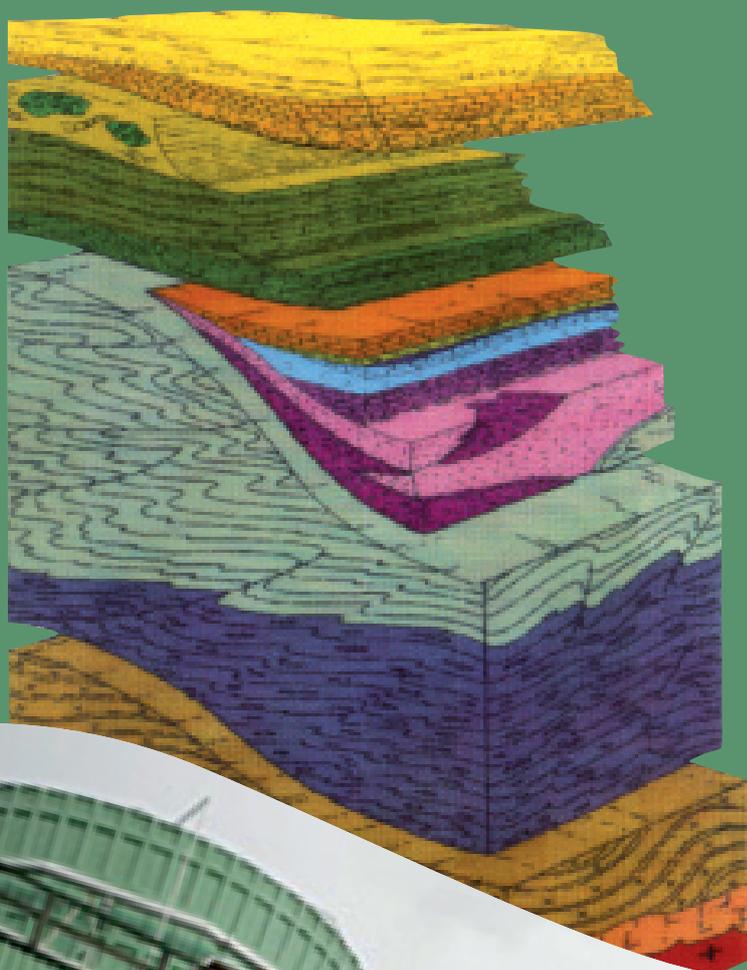


LA RISORSA GEOTERMICA PER USI ELETTRICI IN ITALIA:

Energia, Ambiente e Accettabilità Sociale



LA RISORSA GEOTERMICA PER USI ELETTRICI IN ITALIA:

Energia, Ambiente e Accettabilità Sociale



Amici della Terra – Firenze – Onlus

LA RISORSA GEOTERMICA PER USI ELETTRICI IN ITALIA:

Energia, Ambiente e Accettabilità Sociale



© Amici della Terra – Firenze – Onlus – 2008

Via G. della Bella, 22 - 50124 Firenze

info@amicidellaterra.org

www.amicidellaterra.org

A cura di:

Manrico Benelli

Massimiliano Benelli

Tommaso Franci

Introduzione

L'obiettivo che l'associazione Amici della Terra si prefigge è quello di fornire un quadro sull'uso della risorsa geotermica a fini elettrici in Italia, sotto il profilo ambientale, energetico, economico, istituzionale e sociale. Il quadro conoscitivo vuole avere un taglio divulgativo ma di completezza per gli attori rilevanti che oggi costituiscono lo scenario in cui si decide il futuro della geotermia italiana.

In conformità a questo quadro conoscitivo il rapporto si conclude con l'individuazione degli assi strategici d'intervento da seguire sia a livello istituzionale sia d'impresa per la tutela e la valorizzazione di una risorsa essenziale per qualsiasi scenario di sviluppo sostenibile.

Il primo capitolo, dopo una descrizione generale del fenomeno geotermico, tratta il sistema geotermico toscano con l'obiettivo di descriverne in forma contestualizzata ma divulgativa le caratteristiche sotto il profilo geologico e della circolazione delle acque.

Il secondo capitolo è finalizzato a offrire una panoramica qualitativa e quantitativa sull'utilizzazione negli ultimi decenni della risorsa geotermica a fini elettrici e una rassegna di sintesi delle potenzialità della risorsa alla luce delle ricerche più recenti sullo sviluppo dell'attività industriale di sfruttamento della risorsa. Il terzo capitolo offre una descrizione delle principali implicazioni ambientali provocate dall'utilizzo dei campi di coltivazione geotermica nella realtà toscana in base ai risultati delle attività di monitoraggio, di controllo ambientale e delle ricerche disponibili.

Il quarto capitolo vuole ricostruire le caratteristiche e il contenuto dell'intervento pubblico in termini di politiche energetiche e ambientali nei confronti dell'attività geotermoelettrica dalla metà degli anni novanta ad oggi, ponendo attenzione al passaggio di competenze dallo Stato alla Regione avvenuto tra la fine degli anni '90 e i primi anni del decennio successivo.

Il quinto capitolo vuole delineare un quadro generale riguardo l'evoluzione nel tempo dell'utilizzo della risorsa geotermica nella prospettiva delle dinamiche di conflitto ambientale emerse nell'ultimo decennio nel rapporto con comunità e istituzioni locali.

Con le conclusioni, partendo da una valutazione positiva sull'importanza della risorsa geotermica in un'ottica di sviluppo sostenibile, s'individuano in termini strategici gli ambiti d'intervento essenziali e il ruolo che sono chiamati a svolgere gli attori fondamentali, a partire dalle istituzioni e dall'impresa concessionaria.

In particolare sono individuate come essenziali alcune linee d'intervento:

- 1) Il completamento dei quadri conoscitivi di carattere ambientale, necessari a orientare secondo criteri sempre più rigorosi di sostenibilità, lo sfruttamento della risorsa geotermica a fini elettrici.*
- 2) Il rafforzamento e la legittimazione del ruolo delle agenzie tecniche pubbliche preposte alle funzioni di monitoraggio e controllo per le problematiche d'impatto ambientale, sicurezza e tutela della salute connesse alle attività geotermiche;*
- 3) Lo sviluppo di capacità di gestione delle relazioni, informazione e comunicazione, adeguate allo scenario di conflitto ambientale che caratterizza in particolare la realtà dell'Amiata, da parte della Regione Toscana quale principale istituzione responsabile della tutela degli interessi pubblici nella regolazione delle attività geotermiche;*
- 4) La necessità che Enel inquadri l'impegno nella gestione del conflitto non solo nella logica di una fase in cui è prioritario riuscire a sbloccare il proprio piano d'investimenti nella geotermia, ma collochi questo impegno in una prospettiva più ampia, anche temporalmente, che riguarda la strategia e lo stile del rapporto che l'impresa vuole costruire con il proprio territorio di riferimento per quest'attività.*

Indice

Introduzione	pag. 3
1 • I sistemi geotermici	” 5
La geotermia ed i sistemi geotermici.....	” 5
I sistemi geotermici della Toscana.....	” 7
2 • Impieghi geotermici in Italia	” 13
2.1 Metodi di esplorazione e coltivazione dei fluidi geotermici	” 13
2.2 La Produzione di elettricità	” 15
2.3 L'importanza sotto il profilo energetico della produzione geotermoelettrica	” 17
2.4 Gli sviluppi	” 19
3 • Questioni ambientali connesse all'attività geotermica	” 21
3.1 Emissioni derivanti dalla coltivazione dei campi geotermici.....	” 21
3.2 Qualità dell'aria nelle aree geotermiche	” 23
3.3 Microsismicità	” 26
3.4 Subsidenza	” 29
3.5 Tutela della risorsa idrica.....	” 30
3.5.1 La tutela della risorsa idrica nell'area di Larderello	” 31
3.5.2 La tutela della risorsa idrica nell'area dell'Amiata.....	” 33
3.6 Le alterazioni del paesaggio	” 37
3.7 Sicurezza mineraria	” 39
4 • Le politiche pubbliche per le attività geotermiche tra la metà degli anni '90 e oggi	” 41
4.1. La Geotermia nella transizione dalla fase del monopolio pubblico a controllo statale, a quella della liberalizzazione e della regionalizzazione	” 41
4.2 Politiche energetiche.....	” 42
4.3 Politiche ambientali	” 43
5 • Accettabilità sociale della geotermia	” 47
5.1 Lo sviluppo delle attività geotermoelettriche e dei territori interessati	” 47
5.2 Il conflitto ambientale	” 53
5.2.1 Le motivazioni del dissenso	” 55
5.2.2 Gli attori degli scenari di conflitto ambientale nel caso delle infrastrutture energetiche ..	” 56
• Conclusioni	” 59
• Bibliografia	” 63

1 • I SISTEMI GEOTERMICI

1.1 La geotermia ed i sistemi geotermici

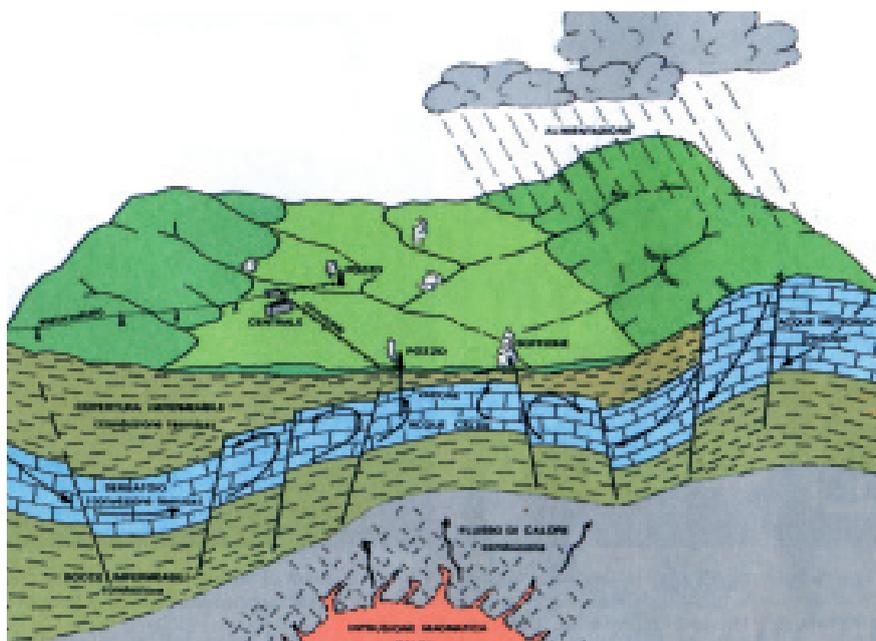
Il termine Geotermia che significa letteralmente “Calore della Terra”, si riferisce all’energia sotto forma di calore contenuta nel sottosuolo terrestre che in modo costante si trasferisce verso la superficie.

I moderni modelli termici della terra attribuiscono l’origine di questa energia endogena a due principali fonti: al calore primordiale del pianeta, e al calore *radiogenetico* generato dal decadimento degli isotopi radioattivi di elementi come uranio, torio, potassio presenti nella crosta terrestre.

Il calore terrestre si diffonde in superficie in maniera estremamente dispersa tale da essere scarsamente percettibile, nell’ordine di 0,05 W per mq, una potenza molto inferiore a quella dell’energia solare al suolo che è in media di 1,35 kW al mq; ciò nonostante questo calore non è distribuito in modo uniforme poiché la crosta terrestre non è omogenea per spessore e composizione. Esistono delle aree dove delle discontinuità nella crosta terrestre, in particolare, presso le zone assiali delle dorsali oceaniche e ai margini delle placche che costituiscono la crosta terrestre, che favoriscono l’affioramento di masse magmatiche tra i 5 - 10 km dalla superficie, determinando zone (tra 1-4 km dalla superficie) dove la temperatura è superiore a quella che mediamente troviamo in altre aree alle stesse profondità.

Di norma le aree termicamente anomale dove il gradiente termico, cioè l’aumento di temperatura che si registra procedendo in profondità, è superiore a quello medio ($3^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$), sono molto più estese rispetto a quelle utilizzabili a fini energetici. Questa condizione introduce una prima suddivisione dei sistemi geotermici in convettivi e conduttivi, nei primi la trasmissione di calore verso gli strati superficiali è resa possibile dalla presenza di acqua, nei secondi manca invece il vettore che trasporta il calore contenuto nelle rocce. In letteratura un sistema geotermico è generalmente definito come *“un sistema fluido convettivo, che, in uno spazio confinato nella parte superiore della crosta terrestre, trasporta il calore dalla sorgente termica, al luogo, generalmente la superficie, dove il calore stesso è assorbito (disperso o utilizzato)”* (Hochstein, 1990).

L’esistenza di un sistema geotermico di tipo convettivo presuppone la presenza di tre elementi: una fonte di calore, un serbatoio costituito da formazioni geologiche permeabili, e un vettore, l’acqua. Si tratta in sostanza di un sistema idrotermale, dove l’acqua costituisce il mezzo che trasferisce il calore in superficie.



1. 1 Schema generale di un sistema geotermico idrotermale.
Fonte Unione Geotermica Italiana, 2006.

Generalmente la fonte di calore è costituita da un'intrusione magmatica posta tra i 5 e i 10 km sotto la superficie terrestre con temperature intorno ai 700°C. Il serbatoio geotermico che è posto al di sopra della fonte di calore è costituito da una superficie di rocce di varia natura (carbonatiche, rocce clastiche, vulcaniche e cristalline), che possiedono due caratteristiche fondamentali: la porosità, cioè la proprietà delle rocce di assorbire il fluido, e la permeabilità, cioè la capacità di lasciarsi attraversare dal fluido.

In questo sistema dinamico l'acqua che costituisce il motore del sistema, raggiunge il serbatoio attraverso zone di ricarica superficiali e/o profonde che alimentano l'acquifero geotermico.

Il liquido una volta all'interno delle formazioni evaporitiche, si riscalda e acquistata una densità minore, circola verso la parte superiore dell'acquifero. Si tratta di un sistema idrotermale alimentato dai fluidi meteorici e da quelli circolanti nel sottosuolo che, contrariamente alle fonti fossili come il petrolio, il metano, rappresenta un sistema aperto, rinnovabile e se adeguatamente sfruttato, inesauribile.

Al di sopra del serbatoio è in genere presente una superficie di rocce impermeabili, che costituiscono il coperchio del serbatoio e hanno la proprietà di impedire che i fluidi riscaldati e il vapore, si disperdano verso gli strati più superficiali della crosta terrestre. Questa copertura è in genere costituita da formazioni geologiche prevalentemente argillose, oppure provocata da processi di interazione tra fluido e roccia, attraverso un fenomeno di auto-sigillamento (self-sealing) caratteristico dei terreni vulcanici o vulcanico-sedimentari, dovuto a incrostazioni e trasformazioni idrotermali.

La presenza /assenza di questo sistema di copertura influisce su alcune caratteristiche del fluido geotermico (temperatura, pressione, percentuale liquida o gassosa), peculiarità che hanno giustificato la classificazione dei sistemi geotermici in alcune tipologie: sistemi a vapore dominante, sistemi a vapore umido, sistemi ad acqua calda.

Nei sistemi a vapore dominante il serbatoio presenta la copertura di rocce impermeabili che, mettendo in pressione il sistema, impedisce al flusso di fluido geotermico di disperdersi in superficie. Il fluido è costituito prevalentemente da vapore surriscaldato, che arriva a costituire anche il 98% della massa. La temperatura nel serbatoio è molto elevata, compresa tra i 200 e 400° C, con pressioni a boccapozzo tra 5-10 bar e temperature di oltre 250°C.

Anche i sistemi a vapore umido sono caratterizzati dalla presenza al di sopra del serbatoio di strati di formazioni impermeabili, ma diversamente dalla tipologia precedente l'acquifero contiene acqua a pressioni e temperature elevate.

Il fluido estratto è costituito da una miscela di acqua e vapore determinata, dallo scarto esistente tra la diminuzione di pressione e di temperatura durante la risalita nel pozzo. Nei sistemi definiti a vapore umido, l'acqua è la componente maggiore del fluido, mediamente intorno al 75-90%, con temperature che superano i 100°C.

Diversamente dai casi precedenti nei sistemi definiti ad acqua calda, non è presente lo strato di rocce impermeabili, questo impedisce che il sistema raggiunga pressioni superiori a quella idrostatica. L'acqua contenuta nel serbatoio possiede temperature elevate, ma la pressione a cui è sottoposta non permette l'ebollizione del liquido. In questo sistema l'acqua quando raggiunge la superficie, ha temperature comprese tra i 30° e i 100°C. Recentemente, anche i sistemi di tipo conduttivo come *rocce calde secche* (Hot Dry Rocks), i *sistemi geo pressurizzati* e i *sistemi magmatici*, sono stati classificati come sistemi geotermici dai quali si può estrarre calore, e quindi energia.

Nei sistemi geotermici denominati a rocce calde secche è assente l'acquifero, il sistema per essere sfruttato, richiede la creazione artificiale del serbatoio e l'immissione di acqua attraverso appositi pozzi. Diversamente i sistemi geopressurizzati sono bacini chiusi che contengono acqua sottoposta a pressioni superiori a quell'idrostatica, vicine a quella geostatica cioè simili al peso delle rocce sovrastanti, che possono superare i 1000 bar; i sistemi magmatici, invece mirano allo sfruttamento del calore del magma per riscaldare un fluido di lavoro, attualmente la ricerca e la tecnologia disponibile per l'utilizzo di queste tipologie di sistemi è ancora in fase sperimentale.

Una nota deve essere fatta sulla necessità di avere una gestione sostenibile dei sistemi geotermici, preservandone in questo modo le potenzialità energetiche. L'elemento critico nella gestione di questa risorsa è individuabile nella misura in cui sono utilizzati i sistemi geotermici, e deriva da un rapporto equilibrato tra l'uso della risorsa e il ripristino dei fluidi.

Questa situazione può verificarsi solo nell'ipotesi che il bilancio tra entrata/uscita della massa idrica sia in assoluta parità, conseguibile attraverso un'adeguata regolazione della produzione e/o la reiniezione dei fluidi estratti e termicamente sfruttati.

1.2 I Sistemi geotermici della Toscana

Il territorio della Toscana meridionale ospita importanti aree geotermiche ubicate lungo una fascia del pre-Appennino i cui confini possono essere considerati il fiume Cecina a Nord, e il fiume Fiora a Sud. In quest'area oltre alle innumerevoli manifestazioni naturali di acquiferi termali in superficie, sono presenti importanti sistemi geotermici ad alta entalpia (zone dove il gradiente termico è molto superiore al gradiente medio), che rendono la Toscana una tra le aree geotermiche più conosciute nel mondo. I sistemi geotermici più importanti della Toscana sono situati in due distinte zone, nella zona boracifera a Sud-Ovest di Siena, comprendente i due campi geotermici di Larderello e Travale-Radicondoli, e nell'area del Monte Amiata a Nord-Est di Grosseto che ospita i campi di Bagnore e Piancastagnaio.

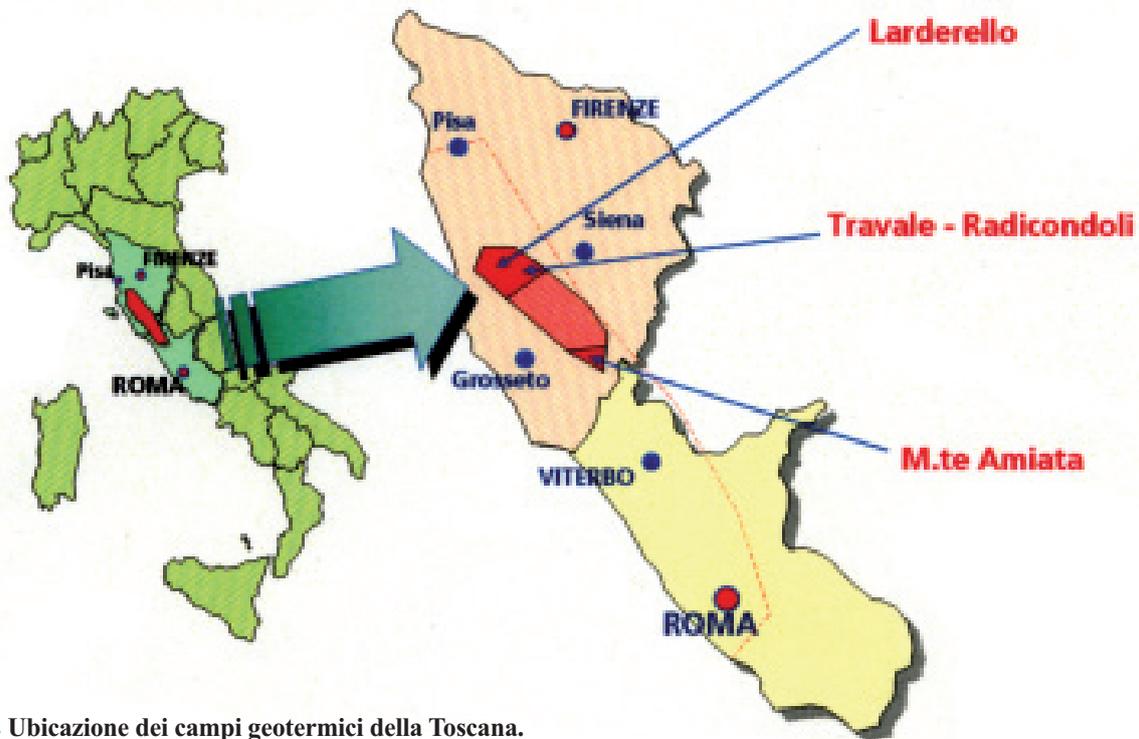


Fig. 1.2 Ubicazione dei campi geotermici della Toscana.
Fonte Enel, 2005.

La conformazione geologica delle zone geotermiche è caratterizzata da una serie di formazioni frutto di complessi processi geodinamici compressivi e distensivi che si sono succeduti negli ultimi trenta milioni di anni, ed hanno determinato l'assetto strutturale della regione. Le strutture geologiche che contraddistinguono entrambe le aree geotermiche possono essere brevemente descritte in ordine decrescente, dalle formazioni più superficiali a quelle più profonde, offrendo una semplificazione della struttura geologica delle aree.

La sequenza delle formazioni geologiche è caratterizzata da un primo complesso superficiale di formazioni neoautoctone comprendenti argille, sabbie, conglomerati. Al di sotto di esso si estende l'Unità dell'Insieme Ligure, un complesso di formazioni alloctone comprendente formazioni in facies di Flysch composte da argilliti, calcari marnosi e arenari che possono contenere masse ofiolitiche. Queste due unità costituiscono insieme lo strato di formazioni impermeabili che rappresenta il sistema di copertura del serbatoio geotermico.

Al di sotto delle formazioni impermeabili sono presenti le formazioni autoctone della Serie Toscana, che

è costituita nella parte alta da formazioni non carbonatiche (macigno, scisti policromi) e inferiormente dalle formazioni carbonatico-evaporitiche che costituiscono il serbatoio del sistema geotermico. Inferiormente a questo complesso geologico si trova il basamento metamorfico (basamento regionale) contraddistinto dalle unità dello Gneiss e dall'Unità di Monticano-Roccastrada. Infine è presente lo strato di rocce termometamorfiche e intrusioni granitiche.

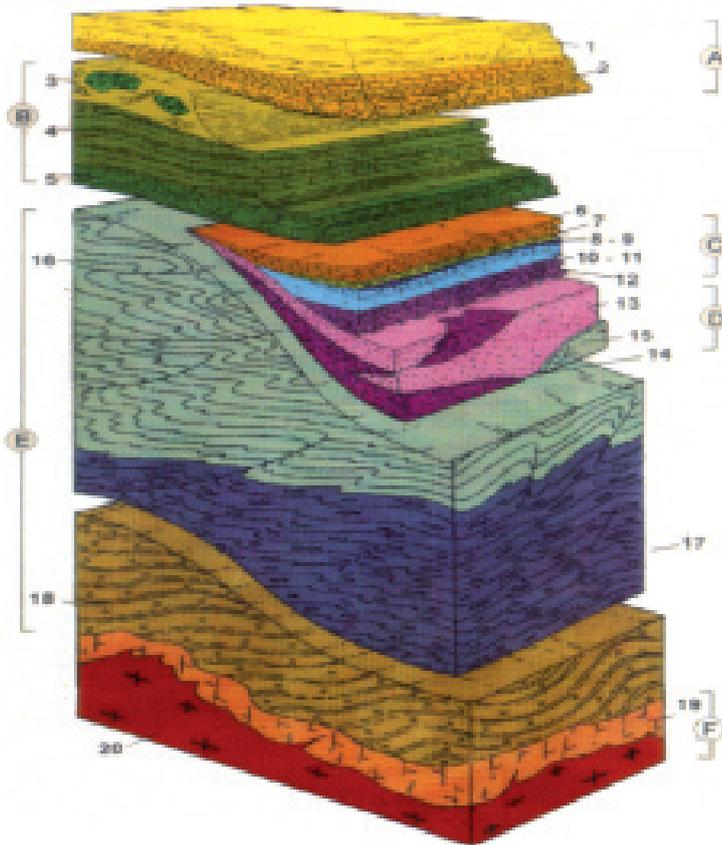


Fig. 1.3 Caratterizzazione stratigrafico-structurale delle formazioni geologiche.

(A) formazioni neoautoctone;
 (B) Insieme Ligure;
 (C) Formazioni Insieme Toscano;
 (D) (E) Basamento Metamorfico;
 (F) Rocce Termometamorfiche e Intrusive.
 Fonte Enel, 2005.

La fonte di calore che alimenta il sistema geotermico è stata identificata in un'intrusione granitica in via di raffreddamento nella Serie Toscana a una profondità tra i 5-10 km sotto la superficie.

I movimenti del mantello terrestre che hanno interessato l'area hanno contribuito a creare le condizioni necessarie per la formazione del sistema geotermico.

L'attività tettonica si è sviluppata in due distinte fasi; una prima fase che ha provocato la cosiddetta Serie Riddotta, cioè la sovrapposizione diretta su ampie aree delle rocce impermeabili, in particolare delle formazioni in facies di Flysch sulle formazioni alla base della Serie Toscana (formazioni carbonatico-evaporitiche), creando la struttura di copertura del serbatoio.

Una seconda fase che ha provocato un fitto sistema di faglie verticali, producendo innalzamenti (Horst) e sprofondamenti (Graben) dei terreni rendendo permeabili le rocce, e creando il sistema di fratture che costituisce l'apparato convettivo del sistema.

Le esplorazioni realizzate negli ultimi anni hanno permesso di acquisire una profonda conoscenza sulla morfologia dei sistemi geotermici della regione, estensione, profondità, struttura, ecc.

I due campi di Larderello e Travale distano tra loro circa 15 km, sono separati al livello del serbatoio superficiale da una zona a bassa temperatura, e localizzati in corrispondenza di un alto strutturale (formazioni carbonatiche che in particolari zone sono più prossime alla superficie) delle Unità dell'Insieme Toscano e del sottostante Basamento Metamorfico.

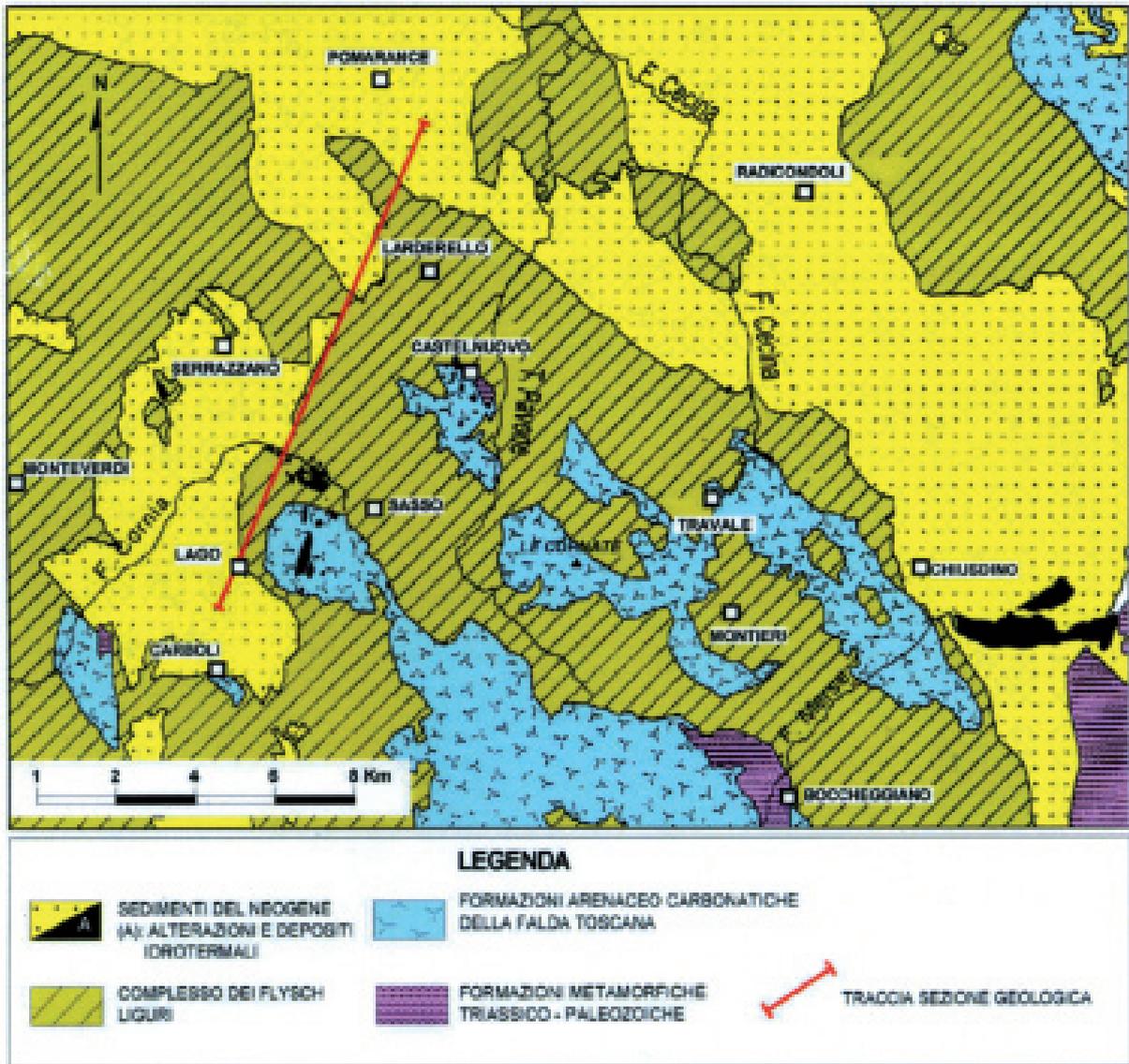


Fig. 1.4 Mappa Geologica schematica del campo geotermico di Larderello-Travale.
Fonte Enel, 2006.

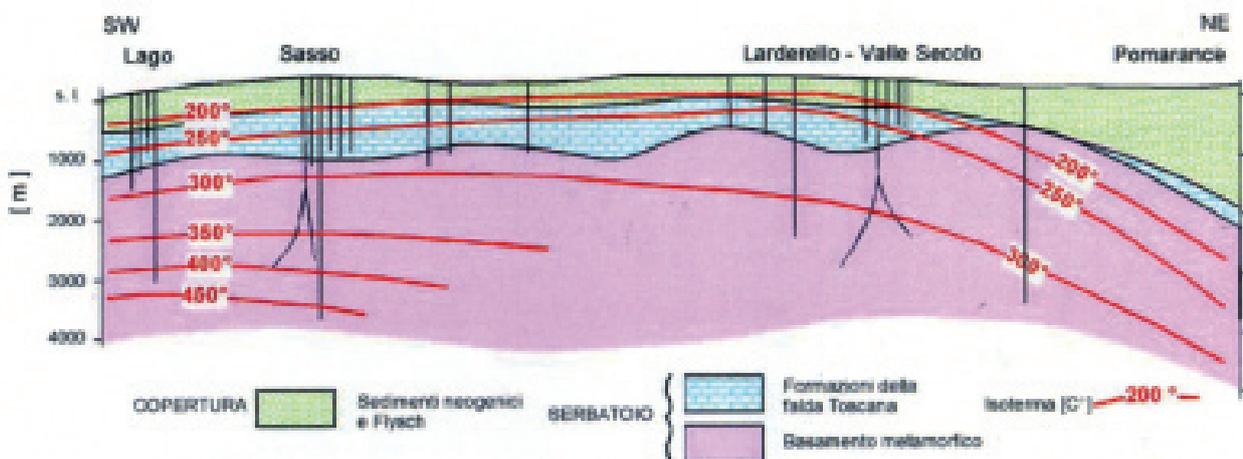


Fig. 1.5 Sezione Geologica parziale del campo evidenziata in rosso in figura 1.4.
Fonte Enel, 2005.

Nell'area geotermica di Larderello Travale-Radicondoli sono situati due serbatoi, uno superficiale e uno più profondo con temperatura e pressione diverse, ma entrambi a vapore dominante, con un surriscaldamento che può raggiungere i 50° C.

Il tetto del serbatoio superficiale, quello che storicamente è stato utilizzato per primo, è stato individuato ad una profondità compresa tra i 400 e i 1000 mt, con temperature oltre i 250°C in corrispondenza delle zone più permeabili e strutturalmente più elevate del serbatoio. Il serbatoio superficiale presenta un esteso sistema di faglie che lo rende estremamente permeabile e quindi uniformemente produttivo.

Il serbatoio profondo, invece, è stato individuato a una profondità compresa tra i 2500 e i 4000 mt all'interno delle formazioni metamorfiche del basamento

Il serbatoio profondo presenta zone permeabili discontinue e intervallate da porzioni di rocce con bassa permeabilità, che costituiscono vere e proprie barriere, in grado di garantire livelli elevati di temperatura nonostante la presenza di formazioni permeabili in superficie in grado di assorbire le acque meteoriche, e quindi determinare possibili zone di raffreddamento.

L'univocità del sistema è stata determinata attraverso le attività esplorative, che hanno individuato alla profondità di 3000 m una temperatura omogenea, lungo tutta una sezione di territorio che attraversa i campi di Larderello e Travale-Radicondoli, mostrando che i due campi geotermici sono collegati, a livello del serbatoio profondo, ad unico sistema geotermico.

La trivellazione in profondità in alcune zone del sistema ha permesso di ipotizzare, in virtù delle caratteristiche geologiche delle rocce rilevate, che il fondo del serbatoio sia ubicato dove la temperatura è intorno ai 350°-370°C (3000 mt per la zona di Lago).

Le indagini hanno accertato che la possibilità di trovare strati fratturati, permeabili e potenzialmente produttivi, si riduce superando i livelli che presentano temperature di 350°C.

Spostandosi dal centro del sistema geotermico le temperature decrescono, raggiungendo nella zona sud valori intorno ai 100°C a causa delle formazioni permeabili della Serie Toscana, che in questa zona affiorano in superficie e favoriscono l'infiltrazione di acque meteoriche, contribuendo quindi alla diminuzione delle temperature.

Le temperature minori riscontrate nelle altre direzioni hanno consentito di conoscere i confini del sistema e determinarne in 400 kmq l'estensione con un volume di circa 1000 km³.

Il sistema geotermico di Larderello, Travale-Radicondoli è del tipo a vapore dominante, le pressioni del serbatoio superficiale alla profondità di 1000 mt sono di 10-30 bar, mentre il serbatoio profondo presenta pressioni tra i 60-70 bar a circa 3000-4000 mt.

Nel serbatoio superficiale la concentrazione di vapore surriscaldato è compresa in media tra il 92%-98% in peso del fluido estratto, con temperature che variano tra i 150°C e i 270°C e con pressioni comprese tra 2 e 18 bar.

Il contenuto di gas incondensabili presente nel fluido è compreso tra l'1% e il 20% in peso per il campo di Larderello e di Travale-Radicondoli, con valori medi di circa il 5%.

Il fluido estratto contiene un percentuale di gas incondensabili che risulta costituita per il 96% circa di anidride carbonica (CO₂), 1,7% di idrogeno solforato (H₂S), 0,1% di idrogeno (H₂), 0,6% di metano (CH₄), 0,3% di azoto (N₂), 0,4% di ammoniacca (NH₃), 0,8% di boro (H₃BO₃).

Oltre alla miscela di gas incondensabili nel fluido sono presenti nella misura di ppm altri componenti, cloruri, silice, ioni sodio, ferro e tracce infinitesimali di mercurio (Hg), argon (Ar), neon (Ne).

Sia la temperatura sia il rapporto gas/vapore sono rimasti invariati nel tempo ad eccezione del fluido estratto da alcuni pozzi, interessati dalla circolazione di acque meteoriche o dalla reiniezione, che hanno diminuito la percentuale di gas nel fluido.

L'altro sistema della Toscana è localizzato nell'area del Monte Amiata, a circa 70 km a sud-est dalla zona boracifera, e contraddistinto dai campi geotermici di Bagnore e Piancastagnaio.

Il fenomeno magmatico in questa zona non è stato solo di tipo intrusivo come nella zona boracifera, ma ha dato luogo a importanti fenomeni effusivi che hanno generato un importante edificio vulcanico di età quaternaria, contraddistinto sotto l'aspetto geologico dalle vulcaniti che rendono il complesso vulcanico, una struttura estremamente permeabile.

La fonte dell'anomalia termica, come per l'area di Larderello, è attribuita alla presenza di un'intrusione gra-

nitica con temperature stimate di circa 800°C a una profondità tra i 5000-7000 mt, e una temperatura massima di 450°C, registrata a una profondità di 3800 mt.

I campi geotermici di Bagnore e Piancastagnaio distano tra loro circa 10 km, e si trovano nella zona sud dell'apparato vulcanico.

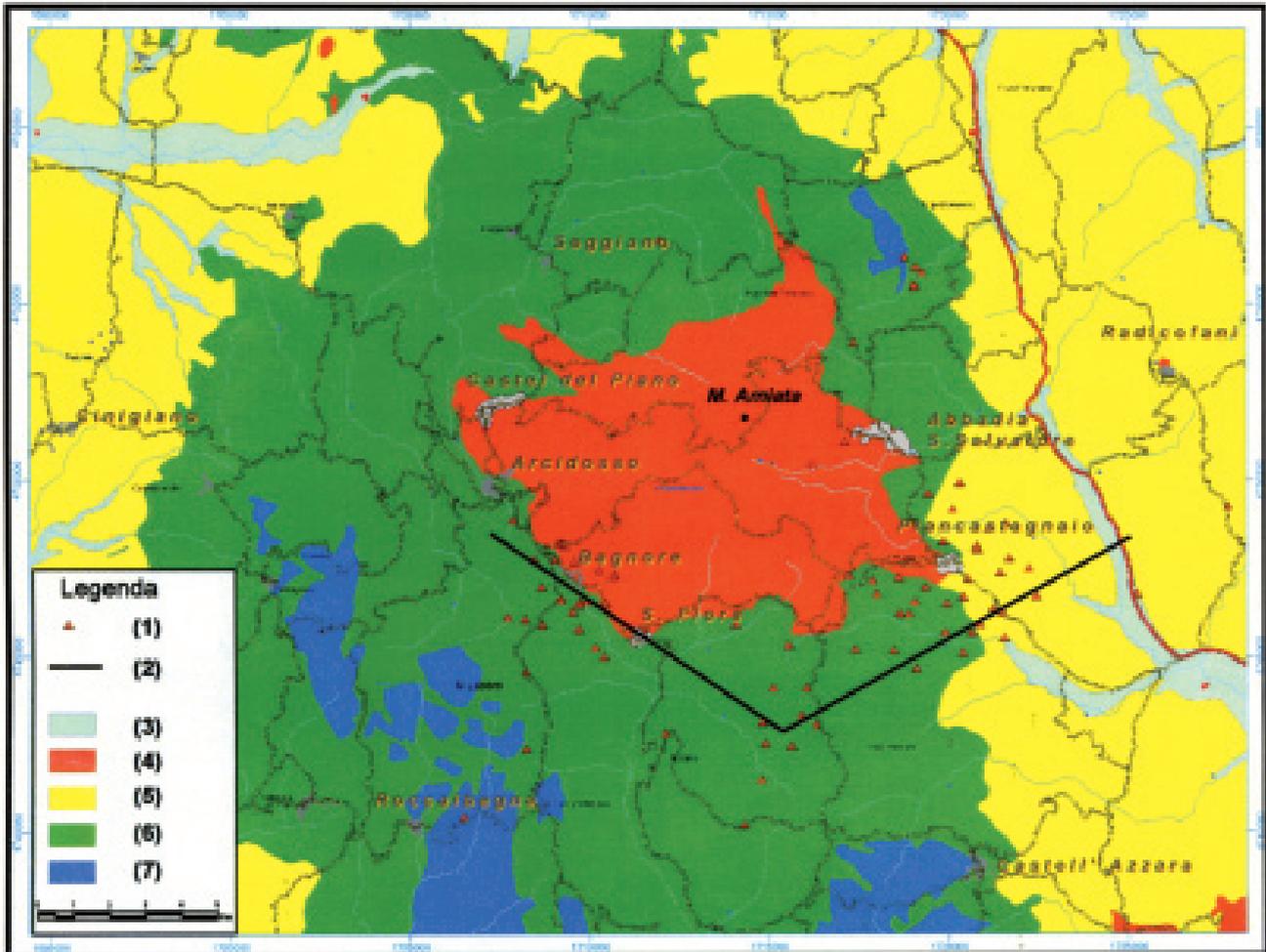


Fig. 1.6 Schema geologico dell'area del Monte Amiata. (1) Pozzi geotermici (2) Traccia sezione geologica (3) Depositi alluvionali (4) Vulcaniti (5) Formazioni neoautoctone (6) Insieme Ligure (7) Serie Toscana. Fonte Enel, 2005.

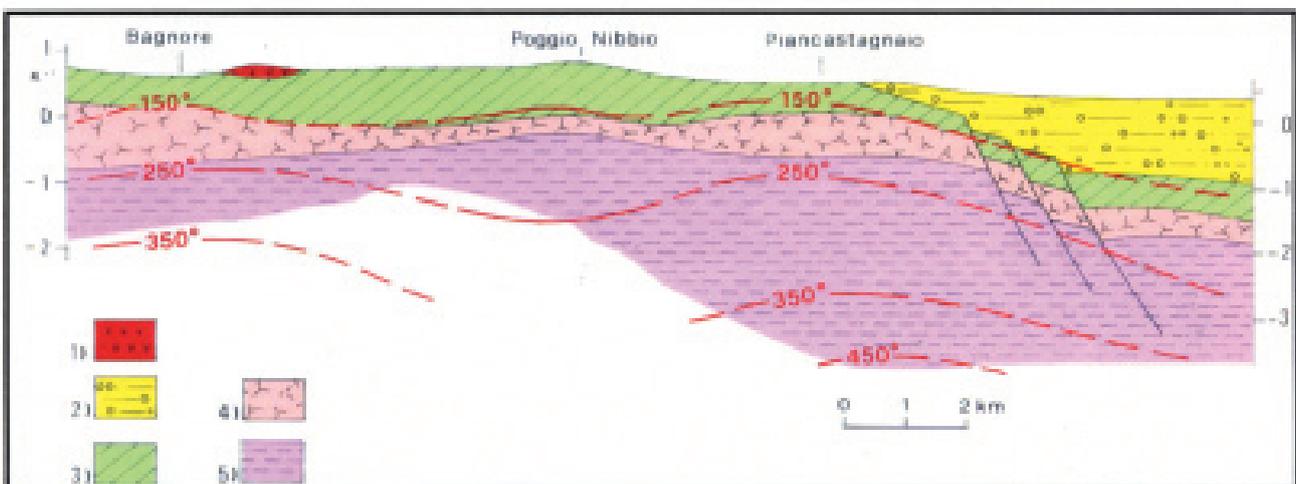


Fig. 1.7 Sezione Geologica parziale dei campi geotermici di Bagnore e Piancastagnaio. (1) Vulcaniti (2) Formazioni neoautoctone (3) Insieme Ligure (4) Insieme Toscano (5) Basamento Metamorfico. Fonte Enel, 2005.

L'attività tettonica ha determinato il complesso di fratture che caratterizza il sistema geotermico amiatino contraddistinto da una doppia cintura di fratture collocate a profondità diverse, la prima tra i 400 e i 1000 m, la seconda situata intorno ai 1300-2000 mt, entrambe interessate dalla circolazione di acqua a pressione idrostatica.

La caratteristica del sistema amiatino di contenere acqua in pressione costituisce la differenza maggiore rispetto al sistema geotermico di Larderello, che invece presenta un fluido costituito da vapore surriscaldato, probabilmente a causa di un maggiore drenaggio naturale dovuto alla presenza di maggiori manifestazioni naturali.

La ricerca geotermica in quest'area alla fine degli anni '50 ha portato alla scoperta del serbatoio geotermico superficiale con il tetto a una profondità compresa tra i 400 e i 1000 mt in corrispondenza delle strutture carbonatiche della Serie Toscana, e un'estensione di pochi km².

Le temperature registrate durante la fase di esplorazione al tetto del serbatoio superficiale nei rispettivi campi di Bagnore e Piancastagnaio sono inferiori rispetto alla regione boracifera e variano tra valori di 160° C e una pressione di 22 bar per il campo di Bagnore, e i 220° C e 42 bar per quello di Piancastagnaio. La composizione chimica del fluido non differisce qualitativamente da quella della regione boracifera, variano invece i rapporti quantitativi tra vapore e gas. Il gas è composto per il 97% circa in peso di anidride carbonica (CO₂), 0,3% di idrogeno solforato (H₂S), 0,02% d'idrogeno (H₂), 1,5% di metano (CH₄), 1,2% di azoto (N₂), 0,2% di ammoniaca (NH₃), 0,02% di boro (H₃BO₃).

In seguito all'esperienza di trivellazione profonda utilizzata nei campi della regione boracifera, anche l'area del Monte Amiata è stata interessata da un'importante campagna di ricerca che ha individuato un secondo serbatoio a una profondità compresa tra i 2500 e i 3500 mt, separato da quello superficiale da una fascia di rocce scarsamente permeabili, con temperature del fluido intorno ai 300-360°C e pressioni comprese tra i 190-250 bar. Il sistema è di tipo a vapore umido, ma la quantità di vapore estratto che compone la miscela acqua-gas è intorno al 90% a causa della maggiore temperatura di vaporizzazione del fluido. Il contenuto di gas incondensabili è tra il 5% e il 10% in peso, il fluido è cloro-alcalino con un alto contenuto di ammonio e acido borico. I valori percentuali relativi sono :97,3% circa in peso di anidride carbonica (CO₂), 0,1% di idrogeno solforato (H₂S), 0,05% d'idrogeno (H₂), 0,9% di metano (CH₄), 0,1% di azoto (N₂), 1,5% di ammoniaca (NH₃), 3,7% di boro (H₃BO₃).

Anche in località Poggio Nibbio è stato individuato un sistema con temperature intorno ai 260°C, ma la scarsa permeabilità delle rocce e il limitato complesso di fratture presenti, ne ha scoraggiato la coltivazione e il programma esplorativo in questa zona è stato interrotto.

2 • IMPIEGHI GEOTERMICI IN ITALIA

2.1 Metodi di esplorazione e coltivazione dei campi geotermici

Con il termine campo geotermico si identifica una specifica zona del sistema geotermico che è utilizzata minerariamente, cioè quella parte di area geotermica dove si svolgono le attività di estrazione del fluido dal serbatoio e le procedure di reiniezione.

Le metodologie utilizzate per la coltivazione di un campo geotermico variano in funzione delle temperature che caratterizzano il campo, infatti, i metodi sono sostanzialmente diversi in presenza di sistemi ad alta entalpia (alta temperatura) rispetto a quelli con temperature più basse (bassa entalpia).

Nel primo caso il fluido estratto è costituito da vapore, sia ottenuto direttamente dal pozzo come fluido monofase, sia ottenuto dalla separazione di una miscela bifase di vapore/acqua. Nel secondo caso invece il fluido è costituito da acqua a temperature inferiori a 100° C, e per la natura stessa del fluido la coltivazione risulta più semplice.

Le fasi iniziali di ogni programma di esplorazione sono costituite dagli studi geologici e idrogeologici, che hanno l'obiettivo di fornire informazioni sulla struttura geologica della zona, sull'ubicazione del sistema, le dimensioni, individuando le rocce che contengono l'acquifero allo scopo di rilevare caratteristiche come porosità, spessore e permeabilità.

Le informazioni ottenute costituiscono l'impianto su cui sono elaborati i dati delle indagini, geochimiche, e geofisiche, al fine di predisporre un modello realistico del sistema geotermico e stimare il potenziale della risorsa.

Le indagini geochimiche si rivolgono allo studio degli scambi ed equilibri geochimici che avvengono in natura per l'azione dei fluidi caldi presenti nel sottosuolo; esse consentono di determinare la natura del sistema geotermico, a vapore o ad acqua dominante; stimare le temperature, e di fare inferenze sulle caratteristiche chimiche del fluido. Inoltre, forniscono importanti informazioni su alcuni problemi che sorgono durante la fase produttiva dei pozzi, come i fenomeni di corrosione e di incrostazione degli impianti, aiutando a conoscere anticipatamente l'impatto delle sostanze presenti nel fluido geotermico sull'ambiente. La necessità di raccogliere quante più possibili informazioni sulle caratteristiche del sistema geotermico determina la necessità di operare una serie di indagini per conoscere i parametri fisici del sistema.

Tali parametri sono raccolti per mezzo delle analisi geofisiche che offrono valutazioni delle strutture geologiche che potrebbero contenere la risorsa geotermica.

Recentemente per l'esplorazione sono state applicate metodologie geofisiche tecnologicamente evolute, come la Sismica a riflessione in 3D, che permettono di rilevare i marker sismici profondi associabili ai livelli di roccia fratturati formanti l'acquifero.

I dati raccolti con le indagini geologiche, idrogeologiche, geochimiche e geofisiche sono verificati attraverso l'ultima fase esplorativa con la trivellazione di un piccolo pozzo per confermare il modello concettuale del sistema; questo è l'unico mezzo per verificare le ipotesi concepite e confermare che il sistema geotermico può essere sfruttato.

La perforazione dei campi geotermici si avvale di metodologie e tecnologie mutuata dal campo della ricerca petrolifera, anche se l'elevata temperatura dei fluidi e la presenza di sostanze corrosive impongono l'utilizzo di attrezzature realizzate con materiali speciali, sia per la perforazione dei pozzi sia durante lo sfruttamento dei fluidi.

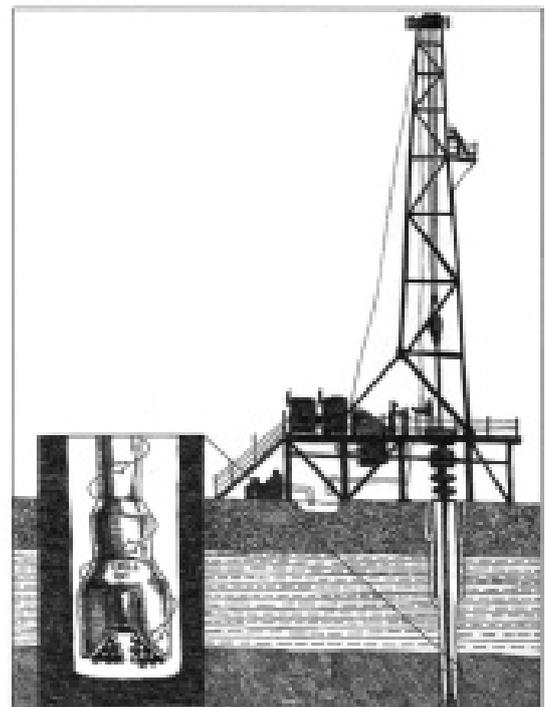


Fig. 2.1 Disegno schematico di un impianto di perforazione.
Fonte Unione Geotermica Italiana, 2006.



Fig. 2.2 Impianto di perforazione in area geotermica.
Fonte Unione Geotermica Italiana, 2006.

La fase di trivellazione è eseguita preparando la zona da perforare con la costruzione di una piattaforma in calcestruzzo che ospita la cantina del pozzo che contiene le valvole di testa pozzo, cioè un sistema di valvole (blow-out preventer) che impedisce la fuoriuscita incontrollata di gas vapore. Sopra di essa si erge la torre di perforazione (Derrick) che sorregge e orienta l'asta rotante cui è collegata la batteria, cioè l'insieme di aste che azionano lo scalpello. Il movimento delle aste di perforazione e dello scalpello è fornito da un motore che fornisce energia anche ad un argano per il posizionamento delle tubazioni di rivestimento del pozzo (casing). La parte finale delle tubazioni che raggiungono il serbatoio è chiamata Liner, essa ha una superficie fessurata che impedisce il trascinarsi di scorie che possono ridurre la portata e la pressione del pozzo. Durante la trivellazione del pozzo è generalmente utilizzato del fango che ha la funzione di raffreddare lo scalpello, contribuire alla frantumazione della roccia, trascinare in superficie i detriti prodotti e impermeabilizzare le pareti del pozzo, reagendo velocemente alle infiltrazioni d'acqua e ai cambiamenti di pressione.

Una volta effettuata la trivellazione del pozzo di produzione, le prove brevi (spurgo) permettono di avere una valutazione piuttosto attendibile della sua capacità produttiva, ed una stima del potenziale produttivo del sistema geotermico.

La fase di sperimentazione di un pozzo permettere l'analisi di fattori come: temperatura, pressione, qualità ed eventuali modifiche nel chimismo dei fluidi, effetti delle incrostazioni e della corrosione ecc., comporta inoltre la realizzazione di un pozzo di reiniezione per lo smaltimento dei reflui. Durante la fase di sperimentazione, sono eseguite prove di produzione dei pozzi.

La possibilità di effettuare rilevamenti sulla pressione del pozzo, sulla portata di acqua e/o vapore, sulla temperatura e sul titolo del fluido è fondamentali durante la fase di progettazione del sistema di generazione elettrica. Infatti, finito il periodo di sperimentazione, è impostato il programma di sviluppo minerario del campo con la realizzazione dei pozzi, la progettazione dei vapordotti e dell'impianto produttivo da realizzare. I tempi di produzione di un pozzo sono mediamente di circa 10 anni, in questo lasso di tempo il pozzo riduce la sua capacità iniziale di circa il 70%, con decrementi intorno al 12% nei primi 3 anni, e con riduzioni dell'7-8% negli anni successivi. La riduzione a circa il 30% della portata iniziale, riduce la capacità iniziale del pozzo, e in relazione alla portata residua, il suo possibile utilizzo come pozzo di reiniezione dei fluidi condensati nel serbatoio.

La reiniezione integrale dei fluidi condensati è adottata in tutti gli impianti Toscani, l'acqua di reiniezione essendo un condensato di vapore non contiene gas, questo implica che il vapore successivamente estratto contenga una minor quantità d'incondensabili rispetto al vapore originale, fino a circa il 50% in meno. La frazione di acqua di reiniezione recuperata è calcolata in base alle differenze registrate nella composizione

dei gas non condensati e tramite la differenza della composizione isotopica del fluido estratto prima dell'avvio delle operazioni di reiniezione rispetto a quello misto ottenuto dopo la reiniezione.

Dalle analisi eseguite sul fluido nel periodo 1979-1994 nell'area di Valle del Secolo, pochi chilometri a ovest della cittadina di Larderello, è stato osservato che in media circa i 2/3 del fluido re-iniettato vengono recuperati sotto forma di fluido-vapore.

La tecnica di reiniezione dei fluidi permette sia di diminuire la quantità di gas presente nel fluido, mitigando gli effetti delle emissioni in atmosfera, sia di mantenere la pressione del serbatoio incrementando la portata di vapore, ed eliminare i possibili fenomeni di contaminazione dovuti alla dispersione dei reflui nell'ambiente.

2.2. La Produzione di elettricità

L'utilizzo della risorsa geotermica come mezzo per generare elettricità ha la sua genesi nei primi anni del '900 in Toscana nella zona di Larderello. Per circa mezzo secolo, più precisamente fino al 1955 l'Italia è stato l'unico paese del mondo a sfruttare il calore geotermico per usi indiretti, cioè per la produzione di energia elettrica, creando un vero e proprio sistema di produzione industriale intorno alla risorsa.

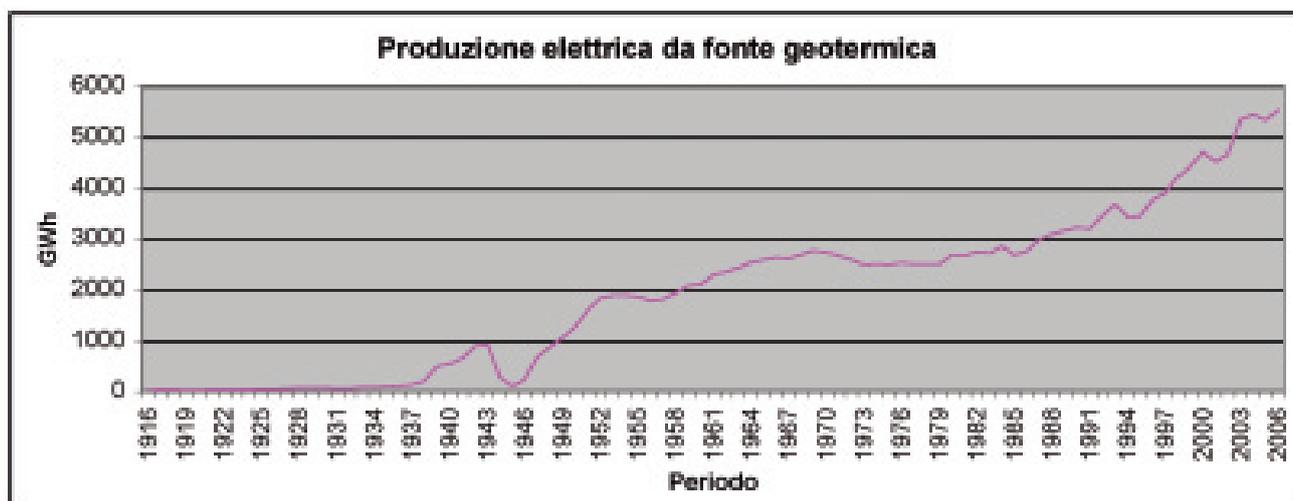


Fig. 2.3 Grafico della produzione di elettricità da fonte geotermica in Italia (1916-2006). Dati GSE, 2006.

In quel periodo a seguito dei risultati raggiunti dall'esperienza italiana altri paesi decisero di esplorare le possibilità produttive della risorsa, avviando programmi di generazione elettrica da fluidi geotermici (Stati Uniti a The Geysers, Zaire presso i Monti Mitumba, Nuova Zelanda a Wairakei), senza però che si traducessero in attività di rilievo industriale.

È solo nel decennio successivo e in particolare alla fine degli anni '60 che lo sviluppo della produzione geotermoelettrica si allarga ad una più vasta platea di paesi, fino ad interessare ai nostri giorni, nazioni appartenenti ai quattro continenti.

Limitandosi al caso Italiano e in particolare al periodo post-bellico (poiché in seguito alla guerra gli impianti furono distrutti e la produzione subì un arresto totale) la produzione di energia geotermoelettrica negli ultimi 50 anni ha subito un costante incremento. Alla metà degli anni '50 la potenza installata nell'area geotermica di Larderello ammontava a circa 260 MW, ma il potenziale del campo geotermico permise già alla fine del decennio di incrementare la potenza raggiungendo i 300 MW, realizzando una produzione elettrica di circa 2 miliardi di kWh.

Tra la fine degli anni '50 e gli inizi del decennio successivo l'attività di esplorazione porta alla scoperta del sistema geotermico amiatino e nelle zone di Bagnore e Piancastagnaio, entrano in funzione le prime due centrali geotermoelettriche.

Nello stesso decennio, precisamente nel 1963, si compie il processo di nazionalizzazione del settore dell'energia elettrica e l'azienda di stato Enel subentra alla Larderello S.p.a nelle attività di produzione, ricerca e sviluppo del settore geotermoelettrico.

Alla fine del decennio, nel 1969, la potenza installata raggiunge i 384 MW con una produzione di elettricità annua di 2,765 milioni di kWh. Nei primi anni '70 la potenza subisce un ulteriore incremento arrivando a 390,6 MW dei quali, 365 MW provenienti dalla coltivazione dei campi di Larderello, e 25 MW provenienti dai campi geotermici del Monte Amiata.

In circa 15 anni la potenza installata passa da 260 MW a 390 MW con un incremento percentuale del 50%, e un aumento del 25% di energia elettrica prodotta.

Gli anni settanta in seguito anche alla crisi petrolifera del 1973 vedono un incremento delle attività di ricerca, prospezione e coltivazione dei fluidi geotermici per usi indiretti a livello mondiale. In Italia assistiamo invece a una pausa nelle attività di ricerca e di sviluppo del parco geotermoelettrico; circostanza che può essere imputabile sia a variabili di tipo tecnico, come il decadimento di alcuni pozzi del campo geotermico di Larderello dovuto al prolungato sfruttamento di alcune zone, sia a un limitato aumento degli impianti tra il 1963 e il 1975 conforme alla politica industriale dell'Enel di quel periodo, che sembra mancare di un adeguato programma di sviluppo del settore. Infatti, nei bilanci di previsione pubblicati in quel periodo dall'Enel era prevista l'assenza di incremento della produzione geotermoelettrica almeno fino al 1990, prospettiva messa in discussione da stime dello stesso ufficio studi Enel alla fine degli anni '70. Il prospettato scenario di stasi del settore fu smentito già nel 1977, con un incremento che portò a 420 MW la potenza installata nelle aree geotermiche.

La produzione geotermoelettrica e l'impegno dell'Enel nello sfruttamento della risorsa geotermica, riacquistano nuovo impulso dopo lo shock petrolifero alla fine degli anni '70, con un programma volto ad incrementare la produzione di fluido, attraverso una campagna di esplorazione profonda e con l'impiego della procedura di reiniezione dei fluidi nel campo di Larderello.

Entrambe le strategie hanno avuto un rilevante successo; l'esplorazione a profondità intorno ai 3000-4000 mt ha permesso di individuare la presenza dei serbatoi profondi dell'area amiatina, mentre la reiniezione ha contribuito ad incrementare la produzione, fornendo un importante contributo nell'arrestare il declino produttivo dell'area di Larderello, e permettendo la costante crescita del livello di produzione del fluido negli ultimi 25 anni.

Nel 1980 ha inizio lo sfruttamento del "nuovo" campo di Travale con l'installazione di una centrale da 15 MW, in seguito altre trivellazioni hanno permesso di portare la potenza installata a 30 MW. Nello stesso periodo è stato varato un programma di rinnovamento degli impianti con tecnologie produttive più efficienti, in grado di incrementare il potenziale geotermico e arrivare nel 1989 ad avere una potenza installata di 544,7 MW, per una produzione di 3,155 milioni di kWh.

Sul finire del decennio, esattamente nel 1988, l'Enel vara il "Programma 2000" con l'obiettivo di raggiungere per la fine del secolo una produzione di 5 miliardi di kWh. I dati disponibili circa l'ultimo decennio del novecento confermano lo sviluppo del programma, con una crescita della potenza installata che passa dai 632 MW del 1995 ai 785 MW del 2000, con un incremento nel quinquennio di oltre il 20%.

La produzione geotermoelettrica in Italia ha raggiunto un primo massimo storico nel 2003 con 5,340 milioni di kWh lordi prodotti, dei quali 3,606 provenienti dal campo di Larderello, 1,109 dall'area di Travale-Radicondoli e 625 milioni di kWh dai campi del Monte Amiata di Bagnore e Piancastagnaio.

A fine 2006 la produzione italiana di elettricità da fonte geotermica rappresenta il 10% della produzione mondiale, l'1,7% della produzione Nazionale e il 25% del fabbisogno elettrico della Toscana. In Toscana nella zona boracifera e nell'area del Monte Amiata sono installati 810,5 MW per una produzione elettrica che ha toccato un nuovo massimo storico, con 5,527 milioni di kWh prodotti.

2.3 L'importanza sotto il profilo energetico della produzione geotermoelettrica

La richiesta di energia è in costante aumento sia a livello globale che nazionale; nel 2000 la domanda mondiale di energia è stata calcolata in 9.200 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (9.200 Mtep) soddisfatta per il 90% da combustibili fossili (petrolio, carbone, gas naturale). Il nostro paese non si discosta da questa tendenza, infatti, per quanto riguarda la produzione di energia elettrica l'83% dell'elettricità prodotta in Italia deriva dall'utilizzo di combustibili fossili (petrolio, carbone, gas naturale), mentre il restante 16,4% proviene da energie rinnovabili, di cui il 10,7% da fonte idroelettrica, l'1,5 % da fonte geotermica, il restante 4,2 % da altre fonti rinnovabili (solare, eolico, biomasse).

Sebbene i dati sopra esposti dimostrino una generale dipendenza energetica del paese dalle fonti fossili, negli ultimi anni è aumentato notevolmente l'interesse per la ricerca e lo sfruttamento di fonti energetiche "alternative" in grado di contribuire a soddisfare una richiesta di energia in costante aumento.

La propensione a implementare il mix di fonti energetiche, con particolare interesse verso le cosiddette "rinnovabili", è motivata da macro cause che coinvolgono sia aspetti economici sia tematiche ambientali.

Innanzitutto, la carenza italiana di fonti energetiche fossili comporta che l'80% dell'energia consumata nel paese provenga da fonti energetiche importate dall'estero, vincolando il fabbisogno energetico del paese alla crescente instabilità del panorama politico-internazionale. Questo incide profondamente sul costo del kilowattora (il più alto d'Europa) e di conseguenza sullo sviluppo economico-sociale del paese, ed espone l'economia nazionale ad eventuali criticità delle fonti di approvvigionamento. Il secondo impulso all'incremento di fonti energetiche "alternative" deriva dai problemi ambientali provocati dall'utilizzo delle fonti fossili (emissioni di CO₂ in atmosfera), evidenziati dai cambiamenti climatici attribuibili all'accumulo di gas serra, che hanno indotto con il Protocollo di Kyoto i governi di diversi paesi, tra cui l'Unione Europea e i paesi membri, a promuovere politiche energetiche in grado di ridurre del 15%, rispetto al livello del 1990, i limiti di emissioni entro il 2010.

Nel panorama europeo l'Italia si posiziona tra i primi posti per energia prodotta da risorse rinnovabili insieme a nazioni come: Svezia con 88,2 TWh, Germania 61,3 TWh, e Francia con 56,2 TWh. I contributi maggiori provengono dalla produzione idroelettrica, da quella geotermica e da quella generata dalle biomasse.

La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili ha raggiunto in Italia alla fine del 2005 la produzione lorda di 49.921 GWh, (per produzione lorda s'intende la quantità di energia elettrica prodotta incluso l'energia necessaria al funzionamento dell'impianto di produzione). Il contributo delle varie fonti è suddiviso in circa 36.000 GWh provenienti da fonte idrica; 2.343 GWh prodotti da energia eolica, 6.154 GWh da biomasse e rifiuti, 5.324 GWh prodotti da fonte geotermica, e 4.0 GWh da energia solare fotovoltaica.

Il contributo percentuale di energia elettrica da fonte geotermica è circa il 10% dell'energia prodotta da rinnovabili in Italia, rappresentando la terza risorsa per energia elettrica prodotta, dopo l'idrica e l'energia realizzata da biomasse e rifiuti.

Analizzando il contributo della produzione elettrica da rinnovabili (49.921 GWh) sulla produzione di elettricità totale realizzata nel 2005 (303.672 GWh), si rileva come quasi 1/6 sia stato soddisfatto grazie all'elettricità prodotta da queste fonti alternative.

La richiesta di energia elettrica del paese per l'anno 2005 è stata di 330,4 TWh di cui: 66,9 TWh per usi domestici, 83,8 TWh per il terziario, 153,7 TWh per l'industria, e 5,4 TWh per usi agricoli, ai quali devono essere aggiunti 20,6 TWh di perdite di rete.

L'analisi del bilancio elettrico nazionale (rappresentato dall'energia netta prodotta, più quella importata, comparata con i consumi nazionali), permette di rilevare come l'energia geotermoelettrica ha rappresentato nel 2005 l'1,5% della produzione nazionale, soddisfacendo la quasi totalità dei consumi elettrici per usi agricoli, che alla fine del 2005 hanno costituito l'1,7% dei consumi nazionali. L'utilizzo della fonte geotermica per la produzione di elettricità ha permesso di risparmiare in Italia nel 2005 circa 9 milioni di barili di petrolio, pari a circa 1 milione di tonnellate di petrolio.

Bilancio elettrico nazionale anno 2006

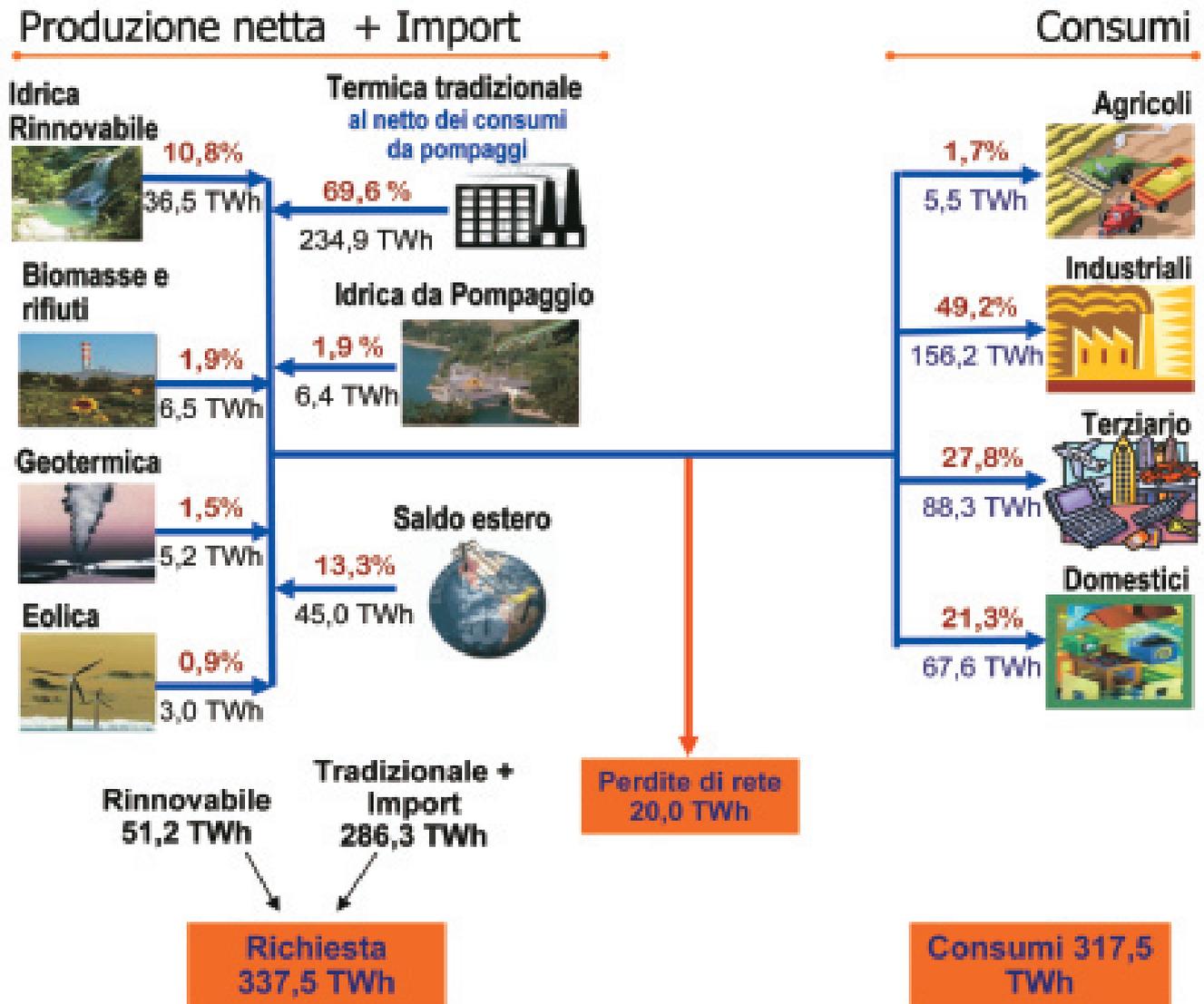


Fig. 2.4 Schema Bilancio Elettrico Nazionale 2005. Fonte GSE, 2006.

In Toscana, la produzione elettrica da fonti rinnovabili negli ultimi 10 anni ha subito incrementi relativamente costanti, ad esclusione di quelle annualità dove la scarsità di precipitazioni ha ridotto il contributo da fonte idroelettrica. Nel periodo 1998-2003 il contributo percentuale delle fonti rinnovabili sulla produzione elettrica totale netta della regione ha oscillato con percentuali comprese tra il 23% e il 28,6%.

L'energia elettrica prodotta da fonte idrica nella regione, ha raggiunto nel 2005 i 465 GWh, mentre quella proveniente da biomasse e rifiuti è stata di circa 290 GWh; di scarsa rilevanza attualmente quella fornita dall'eolico e dal solare, rispettivamente con 3 GWh prodotti con il primo e 0,1 GWh dal secondo.

La produzione geotermoelettrica netta è passata da 3958 GWh del 1998 ai 5000 GWh del 2005, con un picco produttivo registrato nel 2006.

Il contributo della geotermia alla bilancia energetica regionale rispetto alle altre fonti è chiaramente evidente, questo perché la totalità dell'energia elettrica prodotta da fonte geotermica in Italia è concentrata nel territorio della Regione Toscana, dove si trovano in esercizio 31 impianti per una potenza installata di 810,5 MW.

A livello regionale la produzione geotermoelettrica soddisfa circa il 25% della richiesta elettrica della Toscana, una domanda di energia che dal 1990 ad oggi ha subito un notevole incremento. Nel periodo 1990- 2003 la richiesta di energia elettrica sul territorio regionale è aumentata del 37%, i consumi elettrici del settore industriale hanno costituito il 50% del totale, nel terziario la richiesta nel periodo indicato è raddoppiata; mentre il consumo per usi domestici sebbene più contenuto, ha fatto registrare un incremento del 20%.

2.5 Gli sviluppi

L'approvvigionamento energetico sarà sempre di più in futuro una condizione determinante per assicurare la crescita economica e lo sviluppo sociale del paese; l'incremento dei costi necessari per garantire un adeguato approvvigionamento di combustibili, indica la necessità di attuare politiche energetiche e intraprendere scelte che mirino ad implementare l'utilizzo di tutte le fonti energetiche di cui il paese dispone alternative alle fonti fossili.

In quest'ottica quindi il ruolo della risorsa geotermica, del suo utilizzo sia per scopi indiretti (produzione elettrica) sia diretti (teleriscaldamento, impieghi nel ciclo produttivo) è senza dubbio auspicabile, ma in una logica di impiego collegata a misure che tutelino l'ambiente naturale e la salute dei cittadini.

Negli ultimi anni i contrasti e le difficoltà circa l'utilizzo della risorsa sono stati numerosi e hanno visto coinvolti temi come: la compatibilità ambientale della risorsa, gli effetti sul patrimonio ambientale, sulla salute dei cittadini, l'impatto paesaggistico degli impianti, ecc.

È quindi indispensabile attuare per il settore un modello di sviluppo ecologico (environmentally-driven development), che concili le crescenti necessità energetiche con le richieste di tutela del territorio e della salute pubblica.

I possibili scenari di sviluppo secondo le ipotesi stimate dall'Unione Geotermica Italiana (UGI) per il settore elettrico, si dividono in due fasi temporali: una prima stima delle potenzialità di sviluppo si riferisce ai programmi fino al 2012, mentre un'ulteriore prospettiva, ipotizza i possibili incrementi della risorsa fino al 2020.

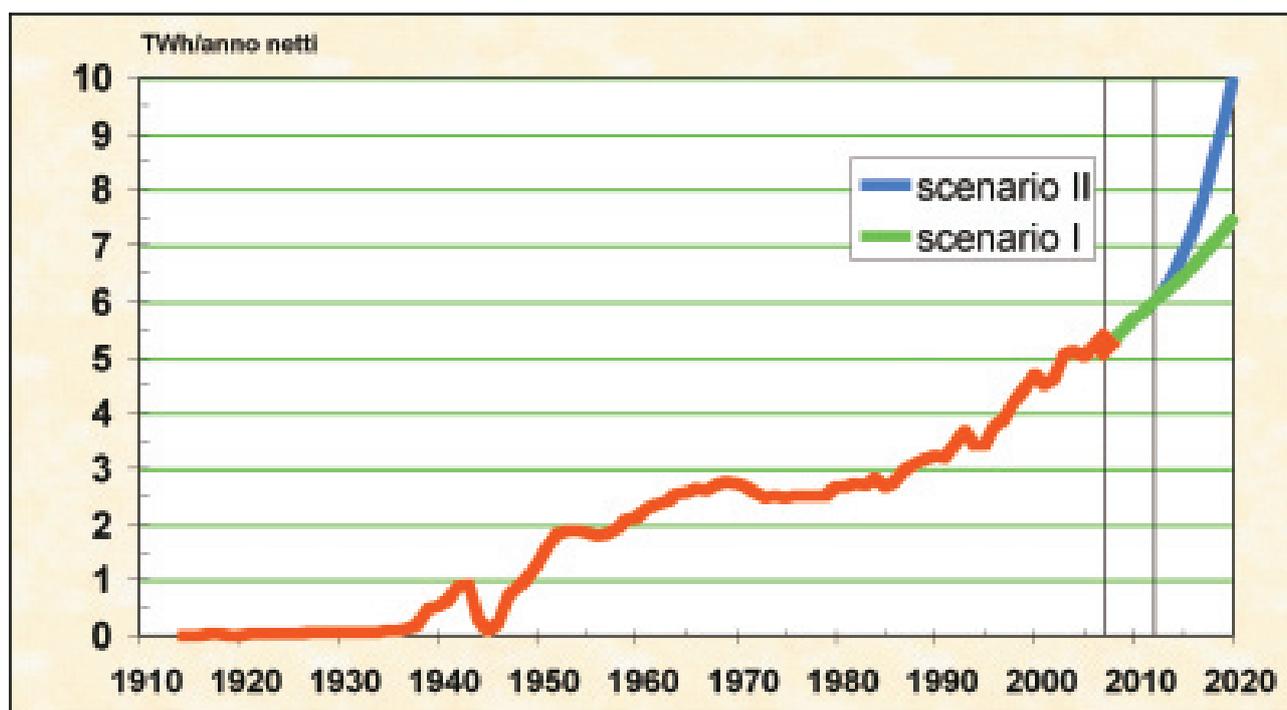


Fig. 2.5 Ipotesi di sviluppo della produzione geotermoelettrica periodo 2010-2020.

Fonte Unione Geotermica Italiana, 2006.

Entro il 2012 si prevede di incrementare la potenza attualmente installata di circa 150 MW aumentando la produzione di energia elettrica di circa 1 TWh, l'obiettivo sarebbe conseguito attraverso la realizzazione di 4 nuovi impianti e la ristrutturazione delle centrali più vecchie.

Nel lungo periodo l'attività geotermica potrebbe subire ulteriori incrementi, attraverso l'utilizzo di tecnologie più efficienti nella produzione e nella ricerca, ed estendendo i programmi di esplorazione ad altre zone geotermiche dell'Italia centro-meridionale.

È possibile in questo modo prevedere per il 2020 un incremento del 25% del settore rispetto al 2012, arrivando a raggiungere i 1200 MW di potenza installata e una produzione di energia di circa 7,5 TWh.

Quest'ultimo obiettivo potrebbe essere ulteriormente ampliato raggiungendo una produzione di 10 TWh/anno per il 2020, in funzione dei progressi nell'utilizzo dei sistemi a "rocce calde secche", e con l'impiego di *cicli termodinamici binari* che permettono l'utilizzo di fluidi con temperature comprese tra i 90 e 140 °C.

Entrambi gli scenari di sviluppo descritti riguardano l'utilizzo dell'energia geotermica per la produzione di elettricità, non considerando il contributo energetico proveniente dalle risorse geotermiche di media e bassa entalpia utilizzabili per usi diretti.

Si tratta di risorse utilizzabili per usi di teleriscaldamento di ambienti residenziali, in alcuni cicli industriali e agricoli, che tuttora non godono di sufficiente considerazione nel nostro paese, e che invece possiedono un potenziale enorme di utilizzo. Come sviluppo possibile del settore fino al 2010 è stato previsto un contributo energetico pari a 400.000 tep/anno (tonnellate equivalenti di petrolio), con un incremento di circa il 65-70% rispetto a livelli di utilizzo attuali. Nel medio-lungo periodo le previsioni stimano un possibile incremento compreso tra 1.200.000 e 1.800.000 tep/anno con incrementi di 6-10 volte rispetto ai valori del 2005.

3 • QUESTIONI AMBIENTALI CONNESSE ALL'ATTIVITÀ GEOTERMICA

3.1 Emissioni derivanti dalla coltivazione dei campi geotermici

La produzione di elettricità da fluido geotermico implica, come qualsiasi attività antropica, una serie di effetti sul sistema naturale, conseguenza delle sostanze immesse in atmosfera durante il processo produttivo. Infatti, anche se una parte del vapore viene, una volta condensato, recuperato e avviato alla reiniezione, una quota di esso si disperde in atmosfera dalle torri di raffreddamento e dagli estrattori di gas. Questa frazione aerodispersa è costituita dai cosiddetti gas incondensabili, costituiti principalmente da anidride carbonica (CO_2), idrogeno solforato (H_2S) e ammoniaca (NH_3), oltre a contenere acido borico (H_3BO_3), azoto (N_2), idrogeno (H) ed elementi in tracce di mercurio (Hg), arsenico (As), antimonio (Sb).

La concentrazione dei gas incondensabili presente nelle emissioni varia, in funzione dell'originaria quantità delle sostanze presenti nel fluido geotermico e dal metodo utilizzato per la condensazione del vapore. Alcune sostanze come l'acido borico, essendo più solubili, rappresentano solo una piccola parte dei gas dispersi in atmosfera e sono principalmente presenti nel drift (particelle d'acqua che fuoriescono dalle torri di raffreddamento), la cui ricaduta è concentrata nei pressi delle centrali. Altri gas come l'anidride carbonica e l'idrogeno solforato o altri elementi come il mercurio sono poco solubili in acqua, ciò comporta che essi siano le componenti presenti nei gas che fuoriescono dagli impianti.

La componente principale dei gas incondensabili è costituita da anidride carbonica, tuttavia le emissioni complessive provenienti dal processo di produzione geotermoelettrica sono quantitativamente limitate se comparate con quelle provenienti dall'utilizzo di combustibili fossili utilizzati per la produzione di elettricità. Per ogni kWh di energia prodotto utilizzando il fluido geotermico, nella realtà Toscana si hanno mediamente 320g di CO_2 rispetto ai circa 360g delle centrali a ciclo combinato che utilizzano il gas naturale.

Bisogna considerare che si tratta di CO_2 che non proviene da processi di combustione, ma da processi geologici che anche in assenza di coltivazione della risorsa geotermica producono per natura emissioni di CO_2 . L'altra sostanza presente nelle emissioni è l'acido solfidrico, un gas riconoscibile per il caratteristico odore di uova marce avvertibile anche a concentrazioni estremamente basse, dell'ordine di 0,3 mg/kg.

L'emissione in atmosfera di questa sostanza in quantità minime, anche se non rappresenta un pericolo per la salute umana, costituisce un elemento di disturbo per le popolazioni che vivono nei pressi degli impianti. Gli effetti sull'ambiente delle emissioni di acido solfidrico, identificata tra le sostanze responsabili delle piogge acide, sono connessi al processo di ossidazione di questa sostanza che avviene in atmosfera con la trasformazione in anidride solforosa (SO_2).

Un ulteriore elemento presente nelle emissioni geotermiche è il mercurio, prevalentemente nella forma di mercurio metallico in fase di vapore; per la sua estrema volatilità è in grado di permanere per lungo tempo in atmosfera e disperdersi su una vasta area, interessando anche zone distanti dalla fonte di emissione. L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) stabilisce il limite di esposizione per l'essere umano in 1000 ng/m³, valore calcolato come media delle esposizioni medie giornaliere nell'arco di un anno. I livelli di concentrazione naturale del mercurio in atmosfera sono calcolati in 2-4 ng/m³ per le zone rurali e 10 ng/m³ per le aree urbane. Esposizioni prolungate a concentrazioni superiori al valore guida stabilito dall'OMS hanno invece importanti conseguenze per la salute umana, determinando in particolare per l'uomo, patologie a carico del sistema nervoso centrale con lo sviluppo di tremori e gravi disturbi mentali.

La percentuale di gas incondensabili varia, come accennato in precedenza, in funzione del campo geotermico di riferimento. Per quanto riguarda la realtà toscana nel campo di Larderello, Travale-Radicondoli le emissioni hanno un contenuto medio di gas intorno al 5%, mentre per il campo dell'Amiata la percentuale è circa l'8% per il fluido proveniente dal serbatoio profondo, e intorno al 20% per il fluido estratto dal serbatoio superficiale utilizzato ormai per alimentare esclusivamente la centrale di Piancastagnaio 2.

La composizione dei gas presente nelle emissioni degli impianti della zona boracifera è prevalentemente costituita da anidride carbonica e da acido solfidrico data la scarsa presenza di mercurio nel fluido, men-

tre per il campo geotermico dell'Amiata le emissioni sono costituite da anidride carbonica, acido solfidrico e sebbene in quantità limitate, una misura maggiore di mercurio.

Con l'obiettivo di raccogliere informazioni circa le sostanze immesse nell'ambiente dagli impianti geotermoelettrici, la Regione Toscana ha incaricato l'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPAT) di sviluppare un programma di monitoraggio delle emissioni direttamente allo scarico delle torri di raffreddamento; attività che è iniziata nel maggio 2002 ed ha riguardato impianti ubicati nelle province di Siena, Grosseto, e Pisa.

I rilevamenti effettuati direttamente alle torri di raffreddamento e presso gli scarichi dei compressori hanno riguardato sostanze quali: acido solfidrico, ammoniaca, arsenico, boro e metalli come il mercurio allo stato gassoso.

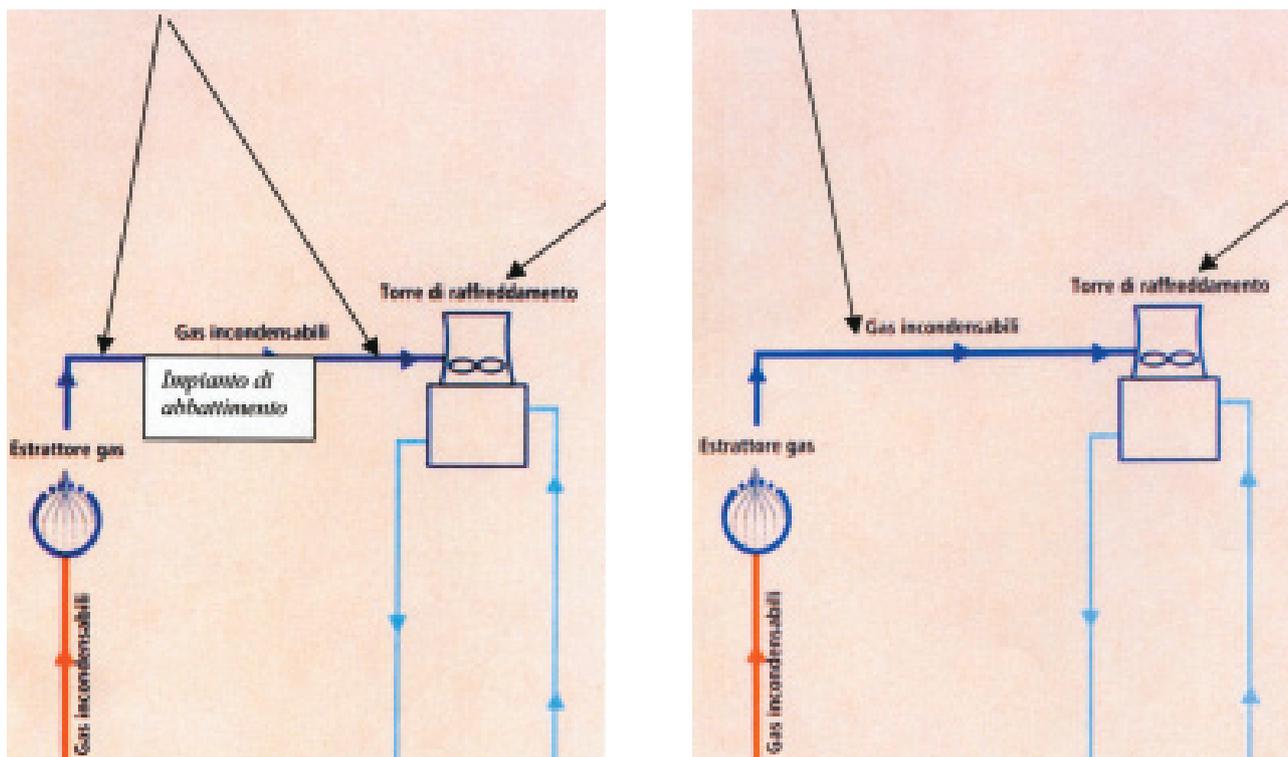


Fig. 3.1 Schema dei punti di campionamento effettuati sulle centrali con e senza dispositivo di abbattimento AMIS.
Fonte ARPAT, 2005.

La prima campagna di controlli effettuata su dodici centrali, una di queste dotata di abbattitore per acido solfidrico e mercurio denominato AMIS, ha comportato il prelevamento e l'analisi di 790 campioni incluse le acque di reiniezione, e circa 4.800 determinazioni analitiche. I risultati hanno evidenziato per tutte le centrali dei livelli di emissioni, monitorati sia per flusso di massa sia per concentrazione, entro i limiti espressi dalla normativa in vigore (D.M 12/7/90 allegato 3 Punto C), e constatato un efficace rendimento del sistema di abbattimento per l'acido solfidrico e il mercurio, AMIS, installato nella centrale Bagnore 3, con percentuali di abbattimento delle emissioni complessive del 77% per l'acido solfidrico e del 92,5% per il mercurio. Per le sostanze non previste dalla disciplina specifica per il settore, arsenico, antimonio, cadmio, cromo, ecc. a solo scopo indicativo, sono stati utilizzati i limiti previsti nell'allegato 1 del D.M 12/7/90, cioè i valori massimi applicati ad altri impianti produttivi. I risultati ottenuti non hanno rilevato irregolarità anche per queste sostanze, tuttavia sono stati riscontrati livelli di ammoniaca superiori ai limiti espressi dalla normativa non specifica per gli impianti geotermici. Nelle considerazioni finali l'ARPAT, oltre a sottolineare l'esigenza di colmare le mancanze legislative circa le sostanze non previste, ha auspicato di considerare anche il flusso di massa complessivo delle centrali, in ragione della concentrazione degli impianti in ambiti di territorio circoscritti e quindi sottoposti ad un effetto addizionale delle emissioni.

L'attività di controllo delle emissioni è proseguita sia nel 2004, con 9 impianti verificati, 336 campiona-

menti e 1.068 determinazioni analitiche effettuate, sia nel 2005 con altri 10 impianti sottoposti a verifica, alcuni di questi controllati ulteriormente perché ubicati in luoghi di particolare criticità territoriale, o perché in seguito dotati del sistema di abbattimento AMIS e quindi suscettibili di nuovi accertamenti. In totale dall'inizio dell'attività di controllo sono stati verificati 22 impianti pari al 75,9% dell'intero parco geotermoelettrico, per una potenza di 552,5 MW corrispondente al 74,2% di quella installata.

Anno verifiche	N° impianti	Potenza (MWe)	N° campioni	N° determinazioni	N° misure parametri fisici
2002/2003	12	248	790	4.692	108
2004	9	200	336	1.068	82
2005	10	370	356	1.041	92
Totale	31	818	1.482	6.801	282

Tab. 3.1 Tabella riepilogativa delle attività di verifica svolte nel periodo 2002/2005. Fonte ARPAT, 2005.

I risultati ottenuti nella campagna del 2005, attraverso la raccolta di 356 campioni per complessive 1.041 determinazioni analitiche, hanno confermato i dati rilevati nelle precedenti campagne e avvalorato il buon rendimento degli abbattitori AMIS sia per l'acido solfidrico che per il mercurio.

La verifica dei report sui controlli effettuati evidenzia un pressoché totale rispetto dei parametri registrati, sia come flusso di massa sia in concentrazione per le sostanze indagate.

Nelle valutazioni conclusive l'ARPAT, nonostante confermi il rispetto dei limiti, considera rilevanti le quantità di acido solfidrico e mercurio emesse dagli impianti, auspicando la dotazione degli abbattitori AMIS anche alle centrali sprovviste, in particolare per quelle ubicate nel comune di Piancastagnaio. Queste centrali, infatti, presentano una maggiore emissione in flusso di massa di acido solfidrico e mercurio per MW prodotto rispetto alle emissioni delle altre centrali analizzate.

Per quanto riguarda le sostanze non comprese nella normativa specifica, in particolare per ammoniaca e acido borico, a causa delle consistenti quantità rilevate, è stata auspicata la definizione di limiti di emissione anche per queste sostanze, insieme allo sviluppo di studi e ricerche per l'applicazione di sistemi di abbattimento.

In conclusione se da un lato le verifiche fatte hanno sostanzialmente tracciato un quadro positivo per quanto riguarda l'impatto del processo di produzione geotermoelettrica, sono state anche sottolineate sia le carenze legislative per alcune sostanze non previste nella normativa specifica, sia la necessità di utilizzare tutte le tecnologie disponibili per ridurre le emissioni rilasciate in atmosfera dagli impianti.

Colmare queste lacune sarebbe utile per favorire una maggiore integrazione degli impianti nel territorio, privilegiando la strada che conduce a minimizzare la pressione ambientale al fine di ottenere condizioni favorevoli al processo di sostenibilità.

3.2 Qualità dell'aria nelle aree geotermiche

Un'intensa campagna di monitoraggio della qualità dell'aria è stata realizzata dal 1997 ad oggi da ARPAT, con l'obiettivo di valutare l'impatto ambientale derivante dalla coltivazione dei fluidi geotermici, analizzando la qualità dell'aria, in particolare i livelli di mercurio, e acido solfidrico, per mezzo di centraline di rilevamento sia fisse che mobili, e monitorando la dispersione territoriale degli inquinanti attraverso l'uso di bioindicatori, come licheni e specie erbacee.

L'analisi dei risultati descritti nei vari rapporti prodotti da ARPAT offre un quadro delle condizioni ambientali delle zone geotermiche, fornendo elementi che contribuiscono a migliorare gli aspetti conoscitivi degli effetti della risorsa geotermica sull'ambiente.

Per quanto riguarda i monitoraggi effettuati per la matrice aria i rilevamenti hanno evidenziato livelli di

emissioni in atmosfera sia per l'acido solfidrico, sia per il mercurio largamente entro i parametri consigliati dall'OMS per la salute umana.

I valori guida proposti dall'OMS per le due sostanze indagate sono rispettivamente di 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come concentrazione media giornaliera di acido solfidrico per prevenire disturbi agli occhi, di 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ come media sui 30 minuti per evitare il disturbo olfattivo; e il valore di 1000 ng/m^3 come media annuale per il mercurio. Come mostrato nella tabella, (che ha valore puramente indicativo), prendendo come esempio i rilevamenti effettuati presso la medesima postazione nelle campagne eseguite tra il 1997 e il 2005, i valori registrati sono tutti, eccetto uno, al di sotto dei valori consigliati dall'OMS.

Attività	2005	2004	2000	1997
Monitoraggio Piancastagnaio post. Vecchio Mattatoio				
Max. Conc Media gg ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	141.7	173.5	100.1	100.2
Conc. media del periodo di misura ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	25.0	27.0	37.1	30.5
Max conc. Oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	586.0	534.4	489.1	370

Tab. 3.2 Concentrazioni di H_2S registrate durante il periodo di monitoraggio (postazione "Vecchio Mattatoio") Comune di Piancastagnaio. Fonte ARPAT, 2006.

Attività	2005	2004	2000	1997
Monitoraggio Piancastagnaio post. Vecchio mattatoio				
Hg conc. media del periodo di misura (ng/m^3)	4,9	5,1	19.5	18.6
Max conc. media gg (ng/m^3)	20,6	24,6	50.2	41.4
Max conc. oraria (ng/m^3)	96,2	87,5	221.9	98.1

Tab. 3.3 Concentrazioni di Hg registrate durante i periodi di monitoraggio (postazione "Vecchio Mattatoio") Comune di Piancastagnaio. Fonte ARPAT, 2006.

Attività	2005	2004	2000	1997
Monitoraggio Piancastagnaio post. Vecchio mattatoio				
$\text{H}_2\text{S} > 7.0 \mu/\text{m}^3$	2005	2004	2000	1997
% conc. medie gg	74,6	78,8	96,4	92,3
% conc. orarie	42,4	43,5	56	55

Tab. 3.4 Concentrazioni di H_2S relative al limite per la soglia olfattiva registrate durante i periodi di monitoraggio (postazione "Vecchio Mattatoio") Comune di Piancastagnaio. Fonte ARPAT, 2006.

Ciò che invece emerge è un sensibile superamento del limite della soglia olfattiva per l'acido solfidrico, responsabile di creare condizioni di disturbo soprattutto nelle ore serali e del primo mattino.

I dati riferibili alle altre postazioni di rilevamento ubicate nei territori di Abbadia San Salvatore e Santa Fiora, per la zona dell'Amiata, confermano un totale rispetto dei valori stabiliti dall'OMS per le concentrazioni di acido solfidrico e mercurio. Una situazione analoga è stata registrata nelle postazioni situate nel comune di Montieri in località Travale, e nel comune di Pomarance, in località Montecerboli. Nei rapporti realizzati viene comunque evidenziato il ruolo che anche altre fonti, naturali e antropiche, esercitano sulla qualità dell'aria, attraverso la dispersione in atmosfera di sostanze analoghe a quelle presenti nelle emissioni degli impianti.

Nella zona di Larderello sono presenti affioramenti naturali di gas che contribuiscono alla diffusione di

acido solfidrico in aria, mentre nella zona del Monte Amiata, oltre a sorgenti naturali come acque termali ed emergenze spontanee di gas, corresponsabili della dispersione di acido solfidrico, sono presenti anche impianti della dismessa attività minero-metallurgica che concorrono alla diffusione di quantità di mercurio negli strati più bassi dell'atmosfera.

L'attività di monitoraggio condotta da ARPAT sullo stato di qualità dell'aria ha inoltre previsto l'utilizzo di bioindicatori, licheni, specie arboree e arbustive con lo scopo di rilevare i livelli di dispersione degli inquinanti sul territorio. Dal 1996 è, infatti, attiva per il territorio dell'Amiata una rete di biomonitoraggio che ha fornito importanti informazioni sulla qualità ambientale delle aree interessate dall'attività geotermica.

Il biomonitoraggio è una tecnica d'indagine che permette di valutare gli effetti biologici dell'inquinamento atmosferico analizzando sia la concentrazione delle sostanze negli organismi sia l'ampiezza della diversità biologica presente nell'area indagata.

Gli studi di biomonitoraggio antecedenti al programma sviluppato dall'ARPAT per le aree geotermiche sono iniziati nei primi anni '90. Nel 1992 è stata realizzata un'indagine sulla qualità dell'aria nella zona di Travale-Radicondoli utilizzando l'Index of Atmospheric Purity, che esprime lo stato di qualità dell'aria attraverso un indice numerico esemplificativo della ricchezza della vegetazione lichenica della zona indagata. Le conclusioni raggiunte dal lavoro hanno indicato le centrali geotermoelettriche principali responsabili delle alterazioni della qualità dell'aria nella zona di Travale-Radicondoli, tuttavia con alterazioni circoscritte alle immediate vicinanze degli impianti produttivi, a circa 500 mt dalle centrali.

Il campo geotermico di Travale-Radicondoli è stato oggetto di un'altra indagine nel 1993, le conclusioni hanno confermato i risultati del 1992, evidenziando però che gli impianti non rappresentavano una fonte evidentissima d'inquinamento atmosferico ad eccezione del boro, considerato un marker specifico dell'attività geotermoelettrica.

La campagna realizzata da ARPAT nel 1999 ha confermato l'influenza dell'attività delle centrali sulla distribuzione della vegetazione lichenica, registrando una situazione di semi alterazione circoscritta all'immediata vicinanza delle centrali.

L'attività di studio condotta dall'ARPAT è continuata anche negli anni successivi, apportando miglioramenti alla rete di biomonitoraggio, implementando il numero di postazioni di rilevamento e incrementando e sostituendo il tipo di bioindicatori utilizzati per il monitoraggio.

L'area di Travale-Radicondoli è stata oggetto di una nuova campagna di rilevamento nel 2000; dai risultati è emerso un sensibile miglioramento della qualità ambientale rispetto allo studio del 1992, e in particolare la ricomparsa di vegetazione lichenica in zone dove in precedenza ne era stata registrata la totale assenza. Gli ultimi dati disponibili in ordine di tempo si riferiscono alla campagna eseguita nel 2005, che ha esaminato la presenza di alcune sostanze: arsenico, azoto, boro, mercurio, zolfo, in alcuni bioindicatori di tipo arboreo, arbustivo, lichenico.

L'analisi ha evidenziato la presenza di arsenico nel biosensore arbustivo ginestra (*Spartium junceum*), mentre negli altri due biosensori utilizzati, la quercia (*Quercus spp.*) e nel lichene (*Xanthoria spp.*) i livelli si sono presentati entro i limiti naturali.

I livelli di mercurio si sono evidenziati stabili in due dei bioindicatori e con una tendenza alla diminuzione nel lichene, così per il boro che ha fatto registrare valori in diminuzione in tutti i bioindicatori. La concentrazione di zolfo totale, sebbene in aumento, è stata registrata con livelli entro i valori naturali, mentre il livello di azoto comparato con i dati raccolti nelle precedenti campagne si è mantenuto a livelli costanti. Per quanto riguarda l'area geotermica del Monte Amiata, la qualità ambientale registrata attraverso l'uso di bioindicatori è sostanzialmente migliorata nel corso degli anni. Il primo biomonitoraggio condotto nell'area geotermica amiatina nel 1994 evidenziò una relazione tra biodiversità lichenica e distanza dalle centrali, rilevando una progressiva diminuzione della vegetazione lichenica nei pressi degli impianti. Un nuovo studio effettuato nel 1995 contraddistinto dall'analisi di sostanze quali boro, arsenico, antimonio e mercurio su licheni e su campioni di suolo indicò delle concentrazioni che variavano da biosensore a biosensore. Il mercurio era presente in concentrazioni elevate sia come range che su base media, sia nel suolo che nei licheni. L'arsenico registrava concentrazioni elevate solo su base media sia nel suolo che nei licheni, mentre il boro era presente in concentrazioni relativamente elevate solo nel suolo e su base media. L'antimonio era presente con concentrazioni relativamente elevate su base media solo nei licheni.

L'andamento spaziale delle sostanze analizzate non avvalorava nessuna rilevante correlazione con le centrali geotermoelettriche, inducendo a considerare le caratteristiche minerarie e termali della zona tra le possibili cause delle elevate concentrazioni di arsenico e mercurio registrate. Nel 2002 il biomonitoraggio è stato ripetuto sia nella zona di Piancastagnaio, sia in quella di Bagnore, rilevando in generale, condizioni di alterazione lichenica nei pressi delle centrali, circa 200- 250 mt da esse, delle condizioni ambientali stabili per la zona di Piancastagnaio rispetto al 1994 nonostante la presenza del nuovo impianto denominato PC5, e un deciso miglioramento della qualità ambientale per l'area di Bagnore.

I risultati ottenuti dal biomonitoraggio realizzato dall'ARPAT nel periodo 2001- 2003 hanno evidenziato l'assenza di sostanze quali arsenico e antimonio sui biosensori arborei, mentre sono state rilevate la presenza di boro e ricadute di mercurio. Le specie arboree e arbustive hanno presentato concentrazioni inferiori ai rispettivi limiti naturali per tutte le sostanze indagate, così anche per la concentrazione di zolfo che si è mantenuta inferiore ai limiti naturali in tutte le specie vegetali monitorate.

I dati raccolti nelle campagne di rilevamento compiute nel 2004 e 2005 hanno confermato i rilevamenti precedenti, e cioè che una buona parte delle sostanze indagate è presente sul territorio con concentrazioni entro i livelli naturali.

Per la zona geotermica dell'Amiata i livelli di mercurio nei biosensori, ginestra e querce, hanno evidenziato quantità stabili nella prima e una tendenza alla diminuzione per la quercia, entrambe comunque entro il limite naturale di 0,1 mg/kg.

Come nelle precedenti campagne non sono state rilevate concentrazioni considerevoli di arsenico e di antimonio nel biosensore lichenico e in quello arboreo; i livelli registrati sono risultati al di sotto dei limiti naturali, ed è stata evidenziata una tendenza all'aumento solo nel biosensore arbustivo.

I livelli di boro registrati in tutti i biosensori nella campagna del 2005, sono risultati in diminuzione rispetto ai dati del 2004, mentre la concentrazione di zolfo è aumentata rispetto ai rilevamenti precedenti, ma rimanendo entro i valori del fondo naturale.

L'attività di biomonitoraggio effettuata nel 2005 in entrambe le aree geotermiche ha permesso inoltre un confronto delle concentrazioni medie delle sostanze rilevate nelle due zone. Per alcune sostanze come cromo, cadmio, vanadio e azoto la zona dell'Amiata ha registrato le concentrazioni maggiori rispetto alla zona di Larderello, evidenziando dei valori lievemente superiori al limite naturale solo per l'arsenico. Le sostanze come mercurio, piombo, boro, hanno registrato concentrazioni medie maggiori per la zona boracifera, mentre per quanto riguarda le concentrazioni di alluminio, zolfo organico e inorganico, zolfo totale e antimonio, sono state registrate condizioni simili con concentrazioni entro i limiti naturali in entrambe le zone. In conclusione per entrambe le zone interessate dal biomonitoraggio è stato evidenziato come buona parte delle sostanze indagate siano presenti sul territorio con livelli entro i parametri naturali, escludendo una condizione ambientale critica sia per l'area dell'Amiata sia per quella di Radicondoli-Larderello.

Il quadro tracciato dalle ricerche effettuate sebbene confermi il ruolo dell'attività geotermica come fonte di diffusione nell'ambiente di sostanze collegate al ciclo geotermico, ne ridimensiona notevolmente l'impatto sull'ambiente e il rischio per la salute umana, in quanto le quantità degli inquinanti sono generalmente entro i limiti naturali.

Le difficoltà maggiori riguardano il superamento quasi giornaliero dei limiti della soglia olfattiva per l'acido solfidrico, circostanza che sarebbe opportuno mitigare attraverso la diffusione in tutti gli impianti di sistemi di abbattimento già in uso in alcune centrali.

3.3. Microsismicità

La procedura di reiniezione dei condensati è considerata responsabile nel determinare fenomeni microsismici nelle zone interessate dalla presenza di coltivazioni geotermiche.

Alcune ricerche in campo internazionale hanno accertato una possibile correlazione tra la reiniezione dei condensati e il verificarsi di eventi sismici d'intensità relativamente bassa, tuttavia la combinazione reiniezione-terremoto non è un principio generale applicabile a tutti i campi geotermici.

L'attività di rilevamento sismico nelle aree geotermiche ha avuto inizio, in concomitanza con l'utilizzo

della tecnica di reiniezione dei fluidi nel serbatoio geotermico, nel tentativo di verificare l'esistenza di una relazione causa-effetto tra lo sfruttamento dei campi geotermici e i fenomeni sismici presenti nelle aree interessate da attività geotermiche.

Il monitoraggio sismico nelle aree geotermiche ha avuto origine congiuntamente al programma di reiniezione dei fluidi iniziato nel campo geotermico di The Geysers (Stati Uniti) agli inizi degli anni '70. Gli studi condotti in questa zona hanno confermato la correlazione tra lo sfruttamento del sistema e alcune manifestazioni sismiche di bassa intensità, inferiori ai 2 gradi della scala Richter, verificatesi in quest'area, con epicentri in prossimità delle zone di estrazione, e ipocentri localizzati a bassa profondità. I dati raccolti nella zona nel periodo 1976-1996 hanno indicato una correlazione molto significativa fra la produzione di vapore, la reiniezione dei fluidi e la microsismicità locale con oltre 17800 eventi registrati con magnitudo superiore a 1.4.

Nella prima metà degli anni '70 la tecnica di reiniezione dei fluidi è stata introdotta nella zona di Larderello, con il duplice obiettivo di arrestare il decadimento produttivo di alcune zone del campo geotermico, e adeguare l'attività geotermoelettrica alla nuova normativa circa lo smaltimento dei reflui industriali nei corpi idrici di superficie (Legge n. 319 del 10 maggio 1976).

Insieme con essa ha inizio, nel 1976, un programma dell'Enel di monitoraggio sismico della zona, utilizzando come parametri di riferimento i dati sulla sismicità storica dell'area riportati nel catalogo Nazionale Terremoti. La rete di monitoraggio sismico che copre un'area di circa 800 km², nel periodo 1977- 1993 ha registrato più di 3000 eventi sismici d'intensità inferiore a magnitudo 2 e un solo evento di magnitudo 3.3. La maggior parte dei microsismi registrati sono stati localizzati ad una profondità tra 1 ed 8 km dalla superficie, una elemento distintivo che amplifica la percezione degli eventi sismici, sebbene siano caratterizzati da una bassa energia.

Altri studi condotti negli anni '80 nella zona di Larderello (Batini et al. 1980), hanno confermato una correlazione positiva tra la tecnica di reiniezione e la sismicità di alcune zone del campo.

Per gli autori le attività di reiniezione possono stimolare episodi di bassa sismicità in quei bacini geotermici a prevalente comportamento liquido, come per la zona di Travale, a causa delle variazioni di pressione nelle fratture, che alterano l'equilibrio idrodinamico del bacino geotermico stimolando l'attività sismica. Un effetto che non è stato registrato in quei bacini come Larderello-Castelnuovo, a prevalente comportamento gassoso, dove la procedura di reiniezione non ha prodotto nessun effetto sismico indotto.

Anche per l'area del Monte Amiata i dati disponibili rilevati attraverso la rete di rilevamento locale presente dal 1977, hanno offerto indicazioni simili. I fenomeni sismici registrati in quest'area sono stati generalmente di intensità inferiori a magnitudo 2, e caratterizzati da bassi ipocentri a profondità comprese tra 1 e 5 km.

Tra il 1997 e il 2000 l'area del Monte Amiata è stata interessata da alcuni episodi sismici di modesta entità, magnitudo 3.8, che hanno provocato danni ad abitazioni e suscitato preoccupazione e timori circa una possibile connessione tra questi episodi e lo sfruttamento dei campi geotermici. Nel 2001, allo scopo di ricavare maggior informazione circa le caratteristiche degli eventi sismici accaduti nell'area del Monte Amiata, è stata siglata una convenzione triennale tra Regione Toscana e Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), per implementare il sistema di monitoraggio della zona.

Il programma realizzato dall'INGV ha preso in esame i dati storici sulla sismicità dell'area, analizzando gli eventi ricadenti in un raggio di 20 km dal comune di Piancastagnaio. L'analisi storica ha evidenziato un'attività sismica maggiore, sia per numero di eventi, sia per intensità nella prima metà del novecento, con dei cluster tipici di molte zone italiane, e in particolare delle aree vulcaniche.

I dati storici oltre a segnalare la naturale tendenza sismica dell'area dell'Amiata, hanno permesso di rilevare come la maggior parte dei sismi avvenuti nella zona, posseggano caratteristiche di durata e intensità simili agli eventi del 1997 e del 2000.

Nelle conclusioni tratte da questo primo studio, l'INGV ha stabilito che le attività sismiche accadute nel marzo 1997 e nell'aprile e ottobre del 2000 non potevano considerarsi anomale rispetto al quadro sismotettonico della zona, e che l'allarme suscitato dagli episodi del 1997 e del 2000 era imputabile a un lungo periodo d'inattività sismica che ha interessato la zona dagli anni '50 in poi.



Fig. 3.2
Grafico sismicità storica e recente.
Fonte INGV, 2001.

Nei primi mesi del 2001 un'altra serie di eventi con magnitudo massima di 2,8 è stata oggetto di studio da parte dell'INGV. L'analisi spazio-temporale dei dati raccolti per mezzo della rete nazionale e della rete Enel, ha concluso circa l'esistenza di spazi della crosta terrestre di dimensioni di pochi chilometri che vengono attivati, con episodi distinti di rilascio della tensione elastica accumulata dalle deformazioni secolari di origine tettonica. Queste strutture interagendo elasticamente sono all'origine delle sequenze di terremoti rilevate anche in altre aree vulcaniche a elevata sismicità come le aree dei Colli Albani, dei Campi Flegrei, prive di attività antropiche connesse con l'utilizzo della risorsa geotermica.

Con l'obiettivo di verificare le possibili correlazioni tra gli eventi sismici e l'attività di sfruttamento dei campi geotermici, l'Enel ha fornito all'INGV i dati sull'attività di estrazione e reiniezione nel periodo compreso tra il gennaio 1995 e il luglio 2000 e il catalogo degli eventi sismici localizzati dalla propria rete sismografica che ricadevano nella zona di Piancastagnaio.

In letteratura le condizioni necessarie per evidenziare una possibile relazione di causa-effetto tra attività di reiniezione ed eventi sismici sono due: la prima, è che l'evento sismico avvenga in zone non interessate prima da attività sismica; la seconda, che l'attività si manifesti dopo un breve intervallo dal momento della reiniezione. La sismicità correlata all'iniezione mostra, infatti, sia una dipendenza temporale da quest'ultima sia una concentrazione iniziale nei pressi del punto di reiniezione che tende a distribuirsi su un raggio più ampio con il procedere delle operazioni d'iniezione.

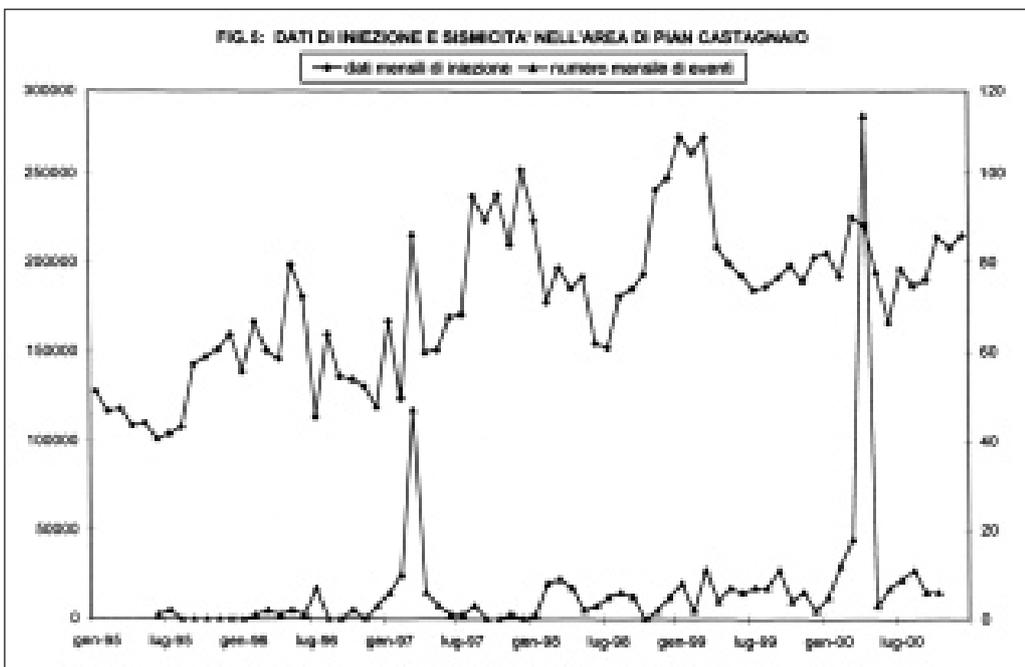


Fig. 3.3
◆ dati mensili reiniezione ▲ dati mensili sismicità periodo 1995-2000.
Fonte INGV, 2001.

La comparazione dei dati di reiniezione ricevuti da Enel con quelli riguardanti gli eventi sismici accaduti nello stesso periodo, non ha indicato per l'INGV nessun tipo di relazione. Durante il periodo, infatti, le operazioni di reiniezione sono state costanti, e quindi non indicative di un possibile rapporto causa-effetto, facendo propendere per una spiegazione casuale dei fenomeni sismici con andamenti nel tempo del tutto imprevedibili.

Nello stesso periodo su commissione della comunità Montana zona I-2, allo scopo di raccogliere maggiori informazioni sulla sismicità della zona, è stato assegnato alla società Edra il compito di realizzare un monitoraggio sismico, il cui studio si è focalizzato in particolare sull'analisi delle forme d'onda sismica, interpretate come possibili indicatori del legame tra attività di reiniezione e sismicità. Le osservazioni offerte nello studio in esame secondo l'INGV, non hanno rilevato una correlazione tra l'attività microsismica e la coltivazione del campo geotermico; le caratteristiche delle onde sismiche analizzate sono coerenti con quelle naturalmente presenti in altre aree vulcaniche, e determinate dalla fratturazione idraulica probabilmente connessa a variazioni di pressione dei fluidi all'interno delle fratture.

Il tema della possibile relazione tra l'utilizzazione dei fluidi, e il manifestarsi di eventi sismici di bassa intensità rimane quindi aperto e suscettibile di ulteriori indagini. Infatti, se da un lato l'area del Monte Amiata è naturalmente considerata zona sismica e quindi i terremoti non possono essere considerati eventi eccezionali per la zona, d'altra parte le conclusioni offerte nello studio non escludono che le attività geotermiche possono rappresentare condizioni in grado di stimolare eventi sismici. Sarebbe quindi opportuno potenziare il sistema di osservazione geofisica e geochemica del territorio, con lo scopo di ottenere maggiori informazioni circa la natura, spontanea o indotta degli eventi sismici.

3.4. Subsidenza

La subsidenza, cioè l'abbassamento del terreno provocato dall'emungimento del fluido dal sottosuolo è un fenomeno provocato dalle attività estrattive, sia in campo petrolifero e minerario, sia come effetto di emungimenti consistenti di acqua di falda per usi civili e/o industriali. La manifestazione di fenomeni di subsidenza spesso coincide con la parte del campo geotermico, dove è maggiore lo sfruttamento, a volte, però gli abbassamenti del terreno sono evidenti anche nelle zone limitrofe all'area dei pozzi, e di solito sono maggiori nei sistemi a liquido dominante, dove sono estratti maggiori quantitativi di acqua rispetto ai sistemi a vapore dominante.

Questo fenomeno è comunque, indipendentemente dalla tipologia del sistema geotermico, un indicatore evidente della necessità di mantenere l'acquifero in equilibrio per evitare il depauperamento del sistema geotermico e la perdita di pressione e di portata.

Alcuni dati storici per l'area di Larderello provenienti da una campagna di rilevamento realizzata nel 1923 a cura dell'Istituto Geografico Militare sono stati confrontati con i primi rilevamenti del sistema di monitoraggio introdotto nel 1985. La comparazione dei dati raccolti ha evidenziato come nella zona si siano verificati fenomeni di subsidenza con sprofondamenti del terreno fino oltre 1 metro su una superficie di qualche chilometro.

Un monitoraggio della subsidenza lungo le direttrici Castelnuovo Val di Cecina-Larderello-Pomarance avviato nel 1986 e concluso nel 1993 ha rilevato un abbassamento del terreno di 0-2 cm per l'area di Larderello, con punte massime di 8,5 cm registrate nelle zone di più recente sfruttamento.

Anche per la zona di Travale-Radicondoli alcune indagini effettuate dal 1973 hanno rilevato che quest'area è stata interessata da fenomeni di subsidenza nell'ordine di 2,5 cm all'anno tra il 1973 e il 1983, e di 2 cm negli anni successivi. Nel 1991 da osservazioni fatte nella zona centrale dell'area, è stato evidenziato un abbassamento del suolo di circa 40 cm, con fenomeni inferiori procedendo verso i margini del campo. Gli abbassamenti del terreno registrati nei campi di Larderello, e Travale-Radicondoli sono stati generalmente più accentuati nei primi periodi di coltivazione, divenendo meno marcati negli ultimi anni, fino a raggiungere una situazione quasi stazionaria in alcune zone, in particolare per la zona di Larderello.

Questi eventi di arresto o quantomeno di mitigazione sono stati riscontrati dopo l'introduzione della tecnica di reiniezione dei fluidi nel sistema geotermico, operazione che avrebbe contribuito ad arrestare il

processo di subsidenza, oltre a diminuire la parte gassosa del fluido, migliorandone la resa energetica e mitigando il potenziale d'inquinamento.

In conclusione quindi anche se la subsidenza rappresenta un effetto per così dire fisiologico dell'attività di estrazione, manifestandosi soprattutto nei primi periodi di coltivazione dei campi geotermici, le moderne tecniche di reiniezione insieme con un responsabile sfruttamento del sistema rappresentano, a oggi, efficaci misure per minimizzarne gli effetti e contribuire alla soluzione dei problemi ambientali connessi all'utilizzo energetico della risorsa.

3.5 Tutela della risorsa idrica

La risorsa idrica costituisce un bene comune, un patrimonio ambientale, sociale e culturale che, coerentemente con le Dichiarazioni di Johannesburg e Kyoto, deve essere tutelata e salvaguardata, sia per quanto riguarda la quantità che la qualità.

Le conoscenze disponibili, dal punto di vista dei consumi, se appaiono sufficienti per quello che riguarda gli usi civili, sono assolutamente deficitarie per quanto riguarda gli usi industriali e, in misura ancora maggiore, quelli irrigui che, tra l'altro, rappresentano la quota più importante. L'approfondimento di tale tematica, anche attraverso la redazione di specifici bilanci idrici a carico dei singoli acquiferi, costituisce un elemento fondamentale nella definizione del quadro conoscitivo e dei limiti di sostenibilità dei prelievi. L'impatto sulla risorsa idrica attribuito alla coltivazione dei fluidi geotermici comprende sia gli effetti sulla qualità delle acque, sia le possibili conseguenze connesse alle quantità d'acqua sottratte agli acquiferi freatici. Questo doppio ambito quali-quantitativo della risorsa riguarda sia i corpi idrici superficiali sia quelli sotterranei.

Se in parte risulta più "semplice" offrire una disamina dei possibili effetti dell'attività geotermica per quanto riguarda l'impatto sulla qualità delle acque superficiali, più impegnativo è determinare gli effetti dell'attività geotermica sugli acquiferi profondi, in termini d'interferenze tra acquifero geotermico e freatico, da un punto di vista qualitativo che quantitativo.

In merito, infatti, le posizioni non sono univoche, basandosi ancora in larga parte su interpretazioni ricavate da modelli teorici, che forniscono risultati parziali.

Riguardo ai corpi idrici superficiali, le ricerche effettuate, sinteticamente, hanno evidenziato alcune alterazioni più o meno importanti della qualità delle acque dei corsi d'acqua presenti in aree geotermiche. Le fonti d'inquinamento sono attribuite sia a fenomeni naturali come soffioni, putizze e alle mineralizzazioni che compongono le formazioni geologiche delle aree geotermiche, sia alle attività antropiche legate all'attività geotermica e alla produzione mineraria.

Per quanto riguarda invece i corpi idrici profondi le informazioni ricavate dagli studi effettuati, evidenziano posizioni radicalmente opposte, infatti c'è chi argomenta una stretta correlazione tra sfruttamento della risorsa geotermica e la situazione degli acquiferi freatici, e quanti invece considerano improbabile una relazione tra acquiferi geotermici e corpi idrici, sostenendo che se esistente tale legame pregiudicherebbe la sopravvivenza stessa del sistema geotermico.

Un primo macro indicatore sulla qualità ambientale dei corpi idrici presenti in aree geotermiche è ricavabile dai dati raccolti nel "Piano di Tutela delle Acque della Toscana".

La regione Toscana in relazione all'attuazione del "Piano di Tutela delle Acque" definito dalla Direttiva Quadro 2000/60/CE, ha incaricato ARPAT di realizzare una classificazione sulla qualità ambientale dei corpi idrici della Toscana, ottenendo un utile strumento per la conoscenza dello stato del patrimonio idrico regionale e per le misure da mettere in atto per la sua tutela ambientale.

Lo stato di qualità ambientale degli acquiferi è definito dal d.lgs.152/1999 e si ricava incrociando i valori quantitativi e chimici del corpo idrico in esame. L'aspetto quantitativo è definito in base alle alterazioni registrate rispetto allo stato di equilibrio del corpo idrico, in funzione della velocità di ricarica dell'acquifero, mentre per la valutazione dello stato qualitativo sono utilizzati i valori medi di alcuni parametri rilevati nel periodo di monitoraggio.

La campagna di rilevamento condotta da ARPAT per il periodo 2001-2003 sui principali corpi idrici su-

perficiali ha evidenziato per i principali corsi d'acqua situati in zone geotermiche, (Fiume Fiora e Fiume Cecina) uno stato ecologico SECA "buono".

L'indice ecologico Seca è ottenuto incrociando i dati sullo stato chimico dell'acqua utilizzando come parametri di riferimento il livello di ossigeno disciolto, l'inquinamento di origine organica, i livelli di nitrati, solfati, e la presenza di *Escherichia coli* per ciò che riguarda l'inquinamento microbiologico, con i valori raccolti con l'Indice Biotico Esteso, che si basa sull'analisi della comunità di macroinvertebrati presenti nel corso d'acqua.

Per quanto invece riguarda lo stato ambientale dei corpi idrici sotterranei, l'acquifero del Cecina è stato considerato di qualità "scadente" in funzione di un evidente squilibrio tra i prelievi effettuati e la ricarica del corpo idrico, e con livelli di boro superiori ai limiti vigenti.

Diversamente, all'acquifero sotterraneo dell'Amiata è stato attribuito un giudizio "particolare" in quanto soggetto ad un impatto antropico ridotto con moderate condizioni di disequilibrio per quanto riguarda l'aspetto quantitativo, e condizioni qualitative generalmente buone, ma con segnali di compromissione.

3.5.1 La tutela della risorsa idrica nell'area di Larderello e Val di Cecina

La valle del fiume Cecina si estende in direzione Est-Ovest per circa 45 km all'interno della costa tirrenica. Il bacino idrografico del fiume Cecina ospita il campo geotermico di Larderello, Travale-Radicondoli, che occupa circa il 7% della superficie dell'intero bacino.

Le principali cause d'impatto ambientale a carico del bacino del Cecina sono imputabili a diverse fonti antropiche che interessano il territorio, come i reflui dell'industria chimica, le ricadute di sostanze emesse dagli impianti per l'attività geotermoelettrica, l'assenza d'impianti di depurazione degli scarichi civili. Ad esse si associano cause naturali dovute alle particolari mineralizzazioni che caratterizzano l'area geotermica.

Le attività antropiche sono inoltre responsabili di un'evidente sottrazione di acqua al corpo idrico con elevati emungimenti dell'acqua di falda, elemento che aumenta i problemi ambientali del fiume soprattutto nel periodo estivo.

Da un punto di vista qualitativo, l'inquinamento specifico delle acque di questa zona è rappresentato da accentuati livelli di boro registrati nelle acque di falda, causati da infiltrazioni dell'acqua del fiume Cecina. Le quantità di boro registrate nel periodo 1982-1990 nelle falde raggiungevano valori superiori ai limiti normati, attestandosi intorno a 3,5 mg/l. Dopo l'introduzione della procedura di reiniezione dei fluidi e quindi la fine dello sversamento dei reflui geotermici nell'ambiente, le concentrazioni di boro registrate nelle acque di falda si sono generalmente attenuate, eccetto in alcuni pozzi dove l'acqua presenta ancora valori oltre il limite di potabilità di 1 mg/l.

Le ipotesi circa il perdurare della presenza di boro nelle acque, sono attribuite sia alle ricadute dei particolati presenti nelle emissioni provenienti dai camini delle centrali, sia come effetto della marcata anomalia geotermica che carica naturalmente le acque superficiali e sotterranee di sostanze peculiari del fenomeno geotermico.

Dal punto di vista quantitativo diversi studi sul bilancio idrico del bacino del fiume Cecina hanno accertato deficit di deflusso, attribuiti in tutto o in parte agli interventi antropici, producendo stime del deflusso di entità diversa, comprese tra 3,09 Mmc/anno e 67,72 Mmc/anno.

Per quanto riguarda la quantità di deflusso attribuita al campo geotermico, gli studi effettuati conducono a conclusioni diverse, producendo stime dissimili delle quantità d'acqua coinvolte o escludendo la possibilità che esista un deflusso consistente di acqua verso il sistema geotermico.

Alcuni studi idrogeologici sul bacino del fiume Cecina hanno ipotizzato un deflusso di acqua sotterranea di circa 11 Mmc/anno che dalla parte alta del bacino raggiunge il serbatoio geotermico di Larderello. Nello studio di Petracco e Squarci del 1975 si ipotizza un apporto di acqua dal bacino compreso tra i 9 e i 13 Mmc/anno, ipotesi considerata realistica da Celati et al. (1991) che hanno quantificato in 9 Mmc/anno il deflusso di acqua dal bacino verso il serbatoio geotermico.

Delle conclusioni opposte sono contenute nello studio di Minissale (1991), che ha ipotizzato il sostanziale isolamento del serbatoio geotermico dal circuito delle acque superficiali, argomentando che i livelli piezo-

metrici utilizzati nello studio di Petracco e Squarci si riferirebbero alle falde superficiali prive di una connessione con il serbatoio geotermico.

Nel 2002 la Regione Toscana in qualità di Autorità di Bacino ha incaricato il professor Giovanni Pranzini di redigere un Bilancio idrogeologico del Bacino del Fiume Cecina, contenente sia la definizione del deficit di deflusso con le ipotesi che la giustificano sia quella del minimo deflusso naturale.

Lo studio che ha preso in esame i dati per il periodo 1970-2002, ha ipotizzato che la quantità d'acqua che defluisce verso il sistema geotermico, sia pari alla produzione di vapore ottenuta dal processo produttivo geotermoelettrico. La quantità d'acqua è stata calcolata assumendo una produzione di vapore dal campo geotermico di circa 3000 t/h: di queste l'85% - 90% è reiniettato nel serbatoio, quindi con un consumo netto tra i 300 e i 450 mc/h di acqua, equivalente a una quantità compresa tra i 2,628 e 3,924 Mmc/anno.

Il lavoro rileva la difficoltà di identificare se i volumi provengano totalmente dal bacino del Cecina o anche da altri bacini attraverso deflussi sotterranei, poiché sono escluse con sufficiente certezza, perdite di acqua dal bacino del Cecina attraverso vie di fuga concentrate. S'ipotizza quindi che il trasferimento d'acqua ai bacini contigui avvenga per vie naturali tramite una diffusa infiltrazione profonda. Tuttavia l'autore avverte sulla possibilità che i termini naturali del bilancio idrologico (precipitazioni, deflusso ed evapotraspirazione) siano inficiati da un errore dello stesso ordine di grandezza del deficit di deflusso stesso.

Tra i numerosi elementi d'incertezza del bilancio vi è la difficoltà di quantificare l'entità del deflusso sotterraneo causato dallo sfruttamento del campo geotermico, viste le difficoltà nello stabilire la provenienza dell'acqua utilizzata nel ciclo geotermoelettrico, e le percentuali provenienti dal circuito idrologico superficiale e/o dal corpo idrico sotterraneo. Risulta quindi evidente la necessità di successivi approfondimenti e integrazioni per migliorare il quadro conoscitivo sullo stato ambientale del bacino e sulle possibili relazioni tra di esso e il campo geotermico.

L'analisi delle possibili interazioni tra serbatoio geotermico e il bacino del Cecina sono state oggetto di uno studio condotto da Enel che ha esaminato le possibili dinamiche di ricarica del sistema geotermico della zona di Larderello, Travale-Radicondoli. Secondo il lavoro, il contributo meteorico locale è estremamente contenuto ed avviene attraverso quelle zone che presentano in superficie le rocce permeabili della Serie Toscana, limitate a pochi km² e spesso isolate dal serbatoio da formazioni impermeabili.

La ricarica meteorica locale giungerebbe da acquiferi in corrispondenza degli affioramenti della Serie Toscana, connessi al serbatoio superficiale attraverso zone con bassa permeabilità che quindi limitano l'apporto di acqua al serbatoio geotermico.



Fig. 3.4 Mappa isoterme al tetto del serbatoio superficiale con indicate le possibili zone di ricarica locale. Fonte Enel, 2006.

Questa quantità di acqua proveniente dal circuito di ricarica locale è stata quantificata, utilizzando i dati sulla quantità di gas incondensabili presenti nel vapore proveniente dal serbatoio superficiale.

Infatti il vapore proveniente da acqua di ricarica locale ha un contenuto di gas quasi assente a causa dei limitati tempi di circolazione dell'acqua nel sottosuolo, mentre il vapore primario mantiene un contenuto di gas in peso del 10.7%.

Attraverso l'analisi delle variazioni nel tempo della portata di vapore totale prodotto e del rapporto gas/vapore è stata stimata sia la portata di vapore primario, sia quella del vapore proveniente da ricarica locale, quantificando l'acqua proveniente da ricarica locale in valori compresi tra i 3.3 e i 5.0 Mmc/anno corrispondente all'11% del totale del vapore estratto.

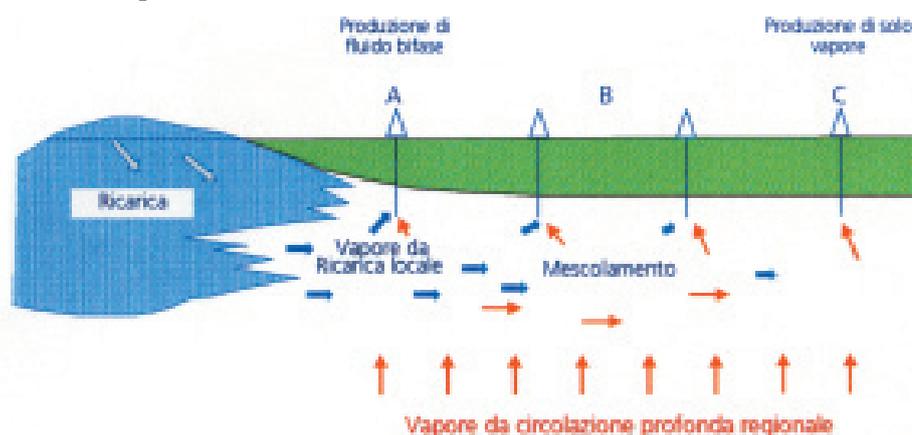


Fig. 3.5 Schema della dinamica di mescolamento tra vapore da ricarica locale e vapore primario.

Fonte Enel, 2006.

Secondo Enel le fonti principali di ricarica del sistema geotermico sono attribuibili ad acquiferi profondi caratterizzati da circolazione di tipo regionale, ipotesi sostenuta da alcune determinazioni isotopiche eseguite sul vapore che indicano una permanenza delle acque nel sottosuolo di oltre 50-70 anni, indicative di una ricarica meteorica lenta e non relativa alle precipitazioni locali.

A sostegno di questa tesi viene evidenziato come non sia stata mai registrata una correlazione tra la stagionalità delle precipitazioni e la produttività del campo, effetto che invece doveva presentarsi qualora il sistema geotermico fosse alimentato in gran parte da acqua proveniente da ricarica locale.

In conclusione il quadro conoscitivo attualmente disponibile permette di identificare in modo ancora parziale le responsabilità dell'attività geotermica per lo stato ambientale dell'acquifero del Cecina, sia per quanto riguarda l'aspetto qualitativo, sia quantitativo.

Il tema rimane aperto e suscettibile di ulteriori indagini per chiarire, sia le responsabilità attribuibili all'attività geotermica sia l'impatto che le altre attività antropiche presenti sul territorio hanno sull'equilibrio naturale del bacino del Fiume Cecina.

3.5.2 La tutela della risorsa idrica nell'area dell'Amiata

Qualità e tutela della risorsa idrica dell'Amiata sono al centro di un acceso dibattito che verte sui possibili legami tra lo sfruttamento del sistema geotermico, la sensibile presenza di arsenico nella risorsa idrica e la riduzione di questa in termini quantitativi.

In riferimento all'impatto ambientale e all'attività geotermica sulle risorse idriche dell'area amiatina, alcuni studi hanno analizzato le possibili interazioni tra sistema geotermico e corpi idrici.

Nel 1996 uno studio sviluppato da Enel sulle emissioni aerodisperse degli impianti geotermici, allo scopo di rilevare eventuali correlazioni tra concentrazioni anormali di mercurio, boro, arsenico ed antimonio nelle acque e le emissioni degli impianti geotermoelettrici ha comportato il monitoraggio delle acque e dei sedimenti fluviali della zona di Piancastagnaio.

I risultati ottenuti attraverso una serie di campionamenti stagionali effettuati in circa 100 postazioni hanno

evidenziato concentrazioni medie stagionali di Mercurio comprese tra 40 e 80 ng/l, quantità considerate estremamente contenute e in equilibrio con i livelli del fondo naturale.

L'Arsenico ha presentato valori superiori al livello del fondo solo in 3 campioni su 36 analizzati, con una concentrazione di circa 10 µg/l dimostrando secondo gli autori, che il contributo delle emissioni provenienti dagli impianti geotermici poteva considerarsi estremamente limitato.

Per i valori delle altre sostanze monitorate, boro e antimonio, la maggior parte dei campioni raccolti è stata considerata in sintonia con i valori del fondo naturale, 5 µg/l per l'antimonio e 1 mg/l per il boro. Tuttavia, sono stati registrati valori superiori in prossimità delle centrali e di strutture ad esse correlate, con medie massime stagionali di 80 µg/l per l'antimonio e di 10,5 mg/l per il boro.

Nelle conclusioni, le concentrazioni di inquinanti superiori ai valori del fondo naturale sono state attribuite ad una serie di concause tra cui: le ricadute di emissioni, il dilavamento dei piazzali, la cessione di materiale da discariche della passata attività di lavorazione del cinabro, e come effetto della variabilità delle portate d'acqua dei corpi idrici esaminati.

I dati emersi da questo studio condotto dalla società Enel sono stati oggetto di una valutazione da parte di ARPAT nel 1997, che pur riconoscendone la corretta impostazione metodologica ha ipotizzato delle conclusioni in parte diverse, attribuendo un contributo più consistente alle emissioni da fonte geotermoelettrica e consigliando di implementare attraverso apposite campagne di monitoraggio le conoscenze sul tema. In anni più recenti l'ARPAT (biennio 1999-2000), ha condotto un monitoraggio su alcuni corsi d'acqua adiacenti alle centrali geotermiche dell'area geotermica del Monte Amiata, per valutare gli effetti dell'attività geotermica nei corpi idrici della zona.

I dati emersi durante l'intero anno della campagna di monitoraggio, non hanno evidenziato delle sensibili interferenze delle emissioni degli impianti geotermoelettrici sulle popolazioni di macro-invertebrati bentonici, mentre il monitoraggio geochimico delle acque ha registrato anomalie soprattutto per due sostanze: l'arsenico e il boro. Le difformità per le due sostanze sono state rilevate soprattutto in prossimità delle centrali, registrando una qualità dell'acqua migliore già alla distanza di 500 m dagli impianti.

I livelli di arsenico riscontrati sono imputati essere i principali indicatori degli effetti indotti dallo sfruttamento del campo geotermico, sebbene condizioni simili si riscontrino anche in altre zone della Toscana (la zona delle colline metallifere, la pianura di Follonica e Scarlino) causa dell'interazione dell'acqua con le mineralizzazioni presenti nel sottosuolo.

Nel 2001 la Regione Toscana ha promosso un protocollo d'intesa con le Autorità di Bacino dell'Ombro, del Fiora e del Tevere, in cui ricade l'acquifero vulcanico del Monte Amiata, per predisporre il bilancio idrico. L'iniziativa, con finalità generali di tutela di una risorsa idrica strategica anche al di là dei confini regionali, prendeva spunto dalla necessità di valutare la sostenibilità di progetti di nuove derivazioni a fini acquedottistici considerando varie problematiche inclusa la possibile correlazione tra gli acquiferi superficiali che alimentano le sorgenti e gli acquiferi regionali profondi che alimentano i campi utilizzati a fini geotermici. Queste specifiche attività di indagine, tra quelle previste dal piano di attività stabilito col protocollo, vedono la realizzazione di un primo studio nel 2003 del CNR di Pisa con una campagna geofisica triennale tramite elettromagnetismo per definire la superficie piezometrica, l'andamento morfologico del substrato impermeabile e l'individuazione di camini vulcanici. Sulla base dei primi risultati dello studio del CNR di Pisa anche col fine di comprendere le possibili connessioni tra acquifero superficiale e sistema geotermico, nel 2005 la Regione Toscana ha affidato alla società Edra l'incarico di realizzare uno studio di rilievo strutturale e della fratturazione della formazione vulcanica dell'Amiata.

Lo studio, analizzando la struttura del vulcano, ha ipotizzato una connessione tra le vulcaniti dell'Amiata che contengono l'acquifero freatico e le formazioni evaporitiche che costituiscono il serbatoio geotermico superficiale.

Questa connessione, ipotizzata con l'impiego di un modello idrogeologico è stata attribuita a tre elementi: il contatto diretto tra vulcaniti e formazioni carbonatiche della serie Toscana; la presenza di condotti vulcanici che interessano anche la serie Toscana e che rappresenterebbero delle strutture di collegamento tra il serbatoio geotermico e le vulcaniti che ospitano l'acquifero freatico; e come conseguenza dei contatti tettonici dovuti al collasso gravitativo della struttura vulcanica.

Il vulcano sarebbe sottoposto a fenomeni di "volcanic spreading", tuttora attivi principalmente a carico della

parte meridionale della struttura vulcanica, che determinerebbero il contatto diretto tra vulcaniti e serbatoio geotermico. Questa situazione provocherebbe il drenaggio dell'acqua dalla falda superficiale verso il campo geotermico.

A sostegno della tesi sono indicati alcuni abbassamento della falda rispettivamente in località "Prato della Contessa" e "Le fonde", di 250 e 500 metri rispetto alla superficie di falda descritta nello studio Calamai del 1970, descrittiva della situazione dell'acquifero freatico precedente allo sfruttamento della risorsa geotermica. Secondo l'analisi effettuata da Edra i mutamenti sarebbero indicatori sia di un deflusso di acqua dalla falda verso il serbatoio geotermico superficiale, con effetti di depauperamento quantitativo dell'acquifero freatico, sia di una risalita di fluido geotermico verso l'acquifero, che spiegherebbe i livelli anomali di arsenico nell'acqua.

L'inquinamento della falda sarebbe, secondo lo studio, determinato dal cambiamento di pressione tra serbatoio geotermico e falda freatica.

La Regione Toscana ha assunto di recente ulteriori iniziative finalizzate a completare il quadro conoscitivo sugli acquiferi dell'Amiata necessari per una valutazione adeguata ai possibili effetti delle attività geotermiche. Una tesi opposta a quella dei risultati dell'analisi di Edra è proposta nel lavoro svolto da Enel dal titolo "Acquiferi del Monte Amiata e coltivazione geotermica", che ricostruendo la situazione geologica e idrogeologica della zona, sottolinea come le condizioni espresse nel lavoro precedente siano estranee alla realtà dell'Amiata.

L'analisi dell'assetto geologico dell'area, secondo Enel, non conferma le ipotesi di un contatto diretto tra le vulcaniti che contengono l'acquifero freatico e le formazioni carbonatiche della serie Toscana che contengono il serbatoio geotermico superficiale.

Tutto il settore meridionale dell'apparato vulcanico, interessato dai pozzi geotermici è costituito prevalentemente da formazioni geologiche che compongono il complesso impermeabile che ricopre il serbatoio geotermico. La sola sezione in cui è presente il contatto tra vulcaniti e strato superiore della serie Toscana è limitata ad una piccola area nella zona mineraria di Abbadia San Salvatore, inoltre le vulcaniti sono sovrapposte ai due campi geotermici di Bagnore e Piancastagnaio rispettivamente solo per 1/3 ed 1/5 della superficie dei campi.

Tutto ciò, secondo lo studio, preclude che la falda freatica contenuta nelle vulcaniti sia direttamente sovrapposta al serbatoio geotermico e che tra essi vi sia una contiguità tale da permettere il drenaggio di acqua e la risalita di fluido tra i due sistemi idraulici.

L'edificio vulcanico presenta una serie di fratturazioni, camini e condotti non bene identificati, che sono stati interpretati come ipotetiche vie di collegamento tra i due acquiferi.

Una connessione che, secondo il parere di Enel, se esistente, sarebbe connaturata al sistema e avrebbe dovuto in tempi geologici, portare all'equilibrio chimico, termico e di pressione i due sistemi idraulici.

Inoltre un flusso consistente di acqua in entrata o in uscita avrebbe provocato, sempre in tempi geologici, la sottrazione del calore contenuto nelle rocce e l'inevitabile estinzione del sistema geotermico.

Anche da un punto di vista quantitativo, secondo il lavoro, l'affermazione che attraverso i camini vulcanici fluiscono nel serbatoio geotermico circa 250l/s di acqua è incongruente con la quantità di fluido estratta per l'approvvigionamento dell'impianto denominato PC2, l'unico che attualmente utilizza il serbatoio superficiale. Infatti il consumo per la centrale è stato calcolato in circa 33 T/h, corrispondenti a circa 9l/s di acqua, una quantità molto inferiore a quella ipotizzata.

La tendenziale riduzione della risorsa idrica dell'acquifero dell'Amiata è, secondo lo studio, riconducibile ad una serie di concause sia naturali, dovute alla diminuzione delle precipitazioni (osservate nel periodo 1940-1987 ed evidenziata nello studio di Barazzuoli et al. 1993, 1994, 1995), sia antropiche dovute all'aumento delle captazioni nel corso degli anni (pozzi: S. Michele 1 e 2, Acqua Gialla; gallerie drenanti: D'Acqua D'Alto, Cerro del Tasca, Saragiolo; gallerie minerarie: Italia, n° 8, 11, 22) che hanno mutato il carico dell'approvvigionamento idrico sull'acquifero freatico.

A sostegno della tesi sulla separazione esistente tra acquifero freatico e sistema geotermico superficiale, viene inoltre sottolineata la naturale differenza di pressione tra i due sistemi. Nei diversi pozzi di produzione dei campi di Bagnore e Piancastagnaio che interessano il serbatoio superficiale sono state eseguite nell'arco di 40 anni numerose misure di livello e di pressione, che hanno evidenziato come i livelli piezo-

metrici (230-240 mt s.l.m) si siano mantenuti costanti nel tempo senza subire particolari variazioni di pressione, e di come i due acquiferi possedano livelli piezometrici dissimili, con i livelli dell'acquifero freatico compresi tra i 600 mt e i 1000 mt s.l.m.

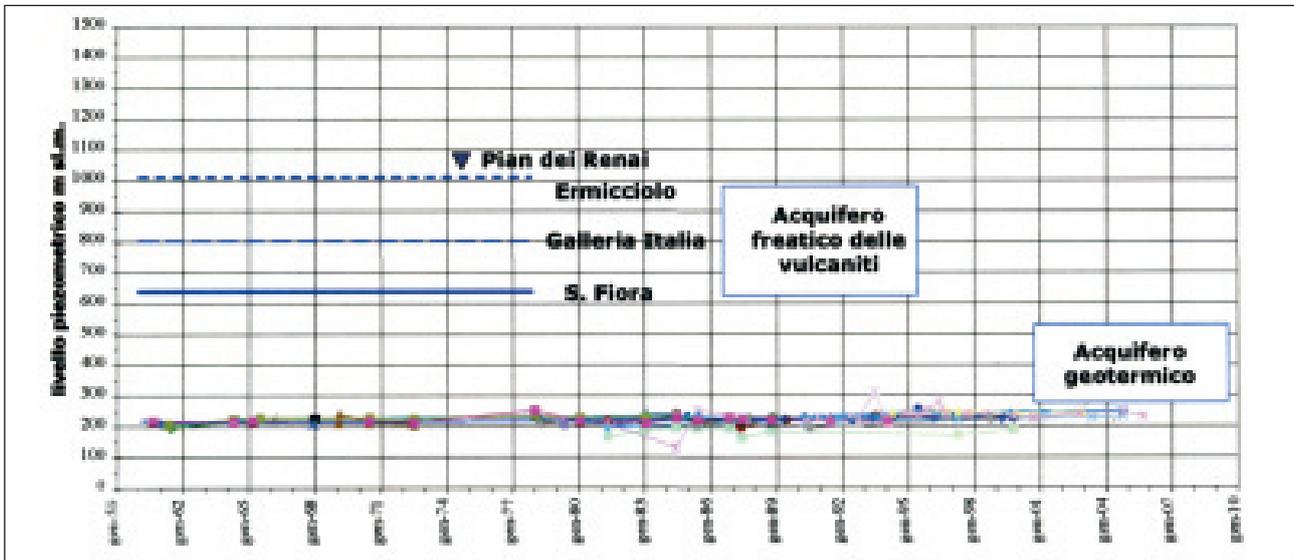


Fig. 3.6 Grafico indicante i rispettivi livelli piezometrici dell'acquifero freatico e geotermico. Fonte Enel, 2006.

Secondo Enel le diminuzioni di pressione registrate a boccapozzo durante la coltivazione dei campi, e utilizzate come indicatore di un evidente depressurizzazione del serbatoio geotermico e della possibile migrazione di fluido a danno dell'acquifero freatico, sono state interpretate in modo errato, essendo la conseguenza della particolare struttura del sistema geotermico.

I serbatoi superficiali di Bagnore e Piancastagnaio sono ospitati in due strutture a cupola denominate "trappole", che permettono l'accumulo di gas nella parte superiore della struttura. La pressione presente nelle cupole è determinata dall'altezza dell'interfaccia dell'acqua, che è funzione a sua volta del punto di sfioro denominato "spill point", cioè dalla zona inferiore del perimetro della cupola.

La massima pressione nella "trappola" si ha quando l'altezza dell'acqua è pari al punto di sfioro (spill point), il gas è confinato inferiormente dall'interfaccia liquida e intorno dalle formazioni impermeabili.

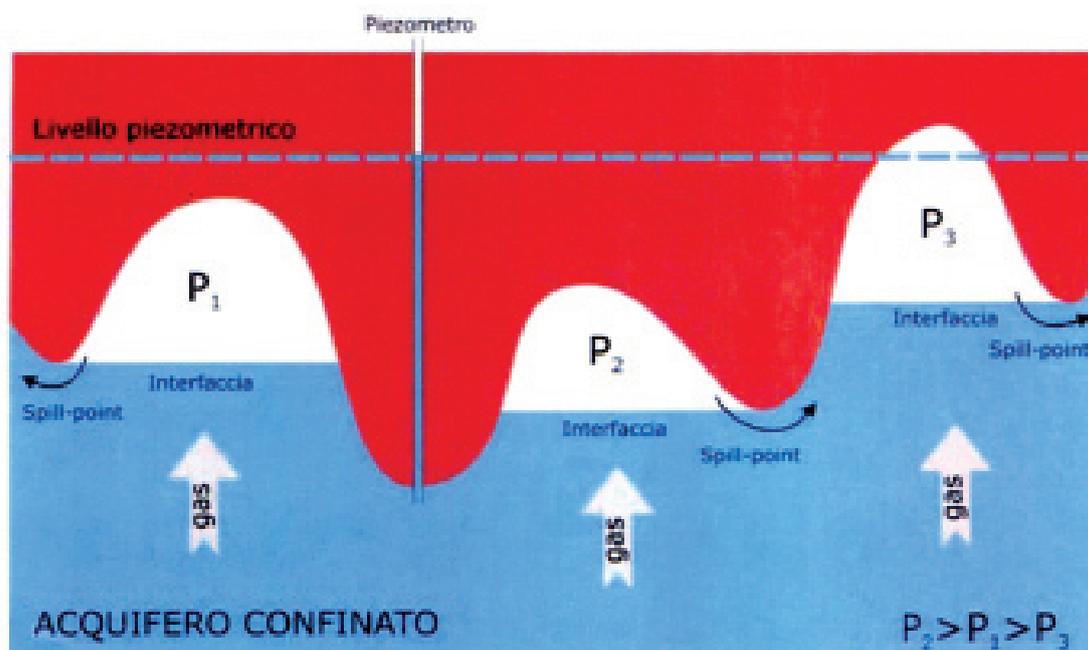


Fig. 3.7 Schema di una serie di trappole di gas con interfacce liquido (condizioni di massima pressione). Fonte Enel, 2006.

La trivellazione di pozzi che intercettano la cupola determina un abbassamento di pressione all'interno di essa in quanto una parte dei gas contenuti in essa viene estratto, provocando l'innalzamento dell'interfaccia liquida.

Le due strutture di Bagnore e Piancastagnaio sono subordinate ad un unico acquifero geotermico che ha una quota piezometrica di +230 m s.l.m, tale quota si è modificata in modo minimo nel corso degli anni; le "Trappole" avendo i punti di sfioro a quote diverse presentavano prima della coltivazione pressioni degli aeriformi di 23 e 40 bar, ed a seguito dello sfruttamento dei campi le pressioni nelle "trappole", si erano modificate arrivando a 4 e 22 bar nel 1994, con conseguente "affogamento" dei pozzi più periferici, ma mantenendo il livello dell'acqua alla quota di +230 m s.l.m. Con la cessazione della produzione dal serbatoio superficiale di Bagnore e la riduzione in quello di Piancastagnaio, le pressioni sono nuovamente aumentate, nel 2006 si sono registrate pressioni rispettivamente di 12 e 24 bar e l'abbassamento dell'interfaccia d'acqua.

Da tutto ciò secondo Enel è possibile desumere, che le pressioni registrate a bocca pozzo non sono rappresentative della pressione del sistema ma solo della pressione dell'aeriforme presente nelle trappole e che il sistema non si è depressurizzato, altrimenti il livello piezometrico si sarebbe modificato in modo accentuato; inoltre la risalita delle pressioni nelle trappole dopo la cessazione e la riduzione delle attività di sfruttamento dei campi indicano la pressoché totale separazione tra il serbatoio superficiale e quello profondo, il cui utilizzo non determina nessun effetto sul sistema superficiale.

È pertanto necessario che gli enti pubblici competenti per le funzioni di indirizzo, amministrative e tecniche per la tutela della risorsa idrica dell'Amiata, completino le attività previste per la definizione del bilancio idrico dell'acquifero. Solo così sarà possibile delineare in maniera chiara ed esaustiva l'impatto della coltivazione dei campi geotermici sulla risorsa idrica, in particolare per quanto riguarda le possibili correlazioni tra sistemi geotermici e corpi idrici sotterranei.

3.6. Le alterazioni del paesaggio

Nelle zone interessate dalla presenza d'importanti sistemi geotermici, sono inevitabilmente presenti strutture e impianti necessari allo sfruttamento di questa risorsa energetica, un complesso di installazioni che interessa ampie zone di territorio, spesso ad elevato pregio ambientale e, date le dimensioni, difficilmente si integrano con il paesaggio circostante.

La coltivazione di un sistema geotermico implica la realizzazione di una serie d'impianti: pozzi di produzione e reiniezione, vapordotti, acquedotti, centrali per la produzione che comportano un evidente impatto per l'equilibrio paesaggistico del territorio.

Gli elementi di disturbo conseguenti alla coltivazione della zona geotermica sono classificabili in temporanei, che comportano un disturbo limitato nel tempo di zone del territorio, e permanenti, che invece hanno come conseguenza la realizzazione di strutture che influiscono in modo durevole sulla prospettiva paesaggistica della zona. Tra le quattro componenti di attività che caratterizzano il ciclo geotermico (esplorazione superficiale, esplorazione profonda, sviluppo fase di costruzione impianti, e produzione), l'esplorazione superficiale produce effetti limitati perché circoscritti a un periodo relativamente breve di tempo, le altre determinano invece impatti più o meno importanti in relazione alla ricchezza naturale e paesaggistica del territorio in cui sono inseriti.

Tralasciando deliberatamente l'impatto generato dalla fase di esplorazione superficiale, e concentrando l'attenzione sulle fasi che maggiormente comportano una pressione antropica sul paesaggio, è opportuno descrivere in modo sintetico le operazioni e le infrastrutture necessarie all'utilizzo della risorsa geotermica e i principali impatti ad esse associati.

La preparazione delle aree adibite alla perforazione dei pozzi impone la creazione di un piazzale in cemento per il posizionamento dell'impianto di perforazione, che generalmente occupa una superficie di 6500 mq con adiacente a esso la realizzazione di due vasche in terra, per il contenimento dell'acqua e dei fanghi bentonici necessari alla realizzazione del casing del pozzo; inoltre, è necessaria la presenza di una strada di ac-

cesso alla postazione, per permettere il trasporto dell'apparecchiatura per la trivellazione e dei materiali per la realizzazione della postazione; in totale la superficie occupata raggiunge mediamente i 12.000 mq. Una volta che il pozzo è entrato in produzione l'area occupata dalle vasche può essere ripristinata, riducendo l'area occupata dal piazzale a circa 1000/1500 mq.

Il fluido estratto deve necessariamente essere trasportato all'impianto di produzione attraverso un sistema di vapordotti, costituito da tubazioni di acciaio del diametro tra i 150-800 mm occupanti una superficie di circa 2000 mq per km di vapordotto realizzato, il cui percorso è totalmente fuori terra per permettere un adeguato programma di manutenzione. Tutto ciò implica che la rete di condotte sia praticamente visibile per l'intero percorso, dal pozzo alla centrale, con un'altezza da terra compresa tra 0,50 e 5 mt, e con la creazione di curve ad omega per i tratti rettilinei, per compensare la dilatazione termica provocata dalle alte temperature del fluido. Alla rete dei vapordotti è associato un sistema di condotte in vetroresina del diametro di 100-200 mm per la reiniezione del fluido, spesso interrato e quindi con un impatto visivo minimo, relativo ai soli tratti che per ragioni tecniche sono fuori terra.

Il fluido è quindi convogliato alla centrale che occupa uno spazio di circa 5-10 ettari e raggiunge un'altezza massima con le torri di raffreddamento di circa 16-18 mt.

La superficie occupata dall'impianto di produzione è costituita dal piazzale sul quale è posto il fabbricato che ospita i gruppi turbina, la torre di raffreddamento, costituite da tre celle di circa 13 metri di lunghezza, 15 metri di larghezza e 16,6 metri di altezza per una lunghezza totale di 40 mt; oltre alla porzione di terreno occupata per la realizzazione della viabilità da e per la centrale.

L'Enel ha introdotto da alcuni anni questa tipologia di centrali, che hanno dimensioni ridotte rispetto ai vecchi impianti, con l'obiettivo di minimizzare il disturbo generato dall'altezza dei camini di raffreddamento. La scelta di realizzare centrali da 20 MW, ha permesso di modificare le infrastrutture necessarie al funzionamento, riducendo sia la rete di vapordotti necessaria al trasporto del vapore, sia il numero di pozzi necessari all'approvvigionamento del vapore, e di localizzare gli impianti produttivi a breve distanza dai pozzi, mitigando l'impatto sul paesaggio generato dal sistema di condotti.

Nel 1998 l'ARPAT, in qualità di organismo regionale volto alla protezione dell'ambiente, ha sviluppato, su incarico della Regione Toscana, uno studio di valutazione sull'impatto paesaggistico generato dagli impianti geotermoelettrici nella zona geotermica del Monte Amiata.

Lo studio ha avuto principalmente l'obiettivo di analizzare l'impatto ambientale delle infrastrutture geotermiche sul patrimonio vegetale, faunistico, e sulla struttura del paesaggio, identificando le fragilità ambientali delle varie zone, la propensione al dissesto di aree già occupate da impianti o interessate da progetti di sviluppo, e l'alterazione delle visuali paesaggistiche dell'area.

Per l'area di coltivazione di Piancastagnaio lo studio, in merito ad un programma di sviluppo non ancora realizzato per la costruzione di due nuove centrali (PC6 e PC7), ha attribuito impatti elevati a carico delle attività di esplorazione profonda, sviluppo impianti e produzione, relativi a occupazione, effetti di erosione e compattazione del suolo, perdita di vegetazione ed alterazione di paesaggi agro-pastorali.

L'impatto visivo è stato attribuito principalmente alla rete di impianti (vapordotti, acquedotti ed elettrodotti), che secondo lo studio rappresentano un elemento di disturbo paesaggistico elevato, mentre rispetto agli edifici delle centrali e le aree dei pozzi il lavoro ha evidenziato come l'ubicazione di queste strutture in zone morfologicamente idonee, con presenza di alberi ad alto fusto, permetta di mitigarne l'impatto visuale.

Conclusioni analoghe sono giunte anche per l'area di coltivazione di Bagnore. Nello specifico lo studio ha accertato, per la centrale denominata Bagnore 3 e le relative infrastrutture, effetti di erosione del suolo, e perdita di vegetazione, a causa delle opere di sbancamento necessarie all'installazione delle strutture; inoltre fenomeni di alterazione del paesaggio agro-pastorale, riconducibili alle strutture della centrale, alla rete di vapordotti, e acquedotti, in un ambiente spesso privo di vegetazione ad alto fusto e con visuali aperte con una conseguente alterazione dei caratteri paesaggistici dell'area.

Il problema della compatibilità degli impianti geotermoelettrici con il paesaggio circostante può essere affrontato cercando di mitigare per quanto possibile, con vere e proprie operazioni di mimetismo, la percezione degli impianti. Innanzitutto, cercando di minimizzare gli effetti sulla vegetazione esistente, approntando adeguati programmi di riforestazione con specie vegetali autoctone, in modo da non alterare il patrimonio vegetale del luogo e ristabilire le condizioni naturali originarie.

Un'ulteriore metodica per conciliare gli impianti con il paesaggio è mimetizzare la rete di vapordotti, adottando una colorazione che rispetti le tonalità del terreno, evitando l'impatto visivo generato dalle condotte di acciaio rivestite in alluminio; inoltre, è possibile limitare l'utilizzo delle curve a omega nei tratti rettilinei dei vapordotti, preferendo giunti di dilatazione a soffietto.

La scelta dei percorsi da utilizzare per i condotti può costituire un altro strumento utile a limitare l'impatto delle infrastrutture, utilizzando spazi usati per altri scopi, come disporre le condotte nei pressi della rete stradale in modo da ridurre sia l'effetto visivo sia l'occupazione di nuove porzioni di territorio.

Circa l'impianto di produzione è inevitabile che strutture di queste dimensioni siano di difficile integrazione con il paesaggio circostante, condizione riscontrabile per qualsiasi impianto industriale o progetto di sviluppo edilizio di una certa entità. Le misure per contenere la presenza degli impianti sul territorio sono essenzialmente due: scegliere adeguatamente la zona di ubicazione della centrale, evitando aree in spazio aperto che ne amplificano la visibilità e le dimensioni, e circondare l'impianto con una fitta rete di alberi ad alto fusto che riescono in parte a rendere meno visibile la centrale.

È in conclusione indispensabile agire secondo una visione integrata del territorio per inserire le soluzioni progettuali, urbanistiche e architettoniche nelle realtà specifiche locali, e individuare le opzioni che meglio si prestano all'inserimento degli impianti.

È interessante, nell'ambito della valutazione delle variabili che intervengono nel processo d'inserimento degli impianti geotermici nel territorio, accennare alla differenze in termini di percezione delle strutture da parte della popolazione delle due aree geotermiche toscane: la zona di Larderello e il Monte Amiata.

La prima, considerata la zona storica della geotermia, è stata da oltre due secoli interessata dalla presenza di attività industriali legate al fenomeno geotermico, prima con l'estrazione di boro e successivamente con la realizzazione degli impianti geotermoelettrici. Un trascorso che ha inciso nel processo culturale del territorio e ha permesso di sviluppare una cultura d'identificazione per i residenti della zona, che non solo considerano la risorsa geotermica, un'opportunità di sviluppo economico per l'area, ma l'avvertono come un elemento di caratterizzazione storico-culturale del territorio. Gli edifici storici dell'attività industriale connessa alla geotermia come le vecchie torri di raffreddamento, e la realizzazione del Museo della Geotermia che celebra sotto il profilo storico l'utilizzo della risorsa, confermano questa particolare relazione.

Completamente diverso è invece il rapporto e la percezione degli impianti geotermici nella zona del Monte Amiata, avvertiti spesso come un'intrusione ostile, responsabile di compromettere la qualità dell'habitat naturale e la bellezza paesaggistica della zona. Le cause di quest'atteggiamento possono brevemente essere individuate in due macrocause; la prima è identificabile nella storia più recente degli impianti geotermoelettrici sul territorio rispetto alla zona boracifera. Infatti, esiste uno scarto temporale di circa 150 anni tra le attività industriali collegate alla risorsa geotermia nelle due zone e quindi è naturale che la presenza delle attività geotermoelettriche sia avvertita in modo meno "positivo". La seconda di carattere ambientale è strettamente connessa alla presenza degli impianti dismessi della passata attività mineraria. Il settore ha lasciato sul territorio dell'Amiata questioni ambientali ancora aperte, con tangibili "ferite" a danno del patrimonio naturale e paesaggistico del luogo, oggi avvertite dalla popolazione in misura maggiore sia per la cresciuta sensibilità ambientale sia per la crescente vocazione turistica della zona.

3.6 Sicurezza mineraria

I programmi di messa in sicurezza di siti industriali dismessi e le operazioni di bonifica ambientale non sono oggetto di un'adeguata informazione, al di là dell'ambito specifico degli addetti ai lavori, circa l'impegno profuso e gli sforzi economici messi in atto per ripristinare l'equilibrio naturale originario di zone in condizioni ambientali precarie.

Il ripristino ambientale e la bonifica delle porzioni di territorio interessate dalla presenza delle infrastrutture connesse allo sfruttamento dei campi geotermici, rappresentano senza dubbio efficaci strumenti per minimizzare l'impatto ambientale dell'attività geotermoelettrica, e garantire la tutela, il rispetto del territorio e della popolazione residente nell'area.

La bonifica e la messa in sicurezza dei siti utilizzati per le attività di sfruttamento geotermico sono opera-

zioni complesse che comportano costi elevati e competenze molto qualificate, per questo la Regione Toscana con il piano Regionale di Bonifica del 1999 ha inteso dare impulso alle operazioni di bonifica, sostenendo sia l'azione dei privati sia quella degli enti locali nell'esecuzione degli interventi di recupero. L'analisi del piano di bonifica ambientale per le aree geotermiche della Toscana per il periodo 2001-2006 presentato agli enti locali, offre un resoconto dell'attività di bonifica compiuta fino ad oggi e informazioni sugli interventi futuri.

Per quanto concerne l'attività di bonifica sui vapordotti il piano per il periodo 2001-2006 prevedeva la demolizione di 53 km di vapordotti con un'ulteriore necessità per altri 26 km, pari all'80% del totale perché 21 km ancora utilizzati per il trasporto del vapore. Alla fine del 2007 sono stati smantellati 68 km di vapordotti dei quali 58 km in amianto, prevedendo per il periodo 2007-2009 la demolizione dei restanti 11 km.

L'attività di bonifica interessa anche le infrastrutture di supporto e ha previsto per il periodo 2001-2006 la demolizione di 30 strutture su un totale di 44, e l'eliminazione delle restanti 14 da attuare con il Piano di Bonifica per il periodo 2007-2009. La situazione al marzo 2007 registrava la demolizione di 35 infrastrutture e lavori di demolizione su 3 strutture delle 9 restanti previste dal piano di risanamento del biennio 2007-2009.

La bonifica ha come oggetto anche la raccolta a terra di porzioni di terreno contaminate da detriti di amianto appartenenti alle sezioni di vapordotti più vetuste. Lo stato di avanzamento dei lavori della raccolta a terra al marzo 2007, è di 64 MCA (materiali contaminati da amianto) m² asportati pari al 78% del totale, e la bonifica dei restanti 25 MCA m² da compiersi con il piano per il periodo 2007-2009.

I ripristini ambientali messi in atto con la funzione di restituire alla collettività zone che versano in precarie condizioni ambientali hanno previsto interventi su 143 siti. Alla data del marzo 2007 sono state compiute opere di bonifica su 95 siti dei 143 individuati. In percentuale sono stati ripristinati il 78% degli obiettivi individuati nei Piani 2001-2006 e 2007-2009.

Le chiusure minerarie (chiusura dei pozzi) attuate fino al marzo 2007 sono in percentuale l'82% del totale, le chiusure completate sono state in tutto 64, mentre nel biennio 2007-2009 sono previste ulteriori 15 chiusure. Gli interventi di messa in sicurezza e recupero hanno riguardato anche la bonifica di 51 vasche costituenti l'86% del totale, e l'obiettivo di bonificare le restanti 8 con il programma di risanamento previsto per il periodo 2007-2009.

Il trasporto dei detriti ha permesso nel periodo 2001-marzo 2007 la rimozione di 147 tonnellate di materiale delle 124 preventivamente calcolate nel programma 2001-2006. In percentuale è stato rimosso circa 88% del totale, prevedendo di rimuovere nel biennio successivo le restanti 20 tonnellate. Le operazioni descritte hanno determinato un importante sforzo economico alla fine del 2007 sono già stati spesi 30.1 milioni di € con investimenti che hanno superato del 50% la cifra stimata nel programma, e con una previsione di spesa al 2010 di circa 47.7 milioni di Euro. Sono stati previsti investimenti per oltre 20 milioni da utilizzare in interventi nell'alto Lazio, per la demolizione di vapordotti con amianto, dismessi successivamente alla stesura del piano di bonifica, e per la bonifica di aree di terreno contaminate da amianto non censite nel periodo di compilazione del programma.

4 • LE POLITICHE PUBBLICHE PER LE ATTIVITÀ GEOTERMICHE TRA GLI ANNI '90 E OGGI

4.1 La geotermia nella transizione dalla fase del monopolio pubblico a controllo statale a quella della liberalizzazione e della regionalizzazione

La dinamica di migrazione di poteri dal centro alla periferia è identificabile all'interno di una politica del decentramento sviluppata secondo il principio di sussidiarietà, criterio in grado di garantire il coordinamento tra società e istituzioni e tra le istituzioni centrali e locali ai vari livelli.

Il principio prevede che le decisioni siano prese al livello più prossimo al cittadino e alle formazioni sociali, individuando gli attori che hanno le competenze necessarie per realizzare le funzioni in maniera più soddisfacente, in una logica di sviluppo del diritto del cittadino a partecipare alla cosa pubblica attraverso un'amministrazione più efficiente e vicina ai suoi bisogni.

La Regione, in quest'ottica è diventata un livello di governo decisivo per l'ampia gamma di poteri di decisione, regolativi e di indirizzo che le sono attribuiti, e per le modalità di gestione con le quali organizza ed esercita questi poteri.

L'intervento pubblico, in relazione allo sfruttamento della risorsa geotermica, ha subito negli ultimi anni una sostanziale trasformazione in tema di titolarità dell'azione amministrativa nell'attribuzione di permessi di ricerca e concessione di coltivazione della risorsa geotermica.

Sebbene ad oggi lo Stato detti con la L.896 del 9 Dicembre del 1986 la normativa di riferimento che disciplina la ricerca e la coltivazione dei fluidi geotermici sul territorio nazionale, l'esercizio delle funzioni amministrative è delegato alle Regioni, in ragione del decentramento amministrativo disposto con L. 59/97 e più specificatamente per quanto concerne la risorsa geotermica dal D.Lgs 112/98, attuato in Toscana nel 2001. Si sono modificati in questo modo ruolo e funzione della Regione che è diventata il soggetto istituzionale in grado di guidare il futuro del settore. Un fatto importante per la Regione Toscana, visto il peso che riveste la risorsa geotermia nel panorama energetico regionale, con il soddisfacimento del 25% dei consumi elettrici utilizzando una fonte energetica rinnovabile.

Parallelamente al processo di decentramento amministrativo alla fine degli anni '90 prende avvio il profondo processo di modifica del settore elettrico in linea con gli interventi dell'Unione Europea in tema di energia, strutturati su priorità quali: liberalizzazione dei mercati, realizzazione di un mercato unico europeo dell'elettricità, raggiungimento di comuni obiettivi in tema di approvvigionamento e sicurezza energetica. Il soggetto concessionario delle attività geotermoelettriche Enel si è trasformata da ente nazionale che, dal 1963, gestiva tutte le attività del settore elettrico in regime di monopolio, a società per azioni parzialmente privatizzata con la collocazione di parte del capitale in borsa in un contesto di mercato concorrenziale in cui mantiene una posizione dominante, ma in un panorama di imprese concorrenti ricco e in forte evoluzione. In questo nuovo scenario, in Italia, è stato disciplinato il tema dello sviluppo delle fonti rinnovabili attraverso il Decreto Bersani. Tale normativa sancisce i meccanismi di promozione delle energie rinnovabili (solare, eolico, biomasse, geotermia, ecc.) in accordo con un mercato fondato sul principio della concorrenza. In pratica si sancisce l'obbligo per i fornitori di energia elettrica di inserire in portafoglio quote percentuali di energia proveniente da fonti rinnovabili, fissate ogni anno dallo stato con l'obiettivo di incentivare l'utilizzo di queste risorse per la produzione di elettricità, promuovere la formazione di un mercato dell'energia elettrica proveniente da rinnovabili, favorire la creazione di un libero mercato per il settore dell'energia. In seguito al decreto dal 2002 tutti i produttori o importatori di energia elettrica hanno l'obbligo che una quota dell'energia prodotta e/o importata provenga da fonti rinnovabili, meccanismo che prevede l'attribuzione di certificati verdi (CV), cioè titoli comprovanti la produzione di determinate quantità di elettricità "verde", oggi emessi, dal Gestore di Servizi elettrici (GSE).

In questo modo si è passati dal precedente sistema d'incentivazione tariffaria denominato Cip 6/92 ad un meccanismo di mercato competitivo, dove la domanda è determinata dall'obbligo di una quota di Energia Rinnovabile per i produttori, mentre l'offerta è rappresentata dai certificati verdi (CV) emessi da parte del GSE.

4.2 Politiche energetiche

Gli indirizzi di politica energetica per la geotermia, tra la fine degli anni '90 e oggi, si collocano nel quadro tracciato dall'Unione Europea in campo energetico con le linee guida proposte nel Libro Bianco nel 1997 e successivamente aggiornate dopo la ratifica del protocollo di Kyoto, tese ad incrementare l'utilizzo delle fonti rinnovabili fino al 12% del consumo interno lordo complessivo di energia entro il 2010, contribuendo in questo modo a ridurre le emissioni di gas serra in atmosfera. Per il settore elettrico tali proposte sono state tradotte nella direttiva 2001/77/CE, il cui accoglimento impegna i paesi membri a coprire almeno una quota del 22% del consumo interno lordo con elettricità prodotta utilizzando fonti rinnovabili entro il 2010.

L'Unione Europea ha recentemente rafforzato gli obiettivi di sostenibilità ambientale in campo energetico, da ultimo, nelle Conclusioni del Consiglio europeo di marzo 2007 si indica, tra gli obiettivi della politica energetica per l'Europa, la promozione della sostenibilità ambientale e la lotta ai cambiamenti climatici. L'insieme delle misure previste si propone di raggiungere gli obiettivi di lotta al cambiamento climatico, sicurezza degli approvvigionamenti e promozione della competitività europea.

Nelle conclusioni del Consiglio europeo del 9 marzo 2007 si fissano dunque degli obiettivi concreti da raggiungere nel 2020, tra i quali:

- una penetrazione del 20% delle fonti rinnovabili sul consumo di energia primaria;
- una riduzione del 20% del consumo di energia primaria rispetto al trend attuale;
- una riduzione del 20% delle emissioni di gas serra rispetto al 1990.

In questo nuovo scenario di indirizzi energetici dell'Unione Europea il recente documento del Governo italiano costituito dal "Position paper" dell'ottobre 2007 in cui si prefigura lo scenario che consentirebbe all'Italia di raggiungere i nuovi obiettivi di sviluppo delle rinnovabili nel 2020 nel settore elettrico, anche tramite uno sviluppo del settore geotermico attraverso un raddoppio della attuale capacità produttiva.

La politica energetica regionale si pone in sintonia con la strategia tracciata dalla politica energetica europea e nazionale, entrambe organizzate intorno a tre obiettivi principali: compatibilità ambientale, approvvigionamento energetico, e miglioramento dei servizi attraverso lo sviluppo della competitività.

Il Piano Energetico Regionale approvato nel 2000, la cui validità è stata prorogata fino al 31/12/2007, è stato il primo atto di programmazione del settore energetico che ha unito ad azioni per lo sviluppo energetico, scelte di politica ambientale in sintonia con quanto espresso nei programmi di indirizzo dell'Unione Europea. In tale documento gli obiettivi di sviluppo del settore geotermoelettrico in Toscana prevedono nel 2010 un incremento del 50% della potenza installata rispetto al 2000, passando da 600 a 900 MW.

La strategia regionale di sviluppo delle fonti rinnovabili, conseguentemente anche al nuovo assetto del comparto energetico nazionale, è in corso di aggiornamento attraverso il percorso di definizione del nuovo Piano di Indirizzo Energetico Regionale (PIER), con il quale la regione, in accordo con i compiti attribuitigli dalla Costituzione dopo la legge di modifica 3/2001, dovrà orientare il sistema energetico regionale verso l'autosufficienza, sviluppando il settore delle energie rinnovabili locali, e limitando di conseguenza le importazioni di risorse provenienti da paesi esteri.

Per quanto riguarda il settore elettrico il conseguimento dell'autosufficienza energetica è valutato raggiungibile sia attraverso l'ottenimento dell'equilibrio tra consumi e produzione regionale, sia grazie ad un maggior impiego di fonti rinnovabili per la produzione di energia. In quest'ottica è considerato strategico uno schema di *produzione elettrica distribuita*, con impianti di generazione realizzati vicino ai punti di consumo dell'energia.

Questo per più motivi tra i quali: minori perdite associate alla trasmissione di elettricità nelle linee ad alta e media tensione, possibilità di utilizzare il calore recuperato dalla trasformazione dell'energia in progetti locali, garanzia di un servizio più affidabile che riduce il rischio di interruzioni.

Un secondo strumento è individuato in iniziative volte a massimizzare l'efficienza degli impianti di generazione elettrica, sia incentivando la cogenerazione per gli impianti di produzione centralizzata e distribuita, sia migliorando la resa energetica degli impianti termici ed elettrici del settore abitativo e industriale.

Un ruolo strategico per la realizzazione dell'autosufficienza energetica è affidato allo sviluppo delle ener-

gie rinnovabili, portando al 20% il contributo dell'energia ottenuta da rinnovabili rispetto al consumo lordo, e puntando ad ottenere che il 50% dei consumi elettrici provenga da fonti rinnovabili.

La proposta di piano prevede misure in grado di sviluppare tutte le potenzialità offerte dalle risorse energetiche rinnovabili distinguendo tra finalità elettriche e termiche, agendo in una logica di intervento che si articola sul doppio ambito dell'offerta e della domanda, superando l'approccio che interpreta i consumi solo come variabile indipendente.

Per quanto riguarda l'uso della geotermia per impieghi elettrici, l'obiettivo di sviluppo proposto nel Piano Energetico Regionale (PER) approvato nel 2000 e stato riconfermato e ampliato con la proposta del Piano di Indirizzo Energetico Regionale (PIER) del marzo 2008 che fissa a il 2020 7300 GWh la produzione lorda elettrica regionale.

Non sono previsti in quest'ottica d'intervento incentivi economici pubblici per il settore, l'incremento nella produzione elettrica da fonte geotermica è considerato conseguibile sia attraverso il possibile aumento degli impianti esistenti, qualora siano superati gli attuali nodi di carattere ambientale, sia per mezzo di interventi volti a migliorare l'efficienza stessa degli impianti e la loro ecocompatibilità. Il risultato è, infatti, subordinato all'implementazione degli sforzi sotto il profilo ambientale, per migliorare l'inserimento degli impianti e delle infrastrutture nel tessuto paesaggistico della regione, agendo anche durante la fase amministrativa di rinnovo delle concessioni di coltivazione geotermica.

Infatti, le norme e i regolamenti che regolano le attività legate alla risorsa geotermica sono il frutto di interventi non coordinati succedutisi nel tempo, che complicano gli iter autorizzativi e le attività di governo in materia. Al riguardo è attualmente in compimento la nuova legge quadro regionale per le attività geotermiche, che dovrebbe disciplinare in modo più organico le attività inerenti la risorsa geotermica.

Le strategie d'intervento comprendono inoltre azioni su produzione e consumi del comparto non elettrico, migliorando l'integrazione con il tessuto degli enti e delle imprese locali, per incrementare le opportunità offerte dalla risorsa geotermica a livello locale. Per aumentare le opportunità di utilizzo di risorse geotermiche per usi diretti su scala locale è stata commissionata all'Unione Geotermica Italiana una campagna di ricerca su tutto il territorio regionale, con l'obiettivo di raggiungere i 60 MW termici nel 2010.

Gli interventi circa gli usi termici del calore geotermico si distinguono tra finanziamenti di progetti di teleriscaldamento urbano, utilizzo del calore geotermico in attività florovivaistiche e del settore agroalimentare.

4.3 Politiche ambientali

Nella seconda metà degli anni '90 i principali strumenti di politica ambientale posti in essere nei confronti delle attività di sfruttamento della risorsa geotermica riguardano gli interventi di natura legislativa e amministrativa, inerenti l'introduzione della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (V.I.A) e la nascita del nuovo sistema dei controlli ambientali.

Per quello che riguarda la V.I.A. va ricordato che la legge 896/86 costituisce a tutt'oggi la normativa specifica che disciplina le attività di ricerca e coltivazione dei fluidi geotermici sul territorio nazionale; la legge inizialmente prevedeva che le funzioni amministrative di rilascio delle concessioni fossero attribuite a più soggetti in funzione del rilievo nazionale o locale della risorsa, Ministero dell'industria, Regioni a statuto speciale, Regioni ordinarie, Province autonome.

In seguito, con il decentramento amministrativo realizzato con la Legge 59/97, la competenza amministrativa sulle risorse geotermiche è stata delegata alle regioni mentre lo Stato conserva il potere legislativo e di indirizzo.

Il procedimento di decentramento amministrativo si è concluso solamente nel 2001, quando si è compiuto il trasferimento di risorse economiche e tecniche dallo Stato alle Regioni. Sotto il profilo ambientale, le norme di riferimento iniziali erano quelle disposte nell'art.11 della L. 896 " ... disposizioni a salvaguardia dell'integrità ambientale, dell'equilibrio ecologico e dell'assetto urbanistico ... " le quali stabilivano che la richiesta di concessione di coltivazione deve essere accompagnata da una valutazione preventiva delle modifiche ambientali riferibili al progetto, e delle opere di recupero ambientale che si propone di eseguire.

Una procedura di valutazione di impatto ambientale sostanzialmente diversa da quella regolata dalle norme che in linea generale regolano la procedura di V.I.A. che però non prevedeva alcun riferimento alle attività geotermiche. Tale vuoto legislativo in materia è stato colmato a livello nazionale dal DPR del 12 aprile 1996, e con il Decreto del Presidente del Consiglio del 3 settembre 1999.

Il quadro normativo, per quanto riguarda la Regione Toscana, è stato perfezionato con la Legge Regionale n° 79/98, con la quale gran parte delle competenze di valutazione di impatto ambientale sono state assunte dall'autorità regionale.

La procedura di V.I.A., regolata dalla Legge Regionale n° 79/1998, garantisce che le decisioni amministrative relative a progetti ed opere di competenza regionale tra cui quelli inerenti l'attività geotermica, siano prese tutelando la conservazione delle risorse naturali, la protezione del territorio, e salvaguardando la salute umana per garantire nell'ambito della programmazione territoriale un orientamento di sviluppo sostenibile. La procedura di V.I.A., rappresenta un processo coordinato per garantire che nella realizzazione di nuove opere o la modifica di quelle esistenti, siano contenute misure in grado di ridurre e minimizzare l'impatto ambientale in linea con l'indirizzo tracciato dagli interventi e dalla normativa comunitaria e nazionale in materia. L'iter autorizzativo per gli impianti geotermici è quindi subordinato alle prescrizioni che l'autorità competente per la procedura di V.I.A. ha il potere di richiedere al proponente, per armonizzare il progetto alle esigenze di sostenibilità ambientale e di tutela di aspetti socio-economici.

Per quello che riguarda le funzioni di controllo ambientale, in sintonia con l'evolversi degli strumenti amministrativi di controllo preventivo sugli insediamenti produttivi e sulle fonti emmissive, hanno subito negli ultimi anni una trasformazione, passando da puro strumento di controllo repressivo dei comportamenti illeciti, a dispositivo strategico di prevenzione e conoscenza del territorio.

Il concetto di controllo si è ampliato sia per quanto riguarda il fine, volto al miglioramento della qualità ambientale, sia per quanto concerne l'aspetto delle procedure che hanno interessato tutte le matrici ambientali (aria, acqua, suolo, specie vegetali), e riguardato anche gli aspetti gestionali legati ai processi produttivi. L'attività di controllo è diventata quindi uno strumento complesso di conoscenza ed intervento che opera in stretta connessione con i momenti autorizzativi, indispensabile per l'elaborazione delle politiche, la loro attuazione e valutazione.

Con lo scopo di migliorare le iniziative in tema di tutela ambientale la Regione Toscana ha individuato nella riorganizzazione dei controlli ambientali, uno degli interventi centrali per la promozione dello sviluppo sostenibile, e indicato l'ARPAT come soggetto tecnico privilegiato per le attività di controllo, conoscitive e di monitoraggio in campo ambientale.

È in questa prospettiva che la Regione ha commissionato all'agenzia diversi progetti tra i cui quello relativo allo studio di impatto della geotermia, costituito da un programma di monitoraggio su più matrici ambientali e su controlli eseguiti direttamente sulle strutture produttive. L'attività, che ha inizio nel 1997, oltre a rappresentare uno strumento conoscitivo dell'impatto sul territorio delle principali sostanze inquinanti relative alla risorsa geotermica, assolve anche una funzione di controllo per le modalità di gestione della risorsa da parte del concessionario.

Alla fine degli anni '90 emergono, con particolare riferimento all'area dell'Amiata, le problematiche ambientali connesse alle attività geotermiche. L'attenzione per tali problematiche sale, con forza, tra il 2000 e il 2002 anche a seguito di alcuni eventi sismici e incidenti avvenuti nel comune di Piancastagnaio; eventi sismici e incidenti per i quali è ipotizzata una connessione con lo svolgimento delle attività geotermoelettriche presenti. In questo contesto l'Amministrazione regionale, nel pieno delle sue nuove competenze in materia di geotermia, vara un piano di interventi che cerca per la prima volta di affrontare le problematiche emerse nel loro insieme. Il piano di interventi adottato dalla Giunta Regionale nel settembre del 2002 prevedeva tra gli altri:

- *immediata dismissione della centrale di PC2 e riordino complessivo dell'assetto degli impianti geotermici nel comune di Piancastagnaio che garantisca le massime condizioni di tutela ambientale e di fornitura del calore necessario alle attività floro-vivaistiche;*
- *accertamenti tecnici sui pozzi del campo superficiale ed analisi sull'andamento delle manifestazioni naturali per indagare sulle possibili cause dei due incidenti avvenuti nel comune di Piancastagnaio*

- e, in base alle risultanze, individuazione delle eventuali iniziative di prevenzione degli incidenti;*
- *l'installazione prioritaria dei nuovi impianti di abbattimento delle emissioni presso tutti gli impianti dell'Amiata e l'estensione graduale e generalizzata, a partire dai nuovi impianti, a tutte le centrali geotermiche;*
 - *attuazione della campagna di controllo del rispetto dei limiti alle emissioni degli impianti geotermici;*
 - *accelerazione del programma di chiusura mineraria dei pozzi non utilizzati e ripristino ambientale dei siti geotermici assicurando precise scadenze in tutte le aree interessate dal problema;*
 - *definizione del bilancio idrico degli acquiferi dell'Amiata e individuazione dell'impatto connesso allo svolgimento dell'attività geotermica;*
 - *definizione dell'incarico all'I.N.G.V. per la valutazione della sismicità dell'area Amiatina in relazione alla presenza geotermica;*
 - *prosecuzione ed ampliamento delle campagne di monitoraggio ambientale già avviate dall'ARPAT;*
 - *comunicazione sui risultati delle attività in stretto rapporto con le comunità locali, soggetti economici e sociali interessati anche attraverso il Forum dell'Agenda 21 locale dell'Amiata;*
 - *l'acquisizione da parte di Enel di un preciso piano industriale strategico che indichi con esattezza gli obiettivi, i programmi, gli strumenti per realizzarli e che comprenda impegni certi verso le varie zone, soprattutto in termini di ricerca e coltivazione, ambiente e uso del calore, occupazione e rapporti col territorio.*

La più recente evoluzione delle politiche ambientali in Toscana si colloca all'interno di un modello integrato di sviluppo che mira alla ricerca dell'equilibrio tra le esigenze di crescita economica e sociale da una parte e la gestione accurata delle risorse naturali, cercando di prevenire, ridurre ed eliminare il degrado ambientale connesso alle attività umane. Si tratta di coniugare interessi diversi, per favorire uno sviluppo armonico delle attività industriali in sintonia con le esigenze di salvaguardia ambientale del territorio e del patrimonio naturale. Si sviluppa in questo modo un approccio sistemico alle problematiche ambientali, in grado di essere più incisivo nella definizione degli interventi, e per la soluzione delle questioni.

È in questa prospettiva che, oggi, si colloca l'intervento della Regione Toscana, attraverso il Piano Regionale di Azione Ambientale (PRAA), che indirizza e stabilisce le linee guida per gli interventi nei diversi settori ambientali, in una logica d'integrazione tra il Piano Regionale di Sviluppo e i singoli piani di settore. Il Piano si caratterizza per strategie che mirano ad integrare i diversi interventi in materia di politica ambientale, sviluppando sinergie con le altre politiche regionali ed evitando la semplice sommatoria di interventi settoriali, il tutto agendo secondo il principio di sussidiarietà, che pone l'istituzione regionale quale soggetto più appropriato per gestire i poteri regolativi, di programma e indirizzo rispetto a specifici aspetti e tematiche legate al territorio. In questa chiave sia il PRAA 2004-2006 che il successivo PRAA 2007-2010 individuano *zone di criticità ambientale* che costituiscono ambiti territoriali in cui uno o più fattori di crisi ambientale richiedono interventi fortemente contestualizzati e capaci di integrare efficacemente le diverse linee di politiche ambientali con quelle di settore (economiche, energetiche, territoriali, per la salute ecc.). Tra le 24 zone di criticità ambientale individuate a livello regionale tramite il PRAA fin dal 2004, vi è quella dell'Amiata fortemente caratterizzata dalle problematiche connesse alle attività geotermiche. Tra gli elementi più rilevanti messi in evidenza vi è l'opportunità di una *"maggiore ambientalizzazione e perfezionamento degli aspetti socio-economici per consentire il mantenimento e possibili sviluppi dell'attività geotermica"* e in termini di azioni previste: un *"ammodernamento delle centrali con progressiva installazione degli impianti di abbattimento delle emissioni"* e la *"ricerca di un assetto condiviso delle centrali comprese nella concessione Piancastagnaio"*.

Come visto nel terzo capitolo, l'azione della Regione rispetto agli obiettivi indicati nello specifico piano di interventi dell'ottobre 2002 e nel PRAA, ha consentito di raggiungere, negli ultimi anni risultati significativi su molti terreni. A titolo di esempio, nel periodo 2002-2005 l'attività di controllo direttamente sugli impianti ha comportato il prelevamento e l'analisi di 1482 campioni, per complessive 6801 determinazioni analitiche; mentre l'attività di monitoraggio della qualità dell'aria nelle aree geotermiche ha raccolto nella campagna del 2005 rilevamenti per oltre 14000 ore/lavoro.

Tra le azioni ambientali individuate dal Piano Regionale di Azione Ambientale, gli interventi di bonifica ambientale hanno rivestito un ruolo di primo piano al fine di eliminare il rischio ambientale e sanitario e restituire zone del territorio ad una normale utilizzazione da parte dei cittadini.

Le politiche di bonifica, che si specificano in misure volte a consentire la conclusione degli interventi per la messa in sicurezza dei siti identificati, estendere le procedure di bonifica e sostenere gli interventi di bonifica in presenza di soggetti inadempienti, hanno inoltre la finalità di migliorare la conoscenza delle situazioni ancora latenti, a sostegno di una valida azione di monitoraggio per prevenire lo sviluppo di situazioni critiche future.

Per quanto riguarda le attività legate alla risorsa geotermica, l'analisi delle operazioni di bonifica finora attuate, dipingono un quadro abbastanza positivo degli interventi realizzati per il recupero di zone versanti in precarie condizioni ambientali.

Lo stato di avanzamento dei lavori al marzo del 2007 per le operazioni di chiusura mineraria, ripristino ambientale, demolizione di vapordotti, raccolta a terra ecc., ha superato gli obiettivi fissati dal piano per il periodo 2001-2006, e realizzato l'80% degli interventi complessivi previsti per il periodo 2001- 2010.

La situazione sebbene ancora in evoluzione e con margini di intervento da aggiornare nel prossimo futuro, rappresenta senza dubbio un'evoluzione nel modo di gestire il "dopo" impianti, utile non solo per recuperare materialmente zone di territorio segnate dalle attività di coltivazione geotermica, ma funzionale anche per arricchire la trama di relazioni che coinvolge i diversi attori con ruoli, poteri e interessi differenti.

5 • ACCETTABILITÀ SOCIALE DELLA GEOTERMIA

5.1. Lo sviluppo delle attività geotermiche e dei territori interessati

Lo sviluppo dell'attività geotermoelettrica nel nostro paese assume una valenza particolare sia per il rilievo storico di questa attività industriale, che nasce in Italia nel 1913, sia per il suo carattere "autoctono", con la totalità della produzione nazionale concentrata nel territorio della Toscana.

L'evoluzione del settore nel corso del tempo, la crescita degli impianti e la loro ubicazione, possono essere considerati un indicatore della crescita industriale ed economica del settore e del suo contributo in termini di sviluppo socio-economico per il territorio.

Il settore geotermoelettrico italiano fonda le sue radici nell'esperienza industriale realizzata a Larderello nel secolo diciannovesimo, con lo sfruttamento industriale del boro. L'estrazione del boro, prima da affioramenti naturali presenti nella zona e successivamente attraverso l'utilizzo di tecniche di perforazione, crea i presupposti per lo sviluppo della produzione elettrica da fluido geotermico che, dopo il primo esperimento del 1904, inizia industrialmente nel 1913 con l'entrata in esercizio della prima centrale geotermica al mondo, denominata Larderello 1, costituita da un gruppo turboalternatore da 250 kW. Negli anni successivi, tra il 1914 e il 1916 furono completati i lavori di realizzazione della prima linea elettrica alimentata a energia geotermica, che forniva l'elettricità agli impianti chimici di Larderello, agli abitati di Pomarance, Saline di Volterra e Volterra.

Le tecnologie disponibili all'epoca non permettevano ancora di utilizzare il fluido geotermico direttamente in turbina, le sostanze corrosive e incrostanti contenute nei fluidi obbligavano a utilizzare nel processo di produzione elettrica il cosiddetto *ciclo indiretto*; il fluido era utilizzato per scaldare un fluido di lavoro (acqua dolce) che vaporizzando azionava le turbine. Gli sviluppi tecnologici consentirono di migliorare il processo produttivo e nel 1923 fu installato a Serrazzano un primo impianto sperimentale da 23 kW a ciclo diretto, che permise di testare l'uso del vapore geotermico direttamente in turbina.

I risultati raggiunti con l'impianto di Serrazzano portarono, tra il 1926 e il 1927 alla realizzazione della centrale di Castelnuovo Val di Cecina, con l'installazione di due gruppi geotermoelettrici a ciclo diretto da 600 e 800 kW.

Negli anni successivi la potenza installata subì un notevole sviluppo, tra il 1935 e il 1939 fu realizzata la centrale geotermoelettrica "Larderello 2", costituita da 6 gruppi da 10 MW ciascuno. L'impianto era a ciclo indiretto, poiché la produzione di acido borico e degli altri composti ottenuti dai fluidi geotermici era ancora economicamente vantaggiosa.

Dal 1940 al 1943 la centrale di Castelnuovo Val di Cecina fu dotata di 4 gruppi da 10 MW a ciclo indiretto, mentre a Serrazzano e in località Sasso Pisano entrarono in funzione rispettivamente due gruppi a ciclo diretto di 3,5 e 5 MW, e un gruppo da 3,5 MW.

Alla fine del 1943 la potenza installata con le 5 centrali geotermoelettriche risultava essere di 129,9 MW, di cui 107 MW a ciclo indiretto e 16,9 MW a ciclo diretto, con una produzione di circa 909 GWh.

Le ricadute in termini di sviluppo economico e occupazionale per la zona furono evidenti, Larderello e le aree limitrofe rappresentarono il primo distretto dell'energia d'Italia e del mondo con competenze e tecnologie in grado di utilizzare la risorsa geotermica. Date le notevoli dimensioni degli impianti e la loro ubicazione in un territorio relativamente lontano da grossi centri urbani dotati di infrastrutture e attrezzature industriali, sorsero la necessità di realizzare importanti officine di servizio, in grado di garantire la manutenzione degli impianti. Il mantenimento dei gruppi turboalternatori, gli interventi di manutenzione del parco sonde e la costruzione e manutenzione dei vaporedotti resero necessaria la costituzione di officine meccaniche ed elettromeccaniche, insieme all'istituzione di appositi corsi di specializzazione del personale.

Le centrali realizzate tra il 1914 e il 1944, e gli impianti di produzione chimica furono completamente distrutti dagli eventi bellici nella primavera-estate dello stesso anno, si concluse così il primo ciclo di evoluzione per il settore.

Le competenze tecniche acquisite e gli ingenti investimenti per il ripristino degli impianti e delle infrastrutture distrutte, permisero in pochi anni di iniziare una seconda fase di sviluppo, tuttora in corso.

Il programma di ripristino degli impianti prende avvio nel biennio 1946-1948 con l'entrata in funzione della centrale di Castelnuovo Val di Cecina, e successivamente con la realizzazione nel 1950 dell'impianto di Larderello (Larderello 3); riprende così impulso l'attività di produzione ed esplorazione nell'area geotermica. Gli anni '50 sono un momento di notevole crescita per il settore, tra il 1949 e il 1955 sono perforati 17 nuovi pozzi in località Travale, un'area limitrofa alla zona storica di estrazione, i risultati ottenuti (154 t/h di vapore) favoriscono l'installazione nel 1951 di un gruppo da 3.5 MW, impianto che rimarrà in esercizio fino al 1961.

Nel decennio entrano in funzione le centrali di Serrazzano (1957), Monterotondo e Sasso Pisano (1958) tutti gli impianti sono dotati di gruppi a ciclo diretto, mentre è soppressa la produzione di bicarbonato d'ammonio e di zolfo. L'installazione di impianti dotati di ciclo diretto determina la diminuzione della produzione di soluzioni boriche concentrate, ciò induce ad utilizzare per la produzione di derivati dal boro un borato di calcio (colemanite) importato dalla Turchia.

Negli anni '60 il patrimonio geotermoelettrico si incrementa con la realizzazione di nuove centrali in località Lago, con un impianto costituito da 3 gruppi da 22 MW, con gli impianti di Lagoni Rossi 1 e 2, Gabbro, Sasso Pisano 2, Capriola e Sant'Ippolito e con le centrali realizzate nella zona del Monte Amiata.

Infatti, oltre all'area geotermica "storica" in quegli anni comincia la coltivazione del sistema geotermico amiatino in località Bagnore e Piancastagnaio, ampliando il patrimonio geotermoelettrico con le centrali di Bagnore 1 e 2, Senna e in seguito, nel 1969, con l'impianto di Piancastagnaio.

Nel corso degli anni alcuni impianti sono rinnovati, altri cessano la loro attività, altre centrali sono realizzate in nuove zone produttive; negli anni '70 l'attività di esplorazione e sviluppo del settore rallenta, gli interventi più significativi riguardano l'ammodernamento dell'impianto di Serrazzano e la realizzazione della centrale di Radicondoli nel 1979; inoltre una serie di piccoli impianti a scarico libero sono realizzati a Travale e Vallonsordo.

I programmi di sviluppo del settore (campagne esplorative, procedura di reiniezione) riprendono vigore alla fine del decennio, determinando negli anni '80 l'incremento degli impianti geotermoelettrici con la realizzazione di nuove centrali sia nell'area geotermica di Larderello, Travale-Radicondoli (Molinetto 2 a Castelnuovo Val di Cecina, Lagoni Rossi 3 a Pomarance, Cornia 1 e la Leccia sempre a Castelnuovo Val di Cecina, la centrale San Martino nel comune di Monterotondo, e gli impianti di Pianacce, Rancia 1 e 2 a Radicondoli) sia di un nuovo impianto (Bellavista) realizzato nell'area geotermica del Monte Amiata.

Agli inizi degli anni '90 entra in esercizio la centrale di Valle Secolo da 120 MW, seguita nel 1994 dall'impianto Cornia 2 che affianca l'omonimo Cornia 1, e dalle centrali Farinello (1995), Nuova Sasso che sostituisce l'impianto del 1958, le Prata (1996), Monteverdi 1 e 2 (1997), e tra il 1997 e il 1998 le centrali Carboli 1, Carboli 2 e Selva 1. Anche nei campi geotermici del Monte Amiata aumentano il numero di impianti per la produzione elettrica, dove nella zona di Piancastagnaio tra il 1990 e il 1996 sono realizzate le centrali Piancastagnaio 3, 4, 5, tutte del tipo unificato da 20 MW di potenza.

A Bagnore nel 1998 entra in funzione la centrale Bagnore 3, mentre a Latera, nell'alto Lazio, nel 1999 viene realizzato l'impianto omonimo.

Dal 2000 ad oggi lo sforzo maggiore ha riguardato l'ammodernamento di numerosi impianti sia nella zona geotermica di Larderello, Travale-Radicondoli, che in quella del Monte Amiata, inoltre nuove centrali sono entrate in produzione sia a Larderello (Centrale Sesta 1), sia a Travale (Centrali Travale 3 e 4). L'età media degli impianti calcolata escludendo la centrale Piancastagnaio 2, rimasta in funzione per garantire il vapore ad un impianto florovivaistico della zona e prossima ad essere dismessa, è poco più di 6 anni. Alla fine del 2006 risultano in servizio 31 impianti, 20 di questi ubicati nel campo di Larderello, 6 in quello di Travale-Radicondoli, 5 nell'area del Monte Amiata, per una potenza totale installata di 810,5 MW.

Le mappe che seguono mostrano lo sviluppo nel tempo e nel territorio delle due aree interessate della Toscana, degli impianti e delle attività geotermoelettriche.

Centrali presenti nei campi geotermici alla fine degli anni '50.



Fig. 5.1 Centrali geotermoelettriche nella zona Monte Amiata. Elaborazione Amici della Terra (2007).



Fig. 5.2 Centrali geotermoelettriche nella "zona boracifera". Elaborazione Amici della Terra (2007).

Centrali presenti nei campi geotermici alla fine degli anni '70.

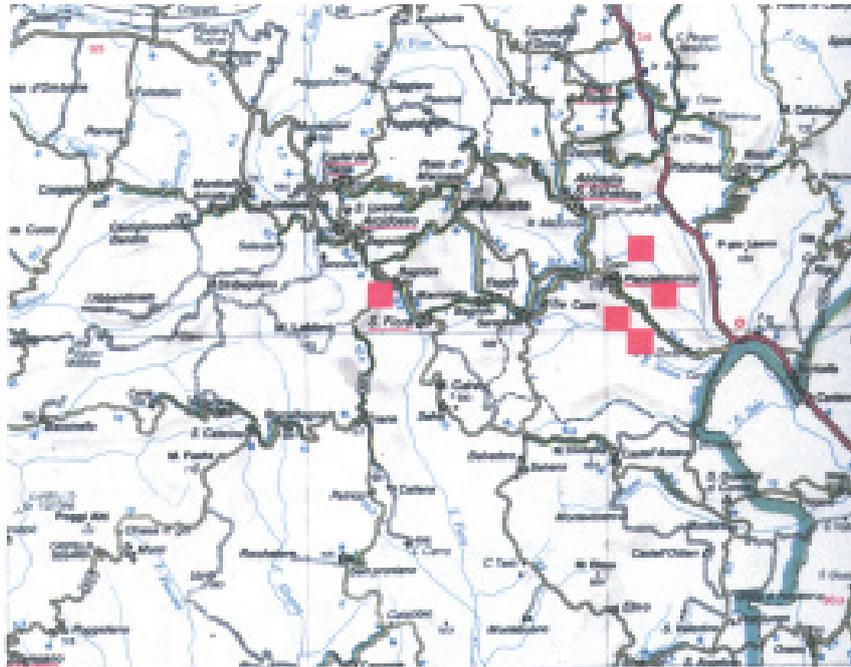


Fig. 5.3 Centrali geotermoelettriche nella zona Monte Amiata. Elaborazione Amici della Terra (2007).



Fig. 5.4 Centrali geotermoelettriche nella “zona boracifera”. Elaborazione Amici della Terra (2007).

Centrali presenti nei campi geotermici nel 2006.



**Fig. 5.5. Centrali geotermoelettriche nella zona Monte Amiata.
Elaborazione Amici della Terra (2007).**

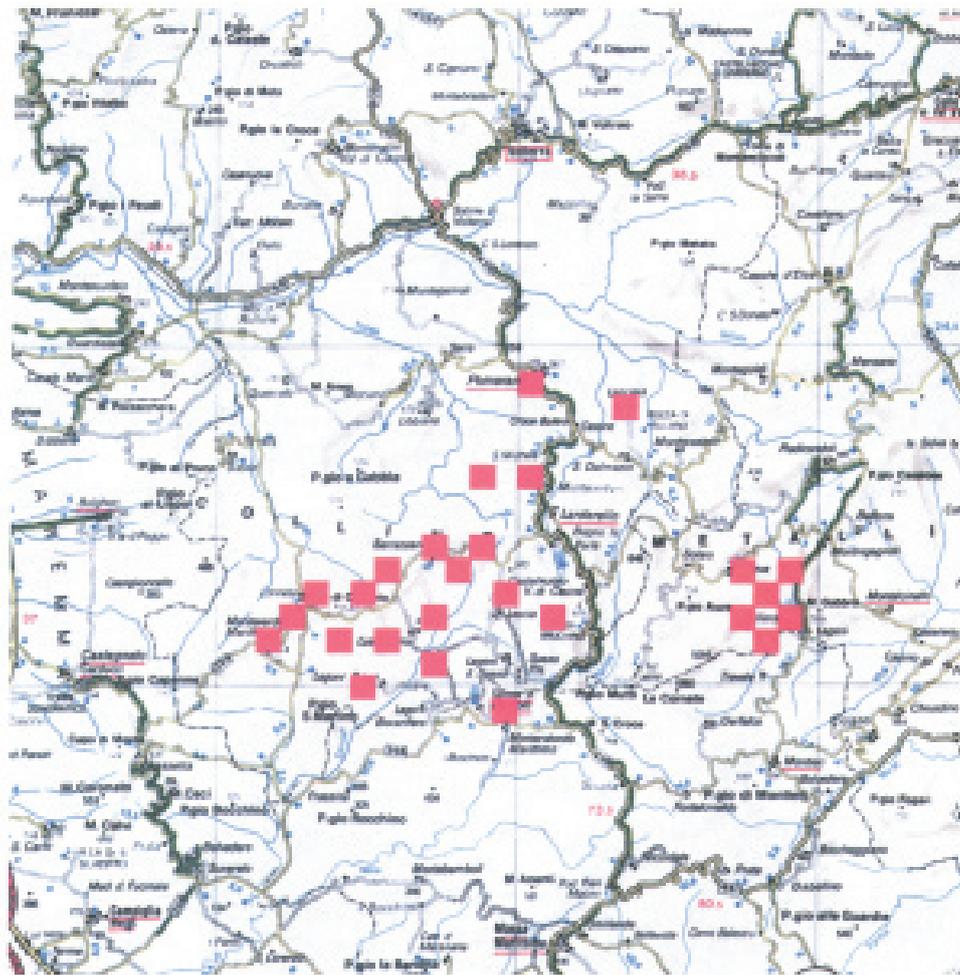


Fig. 5.6 Centrali geotermoelettriche nella “zona boracifera”. Elaborazione Amici della Terra (2007).

Nel 2004 a fronte delle sollecitazioni da parte della Regione Toscana, la società Enel ha predisposto e presentato un piano industriale di sviluppo per il settore geotermoelettrico che prevedeva investimenti per 250 M€ di cui 50 per la realizzazione di nuovi impianti, 70 per attività di esplorazione e 60 per attività di ambientalizzazione e bonifiche.

L'attività industriale legata alla geotermia ha senza dubbio contraddistinto in passato la vita, le relazioni, lo sviluppo economico e sociale delle aree geotermiche, rappresentando spesso l'unica alternativa di carattere industriale in aree legate ad un'economia di tipo agricolo o caratterizzate da esperienze di piccola imprenditoria artigianale.

In un primo periodo i rapporti tra l'impresa concessionaria e le comunità delle zone geotermiche sono stati il più delle volte improntati su tematiche quali: livelli occupazionali, prospettive di sviluppo del settore, piani di sviluppo industriale ecc., un confronto che si è focalizzato principalmente su aspetti legati al mondo economico e del lavoro.

Per alcuni decenni l'industria geotermoelettrica ha rappresentato per queste comunità un "salvagente" in grado di assicurare il miglioramento del contesto socio-economico, favorendo la creazione di un indotto economico in stretta simbiosi con il settore, buone prospettive occupazionali in aree con scarse opportunità lavorative, e la diffusione di una cultura professionale specialistica unica nel suo genere.

In questa prima fase, che si conclude in pratica con il decennio '80 la geotermia è sempre stata considerata una risorsa in grado di generare un'energia pulita, sicura, e rinnovabile, tale da rappresentare una valida risposta alla crescente richiesta energetica. In questo scenario quindi, i rapporti tra impresa e territorio, sebbene a volte non meno conflittuali di oggi sono sempre stati improntati sul doppio ambito "sviluppo industriale-progresso socio-economico"; all'impresa perlopiù erano avanzate richieste circa i piani di sviluppo del settore, le prospettive occupazionali, e le conseguenti ricadute per il territorio.

Negli anni '90 comincia a cambiare la natura delle istanze, complice una maggior sensibilità dell'opinione pubblica per le tematiche ambientali: il contraddittorio si arricchisce di argomenti come l'impatto ambientale della risorsa, gli effetti sul patrimonio naturale e paesaggistico, le conseguenze per la salute; temi che hanno acquistato sempre più spazio, e che oggi assumono un ruolo centrale nelle dinamiche relazionali tra il concessionario e il "territorio" inteso come corpo sociale.

A ciò si devono aggiungere le trasformazioni di natura tecnologica e i processi di ristrutturazione industriale, che hanno determinato un generale ridimensionamento delle ricadute occupazionali in ambito locale, accentuando la necessità di trovare ulteriori itinerari percorribili per il futuro dei territori e nell'utilizzo della risorsa stessa.

Quello che emerge analizzando i rapporti tra concessionario e territorio è che le due tematiche principali "crescita economica" e "compatibilità ambientale", acquistano peso e misure diverse in base alla connotazione geografica dell'area geotermica.

Analizzando la rassegna stampa degli ultimi dieci anni è evidente che il rapporto tra territorio e risorsa geotermica è caratterizzato da dinamiche diverse nelle due aree interessate dal fenomeno, circostanza che modifica il tipo di relazioni instauratesi tra Enel, l'impresa concessionaria, e le comunità delle due zone.

Nell'area geotermica di Larderello e Travale-Radicondoli il confronto è stato in passato ed è ancora oggi soprattutto caratterizzato da istanze sulle prospettive di crescita del settore, percependo la risorsa una ricchezza da valorizzare nell'interesse stesso della collettività locale.

Senza lasciare da parte il tema della tutela ambientale ampiamente avvertito anche in questa zona, l'industria geotermica non è messa in discussione, non è avvertita come una "minaccia", e gli sforzi sono concentrati per coniugare la presenza degli impianti con iniziative che abbiano un ritorno diretto sul territorio. Sebbene i toni del dialogo tra impresa e parti sociali, istituzioni del governo locale, sindacato, associazionismo, cittadini, siano stati tutt'altro che pacati, sono confinabili nel normale clima che può instaurarsi tra attori che si muovono secondo una logica "costi-benefici". Dalla cronaca emerge comunque lo sforzo di integrare i programmi di sviluppo dell'attività geotermica con i progetti di valorizzazione ambientale ed economica del territorio.

Altro scenario è invece quello che si presenta nella zona del Monte Amiata, dove ormai da più di dieci anni è in corso una controversia tra il concessionario e le comunità della zona che ha inasprito il confronto, fino

a creare una situazione d'immobilità che ostacola la ricerca di soluzioni efficaci alle questioni sollevate. I temi principali dello scontro hanno per argomento la compatibilità dell'attività geotermoelettrica con il territorio, articolandosi tra i potenziali effetti sull'ambiente in termini di qualità dell'aria, di effetti sul patrimonio idrico e sull'incompatibilità dell'utilizzo industriale della risorsa con le prospettive di sviluppo turistico; a cui si aggiunge, anche se in toni minori, la questione di garantire l'attività ed i livelli occupazionali del comparto e di realtà imprenditoriali locali legate al ciclo geotermoelettrico.

Sebbene le iniziative di monitoraggio e ricerca realizzate dagli enti competenti sull'impatto ambientale provocato dalla coltivazione della risorsa geotermica nell'Amiata sono aumentate nel corso degli anni, migliorando le conoscenze scientifiche sul tema, ad oggi non hanno contribuito a moderare i toni del conflitto e consentire di affrontare le questioni in maniera costruttiva.

La mancanza di adeguate strategie di relazioni, informazione e comunicazione sia da parte dell'impresa che della Regione, ha reso quasi impossibile il compito di condividere un quadro esaustivo delle possibili correlazioni tra geotermia ed effetti ambientali, e la discussione è fortemente inficiata da un clima di sfiducia che porta il contraddittorio su un percorso apparentemente senza vie di uscita.

Quello che appare più evidente, analizzando le relazioni tra concessionario e parti sociali, è l'impasse che si è determinata tra la società concessionaria, che ha predisposto un importante piano industriale di sviluppo dell'attività geotermica sul territorio, le istituzioni locali che mirano a proporre azioni che concilino lo sviluppo del settore con la tutela delle risorse naturali e della salute pubblica, e i protagonisti della contestazione che tendono a opporsi a qualsiasi progetto di mantenimento e sviluppo della geotermia sull'Amiata.

Questa crisi di relazioni ha prodotto una situazione di stallo delle opportunità di sviluppo della geotermia che si ripercuote su tutto lo scenario delle attività sia nella zona dell'Amiata sia in quella tradizionale.

Il caso della Geotermia conferma, in analogia ad altre vicende, la crucialità delle dinamiche di conflitto ambientale e la necessità che i principali attori responsabili delle attività contestate e della tutela ambientale siano in grado di comprendere queste dinamiche e si dotino di strumenti adeguati a fronteggiarle.

5.2 Il conflitto ambientale

I caratteri del conflitto, rischio e percezione del rischio

L'approccio interpretativo ai fenomeni di conflitto ambientale che è preso a riferimento è quello adottato nelle analisi di carattere generale più rilevanti condotte sulle infrastrutture energetiche in Italia, con riferimento al settore elettrico che può essere utilizzato per inquadrare preliminarmente anche il caso della geotermia in Toscana.

La natura del conflitto

La natura del conflitto è il primo aspetto che deve essere analizzato e può essere ricondotta a quattro modalità fondamentali che lo caratterizzano:

- conflitto di valori;
- conflitto di interessi;
- conflitto di tipo cognitivo;
- conflitto di rapporto.

Il *conflitto di valori* emerge quando si ritiene che la realizzazione di un impianto o la tecnologia adottata ledano qualcosa che non è considerato negoziabile, i casi più tipici sono costituiti dalla minaccia alla salute, alla sicurezza o a particolari valori paesaggistici culturali o naturalistici. In questo caso il conflitto si struttura su elementi profondi che rendono più radicale la contrapposizione e difficile il dialogo tra le parti coinvolte.

Il *conflitto di interessi* mette in evidenza la dimensione economica coinvolta dagli effetti che la realizzazione

di un'infrastruttura può avere sugli attori presenti nel territorio coinvolto. È questo il caso degli effetti negativi sul valore dei patrimoni immobiliari e/o della compromissione delle condizioni che consentono lo svolgimento di determinate attività economiche. Il riconoscimento o meno degli interessi messi in gioco è un elemento che può incidere in modo decisivo sulle relazioni tra gli attori dello scenario di conflitto.

Il **conflitto di tipo cognitivo** caratterizza le situazioni in cui la dinamica conflittuale si fonda sulla mancanza di conoscenza e informazioni circa gli impatti di un progetto. In questo caso le azioni volte a fornire un adeguato livello di conoscenza e informazione a tutti gli attori coinvolti, sulla natura del progetto, possono incidere sulle motivazioni dell'opposizione.

Infine il **conflitto di rapporto** coinvolge il carattere delle relazioni che intercorrono tra gli attori degli scenari di conflitto in termini di fiducia e credibilità, in particolare quando vi sono dei precedenti negativi nelle relazioni. Questo può essere il caso in cui l'impresa proponente o l'autorità pubblica abbia precedenti negativi nel fornire informazioni dovute o nel garantire il rispetto delle norme di tutela ambientale.

Questi quattro profili nella natura delle dinamiche di conflitto ambientale non caratterizzano in modo esclusivo le situazioni che si presentano, concretamente, ma sono invece in vari modi compresenti. Saper riconoscere nelle situazioni concrete quanto e come questi profili caratterizzano le relazioni tra i protagonisti degli scenari di conflitto è essenziale per qualsiasi forma di intervento.

Rischio e percezione del rischio

Uno degli aspetti più critici che condizionano le dinamiche di conflitto ambientale e che rimanda in larga misura agli aspetti di tipo cognitivo, riguarda la discrepanza che in genere esiste tra il **rischio oggettivamente definito** (ambientale, sanitario, incidentale) tramite strumenti tecnico-scientifici dal proponente o dalle autorità pubbliche che lo devono valutare, e il **rischio soggettivamente percepito** da parte del pubblico interessato che diventa protagonista del dissenso. Ancora troppo spesso sia i proponenti sia le autorità pubbliche con funzioni di valutazione tecnico scientifica, ritengono che la mancanza di adeguate conoscenze e strumenti di valutazione del rischio effettivo da parte del pubblico interessato, diminuisca il rilievo e l'importanza di quella che è la percezione soggettiva del rischio che è espressa come motivazione del dissenso. Un tipo di atteggiamento che in genere aggrava le dinamiche di conflitto ambientale, compromettendo le possibilità di dialogo.

È invece fondamentale, sia per l'impresa proponente che per la pubblica amministrazione, comprendere quale sia la percezione soggettiva del rischio legata alla realizzazione di un impianto da parte del pubblico interessato, perché solo così è possibile dare delle risposte ai motivi del dissenso che non hanno fondamento tecnico-scientifico e che alimentano il conflitto.

Le risposte sotto questo profilo chiamano in causa due ambiti: quello della capacità di fare comunicazione e informazione sui rischi, e quello dell'autorità e credibilità degli organismi pubblici con funzioni di valutazione tecnico scientifica dei rischi.

La necessità di confrontarsi con la percezione soggettiva del rischio con adeguate analisi e risposte efficaci in termini di azioni di comunicazione e informazione, chiama in causa responsabilità che sono sia dell'impresa proponente che delle autorità pubbliche responsabili dei procedimenti autorizzativi.

In questa chiave è particolarmente delicato il ruolo degli organismi pubblici con funzioni di valutazione tecnico-scientifica dei rischi di varia natura connessi alla realizzazione e gestione di impianti, come le grandi infrastrutture energetiche. L'operatività e l'autorità dell'azione di queste strutture costituisce un perno fondamentale dell'efficacia dei processi autorizzativi, che implicano valutazioni tecnico-scientifiche di alta specializzazione, inerenti aspetti di natura ambientale e tecnologica, oggetto di attenzione e contestazione da parte del pubblico interessato alla realizzazione di progetti infrastrutturali rilevanti. L'autonomia, l'operatività, la capacità di assicurare alti standard di comunicazione e informazione al pubblico sono quindi elementi essenziali della loro autorità e credibilità.

5.2.1 Le motivazioni del dissenso

È utile, anche in modo schematico, esaminare le tipologie di motivazione che sono addotte e che variamente si ripropongono negli scenari di conflitto ambientale:

- inaccettabilità assoluta dei rischi di una tecnologia;
- carenza di garanzie ambientali, sanitarie e di sicurezza;
- saturazione del territorio rispetto a rischi già presenti;
- incompatibilità con valori naturali e paesaggistici;
- conflitto tra usi del territorio;
- carenze informative;
- carenze di partecipazione;
- iniquità distributiva.

Questa gamma di motivazioni si connette in vario modo sia alla natura del conflitto che alla tematica della percezione del rischio da parte dei protagonisti del dissenso. La loro individuazione e la comprensione del rilievo che hanno nella motivazione del dissenso costituisce una chiave di lettura importante per orientare le azioni di comunicazione, informazione e partecipazione, e per la gestione delle relazioni negli scenari di conflitto ambientale sia da parte delle imprese che della pubblica amministrazione coinvolta.

L'***inaccettabilità assoluta dei rischi di una tecnologia*** è una tipologia di motivazione che compare nei conflitti ambientali legati alla realizzazione di infrastrutture energetiche a partire dalla vicenda del nucleare, che permane oggi nei confronti dell'uso del carbone per la generazione elettrica e che sta comparando anche nell'opposizione alle attività geotermiche. Questo tipo di motivazione si collega strettamente a dinamiche in cui il conflitto ambientale assume forti connotati di conflitto di valori in cui sono in gioco aspetti considerati non negoziabili, creando le premesse per una radicalizzazione delle relazioni e di criticità nel dialogo. E' evidente che le motivazioni fondate sull'inaccettabilità dei rischi di una tecnologia chiamano spesso in causa il tema della percezione del rischio da parte del pubblico interessato.

Nella motivazione del dissenso la sottolineatura della ***carenza di garanzie ambientali, sanitarie e di sicurezza*** prefigura invece un terreno significativo d'intervento non compromesso da atteggiamenti pregiudiziali, su cui è possibile lavorare per colmare le carenze individuate tramite gli strumenti più appropriati, sia sotto il profilo dell'informazione sia delle procedure di tutela ambientale adottate nei processi decisionali. Tale tipo di motivazione diventa particolarmente rilevante nei casi in cui, con l'obiettivo della semplificazione e della necessità di accorciare i tempi dei processi autorizzativi, si comprimono inappropriatamente gli elementi di garanzia costituiti dai processi di valutazione dei rischi, a partire dagli strumenti d'informazione e partecipazione che vi sono previsti.

L'***incompatibilità con valori naturali e paesaggistici*** è una motivazione che chiama in gioco le caratteristiche del territorio in cui si propone di realizzare un'infrastruttura energetica e la valutazione degli effetti sulle specificità dei valori ambientali di uno specifico contesto. Il rilievo effettivo di questo tipo di motivazione si lega al rapporto e alla conoscenza che l'impresa ha del territorio in cui intende realizzare un progetto di natura infrastrutturale, come un grande impianto nel settore energetico. Questo tipo di motivazione coinvolge, oggi, non solo le grandi infrastrutture energetiche "convenzionali" come le centrali termoelettriche, gli elettrodotti e i terminali GNL, ma anche impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili come l'eolica, l'idroelettrica e la geotermica.

Sempre nella chiave di lettura delle caratteristiche di uno specifico contesto ambientale va considerata la ***saturazione del territorio rispetto a rischi già presenti***, motivazione ricorrente nelle situazioni di conflitto ambientale. In questo caso, la specificità del territorio che emerge riguarda il livello di pressione ambientale costituito dalla presenza di insediamenti preesistenti nel territorio in cui si vuole inserire una nuova infrastruttura energetica. Relativamente al rapporto dell'impresa col territorio presuppone la conoscenza sia delle dinamiche di conflitto ambientale preesistenti, che della percezione che il pubblico interessato, a partire dalle comunità locali, ha di queste problematiche ambientali.

A questo tipo di motivazione può essere collegata quella che riguarda l'***iniquità distributiva*** connessa alla

localizzazione di un impianto in un dato territorio, senza prendere in esame alternative possibili al fine di una ripartizione più equa dei carichi ambientali da sostenere.

Il **conflitto di interessi tra usi del territorio** è il motivo che spinge ad opporsi all'insediamento di una nuova infrastruttura (ma oggi anche nel caso di decisioni che implicano permanenza di attività già insediate da tempo), ritenendo di venire danneggiati economicamente. Le infrastrutture che si ritiene compromettano significativamente i valori paesaggistici e di qualità della vita del territorio, sono considerate in conflitto con lo sviluppo delle attività legate al settore turistico ricettivo. In questo caso la motivazione del conflitto rimanda alla capacità della pubblica amministrazione di riconoscere e far pesare gli interessi economici in gioco nel processo decisionale, e al tipo di relazioni che l'impresa proponente stabilisce con gli altri attori economici, per i quali il territorio interessato e le sue qualità costituiscono una risorsa rilevante.

La **carenza di informazione** è una motivazione del dissenso che rimanda in prima istanza agli aspetti cognitivi che possono condizionare una dinamica di conflitto ambientale, ma che in realtà chiama in causa anche la natura dei rapporti che vi sono tra i diversi attori dello scenario. Infatti, lamentare questo tipo di carenza mette in gioco la fiducia nei confronti di chi ha la responsabilità di assicurare le informazioni necessarie sia come impresa che come pubblica amministrazione. Sottovalutare questo tipo di richiesta nel lungo periodo compromette la fiducia del pubblico interessato e riduce le possibilità di dialogo.

Infine la **carenza di partecipazione**, che oggi è diventata una motivazione che emerge in modo sempre più ricorrente negli scenari di conflitto ambientale. La carenza di partecipazione è riferita in molti casi all'omissione o all'uso riduttivo e burocratico che viene fatto degli strumenti di partecipazione previsti dai procedimenti di valutazione ambientale o del rischio incidentale. Anche in questo caso è necessario sottolineare che la richiesta di maggiore partecipazione va considerata, sotto il profilo sostanziale, come sintomo della necessità sia da parte degli attori pubblici sia dell'impresa proponente, di stabilire relazioni efficaci con gli attori rilevanti del territorio coinvolto. In altri casi, questa motivazione rimanda a quelli che sono considerati i limiti del rapporto tra le istituzioni rappresentative e i cittadini e la conseguente necessità di introdurre processi che integrino o vadano oltre gli strumenti tradizionali della democrazia rappresentativa, tramite strumenti definiti di democrazia partecipativa.

5.2.2 Gli attori degli scenari di conflitto ambientale nel caso delle infrastrutture energetiche.

Gli scenari di conflitto ambientale, riferiti alla realizzazione di infrastrutture energetiche, sono caratterizzati dalla presenza di un insieme di attori che in buona parte sono specifici di questo tipo di contesto.

Le principali tipologie di attori sono costituite da:

- L'impresa
- I gruppi sociali di contestazione
- Le istituzioni
- I lavoratori e le loro organizzazioni
- I mezzi di informazione
- I soggetti esperti
- Le associazioni di categoria
- Le associazioni ambientaliste

Il processo di liberalizzazione e internazionalizzazione del settore energetico avvenuto negli ultimi dieci anni ha radicalmente mutato la natura degli attori del settore energetico. L'**impresa, Enel**, è oggi un soggetto con caratteristiche e con uno scenario di riferimento non paragonabili a quello a metà degli anni '90, quando era un soggetto sostanzialmente pubblico.

I **gruppi sociali di contestazione** sono l'espressione organizzata della mobilitazione che avviene sia tra i cittadini delle comunità locali più direttamente coinvolte sia tra fasce di opinione pubblica assai varie. L'espressione più tipica sono i comitati locali che non si assimilano necessariamente ad altri attori, come le associazioni ambientaliste e le forze politiche; anzi il punto di forza con il quale si vuole caratterizzare que-

sto tipo di mobilitazione e il suo carattere autonomo è in genere proprio la specificità dell'azione volta a impedire la realizzazione di un progetto senza altri fini politici, economici o associativi, se non quello di far pesare la volontà dei cittadini su uno specifico obiettivo a tutela di un determinato ambito territoriale.

Vanno, però evidenziate alcune tendenze significative che portano ad una continuità di presenza da parte di comitati locali che hanno maturato una significativa esperienza in un primo caso di mobilitazione. L'esperienza e la capacità di mobilitazione è spesso riproposta per successivi nuovi progetti di insediamenti e infrastrutture considerati negativi per il territorio di riferimento.

Il ruolo delle *istituzioni* negli scenari di conflitto ambientale legati alle infrastrutture energetiche ruotano, innanzitutto, attorno ai ruoli specifici che hanno nei processi decisionali.

Nel caso della geotermia ciò fa emergere innanzitutto l'attore istituzionale che ha un ruolo determinante sotto il profilo formale: la Regione Toscana, titolare sia del procedimento autorizzativo, che della valutazione di impatto ambientale. Gli altri attori istituzionali che non hanno formalmente un ruolo determinante nei processi decisionali sono i comuni e le province direttamente interessati, soggetti, in particolare i comuni, che nella realtà svolgono un ruolo essenziale e determinante. Le responsabilità della Regione non sono solo amministrative ma riguardano anche gli indirizzi di politica energetica regionale, il raccordo con le amministrazioni locali e la gestione degli strumenti di informazione e partecipazione nei procedimenti autorizzativi. Il ruolo della regione dovrebbe esprimere la capacità sostanziale di inserire nelle proprie politiche di sviluppo economico e territoriale, gli interventi infrastrutturali energetici, in un quadro concertato con gli Enti Locali e le forze economiche e sociali interessate. Gli Enti locali, che non hanno un ruolo formalmente determinante nel procedimento autorizzativo delle grandi infrastrutture energetiche, in molti casi di scenari di conflitto ambientale diventano promotori della contestazione. Sempre più significativa è la presenza anche di comuni non direttamente interessati dalla localizzazione, che con la loro opposizione esprimono la dimensione territoriale della percezione del rischio connesso al progetto contestato. Questo processo di istituzionalizzazione del dissenso nelle dinamiche di conflitto ambientale è presente anche nel caso della geotermia. La presenza e il ruolo delle *associazioni ambientaliste* tra i promotori dei movimenti di opposizione alla realizzazione di infrastrutture energetiche è particolarmente significativo, ma non è assimilabile a quelli dei gruppi sociali di contestazione come i comitati locali. Le associazioni ambientaliste nazionali hanno in alcuni casi elaborato prese di posizione che, con riferimento alla realizzazione di determinate tipologie d'impianti energetici, si dissociano da giudizi di totale rifiuto e inaccettabilità di determinate tecnologie e richiedono che la loro realizzazione avvenga sulla base di un'adeguata programmazione energetica e di rigorose procedure di valutazione ambientale.

Le *associazioni di categoria* degli operatori economici sono coinvolte negli scenari di conflitto ambientale, con ruoli che possono essere molto diversi. In molti casi le sedi locali delle associazioni imprenditoriali del settore industriale sono attive nel sostegno ai progetti di infrastrutture energetiche ma non sono infrequenti le situazioni in cui, anche per la presenza di progetti in conflitto tra loro, il loro ruolo è più defilato. È diventata ormai particolarmente significativa la presenza di associazioni locali di operatori economici e rappresentanze locali di associazioni nazionali di categoria, che diventano promotori della contestazione alla realizzazione di infrastrutture energetiche. I casi più ricorrenti riguardano associazioni di operatori dei settori agricolo e turistico ricettivo, che sollevano il problema di un conflitto di interessi negli usi del territorio e della compromissione dei valori ambientali considerati il presupposto delle prospettive di sviluppo delle proprie attività.

Questo tipo di dinamica nel ruolo delle associazioni di categoria mette in evidenza la mancanza di luoghi di riferimento per processi di concertazione e governance delle politiche di sviluppo locale, che possano far interagire gli attori istituzionali e i diversi attori economici interessati dai progetti infrastrutturali in gioco.

Il ruolo delle *organizzazioni dei lavoratori* oggi non è più sicuramente riconducibile a forme generalizzate di sostegno acritico dei progetti infrastrutturali. Nella dimensione locale in cui, in genere, si sviluppano le dinamiche di conflitto ambientale, si possono mettere in evidenza vari tipi di posizionamento. Significativi sono innanzitutto i casi in cui sono definiti "accordi di programma", "patti di sviluppo" o intese che sono rilevanti soprattutto se coinvolgono preventivamente le organizzazioni dei lavoratori nei progetti di sviluppo infrastrutturale insieme alle imprese, alle associazioni di categoria e agli attori istituzionali. Molto spesso, per progetti che non hanno come riferimento un quadro di concertazione o governance, si nota che interven-

gono a sostegno delle iniziative oggetto di conflitto solo le rappresentanze dei lavoratori a livello aziendale o settoriale, senza un sostegno della rappresentanza generale dei sindacati. Sintomo questo, di quello che può essere un riflesso della dinamica di conflitto ambientale all'interno delle organizzazioni sindacali.

I **mezzi di informazione** sono attori fondamentali, e svolgono un ruolo che riflette una serie di specificità che sono connesse alle dinamiche di conflitto ambientale; in primo luogo la dimensione territoriale e locale degli scenari di conflitto e le capacità di comunicare dei diversi attori.

I media locali sono sicuramente quelli principalmente coinvolti a partire dalle fasi iniziali di sviluppo delle dinamiche di conflitto. L'attività dell'osservatorio del "*Nimby Forum*" ha recentemente confermato che nella carta stampata circa il 60% degli articoli sui conflitti ambientali compare su quotidiani o periodici locali, ed emerge che complessivamente la maggioranza degli articoli riguarda grandi infrastrutture energetiche.

Il ruolo dei mezzi di informazione negli scenari di conflitto può essere in alcuni casi non neutrale e di schieramento con il fronte degli oppositori, ma in realtà è sostanzialmente legato alle capacità di comunicazione dei diversi attori. Il modo in cui i mezzi di informazione oggi trattano i casi di conflitto ambientale riflette indubbiamente la maggiore capacità di comunicazione dei protagonisti della contestazione a partire dai comitati locali. Risulta evidente la scarsa attenzione e di conseguenza efficacia della comunicazione che in genere caratterizza sia gli attori istituzionali responsabili dei procedimenti autorizzativi, sia le imprese proponenti dei progetti infrastrutturali. Il gap di capacità di comunicazione di questi attori condiziona fortemente lo sviluppo delle dinamiche di conflitto ambientale a partire dagli effetti che si hanno sulla percezione, che il pubblico interessato avrà del rischio connesso ai progetti delle grandi infrastrutture energetiche.

I **soggetti esperti** costituiscono una categoria di attori che svolgono un ruolo centrale nelle dinamiche di conflitto ambientale. I procedimenti autorizzativi di grandi infrastrutture energetiche implicano la valutazione di una molteplicità di aspetti di rischio ambientale, incidentale e sanitario, aspetti che richiedono specifici supporti di carattere tecnico-scientifico di alta specializzazione che sono stati allocati in strutture pubbliche dedicate, come le agenzie per l'ambiente nazionale e regionali. Nel caso della geotermia in Toscana vanno segnalati anche soggetti come l'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) per il rischio sismico, le Autorità di Bacino per la tutela della risorsa idrica e l'ARS (Agenzia Regionale di Sanità) per gli aspetti di tutela della salute. Il ruolo di tali strutture dovrebbe essere sia di supporto ai procedimenti autorizzativi che di controllo nell'esercizio dell'attività degli impianti. L'efficacia della funzione dei soggetti esperti con compiti istituzionali di garanzia e controllo svolge quindi un ruolo chiave nei confronti dei promotori del dissenso. L'efficacia dell'azione di queste strutture ha sicuramente un primo prerequisito essenziale nella funzionalità operativa dei compiti tecnici di valutazione e controllo, ma che richiede contestualmente anche la capacità di garantire l'accesso alle informazioni di cui sono in possesso, e quella di saper comunicare i risultati della propria attività. Senza queste capacità, molto spesso viene a mancare la legittimazione e la credibilità dell'azione di queste strutture soprattutto nei confronti degli attori protagonisti del dissenso. Tale tipo di situazione porta all'introduzione negli scenari di conflitto ambientale di nuovi soggetti esperti che sono ritenuti più "affidabili". Ormai è sempre più frequente da parte di comitati locali, associazioni ambientaliste, ma anche di Enti Locali, il coinvolgimento nei processi di valutazione di nuovi soggetti che possono essere costituiti da centri ricerca pubblici, privati o singoli esperti.

• Conclusioni

L'emersione delle problematiche ambientali legate alle attività geotermiche, in particolare nell'area amiatina, e delle dinamiche di conflitto che si sono poi sviluppate negli ultimi dieci anni, avviene tra la fine degli anni '90 e i primi del 2000.

Questo periodo in particolare, corrisponde anche ad una radicale trasformazione del settore energetico che vede compiersi sia il processo di decentramento e regionalizzazione delle competenze legislative e amministrative sia il processo di privatizzazione e liberalizzazione del settore.

Il processo di decentramento del settore energetico, per quello che riguarda le attività geotermiche, si compie in modo radicale con il decreto Bassanini n° 112 del 1998 con il quale tutte le funzioni amministrative in materia di sfruttamento della risorsa geotermica sono trasferite alla Regione Toscana. Tale trasferimento si compie nel 2001, momento in cui l'amministrazione regionale assume operativamente tutte le competenze in materia a partire dal rilascio delle concessioni e delle autorizzazioni sia per l'attività di ricerca e utilizzo della risorsa geotermica. Sempre nel 2001 tale assetto ha la sua definitiva sanzione e ulteriore rafforzamento con l'approvazione definitiva del nuovo titolo quinto della Costituzione.

L'amministrazione regionale diventa l'attore di riferimento con le principali competenze istituzionali per la regolazione e l'indirizzo delle attività geotermiche assumendo tutte le funzioni che erano dello Stato presso la Direzione Generale dell'Energia e del Ministero dell'Ambiente per gli aspetti ambientali.

Negli stessi anni si compie il processo di liberalizzazione del settore elettrico. Le attività geotermiche continuano ad essere gestite dal gruppo Enel ma cambia radicalmente la natura dell'azienda che si trasforma in S.p.A., il cui capitale viene in larga parte messo sul mercato.

A livello internazionale in questo stesso periodo si rafforzano gli indirizzi dell'Unione Europea per lo sviluppo delle fonti rinnovabili e si sviluppano le tensioni sui mercati internazionali dell'energia, che conducono ad un aumento strutturale dei prezzi dei combustibili fossili.

Lo sviluppo delle dinamiche di conflitto ambientale e di accettabilità sociale delle attività geotermiche devono essere lette in stretta connessione con questo profondo processo di trasformazione del settore energetico.

Tale quadro offre oggi maggiori possibilità per dare risposte alle esigenze del territorio e delle comunità locali. Le istituzioni regionali, insieme agli enti locali, possono definire e rappresentare in modo più diretto gli indirizzi necessari per una corretta gestione della risorsa geotermica e interagire con un'azienda che oggi è una grande impresa.

L'analisi compiuta ha cercato di valutare l'insieme delle problematiche di natura ambientale e di accettabilità sociale che negli ultimi dieci anni sono emerse come determinanti per la gestione e le prospettive di sviluppo nello sfruttamento della risorsa geotermica in Toscana a fini elettrici.

Le problematiche ambientali, come visto, hanno una loro specificità legata all'utilizzo della risorsa geotermica a fini elettrici, ma in termini generali la dinamica e i problemi che sono emersi sono comuni anche ad altre tipologie di infrastrutture energetiche, incluse quelle per lo sfruttamento di fonti rinnovabili, per cui è secondo criteri di carattere generale che è possibile dare risposte alle criticità presenti.

Si tratta di dare risposte adeguate ai problemi ambientali per i quali ancora sono necessarie risposte nella gestione e approfondimenti nei quadri conoscitivi, ma sicuramente non si può parlare di emergenza ambientale né, come viene sostenuto da parte del movimento di contestazione della geotermia in Amiata, di condizioni di insostenibilità ambientale, tali da richiedere una sospensione delle attività geotermoelettriche in nome del principio di precauzione.

L'accettabilità sociale degli impianti geotermici da parte delle comunità locali è il principale fattore condizionante sia per la realizzazione di nuove centrali che per la gestione di quelle esistenti.

La messa in opera di strumenti per interagire efficacemente con le dinamiche di conflitto ambientale che si sono sviluppate intorno agli impianti geotermici da parte dei diversi attori coinvolti, è un fattore cruciale che appare ancora fortemente sottovalutato. Tale capacità chiama in causa il rapporto dell'impresa con il territorio in cui opera e, in questa prospettiva, l'uso che viene fatto degli strumenti di comunicazione, informazione e partecipazione sia nella gestione degli impianti esistenti che nella gestione dei processi autorizzativi di nuove iniziative.

La sottovalutazione circa il ruolo di questi strumenti è sicuramente uno degli elementi che ha reso particolarmente critico l'andamento del conflitto ambientale nei riguardi degli impianti esistenti, dei processi autorizzativi, e per le prospettive del settore.

Il corretto ed efficace uso di questi strumenti, che coinvolge gli attori pubblici con ruoli determinanti, l'impresa e il pubblico interessato, dovrebbe essere una preoccupazione prioritaria sia della pubblica amministrazione che dell'impresa concessionaria.

L'esame del caso della geotermia può essere considerato paradigmatico della casistica più generale delle dinamiche di conflitto ambientale che coinvolgono le infrastrutture energetiche e delle criticità che emergono nell'uso degli strumenti di comunicazione, informazione e partecipazione in questo tipo di scenario.

Le recentissime iniziative assunte dall'amministrazione regionale sembrano offrire i presupposti per superare la situazione di impasse creatasi negli ultimi anni per le prospettive di sviluppo delle attività geotermoelettriche. Il protocollo sottoscritto a fine 2007 da Regione Toscana, Enti Locali ed Enel, segna il recupero di una condizione essenziale, costituita dalla condivisione con gli enti locali delle aree geotermiche di una strategia di intervento per il settore.

Il protocollo individua la necessità di completare i quadri conoscitivi di carattere ambientale come prerequisito per lo sblocco di scenari di sviluppo dell'attività geotermica e delinea un significativo pacchetto di compensazioni ambientali da parte di Enel, in termini di contropartite finanziarie.

Affinché gli impegni previsti nel protocollo sia in termini di sviluppo dei quadri conoscitivi che di risorse economiche messe a disposizione dal concessionario nei confronti della Regione e degli enti locali non siano vanificati, è indispensabile che siano assunte fino in fondo, con risposte adeguate, le criticità oggi presenti nella dinamica di conflitto ambientale che caratterizzano in particolare lo scenario dell'area dell'Amiata. Né la disponibilità di un quadro conoscitivo sulle problematiche ambientali connesse alla geotermia più completo e con esiti positivi, né l'importanza delle risorse economiche messe a disposizione da Enel come compensazioni ambientali, saranno sufficienti a superare l'attuale stato di conflitto con le comunità locali, se l'amministrazione regionale e l'impresa concessionaria non assumeranno fino in fondo la necessità di strategie adeguate di gestione delle relazioni, di partecipazione, informazione e comunicazione.

In questa chiave si ritiene necessario che le risorse messe a disposizione dall'impresa concessionaria all'amministrazione pubblica siano prioritariamente utilizzate per rafforzare, come risulta evidentemente improcrastinabile, le capacità operative di tutti i soggetti che svolgono funzioni cruciali, amministrative, di monitoraggio, di valutazione e controllo per la tutela dell'ambiente e della sicurezza in relazione alle attività geotermoelettriche.

In particolare sono individuate come essenziali alcune linee di intervento:

- 1) *Il completamento dei quadri conoscitivi di carattere ambientale, necessari a orientare secondo criteri sempre più rigorosi di sostenibilità lo sfruttamento della risorsa geotermica a fini elettrici, è essenziale ma deve avvenire in modo funzionale e coerente alle specificità dei ruoli dei diversi soggetti con funzioni amministrative e di controllo ambientale.*

Uno dei problemi principali tuttora irrisolto è lo sviluppo di quadri conoscitivi legati agli impatti ambientali dell'attività geotermica. Lo sviluppo delle conoscenze deve avvenire con un chiaro collegamento rispetto alle competenze dei vari soggetti istituzionali che sono rilevanti nel settore geotermico.

In questa prospettiva appare corretta la scelta di affidare alla struttura specializzata in epidemiologia dell'Agenzia Regionale di Sanità (ARS) il compito di fornire ulteriori valutazioni sulle possibili correlazioni tra impatto ambientale delle attività geotermoelettriche e condizione di salute della popolazione residente. È indispensabile che le nuove indagini sui rischi d'inquinamento derivanti dalla coltivazione delle risorse geotermiche siano predisposte in modo funzionale e non scollegato dalle attività dei soggetti che hanno istituzionalmente compiti di controllo, monitoraggio (ARPAT) e valutazione (Servizio VIA) di carattere ambientale, oltre che a quelle dei soggetti che svolgono funzioni amministrative e di indirizzo nella gestione del settore geotermoelettrico.

È quindi necessario che siano completate in modo organico le attività di definizione dei bilanci idrici degli acquiferi potenzialmente interessati dalla coltivazione delle risorse geotermiche, con riferimento alle funzioni dei soggetti istituzionali che hanno il compito di sviluppare quadri conoscitivi, sistemi di monitoraggio e adottare le misure di protezione necessarie per la tutela delle risorse idriche, Autorità di bacino, Regione e Province.

2) Il rafforzamento e la legittimazione del ruolo delle agenzie tecniche pubbliche preposte alle funzioni di monitoraggio e controllo per le problematiche d'impatto ambientale, sicurezza e tutela della salute connesse alle attività geotermiche;

Il ruolo di queste strutture è essenziale sia nel supporto ai procedimenti autorizzativi che di controllo nell'esercizio dell'attività degli impianti. L'efficacia della funzione dei soggetti esperti con compiti istituzionali di garanzia e controllo svolge un ruolo chiave nei confronti dei promotori del dissenso. L'efficacia dell'azione di queste strutture ha sicuramente un primo prerequisito essenziale nella funzionalità operativa dei compiti tecnici di valutazione e controllo, ma richiede contestualmente anche la capacità di garantire l'accesso delle informazioni di cui sono in possesso, e di saper comunicare i risultati della propria attività in modo autonomo. Senza queste capacità, molto spesso vengono a mancare la legittimazione e la credibilità dell'azione di queste strutture, soprattutto nei confronti degli attori protagonisti del dissenso.

Ciò richiede quindi, oltre alla funzionalità tecnico operativa di controllo e monitoraggio, una forte capacità di informare attraverso una comunicazione istituzionale che deve essere svolta in particolare dall'Agenzia Regionale per l'Ambiente, con riferimento alle proprie specifiche competenze per le attività di controllo ambientale.

3) Lo sviluppo di capacità di gestione delle relazioni, informazione e comunicazione, adeguate allo scenario di conflitto ambientale che caratterizza in particolare la realtà dell'Amiata, da parte della Regione Toscana quale principale istituzione responsabile della tutela degli interessi pubblici nella regolazione delle attività geotermiche;

È necessario che l'amministrazione regionale, come soggetto che ha la principale responsabilità sotto il profilo amministrativo nello svolgimento dell'attività geotermica, svolga un'attività di gestione delle relazioni, informazione e comunicazione istituzionale, che sia in grado di interloquire anche interattivamente con le continue sollecitazioni che emergono dal territorio sulle varie tematiche ambientali e di sicurezza sollevate dagli interlocutori presenti sul territorio.

È necessario che l'amministrazione regionale raccolga e renda disponibili in forma coordinata tutte le informazioni di carattere ambientale legate allo svolgimento dell'attività geotermica (ad esempio tramite un sito web dedicato). Questa funzione è essenziale per dare una panoramica completa e aggiornata sulle informazioni e le rilevanti attività di monitoraggio che sono svolte sugli impianti geotermici. In particolare è indispensabile documentare efficacemente i risultati ottenuti con lo svolgimento delle diverse attività da parte dei soggetti che ne hanno istituzionalmente la responsabilità:

- risultati delle campagne di controllo di rispetto dei limiti alle emissioni degli impianti geotermici (ARPAT);
- risultati delle principali attività di monitoraggio ambientale nei territori d'insediamento dell'attività geotermica (qualità dell'aria, qualità delle acque, ecc.);
- risultati dell'attività di chiusura mineraria e ripristino ambientale dei pozzi e degli altri siti geotermici dismessi (Autorità Mineraria Regionale);
- risultati delle attività di valutazione della sismicità nell'area amiatina condotta da INGV;
- stato di avanzamento dei procedimenti di VIA in corso, inerenti impianti geotermici (Servizio VIA regionale);
- monitoraggio dei procedimenti autorizzativi e attività di vigilanza inerenti le attività geotermiche (Autorità mineraria regionale);
- dati sulle informazioni in materia di salute nelle aree geotermiche (ARS e ASL)

4) La necessità che Enel inquadri l'impegno nella gestione del conflitto non solo nella logica di una fase in cui è prioritario riuscire a sbloccare il proprio piano di investimenti nella geotermia, ma che collochi questo impegno in una prospettiva più ampia, anche temporalmente, che comprenda il disegno e lo stile del rapporto che l'impresa vuole costruire con il territorio.

È necessario quindi, un salto di qualità nelle relazioni tra l'impresa concessionaria e le comunità locali interessate dalla realtà geotermoelettrica che possa segnare un cambiamento nella percezione della propria presenza a partire dalle informazioni e la comunicazione necessarie nella gestione degli impianti attuali e degli importanti sviluppi che vengono previsti.

In una prospettiva strategica e temporalmente più ampia, la strada da intraprendere da parte di Enel verte sulla capacità di una grande impresa di riuscire a essere partner strategico della vita sociale ed economica, con forme di cooperazione verso gli attori sociali ed economici insieme con i quali riuscire a trasformare la realtà geotermoelettrica da problema a valore aggiunto, che può interagire sinergicamente con le prospettive di sviluppo del territorio.

• BIBLIOGRAFIA

- Amadori M. (2004), Tesi di Laurea, La Qualità delle acque del Fiume Cecina nel tratto tra Radicondoli e Ponteginori.
- Amici della Terra (1996), “Studio sul problema del consenso nella localizzazione, costruzione ed esercizio di impianti elettrici”. Ed. Amici della Terra, 1996.
- ARPAT (1997), Rapporto intermedio relativo alla valutazione del Rapporto ENEL “Indagine per la valutazione degli effetti sull’ambiente delle emissioni aerodisperse degli impianti geotermoelettrici dell’area amiatina”, verifica e valutazioni.
- ARPAT (1999), Programma delle attività per l’anno 1999-2000 relative al “Progetto di monitoraggio delle aree geotermiche”.
- ARPAT (2001), Rapporto Geotermia1999-2000.
- ARPAT (2003), Monitoraggio aree geotermiche: qualità dell’aria, modellistica, controllo emissioni, indagine lichenologica, bio-monitoraggio integrato avanzato, sportello unico geotermia: Attività 2001-2003.
- ARPAT (2004), Controllo delle emissioni delle centrali geotermiche. Rapporto Finale.
- ARPAT (2005), Monitoraggio aree geotermiche. Rapporto Finale.
- Bacci E. (1998), Energia Geotermica. Impieghi, implicazioni ambientali, minimizzazione dell’impatto. ARPAT.
- Barberi F. (1977), La geotermia in Italia: situazione attuale e prospettive future. Geotermia e Regioni. Atti del Convegno Nazionale promosso dalle Regioni. Toscana, Lazio, Campania. Cianciano, 14-15-16 Aprile 1977.
- Barelli A., Bertani R., Cappetti G., Ceccarelli A. (1995), An update on Travale- Radicondoli geothermal field. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence 18-31 May 1995.
- Barelli A., Cappetti G., Stefani G. (1995), Results of the deep drilling in the Larderello –Travale/Radicondoli geothermal area. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence 18-31 May 1995.
- Batini F., Fiordelisi A., Graziano F., Nafi Toksöz M.(1995), Earthquake tomography in the Larderello geothermal area. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, Italy 18-31 May 1995.
- Bertani R. (2005), L’energia Geotermica. Analysis n. 3/2005.
- Bertani R. (2006), International Geothermal Development. World Geothermal Power Generation. GRC Bulletin May/June 2006.
- Bertini G., Cappetti G., Dini I., Lovari F. (1995), Deep drilling results and up dating of geothermal knowledge on the Monte Amiata area. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence 18-31 May 1995.
- Bertini G., Ceccarelli A. (2005), Relazione tecnica. Nota sintetica sulle principali caratteristiche geologiche dei campi geotermici toscani. Enel.
- Bobbio L., Zappetella A. a cura di (1999), Perché proprio qui? Grandi opere e opposizioni locali. Ed. Franco Angeli.
- Commissione Europea (1997), Comunicazione della Commissione: Energia per il futuro: le fonti energetiche rinnovabili. Libro bianco per una strategia e un piano di azione della comunità.
- De Jesus A. C. (1995), Environmental sustainability of geothermal development. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, 18-31 May 1995.
- Dickson M. H., Fanelli M. (2003), Geothermal energy: utilization and technology. UNESCO.
- Borgia A. et al.(2006), Rilievo geostrutturale preliminare dell’apparato vulcanico del Monte Amiata, EDRA.
- Enel (1995), L’energia geotermica in Toscana e nel Lazio settentrionale. Due secoli di storia. Ed. Enel, Direzione Produzione e Trasmissione, Direzione Relazioni Pubbliche e comunicazione, 1995.
- Enel (1973), Larderello e Monte Amiata: Energia Elettrica dal vapore endogeno.
- Enel (2007), L’impegno della geotermia sulla eliminazione dei residui attività pregresse. Comunicazione Enel. Dati presentati agli Enti locali di Pomarance e Castelnuovo Val di Cecina, ASL, ARPAT. Pomarance (PI) dicembre 2007.
- Federazione provinciale C.G.I.L. - C.I.S.L - U.I.L Siena, Federazione C.G.I.L. - C.I.S.L. - U.I.L. Toscana, (a cura di),Travale 22. Per una completa utilizzazione delle risorse geotermiche.
- FIDAE - C.G I.L. Larderello (1973) (a cura di), Libro bianco sulla politica dell’ENEL nel settore geotermico.

- Franci T. (2007), *Conflitti ambientali e infrastrutture energetiche: il caso dei terminali GNL in Italia*. ONIPE Osservatorio Nazionale sugli Investimenti e sui Progetti nell'Energia.
- GSE (2005), *Statistiche sulle fonti rinnovabili in Italia. Anno 2005*.
- INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2001), *Valutazione della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle emanazioni gassose nell'area amiatina in relazione all'utilizzazione dei campi geotermici da parte dell'Erga*.
- INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2006), *Implementazione del monitoraggio sismico del territorio regionale e lo studio dei fenomeni associati alla sismicità con particolare riguardo alle zone del Monte Amiata*
- Lewansky R. (1997), *Governare l'ambiente. Attori e processi della politica ambientale*. Ed. Il Mulino, Bologna.
- Loppi S. (1995), *Lichen biomonitoring of geothermal air pollution in central Italy*. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, 18-31 May 1995.
- Mallonchi A. (1998), *Non nel mio giardino, il dissenso ambientalista e lo sviluppo sostenibile*. Ed. Cuen, Napoli.
- Manzella A., Fiordelisi A. (1995), *Resistive structure on the western side of Mt. Amiata region*. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence 18-31 May 1995.
- Menna P. (2003), *L'energia pulita*. Ed. Il Mulino, Bologna.
- Pranzini G. (2003), *Bilancio idrogeologico del Bacino del Fiume Cecina*.
- Pranzini G. (2003), *Studio idrogeologico del Bacino del Fiume Cecina*.
- Rau H. (1978), *Geothermische energie. Weltweite nut zung der Erdwarme. Infomationen aus 50 Landern ed. udo pfriemer VERLAG, Monaco. Trad. it Energia geotermica. Lo sfruttamento del calore terrestre in 50 paesi*. Ed. Tecniche Nuove Milano 1980.
- Regione Toscana. (2005), *Segnali Ambientali in Toscana. Indicatori ambientali e politiche pubbliche: bilancio e prospettive*.
- Regione Toscana. (2005), *Piano Tutela delle Acque della Toscana. Bacino Toscana Costa*.
- Regione Toscana. (2005), *Piano Tutela della Acque della Toscana. Bacino del Fiume Ombrone*.
- Rieven S., Rodi W., Nafi Toksöz M., Li Y., Doll C., Batini F., Fiordelisi A. (1995), *Relative location of a microearthquake cluster at the Larderello geothermal field*. Proceedings of the World Geothermal Congress, Florence, Italy 18-31 May 1995.
- Santoprete G., Bigagli S. (1992), *Tecnologia dei processi produttivi di alcune industrie di rilevante interesse per la Regione Toscana*. Ed. G.Giappichelli. Torino.
- Sommaruga C., Verdini G. (1995), *Geotermia. Principi, ricerca, produzione*. La nuova Italia Scientifica, Roma.
- Unione Geotermica Italiana. (2006), *La Geotermia. Ieri, oggi, domani*. Edizioni ETS, Pisa.
- Vallerini L. (1997), *Studio valutazione paesistico-territoriale delle aree interessate dalle esistenti e previste centrali geotermoelettriche dell'Enel, dai relativi impianti tecnologici e dalle infrastrutture connesse nell'area amiatina. (Concessioni minerarie di coltivazione Piancastagnaio e Bagnore)*. Fase 1, ARPAT.
- Vallerini L. (1998), *Studio valutazione paesistico-territoriale delle aree interessate dalle esistenti e previste centrali geotermoelettriche dell'Enel, dai relativi impianti tecnologici e dalle infrastrutture connesse nell'area amiatina*. Fase 2, ARPAT.



Amici della Terra – Firenze – Onlus

Via G. della Bella, 22 - 50124 Firenze

info@amicidellaterra.org

www.amicidellaterra.org