

# METODIKA PRO NÁVRH TEPELNÉHO ČERPADLA

## ZEMĚ – VODA

### Získávání tepla ze země

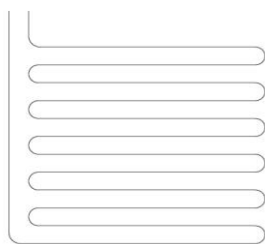
Pro jímání tepla ze zemního masivu se s největším úspěchem používá speciální plastové potrubí, ve kterém koluje ekologicky odbouratelná nemrznoucí kapalina, nejčastěji v koncentraci na  $-15^{\circ}\text{C}$ . Pomocí oběhového čerpadla je dopravována k výměníku primárního okruhu (výparníku) kde se ochladí předáním energie do uzavřeného chladivového okruhu. Odebere se tepelný přírůstek získaný v zemi a ochlazená směs míří zpět do kolektoru k opětovnému zahřátí. Popřípadě méně rozšířená metoda přímého vypařování, kde na primární straně koluje přímo chladivo a jako materiál pro kolektor se používá měděné potrubí opláštěné plastem.

Doporučení:

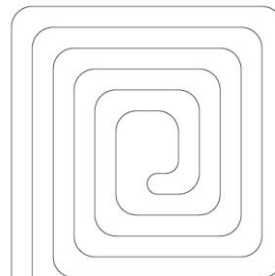
Je nutné si uvědomit, že primární okruh země/voda je část systému tepelného čerpadla, která se nedá vůbec, nebo jen s obtížemi opravit. Proto je nutné, aby veškeré části, které jsou v provozu několik desítek let, byly z kvalitních materiálů, a tedy i faktor pasivní bezpečnosti co možná nejvyšší. S tímto je pochopitelně spojená i kvalitní montáž.

### Varianty uložení primárního okruhu

- **Zemní plošný kolektor (ZPK)** – oblíbený zdroj tepla pro TČ hlavně pro svou pořizovací cenu. Nejčastěji používané potrubí je o průměrech 40, 32 nebo 25mm ve variantách pro zásypovou i bezzásypovou montáž. Délky jednotlivých smyček se používají 100 až 200m, hloubka uložení cca 40cm pod nezámrznou hloubku v dané lokalitě a rozteč jednotlivých smyček 0,8 – 1,1m. Chladicí výkon který získáme z jednoho m<sup>2</sup> je mimo jiné závislý na typu horniny, zvodnatělosti, slunečního svitu pozemku a provozních hodinách tepelného čerpadla. Hodnota chladicího výkonu se běžně pohybuje kolem 10-20W/m<sup>2</sup>. Stavby, chodníky a jiné zpevněné plochy výrazně ovlivňují výkonnost plošného kolektoru. Uložení plošného kolektoru je možné provést několika způsoby, viz. obrázek č. 1 a 2.



Obrázek č. 1



Obrázek č. 2

- **Slinky** – obdoba plošného kolektoru kdy se do výkopu o rozměrech cca š x h x d 1,5m x 1,5m x 20-25m rozvine do položené nebo vztyčené spirály 150m potrubí. Varianta, která se dá použít u TČ malých výkonů. Poddimenzování tohoto systému jímání může vést ke znatelnému vrásnění terénu nad uloženou slinkou. Způsob pokládky slinky viz. obrázek č. 3.



Obrázek č. 3

Dalšími alternativami jsou pokládky kolektorů vertikálně v zemi, nebo do vodních ploch a vodních náhonů. Pro tyto způsoby není zatím stanovena metoda.

- **Geotermální Vertikální Sonda (GVS)** – zdroj tepla používaný zejména tam, kde nelze aplikovat ZPK, nebo tam kde je potřeba chladit. Chladicí výkon, který lze získat z 1m hloubky vrtu se pohybuje v rozmezí 30-50W a je závislý na kvalitě provedení vrtu (viz. metodický pokyn vrtání GVS), na geologickém profilu vrtu, zvodnění a provozních hodinách TČ. U aplikací nad 30kW, by se návrh hloubky vrtů měl řídit simulací vrtného pole na základě geologického předpokladu nebo zkušební vrtu. U aplikací nad 60 kW potom z výsledků polní zkoušky (GRT – Geothermal Response Test) tepelné vodivosti zkušební vrtu.
- **Energetické základy budov** – v poslední době čím dál více populárnější způsob vytápění a chlazení kancelářských a bytových budov. Betonové základy se využívají jako sezónní akumulátor tepla v letních měsících opačně potom v zimě jako akumulátor chladu. Tento systém vykazuje vysoké zhodnocení elektrické energie nutné na pohon oběhových čerpadel nebo samotného tepelného čerpadla.
  - Výhodou je poměrně nízká pořizovací cena, nevýhodou je složitý návrh, který musí provádět odborná firma (s odpovídajícími zkušenostmi a speciálním software).

### Výhody tepelných čerpadel země – voda

- celoroční využívání pro vytápění, příprava TUV, ohřev bazénové vody
- u varianty GVS i pasivní a aktivní chlazení
- u GVS v některých případech ukládání odpadního tepla do horninového masívu a jeho opětovného získávání

## Postup při návrhu velikosti tepelného čerpadla země – voda

Postup při návrhu velikosti TČ by měl vycházet z úvahy o požadovaném způsobu provozu. Způsob provozu tepelných čerpadel se řídí především podle zvoleného nebo stávajícího systému rozvodu tepla. V závislosti na modelu dosahují tepelná čerpadla většiny výrobců výstupní teploty až 65 °C. Pro vyšší výstupní teploty, nebo při mimořádně nízkých venkovních teplotách, je pro pokrytí tepelné ztráty nutný přídatný zdroj tepla (monoenergetický nebo bivalentní způsob provozu).

V novostavbě lze systém rozvodu tepla zpravidla ještě libovolně určit. Vysoké COP dosahují tepelná čerpadla pouze ve spojení se systémy rozvodu tepla s minimálními výstupními teplotami (max. 35 °C).

### - Monovalentní způsob provozu

U monovalentního způsobu provozu kryje tepelné čerpadlo jako samostatný zdroj tepla celé zatížení budovy podle ČSN EN 12831. Předpokladem tohoto způsobu provozu je, aby byl systém rozvodu tepla dimenzován na výstupní teplotu nižší, než je maximální výstupní teplota tepelného čerpadla. Při dimenzování tepelného čerpadla musí být zohledněny příp. přírážky pro doby blokování a regulace zvláštním tarifem elektrorozvodného závodu. Příprava TUV, která vzhledem k nárazovému charakteru a relativně velkému podílu u nízkoenergetických objektů může výkon TUV a velikost akumulace podstatně ovlivnit.

### - Bivalentní způsob provozu

V bivalentním provozu se tepelné čerpadlo v topném provozu doplňuje dodatečným topným zařízením, např. olejovým/plynovým topným kotlem. Spouštění tohoto zdroje tepla se provádí regulací tepelného čerpadla.

### - Monoenergetický způsob provozu

Bivalentní způsob provozu, u kterého je přídatný zdroj tepla, jako je kompresor nebo tepelné čerpadlo, poháněn elektricky. Jako přídatný zdroj tepla přichází v úvahu např. el. kotel v sekundárním okruhu.

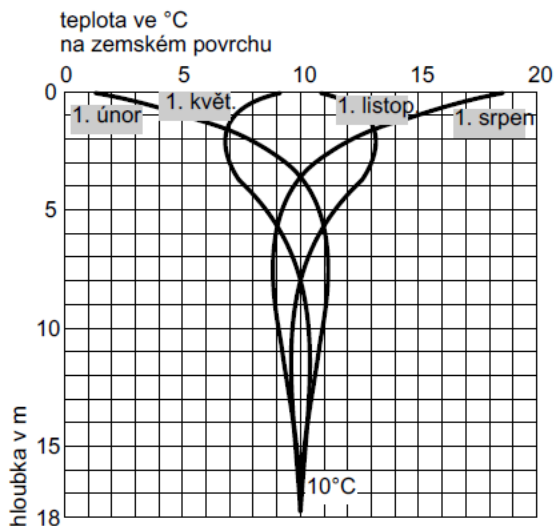
U typických konfigurací zařízení se topný výkon tepelného čerpadla dimenzuje na cca 80 až 95 % maximální potřebné tepelné ztráty budovy (podle ČSN EN 12831). Podíl tepelného čerpadla na výrobě energie potřebné pro vytápění je cca 92 až 98 %

## Použití primární strany k chlazení u GVS

V letních měsících nebo v přechodném období lze použít úroveň teploty zdroje tepla (primárního zdroje) tepelných čerpadel země/voda k přirozenému chlazení budov „natural cooling“.

U některých tepelných čerpadel je prostřednictvím současného provozu kompresorů možné aktivní chlazení „active cooling“, které využívá chladicí výkon kompresoru.

Vyprodukované teplo se odvádí přes primární zdroj. Teploty v zemi jsou v průběhu roku relativně stálé. V neovlivněné zemi se již od hloubky 5 m vychází z velmi malého kolísání teploty  $\pm 1,5$  K kolem průměrné hodnoty 10 °C.



Průběh teploty v neporušené zemi v závislosti na hloubce a ročním období

Během teplých letních dní se budovy zahřejí díky venkovním teplotám a slunečnímu záření (tzv. tepelné zisky). Tepelná čerpadla země/voda mohou s odpovídajícím příslušenstvím využívat nízké teploty půdy k odvádění tepla primárním okruhem z budovy do země. Oddělení systémů probíhá přes výměníky tepla. Teplota zdroje tepla (solanka) je v létě přibližně 12 až 8 °C.

**Natural cooling** - je velmi účinná funkce chlazení, protože vyžaduje provoz pouze 2 oběhových čerpadel. Kompresor tepelného čerpadla přitom zůstává vypnutý. Tepelné čerpadlo se při režimu „natural cooling“ zapíná pouze pro ohřev užitkové vody. „Natural cooling“ lze provozovat s těmito otopnými systémy:

- Ventilační konvektory
- Chladicí stropy
- Podlahové vytápění (není zcela komfortní, oproti výše uvedeným možnostem je méně snesitelnější)
- Vzduchotechnické rozvody

Výkon chlazení „natural cooling“ nelze srovnávat s klimatizačními zařízeními nebo s vodou chlazenými klimatizátory.

Chladicí výkon je závislý na teplotě zdroje tepla, která kolísá podle ročního období. Chladicí výkon je tedy ze zkušenosti vyšší na začátku léta než na jeho konci.

**Active cooling** - tepelné čerpadlo vyrábí chladicí vodu pro chlazení budovy. Chladicí výkon, který je stále k dispozici, závisí na velikosti výkonu tepelného čerpadla. Chladicí výkon u funkce „active cooling“ je výrazně vyšší než u funkce „natural cooling“.

Tím, že čerpadlo používáme i k chlazení si výrazně pomáháme při regeneraci primární strany a COP tepelného čerpadla je při následném vytápění vyšší než bez regenerace.

## Dimenzování primárního okruhu TČ

Pro Instalace do výkonu 12 kW se dimenzování primárního okruhu řídí podle německé směrnice VDI 4650 (návrhová doporučení)

### Plošný kolektor

Podloží	možný odběr	
	pro 1.800 hodin provozu	pro 2.400 hodin provozu
suchá nesoudržná zemina	10 W/m <sup>2</sup>	8 W/m <sup>2</sup>
soudržné zeminy vlhké ( stěrky a písky)	20 – 30 W/m <sup>2</sup>	16 – 24 W/m <sup>2</sup>
protékající spodní voda stěrky a písky	40 W/m <sup>2</sup>	32 W/m <sup>2</sup>

Směrné hodnoty pro návrh zemního plošného kolektoru dle německé směrnice VDI 4650

### Vrt s geotermální vertikální sondou

podloží	možný odběr	
	pro 1.800 hodin provozu	pro 2.400 hodin provozu
<i>obecné směrné hodnoty:</i>		
horší podloží (suché sedimenty)( $\lambda < 1.5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )	25 W/m	20 W/m
normální pevná hornina nebo vodou nasycená	60 W/m	50 W/m
sediment ( $\lambda = 1.5 - 3.0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ )		
pevná hornina s vysokou tepelnou vodivostí ( $\lambda > 1.5 - 3.0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{L})$ )	84 W/m	70 W/m
<i>horniny:</i>		
suché štěrky a písky	< 25 W/m	< 20 W/m
zvodnělé štěrky a písky	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
protékající spodní voda stěrky a písky	80 – 100 W/m	80 – 100 W/m
vlhký jíł	35 – 50 W/m	30 – 40 W/m
masivní vápenec	55 – 70 W/m	45 – 60 W/m
pískovec	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
kyselé vyvřeliny (Žula)	65 – 85 W/m	55 – 70 W/m
zásadité vyvřeliny (Čedič)	40 – 65 W/m	35 – 55 W/m
Rula	70 – 85 W/m	60 – 70 W/m

Směrné hodnoty pro návrh hlubinného dle německé směrnice VDI 4650

Hodnoty se mohou výrazně lišit na základě lokálního ztvárnění horniny jako pukliny a zvětrání.

Pro instalace výkonu 12 – 30 kW se dimenzování primárního okruhu provádí za pomoci simulace zatížení podloží s použitím předpokládaného geologického profilu. Pro dimenzování výkonů 12-30kW je nezbytné použití návrhového SW.

Evropské směrnice doporučují instalace nad 30 kW výkonu a plánování vrtného pole pro výkony nad 30 kW, navrhovat výhradně odbornou firmou se zkušenostmi v oboru.

## Doporučené příklady dimenzování primárního okruhu TČ

### Zadávací parametry:

Potřeba tepla pro vytápění: 19.500 kWh/rok  
Potřeba tepla pro ohřev TUV: 4.500 kWh/rok  
Podloží: středně vlhké (20 W/m<sup>2</sup>) pro zemní plošný kolektor  
Střední tepelná vodivost (50 W/m) hlubinný vrt  
(Výkonnostní parametr navrhovat výhradně odbornou firmou se zkušenostmi v oboru)  
Provoz: monovalentní (ohřev jen TČ bez dohřevu)  
Otopný systém: pouze podlahové vytápění 100%

### Tepelné čerpadlo:

Topný výkon: 10 kW (při 0/35)  
Chladicí výkon TČ: 7,8 kW

19.500 kWh + 4.500 kWh = 24.000 kWh (energie celkově dodaná tepelným čerpadlem)  
Energie odebraná ze země:  $24\ 000 \times 10 / 7,8 = 18\ 720$  W

### Zemní plošný kolektor

Celková hloubka vrtů=chladicí výkon/měrný výkon jímání  
 $7.800\text{ W} / 20\text{ W/m}^2 = 390\text{ m}^2$  (minimální velikost zemního plošného kolektoru)  
Potrubí d32 v rozteči 0,8 m  
Uloženo 5 x 100 m potrubí d32mm

### Geotermální vertikální vrt

$7.800\text{ W} / 50\text{ W/m} = 156\text{ m}$  (minimální celková hloubka vrtů, při dělení na více vrtů je doporučeno navýšit metráž vždy s ohledem na geologické a hydrogeologické podmínky))

Roční provozní hodiny tepelného čerpadla = roční potřeba tepla/výkon tepelného čerpadla =  $24\ 000 / 10 = 2\ 400$  provozních hodin – vyhovuje, nemá být větší než 2 400 hodin  
Specifická roční odebíraná energie= roční odebíraná energie/délka vrtu =  $18720 / 156 = 120$  W/m a rok.

Specifická roční odebíraná energie má být 100-120 W/m, vrt vyhovuje.

Vystrojení vrtů 4x 32 mm

- Doporučeno je návrh podložit výpočtem tlakových ztrát.
- tento zjednodušený výpočet platí pro aplikace do 30 kW výkonu TČ a pouze při topení, pokud je i chlazení je třeba se k systému chovat jako k systémům nad 30kW, kde je nutné určit teplotní vodivost ( např. testem teplotní odezvy ) a prověřit geometrické rozložení vrtného pole příslušným software a zohlednit lokální geologické a hydrogeologické specifika

## **Podzemní voda jako zdroj energie**

### **Tepelné čerpadlo systém voda-voda**

Podzemní voda se čerpá přes jednu nebo více čerpacích studní, jejichž čerpací výkon zajišťuje trvalý odběr při jmenovitém průtoku TČ. Obecně se jedná o čerpané množství asi 0,25 - 0,3 m<sup>3</sup>/h na 1 kW chladícího výkonu, při rozdílu teploty 3 K.

Vedle dostatečného čerpání vody musí být také zajištěno odvádění vody do téhož horizontu přes jednu nebo více zasakovacích studní. Studně musí ležet v dostatečné vzdálenosti ve směru toku podzemní vody. Změna teploty vody, která se přivádí zpátky nemá překročit 6°C.

Další důležitá veličina, která ovlivňuje instalaci je kvalita vody. Vedle základních obsahových látek vody je třeba určit teplotu, hodnotu pH, elektrickou vodivost a potenciál redoxu. Z toho lze usuzovat na nebezpečí znečištění studní směsící hlíny, oxidu železa a nebezpečí koroze materiálů. Pro rodinné domy systém voda-voda není vhodné řešení s ohledem na zvýšenou potřebu údržby a vyšší náklady na servis.