

Geotermia: quale sostenibilità?

Roma, 19 giugno 2019

Seminario sulle energie rinnovabili

Cosa è la geotermia

Ai sensi dell'articolo 1 del D.Lgs 22/2010 vengono distinte:

Risorse geotermiche ad ALTA ENTALPIA	$T > 150^{\circ}\text{C}$ Risorse
geotermiche a MEDIA ENTALPIA	$90 < T < 150^{\circ}\text{C}$
Risorse geotermiche a BASSA ENTALPIA	$T < 90^{\circ}\text{C}$

SISTEMI GEOTERMICI AD **ALTA ENTALPIA**: PRODUZIONE DI **ENERGIA ELETTRICA** (USI INDIRETTI), È IL PRINCIPALE IMPIEGO DELLA FONTE GEOTERMICA MA NON L'UNICO.

SISTEMI GEOTERMICI A **MEDIA ENTALPIA**: PRODUZIONE DI **ENERGIA TERMICA** E/O **ELETTRICA** (USI CIVILI O PER L'IMPIEGO IN PROCESSI INDUSTRIALI).

SISTEMI GEOTERMICI A **BASSA ENTALPIA**: PRODUZIONE DI **ENERGIA TERMICA** (USI DIRETTI) PER IL **RISCALDAMENTO/RAFFRESCAMENTO** CIVILE MEDIANTE L'USO DI SONDE GEOTERMICHE E SPECIFICI IMPIANTI (POMPE DI CALORE).

TEMPERATURA DEL FLUIDO [°C]	FLUSSO IN ARRIVO [t/ora]	POTENZA SVILUPPATA [MW _e]
190	7,5	1
170	98	1
150	138	1
130	233	1

TEMPERATURA E FLUSSO DI FLUIDO NECESSARI PER SVILUPPARE LA POTENZA DI 1 MW_e
(SHULMAN, 1995; LAZZERI ET AL., 1995)

Cosa è la geotermia

I SISTEMI GEOTERMICI POSSONO ESSERE

- **IDROTERMALI** (intrusioni vulcaniche - quelli toscani)
- **GEOPRESSURIZZATI** (sistemi sedimentari profondi particolari)
- **A SECCO** (in profondità ovunque)
- **MAGMATICI** (camere magmatiche)

I SISTEMI GEOTERMICI **IDROTERMALI** POSSONO ESSERE

- **AD ACQUA DOMINANTE** (fluidi costituiti da acqua in fase liquida o miscele di acqua e vapore)
- **A VAPORE DOMINANTE** (miscele di acqua e vapore ma con il secondo come fase prevalente - Larderello)

I SISTEMI GEOTERMICI **A SECCO**

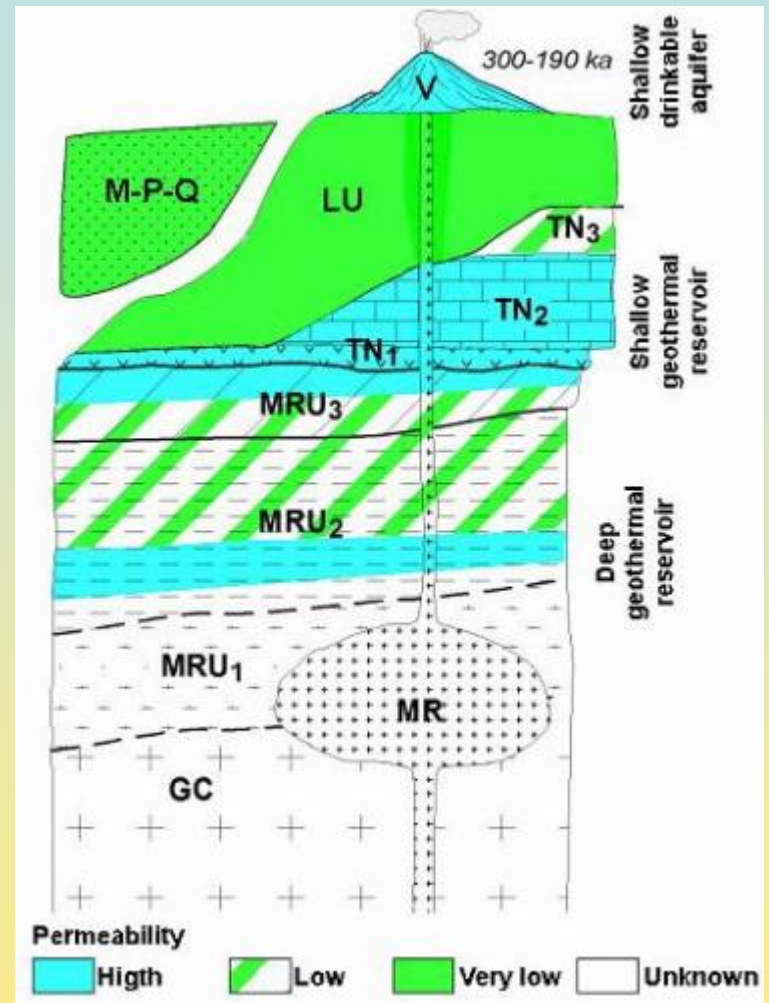
Sono virtualmente presenti ovunque in profondità e sono comuni in aree con le stesse caratteristiche geologiche dei sistemi idrotermali. Possono essere sfruttati immettendo acqua ad alta pressione dopo aver creato artificialmente il serbatoio geotermico con tecniche di fratturazione

Cosa è la geotermia

I serbatoi geotermici utilizzati nelle aree di Larderello-Travale/Radicondoli e del Monte Amiata sono due:

un serbatoio superficiale all'interno di livelli cataclastici delle rocce carbonatiche-evaporitiche delle unità Toscane il quale produce un **vapore** surriscaldato, ed un serbatoio più profondo, molto più esteso, caratterizzato da un sistema di rocce metamorfiche fratturate posto ad una profondità maggiore di 2 km.

All'interno del serbatoio profondo del campo di Larderello-Travale/Radicondoli a **vapore-dominante** (mentre nell'area dell'Amiata è ad **acqua dominante**) si riscontrano valori di 20 MPa e 300-350°C a 3 km.



Cosa è la geotermia

I CICLI IMPIEGANTI FLUIDI GEOTERMICI A VAPORE DOMINANTE SONO:

FLASH SINGOLO SENZA CONDENSAZIONE

FLASH SINGOLO CON CONDENSAZIONE

DOPPIO FLASH CON CONDENSAZIONE

TIPO DI FLUIDO	TIPO DI IMPIANTO	CONSUMO [kg/kWh]
VAPORE SECCO	CONDENSAZIONE	6-9
VAPORE SECCO	SCARICO LIBERO	12-15
MISCELA ACQUA/VAPORE	SINGOLO FLASH	40-80
MISCELA ACQUA/VAPORE	DOPPIO FLASH	30-60
MISCELA ACQUA/VAPORE	CICLO BINARIO (BASSA ENTALPIA)	80-300

CONSUMO DI FLUIDO PER PRODURRE 1 kWh (SOMMARUGA E VERDINI, 1995)



Comunicato ENEL del 2013-04-16
http://www.enel.it/it-IT/eventi_news/news/geotermia-rinnovabile-e-pulita/p/090027d981f396b1

GEOTERMIA

“fonte rinnovabile, pulita e sostenibile”

“Ai fluidi caldi geotermici sono di regola associati una serie di gas che non vengono rilasciati nell’atmosfera, ma trattenuti e reiniettati nel sottosuolo”.

“scarsissimo impatto sull’ambiente circostante e nessuno con le falde di acqua potabile”

GEOTERMIA = fonte rinnovabile

“Da studi condotti sia su campi a vapore secco (Larderello, The Geysers) che a liquido dominante (Wairakei, Monte Amiata) è stato osservato che nei primi 2-3 anni di attività la quantità di vapore prodotto **si riduce del 7-8% all’anno, per poi declinare con un tasso annuale del 12%. Si considera normale, nei primi 10 anni di attività, un declino del 10-12% all’anno, che porta il pozzo, in questo intervallo di tempo, a circa il 30% della portata iniziale. Fatto questo che fa mettere il pozzo fuori produzione, rimpiegandolo, eventualmente, come pozzo di reiniezione dei condensati nel serbatoio.”**

Prof. Eros Bacci, 1998, “Energia geotermica – Impieghi, implicazioni ambientali, minimizzazione dell’impatto” pubblicato a cura di ARPAT

GEOTERMIA = fonte rinnovabile

Nel bacino dell'Amiata sono presenti un serbatoio geotermico superficiale, con il tetto a una profondità compresa tra i 400 e i 1000 mt, e un secondo serbatoio a una profondità compresa tra i 2500 e i 3500 mt

Il bacino superficiale è stato sfruttato per circa 30 anni ed ora è abbandonato da ENEL perché non più sufficientemente produttivo.

La geotermia, così come praticata da ENEL a Larderello e in Amiata, non è rinnovabile né a riguardo del singolo pozzo né a riguardo dell'intero bacino sfruttato

GEOTERMIA = fonte rinnovabile, pulita

Il bacino geotermico dell'Amiata è costituito da due orizzonti, in quello superficiale (tra i 400 e i 1000 mt di profondità) I gas incondensabili sono composti 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);

nell'orizzonte profondo (tra i 2500 e i 3500 mt di profondità), che è quello attualmente sfruttato, i gas incondensabili sono composti per il 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).

Geotermia “tradizionale”

GEOTERMIA = fonte rinnovabile, pulita

Dati ARPAT 2009: uscivano dai camini della Centrale di Bagnore 3 **ogni giorno**
una tonnellata di acido solfidrico,
quattro tonnellate di ammoniaca,
sette tonnellate di metano,
un chilo e duecento grammi di acido borico,
novantasei grammi di mercurio,
nove grammi di arsenico,
214 tonnellate di anidride carbonica
quantità significative di altri vari inquinanti.

A queste sostanze va aggiunto il radon, non rilevato nei controlli di ARPAT, ma abbondantemente presente nelle emissioni, come la stessa Agenzia scrive in nota al suo contributo istruttorio sulla VIA di Bagnore 4

“Ai fluidi caldi geotermici sono di regola associati una serie di gas che non vengono rilasciati nell’atmosfera, ma trattenuti e reiniettati nel sottosuolo” ????????????

GEOTERMIA = fonte rinnovabile, pulita

CRITERI DIRETTIVI PER IL CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DELLE CENTRALI GEOTERMEOELETTRICHE

*comunicare al gestore, **con almeno 15 giorni d'anticipo**, la centrale oggetto di controllo e il periodo delle operazioni di controllo, ...*

Questi dati inoltri non tengono conto:

- a) degli interventi di perforazione;
- b) della messa in produzione dei pozzi con le operazioni di espulsione di fluidi e scorie;
- c) dei periodi di fermo/malfunzionamento degli impianti AMIS o blocco dei gruppi di produzione, che nel caso di Bagnore 3 è stato calcolato in 725 ore all'anno (media 2007-2011), come riportato nel contributo istruttorio di ARPAT alla VIA di Bagnore 4. (all. 14). Durante queste ore tutti gli inquinanti sono scaricati interamente in atmosfera. ARPAT calcola che per quanto riguarda l'H₂S l'emissione non sarà di 23,6 Kg/h, ma di 130 Kg/h per un totale di 94,250 tonnellate all'anno.

GEOTERMIA = fonte rinnovabile, pulita

Journal of Cleaner Production xxx (2013)

Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy

Mirko Bravi ^b, **Riccardo Basosi** ^{a,*} ^a Dept. of Chemistry, Univ. of Siena, Via A. Moro 2, 53100 Siena, Italy ^b Department of Energy & Syst. Eng., Univ. of Pisa, Largo Lucio Lazzarino, 56122 Pisa, Italy

Le centrali geotermiche nell'area del Monte Amiata emettono in atmosfera una grande varietà di prodotti non condensabili (CO₂, H₂S, NH₃, CH₄). L'anidride carbonica è la più rilevante emissione del campo geotermico, con una quantità attuale che varia tra 245 e 779 kg/MWh con una media pesata di 497 kg/MWh. La quantità dell'emissione di ammoniaca varia tra 0,086 e 28,94 kg/MWh con una media pesata di 6,54 kg/MWh. Le emissioni di ammoniaca per Mwh nel campo geotermico di Bagnore sono circa 4 volte più alte di quelle registrate nel principale sfruttamento del campo geotermico di Piancastagnaio. I valori di picco dei vari esempi sono 15 volte più alti delle massime concentrazioni trovate da Barbier (2002) con valori fra 57 e 1938 mg/KWh. Il gas naturale presenta una media di 7,54 kg/MWh., con valori variabili tra 2,3 e 16,9 kg/MWh. Inoltre in questo caso i valori di Bagnore sono più alti di più del 50% rispetto ai valori medi di Piancastagnaio

Journal of Cleaner Production xxx (2013)

Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy

Mirko Bravi ^b, Riccardo Basosi ^{a,*}, ^a Dept. of Chemistry, Univ. of Siena, Via A. Moro 2, 53100 Siena, Italy ^b Department of Energy & Syst. Eng., Univ. of Pisa, Largo Lucio Lazzarino, 56122 Pisa, Italy

Il valore medio del GWP è 693 kg CO₂ equiv/MWh con valori variabili tra 380 e 1045 kg/MWh ... l'emissione di CO₂ delle centrali geotermiche è **dello stesso ordine di grandezza di quella delle centrali alimentate da combustibili fossili.**

(GWP = Potenziale di Riscaldamento Globale)

In confronto mostra che dal punto di vista dell'ACP, l'impatto derivante dall'energia prodotta dalle centrali geotermoelettriche del Monte Amiata è **in media 2,2 volte maggiore dell'impatto di una centrale a carbone.** Il valore medio dell'ACP di Bagnore 3 (il campo geotermico di Bagnore emette 21,9 kg SO₂equiv/MWh) è **4,3 volte più alto di una centrale a carbone e circa 35,6 volte più alto di una centrale a gas.** Gli alti valori dell'ACP del campo geotermico di Bagnore rispetto a quello di Piancastagnaio, sono connessi alla grande quantità di ammoniacca (NH₃) presente nelle emissioni di BG3.

(ACP = Potenziale di Acidificazione)

F. Iraldo, A. Del Borghi, A. Favilli - Cesisp, Centro per lo Sviluppo della Sostenibilità dei Prodotti – Università degli Studi di Genova.

Nella Tabella i range di variabilità e la media delle emissioni di gas serra (misurate in grammi di CO₂ equivalente) durante l'intero ciclo di vita di alcune fonti energetiche, sia fossili sia rinnovabili.

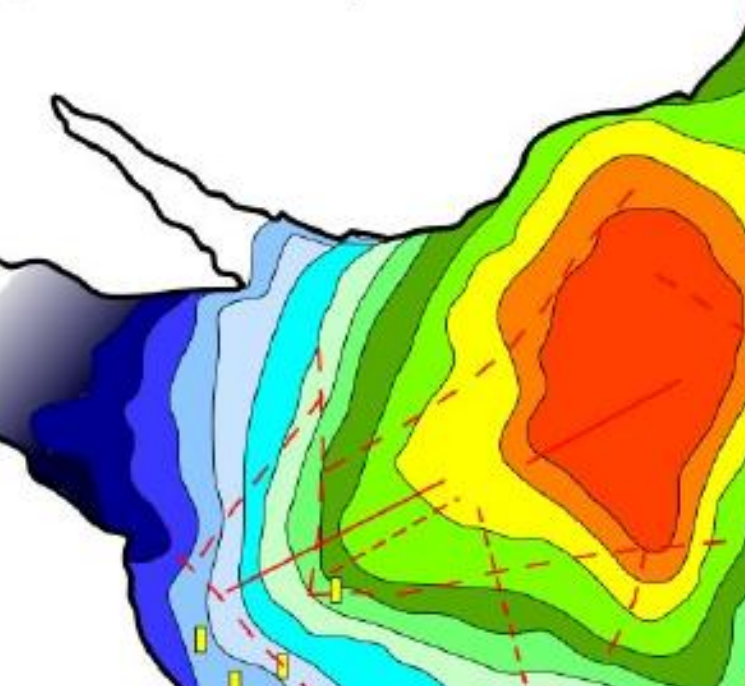
Fonti	Media (g CO ₂ eq/kWh)	Min (g CO ₂ eq/kWh)	Max (g CO ₂ eq/kWh)
Fotovoltaico	90	15	560
Eolico	25	7	130
Idroelettrico	41	1	200
Geotermico	170	150	1.000
Carbone	1.004	980	1.200
Gas naturale	543	510	760

Per avere un termine di paragone: la centrale elettrica di Livorno, che brucia olio produce **300 MW e circa 490.000 ton/anno di CO₂** (*Documento di monitoraggio del PIER anno 2009 – Regione Toscana*).

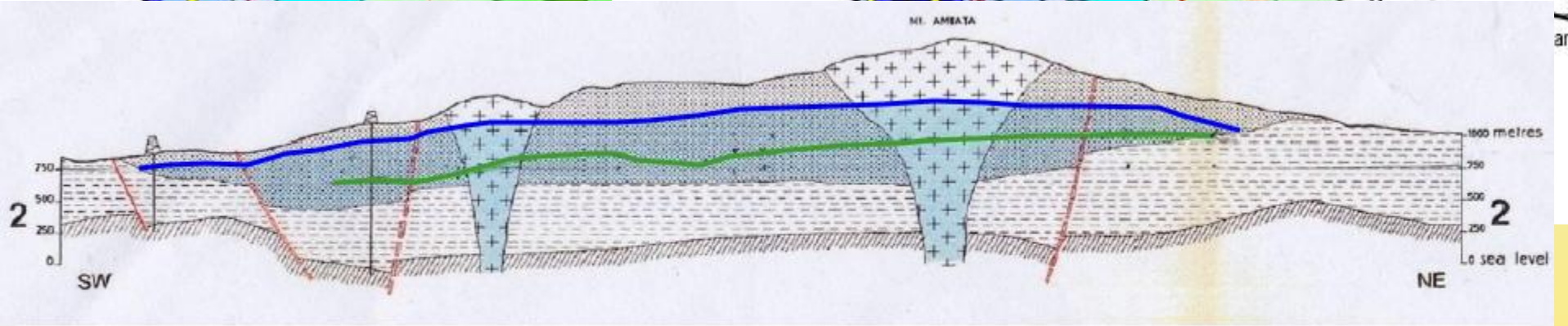
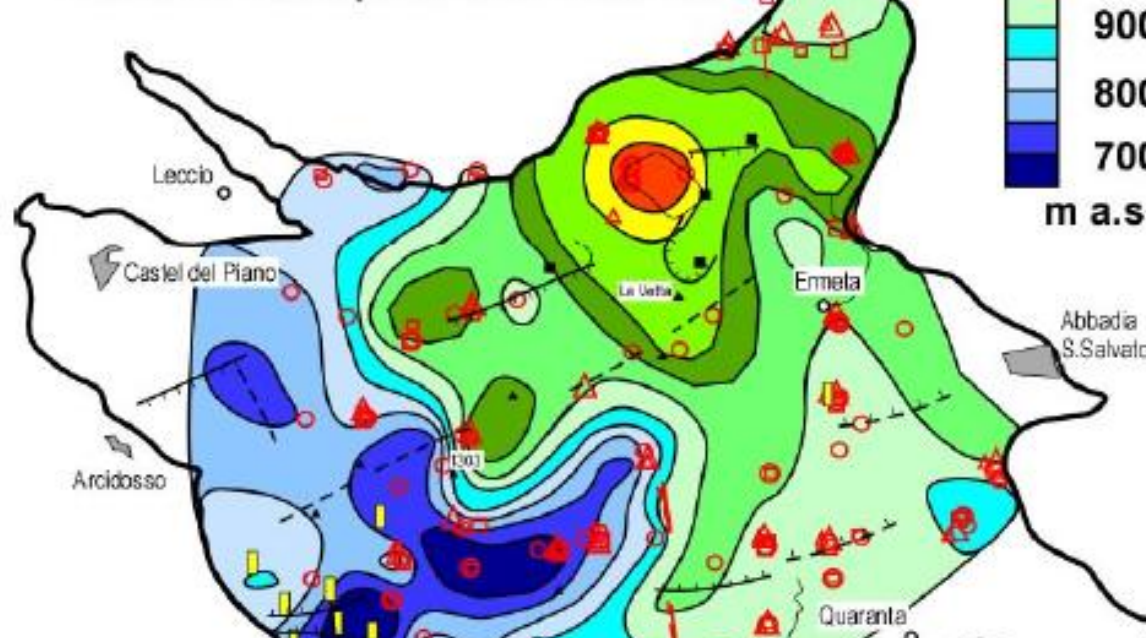
Le centrali geotermiche amiatine (dati 2007) producono **180 MW e circa 500.000 ton/anno di CO₂**. Ma la geotermia è esclusa dalle limitazioni del Protocollo di Kyoto

GEOTERMIA = fonte rinnovabile, pulita e sostenibile

Quota tavola d'acqua 1970



Quota tavola d'acqua secondo l'interpretazione 2003-2006



In azzurro andamento della falda acquifera come riportato nella rivista Geothermics (1970)
Con la linea verde andamento della falda acquifera marzo 2006 (CNR Pisa)

Geotermia “tradizionale”

GEOTERMIA = fonte rinnovabile, pulita e sostenibile (paesaggio)

Renewable and Sustainable Energy Reviews 26 (2013)
Review on lifecycle environmental effects of geothermal
power generation

Peter Bayer ^{a,n}, Ladislaus Rybach ^b, Philipp Blum ^c, Ralf Brauchler ^a



Fig. 4. Dry-steam plant, installations and transmission lines at Larderello (Italy) with a total exploited area of around 250 km².

scarsissimo impatto sull'ambiente circostante e nessuno con le falde di acqua potabile

Geotermia “di nuova generazione”

La Soprintendenza archeologica, belle arti e paesaggio per le province di Pisa e Livorno bocchia la realizzazione dell'impianto di Montecastelli (Catelnuovo Valdicecina): la costruzione di un impianto geotermico vicino al borgo di Montecastelli non è accettabile dal punto di vista paesaggistico perché altera «in modo **permanente e irreversibile** la struttura insediativa del borgo di Montecastelli e le relazioni visive e funzionali con il contesto paesaggistico di pertinenza circostante». «173 x 81 metri è il piazzale della centrale geotermoelettrica, 141 x 50, 5 mt il piazzale della postazione perforazione, 70 x 35 mt il piazzale della sottostazione elettrica, con l'aggiunta di una serie di opere più o meno stabili come la postazione di perforazione, alta oltre 30 metri, e la sistemazione della viabilità d'accesso».

Maggio 2019

GEOTERMIA = fonte rinnovabile **sostenibile (paesaggio)**

GEOTERMIA = fonte rinnovabile **sostenibile (paesaggio)**

l'ARPAT, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, ha trovato molte falle nel progetto di ispezione e produzione geotermica della Magma Energy (Montecastelli – Catelnuovo Valdicecina): **fa troppo rumore, errata valutazione delle emissioni, ignorate le condizioni meteo, criticità per i motori diesel utilizzati, non rispettati vincoli paesaggistici**. Meglio non realizzarlo in uno dei territori della Toscana dove la bellezza ha grande valore per i residenti, ma anche per le numerose aziende di turismo verde che lì si sono sviluppate.

Maggio 2019

GEOTERMIA = fonte rinnovabile **sostenibile**

Forti dubbi sulla effettiva redditività ed efficienza di queste centrali in relazione alla tipologia dei fluidi toscani.

Dubbi sugli effetti sulla falda geotermica a lungo termine in relazione alla invariabilità termica.

Dubbi sugli effetti sulla struttura dell'acquifero geotermico per la migrazione delle pressioni.

Journal of Cleaner Production xxx (2013)

Environmental impact of electricity from selected geothermal power plants in Italy

Mirko Bravi ^b, **Riccardo Basosi** ^{a,*} ^a Dept. of Chemistry, Univ. of Siena, Via A. Moro 2, 53100 Siena, Italy ^b Department of Energy & Syst. Eng., Univ. of Pisa, Largo Lucio Lazzarino, 56122 Pisa, Italy

Noi pensiamo che una risorsa geotermica deve essere sempre sfruttata dove essa si trova, sia per la produzione di calore che di elettricità, in maniera integrata. Il maggior limite allo sfruttamento di questa importante risorsa naturale può essere rappresentato da **tecnologie inadeguate che non minimizzano l'impatto ambientale dal momento che sono concepite essenzialmente per massimizzare la produzione di elettricità.**

In altre parole si tratta di attività speculative che vengono sempre realizzate (anche ciclo binario) con la costruzione di impianti industriali, che non si inseriscono in territori di pregio, dove le produzioni agricole e le attività turistiche sono legate al pregio del territorio, che si reggono sugli incentivi (soprattutto ciclo binario) e che hanno incidenza sulla qualità delle matrici ambientali (soprattutto geotermia tradizionale).

In ogni caso non si tratta di una fonte di energia sostenibile e rinnovabile

