



Dipartimento di Epidemiologia  
del Servizio Sanitario Regionale



Azienda  
Sanitaria  
Locale  
**ROMA**



**VALUTAZIONE EPIDEMIOLOGICA DELLO STATO DI SALUTE  
DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE NELLE VICINANZE DELLE  
CENTRALI NUCLEARI DI BORGO SABOTINO E DEL  
GARIGLIANO**

***A cura di:***

**Carla Ancona, Francesca Mataloni, Chiara Badaloni, Simone Bucci,  
Francesco Forastiere, Marina Davoli,**

*Dipartimento di Epidemiologia del SSR del Lazio*

**Susanna Busco, Fabio Pannozzo**

*Registro Tumori di Popolazione, ASL Latina*

**Elisabetta Cupellaro**

*Registro Nominativo delle Cause di Morte, ASL Latina*

**Roberto Sozzi, Ennio Zaottini**

*Agenzia Regionale Protezione Ambientale Lazio*

***Febbraio 2011***

## **RIASSUNTO**

*Introduzione:* La provincia di Latina è da anni oggetto di attenzione per le possibili ripercussioni sulla salute della popolazione derivanti dalla presenza nel territorio delle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano operative dagli anni '60. Tra i tumori associati all'esposizione alle radiazioni ionizzanti sono indicati in letteratura i tumori del tessuto linfematoipoiatico, in particolare la leucemia, i tumori dell'encefalo, il tumore della tiroide, della mammella e il tumore polmonare.

*Obiettivo:* valutare se la residenza nei pressi delle centrali nucleari aumenti il rischio di incidenza e di mortalità per tumori delle sedi radiosensibili.

*Metodi:* utilizzando i dati anagrafici, è stata costruita una coorte di persone residenti al 1 gennaio 1996 (e successivamente entrati fino al 2002) entro 7 km dalle rispettive centrali nucleari. Lo stato in vita è stato desunto dai dati comunali e la mortalità nella coorte è stata valutata attraverso l'archivio regionale delle cause di morte. I casi di tumore sono stati estratti dal Registro Tumori della Provincia di Latina (1996-2006). Sono stati calcolati rapporti standardizzati di mortalità ed incidenza (standardizzati per età con metodo indiretto) (SMR e SIR con relativi intervalli di confidenza, IC, al 95%) prendendo come riferimento la popolazione generale della regione (SMR) o della provincia (SIR). Sono state definite tre categorie di distanza dalla centrale: 0-2, 2-4, e 4-7 km. Attraverso l'utilizzo del software GIS, ogni individuo facente parte della coorte è stato assegnato ad una singola categoria sulla base dell'indirizzo di residenza. Per confrontare l'incidenza e la mortalità dei gruppi esposti (0-2 e 2-4 km) con quello di riferimento (4-7 km), sono stati calcolati rischi relativi (RR, IC 95%), aggiustati per età e stato socio-economico.

*Risultati:* La coorte è costituita da 39.775 persone seguite per la mortalità dal 1996 al 2007. Il 32% di questi ha vissuto vicino (0-4 km) alla centrale nucleare (1.092 a 1 km). La mortalità per causa della intera coorte (entro 7 km dalle centrali) non è diversa da quella della popolazione regionale. Per l'incidenza dei tumori, il solo dato in eccesso è rappresentato da aumento statisticamente significativo di incidenza di cancro della tiroide tra le donne (SIR = 1.53). L'analisi delle fasce di distanza all'interno dei 7 Km ha mostrato per gli uomini un eccesso statisticamente significativo di mortalità per tutte le cause, per tumore dello stomaco (RR = 2.29 2-4 Km) e malattie cardiovascolari (RR = 1.31 2-4km). Per quanto riguarda l'incidenza di tumori

non sono stati riscontrati aumenti del rischio statisticamente significativi in relazione alla distanza dagli impianti.

*Conclusioni:* L'analisi dei dati della intera coorte dei residenti in prossimità degli impianti nucleari del Lazio non ha evidenziato modifiche importanti della mortalità e della incidenza di tumori di sedi radiosensibili con la sola eccezione dell'aumentata incidenza del tumore della tiroide nelle donne. L'analisi per distanza dagli impianti ha mostrato tra gli uomini una relazione con esiti sanitari diversi non correlati alle radiazioni (un aumento della mortalità per tutte le cause, per tumore allo stomaco e per cause cardiovascolari) per coloro che vivono in stretta vicinanza delle centrali nucleari ma nessun gradiente è stato riscontrato nella incidenza di tumori radiosensibili. Tra le donne, non è stato osservato un aumento né nella mortalità né nella incidenza di tumori radiosensibili (compreso il tumore della tiroide) in relazione con la distanza dalle centrali. I risultati osservati suggeriscono la continua sorveglianza epidemiologica della popolazione utilizzando i sistemi informativi correnti e i registri di popolazione.

**Nota**

Nel testo di questo rapporto viene descritto lo studio condotto sui residenti delle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano nel periodo 1996-2007.

Per i risultati relativi all'analisi condotta separatamente tra i residenti nell'intorno della centrale di Borgo Sabotino e tra le persone residenti nei pressi della centrale nucleare del Garigliano si rimanda alla lettura dell'appendice 1 di questo rapporto.

**Ringraziamenti**

Si ringraziano le Anagrafi comunali dei comuni di Latina, Castelforte, Minturno, Santi Cosma e Damiano e la Polizia Municipale del Comune di Latina per la collaborazione prestata nella rilevazione dei dati.

## **INTRODUZIONE**

La provincia di Latina è da anni oggetto di attenzione per le possibili ripercussioni sulla salute della popolazione derivanti dalla presenza nel territorio delle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano operative dagli anni '60.

La centrale nucleare di Latina situata a Borgo Sabotino, frazione del comune di Latina di circa 5.000 abitanti, dista poco più di 1 km dal mare e 9 km dal centro di Latina. La progettazione di questo impianto ebbe inizio nel 1957 e, nel 1962, essa fu la prima centrale nucleare in funzione in Italia. All'epoca dell'entrata in servizio era il reattore più grande in Europa con una potenza elettrica di 210 MW. A seguito del referendum del 1987, svoltosi un anno dopo il disastro di Cernobyl (26 aprile 1986), la centrale venne dismessa insieme alle tre realizzate in Italia: Caorso (Piacenza), Trino Vercellese (Vercelli) e Garigliano (Caserta). Nell'aprile del 1991 la licenza di esercizio della centrale nucleare di Borgo Sabotino venne modificata per portare a compimento le attività necessarie alla messa in custodia dell'impianto.

La centrale nucleare del Garigliano è localizzata a Sessa Aurunca, un comune della provincia di Caserta situato al confine con il Lazio. L'impianto è stato costruito nel 1959 ed è rimasto attivo dal 1964 al 1982, con un funzionamento discontinuo, finché nel 1978 si verificò un guasto tecnico a un generatore di vapore secondario. Considerato il costo dell'intervento di sostituzione, nel 1981 l'ENEL decise di non riavviare più la centrale, in considerazione della breve vita residua dell'impianto. Nel novembre 1999 la proprietà della centrale – così come per le altre tre centrali nucleari italiane – è stata trasferita a SOGIN. Il programma predisposto da SOGIN punta al totale smantellamento dell'impianto e al ripristino ambientale dell'area entro il 2016.

### Breve rassegna dell'evidenza epidemiologica

Le radiazioni ionizzanti sono i cancerogeni umani più studiati in letteratura e i gruppi di popolazione indagati sono principalmente i pazienti esposti a radiazioni per motivi medici, i lavoratori esposti, i sopravvissuti all'esplosione della bomba atomica, gli esposti ad incidenti verificatisi ai reattori delle centrali nucleari, o gli esposti a radon (un gas radioattivo). Tra i tumori associati all'esposizione alle radiazioni ionizzanti sono indicati in letteratura i tumori del tessuto linfematoipoietico, in particolare la leucemia, i tumori dell'encefalo, il tumore della tiroide e quello della mammella. Il tumore del polmone è considerato per quel che riguarda l'esposizione al gas radon,

prodotto di decadimento dell'uranio, un inquinante domestico e degli ambienti di lavoro (1).

La letteratura sugli effetti della residenza in prossimità delle centrali nucleari sulla salute della popolazione è frammentaria e controversa. I principali studi sono riassunti in tabella 1. Gli studi sullo stato di salute dei residenti in prossimità delle centrali nucleari hanno evidenziato in Inghilterra un cluster di leucemia linfoide in persone sotto i 25 anni di età ma nessun incremento nella mortalità per cause tumorali (2-4). In una delle più grandi indagini effettuate negli Stati Uniti alla fine degli anni '80, sono stati confrontati gli 800.000 decessi verificatisi tra i residenti in prossimità di 62 installazioni nucleari con 1.800.000 decessi verificati nelle aree di controllo: anche i risultati di questo studio non evidenziarono eccessi nella mortalità per tumori associati alla residenza nei pressi delle centrali nucleari (5). Dopo queste prime indagini, numerosi studi hanno valutato l'associazione tra leucemia infantile ed altre forme tumorali e la residenza vicino ad impianti per la produzione di energia nucleare, ritrattamento, o trattamento del combustibile, ma i risultati sono stati contrastanti e non conclusivi [6-16].

Un cluster di casi di leucemia infantile (4 casi contro 0.25 attesi) fu osservato nel 1983 a Sellafield (West Cumbria) (17), tuttavia analisi più approfondite rilevarono che le radiazioni naturali dell'area contribuivano al 66% all'esposizione dei residenti e che la presenza dell'impianto nucleare contribuiva solamente per il 16%. Un successivo studio caso-controllo condotto nell'area dimostrò come l'esposizione a radiazioni per ragioni lavorative dei genitori, avvenuta prima del concepimento, potesse essere responsabile del cluster (18).

Due diversi studi condotti in Germania hanno evidenziato un aumento di leucemie infantile e di altri tumori tra i bambini residenti nei pressi di una centrale nucleare [19-20], mentre uno studio condotto in Spagna ha evidenziato un aumento dell'incidenza di tumori radiosensibili tra i residenti nei pressi di due centrali nucleari [21]. Al contrario, un recente studio condotto in Finlandia non ha evidenziato nessun aumento dell'incidenza della leucemia e di altre forme tumorali né tra i bambini né tra gli adulti residenti nei pressi di una centrale nucleare [22].

## Obiettivo

Obiettivo di questo studio è quello di verificare l'ipotesi che la residenza nei pressi delle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano possa costituire un fattore di rischio per quelle forme tumorali che sono state associate agli effetti delle radiazioni (sedi "radiosensibili").

## METODI

### Individuazione dei siti in studio

Le aree che comprendono le due centrali nucleari sono state costruite prendendo come riferimento la Carta Tecnica Regionale, fornita dalla Regione Lazio. Il sistema di riferimento che è stato utilizzato è il WGS84\_UTM33N. Questo procedimento ha consentito di stimare una superficie pari a 467.422 m<sup>2</sup> con un perimetro di 2,850 m per la centrale di Borgo Sabotino e una superficie pari a 100.253 m<sup>2</sup> con un perimetro di 1,347 m per la Centrale del Garigliano.

### Disegno dello studio e definizione della coorte

Lo studio è stato condotto con un approccio di coorte di popolazione; è stata valutata la mortalità per causa e l'incidenza delle forme tumorali associate all'esposizione alle radiazioni ionizzanti, confrontando sottogruppi di popolazione residenti a varia distanza dagli impianti. Si è considerata di primario interesse la coorte dei soggetti che ha avuto una residenza in un'area di 7 km dal perimetro di ciascun impianto, perché si è pensato che fosse un'area sufficientemente ampia da poter includere tutte le persone esposte per motivi di residenza e anche un congruo gruppo di non esposti. La coorte è composta dunque dai soggetti residenti al 1 gennaio 1996 e da tutti quelli successivamente entrati nell'area fino al 31 dicembre 2002; l'accertamento dello stato in vita dei soggetti della coorte (follow-up) è stato effettuato fino al 31 dicembre 2007.

Poiché presso le anagrafi dei comuni della regione Lazio non esiste, ad oggi, un archivio di popolazione contenente la storia residenziale georeferenziata dei cittadini, è stata predisposta una metodologia innovativa per la definizione della coorte e il relativo follow-up. La metodologia viene di seguito descritta.

### Selezione della popolazione in studio, georeferenziazione degli indirizzi di residenza, attribuzione dello Stato Socio Economico (SES)

Nell'area di 7 Km dai perimetri delle due centrali ricadono i comuni di Latina, Castelforte, Minturno e Santi Cosma e Damiano. Per selezionare la coorte di popolazione sono stati utilizzati gli archivi forniti dagli Uffici Anagrafici dei comuni di Latina, Castelforte, Minturno e Santi Cosma e Damiano. La popolazione considerata è quella composta da individui che hanno avuto una residenza nei comuni oggetto di questa indagine nel periodo in studio. Ciascun archivio anagrafico è stato sottoposto a rigorose procedure di controllo prima di essere utilizzato per l'analisi (appendice 2).

E' stato considerato di interesse l'indirizzo di residenza di ogni soggetto all'inizio del periodo di studio (1 gennaio 1996), ovvero il primo indirizzo di residenza per gli iscritti nel comune (per immigrazione o nascita) dopo quella data. Ad ogni residenza sono state attribuite le coordinate geografiche (X e Y, con sistema di riferimento WGS84\_UTM33N) ed è stato quindi possibile geocodificare tutte le informazioni sulla popolazione e trasferirle in un sistema GIS (Geographic Information System). A seguito della georeferenziazione è emerso che per il 30% dei soggetti residenti nel comune di Minturno non era stato possibile attribuire una coordinata geografica all'indirizzo di residenza e che ben l'11% di questi soggetti non georeferenziati risultavano deceduti. Per evitare una distorsione dei risultati in termini di sottostima del numero dei deceduti nell'area in studio, si è quindi deciso di escludere dalla coorte il comune di Minturno rassicurati anche dal fatto che tale esclusione non avrebbe inficiato i risultati dell'analisi perché tale comune non ricade nell'area immediatamente vicina agli impianti in studio.

Per tutte le sezioni di censimento del Lazio è disponibile un indicatore socio-economico (SES) costruito sulla base di variabili raccolte al censimento 2001 (disponibili a livello di sezione di censimento). Tali variabili, scelte in modo da rappresentare le diverse dimensioni della condizione sociale (istruzione, occupazione, condizione abitativa, composizione familiare, immigrazione) sono state utilizzate per definire un indicatore classificato in 5 categorie sulla base dei quintili della distribuzione del Lazio: alto, medio-alto, medio, medio-basso, basso. Ad ogni soggetto della coorte è stato dunque attribuito il valore dell'indice SES della sezione di residenza di appartenenza. Il SES è stato poi accorpato in tre categorie (Alto e Medio-Alto, Medio, Medio-Basso e Basso) (23).

#### Follow-up della coorte



Lo stato in vita di ogni soggetto della coorte è stato accertato, utilizzando gli archivi anagrafici dei comuni in studio, fino al 31 Dicembre 2007. I soggetti emigrati dal comune di residenza sono stati considerati vivi fino alla data di emigrazione; per questi soggetti la data di fine del follow-up coincide con la data di emigrazione. Per i soggetti deceduti nel periodo in studio è stata recuperata l'informazione sulla causa di morte attraverso una procedura di record-linkage tra l'archivio anagrafico e il Registro Nominativo delle Cause di Morte (Re.N.Ca.M) della Regione Lazio.

Le diagnosi tumorali dei soggetti della coorte nel periodo di follow-up sono stati ottenuti con una procedura di record-linkage con l'archivio del Registro Tumori (RT) di Latina e provincia. I dati del RT erano disponibili dal 1996 al 2006 e, per questo motivo, la chiusura del follow-up per lo studio di incidenza tumorale è stata fissata al 31 Dicembre 2006.

#### Analisi statistica

L'approccio di coorte, attraverso la ricostruzione della storia anagrafica e residenziale di tutti gli individui, ha consentito di utilizzare come denominatore delle stime di incidenza il tempo esatto in cui ciascun soggetto della coorte è stato a rischio di sviluppare gli esiti in studio (mortalità o comparsa di un tumore radio sensibile). Questa quantità è chiamata in epidemiologia "anni persona". Ogni residente di questa coorte ha contribuito al computo degli anni persona a partire dal 01/01/1996, se risultava già presente in uno dei comuni in studio a questa data, o a partire da 5 anni dopo il momento del suo ingresso nell'area studiata, se entrato nel comune dopo il 01/01/1996, fino alla data di morte, emigrazione, o fine del follow-up (fissato in questo studio al 31 dicembre 2007 per la mortalità e al 31 dicembre 2006 per l'incidenza tumorale). La scelta dei 5 anni ha permesso di dare un periodo minimo per la comparsa di tumori, mentre per le persone già presenti nell'area in studio al 01/01/1996 si può pensare che lo fossero da un periodo sufficiente ad essere considerati esposti. Gli anni persona sono stati calcolati separatamente per classi di età (18 classi) e periodo di calendario (tre periodi 1996-1999, 2000-2004, 2005-2007).

Per valutare lo stato di salute della popolazione residente nell'intorno delle centrali nucleari è stata dapprima effettuata un'analisi di mortalità di tutti i residenti entro 7 km dai siti confrontandola con la mortalità dei residenti nel Lazio nello stesso periodo. Sono stati calcolati a tal fine i rapporti standardizzati di mortalità (SMR) aggiustati per

età (metodo indiretto) specifici per causa e genere e i relativi intervalli di confidenza al 95%. Applicando il tasso di mortalità della popolazione di riferimento (Lazio) al numero di anni persona della coorte sono stati ottenuti i decessi attesi, cioè il numero di decessi che si sarebbero verificati nella coorte nel caso in cui il tasso di mortalità fosse stato uguale a quello della popolazione di riferimento. L'SMR è dato dal rapporto tra il numero di decessi osservato nella coorte e il numero di decessi attesi. Per una migliore interpretazione dei risultati ottenuti si rimanda alla "guida per la lettura delle tabelle" (appendice 3). In una analisi di sensibilità si è considerata come popolazione di riferimento quella della provincia di Latina e i risultati erano sovrapponibili a quelli ottenuti utilizzando la popolazione del Lazio.

Per valutare l'associazione tra mortalità causa specifica e distanza dagli impianti, i soggetti residenti entro 7 km sono stati suddivisi in diverse fasce di esposizione caratterizzate da una distanza crescente dal perimetro delle centrali (residenti entro il raggio di 2 km, tra 2 km e 4 km e tra 4 km e 7 km). Per poter confrontare la mortalità dei *gruppi degli esposti* (i residenti nelle prime due fasce di distanza dalla centrale) con quella del *gruppo di riferimento* (residenti nella fascia distante 4-7 km), sono stati calcolati i tassi diretti di mortalità aggiustati per età (metodo diretto utilizzando come popolazione standard quella italiana al 1991) specifici per causa e genere, i Rischi Relativi (RR), aggiustati per età e livello socio-economico ( $RR_{\text{età+SES}}$ ) e i relativi Intervalli di Confidenza (IC) al 95%. Per l'interpretazione dei rischi relativi (valori superiori od inferiori ad 1.0) e dei relativi intervalli di confidenza si rimanda alla "guida per la lettura delle tabelle" (appendice 3). I rischi relativi (RR) sono stati ottenuti da una regressione multivariata, sotto l'ipotesi di una distribuzione di Poisson delle morti osservate.

Infine, utilizzando gli archivi del RT di Latina, è stato possibile effettuare l'analisi dell'incidenza, nel periodo 1996-2006, dei tumori del tessuto linfoematopoietico, in particolare la leucemia, tumori dell'encefalo e altri tumori del Sistema Nervoso Centrale, della tiroide, della mammella e del polmone. Questo tipo di analisi è stata eseguita utilizzando la stessa metodologia usata in precedenza per la mortalità. Sono stati calcolati i SIR (Standardized Incidence Ratio, con riferimento la popolazione della provincia di Latina), e i tassi d'incidenza ed i Rischi Relativi, aggiustati per età e SES, a seconda della distanza dagli impianti.

## RISULTATI

Nella tabella 2 sono riportati i dati relativi alla costruzione della coorte di popolazione residente nei comuni in studio. Le anagrafi comunali hanno fornito i dati per 160,230 persone residenti nei comuni di Latina, Castelforte, Minturno e Santi Cosma e Damiano nel periodo in esame. Per 6,441 persone (4%) non è stato possibile individuare l'esatta posizione dell'indirizzo attraverso il sistema GIS; è stata dunque geocodificata la residenza per 153,789 persone (96%). 128,379 persone risultavano vive e residenti al 31/12/2007 mentre 25,410 sono state cancellate dall'anagrafe perché emigrate (13,145) o decedute durante il periodo in esame (12,265). Per i comuni di Latina, Castelforte e Santi Cosma e Damiano non sono state osservate distorsioni importanti per quanto riguarda lo stato in vita tra soggetti georeferenziati e soggetti non-georeferenziati; come descritto nella sezione metodi di questo rapporto la mancata georeferenziazione soprattutto a carico dei soggetti deceduti osservata nel comune di Minturno, ha comportato l'esclusione dalla coorte finale dei residenti in questo comune.

Le procedure di record-linkage con l'archivio regionale dei deceduti (Re.N.Ca.M) ha permesso di recuperare la causa di morte per il 97% dei soggetti deceduti della coorte.

Nella Figura 1 è descritta la localizzazione geografica delle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano. Nelle figure 2 e 3 sono riportati, per ogni centrale nucleare, i confini amministrativi dei comuni di Latina, Castelforte, Minturno e Santi Cosma e Damiano, gli indirizzi di residenza georeferenziati e gli anelli concentrici di distanza dal perimetro delle centrali (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 e 6-7 km).

La tabella 3 mostra la coorte dei residenti in studio per distanza dai siti in esame. La coorte totale dei residenti entro 7 km è composta da 39,775 persone. Entro 7 km risiede il 31% della popolazione indagata, mentre meno dell'1% dell'intera coorte risiede nelle immediate vicinanze dei siti (0-1 km). Nella popolazione in studio non si evidenziano particolari differenze per genere associate alla distanza dagli impianti.

La tabella 4 mostra alcune caratteristiche della coorte in studio per distanza dai siti. Costituiscono il *gruppo di riferimento* i 26,998 residenti nella fascia distante 4-7 km dai siti in studio; sono considerati come facenti parte del *gruppo dei più esposti* le 4,838 persone con residenza entro 2 km dai siti. La percentuale più alta di persone

che nel periodo in studio sono uscite dalla coorte per emigrazione risiede nella fascia di distanza 2-4 Km (12.8%). La percentuale grezza di persone decedute nella prima fascia di distanza è pari al 7.2%. La distribuzione per età della popolazione mostra una percentuale maggiore di persone di età 65 anni e più nella fascia di distanza 2-4 Km (10.9%) rispetto alle altre fasce. Si osserva un importante gradiente di livello socioeconomico associato con la distanza dal sito: le persone che abitano nelle immediate vicinanze sono soprattutto di livello socio-economico medio- basso e basso (35.9%), mentre, nel gruppo di riferimento, la percentuale di persone di livello socioeconomico alto e medio-alto è pari al 55.9%.

### Mortalità

Nella tabella 5 sono riportati i risultati dell'analisi della mortalità per causa, separatamente per uomini e donne dell'intera coorte usando come riferimento la popolazione del Lazio.

#### *Uomini*

Nel periodo in studio (1996-2007) la mortalità per tutte le cause degli uomini di questa coorte è sostanzialmente uguale a quella osservata nella popolazione maschile della regione Lazio. Dall'analisi per singola causa di morte si evidenzia una mortalità inferiore all'atteso della mortalità per diabete e per malattie ischemiche del cuore.

#### *Donne*

La mortalità per tutte le cause risulta sovrapponibile a quella della regione Lazio, al contrario, la mortalità per tutti i tumori presenta un difetto statisticamente significativo rispetto alla mortalità regionale (SMR=0.85). Dall'analisi per singola causa di morte emerge una mortalità inferiore all'atteso per le malattie ischemiche del cuore (SMR=0.78) ed una mortalità superiore all'atteso, al limite della significatività statistica, per malattie cardiovascolari (SMR=1.11).

La tabella 6 mostra i risultati dei confronti interni alla coorte per distanza dalle centrali nucleari. Vengono mostrati, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), il numero di decessi osservati, il tasso di mortalità per causa, i rischi relativi (RR) aggiustati per età e SES e i relativi intervalli di confidenza (IC al 95%) al variare della distanza dalle centrali.

#### *Uomini*

Per la mortalità generale si evidenziano degli eccessi, statisticamente significativi, per i residenti nelle fasce 0-2 Km e 2-4 Km ( $RR_{ETA'+SES}$  1.22 e  $RR_{ETA'+SES}$  1.19 rispettivamente). Tra i residenti nella fascia 2-4 km si osserva un eccesso, rispetto al gruppo di riferimento, della mortalità per tutti i tumori ( $RR_{ETA'+SES}$  1.25), tumore dello stomaco ( $RR_{ETA'+SES}$  2.29) e malattie cardiovascolari ( $RR_{ETA'+SES}$  1.31). Si segnala inoltre l'eccesso di deceduti con causa di morte mancante nella fascia di distanza 2-4 km ( $RR$  1.92).

#### *Donne*

Tra le donne non si evidenzia un aumento del rischio di mortalità generale associato alla distanza dalle centrali in studio, piuttosto si osserva un difetto, statisticamente significativo, nella fascia 0-2 Km ( $RR_{ETA'+SES}$  0.80).

#### Incidenza

Nelle figure 4 e 5 sono riportati, per ogni centrale nucleare, i confini amministrativi dei comuni di Latina, Castelforte, Minturno e Santi Cosma e Damiano, gli indirizzi di residenza georeferenziati, i casi incidenti di tumore e gli anelli concentrici di distanza dal perimetro delle centrali (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 e 6-7 km).

Nella tabella 7 sono riportati i risultati dell'analisi dell'incidenza per le diverse forme tumorali oggetto dello studio, separatamente per uomini e donne, dell'intera coorte (residenti entro 7 Km) usando come riferimento i tassi d'incidenza della provincia di Latina.

#### *Uomini*

Per gli uomini residenti entro 7 Km dalle centrali nucleari non si osserva nessun eccesso statisticamente significativo, rispetto al dato provinciale.

#### *Donne*

Le donne, residenti entro 7 Km dalle centrali mostrano un eccesso statisticamente significativo di incidenza del totale dei tumori radiosensibili e in particolare del tumore della tiroide rispetto a quanto si osserva, nello stesso periodo, per le donne residenti nella provincia di Latina (SIR 1.12 e SIR 1.53, rispettivamente).

Nella tabella 8 sono riportati i risultati dei confronti interni alla coorte per distanza dagli impianti. Vengono illustrati, separatamente per gli uomini (a) e per le donne (b), il numero di casi di tumore osservati, il tasso d'incidenza per tipologia di tumore, i rischi relativi (RR) aggiustati per età e SES e i relativi intervalli di confidenza (IC al 95%) al variare della distanza dalle centrali nucleari.

Sia per gli uomini che per le donne non si evidenzia, per i tumori in studio, nessun aumento dell'incidenza associato alla distanza dalle centrali nucleari in studio.

Molte delle evidenze ad oggi disponibili in letteratura riguardano gli effetti degli impianti nucleari sulla salute dei bambini. In questa coorte, tra il 1996 e il 2007, sono stati osservati 38 decessi per tutte le cause di residenti con meno di 15 anni di età, tuttavia non si sono osservate variazioni importanti rispetto alla mortalità attesa (SMR bambini 1.35 IC 95% 0.85-2.04; SMR bambine 1.26 IC 95% 0.72-2.05) e l'esiguità del numero di decessi osservati non ha consentito di effettuare un'analisi legata alla distanza. Per quanto riguarda l'incidenza di tumori tra i bambini, il Registro Tumori ha segnalato tra il 1996 e il 2006 tre casi di tumore linfatico in età pediatrica (un caso tra 0-1 km e due casi tra 4-5 km) e un caso di tumore cerebrale nella fascia dell'area studiata più distante dalle centrali (6-7 km). Anche in questo caso i risultati non sembrano indicare eccessi particolari.

## **DISCUSSIONE**

La popolazione residente entro 7 Km dalle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano mostra, nel complesso, un quadro di mortalità che non si discosta da quello osservato, nello stesso periodo, nella popolazione del Lazio. Lo stesso risultato si è osservato anche usando come riferimento la popolazione residente nella provincia di Latina (dati non mostrati). Tuttavia, tra gli uomini residenti tra 2 e 4 km dalle centrali si osserva un eccesso di mortalità totale, per tumore dello stomaco e per malattie cardiovascolari. Anche i risultati dell'analisi relativa all'incidenza tumorale non evidenziano, tra gli uomini residenti entro 7 km dalle centrali nucleari, particolari aumenti di rischio rispetto al dato provinciale. Tra le donne è emerso un eccesso complessivo della incidenza di tumore della tiroide (53% in più di quanto si osserva nella provincia di Latina), tuttavia non si è osservata nessuna associazione con la distanza dai due siti oggetto di indagine.

L'aumento dell'incidenza di tumore della tiroide nelle donne della coorte, non in relazione con la distanza dagli impianti, rende debole l'ipotesi di una associazione con la possibile esposizione alle centrali nucleari. Un aumento di incidenza nella provincia di Latina per le neoplasie della tiroide, sia per gli uomini sia per le donne, superiore alla media nazionale era già stata documentato [24]. Tuttavia, gli elevati tassi di test diagnostici (ecografie e agoaspirazioni con ago sottile) nella provincia e l'aumento del trend temporale per le neoplasie di piccole dimensioni ha fatto ipotizzare un possibile maggior accertamento diagnostico ruolo e dunque una anticipazione diagnostica. Tale maggior accertamento diagnostico potrebbe essere responsabile di una apparente maggiore incidenza nell'area in esame. E' ovvio che tale ipotesi necessita di approfondimenti ulteriori.

L'analisi per distanza dagli impianti ha messo in evidenza un eccesso di mortalità per tumore dello stomaco e per malattie cardiovascolari tra gli uomini che vivono nelle immediate vicinanze degli impianti. In assenza, però, di evidenze scientifiche e biologiche che supportino questa associazione con la esposizione a radiazioni, interpretiamo questi risultati come semplici indizi a cui deve seguire una sorveglianza epidemiologica nel futuro.

Per una migliore interpretazione dei risultati di questa indagine epidemiologica occorre affrontare gli aspetti di validità interna.

#### *Misclassificazione dell'esposizione*

Una limitazione importante di questo studio è data dalla mancanza di dati specifici di esposizione. Infatti, in assenza di informazioni certe sugli inquinanti emessi dagli impianti e sulle modalità della loro diffusione ed eventuale contaminazione delle matrici aria, acqua e suolo, l'esposizione è stata considerata con un metodo strettamente geografico (distanza in km dal perimetro degli impianti). Tale metodologia non è sicuramente ottimale ed ipotesi alternative, attualmente non disponibili, prevedono la conoscenza della evoluzione storica della contaminazione da radionuclidi e la disponibilità di modelli adeguati di dispersione degli stessi.

#### *Disponibilità delle storie residenziali*

Per limiti inerenti gli archivi anagrafici non erano disponibili informazioni sulla storia residenziale di tutti gli individui precedente al 1996 e pertanto non è stato possibile conoscere l'esatto periodo di residenza nell'area in studio. Si è dunque ipotizzato che

gran parte delle persone già presenti al 01/01/1996 lo fossero già da un periodo sufficientemente lungo e nel calcolo degli anni-persona sono stati applicati 5 anni di latenza alle persone entrate nell'area in studio dopo il 01/01/1996.

#### *Qualità dei dati*

Non è stato possibile geocodificare gli indirizzi del 4% delle persone presenti negli archivi anagrafici con percentuali variabili tra i diversi comuni in studio (tabella 2). Per problemi legati alla trascrizione dei dati identificativi di ciascun soggetto della coorte (cognome, nome, luogo e data di nascita) nelle diverse fonti dei dati utilizzate in questo studio, non è stato possibile includere nello studio della mortalità per causa il 3.3% dei deceduti.

Attraverso le procedure di record-linkage tra il RT della Provincia di Latina e l'anagrafe dei residenti è stato possibile riconoscere solo il 90,4% dei tumori dell'encefalo, il 94,3% dei tumori della mammella, l'85,1% dei tumori della tiroide, l'87,7% dei tumori del sistema linfoematopoietico e il 94,3% dei tumori del polmone. Il sottoaccertamento osservato può aver distorto i risultati solo nel caso in cui questo fosse stato differenziale nelle aree in studio, ma non vi sono elementi per suffragare tale ipotesi.

#### *Confondimento*

I risultati presentati sono stati calcolati tenendo conto dei due principali fattori di confondimento degli studi epidemiologici: la struttura per età della popolazione e il livello socio-economico. Non si può certamente escludere che altri fattori, non misurati in questo studio, quali l'abitudine al fumo e altre caratteristiche individuali, la storia occupazionale dei soggetti e la presenza nell'area di altri fattori di pressione ambientale, possano essere responsabili dei risultati osservati.

#### *Potenza dello studio*

Lo studio si basa su una popolazione di ridotte dimensioni (4838 residenti entro 2 km per un complessivo ammontare della coorte pari a circa 40.000 soggetti) e le fluttuazioni statistiche intorno alle stime riportate sono ampie a causa della bassa potenza statistica. Occorre tuttavia sottolineare che non c'era nessun modo di aumentare la potenza di questo studio in quanto esso ha coinvolto tutti i residenti dal 1996 al 2007 nell'area distante 7 km dai siti. L'esiguità del numero delle osservazioni



ha certamente influito sulla precisione delle stime osservate, ma i risultati possono essere considerati rassicuranti da un punto di vista di sanità pubblica.

## **CONCLUSIONI**

In conclusione, lo studio non ha dimostrato alterazioni importanti della mortalità e dell'incidenza dei tumori radio-sensibili nell'area in studio A differenza di altre indagini [3,19], non si è osservata un'associazione tra distanza dagli impianti e tumori del'apparato linfematopoietico né per quanto riguarda la mortalità né per l'incidenza. La ridotta dimensione della popolazione coinvolta non ha permesso di effettuare un'analisi approfondita sullo stato di salute dei bambini della coorte. Per quanto riguarda la popolazione adulta, si è osservato un aumento dell'incidenza del tumore tiroideo nelle donne nell'intera area ma questo aumento non è in relazione con la distanza dalle centrali nucleari. Inoltre, per gli uomini residenti nelle più immediate vicinanze dalle centrali nucleari si è osservato un aumento della mortalità totale, per cancro dello stomaco e per malattie cardiovascolari la cui relazione con la esposizione indagata è improbabile. Si suggerisce la continua sorveglianza epidemiologica della popolazione utilizzando i sistemi informativi correnti e i registri di popolazione.

Tabella 1. Descrizione schematica degli studi più rilevanti

Articolo	Tipo di studio	Rivista	Anno	Popolazione in studio	Outcome	Risultati
<i>Geographical variation in mortality from leukaemia and other cancers in England and Wales in relation to proximity to nuclear installations, 1969-78</i>	Studio Caso-Controllo	British Journal of Cancer	1989	Popolazione residente in Inghilterra e Galles nel periodo 1969-1978	Mortalità per 11 cause di morte	Cluster di leucemia linfocitica in persone sotto i 25 anni, ma nessun incremento della mortalità per cause tumorali
<i>Cancer in populations living near nuclear facilities. A survey of mortality nationwide and incidence in two states</i>	Studio Caso-Controllo	Journal of the American Medicine Association	1991	Popolazione residente dal 1950 al 1984 vicino alle centrali nucleari degli Stati Uniti	Mortalità per cancro	Nessun eccesso nella mortalità per tumori associati alla residenza nei pressi delle centrali nucleari
<i>Cancer risk around the nuclear power plants of Trillo and Zorita (Spain)</i>	Studio Caso-Controllo	Occupational and Environmental Medicine	2003	Pazienti ricoverati residenti dal 1988 al 1999 entro un'area di 30 Km dalle centrali nucleari di Trillo e Zorita	Ospedalizzazione per cancro	Il rischio di ricovero per tumore aumenta al diminuire della distanza con le centrali nucleari
<i>Case-control study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany 1980-2003</i>	Studio Caso-Controllo	European Journal of Cancer	2008	Popolazione < 5 anni residente in Germania nei pressi di 16 centrali nucleari	Diagnosi di tumori infantili	Aumento di leucemia infantili ed altri tumori tra i bambini
<i>Cancer incidence in the vicinity of Finnish nuclear power plants: an emphasis on childhood leukemia</i>	3 diversi studi (1 Studio Ecologico, 1 Studio di Coorte, 1 Studio Caso-Controllo)	Cancer Causes Control	2010	Adulti e bambini (0-14 anni) residenti vicino alle centrali nucleari	Incidenza di tumore	Nessun aumento dell'incidenza di leucemia e di altre forme tumorali né tra i bambini né tra gli adulti

Figura 1. Localizzazione geografica delle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano

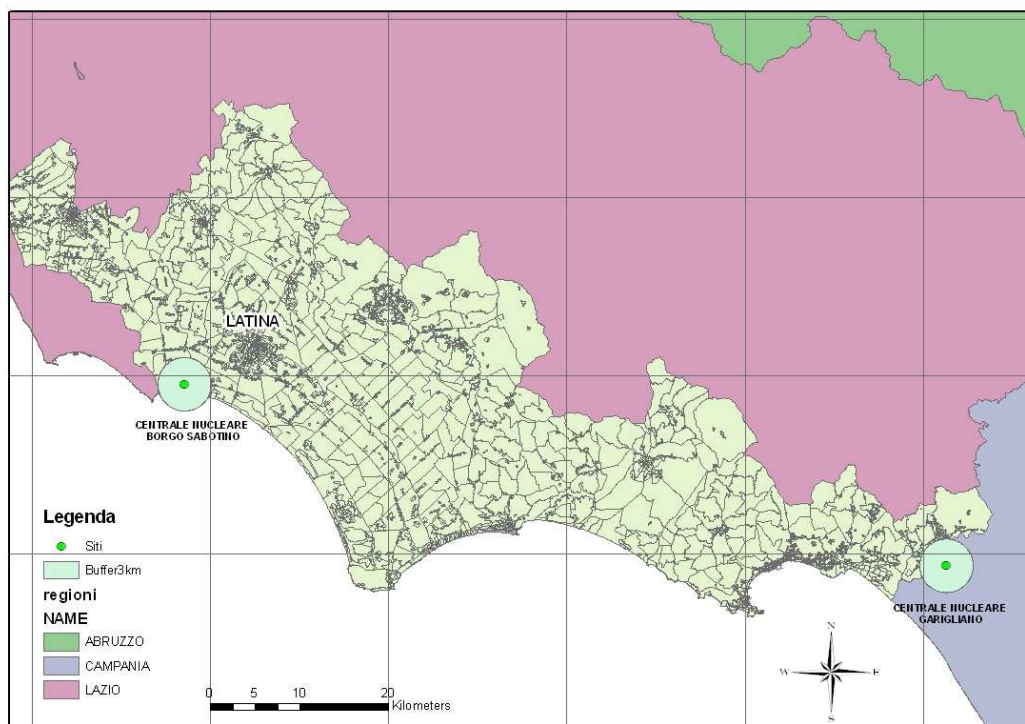


Figura 2. Area in studio, centrale nucleare di Borgo Sabotino, coorte dei residenti nel comune di Latina e fasce di distanza dalla centrale nucleare

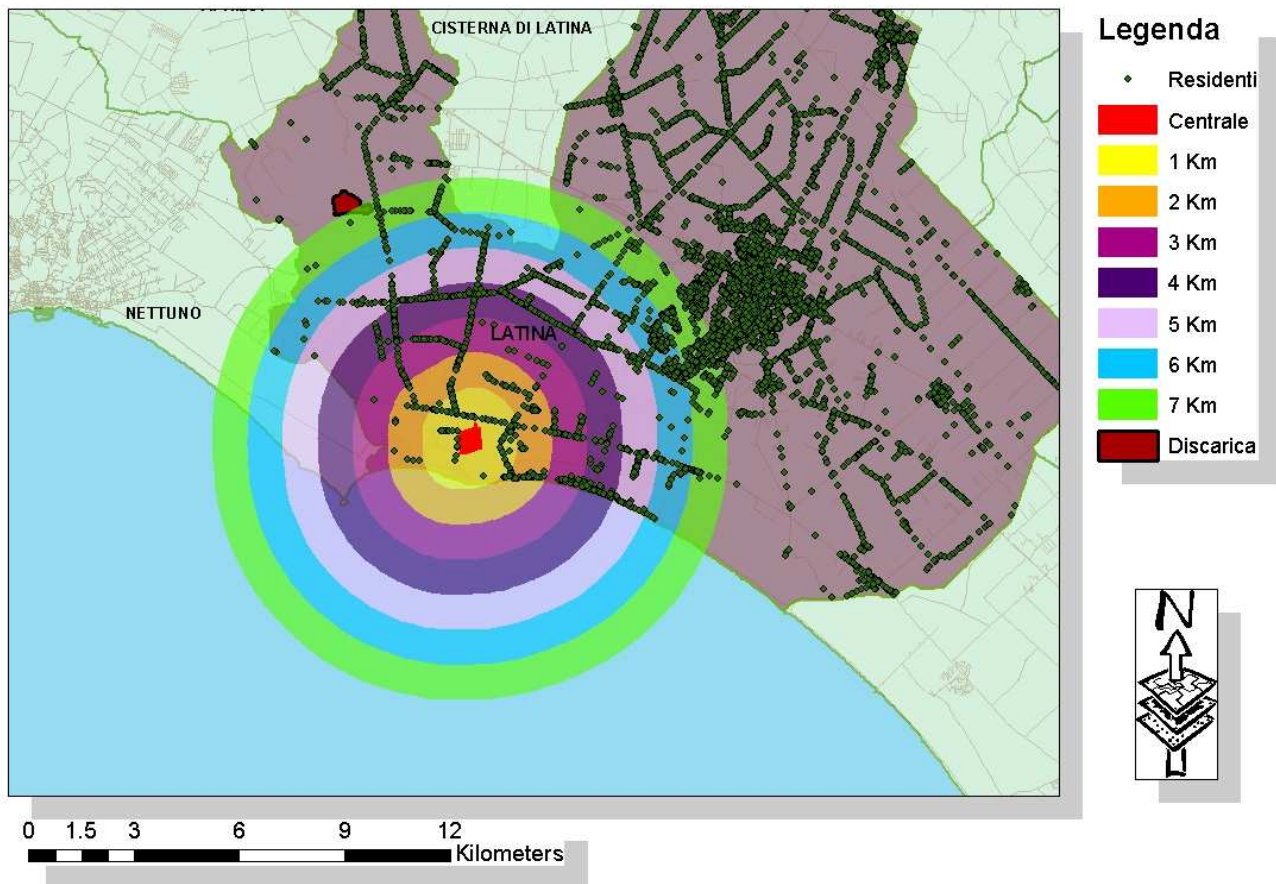
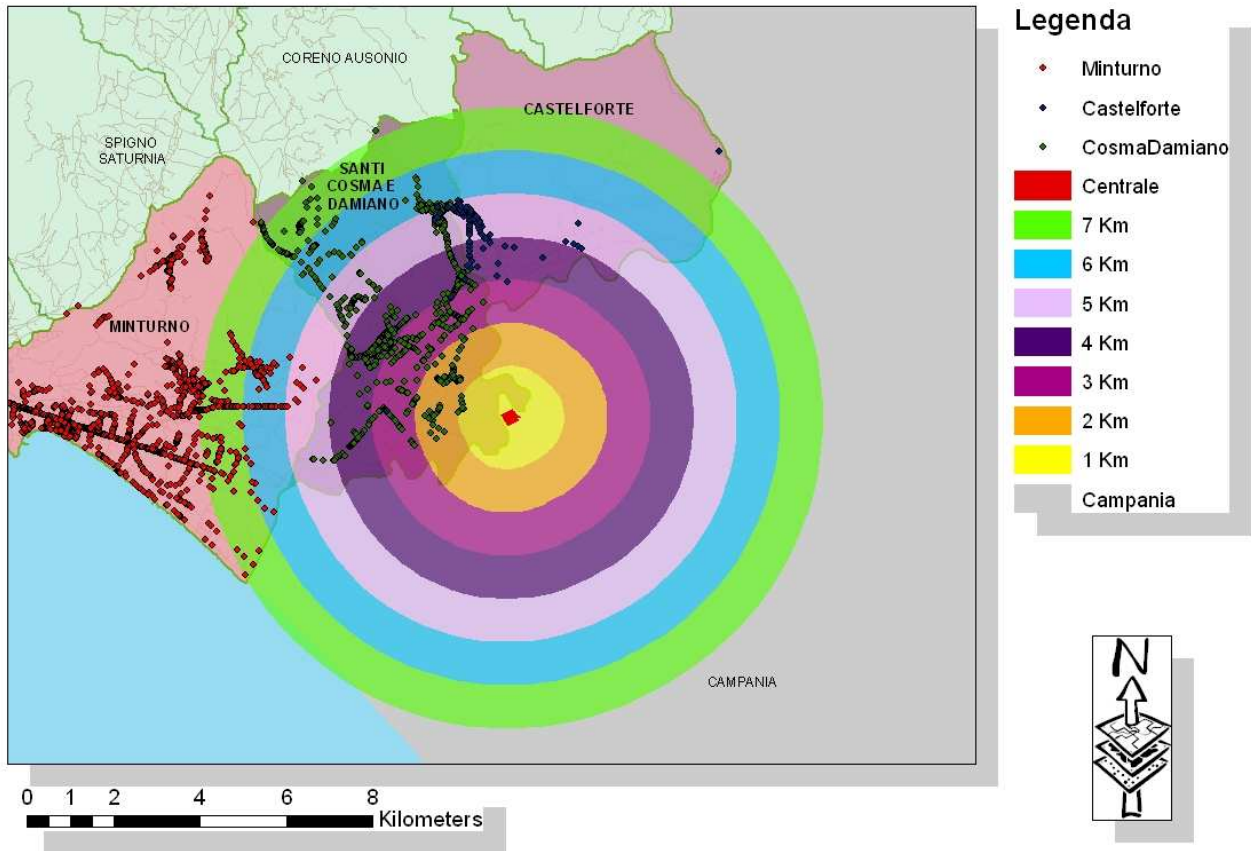


Figura 3. Area in studio, centrale nucleare del Garigliano, coorte dei residenti dei comuni di Castelforte, Minturno e Santi Cosma e Damiano e fasce di distanza dalla centrale nucleare





Dipartimento di Epidemiologia  
del Servizio Sanitario Regionale



Azienda  
Sanitaria  
Locale  
**ROMA**



Tabella 2. Selezione della coorte dei residenti nei Comuni di Latina, Castelforte, Minturno e Santi Cosma e Damiano dal 1/1/1996 al 31/12/2007

	Totale		Latina		Castelforte		Santi Cosma e Damiano		Minturno	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Totale Residenti dal 1/1/1996 al 31/12/2007	160,230	100.0	123,714	100.0	6,234	100.0	8,784	100.0	21,498	100.0
Residenti geocodificati	153,789	96.0	121,072	97.9	5,235	84.0	8,347	95.0	19,135	89.0
<i>Vivi e residenti al 31/12/2007</i>	128,379	80.1	101,792	82.3	3,804	61.0	6,606	75.2	16,177	75.2
Movimenti anagrafici nel periodo										
Emigrati	13,145	8.2	9,607	7.8	970	15.6	1,028	11.7	1,540	7.2
Deceduti	12,265	7.7	9,673	7.8	461	7.4	713	8.1	1,418	6.6
Deceduti con causa	11,856	(96.7)	9,373	(96.9)	450	(97.6)	680	(95.4)	1,353	(95.4)
Residenti non geocodificati	6,441	4.0	2,642	2.1	999	16.0	437	5.0	2,363	11.0
Viventi	5,374	3.4	2,471	2.0	872	14.0	379	4.3	1,652	7.7
Deceduti	1,067	0.7	171	0.1	127	2.0	58	0.7	711	3.3
Deceduti con causa	895	(83.9)	162	(94.7)	118	(92.9)	50	(86.2)	565	(79.5)
<i>Indirizzo mancante</i>	1,825	1.1	0	0.0	21	0.3	52	0.6	1,752	8.1
Viventi	1,096	0.7	0	0.0	3	0.0	5	0.1	1,088	5.1
Deceduti	729	0.5	0	0.0	18	0.3	47	0.5	664	3.1
<i>Impossibile georeferenziare la strada</i>	4,616	2.9	2,642	2.1	978	15.7	385	4.4	611	2.8
Viventi	4,278	2.7	2,471	2.0	869	13.9	374	4.3	564	2.6
Deceduti	338	0.2	171	0.1	109	1.7	11	0.1	47	0.2

Tabella 3. Coorte dei residenti per distanza dalle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano e per sesso

Distanza dall'Impianto	COORTE (Latina, Castelforte e Santi Cosma e Damiano)					
	Uomini		Donne		Totale	
	N	%	N	%	N	%
Popolazione Totale	62,964	100.0	65,708	100.0	128,672	100.0
Totale 0 - 7 Km	19,747	31.4	20,028	30.5	39,775	30.9
0 - 1 Km	539	0.9	553	0.8	1,092	0.8
tra 1 Km - 2 Km	1,897	3.0	1,849	2.8	3,746	2.9
tra 2 Km - 3 Km	1,413	2.2	1,420	2.2	2,833	2.2
tra 3 Km - 4 Km	2,556	4.1	2,550	3.9	5,106	4.0
tra 4 Km - 5 Km	4,062	6.5	4,219	6.4	8,281	6.4
tra 5 Km - 6 Km	3,587	5.7	3,584	5.5	7,171	5.6
tra 6 Km - 7 Km	5,693	9.0	5,853	8.9	11,546	9.0
Oltre 7 Km	43,217	68.6	45,680	69.5	88,897	69.1



Dipartimento di Epidemiologia  
del Servizio Sanitario Regionale



Azienda  
Sanitaria  
Locale  
**ROMA**



Tabella 4. Caratteristiche della coorte dei residenti per distanza dalle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano

	Residenti	Distanza (Km)					
		4 - 7		2 - 4		0 - 2	
		N	%	N	%	N	%
	Totale	26,998	100	7,939	100	4,838	100.0
Sesso	Maschi	13,342	49.4	3,969	50.0	2,436	50.4
	Femmine	13,656	50.6	3,970	50.0	2,402	49.6
Stato	Vivi	23,127	85.7	6,284	79.2	4,018	83.1
	Deceduti	1,729	6.4	641	8.1	347	7.2
	Emigrati	2,142	7.9	1,014	12.8	473	9.8
Età (anni) all'ingresso	0*	2,239	8.3	561	7.1	351	7.3
	1 - 14	4,248	15.7	1,213	15.3	724	15.0
	15 - 44	12,628	46.8	3,550	44.7	2,204	45.6
	45 - 64	5,588	20.7	1,746	22.0	1,089	22.5
	65+	2,295	8.5	869	10.9	470	9.7
Livello socio- economico	Alto - Medio Alto	15,093	55.9	3,687	46.4	1,622	33.5
	Medio	3,302	12.2	1,735	21.9	783	16.2
	Basso - Medio Basso	3,093	11.5	1,423	17.9	1,737	35.9
	m.i.	5,510	20.4	1,094	13.8	696	14.4

\* Comprende tutti i nuovi nati nel periodo





Dipartimento di Epidemiologia  
del Servizio Sanitario Regionale



Azienda  
Sanitaria  
Locale



Tabella 5. Mortalità per causa della coorte dei residenti entro 7 Km dalle Centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano. Rapporti standardizzati indiretti di mortalità (SMR) aggiustati per età. Osservati (OSS), attesi (ATT), SMR e Intervalli di Confidenza (IC) al 95%. Riferimento regione Lazio. Uomini e donne. Periodo 1996 - 2007.

CAUSA (ICD-9-CM)	uomini					donne				
	OSS	ATT	SMR	I.C. 95%		OSS	ATT	SMR	I.C. 95%	
Tutte le cause (001-999)	1460	1434.5	1.02	0.97	1.07	1256	1265.4	0.99	0.94	1.05
Tumori totali (140-239)	507	504.6	1.00	0.92	1.10	302	354.2	0.85*	0.76	0.95
Stomaco (151)	34	32.3	1.05	0.73	1.47	24	22.2	1.08	0.69	1.61
Colon retto (153-154, 159,0)	57	57.5	0.99	0.75	1.28	43	47.2	0.91	0.66	1.23
Fegato e dotti biliari (155-156)	41	34.3	1.20	0.86	1.62	27	24.1	1.12	0.74	1.63
Pancreas (157)	19	23.0	0.83	0.50	1.29	21	20.1	1.04	0.65	1.60
Laringe (161)	8	8.9	0.90	0.39	1.78	0	0.9	-	-	-
Trachea, bronchi e polmoni (162)	155	152.0	1.02	0.87	1.19	39	44.2	0.88	0.63	1.21
Pleura (163)	1	2.3	-	-	-	1	1.1	-	-	-
Connettivo e tessuti molli (171)	0	2.1	-	-	-	0	1.8	-	-	-
Mammella (174)						56	61.2	0.92	0.69	1.19
Utero (179-180;182)						11	14.9	0.74	0.37	1.32
Ovaio (183)						12	16.0	0.75	0.39	1.31
Prostata (185)	39	37.2	1.05	0.75	1.43					
Testicolo (186)	0	0.8	-	-	-					
Vescica (188)	27	23.3	1.16	0.76	1.68	3	5.9	-	-	-
Rene (189)	11	13.0	0.85	0.42	1.51	3	5.6	-	-	-
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	15	14.2	1.05	0.59	1.74	6	11.7	0.51	0.19	1.12
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	38	40.3	0.94	0.67	1.29	24	31.9	0.75	0.48	1.12
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	12	13.0	0.93	0.48	1.62	8	9.9	0.81	0.35	1.60
Linfomi Hodgkin (201)	3	1.7	-	-	-	1	1.2	-	-	-
Mieloma (203)	4	7.3	0.55	0.15	1.40	2	6.7	-	-	-
Leucemie (204-208)	19	18.4	1.03	0.62	1.61	13	14.2	0.91	0.49	1.56
Diabete (250)	23	36.4	0.63*	0.40	0.95	42	45.2	0.93	0.67	1.26
Morbo di Parkinson e altre malattie del SNC (330-349)	25	26.7	0.94	0.61	1.38	24	32.3	0.74	0.48	1.10
Malattie cardiovascolari (390-459)	540	522.4	1.03	0.95	1.12	619	557.6	1.11*	1.02	1.20
Malattie ischemiche (410-414)	175	207.0	0.85*	0.72	0.98	123	157.0	0.78*	0.65	0.93
Malattie apparato respiratorio (460-519)	73	79.2	0.92	0.72	1.16	49	59.0	0.83	0.61	1.10
BPCO (490-492, 494, 496)	42	47.5	0.88	0.64	1.19	24	30.7	0.78	0.50	1.17
Malattie apparato digerente (520-579)	69	69.3	1.00	0.77	1.26	48	55.0	0.87	0.64	1.16
Malattie apparato genito urinario (580-629)	23	19.0	1.21	0.77	1.82	15	17.0	0.88	0.49	1.46
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	75	90.0	0.83	0.66	1.04	55	57.7	0.95	0.72	1.24
Maldefinite (780-799)	23	22.1	1.04	0.66	1.56	16	24.7	0.65	0.37	1.05



Dipartimento di Epidemiologia  
del Servizio Sanitario Regionale



Azienda  
Sanitaria  
Locale



Tabella 6. Tasso di mortalità (per 100.000) per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e livello socio-economico (SES) e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano. a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>SES</sub>	IC 95%
Tutte le cause (001-999)	886	943.0	368	1092.5	1.19*	(1.05 - 1.35)	206	1140.0	1.22*	(1.04 - 1.43)
Tumori totali (140-239)	315	309.8	122	343.1	1.25*	(1.01 - 1.56)	70	359.0	1.13	(0.86 - 1.48)
Stomaco (151)	18	18.0	12	28.1	2.29*	(1.05 - 4.98)	4	18.2	1.24	(0.41 - 3.77)
Colon retto (153-154, 159,0)	38	36.4	12	39.1	0.99	(0.50 - 1.92)	7	28.7	0.89	(0.38 - 2.07)
Fegato e dotti biliari (155-156)	22	22.9	14	37.6	1.62	(0.81 - 3.27)	5	18.0	1.14	(0.42 - 3.13)
Trachea, bronchi e polmoni (162)	100	96.9	25	72.6	0.80	(0.51 - 1.25)	30	176.7	1.47	(0.96 - 2.64)
Prostata (185)	23	30.5	10	30.6	1.28	(0.59 - 2.77)	6	39.9	1.41	(0.55 - 3.59)
Vescica (188)	16	20.6	7	19.4	1.55	(0.61 - 3.93)	4	19.1	1.13	(0.36 - 3.55)
Rene (189)	7	5.7	4	9.3	3.11	(0.85 - 11.31)	0	0.0	-	-
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	8	5.9	6	15.8	2.65	(0.84 - 8.40)	1	5.4	-	-
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	27	23.9	9	24.9	1.35	(0.61 - 2.96)	2	8.7	-	-
Morbo di Parkinson e altre malattie del SNC (330-349)	19	22.7	5	15.4	0.73	(0.26 - 1.99)	1	3.0	-	-
Malattie cardiovascolari (390-459)	311	357.3	155	478.9	1.31*	(1.06 - 1.59)	74	432.9	1.30	(0.99 - 1.69)
Malattie ischemiche (410-414)	100	102.5	50	143.0	1.35	(0.95 - 1.92)	25	140.0	1.39	(0.88 - 2.20)
Malattie apparato respiratorio (460-519)	45	56.7	16	49.9	0.96	(0.53 - 1.72)	12	79.3	1.29	(0.66 - 2.52)
BPCO (490-492, 494, 496)	28	36.4	8	25.8	0.79	(0.35 - 1.76)	6	42.7	1.01	(0.40 - 2.56)
Malattie apparato digerente (520-579)	40	46.0	19	57.7	1.33	(0.76 - 2.35)	10	61.1	1.22	(0.59 - 2.51)
Malattie apparato genito urinario (580-629)	17	20.0	3	7.8	-	-	3	15.8	-	-
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	51	47.4	8	18.4	0.53	(0.25 - 1.15)	16	79.2	1.41	(0.78 - 2.57)
Maldefinite (780-799)	14	15.9	4	13.1	0.76	(0.23 - 2.41)	5	24.5	2.16	(0.74 - 6.29)
Mancante	28	21.3	19	53.3	1.92*	(1.03 - 3.55)	4	20.2	0.83	(0.28 - 2.41)

Il tasso di mortalità è standardizzato per età con metodo diretto  
Il RR è aggiustato per età e livello socio-economico (SES)

Tabella 6. Tasso di mortalità (per 100.000) per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e livello socio-economico (SES) e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano. b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>SES</sub>	IC 95%
Tutte le cause (001-999)	842	624.4	273	589.2	0.91	(0.79 - 1.05)	141	518.5	0.80*	(0.67 - 0.97)
Tumori totali (140-239)	209	160.9	58	129.3	0.88	(0.65 - 1.19)	35	138.2	0.92	(0.64 - 1.33)
Stomaco (151)	19	15.3	2	5.0	-	-	3	10.8	-	-
Colon retto (153-154, 159,0)	26	18.5	12	26.6	1.36	(0.67 - 2.75)	5	20.0	1.06	(0.40 - 2.82)
Fegato e dotti biliari (155-156)	20	15.9	5	12.3	0.70	(0.26 - 1.91)	2	8.3	-	-
Trachea, bronchi e polmoni (162)	32	24.6	4	7.3	0.41	(0.14 - 1.20)	3	10.5	-	-
Prostata (185)	39	27.8	7	15.6	0.63	(0.27 - 1.43)	10	36.1	1.29	(0.63 - 2.66)
Vescica (188)	1	0.6	0	0.0	-	-	2	7.2	-	-
Rene (189)	3	2.1	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	4	3.2	1	3.1	-	-	1	6.3	-	-
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	14	11.7	8	17.0	1.82	(0.73 - 4.54)	2	7.5	-	-
Morbo di Parkinson e altre malattie del SNC (330-349)	16	14.2	7	15.3	1.56	(0.62 - 3.90)	1	3.5	-	-
Malattie cardiovascolari (390-459)	406	298.8	139	303.8	0.93	(0.76 - 1.13)	74	263.3	0.84	(0.65 - 1.09)
Malattie ischemiche (410-414)	80	61.6	28	62.3	0.96	(0.62 - 1.49)	15	59.3	0.93	(0.52 - 1.64)
Malattie apparato respiratorio (460-519)	30	20.8	14	24.6	1.33	(0.70 - 2.54)	5	17.3	0.70	(0.26 - 1.86)
BPCO (490-492, 494, 496)	12	8.6	8	13.8	1.89	(0.76 - 4.70)	4	14.1	1.49	(0.46 - 4.85)
Malattie apparato digerente (520-579)	31	23.5	10	22.3	0.93	(0.44 - 1.92)	7	24.9	1.32	(0.56 - 3.07)
Malattie apparato genito urinario (580-629)	12	8.5	3	7.6	-	-	0	0.0	-	-
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	39	26.8	11	23.2	0.80	(0.40 - 1.60)	5	17.6	0.62	(0.24 - 1.63)
Maldefinite (780-799)	14	9.2	1	3.0	-	-	1	5.1	-	-
Mancante	25	19.2	11	23.1	1.24	(0.60 - 2.56)	3	11.2	-	-

Il tasso di mortalità è standardizzato per età con metodo diretto

Il RR è aggiustato per età e livello socio-economico (SES)

Figura 4. Area in studio, centrale nucleare di Borgo Sabotino, coorte dei residenti nel comune di Latina, casi di tumore e fasce di distanza dalla centrale

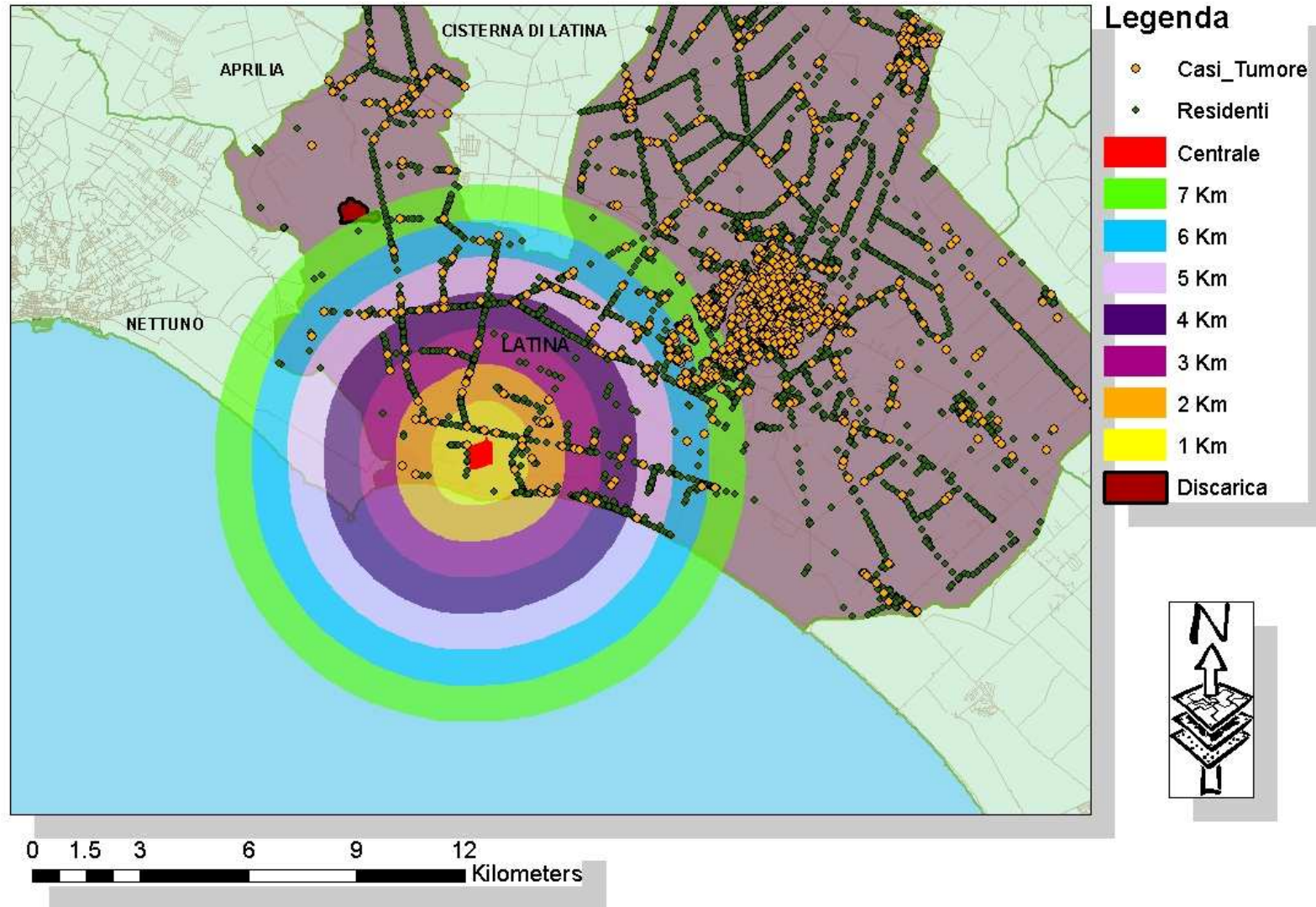


Figura 5. Area in studio, centrale nucleare del Garigliano, coorte dei residenti nei comuni di Castelforte, Minturno e Santi Cosma e Damiano, casi di tumore e fasce di distanza dalla centrale

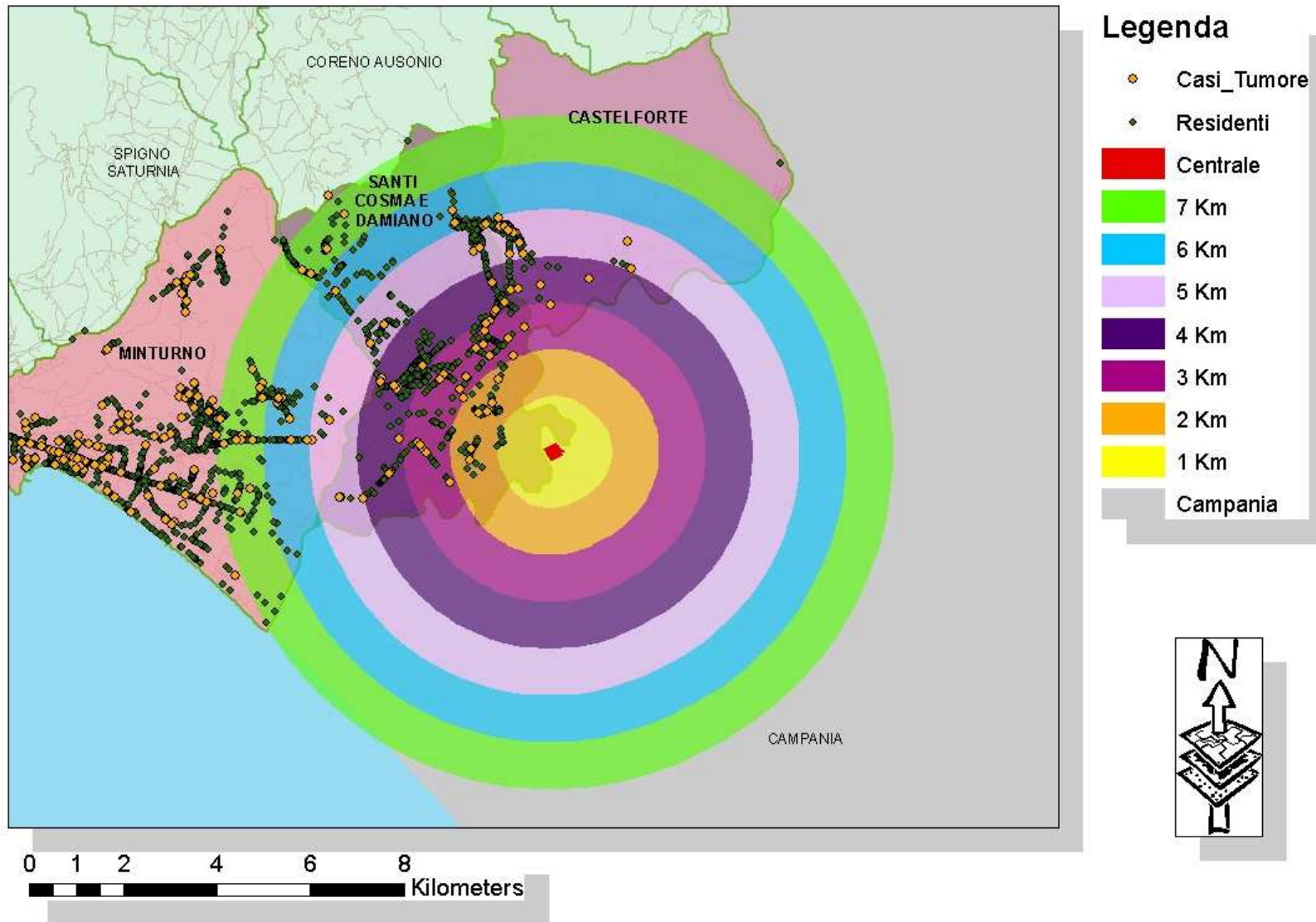


Tabella 7. Incidenza di tumori radiosensibili nella coorte dei residenti entro 7 Km dalle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano. Rapporti standardizzati indiretti di incidenza (SIR) aggiustati per età. Osservati (OSS), attesi (ATT), SIR e Intervalli di Confidenza (IC) al 95%. Riferimento provincia di Latina. Uomini e donne. Periodo 1996 - 2006.

CAUSA (ICD-9-CM)	uomini					donne				
	OSS	ATT	SIR	I.C. 95%		OSS	ATT	SIR	I.C. 95%	
Polmone (162)	139	142.2	0.98	0.82	1.15	38	28.0	1.36	0.96	1.86
Mammella (174)						177	173.6	1.02	0.87	1.18
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	20	18.5	1.08	0.66	1.67	15	13.0	1.15	0.65	1.90
Tiroide (193; 226)	9	10.0	0.90	0.41	1.70	66	43.1	<b>1.53</b>	<b>1.18</b>	<b>1.95</b>
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	19	24.6	0.77	0.46	1.21	22	21.5	1.02	0.64	1.55
Linfomi Hodgkin (201)	6	5.0	1.20	0.44	2.62	5	8.0	0.63	0.20	1.46
Leucemie (204-208)	18	15.8	1.14	0.66	1.80	13	11.9	1.10	0.58	1.87
<b>Totale Tumori Radiosensibili</b>	<b>211</b>	<b>216.1</b>	<b>0.98</b>	<b>0.84</b>	<b>1.11</b>	<b>336</b>	<b>299.08</b>	<b>1.12</b>	<b>1.02</b>	<b>1.23</b>

Tabella 8. Incidenza di tumori radiosensibili nella coorte dei residenti entro 7 Km dalle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano. Tasso di Incidenza per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e SES e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle centrali nucleari. a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Polmone (162)	90	93.6	27	80.7	1.11	(0.70 - 1.71)	22	137.6	1.2	(0.71 - 1.89)
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	12	11.1	5	14.1	1.16	(0.38 - 3.58)	3	15.1	-	-
Tiroide (193; 226)	7	5.5	1	3.1	-	-	1	4.0	-	-
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	12	10.7	5	15.7	1.75	(0.58 - 5.27)	2	9.9	-	-
Linfomi Hodgkin (201)	6	4.4	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-
Leucemie (204-208)	13	11.2	4	11.7	1.12	(0.34 - 3.69)	1	4.0	-	-
Totale Tumori Radiosensibili	140	136.5	42	125.3	0.91	(0.64 - 1.29)	29	170.4	0.94	(0.63 - 1.43)

Tabella 8. Incidenza di tumori radiosensibili nella coorte dei residenti entro 7 Km dalle centrali nucleari di Borgo Sabotino e del Garigliano. Tasso di Incidenza per causa, RR aggiustati per età e SES e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle centrali nucleari. b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Polmone (162)	31	28.9	2	4.5	-	-	5	20.8	0.77	(0.29 - 2.05)
Mammella (174)	123	99.3	28	75.3	0.88	(0.57 - 1.35)	26	115.0	1.11	(0.72 - 1.72)
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	9	7.9	4	10.7	1.31	(0.37 - 4.60)	2	8.9	-	-
Tiroide (193; 226)	45	33.1	10	24.5	0.89	(0.43 - 1.86)	11	47.2	1.43	(0.72 - 2.88)
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	13	11.5	7	21.1	1.78	(0.67 - 4.71)	2	9.9	-	-
Linfomi Hodgkin (201)	3	2.3	2	5.4	-	-	0	0.0	-	-
Leucemie (204-208)	8	7.5	3	7.6	-	-	2	6.6	-	-
Totale Tumori Radiosensibili	232	190.6	56	149.2	0.79	(0.59 - 1.11)	48	208.4	0.98	(0.71 - 1.35)



## Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nelle vicinanze della centrale nucleare di Borgo Sabotino

Tabella 1.1 Selezione della coorte dei residenti nel Comune di Latina dal 1/1/1996 al 31/12/2007

	Latina	
	N	%
Totale Residenti dal 1/1/1996 al 31/12/2007	123,714	100.0
Residenti geocodificati	121,072	97.9
<i>Vivi e residenti al 31/12/2007</i>	101,792	82.3
Movimenti anagrafici nel periodo		
Emigrati	9,607	7.8
Deceduti	9,673	7.8
Deceduti con causa	9,373	96.9
Residenti non geocodificati	2,642	2.1
Viventi	2,471	2.0
Deceduti	171	0.1
Deceduti con causa	162	94.7
<i>Indirizzo mancante</i>	0	0.0
Viventi	0	0.0
Deceduti	0	0.0
<i>Impossibile georeferenziare la strada</i>	2,642	2.1
Viventi	2,471	2.0
Deceduti	171	0.1

Tabella 2.1 Coorte dei residenti per distanza dalla centrale nucleare di Borgo Sabotino e per sesso

Distanza dall'Impianto	COORTE (Latina)					
	Uomini		Donne		Totale	
	N	%	N	%	N	%
Popolazione Totale	56,091	100.0	58,593	100.0	114,684	100.0
Totale 0 - 7 Km	13,606	24.3	13,648	23.3	27,254	23.8
0 - 1 Km	515	0.9	528	0.9	1,043	0.9
tra 1 Km - 2 Km	1,510	2.7	1,419	2.4	2,929	2.6
tra 2 Km - 3 Km	457	0.8	426	0.7	883	0.8
tra 3 Km - 4 Km	993	1.8	965	1.6	1,958	1.7
tra 4 Km - 5 Km	1,295	2.3	1,336	2.3	2,631	2.3
tra 5 Km - 6 Km	3,284	5.9	3,281	5.6	6,565	5.7
tra 6 Km - 7 Km	5,552	9.9	5,693	9.7	11,245	9.8
Oltre 7 Km	42,485	75.7	44,945	76.7	87,430	76.2

Tabella 3.1 Caratteristiche della coorte dei residenti per distanza dalla centrale nucleare di Borgo Sabotino

Residenti		Distanza (Km)					
		4 - 7		2 - 4		0 - 2	
		N	%	N	%	N	%
Totale		20,441	100	2,841	100	3,972	100.0
Sesso	Maschi	10,131	49.6	1,450	51.0	2,025	51.0
	Femmine	10,310	50.4	1,391	49.0	1,947	49.0
Stato	Vivi	18,282	89.4	2,328	81.9	3,294	82.9
	Deceduti	1,086	5.3	226	8.0	277	7.0
	Emigrati	1,073	5.2	287	10.1	401	10.1
Età (anni) all'ingresso	0*	1,845	9.0	204	7.2	292	7.4
	1 - 14	3,306	16.2	362	12.7	579	14.6
	15 - 44	9,839	48.1	1,286	45.3	1,840	46.3
	45 - 64	4,187	20.5	677	23.8	915	23.0
	65+	1,264	6.2	312	11.0	346	8.7
Livello socio- economico	Alto - Medio Alto	12,129	59.3	1,447	50.9	1,406	35.4
	Medio	2,013	9.8	138	4.9	783	19.7
	Basso - Medio Basso	1,042	5.1	515	18.1	1,123	28.3
	m.i.	5,257	25.7	741	26.1	660	16.6

\* Comprende tutti i nuovi nati nel periodo

Tabella 4.1 Tasso di mortalità (per 100.000) per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e livello socio-economico (SES) e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalla centrale nucleare di Borgo Sabotino. a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Tutte le cause (001-999)	569	979.9	135	1138.4	1.30*	(1.07-1.57)	165	1195.8	1.27*	(1.06-1.52)
Tumori totali (140-239)	226	345.7	58	448.9	1.45*	(1.08 - 1.94)	63	425.9	1.23	(0.92 - 1.64)
Stomaco (151)	13	19.4	6	43.0	3.11*	(1.17 - 8.27)	4	23.7	1.93	(0.62 - 5.99)
Colon retto (153-154, 159,0)	28	47.4	3	26.9	-	-	7	37.9	0.94	(0.39 - 2.26)
Fegato e dotti biliari (155-156)	10	15.2	6	50.2	2.75	(0.98 - 7.76)	4	18.4	1.42	(0.41 - 4.90)
Trachea, bronchi e polmoni (162)	75	114.4	9	67.3	0.65	(0.33 - 1.31)	26	205.2	1.54	(0.96 - 2.47)
Prostata (185)	14	33.9	4	38.1	1.50	(0.48 - 4.63)	6	54.8	1.68	(0.61 - 4.61)
Vescica (188)	11	22.0	5	38.1	2.75	(0.93 - 8.10)	4	25.8	1.54	(0.47 - 5.04)
Rene (189)	6	6.6	4	29.0	4.64*	(1.28 - 16.79)	0	0.0	-	-
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	7	7.3	2	16.2	-	-	1	6.8	-	-
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	22	26.5	8	62.5	1.92	(0.84 - 4.41)	1	4.0	-	-
Morbo di Parkinson e altre malattie del SNC (330-349)	11	22.0	1	10.7	-	-	1	4.0	-	-
Malattie cardiovascolari (390-459)	181	363.7	49	454.1	1.41*	(1.02 - 1.94)	49	383.7	1.14	(0.82 - 1.59)
Malattie ischemiche (410-414)	60	102.2	16	143.4	1.46	(0.83 - 2.55)	17	120.8	1.21	(0.69 - 2.13)
Malattie apparato respiratorio (460-519)	23	49.9	8	64.7	1.64	(0.72 - 3.71)	10	94.0	1.65	(0.75 - 3.62)
BPCO (490-492, 494, 496)	13	31.3	5	39.5	1.89	(0.65 - 5.44)	6	61.4	1.58	(0.57 - 4.39)
Malattie apparato digerente (520-579)	25	50.4	6	52.7	1.18	(0.48 - 2.92)	9	74.2	1.36	(0.61 - 3.05)
Malattie apparato genito urinario (580-629)	12	24.6	1	7.9	-	-	2	7.9	-	-
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	37	51.5	3	14.5	-	-	15	98.6	1.63	(0.85 - 3.12)
Maldefinite (780-799)	9	15.5	1	10.4	-	-	4	22.2	2.47	(0.72 - 8.53)
Mancante	19	22.0	4	35.6	1.32	(0.45 - 3.93)	4	28.3	1.21	(0.40 - 3.65)

Tabella 4.1 Tasso di mortalità (per 100.000) per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e livello socio-economico (SES) e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalla centrale nucleare di Borgo Sabotino. b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Tutte le cause (001-999)	517	626.0	91	475.9	0.82	(0.66 - 1.03)	112	538.6	0.79*	(0.64 - 0.98)
Tumori totali (140-239)	148	172.3	22	127.0	0.83	(0.53 - 1.31)	33	164.9	0.98	(0.66 - 1.45)
Stomaco (151)	17	21.0	0	0.0	-	-	3	14.0	-	-
Colon retto (153-154, 159,0)	18	19.7	3	18.0	-	-	5	25.4	1.11	(0.39 - 3.15)
Fegato e dotti biliari (155-156)	12	14.5	1	5.3	-	-	2	11.1	-	-
Trachea, bronchi e polmoni (162)	25	29.5	1	4.7	-	-	3	12.7	-	-
Prostata (185)	28	26.8	4	24.1	0.84	(0.29 - 2.43)	10	45.1	1.62	(0.75 - 3.46)
Vescica (188)	0	0.0	0	0.0	-	-	1	4.7	-	-
Rene (189)	3	3.7	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	3	4.3	0	0.0	-	-	1	7.4	-	-
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	11	13.7	3	19.4	-	-	2	9.5	-	-
Morbo di Parkinson e altre malattie del SNC (330-349)	13	18.2	5	27.0	1.92	(0.66 - 5.56)	0	0.0	-	-
Malattie cardiovascolari (390-459)	237	298.7	36	180.7	0.65*	(0.45 - 0.92)	58	273.0	0.84	(0.62 - 1.13)
Malattie ischemiche (410-414)	48	64.4	7	38.1	0.72	(0.34 - 1.55)	13	65.0	1.00	(0.53 - 1.89)
Malattie apparato respiratorio (460-519)	18	20.5	5	20.6	1.10	(0.40 - 2.98)	5	22.5	0.96	(0.34 - 2.66)
BPCO (490-492, 494, 496)	7	6.5	4	17.2	2.26	(0.65 - 7.87)	4	18.3	2.42	(0.70 - 8.37)
Malattie apparato digerente (520-579)	20	24.6	4	26.1	0.98	(0.33 - 2.92)	4	18.1	0.94	(0.32 - 2.78)
Malattie apparato genito urinario (580-629)	12	14.8	2	10.5	-	-	0	0.0	-	-
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	22	22.6	5	25.3	1.34	(0.50 - 3.61)	3	15.8	-	-
Maldefinite (780-799)	6	6.7	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-
Mancante	16	17.4	4	16.7	0.86	(0.25 - 2.99)	2	10.6	-	-

Tabella 5.1 Incidenza di tumori radiosensibili nella coorte dei residenti entro 7 Km dalla centrale nucleare di Borgo Sabotino. Tasso di Incidenza per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e SES e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle centrali nucleari. a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Polmone (162)	72	112.2	14	119.5	1.49	(0.64 - 2.05)	18	156.4	1.14	(0.66 - 1.96)
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	9	10.8	1	8.1	-	-	2	12.2	-	-
Tiroide (193; 226)	4	4.7	0	0.0	-	-	1	5.0	-	-
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	12	15.6	2	22.2	-	-	1	5.2	-	-
Linfomi Hodgkin (201)	6	5.6	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-
Leucemie (204-208)	10	11.9	2	20.4	-	-	1	5.0	-	-
Totale Tumori Radiosensibili	113	160.7	19	157.5	0.98	(0.59 - 1.58)	23	152.7	0.95	(0.59 - 1.52)

Tabella 5.1 Incidenza di tumori radiosensibili nella coorte dei residenti entro 7 Km dalla centrale nucleare di Borgo Sabotino. Tasso di Incidenza per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e SES e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle centrali nucleari. b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Polmone (162)	23	33.4	1	6.2	-	-	5	25.6	1.02	(0.37 - 2.78)
Mammella (174)	102	109.3	11	76.0	0.72	(0.38 - 1.35)	23	130.1	1.09	(0.67 - 1.75)
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	6	7.7	1	6.2	-	-	2	10.5	-	-
Tiroide (193; 226)	37	34.5	4	25.9	0.84	(0.30 - 2.38)	10	54.2	1.59	(0.76 - 3.30)
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	9	11.9	3	21.1	-	-	2	12.5	-	-
Linfomi Hodgkin (201)	2	2.1	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-
Leucemie (204-208)	6	8.3	1	9.7	-	-	1	3.7	-	-
Totale Tumori Radiosensibili	185	207.1	21	157.4	0.76	(0.48 - 1.21)	43	244.4	1.18	(0.83 - 1.67)

## APPENDICE 1

## Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nelle vicinanze della centrale nucleare del Garigliano

Tabella 1.2 Selezione della coorte dei residenti nei Comuni di Castelforte e Santi Cosma e Damiano dal 1/1/1996 al 31/12/2007

	Totale		Castelforte		Santi Cosma e Damiano	
	N	%	N	%	N	%
Totale Residenti dal 1/1/1996 al 31/12/2007	15,018	100.0	6,234	100.0	8,784	100.0
Residenti geocodificati	13,582	90.4	5,235	84.0	8,347	95.0
<i>Vivi e residenti al 31/12/2007</i>	10,410	69.3	3,804	61.0	6,606	75.2
Movimenti anagrafici nel periodo						
Emigrati	1,998	13.3	970	15.6	1,028	11.7
Deceduti	1,174	7.8	461	7.4	713	8.1
Deceduti con causa	1,130	(95,0)	450	(97,8)	680	(92,5)
Residenti non geocodificati	1,436	9.6	999	16.0	437	5.0
Viventi	1,251	8.3	872	14.0	379	4.3
Deceduti	185	1.2	127	2.0	58	0.7
Deceduti con causa	168	(90.8)	118	(92.9)	50	(86.2)
<i>Indirizzo mancante</i>	73	0.5	21	0.3	52	0.6
Viventi	8	0.1	3	0.0	5	0.1
Deceduti	65	0.4	18	0.3	47	0.5
<i>Impossibile georeferenziare la strada</i>	1,363	9.1	978	15.7	385	4.4
Viventi	1,243	8.3	869	13.9	374	4.3
Deceduti	120	0.8	109	1.7	11	0.1



Tabella 2.2 Coorte dei residenti per distanza dalla centrale nucleare del Garigliano e per sesso

Distanza dall'Impianto	COORTE (Castelforte e Santi Cosma e Damiano)					
	Uomini		Donne		Totale	
	N	%	N	%	N	%
Popolazione Totale	6,873	100.0	7,115	100.0	13,988	100.0
Totale 0 - 7 Km	6,141	89.3	6,380	89.7	12,521	89.5
0 - 1 Km	24	0.3	25	0.4	49	0.4
tra 1 Km - 2 Km	387	5.6	430	6.0	817	5.8
tra 2 Km - 3 Km	956	13.9	994	14.0	1,950	13.9
tra 3 Km - 4 Km	1,563	22.7	1,585	22.3	3,148	22.5
tra 4 Km - 5 Km	2,767	40.3	2,883	40.5	5,650	40.4
tra 5 Km - 6 Km	303	4.4	303	4.3	606	4.3
tra 6 Km - 7 Km	141	2.1	160	2.2	301	2.2
Oltre 7 Km	732	10.7	735	10.3	1,467	10.5

Tabella 3.2 Caratteristiche della coorte dei residenti per distanza dalla centrale nucleare del Garigliano

Residenti	Distanza (Km)						
	4 - 7		2 - 4		0 - 2		
	N	%	N	%	N	%	
Totale	6,557	100	5,098	100	866	100.0	
Sesso	Maschi	3,211	49.0	2,519	49.4	411	47.5
	Femmine	3,346	51.0	2,579	50.6	455	52.5
Stato	Vivi	4,845	73.9	3,956	77.6	724	83.6
	Deceduti	643	9.8	415	8.1	70	8.1
	Emigrati	1,069	16.3	727	14.3	72	8.3
Età (anni) all'ingresso	0*	394	6.0	357	7.0	59	6.8
	1 - 14	942	14.4	851	16.7	145	16.7
	15 - 44	2,789	42.5	2,264	44.4	364	42.0
	45 - 64	1,401	21.4	1,069	21.0	174	20.1
	65+	1,031	15.7	557	10.9	124	14.3
Livello socio- economico	Alto - Medio Alto	2,964	45.2	2,240	43.9	216	24.9
	Medio	1,289	19.7	1,597	31.3	0	0.0
	Basso - Medio Basso	2,051	31.3	908	17.8	614	70.9
	m.i.	253	3.9	353	6.9	36	4.2

\* Comprende tutti i nuovi nati nel periodo

Tabella 4.2 Tasso di mortalità (per 100.000) per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e livello socio-economico (SES) e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalla centrale nucleare del Garigliano. a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Tutte le cause (001-999)	317	941.4	233	1067.7	1.11	(0.93 - 1.31)	41	928.6	1.02	(0.73 - 1.43)
Tumori totali (140-239)	89	260.3	64	282.4	1.03	(0.75 - 1.43)	7	162.6	0.61	(0.28 - 1.34)
Stomaco (151)	5	13.8	6	18.0	1.65	(0.49 - 5.48)	0	0.0	-	-
Colon retto (153-154, 159,0)	10	22.6	9	46.9	1.31	(0.52 - 3.26)	0	0.0	-	-
Fegato e dotti biliari (155-156)	12	34.9	8	30.6	0.94	(0.38 - 2.33)	1	13.1	-	-
Trachea, bronchi e polmoni (162)	25	71.4	16	76.0	0.90	(0.48 - 1.70)	4	105.4	0.98	(0.33 - 2.92)
Prostata (185)	9	27.6	6	28.6	1.08	(0.38 - 3.06)	0	0.0	-	-
Vescica (188)	5	18.9	2	7.6	-	-	0	0.0	-	-
Rene (189)	1	2.6	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	1	3.2	4	15.1	6.02	(0.67 - 53.97)	0	0.0	-	-
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	5	14.8	1	4.2	-	-	1	19.7	-	-
Morbo di Parkinson e altre malattie del SNC (330-349)	8	25.0	4	16.9	0.81	(0.24 - 2.76)	0	0.0	-	-
Malattie cardiovascolari (390-459)	130	384.5	106	499.9	1.27	(0.98 - 1.64)	25	556.6	1.62*	(1.03 - 2.54)
Malattie ischemiche (410-414)	40	114.3	34	146.1	1.26	(0.80 - 2.01)	8	186.8	1.64	(0.74 - 3.65)
Malattie apparato respiratorio (460-519)	22	65.6	8	40.0	0.57	(0.25 - 1.28)	2	43.7	-	-
BPCO (490-492, 494, 496)	15	44.1	3	17.2	0.31	(0.09 - 1.10)	0	0.0	-	-
Malattie apparato digerente (520-579)	15	45.3	13	59.9	1.32	(0.62 - 2.79)	1	28.7	-	-
Malattie apparato genito urinario (580-629)	5	13.7	2	6.6	-	-	1	34.3	-	-
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	14	47.8	5	19.5	0.48	(0.17 - 1.34)	1	22.8	-	-
Maldefinite (780-799)	5	14.4	3	14.6	2.15	(0.21 - 22.13)	1	15.2	-	-
Mancante	9	27.0	15	61.9	2.43*	(1.05 - 5.62)	0	0.0	-	-

Tabella 4.2 Tasso di mortalità (per 100.000) per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e livello socio-economico (SES) e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalla centrale nucleare del Garigliano. b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Tutte le cause (001-999)	325	624.7	182	670.8	1.02	(0.85 - 1.23)	29	446.0	0.71	(0.48 - 1.05)
Tumori totali (140-239)	61	139.0	36	129.6	0.97	(0.64 - 1.47)	2	28.8	-	-
Stomaco (151)	2	4.2	2	8.3	-	-	0	0.0	-	-
Colon retto (153-154, 159,0)	8	15.3	9	32.6	2.03	(0.78 - 5.30)	0	0.0	-	-
Fegato e dotti biliari (155-156)	8	19.0	4	16.4	0.87	(0.26 - 2.94)	0	0.0	-	-
Trachea, bronchi e polmoni (162)	7	16.5	3	9.3	0.68	(0.17 - 2.67)	0	0.0	-	-
Prostata (185)	11	24.4	3	10.6	0.41	(0.11 - 1.51)	0	0.0	-	-
Vescica (188)	1	1.3	0	0.0	-	-	1	13.0	-	-
Rene (189)	0	0.0	0	0.0	-	-	0	0.0	-	-
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	1	2.8	1	5.1	-	-	0	0.0	-	-
Tessuto linfatico ed ematopoietico (200-208)	3	6.9	5	15.0	2.29	(0.53 - 9.87)	0	0.0	-	-
Morbo di Parkinson e altre malattie del SNC (330-349)	3	7.0	2	7.5	-	-	1	13.6	-	-
Malattie cardiovascolari (390-459)	169	292.9	102	390.0	1.14	(0.89 - 1.46)	16	261.0	0.68	(0.40 - 1.49)
Malattie ischemiche (410-414)	32	57.2	20	75.2	1.19	(0.68 - 2.09)	2	46.4	-	-
Malattie apparato respiratorio (460-519)	12	23.4	9	27.7	1.55	(0.55 - 3.17)	0	0.0	-	-
BPCO (490-492, 494, 496)	5	11.3	4	11.1	1.45	(0.38 - 5.49)	0	0.0	-	-
Malattie apparato digerente (520-579)	11	24.1	6	20.9	0.90	(0.33 - 2.46)	3	53.4	3.05	(0.75 - 12.43)
Malattie apparato genito urinario (580-629)	0	0.0	1	4.5	-	-	0	0.0	-	-
Traumatismi e avvelenamenti (800-999)	17	33.3	6	22.3	0.60	(0.24 - 1.54)	2	20.1	-	-
Maldefinite (780-799)	8	12.8	1	4.5	-	-	1	21.5	-	-
Mancante	9	21.9	8	29.4	1.69	(0.65 - 4.40)	1	8.1	-	-

Tabella 5.2 Incidenza di tumori radiosensibili nella coorte dei residenti entro 7 Km dalla centrale nucleare del Garigliano. Tasso di Incidenza per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e SES e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle centrali nucleari. a) Uomini

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Polmone (162)	18	20.6	13	59.8	1.08	(0.53 - 2.23)	4	111.3	1.39	(0.45 - 4.32)
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	3	11.5	4	17.8	1.80	(0.39 - 8.26)	1	24.7	-	-
Tiroide (193; 226)	3	11.0	1	4.4	-	-	0	-	-	-
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	0	-	3	11.0	-	-	1	24.7	-	-
Linfomi Hodgkin (201)	0	-	0	-	-	-	0	-	-	-
Leucemie (204-208)	3	7.4	2	8.1	0.83	(0.15 - 5.13)	0	-	-	-
Totale Tumori Radiosensibili	27	91.6	23	101.4	1.22	(0.70 - 2.15)	6	160.7	1.55	(0.61 - 3.90)

Tabella 5.2 Incidenza di tumori radiosensibili nella coorte dei residenti entro 7 Km dalla centrale nucleare del Garigliano. Tasso di Incidenza per causa, Rischi Relativi (RR) aggiustati per età e SES e i relativi intervalli di confidenza (IC) al 95% per le diverse fasce di distanza dalle centrali nucleari. b) Donne

CAUSA (ICD-9-CM)	Distanza (Km)									
	4 - 7		2 - 4				0 - 2			
	n	Tasso	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%	n	Tasso	RR <sub>+SES</sub>	IC 95%
Polmone (162)	8	20.6	1	2.9	-	-	0	-	-	-
Mammella (174)	21	64.4	17	74.6	1.10	(0.57 - 2.11)	3	49.9	1.16	(0.33 - 4.06)
Encefalo ed altri tumori del SNC (191-192; 225)	3	9.8	3	12.6	1.44	(0.28 - 7.33)	0	-	-	-
Tiroide (193; 226)	8	28.2	6	25.7	0.93	(0.31 - 2.77)	1	14.7	-	-
Linfomi non-Hodgkin (200-202)	4	13.4	4	21.5	1.37	(0.33 - 5.63)	0	-	-	-
Linfomi Hodgkin (201)	1	2.6	2	5.6	3.13	(0.28 - 35.04)	0	-	-	-
Leucemie (204-208)	2	4.8	2	6.6	1.80	(0.25 - 12.81)	1	10.3	-	-
Totale Tumori Radiosensibili	47	143.85	35	152.8	1.07	(0.68 - 1.66)	5	74.8	0.68	(0.27 - 1.76)

## APPENDICE 2

### **Database anagrafici: controlli**

1. Verificare che siano presenti tutti i campi richiesti;
  
2. Controllare la completezza dei seguenti campi:
  - Codice Identificativo dell'individuo (Numero univoco, in sua assenza si può considerare il Codice Fiscale, ma solo se è presente per tutti i record);
  - Nucleo familiare di appartenenza;
  - Status (Residente, Cancellato);
  - Motivo della Cancellazione (Morte, Emigrazione);
  - Cognome;
  - Nome;
  - Codice Fiscale (se manca per alcuni record si può calcolare, ma devono essere presenti i seguenti campi: Cognome, Nome, Data di Nascita, sesso e Comune di Nascita);
  - Sesso;
  - Data di Nascita;
  - Comune di Nascita;
  - Data di Immigrazione;
  - Data di Emigrazione;
  - Data di Decesso;
  - Data di Iscrizione (Non è necessaria se è presente la data di immigrazione e quella di nascita. Deve essere uguale a quella di nascita per gli individui nati nel Comune, mentre sarà diversa per gli immigrati, e se possibile accompagnata da una variabile che riporti il motivo dell'iscrizione);
  - Data di Cancellazione (Non è necessaria se sono presenti la data di emigrazione e quella di morte. Ma nel caso in cui non sia riportata solo la data di cancellazione bisogna poter distinguere tra un emigrato e un deceduto attraverso una variabile di "status");
  - Comune di Provenienza (il campo sarà pieno solo nel caso in cui l'individuo sia immigrato nel Comune);
  - Comune di Emigrazione (il campo sarà pieno solo nel caso in cui l'individuo sia emigrato nel Comune);

- Codice Indirizzo (Codice che identifica una via);
- Tipo Indirizzo (Per esempio, Via, Piazza, Vicolo ecc.);
- Nome Indirizzo (Nome della strada);
- Numero Civico;
- Cap;
- Scala;
- Interno;
- Piano.

### 3. Controllo qualità dei dati;

- Determinare quanti record non hanno le informazioni richieste e assicurarsi che l'estrazione sia stata effettuata correttamente, contattando l'anagrafe comunale ;
- Confrontare il numero dei record con la popolazione attesa da fonte ISTAT;
- Confrontare il numero dei decessi dal 1996 al 2007 con il dato del ReNCaM (totale e per singolo anno);
- Verificare che il numero di emigranti in un anno sia simile al dato ISTAT;
- Osservare la distribuzione di frequenza dei deceduti e degli emigranti per anno secondo la fonte anagrafica e assicurarsi che vi sia regolarità nell'adattamento;
- Osservare la distribuzione di frequenza dell'anno di iscrizione per verificare che abbia un andamento crescente;

### 4. Fase di lavorazione del file:

- Pulizia dei campi non necessari;
- Eliminazione dei nati e degli iscritti dopo il 2007 e dei deceduti e degli emigrati prima del 1996;
- Calcolo del codice fiscale per i record in cui è assente;
- Verificare la presenza di doppi o secondo il Codice Individuo o secondo il Codice Fiscale;
- Qualora non sia esplicito nel file anagrafico è necessario stabilire se un individuo è immigrato o è nato nel Comune (se l'individuo viene iscritto nel comune entro 14 giorni dalla data di nascita allora non è considerato immigrato);
- Creazione delle variabili Tipo Via, Nome Via, Civico, Namefull (es. Via Palmiro Togliatti), Indirizzo (es. Via Palmiro Togliatti 123), Città, Cap, e Stato (=ITA) necessarie per la geocodifica.



## APPENDICE 3

### GUIDA ALLA LETTURA DELLE TABELLE

Per una migliore interpretazione dei risultati ottenuti, si precisa che se la mortalità dell'area in studio per una data causa non differisce da quella di confronto (cioè gli eventi osservati sono pari agli eventi attesi), il corrispondente SMR sarà pari a 1.0; valori di SMR sopra 1.0 indicano un aumento della mortalità rispetto all'atteso, mentre valori sotto 1.0 indicano un decremento. I limiti di confidenza indicano gli estremi inferiore e superiore dell'intervallo di valori all'interno del quale è probabile che ricada il valore vero dell'SMR (la probabilità è stabilita a priori, in questo caso è il 95%). L'ampiezza dell'intervallo dà una misura della precisione statistica della stima (tanto più è ampio l'intervallo, tanto più la stima è imprecisa) ed è influenzato dalle dimensioni della popolazione in studio e dalla rarità della malattia (tanto più piccolo è il numero di eventi, tanto più imprecisa è la stima dell'SMR e dunque tanto più ampio è l'intervallo di confidenza). L'intervallo di confidenza fornisce l'informazione sulla probabilità che l'associazione osservata sia statisticamente significativa: se entrambi gli estremi dell'intervallo sono al di sopra o al di sotto del valore nullo (in questo caso  $SMR=1.0$ ), significa che con una probabilità del 95% l'SMR indica un eccesso (o un difetto) di mortalità.

## Bibliografia:

1. David Schottenfeld Joseph F. Fraumeni, Jr. *Cancer Epidemiology and Prevention* (2<sup>nd</sup> edition) Oxford University Press, 1996
2. Cook-Mozaffari P, Darby S, Doll R. Cancer near potential sites of nuclear installations. *Lancet*. 1989 Nov 11;2(8672):1145-7
3. Cook-Mozaffari PJ, Darby SC, Doll R, Forman D, Hermon C, Pike MC, Vincent T. Geographical variation in mortality from leukaemia and other cancers in England and Wales in relation to proximity to nuclear installations, 1969-78. *Br J Cancer*. 1989 Mar;59(3):476-85
4. Forman D, Cook-Mozaffari P, Darby S, Davey G, Stratton I, Doll R, Pike M. Cancer near nuclear installations. *Nature*. 1987 Oct 8-14;329(6139):499-505
5. Jablon S, Hrubec Z, Boice JD Jr Cancer in populations living near nuclear facilities. A survey of mortality nationwide and incidence in two states. *JAMA*. 1991 Mar 20;265(11):1403-8.
6. Forman D, Cook-Mazaffari P, Dardy S et al. *Cancer near nuclear installations*. *Nature* 329(6139): 499-505, 1987
7. Lopez-Abente G, Aragonés N, Pollán M, Ruiz M, Gandarillas A. *Leukemia, lymphomas, and myeloma mortality in the vicinity of nuclear power plants and nuclear fuel facilities in Spain*. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 8(10): 925-934, 1999
8. McLaughlin JR, Clarke EA, Nishri ED, Anderson TW. *Childhood leukaemia in the vicinity of Canadian nuclear facilities*. *Cancer Causes Control* 4(1): 51-58, 1993
9. Meinert R, Kaletsch U, Kaatsch P, Schuz J, Michaelis J. *Associations between childhood cancer and ionizing radiation: results of a population-based case-control study in Germany*. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 8(9): 793-799, 1999
10. Yoshimoto Y, Yoshinaga S, Yamamoto K, Fijimoto K, Nishizawa K, Sasaki Y. *Research on potential radiation risks in areas with nuclear power plants in Japan: leukaemia and malignant lymphoma mortality between 1972 and 1997 in 100 selected municipalities*. *J Radiol Prot* 24(4): 343-368, 2004
11. Jablon S, Hrubec Z, Boice JD Jr. *Cancer in populations living near nuclear facilities. A survey of mortality nationwide and incidence in two states*. *JAMA* 265(11): 1403-1408, 1991
12. Boice JD Jr, Mumma MT, Blot WJ, Heath CW Jr. Childhood cancer mortality in relation to the St Lucie nuclear power station. *J Radiol Prot*. 2005 Sep;25(3):229-40. Epub 2005 Sep 6
13. Boice JD Jr, Bigbee WL, Mumma MT, Tarone RE, Blot WJ. County mortality and cancer incidence in relation to living near two former nuclear materials processing facilities in Pennsylvania-an update. *Health Phys*. 2009 Feb;96(2):128-37
14. Kaatsch P, Spix C, Schulze-Rath R, Scmiedel S, Blettner M, *Leukaemia in young children living in the vicinity of German nuclear power plants*. *Int J Cancer* 122(4):721-726, 2008
15. Michaelis J, Keller B, Haaf G, Kaatsch P. Incidence of childhood malignancies in the vicinity of west German nuclear power plants. *Cancer Causes Control*. 1992 May;3(3):255-63
16. Bithell JF, Dutton SJ, Draper GJ, Neary NM. Distribution of childhood leukaemias and non-Hodgkin's lymphomas near nuclear installations in England and Wales. *BMJ*. 1994 Aug 20-27;309(6953):501-5
17. Black D. *Investigation of the possibly increased incidence of cancer in West Cumbria*. Report of the Independent Advisory Group. HMSO, London 1984
18. Gardner MJ, Snee MP, Hall AJ, Powell CA, Downes S, Terrell JD. Results of case-control study of leukaemia and lymphoma among young people near Sellafield nuclear plant in West Cumbria. *BMJ*. 1990 Feb 17;300(6722):423-9
19. Spix C, Scmiedel S, Kaatsch P, Schulze-Rath R, Blettner M, *Case-control study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany 1980-2003*. *Eur J Cancer* 44(2):275-284, 2008
20. Kaatsch P, Spix C, Schulze-Rath R, Scmiedel S, Blettner M, *Leukaemia in young children living in the vicinity of German nuclear power plants*. *Int J Cancer* 122(4):721-726, 2008

21. Silva-Mato A, Viana D, Fernández-SanMartín MI, Cobos J, Viana M. Cancer risk around the nuclear power plants of Trillo and Zorita (Spain). *Occup Environ Med.* 2003 Jul;60(7):521-7
22. Heinavaara S, Toikkanen S, Pasanen K, Verkasalo P K, Kurttio P, Auvinen A, *Cancer incidence in the vicinity of Finnish nuclear power plants: an emphasis on childhood leukemia.* *Cancer Causes Control* 21:587-595, 2010
23. Cesaroni G, Agabiti N, Rosati R, Forastiere F, Perucci CA. An index of socioeconomic position based on 2001 Census, Rome. *Epidemiol Prev.* 2006 Nov-Dec;30(6):352-7
24. S Busco, F Pannoizzo, I Sperduti, P Giorgi Rossi, P Pezzotti, C Buzzoni, L Macci, S Curatella, E Bernazza. *Valutazione delle dimensioni e delle prestazioni di diagnostica ambulatoriale nelle neoplasie della tiroide in provincia di Latina.* Sabaudia (LT) 21-23 Aprile 2010 XV riunione AIRTUM