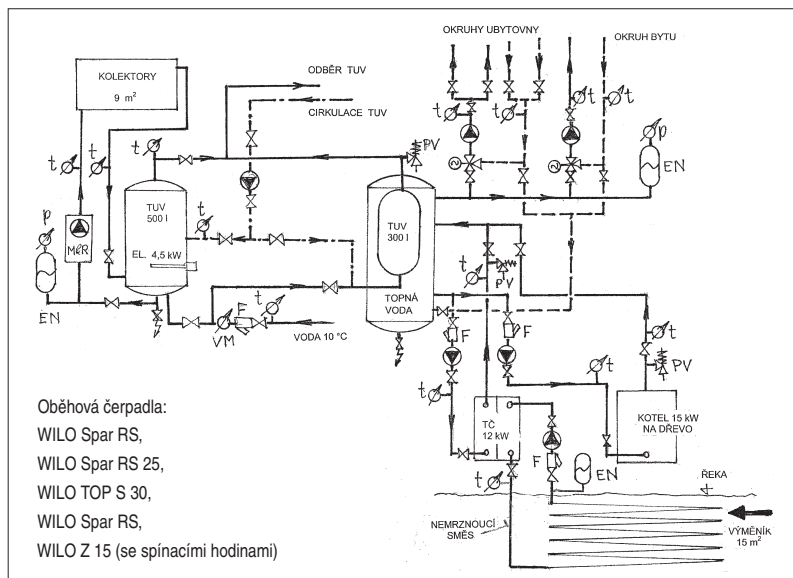
TČ mělo být zásobováno z již zrealizované široké jímací studny při břehu řeky Svitavy, poblíž objektu, v níž má voda nejnižší teplotu 8 °C. V rámci plynofikace a podpory rozvodů plynu byl pro objekt vypracován též projekt plynové kotelny o výkonu 56,3 kW, který byl nakonec nahrazen bivalentním TČ 16 kW. I malé TČ o výkonu 1/3 výpočtové tepelné ztráty objektu mělo uspořit 50 % elektřiny. Provoz byl zahájen s obtížemi, neboť se prokázala malá vydatnost studny. V současnosti je provoz TČ nouzově udržován vodou ze vzdálenější studny, ale nedosahuje se očekávané úspory.



Obr. 1 – Schéma zapojení TČ voda – voda k otopné soustavě v obecním domě v Brněnci

### 4. Vodní mlýn ve Vanči – TČ, solární kolektory, malá vodní elektrárna

Záměrem projektové studie z r. 1999 byla náhrada vytápění tuhými palivy v rekonstruované části soukromého objektu za TČ voda – voda o výkonu 15 kW. NPT je získáváno z vý-



**Obr. 2 – Schéma zapojení kombinovaného zdroje ve vodním mlýně Vaneč**  
 F – filtr;  
 1, 2 – klapky „MIX A“ se servopohonem DN 25 a ekvitermním regulátorem „Komexterm“  
 Nekótovaná potrubí – vše DN 25  
 Nekótované armatury – kulové kohouty DN 25  
 EN 1 – expanzní nádoba Ekosolaris  
 EN 2 – expanzní nádoba s nejmenším objemem  
 EN 3 – expanzní nádoba 25 l  
 Nejnižší místa nádob a okruhů – vypouštěcí a napouštěcí kohouty  
 Nejvyšší místa nádob a okruhů – automatické odvzdušňovací ventily

měníku v povrchových vodách řeky Oslavy. Výkon vodní turbíny je 14 kW. Solární kolektory o ploše 9 m<sup>2</sup> dodávají v létě dostatek TUV a spolupracují s TČ i v dalším průběhu roku.

Projekt obsahuje téměř všechny dostupné způsoby využití obnovitelných zdrojů energie, protože je doplněn ještě kotle na dřevo. Realizaci projektu je třeba hodnotit jako velmi úspěšnou a řešení přináší majiteli značné provozní úspory. Pouze zahájení výroby elektřiny v malé vodní elektrárně, která však již nebyla součástí projektu, doznalo značné zpoždění a pravděpodobně ještě není v provozu.

### 5. Sociální byty v obci Zámrsrk – TČ 40 kW, dodatkový elektrický zdroj 14 kW a solární kolektory o ploše 18 m<sup>2</sup>

Projektová studie z r. 1999 řešila náhradu původně navrženého vytápění kapalným plynem (obec není plynifikována) v objektu s 11 byty pro 22 osob výše uvedeným trivalentním zdrojem. Zdrojem NPT jsou mělké příbřežní vrty u říčky Loučné (10 m od objektu, teplota vody v zimě + 6 °C).

Zrekonstruovaný a tepelně doizolovaný objekt byl vybaven uvedeným zdrojem již v roce 2000, kdy byl zdroj úspěšně funkčně odzkoušen. Solární kolektory mohou spolupracovat s tepelným čerpadlem a v létě samy mohou zajistit krytí potřeby TUV. Zatím nebylo možno prokázat očekávané úspory energie celoročním provo-

zem, jelikož uvedení do plného provozu se opozdilo kvůli stavebním nedodělkům.

### 6. Bývalá kasárna v Sušici – TČ na mělké podzemní vody – nerealizováno

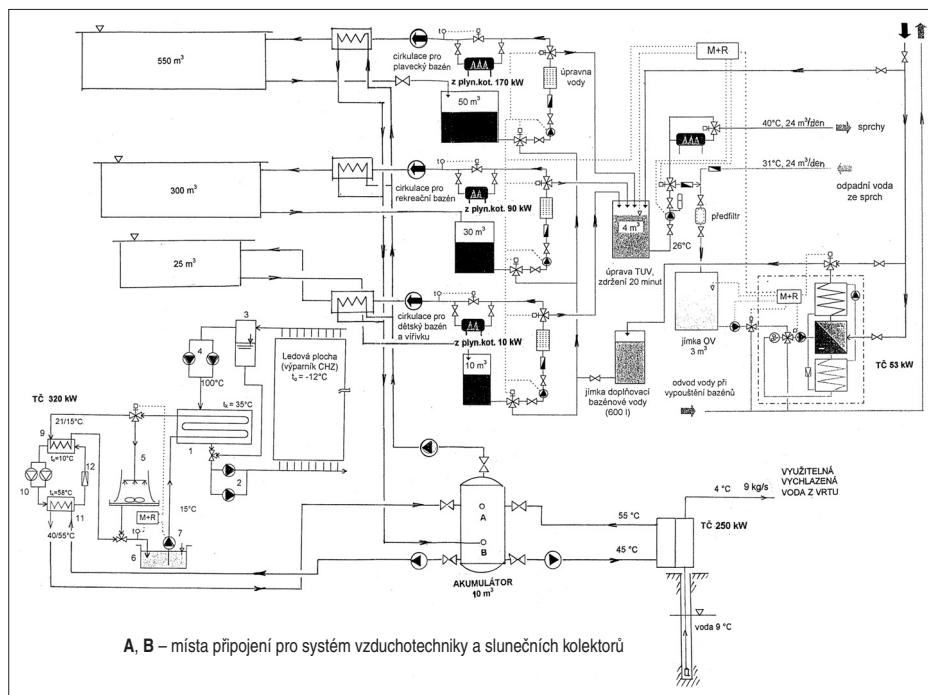
Záměrem projektové studie z r. 2000 byla náhrada dožitých plynových kotlen o výkonu 295 kW tepelnými čerpadly voda – voda o celkovém výkonu 180 kW (3 x 60 kW). Třípodlažní budova půdorysu 14 x 60 m měla být tepelně doizolována, okna vyměněna a budova vnitřně přestavěna tak, aby poskytla 40 bytů velikosti 2 + 1.

Projekt slibující dobu návratnosti do 4 roků nebyl realizován, protože investora při rozhodování ovlivnily vyšší pořizovací náklady na tepelná čerpadla proti obnovené plynové kotelně, které byly asi 3 x vyšší. Projekt nebyl dále rozpracován a jeho podrobnější popis je uložen v archivu Ústavu techniky prostředí.

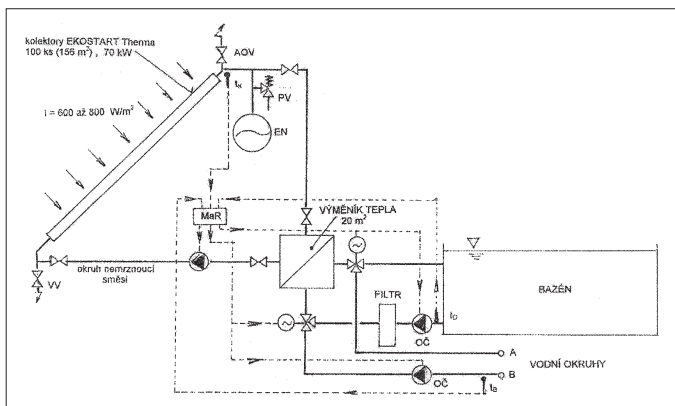
### 7. Plavecký stadion v Uherském Brodu

Záměrem projektové studie byla náhrada původně navržené plynové kotleny 1,2 MW pro nově stavěný plavecký stadion tepelnými čerpadly na spodní vodu z vrтанých studní (7 ks, voda +9 až 11,5 °C) o výkonu 3 x 80 kW, využitím odpadního tepla ze sousedního zimního stadionu (až 320 kW), přečerpávání tepla z odpadních vod (53 kW) a vzduchu (145 kW) a solárním ohřevem TUV pro sprchy (kolektory 130 m<sup>2</sup>).

První schéma poměrně složitého zdroje s využitím odpadního tepla ze zimního stadionu zahrnovalo zdrojová TČ na vodu ze studen o výkonu 410 kW. Tento výkon byl v r. 2001 snížen na 250 kW po ověření dostupnosti odpadního tepla ze zimního stadionu. Podle těchto změn byl doplněn i energetický audit prokazující až 27 % krytí celkové roční spotřeby tepla v plaveckém stadionu (která činí 10 500 GJ/r) odpadním teplem ze zimního stadionu. Ekonomické hodnocení vychází ze srovnání s plynovou kotelnou, proti které se

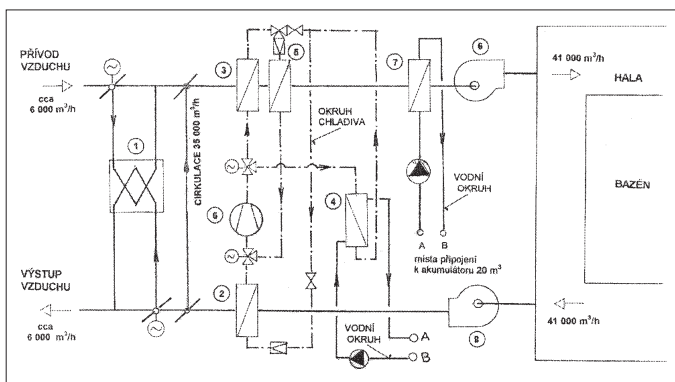


**Obr. 3 – Schéma tepelného hospodářství vodních okruhů bazénu v Uherském Brodu**  
**Okruh chladicího zařízení** (NH<sub>3</sub> t<sub>k</sub> = 35/t<sub>o</sub> = 12 °C: 1 – kondenzátor CHZ (t<sub>k</sub> = 35 °C), 2 – čerpadla NH<sub>3</sub>, 3 – expanzní nádrž – odlučovač kondenzátu, 4 – kompresory par NH<sub>3</sub>, 5 – chladicí věž, 6 – akumulační jímka chladicí vody pro kondenzát CHZ, 7 – čerpadla chladicí vody  
**Okruh tepelného čerpadla** (R 407c t<sub>k</sub> = 58/t<sub>o</sub> = 10 °C) pro ohřev vody v bazénu: 9 – výparník TČ, 10 – kompresory TČ, 11 – kondenzátor TČ, 12 – redukční ventil



Obr. 4 – Schéma solárního zařízení pro bazén v Uherském Brod s místy připojení A, B k akumulátoru tepla v předchozím obr. 3

Využití sluneční energie k přímému dohřevu bazénové vody ( $t_k > t_b$ ) nebo pro kterékoliv zařízení bazénu ( $t_k > t_b$ )



Obr. 5 – Schéma vzduchotechniky pro bazén v Uherském Brod s místy připojení A, B teplovodních okruhů k akumulátoru tepla v obr. 3

1 – výměník tepla 30 kW (zimní provoz), 2 – výparník TČ 200 kW (zimní provoz a přechodné období), 3 – kondenzátor TČ 200 kW (zimní provoz), kondenzátor TČ 200 kW (letní provoz, chlazený vodou), 5 – výparník TČ 200 kW (pro horké letní dny), 6 – kompresor TČ, 7 – dohříváč vzduchu (topné období), 8 – přívodní ventilátor 41 000 m³/h, 9 – odváděcí ventilátor 41 000 m³/h

při provozu alternativních zdrojů ušetří ročně 315 000 m³ dováženého zemního plynu a spotřeba elektřiny stoupne o 132 000 kWh za rok. Z toho dále vyplývá, že v podmínkách r. 2001 byl rozdíl provozních nákladů ve prospěch varianty s alternativními zdroji o 1,07 mil. Kč za rok, rozdíl investic v neprospěch alternativních zdrojů o 12,035 mil. Kč a prostá doba návratnosti tedy 11,25 roku.

Zdroj byl úspěšně stavebně dokončen v r. 2002 a 10.9.2003 byl zahájen provoz a ověřování energeticky úsporných předpokladů (jednorocní zkušební provoz do 9/04). Jde zatím o výkonově největší akci v této kombinaci alternativních zdrojů energie.

### 8. Základní škola v Dolní Dobručce – TČ 2 x 60 kW, špičkový elektrický zdroj 40 kW

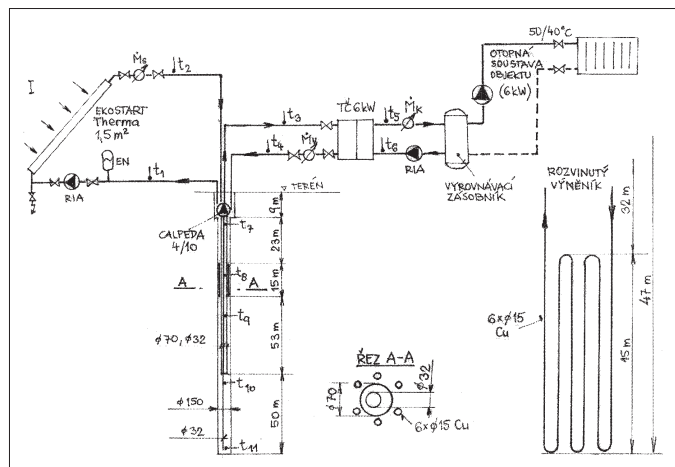
Záměrem projektu byla náhrada staré nevyhovující uhelné kotelny, která zamožovala okolí školy tuhými a plynnými emisemi, tepelnými čerpadly a doplňkovým elektrickým zdrojem. Zdrojem NPT je studniční voda ze dvou studní (8 °C), která se po vychlazení vrací do blízkého potoku.

Realizovaný projekt (na podzim 2001) a úspěšně provozovaný systém funguje k velké spokojenosti místního zastupitelstva a obyvatel. Celkové náklady jsou nižší než při vytápění uhlím. Místní znečišťování ovzduší je zlikvidováno. TČ dosahují topných faktorů až 4,2 a provoz je výborně hodnocen.

### 9. Experimentální vrt ve Svojsicích – TČ 6 kW, solární kolektor 1,5 m², výměník ve vrtu o povrchu 4,5 m², zvodněný vrt 150 m hluboký

Rodinný dům č. p. 1 ve Svojsicích byl vybaven TČ typu voda – voda a solárním kolektorem, který v létě dodává teplo do vrtu trubkovým výměníkem, ponořeným pod hladinu vody ve vrtu. Zařízení je monitorováno. Voda odebraná ode dna vrtu trubkou o průměru 32 mm je vracena zpět pod hladinu ve vrtu, a tak stále vrtem cirkuluje.

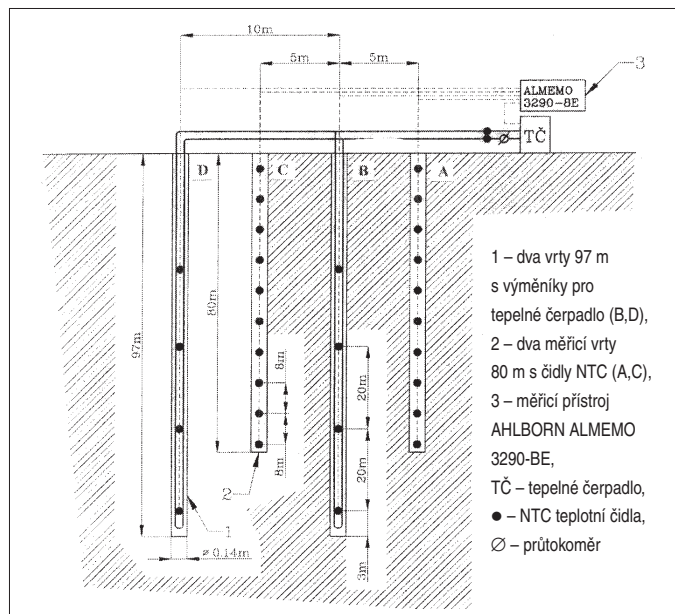
Po počátečních obtížích, daných příliš malým průtočným průřezem mezi výměníkem a stěnou vrtu a rovněž tím vzniklým velkým odporem průtoku vody bylo možno nastavit stálý průtok vrtem pouze 0,2 kg/s. K docílení dobrého topného faktoru TČ vyžadovalo větší průtok, který byl dosažen až po rekonstrukci vrtu. Výsledky monitorování budou k dispozici. Cílem experimentu je úspora vsakovacího vrtu (splněno) a ověření významu akumulace sluneční energie.



Obr. 6 – Schéma experimentálního vrtu ve Svojsicích s rozvinutým výměníkem tepla

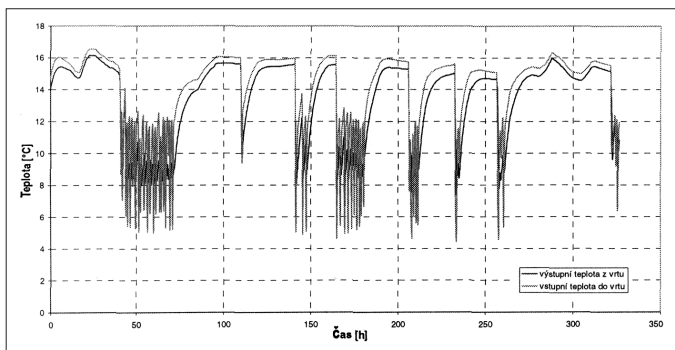
### 10. Rodinný dům v Praze 6 – Suchdolu, TČ 15 kW, 2 svislé sondy po 97 m, 2 měřicí vrty hloubky 80 m

Účelem návrhu byla náhrada kotle na tuhá paliva tepelným čerpadlem typu nemrznoucí směs – voda. Ve vzdálenosti 5 m od činných vrtů jsou zhotoveny 2 vrty měřicí s indikací teploty po 10 m. Projekt byl úspěšně realizován v r. 2001. Provoz je monitorován.

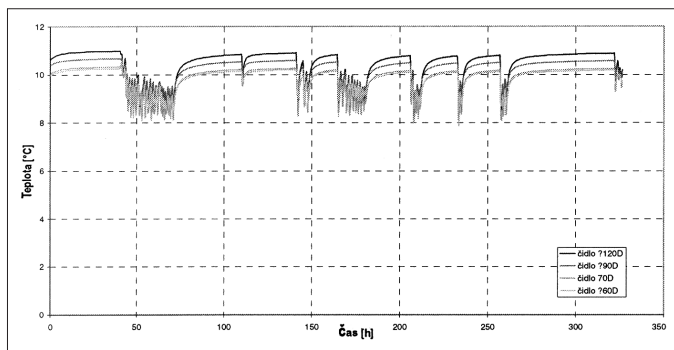


Obr. 7 – Schéma vrtů v Suchdolu, Praha 6

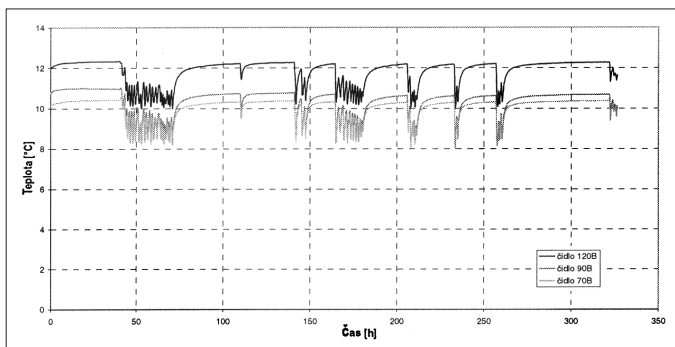




Obr. 8 – Příklad průběhu teplot v primárním okruhu TČ (vrtu v Suchdolu)



Obr. 10 – Průběhy teplot ve 4 různých hloubkách vrtu D, vzdáleného 10 m od B (Suchdolu)



Obr. 9 – Průběhy teplot ve 3 různých hloubkách vrtu B (Suchdolu)

K dispozici jsou výsledky monitorování za období 17 000 hodin od září 2001 do září 2003. Změny teplot se zatím v měřících vrtech vůbec neprojevíly, pouze ve vrtech funkčních B, D. V dalších jsou ukázány pouze typické průběhy. Je zajímavé, že vrt B je zhruba o 1 K teplejší než vrt D, ačkoliv jsou od sebe vzdáleny jen 10 m.

## 11. Škola, MŠ a Obecní úřad v Dlouhé Třebové, 3 ks TČ o celkovém výkonu 132 kW

Cílem původního projektu byla náhrada vytápění školy, mateřské školy a obecního úřadu akumulacími elektrickými kamny za nízkoteplotní teplovodní vytápění tepelnými čerpadly typu voda – voda v monovalentním provozu. Zdrojem NPT je voda z vrtu hlubokého 85 m, který byl vrtán v r. 1978 a měl sloužit jako zdroj pitné vody pro obec. Pro znečištění dusitany však byla obec nakonec zásobena z vodovodního systému z Ústí nad Orlicí a vrt byl 20 let nevyužit. Energetická vydatnost vrtu je 2 MW a postačovala by pro vytápění celé obce, podle dosavadní skutečné potřeby se čerpá pouze 4,5 kg/s vody teplé 11,5 °C.

Projekt byl úspěšně realizován již v r. 1999. Spotřeba elektřiny pro realizaci klesla na 36,5 % původní spotřeby při vytápění akumulacími kamny, platba za elektřinu klesla na 51,7 % původních plateb (sazba C 55 pro TČ je vyšší než pro akumulací spotřebiče) a energetická úspora 174 000 kWh elektřiny za rok znamená roční úsporu 174 tun hnědého uhlí, které není třeba těžít a ze kterého nevzniknou emise. Další předností je zvýšení bezpečnosti při provozu školy a MŠ, protože dříve docházelo často k poranění dětí o rozměrná hranatá akumulací kamna ve třídách. Provoz soustavy je velmi kladně hodnocen jak obecními zastupiteli, tak vedením školy a MŠ.

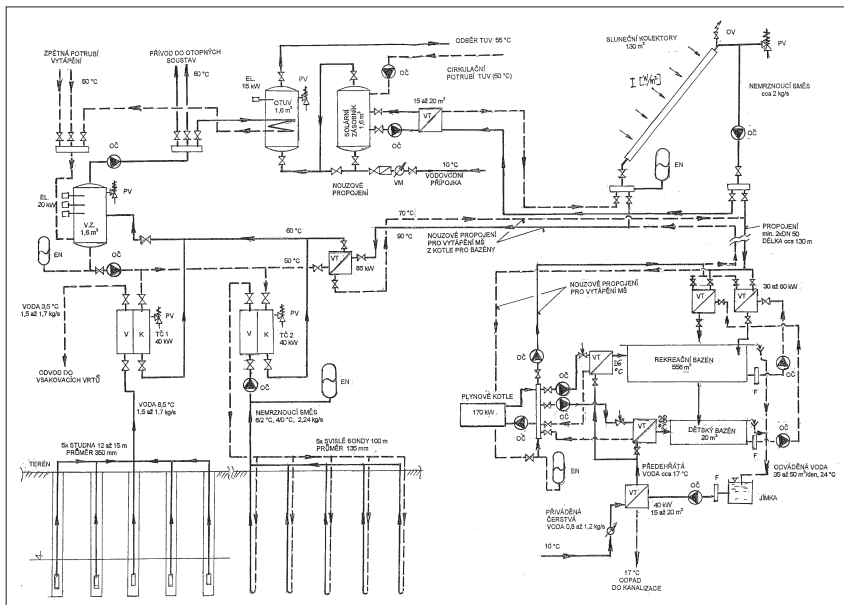
V roce 2001 bylo úspěšně připojeno temperování kostela s TČ 50 kW, které sice nenahrazuje žádné dřívější vytápění, ale přispívá k celkovým úsporám energie.

## 12. MŠ a otevřené koupaliště v obci Hluk

Účelem projektu byla náhrada dožitých plynové kotelny z r. 1974 o výkonu 140 kW v cihlové stavbě mateřské školy tepelnými čerpadly typu voda – voda o výkonu 2 x 40 kW, doplněný soustavou slunečních kolektorů o ploše 130 m<sup>2</sup>. Po doizolování obvodových stěn a výměně zasklení oken má stavba výpočtovou tepelnou ztrátu 85 kW. V blízkosti MŠ je vybudováno otevřené koupaliště se dvěma bazény objemu necelých 600 m<sup>3</sup> vody. Podle projektu bazény měla k jeho temperování sloužit plynová kotelna o výkonu 170 kW. Původní plynové kotle z MŠ mohou po repasi sloužit jako náhradní zdroj pro koupaliště.

Projekt zajímavý svou koncepcí spolupráce TČ, solárních kolektorů a záložní kotelny na zemní plyn byl podle výsledku energetického auditu podpořen ze SFŽP a zrealizován v r. 2003. Velkou výhodou tohoto spojení (obr. 11) je celoroční možnost využití alternativních zdrojů, protože v době, kdy končí otopné období (začátek května), začíná provoz koupaliště a TČ i sluneční kolektory tak mohou dodávat teplo koupališti. Naopak, kdyby v topném období nastala porucha v dodávce elektřiny nebo porucha samotných TČ, je možné do MŠ dodat teplo ze záložní plynové kotelny.

Snížení spotřeby energie pro MŠ a bazén podle výpočtu je o 65 %. Navíc se při nepotřebě provozu plynové kotelny sníží emise v místě. Před realizací projektu byla spotřeba energie pro MŠ a bazén 3218 GJ za rok (dodaných převážně z plynových kotel) při nákladech 821 350 Kč/r. Po realizaci je spotřeba tepla 978 GJ/r (docílena doizolováním MŠ, zakrýváním hladiny bazénu na noc, rekuperací tepla mezi vypouštěnou a doplňovanou vodou). Z této spotřeby dodají sluneční kolektory 207 GJ/r, tedy 21,2 %. Na výrobu zbytkového tepla spotřebují TČ, technologické spotřebiče v kuchyni a osvětlení 99 260 kWh za



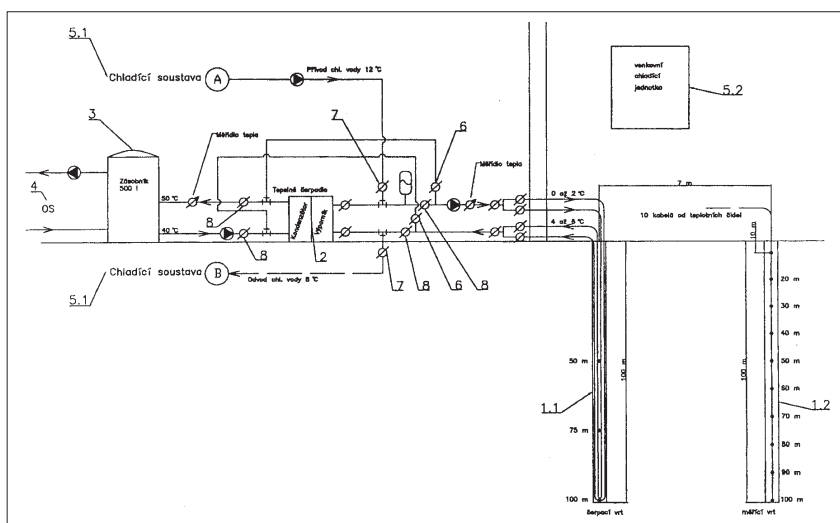
Obr. 11 – Schéma zdroje s TČ a solárními kolektory pro mateřskou školu a otevřené koupaliště ve městě Hluk

114 150 Kč plus 11 232 Kč poplatek za jističe v sazbě C 55, tedy celkový náklad klesl na 125 382 Kč, což je pouze 15,3 % původních nákladů. Při celkových nákladech na realizaci všech opatření 6,2 mil. Kč vychází prostá doba návratnosti 8,9 roku.

### 13. ČVUT – FSI Praha 6 – Dejvice, monitorovaný svislý vrt 100 m a TČ o výkonu 8,5 kW

Úspěšně realizovaný projekt v r. 2002. Zařízení bylo uvedeno do chodu v říjnu 2002 a slouží k vytápění jedné většiny laboratoře strojní fakulty. Zařízení svým zapojením umožňuje také přispívat k chlazení laboratoře v letním období a odváděné teplo akumulovat do vrtu. Výsledky monitorování jsou zatím k dispozici jen z režimu dosavadního čerpání tepla od února 2003 do konce otopného období – začátku května 2003, protože došlo k poruše na měřicí ústředně ALMEMO německé firmy AHLBORN a také některá čidla od téže firmy vykazují nespolehlivé údaje. Hodnoty měřené v laboratoři (teploty tekutin, tepelný výkon TČ) zatím potvrzují očekávané hodnoty. Z vrtu je čerpán tepelný výkon 6 kW a za citované období bylo z vrtu přečerpáno 8 500 MJ geotermální energie. Podrobnější popis zařízení a způsobu jeho provozu (přečerpávání tepla, ukládání tepla) byl uveden ve VVI č. 3/2003.

Popsané příklady využití tepelných čerpadel (kromě TČ na ČVUT) byly řešeny v letech 1999 až 2002 v rámci úkolu VaV/630/3/99, podpořeného grantem MŽP. Nositelem úkolu i grantu byla firma GEOMEDIA, s.r.o. Tento vývojový úkol měl pracovní název "Možnosti využívání geotermálních zdrojů pro energetické účely". Zobecnění výsledků z těchto méně obvyklých projektů vlastně není možné, protože pro jejich různorodost se nejedná



Obr.12 Tepelné čerpadlo v Ústavu techniky prostředí (ČVUT, Fakulta strojní) ve funkci vytápění – čerpání tepla z vrtu

o opakované případy. I ve zdrojích NPT stejného druhu se vyskytují značné rozdíly, např. u projektu č. 10 ve vrtech vzdálených pouhých 10 m od sebe je jeden z nich o více než 1 K teplejší.

#### Použitý zdroj:

- [1] BROŽ, K.: *Pilotní projekty pro využití tepelných čerpadel*. Závěrečná zpráva úkolu MŽP VaV/630/3/99, dílčí úkol 04, Praha, 2002. Nepublikováno. ■

## RECENZE

### Ing. Jiří Bašta, Ph.D. – HYDRAULIKA A ŘÍZENÍ OTOPNÝCH SOUSTAV

Monografie, věnovaná hydraulice a řízení otopných soustav, je inspirována názorem autora, že pracovník, který se specializuje na obor vytápění, by měl mít širší znalosti i z disciplin měření, regulace a řízení. Jinak by nemohl být účasten celého procesu od projektu přes realizaci, uvedení do provozu a udržování hospodárného provozu otopných soustav.

Publikace formátu A5 byla vydána ve Vydavatelství ČVUT v Praze r. 2003 v nákladu 700 výtisků. Má 252 stran a je rozdělena do 9 kapitol s tímto zaměřením:

- **Hydraulický výpočet potrubních sítí**  
Zde jsou podány teoretické základy mechaniky tekutin, potřebné pro správné dimenzování průměrů potrubních sítí, tlakových ztrát, dimenzování oběhových čerpadel, regulací a řízení oběhových čerpadel ve složitějších okruzích.
- **Prvotní nastavení potrubní sítě výpočtem**  
V této kapitole se důraz soustřeďuje na dvoutrubkové soustavy (protiproudé vertikální, horizontální a na souproudé), které jsou obecně citlivější na přesný výpočet než soustavy jednotrubkové.
- **Vyvážení potrubní sítě vyvažovacími ventily**  
Kapitola podává přehled metod pro vyregulování (vyvážení) potrubních úseků (tzv. modulů) a celých okruhů – metoda přednastavení, iterační, proporcionální, kompenzační. Patříčná pozornost je věnována též vyregulování rozvodů TUV.
- **Regulační armatury**  
Je uveden přehled charakteristik jednotlivých armatur, převážně ventilů. Ventily s termostatickými hlavice pro otopná tělesa tvoří samostatnou část kapitoly, právě tak jako regulátory tlakové difference, regulátory průtoku a přepouštěcí ventily, jejich správné navrhování a troj- a čtyřcestné armatury.

- **Hydraulická zapojení**  
Uvádějí se zde všechny důležité možnosti zapojení armatur a čerpadel v okruhu kotlů, tlakový a beztlakový rozdělovač, obtok v okruhu kotle, termohydraulický rozdělovač a jeho dimenzování. a to jak pro regulační ventily škrťací, tak pro směšovací. Závěrem jsou uvedeny příklady zapojení soustav s kondenzačním kotlem jako řídicím a soustav s kotlem vybaveným ekonomizérem a kotlem pro špičkový výkon.
- **Řízení otopných soustav**  
Definují se typy a vlastnosti regulátorů. U spojitých regulátorů (proporcionálních, integračních a derivačních a jejich kombinací) se uvádějí jejich vhodná zapojení a nastavení ve spojitých lineárních obvodech.
- **Regulace tepelného výkonu**  
Zde se čtenář seznámí se všemi druhy regulace jednak podle regulované veličiny (kvalitativní, kvantitativní), podle snímané určující teploty (venkovní, vnitřní, teplota vody na výstupu z kotle), podle místa regulačních zásahů (centrální, zónová, decentralní regulace). Důraz je kladen na regulaci výkonu zdroje tepla, regulaci teploty TUV a regulaci výkonu výměníků tepla voda– voda a pára – voda.
- **Elektrická a elektronická regulace**  
V kapitole se stručně uvádějí vlastnosti regulátorů od programovatelných časových spínačů a pokojových termostatů až po skladebné regulátory, jejich funkci a seřízení.
- **Centrální řídicí technika a komunikační systémy**  
Disciplina, která sama představuje dnes široký obor, je uvedena v blokovém přehledu od centra řídicí techniky přes komunikační systémy až po typy sběrnic dat.

Publikace je doplněna seznamem použité a doporučené literatury (35 odkazů). Projektanti otopných soustav a zdrojů tepla, studenti oboru Technika prostředí i provozovatelé tepelných soustav tak dostávají vítanou a potřebnou pomůcku pro svoji práci a studium.

Karel Brož