

Università di Torino



Master di II livello in Epidemiologia

**STUDIO DELLA MORTALITA' DEI LAVORATORI DEL  
PETROLCHIMICO DI GELA: UNO STUDIO DI COORTE  
OCCUPAZIONALE IN UN SITO INQUINATO**

ROBERTO PASETTO

RELATORI:

PIETRO COMBA

DARIO CONSONNI

ANNO ACCADEMICO 2005-2006

*Ai cittadini di Gela*

*Agli uomini di buona volontà di quella terra,  
perché si impegnino per il cambiamento  
considerando le evidenze relative alla realtà in  
cui vivono a partire dalle proprie  
responsabilità, individuali e collettive*

## **Ringraziamenti**

*Anzitutto un grazie caloroso agli amici **Roberta e Pietro** per il loro sostegno in tante forme e modi, senza di loro il percorso del master non sarebbe neanche iniziato. Ringrazio **Dario** per la pazienza e la disponibilità nel supporto tecnico e per i consigli lasciando la libertà di scegliere strade diverse da quelle suggerite. Ringrazio **Benedetto**, che considero il mio tutor “honoris causa”, per avermi dato la possibilità di esprimere per scritto la mia emotività oltre che la razionalità, per le sue “pallottole” senza fine cui ho cercato di rispondere...un riferimento costante. Ringrazio la guida del mio sopralluogo a Gela: visitare i luoghi e conoscere le persone che lì vivono è spesso più illuminante che la lettura di tanti documenti. Ringrazio tutti **i compagni di avventura** per la condivisione delle fatiche e dei traguardi...delle camminate...e delle cene! Tra ognuno di noi il rapporto è tanto più profondo, quanto più abbiamo avuto scambi, sulla statistica, sui modelli di studio, sul modo di vedere e vivere la nostra professione, sulle difficoltà del precariato, sulla vita personale.*

*Ringrazio mia moglie **Angela**, per aver seguito i lavori della casa che ci avrebbe accolto e per aver fatto anche la mia parte nella preparazione del matrimonio e nella gestione familiare durante le “settimane torinesi”. Ringrazio tutti **i colleghi del Reparto EpAm** in particolare **Cinzia, Carlo ed Anna** per il sostegno e l’amicizia. Ringrazio **papà Giovanni** per i passaggi in macchina alle partenze e **mamma Antonietta** per i pranzi al rientro.*

*Ringrazio i coordinatori **Annibale, Franco e Rodolfo** per averci dato un quadro completo degli strumenti e metodi dell’epidemiologia, facendoci conoscere la multiforme realtà italiana ed in parte quella internazionale.*

*Ringrazio **Maria** per l’organizzazione delle cene **lontano** da villa Gualino e tutti i componenti della segreteria ISI per il loro supporto.*

*Ringrazio l’**AIE** per aver creato questa opportunità di formazione.*

## INDICE

1. Il contesto di Gela: evoluzione storica della città e della presenza industriale del petrolchimico nel territorio.....	1
2. Origini ed evoluzioni dello studio di coorte.....	3
3. Gela area ad alto rischio di crisi ambientale e sito di interesse nazionale per la bonifica dei suoli.....	4
4. Gli altri studi epidemiologici nell'area.....	7
4.1 Studi descrittivi sulla mortalità e i ricoveri ospedalieri.....	7
4.2 Studio caso-controllo geografico.....	8
4.3 Studi sulle malformazioni congenite.....	8
5. Indagine epidemiologica ed approfondimenti medico-legali.....	10
6. Caratteristiche della coorte: disegno dello studio, raccolta dei dati, scelte nell'analisi.....	11
6.1 Inquadramento generale.....	11
6.2 Caratteristiche dello studio.....	12
7. Ulteriori analisi.....	15
7.1 Descrizione della coorte per età alla fine del follow-up e latenza intesa come periodo intercorso tra l'inizio del lavoro e la fine del follow-up.....	15
7.2 Descrizione della coorte per luogo di nascita per indagare il fenomeno dell'immigrazione lavorativa.....	16
7.3 Analisi per gruppi, solo operai rispetto ai solo impiegati, per tutte le cause, tutti i tumori, i tumori polmonari, le malattie respiratorie non tumorali.....	17
7.4 Analisi dei tumori al polmone per residenzialità indagata con il proxy del "possibile" pendolarismo al fine di valutare la componente ambientale al rischio.....	18

<b>8. La dimensione della comunicazione.....</b>	<b>21</b>
<b>9. Considerazioni conclusive.....</b>	<b>24</b>
<i>9.1 Principali risultati dello studio, limiti e prospettive.....</i>	<i>24</i>
<i>9.2 Lettura dei risultati dello studio di coorte secondo una prospettiva di     caratterizzazione epidemiologica di un sito inquinato.....</i>	<i>25</i>
<i>9.3 Studi di coorte nei siti inquinati: nuove esigenze, nuovi riferimenti.....</i>	<i>26</i>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>29</b>

**ALLEGATO 1. MORTALITA' NEI LAVORATORI DELLA COORTE DEL  
PETROLCHIMICO DI GELA 1960-2002**

**ALLEGATO 2. GELA: APPUNTI DI VIAGGIO**

## **1. Il contesto di Gela: evoluzione storica della città e della presenza industriale del petrolchimico nel territorio**

Gela è una città della Sicilia sud-orientale di 70.583 residenti (M 34.142, F 36.441) al 2001 (Istat, 2001), si trova nella provincia di Caltanissetta e si affaccia sul mare Mediterraneo. Per numero di abitanti è la quinta città della Sicilia dopo Palermo, Catania, Messina e Siracusa.

Secondo Tucidide la fondazione di Gela seguì di quarantacinque anni quella di Siracusa e, quindi, può essere fissata nel 688 a.C. Chiamata inizialmente Lindioi dai fondatori coloni rodio-cretesi, fu successivamente denominata Gela dal nome del vicino fiume, che la marginava ad Est.

La città si estese sulla sommità di una stretta collina, alta una quarantina di mt. S.l.m., di forma oblunga, che costeggia il mare per circa quattro chilometri. Nel 580 Gela fondò Agrigento, dalla quale venne poi superata per importanza. Nel periodo della tirannia di Cleandro, dal 505 al 498 a.C., e di quella di Ippocrate, dal 498 al 491 a.C., Gela divenne una delle città più importanti della Sicilia, tanto da essere nominata città-stato. Nel 405 a.C. fu conquistata e distrutta dai Cartaginesi. Ricolonizzata successivamente, venne di nuovo distrutta tra il 285 e il 282 a.C. Ritornò ad essere abitata con il nome di Terranova nel 1233 e riprese il nome originario di Gela nel 1927 (Panvini, guida turistica).

“La città custodisce un notevole patrimonio culturale, archeologico e architettonico spesso sconosciuto dagli stessi abitanti: l’acropoli greca, le mura militari greche di capo Soprano, la Torre e la necropoli di Manfria, i bagni greci e numerose chiese.

Fino agli anni ‘50, Gela viveva di una prosperosa agricoltura, il mare era ancora trasparente e oltre ad essere meta estiva di un turismo locale, era anche molto generoso con i pescatori che continuavano la tradizione dei padri. Un grosso centro rurale e marittimo, dedito alla produzione di cotone e vino e all’esportazione di zolfo proveniente dall’hinterland. Tra le sue meraviglie contava il faggeto di Bufala, le masserie di Montelungo, il tempio di Bitalemi, l’immenso e inestimabile patrimonio storico, le bellissime spiagge e il lago Biviere oggi riserva naturalistica” (Legambiente, 2005).

A questa descrizione, quasi idilliaca, si contrappone, almeno in parte quella del contesto sociale, come emerge da un’analisi sociologica risalente alla metà degli anni ‘60 (Hyttén e Marchioni, 1970). Riferendosi agli anni immediatamente successivi all’apertura del petrolchimico, gli autori, Hyttén e Marchioni, scrivevano: “La sua vita –quella della città di Gela- è condizionata da una parte dalla situazione di sottosviluppo dell’agricoltura tradizionale e, dall’altra, dalla presenza di un colossale stabilimento petrolchimico...Pur affacciandosi al mare, pur essendone bagnata in tutta la sua estensione, si potrebbe affermare che Gela vive di spalle al mare. Il mare, che

in genere condiziona la vita di una comunità che vi sia costruita sulla costa, non sembra rappresentare un elemento importante nella vita della città...Immediatamente al lato della nuova zona di espansione –urbana legata ai nuovi flussi migratori e alla costruzione del Villaggio dei lavoratori del petrolchimico- vive ancora il suo dramma l’agricoltura gelese. Nude e disabitate, i muri cadenti, le case della riforma attestano il perpetuarsi di condizioni estremamente povere di una gran parte della popolazione”.

Comune alle fonti documentali è la segnalazione che la cittadina di Gela e quanto presente nei suoi dintorni, ha subito una trasformazione o, meglio sarebbe dire, una rivoluzione, nel giro di pochi anni a seguire il 1956, anno in cui giacimenti petroliferi vennero individuati nel sottosuolo dell’area intorno alla città. Nel 1960 sorse accanto al centro abitato il “più grande petrolchimico d’Europa”, come fu proclamato alla sua apertura dal suo promotore Enrico Mattei, allora presidente dell’Ente Nazionale Idrocarburi.

Come narra Salvatore Parlagreco in una sua introduzione al testo “Industrializzazione senza sviluppo: Gela una storia meridionale”, l’anno 1961 rappresentò per la città di Gela, così come per il suo territorio e soprattutto i suoi cittadini, uno spartiacque tra passato e presente, tra un’era ad economia prevalentemente agricola ed una industriale (Parlagreco, 1991). Nel giro di pochi anni Gela vide aumentare la sua popolazione di più del 50%.

## **2. Origini ed evoluzioni dello studio di coorte**

La breve introduzione evidenzia come lo studio epidemiologico in un'area complessa per molti aspetti, compresi quelli sociali, non possa avere un'interpretazione isolata dal contesto ma, per comprenderne origini, obiettivi e discutere i risultati, richieda l'inserimento in una cornice di conoscenze più vasta. In questo quadro lo studio della mortalità dei lavoratori del petrolchimico di Gela ha diverse valenze e sviluppi nelle analisi, evoluti con il mutare degli obiettivi: lo studio ha preso origine come contributo richiesto dalla magistratura per valutare eventuali profili di colpa nell'ambito di indagini preliminari sul rischio associato al lavoro presso il petrolchimico, si è poi rivelato utile per tentare di valutare l'eventuale impatto sanitario dell'impianto petrolchimico sulla popolazione della cittadina di Gela.

### **3. Gela area ad elevato rischio di crisi ambientale e sito di interesse nazionale per la bonifica dei suoli**

L'area del comune di Gela e quella dei due comuni limitrofi di Niscemi e Butera, è stata inclusa tra le aree ad elevato rischio di crisi ambientale nel 1990 (ai sensi della Legge n. 349/1986). Successivamente, nel 1998, un'estesa area del comune di Gela è stata dichiarata Sito di interesse nazionale per le bonifiche dei suoli (Legge n. 426/1998, DM 10/1/2000). Le aree ad alto rischio di crisi ambientale sono definite come “Gli ambiti territoriali e gli eventuali tratti marittimi prospicienti caratterizzati da gravi alterazioni degli equilibri ambientali nei corpi idrici, nell'atmosfera o nel suolo, e che comportano rischio per l'ambiente e la popolazione...” (inizio dell'art. 7 Legge 349/1986 , sostituito dall'art. 6 Legge 305/1989). I siti oggetto di bonifica sono aree dove “i livelli di contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche del suolo o del sottosuolo o delle acque superficiali o delle acque sotterranee, sono tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito” (art. 2 DM 471/1999, Regolamento attuativo dell'art. 17 DL.vo 22/1997 sugli interventi di Bonifica).

Il polo petrolchimico di Gela è uno dei più grandi in Europa e numerose sono state le lavorazioni dei prodotti del petrolio: la raffinazione del greggio, la produzione di fertilizzanti, quella di acido fosforico e solforico, dei prodotti di base come l'etilene, l'acrilonitrile, i glicoli ed altri ancora. Più nel dettaglio di seguito si indica la descrizione che del petrolchimico e dell'inquinamento attualmente ad esso legato, si trova nel recente Rapporto di Legambiente La chimera delle bonifiche (Legambiente, 2005): “Nel sito vi sono due impianti di distillazione atmosferica, un impianto di distillazione sottovuoto, un Gofiner, due Coking, un impianto per il cracking catalitico, uno di alchilazione e un Claus per il recupero dello zolfo.

L'Agip Petroli ha una capacità di raffinazione di circa 6 milioni di tonnellate di greggio e produce benzine, gasolio, gpl e petcoke. La raffineria è alimentata da una centrale termoelettrica da 262MW che brucia diversi combustibili (olio combustibile Atz , Tar e Btz, metano algerino, etc.) tra cui il coke da petrolio, meglio noto come petcoke, una sostanza di scarto del processo di cracking. I fumi emessi dovrebbero essere trattati con il cosiddetto processo SNOx per rimuovere polveri, ossidi di azoto (NOx) e di zolfo (SOx). Le acque vengono trattate in un impianto di depurazione Tas/Cte. Un impianto biologico garantisce il trattamento delle acque di scarico oleose di raffineria e dei reflui urbani di Gela.

Il complesso industriale utilizza 20 milioni di metri cubi d'acqua potabile provenienti da un dissalatore, costruito con il finanziamento della Cassa per il Mezzogiorno e gestito dall'Agip, mentre per gli abitanti ne rimangono solo 9 milioni.

L'impianto eroga una serie di servizi comuni, come vapore ed energia elettrica, dissalazione dell'acqua di mare, distribuzione di fluidi, ecc. Le sostanze chimiche trattate ed emesse dalle industrie di Gela includono biossido di zolfo, ossido di azoto e polveri legate ad attività di raffinazione; ammoniaca, fluoro, acido fosforico, dicloroetano e cianuri dallo stabilimento petrolchimico.

L'ex Enichem produce etilene, ossido di etilene, soda fusa, propilene, buteni, benzine da craking, acrilonitrile, polietilene.

I fumi prodotti dall'area industriale producono odori nauseabondi che si percepiscono soprattutto la sera, quando cambia il vento. Le esalazioni che durante il giorno puntano sulla vicina Niscemi, la sera inondano la città e, soprattutto d'estate, creano un mix micidiale con l'umidità, rendendo l'aria irrespirabile e causa di frequenti disturbi alla cittadinanza. Alle emissioni in atmosfera si aggiungono gli scarichi nel suolo. Per tanti anni fanghi contenenti mercurio sono stati smaltiti direttamente sul terreno in prossimità della linea di costa. Ad affermarlo è la Commissione parlamentare d'inchiesta sul ciclo dei rifiuti della scorsa legislatura che, nel corso della visita all'impianto, ha giudicato inidoneo e poco sicuro il processo di inertizzazione dei fanghi effettuato dalla società Ecotherm del gruppo Agip. La Commissione ha segnalato anche «la particolare impressione suscitata dalla vista di un grande bacino di rifiuti oleosi maleodoranti che in attesa di trattamento e smaltimento, contribuiscono alla contaminazione della falda presente sotto il sito da tempo in atto».

Nell'area industriale di fronte al petrolchimico, denominata Piana del Signore, sorge un centro di stoccaggio di oli con relative pipelines oltre ad alcune discariche industriali di rifiuti speciali pericolosi.

L'analisi ambientale contenuta nel Piano di disinquinamento evidenziava la presenza di siti potenzialmente contaminati, uno all'interno dello stabilimento Enichem e l'altro costituito dalla discarica autorizzata nell'area industriale di Gela.

I principali fenomeni d'inquinamento dell'ambiente marino costiero sono legati allo scarico diretto in mare tramite il fiume Gela, di acque di processo e di raffreddamento e a reflui civili non depurati. Gravi rischi si segnalano per le acque di falda facilmente contaminabili per l'elevata permeabilità del terreno sabbioso”.

Numerose società hanno lavorato contemporaneamente o si sono succedute all'interno del petrolchimico a partire dalla sua apertura (Figura 1. ALLEGATO 1). Altrettanto mutevole nel tempo è stato il numero di lavoratori coinvolti nelle attività del petrolchimico. Negli anni settanta, lo stabilimento dava lavoro a 4000 persone, mentre 6000 erano i lavoratori dell'indotto. Anno dopo

anno le attività si ridussero, e nel contempo l'assorbimento di mano d'opera, fino ad arrivare agli attuali 1500 lavoratori con un indotto di circa 600 persone, su una popolazione della città di Gela, che, ad oggi, conta oltre 80.000 abitanti (Legambiente, 2005).

Il contributo dell'epidemiologia alla valutazione dell'impatto sanitario conseguente alla presenza in un territorio di siti inquinati, è stato oggetto negli ultimi anni di ampia riflessione, ne è testimonianza la produzione di due Rapporti, risultato della collaborazione tra Ministero dell'Ambiente, Ministero della Salute e Istituto Superiore di Sanità. Il primo Rapporto dal titolo "Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'Unione Europea" (Cori et al –a cura di- 2005) è stato seguito da un altro "Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali, prospettive di equità" (Bianchi e Comba –a cura di- 2006 b). L'esperienza maturata nel tempo durante l'esecuzione dello studio di coorte dei lavoratori del petrolchimico di Gela, presentando le caratteristiche proprie di uno studio epidemiologico in un sito riconosciuto ufficialmente come inquinato, ha portato alla produzione di due contributi all'interno dei rapporti su-menzionati, uno relativo alle indagini epidemiologiche analitiche nei siti inquinati (Comba et al, 2005), l'altro, più specifico, relativo agli studi di coorte nei siti inquinati (Pasetto e Pirastu 2006 a).

## 4. Gli altri studi epidemiologici nell'area

### 4.1 Studi descrittivi sulla mortalità e i ricoveri ospedalieri

Successivamente all'identificazione dell'area di Gela come sito inquinato, sono state prese iniziative per valutare l'eventuale rischio sanitario ad esso associabile. Nel 1997 l'Organizzazione Mondiale della Sanità, in risposta ad una richiesta del Ministero dell'Ambiente, ha effettuato un primo studio descrittivo di mortalità di area relativo agli anni 1980-87 (Bertollini et al, 1997). Questo primo studio ecologico è stato seguito da una seconda valutazione pubblicata nel 2002, nella quale l'analisi descrittiva attraverso gli RSM (Rapporti Standardizzati di Mortalità) è stata integrata da una serie di analisi geografiche, anche bayesiane, e di trend temporali. I dati di mortalità di questo secondo rapporto sulle aree a rischio, hanno coperto il quinquennio 1990-94 (Martuzzi et al, 2002). Fa parte dello stesso gruppo di studi quello pubblicato nel 2005 ed eseguito in collaborazione tra il Dipartimento Osservatorio Epidemiologico della Regione Siciliana e il Dipartimento di Epidemiologia della ASL Roma E. In quest'ultimo viene analizzata sia la mortalità relativa al periodo 1995-2000, che i ricoveri ospedalieri per gli anni 2001-2003 (Fano et al, 2005).

Ognuno dei rapporti menzionati ha metodologia particolare e diversa dagli altri. Per una valutazione di dettaglio sugli aspetti metodologici si rinvia ai singoli contributi, in questa sede si è tentata una sintesi descrittiva, senza riportare i singoli risultati, per le cause di morte e di ricovero selezionate in base alle evidenze scientifiche disponibili riguardo alla plausibilità degli effetti delle esposizioni ambientali sulla salute. Si è scelto di utilizzare le cause identificate nell'ultimo Rapporto citato e riprese in una pubblicazione riassuntiva dei casi relativi alla sola area industriale di Gela (Fano et al, 2006 a). Per identificare gli eccessi "significativi", si è scelto di ricalcolare gli intervalli di confidenza delle stime degli SMR con i limiti al 90%, perché le cause sono state selezionate secondo una plausibilità rispetto alle ipotesi di inquinamento di area e si è voluto concentrare l'attenzione sulle ipotesi di un aumento di rischio. Tra le cause identificate come di maggiore interesse a priori, secondo i criteri esplicitati nella pubblicazione precedentemente indicata, gli eccessi "significativi" osservati sono i seguenti. Un aumento della mortalità generale e, nel periodo 1995-2000 anche della mortalità per l'insieme delle cause tumorali, sia negli uomini che nelle donne. Aumenti per tumore dello stomaco e della laringe sono stati osservati negli uomini; in entrambi i sessi il tumore del colon-retto e nell'ultimo quinquennio analizzato, per i tumori della trachea, bronchi e polmoni. Eccessi di mortalità in entrambi i sessi sono stati osservati per le malattie cardiovascolari. La morbosità, indagata nel solo periodo 2001-2003, ha confermato alcuni dei "segnali" osservati con l'analisi di mortalità. In aggiunta sono emersi un aumento di ricoveri per tumori della vescica in entrambi i sessi e per i linfomi non Hodgkin nelle donne. Sono stati infine

osservati eccessi importanti per le malattie cardiovascolari e per le malattie respiratorie acute e croniche.

In generale il quadro di epidemiologia descrittiva della popolazione di Gela, ha consentito di osservare eccessi per patologie dell'apparato digerente, di quello respiratorio e di quello cardiocircolatorio.

#### *4.2 Studio caso-controllo geografico*

Dando seguito a quanto indicato a conclusione del rapporto OMS del 2002 e cioè che “non si può escludere che a livello sub-comunale, e in particolare all'interno del comune di Gela più prossimo al polo petrolchimico, le esposizioni ambientali possano avere conseguenze sulla salute” è stato eseguito, su compito della magistratura locale, uno studio caso-controllo geografico sui tumori della trachea bronchi e polmoni, sui tumori del colon retto e su quelli del sistema linfoemopoietico. In questo studio il rischio è stato valutato in funzione della distanza dal petrolchimico, considerandolo come una sorgente inquinante di tipo puntiforme. Lo studio è stato eseguito secondo due modalità: un caso-controllo geografico ed un'analisi di micro-aree costituite dalle sezioni di censimento, quest'ultima basata sul calcolo dei casi attesi per sezione. Senza riportare i dettagli dello studio, peraltro non pubblicato (Biggeri e Comba, comunicazione personale), si indicano i principali risultati: “vi è una debole evidenza di aumento di rischio per tumore del polmone relativamente a residenze entro 2,5 Km dall'impianto petrolchimico, come risulta dalle analisi caso-controllo sullo studio punto sorgente e vi è inoltre una debole evidenza di aumento di rischio di mortalità (tutte le età) ed incidenza (in età pediatrica) tra i tumori del sistema linfoematopoietico e residenza entro 3 Km dall'impianto”.

#### *4.3 Studi sulle malformazioni congenite*

Fa parte della prima generazione di studi descrittivi sullo stato di salute, anche la valutazione descrittiva del fenomeno delle malformazioni congenite nella popolazione di Gela. Il vantaggio degli studi che hanno questi tipi di “outcome” nel contesto dei siti inquinati è legato principalmente alla breve latenza tra l'inizio dell'esposizione e la manifestazione dell'effetto. Le cause ambientali possono agire con un'azione mutagena pre-concezionale o un'azione teratogena post-concezionale. Per un'analisi delle caratteristiche e delle criticità in questo tipo di studi si rinvia al capitolo “Metodi e strumenti per studi epidemiologici su eventi riproduttivi su base geografica in Italia, con particolare riferimento ai registri delle malformazioni congenite” che fa parte del primo dei Rapporti sulle indagini epidemiologiche nei siti inquinati precedentemente citati (Bianchi, 2005). In questa sede di sintesi interessa riportare i risultati principali dell'indagine svolta a Gela. Il risultato

della prima analisi descrittiva, basata su una valutazione della prevalenza di alcune malformazioni congenite, è riassunto nelle seguenti affermazioni presenti nella sezione discussione dell'articolo in cui sono stati pubblicati i risultati: "Il confronto tra i tassi osservati a Gela con i tassi Siciliani e italiani evidenzia alcuni eccessi statisticamente significativi degni di attenzione, in particolare quelli relativi alle ipospadie, ai difetti del tubo neurale, alle microcefalie, ai difetti dei setti cardiaci e dei grossi vasi e alle riduzioni degli arti superiori...La prevalenza alla nascita di ipospadie osservata nel comune di Gela (56,7/10.000) rappresenta un valore molto elevato rispetto ai dati di letteratura...In una revisione degli studi la prevalenza delle ipospadie osservata negli studi fino agli anni Novanta variava da 0,37 a 41,0 su 10.000 nati...La prevalenza totale dei casi malformati osservata a Gela è più elevata rispetto al riferimento italiano" (Bianchi et al, 2006 a.).

Nel complesso i dati indicano un probabile effetto di una pressione ambientale, che tuttavia è ancora da caratterizzare. A tale riguardo gli autori segnalano un approfondimento in atto tramite uno studio di tipo caso-controllo mirato ad approfondire l'esposizione individuale. In un recente convegno sono stati presentati i principali risultati dello studio caso-controllo che ha evidenziato un'associazione tra malformazioni congenite e consumo di pescato locale, stimolando una verifica della contaminazione della catena alimentare mediante il monitoraggio di metalli pesanti e organoalogenati (Bianchi et al, 2006 d.).

## **5. Indagine epidemiologica ed approfondimenti medico-legali**

Uno degli aspetti dello studio di coorte occupazionale è legato agli obiettivi propri della committenza. Lo studio è stato infatti eseguito su incarico della magistratura locale il cui obiettivo principale era quello di valutare l'eventuale impatto delle attività produttive, in particolare quelle del petrolchimico, sulla salute dei cittadini di Gela, verificando nel contempo eventuali profili di colpa ad esso associati. Lo studio di coorte è proceduto parallelamente all'attività del medico legale incaricato per valutare la plausibilità eziologica della relazione causa effetto per i decessi avvenuti tra i lavoratori del petrolchimico.

Sulla base di questa esperienza sono state fatte una serie di considerazioni relative all'utilità dello studio epidemiologico di coorte professionale nell'ambito di una consulenza per conto della magistratura ed è stata analizzata l'esperienza di collaborazione con gli altri tecnici coinvolti nel collegio peritale, in modo particolare con il medico legale. Questa esperienza è stata descritta in un articolo sottoposto per pubblicazione (Pasetto et al, sottoposto per pubblicazione).

## 6. Caratteristiche della coorte: disegno dello studio, raccolta dei dati, scelte nell'analisi

### 6.1 Inquadramento generale

Lo studio di coorte occupazionale (ALLEGATO 1) ha riguardato i soggetti assunti in servizio presso il petrolchimico a partire dall'anno della sua apertura, il 1960. I lavoratori del petrolchimico rappresentano una popolazione eterogenea, soprattutto negli anni a ridosso dell'apertura. Un esempio è fornito dai dati anagrafici che indicano indirettamente un fenomeno abbastanza diffuso di immigrazione lavorativa. In particolare, come indicato nel libro già citato "Industrializzazione senza sviluppo. Gela una storia meridionale", la mano d'opera assunta nei primi anni era in buona parte costituita da operai specializzati provenienti dal nord Italia. Peraltro questa indicazione emerge anche dalle osservazioni che Mattei fece dopo aver visitato l'impianto di Gela, a pochi giorni dalla sua morte nell'ottobre 1962, come riportate in una sua biografia "...visita lo stabilimento di Gela; pranza nella mensa; fa quattro chiacchiere con gli operai. Si dispiace di due cose e alza la voce. A Gela si mangia meno bene che nella mensa dello stabilimento di Ravenna. Fra i dipendenti, a dispetto delle direttive, c'è una percentuale troppo alta di non siciliani" (Pietra, 1987).

Nella tabella 1 presentata nel paragrafo 7. "Ulteriori analisi", i lavoratori sono classificati per luogo di nascita (Gela, altri comuni della Sicilia, regioni diverse dalla Sicilia); in particolare è indicata la frequenza per luogo di nascita e quintile di periodo di assunzione. Si può notare come la proporzione di lavoratori extra-siciliani, classificati in base al luogo di nascita, sia stata del 17% circa nei primi due anni e come in seguito questa si sia ridotta. Nell'intera coorte lo 11% dei lavoratori risulta essere nato al di fuori della Sicilia.

Che i lavoratori fossero una categoria eterogenea al loro interno e poco rappresentativa della popolazione originaria di Gela è evidenziato anche da quanto indicato sempre nel libro di Hytten e Marchioni, nel brano in cui, con osservazioni risalenti ai primi anni dell'attivazione dello stabilimento, commentano le caratteristiche del villaggio edificato per i futuri lavoratori contemporaneamente alla costruzione del petrolchimico. Un elemento importante per la comprensione del contesto, è la localizzazione geografica del Villaggio, un'area lungo la costa, all'estremità opposta del petrolchimico rispetto al nucleo abitativo originario che rimane in mezzo tra i due. "Il nuovo quartiere residenziale o Villaggio Macchitella ha contribuito a rendere più evidente la disgregazione sociale ed urbanistica dell'abitato, operando come elemento di catalizzazione e comparazione... Il Villaggio o quartiere, ospita attualmente circa 700 famiglie che occupano appartamenti distribuiti in palazzi, palazzine e villette... Il villaggio è costruito secondo schemi urbanistici moderni: spazi liberi, dotazione di attrezzature (scuole, clinica, chiesa, shopping

center, mercato ortofrutticolo e ittico, ecc.). Un baraccone di legno ospita il Dopolavoro per i dipendenti dell'azienda. Il villaggio è costruito a ridosso del mare e dispone di una bella spiaggia in parte attrezzata e in parte libera...Il problema fondamentale che esso solleva è legato alla scelta del luogo dove è stato costruito. Collocato all'estrema periferia del Comune (in pratica al di fuori della città) esso rimane qualcosa di estraneo alla vita locale; rappresenta un'isola, un'oasi o un ghetto, a seconda delle interpretazioni che si vogliono dare...Essendo il villaggio autosufficiente, il dipendente Anic può evitare qualsiasi rapporto con la comunità locale”.

Sul fronte dell'analisi sociale il presente contributo non può che essere marginale. Nel sopralluogo della cittadina, documentato dallo ALLEGATO 2, si è visitato anche il famoso Villaggio. Oggi, quel quartiere non è più separato dal resto della città, ma fa parte del tessuto connettivo urbanistico e non è più solo abitato dai lavoratori del petrolchimico. Con il tempo e il passare delle generazioni, gli accenti aspri della denuncia di Hytten e Marchioni si sono sfumati, almeno all'apparenza.

## *6.2 Caratteristiche dello studio*

L'indagine di mortalità è stata eseguita secondo un disegno di studio epidemiologico di coorte occupazionale retrospettivo storico della mortalità (ALLEGATO 1).

I soggetti appartenenti alla coorte sono i lavoratori del petrolchimico nel periodo che va dal 1960, anno di apertura delle attività dell'impianto industriale, all'anno 2002. I dati anagrafici e relativi alle storie lavorative dei periodi lavorativi svolti presso il petrolchimico, sono stati raccolti dai libri matricola. A tale riguardo si osserva che le aziende che hanno lavorato contemporaneamente o si sono succedute nel tempo sono state 11. I dati dei lavoratori sono stati inseriti considerando in successione i libri matricola, dal più remoto al più recente.

I dati sono stati registrati in forma elettronica attraverso il software applicativo “Dama di coorte”, sviluppato presso il Reparto di Epidemiologia Ambientale dell'Istituto Superiore di Sanità. Il software consente l'inserimento dei dati per ciascun soggetto, distinguendo la storia anagrafica da quella lavorativa; permette inoltre di impostare l'esecuzione del follow-up, producendo i documenti per le ricerche postali e presentando i campi aggiornabili con i risultati del follow-up. Infine, consente, grazie ad una serie di “query”, la ricerca degli eventuali duplicati e la verifica della coerenza delle informazioni.

La ricerca sullo stato in vita è stata eseguita attraverso due modalità: per i lavoratori che risultavano residenti nella Regione Sicilia, le informazioni sono state raccolte dalla guardia di Finanza di Gela direttamente presso i comuni interessati (principalmente il comune di Gela); per coloro che risultavano residenti al di fuori della Sicilia, sono state raccolte tramite questionario

postale inviato per conto dell'Istituto Superiore di Sanità, alle anagrafi comunali del comune di ultima residenza. Nel caso i soggetti risultassero trasferiti presso altro comune, si è inviata la richiesta al nuovo comune e così via fino all'ultimo comune di trasferimento. Infine, come ultimo tentativo, è stato contattato il comune di nascita. Per i soggetti per cui non è stato riscontrato lo stato in vita tramite le anagrafi comunali, è stata consultata l'Anagrafe Tributaria, a partire dall'anno 2000. Quest'ultima fonte informativa permette di valutare lo stato in vita fino all'ultimo anno in cui risulta una dichiarazione dei redditi. Nel caso l'ultima dichiarazione fosse relativa ad anni precedenti quello del termine del follow-up (2000 o 2001) e non fossero presenti indicazioni sul decesso, i soggetti sono stati considerati persi al termine dell'anno di ultima dichiarazione. I soggetti risultati persi al follow-up in anni precedenti al 2000, per i quali risultavano informazioni relative ai periodi lavorativi come desunte dai libri matricola, sono stati considerati persi dopo l'ultima data disponibile nella storia lavorativa.

Per i soggetti risultati deceduti, sono stati recuperati dalle anagrafi comunali o altrimenti dalle ASL competenti per territorio, i certificati necroscopici o le schede ISTAT di decesso. Le cause di decesso sono state codificate da un codificatore esperto con codici ICD secondo le regole di classificazione in vigore nell'anno del decesso. Un modesto numero di cause di morte sono state acquisite tramite una procedura di record linkage individuale con la banca dati epidemiologica dell'ENEA, che contiene i record individuali anonimi (assenza di cognome e nome) dei decessi per tutto il territorio italiano a partire dal 1970.

Per quanto riguarda le analisi sono state fatte le seguenti scelte. Nella coorte arruolata secondo i criteri sopra elencati i periodi di "arruolamento" del personale e quello del follow-up dello stato in vita sono coincidenti. Ai fini dell'analisi si è deciso di "restringere" la coorte a coloro che avessero un follow-up di almeno 10 anni, secondo un criterio generico che prevedesse, potenzialmente, almeno 10 anni di lavoro presso il petrolchimico e comunque assicurasse un periodo di latenza minimo rispetto alla data di inizio del lavoro. La restrizione non è stata fatta sulla base della durata lavorativa in quanto questo dato è assente per molti lavoratori. La coorte "ristretta" è composta da tutti i lavoratori assunti nel periodo dal 1 novembre 1960, data delle prime assunzioni, al 31 dicembre 1993.

Come riferimento sono state scelte due popolazioni, quella della Regione Sicilia e quella nazionale. Il riferimento regionale è stato scelto in quanto, in linea di principio, una popolazione di riferimento proveniente da una stessa macro-area, dovrebbe rappresentare, meglio del riferimento nazionale, l'esperienza della mortalità della popolazione da cui proviene la coorte; con tale scelta si dovrebbe indirettamente tenere in conto di eventuali specificità di tipo socio-economico e/o di esposizione ambientale che possono differire tra il livello locale (di macro-area) e nazionale.

Tuttavia, si è deciso di analizzare la coorte anche con il riferimento nazionale, sulla base della considerazione che la coorte fosse composta in parte da manodopera proveniente da regioni diverse dalla Sicilia.

Il fenomeno della immigrazione in Sicilia, nella città di Gela, per il lavoro presso il petrolchimico, è stato valutato indirettamente tramite l'analisi dei dati anagrafici relativi al luogo di nascita.

La mortalità osservata nella coorte è stata confrontata con quella attesa in base ai tassi di mortalità della popolazione residente nella Regione Sicilia e in quella nazionale, specifici per causa, genere, età e periodo di calendario (classi quinquennali). Al periodo 1960-1970 sono stati applicati i tassi di mortalità relativi al primo quinquennio disponibile, 1970-'75.

Si è scelto di eseguire un'analisi esplorativa, valutando la mortalità per grandi gruppi di cause e cause specifiche, concentrando tuttavia l'attenzione sulle cause considerate di maggior interesse *a priori* (si veda lo ALLEGATO 1). Queste ultime sono state considerate quelle per le quali risultasse un'evidenza di aumento di rischio in più studi epidemiologici eseguiti nel settore petrolchimico.

Le analisi sono state eseguite tramite il software Stata 8.0 e la mortalità per causa è stata espressa attraverso il calcolo del Rapporto Standardizzato di Mortalità (SMR); ad ogni SMR è stato associato l'intervallo di confidenza (IC) al 90% calcolato con il metodo della massima verosimiglianza. La scelta di utilizzare gli IC al 90% è stata fatta in quanto è ipotizzato *a priori* un incremento di rischio per le cause di decesso a possibile eziologia lavorativa nel contesto di un petrolchimico, si è voluto pertanto concentrare l'attenzione sull'ipotesi di un aumento di rischio per quelle sedi, considerando grandezza e precisione della stima ed evitando un uso surrettizio degli intervalli di confidenza come test di ipotesi (Sterne 2002). Lo studio è caratterizzato da una potenza statistica relativamente bassa, in particolare per i tumori più rari per i quali la potenza stimata varia tra il 30% ed il 60% in relazione alle sedi tumorali considerate di maggiore interesse *a priori*.

## 7. Ulteriori analisi

Vengono di seguito descritti il razionale delle ipotesi e le analisi, relative agli approfondimenti sui dati della coorte che non sono stati inseriti nelle pubblicazioni in allegato.

### 7.1 Descrizione della coorte per età alla fine del follow-up e latenza intesa come periodo intercorso tra l'inizio del lavoro e la fine del follow-up.

Tali approfondimenti sono utili per stabilire l'anzianità della coorte rispetto al termine del follow-up al fine di valutare l'interesse di aggiornare lo stato in vita in un prossimo futuro.

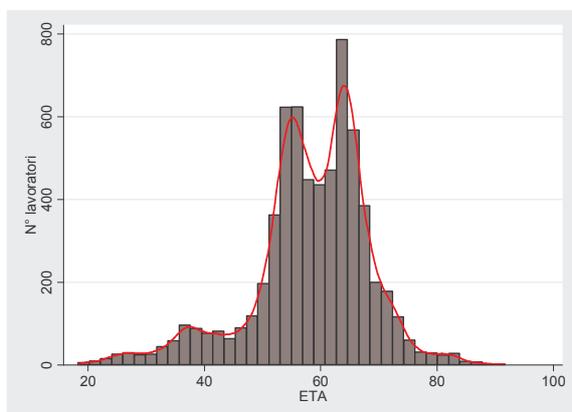
L'età media per gli uomini al termine del follow-up è di circa 58 anni, la mediana di circa 59 anni, mentre la latenza media e mediana al termine del follow-up sono di circa 32 anni.

Tabella 1. Range di età e latenza alla fine del follow-up per quintile di uomini appartenenti alla coorte.

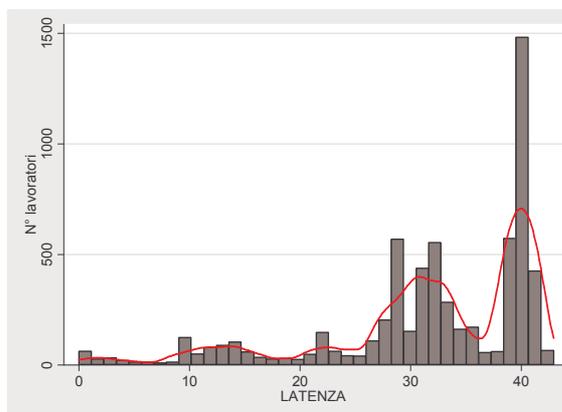
quintili	range età	range latenza
1	18-52	0-27
2	52-56	27-32
3	56-62	32-38
4	62-66	38-40
5	66-92	40-43
Tot (6458)	18-92	0-43

Figura 1. Grafici della distribuzione di frequenza per età 1 a) e latenza al termine del follow-up 1 b).

1 a)



1 b)



Tali dati descrittivi, in particolare modo quelli relativi all'età, suggeriscono l'opportunità di eseguire un aggiornamento del follow-up essendo le patologie neoplastiche di maggiore interesse a priori più frequenti dopo i 60 anni.

## 7.2 Descrizione della coorte per luogo di nascita per indagare il fenomeno dell'immigrazione lavorativa

Tali valutazioni descrittive permettono di valutare le caratteristiche anagrafiche della coorte al fine di fornire elementi per la selezione della popolazione di riferimento.

Tabella 2. Numero e proporzione (espressa in percentuale) degli uomini per luogo di nascita e quintile di data di assunzione.

Comune di nas. (% di colonna)	quintili di data di assunzione*					Total
	1	2	3	4	5	
Gela	<b>246</b> 18.97	<b>156</b> 12.06	<b>311</b> 24.16	<b>411</b> 31.79	<b>562</b> 43.63	<b>1,686</b> <b>26.11</b>
altri Sicilia	<b>791</b> 60.99	<b>955</b> 73.86	<b>781</b> 60.68	<b>754</b> 58.31	<b>664</b> 51.55	<b>3,945</b> <b>61.09</b>
fuori Sicilia	<b>229</b> 17.66	<b>157</b> 12.14	<b>182</b> 14.14	<b>115</b> 8.89	<b>49</b> 3.80	<b>732</b> <b>11.33</b>
mancante	<b>31</b> 2.39	<b>25</b> 1.93	<b>13</b> 1.01	<b>13</b> 1.01	<b>13</b> 1.01	<b>95</b> <b>1.47</b>
Total	1,297	1,293	1,287	1,293	1,288	<b>6,458</b>

\*

1= febbraio 1960-ottobre 1962  
 2=ottobre 1962-luglio 1963  
 3=luglio 1963-giugno 1970  
 4=giugno 1970-febbraio 1974  
 5=febbraio 1974-novembre 1993

La maggior parte dei lavoratori è stata assunta durante i primi anni di avviamento delle attività del petrolchimico (il 40% nei primi 40 mesi); la percentuale dei nati al di fuori della Sicilia è di circa il 17% nei primi due anni, mentre scende al 11% nella coorte totale.

Vista la proporzione non esigua di lavoratori nati in regioni diverse dalla Sicilia e, probabilmente, residenti al di fuori della Sicilia prima dell'assunzione al petrolchimico, sembra opportuno utilizzare almeno due popolazioni di riferimento esterne, quella Siciliana e quella nazionale.

## 7.3 Analisi per gruppi, solo operai rispetto ai solo impiegati, per tutte le cause, tutti i tumori, i tumori polmonari, le malattie respiratorie non tumorali

I dati disponibili non consentono analisi per durata lavorativa, né tanto meno per gruppi con valutazione qualitative o quantitative per specifiche esposizioni. L'unica informazione disponibile per categorizzare un rischio professionale è quella della qualifica. Sono state eseguite analisi

confrontando gruppi classificati per qualifica (coloro che hanno avuto la sola qualifica di operai o la sola qualifica di impiegati, N° 4857) per i decessi per tutte le cause, tutti i tumori, i tumori polmonari e le malattie respiratorie non tumorali.

Tabella 3. Descrizione delle variabili principali per gli uomini che hanno avuto esclusivamente la qualifica di impiegato o di operaio

	<b>Impiegati</b>	<b>Operai</b>
N	1686	3171
N deceduti	144	308
Età all'assunzione*	27 (18-56)	26 (14-57)
Età alla fine del f-up*	59 (19-86)	58 (19-92)
Latenza*	32 (0-43)	31 (0-43)
Luogo di nascita (%)**		
Gela	188 (11)	1067 (34)
altri Sicilia	990 (59)	1917 (60)
fuori Sicilia	473 (28)	150 (4)
sconosciuta	35 (2)	37 (1)

\* media e range in anni

\*\* % di colonna

Tabella 4. Rate Ratio di mortalità tra i lavoratori uomini che hanno avuto esclusivamente la qualifica di operaio rispetto a coloro che hanno avuto esclusivamente la qualifica di impiegato, per tutte le cause, tutti i tumori, tumori polmonari, malattie respiratorie non tumorali.

<b>Causa di morte (ICD IX)</b>	<b>Operai (Oss/Att**)</b>	<b>Impiegati (Oss/Att**)</b>	<b>RR*</b>	<b>IC 90%</b>
tutte le cause (001-999)	308/434.8	144/248.5	1.22	1.03-1.44
tutti i tumori (140-208)	108/163.6	42/94.8	1.48	1.09-2.00
tumori del polmone (162)	32/52.1	13/30.5	1.42	0.83-2.44
malattie resp. non tumorali (460-519)	20/15.2	2/8.8	5.97	1.76-20.24

\* Rate Ratio calcolato tramite modello di regressione di Poisson, controllato per età (classi 15 anni), calendario (categorie 10 anni)

\*\* Attesi calcolati in base ai tassi di riferimento nazionali

La mortalità per i grandi gruppi di cause e per cause specifiche di sufficiente numerosità, mostra un generale aumento di rischio nella categoria dei soli operai rispetto ai soli impiegati. Tale eccesso è probabilmente in buona parte legato a cause extra-lavorative e, in generale, può essere riconducibile a differenze di carattere socio-economico. Il RR sembra particolarmente elevato per le malattie respiratorie non tumorali; a tale riguardo va tuttavia segnalato che gli approfondimenti medico-legali relativi ai decessi per le bronchiti croniche, hanno evidenziato un numero non esiguo

di decessi in soggetti assunti al petrolchimico in quota invalidi per malattie respiratorie croniche contratte in guerra durante il servizio militare, o per lavoro nelle solfatare.

#### *7.4 Analisi dei tumori del polmone per residenzialità indagata con il proxy del “possibile” pendolarismo al fine di valutare la componente ambientale al rischio*

L'analisi con il calcolo degli SMR per la coorte professionale, ha evidenziato un forte effetto lavoratore sano per i grandi gruppi di cause ma anche per alcune cause di maggiore interesse *a priori*, come il tumore del polmone. D'altronde studi ecologici hanno evidenziato un aumento di rischio di mortalità per il tumore al polmone per i cittadini giovani adulti residenti nel territorio dell'area a rischio, indicando come possibile causa un accumularsi del rischio professionale.

Si è voluto esplorare la possibilità di analizzare la componente del rischio ambientale per il tumore del polmone in base ai dati disponibili sulla coorte.

Le analisi eseguite si basano sulle seguenti considerazioni relative all'aver risieduto a Gela nel periodo successivo all'apertura del petrolchimico: a) chi è nato a Gela e lavora al petrolchimico di Gela, dovrebbe aver risieduto a Gela nel periodo lavorativo; b) chi è nato in un comune non siciliano e lavora al petrolchimico di Gela, con elevata probabilità, si è trasferito a Gela e lì ha risieduto almeno durante il periodo lavorativo; c) chi invece è nato in altro comune siciliano, può aver risieduto a Gela durante il periodo lavorativo o può essere stato un pendolare (il fenomeno del pendolarismo dai comuni Siciliani per il lavoro al petrolchimico mi è stato comunicato durante un sopralluogo, ALLEGATO 2).

Si è scelto a priori di verificare l'ipotesi di un aumento di rischio per tumore al polmone a causa dell'inquinamento ambientale nel comune di Gela; si è scelto di valutare il fenomeno nei soli uomini. Il determinante in studio è la possibile esposizione ambientale, valutata indirettamente sulla base delle considerazioni sopra esposte. Gli esposti sono stati considerati i residenti, ovvero nati a Gela o in regioni diverse dalla Sicilia, ovvero i probabili non pendolari; mentre i non esposti sono stati considerati i non residenti, ovvero i nati in comuni siciliani diversi da Gela, ovvero i possibili pendolari. L'analisi è stata eseguita per tutte le cause di decesso, tutti i tumori, il tumore polmonare, tramite un modello di regressione di Poisson, inserendo quali variabili predittive del rischio oltre al determinante (pendolarismo), l'età, il periodo di calendario, la qualifica. Si noti che, a differenza dell'analisi nel paragrafo 7.3, sono stati inclusi anche coloro con informazioni sul luogo di nascita che risultavano aver avuto sia la qualifica di operai che quella di impiegati.

Tabella 5. Descrizione delle variabili principali per gli uomini con informazioni sul luogo di nascita e sulla qualifica (N° 5911), probabili residenti a Gela e possibili pendolari.

	<b>prob. Residenti</b>	<b>poss. Pendolari</b>
N	2253	3658
N deceduti	191	346
N deceduti per tum. polmone	29	29
Età all'assunzione*	27 (14-55)	26 (17-57)
Età alla fine del f-up*	57 (19-92)	58 (19-91)
Latenza*	31 (0-43)	32 (0-42)
Luogo di nascita		
Gela	1577	-
altri Sicilia	-	3658
fuori Sicilia	676	-
Qualifica (%)**		
operaio	1217 (54)	1917 (52)
impiegato	661 (29)	990 (27)
sia operaio che impiegato	375 (17)	751 (21)

\* media e range

\*\*% di colonna

Tabella 6. Rate Ratio di mortalità tra i probabili residenti rispetto ai possibili pendolari negli uomini della coorte con informazioni sulla qualifica e sul luogo di nascita, per tutte le cause, tutti i tumori, tumori polmonari.

<b>Causa di morte (ICD IX)</b>	<b>prob. Residenti (Oss/Att**)</b>	<b>poss. Pendolari (Oss/Att**)</b>	<b>RR*</b>	<b>IC 90%</b>
tutte le cause (001-999)	191/323.9	346/510.4	0.89	0.77-1.04
tutti i tumori (140-208)	75/121.9	111/193.7	1.13	0.88-1.46
<b>tumori del polmone (162)</b>	<b>29/39.2</b>	<b>29/61.8</b>	<b>1.66</b>	<b>1.07 – 2.58</b>

\* Rate Ratio calcolato tramite modello di regressione di Poisson, controllato per età (classi 15 anni), calendario (categorie 10 anni) e qualifica (solo operai, solo impiegati, sia operai che impiegati)

\*\* Attesi calcolati in base ai tassi di riferimento nazionali

Il RR di mortalità per tumore del polmone confrontando i probabili residenti con i possibili pendolari è di 1.66 con un IC 90% 1.07-2.58. Pur presentando molti limiti legati alle assunzioni nella categorizzazione dei pendolari e dei non pendolari, il risultato è suggestivo di un aumento di rischio nei probabili residenti, controllato per età, periodo di calendario e qualifica lavorativa, indice di un possibile contributo al rischio della residenzialità a Gela.

## 8. La dimensione della comunicazione

L'attenzione data alla dimensione della comunicazione nei confronti dei cittadini è cresciuta nel tempo riguardo le questioni attinenti la salute, sia da parte degli organi istituzionali che di quelli tecnici. Ciò è avvenuto in modo più marcato per le situazioni che vedono in associazione le questioni sanitarie con quelle ambientali. Per quanto riguarda la gestione del rischio, tale atteggiamento risponde alle esigenze democratiche delle politiche di inclusione (Pellegrino 2006) e più in generale agli orientamenti proposti dalla comunità internazionale, e recepiti dalla Comunità Europea prima e poi dal governo nazionale e locale, per favorire l'interazione con la popolazione nel prendere decisioni che hanno influenza sulle questioni sanitarie (Cori 2006). Per quanto attiene le questioni tecniche relative alla ricerca in Sanità Pubblica legata ai rischi ambientali, per le quali un approfondimento in questa sede, ancorché limitato, è pertinente, lo sviluppo di strategie di comunicazione con la popolazione risponde ad esigenze etico-pratiche.

Il riferimento deontologico del ricercatore nel contesto dell'epidemiologia ambientale è quello del fine ultimo della sua ricerca: accertare lo stato di fatto rispetto ai rischi per poter al meglio fornire elementi obiettivi su cui basare gli interventi pratici e la comunicazione delle conoscenze (Wartenberg 1996). Gli aspetti etici legati alla pratica dell'epidemiologia ambientale, derivano principalmente dalle azioni che conseguono il rilevamento dei dati, in particolare i processi decisionali legati alla conoscenza di un rischio e la sua comunicazione alla popolazione. Infatti, nella maggior parte dei casi, il ruolo del ricercatore non si limita alla produzione del dato ma egli contribuisce al processo di comunicazione alla popolazione e a quello decisionale riferito agli interventi pratici (Botti et al 2003).

Tali principi generali sono di riferimento soprattutto nei casi che vedono direttamente coinvolte le comunità che si trovano nel territorio ove il rischio ambientale è ipotizzato e, ovviamente, ancor di più, nelle situazioni nelle quali la presenza di un rischio potenziale è già stata identificata, ad esempio per le popolazioni che risiedono in prossimità o all'interno di siti inquinati. In questi casi il processo conoscitivo è strettamente legato a quello comunicativo e viceversa. Infatti, a significativi avanzamenti nelle conoscenze dovrebbe seguire una comunicazione chiarificatrice delle problematiche, così come alla comunicazione interattiva tra operatori e cittadini è legata l'acquisizione di elementi utili agli approfondimenti conoscitivi.

Per quanto concerne le decisioni che conseguono l'acquisizione degli elementi conoscitivi si possono distinguere due approcci principali: 1. consequenzialista; 2. di rafforzamento dell'autonomia (Lambert et al 2003). Il primo approccio prevede che la giustizia o ingiustizia di ogni atto dipenda interamente dalle conseguenze definite in base a modelli predittivi. Questa

prospettiva ha come riferimento principale il fatto che viene considerata la migliore azione quella che massimizza il bene definito *a priori*, o, detto in termini pratici, ciò che minimizza il rischio inteso come casi attribuibili secondo scenari di rischio. Questo approccio tende a non prendere in considerazione la giustizia o equità nella distribuzione dei beni o dei rischi; inoltre, spesso, non tiene in conto il fatto che le conseguenze di un'azione per prevenire un rischio sono definite solo in termini probabilistici.

L'approccio consequenzialista quindi ha come riferimento il principio utilitarista secondo il quale le azioni migliori sono quelle che massimizzano il benessere collettivo o benessere medio. A livello pratico sono solo alcuni soggetti decisori a scegliere i provvedimenti sulla base di analisi costo-beneficio. Tali provvedimenti sono poi comunicati alla popolazione che dovrebbe rispettarli. Nella pratica tuttavia, questo approccio può risultare poco efficace, perché prevede un'accettazione di provvedimenti presi indipendentemente dalla propria volontà e scelta. Recentemente si sta diffondendo, anche nel contesto della salvaguardia della salute pubblica legata ai rischi ambientali, l'approccio del "rafforzamento dell'autonomia", in cui alla scelta degli interventi pratici contribuiscono anche i cittadini coinvolti. Essi vengono aiutati nel prendere decisioni tramite una comunicazione appropriata degli elementi conoscitivi acquisiti. Le caratteristiche di questo approccio sono una comunicazione non impositiva con obiettive indicazioni sul rischio. Il rafforzamento dell'autonomia ha cinque elementi chiave: a) lo sviluppo e il mantenimento di una "mente aperta"; b) lo sviluppo di una propria prospettiva; c) la flessibilità a modificare la propria prospettiva alla luce di nuovi fatti; d) la creazione delle opportunità per l'espressione delle prospettive degli altri; e) lo stimolo delle motivazioni per prendersi cura gli uni degli altri e dell'ambiente (Lambert et al 2003).

Crescente è la consapevolezza dell'importanza degli aspetti di comunicazione del rischio sia nella fase del suo accertamento sia in quella che consegue la sua rilevazione e dimensionamento. Infatti, l'atteggiamento del pubblico riguardo alla comunicazione delle conoscenze è divenuto più critico oggi rispetto al passato. I "comuni" cittadini hanno oggi più sospetto riguardo la scienza e richiedono un coinvolgimento, spiegazioni, un'elaborazione personale degli elementi conoscitivi, per adottare gli eventuali atteggiamenti preventivi che possono determinare una eliminazione o riduzione del rischio (Calman 2003; Minkler et al 2003). Infatti, non basta la produzione di conoscenze riguardo i rischi né la teorizzazione delle migliori strategie per evitarli, perché gli interventi preventivi risultino efficaci. Se ciò fosse sufficiente non sarebbe difficile, ad esempio, far cambiare le abitudini alimentari, il consumo di alcool o il fumo, per limitare i rischi ben noti ad esse associati, cosa che in realtà risulta estremamente difficoltosa (Basset 2003).

I limiti dell'approccio costo-beneficio e dell'impostazione relativa alla comunicazione che di solito né consegue, sono evidenziati anche dagli orientamenti relativi all'applicazione del Principio di Precauzione (WHO 2006) e al processo di Valutazione di Impatto Sanitario (Martuzzi 2006). In questi casi le scelte nella gestione del rischio dovrebbero scaturire da un processo partecipativo in cui chi produce conoscenze interagisce di continuo, secondo percorsi modulati in funzione delle circostanze, con chi ne usufruisce, siano essi decisori politici che altri portatori di interesse, gli "stakeholders", compresi i "comuni" cittadini.

Le connessioni tra produzione di conoscenze, gestione dei rischi e comunicazione, trattate a livello teorico facendo riferimento al caso di Gela, sono state presentate in occasione del 29° Convegno AIE "L'epidemiologia per la politica. La politica dell'epidemiologia" in una comunicazione dal titolo "Gli studi di epidemiologia ambientale nelle aree oggetto di bonifica. Contributo ai processi decisionali" (Pasetto e Fazzo 2005).

## 9. Considerazioni conclusive

### 9.1 Principali risultati dello studio, limiti e prospettive

Lo studio della coorte professionale (ALLEGATO 1), mostra sostanzialmente un forte effetto lavoratore sano, condizione peraltro osservata in molti studi di coorte professionali relativi al settore petrolchimico (Wong e Raabe, 2000). Nessuna delle cause di decesso selezionate come di maggiore interesse *a priori*, ha un SMR con limiti inferiori degli intervalli di confidenza al 90% superiori all'unità. Tra queste, solo le cause del tumore maligno della pleura (SMR 1,73; 4 oss; IC 90% 0,78-3,95), e della leucemia mieloide (SMR 1,25; 6 oss; IC 90% 0,64-2,45), mostrano incrementi nella stima puntuale del rischio. Peraltro, per quanto riguarda il tumore maligno della pleura, gli approfondimenti medico legali (Pasetto et al, sottoposto per pubblicazione) con la valutazione di dettaglio relativa alle esposizioni professionali ed extra-professionali, ha evidenziato in uno solo dei 4 casi, una alta probabilità eziologica tra l'esposizione per lavoro all'interno del petrolchimico e la patologia causa del decesso; per gli altri 3 casi l'eziologia è da attribuire ad altri contesti espositivi.

Come indicato in dettaglio nell'ALLEGATO 1, lo studio sostanzialmente rispetta i riferimenti proposti per l'arruolamento della coorte, l'esecuzione del follow-up, l'analisi dei dati. Tuttavia, la popolazione lavorativa sembra particolarmente selezionata e non confrontabile con le popolazioni di riferimento disponibili. Uno dei motivi è legato alle caratteristiche anagrafiche della coorte che risulta composta da soggetti provenienti da diverse Regioni come evidenziato nel paragrafo 7.2.

Non sono disponibili dati che permettano una valutazione quantitativa o qualitativa di esposizioni specifiche, né è possibile un'analisi del rischio per durata lavorativa; l'unica categorizzazione interna alla coorte possibile è in funzione della qualifica professionale (operaio, impiegato). Le analisi di confronto interno alla coorte mostrate nel paragrafo 7.3, permettono di osservare un rischio relativo di decesso generalmente maggiore negli operai rispetto agli impiegati. Tali analisi sono possibili solo per le cause con maggior numero di casi ed i risultati sono probabilmente influenzati soprattutto da differenze di carattere socio-economico tra i due gruppi. Le valutazioni medico-legali relative ai casi di decesso per bronchite cronica ostruttiva, suggeriscono che l'incremento di rischio particolarmente elevato osservato negli operai per la mortalità per malattie respiratorie non tumorali, sia legato alla presenza di soggetti assunti in quota invalidi per malattie dell'apparato respiratorio.

L'età media alla fine del follow-up intorno ai 58 anni (paragrafo 7.1), suggerisce l'opportunità di aggiornare la verifica dello stato in vita in un prossimo futuro.

Il tentativo di valutare il rischio ambientale per i decessi per tumore polmonare con i dati presenti nella coorte (paragrafo 7.4), suggerisce una componente ambientale (residenziale) al rischio.

Lo studio eseguito in parallelo agli approfondimenti medico-legali e alle valutazioni di igiene industriale ha consentito di valutare le potenzialità e i limiti del contributo epidemiologico fornito da uno studio di coorte professionale, agli approfondimenti legali per la valutazione di eventuali profili di colpa. Il ruolo dello studio di coorte nel contesto dell'accertamento dei nessi causali nel procedimento penale è duplice: enumerazione esaustiva dei casi; inquadramento epidemiologico del contesto entro il quale essi si situano. Per il primo aspetto lo studio può fornire l'elenco dei casi sui quali può essere eseguito un approfondimento di valutazione, in modo particolare quella medico legale; per il secondo aspetto può contribuire alla definizione del ragionamento probatorio (Pasetto et al, sottoposto per pubblicazione).

In prospettiva si sottolinea l'opportunità di aggiornare stato in vita ed analisi e si suggerisce il tentativo di ricostruire la durata lavorativa tramite la consultazione degli archivi INPS secondo modalità indicate dall'approccio OCCAM (Crosignani et al 2005). Infine, si propone la valutazione di fattibilità dell'utilizzo delle Schede di Dimissione Ospedaliera per valutare il profilo di morbosità della coorte per gli anni più recenti. Tale valutazione è risultata utile in studi ecologici (Cernigliaro et al 2006; Fano et al 2006 b.) ed in studi di coorte (Fazzo et al 2006), essendo complementare rispetto all'analisi di mortalità nel definire il profilo di salute di una popolazione (Pasetto e Pirastu 2006 a). Le caratteristiche proprie della coorte in oggetto, legate alla numerosità, alla presenza di informazioni anagrafiche non aggiornate, alla proporzione non esigua di soggetti trasferiti in regioni diverse dalla Sicilia, fa propendere per ritenere tale approfondimento non percorribile almeno per l'intera coorte, mentre tale valutazione potrebbe essere eseguita su sottogruppi, come ad esempio quello dei lavoratori nati e residenti a Gela.

## *9.2 Lettura dei risultati dello studio di coorte secondo una prospettiva di caratterizzazione epidemiologica di un sito inquinato*

Ancorché lo studio di coorte professionale abbia una valenza in sé in quanto tende alla valutazione del rischio in un dato ambiente di lavoro, nel caso di situazioni come quelle di Gela, in cui un'industria è la principale fonte di inquinamento ambientale del territorio circostante, i risultati possono fornire un contributo alla lettura del quadro epidemiologico di tale territorio, più di quanto lo siano in altri casi. Il suggerimento di eseguire uno studio di coorte professionale era emerso dalle considerazioni sui risultati degli studi descrittivi relativi alla mortalità e alla morbosità per i

residenti nel comune di Gela; veniva suggerita la componente professionale come possibile causa di alcuni aumenti di rischio registrati nella popolazione residente nella città (Martuzzi et al 2002; Fano et al 2005). I risultati dello studio di coorte, pur nei loro limiti, tendono a suggerire ipotesi alternative. Infatti, nella coorte professionale si verifica un deficit generale nel rischio rispetto alle popolazioni di riferimento, anche per le patologie di maggiore interesse *a priori*. Se si concentra l'attenzione su cause di decesso specifiche, come il tumore polmonare, per il quale proprio nella popolazione di Gela è stata osservata una tendenza all'aumento nel tempo della mortalità nei giovani adulti, si osserva un SMR di 0.68 (IC90% 0.56-0.83). Tale dato si riscontra anche in altre coorti di petrolchimici, è associabile a diversi fattori descritti nella sezione "Discussione" dell'ALLEGATO 1, tra i quali sono di particolare rilievo quelli di selezione della popolazione lavorativa e, nel caso di Gela, può essere spiegato, almeno in parte, dal divieto assoluto di fumo negli ambienti di lavoro (con l'eccezione di alcuni appositi spazi) a partire dal 1963 (comunicazione interna N. 181 della direzione generale ANIC Gela). Il fatto che la coorte presenti un'età media alla fine del follow-up inferiore ai 60 anni, suggerisce una verifica di questo dato con un aggiornamento nel prossimo futuro. La verifica effettuata tramite analisi interna alla coorte di un aumentato rischio di mortalità per tumore polmonare nei lavoratori probabili residenti, rispetto a quelli possibili pendolari, pur nei suoi notevoli limiti, legati principalmente alle assunzioni per le definizioni di residenzialità e pendolarismo, è compatibile con quanto osservato nello studio caso controllo geografico e con i dati descrittivi relativi alla mortalità e alla morbosità. Infatti, una lettura integrata di tali risultati, porta a suggerire una componente ambientale al rischio di mortalità e morbosità per patologie dell'apparato respiratorio. Peraltro questa osservazione sul fronte del danno sanitario è associabile in prima approssimazione con i dati di monitoraggio ambientale, relativi a materiale organico ed inorganico (aghi di pino e campioni di terreno), che indicano un inquinamento da metalli pesanti per ricadute dalle emissioni del petrolchimico (Bosco et al 2005; Manno et al 2006).

### *9.3 Studi di coorte nei siti inquinati: nuove esigenze, nuovi riferimenti*

Gli obiettivi degli studi di coorte professionale in siti inquinati possono essere molteplici e vanno al di là delle esigenze di inferenza eziologica relative alle singole esposizioni professionali (Pasetto e Pirastu 2006 a). In merito a quest'ultime il singolo studio di coorte può dare informazioni sul rapporto causale, principalmente verificando i criteri della sequenza temporale e della forza di associazione, può dare inoltre indicazioni sulla relazione dose-risposta in funzione della disponibilità dei dati sull'esposizione e sui confondenti (Hill 1965). Lo studio di coorte può essere utilizzato anche a fini di sorveglianza epidemiologica sia di effetti di esposizioni professionali (Checkoway et al 2004) che ambientali (Pesatori et al 2004). Le indagini di coorte retrospettive

storiche forniscono un quadro storico del “carico di malattia” della popolazione studiata o su *sottopopolazioni* caratterizzate per qualche specifico aspetto dell’inquinamento in studio.

Studi di coorte prospettici potrebbero consentire di monitorare il “carico di malattia” con una migliore caratterizzazione dell’esposizione, verificando potenziali effetti a breve e a lungo termine. Inoltre, nel caso di operazioni di bonifica, potrebbero consentire di verificare in termini sanitari l’efficacia degli interventi eseguiti. Sia gli studi retrospettivi storici che quelli prospettici, possono contribuire all’individuazione di priorità di ordine sanitario di cui tenere conto nella definizione o rimodulazione degli interventi di risanamento ambientale.

Lo studio di epidemiologia analitica in generale può contribuire alla caratterizzazione epidemiologica di un sito inquinato, può dare cioè risposte a quesiti specifici emersi dalla valutazione descrittiva del profilo epidemiologico di una popolazione, ottenuta ad esempio dalla valutazione della mortalità e morbosità con studi ecologici a livello comunale. Gli obiettivi da perseguire possono variare in relazione alle esigenze del contesto particolare, dando peso soprattutto alle evidenze già acquisite riguardo l’inquinamento, ad esempio nei siti oggetto di bonifica, alle evidenze sulla caratterizzazione dell’area (Cori e Tassoni 2005).

In un contesto complesso come quello della realtà di Gela, in cui nell’arco di pochi anni si è registrata una trasformazione radicale e repentina della economia (da esclusivamente agricola a prevalentemente industriale), del territorio, delle dimensioni sociali, il contributo principale del singolo studio epidemiologico, non sembra essere quello della valutazione dell’associazione tra esposizioni ambientali ed esiti sanitari per inferire informazioni eziologiche. Gli aspetti maggiormente rilevanti sembrano essere altri e sono legati, da una parte alla dimensione della comunicazione, in cui si tenta di rispondere alla richiesta di chiarimenti da parte della popolazione circa l’eventuale impatto sanitario della realtà produttiva del petrolchimico, dall’altra al contributo alla programmazione ed esecuzione degli interventi di risanamento ambientale, secondo priorità che abbiano a riferimento anche le evidenze sanitarie. L’emergere di queste esigenze è testimoniato nell’esperienza personale dal coinvolgimento, durante il biennio 2005-2006, in un altro studio di coorte professionale relativo ad un’industria di produzione e recupero di catalizzatori esausti, presente nel territorio del comune di Roma. Tale studio è stato svolto su pressione delle associazioni di cittadini che hanno chiesto chiarimenti sul possibile danno sanitario da inquinamento ambientale che avesse come sorgente l’industria (Pasetto et al 2006 c).

Se gli obiettivi sopra evidenziati vengono individuati come principali, l’urgenza, fatti salvi i requisiti per la maggiore validità del singolo studio, sarà quella di raccogliere i dati con i mezzi disponibili in funzione del contesto contingente (Savitz 2003). In questo caso, non si avranno le ambizioni di ottenere una risposta univoca alle ipotesi in indagine, né tanto meno la

generalizzazione dei risultati ad altri contesti (ancorché questo possa essere qualche volta possibile); si tenterà invece di ottenere da ogni singolo studio posto in essere, compreso quello di coorte occupazionale, un contributo, il migliore possibile, al percorso di “caratterizzazione epidemiologica” che nel suo insieme, fatti salvi i limiti propri della disciplina, fornirà una risposta complessiva.

Di fronte a queste esigenze generali nello studio epidemiologico dei siti inquinati e particolari riguardo al caso specifico di Gela, si sottolinea la necessità di sviluppare approcci interdisciplinari con nuovi strumenti di elaborazione di singole informazioni e di integrazione delle conoscenze acquisite tra di loro (Bianchi et al 2006 a. e c.). In questa prospettiva sembrano di grande interesse gli strumenti concettuali e operativi elaborati per l’applicazione del Principio di Precauzione e per la Valutazione di Impatto Sanitario (WHO 2006; Martuzzi 2006; Martuzzi e Cocchi 2006). Infatti, tali approcci tendono alla valutazione dei segnali deboli e anticipatori relativi al rischio, all’integrazione delle conoscenze, alla valutazione di scenari alternativi, a fornire indicazioni utili per prendere delle decisioni pratiche per gestire e ridurre il rischio privilegiando le politiche di inclusione.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Basset MT. Public health advocacy. *Am J Public Health* 2003; 93: 1204.
- Bertollini R, Fabbri M, Di Tanno N. eds. *Ambiente e Salute in Italia*. Il pensiero Scientifico ed. Roma: Organizzazione Mondiale della sanità, Centro Europeo Ambiente e Salute. Divisione di Roma (1997); pag. 459-464.
- Bianchi F. Metodi e strumenti per studi epidemiologici su eventi riproduttivi su base geografica in Italia, con particolare riferimento ai registri delle anomalie congenite. In Cori L, Cocchi M, Comba P. *Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai fondi strutturali dell'Unione Europea*. Rapporti ISTISAN 05/01, 2005, pag 75-98.
- Bianchi F, Bianca S, Dardanoni G et al. Malformazioni congenite nei nati residenti nel comune di Gela (Sicilia, Italia). *Epidemiol Prev* 2006 a; 30: 19-26.
- Bianchi F, Comba P (eds.). *Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali prospettive di equità*. Rapporti ISTISAN 19/06 2006 b.
- Bianchi F, Biggeri A, Cadum E, et al. *Epidemiologia ambientale e aree inquinate in Italia*. *Epidemiol Prev* 2006 c; 30: 146-152.
- Bianchi F, Bianca S, Minichilli F, Pierini A, Protti M. Studio caso-controllo sul rischio di malformazioni congenite nel comune di Gela. In atti del convegno "Epidemiologia: una disciplina tante applicazioni". Palermo, 4-6 ottobre 2006 d; pag 186.
- Bosco ML, Barrica D, Dogarrà G. Case study: inorganic pollutants associated with particulate matter from an area near a petrochemical plant. *Environmental Research* 2005; 99: 18-30.
- Botti C, Comba P, Pasetto R. Il principio di precauzione e la responsabilità degli scienziati. *Scienza Esperienza* 2003; 0: 13.
- Calman KC. Communication of risk: choice, consent, and trust. *Lancet* 2003; 360: 166-168.
- Cernigliaro A et al. Mortalità e ricoveri ospedalieri nella popolazione di Biancavilla (CT) con esposizione cronica a fibre naturali. *Epidemiologia e Prevenzione* 2006; 30: 227-231.
- Checkoway H, Pearce N, Kriebel D. *Research methods in occupational epidemiology*. Oxford: University press; 2004.
- Comba P, Belli S, Pasetto R, Pirastu R. Studi di epidemiologia analitica nei siti di interesse nazionale per le bonifiche. In Cori L, Cocchi M, Comba P. *Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai fondi strutturali dell'Unione Europea*. Rapporti ISTISAN 05/01, 2005, pag 115-122.

- Cori L, Cocchi M, Comba P (eds.). Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'Unione Europea. Rapporti ISTISAN 01/05.
- Cori L, Tassoni E. Attività di bonifica e fondi strutturali. In Cori L, Cocchi M, Comba P (Ed.). Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'Unione Europea. Roma: Istituto Superiore di Sanità. Rapporti ISTISAN 05/1, 2005, pag 7-34.
- Cori L. Finalità e criticità del processo di comunicazione. In Bianchi F, Comba P (eds). Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali prospettive di equità. Rapporti ISTISAN 19/06, 2006, pag 85-114.
- Crosignani P, Nesti M, Audisio R, et al. Un sistema di monitoraggio per I tumori di origine professionale. *Medicina del Lavoro* 2005; 96: 33-41.
- Fano V, Cernigliaro A, Scondotto S, et al. Stato di salute nella popolazione delle aree a rischio di crisi ambientale e nei siti di interesse nazionale della Sicilia: analisi della mortalità (aa 1995-200) e dei ricoveri ospedalieri (aa 2001-2003). O.E. Notiziario della regione Sicilia Assessorato Sanità (numero monografico), luglio 2005.
- Fano V, Cernigliaro A, Scondotto S, et al. Analisi della mortalità (1995-2000) e dei ricoveri ospedalieri (2001-2003) nell'area industriale di Gela. *Epidemiol Prev* 2006 a.; 30: 27-32.
- Fano V, Forestiere F, Papini P, Tancioni V, Di Napoli A, Peducci CA. Mortalità e ricoveri ospedalieri nell'area industriale di Civitavecchia, anni 1997-2004. *Epidemiologia e Prevenzione* 2006; 30: 221-226.
- Fazzo L, Tancioni V, Vanacore N, et al. Cause specific morbidity study of a population exposed to 50 Hz magnetic fields. In atti del convegno "Science, population diversità, caution and precaution", International conference on environmental epidemiology & exposure. Paris 2-6 settembre 2006, pag 115.
- Hill Bradford A. The environment and disease: Association or causation? *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. 1965; 58: 295-300.
- Hyttén E, Marchioni M. Industrializzazione senza sviluppo. Gela: una storia meridionale. Milano, Franco Angeli, 1970.
- ISTAT. XIV censimento generale della popolazione e delle abitazioni, 2001.
- Lambert TW, Soskolne CL, Begum V, James H, Dossetor JB. Ethical perspectives for environmental health: fostering autonomy and the right to know. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 133-137.

- Legambiente. La chimera delle bonifiche. L'urgenza del risanamento ambientale in Italia. Roma, 10 maggio 2005.
- Manno E, Barrica D, Dogarrà G. Metal distribution in road dust samples collected in an urban area closet o a petrochemical plant at Gela, Sicily. *Atmospheric Environment* 2006; 40: 5929-5941.
- Martuzzi M, Biggeri A, Terracini B, Bertollini R. Ambiente e stato di salute nella popolazione delle aree ad alto rischio di crisi ambientale in Italia. *Epidemiologia e Prevenzione* 2002; 26(suppl): 1-53.
- Martuzzi M. La valutazione di impatto sanitario è uno strumento democratico e complesso al servizio della sanità pubblica. Ma funziona? *Epidemiologia e Prevenzione* 2006; 30: 5-7.
- Martuzzi M, Cocchi M. Valutazione di impatto sanitario: uno strumento di valutazione e di partecipazione. In Bianchi F, Comba P (eds). *Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali prospettive di equità. Rapporti ISTISAN 19/06, 2006, pag 71-77.*
- Minkler M, Blackwell AG, Thompson M, Tamir H. Community-based participatory research: implications for public health funding. *Am J Public Health* 2003; 93: 1210-1213.
- Panvini R. Gela Capo Soprano. Le testimonianze archeologiche. Guida turistica locale.
- Parlagreco S. Storia di un libro e di una città. Introduzione al libro "Industrializzazione senza sviluppo" di Hytten M, Marchionni M, 1970. Supplemento a cronache Parlamentari siciliane, 1 gennaio 1991. Disponibile <http://www.parlagreco.it/>
- Pasetto R, Fazzo L. Gli studi di epidemiologia ambientale nelle aree oggetto di bonifica: contributo ai processi decisionali. In atti del convegno "L'epidemiologia per la politica, la politica dell'epidemiologia". Pisa 7-9 settembre 2005; pag 17.
- Pasetto R, Pirastu R. Lo studio di coorte nei siti inquinati. *Rapporti ISTISAN 19/06, 2006 a, pag 34-50.*
- Pasetto R, Pirastu R, Comba P. Lo studio di coorte nei siti inquinati: i casi studio di Portoscuso e Gela. In atti del convegno "Epidemiologia per la sorveglianza. Dal disegno alla comunicazione". Roma, Istisan Congressi 2006 b; pag 82.
- Pasetto R, Bosco MG, Palange S et al. Mortality study of employees in a factory of recovery and refining of catalytic converters in Rome, Italy. *Ann Ist Sup Sanità* 2006 c; 42: 156-162.
- Pasetto R, Bracci C, Comba P, Pirastu R. Contributo dello studio di coorte all'analisi del rischio occupazionale ai fini giudiziari: considerazioni sulla base di un'esperienza. *Epidemiologia e Prevenzione*, sottoposto per pubblicazione.

- Pellegrino P. Amministrazione aperta: scelte condivise, politiche efficaci. *Micron* (rivista di informazione ARPA Umbria) 2006; 5: 10-12.
- Pesatori AC, Consonni D, Bachetti S, et al. Short- and long-term morbidity and mortality in the population exposed to dioxin after the “Seveso accident”. *Ind Health* 2003; 41: 127-38.
- Pietra I. *Mattei la pecora nera*. Milano, SugarCo, 1987.
- Savitz DA. *Interpreting epidemiologic evidence*. Oxford, Oxford University press, 2003.
- Sterne JAC, Davey Smith G. Sifting the evidence what’s wrong with significance test? *BMJ* 2001; 322: 226-231.
- Wartemberg D. Ethics in community-based environmental epidemiology and public health practice: some considerations. *Sci Tot Environ* 1996; 184: 109-112.
- WHO Europe. *Dealing with uncertainty: setting the agenda for the 5th Ministerial Conference of Environment and Health, 2009*. Report of a WHO meeting, Copenhagen 15-16 December 2005, Disponibile  
[http://www.euro.who.int/Document/HMS/uncertainty\\_mtgrep.pdf](http://www.euro.who.int/Document/HMS/uncertainty_mtgrep.pdf)
- Wong O, Raabe G. A critical review of cancer epidemiology in the petroleum industry, with a meta-analysis of a combined database of more than 350,000 workers. *Regul Toxicol Pharmacol* 2000; 32: 78-98.

**MORTALITA' NEI LAVORATORI DELLA COORTE DEL PETROLCHIMICO DI GELA  
1960-2002**

**MORTALITY IN THE COHORT OF WORKERS OF THE PETROCHEMICAL PLANT IN  
GELA (SICILY) 1960-2002**

Roberto Pasetto<sup>1</sup>, Annibale Biggeri<sup>2</sup>, Pietro Comba<sup>1</sup>, Roberta Pirastu<sup>3,1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di ambiente e connessa prevenzione primaria, Istituto superiore di sanità, Roma

<sup>2</sup>UO Biostatistica, CSPO, Istituto scientifico Regione Toscana e Dipartimento di statistica "G. Parenti", Università di Firenze

<sup>3</sup>Dipartimento di biologia animale e dell'uomo, Università La Sapienza, Roma

**Corrispondenza:** Roberto Pasetto, Istituto superiore di sanità, Dipartimento di ambiente e connessa prevenzione primaria, Reparto di epidemiologia ambientale, viale Regina Elena 299, 00161 Roma; e-mail: [pasetto@iss.it](mailto:pasetto@iss.it)

**Cosa si sapeva già** studi di epidemiologia descrittiva sulla mortalità e sui ricoveri ospedalieri relativi al comune di Gela indicavano l'opportunità di effettuare uno studio di coorte occupazionale che descrivesse il profilo delle patologie nei lavoratori del petrolchimico presente nelle immediate vicinanze del centro abitato. Veniva suggerita una possibile componente professionale come causa del trend di mortalità in crescita per alcune cause tumorali, in modo particolare per il tumore al polmone, nelle generazioni più giovani degli uomini dell'area a rischio di crisi ambientale di Gela.

**Cosa si aggiunge di nuovo** l'analisi preliminare della mortalità dei soggetti che hanno iniziato il lavoro nel petrolchimico di Gela nel periodo 1960-1993 non evidenzia eccessi "significativi" per le patologie associate alle potenziali esposizioni professionali in quel contesto lavorativo. Una sottostima del rischio per patologie rare, come sono quelle neoplastiche di particolare interesse *a-priori* (cute, sistema linfematopoietico, polmone, vescica, rene, fegato, encefalo, pleura), potrebbe risultare dall'effetto lavoratore sano, dalla difficoltà di attribuzione di specifiche esposizioni in un contesto di molteplici esposizioni variabili in intensità e durata e dalla proporzione non esigua di decessi con causa non specificata.

## **Riassunto**

**Obiettivi** studiare il profilo della mortalità dei lavoratori del petrolchimico di Gela

**Disegno** è stata ricostruita la coorte dei lavoratori del petrolchimico che hanno lavorato nel periodo 1960-2002, attraverso i dati presenti nei libri matricola. Per lo stesso periodo è stato eseguito il follow-up dello stato in vita consultando le anagrafi comunali e l'anagrafe tributaria. Per i soggetti deceduti sono state acquisite le cause di morte da certificato necroscopico o scheda ISTAT di decesso, codificando il decesso secondo le regole ICD in vigore nell'anno di accadimento. L'analisi è stata ristretta ai 6458 uomini assunti nel periodo 1960-1993. Sono stati calcolati gli SMR utilizzando come riferimento i tassi di mortalità specifici per genere e classi quinquennali di età e calendario della regione Sicilia.

**Setting** impianto petrolchimico di Gela.

**Outcomes principali** Rapporto Standardizzato di Mortalità (SMR) per grandi cause e cause specifiche di decesso.

**Risultati** l'SMR per tutte le cause è risultato 0.70 (662 decessi, IC 90% 0.66-0.74), per tutti i tumori maligni 0.71 (210 decessi, IC 90% 0.63-0.79). Per le cause di interesse *a priori*, le neoplasie con le seguenti sedi: cute, sistema linfoematopoietico, polmone, vescica, rene, fegato, encefalo, pleura, sulla base delle evidenze eziologiche relative al settore petrolchimico, i valori puntuali degli SMR hanno intervalli di confidenza al 90% con il limite inferiore che non risulta mai superiore all'unità.

**Conclusioni** l'effetto lavoratore sano, l'attuale mancanza di categorizzazione dell'esposizione in funzione del tempo e l'alta proporzione di decessi con causa di morte mancante, possono contribuire ad una sottostima del rischio di morte in modo particolare per le patologie rare come sono quelle di maggiore interesse *a-priori*. Lo studio potrebbe essere maggiormente informativo solo se saranno possibili categorizzazioni dell'esposizione con informazioni il più possibile *proxy* delle reali esposizioni individuali nel tempo.

**Parole chiave:** petrolio; industria chimica; studio di coorte; mortalità

## **Abstract**

**Objective** To study mortality of male workers employed in the petrochemical plant located in Gela, Italy.

**Design** A cohort of 6458 workers employed in the period 1960-1993 was enumerated from company payrolls, follow-up was between November 1, 1960 and December 31, 2002. Ascertainment of vital status was completed through Registrar's office at the place of residence/birth and linkage to the Internal Revenue Service database. Causes of death were retrieved from Registrar's office at the place of death and the National Death Index and coded using the ICD Revision at the time of death. The cause specific expected mortality was computed relative to Sicily Region, specific for gender, 5-year age groups and calendar year.

**Setting** Petrochemical plant in Gela, Italy.

**Main outcome measures** Cause specific Standardized Mortality Ratios (SMRs) and 90% confidence interval (CI).

**Results** Observed mortality was below expected for all causes (662 cases, SMR 0.70, 90% CI 0.66-0.74) and all malignant tumours (210 cases, SMR 0.71, 90% CI 0.63-0.79). For the cancer sites of *a priori* interest in the petrochemical industry (skin, lymphatic and hematopoietic tissues, lung, bladder, kidney, liver, brain, pleura) the lower confidence interval of the SMR is never upper than unity.

**Conclusions** In the cohort the *Healthy Worker Effect*, the lack of information on exposure and the high percentage of missing causes of deaths (7.6%) can result in an underestimation of mortality specifically for rare diseases as the ones of *a priori* interest. Information and classification of exposure over time are envisaged developments to better describe the mortality pattern of the Gela cohort.

**Key words:** petroleum; chemical industry; cohort study; mortality

## **Introduzione**

Obiettivo della presente indagine è studiare la mortalità per causa specifica dei soggetti dipendenti del Petrolchimico di Gela negli anni 1960-2002.

L'area del comune di Gela e quella dei due comuni limitrofi di Niscemi e Butera, è stata inclusa tra le aree ad elevato rischio di crisi ambientale nel 1990 (Legge n. 349/1986). Successivamente, nel 1998, un'estesa area del comune di Gela è stata dichiarata Sito di interesse nazionale per le bonifiche (Legge n. 426/1998, DM 10/1/2000). I siti oggetto di bonifica sono aree "inquinata", dove cioè "i livelli di contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche del suolo o del sottosuolo o delle acque superficiali o delle acque sotterranee sono tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito" (art. 2 DM 471/1999, Regolamento attuativo dell'art. 17 DL.vo 22/1997 sugli interventi di Bonifica). Approfondimenti relativi all'argomento dei siti oggetto di bonifica e alle indagini epidemiologiche in tali contesti, sono presentati in due recenti rapporti prodotti in collaborazione tra Ministero dell'Ambiente, Ministero della Salute e Istituto Superiore di Sanità.<sup>1,2</sup> Il sito di Gela risulta caratterizzato dalla presenza di un'ampia area industriale, polo petrolchimico, raffinerie, centri di stoccaggio oli, oleodotti, produzione di cemento-amianto. Per un approfondimento sulle evoluzioni dei provvedimenti relativi al sito inquinato di Gela, si rinvia alla scheda recentemente pubblicata su questa stessa rivista.<sup>3</sup> Riconosciuto ufficialmente l'impatto ambientale a livello istituzionale e amministrativo, negli anni recenti sono state sviluppate iniziative per valutare *a posteriori* l'eventuale impatto sanitario. Gli studi di prima generazione effettuati sulla popolazione residente nell'area di Gela sono stati studi descrittivi relativi alla mortalità<sup>4-6</sup>, ai ricoveri ospedalieri<sup>6</sup> e alle malformazioni congenite<sup>7</sup>.

Il polo petrolchimico di Gela è uno dei più grandi in Europa e numerose sono state le lavorazioni dei prodotti del petrolio: la raffinazione del greggio, la produzione di fertilizzanti, quella di acido fosforico e solforico, dei prodotti di base come l'etilene, l'acrilonitrile, i glicoli ed altri ancora. Numerose società hanno lavorato contemporaneamente o si sono succedute all'interno del petrolchimico (Figura 1.).

Le cause di interesse *a priori* sono state considerate quelle per cui c'è una qualche evidenza epidemiologica per l'osservazione in più studi relativi al settore petrolchimico di un aumento della stima di rischio. A tale riguardo l'evidenza epidemiologica relativa alla raffinazione del petrolio è sostenuta anche da valutazioni della IARC, che ha classificato i prodotti del petrolio nella categoria dei probabili cancerogeni per l'uomo (2A), per le sedi tumorali della cute,<sup>8-10</sup> e del sistema

linfoematopoietico;<sup>8,11-14</sup> inoltre aumenti di rischio sono stati osservati in alcuni studi epidemiologici per altre sedi: il tumore del polmone,<sup>15-18</sup> della vescica,<sup>9,13,17</sup> del rene<sup>9,19</sup> del fegato,<sup>9,20</sup> e dell'encefalo.<sup>9,12</sup> L'evidenza relativa agli effetti sulla salute conseguenti alla presenza dell'amianto all'interno dei poli petrolchimici risale agli anni '60<sup>21</sup>, si è consolidata negli anni '80<sup>22,23</sup> e, per l'Italia è stata documentata, come rischio di mesotelioma, nelle raffinerie della Liguria.<sup>24,25</sup>

Per quanto riguarda gli studi di addetti alle industrie chimiche di sintesi, formulazione, estrazione e applicazione di prodotti chimici, una metanalisi del 2001, finanziata dall'American Chemistry Council (federazione di industrie statunitensi), relativa a studi di coorte di industrie degli Stati Uniti e dell'Europa occidentale e con outcomes di mortalità e/o incidenza tumorali, ha segnalato un eccesso da debole a moderato per il tumore del polmone e della vescica e un incremento pari al 10-15 % per i tumori del tessuto linfoematopoietico.<sup>26</sup>

## **Materiali e metodi**

### *Definizione della coorte, fonte dei dati e accertamento dello stato in vita*

I libri matricola rappresentano la fonte dei dati individuali dei dipendenti delle società presenti nel Petrolchimico dal 1960 al 2002, non sono incluse le ditte che hanno lavorato in regime di appalto. La storia lavorativa dei membri della coorte è stata registrata a partire da 20 libri matricola; per l'inserimento si è proceduto dal più remoto al più recente dei libri. Il software di inserimento dati, "Dama di Coorte", messo a punto presso il reparto di Epidemiologia Ambientale del Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria dell'Istituto Superiore di Sanità, è dotato di procedure che permettono a) l'inserimento di ogni individuo seguendone il passaggio da una società alla successiva b) l'identificazione dei soggetti duplicati e la loro successiva eliminazione. La gran parte dei soggetti presenti nella coorte risultano aver lavorato in più aziende all'interno del petrolchimico. Nei libri matricola sono presenti le date di inizio lavoro presso ogni singola azienda mentre, non sempre, sono disponibili le date di fine lavoro. Per questo motivo non è possibile valutare la durata lavorativa per ciascun soggetto.

La coorte è risultata costituita da 7147 soggetti (6961 uomini e 186 donne) in servizio presso il petrolchimico di Gela dal 01/11/1960 (data dell'apertura dello stabilimento) al 31/01/2002. L'accertamento dello stato in vita (follow-up) è stato eseguito per l'intero periodo, verificandolo tramite la consultazione in prima istanza delle anagrafi comunali e successivamente dell'anagrafe tributaria. Quest'ultima fonte informativa, consultata a partire dall'anno 2000, permette di valutare lo stato in vita fino all'ultimo anno in cui risulta una dichiarazione dei redditi. Nel caso l'ultima

dichiarazione fosse relativa ad anni precedenti (2000 o 2001) quello del termine del follow-up e non fossero presenti informazioni sul decesso, i soggetti sono stati considerati persi al termine dell'anno di ultima dichiarazione. Per i soggetti deceduti sono state acquisite le cause di morte da certificato necroscopico o scheda ISTAT di decesso; tali cause sono state poi codificate da un codificatore esperto secondo le regole di classificazione in vigore nell'anno del decesso. Un modesto numero di cause di morte sono state acquisite tramite una procedura di record linkage individuale con la banca dati epidemiologica dell'ENEA.

### *Analisi*

La mortalità osservata nella coorte è stata raffrontata a quella attesa in base ai tassi di mortalità della popolazione residente nella regione Sicilia, specifici per causa, genere, età e periodo di calendario (classi quinquennali). Inizialmente è stata scelta la popolazione regionale per il confronto perché, in linea di principio, dovrebbe rappresentare, meglio del riferimento nazionale, l'esperienza di mortalità della popolazione da cui proviene la coorte; con tale scelta si dovrebbe indirettamente tenere in conto di eventuali specificità di tipo socio-economico e/o di esposizione ambientale che possono differire tra il livello locale e nazionale.<sup>27</sup> Tuttavia, l'indicazione che il personale assunto nello stabilimento, in particolare nel primo periodo di attività, fosse in parte costituito da manodopera proveniente da Regioni diverse dalla Sicilia,<sup>28</sup> ha portato a ripetere le analisi anche con i tassi di riferimento nazionali. La presenza nella coorte di Gela di immigrati per lavoro presso il petrolchimico da Regioni diverse dalla Sicilia, è stata valutata indirettamente dai dati anagrafici relativi al luogo di nascita. Al periodo 1960-1970 sono stati applicati i tassi di mortalità relativi al primo quinquennio disponibile, 1970-'75. Inoltre, i tassi di mortalità relativi al periodo 1995-98 (i più recenti forniti dall'ISTAT e disponibili su supporto magnetico presso l'Istituto Superiore di Sanità al momento dell'analisi) sono stati applicati anche ai periodi 1995-1999 e 2000-2002, si ricorda che questa è prassi comune negli studi di coorte, dal momento che i dati ISTAT di mortalità vengono consuetamente resi disponibili con qualche anno di ritardo a causa dei numerosi controlli ai quali vengono sottoposti.

L'analisi di mortalità ha riguardato i soli uomini ed è stata condotta per la coorte di coloro che hanno lavorato presso il Petrolchimico dall'apertura dello stabilimento, il 1 novembre 1960, al 31 dicembre 1993. La scelta di analizzare la coorte di coloro che hanno lavorato presso il Petrolchimico fino al 31 dicembre 1993 si basa sul criterio di restrizione che garantisce una durata minima del follow-up di 10 anni per tutti i membri della coorte. I soggetti persi al follow-up, per i quali risultavano informazioni relative ai periodi lavorativi come desunte dai libri matricola, sono stati considerati persi dopo l'ultima data disponibile nella storia lavorativa. E' stata eseguita una

seconda analisi attribuendo i decessi con causa mancante alle diverse categorie di decesso, in modo proporzionale alla distribuzione dei decessi osservata.

Le analisi sono state eseguite tramite il software Stata 8.0 e la mortalità per causa è stata espressa attraverso il calcolo del Rapporto Standardizzato di Mortalità (SMR); ad ogni SMR è stato associato l'intervallo di confidenza (IC) al 90% calcolato con il metodo della massima verosimiglianza. La scelta di utilizzare gli IC al 90% è stata fatta in quanto è ipotizzato *a priori* un incremento di rischio per le cause di decesso a possibile eziologia lavorativa nel contesto di un petrolchimico, si è voluto pertanto concentrare l'attenzione sull'ipotesi di un aumento di associazione per quelle sedi.<sup>29</sup> Lo studio è caratterizzato da una potenza statistica relativamente bassa, in particolare per i tumori più rari per i quali la potenza stimata varia tra il 30% ed il 60% in relazione alle sedi tumorali considerate di maggiore interesse *a-priori*.<sup>30,31</sup>

## **Risultati**

La coorte degli uomini assunti dal 1960 al 1993 è risultata composta da 6458 soggetti per un totale di 204890 anni persona. Le procedure di valutazione dello stato in vita attraverso fonti amministrative e fiscali, hanno permesso tale accertamento per circa il 95% della coorte. La tabella 1. mostra come la maggior parte dei dipendenti (58%) sia stata assunta nei primi dieci anni di attività del complesso. Le morti registrate sono state 662, i persi al follow-up sono 268 (4,1%). La causa di morte non è stata reperita per circa il 8% del totale dei decessi. Circa il 17% dei lavoratori assunti nei primi due anni di attività dello stabilimento, risultano nati in Regioni diverse dalla Sicilia, tale percentuale scende allo 11% (748 soggetti) per l'intera coorte. La tabella 2. mostra i risultati dell'analisi degli SMR (Standardized Mortality Ratio). Essa evidenzia una mortalità inferiore all'atteso per tutte le cause (SMR 0,7; 662 osservati, oss; IC 90% 0,66-0,74) e per tutti i tumori (SMR 0,71; 210 oss; IC 90% 0,63-0,79) Le cause tumorali di maggiore interesse *a-priori* che mostrano incrementi sono la pleura (SMR 1,73; 4 oss; IC 90% 0,78-3,95), e la leucemia mieloide (SMR 1,25; 6 oss; IC 90% 0,64-2,45).

L'analisi effettuata attribuendo in modo proporzionale i decessi con causa mal definita alle diverse categorie non ha evidenziato sostanziali differenze nelle stime degli SMR. Inoltre, le analisi effettuate prendendo a riferimento i tassi nazionali non hanno portato a stime degli SMR per le cause di maggiore interesse *a-priori*, sostanzialmente diverse di quelle ottenute con il riferimento regionale.

La tabella 3. mostra gli SMR per tutte le cause di decesso per latenza, intesa come anni trascorsi dall'assunzione. La stima puntuale degli SMR è inferiore all'atteso nelle diverse categorie di latenza e ha un valore lievemente superiore rispetto alle altre categorie in quella con latenza

minore di 1 anno, sulla base di 7 casi osservati; di questi 4 risultano deceduti per causa violenta mentre per 3 non è nota la causa di decesso.

## **Discussione**

Le procedure per l'enumerazione della coorte, quelle applicate nel follow-up, la completezza dell'informazione sullo stato in vita, così come anche le procedure di codifica delle cause di morte, sono conformi ai riferimenti proposti per gli studi di coorte occupazionale.<sup>27</sup>

L'osservazione, nella coorte dei dipendenti del Petrolchimico di Gela assunti dal 1960 al 1993, di una diminuita mortalità per tutte le cause, a cui contribuisce il deficit per le malattie dell'apparato circolatorio, respiratorio e digerente rientra molto probabilmente nel fenomeno comunemente definito "Effetto Lavoratore Sano" (ELS) che può essere spiegato con processi selettivi e autoselettivi all'accesso al lavoro, e con una permanenza al lavoro con modalità che selezionano i soggetti con un migliore stato di salute.<sup>27</sup> I risultati della presente indagine mostrano una mortalità inferiore all'attesa anche per le cause neoplastiche, in riferimento alle quali la valutazione dell' ELS è più articolata.<sup>32</sup> I primi autori che si erano occupati di questo fenomeno, sostenevano generalmente che l'ELS non si applica alla patologia tumorale. Nel 1986 Sterling & Weinkam indicavano che in realtà se un soggetto è assunto da giovane in funzione del suo buono stato di salute, l'ELS persiste nel tempo e sarà nel complesso analogo per tutte le cause di morte, comprese quelle tumorali.<sup>33</sup> Carpenter (1987) suggeriva che la selezione al momento dell'assunzione al lavoro opera non solo sullo stato di salute, ma anche su abitudini individuali quali il fumo e l'alcool, selezionando profili sanitari che influenzano favorevolmente la successiva esperienza di mortalità dei lavoratori anche riguardo ai tumori.<sup>34</sup> Axelson (1988) definiva "moderato" il fenomeno con riferimento alle cause neoplastiche.<sup>35</sup> Altri autori convergevano nel ritenere che l'ELS fosse nel complesso trascurabile con riferimento alla mortalità per tumori, essenzialmente per i motivi che sono stati esposti in precedenza.<sup>36-38</sup> Più recentemente si è avuta una rivalutazione del ruolo dell'ELS sulla mortalità per tumori. Uno studio epidemiologico policentrico sulla mortalità ha mostrato che fra i saldatori di acciaio inossidabile, categoria lavorativa qualificata sul piano professionale, si verifica un forte ELS che riguarda anche le cause neoplastiche; lo specifico incremento di rischio per tumore polmonare osservato fra questi soggetti, ed attribuito all'inalazione di agenti cancerogeni, può, secondo gli autori, essere stato sottostimato.<sup>39</sup> Conclusioni analoghe sono state formulate in uno studio su donne che avevano lavorato come tecnici di radiologia, dove è stata documentata una bassa mortalità per tutte le cause, tutti i tumori, tranne

quelli mammari<sup>40</sup> e in un altro studio su una coorte di lavoratori dell'industria nucleare, dove gli autori hanno mostrato un forte ELS esteso alla patologia tumorale, tenuto conto del quale si può valutare il rischio cancerogeno per il polmone.<sup>41</sup>

Nel complesso, quindi l'ELS riferito alle neoplasie può essere considerato di varia entità in relazione alle specifiche patologie considerate e alle caratteristiche proprie della popolazione lavorativa, che sono tuttavia difficilmente deducibili dai dati generalmente disponibili e raccolti per le coorti professionali.

Nel contesto specifico di Gela l'interpretazione dell'ELS è resa complessa anche per l'immigrazione associata al lavoro presso il petrolchimico, infatti il personale è stato in parte costituito da manodopera specializzata proveniente da regioni diverse dalla Sicilia e, in particolare dal nord-Italia.<sup>28</sup> A tale riguardo va sottolineato come i risultati ottenuti utilizzando i tassi di riferimento della popolazione nazionale, non hanno mostrato differenze sostanziali.

La diminuita mortalità per tutte le cause è in accordo con i risultati della più recente meta-analisi relativa agli addetti dell'industria chimica negli Stati Uniti ed in Europa<sup>26</sup> e, per le cause neoplastiche nel loro complesso, con i risultati della rassegna epidemiologica degli studi condotti nell'industria petrolifera di Stati Uniti, Gran Bretagna, Canada, Australia, Finlandia, Svezia ed Italia<sup>9</sup>. E' probabile che eventuali rischi nel settore dell'industria petrolifera, siano difficilmente rilevabili anche per le difficoltà legate alla valutazione dell'esposizione, rappresentando i prodotti lavorati non un rischio unico ma un insieme composito di esposizioni a idrocarburi del petrolio che variano come composizione in miscela, per intensità e durata.<sup>42</sup> Nel caso della coorte di Gela, la presenza di circa il 8% di cause di morte mancanti, potrebbe contribuire alla sottostima degli SMR, in modo particolare per le cause di decesso rare come quelle identificate come più consistenti *a-priori*. Inoltre, per quanto riguarda i tumori della cute va sottolineato che le neoplasie appartenenti a tale categoria risultano avere bassa letalità<sup>43</sup> e, quindi, lo studio della mortalità non è il modo più efficace per evidenziare eventuali aumenti di rischio.

Alla luce dei limiti dello studio, la sostenibilità della discussione relativa alle singole sedi dipenderà dalla possibilità di eseguire gli approfondimenti analitici che riguardino in particolare la valutazione dell'esposizione.

### **Ringraziamenti**

Il lavoro di Roberto Pasetto è stato parzialmente sostenuto dal Master di Epidemiologia, Università di Torino. Si ringrazia in modo particolare Dario Consonni per i suggerimenti nella fase di analisi dei dati.

**Conflitti di interesse**

Annibale Biggeri, Pietro Comba e Roberta Pirastu hanno svolto il lavoro relativo alla coorte del petrolchimico in qualità di CTU su incarico della Procura della Repubblica di Gela.

## **Bibliografia**

1. Cori L, Cocchi M, Comba P (a cura di). *Indagini epidemiologiche nei siti di interesse nazionale per le bonifiche delle regioni italiane previste dai Fondi strutturali dell'Unione Europea*. Roma, Rapporti ISTISAN 05/1, 2005.
2. Bianchi F, Comba P (a cura di). *Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali, prospettive di equità*. Roma, Rapporti ISTISAN 06/19, 2006.
3. L'area di Gela (scheda). *Epidemiol Prev* 2006; 30: 18.
4. Organizzazione Mondiale della Sanità, Centro Europeo Ambiente e Salute, Divisione di Roma. *Ambiente e salute in Italia*, 1997, pp 458-464.
5. Martuzzi M, Mitis F, Biggeri A, et al. Ambiente e stato di salute nella popolazione delle aree ad alto rischio di crisi ambientale in Italia. *Epidemiol Prev* 2002; 26 suppl: 28-30.
6. Fano V, Cernigliaro A, Scondotto S, et al. Analisi della mortalità (1995-2000) e dei ricoveri ospedalieri (2001-2003) nell'area industriale di Gela. *Epidemiol Prev* 2006; 30: 27-32.
7. Bianchi F, Bianca S, Dardanoni G, Linzalone N, Pierini A. Malformazioni congenite nei nati residenti nel Comune di Gela (Sicilia, Italia). *Epidemiol Prev* 2006; 30: 19-26.
8. International Agency for Research on Cancer. *Occupational exposures in petroleum refining*. IARC Monographs 1989; 25: 68-69.
9. Wong O, Raabe GK. A critical review of cancer epidemiology in the petroleum industry, with a meta-analysis of a combined database of more than 350,000 workers. *Regul Toxicol and Pharmacol* 2000; 32: 78-98.
10. Sorahan T, Nichols L, Harrington MJ. Mortality of United Kingdom oil refinery and petroleum distribution workers. *Occup Med* 2002; 52: 333-33.
11. Satin KKP, Bailey WJ, Newton KL, Ross AY, Wong O. Updated epidemiological study of workers at two Californian petroleum refineries, 1950-95. *Occup Environ Med* 2002; 59: 248-256.
12. Divine BJ, Hartman CM, Wendt JK. An update report on the Texaco mortality study 1947-1993: part I. Analysis of overall patterns of mortality. *Occup Environ Med* 1999; 56: 167-173.
13. Gun RT, Pratt NL, Griffith EC, Adams GG, Bisby JA, Robinson KL. Update of a prospective study of mortality and cancer incidence in the Australian petroleum industry. *Occup Environ Med* 2004; 61: 150-156.
14. Consonni D, Pesatori AC, Tironi A, Bernucci I, Zocchetti C, Bertazzi PA. Mortality study in an Italian Oil refinery: extension of the follow-up. *Am J Ind Med* 1999; 35: 287-294.

15. Boffetta P, Jourenkova N, Gustavsson P. Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *CCC* 1997; 8: 444-472.
16. Rosamilia K, Wong O, Raabe GK. A case-control study of lung cancer among refinery workers. *JOEM* 1999; 41: 1091-1103.
17. Lo Presti E, Sperati A, Rapiti E, Di Domenicantonio R, Forastiere F, Perucci CA. Mortalità per causa dei lavoratori della raffineria di Roma. *Med Lav* 2001; 92: 327-37.
18. Bertazzi PA, Pesatori AC, Zocchetti C, Latocca R. Mortality study of cancer risk among oil refinery workers. *Int Arch Occup Environ Health* 1989 ;61: 261-70.
19. Poole C, Dreyer NA, Saterfield MH, Levin L, Rothman KJ. Kidney cancer and hydrocarbon (HC) exposures among petroleum refinery workers. *Environ Health Perspect* 1993 ;101: 53-62.
20. Wang J-S, Groopman JD. Toxic liver disorders. In Rom WN. (eds). *Environmental & Occupational Medicine*. Philadelphia, Lippincott – Raven, 1998.
21. Eisenstadt HB, Wilson FW. Primary malignant mesothelioma of the pleura. *Lancet* 1960; 511-514.
22. Lilis R, Daum S, Anderson H, Andrews G, & Selikoff IJ. Asbestosis among maintenance workers in the chemical industry and in oil refinery workers. In: *Biological effects of mineral fibers*. Lyon: IARC Sci Publ No 30: 795-810, 1980.
23. International Agency for Research on Cancer 1989. Occupational exposures in petroleum refining; crude oil and major petroleum fuels. Lyons: IARC Sci Publ No 45;68-69, 1989.
24. Gennaro V, Ceppi M, Boffetta P, et al. Pleural mesothelioma and asbestos exposure among Italian oil refinery workers. *Scand J Work Environ & Health* 1994; 20: 213-215.
25. Gennaro V, Finkelstein MM, Ceppi M, et al. Mesothelioma and lung tumors attributable to asbestos among petroleum workers. *Am J Ind Med* 2000; 37: 275-282.
26. Greenberg RS, Mandel JS, Pastides H, Britton NL, Rudenko L, Starr TB. A Meta-Analysis of Cohort Studies Describing Mortality and Cancer Incidence among Chemical Workers in the United States and Western Europe. *Epidemiology* 2001; 12: 727-740.
27. Checkoway H, Pearce N, Kriebel D. *Research Methods in Occupational Epidemiology 2<sup>nd</sup> edition*. Oxford, Oxford University Press, 2004.
28. Hytten E, Marchioni M. *Industrializzazione senza sviluppo. Gela: una storia meridionale*. Milano, Franco Angeli, 1970.
29. Finkelstein MM. Asbestos-associated cancers in the Ontario refinery and petrochemical sector. *Am J Ind Med* 1996; 30: 610-615.
30. Hernberg S. "Negative" results in cohort studies - how to recognize fallacies. *Scand J Work Environ & Health* 1981; 7:121-126.

31. Ahlbom A, Axelson O, Støttrup Hansen E et al. Interpretation of “negative” studies in occupational epidemiology. *Scand J Work Environ & Health* 1990; 16:153-157.
32. Simonato L. Occupational factors. In Higginson J, Muir CS, Muñoz N (eds). *Human Cancer. Epidemiology and environmental causes*. Cambridge University Press, 2004.
33. Sterling T, Weinkman J. Extent, persistence, and constancy of the healthy person effect by all and selected causes of death. *J Occup Med* 1986; 28: 348-353.
34. Carpenter LM. Editorial. Some observations on the healthy worker effect. *Br J Ind Med* 1987; 44: 289-291.
35. Axelson O. Views on the healthy worker effect and related phenomena. In: *Report to the Workers' Compensation Board on the Healthy Worker Effect*. Industrial Disease Standards Panel. IDSP Report n. 3. Toronto, Ontario. June, 1988, pp. 12-17.
36. Monson RR. Observations on the healthy worker effect. *J Occup Med* 1986; 28: 425-433.
37. Howe GR, Chiarelli AM, Lindsay JP. Components and modifiers of the healthy worker effect: evidence from three occupational cohorts and implications for industrial compensation. *Am J Epidemiol* 1988; 128: 1364-1374.
38. Choi BCK. Definition, sources, magnitude, effect modifiers, and strategies of reduction of the Healthy worker effect. *J Occup Med* 1992; 34: 979-988.
39. Moulin JJ. A meta-analysis of epidemiologic studies of lung cancer in welders. *Scand J Work Environ & Health* 1997; 23: 104-113.
40. Morin Doody M, Mandel JS, Lubin JH et al. Mortality among United States radiologic technologists, 1926-90. *Cancer Causes Control* 1998; 9: 67-75.
41. Frome EL, Cragle DL, Watkins JP et al. A mortality study of employees of the nuclear industry in Oak Ridge, Tennessee. *Radiat Res* 1997; 148: 64-80.
42. Kriebel D, Wegman DH, Moure-Eraso R, Punnett L. Limitations of meta-analysis: cancer in the petroleum industry. *Am J Ind Med* 1990; 17: 269-271.
43. AIRT Working Group. Tumori della cute non melomatosi. In: *I tumori in Italia – Rapporto 2006. Incidenza, mortalità e stime*. *Epidemiol Prev* 2006; 30 supplemento 2: 54-55.

Fig. 1. Società del petrolchimico di Gela 1960-2002.

Fig. 1. Companies in Gela petrochemical plant, 1960-2002.

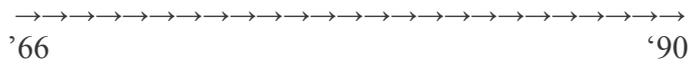
**ANIC GELA**



**ENICHEM**



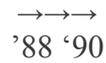
**ISAF**



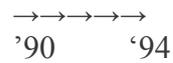
**ENICHEM AGRICOLTURA**



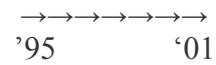
**RAFFINERIA SICILIANA**



**PARAOIL**



**POLIMERI EUROPA**



**AGIP PETROLI**



*Tabella 1. Sogetti vivi, morti e persi al follow-up per periodo di assunzione. Coorte uomini assunti 1960-1993.*

*Table 1. Live, dead and lost to follow-up by period of hire. Cohort of men hired, 1960-1993.*

	<b>Vivi</b>	<b>Morti (%)*</b>	<b>Persi (%)*</b>	<b>Tot.</b>
<b>Periodo di assunzione</b>				
1960-69	2972	543 (14,6)	206 (5,5)	3721
1970-79	1942	114 (5,4)	50 (2,4)	2106
1980-1993	614	5 (0,8)	12 (1,9)	631
Tot.	5528	662 (10,3)	268 (4,1)	6458

\*percentuale di riga

Tabella 2. Mortalità per grandi gruppi di cause di morte. (OSS = morti osservati; ATT = morti attesi; SMR = rapporto standardizzato di mortalità; IC 90% = intervallo di confidenza 90%). Popolazione di riferimento regione Sicilia. Coorte uomini assunti 1960-1993.

Table 2. Mortality by causes of death. (OSS=observed; ATT= expected; SMR= standardized mortality ratio; IC 90%= confidence interval 90%). Referenc,e population of Sicily. Cohort of men hired ,1960-1993.

Causa di morte (IX ICD)	OSS	ATT	SMR	IC 90%
Tutte le cause (001-999)	662	947.49	0.70	0.66-0.74
Tumori maligni (140-208)	210	297.41	0.71	0.63-0.79
Cavo orale e faringe (149.8)	4	8.11	0.49	0.22-1.22
Apparato digerente (150-9)	69	93.91	0.73	0.60-0.90
Esofago (150)	4	3.06	1.31	0.58-3.0
Stomaco (151)	12	21.39	0.56	0.35-0.90
Intestino e retto (152-154)	20	23.8	0.84	0.58-1.21
Colon e sigma (153)	11	15.54	0.71	0.43-1.16
Retto (154)	9	7.71	1.17	0.67-2.02
Fegato e dotti intraep. (155.0-155.2)	18	25.42	0.71	0.48-1.04
Fegato primitivo (155.0)	14	11.23	1.25	0.80-1.93
Fegato (n.s. prim. o sec.) (155.2)	4	13.87	0.29	0.13-0.66
Cistifellea (156)	4	3.25	1.23	0.54-2.80
Pancreas (157)	10	12.22	0.82	0.49-1.38
Peritoneo e retroperitoneo (158)	0	1.47	-	-
Apparato respiratorio (160-5)	77	109.35	0.70	0.58-0.85
Laringe (161)	5	8.06	0.62	0.30-1.30
Polmone (162)	66	97	0.68	0.56-0.83
Pleura (163)	4	2.31	1.73	0.76-3.95
Mediastino (164)	1	1.31	0.76	0.15-3.95
Melanoma (172)	1	2.86	0.35	0.07-1.81
Cute (173)	1	1.05	0.95	0.18-4.92
Organi genitourinari (179-189)	20	27.87	0.72	0.50-1.04
Prostata (185)	7	9.07	0.77	0.41-1.44
Vescica (188)	6	11	0.50	0.26-0.98
Rene e altri e n.s. organi urinari (189)	7	5.62	1.25	0.67-2.32
Sistema nervoso (190-2)	8	11.95	0.67	0.37-1.20
Encefalo (191)	8	11.31	0.71	0.40-1.27
Altre a mal definite sedi (195)	1	2.42	0.41	0.08-2.14
Tumori maligni, sede non spec. (199)	9	6.67	1.35	0.78-2.34
Sistema linfo-emopoietico (200-8)	17	27.26	0.62	0.42-0.93
Linfoma di Hodgkin (201)	1	3.06	0.33	0.06-1.69
Linfoma non-Hodgkin (200, 202)	4	8.7	0.46	0.20-1.05
Mieloma (203)	2	3.67	0.55	0.17-1.74
Leucemie (204-8)	7	11.85	0.59	0.31-1.10
Leucemia linfatica (204)	1	2.67	0.38	0.07-1.95
Leucemia mieloide (205)	6	4.8	1.25	0.64-2.45
Tumori natura n.s (239)	6	7.85	0.76	0.39-1.50
Malattie del sangue (280-89)	3	3.17	0.95	0.37-2.45
Diabete mellito (250)	16	29.48	0.54	0.36-0.82
Sistema nervoso (320-359)	16	18.05	0.90	0.59-1.34
Malattia dei neuroni motori (335)	2	1.72	1.16	0.36-3.72
Sistema circolatorio (390-459)	173	302.54	0.57	0.50-0.65
Ipertensione (400-404)	9	16.8	0.54	0.31-0.93
Malattie ischemiche (410-414)	76	139.76	0.54	0.45-0.66
Disturbi circolatori dell'encefalo (430-438)	29	70.39	0.41	0.30-0.56
Apparato respiratorio (460-519)	31	50.65	0.61	0.46-0.82
Bronchite, enfisema e asma (490-493)	23	28.91	0.80	0.57-1.12
Apparato digerente (520-579)	36	72.44	0.50	0.38-0.65
Cirrosi epatica (571)	24	52.18	0.46	0.33-0.64
Apparato genito-urinario (580-629)	3	13.86	0.22	0.08-0.56
Cause mal definite (780.0-799.8)	0	8.35	-	-
Cause mancanti (799.9)	50	5.51	9.07	7.19-11.44
Cause violente (800-999)	83	113.56	0.73	0.61-0.88

*Tabella 3. SMR per tutte le cause per latenza (anni dall'assunzione). Popolazione di riferimento regione Sicilia. Coorte uomini assunti 1960-1993.*

*Table 3. SMR for all causes of death by latency (years from hire). Reference, population of Sicily. Cohort of men hired ,1960-1993.*

	<b>Osservati</b>	<b>SMR</b>	<b>IC 90%</b>
<b>Latenza anni</b>			
<1	7	0.87	0.47-1.63
1-9	52	0.61	0.49-0.77
10-30	319	0.71	0.64-0.77
30+	284	0.71	0.64-0.78