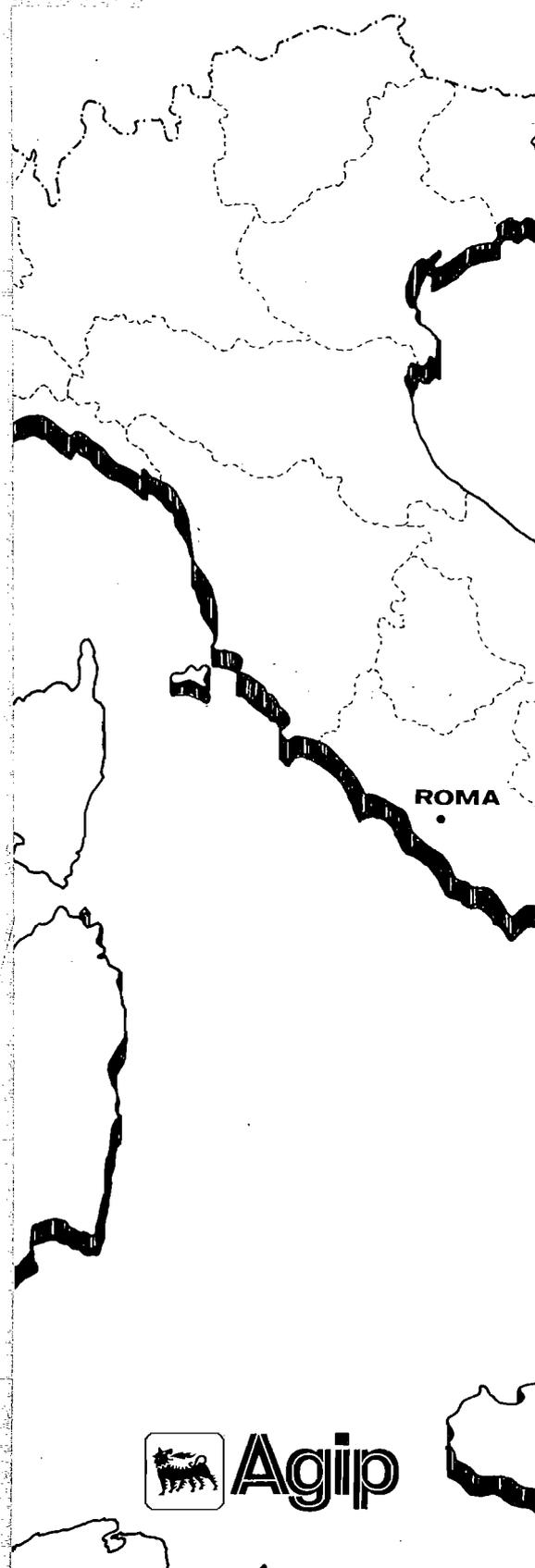


MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
LEGGE 9 DICEMBRE 1986, N. 896 "DISCIPLINA DELLA RICERCA E DELLA COLTIVAZIONE DELLE RISORSE GEOTERMICHE

CNR - ENEA - ENEL - ENI / AGIP

**INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE NAZIONALI
REGIONE TRENINO-ALTO ADIGE**

DES-DIREZIONE SERVIZI CENTRALI ESPLOAZIONE-RISORSE GEOTERMICHE-SERG



Agip

MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO
LEGGE 9 DICEMBRE 1986, N. 896 "DISCIPLINA DELLA RICERCA E DELLA COLTIVAZIONE DELLE RISORSE GEOTERMICHE
CNR - ENEA - ENEL - ENI / AGIP

INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE NAZIONALI
REGIONE TRENINO-ALTO ADIGE

RAPPORTO

DICEMBRE 1987

INDICE

1.	CENNI DI GEOLOGIA	Pag. 1
2.	IDROGEOLOGIA	" 2
3.	SORGENTI TERMALI	" 3
4.	GEOTERMIA	" 3
5.	UTILIZZAZIONI	" 4
	BIBLIOGRAFIA	
	APPENDICE	

ALLEGATI

TAVOLA 1 - SCHEMA GEOIDROLOGICO

- SCHEDE SORGENTI (A11. A)

SCHEDE POZZI (A11. A)

MISURE DI TEMPERATURA IN POZZO (A11. B)

- PREMESSA

Il presente documento è stato curato da ENI-AGIP ed è parte dell'Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali, eseguito per conto del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato da parte di CNR, ENEA, ENEL ed ENI-AGIP.

Lo scopo del lavoro è di fornire una raccolta di elementi utili per la conoscenza delle risorse geotermiche del Trentino Alto Adige. Il documento si compone di un Rapporto, con tavole annesse, in cui vengono esaminate e descritte le caratteristiche idrogeologiche e geotermiche dei principali acquiferi individuati.

Al Rapporto fanno seguito una raccolta di dati di sorgenti e di pozzi per idrocarburi, con informazioni di carattere idrogeologico sugli acquiferi ad acqua dolce attraversati dai pozzi (Allegato A) ed una raccolta di schede contenenti misure di temperatura effettuate in pozzi per idrocarburi a varie profondità (Allegato B).

In conformità con gli obiettivi dell'Inventario, una parte della documentazione citata (informazioni contenute nelle schede più recenti dell'Allegato B) è già stata trasferita nella Banca Dati Geotermici esistente presso l'Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche di Pisa del CNR.

La documentazione rimanente sarà trasferita successivamente, insieme con i dati che via via si raccoglieranno a completamento dell'Inventario, a partire da quelli riguardanti i pozzi perforati da altre Compagnie, e di cui l'AGIP sta curando la raccolta per conto del Ministero.

Le considerazioni conclusive contenute nel presente rapporto, così come le estrapolazioni effettuate per la compilazione delle tavole annesse, hanno carattere generale e richiedono pertanto ulteriori indagini ed approfondimenti per una loro utilizzazione puntuale.

I successivi aggiornamenti dell'Inventario, già previsti dalla legge 9 dicembre 1986, n°896, permetteranno di migliorare via via l'affidabilità delle conoscenze riguardanti le entità ed ubicazione delle risorse geotermiche regionali.

1. CENNI DI GEOLOGIA

Nel territorio affiorano tre delle grandi unità strutturali che costituiscono la catena alpina. In una piccola porzione di territorio è presente un lembo delle Pennidi mentre sulla rimanente superficie affiorano consistenti porzioni di Austridi al nord e Alpi meridionali a sud.

I confini fra le unità citate sono segnati da forti dislocazioni tettoniche e dalla presenza di rocce intensamente fratturate.

Le caratteristiche dei terreni che affiorano sui tre settori citati possono essere sintetizzate come segue (Tav. 1):

- presenza prevalente di rocce scisto-cristalline associate a zone serpentinosi e calcescisti nelle Pennidi;
- netta prevalenza di rocce scisto-cristalline con presenza di un batolite intrusivo nelle Austridi;
- prevalenza di rocce sedimentarie a componente carbonatica e subordinatamente clastica, con presenza di rocce intrusive e metamorfiche nelle Alpi meridionali.

La Piattaforma Atesina rappresenta un affioramento notevolmente esteso di rocce vulcaniche.

Le zone di affioramento delle Pennidi e delle Austridi sono caratterizzate da strutture molto complesse con grandi pieghe, ricoprimenti e scaglie.

Nella zona delle Alpi meridionali, dove le strutture tettoniche sono meno complicate, si ha una rete abbastanza fitta di faglie con strutture a pieghe e rari rovesciamenti e sovrascorrimenti.

I lineamenti tettonici principali del territorio sono le grandi faglie note in geologia come linea delle Giudicarie, linea del Tonale, linea della Pusteria. Pieghe e faglie delle Alpi meridionali

seguono principalmente due direttrici principali: la prima, ad est dell'Adige, orientata mediamente Est - Ovest; la seconda ad ovest dell'Adige orientata NNE-SSO. Nella zona di Trento e nel Trentino sud-orientale sono presenti strutture di raccordo fra i due sistemi con faglie e pieghe ad andamento arcuato.

2. IDROGEOLOGIA

L'assetto idrogeologico del territorio in esame si presenta molto complesso.

I principali acquiferi hanno la loro sede in:

- depositi alluvionali in corrispondenza dei corsi d'acqua principali;
- coltri eluviali e depositi quaternari sciolti di pendio, alti terrazzi etc.,
- strutture carbonatiche.

Gli acquiferi che hanno la loro sede nei depositi alluvionali a componente clastica prevalente sono dotati di permeabilità primaria o interstiziale, direttamente collegata alla loro granulometria. Questi acquiferi sono generalmente freatici e possono essere considerati del tipo monostrato poichè i livelli argillosi al loro interno hanno distribuzione casuale ed andamento lentiforme. Tali condizioni non interrompono il collegamento idraulico fra i livelli permeabili nella quasi totalità dei casi.

Gli acquiferi sopra citati rappresentano una delle principali fonti di approvvigionamento idrico del territorio considerato.

Gli acquiferi che hanno la loro sede nei sedimenti clastici incoerenti del secondo tipo hanno limitate dimensioni, modesta potenzialità produttiva ed un interesse localizzato.

Gli acquiferi delle strutture carbonatiche, a permeabilità secondaria per fratturazione e carsismo, costituiscono spesso un sistema multiacquifero in funzione della presenza di soglie idrogeologiche all'interno della struttura.

Quando le soglie vengono a mancare a causa di variazioni di lito facies o di fenomeni tettonici, gli acquiferi sovrapposti vengono a contatto fra di loro in modo da costituire un unico grande acquifero.

I complessi carbonatici contengono generalmente una falda di fondo che alimenta le numerose sorgenti del territorio.

Nei settori di affioramento del complesso cristallino possono originarsi acquiferi di modesto rilievo nelle coltri di alterazione e nelle zone più intensamente fratturate. Tali risorse idriche sotterranee sono generalmente di modesta entità.

3. SORGENTI TERMALI

Le manifestazioni termali sono costituite da:

- sorgente Brennerbad in Comune Brennero (BZ) con acque alla temperatura di 21,6°C.
- sorgente Terme di Comano in Comune di Lamaso (TN) con acque alla temperatura di 27,7°C.

4. GEOTERMIA

Il territorio regionale, interamente montano, presenta un limitato interesse geotermico per la sua struttura geologica ed idrogeologica.

I complessi carbonatici, che appartengono al complesso delle Alpi meridionali calcaree, sono la sede di importanti acquiferi che alimentano numerose sorgenti fredde e non si hanno manifestazioni termali di qualche rilievo che indichino la risalita di fluidi caldi attraverso le faglie esistenti.

Nei complessi cristallini l'unica manifestazione termale conosciuta è quella del Brennero, ove le acque di sorgente hanno una portata di 50 l/s.

I sedimenti clastici alluvionali sono sede di acquiferi la cui utilizzazione a fini geotermici è da escludere.

Il solo dato di temperatura proveniente da pozzi profondi è relativo al pozzo Coredò 1, situato fra Trento e Bolzano, con valore registrato di 51°C a 2063 m di profondità.

5. UTILIZZAZIONI

Le acque delle Terme di Comano sono attualmente adibite ad uso balneoterapico.

Sulla base delle attuali conoscenze non sono proponibili sviluppi di attività geotermica nel Trentino.

Bibliografia essenziale

- AGIP, 1977: Temperature sotterranee, Roma.
- AGIP, Profili di pozzi per idrocarburi, doc. interni.
- BONI C., BONO P., FUNICIELLO R., PAROTTO M., PRATURLON A., 1982: Carta delle manifestazioni termali e dei complessi idrogeologici d'Italia. Scala 1:1000.000, CNR - PFE, volume RF 10.
- CADROBBI M., 1960: Studio geotettonico dei monti a nord di Arco (Trentino meridionale), Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 83 pp. , Padova.
- COMMISSIONE DELLE COMUNITA' EUROPEE, 1982: Studio delle risorse idriche sotterranee dell'Italia, ED. Th. Scafer, D-3000, Hannover 1.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1984: Assesement of the El geothermal resources and reserves, comp. by Italian Working Group, CEE Report.
- CNR-PFE, 1982: Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio italiano, vol. RF13, Roma.
- ENI-AGIP, 1972: Acque dolci sotterranee, Roma.
- LODDO M., MONGELLI F., 1979: Heat flow in Italy, Pageoph. vol. 117, n. 1/2.
- MINISTERO LAVORI PUBBLICI : Consiglio Superiore Servizio Idrografico, 1966: Carta delle temperature medie anuue vere in Italia, trentennio 1926 - 1955, Roma.
- PERNA E., PERNA G., 1974: Le acque minerali del Trentino e dell'Alto Adige. Ec. trentina, 1974, vol. 1974, N. 4, 5-31, Trento.

APPENDICE

I - Provenienza dei dati

I dati che consentono la compilazione di un inventario delle risorse geotermiche provengono da misure e determinazioni effettuate espressamente per fini geotermici oppure per altri scopi.

Essi si riferiscono a parametri fisici, petrofisici, chimici ed idraulici direttamente misurati sui fluidi provenienti dal sottosuolo per erogazione spontanea (sorgenti, fumarole, ecc.) e per estrazione o venuta a giorno (pozzi perforati, gallerie, ecc) e sulle rocce che li contengono, oppure provengono da attività di esplorazione di superficie (indagini geologiche, geofisiche, ecc.). In genere le informazioni raccolte per fini non espressamente geotermici (ricerca per idrocarburi e mineraria, ricerca d'acqua, gallerie stradali, fondazioni, geotecnica, ecc.) sono assai più abbondanti di quelle ricavate nel corso di attività dichiaratamente geotermiche e costituiscono il nucleo principale di un inventario geotermico, fatta eccezione per talune aree a vocazione geotermica (Toscana e alcune zone della Campania).

Le informazioni utilizzate per la compilazione dell'inventario delle risorse geotermiche della Regione provengono essenzialmente dalle operazioni di ricerca per idrocarburi sviluppate dall'AGIP negli ultimi decenni, in esclusiva od in Joint Venture.

Altre informazioni di interesse geotermico provengono da studi e rilievi geologici e geofisici eseguiti da privati, Enti terzi od Istituti Universitari; i documenti più significativi sono citati nell'elenco bibliografico allegato.

La conoscenza e valutazione delle risorse geotermiche disponibili in una data area non può prescindere dalla profondità cui si può economicamente spingere la coltivazione. Allo stato attuale tale profondità è valutabile intorno ai 2000-2500 m nel campo della bassa entalpia. Pertanto, nella compilazione del presente inventario, sono stati presi in esame dati entro tale limite di profondità.

II - Risorse geotermiche a loro determinazione

Secondo la definizione ufficiale italiana (bozza del regolamento di attuazione della legge 9 Dicembre 1986 n°896) le RISORSE GEOTERMICHE rappresentano l'energia termica derivante dal calore terrestre estraibile mediante fluidi geotermici, che a loro volta sono o quelli esistenti naturalmente nel sottosuolo o quelli immessi artificialmente.

Per basse temperature (inferiori a 100°C) il fluido è rappresentato da acqua (campo della bassa entalpia).

Per valutare la redditività della risorsa geotermica è necessario conoscere temperatura, portata e qualità del fluido geotermico.

La temperatura del fluido all'origine deve essere la più elevata possibile, in modo da consentire un salto termico (ΔT) significativo rispetto alla temperatura di restituzione; naturalmente le calorie fornite dal fluido geotermico sono proporzionali, oltre che al salto termico ΔT , alla portata di erogazione (Q) del fluido dal pozzo o dalla captazione.

Per bassi valore del prodotto $Q \times \Delta T$ i benefici dell'energia geotermica sono così scarsi da non consentire una utilizzazione redditizia, salvo l'uso di pompe di calore che comunque hanno un costo adizionale da prendere in considerazione.

Circa la qualità dell'acqua geotermica, se il contenuto salino è elevato, tale da impedire la immissione in un corpo d'acqua superficiale, l'acqua, dopo l'impiego, deve essere reintrodotta nel sottosuolo, e richiederà pertanto la perforazione di un pozzo di reiniezione accanto al pozzo di produzione; il costo della risorsa cresce quindi notevolmente.

Un ulteriore elemento essenziale per assicurare la fattibilità di un progetto geotermico per usi non elettrici è la concomitanza di risorse ed utenze, non essendo economico il trasporto a distanza dell'acqua calda.

Nei paragrafi che seguono ci limitiamo ad alcuni cenni miranti ad illustrare le modalità impiegate per la determinazione della temperatura, della portata di erogazione e della salinità dell'acqua geotermica.

III - Parametri e metodologia di determinazione

a - Temperatura

La temperatura nel sottosuolo in condizioni omogenee ed isotrope aumenta con l'aumentare della profondità, secondo la legge

$$T_1 = T_0 + \frac{p_1 - p_0}{100} \times \text{grad}$$

Ove T_1 = temperatura alla profondità p_1 (°C)
 grad_{100} = gradiente termico: aumento di temperatura espresso in °C per un approfondimento di 100 m (°C/100 m)

p_1 = profondità richiesta (m)

p_0 = profondità minima dal piano campagna in cui vengono meno l'escursione termica diurna e stagionale (m)

T_0 = temperatura alla profondità p_0 : corrisponde in genere alla temperatura media annua del luogo ($^{\circ}\text{C}$).

Le misure di temperatura più frequenti sono quelle effettuate nei pozzi per idrocarburi nel corso di esecuzione dei carotaggi elettrici; più rare sono le misure di temperatura effettuate sui fluidi erogati da pozzi per idrocarburi nel corso di prove di produzione.

Le prime misure sono in genere approssimate per difetto per mancata stabilizzazione della temperatura in pozzo. Il metodo di Fertl-Wichmann (Fertl W.H., Wichmann P.A., 1977. "How to determine static BHT from well log data." World oil, January 1977) permette di ricavare la temperatura stabilizzata qualora siano disponibili misure di temperatura in tempi diversi ad una stessa profondità.

Conoscendo più valori di temperatura stabilizzata a differente profondità, si può tracciare, eventualmente correggendola in funzione della conducibilità termica delle formazioni attraversate, una spezzata che descrive l'andamento della temperatura con la profondità.

Dal grafico così ottenuto possiamo ricavare la temperatura del fluido geotermico negli acquiferi di interesse.

Il gradiente termico medio terrestre è di circa $3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$.

Nelle regioni dell'Italia Settentrionale ed in quelle periadriatiche, salvo rare eccezioni, i gradienti geotermici si aggirano fra $1,5$ e $2,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$; essi sono più elevati nelle regioni tirreniche (Toscana - Lazio - Campania) sedi di distretti geotermici di primaria importanza per le risorse geotermiche di alta temperatura.

b - Portata di erogazione

La portata di erogazione del fluido geotermico è funzione della permeabilità (K) e della potenza (s) dell'acquifero, (ovvero della trasmissività $T = K \times s$) e dell'abbassamento di livello (ΔS) compatibile con le caratteristiche tecniche del completamento e con la economicità della gestione dei pozzi.

Nel caso di sorgenti la portata dipende ancora dalle permeabilità dell'acquifero, ma, essendo vincolata la quota del punto di erogazione, essa dipende dal carico idraulico nell'acquifero, e pertanto varia secondo cicli stagionali e pluriennali.

La determinazione della permeabilità K (o della trasmissività T) di un acquifero di interesse geotermico attraversato da pozzi viene eseguita sia mediante prove di produzione, sia in laboratorio, con misure su carote (in quest'ultimo caso, per possedere gli elementi utili conoscere la produttività di un pozzo, occorre poter effettuare le misure su tutti i livelli permeabili presi in considerazione).

La attendibilità dei dati delle prove di produzione è più elevata di quella dei dati ottenuti da carote, anche perchè generalmente il carotaggio è solo parziale.

Nel caso di pozzi eseguiti espressamente per scopi geotermici le prove di produzione negli acquiferi di interesse sono adeguate; invece nei pozzi per idrocarburi, che sono la fonte più abbondante e diffusa di dati per la geotermia di bassa entalpia, le prove di produzione nei serbatoi d'interesse geotermico sono piuttosto rare. Le determinazioni di permeabilità su carote nel caso di pozzi per idrocarburi sono da prendere con cautela, poichè per lo più la permeabilità vi è stata ricavata in funzione del fluido gas od olio, obiettivi dell'esplorazione petrolifera, anzichè del fluido acqua, obiettivi della geotermia: l'acqua, rispetto al gas, può determinare nella roccia serbatoio, soprattutto in preseza di argilla, variazioni significative di permeabilità.

Una conoscenza sufficientemente dettagliata della permeabilità dell'acquifero è essenziale per la progettazione di un impianto geotermico; infatti la permeabilità delle rocce serbatoio può variare da luogo a luogo anche di vari ordini di grandezza, pur nell'ambito di uno stesso tipo litologico.

Per fare un esempio; nel caso delle sabbie-ghiaie-arenarie si può passare da valori di permeabilità di 10 mD (millidarcy) a valori di 10^4 mD. E' evidente che il parametro permeabilità, a causa di differenti valori che gli competono nelle varie formazioni acquifere, talora anche nello stesso orizzonte, è spesso più determinante del parametro temperatura in un progetto geotermico. In conclusione si può affermare che allo stato attuale non vi è una adeguata conoscenza della produttività degli acquiferi individuati.

In genere le indicazioni di produttività degli acquiferi contenute nel presente rapporto si riferiscono alle portate erogabili da pozzi di medio diametro con un abbassamento di livello di 100 metri.

La portata di erogazione-reiniezione dei pozzi è un vincolo da prendere in considerazione per valutare la economicità di un progetto geotermico.

Allo stato attuale si può affermare che la portata di un singolo pozzo comincia a diventare interessante quando supera la soglia dei $100 \text{ m}^3/\text{h}$ in presenza delle seguenti condizioni: livelli produttivi a profondità di 1500-2000 m; livello statico delle falde idriche a profondità di 100 metri; necessità di iniettare l'acqua geotermica dopo il prelievo di calore; gradiente geotermico da 2 a $3^\circ\text{C}/100 \text{ m}$; abbassamento di livello di 100 m in corso di produzione.

Condizioni più favorevoli, naturalmente, possono consentire l'economicità di un progetto anche con portate proporzionalmente inferiori.

c - Salinità dell'acqua geotermica

L'acqua nel sottosuolo è in genere caratterizzata da un aumento progressivo con la profondità del contenuto in sali disciolti.

Il fenomeno, laddove non è oggetto di processi più complessi, è spiegato dalla difficoltà di penetrazione in profondità delle acque di infiltrazione meteorica e dalla dissoluzione dei sali minerali delle rocce serbatoio ad opera delle stesse acque di circolazione.

A parità delle altre condizioni, la presenza di acque dolci in profondità può essere messa in relazione con una buona permeabilità dell'acquifero.

L'interesse nella determinazione della qualità delle acque di impiego geotermico risiede nel fatto che le acque dolci in genere possono venir smaltite in superficie senza richiedere l'extra costo di un pozzo di reiniezione o possono essere utilizzate per scopi congiunti (irrigazione, acqua calda sanitaria ecc.).

La documentazione esistente dei pozzi per idrocarburi permette di solito una discreta definizione del limite fra le acque dolci e le acque salmastro-salate.

La profondità della base delle acque dolci, riportata sulle schede dei pozzi per idrocarburi, è stata identificata soprattutto mediante i logs elettrici, e viene convenzionalmente fatta corrispondere al valore di resistività elettrica misurata di 20 ohm x m in formazioni acquifere rappresentate da sabbie pulite.

Al di sotto di tale valore di resistività (cui corrisponde una salinità dell'acqua di circa 1 g/litro), l'acqua contenuta nella formazione è considerata salmastra, e salata quando scende sotto i 2 ohm x m, cui compete una salinità indicativa di 25 g/l.