

Codice A1604A

D.D. 3 marzo 2016, n. 66

Approvazione delle "Linee guida regionali per l'installazione e la gestione delle sonde geotermiche".

Premesso che:

il decreto legislativo 11 febbraio 2010, n. 22, "*Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99*", ricomprende, all'articolo 10, tra le piccole utilizzazioni locali di calore geotermico quelle effettuate tramite l'installazione di sonde geotermiche che scambiano calore con il sottosuolo senza effettuare il prelievo e la reimmissione nel sottosuolo di acque calde o fluidi geotermici;

il comma 3 del medesimo articolo individua nelle Regioni o enti da esse delegati l'autorità competente per le funzioni amministrative e di vigilanza;

il comma 5 del medesimo articolo prevede che le sonde geotermiche siano sottoposte al rispetto della specifica disciplina emanata dalla regione competente, con previsione di adozione di procedure semplificate;

successivamente, il decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, "*Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE*", stabilisce, all'articolo 4, comma 1 che la costruzione e l'esercizio di impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili sono disciplinati secondo speciali procedure amministrative semplificate, accelerate, proporzionate e adeguate, sulla base delle specifiche caratteristiche di ogni singola applicazione;

ai sensi del comma 2 del medesimo articolo, l'attività di cui al comma 1 è regolata, secondo un criterio di proporzionalità:

- a) dall'autorizzazione unica di cui all'articolo 12 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, come modificato dall'articolo 5 del presente decreto;
- b) dalla procedura abilitativa semplificata di cui all'articolo 6, ovvero
- c) dalla comunicazione relativa alle attività in edilizia libera di cui all'articolo 6, comma 11;

l'articolo 7 del medesimo decreto legislativo prevede, inoltre, che entro 3 mesi dalla sua entrata in vigore, con decreto del Ministro dello sviluppo economico, da adottare di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e con il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, previa intesa con la Conferenza unificata, siano stabilite le prescrizioni per la posa in opera delle sonde geotermiche e siano individuati i casi in cui si applica la procedura abilitativa semplificata;

in attesa che il Ministero dello Sviluppo Economico emani il decreto di cui al punto precedente, si ritiene comunque opportuno fornire agli enti locali coinvolti nel processo decisionale nonché agli operatori del settore uno strumento di carattere tecnico che consenta, in tale situazione di stallo, di colmare la lacuna almeno dal punto di vista tecnico;

tale necessità è inoltre dettata dalla carenza di una specifica normativa per quanto riguarda gli impianti a circuito chiuso – fermo restando che gli impianti che comportano il prelievo e lo scarico di acqua sono disciplinati dalla vigente normativa statale e regionale in materia di derivazione, utilizzazione e scarico delle acque pubbliche – a fronte di un sempre più elevato numero di installazioni che rendono necessarie precauzioni ambientali riguardo profondità e modalità di perforazione delle sonde, al fine di garantire il rispetto della normativa regionale in materia di protezione delle acque sotterranee;

la legge regionale 30 aprile 1996, n. 22 in materia di ricerca, uso e tutela delle acque sotterranee, così come modificata dalla legge regionale 7 aprile 2003, n. 6, all'articolo 2 prevede infatti, per la tutela e la protezione della qualità delle acque sotterranee, il divieto di costruire opere che consentano la comunicazione tra la falda profonda (riservata prioritariamente all'uso idropotabile) e la falda freatica e stabilisce che la Giunta Regionale definisca i criteri tecnici per l'identificazione della base dell'acquifero superficiale, corredati da apposita cartografia, cui fare riferimento per l'applicazione delle disposizioni della predetta legge;

con la D.G.R. 3 giugno 2009 n. 34-11524 "*Legge regionale 30 aprile 1996 n. 22, articolo 2, comma 7. Criteri tecnici per l'identificazione della base dell'acquifero superficiale e aggiornamento della cartografia contenuta nelle "Monografie delle macroaree idrogeologiche di riferimento dell'acquifero superficiale" del Piano di Tutela delle Acque, approvato con D.C.R. 117-10731 del 13/03/2007*", la Giunta regionale ha approvato l'identificazione del modello idrogeologico concettuale degli acquiferi di pianura, la loro caratterizzazione e la ricostruzione della base dell'acquifero superficiale nel territorio della pianura piemontese;

in relazione agli ulteriori dati disponibili (progetti e nuove stratigrafie acquisite) con la successiva determinazione n. 900 del 3 dicembre 2012 "*Aggiornamento della cartografia della base dell'acquifero superficiale nelle aree di pianura alla scala 1:50.000 e revisione dei parametri numerici relativi ai criteri tecnici orientativi – Legge Regionale 30 aprile 1996 n. 22, art. 2, comma 7*" è stata revisionata la cartografia e adeguati i criteri tecnici orientativi per identificare, nelle aree montane, collinari e di fondovalle alpino, la profondità massima della superficie di delimitazione tra i sistemi di flusso superficiali e quelli profondi.

Ritenuto opportuno che la definizione di corrette politiche regionali in materia (regolamentazione ed incentivazione) debba essere strettamente connessa ad una accurata analisi delle peculiarità del territorio piemontese, finalizzata a valutare sia la sostenibilità ambientale di tali installazioni sia le scelte da adottare al fine del sostegno alla diffusione sul territorio regionale di specifiche tecnologie tra quelle oggi disponibili;

considerato che a tal proposito, la Regione Piemonte ha da poco concluso una Collaborazione istituzionale con il Politecnico di Torino riguardante l'*attività di analisi e pianificazione in materia di sistemi geotermici a bassa entalpia in Regione Piemonte*, che ha analizzato nel dettaglio, in modo comparativo, le principali tecnologie attualmente a disposizione, sia relative ai sistemi a circuito chiuso (sonde geotermiche), sia dei sistemi di tipo aperto ad acqua di falda, attraverso il monitoraggio di alcuni *test site* espressamente attrezzati;

dato atto che il documento tecnico recante "*Linee guida regionali per l'installazione e la gestione delle sonde geotermiche*", che si allega quale parte integrante della presente determinazione, privilegia, in coerenza con le premesse di cui sopra, l'aspetto della tutela ambientale e, nello specifico, della risorsa idrica sotterranea e individua:

1. le modalità tecnico-operative per la progettazione, l'installazione, il collaudo, la gestione e la dismissione degli impianti;
2. la documentazione progettuale per una corretta valutazione delle ricadute ambientali degli impianti;
3. le caratteristiche delle schede per l'inventario delle risorse geotermiche, comprensive degli impianti a circuito aperto che utilizzano acqua;

considerato che le predette “*Linee guida regionali per l'installazione e la gestione delle sonde geotermiche*” hanno l'obiettivo di fornire agli enti locali coinvolti nel processo decisionale, nonché agli operatori del settore, uno strumento di carattere tecnico finalizzato alla valorizzazione dell'utilizzo delle risorse geotermiche a bassa entalpia nel rispetto dell'ambiente e della tutela delle acque sotterranee;

visto il d.lgs. 22/2010;

visto il d.lgs. 28/2011;

vista la l.r. 22/1996;

visto il Piano di Tutela delle Acque approvato con D.C.R. 117-10731 del 13/03/2007;

vista la D.G.R. 3 giugno 2009 n. 34-11524;

visto l'articolo 17 della l.r. 23/2008;

Tutto ciò premesso,

Il Dirigente

determina

di approvare, per le motivazioni espresse in premessa, le “*Linee guida regionali per l'installazione e la gestione delle sonde geotermiche*”, allegate alla presente determinazione per costituirne parte integrante e sostanziale.

La presente deliberazione sarà pubblicata sul B.U. della Regione Piemonte ai sensi dell'art. 61 dello Statuto e dell'art. 5 della legge regionale n. 22/2010, nonché ai sensi degli articoli 12 e 40 del d.lgs. 33/2013 nel sito istituzionale dell'ente, nella sezione Amministrazione trasparente.

Il Dirigente del Settore

Arch. Paolo Mancin

LINEE GUIDA REGIONALI PER L'INSTALLAZIONE E LA GESTIONE DELLE SONDE GEOTERMICHE

Premessa

Le presenti Linee Guida sono finalizzate:

- a dare un contributo alla valorizzazione dell'utilizzo delle risorse geotermiche a bassa entalpia nel rispetto dell'ambiente e della tutela delle acque sotterranee;
- a fornire alcune indicazioni tecniche agli enti coinvolti nel processo decisionale e agli operatori del settore che affrontano la progettazione, l'installazione, il collaudo, la gestione e la dismissione delle sonde geotermiche.

Le indicazioni contenute non si applicano agli impianti geotermici che comportano il prelievo e lo scarico di acqua, che sono disciplinati dalla vigente normativa statale e regionale in materia di derivazione, utilizzazione e scarico delle acque pubbliche.

Nelle presenti Linee Guida gli impianti di sonde geotermiche sono stati suddivisi in:

- a) **piccoli impianti**: con potenza termica o frigorifera utile inferiore o uguale a 30 kW;
- b) **grandi impianti**: con potenza termica o frigorifera utile superiore a 50 kW. Sono comunque equiparati ai grandi impianti tutti gli impianti che necessitano di più di 10 sonde geotermiche verticali anche se di potenza termica o frigorifera utile inferiore a 50 kW (in caso di valori differenti si utilizza il valore maggiore).

In particolare, le Linee Guida specificano le modalità tecnico-operative per la progettazione, l'installazione, il collaudo, la gestione e la dismissione degli impianti ed i contenuti tecnico-progettuali degli elaborati che si ritiene costituiscano la base conoscitiva minima per una corretta valutazione delle ricadute ambientali.

Per tutti gli aspetti non specificatamente presi in considerazione si rimanda alla normativa UNI di riferimento.

1. Modalità tecnico-operative per la progettazione, l'installazione, il collaudo, la gestione e la dismissione degli impianti

Si riportano di seguito le indicazioni tecniche da osservarsi nelle fasi di progettazione, costruzione, collaudo, gestione e dismissione degli impianti geotermici. L'attenzione è posta principalmente alle sonde geotermiche verticali intendendosi quelle installate in una perforazione di profondità superiore ai 5 m dal piano campagna tuttavia al punto 1.2. si forniscono minime indicazioni per alcune altre tipologie di sonde il cui impatto sulle risorse idriche sotterranee può considerarsi per lo più trascurabile.

1.1. Sonde geotermiche verticali

1.1.1. Tracciamento

La posizione delle sonde geotermiche verticali è definita prima di iniziare le perforazioni secondo i seguenti principi:

- ottimizzare la distanza tra le sonde: deve essere trovato il giusto compromesso tra il minor utilizzo di superficie di suolo e la massima resa dell'impianto (indicativamente l'interasse tra le sonde non dovrà comunque essere inferiore ai 8-10 m);
- mantenere almeno 4.5-5 m dalle opere di fondazione di edifici;
- mantenere almeno 1 m dai sottoservizi interrati;
- mantenere almeno 2 m dagli alberi d'alto fusto;
- devono comunque essere rispettate le distanze minime dai limiti di proprietà ai sensi del Codice civile ed eventuali norme del Piano Regolatori Generali comunali.

1.1.2. Perforazione

Le perforazioni sono eseguite in maniera tale da evitare la contaminazione del suolo e del sottosuolo; a tal fine sono prese le adeguate misure per prevenire la contaminazione delle matrici ambientali interessate e sono eseguite con metodi funzionali alla corretta successiva cementazione.

Per i grandi impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche verticali, almeno uno dei piezometri di monitoraggio profondi è eseguito a carotaggio continuo al fine di una precisa ricostruzione litostratigrafica dei terreni attraversati.

Il diametro di perforazione è tale da consentire un'agevole discesa delle tubazioni di circolazione e di iniezione dei prodotti cementanti nonché la risalita degli stessi senza rischi di ostruzione o intasamento; lo spessore utile dell'intercapedine tra le pareti del perforo e le tubazioni non è inferiore a 30 mm ed è comunque tale da consentire il corretto passaggio del fluido cementante.

I fluidi utilizzati per la perforazione non contengono prodotti chimici che potrebbero inquinare le falde.

1.1.3. Tubazioni e posa delle sonde geotermiche

Le tubazioni che costituiscono le sonde sono specifiche per le sonde geotermiche e sono di materiale di qualità e non riciclato. Sulle tubazioni sono impressi i seguenti dati: costruttore, tipo di tubazione, diametro, materiale, progressive metriche certificate dal fornitore e dall'installatore e, nel caso di materiale plastico, la data di fabbricazione.

Le sonde in materiale plastico hanno il terminale al piede preferibilmente saldato in fabbrica; sia il raccordo sia la saldatura hanno comportamento meccanico almeno pari a quello della tubazione che costituisce la sonda geotermica. I raccordi sono dotati di pozzetto di raccolta fanghi o impurità. La zavorra è costituita da materiali inerte nei confronti delle acque sotterranee.

Inoltre, l'attacco di fissaggio della zavorra dovrà garantire che in caso di rottura non venga compromessa la tenuta idraulica della tubazione. Durante l'installazione delle sonde si ha cura che le tubazioni non vengano sottoposte a pressioni superiori a quella nominale; è da evitare l'utilizzo di mezzi meccanici per spingere la tubazione all'interno del perforo; al termine della posa rimane visibile la progressiva della lunghezza su almeno uno dei tubi.

Sono attuati i necessari accorgimenti tecnici affinché le tubazioni siano accessibili ed ispezionabili anche successivamente al completamento dell'impianto.

Devono essere eseguite, su tutte le sonde, prove di tenuta prima e dopo l'inserimento nel terreno e dopo la cementazione avendo cura di attendere la maturazione del cemento.

1.1.4. Cementazione

I prodotti utilizzati in fase di cementazione hanno il compito di impermeabilizzare i pori e le fratture delle formazioni attraversate, in modo da favorire la saturazione dell'intercapedine evitando le indesiderate perdite per assorbimento.

Il Progettista verifica inoltre l'idoneità del prodotto nelle specifiche condizioni di utilizzo, con particolare riguardo alle pressioni che si determinano nella fase di cementazione, le quali inducono sollecitazioni allo schiacciamento delle tubazioni costituenti le sonde geotermiche che diventano critiche in profondità e con lo sviluppo della temperatura durante il consolidamento del cemento.

Il riempimento del perforo può essere effettuato con materiale sciolto (sabbia quarzifera) nelle zone dove la perforazione interessa solo l'acquifero superficiale; nelle restanti aree è effettuato tramite malte cementizie premiscelate specifiche per l'uso geotermico; tali prodotti dovranno essere ecocompatibili e non alterare la qualità dell'acqua sotterranea, sono inoltre allegate alla documentazione progettuale le schede di sicurezza dei prodotti additivanti eventualmente utilizzati, contenenti i dati delle prove di tossicità eseguite sui materiali.

La miscelazione della malta cementizia è eseguita con miscelatori ad alta turbolenza concepiti per permettere un accurato controllo dei rapporti di miscelazione, sono da evitare le pompe miscelatrici compatte (tipo Marmotta).

L'iniezione dei prodotti cementanti è eseguita dal basso verso l'alto tramite un tubo a perdere specificatamente dedicato, di lunghezza almeno pari alla profondità del foro e di diametro commisurato alla viscosità della malta cementizia (preferibilmente non inferiore a 32 mm), calato nella perforazione insieme alle tubazioni della sonda geotermica; i prodotti cementanti non devono disperdersi nelle formazioni attraversate, a tal fine il volume del perforo è commisurato al quantitativo dei prodotti cementanti iniettati o comunque del materiale di riempimento.

Le operazioni di cementazione del foro e di estrazione della colonna di rivestimento sono fatte, se possibile, simultaneamente. La colonna di rivestimento, usata per stabilizzare le pareti della perforazione, viene recuperata in modo da mantenere il fluido cementante ad una quota sempre superiore all'estremità della tubazione stessa, impedendo così pericolosi franamenti.

Il tubo di iniezione della malta cementizia è sufficientemente lungo da garantire la corretta cementazione del tratto più in profondità, non deve presentare saldature, tagli o aperture per tutta la lunghezza.

Il riempimento può considerarsi completo quando si vede affiorare il materiale in superficie; qualora il livello scenda è necessario reintegrare dal basso utilizzando lo stesso tubo di iniezione, altrimenti utilizzando un nuovo tubo per tutta la lunghezza disponibile. Qualora si evidenzino cospicue perdite di fluidi di cementazione si utilizzano specifiche metodologie atte a contenerle (packers).

Qualora non si riesca a far affiorare il materiale di riempimento è necessario interrompere completamente il lavoro e perforare una nuova sonda.

La Direzione Lavori certifica la corretta esecuzione della sonda geotermica, con particolare riferimento all'isolamento idraulico delle eventuali formazioni acquifere attraversate specificando gli accorgimenti e le tecniche utilizzati a tal fine. Qualora questo non sia possibile la sonda è chiusa minerariamente.

I lavori di posa delle tubazioni e cementazione del foro sono programmati in maniera tale da essere eseguiti immediatamente dopo la conclusione della perforazione; le perforazioni non sono lasciate aperte durante i fine settimana o i giorni di festività.

Per i grandi impianti è necessario conservare a cura del proprietario, per almeno 1 anno dalla data di autorizzazione, un campione della malta cementizia utilizzata per il riempimento per ogni sonda geotermica verticale eseguita.

1.1.5. Fluidi termovettori

Il fluido termovettore che scorre all'interno delle tubazioni delle sonde geotermiche non deve essere nocivo per la salute umana e per l'ambiente acquatico e deve essere biodegradabile: può essere costituito da aria, acqua o da acqua additivata con glicole propilenico ad uso alimentare. Non è idoneo utilizzare antialgali, alcoli o glicole etilenico.

1.1.6. Collaudo

Il collaudo ha la finalità di accertare la corretta posa, cementazione, tenuta delle sonde geotermiche nonché il loro isolamento idraulico.

Per ogni sonda geotermica sono eseguite:

- prove di pressione;
- prove di flusso;
- misura temperatura indisturbata del terreno tramite circolazione di acqua nella tubazione della sonda geotermica;
- prove sperimentali che permettano di rilevare le proprietà termofisiche di scambio del sottosuolo; sono quindi utili sia per procedere al dimensionamento del campo sonde sia, in fase di collaudo, per verificare la corretta cementazione delle sonde; la più utilizzata attualmente è il “Test di risposta Termica (TRT)” anche chiamato “Ground Response Test (GRT)”. Per i piccoli impianti è necessaria almeno una prova su una sonda scelta a campione mentre per i grandi impianti è necessaria almeno una prova ogni 10 sonde scelte a campione;
- per i grandi impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche verticali sono necessarie prove di laboratorio su campioni a 28 giorni di maturazione delle malte cementizie utilizzate per il riempimento al fine di determinare il rapporto di snellezza (λ) e la permeabilità residua; tali test sono da eseguirsi sulle stesse sonde sulle quali si è eseguito il test di risposta termica.

1.1.7. Monitoraggio

Per i grandi impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche verticali sono previsti almeno 4 piezometri di tipo ambientale:

- 2 idrogeologicamente a monte, filtranti uno il solo sistema acquifero superficiale e l'altro il solo sistema acquifero profondo;
- 2 idrogeologicamente a valle rispetto all'impianto stesso, filtranti uno il solo sistema acquifero superficiale e l'altro il solo sistema acquifero profondo.

I piezometri superficiali sono strumentati per la misura ad alta frequenza della temperatura dell'acqua di falda mentre in quelli profondi le acque sotterranee devono essere campionate e analizzate con frequenza semestrale; i parametri analitici sono tratti dal protocollo della Rete di Monitoraggio regionale delle Acque Sotterranee e sono specifici per ogni corpo idrico sotterraneo, a questi sono da aggiungere i principi attivi indicati nelle schede di sicurezza dei prodotti utilizzati sia in fase di perforazione che come fluido termovettore.

1.1.8. Dismissione

Per la corretta dismissione di un impianto geotermico sono effettuati il lavaggio delle tubazioni con acqua e il loro successivo riempimento con idonea malta cementizia.

1.2. Altre tipologie di sonde

1.2.1. Tracciamento

La posizione delle sonde geotermiche è definita prima di iniziare gli scavi secondo i seguenti principi:

- mantenere almeno 1 m dai sottoservizi interrati;

- mantenere almeno 2 m dagli alberi d'alto fusto;
- devono comunque essere rispettate le distanze minime dai limiti di proprietà ai sensi del Codice civile ed eventuali norme dei Piano Regolatori Generali comunali.

1.2.2. Tubazioni

Le tubazioni che costituiscono le sonde sono specifiche per le sonde geotermiche e sono di materiale di qualità e non riciclato. Sulle tubazioni sono impressi i seguenti dati: costruttore, tipo di tubazione, diametro, materiale, progressive metriche certificate dal fornitore e dall'installatore e, nel caso di materiale plastico, la data di fabbricazione.

1.2.3. Fluidi termovettori

Il fluido termovettore che scorre all'interno delle tubazioni delle sonde geotermiche non dovrà essere nocivo per la salute umana e per l'ambiente acquatico e dovrà essere biodegradabile: può essere costituito da aria, acqua o da acqua additivata con glicole propilenico ad uso alimentare. Non è idoneo utilizzare antialgali, alcoli o glicole etilenico.

1.2.4. Dismissione

Per la corretta dismissione di un impianto geotermico sono effettuati il lavaggio delle tubazioni con acqua e il loro successivo riempimento con idonea malta cementizia.

2. Documentazione progettuale

Vengono di seguito illustrati i contenuti tecnico progettuali degli elaborati che si ritiene costituiscano la base conoscitiva minima, per una corretta valutazione delle ricadute ambientali, suddivisi per tipologia di impianto.

2.1. Piccoli impianti

- a) **relazione tecnica di progetto dell'impianto**, che dovrebbe riportare almeno i seguenti dati:
- tipologia di impianto (sonde geotermiche verticali o altra tipologia) e geometria del campo sonde;
 - schema logico e funzionale dell'impianto nel suo complesso;
 - volumetria e superficie da riscaldare/raffrescare;
 - periodo di utilizzo dell'impianto distinto tra ciclo estivo e ciclo invernale (ore di funzionamento in modalità raffrescamento o riscaldamento);
 - potenza termica utile (kW);
 - potenza frigorifera utile (kW);
 - indicazioni su COP di progetto delle macchine e su COP delle macchine alle condizioni standard;
 - temperatura limite di mandata del fluido termovettore al terreno in condizioni estive;
 - temperatura limite di mandata del fluido termovettore al terreno in condizioni invernali;
 - numero di perforazioni previsto, la loro profondità e ubicazione in caso di impianto a sonde geotermiche verticali, lunghezza tubazioni anche in caso di sonde geotermiche di altra tipologia;
 - tecnica di perforazione, fluidi di perforazione, completamento del foro e diametri di perforazione e delle sonde geotermiche;
 - numero di sonde geotermiche installato all'interno di ciascuna perforazione;
 - materiali costituenti le sonde geotermiche;
 - tipologia e caratteristiche dei prodotti premiscelati di riempimento;
 - tipologia, concentrazione e volume totale del fluido termovettore che circola all'interno delle sonde geotermiche;
 - test e strumentazione di collaudo previsti dal progettista al fine di accertare la corretta cementazione, la tenuta e l'isolamento idraulico delle sonde geotermiche;
 - procedure operative da adottare in caso di perdite accidentali del circuito;
- b) **ubicazione dell'impianto** sulla base cartografica di riferimento della Regione Piemonte, BDTRE, con indicazione delle isolinee della base dell'acquifero superficiale di cui alla D.G.R. 3/6/2009 n. 34-11524 e alla D.D. 900 del 3/12/2012 al fine di una corretta valutazione del divieto di costruire opere che mettano in comunicazione la falda superficiale con quelle profonde (L.R.22/1996);
- c) **caratterizzazione delle proprietà termiche** dei terreni attraversati ipotizzata sulla base di conoscenze bibliografiche attendibili;
- d) **caratterizzazione idrogeologica** con indicazione del livello piezometrico e della base dell'acquifero superficiale e lineamenti geologici e geomorfologici sulla base di conoscenze bibliografiche attendibili.

2.2. Grandi impianti

Oltre ai documenti di cui al precedente punto 1.1:

- a) **caratterizzazione delle proprietà termiche** dei terreni attraversati di cui alla lettera c) del precedente punto 1.1, redatta sulla base di specifici test (per esempio Ground Response Test) da eseguirsi sul foro pilota;
- b) **caratterizzazione litostratigrafica** di cui alla lettera d) del precedente punto 1.1 è sostituita da una relazione che descrive gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici del territorio nel quale è ubicato l'impianto stesso. Tale studio interessa un intorno significativo dell'impianto di ampiezza tale da consentire le caratterizzazioni richieste; in particolare, lo studio deve definire il quadro idrogeologico ed idrogeochimico e la piezometria di dettaglio dell'acquifero freatico, ove presente, basata su misure di campo; la carta piezometrica derivante riporta le linee isopiezometriche riferite al livello del mare, le linee di flusso e gli eventuali limiti idrogeologici. Per ogni punto di misura, numerato e riferito ad un elenco inserito in relazione, dovranno essere indicati: le coordinate U.T.M., le caratteristiche costruttive dei pozzi e/o piezometri utilizzati come punti di misura, la quota del piano campagna s.l.m., la soggiacenza della falda, il livello piezometrico e la data delle misure;
- c) **censimento degli impianti geotermici**, ivi compresi gli impianti a ciclo aperto con utilizzo di acqua di falda, in un'area avente il raggio di almeno 1 km dal perimetro esterno dell'impianto;
- d) per i grandi impianti costituiti da più di 100 sonde geotermiche verticali è necessario un **piano di monitoraggio** contenente l'ubicazione dei piezometri di monitoraggio di cui al precedente punto 1.1.7., le modalità di esecuzione degli stessi, la stratigrafia del piezometro profondo eseguito a carotaggio continuo, le caratteristiche della strumentazione da installare, il protocollo analitico e le tempistiche di campionamento.