

16.16 Možnost rabe toplotnih črpalk

VIR: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije.URE/URE1-12.htm>

Avtorja:

- Karmen Rotnik, udis, Komunala Velenje
- Miha Praznik, udis, Gradbeni inštitut – ZRMK

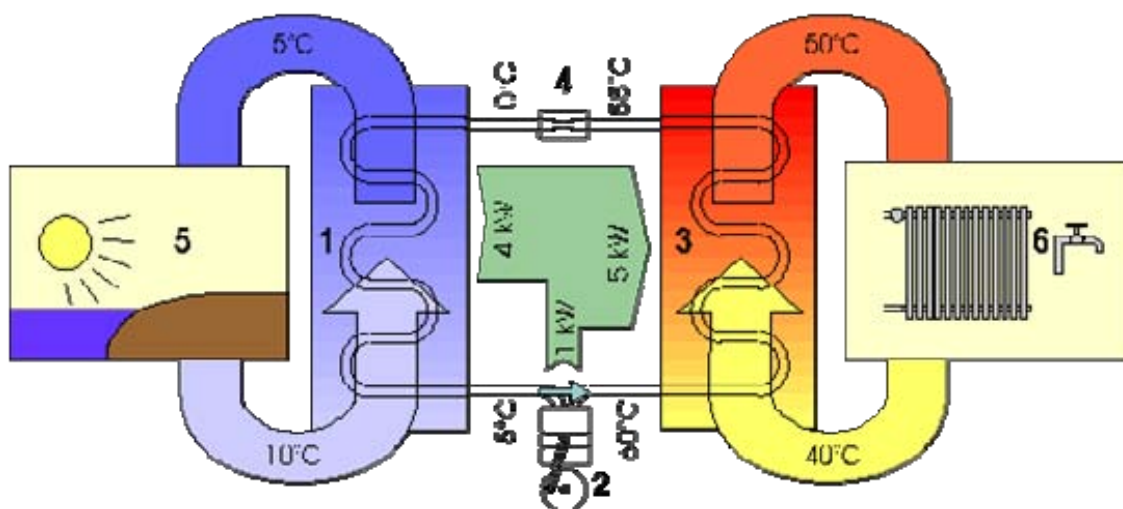
Ogrevanje s toplotno črpalko predstavlja energetsko učinkovit in okolju prijazen način ogrevanja. Toplotne črpalke so naprave, ki izkoriščajo toploto iz okolice ter jo pretvarjajo v uporabno toploto za ogrevanje prostorov in segrevanje sanitarne vode. Toplota, ki jo iz okolice črpajo toplotne črpalke je v različne snovi akumulirana sončna energije, zato predstavlja obnovljivi vir energije. Toplotne črpalke izkoriščajo toploto zraka, podtalne in površinske vode, toploto akumulirano v zemlji in kamnitih masivih, lahko pa izkoriščajo tudi odpadno toploto, ki se sprošča pri različnih tehnoloških procesih.

Način delovanja in vrste toplotnih črpalk

Toplotne črpalke snovem iz okolice odzemajo toploto na nižjem temperaturnem nivoju ter jo oddajajo v ogrevalni sistem na višjem temperaturnem nivoju. Da je to mogoče, je potrebno v takšen krožni proces dovesti dodatno pogonsko energijo. Toplotna črpalka potrebuje za prenos toplote delovni medij, ki s spremembo svojega agregatnega stanja prenaša toploto iz okolice v poljuben ogrevalni sistem. Kot delovno sredstvo se v toplotnih črpalkah uporabljajo hladiva. Hladiva so snovi, ki se uparijo že pri nižjih temperaturah npr. 0°-35°C. Zaradi škodljivega vpliva hladiv fluor-klor-ogljikovodikov na ozonsko plast in t.i. učinek tople grede, je njihova uporaba od začetka leta 1995 prepovedana. Toplotne črpalke, ki so izdelane po tem roku uporabljajo kot hladivo R22, R134a in mešanico R404a in R410a. Našteta hladiva nimajo škodljivih vplivov na okolje. Glede na izvedbo ločimo kompaktne toplotne črpalke in toplotne črpalke v t.i. ločeni "split" izvedbi. Pri ločeni izvedbi so posamezni deli toplotne črpalke lahko nameščeni na različni lokaciji. Največkrat je uparjalnik nameščen bližje viru toplote, medtem ko sta kondenzator in hranilnik toplote nameščena v kotlovnici.

Kompresorske toplotne črpalke

Proces (slika 1) v toplotni črpalki poteka po zaključenem tokokrogu. Hladivo v uparjalniku (1) odvzame toploto okoliškemu mediju (5) in se upari. Uparjeno hladivo nato potuje skozi kompresor (2), kjer se mu zaradi vložene mehanike dela-kompresije zvišata tlak in temperatura. V kondenzatorju (3) uparjeno hladivo kondenzira in pri tem odda toploto mediju (6), ki ga ogreva. Utekočinjeno in ohlajeno hladivo potuje skozi dušilni ventil (4), kjer ekspandira na nižji tlak ter od tu nazaj v uparjalnik. Ta krožni proces se ponavlja, dokler deluje toplotna črpalka.



Slika 1: Delovanje toplotne črpalke

grelno število: $e = Q_o / P_k$

Razmerje med pridobljeno toploto Q_o in vloženim delom P_k imenujemo grelni število, njegova vrednost je odvisna vrste toplotne črpalke in od vira okoliške toplote. Sodobne toplotne črpalke dosegajo grelni število med 2,5 in 3,5 kar pomeni, da na 1 del vložene energije pridobimo 1,5 do 3,0 dele brezplačne toplote.

Absorpcijske toplotne črpalke

Absorpcijske toplotne črpalke se od kompresorskih ločijo po tem, da imajo namesto mehanskega kompresorja t.i. toplotni kompresor, ki kot pogonsko energijo izkorišča različne energijske vire (bioplin, fosilna goriva, ipd.). Uporaba absorpcijskih toplotnih črpalk v gospodinjstvih ni razširjena.

VIRI TOPLOTE

Zrak

Toplota zunanjega zraka je neizčrpen vir, katerega izdatnost je največja v poletnem času. Njegova slabost je manjša razpoložljivost v zimskem času, ko naš ogrevalni sistem potrebuje največ dovedene toplote. Kljub temu je zunanji zrak zanimiv za gospodarno izkoriščanje do temperature $+5^{\circ}\text{C}$, izjemoma do 0°C . Pri nižjih temperaturah nastopajo težave zaradi nabiranja sreža na uparjalniku. Zato ga najpogosteje uporabljamo kot toplotni vir pri toplotnih črpalkah, ki obratujejo v bivalentnem sistemu. Primeren je kot toplotni vir za segrevanje sanitarne vode, medtem, ko je njegovo izkoriščanje za ogrevanje prostorov primerno predvsem na področjih z milejšo klimo (pri nas na Primorskem). Za 1 kW toplotne moči je potrebna količina zraka od 400 do 600 m^3/h , odvisno od temperature zraka. Za intenzivnejši prenos toplote v uparjalniku je potreben prisilen pretok zraka, zato so toplotne črpalke opremljene ventilatorjem, ki poveča šumnost delovanja toplotne črpalke. Izkoriščamo lahko tudi toploto zraka v zaprtih prostorih, ki jih na ta način tudi hladimo. Praktičen primer takšne uporabe je hlajenje kleti.

Podtalna voda

Toplota podtalnice je za izkoriščanje s toplotno črpalko zelo ugoden energijski vir. Njena prednost je sorazmerno konstanten temperaturni nivo na približno od $+6$ do $+10^{\circ}\text{C}$. Praviloma je njeno izkoriščanje gospodarno, če njena temperatura ni nižja od $+6^{\circ}\text{C}$. Izvedba sistema s toplotno črpalko je tehnično zahtevnejša in povezana z večjimi investicijskimi stroški. Obvezno je potrebno zgraditi dva vodnjaka, in sicer sesalnega, iz katerega s pomočjo potopne črpalke črpamo vodo do uparjalnika. Drugi vodnjak služi kot ponor, po katerem vračamo vodo nazaj pod površje. Pred uporabo podtalnice je potrebno preveriti, kakšna sta pretok in temperatura vode, na osnovi česar določimo toplotno moč vira. Pomembna je tudi globina, na kateri je razpoložljiva voda, kajti cena vrtine z globino močno narašča. S kemično analizo je potrebno preveriti sestavo vode. Agresivna voda namreč zahteva posebne izmenjevalce toplote, kar še dodatno podraži investicijo. Preveriti je potrebno tudi smer, v katero teče podtalnica. Ponorni vodnjak mora biti na razdalji od 15 do 20 m za sesalnim, gledano v smeri toka vode. Pred izvedbo sistema je od pristojnih upravnih organov potrebno pridobiti dovoljenje za uporabo in izkoriščanje voda.

Toplotne črpalke za izkoriščanje toplote podtalnice največkrat uporabljamo za ogrevanje zgradb in pripravo sanitarne vode. Za oceno toplotne moči vira velja podatek, da je za 1kW pridobljene toplotne moči potrebno 1400 litrov/h vode pri temperaturni razliki $Dt=3\text{K}$, oziroma 1000 litrov/h pri $Dt=5\text{K}$. Tabela-1 ponazarja potrebno količino vode za ogrevanje prostorov poljubne površine ter specifične porabe toplote W/m^2 .

površina stanovanja (m ²)	specifična poraba toplote (W/m ²)		
	50-70 m ³ /h	70-90 m ³ /h	90-110 m ³ /h
100	1,00	1,30	1,60
120	1,20	1,60	1,90
150	1,50	1,90	2,40
180	1,80	2,30	2,80
200	2,00	2,60	3,20

Tabela 1: Potrebna količina vode za ogrevanje prostorov

Površinska voda

Površinska voda kot toplotni vir ni tako zanimiva za izkoriščanje, saj se njena temperatura spreminja v odvisnosti od temperature okoliškega zraka. Kljub temu so za izkoriščanje zanimive predvsem stoječe vode kot so jezera ali morje, kjer je temperatura vode na določeni globini dokaj konstanta. Pri nas uporaba toplotnih črpalk za izkoriščanje toplote površinskih vod ni razširjena.

Zemlja in kamniti masivi

Toplota, akumulirana v zemlji in kamnitih masivih, predstavlja zanesljiv vir toplote, katerega prednost je njegova konstantna vrednost razpoložljive toplote. Povprečni odvzem toplote iz zemlje na globini 1,5 do 2,0m znaša od 15 do 35W/m². Tako potrebujemo za 1kW potrebne toplotne moči od 30-40 m² površine, velja tudi ocena, da mora biti površina zemlje 3-4krat večja od površine ogrevanih prostorov. Pri izvedbi je potreben večji poseg v zemljišče. Cevni prenosnik, ki predstavlja uparjalnik, je potrebno položiti v eni ali več plasteh. Cevi so lahko položene v obliki spirale, vzporedno ali na drug način. Povprečna razdalja med cevi je približno 60 cm, delovni medij je največkrat voda. Pred izvedbo je potrebno preveriti nivo podtalnice, velikost zemljišča ter urbanistično ureditev prostora. Tabela-2 ponazarja povprečni odvzem toplote iz zemlje glede na njeno sestavo.

vrsta zemljine	odvzem toplote iz tal (W/m ²)
suha peščena tla	10-15
suha ilovnata tla	15-20
vlažna ilovnata tla	25-30
močvirna tla	30-35
granit	60-65

Tabela 2: Povprečni odvzem toplote iz zemlje

Glede na površino ogrevanih prostorov ter specifično porabo toplote v zgradbi lahko s pomočjo tabele-3 določimo okvirno površino zemlje, v katero je potrebno položiti cevni prenosnik.

Površina ogrevanih prostorov v m ²	specifična poraba toplote W/m ²						
	50	60	70	80	90	100	110
potrebna površina zemlje v m ²							
monovalentno obratovanje							
100	100	120	140	160	180	200	220
150	150	180	210	240	270	300	330
180	180	216	252	288	324	360	396
200	200	240	280	320	360	400	440
bivalentno alternativno obratovanje							
100	50	60	70	80	90	100	110
150	75	90	110	120	135	150	165
180	90	116	126	144	162	189	198
200	100	120	140	160	180	200	220

Tabela 3: Potrebna površina zemlje za ogrevanje objekta

Pri nas manj razširjen način je izkoriščanje toplote akumulirane v toplotnih masivih. Značilnost teh sistemov je sistem črpanja toplote iz globine kamnin. Potrebne so sorazmerno globoke vrtine, v katere dovajamo vodo ali kakšno drugo snov, ki služi za prenos toplote. V notranjosti kamnin se voda segreje ter se po vzporedni vrtini segreta vrača na površje. Sistem je investicijsko zahtevnejši, predvsem zaradi izvedbe vrtin.

Sončna energija

Neposredna uporaba sončne energije kot toplotnega vira temelji na sistemih z veliko akumulacijo sončne energije, na primer sončne strehe, ograje, posebni sprejemniki vkopani v tla ali vgrajeni v masivne betonske površine ipd. V vgrajenih cevni prenosnikih se skozi vse leto segreva določen medij, največkrat slanica odporna proti zmrzovanju, ki absorbirano sončno energijo preko posebnega prenosnika odda uparjalniku. V gospodinjstvih takšni sistemi niso doživeli široke uporabe, predvsem zaradi visoke cene. Neposredno sončno energijo je ceneje izkoriščati z direktnimi solarnimi sistemi.

Odpadna toplota

Odpadna toplota pri najrazličnejših tehnoloških procesih je zanimiv in največkrat cenejši vir toplote, vendar ne toliko uporaben v gospodinjstvih kot v obrti in industriji. Toplota, ki nastaja pri različnih tehnoloških procesih kot stranski produkt, je od vseh do sedaj naštetih virov največkrat na najvišjem temperaturnem nivoju. Težavo pri uporabi lahko predstavlja kemična agresivnost vira toplote, zato ga je potrebno včasih prečistiti, filtrirati, nevtralizirati ipd., kar podraži investicijo. Za izkoriščanje v gospodinjstvih je zanimiva odpadna toplota, ki nastaja na kmetijah, v gostinskih lokalih in obrtnih delavnicah. V kmetijstvu lahko s toploto, ki se sprošča v hlevu, hladilnici mleka ipd., ogrevamo domačijo in sanitarno vodo. Gostinski lokali lahko toploto, ki jo oddajajo hladilne naprave, izkoriščajo preko toplotne črpalke za segrevanje sanitarne vode. Energetsko učinkovita je uporaba kombinacije hladilne naprave in toplotne črpalke. Tako zmanjšamo obratovalne in investicijske stroške za hladilno in ogrevalno napravo.

PRIMERI UPORABE TOPLOTNIH ČRPALK

Segrevanje sanitarne vode

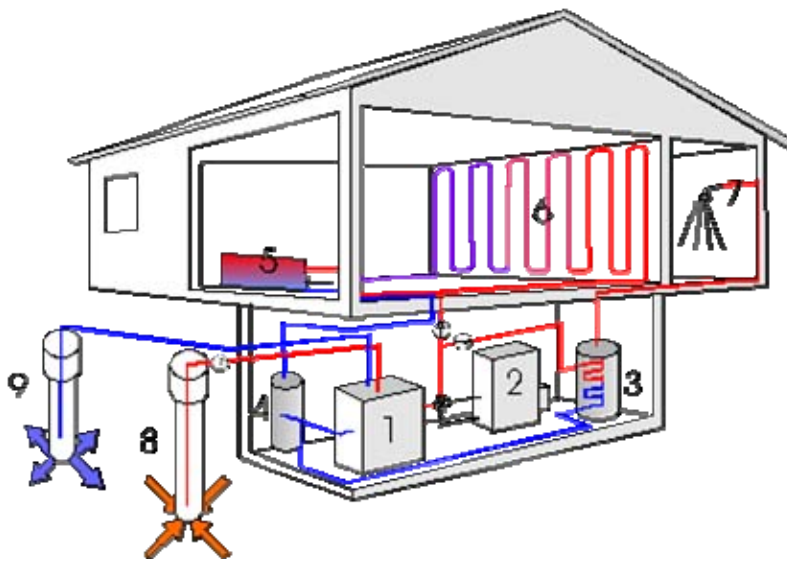
Za pripravo tople sanitarne vode najpogosteje uporabljamo toplotne črpalke zrak/voda, ki izkoriščajo toploto zraka. Primerna lokacija za postavitve toplotne črpalke je prostor, v katerem je temperatura zraka čim višja. To je lahko klet, shramba, bivalni prostor, lahko pa jo postavimo tudi na prosto. Na ta način lahko ogrevamo sanitarno vodo skozi vse leto, predvsem učinkovita pa je uporaba v poletnih mesecih, ko lahko na ta način bolj učinkovito hladimo tudi prostor. Toplota, ki jo pridobivamo s toplotno črpalke, je nizkotemperaturna toplota, kar ustreza zahtevam za pripravo tople sanitarne vode.

Optimalna temperatura ogrevane vode je od 45-60°C. Pri višjih temperaturah nastopajo večje toplotne izgube, povečano pa je tudi izločanje apnenca na prenosnih površinah, kar ovira prenos toplote. Velikost prigrajenega hranilnika toplote je odvisna od potreb po topli vodi, ki jih določimo na osnovi števila oseb in njihovih bivalnih navad. Za 4-člansko družino zadošča hranilnik toplote s prostornino od 200-300 litrov. Velikost hranilnika toplote je odvisna tudi od temperaturnega nivoja vira toplote, nižji kot je, večja akumulacija je potrebna. Toplotne črpalke za segrevanje sanitarne vode imajo pogonsko moč od 0,6 do 2kW, njihova toplotna moč pa je od 3 do 7 kW.

Za segrevanje sanitarne vode lahko uporabimo kot vir toplote tudi podtalnico, odpadno toploto, toploto zemlje in akumulirano sončno energijo. Izkoriščanje teh virov je največkrat v kombinaciji s sistemom za ogrevanje prostorov.

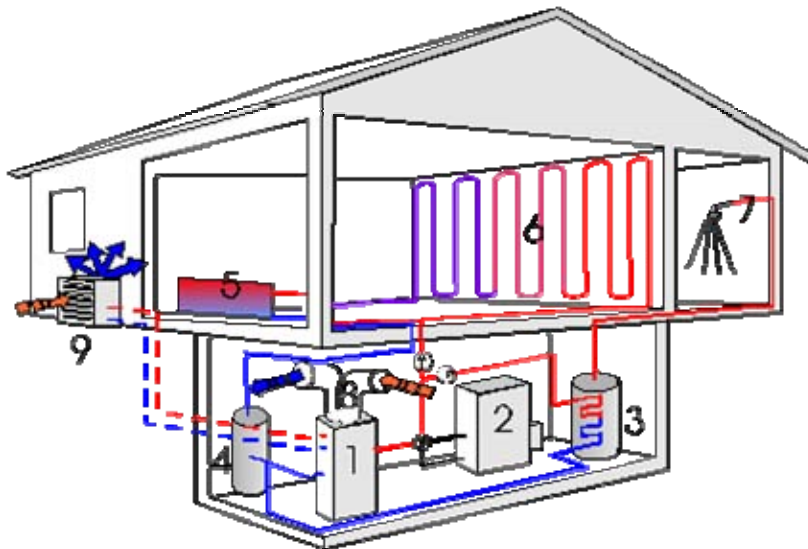
Ogrevanje prostorov

Za ogrevanje stanovanjskih zgradb najpogosteje uporabljamo toplotne črpalke, ki izkoriščajo toploto podtalnice in v zemlji akumulirano toploto. Nazivna toplotna moč toplotnih črpalok za ogrevanje prostorov je odvisna od toplotnih potreb zgradbe. Za ogrevanje enodružinskih hiš uporabljamo toplotne črpalke z nazivno toplotno močjo od 8 do 40kW ter s pogonsko močjo od 2 do 12kW. Kombiniran sistem za ogrevanje prostorov in segrevanje sanitarne vode lahko izkorišča toploto poljubnega vira. Na sliki 2 je prikazan sistem, ki izkorišča toploto podtalnice. Potopna črpalka črpa vodo iz sesalnega (8) vodnjaka do toplotne črpalke (1), ki obratuje bivalentno v kombinaciji s toplovodnim kotlom (2). Za akumulacijo toplote služi hranilnik toplote (4). Pridobljena toplota se uporablja lahko za nizkotemperaturno radiatorsko (5) in površinsko (6) ogrevanje ter segrevanje sanitarne vode (3 in 7).



Slika 2: Sistem z izkoriščanjem toplote podtalnice

Na sliki 3 je prikazan sistem, ki izkorišča toploto okoliškega zraka. Prikazana sta različna primera dovoda zraka. V prvem primeru dovajamo okoliški zrak v uparjalnik, kateri je integriran v enoti toplotne črpalke (8). V drugem primeru pa zrak dovajamo v uparjalnik, ki se nahaja izven objekta (9), ločeno od preostalega dela toplotne črpalke.

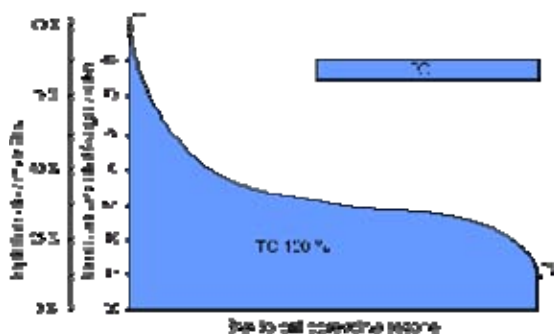


Slika 3: Sistem z izkoriščanjem toplote okoliškega zraka

Ogrevalni sistemi, v katerih kot vir toplote uporabljamo toplotno črpalko, so nizkotemperaturni sistemi. Zgradba, ki jo želimo na ta način ogrevati mora biti optimalno toplotno zaščiten. Cevovodi in ogrevala pri nizkotemperaturnem ogrevalnem sistemu so večjih dimenzij kot pri klasičnem visokotemperaturnem sistemu, zato pri adaptacijah starejših zgradb prehod iz enega obratovalnega režima v drugega ni vedno mogoč. Uporabiti moramo nizkotemperaturne sisteme ogrevanja kot so površinsko (talno), konvektorsko in toplozračno ogrevanje. Toplotne črpalke kot vir toplote lahko uporabljamo tudi v toplozračnih ogrevalnih sistemih. Ti sistemi preko toplotne črpalke ogrevajo zrak, ki ga po posebnih dovodnih kanalih dovajamo v prostore. Vir toplote je lahko notranji zrak, ki ga sesamo iz prostorov in ga vodimo preko posebnih kanalov do prenosnika toplote, ki hkrati predstavlja uparjalnik toplotne črpalke. Iz okolice črpamo svež zrak, ki se segreje v podobnem prenosniku toplote, ki predstavlja kondenzator toplotne črpalke. Z dovajanjem svežega toplega zraka tudi učinkovito prezračujemo prostore. Zelo pomembna je strokovna izvedba sistema, v nasprotnem primeru se pri obratovanju pojavi kup težav (šumnost, občutek prepiha, neenakomerno in nezadostno ogrevanje).

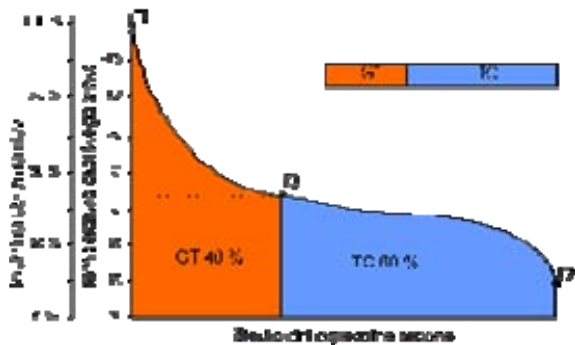
Načini obratovanja toplotnih črpalk

Glede na način obratovanja toplotne črpalke v ogrevalnem sistemu ločimo 4 različne obratovalne režime. Monovalentno obratovanje (slika 4), toplotna črpalka deluje samostojno. Pokriva celotne toplotne potrebe zgradbe skozi celo ogrevalno sezono. Temperaturni režim obratovanja ogrevalnega sistema je največkrat 45/40°C.



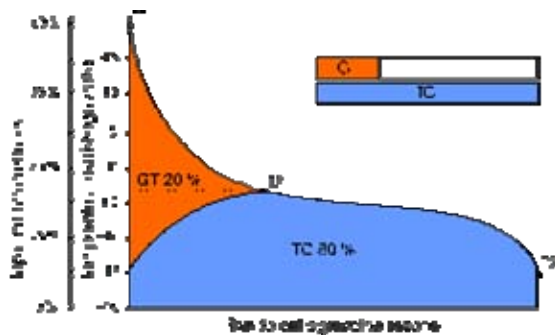
Slika 4: Monovalentno delovanje TČ

Bivalentno alternativno obratovanje (slika 5), toplotna črpalka pokriva toplotne izgube do določene zunanje temperature (0-5°C), ko je njeno obratovanje še gospodarno. Pri nižji zunanji temperaturi se izklopi in obratovati začne toplovodni kotel ali drug vir toplote. Prednost sistema sta dva neodvisna generatorja toplote, ki se lahko v primeru izpada enega v celoti ali deloma nadomestita. Temperaturni režim obratovanja ogrevalnega sistema je lahko višji npr. 60/50°C ali celo 80/60°C.



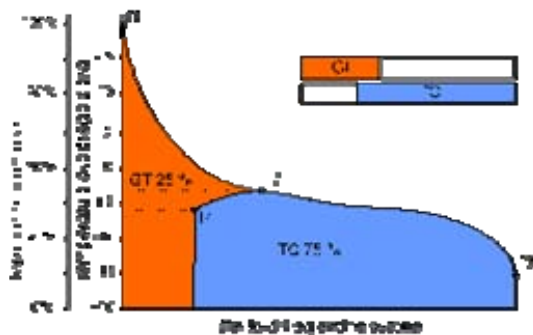
Slika 5: Bivalentno alternativno delovanje TČ

Bivalentno vzporedno obratovanje (slika 6), toplotna črpalka deluje neprekinjeno, pri nižjih temperaturah, ko ne pokriva več vseh toplotnih potreb zgradbe, se vključi kot dodatni vir toplote še toplovodni kotel. Pri nižjih temperaturah (npr. pod 0°C) delujeta vzporedno oba generatorja toplote.



Slika 6: bivalentno vzporedno delovanje TČ

Bivalentno delno vzporedno obratovanje (slika 7), toplotna črpalka in toplovodni kotel sta dimenzionirana tako kot pri bivalentnem alternativnem obratovanju. S pomočjo regulacije lahko izbiramo poljubno obratovanje pri določenih zunanjih temperaturah.



Slika 7: Bivalentno delno vzporedno delovanje TČ

NAJPOMEMBNEJŠI NAPOTKI ZA UPORABO TOPLOTNE ČRPALKE

Zahteve za zgradbo:

- optimalna toplotna zaščita zunanjih površin
- toplotnoizolacijska zasteklitev ter dobro tesnjenje oken
- ugodna lega zgradbe in pravilna razporeditev prostorov

Zahteve za ogrevalni sistem:

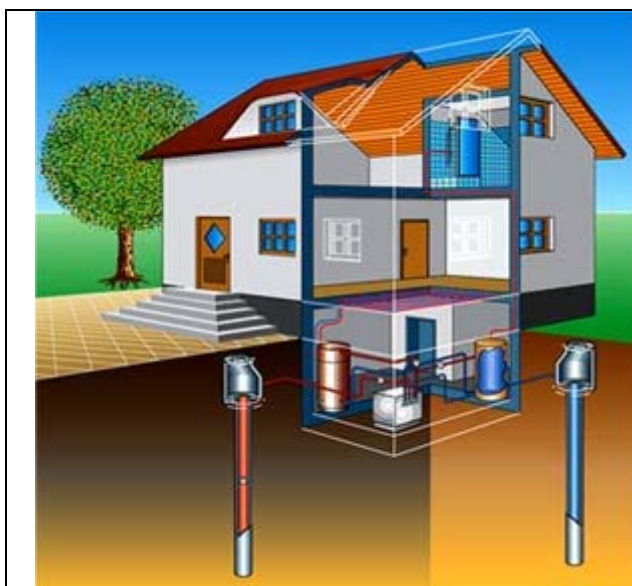
- natančna določitev toplotnih potreb zgradbe (izračun)
- določitev potreb po topli sanitarni vodi (izračun)
- uporaba nizkotemperaturnih sistemov (talno, konvektorsko, toplozračno)
- izdelana tehnična dokumentacija (projekti)
- kakovostna izvedba brez odstopanj od tehnične dokumentacije

Zahteve za vir toplote:

- pravilna ocena razpoložljivosti vira (količinsko in časovno)
- razpolaganje z ustreznim velikim zemljiščem ali drugim virom toplote
- predhodna pridobitev ustreznih soglasij in dovoljenj za uporabo.

Pri označevanju toplotnih črpalk je na prvem mestu naveden medij, ki ga toplotna črpalka ohlaja, na drugem mestu pa medij, ki ga črpalka segreva, npr. TČ zrak/voda, voda/voda, zemlja/voda, zrak/zrak, voda/zrak, slanica/voda, ipd. Pri vsaki črpalki sta navedeni dve moči. Pogonska moč je po vrednosti manjša in predstavlja potrebno moč za pogon toplotne črpalke, toplotna moč je tista moč, ki jo toplotna črpalka proizvaja pri nazivnih pogojih.

VIR: <http://www.tsk.si/index.php?id=32>



Uporaba podtalne vode



Uporaba talne toplotne sonde



Uporaba zraka



Uporaba zemeljskega kolektorja