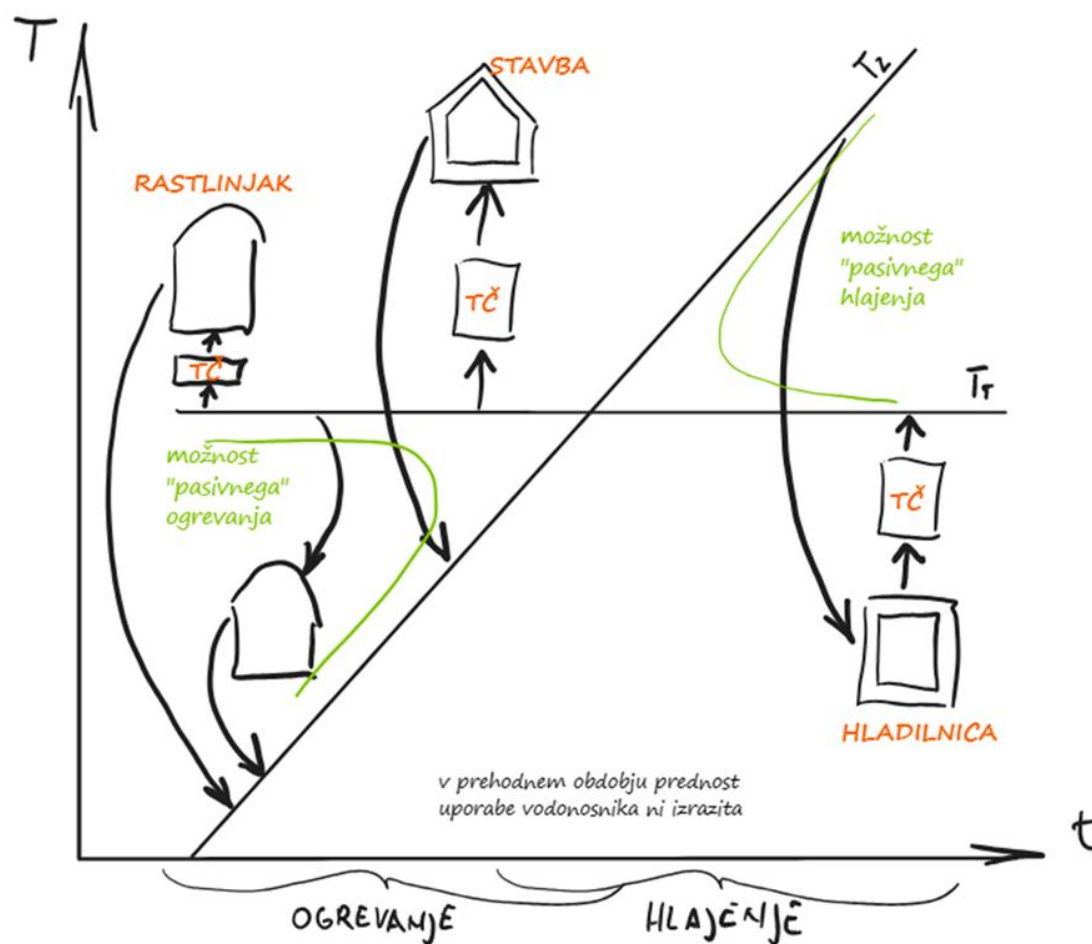




PREDLOG NAJPRIMERNEJŠIH TEHNOLOGIJ RABE PLITVE GEOTERMALNE ENERGIJE

Končno poročilo, Ver. 1.0

Ljubljana, marec 2025



Institut "Jožef Stefan" Ljubljana, Slovenija
Center za energetska učinkovitost

PROJEKT: CRP projekt V1-2213, GeoCOOL FOOD – Hladno skladiščenje hrane z rabo plitve geotermalne energije

NAROČNIK **Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano - MKGP**,
Dunajska cesta 22, 1000 Ljubljana in
Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije - ARIS, Bleiweisova cesta 30, 1000 Ljubljana

DELOVNI PAKET: DP 4: Analiza dostopnih tehnologij izvedbe geotermalnih toplotnih črpalk s predlogom izbora najprimernejših tehnologij glede na ugotovljene naravne danosti

NASLOV POROČILA: M4.1 Predlog najprimernejših tehnologij rabe plitve geotermalne energije

DATUM: marec 2025

AVTORJI: Marko Pečkaj
dr. Marko Matkovič
dr. Gašper Stegnar

VERZIJA POROČILA: 1.0

NASLOV POROČILA:

PREDLOG NAJPRIMERNEJŠIH TEHNOLOGIJ RABE PLITVE GEOTERMALNE ENERGIJE



Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO,
GOZDARSTVO IN PREHRANO

Kazalo

1	Uvod	5
2	Analiza obstoječega stanja	5
2.1	Karakterizacija kmetijskih objektov.....	5
2.1.1	Stanovanjske stavbe	6
2.1.2	Hladilnice	6
2.1.3	Sušilnice	7
2.1.4	Mlekarstvo.....	7
2.1.5	Rastlinjaki in ogrevanje pridelovalne zemlje.....	7
2.2	Geološke razmere in njihov vpliv na izbiro tehnologije koriščenja plitve geotermije	8
2.2.1	Obstoječe omejitve za postavitev geotermalnih toplotnih črpalk	10
2.3	Analiza tehnologij geotermalnih toplotnih črpalk.....	10
2.4	Pregled razpoložljivih tehnologij geotermalnih toplotnih črpalk zemlja-voda in voda-voda	12
2.4.1	Toplotne črpalke z vodnim virom.....	17
2.4.2	Toplotne črpalke z zemeljskim virom	19
2.5	Matrike odločanja o izboru primerne tehnologije izrabe plitve geotermije	21
2.6	Zaključek.....	23

Kazalo slik

Slika 1: Gibanje povprečne temperature zemljine v odvisnosti od globine za celinsko Evropo	9
Slika 2: Prikaz geoloških razmer oziroma potenciala za geotermalne toplotne črpalke v Sloveniji.....	9
Slika 3: Shema osnovnih delov kompresorske toplotne črpalke.....	12
Slika 4: Maksimalna toplotna moč pri temperaturah vtoka ogrevalnega kroga THV 35 °C do 75 °C – Vir: Viessmann	13
Slika 5: Koeficient učinkovitosti COP pri temperaturah vtoka ogrevalnega kroga THV 35 °C do 75 °C – Vir: Viessmann.....	14
Slika 6: Prikaz reverzibilnega delovanja štiri-potnega ventila - Vir: Danfoss.....	14
Slika 7: Prikaz spremembe smeri obratovalnega cikla toplotne črpalke z vklopom štiri-potnega ventila - Vir: Danfoss	14
Slika 8: Primer kompleksnega sistema proizvodnje hladu vroče vode in pare - Vir: Refolution.de.....	15
Slika 9: Shema delovanja absorpcijskih in adsorpcijskih toplotnih črpalk - Vir: Janko Remec, FS	16
Slika 10: Primeri različnih tehnologij zajema plitve geotermije s toplotnimi črpalkami	17
Slika 11: Prikaz poenostavljene določitve potrebne zmogljivosti vodnjaka glede na zahtevano grelni moč črpalke in njeno učinkovitost.....	17
Slika 12: Primer toplotne črpalke voda-voda z odprtim krogom, ki kot vir uporablja podzemno vodo Vir: Atlas	18
Slika 13: Shematski primer vezave toplotne črpalke na vodnjak z vmesnim prenosnikom toplote Vir: Viessmann	18
Slika 14: Prikaz linijskega in zankastega polaganja vodoravnih prenosnikov.....	19
Slika 15: Primer energetskih košar in prikaz njihove postavitve	20
Slika 16: Prikaz vrtanja in shematki prikaz postavitve geosonde Vir: Palir, Atlas	21

Kazalo tabel

Tabela 1: Okvirni temperaturni režimi za posamezne vrste ogrevanja in hlajenja stavb ter pripravo tople sanitarne vode	6
Tabela 2: Značilne temperature, relativne vlažnosti in roki trajanja pridelkov v hladilnicah	7
Tabela 3: Nameni načini in prednosti uporabe toplotnih črpalk v kmetijstvu	8
Tabela 4: Značilni načini zajetja plitve geotermalne energije	11
Tabela 5: Glavne značilnosti, prednosti in slabosti sistemov toplotnih črpalk glede na vrsto vira.....	11
Tabela 6: Okvirne nazivne učinkovitosti in parametri virov za prime absorpcijske toplote črpalke z NH ₃	16
Tabela 7: Specifična toplotna zmogljivost podtalja za vodoravne sisteme do 30 kW po SIST EN 15450:2007.....	20
Tabela 8: Specifična toplotna zmogljivost podtalja za navpične sisteme energetskih košar	20
Tabela 9: Specifična toplotna zmogljivost podtalja za navpične prenosnike - geosonde do 30 kW po SIST EN 15450:2007.....	21
Tabela 10: Matrika odločanja za način zajetja plitve geotermalne energije.....	22
Tabela 11: Pomembni dodatni kriteriji in lastnosti izkoriščanja plitve geotermalne energije.....	23

Predlog najprimernejših tehnologij rabe plitve geotermalne energije

1 Uvod

Cilj poročila je predložiti splošen pregled možnosti uporabe plitve geotermalne energije za pokrivanje potreb kmetijskih objektov po toploti in hladu. Pri tem so prikazani značilni kmetijski objekti in njihove okvirne temperaturne zahteve za pokrivanje potreb po toploti ali hlajenju. Sledi pregled virov plitve geotermije z nižjo temperaturo in vpliv lokacije na možnost koriščenja teh virov. Podan je nabor najpogostejših toplotnih črpalk in osnovna matrika prednostne izbire tehnologij za koriščenje virov plitve geotermije.

2 Analiza obstoječega stanja

Izraba plitve geotermalne energije predstavlja pomemben obnovljiv vir, ki lahko opazno prispeva pri energetske neodvisnosti, zmanjšanju rabe primarne energije in znižanju okoljskih obremenitev pri zagotavljanju potreb po ogrevanju in hlajenju. Zato je vključena v ukrepe za spodbujanje rabe obnovljivih virov tako v Sloveniji kot tudi EU.

2.1 Karakterizacija kmetijskih objektov

Tudi v kmetijskem sektorju obstaja velik potencial uporabe geotermije za pokrivanje potreb po toploti in hladu. Upravičenost uporabe toplotnih črpalk v kmetijstvu temelji na naslednjih predpostavkah:

- dostop do vira toplote, za katerega je značilna relativno visoka temperatura (po možnosti višja od temperature okolice), vendar prenizka za neposredno uporabo,
- uporaba toplotne črpalke omogoča vračanje in ponovno uporabo toka energije, ki teče skozi sistem (sušenje, klimatizacija),
- istočasna proizvodnja toplote in hladu.

Te predpostavke so v kmetijstvu dokaj pogoste, kar pomeni, da je potencial uporabe toplotnih črpalk v tem sektorju dokaj velik. Toplotne črpalke se lahko uporabljajo kot primarni vir ali v kombinaciji z ostalimi viri toplote oziroma hladu. Tako je primerna za ogrevanje in hlajenja stanovanjskih in nestanovanjskih objektov kot tudi v mnogih procesih kmetijske proizvodnje in predelave. Kot vir toplote se lahko uporabi okoliški zrak, geotermijo ali pa odvečno toploto ki nastaja znotraj kmetijskih procesov. Ti so na primer hlajeni pridelki (mleko, sadje in zelenjava), odvodni prezračevalni zrak iz objektov (hlevi valilnice) in organski razkroj (živalski iztrebki, komposti). Tako pridobljena toplota se s pomočjo toplotne črpalke dvigne na ustrezno temperaturno raven in uporablja za ogrevanje in hlajenje objektov, pripravo tople sanitarne in tehnološke vode, sušenje in procesih predelave (pasterizacija).

Kmetijske objekte v grobem ločimo na stanovanjske in nestanovanjske objekte. V nadaljevanju so naštet nekateri tipični kmetijski objekti:

- Stanovanjske kmečke stavbe (eno, dvo ali več stanovanjske stavbe)
- Nestanovanjske kmetijske stavbe:
 - skladiščne kmetijske stavbe,
 - stavbe za rastlinsko pridelavo (rastlinjaki za vrtnine in okrasne rastline, pokrite drevesnice in podobne stavbe),
 - stavbe za rejo živali

- stavbe za spravilo pridelka (kmetijski silosi, kašče, kleti, vinske kleti, zidanice, seniki),
- stavbe za predelavo lastnih kmetijskih pridelkov, sirarne, sušilnice sadja in podobno.

Večino zgoraj naštetih objektov potrebuje za svoje delovanje pokrivanje potreb po toploti, hlajenju ali pa kombinaciji obojega.

2.1.1 Stanovanjske stavbe

Stanovanjske stavbe za svojo delovanje potrebujejo toploto in po potrebi tudi hlad, ki jo lahko v celoti zagotovimo z uporabo toplotnih črpalk, ki kot vir toplote uporabljajo plitvo geotermijo. Glede na vrsto ogrevalnih ali hladilnih teles, se razlikuje tudi potrebna temperaturna raven dovedene toplote za pokrivanje potreb. Okvirni temperaturni režimi za posamezne vrste ogrevanja in hlajenja stavb so navedeni v spodnji tabeli.

Tabela 1: Okvirni temperaturni režimi za posamezne vrste ogrevanja in hlajenja stavb ter pripravo tople sanitarne vode

Vrsta energije	Namen	Vrsta prenosa	Temperaturni režim [°C]
toplota	ogrevanje prostorov	ploskovno gretje (talno, stensko...)	30-35
		radiatorsko	45-55
	priprava sanitarne tople vode	hranilnik STV	55-65
hlad	hlajenje prostorov	klimati, klime	7-12
		ploskovno hlajenje (stropno, sensko...)	19 - 21

Pasivno hlajenje je možno s pomočjo ploskovnega prenosa hladu, ki lahko neposredno koristi vire hladu plitve geotermije (vodnjaška voda in geosonda) s primerno temperaturno ravni (12 - 16°C). Pri tem je potrebno poudariti, da se zaradi relativno visokih tempera vira hladu ne more učinkovito izvajati razvlaževanje zraka v prostoru in je potrebno izvajati prisilno prezračevanje.

2.1.2 Hladilnice

Hlajenje pridelkov je zelo pomemben del pri zagotavljanju prehranskih proizvodov, saj lahko bistveno podaljšajo hrambo in rok uporabnosti živil. Danes se uporabljajo večinoma statične možne pa so tudi premične hladilnice. Pri statičnih so to najpogostejše primerno izolirani skladiščni prostori z aktivnim hladilnim sistemom in so v osnovi namenjene trajnejšemu hranjenju pridelkov.

Pod premične sisteme pa navadno spadajo manjše hladilnice (hladilni zabojniki), ki jih lahko prevažamo in imajo hladilne sisteme zrak/zrak ali zrak/voda ali pa celo neposredno pršenje vode podtalne vode v kolikor je ta na voljo na lokaciji. Te so navadno namenjene hitremu predohlajevanju pridelkov na primer neposredno po trgatvi sadja (ali pobiranju pridelkov), ki je občutljivo na vročino, predno se to pretovori v dolgotrajnejša skladišča oziroma hladilnice.

V nadaljevanju so prikazane priporočljive temperature in relativne vlažnosti skladiščenja in okviren rok uporabnosti tipičnih pridelkov.

Tabela 2: Značilne temperature, relativne vlažnosti in roki trajanja pridelkov v hladilnicah

Produkt	Temperatura skladiščenja [°C]	Relativna vlažnost [%]	Uporabna doba skladiščenja
Banane	13 - 14	90 - 95	14 tednov
Brokoli	0	95 - 100	10 – 14 dni
Cvetača	0	95 - 98	34 tednov
Gobe	0 – 1 2	95 - 98	7-9 dni 4-6 dni
Jabolka	1 - 4	90 - 95	1 – 12 mesecev
Korenje	0	98 - 100	7 – 9 mesecev
Krompir	4 - 13	90 - 95	5 – 10 mesecev
Posušeni fižol	4 - 10	40 - 50	6 – 10 mesecev
Solata	0	98 - 100	2 – 3 tedne
Zelje	0	98 - 100	7 – 9 mesecev

2.1.3 Sušilnice

Sušenje je ena od najstarejših načinov konzerviranja živil, ki je še vedno množično v uporabi. Pri sušenju se iz živil odstrani voda s pomočjo izhlapevanja ali sublimacije. S tem se omeji količina vode, ki je na voljo za kemične, encimske, ali mikrobiološke reakcije razgradnje. Pri sušenju prihaja do izparevanja in masnega toka vode, za kar se potrebuje energija.

Sama tehnika sušenja se lahko izvaja na različne načine, pri tem pa izstopa sušenje z toplotno črpalko, ki omogoča optimalne pogoje sušenja in s tem kvalitetnejše končne produkte ter hitrejše postopke ob nižji rabi energije. Sušilnice s toplotno črpalko so energetska zelo učinkovite, saj omogočajo vračanje sproščene uparjene energije in izboljšan nadzor nad temperaturo in vlažnostjo zraka v komorah. Sušilnice s toplotno črpalko navadno obratujejo med -10°C in 50°C (do 80°C) ter pri 10% do 80% relativni vlažnosti.

2.1.4 Mlekarstvo

Mlekarne imajo znotraj postopka zbiranja in predelave mleka energetska intenzivne potrebe po hlajenju in toploti pri predelavi mleka in za postopke čiščenja in spiranja (CIP). Temperature mleka se gibljejo med 4°C in 76°C (UHT mleko do 145°C). Poleg procesa predelave mleka se pri predelavi mleka uporablja tudi večja količina vode za potrebe čiščenja (CIP) ki se giblje med 60°C in 80°C. Zato obstaja velik potencial za izrabo odvečne toplote s pomočjo toplotnih črpalk, tako na področju segrevanja mleka (pasterizacije) kot tudi hlajenja mleka in samih mlečnih proizvodov.

2.1.5 Rastlinjaki in ogrevanje pridelovalne zemlje

Rastlinjaki omogočajo popolnejši nadzor nad pomembnejšimi dejavniki, ki so pomembni za rast rastlin. S tem omogočajo hitrejšo rast, višji pridelek, podaljšanje rastne dobe in gojenje rastlin, ki zahtevajo posebne pogoje oziroma rastejo v področju z neprimerno klimo. Pri tem predstavlja pokrivanje potreb po toploti do okoli 30% obratovalnih stroškov. Večinoma se za ogrevanje uporablja geotermalna energija, ki potrebuje minimalno uporabo toplotnih črpalk.

Kratka predstavitev vrste in prednosti uporabe toplotnih črpalk v kmetijstvu vključno s primerjavo s tradicionalnimi postopki je prikazana v spodnji tabeli.

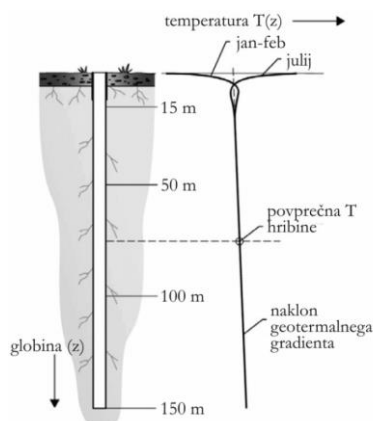
Tabela 3: Nameni načini in prednosti uporabe toplotnih črpalk v kmetijstvu

Namen	Tradicionalni postopki	Alternativa s TČ	Prednosti
Sušenje pridelkov	Kotli na fosilna goriva	TČ zrak-voda, zemlja voda	Dvig energetske učinkovitosti do 300%, znižanje emisij CO ₂ , nižji obratovalni stroški, podaljšanje rastne dobe
Predelava pridelkov	Parni kotli	Industrijske toplotne črpalke	Nižje emisije in obratovalni stroški, možnost izkoriščanja odpadne toplote
Sušilnice	Neposredni grelniki zraka na fosilna goriva	Razvlaževalniki s toplotno črpalko	Dvig kakovosti proizvodov, 50%-60% prihranek energije, natančnejše vodenje procesov
Vinske kleti	Hladilne naprave in grelniki	TČ zrak-voda, voda-voda in zemlja - voda	Natančna regulacija temperature, izraba odvečne toplote, dvig kakovosti
Ogrevanje stanovanjskih stavb	Peči, toplovodni kotli	TČ zrak-voda, zemlja voda	Nižje emisije in obratovalni stroški, možnost ogrevanja in hlajenja, izraba odvečne toplote
Gobarnice	Hladilne naprave in grelniki	Klimati s toplotno črpalko	Natančna regulacija temperature in vlage, izraba odvečne toplote, dvig kakovosti in produktivnosti

2.2 Geološke razmere in njihov vpliv na izbiro tehnologije koriščenja plitve geotermije

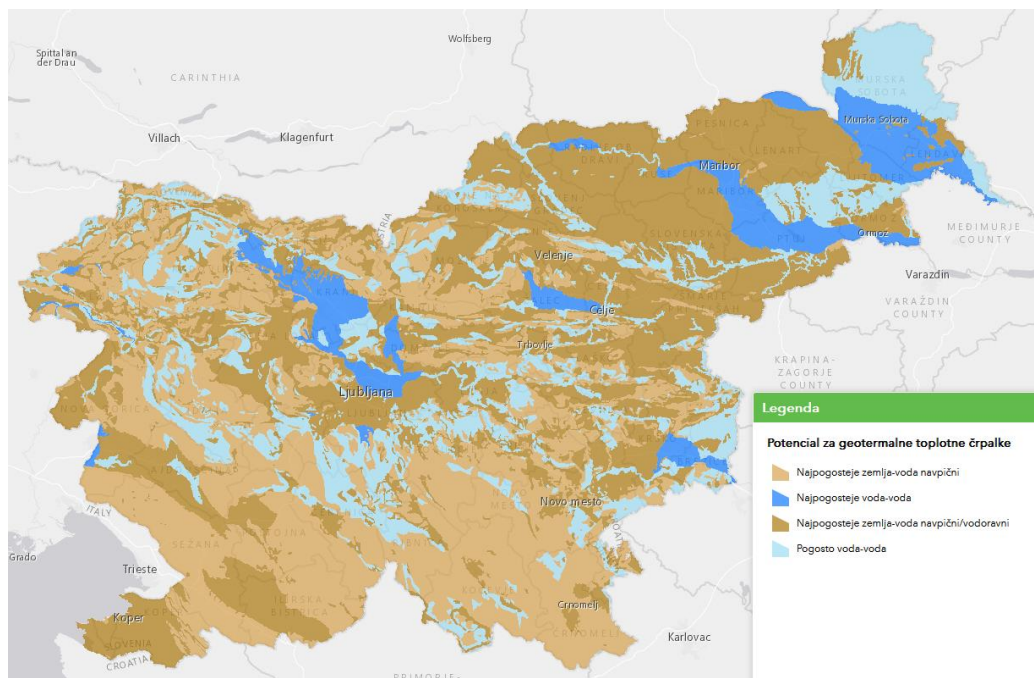
Sam potencial geotermalne energije je v veliki meri odvisen od razmer na mestu samem, imata pa pri tem največji vpliv dva vplivna vira energije. Prvi je energija sonca, ki ima večinoma vpliv do globine okoli 15 m, kjer obstaja prehodno območje – geosolarno območje. Tu imata vpliv tako energija sonca kot tudi zemeljska energija notranjosti. Slednja začne pridobivati svoj vpliv z večanjem globine.

Energijo sonca povzroča sonce, ki s svojim sevanjem ogreva površino Zemlje in atmosfero. Ta energija se večinoma z deževjem in pronicanjem vode skozi površinski sloj v prenaša v globino zemljine. Pri Energiji zemlje predstavlja 30–50 % energije preostala toplota iz nastanka planeta, preostalih 50-70% pa iz radioaktivnega razpada izotopov. Sam mehanizem gibanja toplote energije zemlje predstavljata prevajanje in konvekcija, kerega posledica je geotermični gradient v osrednji Evropi, ki znaša povprečno okoli 3°K na 100 m globine (Slika 1).



Slika 1: Gibanje povprečne temperature zemljine v odvisnosti od globine za celinsko Evropo

Na sam izbor vrste tehnologije za izrabo plitve geotermalne energije ima velik vpliv tudi sama geološka sestava tal in prisotnost podtalne vode. Uporaba geotermalnih toplotnih črpalk v Sloveniji je pogojena z naravnimi dejavniki (geologija, hidrogeologija, podnebje - pregledovalnik geotermalnih kart je dostopen na portalu Trajnostna energija, oziroma na povezavi <https://borzen.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=756ad50afb9240c58e95fc29d6f09170>). Na sliki spodaj je prikaz geotermalnega potenciala za posamezne vrste toplotnih črpalk v Sloveniji. Na tak način lahko v naprej določimo primernost posameznih vrst toplotnih črpalk glede na dostopnost vira toplote. Seveda je predhodno pred pričetkom izdelave projektiranja potrebno podrobneje preveriti potencial neposredno na licu mesta, kot tudi zakonodaja in lokalne predpise za uporabo posameznih vrst toplotnih črpalk.



Slika 2: Prikaz geoloških razmer oziroma potenciala za geotermalne toplotne črpalke v Sloveniji

Zakonodaja in predpisi urejajo upravni postopek za izgradnjo in uporabo toplotnih črpalk za posamezno območje (to je pomembno predvsem za uporabo toplotnih črpalk voda/voda in zemlja/voda).

2.2.1 Obstoječe omejitve za postavitev geotermalnih toplotnih črpalk

Predvsem v primeru uporabe toplotne črpalke voda-voda ali zemlja-voda mora vlagatelj, ki s svojim posegom lahko vpliva na vodni režim ali stanje voda, pridobiti informacije o pogojih gradnje. To pridobi na osnovi vložene vloge za določitev projektnih pogojev ali pogojev za druge posege v prostor in jo predložiti na Direkcijo Republike Slovenije za vode (DRSV). Slednji se mora odzvati pri trditveno ali zavrnitveno glede na sprejemljivost ali pa morebitne posebne pogoje oziroma omejitve vrtanja ali črpanja.

Kljub geotermalnemu potencialu in izpolnjevanju vseh drugih tehnoloških pogojev obstaja možnost da DRSV ne izda dovoljenja ali soglasja za vrtanje in sicer v primeru da obstaja:

- Vodovarstveno območje zajetja za javno oskrbo s pitno vodo.
- Plazovito območje, zaradi nevarnosti strižne poškodbe in predčasne izgube vrtine.
- Apnenčasto območje (kras) s tako številnimi razpokami in votlinami, da ogrožajo (beri praktično onemogočajo) zanesljivo zapolnitev medprostora v geosondi, kar ima za posledico neuporabno napravo hkrati pa tveganje za izgubo izplake ali polnitve vrtine v izvire ali zajetja.
- Območje, kjer so se pri dosedanjem vrtanju pojavili različni problemi in težave (npr., neznani podzemni prostori, plini, arteška voda, ipd.).

V nadaljevanju sta navedena dva primera za črpanje vodnjaške vode in izdelavo vrtine za geosondo. V obeh primerih je potrebno je potrebno pridobiti soglasje podano DSRV

Pri vodnjakih za pridobivanje toplote je potrebno vrtanje v plitvi vodonosnik tik pod površjem v globino med 10 m in 20 m, globlji vodonosnik do 50 m in zelo redko do 100 ali več metrov. Za potrebe vstavljanja geosonde za plitvo geotermijo, pa je potrebno izvrtati vrtine v globino od 50 m do 300 m. Pri tem lahko pride do presekavanja različnih vodonosnikov, kar ima za posledico pretakanje vode med njimi in s tem posledično preusmerjanje tokov pozemnih voda.

Izkoriščanje toplote v plitvi geotermiji obsega ali posredno zadeva vsaj naslednje vrste dejavnosti:

- načrtovanje obsega in intenzivnosti prenosa energije plitve geotermalne energije,
- predhodne raziskave potencialnega območja,
- izbira najprimernejšega načina zajetja plitve geotermalne energije,
- pridobivanje dovoljenj in soglasij,
- izpolnjevanje okoljskih zahtev.

Zaradi zahtevnosti teh posegov je to delo namenjeno predvsem usposobljenim strokovnjakom ki so usposobljeni za:

- pripravo ponudbe za vrtanje in izdelavo zajetja,
- izvedbo vrtine in zajetja, preizkušanja in meritve,
- pripravo dokumentacije za prevzem vrtine (garancija za dobro izvedbo del, pridobitev vodne pravice),
- pripravo načrta vzdrževanja vrtine,
- pripravo vrtine na morebitno začasno ali stalno opustitev delovanja.

2.3 Analiza tehnologij geotermalnih toplotnih črpalk

Plitvo geotermalno energijo lahko izkoriščamo neposredno ali posredno z uporabo toplotnih črpalk. Za koriščenje virov za potrebe ogrevanja, ki imajo temperaturo nižjo od 25°C, se navadno uporablja toplotne črpalke, nad 25°C pa je v odvisnosti od zahtev že možna neposredna uporaba v objektih (talno ogrevanje stanovanjskih hiš, rastlinjakov, hlevov). Učinkovitost ogrevalnih sistemov izrabe energije

plitve geotermije s toplotno črpalko je za 50 do 70 % višja od klasičnih sistemov s kotli in za 20 do 40% višja od sistemov s toplotnimi črpalkami zrak-zrak.

Zajem plitve geotermalne energije razvrščamo glede na vrsto vira ali ponora toplote (zemlja ali voda) in ali je sistem odprt (neposreden stik prenosnika toplote) ali zaprt (posreden stik prenosnika toplote z okolico). Značilni načini zajetja so navedeni v spodnji tabeli.

Tabela 4: Značilni načini zajetja plitve geotermalne energije

Odvzemni vir energije - prenosnik toplote v razdelilnem sistemu	Odprti sistemi	Zaprti sistemi	Vodoravni / navpični
zemlja/voda zemlja/zrak		Izmenjevalnik toplote (kolektorji) v izkopih ali ob gradbenih konstrukcijah	Vodoravni sistemi
voda/voda Voda/zrak	Vrtina za črpanje podzemne vode (vodnjaki)		Navpični sistemi
zemlja/voda zemlja/zrak		Energetske košare, piloti	Navpični sistemi
zemlja/voda zemlja/zrak		Vrtine z geosondami	

Vir: Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do globine 300 m

Tabela 5: Glavne značilnosti, prednosti in slabosti sistemov toplotnih črpalk glede na vrsto vira

Odvzemni vir energije	Povprečna temperatura vira	COP (ogrevanje in priprava tople sanitarne vode)	Prednosti	Slabosti
Zrak	0°C – 5°C	2,5 - 3	Je dostopen kjerkoli, zahteva malo prostora, nižja investicija, ne zahteva posebnih dovoljenj in soglasij	Nižja učinkovitost, moteč hrup, višji obratovalni stroški
Zemlja – zaprt sistem	5°C – 10°C Na določenih mestih in globinah tudi višja	3,3 - 4	Dostop do toplote zemljine kjerkoli, nizki obratovalni stroški in visok izkoristek, zemljina lahko služi kot zalogovnik energije, vodoravne izvedbe so enostavnejše in cenejše od navpičnih, navpične zahtevajo manj prostora in so učinkovitejše od vodoravnih	Višji začetni vložek, vodoravne postavitve zahtevajo večjo prosto površino zemlje
Voda – odprt sistem	10°C – 15°C Na določenih mestih in globinah tudi višja	3,5 – 4,5	Ekonomsko najučinkovitejše za velike sisteme zaradi majhne infrastrukturne zahtevnosti, visoka učinkovitost	Potrebna soglasja, možno samo v bližini vodonosnika, reke ali jezera

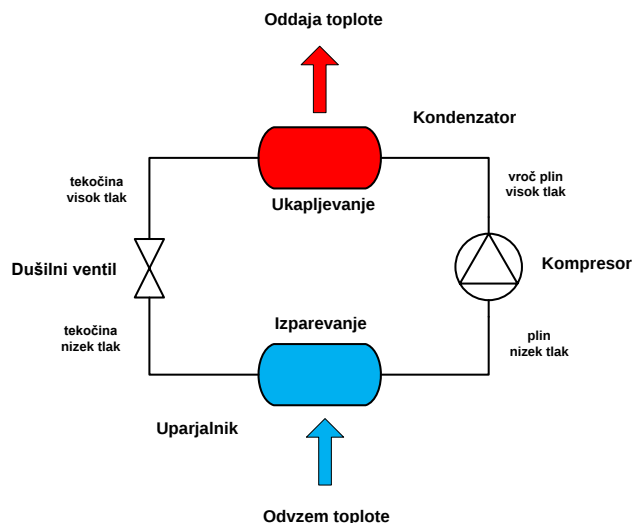
Vir: Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do globine 300 m

2.4 Pregled razpoložljivih tehnologij geotermalnih toplotnih črpalk zemlja-voda in voda-voda

Toplotna črpalka je energetska naprava, ki s pomočjo dodatnega dela odvzame toploto okolici z nižjim temperaturnim nivojem in jo prenese v sistem na višjem temperaturnem nivoju. To nam omogoča da se ogrevamo s toplotnim virom, ki ima nižjo temperaturo kot jo ima sistem, ki ga ogrevamo. Pri izrabi plitve gotermije se največkrat uporabljajo električno gnane kompresorske toplotne črpalke.

Obstaja tudi možnost pogona kompresorja z motorjem z notranjim pogonom, kar daje možnost obratovanja na lokaciji kjer ni električne infrastrukture (dizelski ali bencinski motorji) ali kot statične s priklopom za plinovod zemeljskega plina. Prednosti toplotnih črpalk gnanih z motorjem z notranjim zgorevanjem so velike toplotne moči, saj se poleg toploti proizvedeni s plinskim kompresorjem doda še odvečna toplota hlajenja in izpušnih plinov pogonskega motorja. Posledično je učinek pri hlajenju bistveno nižji in se uporabljajo predvsem tam, kjer ni možnosti priključka na električno omrežje, kjer je cena pogonskega goriva bistveno nižja od električne energije ali pa so stalne potrebe po toploti in občasno kombinacijo hladu. Slabosti pogona z notranjim zgorevanjem so predvsem višji denarni vložek, krajša življenjska doba, dražje vzdrževanje in povečan vpliv na okolico (hrup in emisije).

Ne glede na vrsto pogona kompresorja jim je skupen osnovni princip delovanja. Vse sestavljajo štirje glavni sestavni deli (Slika 3) in sicer kompresor, kondenzator, dušilni (ekspanzijski) ventila in uparjevalnik. Naloga kompresorja je da tlači delovni plin (hladivo) iz nizkega na visok tlak. Pri tem se mu poviša temperatura ter preide v stanje pregrete pare. Ta se vodi v kondenzator kjer odda toploto in se pri tem ohladi in kondenzira v podhlajeno tekočino, ki se vodi skozi dušilni ventil. Pri prehodu hipno ekspandira zaradi nizkega tlaka za dušilnim ventilom. Pri tem se hipno zniža tlak in tlak nasičenja hladiva. Tako vstopa hladivo z nizko nasičenostjo pare pri nizkem tlaku in temperaturi v uparjalnik kjer odvzame toploto zunanjemu viru toplote. Pri tem se upari in ponovno preide v stanje pregrete pare, ki jo kompresor stisne in pošlje v nov delovni cikel.



Slika 3: Shema osnovnih delov kompresorske toplotne črpalke

Učinkovitost delovanja toplotne črpalke se opiše z grelnim številom ali koeficientom učinkovitosti COP, ki je pri kompresijskih toplotnih črpalkah določen z enačbo:

$$COP_H = \frac{|Q_{ogr}|}{W}$$

kjer je:

COP_H – koeficient učinkovitosti gretja toplotne črpalke,

Q_{ogr} – pridobljena ogrevalna toplota [kWh],

W – vloženo električno delo za delovanje toplotne črpalke [kWh]

Pri reverzibilnih črpalkah kjer je možno tudi hlajenje se učinkovitost hlajenja določi podobno:

$$COP_C = \frac{|Q_{hl}|}{W}$$

kjer je:

COP_C – koeficient učinkovitosti hlajenja toplotne črpalke,

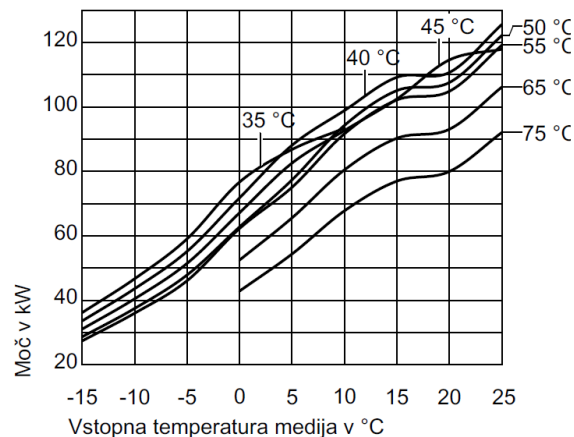
Q_{hl} – proizveden hlad [kWh],

W – vloženo električno delo za delovanje toplotne črpalke [kWh]

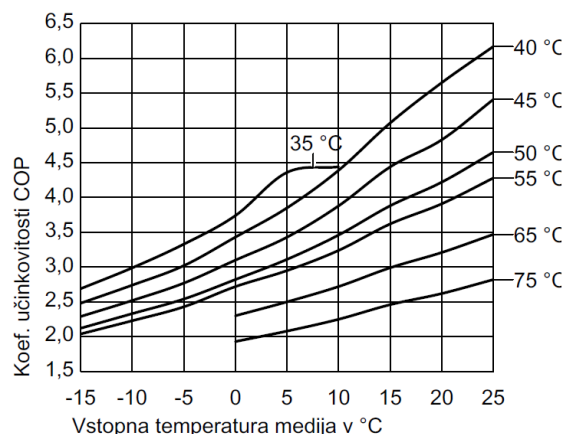
Tako se za primer porabe 1 kWh električne energije za pogon grelne toplotne črpalke prečrpa preko uparjalnika 3 kWh toplote iz vira, ki se preko kondenzatorja odda porabniku v skupni količini 4 kWh. To pomeni da je bila učinkovitost $COP_{ogr} = 4$.

V primeru hlajenja pa se pri porabi 1 kWh električne energije odvede 3 kWh toplote preko uparjalnika, ki se preda okolici v skupni količini 4 kWh. Pri tem je $COP_{hl} = 3$

Nadaljevanju je prikaz vpliva temperature vira in temperatura grelnega medija na moč in učinkovitost delovanja toplotne črpalke voda-voda/slanica-voda (Viessmann Vitocal BWR 352.C075). To je frekvenčno krmiljena toplotna črpalka zemlja/voda, ki ima možnost prigraditi vmesni krogotok kar omogoča tudi uporabo vodnjaške vode ali pa z dodatnim prenosnikom zrak/medij tudi zrak kot vir toplote. Take toplotne črpalke omogočajo optimalno izrabo različnih posameznih virov glede na trenutno stanje okolice in trenutne potrebe odjema.



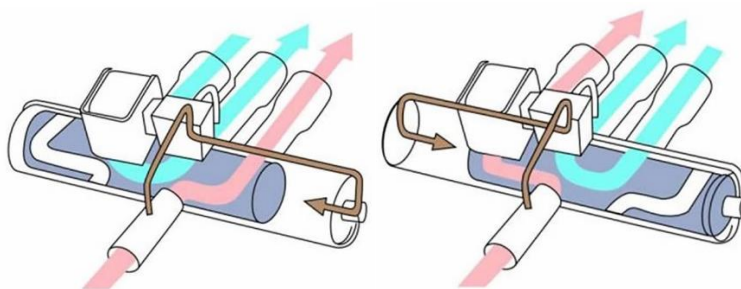
Slika 4: Maksimalna toplotna moč pri temperaturah vtoka ogrevalnega krogotoka THV 35 °C do 75 °C – Vir: Viessmann



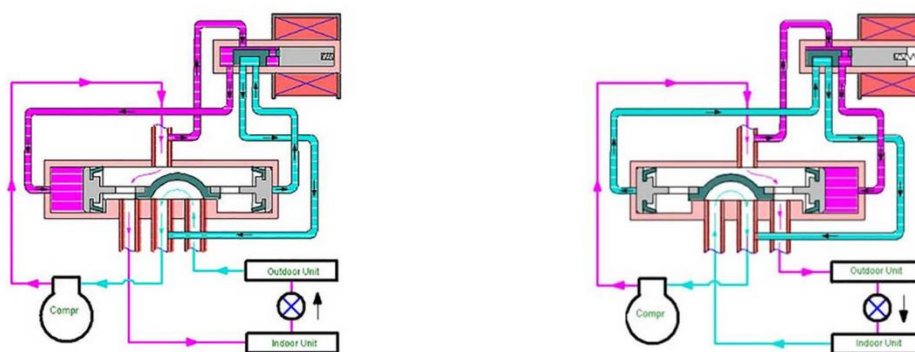
Slika 5: Koeficient učinkovitosti COP pri temperaturah vtoka ogrevalnega krogotoka THV 35 °C do 75 °C – Vir: Viessmann

Poleg visoke učinkovitosti in širokega območja obratovanja modernih toplotnih črpalk so na voljo tudi opcije reverznega delovanja. To pomeni da ista naprava lahko deluje v režimu ogrevanja, kjer se toplota črpa iz okolice in vodi v objekt kjer se pokrivajo potrebe po toploti ali pa v načinu hlajenja, kjer se toplota črpa iz objekta in izpušča v okolico.

Za spremembo načina obratovanja se uporablja štiri-potni ventil s katerim se obrne delovni cikel toplotne črpalke (Slika 6). Pri tem se vlogi uparjalnika in kondenzatorja zamenjata in s tem omogočita reverzibilno delovanje toplotne črpalke in s tem možnosti celoletnega delovanja črpalke za pokrivanje potreb po toploti in hladu stavbe (Slika 7). Poleg tega je to izjemno koristno za primer toplotne črpalke zrak-zrak pri kateri v zimskem ogrevalnem času prihaja do zasreževanja uparjalnika in s tem potrebe po njegovem odtaljevanju. Z začasnim preklopom štiri-potnega ventila in pretvorbo uparjalnika v kondenzator, se na le ta na najučinkovitejši način odmrzne, da je pripravljen za ponovno obratovanje.

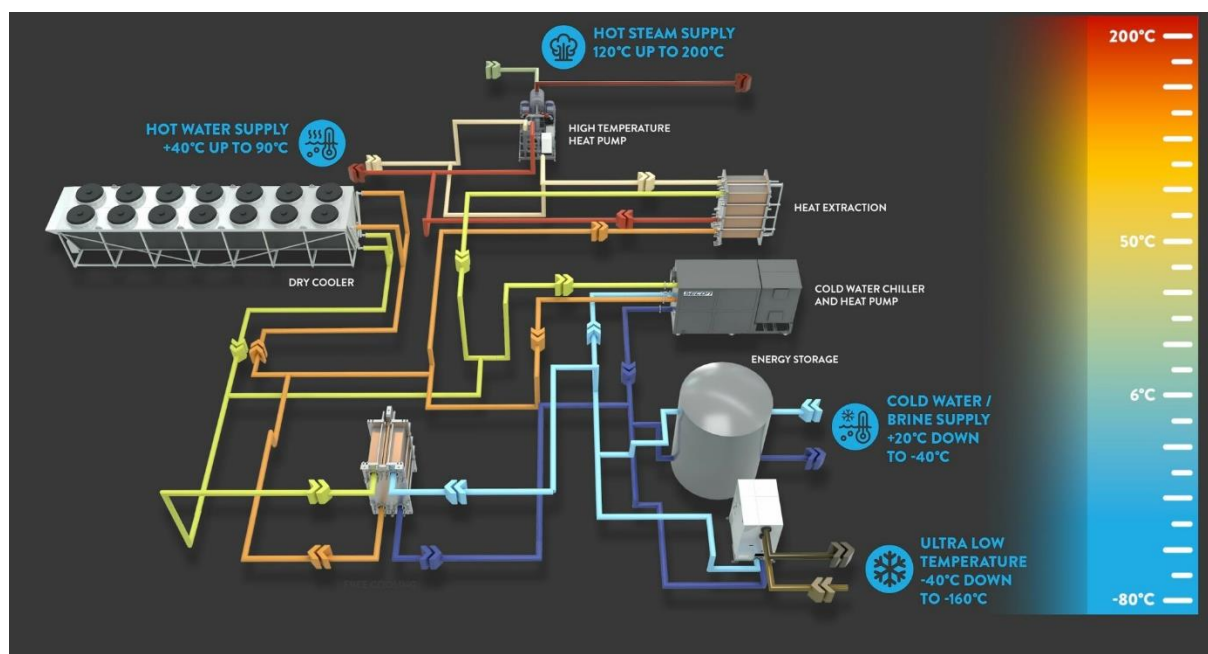


Slika 6: Prikaz reverzibilnega delovanja štiri-potnega ventila - Vir: Danfoss



Slika 7: Prikaz spremembe smeri obratovalnega cikla toplotne črpalke z vklopom štiri-potnega ventila - Vir: Danfoss

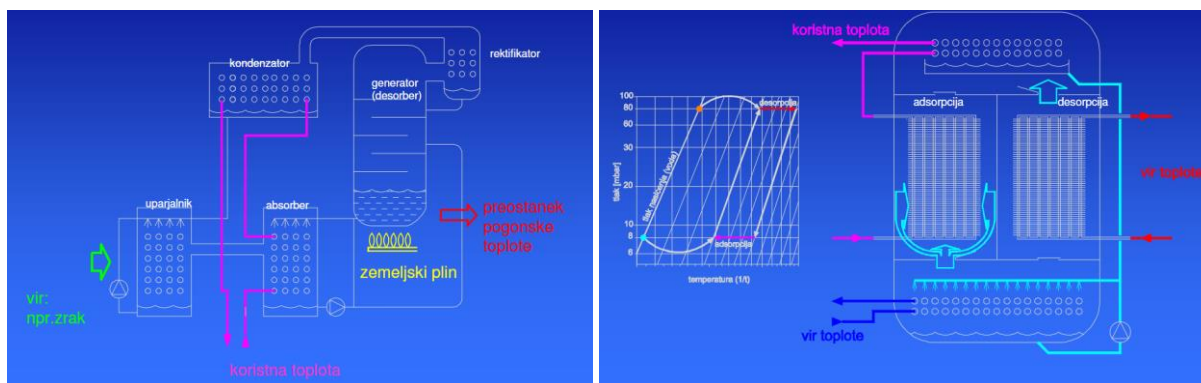
Prednost toplotnih črpalk je tudi možnost istočasne oddaje toplote in hladu, kar je pomembno v primeru sočasne potrebe po gretju (npr. priprava tople sanitarne vode, CIP) in hlajenju (npr. hladilnica). To omogoča še racionalnejše obratovanje, saj lahko ob primerni hidravlični povezavi z eno napravo pokrivamo potrebe po gretju in hlajenju istočasno (Slika 8).



Slika 8: Primer kompleksnega sistema proizvodnje hladu vroče vode in pare - Vir: Refolution.de

Z dograditvijo dodatnih oziroma z nakupom serijsko vgrajenih prenosnikov (npr. prenosnik zrak/voda) je možno določene toplotne črpalke uporabljati za različne vire (geotermija, hidrotermija in aerotermija), kar omogoča izrabo optimalnih virov toplote za pokrivanje potreb po ogrevanju ali hlajenju v danih pogojih.

Za potrebe delovanja toplotne črpalke se lahko uporablja tudi sorpcijske kemijske lastnosti določenih snovi. Absorpcijska toplotna črpalčka omogoča, da se lahko dovedena primarna energija plina ali tekočine neposredno pretvori v grelno ali hladilno energijo brez vmesne pretvorbe v električno energijo. Pri tem izkoriščajo sposobnost tekočin, soli ali adsorbentov, da absorbirajo (adsorbirajo) pare delovnih tekočin. Te za pogon potrebujejo zunanji vir toplote ($>65^{\circ}\text{C}$). Naj pogostejše verzije so absorpcijske in adsorpcijske eno ali dvostopenjske toplotne črpalke. Zaradi svojih značilnosti (teža, velikost in slabše prilagajanje trenutnim spremembam odjema ali stanja vira toplote) se večinoma uporabljajo v kontinuiranih industrijskih procesih, kjer je na voljo veliko odvečne toplote ali pa pri izrabi geotermičnih virov v obeh primerih pa morajo biti ti viri na višji temperaturni ravni. Shematski prikaz delovanja absorpcijskih in adsorpcijskih toplotnih črpalk je viden na spodnji sliki (Slika 9).



Slika 9: Shema delovanja absorpcijskih in adsorpcijskih toplotnih črpalk - Vir: Janko Remec, FS

Pri absorpcijskih napravah se kot hladivo največkrat uporablja LiBr ali pa NH_3 . Naprave z LiBr dosegajo COP gretja med 1,6 in 2,1, vi toplote pa mora biti toplejši od 5°C . Prilagodljivejše so naprave z NH_3 saj je lahko temperaturna raven vira tudi pod -10°C in omogočajo tako gretje, hlajenje ter tudi pripravo tople sanitarne vode.

Tabela 6: Okvirne nazivne učinkovitosti in parametri virov za prime absorpcijske toplote črpalke za NH_3

Vir	COP ogrevanja	Najvišja temperature vira [$^\circ\text{C}$]	Najnižja temperature vira [$^\circ\text{C}$]
Zrak	1,2 – 1,5	65	3
Zemlja	1,2 – 1,6	65	-5
Voda	1,4 – 1,7	65	3

Vir: Janko Remec, FS

Adsorpcijske naprave za svoje delovanje koristijo sproščanje toplote pri adsorpcijski reakciji ob kondenzaciji pare v stiku z adsorbentom, oziroma odvodu toplote pri desorpciji pare iz adsorbenta. Ker je ta reakcija šaržna, so v teh napravah vedno vsaj dve ločeni enoti. Pri tem na primer ena oddaja toploto do stopnje nasičenja adsorbenta, druga pa med tem izvaja regeneracijski cikel. Pri tem se dosega stopnjo učinkovitosti $\text{COP} = 1,2$ pri večstopenjskih napravah pa tudi $\text{COP} > 2$.

Iz zgoraj prikazanih diagramov in navedenih dejstev je razvidno, da je današnja tehnologija geotermalnih toplotnih črpalk že zelo razvita, in se lahko prilagodi najraznovrstnejšim geotermalnim virom in lastnim potrebam po toploti ter pri tem dosega visoko učinkovitost. Na sliki spodaj (Slika 10) so predstavljeni najpogostejši primeri zajema različnih virov plitve geotermije s toplotnimi črpalkami kot na primer:

- Vodni viri:
 - vodnjaki,
 - reke,
 - jezera,
 - morje.
- Zemlja:
 - plitev zajem: vodoravni zbiralniki z zankami, aktivno gradbeno konstrukcijo,
 - srednje globok: vodoravni s pokončnimi košarami, aktivni piloti,
 - globoki; geosonde.
 -

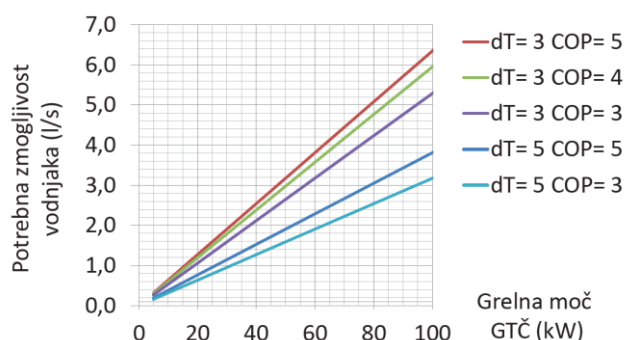


Slika 10: Primeri različnih tehnologij zajema plitve geotermije s toplotnimi črpalkami

2.4.1 Toplotne črpalke z vodnim virom

V tem primeru je vir voda, ki je največkrat v obliki podtalnice, reke, jezera ali morja. Medtem ko je podtalnica dokaj temperaturno stabilen vir, imajo preostali viri skozi leto spremenljivo temperaturo. Kljub temu je večina teh virov primerna tudi za učinkovito hlajenje v poletnem času, nekateri pa celo za neposredno prosto hlajenje. Zaradi tega imajo pri ogrevanju te toplotne črpalke zelo visoko učinkovitost (COP) v primeru reverzibilnih toplotnih črpalk pa tudi pri hlajenju.

Na grobo se sistemi toplotnih črpalk z vodnim virom delijo na odpre in zaprte. Pri zaprtih sistemih za prenos toplote med virom in toplotnim prenosnikom s hladilnim sredstvom služi voda ali slanica, pri odprtih pa se voda iz vira neposredno črpa v toplotni izmenjevalnik toplotne črpalke in se po izmenjavi toplote vrača nazaj. V obeh primerih sestava podtalnice oziroma zajete vode ne spremeni, se pa ohladi za do 4 K v odvisnosti od dimenzioniranja in zahtev. Poleg vseh ostalih zahtev mora sam vodnjak oziroma vodni vir omogočati črpanje zadostnih količin vode z ozirom na zahtevano grelna ali hladilno moč v odvisnosti od učinkovitosti toplotne črpalke. Poenostavljena določitev minimalne zmogljivosti vodnega vira je prikazan na sliki spodaj (Slika 11).

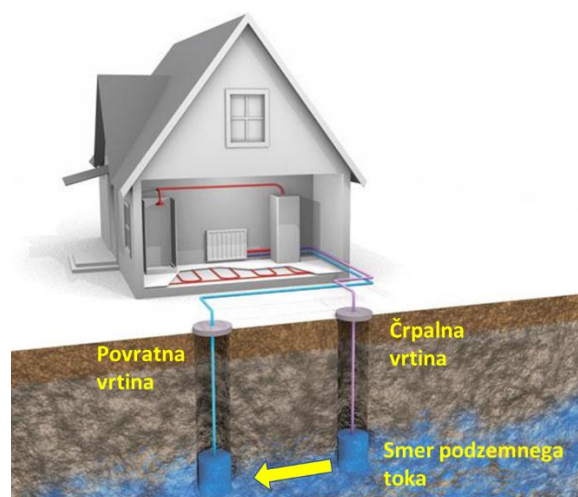


Slika 11: Prikaz poenostavljene določitve potrebne zmogljivosti vodnjaka glede na zahtevano grelna moč črpalke in njeno učinkovitost

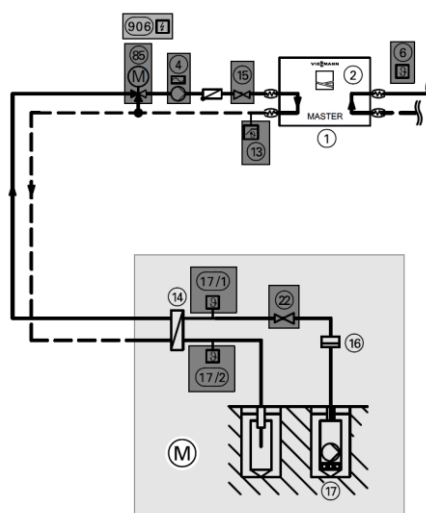
Pri uporabi vodnih virov je priporočljiva uporaba vmesnega kroga slanice (ali mešanice vode in glikola), saj se s tem ščiti prenosni del toplotne črpalke zaradi morebitne onesnaženosti vira (abrazivni delci, korozivne primesi).

V Sloveniji se pogosto uporabljajo toplotne črpalke, ki črpajo podzemno vodo, ki predstavlja stabilen vir s povprečno temperaturo med 8 in 12°C. Voda je dober medij za prenos toplote v primerjavi z zrakom, kar omogoča manjše temperaturne razlike med uparjalnikom in kondenzatorjem in s tem visok izkoristek oziroma doseganje visokih COP toplotnih črpalk. Spodnja slika kaže najpogostejšo različico toplotne črpalke voda/voda z odprtim krogom, ki za vir uporablja podzemno vodo. Vedno sta pri tem potrebni dve vrtini, črpalna in povratna z namenom ohranjanja podtalnice. Vrtine so navadno globine med 5 m in 40 m in več v odvisnosti od globine vodnjaka in so medsebojno oddaljene vsaj 5 m (priporočljivo 15 m). Povratna vrtina se mora nahajati nizvodno s tokom podzemne voda glede na črpalno vrtino, kar prepreči povratni vpliv delovanja toplotne črpalke na temperaturo vira črpalne vrtine. Tako dovod podtalne vode do toplotne črpalke kot tudi njen odvod do ponorne vrtine je potrebno zaščititi pred zmrzaljo in s padcem proti vodnjaku. Izdatnost vodonosnika je odvisna od lokalnih hidrogeoloških razmer, zmogljivost vodnjaka pa tudi od zgradbe vodnjaka. Izdatnost vodonosnika in zmogljivost vodnjaka morata biti preizkušena s črpalnim poskusom.

V nadaljevanju je shematski prikaz toplotne črpalke z uporabo vodnjaške vode in izvedba priklopa z vmesnim toplotnim prenosnikom (Slika 12 in Slika 13).



Slika 12: Primer toplotne črpalke voda-voda z odprtim krogom, ki kot vir uporablja podzemno vodo - Vir: Atlas



Slika 13: Shematski primer vezave toplotne črpalke na vodnjak z vmesnim prenosnikom toplote - Vir: Viessmann

Za sisteme s toplotne črpalke s črpanjem podzemne vode za namen odvzema toplotne energije izda ARSO vodno dovoljenje. V primeru izkoriščanja termalne vode s temperaturo nad 20°C, pa je treba pridobiti koncesijo, ki jo izda ministrstvo, ki je pristojno za vode.

Ker je namen izkoriščanja podzemne vode v tem primeru samo odvzem toplote, je mogoče vodno pravico pridobiti le, če se vsa načrpana voda vrača v vodonosnik v neposredni bližini. To je običajno povratna vrtina, infiltracijsko polje ali ponikalni jašek. Rudarsko koncesijo za izkoriščanje geotermičnega vira je treba pridobiti le za odprti sistem s črpanjem in vračanjem vode, če je črpalna ali povratna vrtina globoka 30 m ali več.

2.4.2 Toplotne črpalke z zemeljskim virom

Toplotne črpalke z zemeljskim virom lahko uporabljajo zemljo kot vir toplote v ogrevalni sezoni in kot ponor toplote izven ogrevalne sezone. Zaradi temperaturne stabilnosti vira - zemljine skozi celotno leto imajo zelo dober izkoristek pri ogrevanju tudi pri nižjih zunanjih temperaturah in so zelo primerna predvsem za hladnejša področja. Podobno kot pri toplotnih črpalkah voda/voda je tudi tu moč izkoriščati konstantno temperaturo zemljine za potrebe aktivnega in pasivnega hlajenja (v primeru primerna temperature zemlje). Prednost teh sistemov je, da omogočajo hranjenje toplote v zemljini, na primer v primeru hlajenja stavbe v poletnih obdobju se toplota vrača v zemljo, ki se kasneje koristi za ogrevanje v zimskih mesecih.

Izkoriščanje plitve geotermalne energije potrebujemo ustrezna zajetja oziroma toplotne prenosnike, ki so v stiku s plitvim podzemljem. V osnovi se za prenos toplote do toplotne črpalke uporabljajo dolge cevi, v katerih se s pomočjo obtočne črpalke pretaka prenosni medij, ki je navadno voda ali mešanica vode in sredstva proti zmrzovanju (na primer glikol, slanica). Cevi, ki sestavljajo zemeljski toplotni izmenjevalnik, so lahko usmerjene navpično, vodoravno ali v obliki spiral z namenom optimalnega prenosa toplote iz zemlje na prenosni medij v danih realnih pogojih. V primeru koriščenja zemeljskega vira za ogrevanje je priporočljivo, da zaradi zmrzovanja zemlje okoli prenosnikov le ti oddaljeni od stavb in ostale infrastrukture vsaj 2 m. Izbira posameznih postavitev zemeljskih prenosnikov je odvisna od lastnosti tal in obsega razpoložljivega zemljišča. Glede na vrsto prenosnika na grobo ločimo vodoravne in navpične prenosnike. Vodoravni prenosnik so večinoma vodoravno plitvo zakopani cevni prenosniki, navpični pa so v obliki košar, v sklopu gradbenih konstrukcij pod zemljo ali pa geosond. Izbira najprimernejše variante je odvisna od sestave tal, uporabne površine in finančnih sredstev.

Sistemi z vodoravnimi prenosniki so zakopani v zemljo na globini od 1,2 do 2 m in v večini črpajo v zemlji akumulirano energijo sonca. Prenosniki so lahko položeni vzporedno ali pa v obliki spiral (Slika 14). Polaganja v obliki spiral zahteva nekoliko manjšo površino od linijskega zaradi boljšega prenosa toplote. Prednost vodoravne postavitve je seveda nižji strošek zaradi enostavnejšega plitvega kopa, so pa ti sistemi bolj podvrženi spremembam temperature samega vira in s tem nižanju učinkovitosti delovanja.



Slika 14: Prikaz linijskega in zankastega polaganja vodoravnih prenosnikov

Groba ocena toplotnega potenciala vodoravnega polja se lahko izvede s pomočjo spodnje tabele. Ta je odvisen od dostopne površine in vrste zemljine in pa način polaganja vodoravnih prenosnikov.

Tabela 7: Specifična toplotna zmogljivost podtalja za vodoravne sisteme do 30 kW po SIST EN 15450:2007

Vrsta geološke plasti	Specifična toplotna moč - površinska [W/m ²]	
	Delovanje s polno zmogljivostjo 1.800 ur	Delovanje s polno zmogljivostjo 2.400 ur
Suha nekohezivna zemljina	10	8
Vlažna kohezivna zemljina	20 - 30	16 - 24
Pesek ali prod zasičen z vodo	40	32

Vir: Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do globine 300 m

Navpični sistemi prenosnikov je več in sicer so to lahko v obliki energetskih košar v globini od 2 do 5 m. Izvedba je navadno nekoliko dražja od vertikalne izvedbe, zahteva pa manjšo prosto površino. Primer takšnih prenosnikov in tipične postavitev je prikazan na spodnji sliki. Priporočen medsebojni razmik med posameznimi košarami znaša vsaj 4 m.



Slika 15: Primer energetskih košar in prikaz njihove postavitve

V nadaljevanju je podan okviren toplotni potencial navpičnega sistema energetskih košar (Tabela 8).

Tabela 8: Specifična toplotna zmogljivost podtalja za navpične sisteme energetskih košar

Vrsta geološke plasti	Specifična toplotna moč - dolžinska [W/m dolžine jarka]	
	Globina < 3 m	Globina > 3 m
Suha nekohezivna zemljina	8	6,6
Vlažna kohezivna zemljina	10 - 14	10,6 - 12
Pesek ali prod zasičen z vodo	18	15

Vir: Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do globine 300 m

Geosonda (geotermična sonda) je krožna cevna napeljava, lahko koaksialna, lahko v obliki črke enojni U (simplex) ali dvojni U (duplex), vgrajena v vrtino. Cevi geosonde so zapolnjene s prenosnikom toplote, ki kroži v zaprtem sistemu cevi. Prenosnik toplote pri tem izmenjuje toploto z zemljino ki se nahaja v okolici vrtine, ki se nato uporablja za gretje ali hlajenje

Geosonde so navadno najstabilnejši zemeljski vir in zahtevajo najmanj proste površine. Običajno segajo v globino od 100 do 150 m (lahko tudi več) in so zaradi tega najdražja različica izrabe plitve geotermije. V primeru izvedbe sistema z več geosondami naj bo razmak med njimi vsaj 5 m.

Med dvema bližnjima sosednjima napravama z geosondo lahko pride do medsebojnih vplivov zato mora biti upoštevana najmanjša dopustna razdalja med sistemoma. Pri razmiku enakem polovici

globine geosonde je vpliv majhen. Za doseg popolnoma nevplivnega delovanja pa mora biti razmak med geosondama vsaj enak njihovim globlinam.



Slika 16: Prikaz vrtanja in shematski prikaz postavitve geosonde Vir: Palir, Atlas

Razpoložljiv potenciala plitve geotermalne energije z geosondo najbolj zaznamujeta toplotna prevodnost geoloških plasti in temperatura tal. Določitev specifične izkoristljive toplotne moči z navpično geosondo za manjše naprave do 30 kW, se lahko oceni iz preglednic v standardu SIST EN 15459:2007 (Tabela 9). Za večje naprave pa se priporoča izvedba analitičnega in modelnega izračuna oziroma uporaba drugih podrobnejših analitičnih pripomočkov.

Tabela 9: Specifična toplotna zmogljivost podtalja za navpične prenosnike - geosonde do 30 kW po SIST EN 15450:2007

Vrsta geološke plasti	Specifična toplotna moč - dolžinska [W/m]	
	Delovanje s polno zmogljivostjo 1.800 ur	Delovanje s polno zmogljivostjo 2.400 ur
Splošna orientacijska vrednost		
Suh prod in pesek	<25	<20
Prod in pesek zasičen z vodo	65 - 80	55 - 65
Prod in pesek in močen tok podzemne vode	80 - 100	80 - 100
Vlažna glina	35 - 50	30 - 40
Masiven apnenec	55 - 70	45 - 60
Peščenjak	65 - 80	55 - 65

Vir: Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do globine 300 m

Za vrtine globoke, več kot 30 m, je treba pred začetkom raziskav preveriti, da v geološki strukturi, v kateri se namerava izvesti vrtina, ni ležišč premoga ali ogljikovodikov. Pri vrtanju vrtine za vgradnjo geosonde investitor v tem primeru za vrtanje ne potrebuje dovoljenja, temveč se dovoljenje izda izvajalcu vrtanja. To področje ureja zakon o rudarstvu, dovoljenje pa izvajalcu vrtanja izda ministrstvo za gospodarstvo. Vlogo za izdajo dovoljenja s potrebnimi prilogami vloži izvajalec del.

Pri sistemu zemlja-voda (geosonda) v vsakem primeru potrebujemo dovoljenje za raziskavo podzemnih voda (katerega pridobi naročnik ali izvajalec pred vrtanjem (velja za globino 30 m) in rudarski načrt za izvajanje del (pri globini 50 m)

2.5 Matrike odločanja o izboru primerne tehnologije izrabe plitve geotermije

Pri odločanju za vrsto uporabljena tehnologije izrabe plitve geotermije je predvsem potrebno upoštevati in pri tem čim bolj izkoristiti osnovne naravne in druge danosti, ki so na voljo na mestu

posega. Na ta način dosežemo optimalne ekonomske učinke ob minimalnih vplivih na okolico. V prvi vrsti tako pridejo v poštev tehnologije, ki imajo optimalno razmerje med učinkovitostjo in vložkom ob predpostavki tehnične in naravovarstvene izvedljivosti. Tabela 10 prikazuje prednostna listo tehnologij za izrabo virov plitve geotermalne energije, kjer je prvi nabor odprti sistem zajema vodnjaške vode ali površinske vode. Ta sistem ima visoko učinkovitost ob relativno nizkih vložkih. Sistemi se načeloma dražijo z zahtevnostjo zajema virov toplote, predvsem z globino kopanja in vrtanja, kar predstavlja enega glavnih stroškov izgradnje.

Tabela 10: Matrika odločanja za način zajetja plitve geotermalne energije

Prednostno od 1 do 5	Način zajetja	Odprti sistem	Zaprti sistem
Hidrotermalni sistemi			
1	Zajetje za izkoriščanje površinske vode ()	Ali je v bližini potok/ ribnik/ jezero/ morje?	X
Geotermalni sistemi			
2	Vrtina, vodnjak – zajetje za izkoriščanje podzemne vode	Ali je pod objektom vodonosnik/ali so v bližini vodnjaki, ki omogočajo črpanje želene količine vode s primerno kakovostjo?	X
3	Izkop na globini od 1,2 do 2 m	X	Ali je ob objektu dovolj velika površina (travnik, vrt, igrišče ipd.) in zemljino, ugodno za izkop?
4	Košare globine do 5– 8 m, piloti globine > 8 m	X	Ali potrebujemo za temeljenje objekta večje izkope/pilote?
5	Vrtine (globine običajno > 50 m) za geosondo	X	Ali imamo prostor in dostop za vrtanje vrtine?

Vir: Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do globine 300 m

Pri odločanju za zajetje plitve geotermalne energije so poleg rentabilnosti investicije pomembne še nekatere posebnosti izkoriščanja plitve geotermalne energije. V preglednici (preglednica 4.3-10) so podane nekatere posebne značilnosti, ki so v veliko primerih prepoznane kot pomembne prednosti. Te posebnosti so lahko od primera do primera tudi odločilne in so predmet investitorjeve analize stroškov in dobrobiti.

Tabela 11: Pomembni dodatni kriteriji in lastnosti izkoriščanja plitve geotermalne energije

Koristi	Vrednost	Kazalci
Ekonomska	Primernost	primerna je za nove stavbe in zamenjavo obstoječih energetskih sistemov, stanovanjske stavbe (enostanovanjske, večstanovanjske) in nestanovanjske stavbe (industrijske, kmetijske, trgovske, turistične)
	Učinkovitost	z 1 kWh vložene energije pridobimo 4 kWh energije toplote oziroma 3 kWh hladu
		omogoča povečanje učinkovitosti s shranjevanjem presežkov energije v tla ali vodonosnik in sezonsko izkoriščanje viškov
	Obratovalni stroški	obratovalni in vzdrževalni stroški so nizki
	Prihranki	omogoča okoli 50 % (in več) prihrankov na letni ravni obratovanja v toplotnem in hladilnem načinu v primerjavi s konvencionalnim sistemom
	Življenjska doba	ima dolgo življenjsko dobo (> 30 let)
	Rentabilnost	stroškovno učinkovit sistem z dobo vračanja od 6 do 15 let
	Občutljivost na spremembe cen energentov	uporabnik je zaradi visoke učinkovitosti tehnologije manj občutljiv na spremembo cen na energetskem trgu
Okoljska	Zmanjšanje izpustov	znaten prispevek k zmanjšanju izpustov (NO _x , SO _x , CO ₂)
		v primeru uporabe električne energije iz OVE v kombinaciji s PV ali kogeneracijo na biogoriva je brez emisij toplogrednih plinov
		ni izpustov dima in prašnih delcev
	Zmanjšanje rabe primarne energije	pomembno prispeva k prihranku primarne energije
	Zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv	omogoča pomembno zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv in prispeva k energetski neodvisnosti
Socialna	Skladiščenje	ne potrebuje rezervoarjev goriv
	Transport	ne potrebuje prevozov in naročanja surovin
	Dostopnost	je povsod prisoten, obnovljiv in trajni vir energije
		geotermalna energija je brez tveganja za prekinitev v dobavi in je na voljo 24 ur na dan, vse leto
	Nadzor	omogoča stalen in natančen sprotni nadzor nad učinkovitostjo delovanja naprav za ogrevanje in hlajenje
	Udobje	delovanje je tiho
		naprave (toplotne črpalke) zavzamejo malo prostora
	Varnost	ne pomeni nevarnosti za požar, eksplozijo ali iztekanje/razlitje goriva

Vir: Smernice za vrtanje v plitvi geotermiji do globine 300 m

2.6 Zaključek

Pregled nad energetskimi potrebami pri delovanju kmetijskih stavb in objektov kaže na velik potencial uporabe toplotnih črpalk tako za ogrevanje kot tudi hlajenje. Pri tem so temperaturne ravni dobavljene toplote ali hladu (od -5 do 90°C) večinoma dosegljive s komercialnimi toplotnimi črpalkami.

Plitva geotermija je dosegljiva praktično po vsej Sloveniji, ki je v glavni meri temperaturnega režima pod 25°C in s tem večinoma neuporabna za neposredno uporabo razen za pasivno hlajenje v določenih primerih. Glavne prepreke pri njenem izkoriščanju sta predvsem ekonomska upravičenost in pa

popolna ali delna omejitev uporabe na ožjih območjih (na primer zaščitni vodonosniki, lokalna energetska politika).

Za izkoriščanje plitve geotermije so na voljo komercialne toplotne črpalke, ki so večinoma kompresorske gnane z elektromotorjem. Prednosti sodobnih toplotnih črpalk je visoka učinkovitost, možnost ogrevanja in hlajenja z eno napravo, istočasno ogrevanje in hlajenje in odličen nadzor ter krmiljenje obratovanja, kar daje prednost pred konvencionalnimi rešitvami. Obstajajo tudi različice toplotnih črpalk, ki lahko uporabljajo različne vire (na primer voda/voda ali zrak/voda) in tako optimizirajo učinkovitost obratovanja glede na trenutne pogoje.

Za izkoriščanje plitve geotermije so najprimernejše toplotne črpalke na vodnjaško vodo (voda/voda) in pa z vodoravnimi prenosniki (zemlja-voda). Glavna konkurenca plitvi geotermiji so toplotni črpalke zrak/voda in to predvsem zaradi nižje začetne investicije in odsotnost zahtev po dovoljenjih in soglasjih.

Poleg že naštetih energetskih in tehničnih prednosti, ima uporaba geotermije tudi duge okoljske in socialne koristi. Ker pa so kmetijski objekti na ruralnih območjih so pri ogrevalnih sistemih glavni konkurent toplotnim črpalkam kurilne naprave na lesno biomaso.