

## **PROGETTO DI RICERCA EPIDEMIOLOGICA SULLE POPOLAZIONI RESIDENTI NELL'INTERO BACINO GEOTERMICO TOSCANO - "PROGETTO GEOTERMIA"**

### **LO STUDIO IN SINTESI**

A cura di: Francesco Cipriani  
Osservatorio di Epidemiologia – Agenzia regionale di sanità della Toscana

#### **1. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

Le limitate conoscenze scientifiche sui rapporti tra esposizione a fattori ambientali correlati all'attività geotermica e lo stato di salute della popolazione esposta, hanno motivato la conduzione di una indagine epidemiologica nell'area geotermica toscana basata sull'analisi dei dati ambientali e sanitari disponibili negli archivi regionali. La ricerca ha valutato lo stato di salute della popolazione di queste aree in relazione ai fattori ambientali locali, con particolare riferimento alle attività geotermiche.

I risultati dell'indagine evidenziano uno stato di salute della popolazione residente nelle aree geotermiche coerente con quello generale toscano e con quello degli abitanti dei comuni limitrofi non geotermici. Non sussistono rilevanti elementi di preoccupazione per i livelli di salute indagati attraverso i dati di mortalità, ospedalizzazione, indicatori di danno genetico e fetale e della prevalenza di alcune importanti malattie (diabete, malattie respiratorie ostruttive, infarto miocardico). Alcune differenze rilevate, sia di malattie in eccesso che in difetto, sono di dimensioni modeste, geograficamente confinate, imputabili a fattori individuali di stili di vita (fumo, attività lavorativa, alimentazione e alcol) o a debolezze del metodo statistico, piuttosto che a determinanti ambientali. Poiché l'epidemiologia arriva a misurare gli eventi di malattia quando questi sono già occorsi, il criterio di precauzione per la protezione della salute della popolazione, soprattutto nel sospetto del coinvolgimento di inquinanti ambientali, impone però di considerare come potenzialmente rischiosi tutti i segnali sfavorevoli, anche di scarsa plausibilità, i cui effetti potrebbero evidenziarsi a distanza di anni. In questo senso è da tenere in considerazione il modesto eccesso di mortalità, ma non di ospedalizzazione, riscontrato tra i 43.000 abitanti dei comuni geotermici, anche se limitato ai soli maschi (+ 6%). Nell'intera area geotermica non si rilevano altri significativi eccessi di malattie, se non per alcune non correlabili a fattori ambientali. In generale si tratta di un quadro sanitario in linea con quanto

riportato da tempo negli atlanti storici di mortalità, che evidenziano aree geografiche più o meno svantaggiate rispetto ad altre. In Toscana a questi livelli lo sono tradizionalmente le zone montane delle Apuane, la zona lucchese e versiliana, la pisana e la livornese, la Amiata senese e la grossetana. Sebbene non siano state definite con chiarezza le cause di questa distribuzione, le conoscenze epidemiologiche sui determinanti di salute orientano decisamente su elementi di disuguaglianza economica e sociale, su stili di vita e condizioni di lavoro poco salutari e, in parte minore, sulle difficoltà di accesso ai servizi sanitari dei residenti in queste aree. In tutte le zone geotermiche in studio, comunque, si è assistito nel tempo ad un miglioramento degli indicatori sanitari e sociali, parallelo al trend temporale favorevole dell'intero territorio toscano, ma di entità tale da mantenere un differenziale negativo ancora registrabile ai nostri giorni. In questo senso è da evidenziare che gli eccessi di mortalità ed ospedalizzazione per le poche cause riscontrate nell'area geotermica emergono dal confronto con lo stato di salute dei residenti in ambiti geografici della regione toscana, la quale gode di per sé di un'aspettativa di vita tra le più elevate a livello nazionale ed internazionale, per motivi ad oggi non ancora del tutto compresi. Dunque problemi che si rendono visibili dal confronto con altre zone toscane con bassa mortalità ed incidenza di malattie.

Dello stesso significato sono le criticità sanitarie riscontrate nell'area geotermica Amiatina, con un eccesso significativo di mortalità generale nei soli maschi (+ 13%), che risente della mortalità per malattie respiratorie, per alcuni tipi di tumore, tra cui quello dello stomaco, e per malattie infettive. Quasi nessun problema sanitario emerge, invece, per l'area geotermica pisana, dove peraltro si concentra il maggior volume di attività degli impianti dell'intera area geotermica. Il riscontro di minori problemi sanitari proprio nelle aree dove maggiore è la potenza produttiva degli impianti geotermici, suggerisce un ruolo sui rischi rilevati più importante per i fattori sociali, occupazionali e degli stili di vita rispetto a quelli ambientali eventualmente indotti dall'attività geotermica.

I dati sui livelli di inquinamento ambientale mostrano qualche criticità per l'arsenico nell'acqua, sia nell'area Amiatina che in quella pisana, anche se i valori rientrano nei limiti previsti dalla normativa vigente (comprese le deroghe), e che potrebbero essere in relazione ad alcune malattie, come quelle urinarie, riscontrate con maggior frequenza in alcuni comuni dell'area geotermica.

## 2. I METODI DELLO STUDIO

L'indagine è stata condotta come un'istruttoria epidemiologica, con l'analisi e l'interpretazione dei dati già disponibili negli archivi ambientali e sanitari regionali e con l'acquisizione dei risultati di indagini e ricerche effettuate nel passato. Come indagine epidemiologica descrittiva può portare alla formulazione di ipotesi da verificare eventualmente con studi analitici dopo aver ristretto il campo ad un numero limitato di indizi. La ricerca si è svolta in tre fasi successive: la prima tratta dei risultati delle analisi disponibili sugli inquinanti di aria, acqua e suolo rilevati nell'area geotermica, la seconda analizza i dati sanitari della popolazione residente, mentre la terza mette in relazione i dati sanitari con quelli ambientali.

Per la parte ambientale sono stati acquisiti i dati delle principali fonti informative toscane, tra cui quelle di ARPAT, dell'Università di Siena, dell'Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR di Pisa, della Società Rimini (ex-società del gruppo ENI), dell'Azienda Servizi Ambientali di Livorno (ASA), dell'Acquedotto del Fiora, dell'Asl di Grosseto e Pisa, oltre che di alcuni studi ad hoc.

La parte sanitaria della ricerca ha valutato lo stato di salute della popolazione residente nell'area geotermica toscana analizzando la distribuzione geografica e temporale della mortalità e della ospedalizzazione per cause specifiche, di alcuni indicatori di salute riproduttiva (malformazioni congenite, basso peso alla nascita, rapporto tra i sessi nei nuovi nati) e della prevalenza di alcune importanti patologie. Nella Tabella 1 sono riassunti i dettagli delle analisi principali effettuate. In una fase di approfondimento successiva è stata studiata anche la distribuzione geografica e temporale della prevalenza di alcune malattie specifiche (diabete, broncopenumopatia cronico-ostruttiva - BPCO, malattie polmonari cronico-ostruttive - MPCO, infarto acuto del miocardio). Tutte le analisi statistiche sono state effettuate a livello di intera area geotermica, delle due sub-aree geotermiche nord e sud e dei 16 comuni.

La mortalità è stata analizzata con i dati del Registro di Mortalità Regionale della Toscana, per l'intero periodo disponibile (1980-2006) facendo riferimento a 60 cause scelte perché segnalate in letteratura come potenzialmente correlate all'inquinamento ambientale o di interesse generale per il profilo di salute della popolazione. Per la mortalità sono stati calcolati: i tassi di mortalità standardizzati per età (TSDM); i trend temporali dei TSDM in quattro periodi (1971-1979, 1980-1989, 1990-1999, 2000-2006), di cui il primo sulla base dei dati di mortalità dell'ISTAT rielaborati dal CNR di Pisa; i rapporti di mortalità standardizzati per età (SMR), con gli attesi calcolati usando sia il tasso di mortalità della popolazione toscana, sia quello dei comuni limitrofi (comuni con la coordinata geografica del municipio compresa in un cerchio con raggio di 50 km centrato sull'area in studio); le stime bayesiane dei rapporti di mortalità (BMR) a livello esclusivamente comunale (comuni con la coordinata geografica del municipio compresa in un cerchio con raggio di 50 km centrato sull'area in studio) solo per l'ultimo periodo (2000-2006); le mappe (disease mapping) dei rischi bayesiani di mortalità comunali (BMR) secondo 5 classi prefissate di rapporto percentuale di rischio (0-75; 76-

95; 96-105; 106-125; > 125), rispetto all'area di riferimento locale (50Km); gli addensamenti di comuni anomali per la mortalità (cluster), identificati con tecnica Spatial Scan Statistic di Kulldorff, esclusivamente a livello comunale, con gli attesi calcolati in base alla mortalità dei comuni limitrofi (50km), solo per il periodo più recente (2000-2006).

L'ospedalizzazione è stata calcolata con i dati delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) della Regione Toscana dell'intero periodo disponibile (1998-2006), che comprendono anche i ricoveri dei residenti effettuati in Asl di altre regioni, facendo riferimento alla diagnosi principale di ricovero. Sono stati analizzati anche i dati relativi ai ricoverati piuttosto che ai ricoveri, escludendo cioè i ricoveri ripetuti degli stessi soggetti per la stessa causa. Le cause di ospedalizzazione selezionate per l'analisi dei ricoveri sono le stesse della mortalità (60). Per l'analisi riferita ai ricoverati sono state selezionate 29 cause, scelte perché risultate significativamente in eccesso nell'analisi dei ricoveri, o perché di interesse ai fini di una possibile relazione con caratteristiche ambientali dell'area geotermica, oppure perché correlate ad abitudini e stili di vita. Gli indicatori calcolati sui ricoverati sono stati: il rapporto di ospedalizzazione standardizzato per età (SHR), con gli attesi calcolati sulla base del tasso di ospedalizzazione della popolazione toscana; le stime bayesiane dei rapporti di ospedalizzazione (BHR) a livello esclusivamente comunale (comuni con la coordinata geografica del municipio compresa in un cerchio con raggio di 50 km centrato sull'area in studio) limitatamente all'ultimo periodo (2004-2006); le mappe (disease mapping) dei rischi bayesiani di ospedalizzazione comunali (BHR) secondo 5 classi prefissate di rapporto percentuale di rischio (0-75; 76-95; 96-105; 106-125; >125), rispetto all'area di riferimento locale (50km). La significatività dei tassi di mortalità ed ospedalizzazione è stata calcolata con gli Intervalli di Confidenza al 95% ed al 99%.

La prevalenza di diabete, BPCO, MPCO è stata calcolata utilizzando le informazioni del database *MaCro* dell'ARS, mentre per quella dell'infarto miocardico acuto sono state utilizzate le informazioni del Registro Regionale dell'Infarto Miocardico Acuto (Tosc-AMI) dell'ARS. Per la prevalenza sono stati calcolati: i tassi di eventi standardizzati per età (TSDE); il trend temporale del TSDE in quattro anni (2003-2006); i rapporti di eventi standardizzati per età (RES), con gli attesi calcolati usando sia il tasso di eventi della popolazione toscana, sia quello dei comuni limitrofi (comuni con la coordinata geografica del municipio compresa in un cerchio con raggio di 50 Km centrato sull'area in studio).

Le malformazioni congenite (MC) sono state analizzate con i dati del Registro Toscano dei Difetti Congeniti (RTDC), relativi a gravidanze di donne residenti nei comuni dell'area in studio, ovunque sia avvenuto il parto o l'interruzione di gravidanza, occorse nel periodo 1992-2006. I denominatori sono rappresentati dai nati residenti nell'area in studio nel periodo 1992-2006. Le cause di MC sono state selezionate in base a dati di letteratura su possibili correlazioni con l'inquinamento ambientale e in base alla sufficiente numerosità della casistica. Per le MC sono stati calcolati: il rapporto tra casi Osservati e casi Attesi (O/A) di MC, con gli attesi definiti in base al tasso regionale e relativa significatività statistica ( $p < 0.05$ ); le stime bayesiane del rapporto O/A (BMR) a livello esclusivamente comunale (comuni con la coordinata

geografica del municipio compresa in un cerchio con raggio di 50 km centrato sull'area in studio); gli addensamenti di comuni anomali per tasso di malformazioni (cluster) identificati con tecnica Spatial Scan Statistic di Kulldorff, analizzati solo a livello comunale, con gli attesi calcolati in base al tasso di MC dei comuni limitrofi (50 km).

Il basso peso ed il rapporto dei maschi alla nascita è stato calcolato sui dati dei Certificati di Assistenza al Parto della Regione Toscana, relativi al periodo 2001-2007, con informazioni sui parti e nati in Toscana, con esclusione di quelli occorsi in presidi ospedalieri di altre regioni. Gli indicatori utilizzati nelle analisi sono stati il basso peso alla nascita (LW: peso < 2.500 grammi), il bassissimo peso alla nascita (VLW: peso < 1.500 grammi) ed il basso peso alla nascita nelle donne con età gestazionale normale, cioè maggiore di 36 settimane (LW36). Per tutti gli indicatori è stato calcolato il rapporto osservati/attesi, con gli attesi definiti in base al tasso regionale.

Per la parte di correlazione tra dati ambientali e sanitari, è stata effettuata una analisi di regressione tra dati sui decessi e sui ricoverati e dati di inquinamento secondo gruppi di comuni con lo stesso indice di pressione ambientale, per valutare se a diverse classi di pressione ambientale corrispondessero eccessi di patologie e verificare inoltre la eventuale presenza di un andamento crescente di decessi e di ricoverati al crescere degli indici ambientali (suolo, acqua, aria). La valutazione della correlazione tra inquinanti ambientali e patologie è stata svolta utilizzando dati a livello comunale aggregati in gruppi simili in termini di concentrazione di metalli, in quanto non erano disponibili informazioni più disaggregate dei dati sanitari e in parte anche delle matrici ambientali (aria). I dati delle matrici ambientali sono stati quindi aggregati a livello comunale utilizzando come indicatore il livello medio. Così facendo è stato possibile effettuare correlazioni dei dati ambientali con i dati sanitari che al momento sono disponibili solo a livello comunale. Da notare che non tutti i 16 comuni dell'area geotermica per i quali sono state condotte le analisi di mortalità e di morbosità hanno a disposizione anche dati di tipo ambientale. Per aumentare la potenza statistica delle analisi di correlazione geografica si è perciò deciso di utilizzare anche i dati ambientali di altri comuni adiacenti all'area geotermica per i quali fossero disponibili dati sulle tre matrici ambientali. Le correlazioni tra dati ambientali e dati sanitari sono state perciò effettuate su un totale di 21 comuni. I dati sanitari impiegati nell'analisi di correlazione con i dati ambientali, sono quelli più recenti di mortalità del periodo 2000-2006 e dei ricoverati del periodo 2004-2006, così aggregati per consentire il raggiungimento di numerosità di osservazioni sufficienti per analisi statistiche affidabili. Le 15 cause di morbosità e mortalità incluse nell'analisi sono state selezionate dalle 60 originarie, perché risultate in significativo eccesso nello studio precedente di mortalità e dei ricoverati o perché riportate in letteratura in associazione con pressioni ambientali del tipo di quelle presenti nell'area geotermica. In fase di analisi statistica, gli indicatori ambientali sono stati categorizzati in classi, trasformando la variabile da continua a ordinale, con una suddivisione sulla base dei terzili della distribuzione. Per ogni indicatore ambientale sono state formate tre classi, ciascuna con numerosità di 7 comuni: classe 1 a concentrazione bassa; classe 2 a concentrazione media; classe 3 a concentrazione elevata. Le misure di correlazione sono espresse

come rischi relativi (RR) ed intervalli di confidenza al 95% (i RR sono statisticamente significativi se l'intervallo di confidenza è superiore al valore 1).

Tabella 1. Indicatori calcolati, popolazioni di riferimento utilizzate (Europea, Regione Toscana, entro 50 Km dall'area geotermica) e periodi temporali analizzati per ogni tipo di evento sanitario.

Indicatori	Mortalità						Ospedalizzazione						Prevalenza		Malformazioni congenite			Basso peso alla nascita	
	TSDM	SMR	BMR	Mappe BMR	Clust. SMR	Trend TSDM	TSDH	Ricoveri		Ricoverati			TSDE	RES	O/A	BMR	Clust. O/A	O/A	
<b>Riferimenti</b>	Europa	50km	50km	50Km	50km	Europa	Europa	50km		50Km	50Km		50Km		50km	50km			
	Regione						Regione			Regione			Regione	Regione	Regione			Regione	
<b>Periodi</b>	71-79												03	03					
	80-89	80-89					80-89	98-00	98-00	01-03	01-03		04	04	92-06	92-06	92-06	01-07	
	90-99	90-99					90-99	01-03	01-03	04-06	04-06	04-06	05	05					
	00-06	00-06	00-06	00-06	00-06	00-06	04-06	04-06	04-06				06	06					

#### Note Indicatori

- TSDM:* Tasso Standardizzato per età di Mortalità  
*SMR:* Rapporto Standardizzato per età di Mortalità  
*BMR:* Indicatori bayesiani sui dati di mortalità  
*Mappe BMR:* Disease mapping degli indicatori bayesiani di mortalità (BMR)  
*Clust. SMR:* Analisi di clustering sui rapporti standardizzati di mortalità (SMR)  
*Trend TSDM:* Analisi trend dei tassi standardizzati per età di mortalità dal 1971 al 2006  
*TSDH:* Tasso Standardizzato per età di Ospedalizzazione (ricoveri)  
*SHR:* Rapporto Standardizzato per età di Ospedalizzazione (ricoveri e ricoverati)  
*BHR:* Indicatori bayesiani sui dati di ospedalizzazione e mappe degli indicatori  
*Mappe BHR:* Disease mapping degli indicatori bayesiani di ospedalizzazione (BHR)  
*TSDE:* Tasso Standardizzato per età di Eventi  
*RES:* Rapporto Standardizzato per età di Eventi  
*O/A:* Rapporto tra Osservati e Attesi dei casi di malformazione  
*Clust. O/A:* Analisi di clustering sui rapporti O/A di malformazioni congenite

#### Note Riferimenti

- Europa:* popolazione Europea standard usata per il calcolo dei tassi standardizzati per età degli eventi sanitari (mortalità, ospedalizzazione);  
*Regione:* popolazione toscana di riferimento di cui sono utilizzati i tassi specifici per età degli eventi sanitari (decessi, ricoveri, ricoverati, malformazioni, basso peso alla nascita) per calcolare gli attesi;  
*50Km:* popolazione residente nei comuni le cui coordinate geografiche sono comprese entro un raggio di 50Km dall'area geotermica in studio e di cui sono utilizzati i tassi specifici degli eventi sanitari (decessi, ricoveri, malformazioni, basso peso alla nascita) per calcolare gli attesi.

#### Note Periodi

Accorpamenti di anni di osservazione

Note: Le analisi bayesiane e di clustering sono state eseguite solo a livello comunale.

### 3. I PRINCIPALI RISULTATI DELLO STUDIO

#### 3.1 La popolazione in studio

L'indagine è stata condotta nell'area geotermica toscana, che interessa 16 comuni e 43.400 abitanti (Figura 1). La Tabella 2 mostra l'aggregazione di Comuni per zona e Azienda UsI territoriale di appartenenza. Per l'analisi dei dati sanitari, l'area geotermica è stata classificata in Area Nord e Sud (o Amiatina) in base a criteri geografici. I residenti dell'Area Sud costituiscono il 61,3% del totale dei residenti nell'area geotermica.

Figura 1. Localizzazione geografica dei 16 comuni geotermici oggetto dell'indagine e delle zone socio-sanitarie di competenza

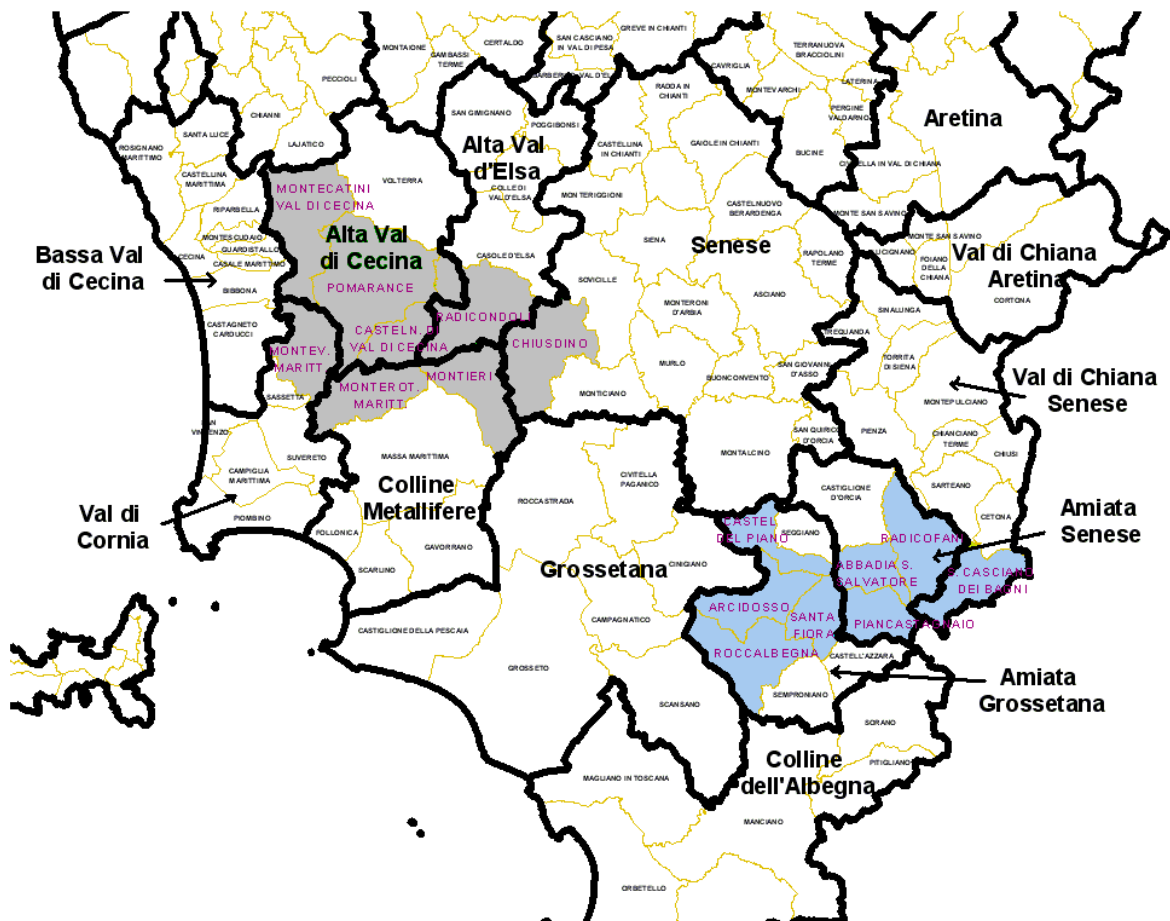




Tabella 2. Popolazione residente al 31/12/2007 nei 16 comuni dell'Area geotermica toscana e aggregazione per Ausl, zona sanitaria, Società della Salute (SdS), Provincia (Prov) e Comune di appartenenza.

<b>AREA GEOTER MICA</b>	<b>AUSL</b>	<b>Zona sanitaria</b>	<b>Prov</b>	<b>Comune</b>	<b>Totale residenti</b>	<b>N Impianti geotermia</b>	<b>MW</b>	
<b>NORD</b>	5 - Pisa	Alta Val di Cecina	PI	Castelnuovo di Val di Cecina	2.384	6	114,5	
			PI	Montecatini Val di Cecina	1.908	-	-	
			PI	Pomarance	6.161	6	288	
	6 - Livorno	Val di Cornia	PI	Monteverdi Marittimo	760	2	40	
	7 - Siena	Alta Val d'Elsa Senese	SI	Radicondoli	1.019	5	120	
			SI	Chiusdino	2.015	-	-	
	9 - Grosseto	Colline Metallifere	GR	Monterotondo Marittimo	1.305	5	100	
			GR	Montieri	1.247	2	60	
	<b>TOTALE AREA GEOTERMICA NORD</b>					<b>16.799</b>	<b>26</b>	<b>722,5</b>
	<b>SUD</b>	7- Siena	Val di Chiana Senese	SI	San Casciano dei Bagni	1.711	-	-
Amiata Senese				SI	Abbadia San Salvatore	6.709	-	-
				SI	Piancastagnaio	4.140	4	68
				SI	Radicondoli	1.193	-	-
8- Grosseto		Amiata Grossetana	GR	Arcidosso	4.243	-	-	
			GR	Castel del Piano	4.640	-	-	
			GR	Roccalbegna	1.183	-	-	
			GR	Santa Fiora	2.782	1	20	
<b>TOTALE AREA GEOTERMICA SUD</b>					<b>26.601</b>	<b>5</b>	<b>88</b>	
<b>TOTALE AREA GEOTERMICA</b>					<b>43.400</b>	<b>31</b>	<b>810,5</b>	

Negli ultimi 40 anni si è assistito ad una riduzione costante della popolazione nelle due aree geotermiche (- 11.000 abitanti nell'area Nord e - 9.000 abitanti nell'area Sud), stabilizzata dal 2000, ed accompagnata ad un progressivo invecchiamento, sostenuto soprattutto dalla riduzione della natalità. Il fenomeno è più intenso nell'area geotermica sud rispetto a quella nord.

In Toscana sono in funzione 31 centrali geotermoelettriche, con 32 gruppi produttivi di 810,5 MW di potenza complessiva, ripartiti tra "Larderello-Lago" (20 gruppi - 542,5 MWe) e "Radicondoli - Travale" (7 gruppi - 180 MWe) nell'area Nord, e "Monte Amiata" (5 gruppi - 88 MWe) nell'area Sud. L'area Nord comprende la località "Larderello - Lago", che interessa i comuni di Pomarance (PI), Castelnuovo di Val di Cecina (PI), Monteverdi Marittimo (PI) e Monterotondo Marittimo (GR) e la località "Radicondoli - Travale", che comprende i comuni di Radicondoli (SI) e Montieri (GR). L'area Sud comprende la località "Amiata" che interessa i comuni di Santa Fiora (GR) e Piancastagnaio (SI).

### 3.2 Lo studio ambientale

Per quanto riguarda l'acqua, emerge come elemento di criticità il riscontro talvolta di elevati livelli di arsenico nelle acque della rete di distribuzione degli acquedotti, tanto che in diverse realtà comunali si è dovuto far ricorso alla concessione di deroghe ai parametri previsti dal decreto legislativo vigente (D.Lgs. 31/01). Comunque, proprio nel periodo conclusivo dello studio, nella sola area amiatina i nuovi sistemi abbattitori hanno ridotto i livelli di arsenico fino a non rendere più necessari questi provvedimenti, ancora attivi, invece, in alcuni comuni dell'area geotermica nord.

Per quanto attiene ai dati sull'aria, le informazioni di ARPAT evidenziano che l'attività geotermica è in grado di modificare la qualità dell'aria, soprattutto per l'acido solfidrico nell'area geotermica nord, e per l'acido solfidrico ed il mercurio nell'area dell'Amiata, prevalentemente quella senese. Per il mercurio nell'aria, un contributo rilevante è legato anche alle emissioni dagli ex siti metallurgici del cinabro. Sebbene i livelli di mercurio nelle postazioni di monitoraggio rientrino sempre al di sotto dei valori guida raccomandati dall'OMS, le concentrazioni riscontrate nell'aria dell'Amiata senese e perlopiù legate alla centrale di PC2, sono significativamente superiori a quelle delle altre aree geotermiche, che, al contrario, sono assestate sugli stessi livelli riscontrati nelle aree non geotermiche. I livelli di concentrazione di acido solfidrico sono inferiori ai valori di riferimento, con occasionali superamenti del valore guida di tutela sanitaria OMS. Più critici sono i dati di inquinamento olfattivo, che si verifica con il superamento del valore di 7-10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  di acido solfidrico, riscontrato con vario grado di intensità in tutte le postazioni di monitoraggio, anche in aree dove non sono presenti impianti geotermici. In alcune aree con insediamenti produttivi geotermici, la frequenza, la persistenza e l'intensità dei cattivi odori sono tali da comportare condizioni di qualità dell'aria decisamente scadente.

L'attività di misurazione del radon nelle abitazioni e nei luoghi di lavoro in corso a cura di ARPAT fornirà un utile approfondimento rispetto ai dati parziali degli anni '90, che evidenziavano valori di radon più elevati nell'area amiatina rispetto a quella nord.

### 3.3 Lo studio sanitario

Le Tabelle 3 e 4 riportano la sintesi dei principali risultati dell'analisi di mortalità e di ospedalizzazione.

#### 3.3.1. AREA GEOTERMICA TOTALE

L'analisi della mortalità standardizzata per età, che elimina dai confronti tra popolazioni le interferenze dovute alla diversa composizione per età, a livello di Area geotermica totale, dove risiedono circa 43.000 soggetti, nel periodo più recente 2000-2006, che accorpa sette anni per aumentare l'affidabilità delle analisi statistiche, in confronto con la mortalità dei residenti nei comuni limitrofi (entro 50 Km) mostra che:

- tra i residenti nel complesso dei 16 comuni geotermici, si riscontra un modesto eccesso di mortalità per tutte le cause nei maschi (+ 6%, equivalenti a circa 18 decessi in più rispetto ai circa 311 decessi all'anno attesi), ma non nelle femmine che, al contrario mostrano una tendenza ad un minor rischio ( - 3%), seppure non significativo. L'eccesso di mortalità limitato al genere maschile induce ad ipotizzare un ruolo più rilevante dei fattori di rischio individuali (lavoro svolto nel passato, stili di vita), rispetto a quelli ambientali;
- i tassi di mortalità generale sono in costante diminuzione dal 1971 al 2006, sia nei maschi che nelle femmine, in maniera del tutto sovrapponibile all'andamento decrescente regionale, suggerendo un'omogeneità tra fattori di rischio locali e quelli generali presenti nella regione;
- considerando le singole cause di morte, tra i maschi, ma non tra le femmine, si evidenzia un eccesso di mortalità per malattie dell'apparato respiratorio (+ 25%, pari a circa 6 decessi in più ogni anno rispetto ai circa 25 attesi per questa causa), in particolare per la pneumoconiosi (51 osservati in sette anni rispetto a 18 attesi), sebbene in notevole decremento negli ultimi anni, analogamente all'andamento regionale. Il dato limitato al genere maschile, l'andamento decrescente nel tempo, e la componente principale sostenuta dalla pneumoconiosi, malattia di origine professionale con lunga latenza, fa ipotizzare un maggior ruolo causale delle esposizioni occupazionali del passato e del fumo di tabacco, piuttosto che di esposizioni a fattori ambientali;
- tra i maschi, ma non tra le femmine, altre singole cause in eccesso sono le malattie infettive e, tra queste, la tubercolosi (8 casi osservati di Tbc in sette anni rispetto ai 2 attesi). Questa è con ogni probabilità legata all'eccesso di pneumoconiosi, malattia professionale che notoriamente predispone e si accompagna alla tubercolosi. L'eccesso di mortalità delle due condizioni è pertanto espressione degli stessi fattori di rischio. Condizioni igieniche e sociali (affollamento abitativo, stato nutrizionale, condizioni di lavoro usuranti, difficoltà di accesso a servizi sanitari), possono essere ulteriori fattori determinanti l'eccesso di mortalità per tubercolosi;
- nelle femmine, ma non nei maschi, rispetto ai comuni limitrofi, si rileva un eccesso solo per la mortalità per cirrosi epatica (+ 40%). Alle nostre

latitudini, tra i fattori di rischio noti di questa patologia si riconoscono solo l'epatite B e C ed il consumo eccessivo di alcol, che però è più frequente tra i maschi. Ad oggi non disponiamo di informazioni attendibili sulla diffusione dell'infezione da virus epatitici nei singoli distretti territoriali toscani. La cirrosi epatica è in decremento nei maschi sia nell'area geotermica che in regione, mentre nelle femmine è stabile nell'area geotermica ed in diminuzione in regione, cosa che potrebbe far ipotizzare la persistenza nell'area geotermica dei fattori di rischio;

- in entrambi i generi non si rilevano eccessi di mortalità per tumori né per malattie del sistema circolatorio, condizioni che insieme normalmente rappresentano oltre i due terzi di tutte le cause di morte. Peraltro, la mortalità per tumori nell'area geotermica è in calo fin dagli anni '70 ed in modo del tutto sovrapponibile al trend toscano, così come in evidente diminuzione nello stesso periodo nell'area geotermica ed in tutta la regione è la mortalità per malattie cardiovascolari;
- nelle femmine, ma non nei maschi, si evidenzia una minore frequenza di mortalità per malattie dell'apparato circolatorio nell'area geotermica ( - 6%, ovvero 70 decessi meno dell'atteso in sette anni), tra cui in particolare per malattie ischemiche cardiache. Peraltro la mortalità cardiovascolare è nell'area geotermica in significativa riduzione nel corso del tempo, analogamente al dato regionale.

In sintesi, la mortalità generale è in eccesso solo nei maschi, mentre tra le singole cause si rilevano eccessi per quelle infettive e respiratorie nei maschi e per la cirrosi epatica nelle femmine. Tra queste sono invece inferiori all'atteso i decessi per malattie cardiocircolatorie.

Passando a considerare i tassi di ospedalizzazione (ricoverati) standardizzati per età, che consentono di valutare l'occorrenza di malattie di minor gravità rispetto a quelle che si rilevano nelle statistiche di mortalità, per il periodo più recente 2004-2006, accorpando un triennio per aumentare l'affidabilità delle analisi statistiche, nei residenti dell'area geotermica totale, si rileva che:

- non sono evidenti eccessi di ricoverati per il totale delle cause nel loro complesso, sia nei maschi che nelle femmine, rispetto a quanto si rileva nell'intera regione;
- sia nei maschi che nelle femmine, non sono evidenti eccessi di ricovero né per malattie tumorali nel loro complesso, né per malattie cardiovascolari, che sono le due principali cause di malattia nella popolazione generale;
- tra le singole sedi tumorali, eccessi di ricoverati nel triennio si rilevano solo per il tumore dello stomaco in entrambi i generi (Maschi: 49 osservati in tre anni, rispetto ai 34 attesi, SHR = 146; Femmine: 42 osservati, 23 attesi, SHR = 185), e nelle sole femmine per leucemie (19 osservati, 11 attesi, SHR = 167) e, tra queste, per leucemie linfatiche (15 osservati, 5 attesi, SHR = 313). E' noto che la Toscana è regione ad alto rischio per il tumore dello stomaco, con zone particolarmente critiche nell'Appennino toscano-emiliano, e più in generale nelle comunità montane della regione. Le cause del tumore dello stomaco sono da ricercarsi soprattutto in un'alimentazione del passato povera, poco variata, a base di alimenti conservati, carente per frutta e verdura fresca, insieme ad

una predisposizione genetica e ad un'elevata esposizione a *Helicobacter pylori*, batterio ubiquitario e scarsamente patogeno. Tra le esposizioni ambientali, sono segnalate solo alcune in ambito strettamente occupazionale (lavoratori esposti a polveri minerali, di metalli, in miniere). Non sono ad oggi noti i fattori di rischio dell'insorgenza delle leucemie, gruppo molto eterogeneo di forme tumorali dell'apparato addetto alla produzione delle cellule del sangue. Tra i fattori di rischio delle leucemie più accreditati ci sono le radiazioni ionizzanti, le esposizioni professionali a benzene, pesticidi, solventi, ed anche le attività in miniere. Più incerto il ruolo delle esposizioni ambientali di volta in volta ipotizzate. Comunque, il rilievo di eccessi di leucemie e linfomi è sempre valutato con attenzione negli studi sui rapporti tra inquinamento ambientale e salute della popolazione generale;

- il rilievo di livelli di ospedalizzazione inferiori all'atteso per tumori broncopolmonari nelle femmine (13 osservati, 24 attesi) e tumori della vescica nei maschi (50 osservati, 75 attesi), ancora una volta orienta l'attenzione sui rischi correlati a fattori individuali (fumo di tabacco, occupazione), piuttosto che a quelli ambientali. Inferiori all'atteso sono nelle femmine anche i tassi di ospedalizzazione per malattie genito-urinarie (- 8%).

In sintesi, l'analisi dell'ospedalizzazione generale non mostra eccessi nei due generi. Tra le singole cause, si rileva un eccesso di ricoverati per tumore dello stomaco in entrambi i generi e per leucemie nelle sole femmine. Minori dell'atteso sono i ricoveri per tumore della vescica nei maschi, per tumore broncopolmonare e per malattie genito-urinarie nelle femmine.

L'analisi delle malformazioni congenite, del basso peso alla nascita e del rapporto dei maschi alla nascita non ha evidenziato alcun eccesso o particolare problema nell'intera area geotermica.

L'analisi dei tassi standardizzati della prevalenza di alcune malattie croniche nel periodo 2003-2006 evidenzia un eccesso limitato ai maschi di broncopneumopatia cronico ostruttiva, ma nessun eccesso per diabete, malattie polmonari cronico-ostruttive e infarto miocardico, suggerendo ancora un ruolo più rilevante sui rischi dei fattori occupazionali e del fumo di tabacco, rispetto a quelli ambientali.

Nel complesso questi dati sanitari riferiti ai 43.000 residenti nell'intera area geotermica mostrano un quadro rassicurante e coerente con quello toscano, con un eccesso di mortalità generale, ma non di ospedalizzazione, in diminuzione nel tempo, limitato al genere maschile, e attribuibile, con ogni probabilità, a fattori di rischio individuali (occupazione del passato, stili di vita), piuttosto che ambientali. Alcune cause per le quali in queste aree si registra un minor rischio rispetto a quello dei residenti in aree non geotermiche, come nel caso del tumore broncopolmonare nelle femmine, rafforzano questa ipotesi.

### 3.3.2 AREA GEOTERMICA NORD

In questa area, dove vivono circa 17.000 soggetti, l'analisi della mortalità nel periodo 2000-2006 rispetto a quella dei comuni limitrofi, in sintesi evidenzia che:

- non si rileva alcun eccesso di mortalità generale, sia nei maschi che nelle femmine;
- non si rilevano eccessi di mortalità per le principali cause di morte (tumori, malattie cardiovascolari, respiratorie, dell'apparato digerente), sia nei maschi che nelle femmine;
- al contrario, nei maschi sono significativamente inferiori all'atteso i decessi per i tumori di tutte le sedi (252 osservati e 296 attesi in sette anni, equivalenti a - 15% di mortalità), ed in particolare per il tumore polmonare (55 osservati, 73 attesi), chiaramente non coerenti con l'ipotesi di un importante ruolo eziologico ambientale;
- solo nei maschi si registrano eccessi per malattie infettive (11 decessi osservati rispetto a 4 attesi in sette anni) e per pneumoconiosi (20 osservati e 8 attesi). In questa area la pneumoconiosi potrebbe essere correlata all'esposizione professionale ad asbesto del passato (es., addetti alla messa in opera od alla rimozione della coibentazione dei vapordotti degli impianti geotermici);
- nessuna causa di mortalità è in eccesso nelle femmine, che, al contrario, usufruiscono in queste aree di una significativa protezione dalla mortalità per infarto miocardico acuto (83 osservate, 108 attese, equivalenti a - 13%);
- non si rilevano eccessi di mortalità ed ospedalizzazione per il mesotelioma pleurico, tumore causato dall'esposizione a fibre di amianto, presenti in queste aree nei materiali per l'isolamento termico dei vapordotti degli impianti geotermici.

In sintesi, nell'area Nord emergono pochi eccessi di mortalità, per cause diverse tra loro (malattie infettive e la pneumoconiosi nei maschi), mentre un numero di decessi inferiore all'atteso emerge tra i maschi per tumori in generale, e quello broncopolmonare in particolare, e tra le femmine per malattie ischemiche.

Considerando le ospedalizzazioni (ricoverati) nel periodo più recente 2004-2006 dell'area geotermica Nord, si rileva che:

- non si evidenziano eccessi di ospedalizzazione per tutte le cause o per tutti i tumori nel loro complesso, sia nei maschi che nelle femmine;
- si evidenziano eccessi di ricoverati solo per leucemie nelle femmine (11 osservati, 4 attesi in sette anni, SHR = 250), in particolare per leucemie linfatiche (9 osservati, 2 attesi, SHR = 487), per le quali valgono le ipotesi sopra espresse;
- emergono eccessi di ricoverati per malattie dell'apparato digerente in entrambi i sessi (Maschi: 392 osservati, 350 attesi, SHR = 112; Femmine: 300 osservati, 265 attesi, SHR = 113) e per pneumoconiosi nei soli maschi (6 osservati, 2 attesi, SHR = 344). L'eccesso di ricoveri per malattie dell'apparato digerente è riconducibile all'eccesso di cirrosi epatica ed ai rispettivi fattori già considerati (virus epatitici B e C, alcol),

oltre probabilmente a diete non equilibrate (ricche di grassi saturi di origine animale, povera di frutta e verdura fresca), mentre non è segnalato in letteratura un importante ruolo di fattori ambientali;

- minori tassi di ospedalizzazione rispetto all'atteso sono registrati nei maschi per malattie dell'apparato genito-urinario (152 osservati, 178 attesi, SHR = 85) e insufficienza renale (19 osservati, 31 attesi, SHR = 61), e nelle femmine per malattie respiratorie (157 osservati, 190 attesi, SHR = 83), con particolare riferimento a quelle acute ed alla polmonite.

In sintesi, nell'area Nord non si osservano eccessi di ricoverati per il totale delle cause e per il totale dei tumori in entrambi i generi. Si evidenziano eccessi di ricoverati per leucemie tra le donne, di pneumoconiosi tra i maschi e per malattie dell'apparato digerente in entrambi i generi. Inferiori all'atteso i ricoverati per malattie dell'apparato genito-urinario nei maschi e per malattie respiratorie nelle femmine.

Considerando le malformazioni congenite, il basso peso alla nascita ed il rapporto dei maschi alla nascita, non si evidenziano particolari problemi nell'area geotermica Nord.

L'analisi di prevalenza di alcune malattie nel periodo 2003-2006 evidenzia nell'Area Nord una maggiore presenza di broncopneumopatie cronico-ostruttive e, in misura minore, di malattie polmonari cronico-ostruttive, limitate ai maschi e con valori non sempre significativi in tutti gli anni esaminati, in assenza di eccessi per diabete e infarto miocardico. Questi dati orientano ancora una volta l'attenzione sui fattori di rischio occupazionali e sul fumo di tabacco, piuttosto che su quelli ambientali.

Dunque, nel complesso dei dati sanitari, nell'area Nord non si rilevano situazioni particolarmente critiche, anche se non si devono dimenticare i modesti eccessi di ricoverati per leucemie nelle femmine e di prevalenza di pneumoconiosi nei maschi, quest'ultimo di origine professionale. D'altra parte i bassi livelli di mortalità per tutti i tumori e per tumore polmonare nei maschi, e di ospedalizzazione per malattie respiratorie nelle femmine, fanno propendere per un ruolo non significativo dell'inquinamento dell'aria. In particolare, l'osservazione che nell'area geotermica pisana, dove si trova la maggiore concentrazione di attività geotermica, si rileva un livello di salute non diverso da quello dei comuni limitrofi non geotermici, contraddice il possibile ruolo causale dei determinanti ambientali e geotermici di salute.

### 3.3.3 AREA GEOTERMICA SUD

In questa area, dove risiedono circa 27.000 cittadini, la valutazione della mortalità standardizzata per età, rispetto a quella dei comuni limitrofi non geotermici, nel periodo 2000-2006 evidenzia che:

- la mortalità generale è in eccesso nei maschi (+ 13%, con circa 24 decessi in più ogni anno rispetto ai circa 180 attesi), ma non nelle femmine, suggerendo di nuovo un ruolo dei determinanti di salute legati alle abitudini maschili (lavoro, stili di vita, aspetti genetici) piuttosto che a fattori ambientali;
- la mortalità generale è in forte decremento dagli anni '70, come nel resto della Toscana, cosa che, come già riportato sopra, riconduce ad ipotesi di omogeneità tra fattori eziologici locali e regionali;
- nei maschi si rileva un eccesso di mortalità per tumori nel loro complesso (+ 19%, equivalenti a circa 12 decessi in più all'anno per tutti i tipi di tumore rispetto ai circa 61 attesi), tra i quali hanno una notevole rilevanza quelli dello stomaco (53 osservati, 40 attesi in sette anni) e del fegato (39 osservati, 26 attesi), la cui insorgenza è raramente segnalata in letteratura come correlabile a fattori ambientali;
- Nei maschi, ma non nelle femmine, si rileva un eccesso di mortalità per le malattie dell'apparato respiratorio, tra cui la pneumoconiosi (31 casi osservati rispetto a 11 attesi nei sette anni di osservazione) e per le malattie infettive e la tubercolosi polmonare (7 casi rispetto ad 1 atteso). Le differenze di genere per queste condizioni riportano alle considerazioni già espresse e che fanno ipotizzare un poco probabile ruolo di fattori ambientali. Poiché la pneumoconiosi favorisce lo sviluppo di tubercolosi polmonare soprattutto nelle persone più anziane, l'eccesso delle due condizioni è da ricondursi, direttamente o indirettamente, ad esposizioni professionali pregresse;
- nelle femmine, ma non nei maschi, si rilevano eccessi di mortalità per malattie respiratorie acute (41 casi osservati in sette anni rispetto a 29 attesi) e malattie dell'apparato digerente (72 osservati e 55 attesi). La mortalità per malattie respiratorie acute, dopo una discesa negli anni '70, '80 e '90 mostra una tendenza alla risalita negli anni più recenti nei comuni dell'area geotermica, particolarmente quella Sud, ma in maniera del tutto analoga al trend storico della regione toscana. Ciò fa ipotizzare fattori di rischio omogenei tra area geotermica e regione toscana. Comunque, l'eccesso di mortalità per patologie con periodo di incubazione breve, come le malattie respiratorie acute, per quanto limitato alle sole femmine, cui è difficilmente attribuibile un ruolo di esposizioni professionali, in un territorio esposto ad esalazioni naturali e ad emissioni da impianti, suggerisce la necessità un attento monitoraggio. Un ruolo nella diffusione di malattie respiratorie acute può anche essere legata alla quota di popolazione anziana non soggetta a vaccinazione antinfluenzale stagionale ed a quella antipneumococcica, i cui livelli di copertura debbono essere verificati nel dettaglio geografico. Il significato dell'eccesso di mortalità per malattie dell'apparato digerente è stato discusso precedentemente;



- nelle femmine, ma non nei maschi, nell'area geotermica sud si registrano tassi di mortalità per malattie cardiovascolari inferiori all'atteso (624 osservati, 680 attesi, equivalenti a – 8% di mortalità), con minor rischio soprattutto di malattie ischemiche cardiache e vascolari cerebrali. La mortalità per queste malattie è perlopiù correlata agli stili di vita ed alla disponibilità di cure adeguate e tempestive.

In sintesi, l'analisi di mortalità evidenzia nell'area Sud un eccesso di mortalità generale e per tumori negli uomini, per i quali si evidenziano anche eccessi per singole cause (tumori del fegato, dello stomaco, malattie respiratorie, pneumoconiosi, tubercolosi e malattie infettive). Tra le femmine emergono eccessi per malattie respiratorie acute e dell'apparato digerente. Inferiore all'atteso la mortalità per malattie circolatorie cardiache ed encefaliche nelle femmine.

Considerando l'ospedalizzazione (ricoverati) per l'area geotermica Sud nel periodo 2004-2006 si rileva che:

- non si evidenziano eccessi di ospedalizzazione per tutte le cause o per tumori nel loro complesso, sia nei maschi che nelle femmine;
- emergono eccessi di ricoverati in entrambi i sessi per i tumori dello stomaco (Maschi: 32 osservati, 20 attesi nel triennio, SHR = 160; Femmine: 29 osservati, 14 attesi, SHR = 208), che rimandano alle ipotesi nutrizionali, infettive ed occupazionali, piuttosto che ambientali già considerate;
- tra le altre malattie, emerge un eccesso modesto ma significativo di ricoverati per insufficienza renale acuta (IRA) in entrambi i generi (Maschi: 61 osservati, 45 attesi, SHR = 135; Femmine: 52 osservati, 38 attesi, SHR = 137), per malattie respiratorie nelle sole femmine (339 osservati, 300 attesi, SHR = 113), tra cui per malattia polmonare cronica ostruttiva (70 osservati – 54 attesi, SHR = 131), e per malattie genito-urinarie nei soli maschi (312 osservati, 268 attesi, SHR = 116). Non è chiara l'epidemiologia dell'IRA, né dei suoi fattori di rischio, anche se la gran parte è probabilmente riconducibile ad esiti di malattie acute ed infettive, e a danni causati da farmaci e sostanze tossiche. Anche se le differenze nei tassi di ospedalizzazione possono essere motivate dalla variabilità geografica dell'offerta dei servizi o della propensione al ricovero, il riscontro di elevati livelli di arsenico nell'acqua dell'area geotermica Sud impone la prosecuzione degli interventi già messi in opera e che hanno consentito l'abbattimento dell'arsenico a livelli compatibili con la rinuncia al ricorso alle deroghe, ed un monitoraggio epidemiologico prolungato nel tempo. Nella stessa direzione di prudenza va letto il dato dell'eccesso di ricoverati nei soli maschi per malattie genito-urinarie, anche se del tutto contrario al rilievo di un significativo minor rischio per le stesse patologie nelle femmine di questa area (328 osservati, 387 attesi, SHR = 85). Il riscontro di un eccesso di ricoverati per malattie respiratorie, tra cui quelle polmonari cronico-ostruttive limitate al genere femminile, difficilmente attribuibile a fattori occupazionali ed al fumo di tabacco, va interpretato insieme al dato dell'eccesso di mortalità per le stesse cause sempre nelle femmine e suggerisce una specifica attività di approfondimento;

- inferiori all'atteso sono i ricoveri dei maschi residenti in questa area per tumori della vescica (28 osservati, 45 attesi, SHR = 63) e per malattie dell'apparato digerente (483 osservati, 533 attesi, SHR = 91).

In sintesi, l'analisi di ospedalizzazione mostra che nell'area Sud non si rilevano eccessi per il totale delle cause e per i tumori in entrambi i generi. Tra le femmine emergono eccessi per malattie respiratorie, tra gli uomini quelli per malattie dell'apparato genito-urinario, ed in entrambi i generi quelli per insufficienza renale e tumore allo stomaco. Inferiori all'atteso le ospedalizzazioni per tumore alla vescica e malattie dell'apparato digerente nei maschi e per malattie dell'apparato genito-urinario nelle femmine.

L'analisi delle malformazioni congenite non mostra particolari problemi per i tipi più comuni, limitandosi ad un eccesso per alcune forme genito-urinarie. Inoltre, non emergono significativi eccessi per basso peso alla nascita o per il rapporto dei maschi alla nascita.

L'analisi della prevalenza di alcune malattie nel periodo 2003-2006, mostra eccessi di broncopneumopatie cronico-ostruttive, limitate ai maschi e in diminuzione negli anni, e non di malattie polmonari cronico-ostruttive, diabete e infarto miocardico.

L'insieme dei dati sanitari dell'area Sud conferma che le poche problematiche riscontrate nell'area geotermica totale si polarizzano maggiormente in questo comparto geografico. L'eccesso di mortalità generale limitato ai maschi, il suo trend temporale in diminuzione coerente con il dato regionale, così come le differenze di genere negli eccessi per alcune cause di morte od ospedalizzazione, talvolta anche con rischi in direzione opposta, orientano decisamente ad ipotizzare che nel determinismo di queste condizioni siano in gioco fattori personali piuttosto che ambientali. Comunque, la presenza di alcuni eccessi di malattie respiratorie acute e di malattie renali, suggeriscono la necessità di elaborare un piano di interventi di miglioramento sanitario e ulteriori più approfondite rilevazioni sul campo.

### 3.3.4 SINGOLI COMUNI

Passando a considerare i tassi di mortalità ed ospedalizzazione (ricoverati) per singoli comuni, includendo le analisi che utilizzano come riferimento i valori dei residenti nei comuni limitrofi non geotermici (analisi bayesiane e di clustering), e ricordando la cautela necessaria nell'interpretazione di statistiche basate su poche unità di osservazione, le principali evidenze sono:

- Gli eccessi di rischio identificati nei 16 comuni sono pochi e, come atteso in base alle leggi probabilistiche, perlopiù evidenti nei comuni di maggiori dimensioni demografiche;
- i comuni più critici in termini di mortalità ed ospedalizzazione sono collocati nell'area Sud, dove peraltro sono meno numerosi gli impianti geotermici attivi;
- per l'area Nord, il Comune di Pomarance presenta modesti eccessi di mortalità per disturbi circolatori dell'encefalo nelle femmine (+ 45%, con 75 osservati e 52 attesi nei sette anni) e per tumori linfoematopoietici nei maschi (+ 83%, 14 osservati e 8 attesi), confermati anche da eccessi di ricoveri per leucemie nelle femmine e mielomi nei maschi, difficilmente riconducibili a fattori eziologici noti, ma per i quali un ruolo ambientale non può essere escluso del tutto. I disturbi circolatori dell'encefalo sono correlabili agli stili di vita (dieta, alcol, fumo, attività fisica), mediati perlopiù dall'ipertensione. Anche per questi disturbi in letteratura è segnalato un possibile ruolo dell'esposizione ad arsenico inorganico, riscontrato talvolta elevato in alcuni comuni dell'area geotermica. D'altra parte, nelle femmine di alcuni comuni dell'area Sud, dove i livelli di arsenico sono pure elevati, si rileva invece l'opposto, con tassi inferiori all'atteso per le stesse cause;
- per l'area Sud, i comuni con maggiore criticità sono quelli di Abbadia SS, Piancastagnaio, Arcidosso e Castel del Piano, dove emergono gli eccessi per le cause di morte già segnalati per l'area geotermica sud nel suo complesso. In particolare, solo nei maschi si rileva un eccesso di mortalità generale (Abbadia SS, Castel del Piano, Piancastagnaio) e per i tumori nel loro insieme o per singole sedi (Abbadia SS, Castel del Piano, Piancastagnaio e Arcidosso). Si segnalano poi alcuni eccessi di mortalità, a volte nei maschi ed a volte nelle femmine, basati su numeri molto ridotti, per tumori della vescica (Santa Fiora, Roccalbegna), delle labbra-bocca-faringe (Piancastagnaio), del retto (San Casciano dei bagni e Arcidosso) e del polmone (Arcidosso), del rene e dello stomaco (Castel del Piano), del fegato (Piancastagnaio), mieloma multiplo (Piancastagnaio). Altri eccessi di mortalità per cause specifiche in singoli Comuni sono coerenti con i risultati dell'analisi per area geotermica (Vedi Tabella 3 e 4). I tumori della vescica, del rene, del polmone, delle labbra-bocca-faringe sono attribuibili perlopiù a fumo di tabacco, abitudini alcoliche ed alle esposizioni occupazionali. Tra i ricoverati si rilevano eccessi significativi, o nei maschi o nelle femmine, anche se basati su poche unità di osservazioni nel triennio 2004-2006, ad Abbadia SS (malattie respiratorie e genito-urinarie), Arcidosso (insufficienza renale, malattie respiratorie e tumore dello stomaco), Castel del Piano (insufficienza renale e malattie respiratorie), Piancastagnaio (tumore del rene), ma

anche Santa Fiora (malattie respiratorie e insufficienza renale, tumori del sistema nervoso centrale), San Casciano dei Bagni (malattie respiratorie acute e cirrosi epatica) e Roccalbegna (malattie genito-urinarie).

Non emergono problemi di basso peso alla nascita, rapporto dei maschi alla nascita e malformazioni congenite, a parte la labio-palatoschisi a Chiusdino ed alterazioni cromosomiche ad Arcidosso.

Un eccesso di prevalenza di malattie polmonari cronico-ostruttive si rileva a Montieri ed Abbadia SS. In quest'ultimo è presente anche un eccesso di malattie polmonari cronico-ostruttive.

L'insieme dei dati a livello comunale conferma i problemi riscontrati nell'analisi a livello di Area, con una segnalazione di attenzione per i disturbi circolatori encefalici in alcuni comuni dell'area nord, e per i tumori linfoematopoietici, le malattie respiratorie e dell'apparato genito-urinario in quelli dell'area sud. Le limitate dimensioni numeriche osservate nell'analisi a livello comunale non consentono di esprimere ulteriori solide valutazioni.

**Tabella 3. Sintesi delle patologie risultate statisticamente significative dall'analisi di mortalità nel periodo 2000-2006.** Riferimento: residenti nell'area di 50 km intorno all'area geotermica. OSS: numero di decessi osservati nel periodo; ATT: numero di decessi attesi nel periodo; SMR%: Rapporto standardizzato per età di mortalità per 100; sig: significatività statistica (\*: p < 0,01; +: p < 0,05); BHR%: indicatore statistico bayesiano per 100. In corsivo le patologie con SMR significativamente inferiori all'atteso.

cod- ICD IX	Causa	Sesso	Area o Comune	OSS	ATT	SMR%	sig	BMR %	sig
0-999	Tutte le cause	M	<b>AREA</b>	2.312	2.180,7	106,0	*		
010-018	Tubercolosi	M	<b>GEOTERMICA</b>	8	1,4	566,7	*		
001-139	Malattie infettive	M	<b>TOTALE</b>	25	10,6	235,6	*		
460-519	Malattie respiratorie	M		218	175,0	124,6	*		
500-505	Pneumoconiosi	M		51	18,5	276,0	*		
390-459	<i>Malattie cardiocircolatorie</i>	F		<i>1.051</i>	<i>1120,8</i>	<i>93,8</i>	+		
410-414	<i>Malattie ischemiche cardiache</i>	F		<i>213</i>	<i>273,8</i>	<i>77,8</i>	*		
571	Cirrosi epatica	F		35	24,6	142,1	+		
001-139	Malattie infettive	M	<b>AREA NORD</b>	11	4,4	249,9	+		
140-239	<i>Tumori</i>	M		252	295,9	85,2	*		
162	<i>Tumori broncopulmonari</i>	M		55	73,4	75,0	+		
500-505	Pneumoconiosi	M		20	7,9	252,7	*		
410-414	<i>Malattie ischemiche cardiache</i>	F		83	107,8	77,0	+		
0-999	Tutte le cause	M	<b>AREA SUD</b>	1.431	1265,1	113,1	*		
010-018	Tubercolosi	M		7	0,8	864,6	*		
001-139	Malattie infettive	M		14	6,2	225,8	*		
140-239	Tumori	M		505	424,2	119,0	*		
151	Tumori dello stomaco	M		53	39,8	133,0	+		
155-156	Tumore del fegato e vie biliari	M		39	26,3	148,3	+		
460-519	Malattie respiratorie	M		128	100,1	127,9	*		
500-505	Pneumoconiosi	M		31	10,6	293,5	*		
390-459	<i>Malattie cardiocircolatorie</i>	F		<i>624</i>	<i>680,3</i>	<i>91,7</i>	+		
410-414	<i>Malattie ischemiche cardiache</i>	F		<i>130</i>	<i>166,0</i>	<i>78,3</i>	*		
430-438	<i>Disturbi circolatori encefalo</i>	F		<i>184</i>	<i>225,9</i>	<i>81,5</i>	*		
460-466, 480-487	Malattie respiratorie acute	F		41	29,2	140,6	+		
520-579	Malattie apparato digerente	F		72	54,6	131,9	+		
332	Morbo di Parkinson	M	CASTELNUOVO	4	1,0	417,2	+		
140-239	<i>Tumori</i>	M	MONTEROTONDO	12	22,4	53,6	+		
460-519	Malattie respiratorie	M	M.mo	14	5,4	261,2	*	141,4	+
500-505	Pneumoconiosi	M		6	0,6	1.064,7	*		
580-629	Malattie genito-urinarie	F	MONTECATINI VdC	5	1,5	335,5	+		
410	Infarto miocardico	F	MONTEVERDI	5	1,5	330,3	+		
410-414	Malattie ischemiche cardiache	F		9	4,0	226,2	+	126,4	+
460-519	Malattie respiratorie	M	MONTIERI	18	7,1	253,8	*	152,3	+
500-505	Pneumoconiosi	M		13	0,8	1.701,6	*		
0-999	<i>Tutte le cause</i>	F		<i>69</i>	<i>92,9</i>	<i>74,2</i>	+		
390-459	<i>Malattie cardiocircolatorie</i>	F		<i>31</i>	<i>46,9</i>	<i>66,2</i>	+		
001-139	Malattie infettive	M	POMARANCE	5	1,6	317,7	+		
200-208	<i>Tumori linfatico ed ematopoietico</i>	M		14	7,6	183,2	+		
430-438	<i>Disturbi circolatori encefalo</i>	F		75	51,7	145,2	*	125,5	+
0-999	Tutte	M	<b>ABBADIA</b>	361	319,5	113,0	+	108,3	+
140-239	Tumori	M	<b>SAN SALVATORE</b>	144	107,5	134,0	*	115,6	+
430-438	<i>Disturbi circolatori encefalo</i>	M		22	35,7	61,7	+		
500-505	Pneumoconiosi	M		8	2,6	307,5	+		
401-405	Malattia ipertensiva	F		20	9,4	213,4	*		
460-519	Malattie respiratorie	F		26	16,5	157,3	+		
460-466, 480-487	Malattie respiratorie acute	F		10	6,5	153,4	+	141,6	+
430-438	<i>Disturbi circolatori encefalici</i>	F		36	51,1	70,4	+		
520-579	Malattie apparato digerente	F		21	12,9	163,2	+		
580-629	Malattie genito-urinarie	F		11	5,4	205,4	+		
584-585	Insufficienza renale	F		9	3,2	282,3	+		
140-239	Tumori	M	ARCIDOSO	81	62,3	130,1	+		
154	Tumori del retto	M		7	1,7	403,1	*		
162	Tumori trachea e broncopulmonari	M		25	15,7	159,4	+		
162	Tumori trachea e broncopulmonari	F		10	3,8	261,0	+		
140-239	Tutte	M	CASTEL DEL PIANO	238	200,5	118,7	+	109,1	+
189	Tumori del rene	M		6	1,7	348,8	*		
151	Tumori dello stomaco	F		12	5,2	229,2	+	128,4	+
571	Cirrosi	F		9	2,6	352,4	*		
0-999	Tutte	M	<b>PIANCASTAGNAIO</b>	223	174,9	127,5	*		
140-239	Tumori	M		79	60,4	130,7	+		
140-149	Tumori labbra, bocca e faringe	M		5	1,1	434,9	+		
155-156	Tumori del fegato e vie biliari	M		11	3,8	290,3	*	116,4	+
335.2	Malattia dei neuroni motori	M		3	0,5	640,6	+		
460-519	Malattie respiratorie	M		25	13,4	186,7	*		
500-505	Pneumoconiosi	M		11	1,4	771,8	*		
520-579	Malattie apparato digerente	M		15	6,9	217,5	+		
571	Cirrosi	M		10	2,8	350,9	*		
203	Mieloma multiplo e immunoproliferativi	F		4	0,9	449,9	+		
401-405	Malattia ipertensiva	F		13	5,4	238,7	*		
410-414	<i>Malattia cardiaca ischemica</i>	F		11	21,9	50,2	+		
571	Cirrosi epatica	F		6	2,0	293,2	+		
188	Tumori della vescica	F	ROCCALBEGNA	3	0,3	939,3	*		
460-466, 480-487	Malattie respiratorie acute	F	RADICOFANI	3	1,2	245,7	+	155,8	+
154	Tumori del retto	F	SAN CASCIANO	4	0,7	599,7	*		
460-466, 480-487	Malattie respiratorie acute	F	DEI BAGNI	5	1,8	277,1	+	172,1	+
188	Tumori della vescica	M	SANTA FIORA	7	2,6	269,3	+		
500-505	Pneumoconiosi	M		10	1,4	691,5	*		
410-414	<i>Malattie ischemiche cardiache</i>	F		12	22,2	54,2	+		

**Tabella 4. Sintesi delle patologie risultate statisticamente significative dall'analisi dei ricoverati nel periodo 2004-2006.** Riferimento: residenti nella regione toscana. Note: OSS: numero di ricoverati osservati nel periodo; ATT: numero di ricoverati attesi nel periodo; SHR%: Rapporto Standardizzato per età di ospedalizzazione per 100; sig: significatività statistica (\*: p < 0,01; +: p < 0,05); BHR%: indicatore statistico bayesiano per 100. Sono mostrati solo i SHR delle patologie con almeno tre casi osservati.. In corsivo le patologie con SMR significativamente inferiori all'atteso

cod- ICD IX - CM	Causa	Sesso	Area o Comune	OSS	ATT	SHR%	sig	BHR %	sig
151	Tumori dello stomaco	M	<b>AREA GEOTERMICA</b>	49	33,7	145,5	+		
188	<i>Tumori della vescica</i>	M		50	74,8	66,9	*		
151	Tumori dello stomaco	F		42	22,7	184,7	*		
162	<i>Tumori broncopolmonari</i>	F		13	24,4	53,3	+		
204-208	Leucemie	F		19	11,4	166,9	+		
204	Leucemia linfatica	F		15	4,8	313,0	*		
580-629	<i>Malattie genito-urinarie</i>	F		572	624,0	91,7	+		
500-505	Pneumoconiosi	M	<b>AREA NORD</b>	6	1,7	343,8	+		
520-579	Malattie apparato digerente	M		392	350,2	111,9	+		
580-629	<i>Malattie genito-urinarie</i>	M		152	178,5	85,2	+		
584-585	<i>Insufficienza renale</i>	M		19	31,2	60,9	+		
204-208	Leucemie	F		11	4,4	250,4	+		
204	Leucemia linfatica	F		9	1,8	486,7	*		
460-519	<i>Malattie respiratorie</i>	F		157	189,6	82,8	+		
460-466, 480-487	<i>Malattie respiratorie acute</i>	F		50	69,7	71,7	+		
480-486	<i>Polmonite</i>	F		30	53,1	56,4	*		
520-579	Malattie apparato digerente	F		300	264,8	113,3	+		
151	Tumori dello stomaco	M	<b>AREA SUD</b>	32	70,0	159,9	+		
188	<i>Tumori della vescica</i>	M		28	44,6	62,8	+		
520-579	<i>Malattie apparato digerente</i>	M		483	533,3	90,6	+		
580-629	Malattia genito-urinarie	M		312	268,4	116,2	*		
584-585	<i>Insufficienza renale</i>	M		61	45,0	135,4	+		
151	Tumori dello stomaco	F		29	13,9	208,2	*		
460-519	Malattie respiratorie	F		339	300,1	112,9	+		
490-496	Malattie polmonari croniche ostruttive	F		70	53,6	130,7	+		
580-629	<i>Malattie genito-urinarie</i>	F		328	386,5	84,9	*		
584-585	<i>Insufficienza renale</i>	F		52	38,0	136,9	+		
157	Tumori del pancreas	M	CASTELNUOVO	4	0,9	426,5	+		
520-579	Malattie apparato digerente	M		66	51,1	129,2	+		
157	Tumori del pancreas	M	CHIUSDINO	4	0,7	558,9	+		
200-208	Tumori linfatico e ematopoietico	M	MONTEROTONDO M.mo	5	1,2	415,8	+		
200-202	Linfomi non Hodgkin	M		3	0,6	505,3	+		
204-208	Leucemie	M		3	0,4	671,4	+		
460-466, 480-487	Malattie respiratorie acute	M	MONTEVERDI	10	4,2	238,3	+		
520-579	Malattie apparato digerente	F		19	10,8	175,5	+		
571	Cirrosi epatica	F		3	0,5	598,1	+		
140-239	<i>Tumori</i>	M	MONTIERI	12	21,3	56,4	+		
571	Cirrosi epatica	M		9	1,4	654,7	*	250,1	+
203	Mieloma multiplo e immunoproliferativi	M	POMARANCE	4	1,1	371,5	+		
520-579	Malattie apparato digerente	M		160	127,3	125,7	*	114,4	+
200-208	Tumori linfatico e ematopoietico	F		13	4,8	271,0	*		
204-208	Leucemie	F		8	1,6	497,8	*		
204	Leucemia linfatica	F		7	0,7	1036,4	*		
520-579	Malattie apparato digerente	F		124	97,6	127,0	+	113,2	+
151	Tumori dello stomaco	M	ABBADIA S.S.	11	5,1	215,7	+		
460-466, 480-487	Malattie respiratorie acute	M		52	32,6	159,7	*	136,7	
480-486	Polmonite	M		40	26,2	152,6	+	132,4	
580-629	Malattie genito-urinarie	M		93	68,2	136,4	*	117,3	+
460-466, 480-487	Malattie respiratorie acute	F		39	27,6	141,4	+	130,0	+
480-486	Polmonite	F	32	20,8	153,7	+	135,0	+	
490-496	Malattie polmonari croniche ostruttive	F	25	13,4	186,2	*	170,0	+	
460-519	Malattie respiratorie	M	ARCIDOSO	67	56,1	119,3		117,1	+
584-585	<i>Insufficienza renale</i>	M		13	6,6	197,0	+	169,7	+
151	Tumori dello stomaco	F		7	2,2	321,2	+		
460-519	Malattie respiratorie	F		63	47,9	131,6	+	117,6	+
460-466, 480-487	<i>Malattie respiratorie acute</i>	F		9	17,6	51,1	+		
584-585	<i>Insufficienza renale</i>	F	17	6,0	285,1	*	216,4	+	
460-519	Malattie respiratorie	M	CASTEL DEL PIANO	79	61,6	128,2	+	116,7	
490-496	Malattie polmonari croniche ostruttive	M		22	11,0	199,1	*		
584-585	<i>Insufficienza renale</i>	M		17	7,2	237,7	*	158,7	+
460-519	Malattie respiratorie	F		71	53,0	133,9	+	117,7	+
584-585	<i>Insufficienza renale</i>	F		12	6,7	180,1	+	150,0	+
189	Tumori del rene	M	PIANCASTAGNAIO	7	2,6	265,3	+		
580-629	<i>Malattie genito-urinarie</i>	F		43	58,6	73,3	+		
580-629	Malattie apparato genito-urinario	M	ROCCALBEGNA	20	14,2	141,1		122,2	+
480-486	Polmonite	M	SAN CASCIAANO DEI BAGNI	10	7,1	141,6		131,0	+
571	Cirrosi epatica	M		8	1,9	421,6	*	190,6	+
460-466, 480-487	Malattie respiratorie acute	F		11	6,6	167,8		144,0	+
480-486	Polmonite	F		9	5,1	175,6		142,0	+
460-519	Malattie respiratorie	M	SANTAFIORA	63	43,1	146,2	*	125,5	
584-585	<i>Insufficienza renale</i>	M		11	5,8	190,5		163,4	+
191-192, 225, 239,6	Tumori del sistema nervoso centrale	F		6	1,6	377,9	+		

### 3.3.5 STUDI EPIDEMIOLOGICI PRECEDENTI

La revisione di studi epidemiologici precedenti ha consentito di riportare i risultati dello studio condotto nell'Amiata senese dall'Asl di Siena alla fine degli anni '90 e completato nel 1999, in collaborazione con l'Istituto Superiore di Sanità, su un campione di 900 soggetti rappresentativi dei residenti adulti dei comuni di Abbadia SS, Piancastagnaio, Castiglion d'Orcia e Radicondoli. Lo studio aveva evidenziato livelli di mercurio nei liquidi biologici umani (sangue, urina), più elevati tra i residenti di Abbadia SS rispetto a quelli degli altri comuni della zona ed una maggiore presenza di arsenico nelle acque potabili e nel terreno del Comune di Abbadia SS rispetto ai comuni confinanti. Gli Autori concludevano affermando che, "con ogni probabilità, le differenze riscontrate tra Abbadia SS e gli altri tre comuni non è imputabile all'attività geotermica, ma piuttosto è coerente con la presenza di entrambi i metalli nel territorio naturale del monte Amiata, anche in relazione alle attività estrattive".

Infine, lo studio epidemiologico sui tumori condotto nel 2003 dall'Asl di Siena in collaborazione con l'ISPO (allora CSPO) di Firenze, non aveva evidenziato alcun eccesso significativo di aggregazione spaziale di casi di tumore nella popolazione residente nella zona geotermica Sud dell'Amiata.

### **3.4 Lo studio di correlazione tra inquinanti ambientali ed eventi sanitari**

Nel complesso l'analisi esplorativa dei dati di mortalità e di ricovero, al netto dell'imprecisione delle stime e dei limiti delle informazioni disponibili, consegna alcuni segnali di tendenza consistenti tra loro e con diversi livelli di plausibilità eziologica. I ripetuti andamenti crescenti di rischio sia di mortalità sia di ricovero per malattie respiratorie, totali o acute o cronico-ostruttive, al crescere del livello medio di concentrazione di inquinanti diversi nelle tre matrici ambientali considerate ed in particolare con l'inquinamento dell'aria da mercurio e da acido solfidrico, è coerente con gli eccessi di mortalità ed ospedalizzazione riscontrati nello studio sanitario e necessita di opportuni approfondimenti. Altri profili di rischio, seppure meno marcati, sembrano degni di attenzione, quali i tumori del sistema nervoso centrale e del sistema linfematoipoietico, le malattie circolatorie in generale e dell'encefalo, le insufficienze renali. Tenendo in considerazione i limiti dei dati e delle analisi, i risultati conseguiti offrono alcune indicazioni di interesse per svolgere ulteriori approfondimenti su scala micro geografica, necessaria per un migliore utilizzo dei dati di rischio ambientale da correlare con dati sanitari riferiti a piccole aree, all'occorrenza arricchiti fino al dettaglio individuale sia riguardante l'esposizione sia l'effetto sanitario.

#### 4. SINTESI DEI PRINCIPALI RISULTATI

L'analisi ambientale ha evidenziato talvolta elevati livelli di arsenico nelle acque usate per il consumo umano sia nell'area pisana che in quella amiatina. In quest'ultima, però, la recente installazione di sistemi di abbattimento ha consentito di non dover far più ricorso alle richieste di deroghe ai parametri di legge. Sono significativi i disagi per i cattivi odori, particolarmente marcati in alcuni siti geotermici, indotti dal protratto superamento della soglia olfattiva per l'acido solfidrico. I livelli di acido solfidrico e di mercurio nell'aria, conseguenti alle emissioni degli impianti geotermici, ma anche a fenomeni naturali tipici di queste aree, pur rientrando per la quasi totalità delle situazioni al di sotto dei valori guida di tutela sanitaria raccomandati dall'OMS – con solo casi episodici di superamento per l'acido solfidrico-, necessitano di un'attenzione sanitaria, specialmente per i settori più suscettibili della popolazione. I dati sulle misurazioni del radon ancora in corso nell'area geotermica non consentono al momento analisi statistiche appropriate, anche se orientano già per una maggiore criticità nell'area amiatina.

L'analisi sanitaria ha evidenziato che la distribuzione geografica, temporale e per genere dei problemi sanitari rilevati nelle aree geotermiche, insieme agli studi epidemiologici condotti nel passato nell'area dell'Amiata, è del tutto coerente col profilo sanitario regionale toscano, con qualche maggiore criticità localizzata nell'area geotermica Sud. I moltissimi dati analizzati indicano che i fattori in gioco negli eccessi di mortalità e morbosità riscontrati sono da ricercare principalmente nelle esposizioni professionali pregresse e negli stili di vita personali, con una poco rilevante componente ambientale naturale per alcune specifiche patologie, comunque non direttamente attribuibile agli impianti geotermici. E' plausibile che molteplici fattori, naturali e personali, non tutti ben identificati e per i quali al momento non è stato quantificato il contributo al rischio, possano essere contemporaneamente in gioco. Non è da trascurare anche il rilievo che i numerosissimi test statistici applicati possono essere responsabili, per puro effetto probabilistico, di alcuni eccessi o difetti riscontrati come significativi. Comunque, secondo il principio di precauzione, il riscontro di eccessi di alcune patologie, come quelle respiratorie ed urinarie, soprattutto nell'area dell'Amiata, sono da verificare con studi più approfonditi e da monitorare con attenzione. In particolare sono auspicabili approfondimenti epidemiologici per la valutazione dei gruppi di popolazione esposti in passato all'arsenico nell'acqua. Inoltre, gli eccessi rilevati di altre patologie, come alcune malattie ad origine infettiva ed alcuni tipi di tumore, anche se non attribuibili a fattori ambientali, né tantomeno all'attività geotermica, indicano l'opportunità di elaborare piani organizzati di prevenzione e di salute. In questo senso sono ipotizzabili interventi efficaci nel migliorare gli stili di vita sul modello delle azioni di "Guadagnare salute", ed iniziative per migliorare la diagnosi e la cura delle patologie risultate in eccesso nell'area in studio.

L'analisi di correlazione tra dati ambientali e sanitari, sebbene di limitato valore a causa del tipo di dati disponibili, segnala una correlazione tra mercurio e acido solfidrico nell'aria e malattie respiratorie che non deve essere



trascurata, mentre le relazioni riscontrate tra boro ed alcune patologie sono suggestive ma richiedono valutazioni più specifiche.

## 5. CONCLUSIONI GENERALI

In estrema sintesi, al netto dei limiti propri degli studi con disegno epidemiologico descrittivo, basato esclusivamente su dati ambientali e sanitari esistenti, analizzati in modo aggregato a livello dei comuni di residenza, gli indizi e le prove raccolti evidenziano un quadro epidemiologico nell'area geotermica rassicurante perché simile a quello dei comuni limitrofi non geotermici ed a quello regionale. Non mancano tuttavia alcuni rilievi di criticità, attinenti ad alcuni livelli di inquinamento ambientale ed alla frequenza di un numero limitato di malattie, più evidenti nell'area geotermica amiatina rispetto a quella geotermica pisana. I risultati complessivi indicano che i maggiori determinanti delle debolezze riscontrate nel profilo di salute dell'area geotermica sono da ricercare soprattutto nelle occupazioni ed attività produttive del passato, senza escludere esposizioni più recenti, negli stili di vita individuali, in una modesta componente ambientale naturale, almeno per alcune specifiche cause, come le respiratorie acute e le urinarie, o in altri fattori al momento non noti, piuttosto che nell'attività geotermica. Secondo il principio di precauzione, il rilievo di eccessi di alcune patologie, tra cui le respiratorie e le urinarie, anche se di modesta entità, insieme al riscontro di livelli talvolta elevati di alcuni inquinanti, suggeriscono di proseguire in approfondimenti epidemiologici specifici. L'evidenza poi di alcuni altri eccessi di malattie croniche non riconducibili a fattori ambientali, né tantomeno geotermici, suggerisce di elaborare uno specifico piano di salute da condividere localmente, in particolare nell'area amiatina. In tal senso, è consigliabile organizzare interventi fattibili e di dimostrata efficacia a livello di popolazione generale e di gruppi di popolazione a rischio. Per l'arsenico è auspicabile approfondire la ricerca relativa ai possibili effetti anche a basse dosi e contemporaneamente adottare metodiche che consentano l'ulteriore abbattimento dei livelli nell'acqua destinata al consumo umano. E' ipotizzabile anche il rinforzo di azioni per la diagnosi tempestiva di alcuni tumori e la prevenzione di malattie infettive, sia respiratorie che dell'apparato digerente, e l'attivazione di nuove iniziative sul modello di "guadagnare salute" per facilitare stili di vita sani.

Firenze, il 22.9.2010

Osservatorio di Epidemiologia  
Agenzia Regionale di Sanità della Toscana  
dr. Francesco Cipriani