

INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE
DELLA REGIONE SARDEGNA

A cura di:

Caboi R., Fanfani L., Pecorini G.
Università di Cagliari.

Fancelli R., Squarci P., Taffi L.
Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermi-
che del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Pisa.

Elaborazioni grafiche:

Gori Lorenzo.

Pisa, giugno 1988.

INDICE

PREMESSA.....	pag. 1
1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	pag. 1
2 - IDROGEOLOGIA GENERALE.....	pag. 4
3 - MANIFESTAZIONI TERMALI.....	pag. 10
3.1- Anglona.....	pag. 10
3.2- Logudoro.....	pag. 12
3.3- Valle del Temo.....	pag. 13
3.4- Baronie di Dorgali.....	pag. 14
3.5- Valle del Tirso.....	pag. 15
3.6- Sardegna sud-occidentale.....	pag. 16
3.7- Campidano.....	pag. 18
4 - VALUTAZIONE DELLE TEMPERATURE IN PROFONDITA'.....	pag. 19
4.1- Metodologia.....	pag. 19
4.2- Indicazioni sulle aree di interesse geotermico.....	pag. 19
5 - CONCLUSIONI.....	pag. 21
- BIBLIOGRAFIA.....	pag. 23
APPENDICE I: Elenco delle sorgenti e delle manifestazioni	

ALLEGATI

- Tavola 1 - Carta idrogeologica
- Tavola 2 - Sezioni idrogeologiche
- Tavola 3 - Carta delle temperature a 1000 m.
- Tavola 4 - Carta delle temperature a 2000 m.

INVENTARIO DELLE RISORSE GEOTERMICHE DELLA REGIONE SARDEGNA

- PREMESSA

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

Lo scopo del lavoro è di fornire una raccolta di elementi utili per la conoscenza delle risorse geotermiche della Sardegna.

Il documento si compone di un Rapporto, con tavole annesse, in cui vengono esaminate e descritte le caratteristiche idrogeologiche e geotermiche della regione.

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- INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Nelle sue linee essenziali la costituzione geologica della Sardegna può così riassumersi:

- Complesso Paleozoico : di età cambro-carbonifera, è costituito da una potente successione di argilloscisti, calcari e quarziti con intercalate

vulcaniti prevalentemente acide. Questa successione è stata ampiamente dislocata e metamorfosata soprattutto durante l'orogenesi ercinica nel corso della quale si ebbero intrusioni di grandi masse granitiche, estese per circa 1/3 dell'isola, lungo direttrici tettoniche orientate N-S e NW-SE.

- Complesso Mesozoico : discordante e discontinuo sul basamento paleozoico. E' costituito prevalentemente da rocce carbonatiche del Trias, Giurese e Cretaceo, che si rinvengono particolarmente sviluppate nella Nurra e nella parte orientale e sud-orientale dell'isola con, in subordine, sedimenti evaporitici (gessi triassici) e livelli marmosi. Lo spessore di questo complesso varia tra i 500 ed i 1000-1400 m circa.

- Complesso Cenozoico-Quaternario : rappresentato da sedimenti di ambienti diversi (marini, lagunari e fluvio-lacustri) e dalle rocce vulcaniche che hanno in parte colmato la grande "fossa" sarda terziaria. In particolare si tratta di calcari, arenarie e marne intercalate a vulcaniti legate a cicli eruttivi avvenuti nell'Oligo-Miocene (ignimbriti, andesiti, rioliti e relativi tuffi) e nel Plio-Pleistocene (rioliti, daciti, fonoliti e basalti) nel corso dell'orogenesi alpina. Questo complesso, presente soprattutto nella parte sud-occidentale dell'isola e nel Logudoro e Campidano, ha spessori variabili da un massimo di 2000 m ad un minimo di circa 200 m.

Il sovrapporsi di eventi tettonici caratterizzati da fasi compressive e distensive, avvenuti nel corso delle varie orogenesi, da quella caledoniana a quella alpina, quest'ultima soprattutto nel corso dell'Oligocene-Pliocene, hanno dato luogo ad un edificio strutturale complesso.

Al fini di una caratterizzazione generale il quadro che risulta può essere semplificato riconducendolo a due elementi fondamentali:

- la grande depressione tettonica ("fossa") di età terziaria che attraversa in senso meridiano tutta l'isola, dal Golfo dell'Asinara a quello di Cagliari;
- i filastri tettonici (horst) granitico-metamorfici paleozoici che la delimitano ad ovest e ad est.

L'horst orientale, nel complesso omogeneo dalla Gallura al Sarrabus, è interrotto nella sua conti-

nultà da almeno due importanti dislocazioni tettoniche trasversali. La stretta ed allungata depressione di Oschiri-Olbia, a sud di Tempio Pausania, e la faglia di Nuoro, che si estende dal Golfo di Orosel ad Oristano, entrambe orientate secondo la direttrice SWW-NEE.

L'horst occidentale è invece composito, smembrato lungo la direzione meridiana in blocchi. Di questi i due più meridionali, l'Arburese-Iglesiente ed il Sulcis, anche se separati tra loro dalla fossa del Cixerri con asse W-E, risultano geologicamente omogenei essendo costituiti da un nucleo cambriano, piegato e ricoperto dalle successive serie paleozoiche. Un terzo blocco è rappresentato dal piccolo massiccio del Flumentorgiu, separato anch'esso da una depressione tettonica di asse W-E (fossa terziaria di Funtanazza) dall'Arburese-Iglesiente. Un quarto infine è quello della Nurra, prevalentemente metamorfico, con scarsa copertura permotriassica, abbastanza esteso nella estremità nord-occidentale dell'isola.

I vari horst delimitano, come già accennato, la grande fossa sarda nella quale i sedimenti neogenici, estesamente affioranti ricoprono i prodotti delle effusioni vulcaniche aventi uno spessore complessivo di almeno 2.000 m, accertato dai pozzi per ricerche minerarie perforati nel Campidano.

L'evoluzione vulcano-tettonica della fossa, iniziata nell'Oligocene, secondo direttrici tettoniche N-S è continuata fino al Pliocene-Quaternario con un intenso vulcanismo, dapprima acido (rioliti del M. Arci) poi basico (spandimenti basaltici in prevalenza), concludendosi con la formazione del graben del Campidano che si estende dal Golfo di Oristano a quello di Cagliari, in direzione NNW-SSE.

L'attività vulcanica si è estinta in tempi abbastanza recenti (0.14-0.08 Ma) nel Logudoro.

2- IDROGEOLOGIA GENERALE

Dal punto di vista geoidrologico in ciascuno dei complessi sopradescritti si riscontrano formazioni caratterizzate da vari gradi di permeabilità in stretta connessione con i litotipi che le costituiscono.

La carta geoidrologica della Sardegna (Tav. 1) è stata perciò redatta soprattutto in funzione delle caratteristiche di permeabilità delle rocce indipendentemente dal complesso di appartenenza.

- Complesso paleozoico, granitico-metamorfico, scarsamente permeabile.

Il basamento paleozoico, costituito da graniti e scisti più o meno metamorfici, è da considerarsi, nel suo insieme, come praticamente impermeabile. Ricerche d'acqua, mediante trivellazioni, spinte nei graniti fino a 100 m di profondità e negli scisti metamorfici fino a 300 m (Torpé, nel bacino di Posada) hanno infatti pressoché costantemente dato esiti negativi o assai poco soddisfacenti. Tuttavia per quanto concerne i graniti, nelle aree maggiormente diaclasate in epoca post-ercinica, ed in particolare in quelle interessate dalla tettonica disgiuntiva del Terziario, la presenza di una diffusa rete di macro e microfratture nella roccia rende possibile locali e limitati accumuli idrici sotterranei talora di discreta entità. Ciò è dimostrato in alcune miniere dell'Iglesiente, dell'Arburese e del Gerrei, dove per mantenere asciutte le gallerie di coltivazione mineraria ~~dei~~ dei livelli più profondi è necessario edurre all'esterno l'acqua rinvenuta (10-70 l/s in media).

Nelle miniere invece che sviluppano solo negli scisti filladici (come ad esempio la miniera dell'Argentiera della Nurra) nonostante l'estrema vicinanza al mare l'eduzione non ha mai presentato problemi dal momento che le portate emunte si sono costantemente mantenute attorno a pochi l/s.

- Complessi calcareo-dolomitici ad alta permeabilità del Paleozoico-Mesozoico-Miocene.

I complessi dolomitici e calcareo-dolomitici del Paleozoico e del Mesozoico sono caratterizzati da una alta permeabilità, specie per fessurazione e carsificazione, presentando una elevatissima ricettività idrica e costituendo quindi acquiferi importanti. In particolare:

- i calcari e le dolomie del Cambrico, il cui spessore massimo può raggiungere il migliaio di metri, intercalati tra scisti e arenarie scistose impermeabili, presentano una giacitura sub-verticale a pieghe in genere molto strette e complicate da modesti scorrimenti; le cerniere delle pieghe possono spingersi nel sottosuolo fin oltre i 2000 m di profondità, in massima parte sotto il livello del mare.

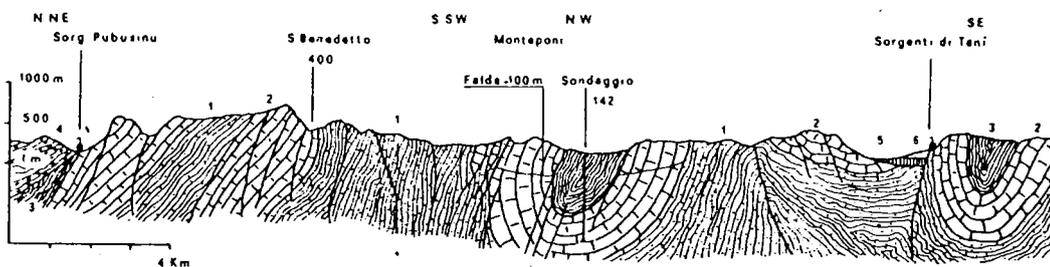


Fig.1 - Sezione geologica attraverso l'Iglesiente - Sulcis.

1 - Arenarie e scisti psammitico-pelitici (Cambrico inf.). 2 - Dolomie e calcari (Cambrico inf.-medio). 3 - Scisti filladici (Cambrico medio). 4 - Scisti pelitico-psammitici e puddinghe scistose (Ordoviciano). 5 - Calcari, ligniti e marne (Eocene, "Lignitifero"). 6 - Arenarie e siltiti argillose (Eocene, "Formazione del Cixerri").

Pertanto nella parte sud-occidentale dell'isola, queste rocce rappresentano importanti acquiferi, talora confinati, che possono spingersi a notevoli profondità. Nella zona dell'Iglesiente per consentire i lavori minerari si è dovuto deprimere il livello della falda, con notevoli costi, provocando richiamo di acqua marina della costa antistante.

- Le formazioni calcaree-dolomitiche del Trias, Giurese, Cretaceo, anch'esse ottime rocce serbatoio, dello spessore complessivo di circa 1000 m, sono caratterizzate da uno stile tettonico ad ampie pieghe, talora fagliate, che da origine a strutture sub-orizzontali a grandi blocchi, separate da fratture con rigetti talora di 500-600 m.

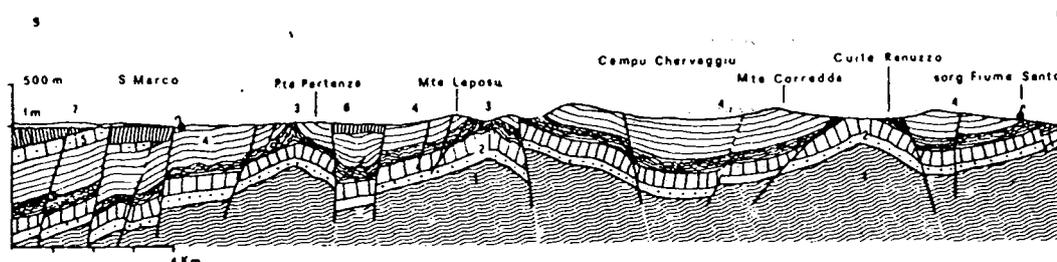


Fig. 2 - Sezione geologica attraverso la Nurra.

1 - Scisti del basamento paleozoico. 2 - Arenarie, conglomerati e calcari (Permiano-Trias medio). 3 - Argille gessifere e dolomie più o meno cariate (Trias superiore). 4 - Dolomie, calcari e marne (Giurese). 5 - Calcari e marne (Cretaceo). 6 - Ignimbriti e tufi pomiceo-cineritici (Oligocene-Miocene inf.). 7 - Calcari, arenarie e conglomerati (Miocene-Quaternario).

Ricerche eseguite per conto della Cassa per il Mezzogiorno hanno dato per queste rocce risultati di trasmissività dell'ordine di 10^{-2} - 10^{-3} m^2/s .

- Nella zona costiera orientale (Baronie di Dorgali e Siniscola, Supramonte di Oliena ed Orgosolo) i calcari e le dolomie del Giurese e Cretaceo, con spessori massimi di 600-700 m, giacciono direttamente sul basamento impermeabile granitico-scistoso paleozoico, con giacitura leggermente inclinata verso il Mar Tirreno. Pur venendo incamerate notevoli quantità d'acqua queste, causa la giacitura della roccia si disperdono per la gran parte in mare, specie nella zona del Golfo di Orosei.

- Nella parte sud-orientale, in Ogliastro e Sarcidano, le dolomie giuresi riposano sempre sul basamento paleozoico impermeabile con giacitura prevalentemente orizzontale. Le sorgenti rappresentano manifestazioni di falde site al contatto tra dolomie e livelli argillosi in queste intercalate.

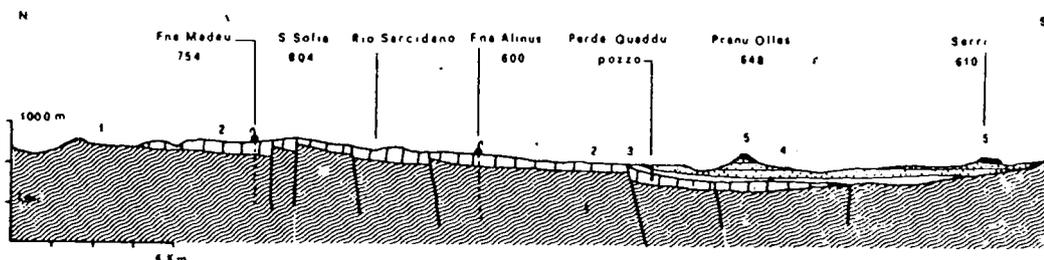


Fig.3 - Sezione geologica attraverso il Sarcidano.

1 - Scisti più o meno metamorfici del basamento paleozoico. 2 - Dolomie e calcari dolomitici (Giurese). 3 - Tufiti, argille bentonitiche e siltiti (Oligocene-Miocene inf.). 4 - Calcari, arenarie, conglomerati e marne (Miocene). 5 - Basalti (Pliocene).

- Anche le formazioni carbonatiche mioceniche, con spessori di 100-200 m al massimo, risultano oltre che permeabili in grande, per la presenza di una sporadica fenomologia carsica, anche per porosità seppur limitata. Una componente discreta, arenaceo-quarzosa o microconglomeratica, può localmente dar luogo a soglie di permeabilità, così come per il Logoduro-Anglona ed il Sarcidano di Isili, da cui traggono origine numerose sorgenti di contatto.

- Complessi a media e bassa permeabilità sedimentari e vulcanici.

In questi complessi sono state raggruppate vulcaniti di età e litologia varie, insieme con formazioni sedimentarie prevalentemente arenaceo-conglomeratiche o siltitiche dal Permiano fino al Pliocene, solo eccezionalmente in parte carbonatiche.

Si tratta, per lo più, di complessi a permeabilità varia, mai elevata, talora pressoché nulla, in cui le vulcaniti si intercalano ai sedimenti oppure costituiscono serie potenti fino a oltre 800 m. Vi rientrano i piccoli bacini permiani, con prevalenti conglomerati o siltiti (Nurra, Gallura, Barbagia, Ogliastra), la formazione eocenica del Sulcis, Cixerri e Quirra, i bacini oligo-miocenici a ignimbriti, andesiti e tufi cineritico-pomici, le

facies deltizie del Miocene, per lo più arenacee, e, infine, la maggior parte delle vulcaniti post-mioceniche (basalti dei grandi espandimenti della Marmilla e del Marghine, rioliti, trachiti, etc.) e dei depositi continentali e marini del Pliocene.

Le sorgenti alimentate dalle rocce di questi complessi, più o meno fessurate o porose, sono scarse e di portata limitata. Quelle più importanti si trovano nel Logoduro e nel Marghine, in aree costituite rispettivamente da arenarie e conglomerati miocenici o da ignimbriti e basalti. In particolare le formazioni sedimentarie terziarie del Logoduro e dell'Anglona, arenarie e conglomerati miocenici in facies deltizia, più o meno cementati, così come nelle arenarie oligo-mioceniche di Oschiri, nonostante la loro bassa permeabilità hanno dimostrato di essere sedi di falde acquifere (portate di 10 l/s in pozzi profondi 200-300 m).

Nel graben Campidanese qualche falda si rinviene associata a calcari, di età pliocenica, intercalati ad argille, marne e conglomerati arenacei, a permeabilità varia, ma nell'insieme abbastanza limitata.

Lo spessore di questo complesso è notevole raggiungendo talvolta i 500 m. Le falde piuttosto modeste, contenute in lenti ciottolose-sabbiose, intercalate fra argille, siltiti e marne a concrezioni calcaree, si rinvencono soprattutto fra Cagliari e Sarmassi.

- Complesso marmoso (triasico e miocenico)
impermeabile .

Nella parte centro orientale dell'isola, soprattutto nel Nuorese, le marne gessifere del Trias sup. affioranti o situate a varie profondità nel sottosuolo, fino ad oltre 800 m sotto il livello del mare, costituiscono il livello di base impermeabile per la sovrastante formazione calcarea permeabile mesozoica.

Praticamente non permeabili devono ritenersi le marne di età miocenica in giacitura pressoché orizzontale affioranti in buona parte della Marmilla, della Trexenda e del Campidano di Cagliari, nonché in talune zone del Logoduro, con spessori di qualche centinaio di metri. Queste marne costituiscono

no, localmente, la copertura sovrastante a livelli arenacei-conglomeratici contenenti falde idriche artesiane.

- Complesso alluvionale quaternario, a media permeabilità.

I materiali alluvionali quaternari depositi a più riprese nelle zone litoranee e soprattutto nel Campidano, constano generalmente di alternanze ciottoloso-sabbiose e limo-argillose, per spessori che di solito non superano le decine di m. Nella fossa campidanese e nella Nurra, dove gli spessori aumentano fino ad un massimo rispettivamente di 200 e 50 m, i livelli alluvionali inferiori sono in forte prevalenza argillosi. Non presentano interesse ai fini della circolazione legata a possibili circuiti idrotermali.

Sintetizzando le osservazioni fatte sulle caratteristiche idrogeologiche e strutturali dei complessi presenti in Sardegna possiamo affermare che dal punto di vista idrogeotermico il maggior interesse è dato ovviamente dai litotipi permeabili che hanno forti spessori e che risultano confinati da rocce impermeabili (calcarei dolomitici del cambriano) oppure quelli sottostanti alla copertura terziaria posti entro la grande depressione della fossa sarda.

Sia i calcari cambriani che i sedimenti carbonatici mesozoici possono raggiungere profondità rilevanti, anche superiori ai 2000 m, come rispettivamente nell'Iglesiente-Sulcis e nel Logudoro e contenere fluidi termali.

I graniti e gli scisti più o meno metamorfici inoltre possono anch'essi rappresentare potenziali serbatoi nel basamento paleozoico, solo però in corrispondenza di determinati settori localizzati per lo più in prossimità di grosse dislocazioni tettoniche che possono avere determinato una diffusa fratturazione nella roccia. In queste aree le acque possono infiltrarsi raggiungendo profondità notevoli ed acquisire elevata termalità. Infatti, nelle zone di incontro di direttrici tettoniche tra loro trasversali ed in particolar modo tra l'incrocio di sistemi di faglie orientate WSW-ENE e N-NW-S-SE, si rinvengono le principali manifestazioni idrotermali dell'isola.

3- MANIFESTAZIONI TERMALI

Per il censimento delle acque termali sono state prese in considerazione tutte le emergenze, naturali o in pozzo, che presentano una anomalia positiva di temperatura rispetto a quella media annuale locale.

Procedendo da Nord a Sud vengono di seguito succintamente descritte, contrassegnate con la loro denominazione locale, le aree interessate dalle principali manifestazioni idrotermali.

3.1- Anglona

a)- Al margine nord-orientale di questa area, presso S. Maria Coghinas, si trovano le manifestazioni termali di Casteldoria, le cui acque sono le più calde in Sardegna. Queste manifestazioni sono ubicate sulla sponda sinistra del Coghinas, in corrispondenza di una brusca ansa allo sbocco nella piana di Valledoria, in prossimità del contatto tettonico tra il complesso granitico-metamorfico paleozoico della Gallura ed il complesso terziario, costituito da vulcaniti e tufi cineritico-pomici ricoperti da depositi fluvio-lacustri miocenici, nella parte occidentale.

Lungo una striscia, ampia circa 3000 m², si ha risalienza di acque calde con temperature fino a 65°C; nel pozzo dello stabilimento termale la temperatura misurata è di 75°C. La portata complessiva delle emergenze è di 15-20 l/s (5 l/s misurati nel pozzo).

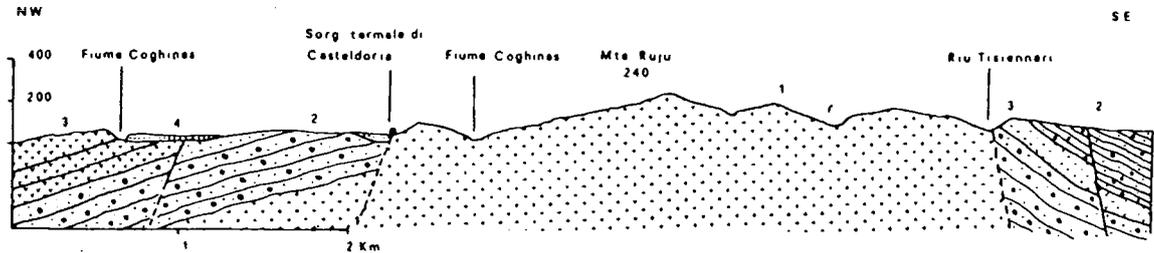


Fig.4 - Sezione geologica dell'area di Casteldoria.

1 - Basamento granitico-metamorfico. 2 - Complesso tufaceo-sedimentario miocenico. 3 - Intercalazioni ignimbriche. 4 - Depositi alluvionali quaternari.

In quest'area, a cavallo tra il 1956 ed il 1962, su incarico dell'ENSAE (Ente Sardo di Elettricità), è stata effettuata una campagna di prospezioni geotermiche conclusasi con la perforazione di oltre 12 sondaggi alcuni spinti a grande profondità fin oltre i 1700 m, che hanno incontrato venute di acque termali in corrispondenza di fratture nelle rocce granitiche del basamento cristallino paleozoico. La massima temperatura è stata quella registrata nel pozzo 8, in località Isolana (circa 1200 m a sud delle Terme), con 105°C alla profondità di 1240 m circa.

b)- In prossimità del bordo meridionale dell'area, in territorio di Perfugas, sono stati trivellati dell'ETFAS alcuni pozzi profondi una trentina di m. che hanno rinvenuto acque con una temperatura di circa 23°C. I terreni attraversati dalle perforazioni sono costituiti da ignimbriti e tufi pomice. Le portate, variabili assommano in totale a 22 l/s. Nonostante la relativa vicinanza di questi pozzi all'area di Casteldoria (distanza circa 8 Km) le differenze nel chimismo dell'acque sono tali da far ritenere poco probabile che esse derivino da un unico acquifero.

3.2- Logudoro (S. Martino-Montes, S. Lucia)

a) Nell'area del bacino di S. Martino, che si estende su di una superficie di circa 50 Km² sulla sponda destra del Rio di Montes, in territorio di Condrongianus, Ploaghe ed Osilo, si trova un complesso di sorgenti (circa 20) apparentemente poco importanti per la bassa termalità all'emergenza (20-22°C) ma con caratteristiche chimiche da far ritenere derivanti da un'acquifero profondo. Una parte delle sorgenti, quelle propriamente dette di S. Martino e quelle di Montes, rispettivamente con portata di 0.6 e 0.13 l/s e con temperatura di circa 22°C, si rinvengono in prossimità di una faglia, di direzione W-E, che presenta un rigetto di circa 200 m e che mette in contatto le vulcaniti oligo-mioceniche dell'Anglona con i sedimenti del bacino medio-miocenico del Logudoro.

Le sorgenti di Ploaghe, ora captate, e quelle a Sud di Osilo emergono invece dalle lave andesitiche, in corrispondenza di numerose diaclasi, con portate però notevolmente inferiori e quelle delle sorgenti sovradescritte.

b) La sorgente di S. Lucia, presso Bonorva, ha una portata inferiore ad 1 l/s e temperatura di circa 20°C. Anch'essa è captata ed è utilizzata come acqua minerale.

Tutte le sorgenti del Logudoro sono caratterizzate da elevati tenori in CO₂.

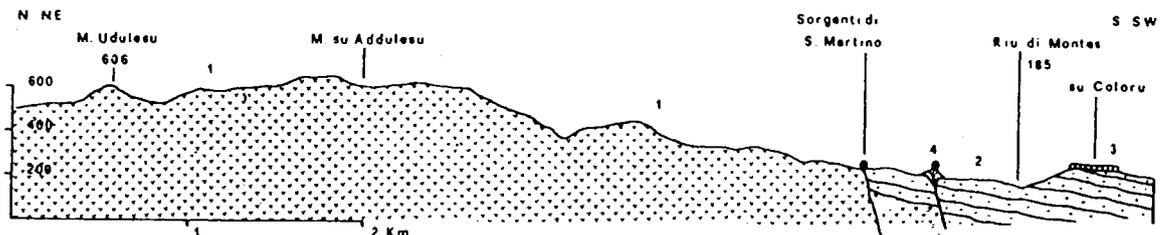


Fig.5 - Sezione geologica dell'area di San Martino presso Codrongianus.
1 - Andesiti, ignimbriti e tufi dell'Oligo-Miocene. 2 - Tufiti, siltiti e livelli silicei del Miocene. 3 - Basalti quaternari. 4 - Conetti travertinosi recenti.

3.3- Valle del Temo (Galleria Temo-Cuga, Abbarghente, Mattagiana)

Sono note in quest'area le manifestazioni termali della galleria presso Putifigari, le sorgenti di Abbarghente presso Romana e quelle di Mattagiana presso Bosa.

a)- Galleria Temo-Cuga. La galleria di Putifigari è stata costruita per derivare le acque invasate nel serbatoio dell'alto Temo, presso Monteleone Rocca Doria, nel Rio Sette Ortas o Iscala Mala, a sud ovest di Putifigari e da qui successivamente nell'invaso del rio Cuga, presso Uri. Essa si svolge per una lunghezza complessiva di 10070 m all'interno di un potente complesso vulcanico, sotto una copertura di spessore in massima parte superiore a 120 m. Un lungo tratto della galleria, compreso tra le progressive 3000 e 9000, è interessato più o meno intensamente da temperature anomale e da venute di acque calde, la cui portata complessiva è di circa 50 l/s; le acque a temperatura più elevata 45°C sono però localizzate in un breve tratto al centro della galleria, pressochè in corrispondenza della valle dell'Alto Temo (Campu Oes).

Il complesso vulcanico oligo-miocenico, entro cui è scavata la galleria, è costituito da ignibriti in alternanza con tufi cineritico-pomicel; in corrispondenza con l'imbocco di monte della galleria sono presenti sedimenti miocenici costituiti da calcari ed arenarie, trasgressivi sulle vulcaniti. Nonostante al suo interno non siano evidenti tracce di dislocazioni tettoniche di grande entità, è da presumere che le acque calde risalgano lungo diaclasi legate ad una importante faglia diretta ovest-est situata nel versante meridionale della vallata di Campu Oes.

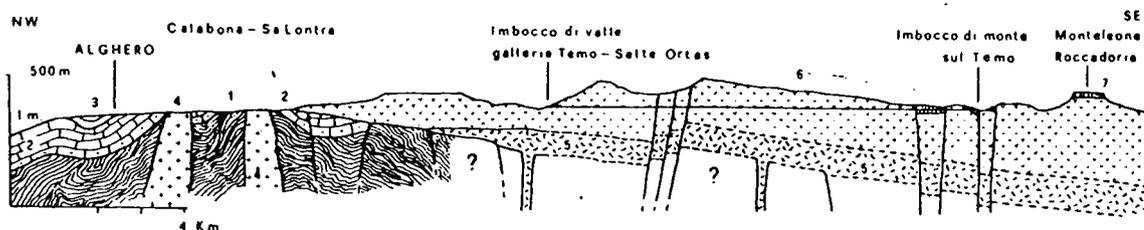


Fig.6 - Sezione geologica lungo la galleria Temo-Sette Ortas.

- 1 - Basamento scistoso paleozoico.
- 2 - Arenarie e calcari del Trias.
- 3 - Calcari del Giurese.
- 4 - "Porfirite" di Calabona.
- 5 - Formazione andesitica dell'Oligocene.
- 6 - Tufi ed ignibriti dell'Oligo-Miocene.
- 7 - Calcari miocenici.

b) Le sorgenti di Abbarghente si trovano nella zona alta del bacino del Temo a 5 Km dall'abitato di Romana a sud-ovest di Tiesi. Le acque sgorgano sul versante orientale del massiccio ignimbrítico del M.te Minerva (690 m), lungo la faglia che determina il tratto nord-sud del Temo, nel settore fra Monteleone Rocca Doria e Padria. Tale faglia mette in contatto verticale le ignibriti con i tufi pomiceo-cineritici immediatamente sottostanti ai calcari del Miocene medio. I caratteri fisico-chimici della sorgente più importante possono essere così riassunti: portata, circa 1 l/s, temperatura 22°C, salinità 5.1 gr/l, emanazioni di CO₂ libera.

c) Nella bassa valle del Temo, nei pressi di Bosa, si trova la sorgente di Mattaglana, in prossimità dell'incrocio di un sistema di fratture, orientate N-S ed E-W, in rocce andesitiche ed ignimbrítiche. La portata è di 2 l/s e la temperatura dell'acqua è di 22°C.

Nella zona sono stati perforati recentissimamente alcuni pozzi con profondità attorno al 100 m che hanno rinvenuto acqua saliente con temperatura di 24°C e portata attorno al 3 l/s.

3.4- Baronie di Dorgali

Poco lontano da Dorgali, esiste la sorgente termale di Su Banzu, con temperatura di circa 30°C, portata di 4 l/s e salinità di 0.4 gr/l. Le acque sgorgano al piede di una collina calcareo-dolomitica circondata da espandimenti basaltici pliocenici, ma con ogni probabilità esse provengono dai terreni paleozoici immediatamente sottostanti.

Si tratta dell'unica manifestazione termale presente sulla costa orientale della Sardegna.

3.5- Valle del Tirso (Benetutti, Oddini, Fordongianus)

Lungo la media Valle del Tirso, da N a S si incontrano le seguenti manifestazioni idrotermali:

a) S. Saturnino: le sorgenti sono ubicate a Sud di Benetutti, quasi alla confluenza delle valli del Rio Mannu e del Tirso. Esse sono 9 con una portata complessiva di circa 4 l/s e scaturiscono da graniti fratturati ed in qualche raro caso da ignimbriti terziarie al bordo orientale del graben di Benetutti.

Recentemente una trivellazione, profonda 70 m circa, per lo stabilimento termale ivi esistente ha incontrato acque calde artesiane per altri 6 l/s. La portata totale attualmente disponibile è oggi, perciò, di circa 10 l/s. Le temperature massime riscontrate sono diverse nelle varie sorgenti, e si aggirano in prevalenza intorno a valori di 38°-43° C.

b) Oddini: le sorgenti sono due denominate "Banzos Mannos" e "Banzigheddos" con portate rispettivamente di 1 e 2 l/s e temperature di 33°C e 30°C. Esse sono situate sulla sponda sinistra del Tirso nel graben di Ottana e scaturiscono dalla roccia granitica fessurata e spesso argillificata, lungo una faglia che mette a contatto i graniti del basamento paleozoico con le ignimbriti terziarie.

c) Fordongianus : Le sorgenti di Fordongianus sono ubicate alla periferia dell'abitato omonimo, sulla riva sinistra del Tirso, dove le acque calde fuoriescono da fessure nelle ignimbriti o negli agglomerati tufacei andesitici, in prossimità di una faglia, trasversale alla valle. Le emergenze idrotermali sono almeno tre: "Caddas", "Bangius" e "S. Argiannu".

La sorgente Caddas, più importante, sgorga all'interno delle antiche terme romane: ha una portata di 43 l/s ed una temperatura di 59°C. La sorgente Bangius scaturisce più a valle della precedente, sempre sulla sponda sinistra del Tirso, con una portata di 5.5 l/s e temperatura di 44°C. La sorgente S. Argiannu infine si trova sulla sponda destra del fiume ed ha una portata di 0.5 l/s e temperatura di 25°C.

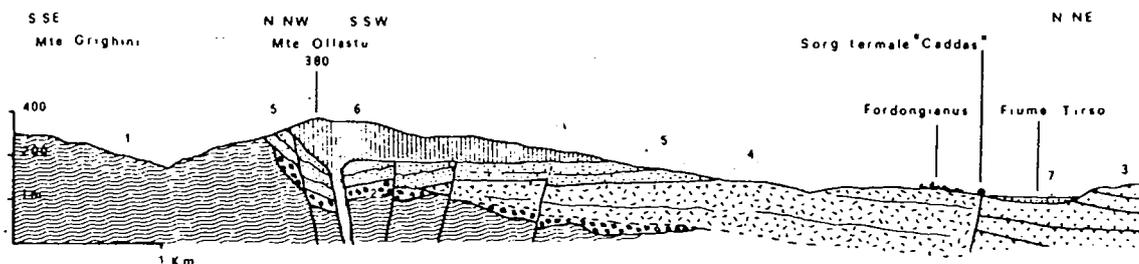


Fig.7 - Sezione geologica dell'area di Fordongianus.

- 1 - Basamento granitico-metamorfico. 2 - Conglomerati e breccie rosastre. 3 - Ignimbriti e tufi dell'Oligocene-Miocene inferiore. 4 - Agglomerati andesitici. 5 - Arenarie del Miocene. 6 - Basalti e lave affini del Pliocene.

3.6- Sardegna sud-occidentale (Sulcis, Nuraxi Figus, Maladroxia)

Nel settore sud-occidentale della Sardegna uno studio dettagliato ha evidenziato 16 manifestazioni termali (15 sorgenti ed un pozzo) con temperatura superiore a 20°C. I risultati sono stati pubblicati recentemente (Bertorino G. et al., 1981) ed a questo lavoro si rimanda chi intendesse accedere a notizie più precise di quelle sinteticamente qui esposte.

a) Le acque termali scaturiscono ai bordi delle due depressioni tettoniche del basso Sulcis e del Cixerri, al contatto tra la serie carbonatica cambriana e le formazioni sedimentarie vulcaniche terziarie. Esse provengono da acquiferi in litotipi calcarei e dolomitici del Cambriano medio, potenti fino a 1500 m circa che si approfondiscono in sinclinali confinate da rocce scistose impermeabili.

Tra le sorgenti più importanti citiamo quella di Perdu Spada, portata 2 l/s e temperatura di 30°C, Peppi Marrocu, 4 l/s e 24°C, Fonte Cadda di Piscinas, 24°C e 5 l/s, Caputacquas di Barbusi, 24°C e

5 l/s. In prossimità di tali sorgenti sono stati perforati vari pozzi che hanno incontrato, a profondità massima di 130 m, acque termali. Fra questi citiamo il pozzo ESAF a Rio Murdas, con portata, emunta, di 30 l/s e temperatura di 22°C, Rio Cannas 26°C e 3 l/s, Giba, 10 l/s e 23°C.

b) La sorgente calda di Nuraxi Figus (39°C) è situata nell'omonima miniera di carbone a quota -400 m in corrispondenza della formazione eocenica. I pochi dati tratti dalla letteratura (la sorgente non è attualmente accessibile) non permettono di trarre considerazioni sul suo significato geotermico; un miscelamento con acqua di mare è probabile.

c) La sorgente di Maladroxia, nell'Isola di Sant'Antioco, è sita in mare a pochi metri dalla spiaggia, lungo un'importante linea di faglia, ricollegabile al sistema tettonico per fratture del Sulcis, che delimita ad ovest la depressione del Golfo di Palmas. La sua temperatura è di 40°C.

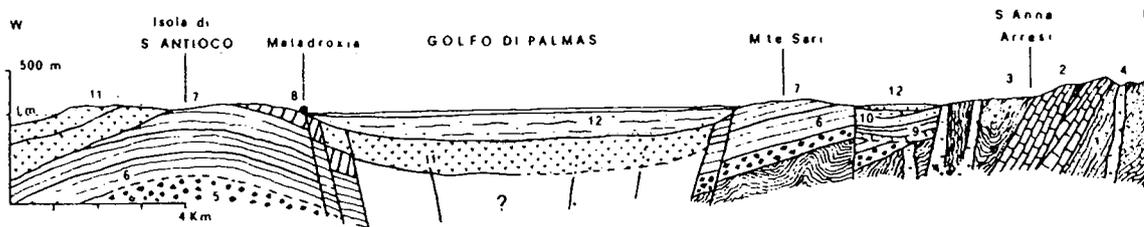


Fig. 8 - Sezione geologica attraverso il Basso Sulcis.

1 - Arenarie del Cambrico inferiore. 2 - Calcari e dolomie del Cambrico inferiore-medio. 3 - Scisti del Cambrico medio. 4 - Graniti. 5 - Breccie vulcaniche del Permiano. 6 - Arenarie, dolomie e calcari del Trias. 7 - Calcari e dolomie del Giurese. 8 - Calcari del Cretaceo. 9 - "Lignitifero". 10 - "Arenarie del Cixerri". 11 - Vulcaniti del Miocene. 12 - Sedimenti prevalentemente continentali del Pliocene-Quaternario.

3.7- Campidano (Sardara, Villasor, Uta)

Il graben del Campidano è delimitato ad est e ad ovest dalle ben note faglie a carattere regionale, che mettono in contatto tettonico l'infrastruttura ercinica con le formazioni vulcaniche e sedimentarie del Terziario.

Le principali manifestazioni termali sono allineate lungo i bordi della fossa, e sono rappresentate dalla sorgente di S. Maria de Is Acquis sul bordo orientale presso Sardara, mentre sul bordo occidentale si trovano le sorgenti di S'Acquacotta, a circa 10 Km da Villasor, e di Sa Guardia e Su Concali di S. Maria, a SW di Uta. Manifestazioni, senz'altro di minore importanza, all'interno del Campidano sono i pozzi della fonderia di S. Gavino ed alcune sorgenti e pozzi presso Decimoputzu.

a) La sorgente di S. Maria De Is Acquis, che si manifesta con diverse emergenze localizzate in un'area abbastanza ristretta di circa 5000 m², ha una temperatura di 54°C ed una portata complessiva stimata in 10 l/s.

b) A S'acquacotta la temperatura è di 48°C e la portata circa 6 l/s.

c) Le sorgenti di Sa Guardia e di Su Concali di S. Maria, generalmente captate da pozzi, hanno temperature rispettivamente di 34°C e 23°C, portata dell'ordine di qualche l/s, salinità attorno a 1 g/l.

d) Le acque dei pozzi della fonderia di S. Gavino hanno temperature comprese tra 23°C e 29°C, salinità diverse e crescenti con la temperatura (da 0.7 a 2.9 g/l circa) e chimismo a bicarbonati alcalini prevalenti.

e) Nei pressi di Cagliari, nel territorio di Capoterra, è stata rinvenuta recentemente in pianura, da un pozzo profondo circa 30 m acqua con temperatura di 21°C.

4- VALUTAZIONE DELLE TEMPERATURE IN PROFONDITA'

4.1- Metodologia

La valutazione delle temperature nel sottosuolo della Sardegna si basa quasi esclusivamente su misure di flusso di calore eseguite in pozzi di piccola profondità (Loddo et al., 1982), la cui ubicazione è riportata nelle Tav. 3 e 4.

Partendo dalle misure di flusso di calore si possono calcolare i gradienti termici per pacchi di strati omogenei conoscendone (e valutandone) la conducibilità. Successivamente, ipotizzando l'andamento delle successioni dei litotipi nel sottosuolo si possono valutare le temperature a varie profondità.

L'ipotesi di base è che il flusso di calore sia in regime stazionario e che non si abbiano perturbazioni legate alle presenze di circolazioni di fluidi.

Utilizzando tutti i dati disponibili sono state così valutate le temperature fino alle profondità di 2000 m. Si è ritenuto prudente non spingere a profondità maggiori la valutazione delle temperature sia per la mancanza di dati diretti sulle successioni litostratigrafiche del sottosuolo che dalle loro caratteristiche fisiche (permeabilità, conducibilità, ecc.).

I pochi valori di temperatura, misurati in profondità, si hanno soltanto nell'estremo Nord dell'isola (Casteldoria), nella parte centrale della fossa sarda (pozzi minerari presso Oristano) ed un dato derivante da una perforazione a mare nel golfo di Cagliari.

4.2- Indicazioni nelle aree di interesse geotermico

I dati termici disponibili sono concentrati principalmente all'interno della grande depressione tettonica sarda e le informazioni che se ne possono trarre riguardano essenzialmente questo settore dell'isola.

La distribuzione delle temperature alla profondità di 1000 e 2000 m. mostra l'esistenza di una diffusa anomalia termica che interessa per tutta la sua lunghezza la "fossa sarda". All'interno di questa anomalia sono rilevabili due aree di massimo termico centrate rispettivamente a Nord, nella

zona di Anglona (pozzi Casteldoria, nella valle del Conghinas) e l'altra, a Sud, nel Campidano, tra Oristano e Cagliari.

Le temperature massime prevedibili sono dell'ordine di 100° C. a 1000 m e 130° C e 2000 m di profondità.

5 - CONCLUSIONI

Gli studi geologici, geochimici e geofisici condotti in tempi molto recenti, anche se ancora incompleti, cominciano a delineare le caratteristiche geotermiche dell'isola, in modo particolare per le aree incluse nella grande depressione sarda che dal Golfo dell'Asinara si sviluppa, in senso meridiano, fino all'altezza del Golfo di Cagliari.

In corrispondenza di questa depressione è stata riconosciuta l'esistenza di una anomalia termica positiva con due massimi uno a Nord, nel Logudoro, l'altro a Sud, nel Campidano. In particolare per quanto concerne:

- il Campidano di Cagliari è presumibile che il basamento, sprofondato a circa 3.000 m, sia interessato da una circolazione di acqua calda originata da infiltrazioni meteoriche che avvengono in corrispondenza delle grandi linee di frattura che bordano ad oriente e ad occidente la "depressione sarda". L'acquifero sembra essere discontinuo e limitato per lo più al basamento. Non si possono però escludere l'esistenza di acquiferi più superficiali, in sedimenti grossolani, in prossimità dei bordi orientali ed occidentali della depressione, lungo fratture attraverso le quali si può avere una risalita di fluidi geotermici profondi. La temperatura nel serbatoio profondo è stimabile attorno ai 130 °C;

- per la Valle del Tirso la circolazione termale avviene attraverso fratture e fessure delle rocce del basamento cristallino Paleozoico;

- per il Logudoro propriamente detto nessun dato idrogeochimico fornisce indicazioni che supportino l'esistenza di un acquifero caldo, rappresentato da calcari mesozoici, a relativa bassa profondità. Le acque minerali ricche in CO₂ hanno i loro acquiferi con basse termalità in formazioni vulcaniche e sedimentarie terziarie e quaternarie poco profonde.

- per la zona di Casteldoria la circolazione è localizzabile nel basamento con approfondimento notevole, sicuramente oltre i 2000 m.

Per tutte le aree sopra menzionate viene in definitiva ipotizzata una circolazione per fratturazione

e fessurazione in rocce del basamento cristallino paleozoico. Ciò rende al momento molto difficile una valutazione del potenziale geotermico dell'isola sulla sola base dei dati degli studi finora eseguiti dal momento che non è possibile definire l'estensione né lo spessore dei singoli acquiferi.

- BIBLIOGRAFIA

Alamanni V., Bo G., Dettori B., Maida A., Pietracaprina A., Saba A. (1968) - Studio geoidrologico della Sardegna Settentrionale. Memoria n° 2, Gallizzi Ed., Sassari.

Alamanni V., Bo G., Dettori B., Maida A., Pettinato S., Pietracaprina A. (1973) - Studio geoidrologico della Sardegna settentrionale. Memoria N° 5 - La provincia di Sassari. "Studi Sassaesi", 21.

Alamanni V., Dettori B., Maida A., Pettinato S. (1969) - Studio geoidrologico della Sardegna settentrionale. Memoria N° 3 - L'approvvigionamento idrico dell'Anglona. "Studi Sassaesi", Fasc.5-6, 1-43.

Arthaud F., Sauniac S. (1981) - Una coupe synthétique à travers la chaîne varisque de Sardaigne, commentaires sur l'évolution tectonometamorphique. Bull. Soc. Géol. France, 23.

Assessorato Regionale ai Lavori Pubblici (1968) - Seminario sulle acque in Sardegna. Cagliari.

Autori Vari (1980) - Ricerche idriche sotterranee in Sardegna. Progetto Speciale n° 25 per conto della Cassa per il Mezzogiorno.

Balia R., Carrozzo M.T., Chirenti A., Loddo M., Luzzio D., Margiotta C., Quarta T., Trudu R., e Zuanzi F., 1983 - Carta gravimetrica della Sardegna. Atti del II Convegno del Gruppo Nazionale Geofisica Terra Solida, 461-471.

Balia R., Cidu R., Pala A., Ranieri G., Serra S. (1985) - Studio idrogeologico e geochimico per un razionale utilizzo delle sorgenti termali di S. Maria Is Acquas presso Sardara (Sardegna). V Congr. Intern. Acque Sotterranee.

Balia R., Ciminale M., Loddo M., Pecorini G., Ruina G., and Trudu R., 1984 - Gravity Survey and interpretation of Bouguer Anomalies in the Campidano Geothermal Area (Sardinia, Italy). Geothermics 13, 333-347.

Barrocu G. e Vernier A. (1971) - Acque profonde del settore occidentale dell'altopiano granitico dell'Arburese (Sardegna sud-occidentale). Symposium internazionale sulle acque sotterranee nelle rocce cristalline. Università di Cagliari - Regione Autonoma Sarda, Cagliari.

Barrocu G. e Vernier A. (1971) - Acque nella miniera di Perd'e Pibera (Sardegna sud-occidentale). Symposium internazionale sulle acque sotterranee nelle rocce cristalline. Università di Cagliari - Regione Sarda, Cagliari.

Beccaluva L., Deriu M., Macclotta G., Savelli C., Venturelli G. (1977) - Geochronology and magmatic characters of the Pliocene-Pleistocene volcanism in Sardinia (Italy). Bull. Volcanol., 40, 1-16.

Beccaluva L., Deriu M., Macclotta G., Savelli C. (1981) - Carta geopetrografica del vulcanismo plio-pleistocenico della Sardegna nord-occidentale. Scala 1:50.000 Firenze, 1981.

Bellon H., Coulon C., and Edel J.B. 1977 - Le déplacement de la Sardaigne. Synthèse des données géochronologiques, magnétiques et paléomagnétiques. Bull. Soc. Geol. Fran., 19, pp. 825-832.

Bertorino G., Caboi R., Caredda A., Cidu R., Fanfani L., Pala A., Pecorini G., Zuddas P. (1979) - Caratteri geochimici delle acque termali della Sardegna meridionale quale primo contributo alla prospezione geotermica della regione. In Energia Geotermica, CNR-PFE-SPEG-SI-1, Roma 1979.

Bertorino G., Caboi R., Caredda A.M., Conti-Vecchi G., Fanfani L., Massoli-Novelli R., Zuddas P. (1979) - Caratteri idrogeochimici delle acque naturali della Sardegna meridionale. 1. Le acque del Gerrei e della Trexenta. Rend. Soc. It. Min. Petr., 35, 677-691.

Bertorino G., Caboi R., Caredda A.M., Conti-Vecchi G., Fanfani L., Pala A., Zuddas P. (1981) - Caratteri idrogeotermici delle acque naturali della Sardegna meridionale. 2. Le acque del Sarrabus e del Campidano meridionale. Rend. Soc. It. Min. Petr., 37.

Bertorino G., Caboi R., Caredda A.M., Cidu R., Fanfani L., Zuddas P. (1981) - Caratteri idrogeochimici delle acque naturali della Sardegna meridionale. 3. Le acque della Marmilla e del Sarcidano. Rend. Soc. It. Min. Petr., 37.

Bertorino G., Caboi R., Caredda A.M., Cidu R., Fanfani L., Sitzia R., Zanzari A.R., Zuddas P. (1981) - Le manifestazioni termali del Sulcis (Sardegna sud-occidentale). Per. Mineral., 50.

Bertorino G., Caboi R., Caredda A.M., Cidu R., Fanfani L., Panichi C., Sitzia R., Zuddas P. (1982). Alcune considerazioni sulla geochimica delle acque termali del Campidano. C.N.R., PFE. RF-10, 133-143.

Bertorino G., Caboi R., Caredda A.M., Cidu R., Fanfani L., Sitzia R., Zuddas P. (1982) - Idrogeochimica del Graben del Campidano, in: Ricerche Geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano, CNR-PFE-RF-10, Pisa, 104-122.

Biddau M. (1978) - Indagine chimico-idrologica sulle possibilità di utilizzazione delle acque edotte nel Sulcis-Iglesiente. La programmazione in Sardegna, n° 67-68, Cagliari.

Bigazzi G., Bonadonna F.P., Maccioni L., Pecorini G. (1976) - Research on Monte Arci (Sardinia) subaerial volcanic complex using the fission-track method. Boll. Soc. Geol. It., 95.

Bionducci P., Rattu A. (1960) - Acque minerali della Sardegna. Nota I°. Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, Suppl. vol. 30, 1-25.

Bosellini A., Ogniben G. (1968) - Ricoprimenti ercinici nella Sardegna centrale. Ann. Univ. Ferrara, 1, 1968.

Brandis P. (1968) - Le sorgenti termominerali di S. Saturnino (Benetutti-Sassari), Nota II. Boll. Soc. Sarda Sc. Nat., Anno II, v.2, Sassari.

Brandis P. (1973) - Ricerche geografiche ed economiche sulle sorgenti minerali di S. Martino. Gallizzi Ed., Sassari.

Brandis P., Dettori B., Passino A.M. (1975) - Studio geoidrologico della Sardegna settentrionale. Memoria N°6 - Il bacino idrografico del Fiume Temo. "Studi Saresesi", 23, 225-309.

Caboi R., Fanfani L., Pecorini G., and Zuddas P., 1985 - Preliminary Geologic and geochemical data for the evaluation of Geothermal Potential in Sardinia. Commission of the European Communities: Ed. A.S.: Strub and P. Ungemach. European Geothermal Update: Proc. 3 Int. Sem. Results EC Geoth. Energy Res. Munich 29 Nov.-1 Dec. 1983. D. Reidel Publ.

Caboi R., Cidu R., Fanfani L., Sitzia R. e Zuddas P. (1985). Considerazioni su alcuni elementi minori disciolti nelle acque termali della Sardegna. CNR-PFE- SI-4, 215-229.

Caboi R., Cidu R., Fanfani L. and Zuddas P. (1986) - Geochemistry of thermal waters in Sardinia (Italy). 5th International Symposium on Water-Rock Interaction, 92-95, Reykjavick, August 8-17.

Caboi R., Noto P. (1982) - "Dati isotopici sulle acque termali e fredde dell'area campidanese" in Ricerche Geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano, CNR-PFE--SPEG-RF-10, Pisa, 124-132.

Calvino F. (1961) - Lineamenti strutturali del Sarabus-Gerrei. Boll. Serv. Geol. It., 81.

Calvino F. (1969) - Manifestazioni termali in galleria presso Putifigari (Sassari). Boll. Soc. Sarda Sc. Nat., 4, 1-13.

Carmignani L., Cocozza T., Minzoni N., Pertusati P.C. (1978) - Falde di ricoprimento erciniche nella Sardegna a nord-est del Campidano. Mem. Soc. Geol. It., 19.

Carmignani L., Cocozza T., Minzoni N., Pertusati P.C. (1981) - Structural and palaeogeographic lineaments of the Variscan cycle in Sardinia. Geologie en Mijnbouw, 60.

Cida R., Pala A. (1988) Acquisizione di nuovi dati idrogeochimici nel Campidano Meridionale. Indici di termalismo nell'area di Capotesta. In press.

Ciminale M., Galdeano A., Gibert D., Loddo M., Pecorini G., and Zito G. 1985 - Magnetic survey in the Campidano Graben (Sardinia, Italy): description and interpretation. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, XXVII, 221-235.

Cocozza T. (1979) - The Cambrian of Sardinia. *Mem. Soc. Geol. It.*, 20.

Cocozza T., Conti L., Cozzupoli D., Lombardi G., Scharbert S., Traversa G. (1977) - Rb/Sr age and geo-petrologic evolution of crystalline rocks in southern Sulcis (Sardinia). *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, (2).

Cocozza T., Jacobacci A., Nardi R., Salvadori I. (1974) - Schema stratigrafico-strutturale del massiccio sardo-corso e minerogenesi della Sardegna. *Mem. Soc. Geol. It.*, 13.

Cocozza T., Schafer K.H. (1974) - Cenozoic graben Tectonics in Sardinia. *Rend. Sem. Fac. Sc. Univ. Cagliari, Suppl. vol. 43*, 1973.

Coulon C., Baque L., Dupuy C. (1973) - Les andésites cenozoïques et les laves associées en Sardaigne nord-occidentale (Provinces du Logudoro et du Bosano). *Contr. Miner. Petrol.*, 42, Heidelberg.

Coulon C., Demant A., Bellon H. (1974) - Premières datation par la méthode K-Ar de quelques laves cenozoïques et quaternaires de Sardaigne nord-occidentale. *Tectonophysics*, 22.

Coulon C., Dupuy C. (1975) - Evolution spatiale des caractères chimique du volcanisme andésitique de la Sardaigne (Italie). *Earth and Planet. Science Letters*, 25, Amsterdam, 1975.

Damiani A.V., Maxia C. (1973) - Prospettive di ricerca geotermica in Sardegna. *Boll. Soc. Geol. It.*, 92, 567-580.

D'Amore F., Fancelli R. and Caboi R. (1987) - Observations on the application of chemical geothermometers to some hydrothermal systems in Sardinia. *Geothermics*, 16,3.

De Jong K.A., Manzoni M., Stavenga T., Van Dijk F., Van Der Voo R., Zijdeveld J.D.A. (1973) - Paleomagnetic evidence for rotation of Sardinia during Early Miocene. *Nature*, 243, 1973.

De Jong K.A., Manzoni M., Zijdeveld J.D.A. (1969) - Paleomagnetism of the Alghero trachyandesites. *Nature*, 224, 1969.

Dettoni B. (1972) - Studio geoidrologico della Sardegna Settentrionale. Memoria N° 4, I bacini ad ovest e ad est del Rio Mannu di Porto Torres. *Studi Sassaresi*, Sez. III, vol. XX.

Dettoni B. (1978) - Prime considerazioni sul chimismo e sul termalismo delle acque minerali della Sardegna settentrionale. "*Studi Sassaresi*", 26, 353-374.

Dettoni B. (1978) - Nuove osservazioni sul chimismo e sul termalismo delle acque minerali della Sardegna settentrionale. "*Studi Sassaresi*"; 26, 375-388.

Dettoni B., Fancelli R., Nuti S., Passino A.M. (1975) - Il termalismo della provincia di Sassari. Le acque termo-minerali di S. Saturnino presso Benetutti (SS). Nota II. *Atti del 3° Convegno Internazionale sulle acque sotterranee*, Palermo 1-5 Nov. 1975.

Dettoni B., Fancelli R., Nuti S. (1978) - Caratteristiche geochimiche delle acque profonde della Sardegna Settentrionale. PFE, Sottoprogetto Energia Geoterm., CNR, maggio 1978.

Dettoni B., Fancelli R., Noto P., Nuti S. (1979) - Caratteristiche geochimiche delle acque profonde della Sardegna Settentrionale, PFE, Sottoprogetto Energia Geoterm., CNR, Roma, dicembre '79.

Dettoni B., Passino A.M. (1975) - Il termalismo della provincia di Sassari. Le acque termo-minerali di S. Saturnino presso Benetutti (SS). Nota I. *Atti del 3° Convegno Internazionale sulle acque sotterranee*, Palermo 1-5 Nov. 1975.

Dettoni B., Pulina M.A. (1978) - Studio geoidrologico della Sardegna settentrionale. Memoria N°7 - Idrogeologia e geochimica di alcune sorgenti dei dintorni di Ploaghe (SS). "*Studi Sassaresi*", 26, 389-416.

Dettoni B., Zanzari A.R. and Zuddas P. 1982. - Le acque termali della Sardegna. In "Ricerche Geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del campidano". C.N.R.-P.F.E.-RF 10. 56-86.

Di Simplicio P., Ferrara G., Ghezzi C., Guasparri G., Pellizzer G., Ricci C.A., Rita F., Sabatini G. (1974) - Il metamorfismo e il magmatismo paleozoico della Sardegna. Rend. Soc. It. Min. Petr., 30.

Edel J.B., Montigny R., Thuizat R. (1981) - Late Paleozoic rotations of Corsica and Sardinia: new evidence from paleomagnetic and K-Ar studies. Tectonophysics, 79.

Fanfani L., Cabol R., Chiodini G., Cidu R., Pala A., Pecorini G., Zanzari A.R. and Zuddas P., 1986. Progetto Sardegna: studi geologico-strutturali ed idrogeologici; prospezione idrogeochimica per la valutazione del potenziale geotermico. Rapporto finale Contratto EG-A2-052-1. C.E.E.

Fassò C. (1964) - Ricerca delle scaturigini delle acque termali di Fordongianus. Relazione inedita, Regione Sarda, Cagliari.

Fassò C. (1968) - Risorse idriche e loro utilizzazione in Sardegna. Seminario sulle acque in Sardegna, Assessorato ai Lavori Pubblici Regione Sarda, Cagliari.

Frau F. (1986) - Studio idrogeochimico del settore di Capoterra - Relazione con l'area geotermica campidanese, Tesi di Laurea, Dip. Sc. Terra, Univ. Cagliari.

Ferrara G., Ricci C.A., Rita F. (1978) - Isotopic, ages and tectono-metamorphic history of the metamorphic basement of north-eastern Sardinia. Contr. Mineral. Petrol., 68.

Galdeano A., Ciminale M., (1987) - Aeromagnetic evidence for the rotation of Sardinia (Mediterranean Sea): comparison with the paleomagnetic measurements. Earth and Planetary Science Letters, 82, 193-205.

Ghezzi C., Memmi I., Ricci C.A. (1979) - Un evento granulitico nel basamento metamorfico della Sardegna nord-orientale. Mem. Soc. Geol. It., 20.

Guerra I. (1981) - Struttura crostale della Sardegna sulla base di dati sismici e gravimetrici. Atti del I Convegno del Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, Roma, 3-5 novembre 1981, 639-652.

Loddo M., Mongelli F., Pecorini G., and Tramacere A. 1982 - Prime misure di flusso di calore in Sardegna. In "Ricerche Geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano". C.N.R.- P.F.E.- RF 10.

Marcello A., Salvadori I., Zuffardi P. (1965) - Prime notizie su un sondaggio eseguito nella valle di Iglesias. Res. Ass. Min. Sarda, 70, 12, Cagliari.

Martinis B. (1969) - Italia. Sardegna (Ricerca petrolifera). Enciclopedia del petrolio. ENI.

Ministero LL. PP., Servizio Idrografico di Cagliari (1934) - Le sorgenti italiane. Sardegna. Pubbl. n. 14, vol. IV. Ist. Poligrafico dello Stato, Roma, 1934 (a cura di M. Manfredi).

Montaldo P. (1959) - Carta geologica del Campidano centrale alla scala 1:50.000, con note illustrative. Pubbl. Ist. Geol. Appl. Univ. Cagliari. Fac. Ingegneria, 1959.

Montaldo P. (1959) - Le acque termominerali di S. Maria Is Acquis, Sardara-Sardegna. Ass. Ind. e Comm. Reg. Auton., Sardegna.

Montaldo P. (1969) - I fontanili della "tuerra" di Capoterra. Boll. tecn. Ing. e Arch. Sardi n. 1-2, 1-11.

Montaldo P., Barocu G., Vernier A., Larsson I., Wilberg L., Jacks G., Hontkamp H. (1973) - Indagini idrogeologiche sulle acque sotterranee nelle rocce granitiche della Sardegna. La Programmazione in Sardegna, n. 48, Cagliari, 1973.

Montigny R., Edel J.B., Thuizat R. (1981) - Oligo-Miocene rotation of Sardinia: K/Ar ages and paleomagnetic data of Tertiary volcanics. Earth and Planet. Science Letters, 54, Amsterdam, 1981.

Moretti A. (1951) - Nuove osservazioni sul fenomeno idrotermale di Casteldoria. Boll. Serv. Geol. d'It., 73.

Moretti A. (1951 b) - Condizioni geologiche delle sorgenti minerali di San Martino, di Montes e di alcune zone circostanti. Boll. Serv. Geol. d'It., 73.

Naud G. (1979) - Tentative de synthèse sur l'évolution géodynamique de la Sardaigne antépermienne. Mem. Soc. Geol. It., 20.

Nuti S., Fancelli R., Dettori B., Passino A.M., D'Amore F. (1977) - Il termalismo nella provincia di Sassari. Possibile modello del circuito termale di Casteldoria. Boll. Soc. Geol. It., 96, 491-504.

Pala A. (1978) - Ricerche geoidrologiche e idrochimiche sulle acque sotterranee del bacino del Rio su Pau. Rend. Sem. Fac. Scienze, Univ. Cagliari, 48.

Pala A., Pecorini G., Porcu A. (1976) - Struttura idrogeologica della soglia di Siliqua tra la fossa del Campidano e la fossa del Cixerri (Sardegna meridionale). Boll. Soc. Geol. It., 95.

Pala A., Pecorini G., Porcu A., and Serra S. (1982a) - Schema geologico strutturale della Sardegna. In "Ricerche Geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano". C.N.R.- P.F.E.- RF 10.

Pala A., Pecorini G., Porcu A., and Serra S. (1982b) - Geologia e idrogeologia del Campidano. In "Ricerche Geotermiche in Sardegna con particolare riferimento al Graben del Campidano". C.N.R.- P.F.E.- RF 10.

Pala A., Porcu A., Todde S. (1979) - Idrogeologia dell'alta valle del Flumini Mannu di Isili (Sardegna centrale). Rend. Sem. Fac. Scienze, Univ. Cagliari, 49.

Pala A., Vacca S. (1980) - Geologia e idrogeologia di un settore del Campidano centrale (Sardegna centro-meridionale). Pubbl. n. 304 Ist. Geol. Paleont. e Geogr. Fis. Univ. Cagliari.

Panichi C., Squarzi P., Mongelli F., Zito G., Batticci G., Rossi A., Loddo M., Pecorini G., Calore C., Celati P., Stefani G., Baldi P., Buonasorte G. Ceccarelli A., D'Offizi S., Grassi S., Boni C., Bono P., D'Amore F., Lombardi S., Celico P., De Genaro M., Ghiara M.R., Nunziata C., Rapolla A., Stanzione D., and Tramacere A., (1982) - Carta delle temperature sotterranee in Italia CNR-PFE-RF 10.

Pecorini G. (1972) - La trasgressione pliocenica nel Capo S.Marco (Oristano, Sardegna occidentale). Boll. Soc. Geol. It., 91.

Pecorini G., Pomesano Cherchi A. (1969) - Ricerche geologiche e biostratigrafiche sul Campidano meridionale (Sardegna). Mem. Soc. Geol. It., 8.

Pecorini G., Rage J.C., Thaler L. (1974) - La formation continentale de Capo Mannu, sa faune de vertebres pliocenes et la question du Messinien en Sardaigne. Rend. Sem. Fac. Science Univ. Cagliari, Suppl. vol. 43.

Pietracaprina A. (1964) - Una ricerca geo-idrologica sulle pendici occidentali del Monte Limbara. Boll. Soc. Geol. It., 83.

Pomesano Cherchi A. (1971) - Studio stratigrafico e micropaleontologico del pozzo Oristano 1 (Sardegna). Mem. Soc. Geol. It., 10.

Pomesano Cherchi A. (1974) - Appunti biostratigrafici sul Miocene della Sardegna. 5° Congr. Intern. Néogène Méditerranéen, Lyon 1971.

Puxeddu E. (1951) - Le acque Minerali della Sardegna (Opera Postuma a cura di Rattu A.) Rend. Semestrali Facoltà Scienze Univ. Cagliari.

Puxeddu E., Sanna G., Mose P. (1943) - Analisi chimica e Ricerche Chimico-Fisiche delle sorgenti termali di Sardara. Ann. Chim. Appl., 23, Roma.

Puxeddu E., Rattu A., Moss E. (1934) - Ricerche Chimiche e Chimico-Fisiche delle sorgenti termali di Acquacotta (Villasor). Ann. Chim. Appl., 24, Roma.

Puxeddu E., Rattu A., Oppo P. (1934) - Ricerche chimiche e fisiche sulle Terme di Fordongianus. Ann. Chim. Appl., 24, Roma.

Puxeddu E., Sanna G. (1929) - Le acque Minerali della Sardegna - Nota I. Giorn. Chim. Ind. Appl. 9 vol. 11, p. 438, Milano.

Salvadori I. (1959) - Studio geominerario della zona di Salaponi (Sardegna sud-occidentale): contributo alla conoscenza della fossa del Campidano. Boll. Soc. Geol. It., 77.

Savelli C., Beccaluva L., Deriu M., Macclotta G., Maccioni L. (1979) - K/Ar geochronology and evolution of the tertiary calc-alkaline volcanism of Sardinia (Italy). J. Volcan. Geotherm. Res., 5.

Serra A. (1934) - Le acque Minerali di Abbarghente (Romana-Sassari): Osservazioni geoidrologiche e caratteri chimico-fisiche delle medesime. Ann. Chim. Appl., Vol. 24, n. 12, 631-638, Roma.

Servizio Geologico d'Italia - Fogli geologici 225 (Guspini), 226 (Mandas), 233 (Iglesias), 234 (Cagliari), 239-240 (Teulada - S. Efisio), Roma, 1938-1972.

Tilla Zuccari A. (1969) - Relazione stratigrafica sul pozzo Oristano 2 (Riola Sardo) Sardegna occidentale. Boll. Soc. Geol. It., 88.

Trudu R. (1950) - Rilevamento gravimetrico della Sardegna. Boll. Geof. Teor. Appl., 15.

Trudu R. (1962) - Rilevamento gravimetrico della Sardegna. Boll. Geof. Teor. Appl. IV, 299-399.

Trudu R. (1963) - Prime considerazioni sul rilevamento gravimetrico della Sardegna. Res. Ass. Min. Sarda LXVII, 5-23.

Vardabasso S. (1957) - Carta delle permeabilità della Sardegna, scala 1:250.000. Bologna.

Vardabasso S. (1960) - Diskordanzen und Dislokationen des epikontinentalen Mesozoikums in Sardinien. Abh. Dtsch. Akad. Wiss. Berlin, III, 1960 (Festschrift für E. Kraus).

Vardabasso S. (1962) - Questioni paleogeografiche relative al Terziario antico in Sardegna. Mem. Soc. Geol. It., 3.

Vardabasso S. (1963) - Die ausseralpine Taphrogenese in Kaledonischvarizisch Konsolidierten sardischen Vorlande. Geologische Rundschau, 53, Stuttgart.

Vardabasso S. (1966) - Orogenesi e metamorfismi in Sardegna. Acc. Naz. Lincei, S. 8, 26.

Westphal M., Orsini J., Vellutini P. (1976) - Le microcontinent corso-sarde, sa position initiale: données paléomagnétiques et raccords géologiques. Tectonophysics, 30.

REGIONE SARDEGNA

Appendice n. 1

ELENCO DELLE SORGENTI E DELLE MANIFESTAZIONI GASSOSE

CNR - Istituto Internazionale per le Ricerche Geotermiche, Pisa

ELENCO DELLE SORGENTI DELLA SARDEGNA

NOME	LAT	NS	LON	EW	COMUNE	PROV	TEMP
CAPUTACQUAS BARBUSI	391258	N	83118	E	CARBONIA	CA	25
IS PERDAS	391227	N	83003	E	CARBONIA	CA	22
RIO CANNAS	391015	N	83158	E	CARBONIA	CA	25
MITZA S'OLLASTU	391940	N	85103	E	DECIMOPUTZU	CA	19
CARTIERA MARRAS	391956	N	83758	E	DOMUSNOVAS	CA	22
S. GIOVANNI 2	392010	N	83728	E	DOMUSNOVAS	CA	22
CAMPU DE PISANU	390320	N	83804	E	GIBA	CA	23
FRONTE CALDA	390410	N	83938	E	GIBA	CA	24
NURAXI FIGUS	391255	N	82613	E	GONNESA	CA	41
PERDU SPADA	391050	N	84238	E	NARCAO	CA	30
ACQUA CALLENTI SUPERIORE	390845	N	84317	E	NUXIS	CA	23
PEPPI MARROCCU	391020	N	84458	E	NUXIS	CA	24
PERDU MANNU	391055	N	90228	E	NUXIS	CA	22
MALADROXIA	385950	N	82653	E	SANT'ANTIOCO	CA	40
S. MARIA DE IS ACQUAS/CLINICA	394650	N	84553	E	SARDARA	CA	48
SA CANNA 1	391440	N	85208	E	SILIQUA	CA	21
SA CANNA 2	391440	N	85108	E	SILIQUA	CA	23
ZINNIGAS	391450	N	84603	E	SILIQUA	CA	21
CAPUTACQUAS	391635	N	83641	E	VILLAMASSARGIA	CA	23
S'ACQUACOTTA	392425	N	84928	E	VILLASOR	CA	48
SU BANZU	401912	N	93708	E	DORGALI	NU	30
IS BANGIUS	395945	N	84818	E	FORDONGIANUS	OR	40
S'ARGIANNU	395955	N	84738	E	FORDONGIANUS	OR	25
MATTARGHENTU	403940	N	82023	E	ALGHERO	SS	20
ANZU DE S'ISTOGOMO	402525	N	90718	E	BENETUTTI	SS	25
ANZU DE SOS DENTES	402525	N	90728	E	BENETUTTI	SS	34
ANZU IN SA CABINA	402530	N	90728	E	BENETUTTI	SS	23
BANZU DE SAS CONCAS	402500	N	90808	E	BENETUTTI	SS	44
PETRETTO	402530	N	90728	E	BENETUTTI	SS	34
TANDA 2	402535	N	90718	E	BENETUTTI	SS	40
CALAMBRU	402735	N	85253	E	BONORVA	SS	19
BANZU DE SA GUTTA	402528	N	90708	E	BULTEI	SS	33
S. SATURNINO 1	402525	N	90713	E	BULTEI	SS	32
S. SATURNINO 2	402525	N	90713	E	BULTEI	SS	38
SU BANZU MAZORE/BANZU MANNU	402525	N	90710	E	BULTEI	SS	43
ZUMPADU	404520	N	90638	E	BULTEI	SS	40
ABBA MEIGA	405402	N	82428	E	SASSARI	SS	20
GALLERIA DI DERIVAZIONE LAGO	405402	N	85326	E	VALLEDORIA	SS	22
GALLERIA TEMO-CUGA	403120	N	82828	E	VILLANOVA MONTELEONE	SS	35

ELENCO DELLE MANIFESTAZIONI GASSOSE DELLA SARDEGNA

NOME	LAT	NS	LON	EM	COMUNE	PROV	TEMP
S. MARIA DE IS ACQUAS/TERMIE	394650	N	84553	E	SARDARA	CA	52
BANZIGHEDDOS	401815	N	90303	E	ORANI	NU	30
BANZOS MANNOS	401815	N	90303	E	ORANI	NU	33
FONTE CADDAS	395945	N	84823	E	FORDONGIANUS	OR	52
ANZU DE SOS BECCOS	402525	N	90718	E	BENETUTTI	SS	41
S. LUCIA	402700	N	85128	E	BONORVA	SS	20
MONTES	404055	N	84053	E	CODRONGIANOS	SS	16
S. MARTINO	404055	N	84008	E	CODRONGIANOS	SS	19
S. MARTINO A	404110	N	84023	E	CODRONGIANOS	SS	24
S. MARTINO B	404110	N	84023	E	CODRONGIANOS	SS	25
S. MARTINO C	404110	N	84023	E	CODRONGIANOS	SS	21
S. MARTINO D	404110	N	84023	E	CODRONGIANOS	SS	20
S. MARTINO INCERTAE SAEDIS	404107	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	16
S. MARTINO 2	404107	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	18
S. MARTINO/FONTE AROCA	404107	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	19
S. MARTINO/FONTE BAGNI	404107	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	26
S. MARTINO/FONTE CORDELLA	404107	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	20
S. MARTINO/FONTE FIORI	404107	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	19
S. MARTINO/FONTE LAMARMORA	404107	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	20
S. MARTINO/FONTE PRINCIPALE	404107	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	19
GAZZOSINA CASE TOLA	403540	N	84018	E	CODRONGIANOS	SS	16
FUNTANA ACQUA GAZZOSA	403402	N	85203	E	MORES	SS	18
ABBARGHENTE	402650	N	85408	E	OZIERI	SS	23
ABBARGHENTE A	402650	N	83528	E	ROMANA	SS	21
CASTELDORIA	405345	N	83528	E	ROMANA	SS	75
			85408	E	VALLEDORIA	SS	