

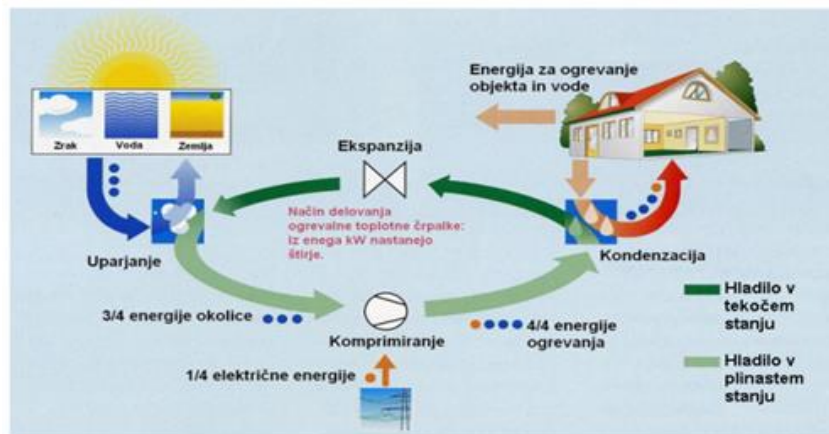
TOPLOTNA ČRPALKA

Toplotne črpalke (TČ) so sodobne naprave, namenjene za ogrevanje zgradb in sanitarne vode in tudi za hlajenje zgradb. Toploto za ogrevanje proizvajajo brez zgorevanja vse dražjih in ekološko spornih fosilnih goriv. Njihov glavni energetski vir je skorajda »brezplačna« toplota iz okolice (70 – 80%), preostalih 20 – 30 % pa je potrebno vložiti v obliki električne energije za pogon naprave (kompresor, ventilator, avtomatika...) Bistveno pri tem je to, da nam sistem toplotne črpalke vrne več toplotne energije, kot smo jo vložili v obliki električne energije.

Osnove delovanja toplotne črpalke je postavil William Thomson (znan tudi kot lord Kelvin) že leta 1853. Izdelava toplotnih črpalke pa je potem ostala skoraj 100 let na eksperimentalnem nivoju, predvsem zaradi neustreznosti takrat dostopnih delovnih snovi, ki jih toplotna črpalke potrebuje pri svojem delovanju. Prva uporabna toplotna črpalke, za ogrevanje lastnega doma, je bila izdelana leta 1940 (Robert C. Weber). Z razvojem so postale toplotne črpalke vedno manjše, bolj učinkovite in ekonomične. K temu je bistveno pripomogel tudi razvoj delovne snovi (hladiva).

Delovanje toplotne črpalke

Vsaka toplotna črpalke je sestavljena iz štirih osnovnih enot (slika 1): uparjalnika, kompresorja, kondenzatorja in ekspanzijskega ventila, ki tvorijo zaključen sistem in skozi katere kroži delovna snov. Strokovna literatura uporablja za to delovno snov naziv »hladivo«. To je posebna snov, ki se uparja pri zelo nizkih temperaturah. Pri zračnem tlaku se uparjajo te snovi pri minus 30 ali celo minus 50 °C.



Slika 1- sestavni deli toplotne črpalke; Vir slike: spletne strani

Gre torej za zaključen proces, pri katerem skozi elemente toplotne črpalke kroži delovna snov, ki se ji med delovanjem naprave spreminja agregatno stanje, pri tem pa prihaja do sprejemanja oziroma oddajanja toplote.

V elementu, ki mu pravimo uparjalnik, ima hladivo nizek tlak, zelo nizko temperaturo in tekoče agregatno stanje. Temperatura hladiva mora biti v uparjalniku nižja od temperature vira okoliške toplote, saj v nasprotnem primeru ta vir hladivu ne bi mogel predati svoje toplote. Z dovajanjem toplote okolice (toplota okoliškega zraka, zemlje...) se hladivo segreje in se upari. Pri tem pa je hladivo vzelo na sebe energijo vira okolice.

Uparjeno hladivo povleče kompresor in ga stisne na višji tlak. Pri kompresiji se hladivu poveča tlak, poveča se njegova gostota in bistveno naraste tudi njegova temperatura (do 60 ali celo 65°C). Vsakdanji primer segrevanja medija zaradi kompresije je navadna tlačilka s katero »napumpamo« zračnico našega kolesa. Po uporabi postane spodnji del tlačilke vroč, kar je posledica trkov molekul zraka med uporabo. Nekaj podobnega se dogaja tudi med delovanjem toplotne črpalke.

Uparjeno hladivo, s povečano temperaturo, potuje sedaj v kondenzator, ki je hlajen z medijem, s katerim ogrevamo hiše (ogrevna voda). Zaradi temperaturne razlike prehaja toplota uparjenega hladiva na ogrevno vodo. Pri tem se ta voda segreje, uparjeno hladivo pa se ohladi in kondenzira (odda kondenzacijsko toploto in se utekočini). Tlak hladiva ostane še vedno visok.

Utekočinjeno in ohlajeno hladivo potuje skozi ekspanzijski ventil, kjer ekspandira na nižji tlak, nazaj v uparjalnik. Pri prehodu hladiva skozi ekspanzijski ventil pade njegov tlak iz tlačnega nivoja kondenzatorja na tlačni nivo uparjalnika in se mu zniža gostota. Istočasno pride do uparjanja manjšega dela tekoče delovne snovi. Toplota

za to delno uparjanje se odvzame tekočemu hladivu, ki se zaradi tega močno ohladi (npr. do minus 30 °C). Tako ohlajeno in še vedno tekoče hladivo pride v uparjalnik, kjer se npr. z minus 5 stopinjskim zrakom iz okolice segreje za 25 °C (iz minus 30 na minus 5 °C) in se ponovno upari. Uparjeno hladivo povleče kompresor in se prej opisan proces ponavlja.

Grelno število toplotnih črpalk

Pri kurilnih napravah (kotlih) govorimo o izkoristku, ki pove, kolikšen del v napravo vložene energije (končna energija) pridobimo na izhodu kot koristno toplotno energijo. Izkoristek kurilnih naprav je vedno manjši od 1 oziroma 100%, kar pomeni, da je iz naprave pridobljena koristna toplotna energija vedno manjša od v napravo vložene energije.

V primeru toplotne črpalke ne govorimo o izkoristku, pač pa o **grelnem številu (COP)**. Grelno število je število, ki ga dobimo kot rezultat razmerja med iz toplotne črpalke pridobljeno toplotno energijo za ogrevanje (izhod iz toplotne črpalke) in v toplotno črpalko vloženo električno energijo (poraba toplotne črpalke).

Zaradi lažje medsebojne primerjave posameznih vrst toplotnih črpalk in pravilnega prikaza stroškov ogrevanja skozi celo leto, moramo namesto grelnega števila COP medsebojno primerjati njihova letna grelna števila (SCOP). Letno grelno število podaja omenjeno razmerje na letni ravni. Letna grelna števila toplotnih črpalk se gibljejo od 2 do 6.

SCOP = 4 pomeni, da pri dovedeni (za delovanje toplotne črpalke porabljeni) električni energiji 1kWh dobimo na izhodu iz toplotne črpalke 4 kWh toplotne energije. Plačati moramo le 1 (eno) kWh, pridobimo pa 4 kWh. Če je povprečna cena električne energije 18 centov/kWh, nas bo stala 1kWh toplotne energije 4,5 centov. V kolikor bi ogrevali z električnim grelcem (električnim radiatorjem ali z električno centralno pečjo), bi nas 1 kWh toplote stala 18 centov.

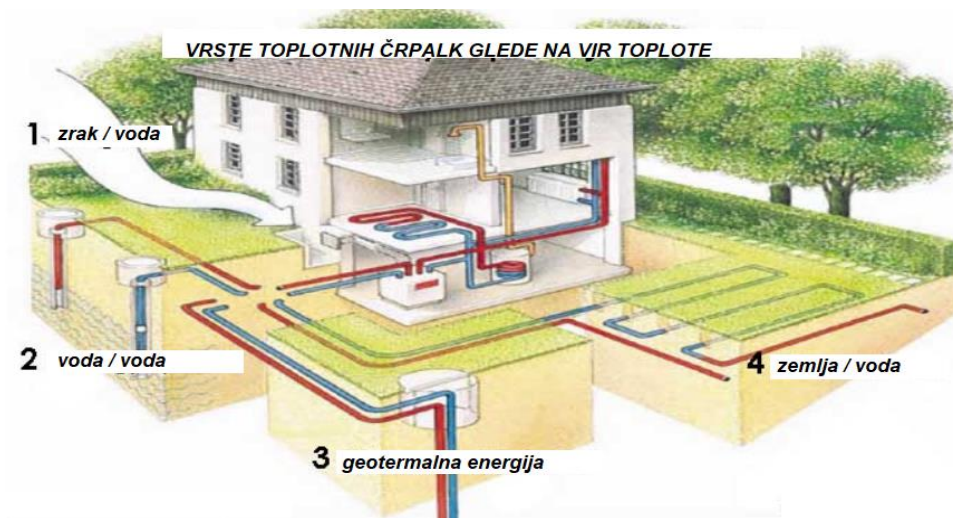
Na vrednost grelnega števila toplotne črpalke vplivajo razen njene kvalitete in vrste še predvsem temperatura zunanjega vira (zraka, podtalnice, zemlje), želena temperatura ogrevanih prostorov, in temperatura ogrevalne vode (odvisna od načina ogrevanja – radiatorsko ali ploskovno in tudi od kvalitete toplotnega ovoja zgradbe). Na vrednost grelnega števila vpliva torej tudi kvaliteta toplotnega ovoja zgradbe, ki jo ogrevamo. Dana toplotna črpalka bo dosegala na isti lokaciji, pri dveh sosednjih zgradbah z različno kvaliteto toplotne izolacije ovoja, različna grelna števila in s tem tudi različne stroške ogrevanja.

Vrste toplotnih črpalk glede na vir toplote

Toplotna črpalka s pomočjo porabljene električne energije »pobere« toploto okoliškega vira, jo dvigne na višji temperaturni nivo in odda sistemu za ogrevanje hiše in sanitarne vode.

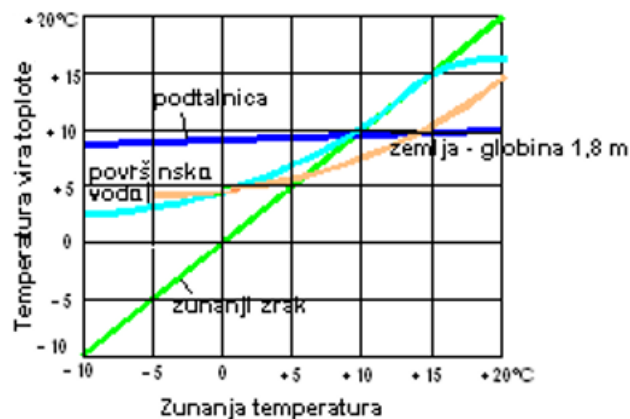
Osnovni viri energije okolice, ki jih toplotna črpalka potrebuje pri svojem delovanju so:

1. Energija okoliškega zraka – toplotna črpalka zrak/voda
2. Energija podtalnice – toplotna črpalka voda/voda
3. Geotermalna energija (energija zemlje iz večjih globin) – geotermalna toplotna črpalka
4. Energija zemlje iz manjših globin – toplotna črpalka zemlja/voda



Slika 2 – Vrste toplotnih črpalk glede na vir toplote Vir- Viessmann

Približne vrednosti temperatur posameznih virov v odvisnosti od zunanjih temperatur prikazuje slika 3.



Slika 3. Približne vrednosti za temperature vira toplote v teku leta Vir: VDI 2067

Toplotna črpalka zrak/voda

Ta sistem uporablja za glavni energetski vir, ki uparja delovno snov v uparjalniku, toploto okoliškega zraka. Kot je to iz slike 3 razvidno, se temperatura okoliškega zraka skozi leto spreminja. Zaradi tega se spreminja tudi grelno število. Teoretično obratujejo sodobne toplotne črpalke tudi pri temperaturi okoliškega zraka minus 28 °. Pri tej zunanji temperaturi in temperaturi ogrevne vode 35 °C dosegajo grelno število okoli 2, pri temperaturi ogrevne vode 50 °C pa le okoli 1,5. Pri zelo nizkih temperaturah se v praksi pojavljajo tudi določene težave z zamrzovanjem. Zaradi tega toplotne črpalke zrak/voda samostojno pokrijejo toplotne izgube le dobro toplotno izoliranih zgradb, ogrevanih ploskovno. Pri nekoliko slabše toplotno izoliranih hišah mora pri zelo nizkih temperaturah okolice toplotni črpalki »pomagati« kak drugi vir toplote (toplovodni kotel, električni grelec). Statistični podatki kažejo, da je v Sloveniji razmeroma malo dni s temperaturo nižjo od minus 7 °C, tako da znaša v povprečju letno grelno število teh črpalk (SCOP) okoli 3,0 do 4. Pri tem pa, v primeru dobro toplotno izolirane zgradbe, s toplotno črpalko zrak/voda pokrijemo okoli 98% potreb po toploti. Višje vrednosti grelnega števila veljajo v primeru talnega ogrevanja. Tudi zaradi tega je ploskovno ogrevanje najboljša izbira ogrevanja s toplotno črpalko. V primeru radiatorskega ogrevanja je potrebno le-te dimenzionirati na režim 55/45 °C, kar pomeni, da bo lahko njihova površina tudi do 2 krat večja, kot pri visokotemperaturnem režimu ogrevanja. Pomembno je poudariti tudi to, da pri toplotnih črpalkah zrak/voda grelna moč toplotne črpalke s padanjem zunanje temperature pada. Pri nekaterih toplotnih črpalkah padanje toplotne moči prične pri minus 7 °C, pri kvalitetnejših pa pri minus 15 °C. Navedeno je potrebno upoštevati pri izbiri toplotne črpalke.

Prednosti toplotne črpalke zrak/voda pred toplotnimi črpalkami voda/voda in zemlja/voda:

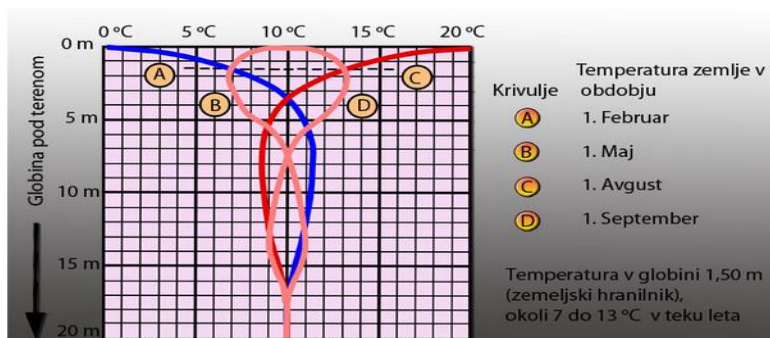
- nižji investicijski stroški (odpade kolektor ali vrtina)
- enostavna in poceni montaža ter vzdrževanje sistema
- majhen prostor za napravo in instalacije
- ni potrebno pridobiti nobenih dovoljenj

Pri dobro toplotno izoliranem ovojju zgradbe (zunanje stene minimalno 15 cm, strop 30 cm, tla vsaj 12 cm, trojna izolacijska zasteklitev oken) in ploskovnem (talnem) ogrevanju bo tudi toplotna črpalka zrak/voda obratovala zelo ekonomično in samostojno. To velja tudi v primeru radiatorskega ogrevanja, če je ogrevalna površina radiatorjev ustrezno izbrana.

Toplotna črpalka voda/voda

Pri tem sistemu uporabljamo kot glavni energetski vir toploto podtalnice, ki se ji temperatura skozi leto praktično ne menja. Zaradi navedenega zagotavlja ta sistem največjo vrednost letnega grelnega števila in tudi samostojno delovanje toplotne črpalke skozi celo leto. V kolikor je TČ pravilno izbrana in sistem ogrevanja pravilno dimenzionirano, pri tem sistemu ne potrebujemo dodatnega toplotnega vira (toplovodni kotel,...) niti v najhladnejšem zimskem času.

Za delovanje sistema potrebujemo dve vrtini, medsebojno oddaljeni vsaj 15 m. Globina vrtine je odvisna od lokacije. Za ravninski del Pomurja ustreza v glavnem globina okoli 20m. Potrebno globino 15 do 20 m utemeljuje slika 4, ki prikazuje letni temperaturni nivo zemlje v globini od 0 do 20 m v različnih letnih časih oziroma mesecih.



Slika 4 - Temperaturni nivo zemlje v globini od 0 do 20 m Vir: spletne strani

V sesalno vrtino je vgrajena potopna črpalka, ki tlači podtalnico v uparjalnik toplotne črpalke in jo po odvzemu njene toplote vrača v ponorno vrtino. Temperatura podtalnice znaša 8 do 12 °C, z oddajanjem toplote v uparjalniku pa se le – ta ohladi za cca. 4 °C. Potopna črpalka mora dajati konstanten pretok. Pri njeni izbiri pa moramo upoštevati podatek, da je potreben pretok podtalnice skozi uparjalnik cca. 0,2 m³/h za 1 kW proizvedene toplote. Dejansko potreben pretok poda proizvajalec TČ.

Pred investicijo je potrebno pridobiti vodno dovoljenje za odvzem podtalnice in kemično analizo podtalnice. Voda ne sme vsebovati izločljivih snovi. Zaradi nemotenega delovanja toplotne črpalke, sme znašati maksimalna dovoljena količina železa 0,2 mg/l, maksimalna količina mangana pa 0,1 mg/l. Zahtevano kvaliteto vode prav tako poda proizvajalec toplotne črpalke.

Pri izbiri sesalne oziroma ponorne vrtine je treba upoštevati smer toka podtalnice. Izrednega pomena pa je tudi kvaliteta izvedbe zatesnitve cevododov sesalna vrtina - toplotna črpalka – ponorna vrtina, tako da okoliški zrak ne more priti v kontakt z vodo, ki jo uporabljamo kot vir toplote. Okoliški zrak bi namreč povzročal oksidacijo in s tem izločanje in nabiranje usedlin, ki bi močno poslabšali predajo toplote v toplotnem izmenjevalcu toplotne črpalke. Letno grelno število teh črpalk znaša med 4 in 6.

Toplotna črpalka zemlja/voda

Pri tem sistemu uporabljamo v glavnem dva načina odvzema toplote zemlje oziroma kamnin. Prvi način je odvzem s pomočjo horizontalnega zemeljskega kolektorja, drugi pa s pomočjo vertikalne zemeljske sonde (geosonda).

Horizontalni zemeljski kolektor

Na globini cca. 120 do 180 cm položimo vodoravno v zemljo PE cevi, ki naj bodo med seboj oddaljene vsaj 70 cm. Potrebna dolžina cevi zavisi od moči toplotne črpalke in od kvalitete zemlje. Čim bolj je zemlja vlažna, tem več toplote ji lahko odvezamo in tem krajša je lahko cev. Pri vlažni zemlji računamo s podatkom 20 W/m cevi, kar pomeni, da je potrebno za 10 kW – no toplotno črpalko položiti 500 m cevi. Pri peščeni zemlji je treba računati z manjšim odvzemom, to je le z 10 W/m cevi. Prav zaradi navedenega, zemljišče, kamor je položen kolektor, ne sme biti pozidano oziroma asfaltirano. Temperatura vira znaša od 4 do 12 °C. Zaradi odvzema toplote zemlje kroži v ceveh mešanica vode in protizmrzevalnega sredstva (voda- glikol), ki prepreči zmrzovanje do minus 15 °C.

Približen izračun potrebne površine horizontalnega kolektorja (m²):

$$A_{kp} \geq 2A_{pr} \text{ (m}^2\text{)}$$

Pri tem pomeni:

A_{kp} – skupna površina zemljišča, pod katerim je kolektorsko polje (m²)

A_{pr} – skupna površina prostorov, ki jih želimo ogrevati (m²)



Slika 5 zemeljski kolektor; Vir spletne strani

Toplotna črpalka z geosondo

Geosonde (slika 6) uporabljamo predvsem na gosto naseljenih področjih, kjer ni prostih površin za horizontalne zemeljske kolektorje. Gre za vrtnice globine od 60 do največ 200 m, v katere položimo cevi za odvzem toplote zemlje oziroma kamnin. V uporabi sta v glavnem dve izvedbi:

- Izvedba z dvojno U cevjo (skozi en krak vstopa ohlajeni delovni medij, skozi drugi krak se v TČ vrača segret delovni medij),
- Izvedba s koaksialno cevjo (notranja cev je iz PE, skozi njo teče hladni delovni medij, medtem ko je zunanja cev iz jekla in skozi njo teče do TČ segret delovni medij)

V odvisnosti od lastnosti zemlje je možno odvzeti od 20 do 100 W/m dolžine sonde oziroma globine tal. Odvzem toplote je sledeč:

- suha peščena tla : 20 W/m
- vlažna peščena tla : 40 W/m
- vlažna kamnita tla : 60 W/m
- tla s podtalnico: 80 – 100 W/m



Slika 6 – geosonda; Vir spletne strani

Toplotne črpalke zemlja/voda dosegajo letna grelna števila vrednosti 4 do 5.

Vrste toplotnih črpalk glede na temperaturo izstopne vode

Glede na temperaturo v kondenzatorju (temperaturo izstopne vode za ogrevanje) delimo toplotne črpalke v nizkotemperaturne, srednjetemperaturne in visokotemperaturne.

Nizkotemperaturna TČ

Ogrevna voda na izstopu iz teh črpalk doseže temperaturo do 45 °C. Te toplotne črpalke so primerne za ploskovno ogrevanje (talno, stensko, stropno) dobro toplotno izoliranih zgradb.

Srednjetemperaturne toplotne črpalke

Tem toplotnim črpalkam pravimo tudi enostopenjske visokotemperaturne toplotne črpalke – TČ z enim kompresorjem.

Nizkotemperaturne toplotne črpalke so primerne za ploskovno ogrevanj. Vemo pa, da razen ploskevnega ogrevanja imamo tudi druge vrste ogrevanj, ki zahtevajo višje temperature ogrevne vode. V ta namen je na trgu možno dobiti srednjetemperaturne TČ. Temperatura izstopne vode iz srednjetemperaturne TČ se lahko spreminja od 20 do 60 oziroma 65 °C in to brez električnega grelca.

Te toplotne črpalke so primerne za radiatorsko ogrevanje dobro in srednje dobro toplotno izoliranih zgradb. Dobra lastnost teh TČ je konstantna toplotna moč tudi pri nizkih temperaturah okoliškega zrak. Tako ima večina skorajda konstantno moč do temperature okolice – 7°C, nekatere, kot naprimer Zubadan, pa celo do - 15°C. Padanje moči s temperaturo zunanjega zraka je potrebno upoštevati pri dimenzioniranju TČ.

Visokotemperaturna TČ

Gre za skupno delovanje dveh kompresorskih krogov, vezanih v kaskado. Pri slabših (manj ekonomičnih) visokotemperaturnih TČ je izhod prvega kroga TČ vhod v drugi kompresorski krog. TČ deluje le, če obratujeta oba kompresorja. Pri boljših visokotemperaturnih TČ pa obstaja možnost obratovanja le enega kompresorja ali pa obeh skupaj, kar omogoča racionalnejše obratovanje celote. Pri višjih temperaturah okolice, ko zadošča za ogrevanje nižja temperatura vode (npr. 45 °C) deluje le en kompresor. Pri nižji temperaturah okolice, ko potrebujemo za ogrevanje že višjo temperaturo ogrevne vode (npr. 70 °C) pa se prvemu kompresorju priključi

še drugi kompresor. Na ta način lahko iz toplotne črpalke dobimo ogrevalno vodo temperature od 20 pa vse do 80 °C in to brez dogrevanja z električnim grelcem. Te toplotne črpalke so primerne za ogrevanje slabše toplotnoizoliranih zgradb, ogrevanih z radiatorji.

Pri delovanju toplotnih črpalk je glavni energetski vir toplota iz okolice (okoli 70%). Zaradi tega spadajo le – te v skupino naprav, ki ogrevajo z obnovljivimi viri in njihovo vgradnjo podpira tudi EKO sklad z nepovratnimi sredstvi. Podrobnosti glede tega najdete na njihovih spletnih straneh in sicer v javnem pozivu 74SUB – OB19. Pomoč pa si lahko pridobite tudi v Energetsko svetovalnih pisarnah širom Slovenije.

Vodja Ensvet pisarne Lendava
mag. Evgen Gömbös, udie.