04

Tepelná čerpadla

esf evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Publikace vznikla v rámci projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost Zelený most mezi školou a praxí – environmentální vzdělávací moduly pro trvale udržitelný rozvoj, registrační číslo CZ.1.07/1.1.00/14.0153, který realizuje Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670 ve spolupráci s těmito partnery:

- Vyšší odborná škola a Střední zemědělská škola, Tábor, náměstí T. G. Masaryka 788
- Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Hradec Králové, Hradební 1029
- Střední odborná škola energetická a stavební, Obchodní akademie a Střední zdravotnická škola, Chomutov, příspěvková organizace, Na Průhoně 4800
- Masarykova střední škola, Letovice, Tyršova 500
- Střední škola – Centrum odborné přípravy technické, Kroměříž, Nábělkova 539
- Integrovaná střední škola technická, Benešov, Černoleská 1997

Tato publikace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.
Více informací o projektu najdete na www.zelenymost.cz.

TEPELNÁ ČERPADLA

Autorský tým:
Střední škola energetická a stavební Chomutov, Na Průhoně 4800, příspěvková organizace
Arnold Vladimír
Ing. Demjanová Lenka
Jánský Pavel
Bc. Lancoš Josef
Ryska Norbert

Editor: Ing. Marcel Gause
Metodická pomoc: RNDr., PhDr. Danuše Kvasničková, CSc.
Obálka a grafická úprava: Quo-ST, spol. s r.o.
Tisk: FINAL EXIT tisková produkce

Text neprošel jazykovou úpravou

Vydala Střední průmyslová škola strojní a stavební, Tábor, Komenského 1670
Tábor 2013

Tepelná čerpadla

SPŠ TÁBOR

Obsah

1	**Úvod**	6
2	**Historie tepelných čerpadel**	9
3	**Princip činnosti tepelného čerpadla**	11
3.1	Topný faktor cop (coefficient of performance)	12
4	**Hlavní části tepelného čerpadla**	14
4.1	Kompresor	14
4.1.1	Spirálový kompresor – scroll	15
4.1.2	Regulace výkonu kompresorů	16
4.1.3	Přídavný systém vstřikování – evi (enhanced vapourized injection)	16
4.2	Výměník tepla	17
4.2.1	Výparník	17
4.2.2	Kondenzátor	20
4.3	Expanzní ventil	21
4.3.1	Termostatický expanzní ventil	21
4.3.2	Elektronický expanzní ventil	21
4.4	Chladivo	23
5	**Zdroje nízkopotenciálního tepla**	25
5.1	Zdroj tepla venkovní vzduch	26
5.1.1	Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch	28
5.1.2	Tepelné čerpadlo vzduch-voda	30
5.2	Zdroj tepla voda	34
5.2.1	Povrchová voda	35
5.2.2	Podzemní vody	36
5.3	Zdroj tepla země	39
5.3.1	Půda	41
5.3.2	Hlubinné vrty	50
5.3.3	Geotermální koaxiální sondy	54
5.3.4	Energetické piloty	56
5.3.5	Spirálové sondy	64
5.3.6	Geotermální prameny	65
5.4	Odpadní teplo	66
6	**Dimenzování tepelných čerpadel**	67
7	**Ekonomická efektivnost tepelných čerpadel**	70

8	**Další konstrukční řešení tepelných čerpadel**	73
8.1	Vysokoteplotní tepelná čerpadla	73
8.2	Plynová tepelná čerpadla	74
8.3	Absorpční tepelné čerpadlo	76
9	**Využití tepelných čerpadel**	78
10	**Další součásti a příslušenství tepelného čerpadla a otopných soustav**	80
10.1	Centrální procesorová jednotka	80
10.2	Čidla a snímače	81
10.3	Ventilátor	81
10.4	Elektrické topné těleso, elektrokotel	83
10.5	Oběhové čerpadlo	84
10.6	Pojistný ventil	87
10.7	Expanzní nádoba	89
10.8	Trojcestný ventil	91
11	**Ovládání tepelného čerpadla**	92
12	**Příklad montáže tepelného čerpadla**	95
Literatura		100

1. Úvod

Říkává se, že energie je krev průmyslu. Ale zdaleka nejen průmyslu. Často si ani neuvědomujeme, že energie je základním předpokladem **veškerého života** na naší planetě, tedy i nás - lidí. Každé malé dítě ví, že musí jíst - a že většímu výdeji energie (při sportu, při práci) odpovídá i větší potřeba výživy. Tuto **energetickou potřebu** pro život lidí zajišťuje již více než 5000 let hlavně zemědělství ve formě potravin, v některých oblastech světa také rybářství.

Základním energetickým zdrojem pro naši planetu je Slunce, které vyzařuje do vesmírného prostoru obrovské množství energie (okolo 3,8 . 10^{19} MJ /s). Z ní na naši Zemi dopadá přibližně pouze jedna dvoumiliardtina, ale tato „kapka“ energie ohřívá zemský povrch, uvádí do pohybu vrstvy atmosféry kolem něho a přeměňuje se v energii větru, umožňuje oběh vody a mění se ve vodní energii, je příčinou energie mořského vlnění a díky fotosyntéze je jeho malá část (necelé 1 %) zdrojem energie pro veškerý život na Zemi. Fotosyntéza představuje obdivuhodnou základní reakci života, při níž je v zelených rostlinách energie slunečního záření převáděna do energie chemických vazeb organických látek (z energetického hlediska do „energetických konzerv“ či do biomasy). Ty jsou pak v následných potravních řetězcích postupně využívány a měněny a slouží jako zdroj výživy (energie a látek) pro všechny ostatní organismy - tedy i pro nás.

Kromě této základní energetické potřeby pro život, je pro lidi důležitá také další **energetická spotřeba** - pro úpravu potravy, bydlení, výrobu různých látek, dopravu, obchod, spotřebu, kulturu - prostě pro lidský způsob života. Velikost energetické spotřeby se v průběhu vývoje lidské společnosti měnila. I v dnešním světě existují obrovské rozdíly ve spotřebě energie.

Předpokládá se, že naši předchůdci, kteří ještě nepoužívali oheň, potřebovali pro svůj život okolo 8000 kJ denně, což odpovídá i dnešnímu příjmu potravy. Využíváním ohně stoupla energetická spotřeba našich předchůdců někdy před 500 000 lety na dvojnásobek - tj. asi na 6 GJ/rok na osobu. V dobách počátečního zemědělství asi před 10 000 lety se tato spotřeba vlivem využívání zvířat zvýšila na 20-30GJ/osobu/rok, ve starověku a středověku se dále zvyšovalo využívání energie vody a větru. Naprostou změnu ve spotřebě energie pak znamenala **průmyslová revoluce**, která zahájila využívání nového energetického zdroje - fosilních paliv. S vynálezem parního stroje stoupla spotřeba energie přibližně na 100 GJ/osobu/rok. Další velmi nerovnoměrný vývoj ve světě dokumentuje diametrálně rozdílná spotřeba energie v dnešním světě: zatímco v USA se roční spotřeba energie na osobu odhaduje na 350 GJ, v Evropě průměrně na 200 GJ, v rozvojových státech Afriky pouze na 20-30 GJ na osobu/rok. Hlavním energetickým zdrojem současné civilizace jsou fosilní paliva.

Odkud se vlastně vzala?
Jejich základem je biomasa (především rostlin, ale i ostatních organismů), která se na Zemi fotosyntézou vytvářela **před mnoha miliony let** a která se v průběhu následujících milionů let vlivem geologických změn postupně pod vrstvami hornin za nepřístupu vzduchu měnila v uhlí, ropu a zemní plyn. Když uvážíme, že existence člověka na Zemi (včetně jeho přímých předchůdců) se dnes odhaduje na dobu 1 - 2 miliony let a proces vytváření např. černého uhlí na více než 200 milionů let, pak je na prvý pohled zřejmé, že fosilní paliva jsou **zdroje neobnovitelné**.

Nevíme sice přesně, jak velké zásoby fosilních paliv se v hlubinách naší Země ještě skrývají a odhady se u jednotlivých druhů paliv i u jednotlivých odhadců liší až v měřítku století, ale víme, že je nejvyšší čas intenzivně **hledat nové energetické** zdroje pro lidstvo, chceme-li nadále využívat stejné či zvyšující se množství energie.

Navíc využívání fosilních paliv s sebou nese vážné nebezpečné vlivy na prostředí. **Nečistoty** vypouštěné do ovzduší z domácích i průmyslových topenišť a ze stále rostoucího počtu dopravních prostředků představují vážné nebezpečí pro zdraví lidí a významně snižují také výnosy a kvalitu zemědělských produktů. Snad ještě větším globálním problémem je to, že při jejich spalování se uvolňuje oxid uhličitý vázaný do těl organismů před mnoha miliony let, což sebou přináší zvyšování skleníkového jevu a s tím související hrozbu **klimatických změn**, jejichž důsledky by mohly představovat katastrofy nezvyklých rozměrů.

Bezesporu nový nepominutelný energetický zdroj nepůsobící na **klimatické změny** představuje **jaderná energie**, která se uvolňuje při rozpadu radioaktivních prvků. Zdrojem je však rovněž neobnovitelný zdroj - různé nerosty ze zemské kůry obsahující izotop U^{235} . Zdá se, že tohoto zdroje je zatím k dispozici značné množství, ale tragické katastrofy z ukrajinského Černobylu a japonské Fukušimy budí mnoho obav z využívání tohoto přírodního zdroje a mnohé státy se proto orientují jiným směrem. Naděje se obracejí i k **jaderné fúzi** - tedy k obdobě procesů probíhajících na Slunci, ale možnosti jejího využívání v praxi jsou zatím v nedohlednu.

Energie však není nedostatek. Stálý a prakticky **nevyčerpatelný** je zdroj sluneční energie, která se na Zemi dostává v množství přibližně 21. 10^{20} kJ /rok - a je zdrojem neustále se **obnovující energie vody, větru i biomasy**. Nevyčerpatelným energetickým zdrojem je i **teplo zemského nitra**, které se uvolňuje stálými radioaktivními přeměnami v hlubinách Země a také **přitažlivé síly Měsíce** na naši Zemi, které způsobují pravidelný příliv a odliv na pobřežích oceánů a moří.

Před technicky vyspělou společností stojí nyní velmi závažné i podněcující úkoly:
- jak efektivněji a bezpečněji (s ohledem na vlivy na prostředí) využívat dosavadní energetické zdroje (neboť jejich náhlé opuštění není prakticky možné),
- jak zlepšit možnosti a perspektivy využívání energetických zdrojů nevyčerpatelných a obnovitelných, s nimiž nemusí být spojeny závažné problémy bezpečnostní, ani vlivy na biosféru.
Přitom je nezbytné mít na zřeteli souvislosti **environmentální, ekonomické i sociální** - tedy základní pilíře **udržitelnosti** dalšího vývoje naší civilizace.
Na tuto cestu je důležité vykročit co nejdříve - a začít ověřovat nejrůznější současné možnosti v praxi. Které způsoby šetření a využívání energie to jsou?

Možnosti šetření energií jsou nejen v jednání každého člověka, které zamezí zbytečnému plýtvání, ale i v řadě technických opatření v průmyslu (nové technologie), v zemědělství (využívání zbytkového tepla a biomasy), v dopravě (nové formy pohonu dopravních prostředků a snižování jejich spotřeby), ve stavebnictví (nové formy izolací, energeticky úsporné stavby atd.).

A další možnosti jsou v postupném a kombinovaném zavádění různých zařízení pro využívání nevyčerpatelných a obnovitelných energetických zdrojů:
- energie solární, jako přímého zdroje tepla, jako zdroje elektrické energie prostřednictvím fotovoltaických článků či jako naakumulované energie v ovzduší, ve vodě a v půdě prostřednictvím tepelných čerpadel (popř. v kombinaci s využíváním energie geotermální),
- energie větru prostřednictvím větrných elektráren
- energie vody prostřednictvím různých typů vodních elektráren,
- energie biomasy , a to jak novými termickými způsoby jejího využívání prostřednictvím spalování, zplynování, zkapalňování apod., tak i různými biotechnologickými způsoby využívání zbytkové biomasy a odpadních organických látek.

Zavádění těchto nových možností úspor a získávání energie musí překonávat mnohé problémy spojené zejména s nepravidelností slunečního záření, ale také s mnoha předsudky, neochotou hledat nové cesty a s řadou nežádoucích společenských vlivů ekonomického i sociálního rázu. Žádné novinky nikdy nebyly přijímány jednoznačně kladně a bez obav.
Navzdory různým těžkostem je důležité nenechat se odradit od hledání možnosti udržitelného řešení energetiky v 21. století.

RNDr., PhDr. Danuše Kvasničková, CSc.

2. Historie tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo je strojní zařízení, které přečerpává teplo z nižší teplotní hladiny na vyšší teplotní hladinu. Podle druhé věty termodynamické je to možné pouze přiváděním další energie.

Již v roce 1852 anglický fyzik William Thomson Kelvin prokázal, že ledničkami se dá i topit a že s využitím tepelné energie z okolí je vynaloženo méně energie na vytápění, než při spalování dřeva. K praktickému využití tehdy nedošlo, protože byl dostatek levných paliv. Tepelné čerpadlo tak zažívá velký rozvoj v Německu až v 70. letech 20. století jako důsledek energetické krize. V 80. letech zájem o ně opět klesá, protože ceny ropy klesly.

Za počátek tepelných čerpadel v České republice je považován rok 2000, i když k ojedinělým instalacím docházelo dříve. Např. ve školicím a rekreačním středisku strojní fakulty ČVUT v Horním Mlýně – Herbertově je soustava obnovitelných zdrojů včetně tepelných čerpadel v provozu od roku 1982. V roce 2004 zařízení prošlo rozsáhlou rekonstrukcí.

Obr. 2.1 Školicí středisko Herbertov - tepelný výměník umístěný v náhonu vodní elektrárny [B1]

Použití tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo se používá k ohřevu či předehřevu topné vody, k ohřevu vody v bazénu, k přípravě teplé vody, k teplovzdušnému vytápění, atd.

Druhy tepelných čerpadel

V označení systémů tepelných čerpadel se používají výrazy země, voda a vzduch, které jsou od sebe odděleny lomítkem. První výraz označuje, odkud tepelné čerpadlo čerpá energii (země, voda, vzduch). Slovo za lomítkem vyjadřuje, pomocí jakého média dodává tepelné čerpadlo energii do otopné soustavy (vzduch/voda).

Používané systémy:
vzduch/vzduch
vzduch/voda
voda/voda
voda/vzduch (nejméně častá)
země/voda

3. Princip činnosti tepelného čerpadla

Teplo je odebíráno z venkovního prostředí pracovní látkou (vzduch, voda, glykol, solanka, atd.) a je přenášeno do výparníku. Tam je teplo odnímáno pracovní látce pomocí chladiva. Kapalné chladivo se zahřívá a dochází k jeho vypařování. Páry chladiva jsou odsávány a současně stlačovány v kompresoru.

Tímto procesem se bez dalšího přivádění tepla zvýší jejich teplota tak, aby páry byly schopné ohřát otopné médium. Páry dále proudí do kondenzátoru, kde předají teplo ohřívané látce, zchladí se a změní své skupenství na kapalné. Kapalné chladivo se vrací přes expanzní ventil do výparníku. Celý cyklus se opakuje.

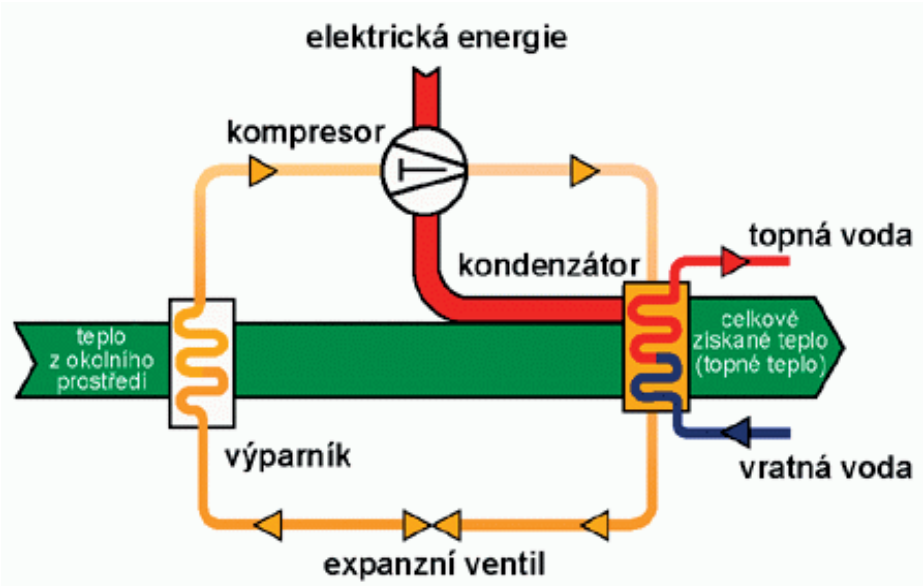
Základními součástmi tepelného čerpadla jsou:

kompresor - zajišťuje oběh chladiva (teplonosné látky) ve vnitřním okruhu tepelného čerpadla

výparník - výměník tepla, kde se předává získané teplo z přírody do chladícího média

kondenzátor - výměník tepla, kde se přijímá získané teplo z chladícího média

škrtící ventil (expanzní) - zajišťuje, aby se zkondenzované (zkapalněné) chladivo o vyšším tlaku převedlo do výparníku a při nižším tlaku vypařilo



Obr. 3.1 Princip činnosti tepelného čerpadla [B3]

4 – 1: vypařování chladiva při stálé teplotě, teoretická izotermická změna
teplo je odebíráno z venkovního prostředí (voda, vzduch, vrt,…)
1 – 2: komprese (přibližně konstantní entropie, teoretická adiabatická změna)
kompresor zvyšuje tlak a tím teplotu par chladiva
2 – 3: kondenzace par za stálé teploty, teoretická izotermická změna
teplo je předáváno otopné soustavě
3 – 4: škrcení, expanze (přibližně konstantní entropie, teoretická adiabatická změna)
chladivo se rozpíná, teplota a tlak chladiva se vrací na výchozí úroveň

3.1 Topný faktor COP (coefficient of performance)

Topný faktor vyjadřuje míru efektivity tepelného čerpadla. Tento údaj vyjadřuje teoretický poměr mezi energií, kterou získáme a elektrickou energií, kterou musíme tepelnému čerpadlu dodat.

Čím je vyšší topný faktor, tím lepší je tepelné čerpadlo, protože je jeho provoz levnější. V praxi se hodnota topného faktoru moderních tepelných čerpadel pohybuje mezi čísly 3,5 a 5,5. To znamená, že pokud je COP = 4, pak na 1 kW spotřebované energie kompresorem získáme 4 kW tepelné energie. Tím ušetříme 3/4 výdajů za vytápění.

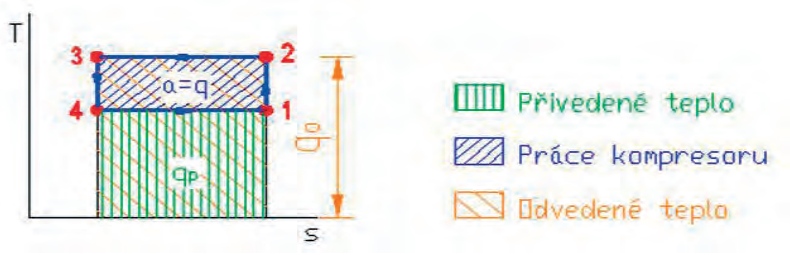
Pro všechny typy tepelných čerpadel platí stejná pravidla

1. Čím vyšší je teplota zdroje (země, voda, vzduch) tím vyšší je topný faktor a tím nižší jsou provozní náklady.

2. Čím nižší je teplota vody v otopné soustavě, tím vyšší je topný faktor a tím nižší jsou provozní náklady.

Topný faktor vyjádřený pomocí Carnotova oběhu:

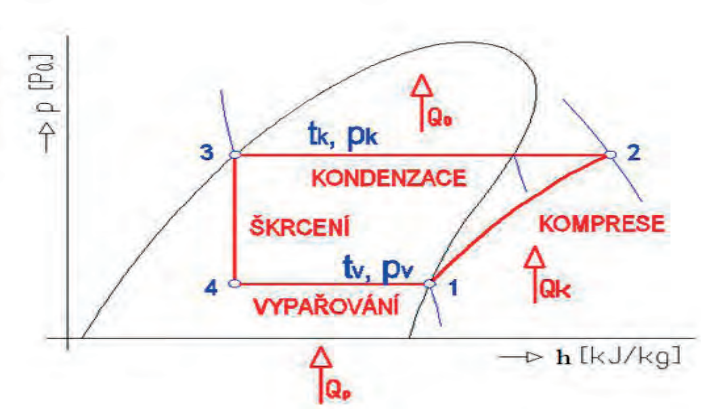
$$COP \quad \frac{q_o}{a} = \frac{+q_p}{a} = 1 \overset{a}{} \frac{q_p}{a} \rangle 1 \qquad + \qquad = \quad COP \rangle 1$$



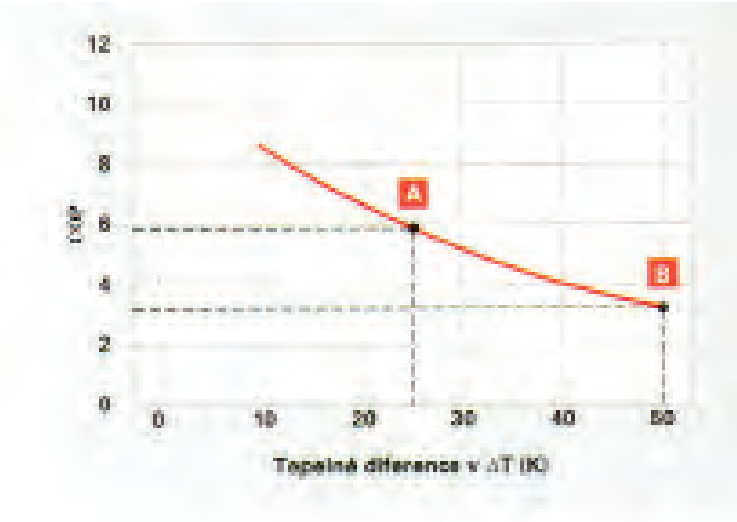
Obr. 3.2 Teoretický pracovní cyklus tepelného čerpadla zobrazený v T-S diagramu [A6]

Topný faktor vyjádřený pomocí oběhu chladiva v p-h diagramu:

$$COP = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$



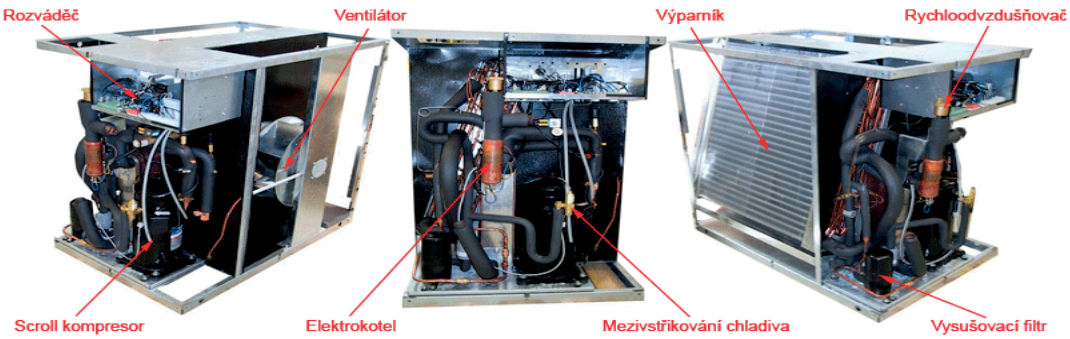
Obr. 3.3 Oběh chladiva v p-h diagramu [A6]



Obr. 3.4 Teplotní rozdíl a tepelný faktor COP [A9]
A…Při DT=25K má COP hodnotu takřka 6
B…Při DT=50K má COP hodnotu pouze 3,3

Hodnota topného faktoru se při provozu mění s ohledem na provozní podmínky. Pro porovnání tepelných čerpadel z hlediska topného faktoru je proto potřeba tento výpočet provádět za stejných podmínek. I tak by neměla být hodnota topného faktoru jediným hlediskem při rozhodování, které tepelné čerpadlo použijeme.

4. Hlavní části tepelného čerpadla



Obr. 4.1 Vnitřní uspořádání tepelného čerpadla [B17]

4.1 Kompresor

Slouží k dopravě a stlačování plynného chladiva. Má velký vliv na výkon tepelného čerpadla i hlučnost celého zařízení. Dříve se používal do tepelných čerpadel pístový kompresor. Jeho nevýhodou je, že se skládá z mnoha pohyblivých částí a má menší výkon. Z toho vyplývá menší účinnost zařízení, kratší životnost a větší hlučnost.

Kompresor je konstruován na nasávání a stlačování plynného chladiva. Nesmí proto nasát kapky kapaliny, protože by došlo k jeho poškození. Pára se proto před vstupem do kompresoru trochu přehřeje.

Typy kompresorů

Pro malé výkony se používají rotační kompresory, pro malé až střední výkony spirálové (Scroll) a pro velké výkony šroubové.

4.1.1 Spirálový kompresor – Scroll

Kompresor Scroll se skládá za dvou do sebe zapadajících spirál, jedné pevné a druhé pohyblivé. Pohyb je zajištěn klikovým hřídelem. Kruhovým pohybem spirály (spirála nerotuje!) vznikají kapsy, do kterých se plyn nejprve nasává. S jejich postupným zmenšováním se stlačuje (zvyšuje se teplota a tlak) a přemisťuje ke středu, kde je vytlačován. Na obrázku je pevná spirála zobrazena černě a pohyblivá červeně.

Obr.4.2 Kompresor Scroll, schéma spirál [B17]

Scroll kompresor je z hlediska údržby nenáročný, protože je celý i s motorem uzavřen ve společné nádobě, takže kontrolujeme pouze připojení potrubí, upevnění ke konstrukci a přívodní kabel.

4.1.2 Regulace výkonu kompresorů

Některé typy kompresorů mají během topné sezóny výkyvy ve výkonu a je proto nutné je optimálně regulovat. Jedná se hlavně o tepelná čerpadla, která mají jako primární zdroj venkovní vzduch. Průměrná venkovní teplota během topného období je v České republice přibližně 3°C (záleží na oblasti).

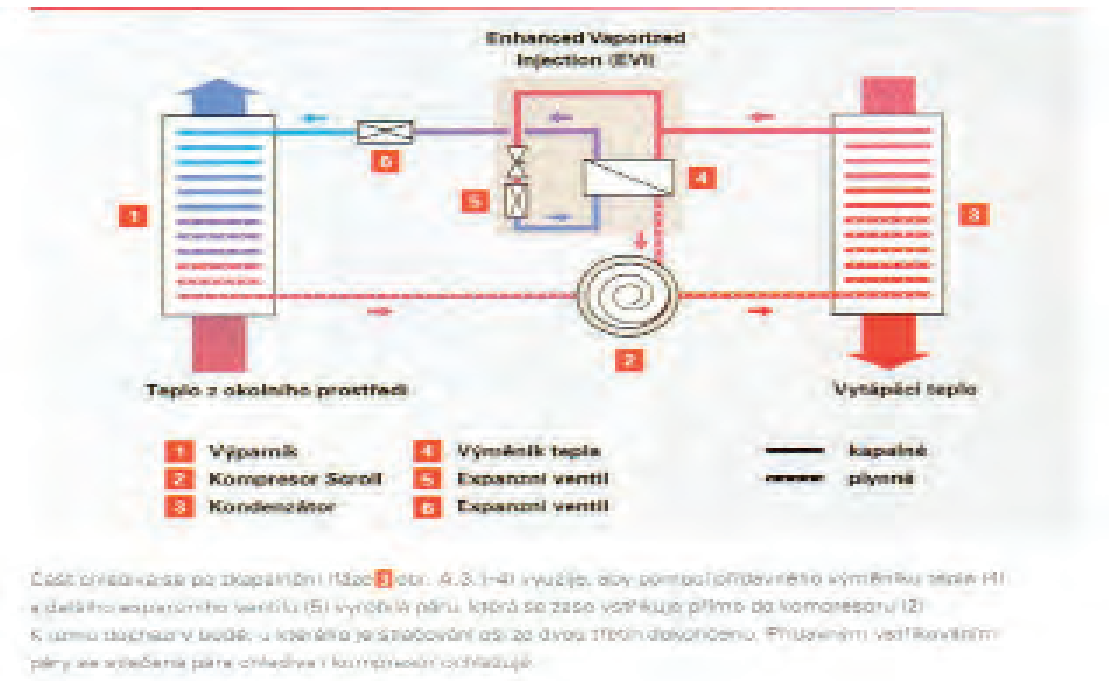
Krátkodobě však může venkovní teplota klesnout na hodnoty -15°C i níže. Protože se snižuje teplota zdroje, snižuje se i topný faktor. Je třeba si zároveň uvědomit, že s klesající venkovní teplotou potřebujeme více tepla pro vytápění.

Nejčastěji se používá metoda regulace výkonu kompresoru pomocí technologie invertoru. Z napájecího napětí se vyrábí stejnosměrné. Podle frekvence točivého pole potom vycházejí různé otáčky kompresoru a tím různé výkony.

Další možností je regulace pomocí ventilového by-passu, která umožní uvolnění tlaku v kompresoru (Digital Scroll).

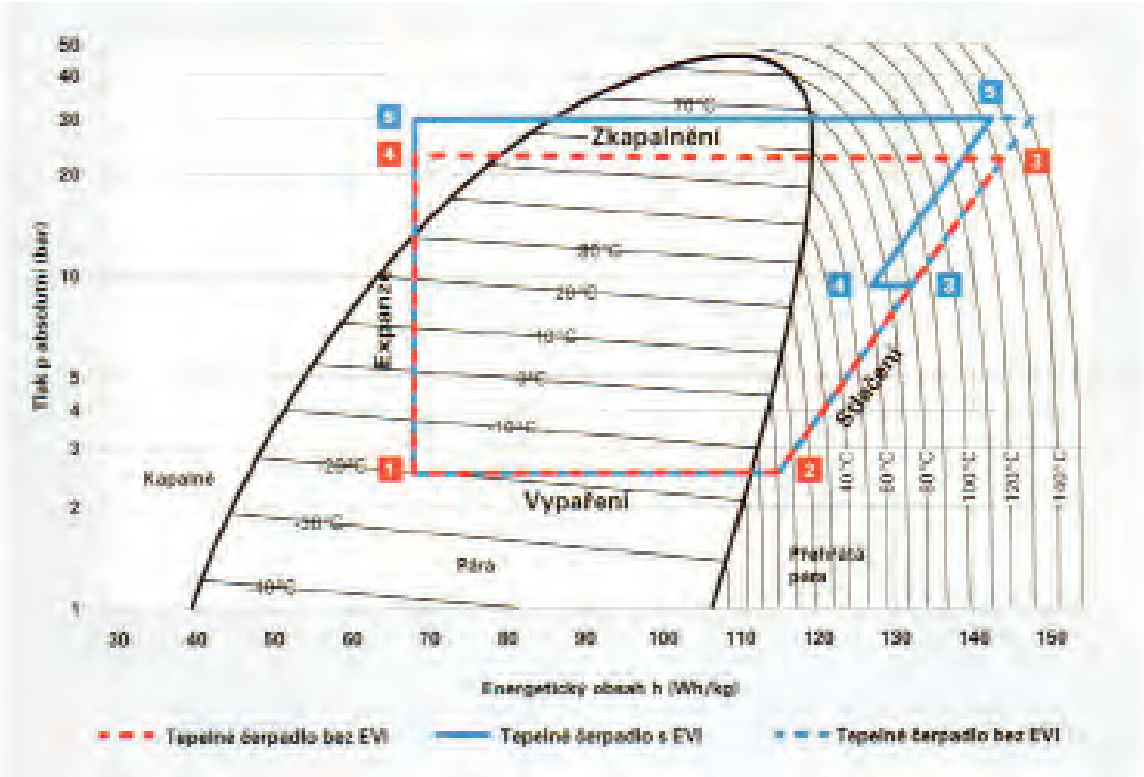
4.1.3 Přídavný systém vstřikování – EVI (Enhanced Vapourized Injection)

Maximální teplota, kterou mohou dosáhnout běžná chladiva při stlačování, je přibližně 135°C. Pokud potřebujeme provoz i při vyšších teplotních rozdílech mezi teplotou zdroje a teplotou otopných ploch, je vhodné přídavné vstřikování páry (EVI) do kompresoru.



Obr.4.5 Schéma přídavného vstřikování chladiva [A9]

Do kompresoru přichází odpařené chladivo z výparníku. V určitém okamžiku se přímo do kompresoru vstříkne chladivo, které bylo vyrobeno v přídavném výměníku ze zkapalněného chladiva. Přídavným vstřikem se chladivo ochladí (na obrázku 4.1.5 - modře vyznačený průběh) a dále se stlačuje. Tak se zvýší tlak, aniž by se překročila přípustná teplota chladiva.



Obr.4.6 Účinek EVI [A9]

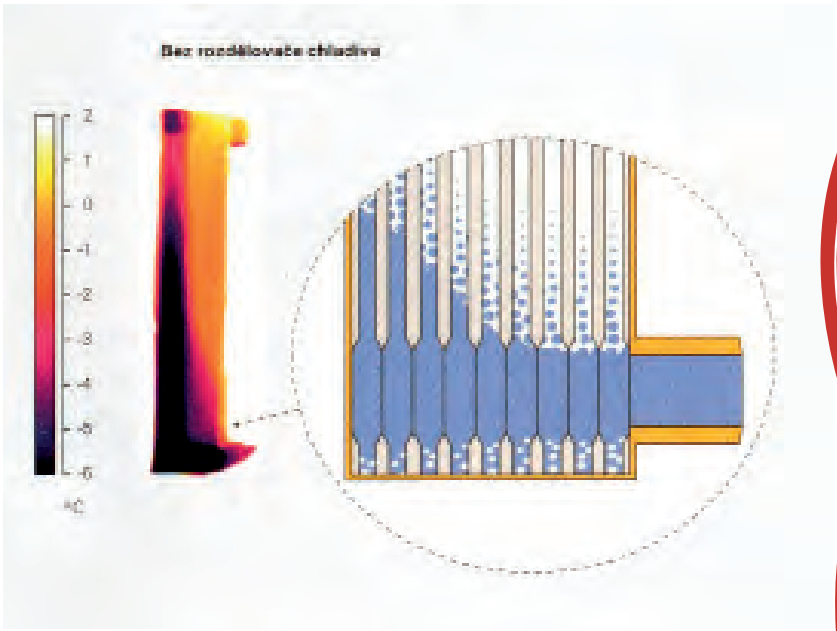
4.2 Výměník tepla

4.2.1 Výparník

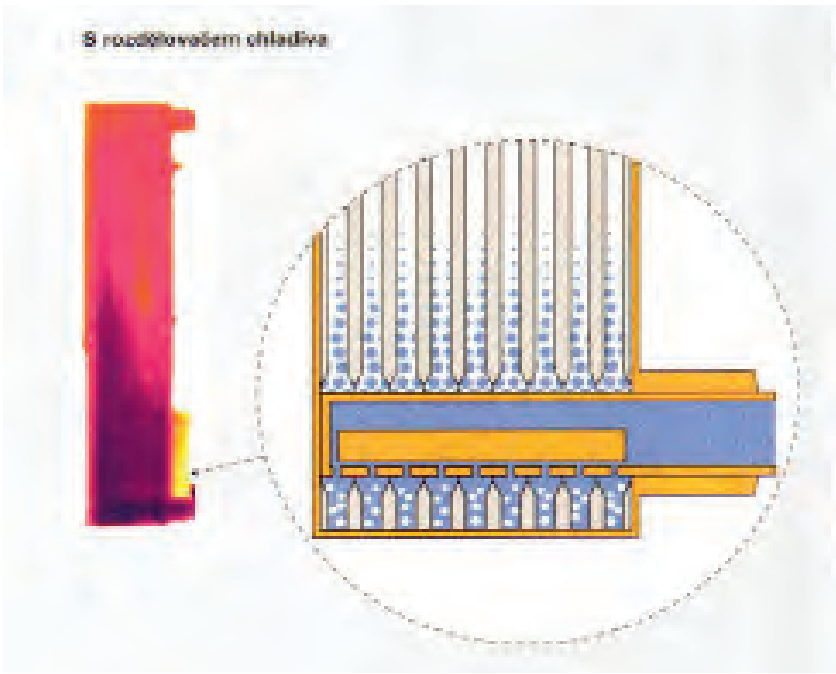
V oblasti vypařování se používají výměníky deskové, koaxiální nebo lamelové.

Deskový výměník

V tepelných čerpadlech země-voda a voda-voda se nejčastěji používají deskové výměníky, které umožňují vysoké výkony pro přenášení tepla.
Zvětšení výkonu deskových výměníků se dociluje rozdělovačem chladiva. Pomocí něho se chladivo rovnoměrně rozděluje na celou plochu výparníku.



Obr. 4.7 Výparník bez rozdělovače chladiva [A9]



Obr.4.8 Výparník s rozdělovačem chladiva [A9]

Koaxiální výměník

Výjimečně se používají i koaxiální výměníky v provedení voda-voda. Koaxiální výparníky jsou velmi kompaktní konstrukce. Výměníky jsou konstrukčně řešeny jako protiproudé výměníky.

Podle výkonu jsou uvnitř pláště 1-3 trubky pro chladivo. Uvnitř pláště nejsou žádné letované spoje. Pro pitnou, pramenitou, nebo upravenou oběhovou vodu se použije provedení SF-Cu. Pro vodu odpadní, mořskou, jezerní a vodu s přísadou chemikálií se použije provedení Cu-Ni.

Obr.:4.9 Koaxiální výměník [B20]

Lamelový výměník

U tepelných čerpadel typu vzduch-voda se používají lamelové výměníky. Tepelná kapacita vzduchu je mnohem menší než tepelná kapacita vody nebo směsi vody a glykolu, proto mají na primární straně velký povrch. Při teplotách blížících se bodu mrazu a pod ním namrzá na lamelách vodní pára, která je obsažena ve vzduchu. Výměníky se musí v pravidelných intervalech odmrazovat, jinak se zvyšuje hluk a zhoršuje účinnost tepelného čerpadla. U moderních čerpadel probíhá odmrazování podle potřeby a automaticky. Pro odmrazování se často používá reverzní chod kompresoru.

Výměníky jsou vyráběny v provedení výparník nebo kondenzátor. Mohou být použity pro topení i chlazení.

Materiály potrubí:
- měď
- ocel
- nerezová ocel
- slitiny mědi a niklu

Materiály lamel:
- hliník
- měď
- pozinkovaná ocel
- hliník s ochranným nátěrem
- ocel

Obr.4.10 Lamelový výparník [B21]

4.2.2 Kondenzátor

V oblasti vypařování se do výkonu 100kW nejčastěji používají deskové výměníky. Tyto výměníky se opět vyznačují vysokým výkonem při přenosu tepla.

Obr. 4.11 Kondenzátor [A5]

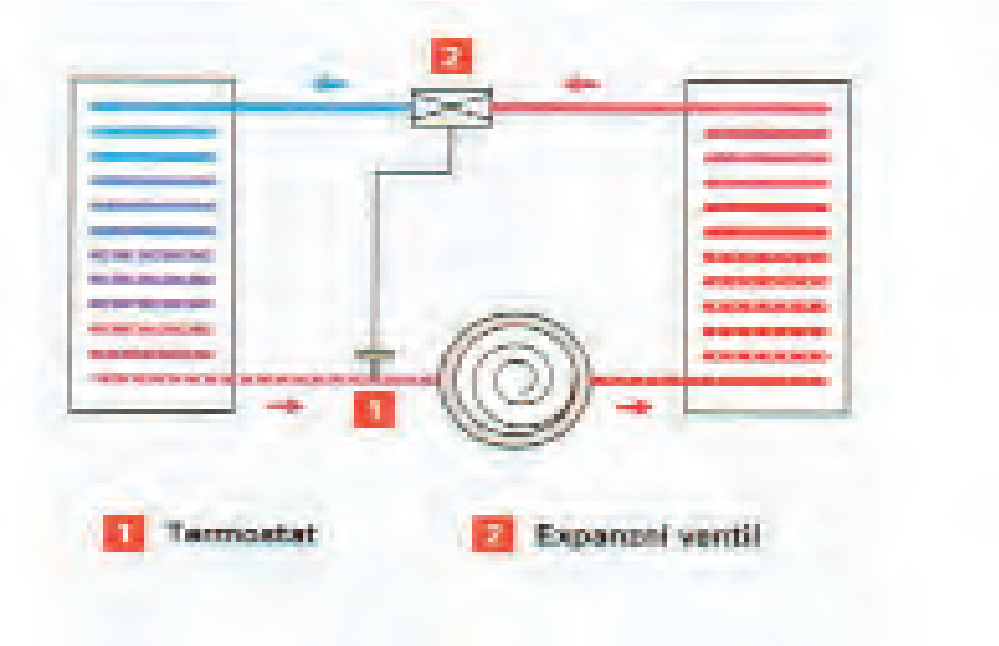
4.3 Expanzní ventil

Kapalné chladivo, které předalo své teplo v kondenzátoru, má stále ještě vysoký tlak. Expanzní ventil uvolní kapalné chladivo. Tím se sníží jeho tlak a zároveň teplota tak, aby ve výparníku mohlo docházet k opětnému vypařování.

Expanzní ventil zároveň reguluje množství chladiva přiváděného do výparníku tak, aby ho tam bylo právě tolik, kolik se ho může odpařit. Tím se zabrání, aby se do kompresoru dostávaly kapičky neodpařeného chladiva, které by poškozovaly kompresor.

4.3.1 Termostatický expanzní ventil

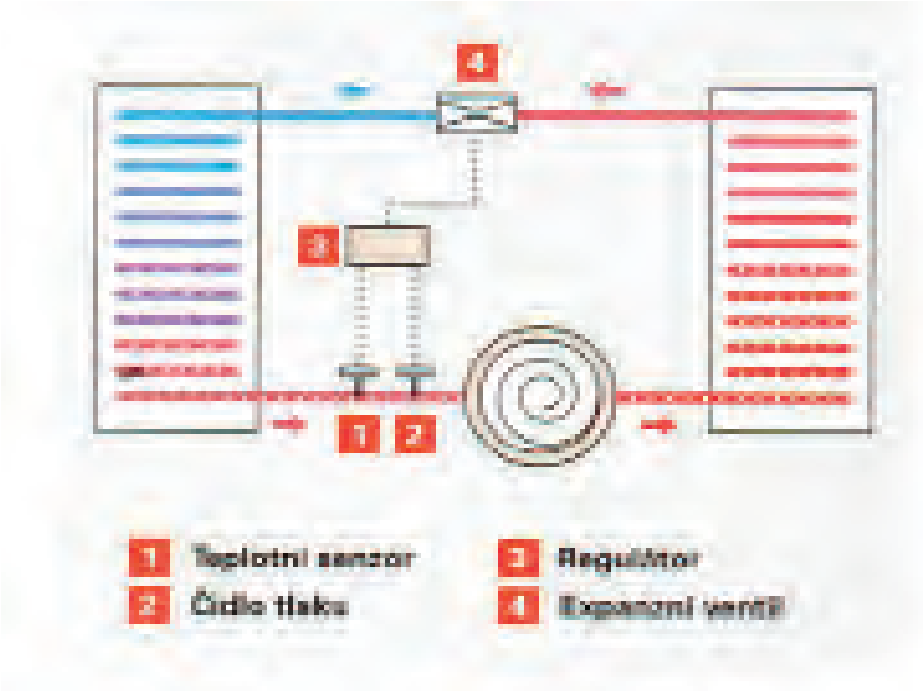
Termostatický expanzní ventil je regulační ventil, který měří teplotu v sacím potrubí a přesně řídí předávání chladiva do výparníku.



Obr.4.12 Termostatický expanzní ventil [A9]

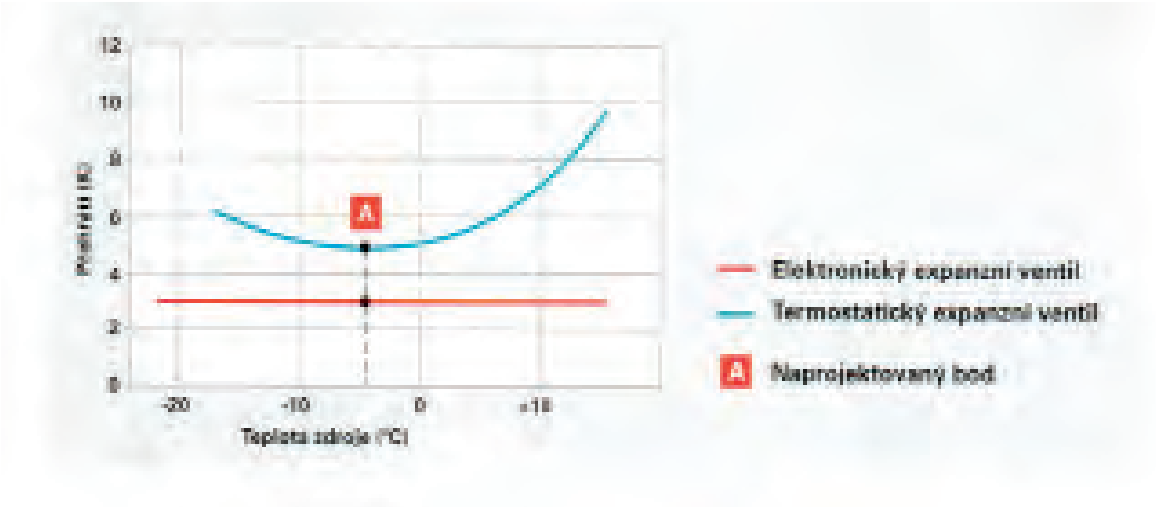
4.3.2 Elektronický expanzní ventil

Tímto ventilem se měří teplota a tlak před kompresorem. Pomocí elektrického přestavovacího motoru v expanzním ventilu lze velmi rychle a přesně regulovat hmotnostní tok chladiva, tak aby přehřátí zůstalo konstantní po celý rozsah výkonů.

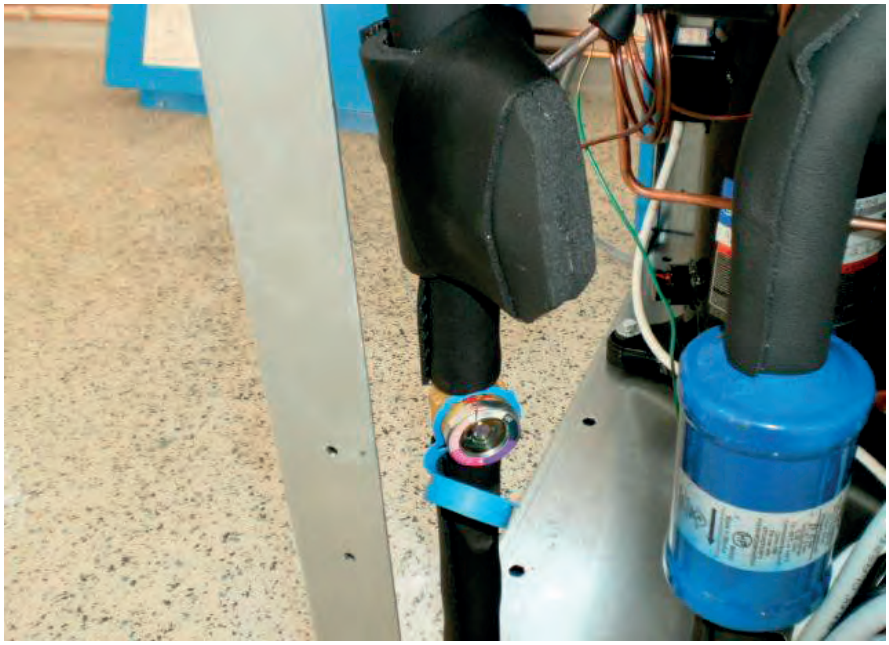


Obr.4.13 Elektronický expanzní ventil [A9]

Elektronický expanzní ventil reguluje tak, aby přehřátí zůstalo konstantní po celý rozsah výkonů. Termostatický ventil dosahuje optimálního přehřátí jen v naprojektovaném bodě. V ostatních bodech je přehřátí příliš velké.



Obr.4.14 Přehřátí [A9]



Obr.4.15 Expanzní ventil [A5]

4.4 Chladivo

Aby mohlo tepelné čerpadlo správně a účinně fungovat, je vybavené vhodnou pracovní látkou nebo chladivem. Chladiva jsou přírodního, nebo umělého původu a mají specifické vlastnosti, ke kterým musíme přihlížet při jejich používání. Mezi přírodní chladiva patří amoniak (NH_3, čpavek), uhlovodíky (HC_S), voda a oxid uhličitý (CO_2).

Chladivo přijímá při odpařování tepelnou energii z primárního zdroje a přenáší ji do otopné soustavy tím, že kondenzuje. Změna skupenství v sobě skrývá velké množství energie.

Chladivo pro tepelné čerpadlo musí mít co nejnižší teplotu vypařování a malý objem páry. Dále nesmí rozežírat součástky a použitá maziva. Mělo by být nejedovaté, nevýbušné a nehořlavé. Dopad na ozónovou vrstvu by měl být co nejmenší.

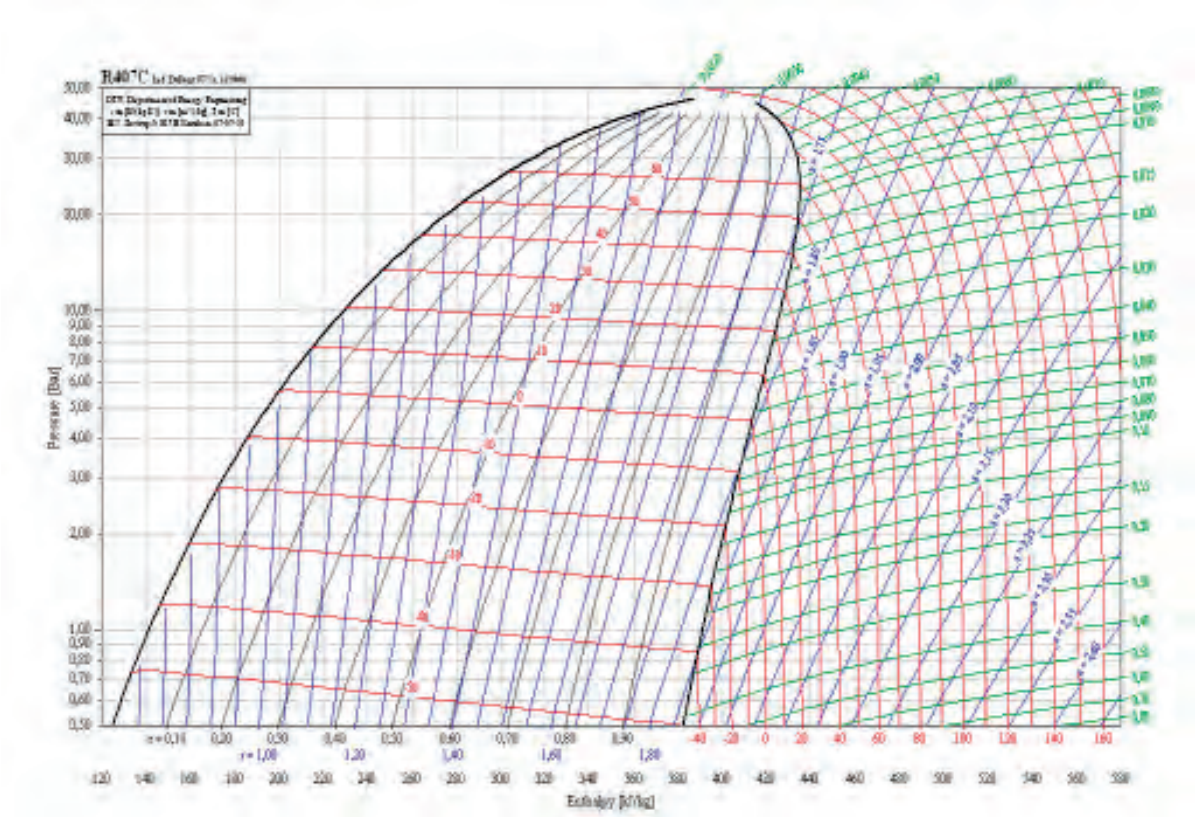
Označení chladiv

Chladiva se značí písmene R (refrigerant). První číslice za písmenem R značí počet uhlovodíkových atomů, druhé počet atomů vodíku v příslušné látce. Následující sled písmen nebo čísel poskytuje informace o počtu a pozici např. fluóru, bromu nebo chlóru.

Všechna chladiva, která začínají R-4 jsou značená jinak a označují směsi chladiv s velmi dobrými fyzikálními vlastnostmi a velmi výhodnými ekologickými vlastnostmi.

Chladivo		Typ tepelného čerpadla		
Typ	Složení	země-voda	voda-voda	vzduch-voda
R-410A	50% R-32 (CH_2F_2, Difluormethan) 50% R-125 (C_2HF_5, Pentafluorethan)	x	x	x
R-407C	25% R-125 23% R- 32 52% R 134a (CF_3CH_2F, Tetraflourethan)	x	x	x
R-134a	100% (CF_3CH_2F, Tetraflourethan)	x	x	

Tabulka vhodnosti chladiv [A9]



Obr.4.16 Diagram tlak- entalpie chladiva R-407C [B38]

Při práci s chladivy se musí dodržovat tyto zásady:

- plnění a vyprazdňování chladiva ze zařízení provádí oprávněná osoba
- podle určených množství chladiva vést evidenční knihu zařízení s chladivem
- dodržovat intervaly kontrol
- při úniku chladiva odstavit zařízení z provozu, zajistit větrání, nepoužívat elektrické spotřebiče a zavolat servisního technika

5. Zdroje nízko - potenciálního tepla

Obr.5.1 Ilustrační vyobrazení [B29]

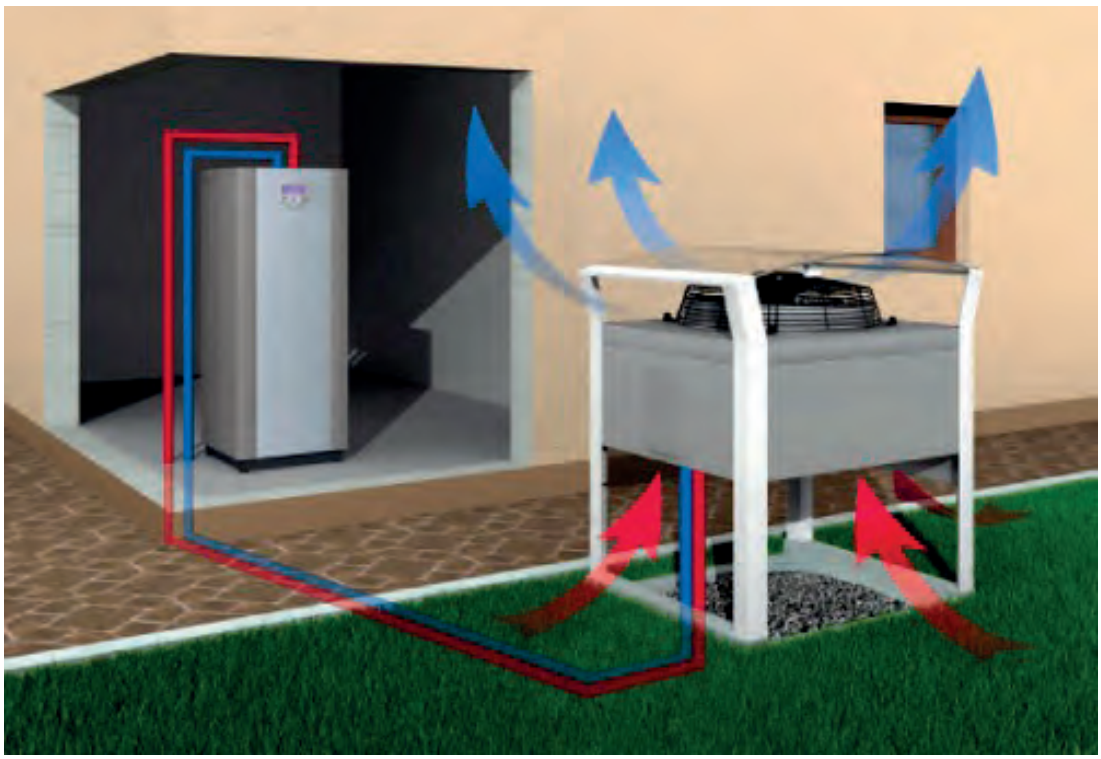
Venkovní vzduch

Voda - povrchová
- podzemní

Země - půda
- hlubinné vrty
- koaxiální sondy
- energetické piloty
- spirálové sondy
- geotermální voda

Odpadní teplo

5.1 Zdroj tepla venkovní vzduch



Obr.5.2 Tepelné čerpadlo vzduch – voda (venkovní provedení) [B13]

Vzduch je jako zdroj tepla nejdostupnější, prakticky neomezený a z ekologického pohledu nejvýhodnější. Teplo, které jsme vzduchu odebrali, se totiž vrací zpět do venkovního prostředí prostřednictvím tepelných ztrát objektu. Tepelná čerpadla vzduch – voda nenarušují teplotní rovnováhu okolí, jako je tomu u tepelných čerpadel využívajících tepla odebíraného ze země nebo z vodních zdrojů. Tyto systémy mohou být používány celoročně.

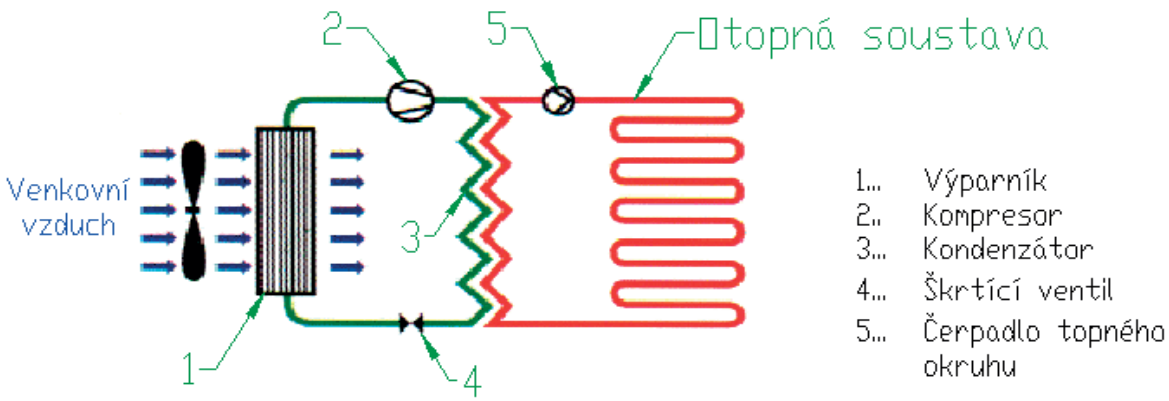
S nižšími pořizovacími náklady mají vzduchová tepelná čerpadla rychlejší ekonomickou návratnost než ostatní systémy. Jsou ale často hlučná a musí splňovat hygienické požadavky na hluk.

Výkon tepelného čerpadla je závislý na teplotě vnějšího vzduchu, klesá v době, kdy je největší potřeba tepla (zimní měsíce).

Při teplotách venkovního vzduchu od -5°C do 7°C se tvoří na spodní části vzduchového výparníku námraza z vlhkosti vzduchu. Ta se odstraňuje reverzací. Asi na dvě minuty se obrací oběh tepelného čerpadla, ventilátor se zastaví, teplo se odebírá z topné soustavy a výparník se ohřívá, led odtaje a spadne.

Při teplotách nižších než -5° C se námraza již netvoří, protože vzduch je suchý. Při teplotách vyšších než 7° C se námraza také netvoří, vzduch je teplý, pouze odkapává voda. Množství takto vzniklého kondenzátu není zanedbatelné!

Vzduchová tepelná čerpadla mohou účinně získávat teplo ze vzduchu až do venkovní teploty -20°C, některá i do teploty -25°C. S klesající venkovní teplotou klesá také topný faktor. Otopná voda se ohřívá podle nastavení regulace na +15°C až +60°C. Čím je nižší teplota otopné vody, tím je vyšší topný faktor.



Obr.5.3 Schéma tepelného čerpadla vzduch – voda [B43]

Teplo lze odebírat i z vnitřního odpadního vzduchu. Jelikož se v domě udržuje teplota kolem 20 °C, je vnitřní vzduch dobrým zdrojem tepla pro další využití. Odpadní vzduch z objektu je nasáván do tepelného čerpadla, kde se ochladí přibližně o 5 °C a takto ochlazený je vypouštěn ven. Získané teplo může sloužit pro ohřev teplé užitkové vody nebo pro zpětné vytápění objektu.

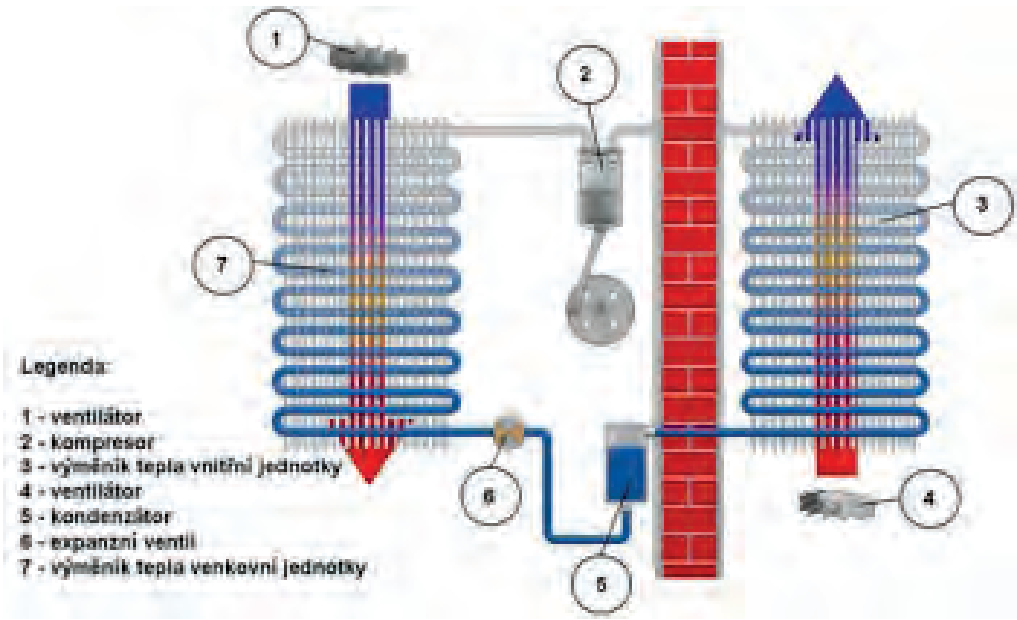
V našich klimatických podmínkách, zejména v nižších polohách (do 500m nadmořské výšky) jsou schopna tato čerpadla uspořit (při výstupní teplotě do 50°C) asi 55 až 60% nákladů na vytápění. Náklady na pořízení tohoto typu čerpadla jsou zpravidla nižší než u ostatních typů tepelných čerpadel. Proto bývá návratnost investice v některých případech nejkratší (především u větších domů).

Tepelné čerpadlo může být realizováno jako vzduch-vzduch nebo vzduch-voda.

5.1.1 Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch

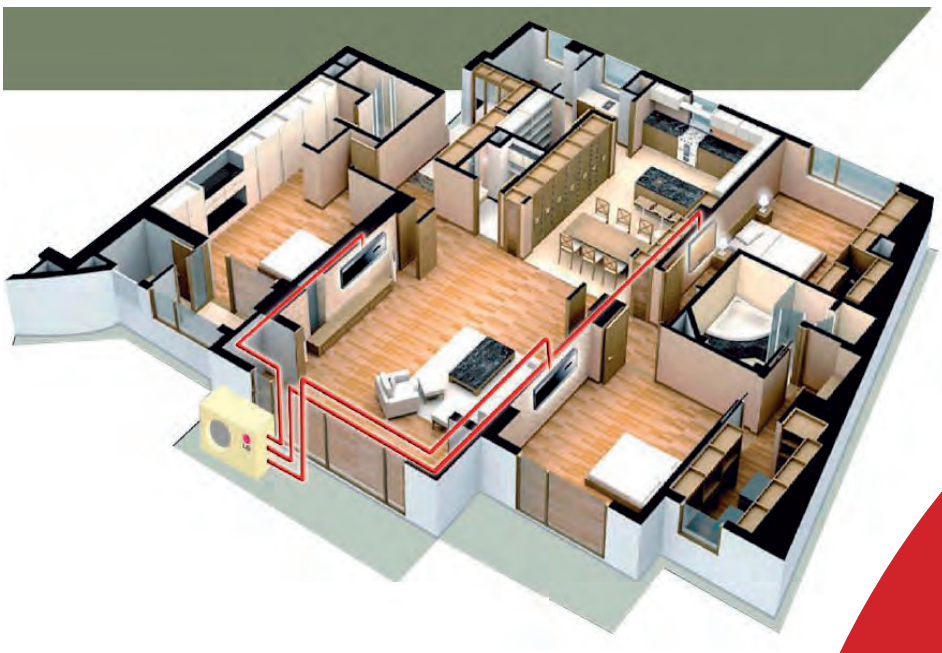
Toto čerpadlo má ve venkovním prostoru instalovanou jednotku, která odebírá teplo venkovnímu vzduchu. Uvnitř budovy jsou rozmístěny vnitřní jednotky, které ohřívají vzduch v místnostech. Jednotky jsou navzájem propojeny měděným potrubím s chladivem.

Na jednu venkovní jednotku může být napojena jedna i více vnitřních jednotek (klimatizace - SPLIT, MULTI SPLIT). Výhodou tohoto uspořádání je to, že chod tepelného čerpadla může být obrácen a v letních měsících může budovu snadno chladit.



Obr.5.4 Schéma uspořádání tepelného čerpadla vzduch-vzduch, uspořádání SPLIT, [B39]

Obr.5.5 Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch, uspořádání SPLIT, [B40]



Obr.5.6 Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch, uspořádání MULTI SPLIT, [B40]

5.1.2 Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Tepelná čerpadla vzduch/voda se vyrábějí ve třech variantách:

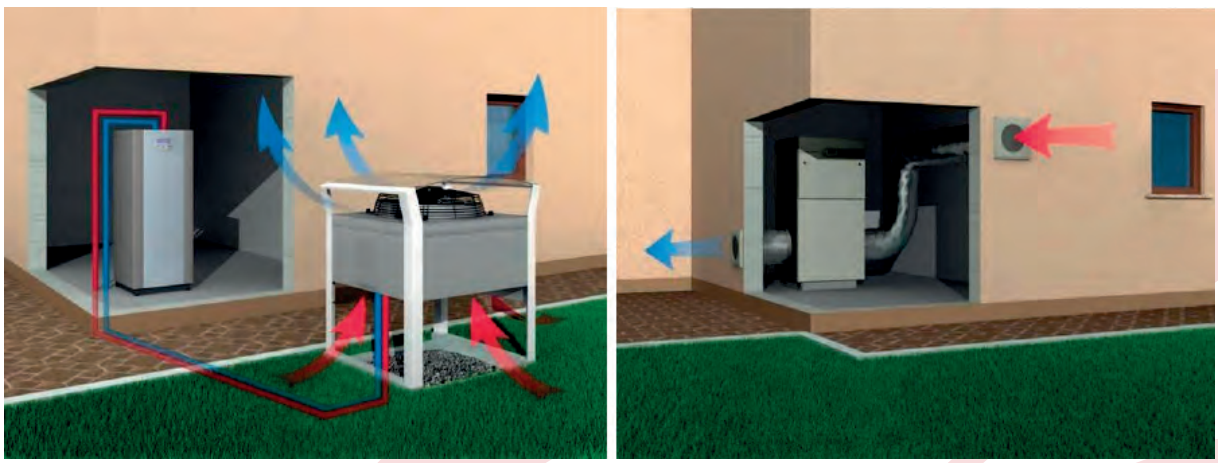
1. Oddělená venkovní a vnitřní jednotka – venkovní jednotku vybavenou ventilátorem umístíme dle možností do venkovního prostoru (střecha, stěna, na základ ve volném prostoru).

   Ta je s vnitřní jednotkou uvnitř budovy propojena izolovaným potrubím, kterým obíhá chladivo. Vnitřní jednotka předá teplo otopné soustavě, zásobníku pro přípravu teplé vody atd.

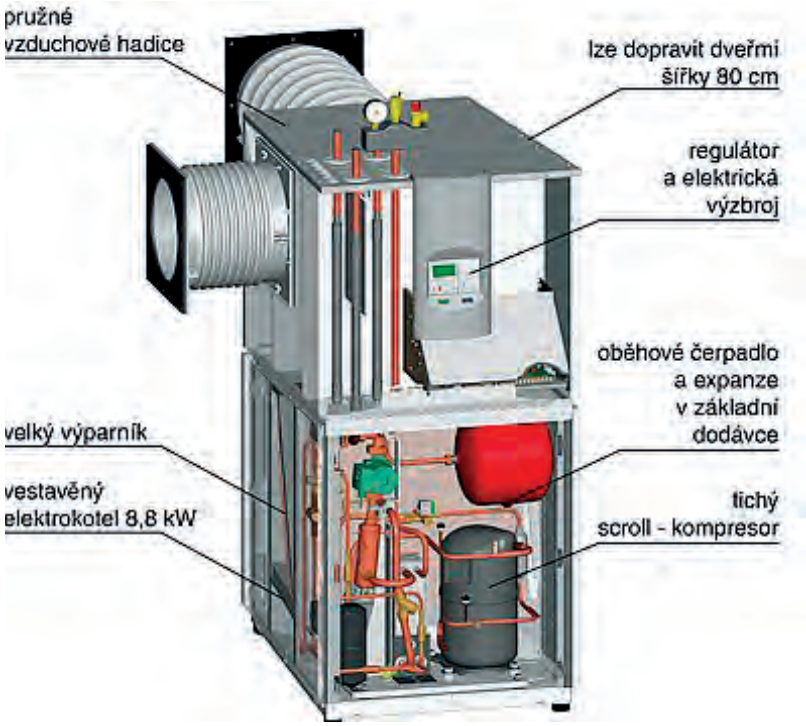
2. Kompaktní venkovní provedení – kompletní tepelné čerpadlo je umístěno venku (zahrada, dvůr apod.) a s otopnou soustavou v objektu je propojenou potrubím opatřeným izolací. Ušetříme tím vnitřní prostor a neobtěžuje nás tolik hluk zařízení).

3. Kompaktní vnitřní provedení – kompletní tepelné čerpadlo je umístěno uvnitř budovy a proto je nutno potřebný vzduch k zařízení přivést sacím vzduchovým potrubím (a poté ho zase odvést výfukovým.

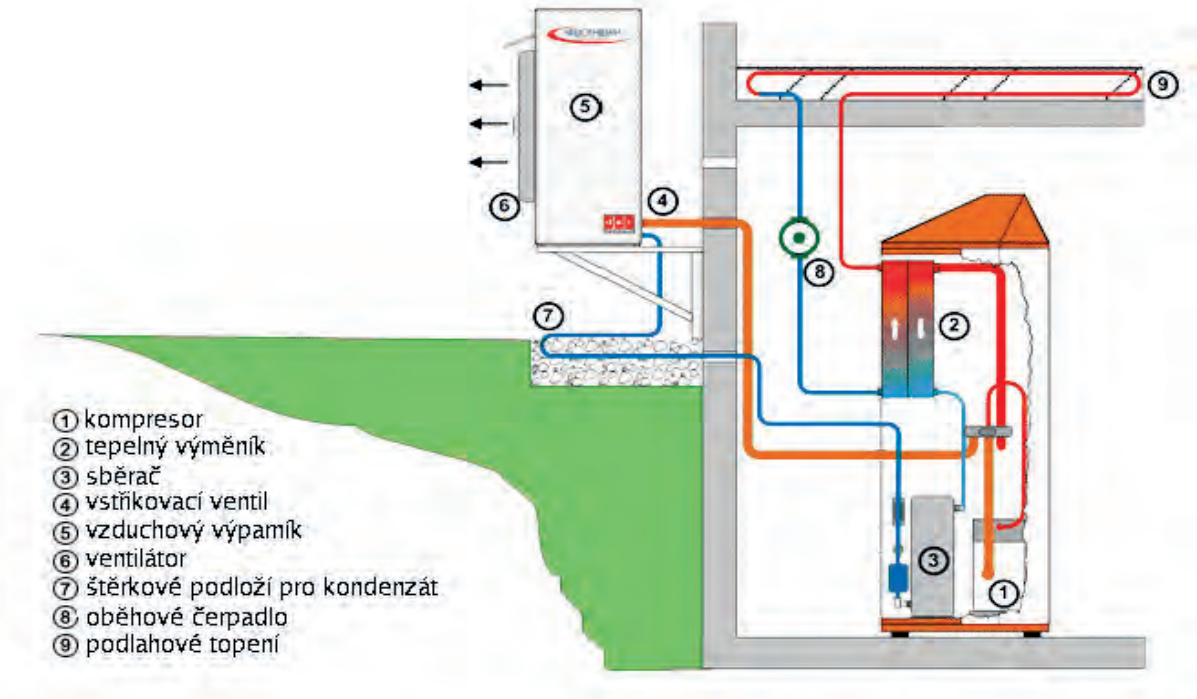
   Sací a výfukový otvor je nutné umístit v dostatečné vzdálenosti od sebe (viz návod výrobce), aby se proudy vzduchu navzájem neovlivňovaly a nesnižovala se účinnost tepelného čerpadla.



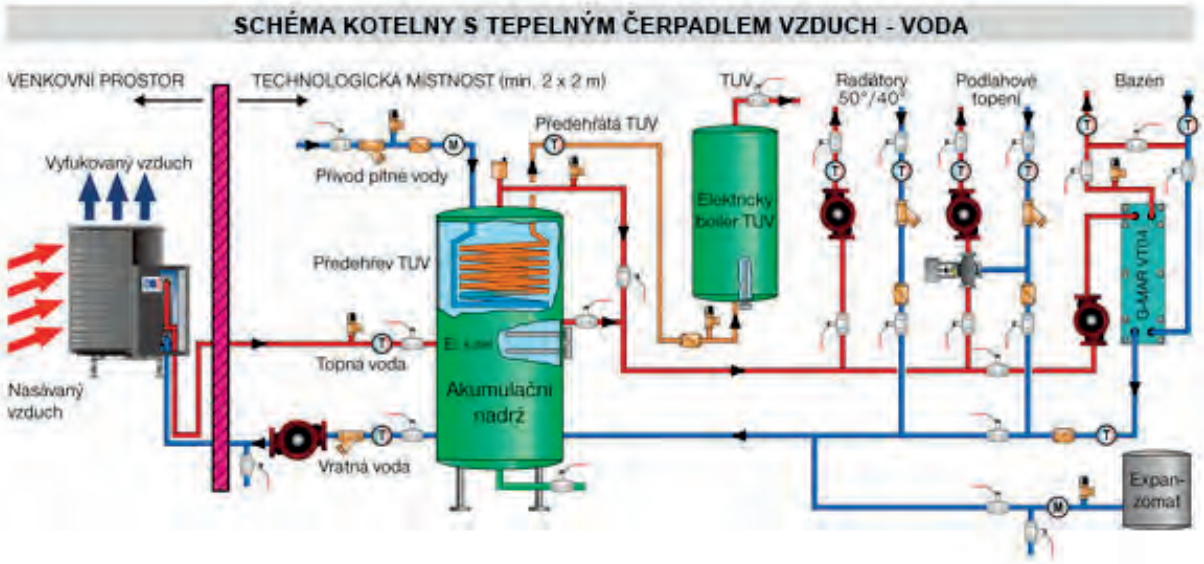
Obr.5.7 Venkovní a vnitřní provedení tepelného čerpadla vzduch-voda[B13]



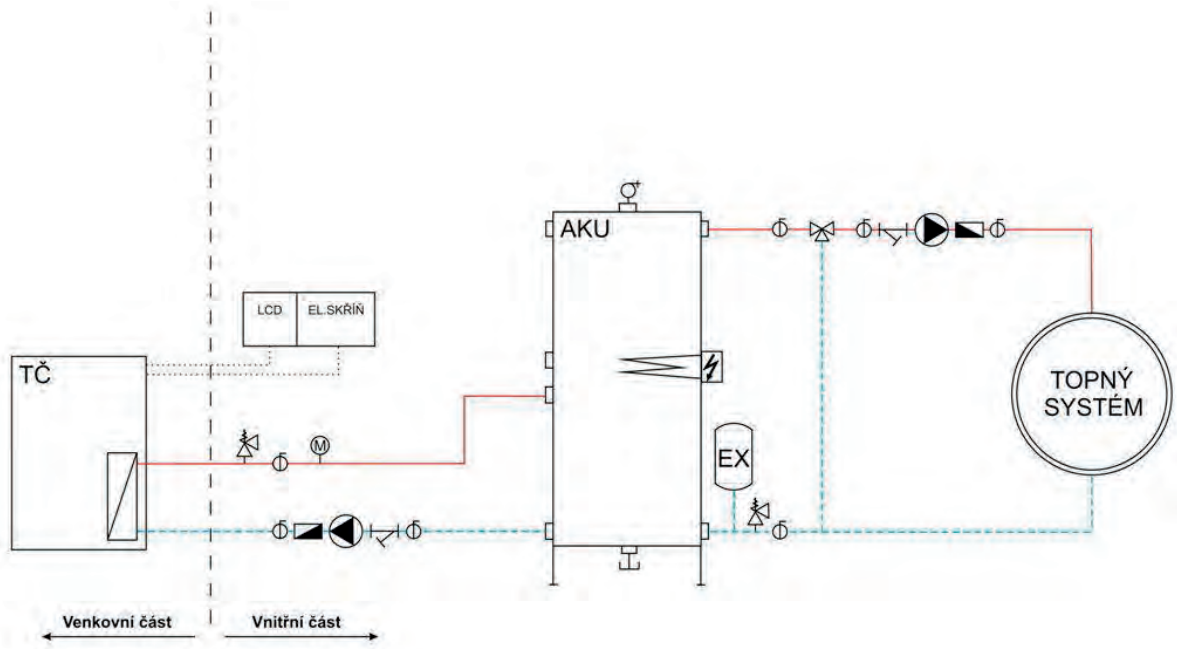
Obr. 5.8 Tepelné čerpadlo vzduch-voda, vnitřní provedení. Komplet včetně elektrokotle, oběhového čerpadla, expanzní nádoby, tepelně izolovaných vzduchových hadic atd. [B14]



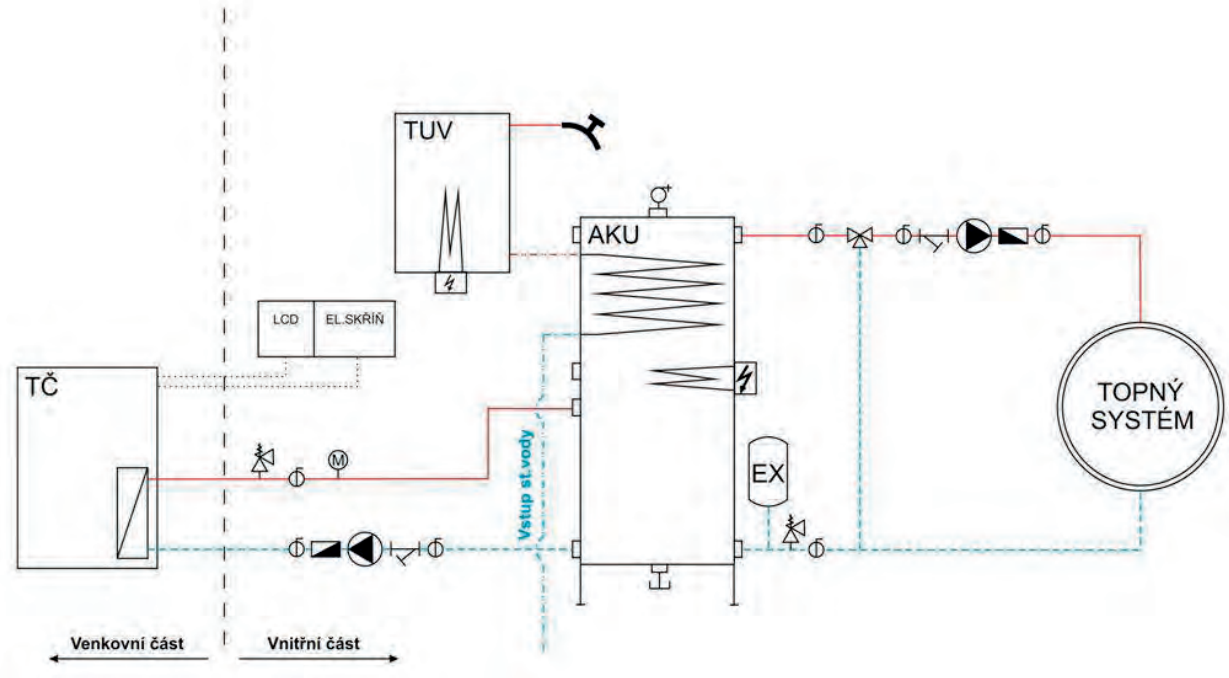
Obr.5.9 Schéma vzduchového tepelného čerpadla [B22]



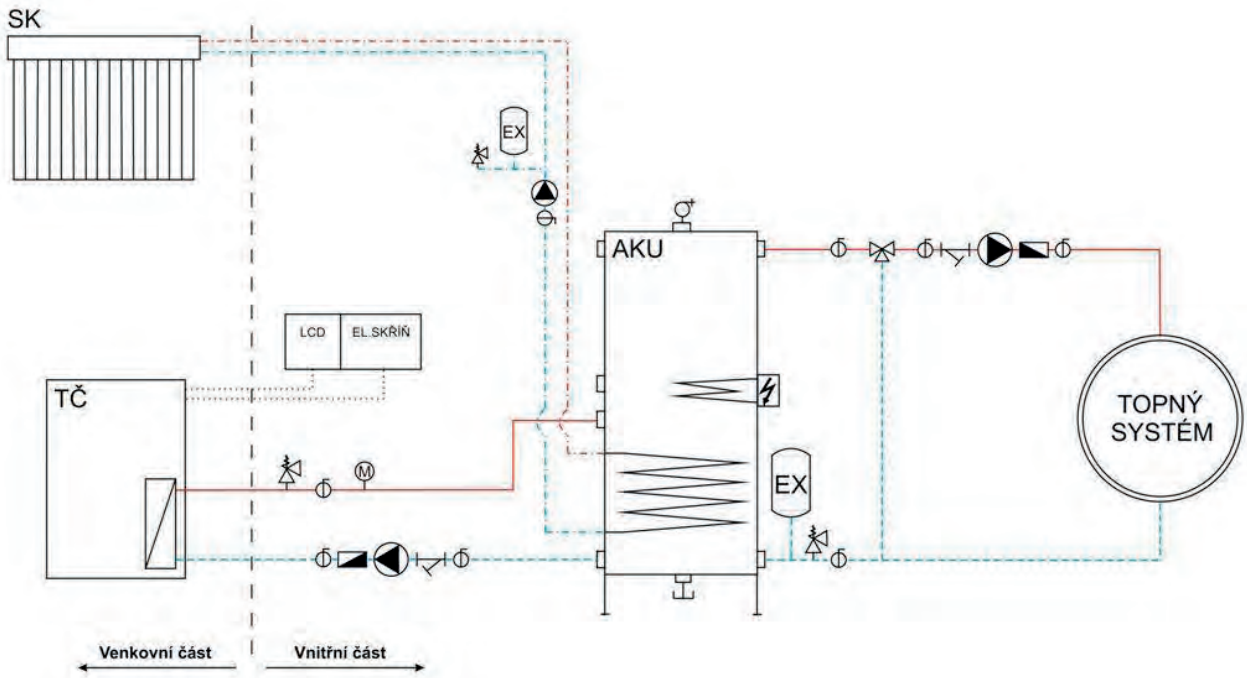
Obr.5.10 Schéma kotelny s tepelným čerpadlem [B23]



Obr.5.11 Jednoduché schéma zapojení tepelného čerpadla [B23]



Obr.5.12 Schéma zapojení s předehřevem TUV [B23]



Obr.5.13 Schéma zapojení se solárním kolektorem [B23]

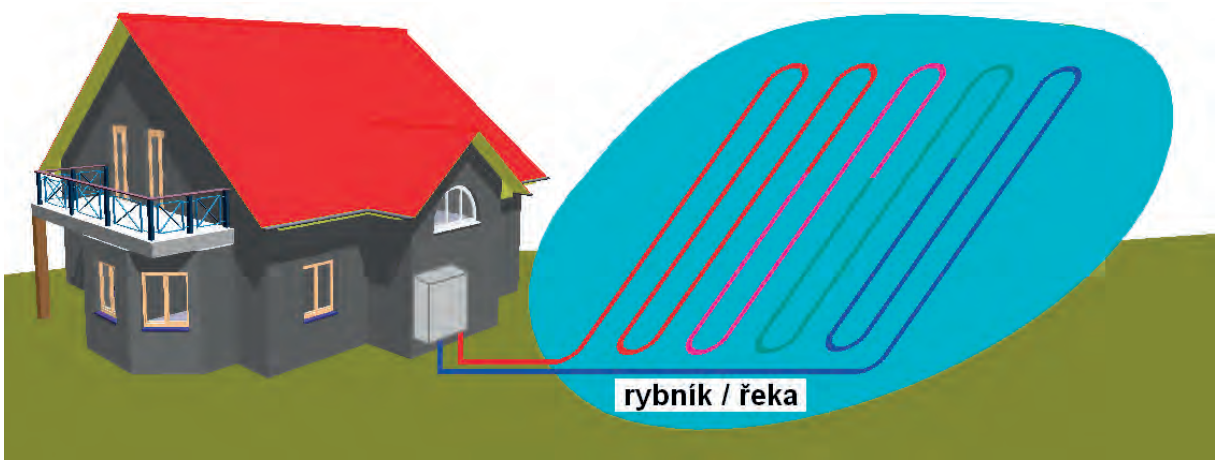
Obr.5.14 Venkovní jednotka vzduchového tepelného čerpadla [B24]

5.2 Zdroj tepla voda

Pro svou stálou teplotu je voda (spodní - studniční nebo povrchová – řeka, rybník) vhodným zdrojem tepla pro tepelné čerpadlo.

Tepelné čerpadlo voda-voda tedy znamená u povrchových vod v primárním okruhu solanku, u spodních vod je to voda studniční. V sekundárním okruhu je voda, kterou ohříváme otopná tělesa. Vlastní tepelné čerpadlo umisťujeme uvnitř budovy.

5.2.1 Povrchová voda



Obr.5.15 Tepelné čerpadlo využívající povrchovou vodu [A5]

Zdroj tepla:
povrchové vodní toky (řeky, rybníky,...)Výměník s nemrznoucí kapalinou je umístěn přímo ve vodě (se zátěží) nebo je zapuštěn v břehu.

Řeka - z důvodu nízké teploty vody v zimním období, nemůže být voda přímo čerpána pro potřebu tepelného čerpadla, jelikož by při ochlazení zamrzala. Je možné do řeky položit plošný kolektor, ale mohou nastat problémy s majitelem toku. Jednoduchým způsobem odběru tepla je u objektů s náhonem, kdy se na dno či stěny náhonu umístí výměník z trubek (viz obr.2.1).

Jezero, rybník - nesmí dojít k dlouhodobému vypuštění, aby bylo možné položit plošný kolektor z hadic na dno s roztečí okolo jednoho metru.

Výhoda: nižší náklady než u vrtu a vysoký topný faktor

Nevýhody: plastové hadice se mohou snadno poškodit např. při povodních či jiném zásahu.
Je nutné zabránit úplnému zamrznutí toku a zanášení výměníků nečistotami.

Plocha výměníku: 1 - 1,5 m^2 na 1kW výkonu tepelného čerpadla, potřebná plocha pro hadice je 150 až 350 m^2

Spotřeba vody: na 1 kW tepelného výkonu spotřebuje 310 l vody za hodinu teplejší než 4°C

Realizace: Souhlas správce toku

Poplatky: za odběr se platí poplatky správci toku

5.2.2 Podzemní vody

Podzemní voda je se svojí teplotou mezi 8°C – 12°C pro získávání tepla velmi výhodná. Nevýhodou je jak komplikované získání všech povolení, tak čistota a množství vody. Pro tuto instalaci je potřeba mít čerpací a vsakovací studnu.

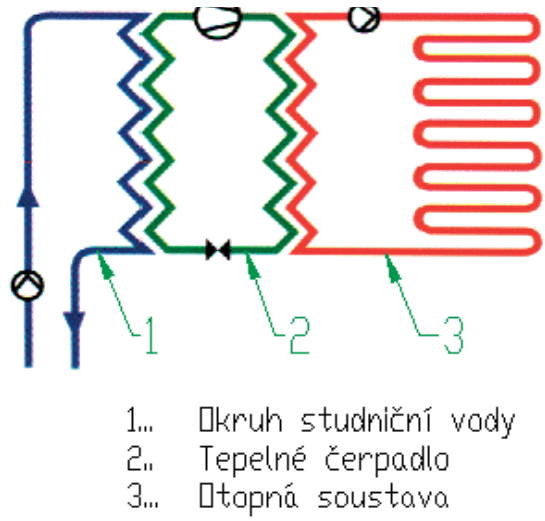
Tepelné čerpadlo typu voda-voda využívá obnovitelnou energii podzemní vody. Vodu z jedné studny čerpáme a po odebrání tepla jí druhou studnou vracíme. U tepelných čerpadel typu voda–voda, dosahujeme nejlepších topných faktorů. Voda ovšem musí být k dispozici v dostatečném množství a kvalitě.

Obr. 5.16 Tepelné čerpadlo voda/voda [A5]

Zdroj tepla: voda ze studny nebo vodoteče

Princip: Voda se zpravidla čerpá z jednoho vrtu (jímací studna) a po ochlazení v tepelném čerpadle se vpouští do vsakovací jímky popř. vrtu vzdáleného 15 až 20 m. Doporučuje se hloubka cca 10m. Pokud jsou studny ve svažitém terénu, studna čerpaná musí být výše než vsakovací. Musí se také zajistit dostatečné oddělení obou studní, aby se voda ve vsakovací studni dostatečně ohřála předtím, než se dostane do jímací studny.

Kvalita vody málo kdy splňuje požadavky výrobce tepelného čerpadla. Aby se zabránilo škodám na deskových výměnících, používají se meziokruhové výměníky. Bývají ocelové, sešroubované tak, aby se daly snadno rozebrat a vyčistit.



Obr.5.17 Schéma tepelného čerpadla voda – voda [B43]

Výhoda:
Spodní voda si během roku (i v zimních měsících) zachovává poměrně stálou teplotu (min.8 - 12°C) na vstupu do tepelného čerpadla.
Vrátíme ji ochlazenou asi na 2-5°C.

Nevýhody:
Systémy čerpající teplo přímo z podzemní vody dosahují sice lepších topných faktorů než systémy čerpající teplo ze země, ale vyžadují některé další technické prvky a jejich údržbu (vodní filtry, hlídače zaplavení primárního čerpadla apod.). Vždy je nutné provést rozbor spodní vody. V neposlední řadě je zde riziko zamrzání vody na výparníku tepelného čerpadla při poruše vodního čerpadla ve studni. Toto je však řešitelné hlídačem průtoku, který při snížení průtoku vody tepelné čerpadlo včas vypne.

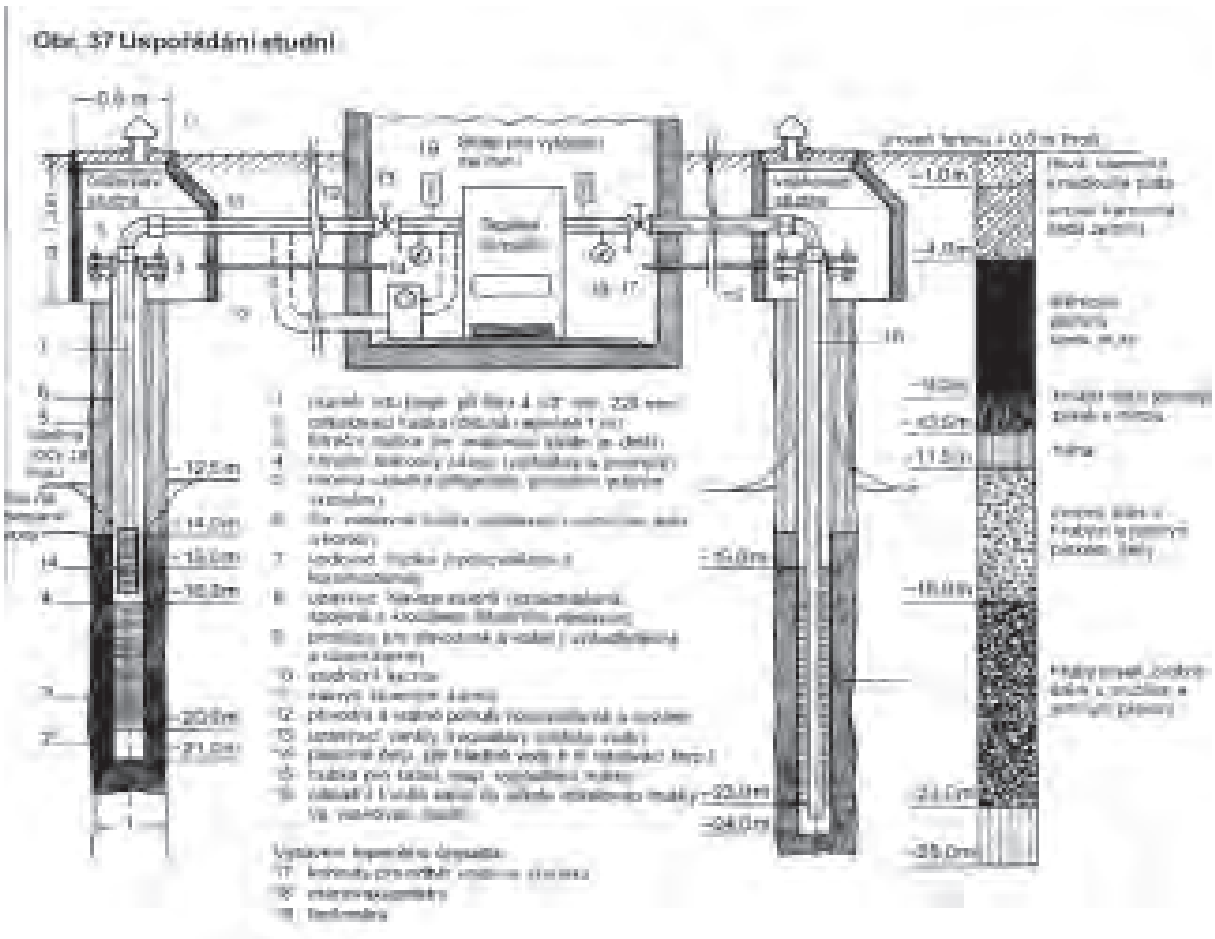
Vydatnost pramene:
na1 kW tepelného výkonu je zapotřebí 180 l/h spodní vody.

Pro vytápění rodinného domku, obývaného jednou rodinou o půdorysné ploše 150 m^2, je podle povahy domu zapotřebí průtok studniční vody 2,0 až 3,5 m^3/hod.

Bohužel v České republice je málo lokalit s odpovídající vydatností a kvalitou spodní vody.

Realizace:
Použití spodní vody musí schválit příslušný vodohospodářský úřad.

Chemické vlastnosti vody (maximální hodnoty) [B43]	
Sloučenina	Množství
Chloridy	300mg/l
Dusičnany	100mg/l
Sírany	70mg/l
Volná kyselina uhličitá	20mg/l
Železo a mangan	3mg/l
Kyslík	2mg/l
pH	6 -9



Obr.5.18 Uspořádání studní [B26]

Obr.5.19 Odběr tepla ze studny [B25]

5.3 Zdroj tepla země

Země
teplo země pochází ze dvou základních zdrojů:
• geotermálního původu - sama země získává teplo ze svého nitra
• energie ze Slunce - ze sluneční energie na ní dopadající

Teplo čerpáme pomocí plošných kolektorů, vrtů, energetických pilotů atd. o teplotě 0°C až 15°C. Každý z těchto způsobů má svoje výhody a nevýhody dané jeho technickou a investiční náročností a možným získaným objemem tepla.

Geotermální teplo neboli teplo zemského jádra využívají tepelná čerpadla s hlubinným vertikálním vrtem (80-150m), která jsou nejdražší variantou, ovšem disponují nejlepším topným faktorem.

Sluneční energii využívají tepelná čerpadla s horizontálním plošným kolektorem.

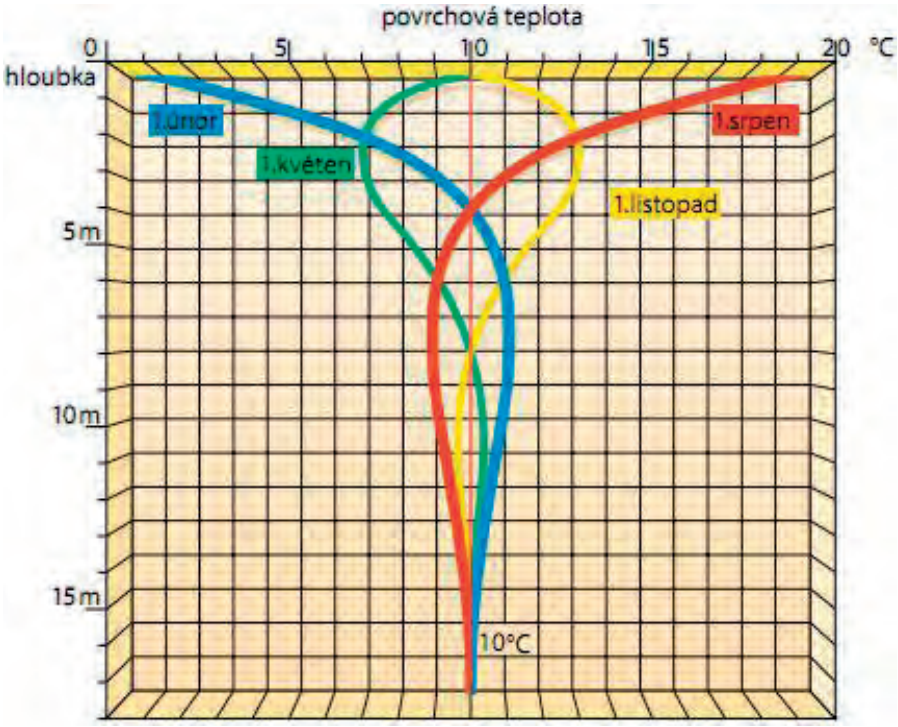
Kolektor nebo vrt slouží jako výměník tepla. U obou těchto výměníků tepla je velmi důležité použití kvalitního materiálu pro jejich vystrojení.

Uvnitř zemního kolektoru nebo vrtu koluje teplonosná kapalina (solanka – směs vody a nemrznoucí kapaliny), které přijímá teplo z půdy a přenáší ho k tepelnému čerpadlu.

Tepelné čerpadlo země-voda tedy znamená, že v primárním okruhu je solanka a v sekundárním voda, kterou ohříváme otopná tělesa. Vlastní tepelné čerpadlo umisťujeme uvnitř budovy.

Následující obrázek ukazuje úroveň ročních teplot do hloubky 20 m. Podle něho jsou v hloubce 1,2–1,5 m v průběhu roku teploty mezi 7 °C až 13 °C, v hloubce 18 m je celoročně teplota asi 10 °C.

Teplota stoupá zpravidla na každých 100 m o 2 až 3 °C.
V hloubce 100 m činí teplota obvykle 12 °C, v hloubce 200 m cca 15 °C. Toto teplo lze pomocí tepelného čerpadla velmi efektivně využít k vytápění.



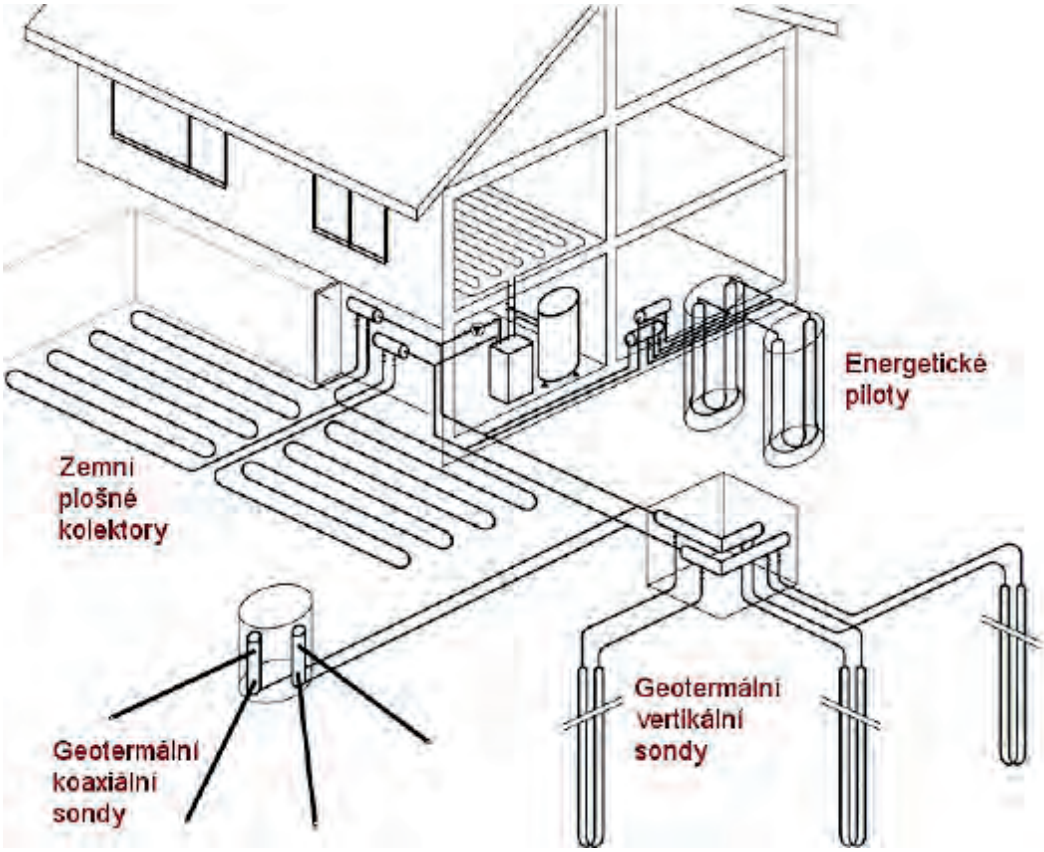
Obr.5.20 Průběh teploty v neporušené zemi v závislosti na hloubce a ročním období [B12]

Tato čerpadla jsou schopna ušetřit (při výstupní teplotě do 50°C) cca 65 až 70% nákladů na teplo. Investice do tepelného čerpadla odebírajícího teplo z vrtů je ze všech typů nejvyšší. Způsobují to hlavně vysoké náklady na zhotovení vrtů.

Jejich instalace se vyplatí především v chladnějších oblastech a tam, kde není dostatečná plocha pozemku pro instalaci plošného kolektoru.

Dalším zemním zdrojem je již zmiňovaný plošný zemní kolektor. Ekonomické výsledky u tohoto zdroje jsou velmi podobné jako u vrtů.

Náklady na pořízení jsou však podstatně nižší. Plošný kolektor vyžaduje na 1 kWh výkonu tepelného čerpadla cca 40 až 50 m^2 plochy. Ideální je jeho volba u novostaveb, kde je většinou tato plocha k dispozici.



Obr.5.21 Přehled jímání geotermální energie [B7]

5.3.1 Půda

Obr. 5.22 Tepelné čerpadlo se zemním kolektorem [A5]

Zdroj tepla: teplo uložené do povrchových vrstev zemské kůry ze slunečního záření.

Výhoda:
vzhledem k velké akumulační schopnosti zemského povrchu je teplota tohoto prostředí prakticky nezávislá na roční době. V praxi je nejméně náročný na realizaci a finance.

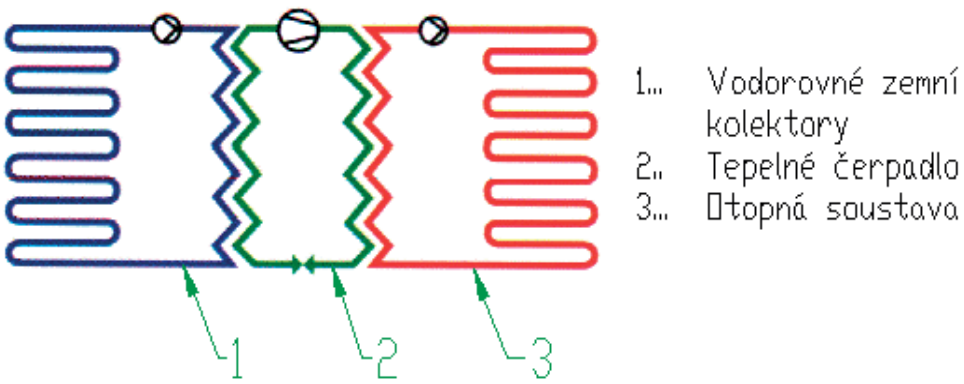
Princip:
teplo se odebírá z půdy pomocí vodorovných kolektorů – sběračů z tlakových plastových trubek, v nichž cirkuluje solanka nebo jiná ekologicky nezávadná nemrznoucí kapalina, kterou vedeme do výparníku tepelného čerpadla.

Trubky se umisťují do hloubky 1,2 – 1,5m pod povrchem země (v nezámrzné hloubce), ve vzdálenosti 0,6 - 1m od sebe. Množství získaného tepla závisí na velikosti plochy kolektorů, na horninovém
prostředí, atd.

Kolektor je vyroben z polyethylenového potrubí. Při dimenzování je více důležitá plošná výměra zemního kolektoru, než systém položení a vzdálenosti jednotlivých smyček. Doporučená ideální délka jednotlivých okruhů je pro snížení tlakových ztrát 100 m.

Pro zemní plošný kolektor se doporučuje použít potrubí z vysokohustotního polyethylenu PE 100 (HDPE), který je vhodný pro svoje mechanické vlastnosti jako např. dlouhodobé odolávání bodovému tlaku (v praxi je to tlak kamenů na potrubí v zemi).

Používané dimenze potrubí DN 25 a 32 mm zabezpečí při dané rychlosti média ideální přenosovou plochu vztaženou na objem v potrubí.



Obr. 5.23 Schéma tepelného čerpadla voda – voda [B43]

Měrný tepelný výkon: 10 – 35W/ m^2 plochy kolektoru.

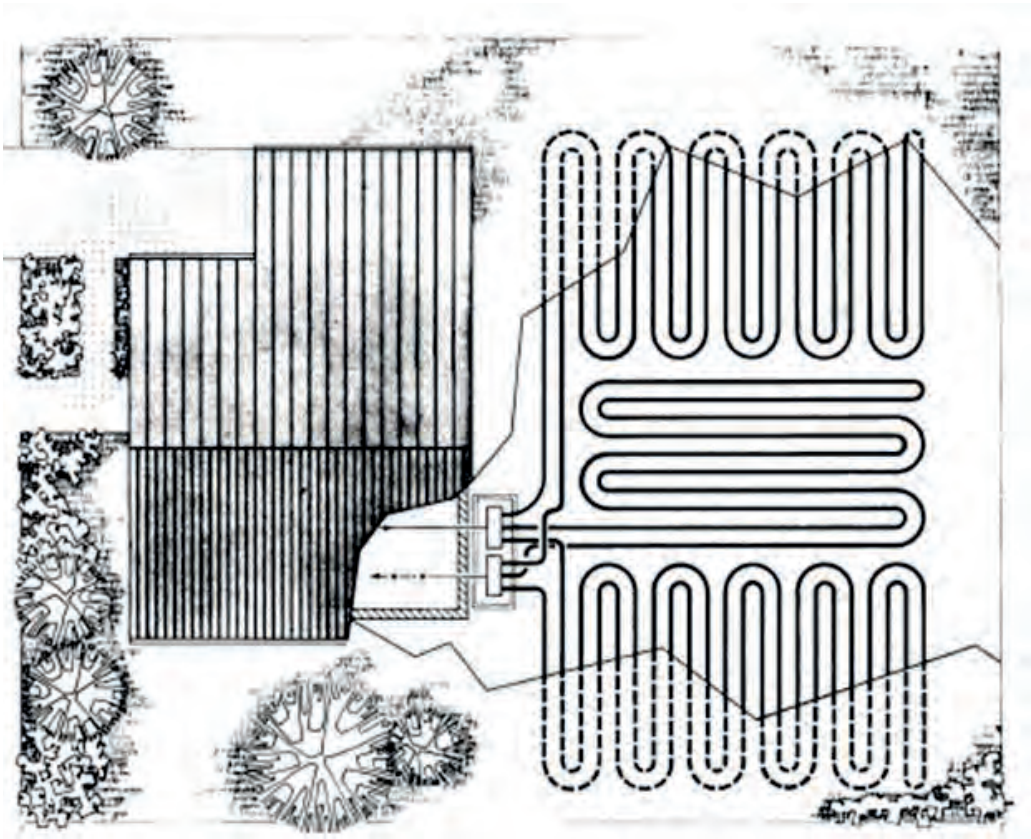
Plocha výměníku: plocha kolektorů by měla být 3 x větší než vytápěná plocha.

Realizace: zemní kolektor musí schválit místní vodohospodářský úřad.

Poznámka:
Horizontální zemní kolektory jsou při stejném tepelném výkonu asi o polovinu levnější než zemní vrty a mají poměrně vysoký tepelný faktor.

Nevýhoda:
nutnost velkého pozemku. V místě položení kolektorů nelze nic stavět a ani sázet stromy. Tímto je pozemek znehodnocen. Při správném provedení kolektoru nedochází k ovlivnění vegetace nad kolektorem. Běžně se instalací zabere 300 až 600 m^2 pozemku.

V létě musí pozemek tepelně regenerovat. Během topné sezóny se totiž okolo trubek zemního výměníku může tvořit námraza. Je tedy nevhodné používat stejný zemní kolektor v zimě k vytápění a v létě k ohřevu bazénu!



Obr.5.24 Schématické uspořádání zemních kolektorů [B43]

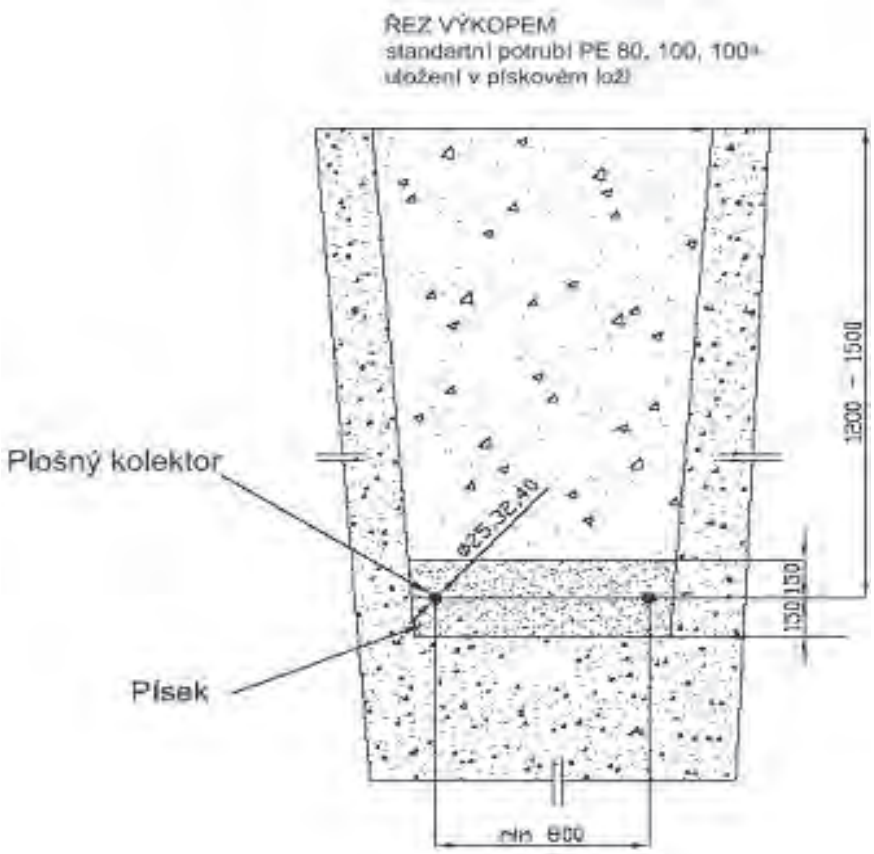
Měrné výkony jímání q_z [W/m²], [B26]	
Suché nesoudržné půdy	10 - 15
Vlhké nesoudržné půdy	15 - 20
Velmi vlhké soudržné půdy	20 - 25
Půdy obsahující vodu	25 - 30
Půdy s výskytem spodní vody	30 - 40

Způsob pokládky zemního kolektoru

Klasický výkop bagrem

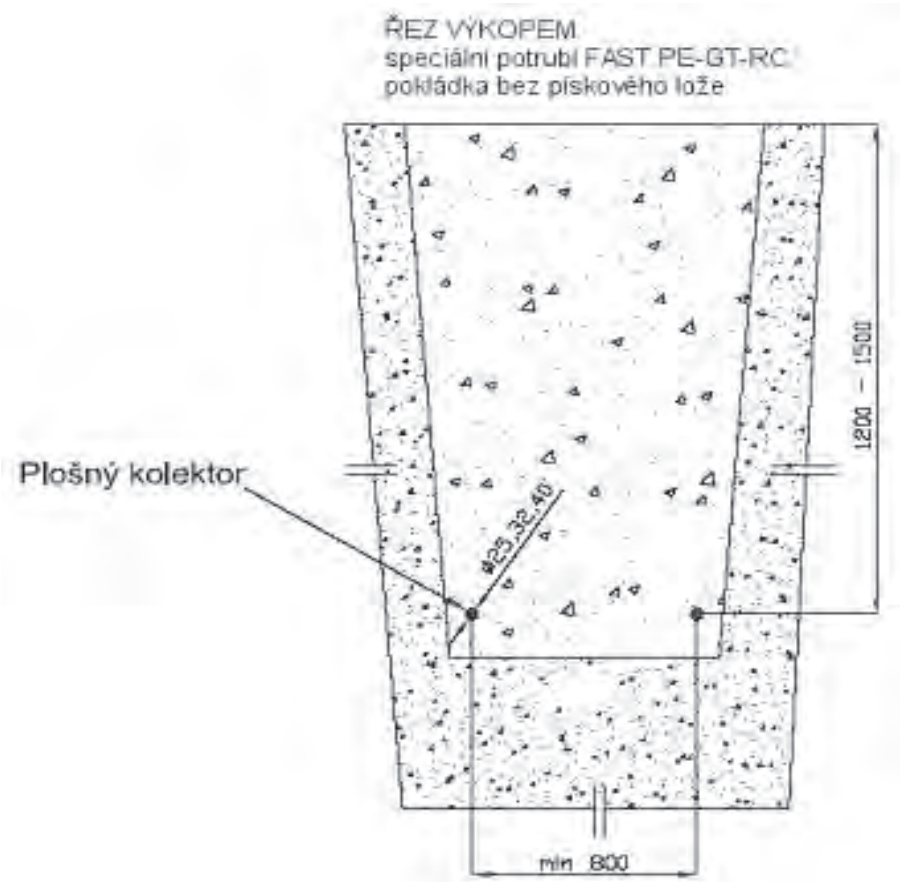
Provádí se na šíři lžíce 0,6 – 0,8 m, do kterého se pokládá smyčka kolektoru. Na jednu stranu výkopu jedna trasa, vracíme se zpět po druhé straně výkopu. Při výkopu další smyčky můžeme vytěženou zeminou zasypávat již hotovou část.

Obr.5.25 Klasický výkop bagrem [B7]



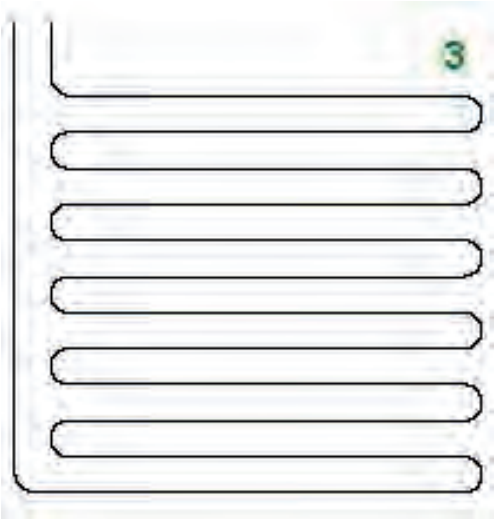
Obr.5.26 Řez výkopem, uložení v pískovém loži, standardní potrubí PE 80,100,100+ [B7]

Obr.5.27 Standardní potrubí PE 80,100,100+ [B7]



Obr.5.28 Řez výkopem, uložení bez pískového lože, speciální potrubí FAST PE-GT-RC [B7]

Obr.5.29 Speciální potrubí FAST PE-GT-RC [B7]

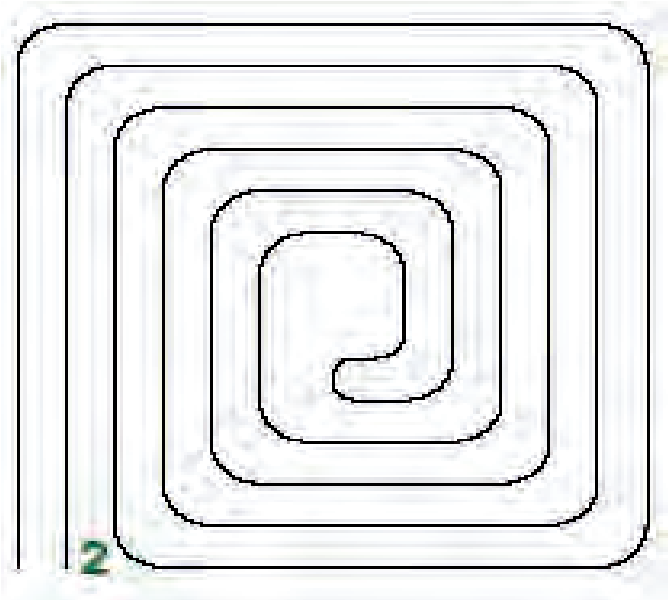


Obr.5.30 Klasické uložení potrubí, které rovnoměrně čerpá energii z plochy [B7]

Kompletní skrývka

Provádí se tam, kde se budou provádět terénní úpravy nebo navážka. Na předem připravenou plochu se klade potrubí v určených roztečích a kotví se do země.

Tento způsob pokládky umožňuje uspořádání do tzv. meandru, kdy je provedena spirála podobně jako u podlahového vytápění. Tepelná energie je předávána pozemkem zcela rovnoměrně.



Obr.5.31 Uložení do meandru ideálně rozloží čerpání energie, kdy je nejstudenější potrubí ohříváno nejteplejším (ideální v případě skrývky) [B7]

Obr.5.32 Spirálové uložení kolektoru do lokalit kde je prostorové omezení pro pokládku [B7]

Obr.5.33 Plošná spirála [B7]

Drážky zemním rýhovačem

Tento způsob umožní uložit potrubí do drážky o šíře 10 – 15 cm, která je provedená do konečné hloubky ukládky.

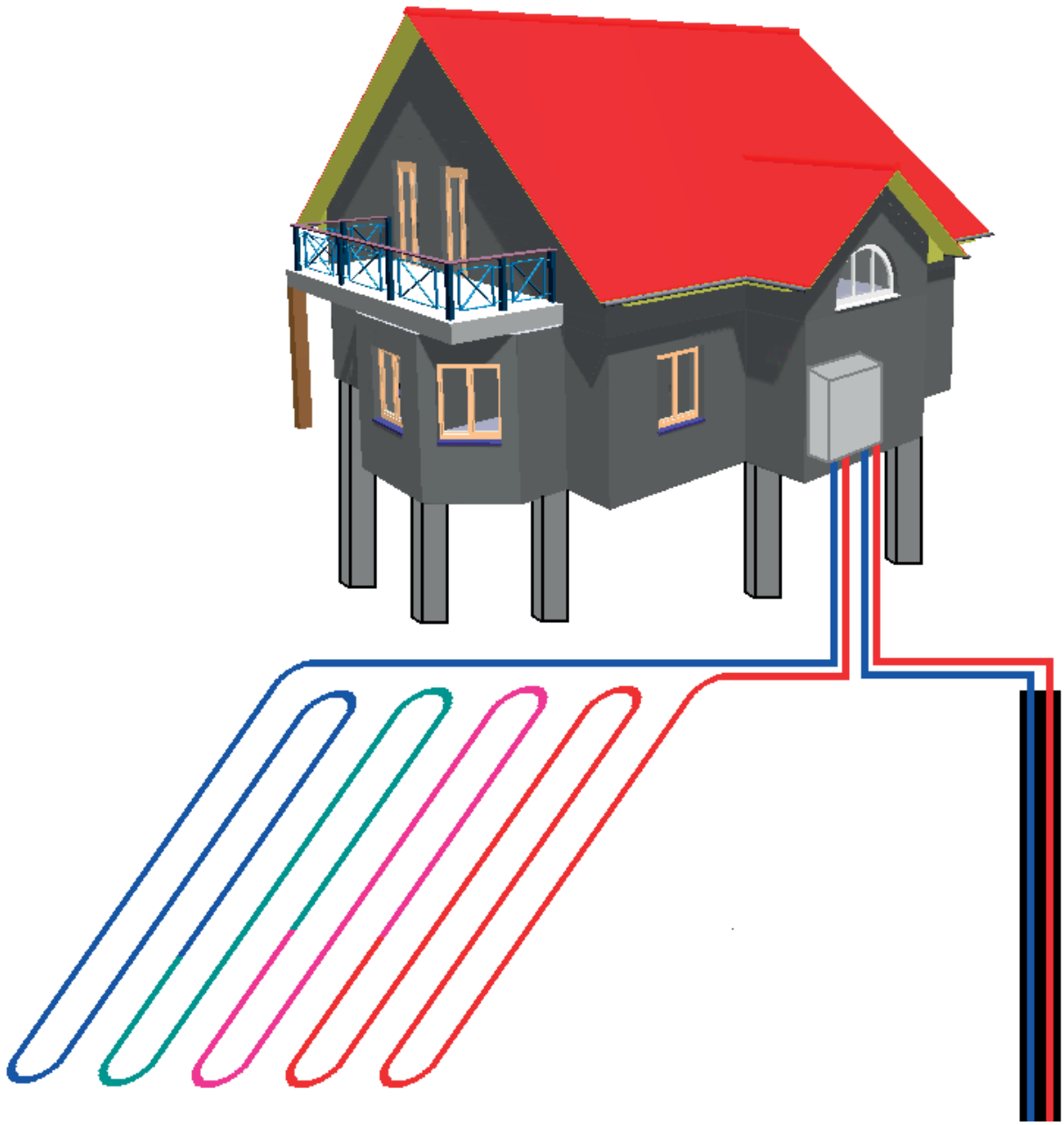
Není zde sesedání jako u klasického výkopu bagrem. Sesedá si pouze drážka, která se po roce ½ - 1 roce dosype a provedou se konečné terénní úpravy. Metoda je velmi rychlá.

Obr.5.34 Vytváření drážky zemním rýhovačem [B28]

5.3.2 Hlubinné vrty

Je to nejefektivnější systém jímání geotermální tepelné energie. Vrt pro tepelné čerpadlo tvoří dvě jednoduché smyčky potrubí zapuštěné do vrtu o hloubce 60 - 300 m. Volný prostor mezi potrubím a stěnou vrtu se zaplní spodní injektáží.

V případě většího počtu sond, lze okruhy sond sloučit v normované sběrné jímce a do objektu se pak instalují pouze dvě potrubí, která vedou k tepelnému čerpadlu.



Obr.5.35 Plošný kolektor, vrt, piloty [A5]

Zdroj tepla:
suché nebo zvodnělé vrty
hloubka 50 - 150 m

Princip:
vrty jsou ochlazovány zapuštěným výměníkem, ve kterém jsou zasunuty tlakové plastové nebo měděné sondy naplněné nemrznoucí směsí, která přenáší teplo mezi zemí a výparníkem tepelného čerpadla.
Vrt je zaplněn suspenzí cementu a bentonitu pro lepší vodivost tepla mezi zdrojem a jímacím zařízením.

Výhoda:
stabilní teplota zdroje - nezávislost na okolní teplotě a vysoký topný faktor.

Nevýhoda:
vysoké pořizovací náklady kvůli zemním pracím. Vrty se umisťují nejméně 10m od sebe. Poddimenzování vede při velkém odběru tepla k silnému ochlazení země až k vytvoření zámrzu kolem stvolu vrtu. Tím se zmenšuje nejen výkonnost tepelného čerpadla, ale v letním období se nemohou zcela regenerovat nižší vrstvy kvůli omezenému toku tepla.

Pokud projektant pochybí a navrhne vrty kratší, v průběhu 3 - 7 let tak může očekávat nižší výstupní hodnoty celého systému. V tomto případě není zaručena rovnováha mezi přenosem tepla v podloží a jeho odčerpáváním.
Vrty pro TČ se nedají po zavedení sondy již nikdy opravit!

Množství odebraného tepla
závisí na geologických podmínkách – složení hornin, hloubce vrtu, složení pracovní látky - solanky, atd. Teplota země se zvyšuje na každých **30 m o 1°C.** Z toho plyne, že se vyplatí jeden hluboký vrt než několik mělčích.

Měrný tepelný výkon:
50W/m hloubky (podle horniny)

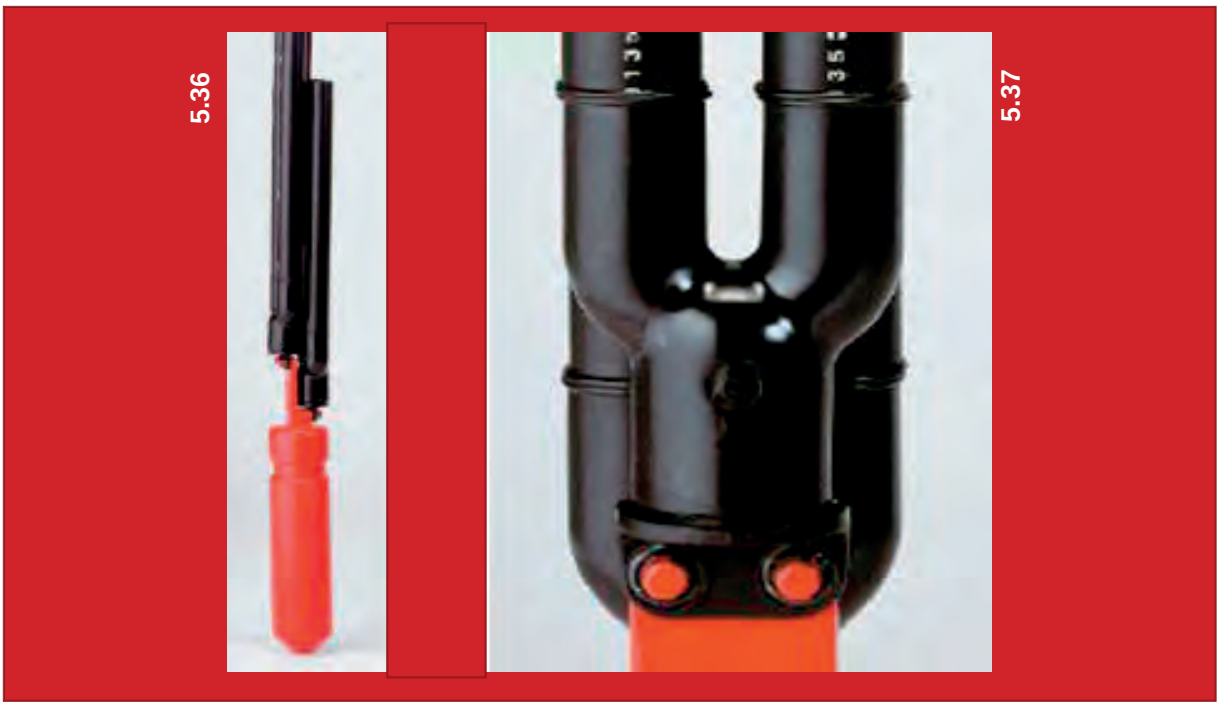
Hloubka vrtu:
Na výkon 1 kW tepelného čerpadla je zapotřebí cca 12 - 18m vrtu
minimální vzájemná vzdálenost vrtů mezi sebou je cca 5 m

Realizace vrtů:
s hloubkou do 100m povolení od místního vodohospodářského úřadu
pro hloubky větší jak 100m povolení od báňského úřadu

Poznámka:
Tento způsob získávání geotermálního tepla nemá žádný vliv na rostliny.

Cena: cca 1000Kč/1m hloubky

Měrné výkony jímání q_z [W/m], [B26]	
Hornina s velkým výskytem spodní vody	100
Pevná hornina s vysokou tepelnou vodivostí	80
Normální pevná hornina	55
Suchá zemina s nízkou tepelnou vodivostí	30



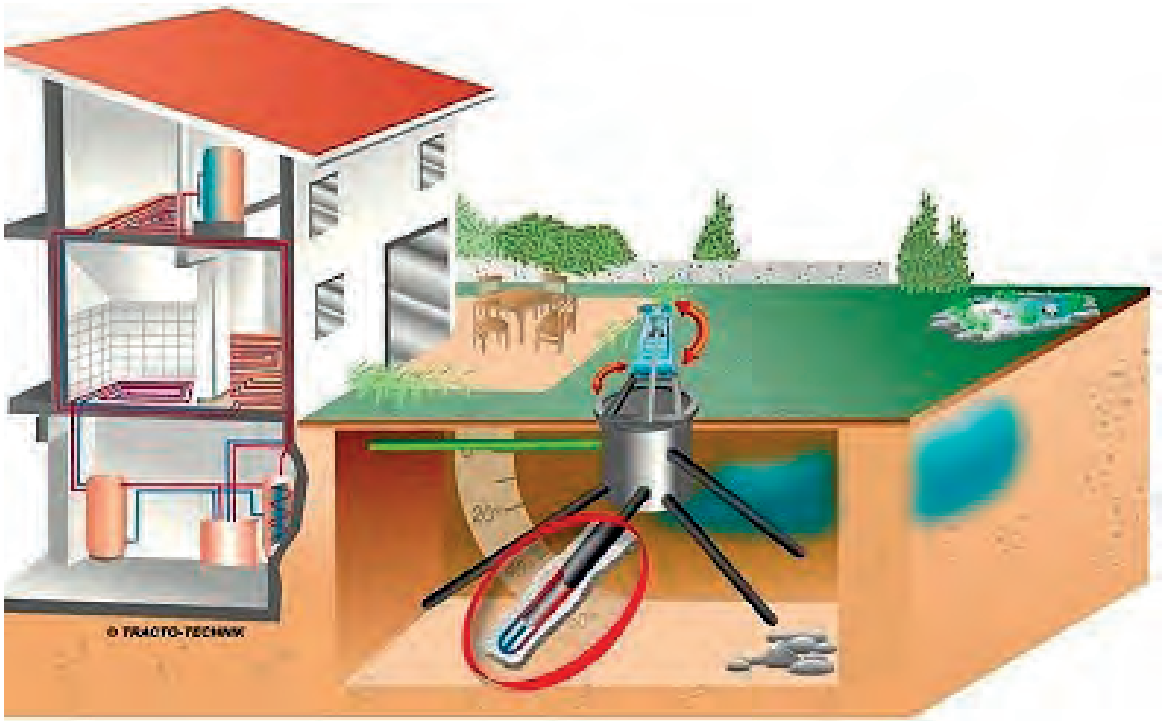
Obr.5.36 Dílensky zhotovená geotermální vertikální sonda se závažím [B27]
Obr.5.37 Vratné U koleno geotermální vertikální sondy [B27]

Obr.5.38 Stavebnicový systém rozdělovače i sběrače pro 2 geotermální vertikální sondy. Každá větev je uzavíratelná s regulovaným průtokem. [B27]

Obr.5.39 Příklad napojování geotermální vertikální sondy na horizontální vedení. Spoj proveden elektrospojkou. [B27]

Obr.5.40 Rozdělovače i sběrače různé velikosti od rodinného domu až po průmyslové aplikace [B27]

5.3.3 Geotermální koaxiální sondy

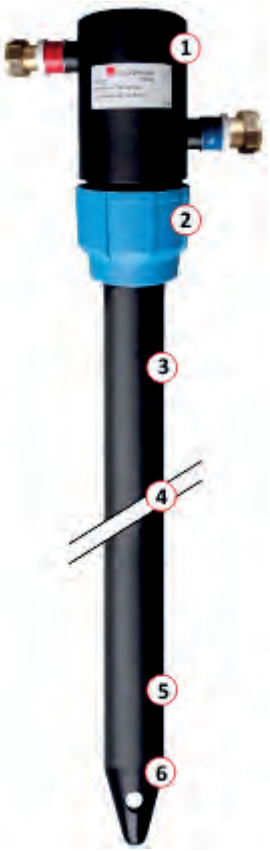


Obr.5.41 Koaxiální sonda [B7]

Koaxiální sonda je doplňkem k dvojité U sondě k využití zemního tepla. Dvěma do sebe zasunutými trubkami průměru 63 mm a 40 mm vzniká jednoduchá sonda. Kapalina protéká meziprostorem dolů a vnitřním potrubím nahoru. Přitom se kapalina při otopném provozu zahřívá a resp. při chladícím provozu ochlazuje.

Pro vnější potrubí se používá polyetylen PE 100-RC, který je odolný proti vzniku trhlin. Pro vnitřní potrubí a pro horní část sondy se používá levnější materiál PE 100.

Koaxiální potrubí se může použít místo dvojité U sondy do 50m.
Koaxiální potrubí se dodává ve formě rolí. Role mají vnější průměr do 2 m.



1 - *kompaktní záhlaví sondy s připojením pro přívod a odvod z materiálu PE 100. Připojení s převlečnými maticemi s plochým těsněním 1“ pro připojení na rozdělovač / sdružovač.*

2 - *šroubový svorkový spoj pro koaxiální potrubí*

3 - *koaxiální potrubí s vnějším potrubím d 63 mm z **PE 100-RC** a vnitřním potrubím d 40 mm z PE 100*

4 - *délky: 20, 30, 40 a 50 m*

5 - *stabilní pata o délce cca. 200 mm a o stejném průměru jako vnější potrubí*

6 - *oko pro připevnění závaží nebo jiných tažných přípravků*

Obr. 5.42 Koaxiální sonda [B7]

5.3.4 Energetické piloty

Speciálním způsobem získávání tepla ze země je využití energetických pilot. Souvisí s druhem stavby a druhem podloží. Pokud stavíme výškovou budovu nebo chceme stavbu umístit na nezpevněné podloží, kde si nevystačíme s klasickými základy, musíme použít piloty.

Pokud je do těchto pilot integrováno potrubí, ve kterém obíhá teplonosné médium pro využití podpovrchového tepla, hovoříme o energetických pilotách.

Jsou akumulátorem tepla či chladu. Dále zde dochází i k čerpání geotermální energie z okolního prostředí. Piloty také mohou využít energii podzemní vody a to v případě, že jsou jí omývány.

Návrh energetických pilot se provádí analogicky jako u hlubinných vrtů.

Energetické piloty byly uplatněny již na řadě staveb v Německu a začínají se častěji objevovat i u nás.

Tento způsob se využívá převážně u rozsáhlých staveb s velkým počtem základových pilot. Výhodou tohoto řešení je, že zde nevznikají nároky na další prostor.

Dimenzování pilot musí provádět specializovaná firma, která zná podmínky instalace. Špatný návrh může poškodit základy objektu.

Obr.5.43 Energetické piloty pod budovou [B9]

Obr. 5.44 Stavba s piloty [A5]

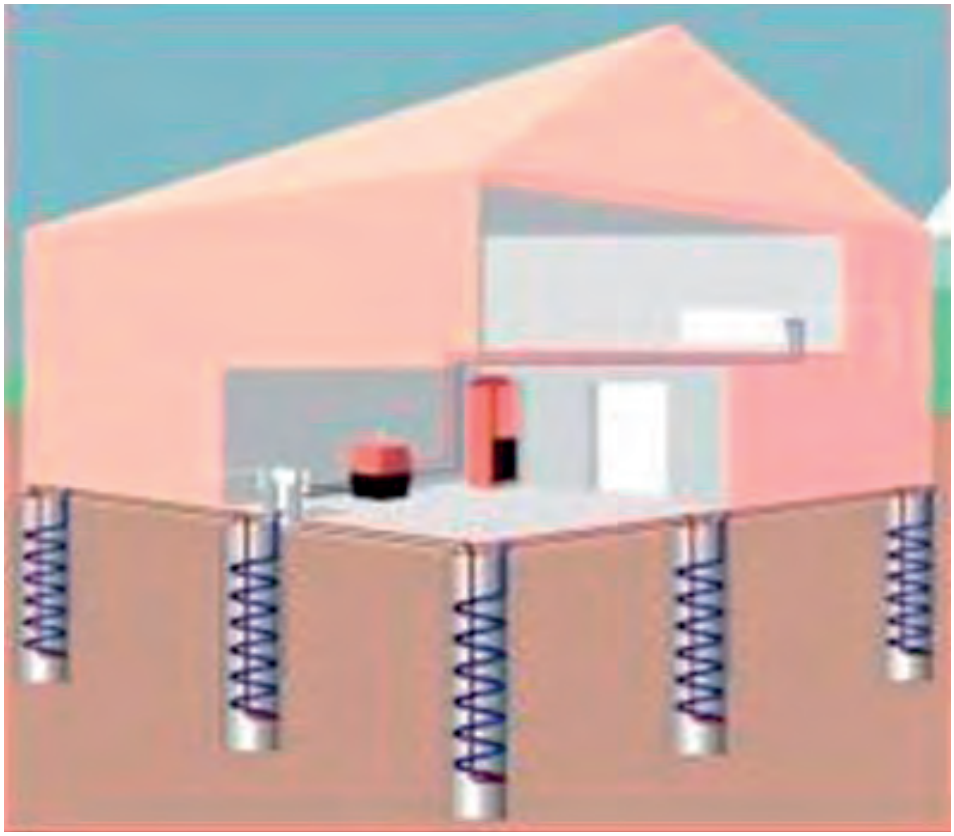
Montáž energetické piloty

Na začátku se vyrobí výztužný armovací koš, do kterého se instaluje potrubí energetické piloty, které si při stavbě větších objektů vyžádá desetitisíce metrů vedení. Trubky se do koše ukládají v podélném směru a k výztuži se upevňují každých 0,5m.
Potrubí se nejčastěji pokládá meandrovitě, jako „U“ sonda nebo spirálovitě.

Vertikální meandr se pokládá v nekonečné smyčce v armovacím koši. Montáž je jednoduchá. Napojení na přívodní a vratné potrubí se provede v hlavě piloty. Nevýhodou je to, že potrubí není možné odvzdušnit.

„U“ sonda se pokládá do armovacího koše v podobě smyček. Smyčky se v hlavě piloty propojí pomocí objímek včetně fitinků. Výhodou tohoto propojení je možnost odvzdušňování potrubí.

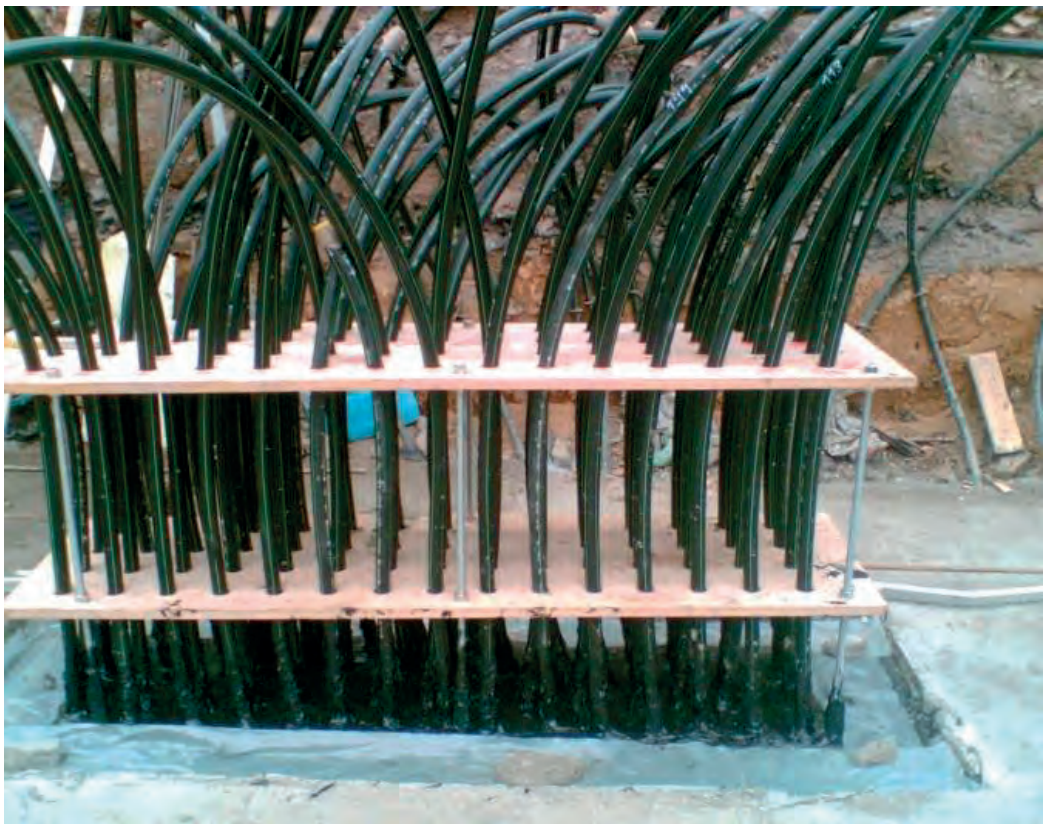
Spirálovité vedení trubek je méně vhodné než meandrový způsob.



Obr.5.45 Spirálovitě vedené potrubí [B10]

Obr. 5.46 Přívodní a zpětné potrubí v hlavě energetické piloty [B8]

Obr. 5.47 Propojení potrubí energetických pilot [B8]



Obr.5.48 Propojení potrubí energetických pilot s rozdělovačem nebo sběračem [B10]

Obr. 5.49 „Vystrojení“ energetické piloty (armovací koš včetně PE-Xa kolektoru) [B9]

Obr.5.50 Vystrojená energetická pilota (spirálovitá pokládka) [B10]

Obr. 5.51 Vystrojená energetická pilota (spirálovitá pokládka) [B10]

Výhody energetických pilot:
• není třeba dodatečné místo – potrubí lze instalovat do stávajících základových pilot
• optimální v kombinaci s plošným vytápěním a chlazením
• vysoká pružnost potrubí – jednoduchá pokládka i při nízkých teplotách
• velmi dlouhá životnost při vysokém provozním zatížení

Nevýhody energetických pilot:
• nehodí se pro rodinné domy
• potřeba velkého počtu energetických pilot

Obr.5.52 Osazování piloty [B6]

5.3.5 Spirálové sondy

Tento systém představuje optimální volbu, pokud je k dispozici pouze pozemek s malou plochou nebo není možné provést vrty.

Jedná se o svinuté plastové trubky, které se ukládají do vrtů hloubky 5 m. Pro běžný rodinný dům je jich potřeba přibližně deset až dvanáct podle místních geologických podmínek.

Obr. 5.53 Osazení spirálové sondy [B5]

Požadavky na instalaci spirálových sond:

- pozemek
- mechanizace pro zemní práce
- postupné napojování sond na primární okruh

Výhody spirálových sond:

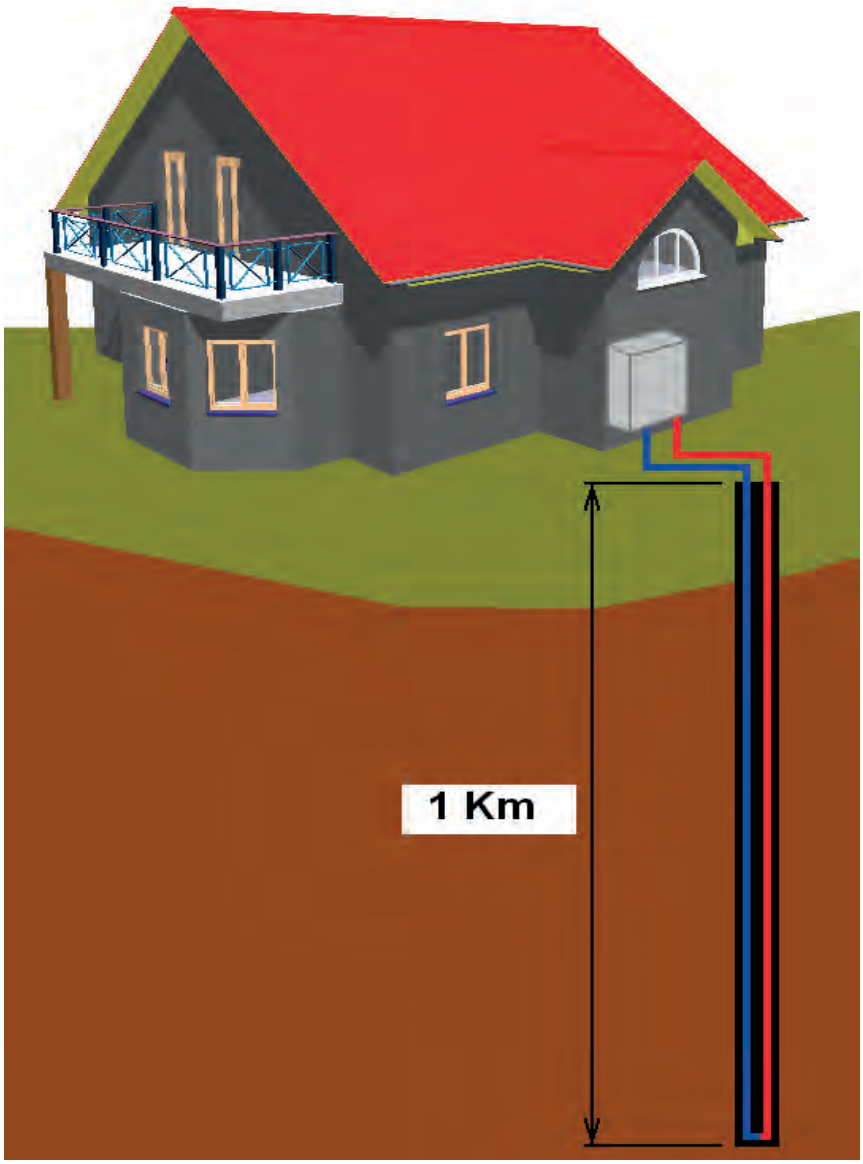
- stačí podstatně menší pozemek než u plošných kolektorů
- méně nákladné povolování a pokládka
- instalace pomocí jednoduché techniky se spirálovým vrtákem
- použití jak u novostaveb, tak při renovaci starých budov

Nevýhody spirálových sond:

- nutnost zemních prací
- místo pro instalaci sond
- poměrně velké množství sond potřebných pro získávání energie pro rodinný dům

5.3.6 Geotermální prameny

Využívá se pramenů teplé podzemní vody. Tato voda má během roku stálou teplotu v rozmezí 15°C až 90°C a má dosti velký tepelný výkon. Nadšení, ale poněkud kalí potřebná povolení (neohrozit například zdroje minerální vody), někdy potřeba vrtů do velké hloubky, samotné vlastnosti této vody (někdy dosti agresivní, působení koroze a zarůstání zařízení).



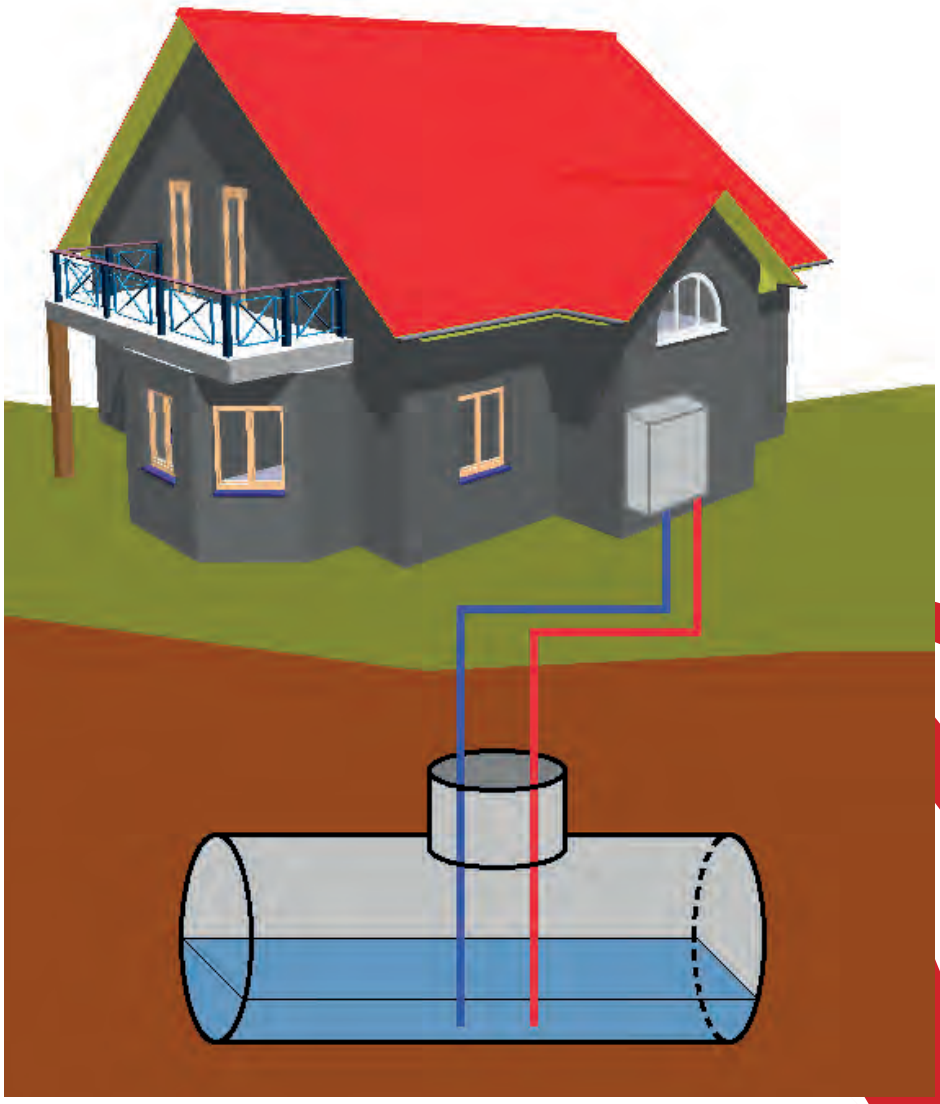
Obr.5.54 Geotermální voda [A5]

Výskyt geotermálních pramenů vázán u nás na specifické geologické podmínky (Karlovarsko, Krušnohorsko, jižní Morava).

5.4 Odpadní teplo

Jako zdroj tepla pro tepelné čerpadlo je možné také využít odpadní teplo z technologických procesů, prádelen, mycích linek, větrání budov apod. Pokud by měl být využíván k získávání tepla odváděný větrací vzduch, bude ekonomičtější využít rekuperační výměníky pro předehřev přiváděného studeného vzduchu.

Dalším stabilním zdrojem o teplotě 10°C a více, jsou odpadní vody. Liší se svým složením a tím odkud pocházejí – domovní kanalizace, stoková síť, lázeňské a energetické provozy atd.



Obr. 5.55 Využití odpadní vody [A5]

6. Dimenzování tepelných čerpadel

Pro efektivní využití tepelného čerpadla je nutné, aby bylo použito jako hlavní zdroj vytápění, ohřevu teplé vody a ohřevu bazénu a podílelo se na celkové spotřebě energie pro vytápění 80-90%. Z toho vyplývá, že otopný systém bude řešen jako bivalentní s dalším zdrojem tepla např. přímotopným elektrokotlem.

Topná sezóna trvá asi 230-250 dnů v roce. Podle změny venkovní teploty se mění i množství tepelné energie potřebné k vytápění daného objektu. Toto množství tepla je vyjádřeno tepelnou ztrátou objektu v kW k venkovní teplotě dané klimatickým pásmem, ve kterém se objekt nachází. V Praze je to např. -12°C. Takže například pro běžný rodinný dům je potřeba tepelného zdroje o výkonu 14 kW při venkovní teplotě -12°C. Z dlouholetých meteorologických měření vyplývá, že počet dnů s průměrnou nižší teplotou než -6°C je přibližně 20 dnů v roce.

Z toho vyplývá, že objekt využívá maximálního výkonu tepelného zdroje jen několik dní v roce, což je asi 10% topné sezóny. Z tohoto důvodu se tepelné čerpadlo dimenzuje na 70-75 % výkonu k tepelné ztrátě objektu a zbytek energie dodá přídavný zdroj tepla. Tím klesnou pořizovací náklady jak na tepelné čerpadlo, tak i na jeho vlastní provoz.

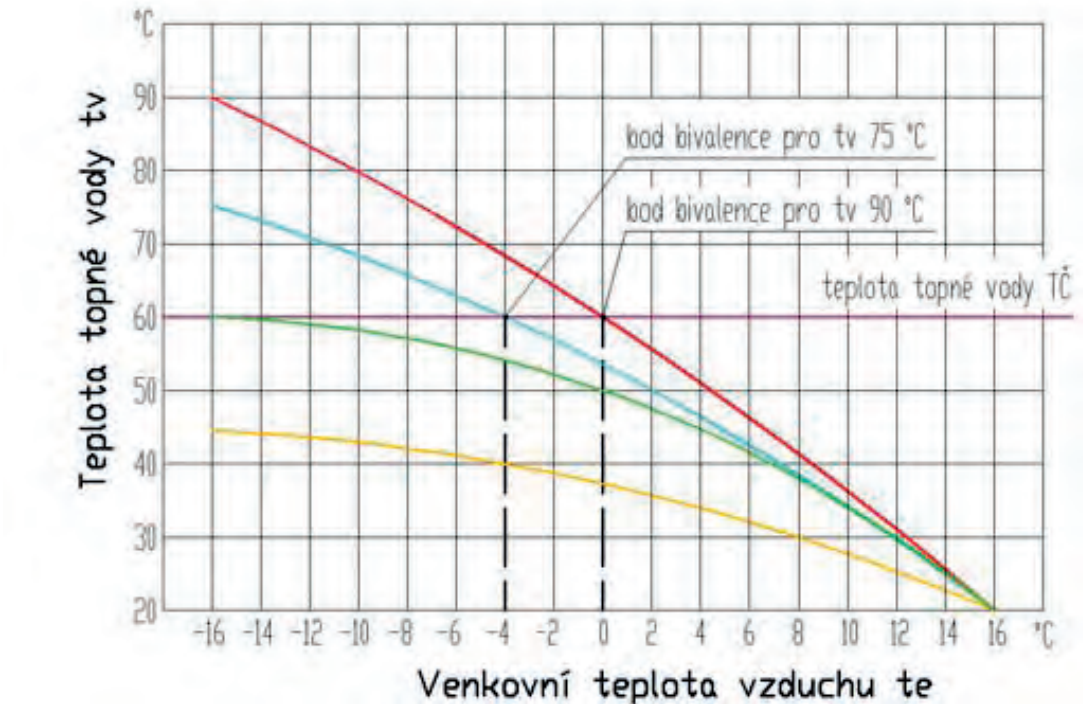
Provoz tepelných čerpadel

Topnou soustavu obvykle není nutné ze zásady měnit, je třeba ji však pro připojení tepelného čerpadla přizpůsobit. Přibudou nové prvky do kotelny (např. je třeba počítat s akumulačním zásobníkem, který je nutný pro správný provoz tepelného čerpadla). Při použití tepelného čerpadla rovněž obvykle dojde ke snížení teplotního spádu v topných tělesech, protože pracuje s nižšími teplotami.

Při volbě tepelného čerpadla je také třeba stanovit režim, v jakém bude pracovat – jestli půjde o monovalentní, nebo bivalentní provoz. Při volbě nižší výstupní teploty topné vody je možné, aby tepelné čerpadlo pracovalo v monovalentním režimu, při vyšších výstupních teplotách je často nutný i bivalentní zdroj.

Na obrázku 6.1 je vidět, že při výstupní teplotě vody z tepelného čerpadla 60 °C a teplotě vody v otopné soustavě rovněž 60 °C tepelné čerpadlo pracuje jako monovalentní, není třeba doplňkový zdroj tepla. Máme-li však teplotu topné vody v otopné soustavě např. 90 °C, tak bod bivalence odpovídá teplotě venkovního vzduchu 0 °C.

Klesne-li teplota pod tuto hodnotu, je nutné zapojit i doplňkový zdroj pro vytápění, protože tepelné čerpadlo samo o sobě již nemá dostatečný výkon. Čím je výstupní teplota z tepelného čerpadla nižší, tím vyšší je účinnost tepelného čerpadla, proto je vhodné tepelné čerpadlo zapojovat do nízkoteplotních otopných soustav např. v kombinaci s podlahovým vytápěním. Použijeme-li tepelné čerpadlo pro topné soustavy s vysokým teplotním spádem, zbytečně snižujeme účinnost zařízení a současně zvyšujeme náklady na vytápění.



Obr.6.1Diagram bivalence tepelného čerpadla [B36]

Bivalentně alternativní způsob provozu

Nad stanovenou venkovní teplotou, takzvaným bivalentním bodem (např. -5 °C), pracuje výhradně tepelné čerpadlo. Při nízkých teplotách se tepelné čerpadlo vypne a zásobování teplem přebírá kotel. Regulace tepelného čerpadla automaticky zajišťuje přepínání mezi zdroji tepla.
Bivalentně alternativní způsob provozu se hodí zejména pro topná zařízení s vysokými teplotami systému, s jakými se často setkáváme ve starších budovách. Kotel potom dodává teplo, když je při klesajících venkovních teplotách potřeba vyšších výstupních teplot, které leží nad dosažitelnou výstupní teplotou tepelného čerpadla.

Bivalentně paralelní způsob provozu

Také u bivalentně paralelního způsobu provozu pracuje tepelné čerpadlo nejdříve jako jediný zdroj tepla. Pokud venku klesá teplota a topný výkon tepelného čerpadla už nestačí k pokrytí tepelné potřeby, doplňuje ho kotel. Oba zdroje tepla jsou potom v provozu současně. Aktivace kotle a dodávaný výkon, který je závislý na zatížení, řídí regulace tepelného čerpadla.
Tento způsob provozu předpokládá, že se dá tepelné čerpadlo i při hlubších venkovních teplotách ještě stále provozovat ekonomicky.

7. Ekonomická efektivnost tepelných čerpadel

Ekonomická efektivnost je dána výší počátečních investičních nákladů na pořízení celého systému (tepelné čerpadlo, otopná soustava, příprava teplé vody atd.) a výší provozních nákladů.

Návratnost investic by neměla překročit 10 let, natož životnost částí systému (například kompresoru). Většinou se pohybuje v délce 7 až 9 let. Dobu návratnosti velmi ovlivňuje to, zda se nám podaří na pořízení systému získat dotaci od státu.

Tepelné čerpadlo nešetří pouze náklady na vytápění. V případě pořízení tepelného čerpadla je možné získat výhodnou elektrickou sazbu D56.

Tím se výrazně sníží proti běžné sazbě náklady na praní, žehlení, vaření apod. Tato úspora se odvíjí o množství elektrických spotřebičů v domácnosti a používaných systémech, ale může dosáhnout až několika tisíc korun za rok.

Výpočet návratnosti investic do tepelného čerpadla vzduch-voda u nového domu

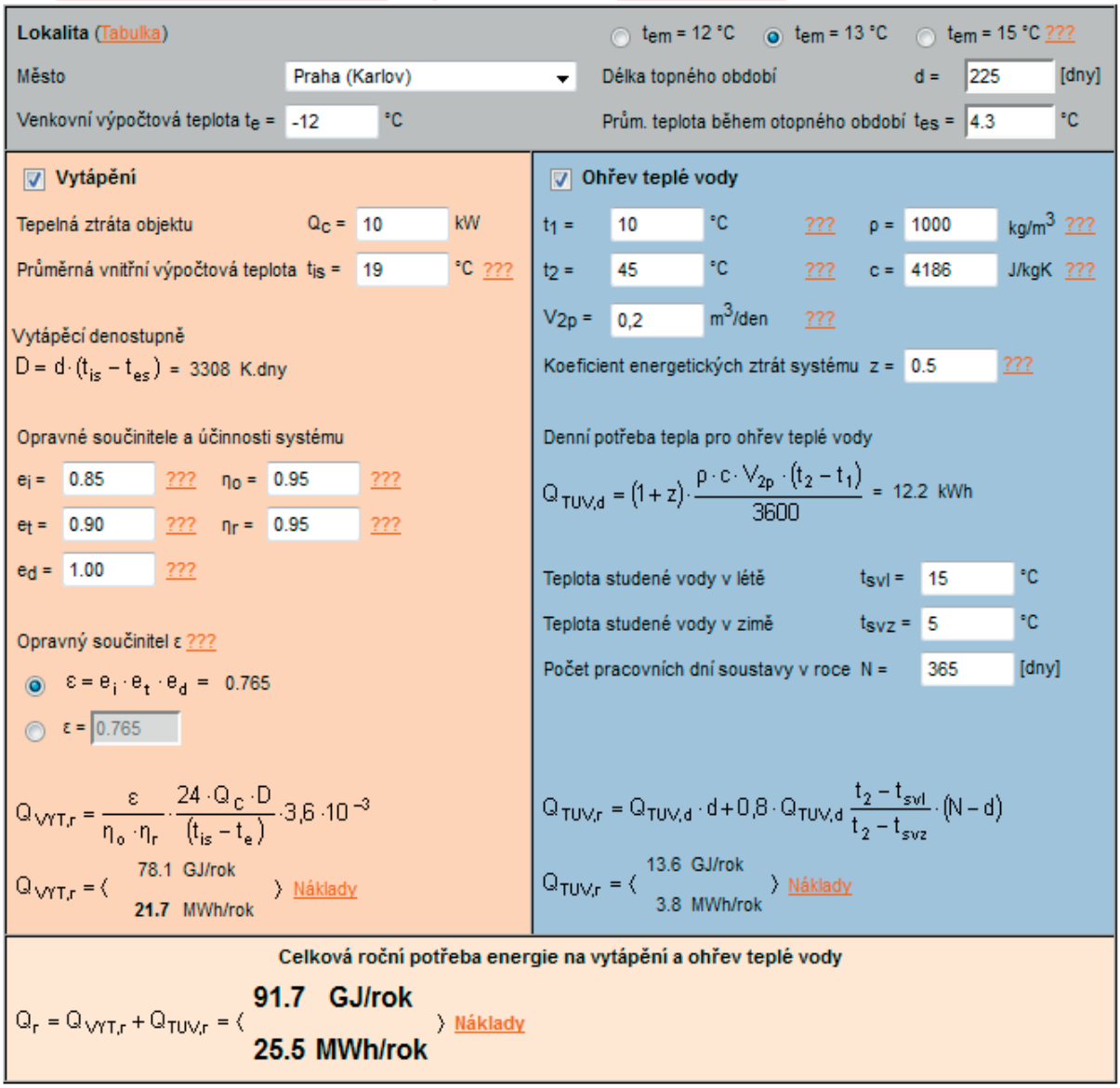
Tento příklad popisuje rodinný dům o tepelné ztrátě 10 kW, ohřevem 200 l TUV/den a dvouokruhovou otopnou soustavou. Investiční náklady na vytápění s ohřevem TUV zemním plynem a tepelným čerpadlem vzduch-voda dělené konstrukce typu EasyMaster 26Z ukazuje následující tabulka.

Tab.: Investiční náklady na vytápění a ohřev teplé užitkové vody zemním plynem a tepelným čerpadlem [B44]

	Plynový kotel (v Kč s DPH)	Tepelné čerpadlo (v Kč s DPH)
celkem	55 000	185 800
přípojka	20 000	0
komín	20 000	0
montáž	35 000	70 000
celkem	130 00	255 800
Rozdíl v nákladech		125 800

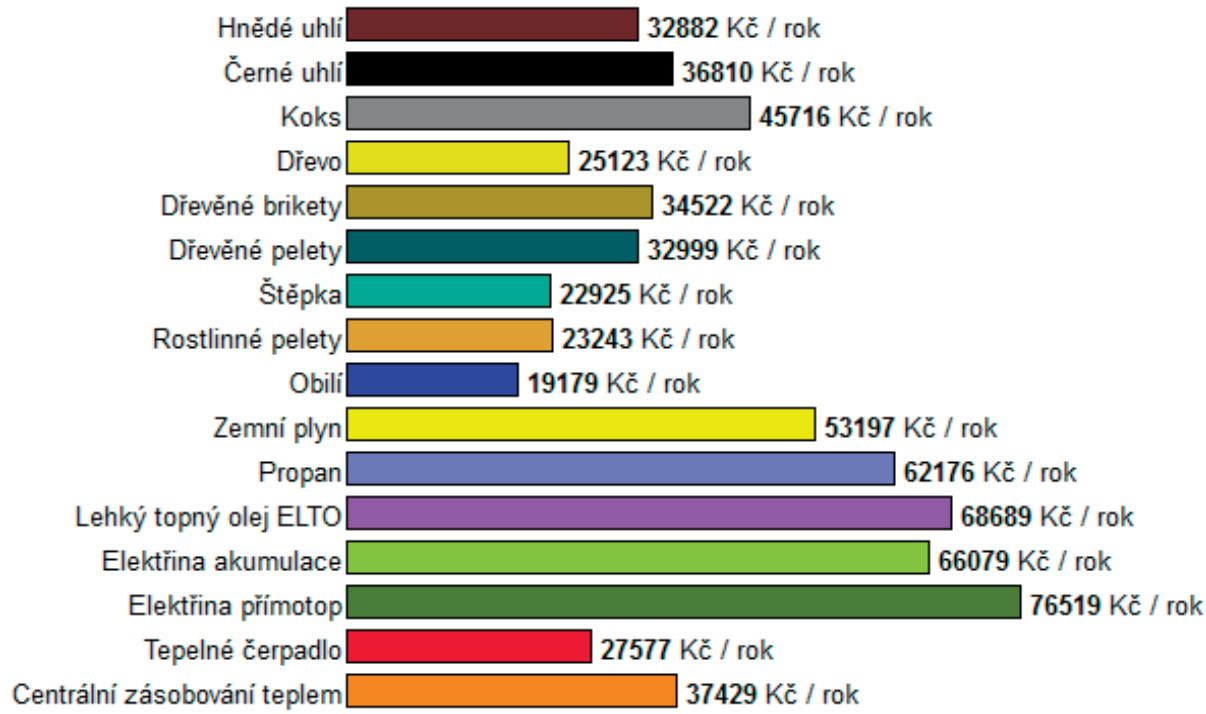
Potřeba tepla na vytápění za otopnou sezónu

Pomocí portálu TZB-INFO je možné snadno vyčíslit náklady na vytápění a ohřev teplé užitkové vody za jeden rok.



Obr.7.1 Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé užitkové vody, [B41]

Náklady na vytápění Kč/rok



Obr.7.2 Náklady na vytápění při použití různých zdrojů tepla, [B41]

Zdroj tepla	Náklady na vytápění a TUV za 1 rok (Kč)	Úspora při použití TČ
Zemní plyn	53 197Kč	26 620
Elektrická energie – tepelné čerpadlo	27 577	
Návratnost zvýšených investic (roky)		**4,73**

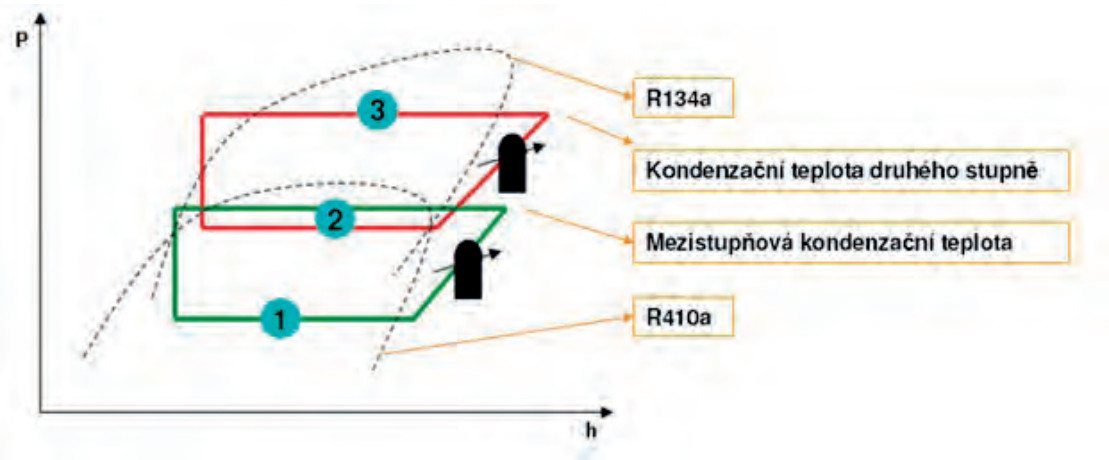
Zvýšené investiční náklady při použití tepelného čerpadla oproti zemnímu plynu se vrátí za 4,73 roku.

8. Další konstrukční řešení tepelných čerpadel

8.1 Vysokoteplotní tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla vzduch-voda jsou stále více oblíbená. Velká většina těchto čerpadel používá pouze jeden chladivový okruh a díky tomu jsou výborným řešením pro nízkoteplotní vytápěcí systémy v nových budovách.

Naopak, v případě náhrady kotle ve stávajících objektech, kde je zapotřebí vyšší teplota vody v otopné soustavě, lze tato čerpadla využít jen omezeně s nutností podpory bivalentním zdrojem. Vysokoteplotní čerpadlo díky dvěma chladivovým okruhům v kaskádě umožňuje vyrábět teplou vodu až 80 °C a to s velmi vysokou účinností.



Obr. 8.1 Zobrazení kaskády v p-h diagramu, [B42]

Na Obr.8.1.2 je zobrazeno schéma chladivového systému kaskádového tepelného čerpadla. První okruh s chladivem R410A propojuje venkovní a vnitřní jednotku, druhý okruh s chladivem R134a je pouze ve vnitřní jednotce. Oba kompresory jsou řízeny invertorem.

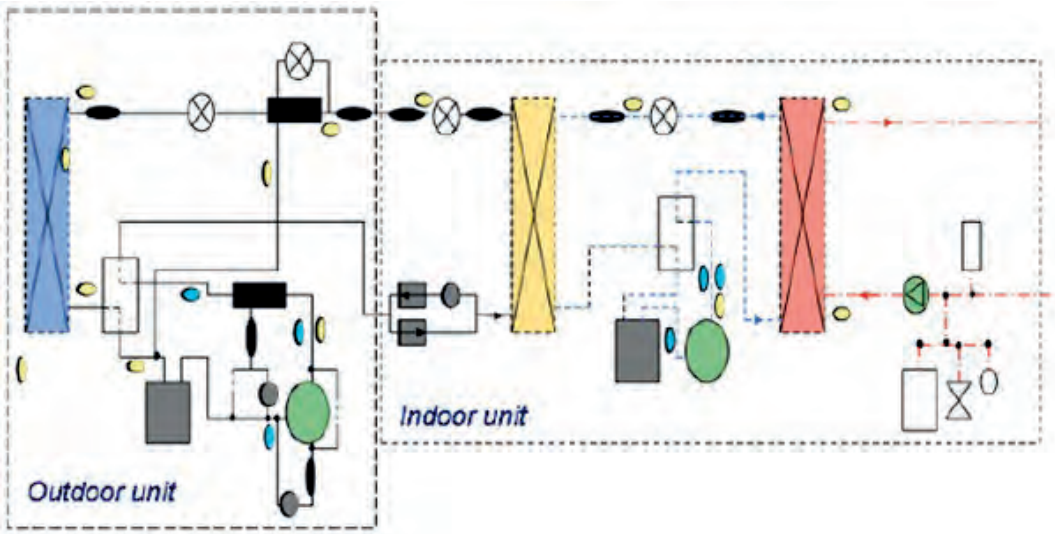
První chladivový okruh je shodný s okruhem u klasického nízkoteplotního čerpadla. Chladivo se vypařuje ve výparníku venkovní jednotky. Následně je chladivo stlačeno

prvním invertorem řízeným kompresorem ve venkovní jednotce, čímž se zvýší jeho teplota na střední hodnoty teploty.

Přes první deskový výměník ve vnitřní jednotce předává chladivo R410A kondenzační teplo chladivu R134a. Tento výměník je tedy kondenzátorem pro chladivo R410A prvního chladícícho okruhu a současně výparníkem pro chladivo R134a druhého chladivového okruhu.

Chladivo R134a se v něm vypaří, při tom převezme tepelnou energii z prvního chladivového okruhu. Pak je stlačeno druhým invertorem řízeným kompresorem ve vnitřní jednotce, při čemž jeho teplota stoupne nad hodnotu 80 °C.

Toto chladivo kondenzuje v celkově třetím výměníku, kondenzátoru vnitřní jednotky a předává energii vodě, kterou zahřeje až na teplotu 80 °C.



Obr.8.2 Schéma kaskádového chladivového systému (Outdoor unit = venkovní jednotka, Indoor unit = vnitřní jednotka), [B42]

8.2 Plynová tepelná čerpadla

Pojmem GHP (Gas-engine Heat Pump) se označuje tepelné čerpadlo poháněné plynovým spalovacím motorem. Používá se k úsporné výrobě tepla a chladu.

Základem je malý plynový motor a průmyslový kompresor, které jsou zapojeny do chladivového okruhu společně s výparníkem a kondenzátorem. Jednotka dodává chlad z chladivového okruhu a teplo uvolněné z kondenzátoru, bloku motoru a spalin. V případě potřeby může jednotka pracovat i v čistě topném režimu.

Výhody plynového čerpadla

• levnější provoz ve srovnání s elektrickými tepelnými čerpadly či elektrickým kompresorovým chlazením

• vysoká účinnost díky využití „odpadního“ tepla motoru a spalin jedno zařízení pro společnou výrobu tepla i chladu

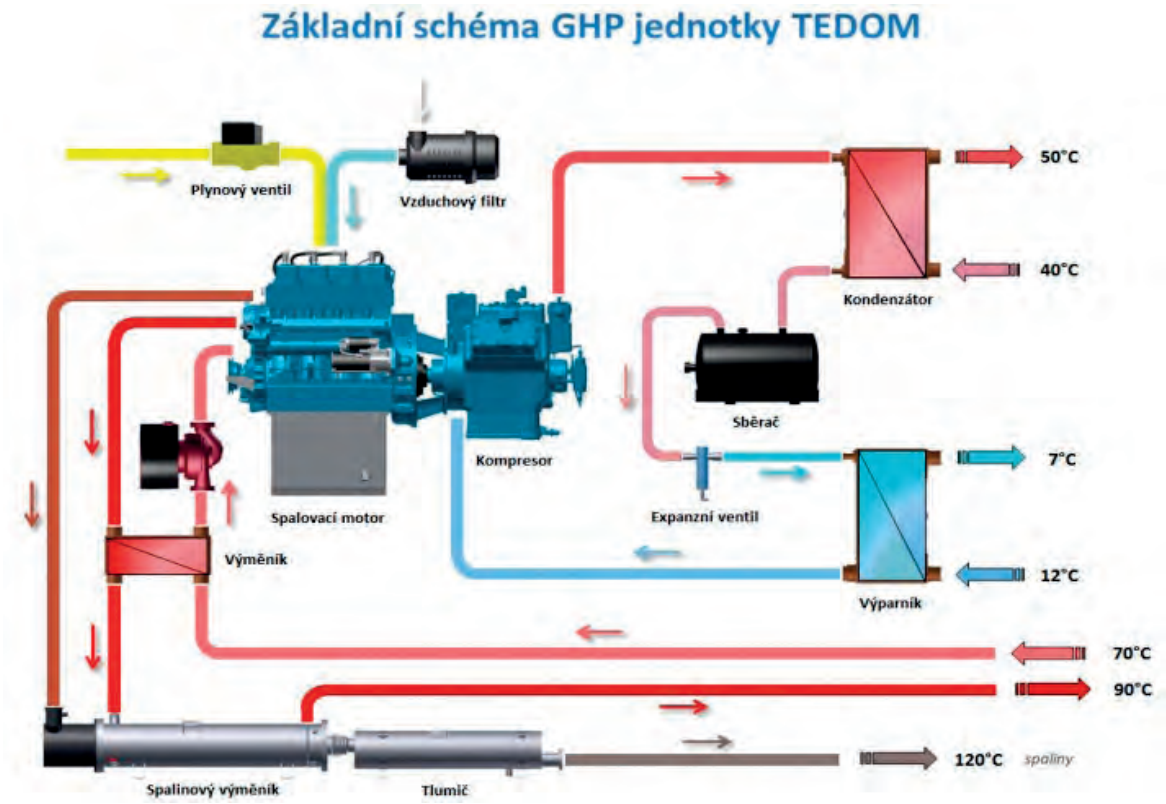
• využívá zemní plyn nebo LPG - čisté palivo s velmi nízkými emisemi

• stejné provedení pro venkovní i vnitřní použití

• je spolehlivé s minimálními nároky na údržbu

• rychlá návratnost investice

• snižuje elektrickou zátěž objektů, především ve špičkách



Obr.8.3 Základní schéma GHP jednotky TEDOM [B35]

8.3 Absorpční tepelné čerpadlo

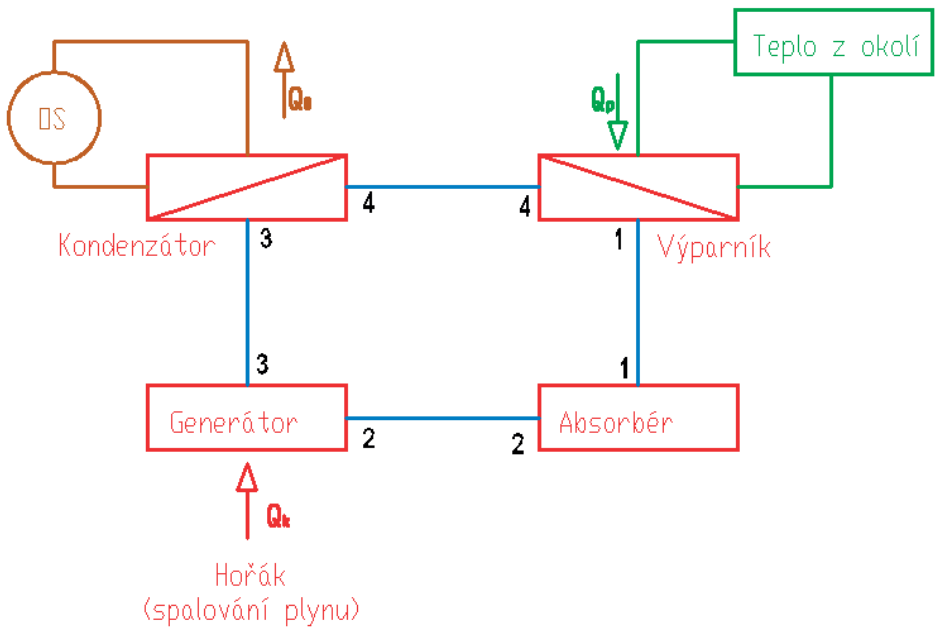
V současné době jsou na našem trhu více zastoupena kompresorová tepelná čerpadla, která využívají k přenosu energie mechanickou či elektrickou energii.

Jen málokdo ví, že existují i absorpční tepelná čerpadla, která využívají k přenosu nízkopotenciálního tepla tepelnou energii, která vzniká spalováním primárního paliva například zemního plynu.

Zahříváním vodného roztoku amoniaku v generátoru plynovým hořákem, dojde k oddělování amoniaku a roztoku. Plynný amoniak, odpařením přechází do prvního tepelného výměníku, předává své kondenzační teplo do topného systému, ochladí se a zkondenzuje.

Kapalný amoniak přechází do druhého výměníku, kde odnímá teplo z vnějšího prostředí a tímto teplem se vypařuje. Plynný amoniak přechází do absorbéru, kde se opět rozpouští ve slabém roztoku amoniaku , který zbyl po zahřívání v první fázi. Nasycený roztok amoniaku přechází do generátoru plynného amoniaku. Tím je celý topný cyklus uzavřen.

4 – 1 : vypařování - kapalný amoniak přechází do druhého výměníku (výparníku), kde odnímá teplo z vnějšího prostředí
1 – 2 : absorbce - plynný amoniak se opět rozpouští ve slabém roztoku amoniaku
2 – 3 : nasycený roztok amoniaku přechází do generátoru plynného amoniaku, kde zahříváním dojde k oddělení amoniaku a roztoku
3 – 4 : kondenzace – předávání tepla otopnému systému



Obr.8.4 Schéma absorpčního tepelného čerpadla [B43]

SOLANKA A

charakteristika: Médium pro chladicí zařízení do teploty -12°C.

vzhled/vlastnosti: Solanka A je čirá až nepatrně zakalená kapalina modrého zbarvení. Obsahuje převážně uhličitan draselný.

použití: Solanka A se používá v chladicích zařízeních z austenitické chromniklové oceli, uhlíkové oceli, mědi a slitin těžkých kovů do teploty -12°C. Nesmí se mísit se solankami typu R, smísením dojde ke sražení a znehodnocení.

doporučené ředění: Přípravek se používá neředěný.

bezpečnostní opatřeni: Solanka A je žíravina. Způsobuje poleptání. Zamezte styku s kůží a očima. Používejte vhodný ochranný oděv a ochranné rukavice.
Tepelná čerpadla lze využívat pro vytápění, přípravu teplé vody a chlazení.
Vytápění provádíme buď pomocí teplého vzduchu (soustava vzduch-vzduch) nebo pomocí teplovodních otopných soustav (soustavy vzduch-voda, země-vzduch, voda-voda).

9. Využití tepelných čer-padel

Tepelná čerpadla lze využívat pro vytápění, přípravu teplé vody a chlazení.

Vytápění provádíme buď pomocí teplého vzduchu (soustava vzduch-vzduch) nebo pomocí teplovodních otopných soustav (soustavy vzduch-voda, země-vzduch, voda-voda).

Používají se dva druhy otopných soustav

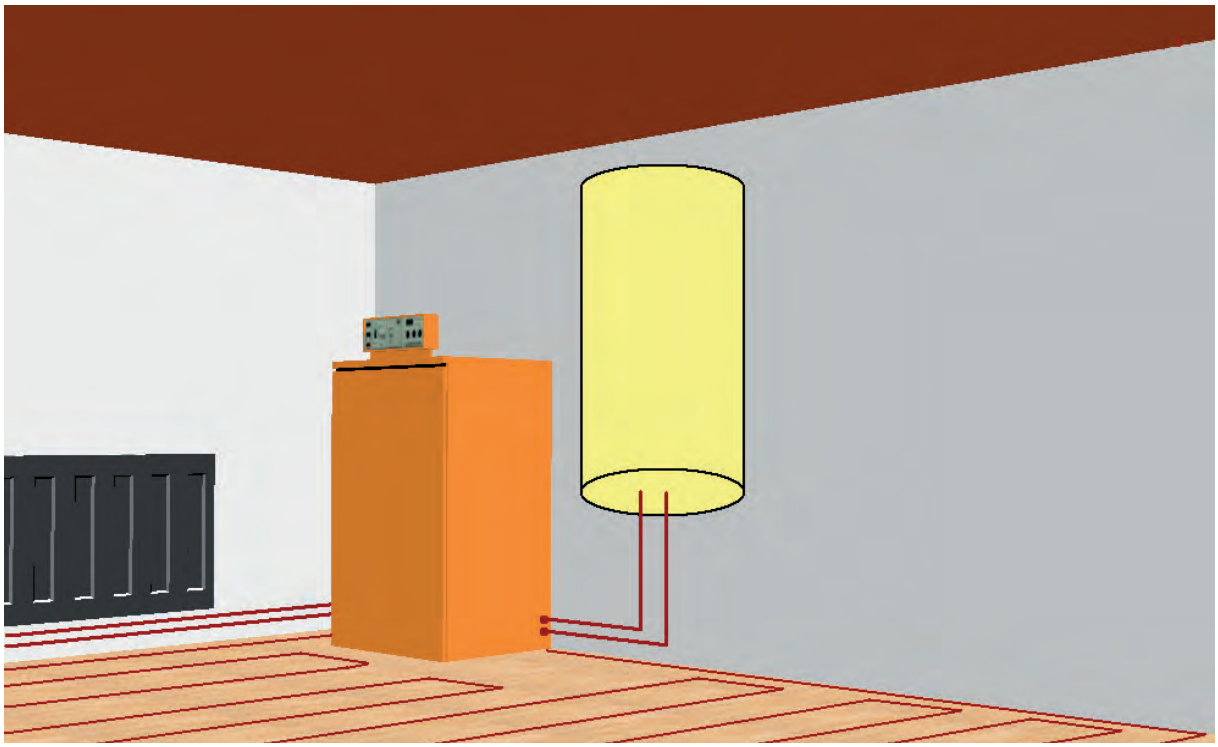
- teplovodní soustava (klasická, ve starších objektech)
  - spád otopné vody max. 90/70°C
  - otopná tělesa konvekční – článková, desková,..
  - nízký topný faktor tepelného čerpadla
  - bivalentní provoz tepelného čerpadla nebo vysokoteplotní tep. čerpadlo

- nízkoteplotní otopná soustava (nové objekty)
  - spád otopné vody max. 55/45°C
  - otopná tělesa konvekční – desková, sálavá - podlahové, stropní nebo stěnové plochy (díky polovičnímu teplotnímu spádu a nižší střední teplotě tělesa je větší otopná plocha)
  - vyšší topný faktor tepelného čerpadla
  - monovalentní provoz tepelného čerpadla

Obr. 9.1 Podlahové a stěnové vytápění [A5]

Příprava teplé vody

Teplá užitková voda pro domácnost se připravuje v zásobníkovém ohřívači (bojleru), který je buď součástí tepelného čerpadla, nebo je samostatný.



Obr. 9.2 Příprava teplé vody [A5]

Chlazení

Některá čerpadla umožňují i chlazení objektů a to buď prostřednictvím rozvodů podlahového vytápění nebo chladicích jednotek (SPLIT, MULTI SPLIT). Tyto systémy jsou hojně používány zejména v zemích s větší průměrnou roční teplotou (jižní Evropa apod.).

10. Další součásti a příslušenství tepelného čerpadla a otopných soustav

10.1 Centrální procesorová jednotka

Řídí chod tepelného čerpadla a na základě údajů ze snímačů kontroluje činnost celého systému.

Obr.10.1 Centrální procesorová jednotka[A5]

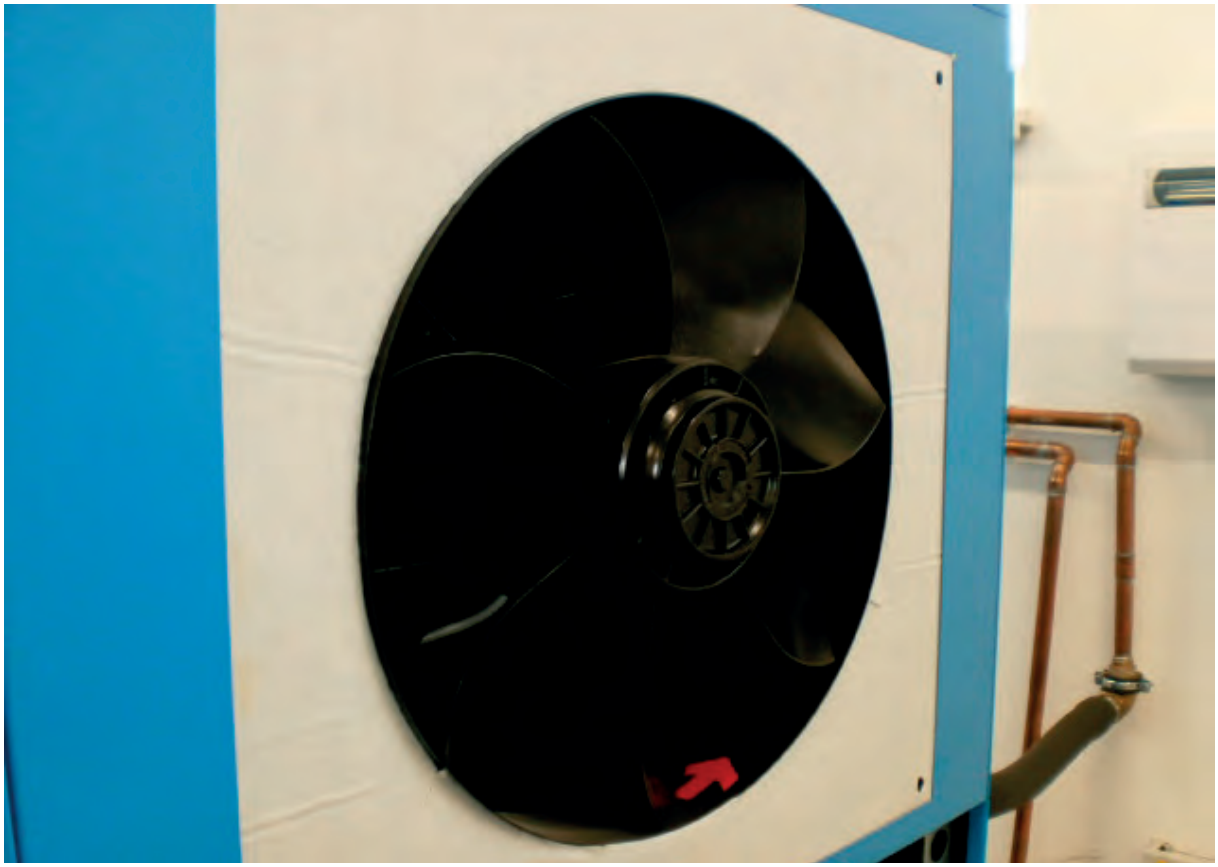
10.2 Čidla a snímače

Měří provozní veličiny (teplota, tlak) a předávají informace do řídící jednotky.

Obr.10.2 Čidlo[A5]

10.3 Ventilátor

Je součástí tepelných čerpadel vzduch/voda a vzduch/vzduch, kde se nachází před výparníkem a zajišťuje průtok venkovního vzduchu.

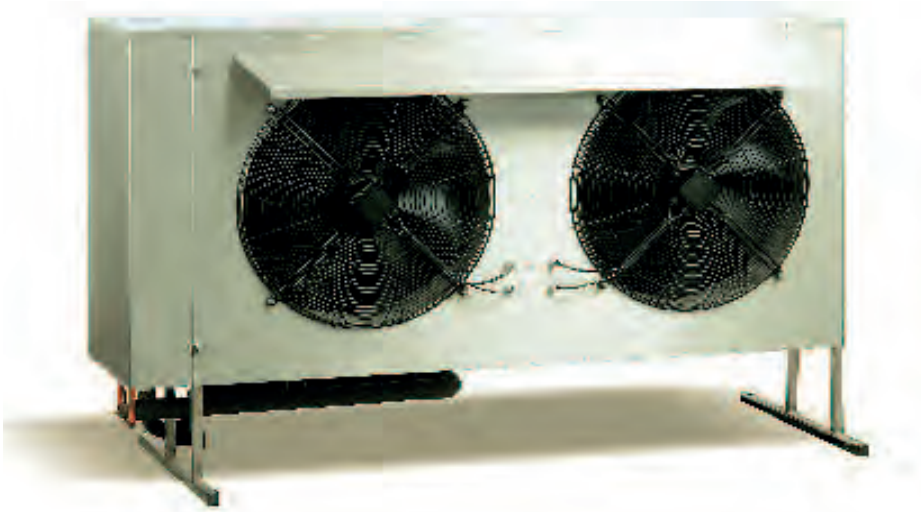


Obr.10.3 Ventilátor[A5]

Dopravuje vzduch, ze kterého chceme získat teplo, sacím potrubím (otvorem) k výparníku a poté ho odvádí výfukovým potrubím (otvorem) ven z tepelného čerpadla. Ventilátory jsou v provedení axiálním (osovém), které sice nemají velký tlakový přínos, ale jsou schopny dopravovat velké objemové množství vzduchu potřebné pro daný výkon tepelného čerpadla.

Ventilátory jsou vybaveny plynulou regulací otáček, tak aby zařízení mohlo pružněji reagovat na požadavky dodávky tepla do soustavy. Zároveň je tím pozitivně ovlivňována hladina hluku v okolí tepelného čerpadla.

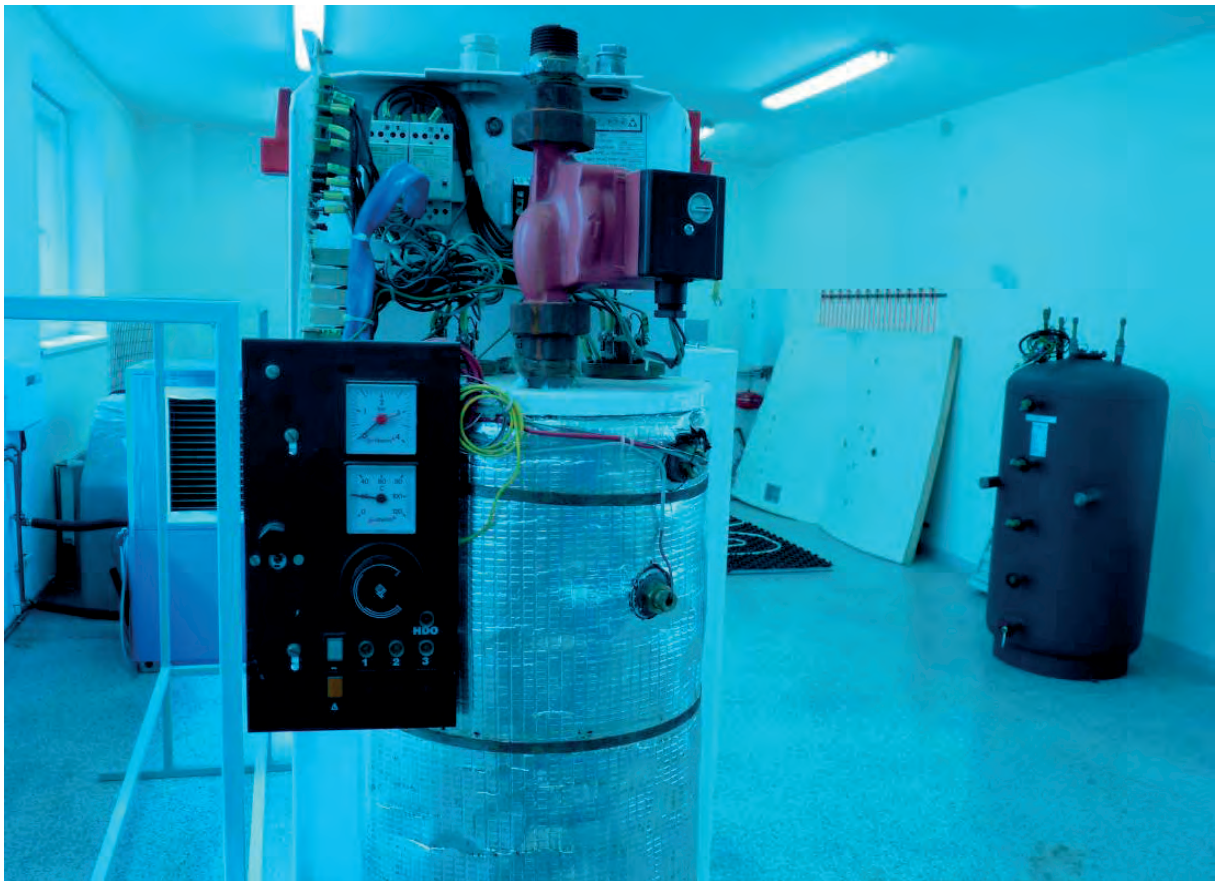
Při montáži tepelného čerpadla je nutno dodržovat velikosti a tvar sacího a výfukového potrubí (otvorů) daného výrobcem, aby nebyl omezen výkon zařízení, nezvyšovala se hlučnost, co nejvíce se omezilo namrzání apod.
Připojení potrubí ke skříni čerpadla musí být provedeno pružně, k zamezení přenosu vibrací.



Obr.10.4 Ventilátor[A5]

10.4 Elektrické topné těleso, elektrokotel

Slouží jako bivalentní zdroj u tepelných čerpadel, pokud jsou jím vybavena.



Obr.10.5 Kotel[A5]

10.5 Oběhové čerpadlo

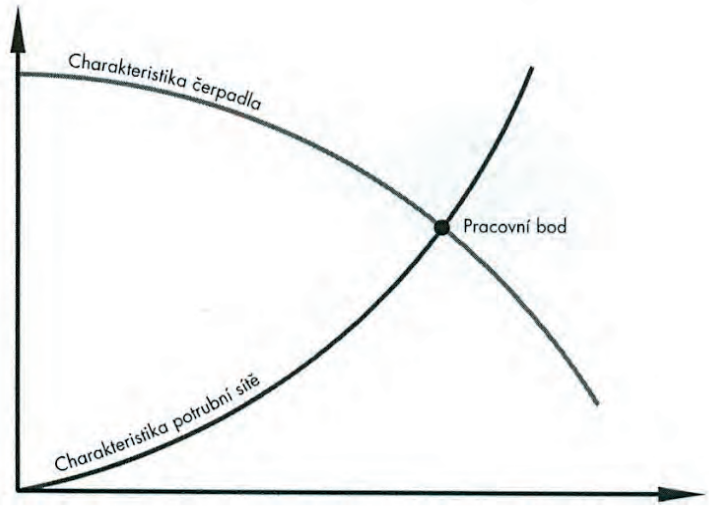
OBR.10.6 Čerpadlo[A5]

Pro správnou funkci otopné soustavy je nutné zajistit dopravu tepla. V soustavách s přirozeným (samotížným) oběhem topné vody je průtok zajišťován přirozeným vztlakem, vzniklým z rozdílu hustot vody v přívodním a zpětném potrubí daným jejich rozdílnou teplotou.

Pro soustavy, které budou napojeny na tepelné čerpadlo, potřebujeme provoz s nuceným oběhem. Ten zajišťuje oběhové čerpadlo. Svým provedením a funkcí se liší od čerpadel vodárenských, kalových apod. V některých situacích bude použito jedno centrální čerpadlo, jindy pro každý okruh samostatné.

Vše záleží na daném projektu. Abychom mohli zvolit správný typ a velikost čerpadla, musíme znát charakteristiku otopné soustavy (je daná tlakovými ztrátami třením v potrubí a místními odpory) a charakteristiku oběhového čerpadla (nalezneme v katalozích výrobců, v tabulkách).

Pokud obě charakteristiky převedeme do grafické podoby a vložíme do diagramu, tak v jejich průsečíku nalezneme provozní bod – tím je dán skutečný průtok a tlakový rozdíl čerpadla.

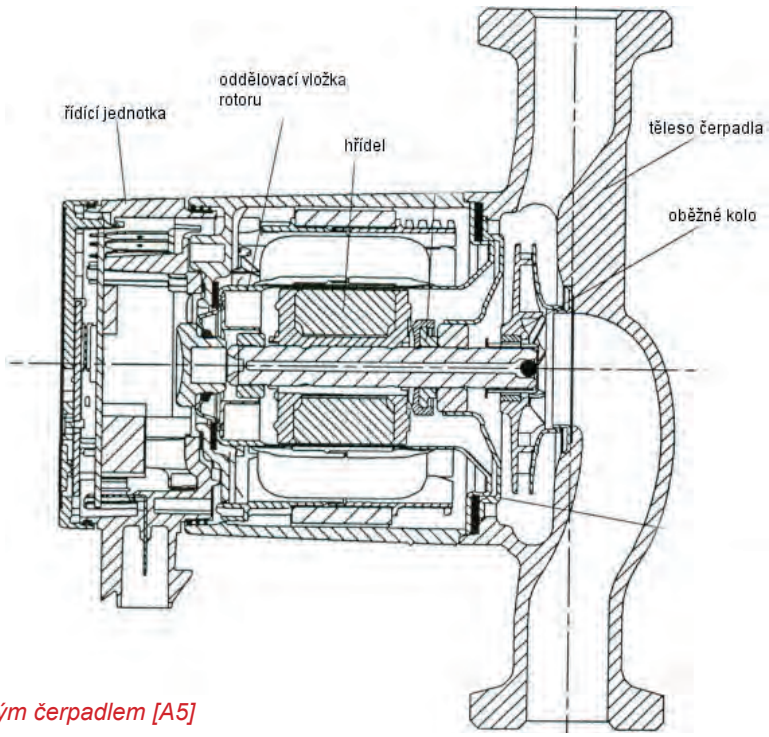


Obr.10.7 Pracovní bod čerpadla [A5]

Oběhová čerpadla se dělí dle několika hledisek:

- druhu připojení
  - přírubové
  - závitové
- regulace otáček
  - bez regulace (dřívější provedení)
  - s přepínáním otáček (většinou třístupňové, přepínáme manuálně)
  - elektronicky řízená (otáčky si reguluje samo, dle potřeby průtoku v otopné soustavě, energeticky nejúspornější)
- tlakového přínosu a dalších

Většina údajů o čerpadle je uvedena i na jeho štítku.



Obr. 10.8 Řez oběhovým čerpadlem [A5]

Obr.10.9 Oběhové čerpadlo – řez [A5]

Montážní zásady

jsou dány návodem výrobce a je nutno je dodržet - zde jsou některé z nich:

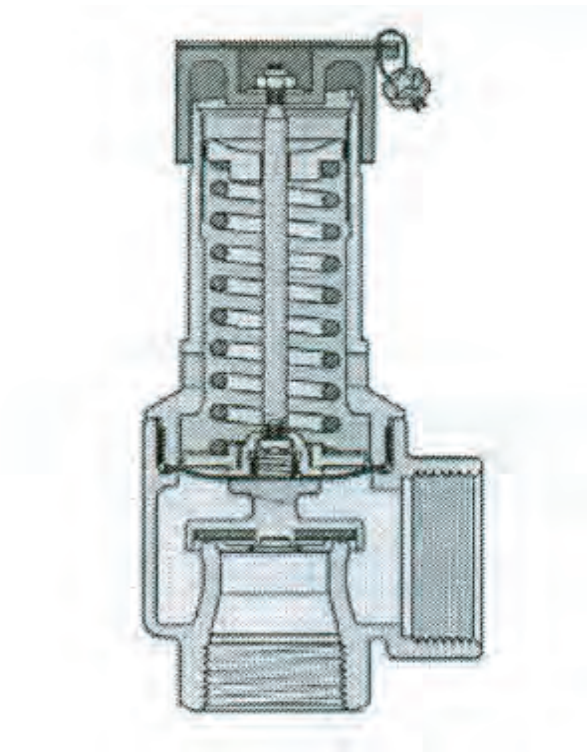
- před čerpadlo umístit filtr k jeho ochraně před hrubými nečistotami
- dodržet montážní polohu dle návodu
- na čerpadlo se nesmí přenášet zatížení z potrubního rozvodu
- čerpadlo namontovat tak, aby bylo v případě potřeby (oprava, výměna) demontovatelné
- provádět jeho pravidelnou kontrolu a údržbu

10.6 Pojistný ventil

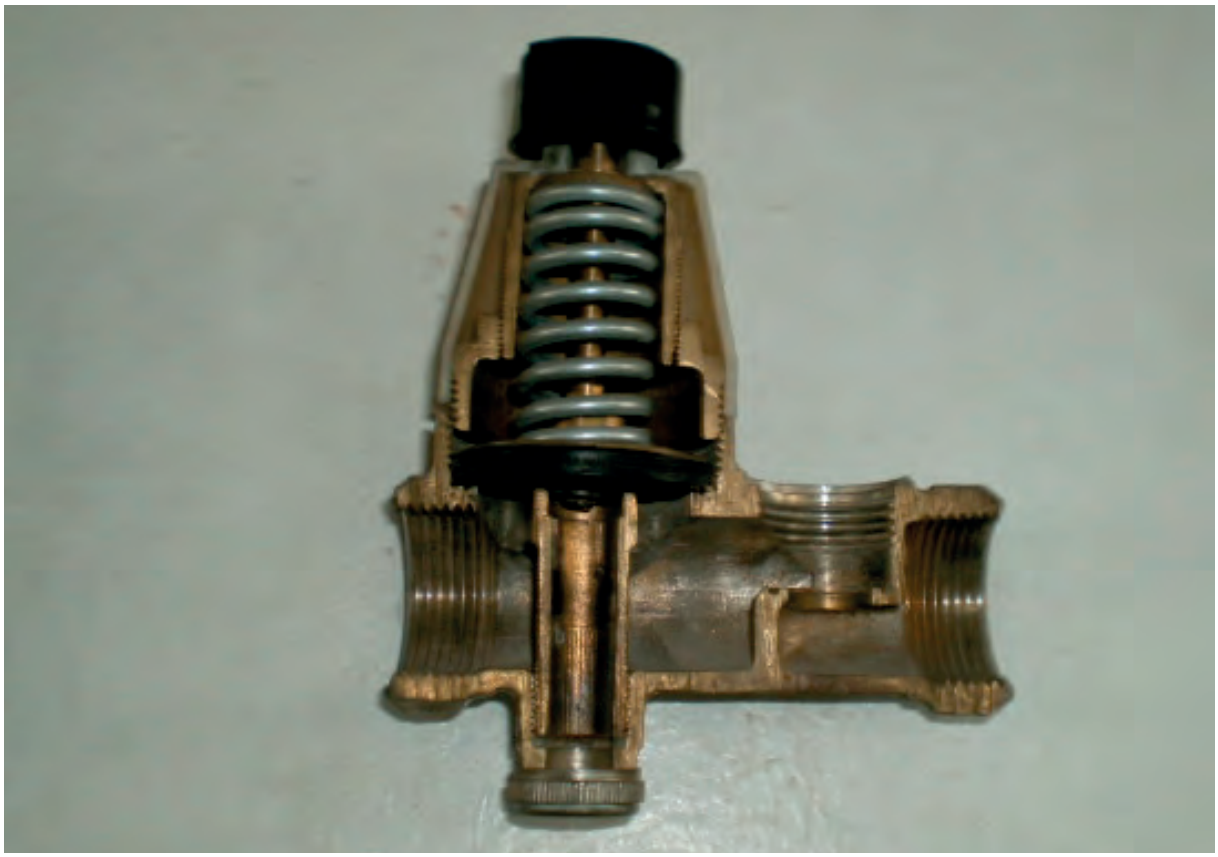
Obr.10.10 Pojistný ventil [A5]

Chrání systém před překročením nejvyššího pracovního přetlaku, který je pro něj stanoven. Otvírací tlak pojistného ventilu je stanoven projektem, velikost (průměr) se stanoví výpočtem.

Pojistný ventil se umisťuje na potrubí, co nejblíže zdroji tepla (kotel, tepelné čerpadlo, zásobníkový ohřívač vody atd.). **Mezi nimi nesmí být žádná uzavírací armatura!**



Obr.10.11 Řez pojistným ventilem[A5]



Obr.10.12 Pojistný ventil – řez[A5]

Funkce pojistného ventilu

Pokud dojde k menšímu překročení pracovního přetlaku zvedne se pouze membrána, při vyšším překročení dojde k stlačení pružiny s membránou. V obou případech poté dojde k odtoku určitého množství vody ze systému. Při přetrvávajícím překračování odchází voda trvale.

Zásobníkové ohřívače jsou vybaveny pojistnou soupravou, jejíž součástí je mimo pojistného ventilu i zpětný ventil nebo klapka. Pokud by nebyly, tak zvětšený objem vody, způsobený jejím ohřátím, by neodcházel pojistným ventilem a přetlačoval by se do přívodu studené vody.

Zásady pro montáž a provoz pojistného ventilu

• Dodržet stanovenou polohu pojistného ventilu (vzdálenost, případný výtok či výfuk nesmí ohrozit obsluhu nebo zařízení)

• Při případném použití výfukového potrubí dodržet rozměry a zásady pro jeho montáž

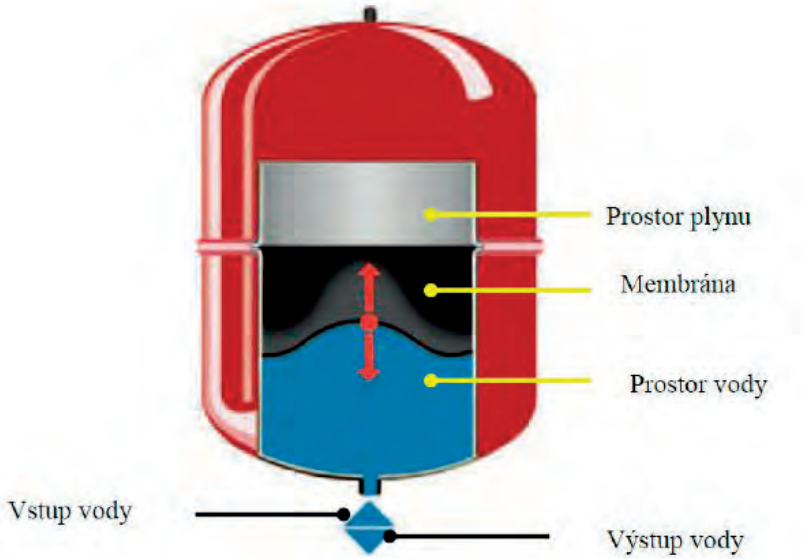
• V pravidelných intervalech provádět zkoušku funkčnosti pojistného ventilu

• Nikdy neomezovat funkčnost pojistného ventilu

10.7 Expanzní nádoba

Obr.10.13 Expanzní nádoba[A5]

Další zabezpečovací prvek, vyrovnává objemovou roztažnost topného média. Zároveň tím zamezuje nepřípustnému stoupání tlaku v soustavě. Pro použití v soustavách s tepelným čerpadlem se používají tlakové expanzní nádoby s membránou. Užití otevřených expanzních nádob je zcela nevhodné (vnikání vzduchu do soustavy, vypařování otopné vody apod.).



Obr.10.14 Řez expanzní nádobou[A5]

Popis tlakové expanzní nádoby s membránou

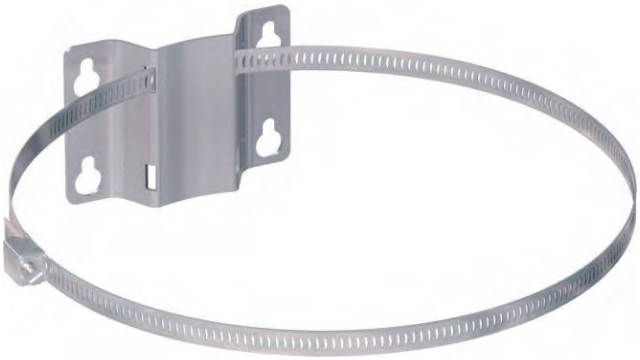
Plášť
většinou z ocelového plechu, je ze dvou dílů, kde v místě spojení je zároveň upevněna membrána.

Membrána
je vyrobena z pryže, která musí odolávat vlivům kapaliny v otopné soustavě (nemrznoucí směsi apod.).

Napojení na soustavu
je provedeno závitovou trubkou přivařenou na plášť.

Plnící uzávěr plynu
jedná se o obdobu ventilku na kole automobilu, slouží ke kontrole tlaku v plynové části expanzní nádoby, k doplňování nebo upouštění plynu. Expanzní nádoba je z výroby napuštěna dusíkem, v případě potřeby se doplňuje pomocí ruční pumpičky vzduchem.

Obr.10.15 Víceúčelová konzola, expanzní nádoba je instalována připojením nahoru[A5]



Obr.10.16 Konzola s páskem pro vertikální montáž, nádoba může být instalována připojením dolu i nahoru[A5]

10.8 Trojcestný ventil

Směšuje výstupní a vratnou otopnou vodu na potřebnou teplotní úroveň, dle požadavků otopné soustavy.

Obr.10.17 Trojcestný ventil[A5]

11. Ovládání tepelného čerpadla

Každé tepelné čerpadlo je vybaveno vlastním měřením a regulací, doplněným o externí zdroje informací (venkovní čidlo teploty, pokojový termostat atd.) tepelné čerpadlo si řídí svůj provoz tak, aby pracovalo co nejoptimálněji (co nejméně pracovat v drahém tarifu, odmrazování, regulace otáček ventilátoru, provoz kompresoru atd.).

Tyto hodnoty jsou nastaveny z výroby nebo nastaveny servisním technikem.

Provozní ovládání tepelného čerpadla se provádí dle stupně přístupu (uživatel, obsluha, servisní technik) a druhu přístupu (pokojový termostat, přímo na tepelném čerpadle, internetové připojení).

Uživatel - (členové domácnosti) – většinou pouze regulace vnitřní teploty v objektu pomocí pokojového termostatu

Obsluha - (člen domácnosti seznámený s provozem a obsluhou a vybavený přístupovým heslem) – pomocí ovládání na tepelném čerpadle, případně přes internet, nastavování teplot v topných okruzích, sezónní zapínání/vypínání, kontrola provozu apod.

Servisní technik - (zástupce montážní firmy s odlišným přístupovým heslem a širším přístupem) – většinou přes internetový přístup nastavuje provozní parametry, kontroluje provozní stavy, seřizuje tepelné čerpadlo.

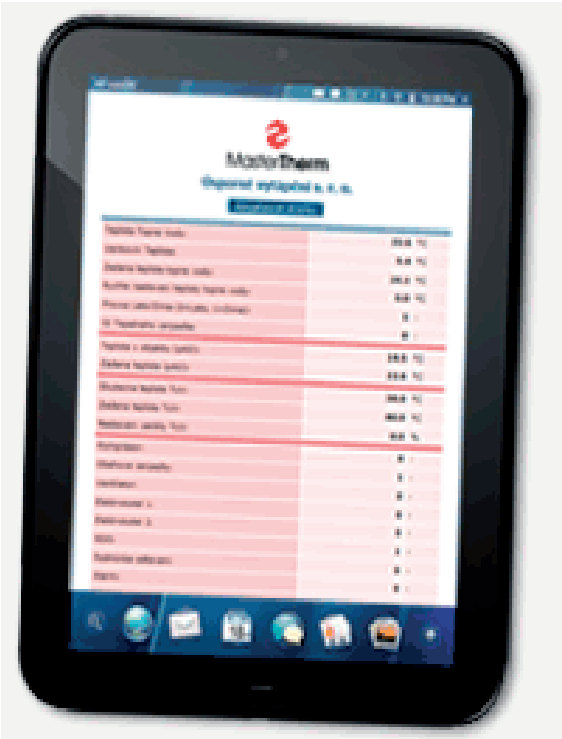
Druh přístupu:

- Pokojový termostat - v provedení pevném (na pevno v řídící místnosti) nebo bezdrátovém (termostat možno přesouvat mezi místnostmi).
  Dělí se na denní (nastavujeme pouze teplotu) nebo týdenní (možno nastavovat různé programy, průběhy teplot v průběhu dní).

- Ovládání na tepelném čerpadle – lze řídit a kontrolovat různé provozní stavy a údaje:
- provoz otopné soustavy (okruh podlahového vytápění, okruh otopných těles
- příprava teplé vody
- doba provozu kompresoru
- tlak v otopné soustavě
- tlak na vstupu a výstupu vzduchu (tepelné čerpadlo vzduch/vzduch, vzduch/voda)
- havarijní stavy (vysoký tlak v okruhu kompresoru, nedostatek vody v otopné soustavě apod.)
- stav topení/chlazení
- zapnutí a doba chodu bivalentního zdroje apod.
- Dálkové ovládání přes internet – je určeno pro obsluhu a servisního technika, umožňuje ovládat téměř všechny funkce jako ovládání na tepelném čerpadle, snižuje náklady na údržbu a servis (servisní technik nemusí vyjíždět ke každé závadě a může jich většinu diagnostikovat přes internet, případně je odstranit nebo se zkontaktovat s obsluhou).

Obr.11.1 Pokojový termostat [A5]

Obr.11.2 Ovládání na tepelném čerpadle[A5]



Obr.11.3 Obrázek monitoru s funkcemi ovládání přes internet[A5]

12. Příklad montáže tepelného čerpadla

Venkovní jednotka tepelného čerpadla vzduch-voda, která obsahuje zejména ventilátor a výparník je umístěna na podstavci z ocelových profilů upevněných v betonovém základu.

S vnitřní jednotkou je spojena potrubím primárního okruhu z měděných trubek spojovaných pájením na tvrdo a opatřených izolací ze syntetického kaučuku, který dobře odolává výkyvům teplot a UV záření.
Tímto potrubím proudí chladivo přenášející získané teplo.

Obr.12.1 Venkovní jednotka [A5]

Připojování vnitřní jednotky

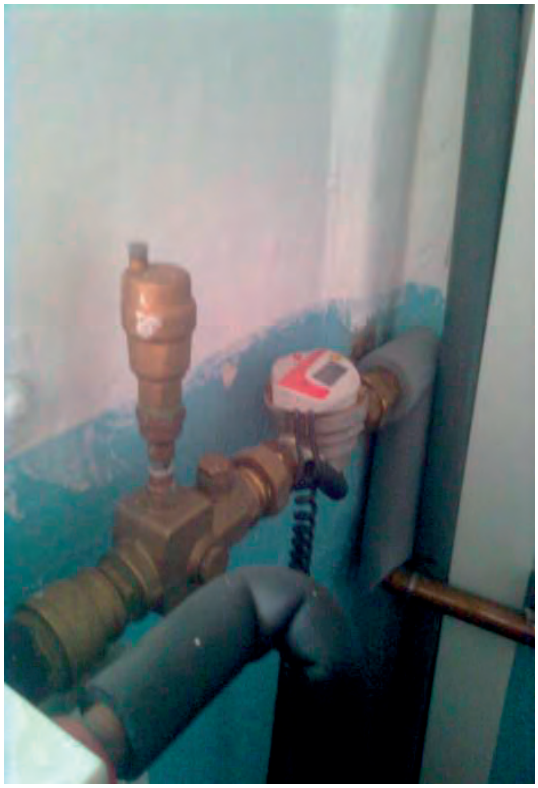
Vnitřní jednotka obsahuje zbývající součásti tepelného čerpadla (kondenzátor, kompresor, expanzní ventil atd.), které jsou umístěny v ocelové skříni, do které jsou svedeny vodiče el. proudu, čidel, regulace a potrubí primárního a sekundárního okruhu, které je vedeno do zásobníkového ohřívače vody.

Zde je přes spirálové výměníky ohřívána voda k mytí a topná voda do otopné soustavy. Ta je ještě v případě potřeby ohřívána elektrokotlem (doplňkový zdroj).

Obr.12.2 Připojování vnitřní jednotky [A5]

Měření tepla

Na sekundárním okruhu je v blízkosti vnitřní jednotky umístěno měření tepla dodaného tepelným čerpadlem. Skládá se z průtokoměru (vodoměru) a čidel teplot na výstupním a zpětném potrubí. V tomto konkrétním případě je měření tepla prováděno pro zjištění ekonomie provozu.



Obr.12.3 Měření tepla [A5]

Montáž potrubí

Fotografie zachycuje průběh montáže potrubí před umístěním nádrže zásobníkového ohřívače. V pozadí je vidět vnitřní jednotku, měření tepla, elektrokotel, expanzní nádobu a další části vybavení.

Obr.12.4 Montáž potrubí [A5]

Elektrokotel

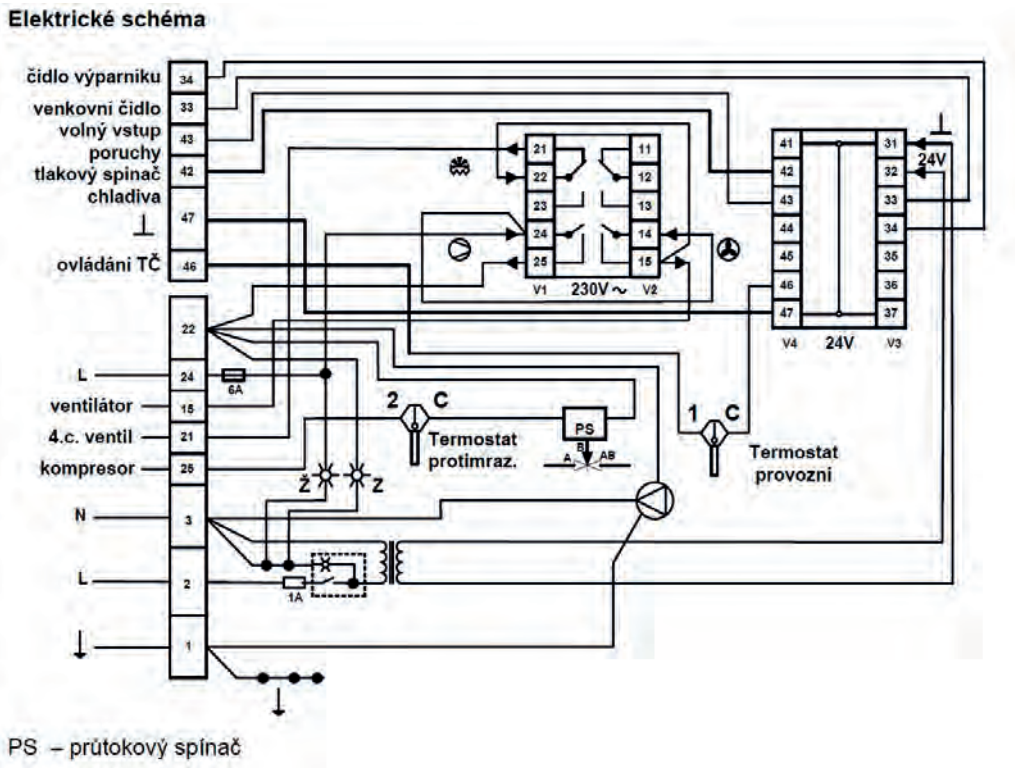
Na snímku je elektrokotel se třemi elektrickými topnými tělesy, regulací a oběhovým čerpadlem. Pro okruh otopné soustavy je v provedení s přepínačem na tři rychlosti otáček.

Obr.12.5 Bivalentní zdroj – elektrokotel [A5]

Detail horní části zásobníkového ohřívače

Na snímku je vidět připojení nádrže ohřívače na rozvody studené vody, teplé vody a cirkulace, která je opatřena cirkulačním čerpadlem. Potrubí je provedeno z trubek z PPr a zaizolováno izolačními trubicemi z pěněného PE. V pozadí je na zdi skříň rozvaděče, v které je také umístěna řídící jednotka s výstupem na internetovou síť s možností dálkového řízení provozu a sběr dat.

Obr. 12.6 Detail horní části zásobníkového ohřívače [A5]



Obr. 12.7 Elektrické schéma[A5]

LITERATURA:

[A1] BARANÍK Peter.Tepelná čerpadlá. Skripta pro SOŠ Trnava
[A2] CENKA Miroslav. Obnovitelné zdroje energie
[A3] JELÍNEK Vladimír , KABELE Karel. Technická zařízení budov II., vytápění, přednášky. ČVUT. 1999
[A4] KARLÍK Robert. Tepelné čerpadlo pro váš dům. ISBN978-80-247-2720-2. Grada 2009.
[A5] KOLEKTIV AUTORŮ. Nízkoenergetické domy. SŠEaS Chomutov.
[A6] MATĚJKOVÁ Soňa.Tepelné čerpadlo a nízkoteplotní otopná soustava pro rodinný domek.Diplomová práce. ČVUT FSI, Praha 1981.
[A7] PETRÁŠ Dušan a kol. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. Jaga group, s.r.o.Bratislava.2008. 208s. ISBN978-80-8076-069-4.
[A8] Příručka pro mistrovské zkoušky: svazek 1 – základy teorie topenářství. Bohemia Print Brno CTI-ČR. Brno 1996.
[A9] VIESSMANN, spol. s.r.o.Projekční příručka-tepelná čerpadla.Závody Viessmann, 2011.143s. 9440 124 CZ 03 /2012

[B1] BROŽ Karel, MATUŠKA Tomáš, ŠOUREK Bořivoj. Vícenásobný zdroj ve školicím a rekreačním středisku Herbertov [online]. [cit.19.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.tzb-info.cz/4739-vicenasobny-zdroj-ve-skolicim-a-rekreacnim-stredisku-herbertov >

[B2] DVOŘÁK Vlastimil. Tepelná čerpadla – zkušenosti z provozu[online]. Bakalářská práce, VUT FSI, Brno 2010.[cit. 18.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=30228>

[B3] Princip tepelného čerpadla [online]. [cit.18.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://tzb.fsv.cvut.cz/podklady/vyt/tepcerp/ >

[B4] Metodika pro návrh tepelného čerpadla země – voda. 28.5.2012. [online]. [cit. 20.3.2013]. Dostupný z WWW: < www.avtc.cz/?download=_/dokum/metodika-pro...28... >

[B5] Energetický poradce PRE[online]. [cit. 20.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/vytapeni/tepelna-cerpadla/zeme-voda/ >

[B6] DANIEL David.Piloty jako zdroj energie[online].Realit, 11.2011. [cit.18.3.2013]. Dostupný z WWW:< http://www.realit.cz/clanek/piloty-jako-zdroj-energie >

[B7] GEROTOP[online]. [cit. 21.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.gerotop.cz/cs/geotermalni-energie/ >

[B8] CONSTRUCTION. Stavební informace,práce, inzerce[online]. [cit. 21.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.4-construction.com/cz/magazin/obrazky/energeticke-piloty-aplikovane-do-praxe/5836/ >
[B9] REHAU. RAUGEO ENERGETICKÉ PILOTY[online]. [cit. 21.3.2013]. Dostupný

z WWW: < http://www.rehau.com/CZ_cs/stavebnictvi/Obnovitelne_energie/Geotermie/RAUGEO_eneregticke_piloty/ >

[B10] MAREŠOVÁ Martina.Energetické piloty[online]. Bakalářská práce, Fsv ČVUT Praha, 2012.[cit.21.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.fsv.cvut.cz/svoc/2012/vysledky/t2.pdf >

[B11] EKOWATT.Tepelná čerpadla– energie prostředí[online]. [cit.24.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://ekowatt.cz/upload/8d8404454da8be9d52d9234092c9d457/tepelna_cerpadla_web.pdf >

[B12] TEPELNÁ ČERPADLA KUCHAŘ.Vysvětlení pojmů[online]. [cit.25.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.tckuchar.cz/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-vysvetleni-pojmu.html >

[B13] TZBINFO. Proč volit tepelné čerpadlo vzduch-voda[online]. PZP HEATING a.s., firemní článek[cit.25.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.tzb-info.cz/4406--proc-zvolit-tepelne-cerpadlo-vzduch-voda >

[B14] NOVOTNÝ Petr.Použití tepelných čerpadel vzduch voda[online]. STIEBEL ELTRON, Stavebnictví a interiér.11/2006. [cit.25.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-cerpadla-vzduch-voda-stiebel-eltron/ >

[B15] TEPELNÁ ČERPADLA AZ.[online]. [cit.27.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.tepelna-cerpadla-az.cz/zakladni-pojmy.php >

[B16] BK – POWER s.r.o.[online]. [cit.27.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.bk-power.cz/sluzby.php?sluzba=prodej_a_montaz_tepelnych_cerpadel_thermia

[B17] ELVYTAL. Jak pracuje tepelné čerpadlo?[online]. [cit.27.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.elvytal.cz/jakpracuje.html>

[B18] DANFOSS [online]. [cit.27.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.danfoss.com/Czech_Republic/NewsAndEvents/News/Spiralove-kompresory-Danfoss/D552198E-C330-4EC8-9820-24E4B9BD8933.html >

[B19] FLORIAM. Úspora energie. Slovníček pojmů[online]. [cit.27.3.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.eflorian.cz/tepelna-cerpadla-slovnicek-pojmu >

[B20] SCHIESSL. Komponenty pro chlazení.[online]. [cit.29.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.schiessl.cz/soubor-schmole-koaxialni-vyparnik-vs-e-52-.pdf >

[B21] M-SOLAR.TOP.Solární systémy komplexně.[online]. [cit.29.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.msolartop.cz/rubriky/tepelna-cerpadla/tepelne-vymeniky-ciat/lamelove-vymeniky/ >

[B22] KODEK.Tepelné čerpadlo vzduch-voda.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.kodek.cz/images/image/vzduchove-tepelne-cerpadlo-schema_b.jpg >

[B23] G-MAR. Tepelná čerpadla vzduch-voda.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.g-mar.cz/tepelna-cerpadla/tc-voda/ >

[B24] NOVINKY.CZ. Tepelná čerpadla vzduch-voda os 15 tisíc korun.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.novinky.cz/komercni-clanky/204359--tepelna-cerpadla-vzduch-voda-od-15-tisic-korun.html >

[B25] ST KODEK. Studny a vrty. [online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.studnyavrty.cz/studna-topi-za-vas.html >

[B26] ČVUT FSV, KATEDRA TZB.Projekční podklady a pomůcky.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=9 >

[B27] TRS Milan.Zásady navrhování primární strany pro tepelná čerpadla.Tzb-info, 26.3.2006.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.tzb-info.cz/3166--zasady-navrhovani-primarni-strany-pro-tepelna-cerpadla >

[B28] ENERGIE 21.Obnovitelné zdroje.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Plosny-zemni-kolektor-jako-soucast-tepelneho-cerpadla__s303x45468.html >

[B29] http://www.rothenberger.cz/

[B30] www.reflexcz.cz

[B31] www.vytapeni.cz

[B32] www.grundfos.cz

[B33] www.buderus.cz

[B34] www.pzp.cz

[B35] TC MACH.Plynová tepelná čerpadla.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.tepelna-cerpadla-mach.cz/tepelna-cerpadla-pro-prumyslove-objekty/ghp-plynove-cerpadlo.php >

[B36] HORÁK Petr. Aplikace a možnosti obnovitelných zdrojů energie v bytovém fondu. časopis Stavebnictví. 11-12 2008.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=1765 >

[B37] VIESSMANN, s.r.o.Bivalentní výroba tepla pomocí kotle a tepelného čerpadla. firemní článek.24.4.2009.[online]. [cit.30.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.tzb--info.cz/5595-silna-dvojka-bivalentni-vyroba-tepla-pomoci-kotle-a-tepelneho-cerpadla >

[B38] [online]. [cit.31.3.2013]. Dostupný z WWW: <http://panic.klippanlan.net/kyla/407.png >

[B39] KLIMAX.[online]. [cit.1.4.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.klimax.sk/index.php?lang=sk&menufix=58 >

[B40] LAKACZ.[online]. [cit.1.4.2013]. Dostupný z WWW: <http://www.laka.cz/komfortni-klimatizace >

[B41] TZB-INFO. Vytápění.[online]. [cit.1.4.2013]. Dostupný z WWW: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapeni-podle-druhu-paliva?energie_gj=91.7 >

[B42] MACHÁČEK Vladimír. Nová technologie pro vysokoteplotní tepelná čerpadla. ENBRA.[online]. [cit.1.4.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.enbra.cz/nova-technologie-vysokoteplotni-tepelna-cerpadla/ >

[B43] SPŠS TÁBOR. Vytápění.SIPVZ.[online]. [cit.4.4.2013]. Dostupný z WWW: < http://archiv.sps-tabor.cz/attachment/sipvz_vytapeni.pdf >

[B44] MASTERTHERM.Příklady úspor s tepelným čerpadlem.[online]. [cit.5.4.2013]. Dostupný z WWW: < http://www.mastertherm.cz/priklady-uspor-s-tepelnym-cerpadlem#vytapeni-stredniho-domu >

V rámci projektu Zelený most mezi školou a praxí - environmentální vzdělávací moduly pro trvale udržitelný rozvoj, reg. č. CZ.1.07/1.1.00/14.0153 vznikl soubor sedmi učebnic, které poskytují ucelený pohled na současné možnosti využívání obnovitelných zdrojů energie a způsobů, jak šetřit energiemi.

Učebnice jsou určeny studentům středních a vyšších odborných škol a dále všem zájemcům o studium energetiky, stavebnictví a udržitelnosti rozvoje lidstva.

1. Význam, přehled a celkové využití energetických zdrojů

- Kategorizace energetických zdrojů
- Charakteristika obnovitelných zdrojů
- Výhody a nevýhody užití obnovitelných zdrojů
- Energetické úspory
- Udržitelný rozvoj

2. Biomasa pro energii

- Biomasa a její produkce
- Energetické rostliny a další druhy biomasy
- Zpracování biomasy pro energetické využití
- Energetické využití biomasy
- Biotechnologické využití biomasy
- Využití bioodpadů

3. Solární energie

- Význam a využití solární energie
- Solární kolektory a solární systémy
- Fotovoltaické systémy

4. Tepelná čerpadla

- Význam a využití energie akumulované v prostředí
- Tepelná čerpadla – druhy, princip činnosti, užití

5. Úspora energie ve stavebnictví

- Materiály
- Snižování energetické náročnosti
- Úspora energie ve stavebnictví
- Ekologicky šetrné stavby

6. Větrná energie

- Význam a využití větrné energie
- Větrné elektrárny
- Podmínky pro stavbu větrných elektráren

7. Vodní energie

- Význam a využití vodních zdrojů energie
- Vodní turbíny a motory
- Montáž turbín
- Vodní elektrárny

BIOMASA PRO ENERGII

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí proces vytváření biomasy za různých podmínek a tok energie v trofických vztazích - vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro nepotravinářské využití fytomasy (např. v energetice, stavebnictví) a organických zbytků (vedlejších produktů, odpadů) jako alternativního zdroje energie - uvede podíl biomasy ve využití ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě	**2. Biomasa a její produkce** - fytomasa jako primární produkce různých ekosystémů (různý podíl dodatkové energie) - nepotravinářská fytomasa, její produkce a využívání (agro, lesní a jiné ekosystémy) - energie v biologických zbytcích a odpadech (zemědělství, potravinářství, lesnictví, komunální sféra, další odvětví)
- uvede hlavní druhy pěstovaných energetických rostlin (dřeviny, byliny a řasy) a jejich biologickou a energetickou charakteristiku - objasní technologii pěstování hlavních druhů energetických rostlin	**3. Energetické rostliny** - druhy rostlin - způsoby pěstování - možnosti využití
- uvede příklady využití polních plodin pro energetické účely - zhodnotí význam rozptýlené zeleně v krajině, vyjmenuje a pozná hlavní druhy rostlin - uvede možnosti využití zbytkové biomasy	**4. Další biomasa využitelná jako zdroj energie** - polní plodiny - rozptýlená zeleň v krajině - zbytková biomasa v krajině

(lesy, sady, stromořadí, porost kolem vodotečí apod.) - vyhledá a hodnotí potenciál biomasy z vedlejších zemědělských produktů - popíše způsoby využití dřevní hmoty po lesní těžbě - odhadne potenciál biomasy z lesa - objasní způsoby zpracování dřevní hmoty pro využití ke spalování (dřevní štěpka, dřevěné brikety, dřevěné pelety) - zhodnotí využitelnost těžebního odpadu pro energetické účely	- využívání vedlejších produktů ze zemědělství a potravinářství - lesní biomasa - dřevní hmota po lesní těžbě a její zpracování
- popíše přípravu pro energetické využití rostlin - uvede a popíše stroje a zařízení používané pro pěstování, sklizeň a zpracování pro využití energetických rostlin (např. sklízecí mechanizmy, sušárny apod.) - objasní možnosti logistiky pro energetiku	**5. Zpracování biomasy pro energetické využití a její distribuce** - stroje a zařízení pro pěstování, sklizeň, úpravy a dopravu biomasy - ekonomické, ekologické a bezpečnostní aspekty využívání biomasy
- popíše výrobu tepla z biomasy ve velkých i malých provozech - popíše výrobu elektřiny z biomasy - vysvětlí principy kogenerace (společné výroby tepla a elektřiny) - porovná výrobu tepla a společnou výrobu elektrické energie a tepla z ekonomického i technického hlediska - zhodnotí význam malých decentralizovaných komunálních energetických zdrojů - vysvětlí klasickou technologii výroby dřevoplynu	**6. Energetické využití biomasy** - výroba tepla - výroba elektřiny - nové vývojové trendy - znovuobjevený dřevní plyn
- vysvětlí princip tvorby bioplynu - vyjmenuje zdroje biomasy vhodné pro výrobu bioplynu (zemědělství, potravinářství, komunální odpad) - popíše technická zařízení používaná k výrobě bioplynu - vysvětlí možnosti využití digestátů (kapalný podíl) z bioplynových stanic - vyjmenuje způsoby a možnosti využití bioplynu - uvede vliv zušlechťování bioplynu na kvalitu zemního plynu z bioplynových stanic	**7. Biotechnologické využití biomasy** - bioplyn - pyrolýzní plyn

- nízkoteplotní depolymerizace (základ pro výrobu kapalných motorových paliv II. generace) - vysvětlí princip výroby a využití pyrolýzního plynu	
- popíše technologii kompostování, uvede způsoby využití kompostu - charakterizuje zpracování a využití biologicky rozložitelného komunálního odpadu - charakterizuje zpracování a využití čistírenských kalů	**8. Využití bioodpadů** - kompostování - biologicky rozložitelný komunální odpad - čistírenské kaly
- vysvětlí principy chemických procesů (fermentační procesy, esterifikace, depolymerizace, pyrolýza, krakování) - uvede suroviny, popíše způsob výroby bionafty - uvede suroviny, popíše způsob výroby bioetanolu - uvede další kapalná biopaliva (např. butanol)	**9. Využití dalších chemických procesů pro zpracování biomasy** - bionafta - bioetanol
- analyzuje potřeby pěstování a využívání biomasy na regionální i celostátní úrovni ve vztahu k ekonomickým a sociálním aspektům - prakticky hodnotí možnosti získávání a využívání biomasy v okolní krajině - komunikuje se zemědělci, vlastníky pozemků, občany a s místní samosprávou, zajišťuje osvětu - vyjmenuje předpisy a možnosti podpory ze strany státu vztahující se k pěstování a využívání biomasy - využívá a řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**10. Podpora a osvěta pro využívání biomasy** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

SOLÁRNÍ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití slunce jako zdroje energie a její podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití solární energie - uvede možnosti pasivního využívání solární energie včetně praktických příkladů	**2. Význam a využití sluneční energie** - solární architektura
- čte a používá technickou a schvalovací dokumentaci obsaženou hlavně v normách - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - diagnostikuje poruchy - udržuje a opravuje systémy - popíše princip akumulace energie v solárních kolektorech a systémech	**3. Solární kolektory a solární systémy** - technická dokumentace - druhy kolektorů - montáž systémů - opravy, údržba a diagnostikování - způsoby akumulace energie
- čte a používá technickou a schvalovací	**4. Fotovoltaické systémy**

dokumentaci obsaženou hlavně v normách - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - diagnostikuje poruchy - udržuje a opravuje systémy - popíše princip akumulace energie ve fotovoltaických systémech	- technická dokumentace - druhy panelů - montáž systémů - opravy, údržba a diagnostikování - způsoby akumulace energie
- využívá informace o solární energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**5. Podpora a osvěta pro různé způsoby využívání solární energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

TEPELNÁ ČERPADLA

Výsledky vzdělávání	Učivo
- kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí akumulaci energie v prostředí z dostupných zdrojů - uvede příklady a možnosti využívání energie akumulované v prostředí (v domácnostech, průmyslu, zemědělství, dopravě)	**2. Význam a využití energie akumulované v prostředí** - princip akumulace energie
- čte a používá technickou a schvalovací dokumentaci a normy - používá základní pojmy a vztahy v elektrotechnice - měří elektrické a neelektrické veličiny a vyhotovuje záznamy - volí správné pracovní postupy a technické prostředky při instalaci - montuje a zapojuje systémy - obsluhuje a udržuje v chodu tepelná čerpadla - diagnostikuje poruchy - opravuje systémy	**3. Tepelná čerpadla** - technická dokumentace - systémy tepelných čerpadel - montáž systémů - diagnostikování, opravy a údržba
- využívá informace o tepelných čerpadlech k jejich propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**4. Podpora a osvěta pro využívání tepelných čerpadel** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

ÚSPORA ENERGIE VE STAVEBNICTVÍ

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- orientuje se v tepelně izolačních stavebních materiálech a porovná jejich vlastnosti - zvolí vhodný typ materiálu pro jednotlivé konstrukce - sleduje a hodnotí z různých hledisek nové možnosti využívání energeticky vhodných stavebních materiálů	**2. Materiály** - přehled a vlastnosti tepelně izolačních materiálů - volba materiálu
- vysvětlí význam snižování energie z ekonomických a ekologických hledisek - uvede příklady snižování energetické náročnosti domácností, finančně je zhodnotí - uvede základní principy pasivního využívání solární energie pro energetické úspory včetně konkrétních příkladů - uvede příklady snižování energetické náročnosti v průmyslových a zemědělských provozech ze stavebního hlediska	**3. Snižování energetické náročnosti průmyslových provozů a domácností** - význam - ekonomické a ekologické aspekty
- vysvětlí význam zateplování budov, zdůvodní ho z hledisek ekologických a ekonomických - charakterizuje zásady pro rekonstrukci budov z hledisek energetických úspor	**4. Úspora energie ve stavebnictví** - zateplování budov - rekonstrukce budov - nízkoenergetické domy

a objasní význam dodatečné izolace ve všech souvislostech (úspora, ochrana konstrukcí, apod.) - zvolí způsob zateplení podle účelu jednotlivých konstrukcí - vysvětlí a dodržuje technologické postupy při jednotlivých způsobech zateplení - vysvětlí principy a odlišnosti mezi způsobem výstavby nízkoenergetických a pasivních domů a úsporami při provozu objektů - provádí práce spojené s výstavbou nízkoenergetických a pasivních domů	- pasivní domy
- zhodnotí význam dřevěných staveb z hlediska energetického, ekonomického a sociálního i vzhledem k umístění v krajině k podmínkám prostředí	**5. Ekologicky šetrné stavby** - dřevostavby
- orientuje se v předpisech týkajících se energetických úspor souvisejících se stavebnictvím - vysvětlí roli stavebních úřadů - uvede účastníky investiční výstavby - zpracuje žádost na stavební úřad pro ohlášení stavby nebo stavební povolení	**6. Legislativa** - právní předpisy (Stavební zákon č.183/2006Sb., ve znění pozdějších předpisů) - přímí a nepřímí účastníci investiční výstavby
- využívá informace o energetických úsporách spojených se stavebnictvím k propagaci a k jednání s veřejnou správou a s veřejností - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**7. Podpora a osvěta pro energetické úspory spojené se stavebnictvím** - propagace - předpisy BOZP

VĚTRNÁ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití větrného zdroje energie a její podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití větrné energie	**2. Význam a využití větrné energie** - přehled a podmínky pro využití větrné energie
- vysvětlí princip různých typů VTE, jejich funkce a vlastnosti - charakterizuje podmínky vhodné pro stavbu VTE (přírodní, technické, ekonomické a environmentální) - charakterizuje provoz a podmínky provozu větrné elektrárny včetně jejího výkonu a výroby ve vztahu k provozním podmínkám a efektivitě - provádí montážní práce	**3. Větrné elektrárny (VTE)** - typy větrných elektráren - podmínky pro stavbu a provoz VTE
- využívá informace o větrné energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**4. Podpora a osvěta pro využívání větrné energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

VODNÍ ENERGIE

Výsledky vzdělávání	Učivo
Žák: - kategorizuje energetické zdroje, objasní význam a perspektivy využívání obnovitelných zdrojů energie - vyjmenuje a stručně charakterizuje všechny druhy obnovitelných a nevyčerpatelných zdrojů energie: slunce, voda, vítr, zdroje živé přírody - biomasa, energie akumulovaná v prostředí, hlubinné geotermální zdroje apod. - vysvětlí obecné výhody a nevýhody využívání obnovitelných zdrojů energie pro udržitelný rozvoj - zdůvodní význam energetických úspor ve vztahu k udržitelnému rozvoji, tj. k ochraně prostředí i k hospodářskému a sociálnímu rozvoji a objasní význam hledání nových energetických zdrojů	**1. Význam a přehled využití obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů** - rozdíl mezi neobnovitelnými, nevyčerpatelnými a obnovitelnými přírodními zdroji - přehled obnovitelných a nevyčerpatelných energetických zdrojů - vztah energetiky k řešení současných globálních a regionálních problémů
- vysvětlí význam, možnosti a obecné podmínky pro využití energie z vodních zdrojů a jejich podíl ze všech energetických zdrojů zejména u nás, ale i ve světě - stručně popíše i historický vývoj využití vodních zdrojů energie - hodnotí perspektivy využívání vodní energie i nové možnosti využívání (moře)	**2. Význam a využití vodních zdrojů energie** - přehled a podmínky pro využití energie z vodních zdrojů
- vysvětlí princip funkce a možnosti využití různých typů vodních turbín a vodních motorů	**3. Vodní turbíny a motory** - funkce a využití
- popíše přípravu stanoviště pro montáž - vysvětlí postup sestavování jednotlivých dílů - vysvětlí průběh a zásady montáže turbíny - orientuje se v technických podkladech - charakterizuje způsoby vyhledávání různých druhů závad - vysvětlí sestavení technologie oprav - objasní důvod provádění údržbářských, inspekčních a opravárenských prací na strojních součástech	**4. Montáž turbín** - příprava stanoviště - montáž turbín - závady a jejich vyhledávání - opravy a opravárenské práce - údržba - evidence dat

- charakterizuje způsob ošetřování a údržbu příslušného vybavení a strojů - eviduje technická data o průběhu a výsledcích práce	
- vysvětlí princip funkce vodních elektráren - charakterizuje přírodní podmínky vhodné pro stavbu vodní elektrárny - uvede optimální parametry/ukazatele (včetně ekonomických, ekologických, hygienických, bezpečnostních atd.) vhodné pro stavbu vodní elektrárny - charakterizuje provoz a podmínky provozu vodní elektrárny včetně jejího výkonu a výroby ve vztahu k provozním podmínkám a efektivitě vodní elektrárny - vypočítá dle zadání výkon a výrobu vodní elektrárny - provádí montážní práce - charakterizuje vztah vodních elektráren k ochraně organismů - popíše význam MVE z ekologického hlediska zejména ve vztahu k ochraně organismů	**5. Vodní elektrárny** - vodní elektrárny s výkonem nad 10 MWh - voní elektrárny s výkonem do 10 MWh (MVE)
- využívá informace o vodní energii k její propagaci v jednání s veřejnou správou a veřejností - řídí se právními předpisy - zná a dodržuje předpisy a zásady BOZP	**6. Podpora a osvěta pro využívání vodní energie** - propagace - právní předpisy - předpisy BOZP

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:

POZNÁMKY:

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky