

REPUBBLICA ITALIANA
MINISTERO DELL'INDUSTRIA, DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

INVENTARIO
DELLE RISORSE GEOTERMICHE NAZIONALI

ENEL UNG

CNR IIRG

ENI-AGIP SERG

ENEA DPAS

REGIONE TOSCANA

RAPPORTO

PISA
Dicembre 1987

ENEL
Unità Nazionale Geotermica

INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE DELLA REGIONE TOSCANA

Indice del testo

1.	<u>INTRODUZIONE</u>	pag. 3
2.	<u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOIDROLOGICO DELLA TOSCANA</u>	pag. 6
3.	<u>INVENTARIO DELLE SORGENTI TERMALI E DEI POZZI</u>	pag. 15
3.1.	<u>Sorgenti e manifestazioni</u>	pag. 16
3.2.	<u>Pozzi</u>	pag. 20
4.	<u>CARTE TEMATICHE</u>	pag. 21
4.1.	<u>Metodologia</u>	pag. 21
4.2.	<u>Carta del tetto del potenziale serbatoio geo- termico</u>	pag. 24
4.3.	<u>Carta delle temperature al tetto del poten- ziale serbatoio</u>	pag. 27
4.4.	<u>Carta delle temperature a 500 m, 1000 m, 2000 m e 3000 m dal piano campagna</u>	pag. 30
5.	<u>CONCLUSIONI</u>	pag. 33
-	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	pag. 38
-	<u>ELENCO DELLE SORGENTI DELLE MANIFESTAZIONI E DEI POZZI DOMESTI INVENTARIATI</u>	pag. 63
-	<u>ELENCO DEI POZZI INVENTARIATI</u>	pag. 71

Indice delle Tavole

- Tav. 1 Carta geoidrologica
- Tav. 2 Sezioni geologiche regionali
- Tav. 3 Carta di ubicazione delle sorgenti e delle manifestazioni
- Tav. 4 Carta di ubicazione dei pozzi
- Tav. 5 Carta del tetto del potenziale serbatoio geotermico
- Tav. 6 Carta delle temperature al tetto del potenziale serbatoio
- Tav. 7 Carta delle temperature a 500 m dal piano campagna
- Tav. 8 Carta delle temperature a 1000 m dal piano campagna
- Tav. 9 Carta delle temperature a 2000 m dal piano campagna
- Tav.10 Carta delle temperature a 3000 m dal piano campagna
- Tav.11 Carta delle aree con tetto del potenziale serbatoio a 500 m dal piano campagna
- Tav.12 Carta delle aree con tetto del potenziale serbatoio a 1000 m dal piano campagna

INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE DELLA REGIONE TOSCANA

1. INTRODUZIONE

Se è vero che, in ogni caso un inventario delle risorse geotermiche italiane, data l'importanza dell'argomento non può essere solo un elenco di dati, ciò è ancora più vero per la Toscana, che, insieme al Lazio e alla Campania, rappresenta una delle tre regioni italiane di maggior interesse geotermico.

Pertanto, sotto la parola inventario è opportuno comprendere non solo una raccolta, sia pur sistematica, di informazioni d'interesse geotermico, ma anche una successiva elaborazione ed interpretazione delle stesse. Tale interpretazione è stata, per così dire, materializzata in una serie di carte tematiche strutturali e termiche, che possono costituire uno strumento di indirizzo in programmi di ricerca e utilizzazione di risorse geotermiche, con particolare riferimento a quelle a medio-bassa temperatura.

I dati presi in considerazione per l'inventario in oggetto, oltre a quelli geologici ed idrogeologici di superficie, sono i seguenti.

- Dati stratigrafici, idrogeologici, termici, chimici, fisici e di produzione dei pozzi, compresi quelli di pozzi a piccola profondità perforati a scopi termometrici; la stragrande maggioranza di questi è

stata eseguita dall'ENEL per ricerche geotermiche (ma oltre a questi sono stati raccolti dati di pozzi perforati da altri quali AGIP, Larderello S.p.a., Montecatini, ecc., i cui esecutori sono in ogni caso riportati sulle schede allegate).

- Dati geofisici di varia natura (gravimetrici, geoelettrici, sismici, ecc.).
- Dati geologici, fisici e chimici di sorgenti, manifestazioni idrotermali, mineralizzazioni, ecc.).

La quasi totalità di queste informazioni è riportata in dettaglio nelle schede allegate.

Come accennato all'inizio, i suddetti dati sono stati elaborati nelle seguenti carte tematiche:

- carta di ubicazione delle sorgenti termominerali alla scala 1:200.000;
- carta di ubicazione dei pozzi alla scala 1:200.000;
- carta geoidrologica schematica (1:500.000);
- carta del tetto del potenziale serbatoio di maggior interesse geotermico (scala 1:500.000);
- carta delle temperature al tetto di tale serbatoio (scala 1:500.000);
- carta delle temperature a 500, 1000, 2000, 3000 metri di profondità dal piano campagna (1:500.000);
- carte di sintesi.

La quantità di informazioni d'interesse geotermico disponibili per la Toscana è certamente elevata. Esse però

non sono distribuite omogeneamente su tutto il territorio, essendo notevolmente più concentrate sulla Toscana occidentale e scarse in altre zone della regione. Per quest'ultime quindi l'affidabilità dell'interpretazione degli elaborati cartografici è inferiore a quella delle aree interessate direttamente da ricerche geotermiche.

Per quanto concerne la Toscana occidentale, sono stati presi in considerazione solo quei dati che sono stati ritenuti utili ai fini del lavoro, con l'eliminazione di quelli superflui. In particolare, in zone densamente perforate, è stata selezionata solo una parte dei pozzi e precisamente quella necessaria alla caratterizzazione geotermica delle stesse.

I ristretti limiti di tempo previsti dalla legge n° 896 del 9/12/86 per l'inventario, oltre a difficoltà di tipo burocratico, non hanno consentito una raccolta completa al 100% di tutte le informazioni in possesso di aziende ed Enti esterni a quelli preposti al lavoro; tuttavia, sicuramente, i dati di maggiore interesse e più significativi, sono stati raccolti. L'inventario potrà essere completato o ulteriormente dettagliato in occasione degli aggiornamenti previsti per i prossimi anni.

Le fonti dei dati contenuti nelle schede e quelle bibliografiche sono riportati nell'elenco bibliografico allegato, salvo alcune che sono citate espressamente nel testo.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEIDROLOGICO DELLA TOSCANA

Dagli obiettivi di queste note illustrative dell'inventario esula quello di fornire un quadro geologico dettagliato, sia da un punto di vista stratigrafico che da quello de' l'evoluzione paleogeografica e strutturale della zona in esame, per la quale si rimanda ai numerosi lavori pubblicati in merito, riportati in bibliografia.

Appare utile, invece, dare un quadro delle successioni litostratigrafiche presenti nell'area, dei loro rapporti geometrici e dei loro principali caratteri litologici ed idrogeologici, elementi questi che hanno una notevole importanza dal punto di vista geotermico in generale e per la costruzione delle carte tematiche strutturali geoidrologiche e termiche in particolare.

In special modo è importante stabilire, sulla base dell'assetto strutturale e dei caratteri litostratigrafici, quali formazioni o gruppi di formazioni costituiscano in generale potenziali serbatoi di interesse geotermico e quali invece ne rappresentino la copertura.

La distribuzione degli affioramenti dei principali complessi geologici è riportata in Tav. 1 (1), mentre i

(1) Gli elementi geologici dalla Tav. 1 sono stati tratti da Giannini, Lazzarotto (1975) [266]. Le sezioni geologiche 1 e 3 sono tratte dai rapporti C.N.R. dei progetti "Geodinamica" e "Energetica" [64] [67].

loro rapporti verticali sono schematizzati nella sezione di Tav. 2 (1).

Nell'area Toscana, posta nella parte interna della curvatura dell'Appennino settentrionale, le principali unità tettonico-stratigrafiche liguri e toscane nel Miocene medio sono sovrascorse una sull'altra con vergenze generalmente verso Nord-Est.

Oltre alle formazioni appartenenti alle suddette unità, coinvolte nell'orogenesi appenninica, sono presenti anche terreni, più recenti, prevalentemente clastici. Sono generalmente formazioni marino-continentali (argille, sabbie e conglomerati strettamente legate alle fasi di ingressione e regressione marina. Questi depositi indicano che nell'area Toscana, dopo l'orogenesi appenninica caratterizzata da importanti sforzi tangenziali, è seguita una tettonica distensiva mio-pliocenica e quaternaria con prevalenti movimenti verticali, accompagnati da un'importante attività magmatica e vulcanica principalmente di origine anatectica.

I terreni che affiorano in Toscana (Tav .1) possono essere distinti sinteticamente in:

- Unità orogeniche (Tettonica-Tangenziale) che comprendono dal basso all'alto un Basamento metamorfico, la Falda toscana e alcune Unità Liguri s.l.
-

- Unità post-orogeniche (Tettonica distensiva), che comprendono formazioni neogeniche e depositi quaternari marini e continentali.

Basamento metamorfico

- - - - -

Sotto questo nome vengono raggruppate le formazioni metamorfiche più antiche che possono aver subito una o più fasi tettoniche deformative.

Queste formazioni affiorano in limitate zone disposte generalmente lungo un allineamento Nord-Ovest - Sud-Est che comprende le Alpi Apuane, il M. Pisano, la zona a N.E. di Volterra (Iano), la Montagnola Senese, l'area di Monticiano-Roccastrada, i Monti dell'Uccellina, il M. Argentario, i Monti Romani e l'Isola d'Elba. Queste "culminazioni" sono costituite generalmente da filladi arenacee e quarziti del Paleozoico e da filladi e conglomerati quarzosi del Verrucano (Trias medio-sup.). Formazioni più antiche come "Micascisti" e "Gneiss" del Precambiano sono state incontrate nei sondaggi geotermici profondi di Larderello. Per mezzo di questi sondaggi è stata riconosciuta inoltre, nell'area di Larderello, la natura tettonica del contatto tra la formazione del Verrucano e quelle geometricamente sottostanti. Con la definizione infatti di "Complesso a Scaglie tettoniche" è stato individuato un edificio di differenti formazioni

metamorfiche in scaglie, la cui matrice è generalmente costituita da una breccia anidritico-dolomitica del tutto simile a quella che più generalmente in affioramento viene chiamata come formazione di Burano (Trias sup.).

Questo orizzonte litologicamente molto eterogeneo si colloca sempre al di sopra delle formazioni del basamento paleozoico ed è ricoperto a luoghi delle formazioni della Falda toscana o da quelle delle coltri liguri.

Altri esempi di scaglie tettoniche riconosciute in affioramento sono quelle dell'Unità di Massa" sulle Alpi Apuane, della Montagnola Senese, dell'Argentario e dei Monti Romani.

Il basamento metamorfico presenta nel suo insieme una permeabilità medio-bassa. In alcuni pozzi profondi sono state rinvenute, però, zone maggiormente permeabili in corrispondenza di orizzonti carbonatici fratturati o comunque di orizzonti particolarmente tettonizzati.

Falda Toscana

- - - - -

Con questo termine sono raggruppate le formazioni mesozoico-terziarie, la cui origine è stata ipotizzata in un bacino di sedimentazione ("Toscano") situato ad occidente dell'attuale area di affioramento. La Falda Toscana, andando dal basso all'alto, sinteticamente è rappresentata da rocce evaporitiche del Trias sup. alla

base, da una successione di formazioni prevalentemente carbonatiche mesozoiche nella parte intermedia ed infine da depositi torbiditici terziari nella parte sommitale. Fenomeni di scollamento determinatesi all'interno della Falda Toscana durante l'orogenesi alpina hanno provocato un accumulo dei depositi torbiditici, anche al di sopra degli analoghi depositi marnoso-arenacei umbri ad Est lungo la dorsale appenninica ed una estesa distribuzione di nuclei evaporitici e calcareo-torbiditici nella Toscana centro-meridionale. Tra i più importanti affioramenti di formazioni prevalentemente carbonatiche mesozoiche, con particolare riferimento alle aree di maggior interesse geotermico, sono quelli situati a Sud di Larderello-Travale e a Sud-Ovest del Monte Amiata e in corrispondenza del M. Cetona. Una parte della Falda Toscana si è completamente metamorfosata durante le ultime fasi dell'orogenesi. Gli affioramenti principali di Falda Toscana metamorfica sono quelli delle Alpi Apuane, M. Pisani, Montagnola Senese ed Isola d'Elba.

Da un punto di vista idrogeologico il gruppo di formazioni prevalentemente carbonatiche, nel suo insieme, ha una permeabilità secondaria generalmente elevata e costituisce il più importante acquifero regionale d'interesse geotermico.

Le formazioni torbiditiche terziarie sovrastati presentano una permeabilità media e possono costituire acquiferi locali.

Unità liguri

- - - - -

Sono comprese sotto questa dizione più formazioni alloctone mesozoico-terziarie, generalmente sovrascorse da occidente sulle formazioni della Falda Toscana, e raggruppate in diverse unità tettoniche.

Le caratteristiche principali di queste unità sono la notevole sedimentazione a carattere torbiditico (argille, marne, arenarie ecc.) e la presenza, in questi sedimenti di frammenti di rocce vulcaniche (ofioliti) che costituiscono l'originario substrato del bacino di sedimentazione delle formazioni liguri.

Poiché la componente argillosa di tali formazioni è largamente prevalente, nel loro insieme, esse presentano una permeabilità medio-bassa e si comportano da acquitardi. Nelle aree d'interesse geotermico, queste formazioni per tali loro caratteristiche fanno parte solitamente del cosiddetto complesso di copertura del potenziale reservoir originale.

Sedimenti neogenici e quaternari

Nell'intervallo di tempo tra il Miocene superiore ed il Pleistocene la sedimentazione resta confinata solo in alcune zone rimaste sommerse sia durante il generale sollevamento della catena appenninica che durante la fase tettonica distensiva che dette origine ad alcune strutture depresse (Graben) con direzione generalmente appenninica. I sedimenti di mare sottile evaporitici e clastico-argillosi del Miocene sup. sono stati successivamente ricoperti da depositi conglomeratici ed argilloso-sabbiosi tipici delle ingressioni e regressioni marine del Pliocene. Gli ultimi atti della sedimentazione quaternaria sono invece di natura continentale e localizzati principalmente nei bacini intermontani.

Le formazioni neogeniche e quaternarie costituite, come si è visto, da argille, sabbie e conglomerati con larga prevalenza della facies argillosa, almeno nel loro insieme, hanno una permeabilità bassa (acquiclude) e, solo localmente, dove prevalgono le facies sabbiosa o conglomeratica, tale permeabilità è più elevata.

Elevata è la permeabilità dei depositi di travertino, presenti particolarmente nella Toscana meridionale.

Attività magmatica e vulcanica

In Toscana e soprattutto lungo la fascia tirrenica molta importanza rivestono le manifestazioni magmatiche e vulcaniche. Il fenomeno endogeno post-postorogenico si concentra nella parte interna dell'area appenninica a partire da 7-8 milioni di anni fa come all'Isola d'Elba, Montecristo e l'Isola del Giglio.

Il fenomeno, col tempo, migra da Ovest verso Est come dimostrano le intrusioni granitiche di Gavorrano (4,9 m.a.), le vulcaniti di Orciatico e Montecatini V.C. (4,1 m.a.), Roccastrada (2,3 m.a.), Radicofani (0,9 m.a.) e del Monte Amiata (0,4 ÷ 0,2 m.a.).

In questa parte della Toscana, comunque, il fenomeno magmatico o i suoi effetti sono in qualche misura ancora attivi, come fanno pensare le grandi anomalie termiche positive alle quali sono legati sia i sistemi idrotermali in sfruttamento da molti decenni (Larderello, Travale, Amiata), sia le numerose manifestazioni e depositi idrotermali presenti.

Oltre alle intrusioni, sopra dette, nella Toscana meridionale si trovano anche depositi vulcanici di tipo alcalino-potassico emessi dagli apparati volsini del Lazio.

Da un punto di vista idrogeologico le rocce intrusive mostrano una permeabilità variabile, talvolta elevate, di tipo secondario.

Le vulcaniti sono distribuite in piccoli affioramenti ad eccezione di quelle amiatine, che presentano una alta permeabilità, anch'essa di tipo secondario, e costituiscono un acquifero superficiale di notevole importanza.

Schema geoidrologico

Le conoscenze geologiche e strutturali integrate con dati geoidrologici derivati dalle perforazioni profonde, dalle quote di emergenza delle manifestazioni idrotermali principali attuali e fossili (es: travertini), hanno permesso di elaborare il seguente modello geoidrologico generale della Toscana.

- I depositi marino-continentali quaternari, le Vulcaniti ed i travertini hanno permeabilità medio-elevata e possono ospitare, falde acquifere, generalmente fredde, raramente termali.
- Le formazioni terrigene del Miocene superiore-Pliocene le formazioni in facies di flysch "liguri" cretaceo-eoceniche e quelle in facies di pre flysch e di flysch "toscano" hanno una permeabilità generalmente scarsa e quindi costituiscono nel loro insieme un complesso di

copertura. Localmente possono ospitare falde confinate di tipo prevalentemente termale.

- Al di sotto di questa copertura esiste un serbatoio regionale generalmente caratterizzato da elevata permeabilità, costituito da formazioni prevalentemente carbonatiche ed evaporitiche mesozoiche "toscano", le zone, nelle quali queste formazioni affiorano, sono zone di assorbimento di acque meteoriche.
- Il complesso di base, costituito da formazioni prevalentemente filladico-quarzitiche (triassiche e paleozoiche), appartenenti o al basamento regionale o ad unità tettoniche comprese tra questo e le soprastanti unità, è in media non molto permeabile. E' maggiormente permeabile quando è particolarmente tettonizzato e allora può contenere fluidi ipotermali in notevole quantità e, quindi, essere assimilato anch'esso al potenziale serbatoio regionale.

3. INVENTARIO DELLE SORGENTI TERMALI E DEI POZZI

I dati relativi ai pozzi ed alle sorgenti sono stati reperiti principalmente dagli archivi dell'ENEL-UNG e Larderello S.p.A. e, secondariamente, da archivi di altri quali AGIP, Rimin, ecc.

Tali dati sono stati ordinati in schede-tipo, opportunamente predisposte per il loro caricamento in una

banca-dati da parte del CNR-IIRG ed allegate al presente rapporto.

3.1. Sorgenti e manifestazioni

Le tipologie dei punti d'acqua presi in considerazione sono: sorgenti, manifestazioni superficiali di acqua e gas, solo di gas, fumarole e pozzetti domestici, (con quest'ultimo termine sono indicati pozzi a piccola profondità, per lo più intorno ai 10-20 m e generalmente inferiore ai 100 m, utilizzati per vari scopi diversi e dei quali non si conoscono generalmente le caratteristiche tecniche).

Le sorgenti selezionate (Tav. 3) sono in generale quelle aventi temperature maggiori di 18 °C. Questo limite non è stato però rigidamente applicato, poichè si è tenuto conto talora anche di fattori ambientali (altitudine, T°C media annua dell'aria), che possono abbassare il limite al di sopra del quale la temperatura dell'acqua può avere interesse. In alcuni casi sono state prese in considerazione anche sorgenti con modeste temperature, quando queste sono associate ad elevate portate.

Particolare rilievo è stato dato alle manifestazioni notevolmente ricche in gas, che sono state inventariate anche se hanno temperature minori di 18°C.

Talvolta non è stato possibile risalire al nome delle sorgenti e dei pozzi: in questo caso le sorgenti sono

state indicate con il nome della località più vicina, mentre ai pozzi domestici è stato attribuito il nome del proprietario, se noto.

Per quanto concerne le sorgenti che si trovano associate in gruppo, esse sono state segnalate singolarmente ad eccezione di quelle con caratteristiche chimico-fisiche molto simili; in questo caso è stata scelta la più rappresentativa del gruppo.

Tutte le manifestazioni sono state identificate anche con le coordinate geografiche, generalmente tratte da schede di archivio; più raramente sono state riprese da mappe nelle quali compariva la loro ubicazione di massima; in questo ultimo caso la definizione delle coordinate è naturalmente meno precisa.

La litologia all'emergenza è stata ripresa da dati di campagna, salvo alcuni casi in cui, non essendo nota, è stata dedotta approssimativamente dalla Carta Geologica (Scala 1:100.000).

Se una ampia distribuzione di manifestazioni termominerali è chiaramente un indizio della vocazione geotermica di un territorio, questo è certo il caso della Toscana, regione che ha visto storicamente il nascere e lo svilupparsi delle attività geotermiche di tipo industriale per prima non solo in Italia, ma nel mondo.

E' chiaro che la localizzazione di sorgenti calde è condizionata oltre che dalla presenza di una anomalia termica, anche da situazioni idrogeologiche favorevoli. Queste ultime, in Toscana, si ritrovano soprattutto in corrispondenza dei margini di strutture carbonatiche che, come è stato detto, svolgono in profondità il ruolo di serbatoio di fluidi termali. In genere sono elementi strutturali quali faglie o contatti tettonici che determinano le vie preferenziali di venuta a giorno delle acque in esame; tale venuta è spesso facilitata da apporti gassosi che, originatisi in profondità, accompagnano le emergenze più significative.

La Toscana è terra di antiche tradizioni balneoterapiche e molte delle località termali sono tutt'oggi sede di stabilimenti di cura (ad es. Bagni di Lucca, Montecatini, S.Giuliano T., Bagni di Casciana, Bagni di Saturnia, Chianciano etc.) (Tav. 3).

Gli indizi idrotermali sono diffusi su quasi tutto il territorio regionale ad esclusione della sua parte più orientale.

Questa differenza tra la parte occidentale e quella orientale della Toscana è dovuta soprattutto a motivi geologici. Infatti quest'ultima parte della regione corrisponde alla predominanza di terreni torbiditici arenacei ospitanti locali acquiferi freddi e rappresentanti in certo senso una copertura

idrogeologica di eventuali serbatoi; tuttavia anche una attenuazione verso oriente dell'anomalia termica regionale, che invece è generalmente molto forte nel settore occidentale a Sud dell'Arno, come già detto.

Le sorgenti termali sono quasi sempre allineate secondo allineamenti a direzione appenninica, seguendo i trends delle principali strutture carbonatiche a Serie Toscana. Esse riflettono quindi l'assetto geostrutturale stesso della Toscana, marcando i principali alti strutturali che interessano regionalmente il territorio.

Un insieme di sorgenti termominerali è quello che dalla finestra tettonica di Bagni di Lucca (31-54°C) si estende attraverso Montecatini T. (23-33°C) fino a Rapolano, Chianciano e S. Casciano dei Bagni (36-42°C).

Un secondo insieme è quello che dai Monti Pisani (21-40°C) si raccorda alle manifestazioni a cavallo delle Valli dell'Era e dell'Elsa fino alle porte di Siena.

Un terzo insieme si estende dai Bagni di Casciana verso SE fino a lambire l'area geotermica di Larderello. Questa fa risentire la sua influenza in un'area piuttosto vasta, comprendente quasi tutta la zona d'intorno.

Un interessante insieme di sorgenti si accorda con l'andamento dei terreni del basamento regionale metamorfico da Siena a Grosseto.

Un ultimo insieme di manifestazioni è infine quello meridionale che dall'area amiatina si ricollega alle manifestazioni del Lazio settentrionale.

3.2. Pozzi

Nella regione Toscana sono stati inventariati 169 pozzi, la maggior parte dei quali è stata perforata per scopi geotermici (ENEL); altri sono stati fatti per ricerche di idrocarburi (AGIP) e per il reperimento di giacimenti minerali (Montecatini, Monte Amiata, ecc.).

Come risulta dalla carta (Tav. 4), i pozzi pur essendo distribuiti in tutta la regione, sono soprattutto concentrati nelle aree geotermiche di Larderello, Travale e Monte Amiata. In queste aree, dove sono stati perforati complessivamente più di 700 pozzi in circa 80 anni di ricerche geotermiche a scopi elettrici, sono stati selezionati i 132 pozzi più rappresentativi.

In merito a questi ultimi la selezione è stata fatta secondo i seguenti criteri specifici. Nelle aree densamente perforate, corrispondenti ai campi geotermici in sfruttamento, sono stati selezionati quei pozzi ritenuti significativi, per numero e spaziatura, tenendo conto di tutti i pozzi esistenti per la ricostruzione strutturale e termica profonda.

Nelle aree meno intensamente perforate sono stati selezionati i pozzi ritenuti significativi, scartando solo quelli che davano ^{le} formazioni ripetitive.

Infine per quanto riguarda le zone in esplorazione, sono stati inventariati tutti i pozzi che è stato possibile reperire.

La profondità dei pozzi perforati per scopi geotermici è compresa tra un minimo di 200 m ed un massimo di circa 4000 m.

I pozzi perforati fuori dalle aree di maggiore interesse geotermico hanno profondità comprese tra poche centinaia di metri e quasi 5000 metri.

Dal punto di vista stratigrafico le informazioni fornite da tali pozzi sono comparabili con quelle dei pozzi "geotermici", dal punto di vista termometrico invece le informazioni dei primi sono meno numerose e meno affidabili

4. CARTE TEMATICHE

4.1. Metodologia

L'approccio metodologico, adottato per la realizzazione delle carte tematiche compilate, ha tenuto conto dei seguenti criteri.

Innanzitutto, i dati dei pozzi (geologici, idrogeologici e termici) sono stati considerati come punti fermi ai quali ancorare tutte le altre informazioni.

La ricostruzione dell'assetto strutturale regionale è basata soprattutto sui dati gravimetrici che hanno fornito le ipotesi qualitative di partenza, utili alla definizione della geometria del tetto del potenziale serbatoio sepolto.

Dove possibile, tali ipotesi sono state controllate con i dati ottenuti da prospezioni geoelettriche e sismiche che consentono ricostruzioni strutturali quantitativamente più attendibili.

Purtroppo, però, disponendo per gran parte dall'area della regione prevalentemente di dati gravimetrici, la stima delle profondità può essere affetta da imprecisioni dovute, oltre che ai normali limiti del metodo, anche ad ambiguità interpretative.

Per quanto concerne le carte delle temperature alle varie profondità (500, 1000, 2000 e 3000 m), ed al tetto del potenziale serbatoio, sono stati utilizzati sia i valori misurati direttamente nei pozzi profondi, che quelli estrapolati dai pozzi a modesta profondità dai pozzetti termometrici. In particolare, per ogni pozzetto, (profondità massima 200-250 m) si è estrapolato utilizzando il gradiente misurato, la temperatura di fondopozzo fino al letto della formazione

sede delle misure termometriche. Per l'estrapolazione alle varie profondità, poi, è stato assunto costante il flusso calcolato nei singoli pozzetti e, applicando ad ogni complesso formazionale previsto un valore medio di conducibilità termica, è stato dedotto il valore di gradiente da adottare per l'estrapolazione nell'ambito di ogni formazione e, quindi, fino alle varie profondità considerate o al tetto del potenziale reservoir.

In definitiva, per l'estrapolazione delle temperature si è teorizzato un modello a più strati esclusivamente conduttivo. Solo per le rocce costituenti il potenziale serbatoio sono stati utilizzati valori di conducibilità termica differenziati in funzione della temperatura e tali da sottintendere un regime termico parzialmente convettivo.

Da quanto detto si può facilmente intuire che anche le carte di temperatura possono presentare limiti di precisione, soprattutto per situazioni particolari e di dettaglio.

In aree mancanti di pozzi la ricostruzione delle temperature è basata talora su valutazioni geotermometriche di tipo chimico ed isotopico relative ad acque e gas di manifestazioni di superficie. La loro affidabilità è quindi limitata.

4.2. Carta del tetto del potenziale serbatoio geotermico

In generale per potenziale serbatoio geotermico s'intende una formazione o un gruppo di formazioni geologiche che, per caratteristiche di permeabilità e per volumetria, è in grado di ospitare fluidi economicamente e industrialmente sfruttabili per produzione di energia elettrica e/o di calore.

Nel caso specifico della Toscana, come già accennato nell'inquadramento geologico ed idrogeologico, questo potenziale serbatoio d'interesse regionale, per la sua presenza pressoché continua, è stato assimilato all'insieme delle formazioni prevalentemente carbonatiche (d'età mesozoica) della Serie Toscana e, almeno in parte, alle formazioni metamorfiche del basamento paleozoico.

Ciò non toglie che, con particolare riferimento alla medio-bassa entalpia, in sede locale, possano essere presenti altri serbatoi, rappresentati da altre formazioni sedimentarie e/o vulcaniche, situati a profondità inferiori a quello regionale.

Il tetto di quest'ultimo, date le laminazioni tettoniche che caratterizzano le successioni stratigrafiche sopra dette, può essere rappresentato da differenti formazioni comprese nel gruppo di quelle prevalentemente carbonatiche o metamorfiche.

La carta del tetto del potenziale serbatoio, tra le carte di tipo strutturale, è certamente una delle più importanti (Tav. 5). Questa carta e quella delle temperature corrispondenti a tale tetto infatti, forniscono due dati di grande interesse: la profondità alla quale si trova la potenziale risorsa geotermica e il suo livello termico. Queste sono informazioni di base che consentono di fare una prima valutazione della fattibilità di un qualsiasi progetto geotermico e di formulare un programma di attività sufficientemente preciso. Naturalmente le carte in oggetto sono di tipo interpretativo e la loro affidabilità dipende dalla quantità e qualità dei dati che sono alla base di tale interpretazione.

Ai propremi connessi con le informazioni disponibili, va poi aggiunto un altro fattore di incertezza, legato alla permabilità delle rocce-serbatoio.

Se infatti queste, per definizione possono essere considerate permeabili in generale, non è detto lo siano sempre su un piano locale e/o puntuale: localmente, cioè, quello che è un potenziale serbatoio può essere poco permeabile o addirittura impermeabile e quindi, anche se caratterizzato da temperature elevate, non in grado di cedere energia in quantità apprezzabile.

Pertanto la carta in oggetto va considerata nei suoi aspetti generali.

I principali elementi che emergono dalla carta (Tav. 5) del tetto del potenziale serbatoio della Toscana sono i seguenti.

La regione è suddivisa in due parti distinte. Una fascia occidentale (situata all'incirca ad Ovest della linea che congiunge Pistoia ai Monti del Chianti, al Monte Cetona), in cui il tetto del potenziale serbatoio, sia pure con assetto molto articolato e talora, con brusche variazioni di quote, è in generale relativamente poco profondo o addirittura affiorante in ampie zone. Una fascia ad Est della linea suddetta in cui il potenziale serbatoio non solo non affiora mai, ma si trova in generale a quote molto più depresse (generalmente inferiori a - 2000 m s.l.m.).

Nel settore occidentale l'andamento degli affioramenti e della loro continuità geologica in profondità individua delle strutture a scala regionale a direzione appenninica (NW-SE) nella parte centro-settentrionale con rotazione verso N-S o NNE-SSW nella zona meridionale. Questo stesso andamento è tipico anche di quelle aree nelle quali il tetto del serbatoio è più depresso come ad esempio accade nei bacini neogenici di Volterra e di Siena-Radicofani. Il settore settentrionale è caratterizzato dai vasti affioramenti del reservoir delle Alpi Apuane e dei Monti Pisani, il settore centro-occidentale da quello della struttura

metamorfica di Roccastrada situato tra Siena e Grosseto e da una serie di affioramenti più modesti, ma comunque importanti situati tra questa struttura ed il mare.

Dal punto di vista geotermico, con particolare riferimento alla medio-bassa entalpia, sono particolarmente significative quelle strutture nelle quali il potenziale serbatoio si trova confinato, ma a profondità modeste.

Ebbene queste condizioni si ritrovano frequentemente, come si vede dalle quote del tetto del potenziale serbatoio, in questo settore della Toscana riguardante le provincie di Pisa, Siena, Grosseto ed, in parte, Livorno), che appare perciò molto interessante.

Per le stesse ragioni, altrettanto interessante è il settore meridionale della Toscana a Sud-Est di Grosseto ed intorno al Monte Amiata, settore nel quale i principali affioramenti di reservoir sono rappresentati dai Monti dell'Uccellina e dalla zona compresa tra il Monte Argentario ed il confine con il Lazio.

4.3. Carta delle temperature al tetto del potenziale serbatoio

La distribuzione delle temperature al tetto del potenziale serbatoio è controllata da diversi fattori che interagiscono; tra i più importanti sono da annoverare i seguenti:

- distribuzione dell'anomalia regionale profonda;
- anomalie prodotte da corpi magmatici caldi superficiali;
- assetto strutturale e permeabilità del o dei potenziali serbatoi;
- condizioni geoidrologiche e spessore della copertura.

Malgrado non sia disponibile una distribuzione omogenea dei dati, (scarsi nella Toscana orientale) il panorama termico regionale ricostruito è affidabile e, per quanto riguarda la Toscana occidentale a Sud dell'Arno, è possibile tracciarne l'andamento in dettaglio e con sufficiente grado di precisione.

L'indicazione più significativa, che emerge dalla Tav.6 , analogamente a quanto si è visto nella carta del tetto del potenziale serbatoio, riguarda proprio questa zona.

Essa è caratterizzata dalla presenza di temperature al tetto del reservoir molto spesso e per vaste aree superiori a 100°C; ampie sono anche le zone con temperature comprese tra 50 e 100°C. Praticamente in questa fascia le temperature scendono sotto i 50°C solo in corrispondenza degli affioramenti del serbatoio, che, come si è già accennato, rappresentano aree di assorbimento d'acque meteoriche e quindi, almeno fino ad una certa profondità sono in qualche misura raffreddate.

Cadono naturalmente all'interno di questa zona anche i più importanti "picchi" termici che corrispondono ai ben noti campi geotermici di Larderello, Travale e del Monte Amiata.

Tutto ciò sta a dimostrare la grande ampiezza ed intensità dell'anomalia positiva di flusso di calore che caratterizza la fascia occidentale della Toscana a Sud dell'Arno.

Considerato anche l'assetto del potenziale reservoir, (relativamente poco profondo), descritto nel precedente paragrafo, ciò conferisce a questa parte della Toscana l'interesse geotermico maggiore anche dal punto di vista della medio-bassa entalpia, per la quale, escludendo pure le aree ad alta temperatura, restano aperte ampie aree disponibili.

La Toscana occidentale a Nord dell'Arno, pur caratterizzata talora dalla presenza di interessanti manifestazioni naturali del resto utilizzate (quali Montecatini T., Bagni di Lucca, ecc.), offre nell'insieme un panorama termico di modesto livello.

Ancor più modesto e piatto appare il quadro termico della Toscana orientale, nella quale le temperature al tetto del potenziale serbatoio (che, come si è visto, è generalmente molto profondo) sono al massimo dell'ordine di 50°C.

4.4. Carta delle temperature a 500, 1000, 2000 e 3000 m dal piano campagna

La carta delle temperature a 500 metri di profondità (Tav. 7) dal piano campagna dà l'andamento delle temperature in corrispondenza di una superficie situata generalmente al di sopra del tetto del potenziale serbatoio. Questa superficie è poco al di sopra o intercetta addirittura quella del tetto nella Toscana occidentale; è nettamente più elevata rispetto a quest'ultimo nel settore orientale.

Le temperature alla profondità suddetta riflettono comunque sia l'assetto di tale serbatoio che l'andamento dell'anomalia geotermica positiva che, come si è già detto, caratterizza la Toscana occidentale a Sud dell'Arno.

Infatti dalla carta emerge chiaramente che parte della regione è compresa all'interno della superficie con temperature maggiori di 50°C e a 500 m di profondità, se si eccettuano le aree di affioramento del potenziale serbatoio, che come già detto, sono aree di infiltrazione di acque fredde.

Anche la carta a 1000 m dal p.c. (Tav. 8) rappresenta la distribuzione delle temperature su una superficie teorica collocata, in media, al disopra delle formazioni carbonatiche mesozoiche o paleozoiche, che, come si è visto, costituiscono il potenziale serbatoio. Nella

Toscana occidentale a Sud dell'Arno spesso, invece, tale superficie coincide in larga massima con il tetto delle suddette formazioni o le interseca.

Il campo delle temperature a tale profondità risente, in ogni caso, delle condizioni terminodinamiche del serbatoio. La carta a 1000 m, quindi, mediamente presenta ovunque valori minori o all'incirca uguali a quella delle temperature al tetto del serbatoio. Essa mostra, quindi, un andamento delle isoterme già caratterizzate da tutte le distorsioni di forma delle principali anomalie che individuano la presenza di serbatoi con circolazione di fluido.

Nell'insieme insomma la carta delle temperature a 1000 m dal p.c. non è molto diversa da quella delle temperature al tetto del potenziale serbatoio.

In particolare sono messi in evidenza i "picchi termici" delle aree geotermiche di Larderello, Travale e Amiata e le zone di "minimo termico" corrispondenti principalmente agli affioramenti di serbatoio.

La distribuzione delle temperature a 2000 m dal p.c. (Tav. 9) riflette in genere il panorama termico all'interno del serbatoio, sia quello accertato che quello potenziale.

La forma delle anomalie positive non è molto diversa da quella della carta a 1000 m e le superfici delimitate

dalle isoterme di valore più elevato aumentano sensibilmente rispetto alla carta precedente.

Restano in evidenza le grandi anomalie positive di Larderello-Travale e dell'Amiata.

Al di sopra dei 100°C è compresa tutta la Toscana meridionale a Sud dell'Arno; in tutto il resto della Toscana le temperature a 2000 m del p.c. sono inferiori a questo livello.

La carta a 3000 m dal p.c. (Tav. 10), infine, mostra un campo termico riferibile, praticamente ovunque, all'interno del potenziale serbatoio.

I principali lineamenti delle anomalie rimangono sostanzialmente invariati rispetto a quelli della carta precedente.

Le isoanomale presentano minori distorsioni, aumentano le superfici racchiuse da isoterme a più elevato valore, con i massimi che superano per larghe superfici i 300°C in corrispondenza delle aree di Larderello-Travale e dell'Amiata.

La Toscana meridionale a Sud dell'Arno è quasi tutta compresa nell'area a temperature maggiori di 150°C, mentre il panorama termico del resto della regione è nettamente al di sotto di tale valore.

5. CONCLUSIONI

L'inventario delle risorse geotermiche della Toscana ha consentito una raccolta sistematica ed organica delle informazioni di interesse geotermico resisi finora disponibili sulla regione.

Esse riguardano pozzi, manifestazioni naturali e sorgenti, comunque considerati significativi da un punto di vista geotermico, per temperatura, portata e caratteristiche chimico-fisiche.

I dati sono stati organizzati in schede opportunamente predisposte per poter successivamente essere caricati in una banca-dati e quindi possono essere utilizzati da chiunque abbia interesse sia scientifico che tecnico-operativo, singolarmente o a gruppi.

Le suddette informazioni, di tipo per così dire puntuale, integrate poi da altre di carattere geologico, idrogeologico, geofisico e geochimico sono state elaborate in carte strutturali e termiche che forniscono un "quadro geotermico" particolarmente significativo della regione sia dal punto di vista fenomenologico che da quello applicativo.

Il primo aspetto concerne il complesso problema dell'origine e dello sviluppo del fenomeno geotermico che interessa non solo la Toscana, ma in pratica, tutta la fascia tirrenica preappenninica compresa tra l'Arno e la penisola sorrentina.

Se si eccettuano quelle aree che, essendo caratterizzate da vasti affioramenti di rocce-serbatoio, sono raffreddate, almeno fino ad una certa profondità, da infiltrazioni di acque meteoriche, le carte termiche mettono in evidenza la presenza di temperature positivamente anomale in tutta la Toscana marittima a Sud dell'Arno. Ciò sta ad indicare che questa zona è interessata da una grande "anomalia geotermica regionale", legata, come alcuni dati sismici profondi sembrano dimostrare ad assottigliamento crustale.

Le carte mostrano altresì una accentuazione di tale anomalia in determinate aree, quali Larderello, Travale e Monte Amiata. Queste "accentuazioni" sembrano connesse con la risalita di stock magmatici che hanno dato origine a grosse intrusioni subsuperficiali".

Infine dalle carte sono anche evidenziate quelle anomalie locali o "superficiali" dovute a concentrazioni di fluidi caldi a modesta profondità in strutture particolarmente permeabili che coincidono con i campi geotermici (Larderello, Travale, M. Amiata).

Per quanto riguarda l'aspetto più strettamente operativo, che è forse scientificamente meno interessante, ma, dal punto di vista dell'inventario, certamente più importante, una lettura integrata delle carte offre una serie di indicazioni particolarmente significative.

A questo proposito occorre prima di tutto osservare che in pratica le situazioni di maggior interesse, in particolare per la medio-bassa entalpia, vanno ricercate sulla coincidenza di profondità relativamente limitate (e quindi economicamente accessibili) del/o dei potenziali serbatoi, con temperature sufficientemente elevate.

Per quanto riguarda quest'ultimi, come si è visto, in tutta la Toscana esiste un potenziale serbatoio regionale rappresentato da formazioni prevalentemente carbonatiche d'età mesozoica, che, tralasciando le aree nelle quali esso affiora, si trova a profondità inferiori a 500 o a 1000 metri dal piano campagna in buona parte della Toscana marittima a Sud dell'Arno, con particolare riferimento ai territori delle provincie di Pisa, Siena, Livorno e Grosseto.

In corrispondenza di queste zone (Tav. 11 12) la temperatura valutata alle profondità suddette è generalmente dell'ordine di 50°C ed in molti casi (pur non prendendo in considerazione i campi geotermici ad alta temperatura quali quelli di Larderello, Travale e Monte Amiata) più elevata di questo valore.

In altre parole in questa parte della Toscana esistono ampie zone nelle quali si hanno notevoli probabilità di trovare acque, a temperatura uguale o superiore a 50°C, nell'ambito del potenziale serbatoio regionale,

prevalentemente carbonatico, entro i 500 o i 1000 metri di profondità dal piano campagna.

Come è stato accennato nell'inquadramento geologico, al di sopra di questo più importante reservoir, sia pure con spessori diversi un po' ovunque, possono trovarsi, localmente, altri serbatoi (ad esempio nell'ambito di orizzonti più permeabili delle Unità Liguri o in livelli a maggiore permeabilità dei sedimenti neogenici) di qualche interesse.

Per quanto riguarda quest'ultimi però il panorama è talmente vario e, per certi versi, così poco conosciuto in dettaglio, che non possono essere date indicazioni più precise. Esse possono essere ottenute solo da studi di dettaglio opportunamente finalizzati.

Con riferimento sia al serbatoio di tipo regionale che a quelle di tipo locale, la parte settentrionale della Toscana e quella orientale (province di Pistoia, Firenze e Arezzo) non sembrano presentare caratteri analoghi a quelli della Toscana marittima meridionale. Infatti in questi settori, il potenziale serbatoio regionale si trova a profondità maggiori di 1000 m dal piano campagna e/o le temperature a questa profondità sono inferiori a 50°C.

Fa eccezione, forse, una piccola area in corrispondenza di Montecatini T., per la quale peraltro sia i dati

strutturali che quelli termici hanno relativa affidabilità.

In sede di conclusione di inventario, vale comunque la pena di ripetere che le ricostruzioni strutturali o termiche hanno una validità di massima e non di tipo per così dire "puntuale".

Alla scala locale esse possono servire da valida base per l'impostazione di ricerche di dettaglio che consentano di precisare le indicazioni strutturali, idrogeologiche e termiche fornite dai dati fin qui acquisiti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AGIP (1977). Temperature sotterranee. Milano Agip.
- [2] AGIP MINERARIA (1959). Campi gassiferi padani. Atti del Convegno Giacimenti Gassiferi dell'Europa Occidentale. Acc. Naz. dei Lincei, 2, pp. 45-479.
- [3] AGIP MINERARIA (1964). Marine seismograph survey - Mare Adriatico (zona A), Western Geophysical Co. of America.
- [4] AGIP MINERARIA (1967). Rilievo sismico a riflessione - Mare Adriatico (zona B). Geophysical Service International L.t.D.
- [5] AGIP MINERARIA (1969). Rilievo sismico a riflessione - Canale di Sicilia (zona C). Western Geophysical Co.
- [6] AGIP MINERARIA (1968 a). Rilievo sismico a riflessione - Mare Adriatico (zona D). Geophysical Service International L.t.D.
- [7] AGIP MINERARIA (1968 b). Marine Seismic Survey - Tyrrhenian Sea (zona E). Western Geophysical Co.
- [8] AGIP MINERARIA (1977). Marine Seismic Survey - (zona F). Penn Geophysical Consultants Inc.
- [10] ARMIENTI P., BARBERI F., BIZOUARD H., CLOCCHIATTI R., INNOCENTI F., METRICH N., ROSI M., SBRANA A. (1982). The

Phlegraean Fields: magma evolution within a shallow chamber. In: M.F. Sheridan and F. Barberi (Editors), Explosive Volcanism. J. Volcan. Geotherm. Res. 16: 000-000.

- [14] BALDI P., BUONASORTE G., CECCARELLI A., RIDOLFI A., D'OFFIZI S., D'AMORE F., GRASSI S., SQUARCI P., TAFFI L., BONI C., BONO F., DI FILIPPO M., MARTELLI M.C., LOMBARDI M.C. and TORO B. (1982). Contributo alla conoscenza delle potenzialità geotermiche della Toscana e del Lazio. Consiglio Nazionale delle Ricerche, PFE-RF15.
- [21] BARBERI F., INNOCENTI F., RICCI C.A. (1971). Il magmatismo nell'Appennino centro settentrionale: Rend. Soc. It. Min. Petrol., Vol. 27, spec. iss., pp. 169-213.
- [23] BARELLI A., CALAMAI A., CATALDI R. (1975 a). Stima del potenziale geotermico della fascia preappenninica centro-meridionale. Rapporto ENEL T3/1942.
- [24] BARELLI A., CALAMAI A., CATALDI R. (1975 b). Estimation of the geothermal potential of the pre-Apennine belt of Central-Southern Italy - 2nd U.N. Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources San Francisco, Abstract I - 3.

- [25] BARELLI A., and PALAMA' A. (1981). A new method for evaluating formation equilibrium temperature in holes during drilling. *Geothermics*, Vol. 10, n. 2, pp. 95-102.
- [27] BATINI F., BURGASSI P.D., CAMELI G.M., NICOLICH R., SQUARCI P. (1978). Contribution to the study of the deep lithospheric profiles: deep reflecting horizons in Larderello - Travale geothermal field: *Mem. Soc. Geol. It.*, Vol. 9, pp. 477-484.
- [28] BATINI F., BERTINI G., GIANELLI G., PANDELI E., PUXEDDU M. (1983). Deep structure of the Larderello field - contribution from recent geophysical and geological data. *Mem. Soc. Geol. It.*, Vol. 25, pp. 219-235.
- [30] BENCINI A., DUCHI V., MARTINI M. (1977). Geochemistry of thermal springs of Tuscany (Italy). *Chem. Geol.* 19, pp. 229-252.
- [31] BOCCALETTI M., FAZZUOLI M., LODDO M., MONGELLI F. (1977). Heat flow measurements on the Northern Apennine arc. *Tectonophysics*, 41, pp. 101-102.
- [32] BONI C., BONO P., FUNICIELLO R., PAROTTO M., PRATURLON A., FANELLI M. (1982). Carta delle manifestazioni termali e dei complessi idrogeologici d'Italia. C.N.R. - Progetto finalizzato "Energistica" - Sottoprogetto "Energia Geotermica".

- [36] BURGASSI P., STEFANI G., CATALDI R., ROSSI A., SQUARCI P. and TAFFI L. (1975). Recent developments of geothermal exploration in the Travale-Radicondoli area. proc. 2nd U.N. Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, California, May 20-29, 1975, pp. 1571-1581.
- [37] CALAMAI A., CATALDI R., SQUARCI P., TAFFI L. (1970). Geology, geophysics and hydrogeology of Monte Amiata geothermal fields. Geothermics, Special Issue 1:1-9.
- [40] CALAMAI A., CEPPATELLI L., SQUARCI P. (1983). Summary of Italian experience in thermal prospecting for geothermal resources. Zbl. Geol. Paleontol. Teil. I, 1983 (1/2): Stuttgart.
- [41] CALORE C., CELATI R., SQUARCI P., TAFFI L. (1979). Studio termico dell'area di Travale. Atti del I° Seminario informativo delle unità di ricerca in geotermia. C.N.R. - Progetto Finalizzato Energetica, Sottoprogetto Energia Geotermica, Roma, 18-21 Dic., 1979, pp. 259-269.
- [42] CALORE C., CELATI R., D'AMORE F., SQUARCI P. and TRUESDELL A.H. (1980). A geologic, hydrologic and geochemical model of the Serrazzano zone of the Larderello geothermal field. Proc. 6th. Workshop

Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California, Dec. 16-18, 1980 pp. 21-27.

- [43] CALORE C., CELATI R., D'AMORE F. and NOTO P. (1982). Geochemical evidence of natural in Lardereillo and Castelnuovo areas. Proc. 8th Workshop Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California, Dec. 14-16, 1982, pp. 323-328.
- [44] CALORE C., CELATI R., GIANELLI G., NORTON D., SQUARCI P. (1981). Studi sull'origine del sistema geotermico di Lardereillo. Atti 2° Sem. Informativo C.N.R., P.F.E., ed. PEG, pp. 218-225.
- [47] CAPPETTI G., GIOVANNONI A., RUFFILLI C., CALORE C., CELATI R. (1982). Reinjection in the Lardereillo Geothermal Field. International Conference on Geothermal Energy, BHRA, Florence 1982.
- [52] CATALANO R., D'ARGENIO B., MONTANARI L., RENDA P., ABATE B., MONTELEONE S., MACALUSO T., PIPITONE G., DI STEFANO E., LO CICERO G., DI STEFANO P., AGNESI V. (1978). Contributi alla conoscenza della struttura della Sicilia occidentale. Mem. Soc. Geol. It., Vol. XIX.
- [53] CATALANO R., MACALUSO T., MONTELEONE S., CALANDRA D. (1982). Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio italiano. Lineamenti

geostrutturali, idrogeologici e geotermici della Sicilia occidentale. C.N.R. - P.F.E. - RF 13.

[54] CATALDI R. (1967). Remark on the geothermal research in the region of Monte Amiata (Tuscany, Italy), Bull. Vol. XXX.

[55] CATALDI R., LAZZAROTTO A., MUFFLELR L.J.P., SQUARCI P., STEFANI G. (1978). Assessment of geothermal potential of central and southern Tuscany. Geothermics, Vol. 7, 2-4, pp. 91-132.

[57] CATALDI R., ROSSI A., SQUARCI P., STEFANI G.C., TAFFI L. (1970). Contribution to the knowledge of the Larderello geothermal region: remarks on the Travale field. Proc. U.N. Development Utilization Geothermal Resources, Pisa 1970, Vol. 2, parte I, pp. 587-602, Figs 13 (Geothermics, n. spec. 2).

[58] CATALDI R., SQUARCI P. (1978). Valutazione del potenziale geotermico in Italia con particolare riguardo alla Toscana centrale e meridionale. Atti Congresso Associazione Elettronica Italiana, Catanzaro 23-24 Set. 1978, pp. 1-8.

[61] CELATI R., SQUARCI P., STEFANI G., TAFFI L. (1975). Analysis of water levels and reservoir pressure measurements in geothermal wells. Second U.N. Symposium

on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, California, May 20-29, 1975, pp. 1583-1590.

[64] C.N.R. Autori Vari (1980). Progetto finalizzato geodinamica. Sottoprogetto 5 - Modello strutturale gruppo Appenninico Settentrionale. Sezioni geologico-strutturali in scala 1:200.000 attraverso l'Appennino Settentrionale.

[65] C.N.R. Autori Vari (1981). Progetto finalizzato geodinamica. Carta tettonica delle Alpi Meridionali con sezioni geologico strutturali in scala 1:200.000.

[66] C.N.R. Autori Vari (1982). Progetto finalizzato "Energetica", sottoprogetto "Energia geotermica". Carta del tetto del potenziale serbatoio.

[67] C.N.R., P.F.E. (1982). Carta delle temperature sotterranee in Italia alla profondità di 2000 m dal piano campagna, C.N.R. - P.F.E., RF. 13.

[68] C.N.R., P.F.E. (1982). Il gräben di Siena, RF 9.

[69] C.N.R., P.F.E. (1982). Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio nazionale, RF 10.

[75] D'AMOPRE F., CELATI R., FERRARA G.C. and PANICHI C. (1977). Secondary changes in the chemical and isotopic

composition of the geothermal fluids in Larderello field. Geothermics, Vol 5, Ns. 1-4, pp.153-164.

- [77] D'AMORE F. and TRUESDELL A.H. (1979). Models for steam chemistry at Larderello and the geysers. Proc. 5th Workshop Geothermal Reservoir Engineering. Stanford, California, Dec. 12-14, 1979, pp. 283-289.
- [78] D'AMORE F., PANICHI C. (1980). Evaluation of deep temperature of hydrothermal system by a new gas geothermometer. Geochim. et Cosmochim. Acta. Vol. 44, pp. 549-556, Figs. 2.
- [79] D'AMORE F., PANICHI C., SQUARCI P. (1980). Evaluation of reservoir temperatures in Tuscany by application of a gas-geothermometer. Proc. 2nd Int. Sem. Results EC Geothermal Energy Res., Strasbourg, 1980, pp. 369-377, Figs. 2.
- [80] D'AMORE F., SQUARCI P., PANICHI C. (1980). Hydrogeology and geochemistry of the thermal springs of south-west Tuscany. Proc. 2nd Int. Sem. Results EC Geothermal Energy Res., Strasbourg, 1980, pp.315-329, Figs. 4.
- [81] D'AMORE F., CALORE C., CELATI R., GRASSI S. and SQUARCI P. (1981). Indagine geochimica, idrologica e termica delle aree periferiche Nord e Ovest del campo di Larderello. Atti II° Seminario Informativo delle Unità

di Ricerca in Geotermia. C.N.R. - Progetto Finalizzato Energetica, Sottoprogetto Energia Geotermica, Roma, 16-19 Giugno 1981, pp. 226-236.

[83] D'AMORE F., CELATI R., CALORE C. and BERTRAMI R. (1983). Effects of natural recharge on gas composition in the Larderello-Castelnuovo area. Proc. 9th. Workshop Geothermal Reservoir Engineering, Stanford, California, Dec. 13-15; 1983, in press.

[85] DELLA VEDOVA B., PELLIS G. (1980). Deep thermal trends for the Po Valley from AGIP temperature measurements in gas and oil wells. Boll. Geofis. teor. appl., v. 22, n. 86, pp. 129-138, 7 figg.

[86] DELLA VEDOVA B., PELLIS G., FOUCHER J.P., REHAULT J.P. (1982). Main geothermal trends and implications in the Tyrrhenian sea. XXVIIIth Congress and Plenary Assembly of ICSEM, Cannes, Dec. 2-11, 1982 (in the press).

[87] DELLA VEDOVA B., PELLIS G. (1982). Misure di flusso di calore in mare. C.N.R. - P.F.E., RF 13.

[88] DELLA VEDOVA B., PELLIS, G., PASQUALE V. (1982). Misure di densità di flusso di calore nell'Italia Nord-Occidentale: Risultati preliminari. C.N.R.-P.F.E., RF 3.

- [91] DOWDLE W.L., COBB W.M. (1975). Static Formation temperature from well logs. An empirical method. Jour, of Petrol, Techn. Nov., pp. 1326-1330.
- [93] ENI. (1969). Enciclopedia del Petrolio e Gas naturale. Editore Colombo (Roma).
- [94] ENI. (1972). Acque dolci Sotterranee ÷ Inventario dei dati raccolti dall'AGIP durante la ricerca di idrocarburi in Italia.
- [95] ERRICO G., GROPPI G., SAVELLI S., VAGHI C. (1980). Malossa Field a deep discovery in the Po Valley - Italy. A.A.P.G. Giant Oil and Gas Fields of the Decade 1968-1978 - Memoir 30.
- [96] FANCELLI R., NUTI S. (1975). Studio delle acque termali e minerali della parte orientale della Provincia di Siena. Boll. Soc. Geol. It. Vol. 94; pp.135-155, Figs. 4.
- [97] FANCELLI R., FANELLI M. NUTI S. (1976). Study of thermal waters in north - west Tuscany. Int. Congress on thermal waters geothermal energy and vulcanism of the Mediterranean area, Athens, Vol. 2, pp. 152-169, Figs. 4.
- [98] FANCELLI R., AGOSTINI G. (1980). Le acque di Bagni di Lucca nei loro rapporti con le altre manifestazioni

idrotermali nella Toscana settentrionale. Atti Giornate Mediche di Bagni di Lucca Terme, Lucca, 1980, pp. 23-46, Figs. 9.

- [99] FANELLI M., ROSSI A., SALOMONE M., TAFFI L. (1979).
Acquisizione, interpretazione e mappatura dei dati geotermici del territorio italiano. Off. Pub. Commission European Communities. EUR 6665 IT, 1119 pp.
- [100] FANELLI M., ROSSI A., SALOMONE M., TAFFI L. (1980).
Heat flow and subsurface temperature maps of Italy. In: R. Haenel ed., "Atlas of subsurface temperature in the European Community", Bruxelles, Commission European Communities.
- [101] FANELLI M., BELLUCCI L., NACHIRA F. (1982).
Manifestazioni idrotermali italiane. P.F.E. Sottoprogetto Energia Geotermica, RF-13, Appendice, 191 pp.
- [102] FINETTI I. (1972). Le condizioni geologiche della Regione di Venezia alla luce di recenti indagini sismiche. Boll. di Geofisica Teorica ed Applicata. Vo. XIV, n. 56.
- [103] FINETTI I., MORELLI C. (1971). Ricerche sismiche a riflessione nella laguna e nel golfo di Venezia. Boll. di Geofisica Teorica ed Applicata. Vol. XIII, n. 49.

- [108] GIANELLI G., PUXEDDU M., SQUARCI P. (1981). Sintesi delle conoscenze sulle strutture profonde nelle aree geotermiche toscane. Atti. 2° Sem. Informativo, C.N.R., P.F.E., ed. PEG, pp. 237-246.
- [109] GIANELLI G., PUXEDDU M., SQUARCI P. (1978). Structural setting of the Larderello-Travale geothermal region: Mem. Soc. Geol. It., Vol. 19, pp. 469-476.
- [110] GIANELLI G., PUXEDDU M., SQUARCI P. (1979). Studio dell'assetto strutturale della regione geotermica di Larderello e Travale. Atti 2° Sem. Prod. Fin. Energ. SPEG, pp. 224-235.
- [111] GRANT M.A. (1979). Interpretation of Downhole Measurements in Geothermal Wells. Rep. n. 88, DISR, Appl. Math. Div., New Zealand.
- [112] GIESE P., WIGGER P., MORELLI C., NICOLICH R. (1980). Seismic studies for the determination of the crustal structure in the area of the geothermal anomaly in Tuscany. Advances in European Geothermal Research, Proc. 2nd Inter. Seminar on the Results of the E.C. Geothermal Energy Research, pp. 603-613.
- [113] ITALIAN WORKING GROUP (1980). Document of EC Geothermal Resources and Research. Italy. Final Report Contract n. E6A AY.115.I (S).

- [117] LAZZAROTTO A. (1977). Geologia della zona compresa fra l'alta Valle del fiume Cornia ed il torrente Pavone (Prov. di Pisa e Grosseto). Mem. Soc. Geol. It., 6 (2), pp. 151-197.
- [118] LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. (1976). Geologia dell'alta Val di Cecina. Boll. Soc. Geol. It., 95, pp.1365-1487. 31 pp., 1 tab., 3 tav.
- [119] LEONARDI P., MORELLI C., NORINELLI A., TRIBALTO G. (1973). Sintesi geologica e geofisica riguardante l'area veneziana e zone limitrofe. Serv. Geol. d'It. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia., Vol. XXXIV.
- [122] LODDO M., MONGELLI F., RODA C. (1973). Heat flow in Calabria, Italy. Nature phys. Sc., 244 (136); pp. 91-92.
- [123] LODDO M., MONGELLI F., (1979). Heat flow in Italy. PAGEOPH, vol. 117. n. 1/2.
- [124] LODDO M., MONGELLI F., PECORINI G., TRAMACERE A. (1982). Prime misure di flusso di calore in Sardegna. C.N.R. - P.F.E., RF 10.
- [125] NICOLICH R., PELLIS G. (1979). Il contributo dei dati geofisici per lo studio delle strutture crostali della provincia geotermica tosco-laziale. Ist. Geol. Applic.

e Miner. Università di Trieste, Contributo n. 41, pp. 1-52.

[126] MARINELLI G., (1969). Some geological data on the geothermal areas of Tuscany: Bull. Volc., Vol. 33, pp. 319-333.

[127] MANETTI G. (1973). Attainment of temperature equilibrium in holes during drilling. Geothermics, Vol. 2, Ns. 3-4, pp. 94-100.

[128] MAZZANTI R. (1966). Geologia delle zone di Pomarance-Larderello. Mem. Soc. Geol. It., Vol. 5, 105-138, 15 pp.

[129] MINISTERO LAVORI PUBBLICI - CONSIGLIO SUPERIORE SERVIZIO IDROGRAFICO (1966). Carta delle temperature, medie annue vere in Italia. Trentennio 1926-1955, Roma.

[130] MONGELLI F. (1981). Evaluation of geotemperatures from oil wells in Italy. Geothermics, Vol. 10, n. 1, pp. 29-38.

[131] MONGELLI F., CIARANFI A., TRAMACERE G., ZITO P., PERUSINI P., SQUARCI P., TAFFI L. (1983). Contributo alla mappa del flusso geotermico in Italia: misure dalle Marche alla Puglia. Atti del 2° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Roma 12-14 Dicembre 1983 (in the press).

- [132] MONGELLI F., LODDO M., TRAMACERE A., ZITO G., PERUSINI P., SQUARCI P., TAFFI L., (1981). Contributo alla mappa del flusso geotermico in Italia: misure sulla fascia pre-appennica marchigiana. Atti del 1° Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida.
- [133] MONGELLI F., MORELLI C. (1964). Studio geotermico preliminare dell'Etna. Riv. miner. sicil. 85-87, 46 pp.
- [134] MONGELLI F., RICCHETTI G. (1970 a). Heat flow along the Candelaro fault, Gargano Headland (Italy). Geothermics, sp. iss. 2, pp. 450-458.
- [135] MONGELLI F., RICCHETTI G. (1970 b). The Earth's crust and heat flow in the Fossa Bradanica, Southern Italy, Tectonophys., 10, pp. 103-125.
- [136] MONGELLI F., SQUARCI P. (1982). Flusso di calore in terra. C.N.R. - P.F.E., RF 13.
- [137] MONGELLI F., TRAMACERE A., GRASSI S., PERUSINI P., SQUARCI P., TAFFI L. (1982). Il Graben di Siena: misure di flusso di calore. C.N.R. - P.F.E. RF 9.
- [138] MORELLI C. (1970). Physiography, Gravity and Magnetism of the Tyrrhenian Sea. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata n. 48.

- [139] MORELLI C., CARROZZO M.T., CECCHERINI P., FINETTI I., GANTAR C., PISANI M., SCHMIDT FRIEDBERG P. (1969). Regional Geophysical Study of the Adriatic Sea. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata n. 41-42.
- [140] MORELLI C., GANTAR C., PISANI M. (1975 a). Bathymetry, Gravity (and Magnetism) in the strait of Sicily and in the Ionian Sea. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata n. 65.
- [141] MORELLI C., PISANI M., GANTAR C., (1975 b). Geophysical anomalies and tectonics in the Western Mediteranean. Bollettino di Geofisica Teorica ed applicata n. 67.
- [142] MUFFLER L.J.P., CATALDI R. (1978). Methods for regional resources. Geothermics, Vol. 7, n. 2-4, pp. 53-90.
- [143] NANNINI R. et Al. "Geothermal Exploration". Boll. Geof., Sept. 1982.
- [144] OSSERVATORIO GEOFISICO TRIESTE. Carta gravimetrica d'Italia.
- [145] PANICHI C., CELATI R., NOTO P., SQUARCI P., TAFFI L. and TONGIORGI E. (1974). Oxygen and hydrogen isotope studies of the Larderello (Italy) geothermal system. Isotope Techniques in Ground-water Hydrology, 1974. IAEA, Vienna, Vol. II, pp. 3-28.

- [146] PANICHI C., D'AMORE F., FANCELLI R., NOTO P., NUTI S. (1977). Geochemical survey of the Siena Province. Interpretation. Proc. Seminar on Geothermal Energy. Bruxelles. 2, pp. 481-503.
- [149] PETRACCO C., SQUARCI P. (1975). Hydrological balance of Larderello geothermal region. Proc. 2nd U.N. Symp. on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, Vol. 1, pp. 521-530.
- [150] PIERI M., GROPPI G., AGIP. (1981). Subsurface geological structure of the Po plain, Italy. C.N.R. - Progetto finalizzato geodinamica. Sottoprogetto "Modello Strutturale".
- [152] PUXEDDU M. (1983). Structure and late cenozoic evolution of the Upper Lithosphere in Southwest Tuscany (Italy). Tectonophysics, 101 (1984), pp.357-382.
- [155] RITTMANN A. (1950a). Sintesi geologica dei Campi Flegrei. Boll. Soc. Geol. Ital., 69: pp. 117-128.
- [159] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia, scala 1:500.000. Min. Ind. Comm. e Artig.
- [160] SILVANO A. (1985). La recherche géothermique à l'île de Vulcano". Geothermique Actualités, n. 1, pp.27-31.

- [161] SELF S. and SPARKS R.S.J. (1978). Characteristics of pyroclastic deposits formed by the interaction of silicic magma and water. Bull. Volcanol., 41: pp. 196-212.
- [162] SHERIDAN M.F. and WOHLETZ K.H. (1981). Hydrovolcanic explosions: the systematics of water-pyroclast equilibration. Science, 212: pp. 1387-1389.
- [163] SQUARCI P., TAFFI L. (1979). Mappa geotermica della Toscana. Regione Toscana. Conferenza Regione - Programmazione e politica energetica. 6-7 Dicembre 1979.
- [164] SOMMARUGA C. (1984). Le ricerche geotermiche svolte a Vulcano negli anni '50. Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, Vol. 39. pp. 356-366.
- [165] SOMMARUGA C., GHELARDONI R. (1980). "Demonstration project couple of wells for geothermal space heating in Metanopoli, Milano", Contract GE 02/79.
- [166] TAFFI L., SQUARCI P., PERUSINI P., LODDO M., MONGELLI F., TRAMACERE A. (1982). Misure di flusso di calore nella "Dorsale medio toscana" tra Monticiano e Roccastrada. C.N.R. - P.F.E., SI 3.

- [169] VERCELLINO J., RIGO F. (1970). Geology and exploration of Sicily and adjacent areas. A.A.P.G. - Geology of Giant Petroleum Fields - Memoir 14.
- [172] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia scala 1:100.000. Foglio 96 "MASSA" e relative note illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen. delle Miniere.
- [173] C.N.R., P.F.E. (1982). Manifestazioni idrotermali italiane, RF 13.
- [174] BENVENUTI R., MARTINI M., PICCARDI G. (1977). Distribuzione di Rame, Piombo e Zinco in sorgenti termali della Toscana, Rendic., SIMP 33 (2).
- [175] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia scala 1:100.000. Foglio 97 "S. MARCELLO PISTOIESE" e relative note illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen. delle Miniere.
- [176] BRANDI G.P., FRITZ P., RAGGI G., SQUARCI P., TAFFI L., TONGIORGI E., TREVISAN L. (1967). Idrogeologia delle terme di Montecatini. Collana Sc. delle terme di Montecatini, 39.
- [177] CORADOSSI N., MARTINI M. (1965). Contributo allo studio geochimico delle acque di Montecatini Terme. Rendic. SIMP. 39.

- [178] RAU A. e TONGIORGI M. (1974). Geologia dei Monti Pisani a Sud-Est della Valle del Guappero. Mem. Soc. Geol. It., Vol. XIII, fasc. 3, Roma.
- [179] BARTOLINI C. (1980). Sulle variazioni dei parametri fisici e chimici nelle acque termali di Monsummano. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Serie A (87).
- [180] BARBIER E., CECCARELLI A., DOWGIAO J. (1970). Thermal and acidulous ground-waters of the South-West side of the M. Pisani (Italy). Interna Report. I.I.R.G. Pisa.
- [181] FRANCALANCI G.P. (1958). Contributo per la conoscenza delle manifestazioni idrotermali della Toscana. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Vol. LXV, fasc. II, Serie A.
- [182] PANICHI C., TONGIORGI E. (1975). Carbon Isotopic Composition of CO₂ from Springs, Fumaroles, Mofettes, and Travertines of Central and Southern Italy: A Preliminary Prospection Method of a Geothermal Area. Pco. 2nd U.N. Symp. S. Francisco.
- [183] CECCARELLI A., MINISSALE A., RIDOLFI A., SCANDIFFIO G. (1985). Prospezione idrogeologica e geochemica dell'area compresa tra i fiumi Arno, Elsa, Cecina ed il Mar Tirreno (Zona "Orciatico" l.s.). ENEL, UNG. Rapp. Int.

- [184] CANUTI P., TACCONI P. (1975). Idrogeologia e risorse idriche del Bacino del fiume Arno: Sottobacini dei fiumi Greve, Pesa, Elsa. Idrogeologia e risorse idriche del bacino del fiume Arno. Sottobacini dei Fiumi Bisenzio e Sieve. In Risorse idriche e assetto del territorio, Atti Conf. 13-14 maggio 1975. Collana studi e problemi urbanistici del territorio fiorentino. 6. Prov. Firenze.
- [185] LOTTI B. (1910). Geologia della Toscana.
- [186] MARTINI M., CELLINI LEGITTIMO P. (1977). Sul contenuto di ammonio in acque termali. Rendic. SIMP 33 (2) 781-790.
- [187] DATI ARCHIVIO INTERNO ENEL U.N.G., Pisa
- [188] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia scala 1:100.000. Foglio 112 "VOLTERRA" e relative note illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen. delle Miniere.
- [191] BONI G., BONO P., CAPELLI G., D'AMORE F., LOMBARDI S. (1981). Nuove osservazioni di idrogeologia, geochimica e termalismo dell'area albana (Lazio meridionale). C.N.R. - P.F.E. SI2, PEG Editrice.
- [193] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia scala 1:100.000. Foglio 170 "SIENA" e relative note

illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen. delle
Miniere.

[195] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia
scala 1:100.000. Foglio 119 "MASSA MARITTIMA" e
relative note illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig.,
Dir. Gen. delle Miniere.

[197] DATI INTERNI ARCHIVIO AGIP.

[204] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia
scala 1:100.000. Foglio 121 "MONTEPULCIANO" e relative
note illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen.
delle Miniere.

[205] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia
scala 1:100.000. Foglio 129 "SANTA FIORA" e relative
note illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen.
delle Miniere.

[206] ROSSI A., SQUARCI P. (1970). Ricerca di forze endogene
nell'Italia centro-meridionale. Rapporto di avanzamento
n. 1. C.N.R., I.I.R.G., Pisa.

[207] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia
scala 1:100.000. Foglio 128 "GROSSETO" e relative note
illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen. delle
Miniere.

- [209] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia scala 1:100.000. Foglio 127 "PIOMBINO" e relative note illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen. delle Miniere.
- [212] FANELLI M. (1972). Acque calde italiane. IIRG, C.N.R., Rapp. Int.
- [216] SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA. Carta geologica d'Italia scala 1:100.000. Foglio 135 "ORBETELLO" e relative note illustrative. Min. Ind. Comm. e Artig., Dir. Gen. delle Miniere.
- [217] C.N.R., PROVINCIA DI LIVORNO, COMUNE DI ROSIGNANO MARITTIMO (1985). La scienza della terra. Nuovo strum. per la lettura e pianificazione del territorio di Rosignano Marittimo. Quaderni del museo di storia naturale di Livorno. Vol. 6. Supplemento 1.
- [240] DUCHI V., MINISSALE A., PRATI F. (1986). Chemical composition Thermal Springs, Cold Springs, Stream, and Gas Vents in the Mt. Amiata Geothermal Region (Tuscany) Italy. Journ. Volc. and Geoth. Res. 31, Elsevier Sc. Publ.
- [242] BRONDI M., DALL'AGLIO M., CHIARA E. (1986). Elementi in traccia di interesse geochimico e tossicologico nei

fluidi termali e geotermici dei Campi Flegrei e di Larderello. *Acqua-Aria*, 10.

- [245] D'AMORE F., SQUARCI P., PANICHI C. (1980). Hydrogeology and Geochemistry of the thermal springs of South-West Tuscany. CEE 2nd Seminar 4-6 March - Strasbourg.
- [250] DUCHI V., MINISALE A., ROSSI (1986). Chemistry of thermal springs in the Larderello-Travale geothermal Region, southern Tuscany, Italy. *Applied geochemistry*. Vol. 1 n. 6.
- [252] POLYAK B.G., PRASOLOV E.M., BUACHIDZE G.I., KONONOV V.I., MAMYRIA B.A., SUROTSEVA L.I., KMABARIN L.V. and YUDENICH U.S. (1979). Isotopic distribution of Helium and argon isotopes of fluids in the Alpine-Apennine Region and its relationship to volcanism. Scriph Publishing Company. Traduz. da Doklady, Akad. Nauk. SSSR. Vol. 247.
- [255] CORTESE E. (1931). Due particolarità geologiche presso Iano. *Boll. Soc. Geol. It.* Vol. 50.
- [260] PENTA F. & CONFORTO B. (1950). Sulle misure di temperatura del sottosuolo nei fori trivellati in presenza di acqua e sui relativi rilievi freaticometrici. *Annali di Geofisica*, Vol. 4 n. 1.

[266] GIANNINI E., LAZZAROTTO A. (1975). Tectonic evolution of the Northern Apennines - in Geology of Italy. Edited by Coy Squyres. EARTH SCIENCES SOCIETY OF THE LIBYAN ARAB REPUBLIC, TRIPOLI

REGIONE TOSCANA

ELENCO DELLE SORGENTI, DELLA MANIFESTAZIONI E DEI POZZI
DOMESTICI INVENTARIATI

<u>N. DI</u> <u>INVENTARIO</u>	<u>NOME</u>	<u>LOCALITA'</u>	<u>PROV.</u>
T1)	Bagno di Equi	Casola in Lunigiana	MS
T2)	Prà di Lama	Pieve Fosciana	LU
T2 bis)	Pozzo Prà di Lama	Pieve Fosciana	LU
T3)	Acqua della Gora	Barga	LU
T4)	Sorgente dell'acqua Salata	Galliciano	LU
T5)	Doccione A	Bagni di Lucca	LU
T6)	Doccione B	Bagni di Lucca	LU
T7)	Bagno La Villa	Bagni di Lucca	LU
T8)	Docce Basse	Bagni di Lucca	LU
T9)	Varraud	Bagni di Lucca	LU
T10)	Cova	Bagni di Lucca	LU
T11)	Barnabò A	Bagni di Lucca	LU
T12)	Barnabò B	Bagni di Lucca	LU
T13)	Demidoff	Bagni di Lucca	LU
T14)	Bagno S.Giovanni	Bagni di Lucca	LU
T15)	Sorgente Leopoldina	Bagni di Lucca	LU
T16)	Torretta	Montecatini T.	PT
T17)	Rinfresco	Montecatini T.	PT
T18)	Tettuccio	Montecatini T.	PT
T19)	Regina	Montecatini T.	PT

T20)	Grotta Parlanti	Monsummano	PT
T21)	Grotta Giusti	Monsummano	PT
T22)	Caldaccoli	S. Giuliano Terme	PI
T23)	Bagno di Ponente	S. Giuliano Terme	PI
T24)	Bagno di Levante	S. Giuliano Terme	PI
T25)	Bagnetto dello Sprofondo	S. Giuliano Terme	PI
T26)	La Croce	S. Giuliano Terme	PI
T27)	Fonte di Agnano	S. Giuliano Terme	PI
T28)	Vicascio	S. Giuliano Terme	PI
T29)	S. Francesco	S. Giuliano Terme	PI
T30)	Bagnetti di Agnano	S. Giuliano Terme	PI
T31)	Acqua di Uliveto	Vicopisano	PI
T32)	Bagni di Casciana	Casciana Terme	PI
T32bis)	Casciana T. Pozzo Mathelda	Casciana Terme	PI
T33)	Bagno di Miemo	Montecatini Val di Cecina	PI
T34)	Le Caldane	Colle Val d'Elsa	SI
T35)	Borro dell'Acqua Bolle/Le Mandrie	Montespertoli	FI
T36)	Acqua Bolle/Bucine	Montespertoli	FI
T37)	Bagni di Chieci- nella	Palaia	PI
T38)	Forcoli Baccanella	Palaia	PI
T39)	Bollori	Montaione	FI

T40)	Muraccio S.Andrea	Palaia	PI
T41)	Bollori	Gambassi	FI
T42)	Mulino del Gradasso	S. Gimignano	SI
T43)	Bagnoli	S. Gimignano	SI
T44)	Vene degli Onci	Colle Val d'Elsa	SI
T45)	Polloneto	Castelnuovo Berardenga	SI
T46)	Bagno S. Fedele/Il Bagno	Radda in Chianti	SI
T47)	Le Zolfaie di Montemiccioli	Volterra	FI
T48)	Fattoria di Tignano	Volterra	PI
T49)	Camporena	Montaione	FI
T50)	Palagio	Montaione	FI
T51)	Le Pozzaie/Palagio 2	Montaione	FI
T52)	Bagni di Mommialla	Montaione	FI
T53)	S.Leopoldo	Casciana Terme	PI
T54)	Borboi	Laiatico	PI
T55)	Putizza	Laiatico	PI
T56)	Galleria di scolo Maria Antonia	Montecatini V.C.	PI
T57)	Laitora	Montecatini V.C.	PI
T58)	Casa dell'Olmo	Volterra	PI
T59)	Villa alle Monache	Volterra	PI

T60)	Pozzo Parrana		
	S.Martino	Collesalvetti	LI
T61)	Padula	Rosignano Marittimo	LI
T62)	Bagni Galleraie	Radicondoli	SI
T63)	Bagnoli Montisi	Murlo	SI
T64)	Bagni di Petriolo	Monticiano	SI
T65)	Caldanine	Monticiano	SI
T66)	Molino del tufo	Monticiano	SI
T67)	Miniera di Campiano	Montieri	GR
T68)	Miniera di Boccheg-		
	giano	Montieri	GR
T69)	S.Giovanni	Pomarance	PI
T70)	Bagni S. Michele	Pomarance	PI
T71)	Bagno La Perla	Pomarance	PI
T72)	Putizza di Libbiano	Pomarance	PI
T73)	Cioccaia	Pomarance	PI
T74)	Fonte del Latte	Larderello	PI
T75)	Le Prata	Larderello	PI
T76)	Il Bagno	Castelnuovo V.C.	PI
T77)	Lumiere	Castelnuovo V.C.	PI
T78)	Le Giuncaie	Massa Marittima	GR
T79)	Candoli	Pomarance	PI
T80)	Bagno al Morbo	Pomarance	PI
T81)	Casetta del Rossi	Pomarance	PI
T82)	Podernuovo	Castelnuovo V.C.	PI
T83)	Doccioli	Castelnuovo V.C.	PI

T84)	Fonte Falli	Castelnuovo V.C.	PI
T85)	Pino di sopra	Montecatini V.C.	PI
T86)	Terme del Bagnolo	Monterolando Marittimo	GR
T87)	S.Federico	Monterodano Marittimo	GR
T88)	Casa Massoni Frasin sine 6	Monterolando Marittimo	GR
T89)	Bagno Montioni	Follonica	GR
T90)	Solfiorosa	Follonica	GR
T91)	Casa Bagnarello	Follonica	GR
T92)	Terme di Caldana	Campiglia Marittima	LI
T93)	Acqua Calda	Castagneto Carducci	LI
T94)	Sorg.presso Sassetta	Massa Marittima	GR
T95)	Venelle	Massa Marittima	GR
T96)	Aronna	Massa Marittima	GR
T97)	S.int.Miniera di Capanne	Massa Marittima	GR
T98)	Sorgente presso Podere Banditelle	Castelnuovo V.C.	PI
T99)	Pelaghe	Monterotondo Marittimo	GR
T100)	Bagnaccio	Siena	SI
T101)	Acqua Borra	Siena	SI
T102)	Sorg. del Cimitero	Rapolano	SI
T103)	Bagni freddi	Rapolano	SI
T104)	S.Giovanni	Rapolano	SI
T105)	Serre Rapolano	Rapolano	SI
T106)	Poggio Pinci	Asciano	SI

T107)	Acqua Montalceto	Asciano	SI
T108)	Bagnaccio	S. Giovanni d'Asso	SI
T109)	Acqua di Sillene	Chianciano	SI
T110)	Acqua Santa	Chianciano	SI
T111)	Bagno Vignoni	S. Quirico d'Orco	SI
T112)	Canalette	Sarteano	SI
T113)	Sorg. presso Guar- rata	Piancastagnaio	SI
T114)	Sorg. Tre Case	Piancastagnaio	SI
T115)	Sorg. presso Fonte della Pieve	Arcidosso	GR
T116)	La Fonte/Folla di Sotto	Arcidosso	GR
T117)	Sorg. presso La- vatoio	Cinciano	SI
T118)	Fonte Triaco	Arcidosso	GR
T119)	Acqua dei Bagni / B.S. Filippo	Castiglione d'Orcia	SI
T120)	Acqua Santa/ B.S. Filippo	Castiglione d'Orcia	SI
T121)	Fosso Moro	S. Casciano Bagni	SI
T122)	Sorgente Monte- sano	S. Casciano Bagni	SI
T123)	Bagno Grande	S. Casciano Bagni	SI
T124)	Bagno Bossolo	S. Casciano Bagni	SI
T125)	Podere Felsina	S. Casciano Bagni	SI

T126)	S.Lucia Nuova	S. Casciano Bagni	SI
T127)	Doccia della Testa	S. Casciano Bagni	SI
T128)	Sorg. della Piscina	S. Casciano Bagni	SI
T130)	Podere Piscina	S. Casciano Bagni	SI
T131)	Fosso Grossano	S. Casciano Bagni	SI
T132)	Bagno Fraticelli	S. Casciano Bagni	SI
T133)	Acqua Forte/Colle delle Aiole	Arcidosso	GR
T134)	Acqua Passante	Castiglione D'Orcia	SI
T134)	Bonore	Castiglione d'Orcia	SI
T135)	Fosso Bianco	Castiglione d'Orcia	SI
T136)	Putizza	Castiglione d'Orcia	SI
T137)	Acqua Salata	Abbadia S.Salvatore	SI
T138)	Caldanelle	Grosseto	GR
T139)	Poggetti Vecchi	Grosseto	GR
T140)	Bagno di Roselle	Grosseto	GR
T141)	Sorgente Acquisti	Grosseto	GR
T142)	S.Calvella	Grosseto	GR
T143)	Sorgente Pietra- tonda	Civitella Pagani	GR
T144)	Sorgente Di Salica	Basignano	GR
T145)	Lago dell'Accesa	Gavorrano	GR
T146)	Sorg. presso Gall. di Scolo Min. di Ga- vorrano	Gavorrano	GR

T147)	S.c/oGall. di Scolo		
	Min.Fenice Capanne	Gavorrano	GR
T148)	La Peschiera	Manciano	GR
T149)	Bagni di Saturnia	Saturnia	GR
T150)	S.Maria dell'Aquila	Sorano	GR
T151)	S.Maria dell'Aquila	Sorano	GR
T152)	Sorg. presso Sorano	Sorano	GR
T153)	Sorg. presso Sorano	Sorano	GR
T154)	Sorg. presso Sorano	Sorano	GR
T155)	Sorg. presso Man-		
	ciano	Pisigniano	GR
T156)	Bagnacci dell'Ossa	Orbetello	GR
T157)	Sorg. Saline	Orbetello	GR
T158)	Buca Fonda	Rosignano Marittimo	LI
T159)	Muraglione	Rosignano Marittimo	LI
T160)	Sorgente presso		
	Manciano	Manciano	GR -

REGIONE TOSCANA

ELENCO DEI POZZI INVENTARIATI

Nome Pozzo	Numero di inventario		Prov.
PONTREMOLI	PT	1	MS
DICOMANO 1	PT	2	FI
CAFAGGIO 1	PT	3	FI
PONTETETTO 1	PT	4	LU
RATICOSA	PT	5	FI
PALAZZUOLO	PT	6	FI
CERTALDO 4	PT	7	FI
CERTALDO 1	PT	8	FI
CERTALDO 3	PT	9	PI
PIEVE S. STEFANO	PT	10	AR
PONTEDERA 1	PT	11	PI
ZANNONE 1	PT	12	PI
POGGIO 1	PT	13	PI
TOMBOLO 1	PT	14	PI
IANO 1	PT	15	FI
MOMMIALLA 1	PT	16	FI
ORCIATICO 3	PT	17	PI
ORCIATICO 2	PT	18	PI
VILLA LE MONACHE	PT	19	PI
RAPOLANO 1	PT	20	SI
POMARANCE 1	PT	21	PI
BULERA 2	PT	22	PI

BULERA 5	PT 23	PI
BULERA 6	PT 24	PI
GABBRO 11	PT 25	PI
RIMONESE	PT 26	PI
N. 147	PT 27	PI
GABBRO 9	PT 28	PI
GABBRO 6	PT 29	PI
N. 82	PT 30	PI
S. DALMAZIO 1	PT 31	PI
S. 154	PT 32	PI
N. 162	PT 33	PI
COLLENNE	PT 34	PI
SECOLO 2	PT 35	PI
N. 152	PT 36	PI
S. VINCENZO 9	PT 37	PI
VAL PAVONE 2	PT 38	SI
SCAPERATA	PT 39	SI
CASALONE	PT 40	PI
TEGONI	PT 41	SI
SOFFIONISSIMO 1	PT 42	PI
N. 89	PT 43	PI
N. 153	PT 44	PI
SERRAZZANO 15	PT 45	PI
MONTERUFOLI	PT 46	PI
SERRA 1	PT 47	PI
SERRAZZANO 10	PT 48	PI

SERRAZZANO 12	PT 49	PI
N. 38	PT 50	PI
CP/C1	PT 51	PI
ANQUA	PT 52	SI
RADICONDLI 24	PT 53	SI
RADICONDOLI 8	PT 54	SI
RADICONDOLI 19D	PT 55	SI
TRAVALE 21	PT 56	SI
RADICONDOLI 15	PT 57	SI
RADICONDOLI 14	PT 58	SI
RADICONDOLI 20	PT 59	SI
RADICONDOLI 1	PT 60	SI
ELC1	PT 61	SI
BERTOLE 2	PT 62	PI
SERRAZZANO 8	PT 63	PI
MONTEVERDI 7	PT 64	PI
PADULE 1	PT 65	PI
VC/10	PT 66	PI
VC 11	PT 67	PI
DOLMI 1	PT 68	PI
DOLMI 3	PT 69	PI
DOCCIOLI	PT 70	PI
RADICONDOLI 8	PT 71	SI
CHIUSDINO 3	PT 72	SI
TRAVALE 13	PT 73	GR
CHIUSDINO 2D	PT 74	SI

TRAVALE 3BIS	PT 75	SI
SPERIMENTALE CASTELNUOVO	PT 76	PI
TRAVALE 22	PT 77	SI
RADICONDOLI 17	PT 78	SI
TRAVALE 12	PT 79	GR
TRAVALE 8	PT 80	SI
VALLONSORDO 2	PT 81	PI
VALLONSORDO 3	PT 82	PI
A S 1	PT 83	GR
RIBATTOLA	PT 84	PI
GUADO	PT 85	PI
AS 3	PT 86	GR
SELVA 2	PT 87	PI
SASSO 22	PT 88	PI
TURBONE 2	PT 89	PI
BADIA 1	PT 90	PI
QUERCENNE 1	PT 91	PI
QUERCENNE 2	PT 92	PI
QUERCIOLA 2	PT 93	PI
PUNTONE 3	PT 94	PI
SASSO 9	PT 95	PI
ZUCCANTINE 1	PT 96	GR
BOSCO 2	PT 97	PI
VENELLE	PT 98	GR
CASTIGLIONE 1	PT 99	GR
S. POMPEO 2	PT 100	GR

MONTEROTONDO 21	PT 101	GR
VALLINO	PT 102	GR
CAGNESI	PT 103	GR
MONTEROTONDO 19	PT 104	GR
MONTEROTONDO 20 BIS	PT 105	GR
LUMIERA 1	PT 106	GR
S. MARTINO 2	PT 107	GR
POGGIO TRAVI	PT 108	GR
CARBOLI E	PT 109	GR
RADICONDOLI 9	PT 110	SI
GABBRO 3	PT 111	PI
SPERIMENTALE SERRAZZANO	PT 112	PI
S. SILVESTRO 2	PT 113	PI
VC 8	PT 114	PI
VAL PAVONE 3	PT 115	PI
AS 5	PT 116	GR
CHIANCIANO	PT 117	SI
ROCCASTRADA 1	PT 118	GR
CASTELLETTO	PT 119	SI
MONTE AMIATA 2	PT 120	SI
AB D 40	PT 121	GR
AB D 3	PT 122	SI
MONTE AMIATA 1	PT 123	SI
PIANCASTAGNAIO 23	PT 124	SI
PIANCASTAGNAIO 21	PT 125	SI
PIANCASTAGNAIO 16 BIS	PT 126	SI

PIANCASTAGNAIO 26	PT 127	SI
PIANCASTAGNAIO D1	PT 128	SI
PIANCASTAGNAIO 14	PT 129	SI
PAGLIA 1	PT 130	SI
PIANCASTAGNAIO 27	PT 131	SI
PIANCASTAGNAIO 8	PT 132	SI
PIANCASTAGNAIO 13	PT 133	SI
PIANCASTAGNAIO 30	PT 134	SI
PIANCASTAGNAIO 24	PT 135	SI
SENNÀ 2	PT 136	SI
PIANCASTAGNAIO 29	PT 137	SI
BAGNORE 2	PT 138	GR
ANTEIE 1	PT 139	GR
NIBBIO 8	PT 140	SI
CAPANNACCE 1	PT 141	SI
PIANCASTAGNAIO 10	PT 142	SI
NIBBIO 2	PT 143	SI
NIBBIO 6	PT 144	SI
NIBBIO 5	PT 145	SI
ROCCALBEGNA 1	PT 146	GR
SE D 5	PT 147	GR
SE D 4	PT 148	GR
CO 3	PT 149	GR
CO 5	PT 150	GR
CO 1	PT 151	GR
LA CAPITANA	PT 152	GR

ROSELLE 1	PT 153	GR
SATURNIA 1	PT 154	GR
S. FILIPPO 1	PT 155	SI
S. F-1	PT 156	SI
S F-3	PT 157	SI
S F-4	PT 158	SI
S F-2	PT 159	SI
BAGNORE 12	PT 160	GR
BAGNORE 3	PT 161	GR
BAGNORE 7	PT 162	GR
BAGNORE 18	PT 163	GR
BAGNORE 5	PT 164	GR
BAGNORE 1	PT 165	GR
BAGNORE 13 BIS	PT 166	GR
BAGNORE 19	PT 167	GR
BAGNOLO	PT 168	GR
RADICOFANI 1	PT 169	SI
124-87 disco 29		