

# Hodnocení plynových tepelných čerpadel

PŘÍRUČKA PRO ENERGETICKÉ AUDITORY





## OBSAH:

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>2</b>
1.1	PŘEDMĚT PUBLIKACE	2
<b>2</b>	<b>ZÁKLADNÍ POPIS TECHNOLOGIE</b>	<b>3</b>
2.1	OBĚHY TEPELNÝCH ČERPADEL	3
2.2	POHONY TČ	3
2.3	POPIS JEDNOSTUPŇOVÉHO ABSORPČNÍHO OBĚHU	3
2.4	ÚČINNOST TČ	5
<b>3</b>	<b>ZÁSADY SPRÁVNÉHO NÁVRHU A DIMENZOVÁNÍ TČ</b>	<b>7</b>
3.1	OBLASTI VHODNÉ PRO INSTALACE TČ	7
3.1.1	TYPICKÉ APLIKACE TEPELNÝCH ČERPADEL V SOUČASNOSTI	7
3.1.2	ZÁSADY SPRÁVNÉHO NÁVRHU A PROVEDENÍ	7
3.1.3	NAVRHOVÁNÍ A PROVOZ TČ	7
3.1.4	ZDROJE NÍZKOPOTENCIÁLNÍHO TEPLA	8
3.1.5	AKUMULACE TEPLA	9
3.1.6	REGULACE TČ	9
<b>4</b>	<b>EVROPSKÁ LEGISLATIVA</b>	<b>10</b>
4.1	PŘEHLED LEGISLATIVY	10
4.2	STANOVENÍ SEZONNÍ ÚČINNOSTI TČ DLE NAŘÍZENÍ O EKODESIGNU Č. 813/2013	10
4.2.1	POROVNÁNÍ VÝPOČTU ÚČINNOSTI GAHP A EHP DLE NAŘÍZENÍ KOMISE Č. 813/2013	10
4.3	STANOVENÍ SEZONNÍHO TOPNÉHO FAKTORU DLE METODIKY UVEDENÉ V NAŘÍZENÍ Č. 206/2012 A SOUVISEJÍCÍCH PŘEDPISCH	11
4.3.1	PŘÍKLAD VÝPOČTU SPERON PRO GAHP-A, PROVEDENÍ LT	12
4.4	VÝPOČET PODÍLU OBNOVITELNÉ ENERGIE NA DODÁVCE TEPLA DLE ROZHODNUTÍ KOMISE 2013/114/EU	13
<b>5</b>	<b>NÁRODNÍ LEGISLATIVA - VYHLÁŠKA O ENERGETICKÉM AUDITU</b>	<b>14</b>
5.1	ENERGETICKÉ HODNOCENÍ (ENERGETICKÉ VSTUPY, BILANCE ZDROJE)	14
5.2	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	15
5.3	ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ	16
<b>6</b>	<b>PŘÍKLADY HODNOCENÍ TČ DLE VYHLÁŠKY O EA</b>	<b>18</b>
6.1	ZÁKLADNÍ PODMÍNKA ENERGETICKÉ EFEKTIVNOSTI TČ	18
6.2	INSTALACE GAHP MÍSTO NEKONDENZAČNÍHO KOTLE	18
6.3	INSTALACE GAHP MÍSTO PŘIPOJENÍ NA CZT	20
6.4	VÝPOČET CENY TEPLA	20
<b>7</b>	<b>PŘÍKLADY DOBRÉ PRAXE</b>	<b>23</b>
7.1	VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ ŠKOLY	23
7.2	PŘÍNOSY INSTALACE TČ NA CENU TEPLA A NA PENB	23
7.3	VZDUCHOVÁ TČ PRO VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TV	24
<b>8</b>	<b>PŘÍKLADY ZAPOJENÍ GAHP</b>	<b>25</b>
8.1	TYPICKÁ ZAPOJENÍ GAHP	25
8.2	TECHNICKÉ LISTY	26
8.2.1	GAHP-A (LT, HT)	27
8.2.2	GAHP-GS (LT, HT)	27
<b>LITERATURA</b>		
<b>SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ</b>		

## 1.1 PŘEDMĚT PUBLIKACE

Cílem této příručky je seznámení odborné veřejnosti s hodnocením plynových tepelných čerpadel z pohledu evropské a národní legislativy.

Úvod publikace se zaměřuje na popis této v ČR stále inovativní technologie, dále jsou v příručce uvedeny obecné zásady správného dimenzování tepelných čerpadel, typy bivalentních provozů a zdroje nízkopotenciálního tepla pro TČ.

V rámci evropské legislativy jsou představeny zejména požadavky na ekodesign a možné způsoby stanovení sezónní účinnosti TČ. Citované nařízení Komise o ekodesignu č. 813 z roku 2013 stanovuje minimální účinnosti TČ uváděných na trh. Účinnost se přitom vyjadřuje jednotně ve vztahu k primární energii, nově je tedy možné společně porovnávat tepelná čerpadla s kompresorem a tzv. palivová tepelná čerpadla. Dále je citováno nařízení a sdělení Komise č. 206 z roku 2012, které představuje vhodnou metodiku na výpočet sezónní účinnosti TČ pomocí tzv. statistických teplotních intervalů. Tato metodika umožňuje auditorům vypočítat sezónní topný faktor jak pro referenční klimatické podmínky uvedené v nařízení, tak pro konkrétní podmínky lokality, ve které má být TČ instalováno.

Na národní úrovni je představeno hodnocení tepelných čerpadel dle vyhlášky č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. V publikaci je představen možný výpočet opatření spořívající v instalaci plynového tepelného čerpadla včetně jeho ekonomického a environmentálního hodnocení.

Závěr publikace je věnován příkladům nejlepší praxe v instalacích plynových TČ v podmínkách ČR.

## 2.1 OBĚHY TEPELNÝCH ČERPADEL

Tepelné děje v tepelném čerpadle, stejně tak jako v principiálně stejném chladicím oběhu, probíhají dle II. zákona termodynamiky. V oběhu je teplo přečerpáváno, je tedy levotočivý, na rozdíl od pravotočivého oběhu tepelného motoru.

Strojní způsoby čerpání tepla využívající II. termodynamického zákona lze dělit na:

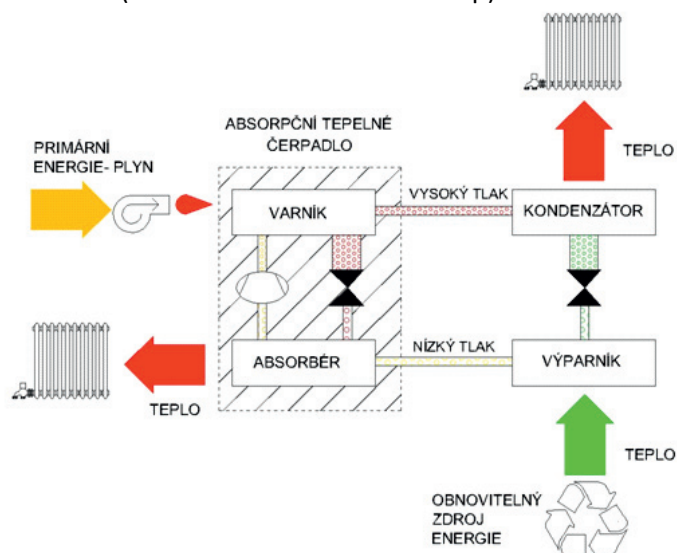
- 1. Oběhy s vypařováním chladiva**
  - Oběh parní
  - Oběh sorpční
  - Oběh proudový
- 2. Oběhy s expanzí a škracením plynu**
  - Oběh plynový s konáním vnější práce
  - Oběh plynový bez konání vnější práce (Joule-Thomsonův jev)
  - Vírová trubice
- 3. Oběhy na principu elektrických a magnetických jevů**
  - Chlazení/vytápění termoelektrické (Peltierův článek)
  - Chlazení/vytápění termomagnetické (Ettinghausenův jev)
  - Odmagnetování paramagnetických solí

## 2.2 POHONY TČ

Aby tepelné čerpadlo pracovalo, musí dojít k tepelnému oběhu, a k tomu je nutné dodat určité množství pohonné energie. Podle typu oběhu, je třeba dodat energii ve formě mechanické, tepelné či „elektrické (bez přeměny)“. Typy a uplatnění pohonů jsou pro úplnost uvedeny níže:

### Mechanický pohon

- Oběh parní, pohon elektrickým motorem (EHP - Electric Heat Pump)
- Oběh parní, pohon spalovacím motorem (GMHP - Gas Motor Heat Pump)



### Tepelný pohon

- Oběh sorpční (GAHP Gas Absorption Heat Pump)
- Oběh proudový

### El. energie (bez přeměny)

- Elektrické a magnetické principy

## 2.3 POPIS JEDNOSTUPŇOVÉHO ABSORPČNÍHO OBĚHU

Ze sorpčních oběhů se v praxi setkáváme výhradně s absorpčním oběhem, oběhy resorpční či difusní se v praxi nevyskytují a nebude jim dále věnována pozornost.

Základní rozdíl proti parním oběhům s elektrickým pohonem je v tom, že pro dopravu chladiva v okruhu není použit kompresor. Stejně je pak to, že se ve výparníku vypařuje chladivo při vypařovací tlaku a teplotě. Páry chladiva pak proudí, díky rozdílu tlaku, do absorbentu, do něhož je přiváděn z vypuzovače roztok s nízkou koncentrací chladiva (chudý roztok). Při pohlcování chladiva v roztoku se vyvíjí teplo, které je nutné odvádět a je dále v oběhu využíváno. Po nasycení chladivem je tento roztok čerpán do vypuzovače, kde je přívodem tepla chladivo z roztoku vypuzeno. Plynné chladivo je pak vedeno do kondenzátoru, kde stejně jako v parním oběhu zkondenzuje, odevzdá kondenzační teplo a přes škrťací ventil přechází do výparníku. Roztok je mezi absorbérem a vypuzovačem dopravován čerpadlem.

V praxi se používají jako pracovního média prakticky pouze následující 2 typy látkových směsí:

- voda se čpavkem: čpavek je chladivem a voda kapalným sorbentem
- roztok soli LiBr ve vodě: v tomto případě je chladivem voda a pomocnou látkou roztok LiBr (vzhledem k obsahu soli LiBr v roztoku je zde pojem chudý či bohatý roztok vůči čpavkovému oběhu obrácený – na vyšší úroveň se čerpá chudý roztok LiBr, tj. s vysokým obsahem chladiva – vody)

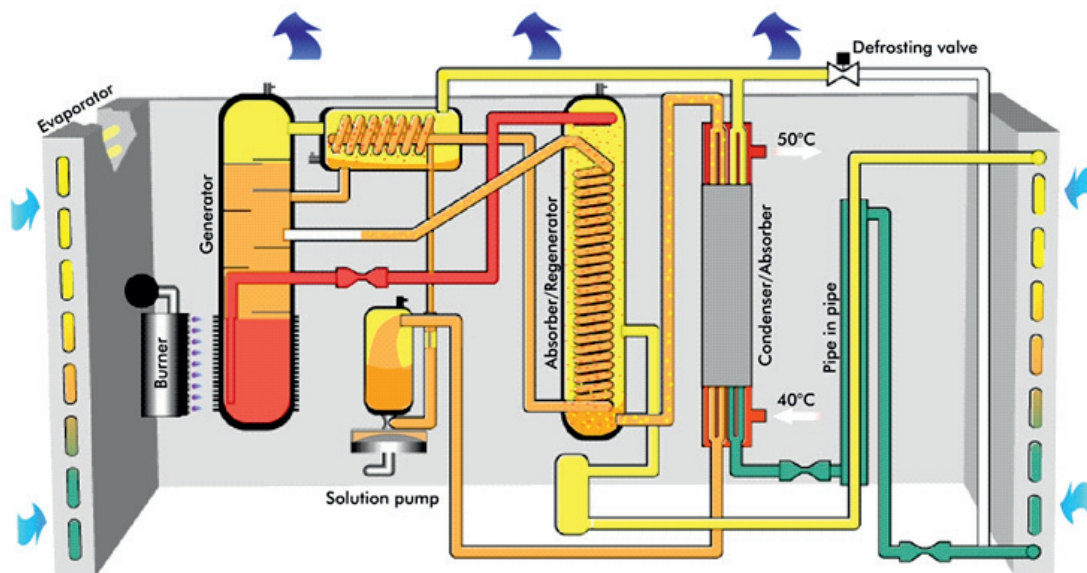
Obrázek 1 - Principiální schéma okruhu

Okruh tepelných čerpadel firmy Robur je proti základnímu principu doplněn několika výměnkami vnitřní výměny tepla pro efektivní provoz celého cyklu. Cyklus tepelné výměny začíná ve vypuzovací - varníku, kde dojde k zahřátí chladiva, tedy čpavku a vody. Tím dojde nejen k nárůstu tlaku, který způsobí tok chladiva ze strany vysokého tlaku na stranu nízkého tlaku, ale také k odpaření par vody se silnou koncentrací čpavku. Právě v plynném skupenství začne chladivo proudit okruhem, a to do kondenzátor/ absorbéru (dále jen absorbér). Ten plní zároveň funkci tepelného výměníku, ve kterém se předává teplo vzniklé při pohlcování chladiva. V této části kapalné chladivo odevzdává teplo a zkapalňuje. Za kondenzátorem chladivo proudí dvěma tlakovými ventily a trubkovým předehřevem (výměníkem vnitřní výměny tepla) do výparníku. Dvoustupňové snížení tlaku, mezi které je vložen trubkový předehřev, slouží k předání zbytkového tepla z kapalného chladiva za kondenzátorem parám chladiva před vstupem do absorbéru. Se snížením tlaku za expanzními ventily dojde zároveň k významnému poklesu teploty chladiva, které je dále vedeno do výparníku. Ve výparníku dochází ke změně skupenství, a to do plynného stavu, při této změně je okolí odnímáno teplo potřebné pro tuto skupenskou změnu (energie okolí, obnovitelná).

Z výparníku chladivo proudí do absorbéru/regenerátoru (dále jen regenerátor). Tam se chladivo mísí s chudým roztokem přiváděným ze dna varníku a směs dále proudí do absorbéru. V absorbéru je směs opět ochlazena (výměník absorbér/ kondenzátor) a dochází k absorpci plynného chladiva do chudého roztoku. Z absorbéru je již chladivo dopravováno podávacím čerpadlem přes regenerátor, kde dochází k jeho předehřevu, zpět do varníku na stranu vysokého tlaku. Tím je ukončen jeden cyklus.

Pro velmi jednoduché obecné shrnutí lze říci, že pokud dochází k vypařování, chladivo přijímá teplo a pokud ke zkapalňování, předává teplo. Další teplo okruh uvolňuje při syčení chudé kapaliny parami chladiva v absorbéru. Zároveň je třeba dodat do okruhu teplo k vypuzení chladiva z nasyceného roztoku.

Hlavními komponenty tepelného čerpadla jsou: hořák, varník, absorbér/regenerátor, absorbér/ kondenzátor, trubkový předehřev, výparník, podávací čerpadlo, expanzní ventily a další komponenty chladicího a vodního okruhu.



- Chudý roztok
- Nasycený roztok
- Páry chladiva
- Kapalné chladivo
- Topná voda (v schématu 50/40°C)

Obrázek 2 - Operační schéma okruhu

## 2.4 ÚČINNOST TČ

Charakteristická veličina popisující energetickou účinnost TČ se nazývá topný faktor (Coefficient of Performance, COP) a vyjadřuje se jako poměr deklarovaného topného výkonu v kW k energetickému příkonu TČ vyjádřeného v kW.

Hodnota COP pro daný typ TČ závisí podstatnou měrou na obou teplotách, mezi nimiž TČ pracuje a vždy se uvádí pro jaké hodnoty je stanovena, např. A7/W35, viz kapitola 3.1.4.

V literatuře se je možné setkat rovněž se zkratkou G.U.E. (Gas Usage Efficiency - účinnost využití plynu), jedná se o poměr užitečného tepelného výkonu k tepelnému příkonu potřebného pro plynový hořák (příkon je vypočten z  $m^3/h \cdot \text{výhřevnost plynu}$ ).

Tepelná čerpadla nepracují v praxi za ustálených podmínek, odpovídajících jmenovitým parametrům. Během roku, případně topné sezony, se mění parametry jak na primární, tak sekundární straně TČ. Mění se např. teplota venkovního vzduchu (u TČ vzduch-voda), ovlivňující poměry na výparníku, i teplota výstupní a vstupní vody (pro ÚT a ohřev TV), ovlivňující kondenzační teplotu. Během roku se mění rovněž požadovaný výkon TČ.

Pro hodnocení TČ během celého roku je třeba stanovit sezónní účinnost – **SCOP (el. TČ)** nebo **SPER (palivová TČ)**. Ta je definována jako poměr celkového dodaného užitečného tepla ke spotřebě energie nutné na jeho výrobu.

Nařízení Evropské Komise o ekodesignu stanovuje minimální účinnosti TČ uváděných na trh (úroveň požadavků se stanovuje ve dvou fázích, od září 2015 a přísnější hodnoty od září 2017). Účinnost se přitom vyjadřuje ve vztahu k primární energii.

Pro elektricky poháněná TČ se používá jako pomocné hodnoty tradičního ukazatele – topného faktoru (SCOP); účinnost dostaneme jeho vydělením koeficientem primární energie, který je pro tento účel uvažován s hodnotou  $CC=2,5$ , shodně pro celou EU.

Pro tzv. „palivová TČ“ se používá přímo ukazatel SPER (koeficient primární energie), u zemního plynu se za primární energii považuje jeho spalné teplo. Výsledná hodnota účinnosti je ještě snížena o korekci, závisející na typu regulace a pro TČ využívající spodní vodu též zohledňující spotřebu oběhového čerpadla. Podrobněji viz kap. 4.

### 3.1 OBLASTI VHODNÉ PRO INSTALACE TČ

#### 3.1.1 Typické aplikace tepelných čerpadel v současnosti

Statistika MPO o počtu a druhu instalací elektricky poháněných TČ v ČR ukazuje, že nejčastější jsou aplikace v domácnostech, a to elektricky poháněná tepelná čerpadla typu vzduch-voda. Domácnostmi jsou typicky rodinné domy v pasivním či nízkoo-energetickém standardu, případně malé bytové domy, s průměrným instalovaným výkonem cca 14 kW (do roku 2006 byl průměrný výkon cca 16 kW, od roku 2007 cca 13 kW). Čerpadla byla instalována zpravidla tam, kde nebyl k dispozici zemní plyn (u novostaveb), nebo kde byl jako zdroj tepla použit např. elektrokotel (cca 3x vyšší provozní náklady) a zároveň došlo k úpravě tepelně-technických parametrů obálky budovy – zateplení.

Typickými aplikacemi pro plynová tepelná čerpadla je bytový dům, škola, administrativní budova, tedy objekty s větší tepelnou ztrátou, s ohledem na produktovou řadu na trhu dostupných TČ od cca 40 kW. V budoucnu (výhled 2016) budou možnosti instalací rozšířeny i na rodinné domy díky doplnění nabídky o plynového TČ se jmenovitým výkonem 18 kW. Zároveň musí být objekt napojen na distribuční soustavu ZP. Řada instalací TČ byla opět spojena se zateplením objektu.

Zateplení (komplexní – celá obálka budovy včetně výplní) přináší pro instalaci TČ důležitý efekt a to ve snížení potřebného výkonu dodávaného otopnou soustavou (OS) do prostoru. Nový, nižší, výkon jsou pak schopna dodat i stávající otopná tělesa i při snížení teploty vody dodávané ze zdroje do otopné soustavy, která je u běžných TČ do 50°C (55°C). Pokud výkon OS nebyl při snížené teplotě dostatečný, bylo vždy nutné přebudovat OS s vynaložením dalších investic, zhoršujících celkovou ekonomickou bilanci realizace.

U starších staveb byla otopná soustava většinou projektována jako teplovodní ( $t_1 > 65^\circ\text{C}$ ) a tomu odpovídaly výkony těles, otopné soustavy se zdrojem TČ se projektují jako nízkoteplotní ( $t_1 < 65^\circ\text{C}$ , spíše však  $< 50$  ( $35^\circ\text{C}$ )). Rozvoj instalací TČ je tedy u rekonstrukcí svázán se zateplením a tedy např. s dotačním programem NZU či Panel.

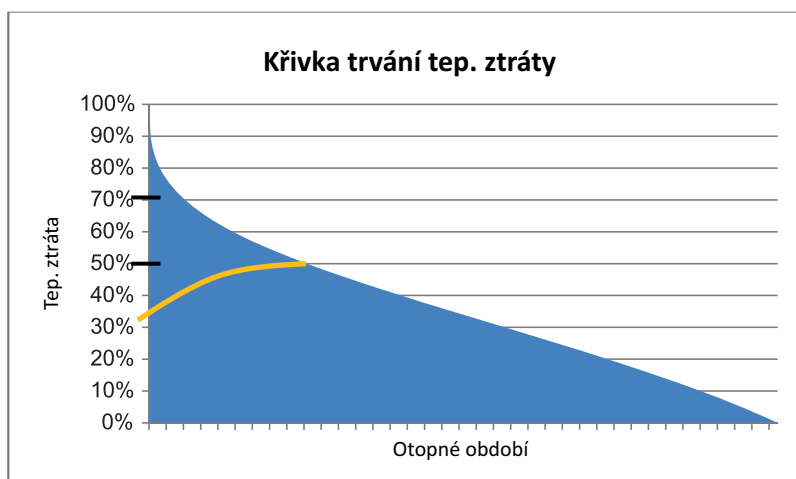
#### 3.1.2 Zásady správného návrhu a provedení

Tepelná čerpadla jsou obecně nejefektivnější v provozech s celoroční potřebou tepla na nízké teplotní úrovni. Požadavek na malý rozdíl teplot mezi teplotou nízkopotenciálního zdroje a výstupní teplotou např. vyráběné vody plyne již z výpočtu topného faktoru Carnotova cyklu (čím menší  $dT$ , tím vyšší topný faktor). Ekonomická návratnost tepelných čerpadel (vyšší investiční náročnost) je dána výší dosažených provozních úspor, z toho plyne požadavek rovněž na co nejdelší provoz (co největší výrobu tepla).

#### 3.1.3 Navrhování a provoz TČ

**Správný návrh výkonu a pokrytí potřeby tepla je pro bezproblémový provoz a ekonomickou návratnost tepelného čerpadla zásadní.**

Výkon zdroje tepla (kotle) se obvykle navrhuje na tepelnou ztrátu objektu (při výpočtové venkovní teplotě), korigovanou přírážkami na zátáp atd. Pro tepelná čerpadla je však tento postup nevhodný. Výpočtové podmínky ( $t_e = -12, -15$  nebo  $-18^\circ\text{C}$ ) nastávají v daných oblastech pouze v cca 1% z délky otopného období. Z křivky trvání venkovních teplot (případně trvání tepelné ztráty) vyplývá, že i zdroj o výkonu 50% tepelné ztráty pokryje cca 80% potřeby tepla na vytápění. Zdroj o výkonu 70% tepelné ztráty pak pokryje až cca 97% potřeby tepla na vytápění, viz graf níže.



*Graf 1 - křivka trvání teplot za otopné období dle [18], lze chápat rovněž jako křivku trvání tepelné ztráty*

*Pozn.: výkon tepelného čerpadla v závislosti na teplotě zdroje tepla (např. vzduchu) klesá i topný faktor, pokud je výkon TČ stanoven pro parametry A2/W35 a je to výkon na úrovni 50%, bude výkon při A-12/W35 o cca třetinu menší (žlutá čára)*



Z hlediska dosažení maximální úspory z instalace TČ **nemá tedy smysl navrhovat výkon tepelného čerpadla na více než 75% tepelné ztráty**, neboť vyšší instalovaný výkon bude představovat prakticky pouze vyšší investici. Čerpadlo navržené na 100% výkonu při extrémních podmínkách by bylo po většinu topného období předdimenzované, často by spínalo a vypínalo (cyklovalo) a docházelo by k většímu opotřebení. Čerpadla jsou zpravidla vybavena regulací výkonu či akumulací. Tato regulace by po část otopné sezony dokázala „cyklování“ omezovat, ale v přechodném období by ani ta nedokázala „cyklování“ u předdimenzovaných TČ dostatečně zabránit.

Během topné sezóny, kdy je již výkon tepelného čerpadla nedostatečný, od určité venkovní teploty nazývané bivalentní (**teplota bivalence**), se připíná dodatkový (bivalentní) zdroj. Pokud tento zdroj využívá stejného typu energie jako TČ, nazývá se pak společný provoz TČ a dodatkového zdroje **monoenergetický** (např. plyn. TČ. a plyn. kotel, nebo el. TČ+el. kotel).

Pokud je TČ doplněno dodatkovým (bivalentním) zdrojem, společný provoz může být paralelně bivalentní, alternativně bivalentní nebo částečně paralelně bivalentní.

#### Paralelně bivalentní

Tepelné čerpadlo pracuje i pod teplotou bivalence, k němu se připíná malý dodatkový zdroj tepla. Používá se tam, kde je otopná soustava nízkoteplotní (max. do 50-55°C).

#### Alternativně bivalentní

Tepelné čerpadlo se pod teplotou bivalence vypíná, potřebu tepla hradí bivalentní zdroj. Používá se tam, kde by byla pod teplotou bivalence požadována již příliš vysoká teplota vody do otopné soustavy (díky potřebě objektu a nastavení ekvitermní křivky).

#### Částečně paralelně bivalentní

Tento provoz je kombinací paralelně bivalentního a alternativně bivalentního provozu. Tepelné čerpadlo při něm pracuje i pod teplotou bivalence avšak pouze do teploty „vypnutí“, od které pracuje již jen bivalentní zdroj. Jako u alternativně bivalentního provozu, představuje teplota vypnutí hranici, od které by byla požadovaná teplota vyráběné vody pro tepelné čerpadlo příliš vysoká (nad 60°C, např. spád 80/60°C, kdy TČ nelze zapojit ani pro přehřev vody).

Nehledě na typ bivalentního provozu, pokud je monoenergetický, vždy zhoršuje topný faktor, až k hodnotě 1 (např. při provozu pouze el. kotle) s dopadem na ekonomiku provozu. Pro efektivní provoz TČ je zásadní navrhovat otopnou soustavu jako nízkoteplotní, k tepelnému čerpadlu instalovat pouze malý doplňkový zdroj tepla pro špičkové potřeby tepla a provoz uvažovat jako bivalentní paralelní. Provoz bivalentního zdroje lze dále minimalizovat dočasným snížením tepelného komfortu v době výskytu extrémních venkovních teplot, kdy dojde k poklesu vnitřní teploty nedostatečným výkonem TČ, případně využitím doplňkového zdroje na jiný zdroj energie (např. u RD krbová kamna na biomasu atp.). Příklady možných zapojení TČ s kotlem jsou uvedeny v kapitole 8.

Navrhovat plynové TČ na **monoenergetický provoz** (na 100% výkon - tepelnou ztrátu) může být provozně efektivnější, z celkového ekonomického pohledu je však taková investice nevhodná.

Dalším negativním vlivem na topný faktor je režim **odmrazování**. U tepelných čerpadel vzduch/voda dochází při provozu pod teplotou venkovního vzduchu cca 5°C, v závislosti na venkovní vlhkosti, k namrzání vody na výměníku tepla (výparníku). To je dáno tím, že výparná teplota je typicky o cca 3-5°C nižší než venkovní teplota vzduchu. Při teplotách kolem te 5°C a nižších je tedy výparná teplota pod 0°C a na teplosměnné ploše výměníku (případně na její části) dochází k namrzání z kondenzované vzdušné vlhkosti. Námraza následně blokuje přestup tepla ze vzduchu, zamezuje průtoku vzduchu přes výměník a vede až k odstavení TČ z provozu.

U plynových tepelných čerpadel nelze řešit odmrazování reverzací chodu jako u elektrických TČ. Místo toho je použita část čpavku proudícího z varníku k odmrazení teplosměnné plochy výměníku. Čpavek za varníkem má teplotu cca 80°C, odmrazování je proto relativně rychlé, obvykle do tří minut. Během odmrazování je stále většina čpavku použita pro vlastní chladivový oběh, nedochází tedy k odstávce dodávky tepla a dopad odmrazování na sezonní účinnost TČ je velmi malý.

### 3.1.4 Zdroje nízkopotenciálního tepla

K zemskému povrchu proniká energie ze dvou zdrojů, prvním je sluneční energie, která ohřívá zemi, vodu i vzduch, druhým zdrojem je energie ze zemského jádra, plynoucí pravděpodobně z radioaktivního rozpadu v jádře.

Pro popis zdrojů je uvedeno dělení podrobnější, kdy je sluneční energie dále dělena na energie přímo využitou fototermitickými kolektory a sluneční energii přeměněnou na tepelnou energii vzduchu, vody a země. Geotermální energie reprezentuje energii jádra. Samostatně je uveden zdroj odpadní energie, který pochází z lidské činnosti, nejčastěji se jedná o odpadní teplo z technologických procesů.

#### Přírodní zdroje energie

##### ■ Vzduch

Vzduch je prakticky všude dostupným zdrojem energie, nicméně „hustota“ energie ve vzduchu je malá a využitelné množství energie ve vzduchu s venkovní teplotou klesá. Navíc od cca 4°C (výparná teplota již kolem či pod 0°C) dochází k zamrznání teplosměnných ploch, které zhoršuje efektivitu provozu. Parametry venkovního vzduchu, při kterých je udán výkon TČ a COP, se označují „A“ (Air) a teplotou, např. A2, A7.

##### ■ Voda (povrchová, podpovrchová)

Vodu, jako zdroj tepla, lze čerpat z povrchových toků či nádrží (umělých, přírodních), nebo z podpovrchových zdrojů (studen). Výměník (výparník) se zpravidla neumísťuje přímo do zdroje vody, kvůli případné kontaminaci chladičem při jeho porušení, ale voda je vedena např. ze studny k výměníku, případně se do okruhu vloží pomocná, ekologicky nezávadná, teplotonosná kapalina. Parametry vody se označují písmenem „W“ (Water) a teplotou, např. W10.

##### ■ Země (plošné kolektory, vrty)

Pro čerpání energie země se využívají dva základní typy zemních výměníků: vrty (vertikální vrt do hloubky cca 70-140 m) a plošné zemní kolektory (horizontální výměník uložený pod zámraznou hloubkou). Alternativou vrtů mohou být koaxiální sondy, spirálové sondy či energetické piloty. Alternativou plošných výměníků mohou být instalace do výkopu (jednoduché či spirálové smyčky). Zemní výměník je relativně stabilním zdrojem nízkopotenciální energie a je dostupnější než voda. Výměník je však třeba vždy dobře dimenzovat, aby nedošlo k jeho vyčerpání či dokonce zamrznutí. Zejména u vrtů je pak vhodná

kombinace např. s fototermitickými kolektory či s chladicí funkcí TČ, kdy je přebytečné teplo vráceno do vrtu a složí k jeho regeneraci. Parametry země se pak označují písmenem „B“ a teplotou, např. B0, pro případy, kdy je v kolektoru jako teplosměnná kapalina např. solanka (Brine – solný roztok). Pokud je v zemním kolektoru přímo chladič – přímý odpar, označují se podmínky jako „E“ (Earth) a teplotou, např. E4.

##### ■ Geotermální energie

Hlubinné vrty na využití geotermální energie jsou hluboké v řádu kilometrů, a využívají energii jádra v suchých horninách (HDR – Hot Dry Rock). Obecně se říká, že nárůst teploty s hloubkou je 30°C/1 km, avšak tato hodnota je silně závislá na geologické skladbě takto hlubokých vrstev podloží.

Geotermální energii vody pak představují hlubinné vrty, ze kterých je čerpána voda o vyšší teplotě než u povrchových toků. Např. v oblasti Děčína se nachází v hloubce cca 500 m podzemní jezero s teplotou vody cca 30°C.

##### ■ Sluneční energie (solární systémy)

Zdrojem nízkopotenciální energie pro tepelná čerpadla mohou být i solární kolektory. V podmínkách ČR lze dimenzovat kolektory tak, aby dosahovaly po určitou dobu v roce dostatečně vysokých teplot a výkonu, aby mohly sloužit jako samostatný zdroj tepla. Při obvyklém návrhu solární soustavy pro přípravu TV a vytápění obvykle dochází k letnímu přebytku tepla, v zimě pak k nedostatku dostatečně ohřáté vody (nedostatek výkonu). Zde je prostor pro instalaci TČ, které dokáže dohřát vodu z kolektoru na požadované teplotní parametry.

##### ■ Zdroje odpadní energie

Zdrojem odpadní energie jsou typicky technologické procesy, zdrojem tepla může být např. chladicí rezná kapalina, chlazení forem od odlitků, ale např. i odváděný vzduch VZT jednotkami. Ve VZT aplikacích jsou TČ rozšířena zejména u bazénových jednotek (elektrická TČ).

### 3.1.5 Akumulace tepla

U tepelných čerpadel bez výkonové regulace je nutné **vyrovnávat výkon čerpadla s potřebou tepla na vytápění**. Vyrovnávacím prvkem v těchto případech je akumulační zásobník tepla. Dalším přínosem akumulační nádoby v soustavě je **omezení četnosti spínání tepelného čerpadla**. TČ bez regulace výkonu pracuje v režimu vypnuto/zapnuto. To vede při provozu při nižší potřebě tepla, než odpovídá výkonu TČ, k „cyklování“ s negativním dopadem na životnost zařízení. Akumulace tepla může rovněž **překlenout dobu blokace chodu TČ**, například při omezení provozu venkovní jednotky kvůli hluku v nočních hodinách. Na rozdíl od el. TČ není nutné překonávat období blokace chodu např. v době vysokého tarifu na el. energii.

V případech, kdy TČ není jediný zdroj tepla, slouží akumulační zásobník, respektive integrovaný zásobník tepla, k **hydraulickému oddělení okruhu tepelného čerpadla** (od okruhu spotřeby a dalších zdrojů). Hydraulické oddělení slouží rovněž k udržení požadovaného průtoku vody kondenzátorem (nezávisle na průtoku v OS).

Návrh velikosti akumulace (do vody,  $c=4187$  [J/(kg\*K)]) vychází z množství tepla, které chceme akumulovat  $Q_{TČ} [W] * \Delta\tau [s]$  a z rozdílu teplot před a na konci nabíjení akumulátoru  $\Delta t [K]$ .

Objem akumulace  $V [l]$  se pak rovná:

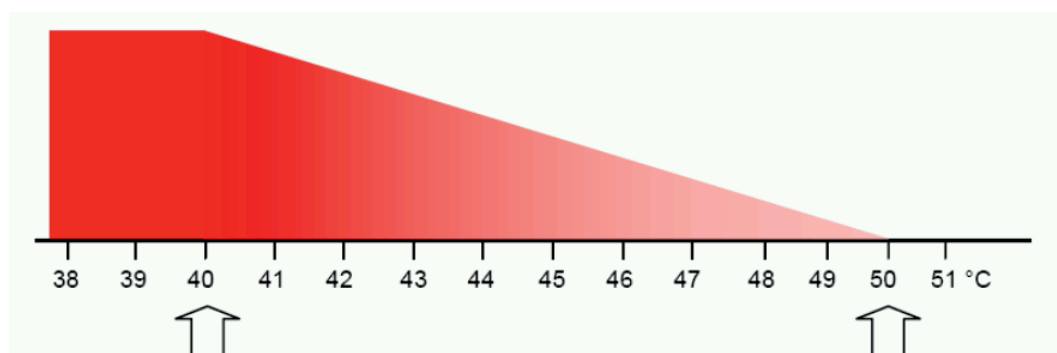
$$V = \frac{Q_{TČ} * \Delta\tau * 1000}{\rho * c * \Delta t}$$

Pokud zvolíme  $\Delta t=5$  K (omezení výroby vody o vysoké teplotě) a  $\Delta\tau = 10$  minut (typicky pro omezení cyklování), vychází měrný objem akumulace 30 l/kW instalovaného výkonu. Např. v programu NZÚ 2014 je požadavek na minimální měrnou akumulaci ve výši 15l/kW instalovaného výkonu.

U plynových tepelných čerpadel slouží akumulace rovněž k dochlazování tepelného čerpadla (u aplikací pod 50 kW je to hlavní funkce) a dále zajišťuje plynulý provoz s ohledem na žádané teploty. Při doběhu a při náběhu je akumulace zásobou tepla sloužící k vyrovnání výkonu zdroje.

### 3.1.6 Regulace TČ

Plynová tepelná čerpadla jsou standardně doplněna regulací, která mimo jiné řídí teplotu topné vody do otopné soustavy, řídí tak její výkon. Teplotu vody lze řídit na základě 4 „setpointů“ (nastavení teploty pro ohřev ÚT až pro 4 časové úseky), nebo dle ekvitermní křivky (v kombinaci s venkovním teplotním čidlem). Pokud jsou TČ instalována v kaskádě doplňuje se MaR o kaskádní řadič.



Obrázek 3 - Příklad ovládní výkonu v zimním režimu (vytápění, setpoint 40 a 50°C).

#### 4.1 PŘEHLED LEGISLATIVY

V rámci Směrnice o ekodesignu Evropská komise stanovila požadavky též na tepelná čerpadla, která patří mezi tzv. ohřivače (sloužící pro vytápění a/nebo ohřev teplé vody). Požadavky se týkají především minimální účinnosti výrobků nově uváděných na trh a povinnosti vybavit je energetickými štítky. Nařízení a doplňující sdělení Komise uvádějí předepsaný způsob stanovení účinnosti, která je vztažena na primární energii, takže lze porovnávat energetickou účinnost např. tepelných čerpadel s kotli. Výčet hlavních předpisů týkajících se tepelných čerpadel (a rovněž i klimatizačních jednotek, které mohou mít funkci tepelného čerpadla) je následující:

- Nařízení Komise č. 813/2013 o ekodesignu ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohřivačů
- Sdělení Komise 2014/C 207/02 v rámci provádění nařízení komise č. 813/2013 – obsahuje výpočet sezonní energetické účinnosti
- Nařízení Komise č. 811/2013 o štítcích ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů

Další související legislativou je nařízení a rozhodnutí Komise týkající se elektrických tepelných čerpadel. Podstatné je zejména nařízení o ekodesignu a související legislativa, která obsahuje metodiku na výpočet sezonního topného faktoru na základě statistických teplotních intervalů. Jedná se o metodiku využitelnou i pro plynová topná čerpadla.

- Nařízení Komise č. 206/2012 o ekodesignu pro klimatizační jednotky (i s funkcí TČ)
- Nařízení Komise č. 626/2011 o energetickém štítkování pro klimatizace
- Rozhodnutí komise 2013/114/EU, kterým se stanoví pokyny pro výpočet obnovitelné energie z TČ

Požadavky dané nařízeními Komise jsou dále implementovány do evropských a národních norem, které definují např. zkušební metody, referenční parametry, požadavky na účinnost atd. Některé normy související s problematikou TČ jsou uvedeny níže:

- ČSN EN 14 511-1 až 4, Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru
- ČSN EN 12 309 - 1 až 2, Adsorpční a adsorpční klimatizační zařízení a/nebo

zařízení s tepelným čerpadlem s vestavěnými zdroji tepla na plynná paliva se jmenovitým tepelným příkonem nejvýše 70 kW

- ČSN EN 15450, Tepelné soustavy v budovách – Navrhování otopných soustav s tepelnými čerpadly
- ČSN EN 14825, Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru - Zkoušení a klasifikace za podmínek částečného zatížení a výpočet při sezonním nasazení

#### 4.2 POŽADAVKY NAŘÍZENÍ O EKODESIGNU Č. 813/2013

Nařízení č. 813/2013 uvádí požadavky na „ohřivače pro vytápění vnitřních prostorů a kombinované ohřivače“ nově uváděné na trh. Hodnotícím parametrem pro TČ je tzv. sezonní energetická účinnost a její minimální požadované hodnoty jsou následující:

- **od 26. září 2015**  
**100 % (115% pro nízkoteplotní TČ)**
- **od 26. září 2017**  
**110 % (125% pro nízkoteplotní TČ)**

Splnění těchto účinností je povinností výrobců, v rámci energetických výpočtů lze tyto hodnoty považovat za minimální hodnoty účinnosti na trhu (vztaženo k průměrnému klimatu).

##### 4.2.1 Stanovení sezonní účinnosti s dle nařízení o ekodesignu č. 813/2013

Nařízení Komise č. 813/2013 – ekodesign ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohřivačů, respektive sdělení Komise č. 2014/C 207/02 definuje výpočet účinnosti pro „tepelná čerpadla využívající paliva“.

Pro tato TČ je charakteristickou veličinou tzv. sezonní koeficient primární energie – SPER (Seasonal Primary Energy Ratio). **Jedná se o poměr referenční roční potřeby tepla pro vytápění k roční spotřebě energie zdroje.** U plynových tepelných čerpadel představuje roční spotřebu energie zdroje zejména spotřeba plynu (včetně dodatkového zdroje).

Nařízení neudává postup stanovení SPER. Hodnotu SPER pro výpočet účinnosti lze však stanovit stejnou metodikou na základě teplotních intervalů jako hodnotu SCOP dle nařízení č. 206/2012, nebo dle ČSN EN 14 825, podmínkou je, aby byl SPER vztažen ke spalnému teplu v plynu.

Sezónní účinnost se pak spočte následovně:

$$\eta_s = SPER - F(i)$$

Kde oprava  $F(i)$  zahrnuje:

- $F(1)$  záporný příspěvek v důsledku příspěvků regulátorů teploty 3%
- $F(2)$  záporný příspěvek v důsledku spotřeby el. energie čerpadla spotřeba vody 5%

#### 4.2.2 Porovnání výpočtu účinnosti GAHP a EHP dle nařízení Komise č. 813/2013

Pro elektricky poháněná TČ je charakteristickou veličinou sezónní topný faktor (označení SCOP, Seasonal Coefficient of Performance), který je poměrem užitečného topného výkonu k elektrickému příkonu (jak již bylo výše obecně uvedeno). Sezónní COP (SCOP) se stanoví na základě dílčích provozních výsledků (výroby a spotřeby) v jednotlivých provozních stavech během topné sezóny, kde každému teplotnímu intervalu teplot venkovního vzduchu je přiřazena normovaná doba trvání. Výpočet musí respektovat i případnou spotřebu doplňkového zdroje (tj. zpravidla elektrokotle).

Sezónní účinnost se pak spočte následovně:

$$\eta_s = \frac{SCOP}{CC} - F(i)$$

Kde:

- CC je převodní koeficient elektrické energie na energii primární. Jeho předepsaná hodnota je  $CC=2,5$ ; odpovídající průměrné účinnosti výroby elektřiny v EU 40%.
- $F(i)$  jsou opravné členy na různé vlivy snižující celkovou účinnost soustavy

V rámci nařízení je tedy i u elektrických TČ vztaženo hodnocení účinnosti k primární energii a lze tedy porovnávat účinnost elektrických i plynových TČ. Elektrická TČ jsou však v porovnání mírně zvýhodněna, neboť účinnost výroby el. energie není v ČR 40%, jak uvádí nařízení, dle lit. [13] je celková energetická účinnost monovýroby elektřiny (kondenzační výroby elektřiny) 33,5% (v roce 2011).

#### 4.3 STANOVENÍ SEZONNÍHO TOPNÉHO FAKTORU DLE METODIKY UVEDENÉ V NAŘÍZENÍ Č. 206/2012 A SOUVISEJÍCÍCH PŘEDPÍSECH

Způsob výpočtu sezónního topného faktoru SCOP, prakticky použitelný pro stanovení SPER, předepisuje nařízení o ekodesignu č. 206/2012 a sdělení komise k nařízení č. 206/2012. Metodika obsahuje jak výpočetní vztahy, tak teplotní četnosti pro otopné období. V nařízení jsou tři teplotní období: průměrné, teplejší a chladnější, přičemž průměrné otopné období odpovídá Evropskému referenčnímu období uvedenému v nařízení č.813/2013 – ekodesign ohříváčů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohříváčů.

Průměrný sezónní topný faktor, v aktivním režimu včetně dodatkového zdroje, se dle nařízení počítá na základě statistických teplotních intervalů a počtu hodin v daném intervalu.

$$SCOP_{on} = \frac{\sum_{j=1}^n h_j * \Delta\tau * Ph(T_j)}{\sum_{j=1}^n * \left( \frac{Ph(T_j) - elbu(T_j)}{COP_{bin}(T_j)} + elbu(T_j) \right)}$$

Kde:

- $h_j$  počet hodin v daném teplotním intervalu [-]
- $T_j$  venkovní teplota (teplota suchého teploměru) [°C]
- $Ph(T_j)$  potřeba tepla na vytápění (tep. ztráta objektu) pro daný teplotní interval (venkovní teplotu), kde  $Ph(T_j) = P_{design} * pl(T_j)$ , jedná se tedy o návrhový výkon přepočtený na výkon v daném teplotním intervalu [kW]

$$pl(T_j) = \frac{T_j - 16}{T_{design} - 16}$$

Kde:

- $T_{design}$  teplota odpovídající referenčním podmínkám pro vytápění (-10°C) [°C]
- $elbu(T_j)$  výkon záložního (bivalentního) zdroje [kW]
- $COP_{bin}(T_j)$  topný faktor specifický pro daný statistický topný interval [-]

$COP_{bin}(T_j)$  lze stanovit dle naměřených hodnot, případně dle dopočtených hodnot k naměřeným referenčním bodům, způsob dopočtu je uveden v metodice.

#### 4.3.1 Příklad výpočtu SPERon pro GAHP-A

Výše uvedené vztahy byly použity na výpočet sezonního topného faktoru pro plynové tepelné čerpadlo v nízkoteplotním provedení. Ve výpočtu byla uvažována tepelná ztráta objektu 80 kW a jmenovitý výkon instalovaného TČ 38 kW. Dodatkovým zdrojem byl kondenzační kotel. Teplota výstupní vody při výpočtové venkovní teplotě  $-10^{\circ}\text{C}$

byla  $45^{\circ}\text{C}$ . Pro stanovení  $\text{COP}_{\text{bin}}(\text{T}_j)$  a pro stanovení skutečného výkonu TČ (respektive  $\text{Elbu}(\text{T}_j)$ ) pro dané venkovní podmínky byla iterována ekvitermní křivka s krajními body  $T_e = -10^{\circ}\text{C}$  a  $T_v = 45^{\circ}\text{C}$  (teplota vody do soustavy) a  $T_e = +15^{\circ}\text{C}$  a  $T_v = 35^{\circ}\text{C}$ . Venkovní klima bylo uvažováno jako „průměrné“ dle nařízení č.813/2013.

GUE (účinnost využití plynu) GAHP-A verze LT					
VENKOVNÍ TEPLOTA VZDUCHU ( $T_a$ )	TEPLOTA VÝSTUPNÍ VODY ( $T_{v,j}$ )				
	35°C	40°C	45°C	50°C	55°C
	TEPLOTA VRATNÉ VODY ( $T_{v,r}$ )				
	25°C	30°C	35°C	40°C	45°C
-20°C	1,201	1,119	1,037	0,955	0,840
-19°C	1,211	1,129	1,047	0,965	0,850
-18°C	1,221	1,139	1,057	0,975	0,860
-17°C	1,231	1,149	1,067	0,985	0,870
-16°C	1,241	1,159	1,077	0,995	0,880
-15°C	1,251	1,169	1,087	1,005	0,890
-14°C	1,271	1,189	1,107	1,025	0,910
-13°C	1,291	1,209	1,127	1,045	0,930
-12°C	1,311	1,229	1,147	1,065	0,950
-11°C	1,331	1,249	1,167	1,085	0,970
-10°C	1,351	1,269	1,187	1,105	0,990
-9°C	1,385	1,303	1,220	1,138	1,023
-8°C	1,418	1,336	1,254	1,172	1,057
-7°C	1,452	1,369	1,287	1,205	1,090
-6°C	1,473	1,398	1,311	1,224	1,114
-5°C	1,495	1,426	1,335	1,243	1,138
-4°C	1,516	1,454	1,358	1,262	1,162
-3°C	1,538	1,483	1,382	1,281	1,186
-2°C	1,559	1,511	1,406	1,300	1,210
-1°C	1,579	1,538	1,436	1,334	1,241
0°C	1,599	1,564	1,467	1,369	1,272
+1°C	1,620	1,591	1,498	1,404	1,303
+2°C	1,641	1,619	1,529	1,440	1,335
+3°C	1,643	1,621	1,537	1,453	1,348
+4°C	1,645	1,623	1,545	1,467	1,360
+5°C	1,648	1,625	1,553	1,481	1,373
+6°C	1,650	1,627	1,561	1,495	1,386
+7°C	1,653	1,629	1,570	1,510	1,400
+8°C	1,655	1,633	1,579	1,525	1,419
+9°C	1,657	1,637	1,588	1,540	1,438
+10°C	1,659	1,640	1,598	1,555	1,456
+11°C	1,661	1,644	1,607	1,570	1,475
+12°C	1,664	1,648	1,616	1,585	1,494
+13°C	1,666	1,651	1,626	1,600	1,513
+14°C	1,668	1,655	1,635	1,615	1,531
+15°C	1,670	1,658	1,644	1,630	1,550

Obrázek 4 - Příklad iterace ekvitermní křivky dle tabulkových hodnot pro stanovení  $\text{COP}_{\text{bin}}(\text{T}_j)$ , výkon TČ obdobně

Vypočtená hodnota SPERon byla 1,36, vztaženo ke spalnému teplu! SPERon vztažen k výhřevnosti pak byl 1,5. U kotlů na plyn se účinnost uvádí zpravidla ve výhřevnosti (vyšší hodnota účinnosti), avšak nařízení č. 813/2013 předepisuje hodnocení vztažené ke spalnému teplu.

Dosažením vypočtené hodnoty SPER do výpočtu účinnosti  $\eta_s$  dle nařízení č.813/2013 je pak výsledná účinnost  $\eta_s = 136 - 3 = 133\%$ .

V rámci výpočtu byl posuzován pouze SPERon při počtu hodin v zapnutém stavu odpovídajícímu průměrnému klimatu  $H_{\text{HE}} = 2066 \text{ h/r}$  v souladu se sdělením Komise [5]. Pro detailní energetické hodnocení zdrojů je třeba ve výpočtech zahrnout rovněž spotřebu energie ve vypnutém stavu a v pohotovostním režimu a spotřebu „pomocné“ energie.

Tato energie je u plynového TČ elektrická, pro stanovení SPER je ji třeba vynásobit faktorem přeměny CC, pro výpočet úspor dle vyhlášky o EA (viz dále) je její spotřebu třeba řešit odděleně od spotřeby plynu, neboť obě formy energie mají jiné emisní faktory, jinou cenu atd. Vlastní spotřeba el. energie tepelného čerpadla tvoří jen cca 4% spotřeby plynu a nemá tedy významný dopad na efektivitu TČ.

Normovaný stupeň využití kondenzačního kotle (sezonní účinnost, dle DIN 4702) při výstupní teplotě vody  $45^{\circ}\text{C}$  až  $27^{\circ}\text{C}$  (rovněž ekvitermní regulace) vychází 106,8% (k výhřevnosti), přičemž GAHP LT dosahuje „účinnosti“ k výhřevnosti 150%. Plynové TČ tedy dosahuje úspory téměř 44% plynu proti kondenzačnímu kotli.

#### 4.4 VÝPOČET PODÍLU OBNOVITELNÉ ENERGIE NA DODÁVCE TEPLA DLE ROZHODNUTÍ KOMISE 2013/114/EU

Výpočet množství obnovitelné energie (ERES) uvádí nařízení Komise 2013/114/EU, kterým se stanoví pokyny pro členské státy pro výpočet energie z obnovitelných zdrojů z tepelných čerpadel využívajících různé technologie tepelných čerpadel podle článku 5 směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES.

$$E_{RES} = Q_{usable} \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$$

de:

$Q_{usable}$  odhadované celkové využitelné teplo dodané tepelnými čerpadly [GWh],  
 $Q_{usable} = H_{HP} * P_{rated}$ , je to tedy součin počtu ekvivalentních hodin plného zatížení v provozu [h] a výkonu instalovaných tepelných čerpadel s přihlédnutím k životnosti různých typů tepelných čerpadel [GW]

SFP odhadovaný faktor průměrné sezónní účinnosti (SCOPnet nebo SPERnet)

Výpočet odpovídá výpočtu úspory energie tepelným čerpadlem, ve kterém je rozdíl vyrobené tepelné energie a energie na pohon TČ:

$$Q_{uspora} = Q_t - \frac{Q_t}{SCOP} = Q_t \left(1 - \frac{1}{SCOP}\right)$$

Z rovnice je patrné, že při SCOP ve výši 3, je úspora ve výši 0,67 Qt. Pokud bude SCOP 2x větší, bude úspora 0,83Qt, narůst úspory tedy není lineární funkcí SCOP.

## 5.1 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ (ENERGETICKÉ VSTUPY, BILANCE ZDROJE)

Na počátku každé zprávy o energetickém auditu je uvedena tabulka se soupisem základních údajů o energetických vstupech.

Tabulka 1 – Příklad tabulky, příloha č.2 vyhlášky - soupis základních údajů o energetických vstupech

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost [GJ/jednotku]	Přepočet na MWh	Roční náklady [tis. Kč]
Elektřina	MWh	310,0	1	310,0	743,6
Teplo	GJ				
Zemní plyn	MWh	596,0	0,9	536,4	611,4
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Černé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TTO	t				
LTO	t				
Nafta	t				
Druhotné zdroje	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ/MWh				
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie				846,4	1354,9
Změna stavu zásob (inventarizace)					
Celkem spotřeba paliv a energie				846,4	1354,9

Ve 4. sloupci je vyhláškou předepsán přepočet na výhřevnost (s jednotkou [GJ/jednotku] ponechanou z předchozí verze vyhlášky, nastavené na hodnoty v [GJ]). U zemního plynu je tedy nutné vypočítat převodní koeficient dle údajů o spalném teple

uvedeném na faktuře, neboť fakturační údaje jsou uvedeny ve spalném teple.

V energetickém auditu popisují zdroj tepla dvě tabulky:

Tabulka 2 – Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie

Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
Roční celková účinnost zdroje	%	88
Roční účinnost výroby elektrické energie	%	-
Roční účinnost výroby tepla	%	88
Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ/MWh	-
Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ	1931,1
Roční využití instalovaného elektrického výkonu	hod	-
Roční využití instalovaného tepelného výkonu	hod	1966,9

Účinnost zdroje tepla je v tabulce vztažena k výhřevnosti paliva, u kotlů je to nejčastější způsob uvádění účinnosti. Dle nařízení Komise č. 813/2013 má být účinnost vztažena ke spalnému teple. Při tvorbě

povinných tabulek do zprávy o EA je tedy třeba vždy bedlivě sledovat, ke které hodnotě tepla (výhřevnosti/spalnému teple) je daná hodnota vztažena (účinnost, cena tepla, výroba tepla...)

Tabulka 3 – Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie

Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
Instalovaný elektrický výkon celkem	MW	-
Instalovaný tepelný výkon celkem	MW	0,24
Výroba elektřiny	MWh	-
Prodej elektřiny	MWh	-
Vlastní technologická spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny	MWh	-
Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	GJ/r	-
Výroba tepla	GJ/r	1699,4
Dodávka tepla	GJ/r	1699,4
Prodej tepla	GJ/r	-
Vlastní technologická spotřeba tepla na výrobu tepla	GJ/r	-
Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	GJ/r	1931,1
Spotřeba energie v palivu celkem	GJ/r	1931,1



Rozdíl „Výroby tepla“ a „Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla“ udává „Ztrátu ve vlastních zdrojích“ vstupující do výchozí roční energetické bilance. Rozdíl „Výroba tepla“ a „Dodávka tepla“ udává

„Ztráty ve vlastních rozvodech“ výchozí roční energetické bilance (zde bez ztrát v rozvodech). Příklad výchozí roční energetické bilance je uveden v tabulce níže.

Tabulka 4 – Výchozí roční energetická bilance

Název ukazatele	Energie		
	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
Vstupy paliv a energie	3047,0	846,4	1354,9
Změna zásob paliv			
Spotřeba paliv a energie (ř.1+ř.2)	3047,0	846,4	1354,9
Prodej energie cizím			
Konečná spotřeba paliv a energie (ř. 3 - ř. 4)	3047,0	846,4	1354,9
Ztráty ve vlastních zdrojích a rozvodech (z ř.5)	231,7	64,4	73,4
Spotřeba energie na vytápění (z ř. 5)	1699,4	472,1	538,0
Spotřeba energie na chlazení (z ř. 5)			
Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř. 5)			
Spotřeba energie na větrání (z ř. 5)			
Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř. 5)			
Spotřeba energie na osvětlení (z ř. 5)			
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř. 5)	1115,8	310,0	743,6

## 5.2 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Ekonomické hodnocení tepelného čerpadla spočívá zejména v posouzení přínosů realizace TČ proti investičním nákladům na jeho realizaci. Přínosy jsou pak dány výší dosažených provozních úspor (ve finančním vyjádření), ve srovnání s jiným zdrojem tepelné energie. Základní podmínkou efektivnosti tepelného čerpadla tedy je, že náklady na spotřebovanou primární energii na pohon tepelného čerpadla jsou nižší, než náklady na spotřebu primární energie zdroje tepla, se kterým je TČ porovnáváno. Další „minimální“ podmínkou efektivnosti instalace je, aby reálná doba návratnosti byla kratší než doba životnosti tepelného čerpadla.

V rámci vyhlášky o energetickém auditu se ekonomické hodnocení provádí z hlediska projektu, z tzv. systémového hlediska bez vlivu daní a financování s uvažovanou dobou hodnocení ve výši 20 let a při růstu cen energie 3% (dle tab. 5 v příloze 5 vyhlášky). V rámci hodnocení se posuzuje:

### 1. Diskontní míra (diskont, %)

Diskont slouží k časovému zohlednění hodnoty peněz, respektive k ocenění finančních prostředků vynaložených či přijatých v budoucnosti.

### 2. Prostá doba návratnosti (Ts)

Prostá doba návratnosti je doba potřebná pro úhradu celkových investičních nákladů čistými příjmy projektu. Prostá doba návratnosti je velmi jednoduchý ukazatel, který však neřeší efekty po době návratnosti a fakt, že peníze můžeme vložit do

jiných investičních příležitostí, nerespektuje časovou hodnotu peněz.

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

### 3. Reálná doba návratnosti (Tsd)

Reálná (diskontovaná) doba návratnosti je obdobný ukazatel jako prostá doba návratnosti s tím rozdílem, že neuvažuje prostý peněžní tok ale peněžní tok diskontovaný, zahrnuje tedy časovou hodnotu peněz.

$$\sum_{t=1}^{Tsd} CF_t * (1+r)^{-t} - IN = 0$$

### 4. Čistá současná hodnota (NPV)

NPV (Net Present Value) v sobě zahrnuje celou dobu životnosti projektu, i možnost investování do jiného stejně rizikového projektu. Pakliže je NPV kladné, je projekt ekonomicky efektivní.

$$NPV = \sum_{t=1}^{Tz} CF_t * (1+r)^{-t} - IN$$

### 5. Vnitřní výnosové procento (IRR)

IRR (Internal Rate of Return) představuje trvalý roční výnos investice. Je to diskont, při němž je NPV investice rovno nule. Pakliže je IRR vyšší než uvažovaný diskont, je projekt ekonomicky efektivní.

$$\sum_{t=1}^{Tsd} CF_t * (1+IRR)^{-t} - IN = 0$$

Z pohledu vyhlášky o energetickém auditu je možné hodnotit opatření jako přínosné, pokud je **NPV > 0**.

Tabulka 5 – Výsledky ekonomického vyhodnocení

Údaje	Jednotka	Varianta EÚPI	
<b>Investiční výdaje projektu</b>	tis. Kč	3500	
Změna nákladů na energie	tis. Kč	-801,2	
Změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč	0	
- změna osobních nákladů (mzdy, pojistné)	tis. Kč	0	
- změna ostatních provozních nákladů	tis. Kč	0	
- změna nákladů na emise a odpady	tis. Kč	0	
Změna tržeb (za teplo, elektřinu, využití odpady)	tis. Kč	0	
<b>Přínosy projektu celkem</b>	tis. Kč	801,2	
Doba hodnocení	roky	20	
Roční růst cen energie	%	3	
Diskont	%	3,5	
<b>T<sub>S</sub></b>	<b>- prostá doba návratnosti</b>	roky	4,4
<b>T<sub>SD</sub></b>	<b>- reálná doba návratnosti</b>	roky	4,6
<b>NPV</b>	<b>- čistá současná hodnota</b>	tis. Kč	11 292,6
<b>IRR</b>	<b>- vnitřní výnosové procento</b>	%	25,45%

### 5.3 ENVIRONMENTÁLNÍ HODNOCENÍ

Základní škodlivinou pro posouzení environmentálních dopadů dle vyhlášky č. 480/2012 Sb., z provozu TČ, je oxid uhličitý - CO<sub>2</sub>. Tato hodnota je všeobecně využívána jako hodnotící kritérium rovněž dotačními programy.

Emisní faktory oxidu uhličitého pro různá paliva jsou uvedeny ve vyhlášce.

Tabulka 6 – faktory CO<sub>2</sub> dle vyhlášky č. 480/2012 Sb.

Palivo	koef.	Em.	Jednotky
Hnědé uhlí		0,36	t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Černé uhlí		0,33	t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
TTO		0,27	t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
LTO		0,26	t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Zemní plyn		0,20	t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Biomasa		0,00	t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Elektřina		1,17	t CO <sub>2</sub> /MWh elektřiny

Emisní faktor pro elektřinu (pomocná el. pro TČ) již zahrnuje účinnost výroby el. energie v tepelných elektrárnách a rovněž i palivo (cca 0,36 HU/0,31 η<sub>el</sub>, ve skutečnosti je uvažován palivový mix a vyšší účinnost), spotřebu el. energie tedy není nutné převádět pro environmentální hodnocení na primární palivo. Pokud by el. energie na pohon nebyla odebírána z distribuční sítě, ale pocházela by např. z kogenerační jednotky, je samozřejmě nutné provést přepočítání na primární palivo a množství emisí CO<sub>2</sub> dopočítat s emisním faktorem v tomto případě pro plyn. Ekologické hodnocení se provádí jak z globálního (celospolečenského) pohledu, tak z lokálního pohledu na úrovni obce, ve které je umístěn posuzovaný zdroj tepla.

Pokud není el. energie vyráběna na místě (KGJ, MVE, FVE), úspory či navýšení el. energie má vždy globální charakter. Naopak zdroje tepelné energie pro jednotlivé objekty mají zpravidla lokální dopad. U zdrojů CZT pak záleží na vzdálenosti od předmětu EA, sídlištní výtopny lze považovat za lokální (zpravidla pouze stovky metrů od objektu), je-li zdrojem CZT např. tepelná elektrárna, dopady úspor jsou globální.

Níže je uveden příklad pro plynové TČ s úsporou lokálních emisí – zemního plynu, a mírným navýšením globálních emisí – el. na provoz TČ.

Tabulka 7 – Globální hodnocení emisí

Znečišťující látka	Výchozí stav	Varianta I	Rozdíl	Varianta II	Rozdíl
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé znečišťující látky	0,029	0,029	0,000	0,029	0,000
SO <sub>2</sub>	0,546	0,549	-0,003	0,549	-0,003
NO <sub>x</sub>	0,464	0,466	-0,003	0,466	-0,003
CO	0,044	0,044	0,000	0,044	0,000
CO <sub>2</sub>	362,642	364,713	-2,071	364,713	-2,071
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,034	0,035	0,000	0,035	0,000

Tabulka 8 – Lokální hodnocení emisí

Znečišťující látka	Výchozí stav	Varianta I	Rozdíl	Varianta II	Rozdíl
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé znečišťující látky	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000
SO <sub>2</sub>	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
NO <sub>x</sub>	0,109	0,069	0,041	0,096	0,013
CO	0,018	0,011	0,007	0,016	0,002
CO <sub>2</sub>	107,294	67,442	39,852	94,418	12,875
C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	0,004	0,002	0,001	0,003	0,000

U tepelných čerpadel je další znečišťující látka vlastní **chlادivo**, u kterého se hodnotí ODP-Ozone Depletion Potential (vliv na ozónovou vrstvu), GWP – Global Warming Potential (vliv na oteplování země) a nově byl zavedený TEWI - Total equivalent warming impact. **Tato hodnocení nejsou předepsána vyhláškou č. 480/2012 Sb.** Důvodem pro zavedení TEWI je skutečnost, že nelze hodnotit energetické a ekologické parametry chladiv odděleně, neboť chladivo s dobrým GWP může mít v okruhu horší provozní parametry (horší chladicí a topný faktor). V důsledku toho vzroste spotřeba energie na pohon TČ a výsledný skleníkový efekt tohoto chladiva bude horší.

TEWI vyjadřuje celkovou ekvivalentní produkci CO<sub>2</sub> během životnosti zařízení. Je dán součtem přímých a nepřímých vlivů:

TEWI=přímé vlivy + nepřímé vlivy

#### Přímé vlivy

- GWP chladiva \* únik chladiva (kg/rok)\* životnost zařízení (rok)
- GWP chladiva \* náplň chladiva (kg)\* (1-faktor recyklace) (kg CO<sub>2</sub>) (faktor = 1 při úplné zpětné recyklaci)

#### Nepřímý vliv

- Životnost zařízení (rok) \* roční spotřeba energie (kWh/rok) \* emisní faktor CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>/kWh)

**Faktor TEWI nabízí komplexní pohled na celé zařízení, nehodnotí pouze chladivo.** Parametr TEWI je absolutní, je vždy vypočten pro konkrétní zařízení, jeho velikost a provoz. Neslouží tedy pro obecné hodnocení, neboť větší zařízení (nebo s větším provozem) bude mít vždy větší TEWI než zařízení menší, je však vhodné pro porovnání různých řešení či koncepcí pro danou instalaci.

Zařízení typu domácích chladniček mají díky hermetickému provedení a malé náplni chladiva malý přímý vliv, díky trvalému provozu jednoznačně převažuje nepřímý (provozní) vliv, poměr tak může být cca 4/94%. U automobilové klimatizace, kde k únikům dochází a provoz není tak častý (navíc není na el.) je poměr cca 30/70%. U TČ je uváděn obvyklý poměr 10/90%.

## 6.1 ZÁKLADNÍ PODMÍNKA ENERGETICKÉ EFEKTIVNOSTI TČ

Má-li být tepelné čerpadlo považováno při náhradě jiného zdroje tepla za efektivní, musí být spotřeba primární energie zdrojem tepla pro dodání požadovaného množství energie u tepelného čerpadla menší.

Za předpokladu, že množství tepelné energie dodané kotlem a TČ je stejné, lze odvodit podmínku:

$$\frac{Q_{tk}}{\eta_k} > \frac{Q_{tTČ}}{SCOP * \eta_{el}} \Rightarrow SCOP > \frac{\eta_k}{\eta_{el}}$$

Kde:

$\eta_k$  je sezonní účinnost kotle (spalné teplo) a  $\eta_{el}$  je účinnost výroby el. energie.

Pro tepelná čerpadla palivová lze vztah upravit na:

$$\frac{Q_t}{\eta_k} > \frac{Q_t}{SPER} \Rightarrow SPER > \eta_k$$

Kde:

SPER (Seasonal Primary Energy Ratio) je sezonní koeficient primární energie, viz nařízení Komise č. 813/2013.

## 6.2 INSTALACE GAHP MÍSTO NEKONDEZAČNÍHO KOTLE

Podmínkou instalace plynového tepelného čerpadla je přítomnost plynové přípojky o dostatečné kapacitě. Typická instalace je tedy tam, kde je již plynový zdroj – kotel instalován.

V rámci modelového příkladu je uvažováno s kotlem, s naměřenou účinností při plném výkonu 93% a s provozní roční účinností 88% (snížení účinnosti o 5% dle [11]). Instalovaný výkon je 240 kW a potřeba tepla na vytápění 1700 GJ/r, viz tabulky výše (5.1). Nově je instalována sestava 4 GAHP-A LT a 3 kondenzační kotle AY 00-120, sestava je v kaskádním zapojení. Investiční náklady jsou včetně projektu, montáže, digitální regulace a uvedení do provozu. Sezonní účinnost TČ byla uvažována dle výpočtu v kapitole 4.3 a byla vztažena s ohledem na metodiku energetického auditu k výhřevnosti.

### Okrajové podmínky

V rámci opatření je tedy uvažováno s teplotním spádem na vodě při venkovní výpočtové teplotě (-10°C) 45/35°C. Je tedy předpokládáno, že je stávající otopná soustava na instalaci TČ připravena, v praxi to znamená, že OS prošla například rekonstrukcí s výhledem na instalaci TČ, nebo že teplosměnné plochy byly v původním návrhu značně předimenzované, nebo objekt prošel v minulosti rekonstrukcí – zateplením obálky budovy a tím pádem došlo k poklesu potřebného výkonu OS. Ve všech těchto případech je možné uvažovat se snížením teploty topné vody do soustavy. Pokud by byla požadovaná teplota vody do soustavy při venkovní výpočtové teplotě 65°C (max. výstupní teplota pro HT verzi TČ), je nutné přepočítat sezonní účinnost s COP<sub>bin</sub>(T<sub>j</sub>) a výkonem TČ pro HT verzi. Při přepočtu by došlo ke snížení účinnosti o cca 20% (při uvažování ekvitermní regulace).

Výpočet SCOP<sub>on</sub> je proveden na základě průměrného klimatu uvedeného v nařízení č.813/2013. Pro ČR je toto klima spíše teplejší, v oblastech ČR s výpočtovou venkovní teplotou -15, -18°C by bylo vhodné provést výpočet pro chladnější klima, při kterém bude účinnost TČ nižší. Pro níže uvedený příklad je konzervativně počítáno s SCOP 140%.

Tabulka 9 – Návrh opatření

Instalace GAHP-A LT		
energie v palivu na výrobu tepla	1931,1	GJ/r
sezonní úč. původního zdroje	88,0	%
potřeba tepla na vytápění (výroba)	1699,4	GJ/r
sezonní účinnost TC	140	%
nová spotřeba energie v palivu	1213,9	GJ/r
obnovitelná ene. dle 2013/114/EU	485,5	GJ/r
úspora tepla	717,3	GJ/r
úspora nákladů na teplo	817,5	tis. Kč
jmenovitý el. příkon TC	0,9	kW
roční využití inst. výkonu	1966,9	h
nárůst spotřeby el. energie	1770,2	kWh
navýšení nákladů	4,2	tis. Kč
opravy a údržba	12,0	tis. Kč/r
celková úspora nákladů	801,2	tis. Kč
investiční náklady	3500,0	tis. Kč
prostá doba návratnosti	4,4	let

Ekonomické a environmentální hodnocení je pro tento případ uvedeno v kapitolách výše (Varianta 1). Dle ekonomických parametrů je zřejmé, že takto **navržené opatření je v rámci uvažovaných předpokladů velmi efektivní.**

Výstupem celkové energetické bilance dle vyhlášky o EA je pak upravená energetická bilance. Upravená bilance má vyhláškou jasně danou podobu, do které nelze samostatně uvést obnovitelnou složku energie. Energetickou bilanci tepelného čerpadla lze v zásadě vyjádřit dvěma způsoby.

V prvním případě se obnovitelná energie v tabulce „projeví“ v řádku „Vstupy paliv a energie“. Sečtením vstupu paliv a obnovitelné energie však dojde k výsledné úspoře energie (dle tabulky) pouze na ztrátách původního zdroje tepla a přínos obnovitelné složky energie se vůbec v dosažené úspoře paliva neprojevuje. Úspora energie vykázaná v EA (zároveň referenční úspora pro dotační

programy) přitom vychází právě z rozdílu vstupů paliv a energie v upravené energetické bilanci.

Aby upravená bilance ukazovala skutečnou úsporu paliva (v energetickém a finančním vyjádření) musí se „Vstupy paliv“ rovnat „Konečné spotřebě energie“ snížené o obnovitelnou složku energie (bez uvažování změny zásob a prodeje). Pokud by to tak nebylo, úspora energie daného opatření či varianty, daná rozdílem spotřeby energie „před“ a „po“ v prvním řádku tabulky by tedy neodpovídala skutečně dosaženým úsporám na nakupovaném palivu a následně by neodpovídaly ani hodnoty úspor energie v evidenčním listu EA. Díky tomu však nesedí součet spotřeb energie a ztrát s konečnou spotřebou paliv a energie v objektu. Tabulku je tedy třeba doplnit „pomocnou“ či „vysvětlující“ tabulkou, kde je obnovitelná složka energie samostatně vyčíslena.

Tabulka 10 – Upravená roční energetická bilance - var.1 s doplňující tabulkou

Ukazatel	Před realizací			Po realizaci projektu		
	Energie		Náklady	Energie		Náklady
	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
Vstupy paliv a energie	3047,0	846,4	1354,9	2336,0	648,9	1132,1
Změna zásob paliv						
Spotřeba paliv a energie	3047,0	846,4	1354,9	2336,0	648,9	1132,1
Prodej energie cizím						
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3047,0	846,4	1354,9	2336,0	648,9	1132,1
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	231,7	64,4	73,4	0,0	0,0	0,0
Spotřeba energie na vytápění	1699,4	472,1	538,0	1699,4	472,1	538,0
Spotřeba energie na chlazení						
Spotřeba energie na přípravu teplé vody						
Spotřeba energie na větrání						
Spotřeba energie na úpravu vlhkosti						
Spotřeba energie na osvětlení						
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	1115,8	310,0	743,6	1122,2	311,7	747,8

Ukazatel	Před realizací			Po realizaci projektu		
	Energie		Náklady	Energie		Náklady
	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
Obnovitelná složka energie	0,0	0,0	0,0	-485,5	-134,9	-153,7

Druhý způsob vyjádření vychází rovněž z požadavku vyhlášky o EA, konkrétně z požadavku na zpracování výchozí a upravené energetické bilance. Tabulka říká, že pokud nedochází ke změně zásob paliv a k prodeji energie musí se „Konečná spotřeba paliv a energie“ rovnat „Vstupu paliv a energie“. „Ztráty ve vlastním zdroji“ a „Spotřeba energie na vytápění“ atd. pak vycházejí z řádku „Konečná spotřeba paliv a energie (z ř. 5)“, jejich součet tedy musí „Konečné spotřebě“

odpovídat a je tedy nutné obnovitelnou složku do některého z řádků zahrnout. Obnovitelná energie je v rámci bilance „Zisk“, žádný z řádků „Spotřeba“ či „Ztráta“ není pro tyto účely předem vhodný. Pokud je účinnost zdroje menší než 100%, uvádí se rozdíl do řádku „Ztráta ve vlastním zdroji“, pokud je účinnost vyšší než 100%, nabízí se tuto hodnotu uvést do stejného řádku, avšak se záporným znaménkem.

Tabulka 11 – Upravená roční energetická bilance - var.2

Ukazatel	Před realizací			Po realizaci projektu		
	Energie		Náklady	Energie		Náklady
	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
Vstupy paliv a energie	3047,0	846,4	1354,9	2336,0	648,9	1132,1
Změna zásob paliv						
Spotřeba paliv a energie	3047,0	846,4	1354,9	2336,0	648,9	1132,1
Prodej energie cizím						
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu	3047,0	846,4	1354,9	2336,0	648,9	1132,1
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	231,7	64,4	73,4	-485,5	-134,9	-153,7
Spotřeba energie na vytápění	1699,4	472,1	538,0	1699,4	472,1	538,0
Spotřeba energie na chlazení						
Spotřeba energie na přípravu teplé vody						
Spotřeba energie na větrání						
Spotřeba energie na úpravu vlhkosti						
Spotřeba energie na osvětlení						
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	1115,8	310,0	743,6	1122,2	311,7	747,8

To, jakou variantu vyjádření úspor energetický auditor zvolí je na jeho uvážení a odpovědnosti. Důležité z pravidla je, aby rozdíl „Vstupu paliv a energie“ před a po realizaci odpovídal vypočtené úspoře včetně obnovitelné složky energie, neboť tento rozdíl je při monitoringu např. u dotačních programů brán jako výchozí údaj úspory energie.

### 6.3 INSTALACE GAHP MÍSTO PŘIPOJENÍ NA CZT

Plynové tepelné čerpadlo z příkladu výše (stejný výkon a okrajové podmínky) je instalováno místo předávací stanice systému centralizovaného zásobování teplem. Cena tepla v příkladu je 560 Kč/GJ.

Tabulka 12 – Návrh opatření

Instalace GAHP-A LT		
náklady na teplo	1081,4	tis. Kč
potřeba tepla na vytápění (výroba)	1931,0	GJ/r
sezonní účinnost TČ	140,0	%
spotřeba energie v palivu (LCV)	1379,3	GJ/r
obnovitelná ene. dle 2013/114/EU	551,7	GJ/r
cena ZP (vztažena k LCV)	1,6	Kč/kWh
náklady na výrobu tepla	623,8	tis. Kč
úspora nákladů na teplo	457,6	tis. Kč
jmenovitý el. příkon TČ	0,9	kW
roční využití inst. výkonu	2235,0	h
nárůst spotřeby el. energie	2011,5	kWh
navýšení nákladů	4,8	tis. Kč
opravy a údržba	12,0	tis. Kč/r
celková úspora nákladů	440,8	tis. Kč
investiční náklady	3500,0	tis. Kč
prostá doba návratnosti	7,9	let

Pozn.: LCV - výhřevnost

Upravená energetická bilance, opět ve dvou možných variantách, je uvedena na další straně.

Tabulka 13 – Upravená roční energetická bilance - var.1 s doplňující tabulka

Ukazatel	Před realizací			Po realizaci projektu		
	Energie		Náklady	Energie		Náklady
	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
Vstupy paliv a energie	3046,9	846,4	1825,0	2502,4	695,1	1520,8
Změna zásob paliv						
Spotřeba paliv a energie	3046,9	846,4	1825,0	2502,4	695,1	1520,8
Prodej energie cizím						
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu 0	3046,9	846,4	1825,0	2502,4	695,1	1520,8
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Spotřeba energie na vytápění	1931,0	536,4	1081,4	1931,0	536,4	1081,4
Spotřeba energie na chlazení						
Spotřeba energie na přípravu teplé vody						
Spotřeba energie na větrání						
Spotřeba energie na úpravu vlhkosti						
Spotřeba energie na osvětlení						
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	1115,8	310,0	743,6	1123,1	312,0	748,4

Ukazatel	Před realizací			Po realizaci projektu		
	Energie		Náklady	Energie		Náklady
	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
Obnovitelná složka energie	0,0	0,0	0,0	-551,7	-153,3	-309,0

Tabulka 14 – Upravená roční energetická bilance - var.2

Ukazatel	Před realizací			Po realizaci projektu		
	Energie		Náklady	Energie		Náklady
	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
Vstupy paliv a energie	3046,9	846,4	1825,0	2502,4	695,1	1520,8
Změna zásob paliv						
Spotřeba paliv a energie	3046,9	846,4	1825,0	2502,4	695,1	1520,8
Prodej energie cizím						
Konečná spotřeba paliv a energie v objektu 0	3046,9	846,4	1825,0	2502,4	695,1	1520,8
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech	0,0	0,0	0,0	-551,7	-153,3	-309,0
Spotřeba energie na vytápění	1931,0	536,4	1081,4	1931,0	536,4	1081,4
Spotřeba energie na chlazení						
Spotřeba energie na přípravu teplé vody						
Spotřeba energie na větrání						
Spotřeba energie na úpravu vlhkosti						
Spotřeba energie na osvětlení						
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy	1115,8	310,0	743,6	1123,1	312,0	748,4

Environmentální hodnocení (varianta I) ukazuje, že v globálním měřítku došlo k snížení emisí díky vymístění zdroje tepla z CZT (uvažován zdroj Mělník 1), naopak v lo-kálním měřítku se objevily emise ze zemního plynu na pohon TČ.

Tabulka 15 – Globální hodnocení emisí

Znečišťující látka	Výchozí stav	Varianta I	Rozdíl	Varianta II	Rozdíl
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé znečišťující látky	0,044	0,029	0,015	0,029	0,015
SO <sub>2</sub>	0,753	0,550	0,203	0,550	0,203
NO <sub>x</sub>	0,682	0,467	0,215	0,467	0,215
CO	0,081	0,044	0,036	0,044	0,036
CO <sub>2</sub>	548,259	364,995	183,264	364,995	183,264
CxHy	0,038	0,035	0,003	0,035	0,003

Tabulka 16 – Lokální hodnocení emisí

Znečišťující látka	Výchozí stav	Varianta I	Rozdíl	Varianta II	Rozdíl
	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]	[t/rok]
Tuhé znečišťující látky	0,000	0,001	-0,001	0,001	-0,001
SO <sub>2</sub>	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001
NO <sub>x</sub>	0,000	0,078	-0,078	0,109	-0,109
CO	0,000	0,013	-0,013	0,018	-0,018
CO <sub>2</sub>	0,000	76,635	-76,635	107,289	-107,289
CxHy	0,000	0,003	-0,003	0,004	-0,004

#### 6.4 VÝPOČET CENY TEPLA

Při výpočtu finanční efektivity instalace plynového TČ je možné postupovat i přes stanovení ceny vyráběného tepla novým zdrojem a následným porovnáním nákladů při průměrné roční spotřebě tepla.

V příkladu jsou předpokládány investiční náklady 3500 tis.Kč/r, roční anuita 350 tis.Kč/r, další provozní náklady (oprava a údržba) ve výši 12 tis.Kč/r, vlastní spotřeba el. na výrobu tepla 4,8 tis.Kč/r a potřeba tepla 536,4 MWh/r.

Tabulka 17 – Zjednodušený výpočet ceny tepla (bez daní a financování)

Výpočet ceny tepla		
investice	3500,0	tis.Kč
anuita	350,0	tis.Kč/r
potřeba tepla	536,4	MWh/r
spotřeba energie v palivu (LCV)	383,1	MWh/r
cena ZP (k LCV)	1,6	Kč/kWh
náklady na palivo	613,0	tis.Kč/r
vícenáklady na el. ene	4,8	tis.Kč/r
opravy a údržba	12,0	tis.Kč/r
roční náklady	979,9	tis.Kč/r
cena tepla na kWh	1,8	Kč/kWh
cena tepla na GJ	507,4	Kč/GJ



## 7.1 VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ ŠKOLY

*Charakteristika příkladu: tepelné čerpadlo jako energeticky velmi efektivní zdroj*

V rámci rekonstrukce základní školy v Dolním Újezdě byla instalována geotermální plynová absorpční tepelná čerpadla. Areál je vytápěn ze dvou kotelen, do „malé“ kotelny byla instalována TČ ROBUR GAHP GS HT o celkovém výkonu 75 kW, jako bivalentní zdroj byl použit kondenzační kotel. Do „velké“ kotelny byla instalována čtyři TČ ROBUR GAHP GS HT o celkovém výkonu 150 kW. Pro přípravu teplé vody byly instalovány solární termické kolektory, které v případě volných výkonových kapacit přehřívají (regenerují) geotermální vrty. Bivalentním zdrojem jsou dva kondenzační plynové kotle o výkonu cca 100 kW.

Před rekonstrukcí velké kotelny bylo provedeno komplexní zateplení objektů napojených na tento zdroj. Zateplením byla dosažena úspora dle faktur ve výši 45%. Rekonstrukcí velké kotelny (instalace TČ a fototermitických kolektorů) byla dosažena úspora po prvním roce fungování opatření ve výši 41% (v porovnání topné sezony 2010/11 proti 2012/13, bez užití °D metody, přičemž sezona 12/13 byla chladnější a přínosy tedy vyšší). Na „malé“ kotelně byla dosažena úspora energie 51%, ovšem včetně výměny oken, které nebylo možné z naměřených hodnot oddělit. Výměna oken se mohla na úspoře podílet z 10-15% (historická budova s malým podílem zasklení), úspora na zdroji tedy byla 36-41%, za stejné období.

Rekonstrukcí původního plynového zdroje tepla (atmosférických kotlů) za nové zdroje využívající obnovitelnou energii bylo dosaženo úspory nakupovaného zemního plynu ve výši cca 40%. Byla tak dosažena prakticky stejná úspora jako komplexním zateplením, ale při zhruba desetinových investičních nákladech. Díky relativně stabilní teplotě zemního vrtu, který je navíc v létě regenerován solárními kolektory, lze dosáhnout vysoké sezonní účinnosti SPER i 1,5, špičkově až 1,7.



## 7.2 PŘÍNOSY INSTALACE TČ NA CENU TEPLA A NA PENB

*Charakteristika příkladu: TČ jako alternativní zdroj levného tepla k systému CZT, TČ jako nástroj ke snižování energetické náročnosti budov*

V rámci celkové rekonstrukce tří panelových domů v Adamově byla instalována dvě absorpční tepelná čerpadla ROBUR GAHP A (vzduch/voda) o výkonu cca 75 kW jako doplňkový nízkoemisní zdroj k systému centralizovaného zásobování teplem (CZT). Cílem bylo maximální pokrytí potřeby tepla na přípravu TV (možnost letního odpojení od dodávky tepla z CZT) a přitápění během topné sezóny.

Z výsledné kalkulace ceny tepla dodaného tepelným čerpadlem vyšla skutečná cena za 1 GJ tepla 355 Kč (v ceně jsou zahrnuty i odpisy za pořízení TČ formou stálých nákladů). Cena tepla dodávaného z CZT byla 615 Kč/GJ to činí úsporu 260 Kč/GJ. Dvě tepelná čerpadla dodala za necelé první období (9-12/2013) 330 GJ, z toho vychází úspora cca 86 tis.Kč za 4 měsíce. S těmito skutečně dosaženými ekonomickými efekty vychází prostá doba návratnosti opatření pod 5 let.

Zároveň byl pro objekt zpracován PENB, dle kterého bytový dům o velikosti cca 100 bytových jednotek dosáhl klasifikační třídy B z hlediska celkové dodané energie a třídy A z hlediska vlivu provozu budovy na životní prostředí. Instalací zdroje tedy došlo zároveň ke zvýšení hodnoty vlastní budovy.

### PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydání podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: Sadová 23,25,27  
PSČ, místo: 679 04, Adamov  
Typ budovy: Bytový dům

Plocha obálky budovy: 6243,68 m<sup>2</sup>  
Objemový faktor vvaru A/V: 0,32 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>  
Celková energeticky vztáhná plocha: 7505,40 m<sup>2</sup>



### ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)		Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> rok)			
Mimořádně úsporná <b>A</b>	84	A	95
Velmi úsporná <b>B</b>	116	B	144
Úsporná <b>C</b>	127	C	193
Méně úsporná <b>D</b>	169	D	289
Nehospodárná <b>E</b>	253	E	385
Velmi nehospodárná <b>F</b>	337	F	482
Mimořádně nehospodárná <b>G</b>	422	G	
<b>Hodnoty pro celou budovu</b>	<b>868,3</b>		<b>556,0</b>

### DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střešní:	<input type="checkbox"/>
Podlahy:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení / klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v pravoúhelníku příloha a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je automaticky spočítáno

### PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGIÍ

Hodnoty pro celou budovu MWh/rok

■ Energie z elektřiny - 38,3  
■ Zemní plyn - 193,8  
■ Soutava CZT do 50% - 251,1  
■ Elektřina ze sln - 37,3

### UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
U <sub>ext</sub> W/(m <sup>2</sup> K)	Díčí dodané energie					Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> rok)
<b>A</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>B</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>C</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>D</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>E</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>F</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>G</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Hodnoty pro celou budovu</b>	<b>623,1</b>				<b>218,4</b>	<b>26,8</b>

Zpracovatel: Ing. Jiří Reitknecht  
Kontakt: +420 721 182 522  
reitknecht@bros.cz

Osvědčení č.: 1207  
Vyhodnoteno dne: 5.7.2013  
Podpis:

### 7.3 VZDUCHOVÁ TČ PRO VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVU TV

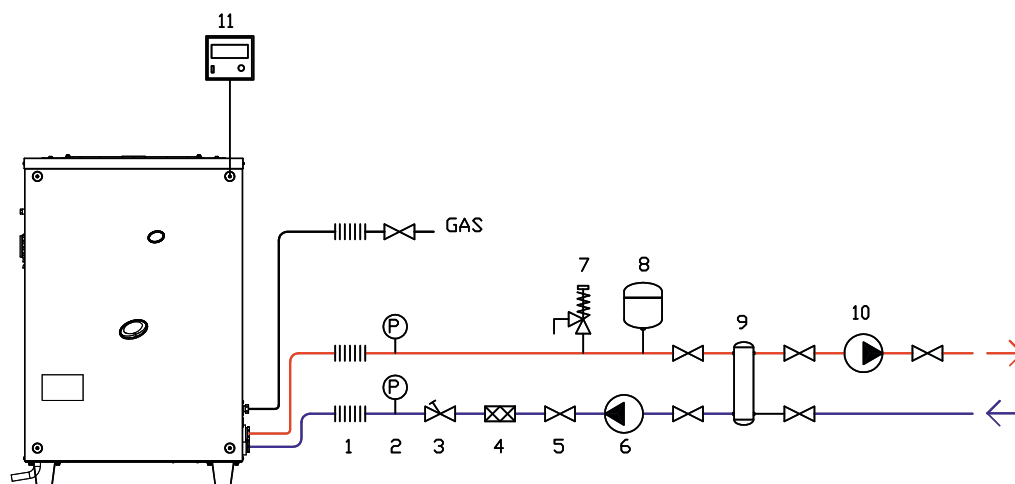
*Charakteristika příkladu: kombinace dotačních titulů, úspora el. energie na přípravu TV*

V rámci snížení energetické náročnosti školy ve Svatce byla budova kompletně zateplena a byla vyměněna okna. Rekonstrukce byla podpořena dotací z fondu OPERAČNÍHO PROGRAMU ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ (OPŽP). Za účelem dalšího snížení spotřeby energie a snížení množství emisí došlo k výměně zdroje. Na místo původního zhruba 2 MW atmosférického kotle byl použit nízko-emisní alternativní zdroj tepelné energie v podobě kaskády absorpčních tepelných čerpadel a pěti kondenzačních kotlů (6 x GAHP-A HT + 5 x ROBUR AY 00-120). Jako nejvhodnější čerpadla byla zvolena čerpadla vzduch/voda ROBUR PRO GAHP - A HT S o výkonu zhruba 190 kW a kondenzační kotle ROBUR AY 00-120. Instalovaný tepelný zdroj byl použit nejen pro vytápění budovy, ale také pro přípravu teplé vody. Tím byly nahrazeny původní elektrické ohřivače, kterými byla příprava teplé (užitkové) vody řešena.

Rekonstrukcí budovy a výměnou technologie vytápění ZŠ Svatka bylo dosaženo úspory ve výši 71% z původní spotřeby zemního plynu. Navíc bylo použitím instalovaného zdroje pro přípravu teplé (užitkové) vody dosaženo i významné úspory elektrické energie, jejíž spotřeba se snížila o 40% oproti původní spotřebě.



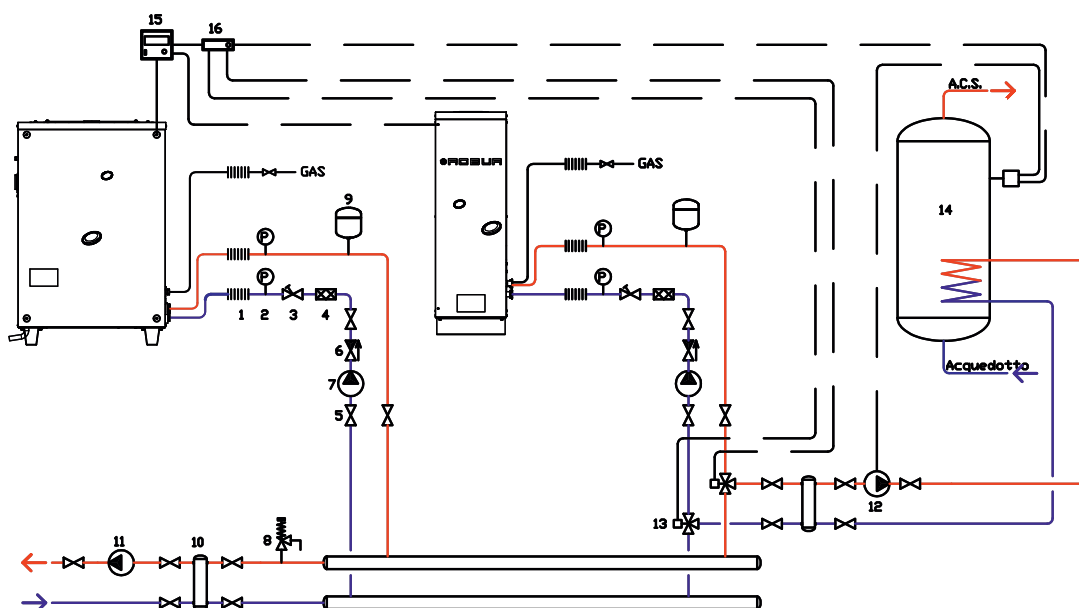
## 8.1 TYPICKÁ ZAPOJENÍ GAHP



### LEGENDA

- 1 Anti-vibrační spoje
- 2 Manometr
- 3 Regulační ventil
- 4 Vodní filtr
- 5 Uzavírací ventil
- 6 Vodní čerpadlo (primární okruh)
- 7 Bezpečnostní ventil 3 bar
- 8 Expanzní nádoba jednotky
- 9 Hydraulický oddělovač/akumulační nádrž se 4 vstupy
- 10 Vodní čerpadlo (sekundární okruh)
- 11 Ovladač DDC

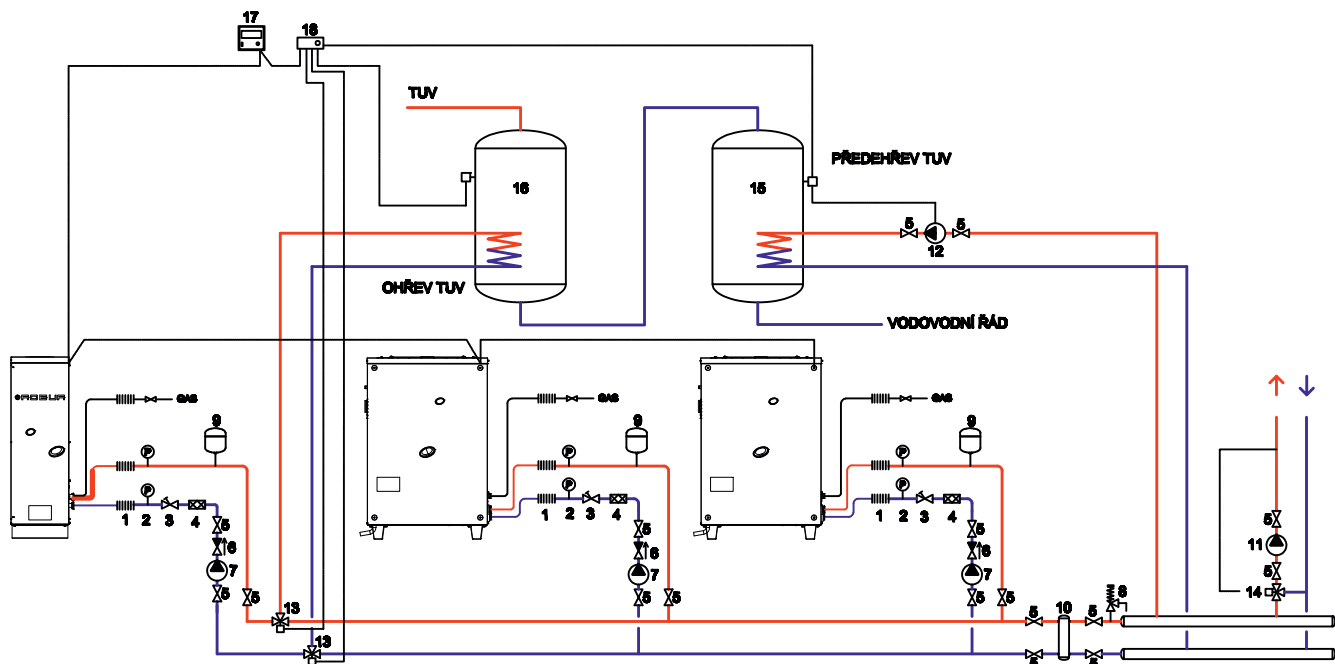
Obrázek 5 – Příklad hydraulického zapojení jedné jednotky bez doplňkového zdroje



### LEGENDA

- 1 Anti-vibrační spoje
- 2 Manometr
- 3 Regulační ventil
- 4 Vodní filtr
- 5 Uzavírací ventil
- 6 Zpětná klapka
- 7 Vodní čerpadlo (primární pro každou jednotku)
- 8 Bezpečnostní ventil 3 bar
- 9 Expanzní nádoba jednotky
- 10 Hydraulický oddělovač/akumulační nádrž se 4 vstupy
- 11 Vodní čerpadlo (sekundární okruh)
- 12 Vodní čerpadlo (okruh ohřevu TUV)
- 13 Trojcestný přepínací ventil
- 14 Zásobník pro ohřev TUV s termostatem
- 15 Ovladač DDC
- 16 Modul RB100

Obrázek 6 - Příklad hydraulického zapojení jedné jednotky s kondenzačním kotlem pro vytápění a přípravu TV



## LEGENDA

- 1 Anti-vibrační spoje
- 2 Manometr
- 3 Regulační ventil
- 4 Vodní filtr
- 5 Uzavírací ventil
- 6 Zpětná klapka
- 7 Vodní čerpadlo (primární pro každou jednotku)
- 8 Bezpečnostní ventil 3 bar
- 9 Expanzní nádoba jednotky
- 10 Hydraulický oddělovač/akumulační nádrž se 4 vstupy
- 11 Vodní čerpadlo (sekundární okruh)
- 12 Vodní čerpadlo (okruh přípravy TUV)
- 13 Trojcestný přepínací ventil
- 14 Trojcestný směšovací ventil
- 15 Zásobník pro předehřev TV s termostatem
- 16 Zásobník pro dohřev TV s termostatem
- 17 Ovladač DDC
- 18 Modul RB 100

Obrázek 7 - Schéma zapojení více TČ, ve kterém je kondenzační kotel zapojen do vytápění a přípravy TV

## 8.2 TECHNICKÉ LISTY

### 8.2.1 GAHP-A (HT, HT S1, indoor)

VYTÁPĚCÍ REŽIM		MJ	GAHP-AHT	GAHP-AHTS1	GAHP-A indoor
Pracovní podmínky A7/W35	G.U.E. (účinnost využití plynu)	%	164 (1)		
	tepelný výkon	kW	41,3 (1)		
Pracovní podmínky A7/W50	G.U.E. (účinnost využití plynu)	%	152 (1)	152 (1)	152 (1)
	tepelný výkon	kW	38,3 (1)	38,3 (1)	38,3 (1)
Jmenovitý průtok vody ( $\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ )		$\text{m}^3/\text{h}$	3,0	3,0	3,0
Tlaková ztráta při jmenovitém průtoku (A7/W50)		bar	0,43 (2)	0,43 (2)	0,43 (2)
Nejvyšší výstupní teplota vody		$^\circ\text{C}$	65	65	65
Nejvyšší vratná teplota vody		$^\circ\text{C}$	55	55	55
Nejvyšší teplota vody pro TUV		$^\circ\text{C}$	70	70	70
Prostorová teplota vzduchu	maximum	$^\circ\text{C}$	40	40	40
	minimum (2)	$^\circ\text{C}$	-15	-15	-15

CHARAKTERISTIKA HOŘÁKU		MJ	GAHP-A HT	GAHP-A HT S1	GAHP-A indoor
Tepelný příkon	jmenovitý (1 013 mbar -15 °C)	kW	25,7	25,7	25,7
	skutečný výkon	kW	25,2	25,2	25,2
Spotřeba zemního plynu	G20 (3)	m <sup>3</sup> /h	2,72	2,72	2,72
Spotřeba LPG	G30/G31 (4)	kg/h	2,03/2,00	2,03/2,00	2,03/2,00

ELEKTRICKÉ ÚDAJE		MJ	GAHP-A HT	GAHP-A HT S1	GAHP-A indoor
Napájení			230 V – 50 Hz		
Jmenovitý elektrický příkon (5)		kW	0,90	0,83	0,93

PROVOZNÍ A MONTÁŽNÍ ÚDAJE		MJ	GAHP-A HT	GAHP-A HT S1	GAHP-A indoor
Provozní hmotnost		kg	390	400	405
Hladina hluku ve vzdálenosti 5 metrů (6)		dB (A)	60,1	53,3	53,3
Připojení vody		G"	1 L	1 L	1 L
Připojení plynu		G"	1	1	1
Průměr odtahu spalin		mm	80	80	80
Dispoziční tlaková ztráta		Pa	80	80	80
Rozměry	šířka	mm	848	848	848
	hloubka	mm	1 258	1 258	1 258
	výška	mm	1 281	1 537	1 587
Stupeň elektrického krytí		IP	X5D	X5D	X5D

(1) Jmenovité podmínky v souladu s EN 12309-2.

(2) Pro provozní tep. do -30 °C, jednotka GAHP-A vyžaduje zimní kit. Provozní podmínky bez zimního kitu: -15 °C.

(3) Hi 34,02 MJ/m<sup>3</sup> (9,45 kWh/m<sup>3</sup>) při 15 °C – 1 013 mbar.

(4) Hi 46,34 MJ/kg (12,87 kWh/kg) při 15 °C – 1 013 mbar.

(5) cca 10 % v závislosti na napájecím napětí a toleranci elektrického příkonu motorů.

(6) Ve volném prostoru, směrový faktor 2, měřeno dle normy EN ISO 9614.

## 8.2.2 GAHP-GS (LT, HT)

VYTÁPĚCÍ REŽIM		MJ	HT	LT
Pracovní podmínky B0/W35	G.U.E. (účinnost využití plynu)	%	–	170
	tepelný výkon	kW	–	42,6
	energie z obnovitelných zdrojů	kW	–	17
Pracovní podmínky B0/W50	G.U.E. (účinnost využití plynu)	%	149	150
	tepelný výkon	kW	37,6	37,7
	energie z obnovitelných zdrojů	kW	12,6	12,4
Jmenovitý průtok vody ( $\Delta T = 10$ °C)		m <sup>3</sup> /h	3,17	3,25
Tlaková ztráta při jmenovitém průtoku (B0/W50)		kPa	49	49
Nejvyšší výstupní teplota vody		°C	65	55
Nejvyšší vratná teplota vody		°C	55	45

CHARAKTERISTIKA HOŘÁKU		MJ	HT	LT
Tepelný příkon		kW	25,2	25,2
Spotřeba zemního plynu	G20 (1)	m <sup>3</sup> /h	2,67	2,67
Spotřeba LPG	G30/G31 (2)	kg/h	1,99/1,96	1,99/1,96

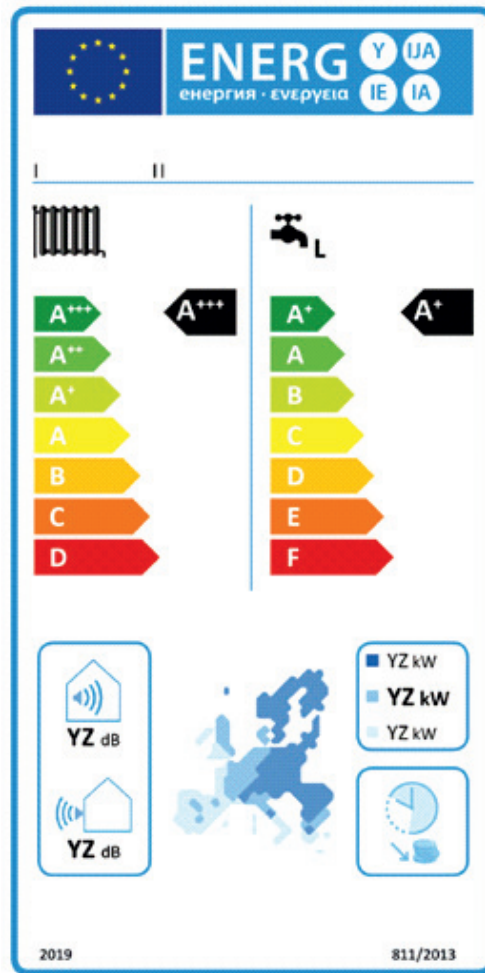
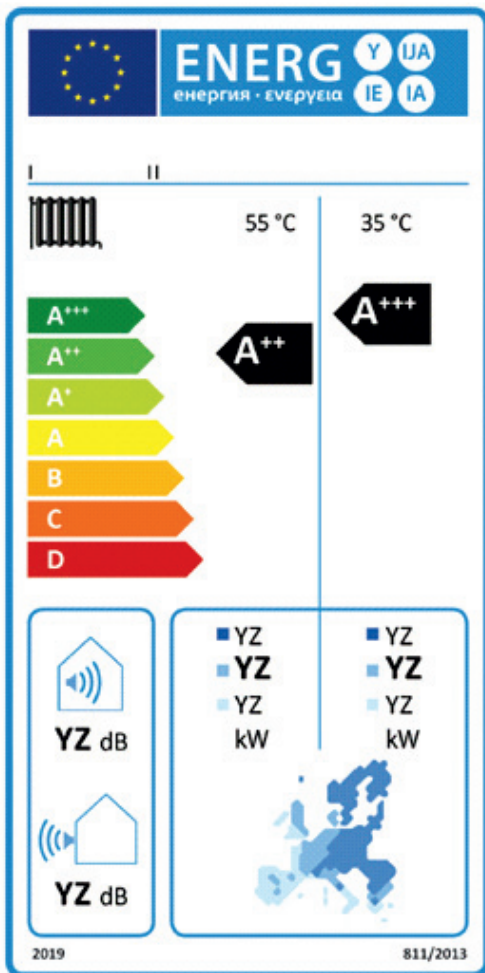
ELEKTRICKÉ ÚDAJE		
Napájení	230 V – 50 Hz	
Jmenovitý elektrický příkon (3)	kW	0,47

PROVOZNI A MONTÁŽNÍ ÚDAJE			
Provozní hmotnost	kg	300	300
Hladina hluku ve vzdálenosti 10 metrů (4)	dB (A)	39	39
Připojení vody	"G	1 L	1 L
Připojení plynu	"G	1	1
Průměr odtahu spalin	mm	80	80
Zbytkový tlak spalin	Pa	80	80
Rozměry	šířka	mm	848
	hloubka	mm	690
	výška	mm	1 278
Stupeň elektrického krytí	IP	X5D	X5D

- (1) Hi 34,02 MJ/m<sup>3</sup> (9,45 kWh/m<sup>3</sup>) při 15 °C – 1 013 mbar.  
 (2) Hi 46,34 MJ/kg (12,87 kWh/kg) při 15 °C – 1 013 mbar.  
 (3) cca 10 % v závislosti na napájecím napětí a toleranci elektrického příkonu motorů.  
 (4) Ve volném prostoru zepředu, faktor přimosti 2.

- [1] Nařízení komise č. 813/2013 o ekodesignu ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů a kombinovaných ohřivačů
- [2] Nařízení komise č. 811/2013 o štíticích ohřivačů pro vytápění vnitřních prostorů
- [3] Nařízení komise č. 626/2011 o energetickém štítkování pro klimatizace
- [4] Nařízení komise č. 206/2012 o ekodesignu pro klimatizační jednotky (i s funkcí TČ)
- [5] Sdělení komise v rámci provádění nařízení Komise (EU) č. 813/2013, 2014/C 207/02
- [6] Rozhodnutí Komise, kterým se stanoví pokyny pro členské státy pro výpočet energie z obnovitelných zdrojů z tepelných čerpadel využívajících různé technologie tepelných čerpadel podle článku 5 směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES
- [7] Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku
- [8] Petrák, J., Petrák M.: Tepelná čerpadla. Praha, 2004.
- [9] Matuška, T.: Alternativní zdroje energie. Praha, 2010.
- [10] Bufka, A.: Tepelná čerpadla v roce 2013. MPO, 2014.
- [11] Valenta, V.: Kondenzační kotle pro každého (V), [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz), 3/2002
- [12] Obnovitelné zdroje energie v roce 2013, výsledky statistického zjišťování, MPO, říjen 2014
- [13] Možnosti úspor energie ve velkých výrobnách elektřiny a tepla a možné náhrady uhlí, MPO, prosinec 2013
- [14] ČSN EN 14 511-1 až 4, Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru
- [15] ČSN EN 12 309 - 1 až 2, Absorpční a adsorpční klimatizační zařízení a/nebo zařízení s tepelným čerpadlem s vestavěnými zdroji tepla na plynná paliva s jmenovitým tepelným příkonem nejvýše 70 kW
- [16] ČSN EN 15450, Tepelné soustavy v budovách – Navrhování otopných soustav s tepelnými čerpadly
- [17] ČSN EN 14825, Klimatizátory vzduchu, jednotky pro chlazení kapalin a tepelná čerpadla s elektricky poháněnými kompresory pro ohřívání a chlazení prostoru - Zkoušení a klasifikace za podmínek částečného zatížení a výpočet při sezonním nasazení
- [18] ČSN 38 3350, Zásobování teplem, Všeobecné zásady
- [19] ČSN EN 15459, Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách, únor 2010
- [20] Pracovní cyklus okruhu: [http://www.robur.com/documenti\\_prodotto/ROBUR\\_GAHP-AR\\_heating-operating-cycle-20090225121800.swf](http://www.robur.com/documenti_prodotto/ROBUR_GAHP-AR_heating-operating-cycle-20090225121800.swf)

Tabulka 1 - Příklad tabulky, příloha č.2 vyhlášky - soupis základních údajů o energetických vstupech	14
Tabulka 2 - Základní technické ukazatele vlastního zdroje energie	14
Tabulka 3 - Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie	14
Tabulka 4 - Výchozí roční energetická bilance	15
Tabulka 5 - Výsledky ekonomického vyhodnocení	16
Tabulka 6 - emisní faktory CO <sub>2</sub> dle vyhlášky č. 480/2012 Sb.	16
Tabulka 7 - Globální hodnocení emisí	17
Tabulka 8 - Lokální hodnocení emisí	17
Tabulka 9 - Návrh opatření	19
Tabulka 10 - Upravená roční energetická bilance - var.1 s doplňující tabulka	19
Tabulka 11 - Upravená roční energetická bilance - var.2	20
Tabulka 12 - Návrh opatření	20
Tabulka 13 - Upravená roční energetická bilance - var.1 s doplňující tabulka	21
Tabulka 14 - Upravená roční energetická bilance - var.2	21
Tabulka 15 - Globální hodnocení emisí	22
Tabulka 16 - Lokální hodnocení emisí	22
Tabulka 17 - Zjednodušený výpočet ceny tepla (bez daní a financování)	22
Obrázek 1 - Principiální schéma okruhu	3
Obrázek 2 - Operační schéma okruhu	4
Obrázek 3 - Příklad ovládní výkonu v zimním režimu (vytápění, setpoint 40 a 50°C).	9
Obrázek 4 - Příklad iterace ekvitemní křivky dle tabulkových hodnot pro stanovení COP <sub>bin</sub> (T <sub>j</sub> ), výkon TČ obdobně	12
Obrázek 5 - Příklad hydraulického zapojení jedné jednotky	25
Obrázek 6 - Příklad hydraulického zapojení jedné jednotky s kondenzačním teplem pro vytápění a přípravu TV	25
Obrázek 7 - Schéma zapojení, ve kterém je kond. kotel zapojen i do vytápění	26



PUBLIKACI PRO ENERGETICKÉ SPECIALISTY PŘIPRAVIL

SEVEn Energy

SEVEn Energy s.r.o., Americká 17, 120 00 Praha 2  
www.svn.cz

texty, tabulky: Petr Chmel; foto, schémata: ROBUR; zpracováno: únor 2015

ZA PODPORY

 **ROBUR**<sup>®</sup>

ROBUR, s.r.o., Máčova 4, 621 00 Brno  
[www.robur.cz](http://www.robur.cz)