



SEBIOMAG

Studio Epidemiologico Biomonitoraggio
Area Gela

Progetto di Assistenza tecnica alla Regione Siciliana, Ufficio speciale aree a rischio, per l'avvio dei piani di risanamento ambientale, coordinato dall'OMS, Centro ambiente e salute di Roma.

Rapporto SEBIOMAG

Studio epidemiologico biomonitoraggio nell'area di Gela

Realizzato da Istituto di Fisiologia Clinica del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Pisa

Segreteria di redazione del documento: Liliana Cori IFC-CNR

Analisi chimiche e valutazioni tossicologiche a cura del Laboratorio di Misure Ambientali e Tossicologiche, Fondazione Salvatore Maugeri, Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico, Pavia

Luglio 2009

Rapporto SEBIOMAG Studio epidemiologico biomonitoraggio nell'area di Gela

Coordinatore *Dr. Fabrizio Bianchi, IFC-CNR*

Staff IFC-CNR

Dr. Fabrizio Minichilli
Dr. Elisa Bustaffa
Dr. Liliana Cori
Dr. Sonia Marrucci
Dr. Maria Cristina Imiotti

Staff Fondazione Maugeri

Dr. Claudio Minoia
Dr. Roberta Turci
Dr. Anna Ronchi
Dr. Emanuela Leoni

Staff AUSL 2 Caltanissetta - Distretto di Gela

Dr. Salvatore Migliore (Focal Point O.M.S.)

Staff Segreteria locale:

Sig.ra Provvidenza Farruggia
Dr. Giacomina Giacalone

Gruppo di lavoro:

Dr. Gesuè Allia
Dr. Silvana Paleino
Dr. Consolata Cirignotta
Sig. Gianluca Russotti

Medici, infermieri e tecnici impegnati nei prelievi: *Dr. Barbara Barrano, Sig.ra Carmen Brancaleone, Sig.ra Maria Rosaria Ristagno, Sig. Giovanni Abela, Sig. Salvatore Trainito.*

Si ringraziano

I medici che volontariamente hanno prestato la loro opera a supporto di SEBIOMAG: *Dr. Sebastiano Bianca, Dr. Bernarda Scozia, Dr. Gaetano Ristagno, Dr. Antonio Genovese, Dr. Nunzio Alecci, Dr. Franco Cori, Dr. Rocco Buttiglieri, Dr. Ignazio Morgana.*
E inoltre: *la Sig.ra Rosaria Morelli, il Sig. Francesco Trapani, il Dr. Michele Greca.*

Un ringraziamento particolare per il supporto organizzativo e logistico al Sindaco di Gela *On. Rosario Crocetta*, all'Assessore all'Ecologia del Comune di Gela *Dr. Enrico Vella*, al Funzionario dell'Assessorato Ecologia *Geom. Pietro Lorefice.*

Per le opere artistiche in terracotta prodotte come dono distribuito a diverse iniziative il *Sig. Simone Incorvaia.*

Rapporto SEBIOMAG Studio epidemiologico biomonitoraggio nell'area di Gela

1. Introduzione e descrizione della situazione nell'area.....	7
1.1. I dati ambientali per l'area di Gela.....	8
1.2. La salute nell'area di Gela	11
1.3. Le conoscenze disponibili.....	14
2. Disegno dello studio di biomonitoraggio umano.....	16
2.1. Campionamento	16
2.2. Composti chimici analizzati.....	22
2.3. Intervista tramite questionario	23
3. Attività di comunicazione realizzate	24
4. Le analisi chimiche	27
4.1. Raccolta e conservazione dei campioni.....	27
4.2. Analisi dei metalli.....	27
4.3. Analisi dei composti organoclorurati	28
4.4. Le unità di misura.....	29
5. Metodi di indagine	30
6. Caratterizzazione dell'esposizione	31
6.1. Risultati sui metalli.....	31
6.2. Risultati sulle sostanze organiche clorurate	41
7. Discussione e considerazioni	43
7.1. Metalli.....	43
7.2. Sostanze organiche clorurate	49
8. Conclusioni e indicazioni	51

1. Introduzione e descrizione della situazione nell'area

Lo studio SEBIOMAG è stato realizzato da IFC-CNR come partner dell'OMS, nell'ambito del lavoro *Assistenza tecnica dell'OMS-Centro Ambiente e Salute alla Regione Siciliana per l'avvio dei piani di risanamento ambientale*, finanziato dalla Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, Ufficio Speciale Aree a Rischio. Si tratta di uno 'Studio per accrescere le conoscenze sulla relazione tra contaminazione ambientale - esposizione - effetti sulla salute e per definire un sistema di sorveglianza su ambiente e salute nelle aree a rischio della Sicilia'.

Lo studio SEBIOMAG ha l'obiettivo principale di verificare se la contaminazione delle matrici ambientali nell'area abbia determinato un aumentato livello di esposizione della popolazione residente nei Comuni di Gela, Butera e Niscemi.

Di seguito una panoramica delle informazioni disponibili sull'ambiente e sulla salute sarà utile a capire il contesto in cui si inserisce lo studio SEBIOMAG e il disegno dello studio, illustrato nel seguente capitolo 2.

L'area di Gela, Butera e Niscemi è stata dichiarata 'Area ad elevato rischio di crisi ambientale' nell'anno 1990 (con delibera del Consiglio dei Ministri ai sensi dell'art.7 della legge 349/86). Nel 1995 è stato pubblicato il '*Piano di disinquinamento per il risanamento del territorio della Provincia di Caltanissetta - Sicilia orientale*' (supp. ord. n°51 GU, 2/5/95). Nel 1998 vengono delegate alle regioni le competenze per le aree a rischio (DI n°112, 31/3/98, l'art.72 sostituisce l'art.7 della legge 349). Il Ministero dell'Ambiente ha stanziato nel '95 40 miliardi di lire per Gela, destinati alla realizzazione degli interventi del Piano. Nel 2005 è stato istituito l' 'Ufficio Speciale per le aree ad elevato rischio di crisi ambientale' presso l'Assessorato Regionale territorio e ambiente (Delibera Giunta Regionale n° 306 del 29/6/'05).

Il sito di interesse nazionale (SIN) di Gela viene invece perimetrato nel 2000 (Decreto del Ministero dell'Ambiente del 10.01.2000), riportando una parte della precedente 'Area ad elevato rischio di crisi ambientale' alla competenza nazionale, sottoposta alle procedure previste dalla legge nazionale con Conferenze di Servizi istruttorie e decisorie, durante le quali si decidono le attività di messa in sicurezza e bonifica delle aree di interesse.

Il perimetro del SIN di Gela include sia aree a terra (private e pubbliche) che superfici a mare: un polo industriale di rilevanti dimensioni, con grandi insediamenti produttivi quali industrie chimiche (Polimeri Europa, ISAF in liquidazione, Syndial), attività di estrazione e raffinazione del greggio (ENI Med, Raffineria di Gela), centri di stoccaggio oli e relative pipe-line, discariche di rifiuti industriali, un'area marina compresa tra la foce del torrente Gattano e quella del torrente Acate o Dirillo, l'area umida del Biviere di Gela, tratti terminali del fiume Gela e dei torrenti Gattano e Acate o Dirillo.

Le indagini ambientali realizzate nell'ambito delle attività istruttorie per il SIN di Gela costituiscono la maggior parte dei dati ambientali disponibili per l'area di Gela, che vengono riassunti di seguito.

1.1. I dati ambientali per l'area di Gela

I dati sono ricavati dal materiale raccolto dal 'Gruppo multidisciplinare su ambiente, esposizione, salute a Gela'.¹

Acque interne

Le analisi ambientali realizzate da ARPA Sicilia nel 2005 fornivano dati di una qualità non buona o cattiva:

Fiume Gela (stazione 67)

- Stato ecologico: classe II (buono)
- Concentrazioni: COD elevate (Chemical Oxygen Demand, consumo chimico di ossigeno, indica i milligrammi di ossigeno necessari per ossidare le sostanze contenute nell'acqua, fornendo una misura del suo inquinamento)
- Presenza pesticidi
- Valori elevati di rame, cromo, zinco, cloroformio, cadmio

Fiume Acate (stazioni 70-71)

- Stato ecologico: classe V (pessimo)
- Macrodescrittori: classe V
- Valori elevati rame, zinco

¹ Musmeci L, Bianchi F, Carere M, Cori L, a cura di, Ambiente e salute a Gela: stato delle conoscenze e prospettive di studio, Epidemiologia & Prevenzione, Anno 33 (3) 2009.

- Presenza del pesticida carbaril

Biviere di Gela, zona a protezione speciale (ZPS) inclusa nell'elenco RAMSAR, mostrava una classe ecologica IV (scadente).²

Area marina

I dati di ARPA Sicilia del 2005, rilevavano superamenti dei PCB 52, 77, 81, 138, 153, 169 nei sedimenti.

I fenomeni di inquinamento dell'ambiente marino-costiero nel golfo di Gela sono legati principalmente alle acque di falda contaminate dalle attività industriali del petrolchimico che in assenza di efficaci barriere di contenimento hanno recapitato nell'area marina antistante il petrolchimico medesimo. Ulteriori fenomeni di inquinamento sono legati allo scarico delle acque di processo e di raffreddamento delle produzioni del polo industriale, alle attività portuali, al recapito in mare di reflui civili scarsamente o per nulla depurati, alle acque di dilavamento dei terreni agricoli.

Per quanto riguarda i sedimenti marini sono state svolte analisi per le località Manfria, Gela e foce Acate su diverse sostanze pericolose tra cui metalli, IPA, PCB e pesticidi. I risultati sono stati confrontati con gli standard di qualità ambientali dell'ex DM 367/03 che definiva obiettivi ambientali in recepimento delle Direttive Europee inerenti alle acque. Per quanto riguarda tali dati devono essere segnalati valori rilevati alla Stazione di Gela per i PCB 138 e 153 superiori del doppio rispetto al limite previsto dal citato DM ed anche per il PCB n. 169 alla stazione Foce Acate.

Suolo e acque di falda

Le campagne analitiche previste dalla fase di caratterizzazione ambientale per la bonifica svolte per il Ministero dell'Ambiente, hanno misurato valori di concentrazione di inquinanti superiori o molto superiori ai limiti massimi consentiti dalla normativa vigente, tra i quali emergono:

- nel suolo: il mercurio, il cloruro di vinile, lo xilene, il benzene.
- nelle acque di falda: l'arsenico, il cloruro di vinile, il 1,2 dicloroetano, il mercurio, il benzene.

² I dati ambientali di questa sezione sono tratti da: La contaminazione ambientale nell'area di Gela, Musmeci L, Carere M, Falleni F, in *Epidemiologia & Prevenzione*, Anno 33 (3) 2009, cit.

Aria

L'intera area di Gela è influenzata da emissioni di metalli derivanti sia da emissioni veicolari che industriali:

- l'impianto petrolchimico è associato a livelli elevati di emissioni arsenico, molibdeno, nichel, zolfo, selenio, vanadio e zinco;

- il traffico veicolare è maggiormente associato a rame, piombo, antimonio e zinco.

Oltre agli inquinanti metallici, per quanto riguarda la via inalatoria i dati forniti dall'ARPA Sicilia anche se frammentari e riguardanti gli ultimi anni, evidenziano superamenti nell'aria ambiente cittadina di alcuni parametri come il benzene, idrocarburi non metanici e i PM 10 contenenti metalli pesanti come il nichel.

Inoltre uno studio del 2005 prodotto dal CNR ed effettuato nell'area esterna prospiciente la Raffineria di Gela ha evidenziato superamenti dei limiti per l'ozono e i VOC (composti organici volatili). Ulteriori dati sono riportati da indagini mirate sugli inquinanti emessi dall'industria e dal traffico veicolare.³

Biomonitoraggio ambientale

È stato analizzato il contenuto di metalli pesanti in aghi di pino raccolti nell'area, i risultati dello studio hanno riportato contenuti medi di metalli pesanti più alti se a paragone di quelli della città di Palermo, in cui è presente un maggiore traffico auto veicolare.

Fuori dai confini del SIN

È da segnalare la situazione di degrado ambientale al di fuori dei confini del sito, in specie in aree a nord interessate da pozzi di estrazione di greggio con oltre 60 km di condutture per il trasporto verso gli impianti di raffinazione, segnate da perdite e dalla presenza di discariche a cielo aperto per lo stoccaggio dei materiali bituminosi. La stessa area è interessata da attività agricole prevalentemente per la produzione di ortaggi e frutta, mentre quella a est del sito è vocata alle coltivazioni in serra e a frutteto.

³ Da contributi di Mininni, Rotatori, Toscano, in *Epidemiologia & Prevenzione*, Anno 33 (3) 2009, cit.

1.2. La salute nell'area di Gela

Il primo studio OMS sulla mortalità

Le prime conoscenze sullo stato di salute nell'area di Gela risalgono al lavoro dell'Organizzazione Mondiale della Sanità del 2002, che analizzava le prime aree dichiarate ad alto rischio in Italia. Erano stati osservati eccessi significativi di mortalità rispetto alla regione, nei maschi per i gruppi di cause cerebrovascolare e dell'apparato digerente, nelle femmine per la mortalità generale, del sistema circolatorio e cerebrovascolare, dell'apparato digerente e diabete. Nessuna causa tumorale era risultata in eccesso, ad eccezione del tumore del colon nelle femmine, tuttavia l'analisi delle tendenze temporali dei tassi standardizzati aveva messo in evidenza diverse tendenze all'incremento.⁴

Studi dell'Osservatorio Epidemiologico Regionale su mortalità e morbosità

Il Rapporto fa riferimento alla mortalità per il periodo 1995-2002 e ai ricoveri ospedalieri per gli anni 2001-2007. I dati dell'area di Gela, Butera e Niscemi vengono confrontati con quelli di una zona vicina, simile per condizioni socio-economiche, ma che non ha le stesse condizioni ambientali.

Nell'area si osserva una mortalità generale e per tutti i tumori significativamente più elevata sia negli uomini che nelle donne. L'analisi per le malattie tumorali nelle specifiche sedi evidenzia per entrambi i generi un aumento statisticamente significativo per i tumori di trachea, bronchi e polmoni. Si osservano eccessi solo negli uomini anche per i tumori dello stomaco, della laringe e della pleura, mentre solo nelle donne per i tumori del colon e retto.

L'analisi dei ricoveri evidenzia un aumento della frequenza delle persone ricoverate per tumori totali in entrambi i generi e per tutti i tumori tra le femmine 0-14 anni. L'analisi per le specifiche sedi tumorali evidenzia, sia negli uomini che nelle donne, eccessi statisticamente significativi per la laringe e la vescica. Negli uomini si osserva un aumento dei tumori maligni delle ossa e del connettivo, del melanoma, del tumore

⁴ Martuzzi M, Mitis F, Biggeri A, Terracini B, Bertollini R. Ambiente e stato di salute nella popolazione delle aree a rischio di crisi ambientale in Italia. *Epidemiol Prev* 2002; 26(6) suppl: 1-53.

della prostata e del mieloma multiplo. Nelle sole donne si osserva un aumento dei tumori del colon e retto, dei tumori maligni di trachea, bronchi e polmoni, del sistema nervoso centrale, della tiroide e dei linfomi non Hodgkin.

L'analisi della mortalità per le malattie non tumorali evidenzia eccessi statisticamente significativi in entrambi i generi per malattie psichiatriche e per sintomi, segni e stati morbosi maldefiniti mentre, solo negli uomini, per traumatismi ed avvelenamenti. L'analisi dei ricoveri per le malattie non tumorali evidenzia in entrambi i generi eccessi statisticamente significativi per le malattie infettive, per le malattie del sangue e degli organi ematopoietici, per le malattie del sistema nervoso, del sistema circolatorio ed in particolare per le malattie ischemiche del cuore, per le malattie dell'apparato respiratorio ed in particolare per le malattie respiratorie acute, l'asma e in particolare l'asma a 0-14 anni, per le malattie dell'apparato digerente, dell'apparato urinario ed in particolare per l'insufficienza renale ed infine per i sintomi, segni e stati morbosi maldefiniti e per i traumatismi ed avvelenamenti. Solo negli uomini, eccessi statisticamente significativi sono stati osservati per le malattie croniche dell'apparato respiratorio e la pneumoconiosi, mentre solo nelle donne per le malattie della tiroide e del diabete mellito.

Accanto agli aumenti di mortalità e di morbosità è opportuno anche notare anche alcuni scostamenti in difetto, specie quando raggiungono la significatività statistica. Per quanto riguarda la mortalità frequenze più basse si osservano per le malattie ischemiche del cuore e per le malattie acute dell'apparato respiratorio, mentre solo negli uomini per le malattie croniche dell'apparato respiratorio e per la pneumoconiosi, nelle donne per il tumore maligno dell'ovaio e per le malattie del sistema nervoso. Per quanto riguarda la morbosità si osservano frequenze di ricoveri più basse negli uomini per il tumore maligno del fegato, la cirrosi epatica, le nefrosi e l'overdose. Nelle donne frequenze più basse si osservano per il tumore maligno dell'ovaio, le leucemie e l'overdose.⁵

Lo studio sulle malformazioni congenite

Uno studio sulla prevalenza di malformazioni congenite nei nati residenti tra il 1991 e il

⁵ Esperienza dell'osservatorio epidemiologico della Sicilia nel studio dello stato di salute della popolazione residente nell'area a rischio di Gela, Cernigliaro A, Pollina Addario S, Fantaci G, Tavormina E, Dardanoni G, Scondotto S, in *Epidemiologia & Prevenzione*, Anno 33 (3) 2009, cit.

2002 aveva rilevato una prevalenza circa 2 volte significativamente superiore a quella riportata dal registro siciliano e dai registri italiani.⁶ Eccessi significativamente superiori ai riferimenti erano emersi per i difetti del sistema nervoso, cardiovascolare, urinario, digerente, dei tegumenti e per il totale dei malformati. I rapporti tra osservati e attesi hanno valori compresi tra 1,5 e 6,0 rispetto ai riferimenti ISMAC (indagine siciliana delle malformazioni congenite) e tra 1,3 e 3,4 rispetto ai registri italiani. Tra le malformazioni specifiche sono stati osservati eccessi statisticamente significativi rispetto ai dati di confronto per i difetti del tubo neurale, la microcefalia, l'ipospadia, l'idronefrosi e l'ernia diaframmatica. La prevalenza alla nascita di ipospadie è risultata significativamente superiore ai riferimenti di oltre 2,5 volte, con un dato di oltre 5,7/1000, allineato a quello osservato ad Augusta.

E' stato inoltre realizzato uno studio per indagare l'associazione tra malformati e esposizioni ambientali, occupazionali o stili di vita, su 91 casi malformati (ipospadia, cardiopatie, microcefalia, difetti del sistema nervoso, riduzione arti, onfalocoele) e 91 controlli, sani o con difetti minori, appaiati per data di nascita.⁷ Per le ipospadie e il totale delle malformazioni sono risultati forti e significativi eccessi di rischio per i consumatori di pesce, frutta e verdura se acquistati da venditori ambulanti o pescati/prodotti in proprio (OR da 6 a 51 con ampi limiti di confidenza). Questi eccessi sono emersi sia considerando il consumo almeno 2 volte/settimana o 2 volte/giorno sia almeno 1 volta/settimana o 1 volta/giorno. L'occupazione materna era prevalentemente casalinga, quella paterna ha evidenziato una maggiore presenza dei casi nel settore agricolo. Nonostante l'impossibilità di distinguere gli effetti delle due potenziali fonti di contaminazione della catena alimentare (industria o agricoltura), nonché i problemi di distorsione e misclassificazione tipici dello studio retrospettivo, i risultati conseguiti rappresentano un segnale di preoccupazione a carico della catena alimentare e dei possibili effetti sulla salute.

⁶ Bianchi F, Bianca S, Dardanoni G, Linzalone N, Pierini A. Congenital malformations in newborns residing in the municipality of Gela (Sicily, Italy). *Epidemiol Prev* 2006; 30(1):19-26.

⁷ Bianchi F, Bianca S, Minichilli F, Pierini A, Protti MA. Studio caso-controllo sul rischio di malformazioni congenite nel comune di Gela. Abstract book, XXX Congresso AIE, Palermo 5-6 Ottobre 2006.

Altri studi

Altri studi epidemiologici nell'area sono stati indirizzati alla popolazione dei lavoratori delle industrie chimiche presenti, in particolare studi di coorte, che seguono nel tempo i lavoratori lungo l'arco della loro vita, per verificare l'insorgenza di malattie e il decesso, con l'obiettivo di verificare gli effetti dei rischi conseguenti alle esposizioni presenti nel contesto lavorativo. Sono anche stati distinti i lavoratori residenti nell'area dai pendolari.⁸

1.3. Le conoscenze disponibili

Nella fase di realizzazione dello studio SEBIOMAG è apparso con evidenza un quadro di forte difformità tra le informazioni necessarie per una sorveglianza su ambiente e salute e quelle disponibili.

In particolare il principale elemento di difficoltà risulta il disaccoppiamento tra dati ambientali e dati sanitari, a causa della separazione tra funzioni, soggetti, obiettivi dei diversi flussi informativi correnti. Infatti sul versante ambientale le misure di inquinamento risultano ricche all'interno dei SIN per effetto della normativa in tema di bonifica, mentre risultano assai variabili nelle aree al di fuori dei SIN, caratterizzate da zone a varia destinazione e funzione (agricola, urbana, commerciale-artigianale); ai fini della valutazione di impatto di salute sono proprio queste le aree di maggiore interesse, sia per la possibile esposizione diretta ad inquinanti della popolazione che risiede o insiste su queste aree, sia per la possibile contaminazione della catena alimentare. Sul versante sanitario i problemi principali sono costituiti dal livello di aggregazione delle rilevazioni statistiche correnti disponibili (solitamente non inferiore al livello comunale) e dalla non disponibilità di dati sull'effettivo assorbimento di sostanze inquinanti, che potrebbero guidare la definizione di profili di esposizione della popolazione.⁹

⁸ Pasetto R, Biggeri A, Comba P, Pirastu R. Mortalità nella coorte dei lavoratori del petrolchimico di Gela 1960-2002. *Epidemiol Prev* 2007;31(1):39-45. Studio della componente occupazionale e residenziale del rischio nella coorte dei lavoratori del petrolchimico di Gela, Pasetto R, Pirastu R, Zona A, Comba P, in *Epidemiologia & Prevenzione*, Anno 33 (3) 2009, cit.

⁹ Da contributi di Musmeci e Carere e Bianchi, in *Epidemiologia & Prevenzione*, Anno 33 (3) 2009, cit.

Per il disegno dello studio SEBIOMAG è stata definita una lista di inquinanti con potenziale pericolo per la salute, che sono stati analizzati nel sangue dei donatori selezionati nei tre comuni di interesse.

Lo studio SEBIOMAG, mirato a comprendere l'esposizione della comunità di Gela, Niscemi e Butera ad inquinanti ambientali fornisce in questo quadro informazioni rilevanti, che possono essere utilmente adoperate da una parte a scopo preventivo, mirando alla individuazione e al contenimento degli inquinanti rilevati, dall'altra per la messa in opera di un sistema di sorveglianza su ambiente e salute.

2. Disegno dello studio di biomonitoraggio umano

Lo studio SEBIOMAG ha l'obiettivo principale di verificare se la contaminazione delle matrici ambientali e degli alimenti locali di varia origine abbia determinato un aumentato livello di esposizione della popolazione ed indagare le relazioni tra fattori di rischio ambientali, carico corporeo nei campioni studiati e condizioni specifiche rilevate a livello individuale e collettivo.

L'indagine è stata realizzata mediante un questionario e la misura di biomarcatori per valutare l'esposizione recente e pregressa su campioni di sangue di soggetti selezionati sulla base di criteri che garantiscano la rappresentatività della popolazione residente.

Il disegno di studio è di tipo trasversale con campionamento sulla base degli elenchi degli assistiti dai medici di medicina generale (*fonte: Archivi delle Anagrafi comunale e degli Assistiti dei distretti sanitari di Gela, Niscemi e Butera, Azienda U.S.L. 2 di Caltanissetta*).

2.1. Campionamento

La popolazione di riferimento per l'indagine campionaria sul sangue è costituita dal totale dei soggetti maschi e femmine di età 20-44 anni, residenti nei tre comuni di Gela, Niscemi e Butera al 31 dicembre 2007, come risultanti dalle Anagrafi comunali.

Le persone che hanno risposto alla convocazione per le analisi del sangue sono state:

118 a Gela

39 a Niscemi

29 a Butera

Di queste 96 hanno anche donato un campione di urina

Le interviste senza prelievo sono state

23 a Gela

13 a Niscemi

1 a Butera

I volontari che hanno partecipato alla ricerca donando sangue e urina sono:

66 a Gela

9 a Niscemi

1 a Butera

Di questi 17 hanno anche donato un campione di urina

I soggetti da contattare per il reclutamento sono stati estratti a sorte (randomizzati) mediante campionamento sistematico stratificato per sottogruppi definiti per sesso e classi di età (Protocollo SEBIOMAG), dagli elenchi anagrafici (Comune di Gela) o dalle liste degli assistiti del Distretto sanitario di Gela (Comuni di Niscemi e Butera) (Tabella 1).

Tabella 1. Numero residenti di età 20-44 anni al 31-12-2007(fonte Anagrafi comunali)

	Età	Maschi	Femmine	Totale	Maschi	Femmine	Totale
GELA	20-24	2.663	2.641	5.304	9,3	9,2	18,5
	25-29	2.761	2.863	5.624	9,6	10,0	19,6
	30-34	2.989	2.958	5.947	10,4	10,3	20,7
	35-39	2.870	3.063	5.933	10,0	10,7	20,7
	40-44	2.854	3.007	5.861	10,0	10,5	20,4
	20-44	14.137	14.532	28.669	49,3	50,7	100,0
NISCEMI	20-24	1141	1061	2.202	9,4	8,8	18,2
	25-29	1112	1156	2.268	9,2	9,5	18,7
	30-34	1259	1314	2.573	10,4	10,8	21,2
	35-39	1332	1275	2.607	11,0	10,5	21,5
	40-44	1240	1223	2.463	10,2	10,1	20,3
	20-44	6.084	6.029	12.113	50,2	49,8	100,0
BUTERA	20-24	154	163	317	8,7	9,2	18,0
	25-29	175	157	332	9,9	8,9	18,8
	30-34	181	171	352	10,3	9,7	20,0
	35-39	182	187	369	10,3	10,6	20,9
	40-44	185	208	393	10,5	11,8	22,3
	20-44	877	886	1.763	49,7	50,3	100,0
3 COMUNI	20-24	3.958	3.865	7.823	9,3	9,1	18,4
	25-29	4.048	4.176	8.224	9,5	9,8	19,3
	30-34	4.429	4.443	8.872	10,4	10,4	20,9
	35-39	4.384	4.525	8.909	10,3	10,6	20,9
	40-44	4.279	4.438	8.717	10,1	10,4	20,5
	20-44	21.098	21.447	42.545	49,6	50,4	100,0

Fonte SEBIOMAG, 2009 (da fonti anagrafiche dei tre comuni)

Il primo contatto dei soggetti estratti è stato effettuato mediante lettera inviata per posta ordinaria, nella quale si spiegava l'obiettivo dello studio e si chiedeva al destinatario di chiamare un numero telefonico dedicato, oppure contattare di persona l'ufficio SEBIOMAG (Gela) o i referenti SEBIOMAG (Niscemi e Butera). A seguito del primo contatto si sono palesati problemi diversi nei tre comuni che hanno suggerito strategie diversificate per il raggiungimento del campione prefissato.

Le prime lettere individuali sono state spedite agli inizi del marzo 2008 e si sono protratte fino a maggio 2008, le interviste sono iniziate ad aprile 2008 e sono andate

avanti fino a novembre 2008, i prelievi ematici sono iniziati il 3 ottobre 2008 e sono stati completati nell'arco di due mesi.

A Gela si sono manifestate rilevanti difficoltà di contatto via posta per cause diverse, che hanno suggerito una strategia di ricerca diretta per mezzo gli intervistatori e con l'ausilio dei medici di famiglia al fine di contattare i soggetti campionati tra i loro assistiti. Anche a questo scopo è stata organizzato un seminario di formazione accreditato ECM (Gela, 23 Giugno 2008).

Tra i soggetti estratti dalle liste anagrafiche e poi rintracciati 141 acconsentivano all'intervista, dei quali i 118 (45,4% dei rispondenti, 83,4% degli intervistati) acconsentivano al prelievo ematico.

Rispetto all'obiettivo prefissato dal protocollo SEBIOMAG le interviste realizzate sono risultate sovra rappresentate nelle età centrali, simili nelle classi di sesso-età rimanenti, con una sottorappresentazione di uomini 20-24 anni. (Tabella 2)

I prelievi ematici sono risultati al livello atteso o poco al di sotto per le donne tranne nella classe di età 20-24, mentre gli uomini sono risultati sotto rappresentati di qualche unità in tutte le classi e più consistentemente nella classe 20-24 anni.

Nel complesso è stata ottenuto un campione di interviste molto simile a quanto previsto dal protocollo mentre per i prelievi ematici sono risultati sottorappresentate le classi giovanili.

Tabella 2. Gela, interviste e prelievi rispetto all'obiettivo del protocollo

Sesso e età	Obiettivo (a)	intervista (b)	prelievo (c)	b/a %	c/a %
F 20-24	13	12	6	92,3	46,2
M 20-24	13	8	8	61,5	61,5
F 25-29	13	17	13	130,8	100
M 25-29	14	13	11	92,9	78,6
F 30-34	15	18	16	120	106,7
M 30-34	14	18	13	128,6	92,9
F 35-39	14	15	14	107,1	100
M 35-39	15	14	12	93,3	80
F 40-44	14	13	12	92,9	85,7
M 40-44	15	13	13	86,7	86,7
TOTALE	140	141	118	100,7	84,3

Fonte SEBIOMAG, 2009

A Niscemi le difficoltà di contatto sono state inferiori a quelle incontrate a Gela.

Tra i soggetti selezionati dalla lista degli assistiti e contattati, 101 erano potenziali partecipanti e tutti rispondenti, 52 acconsentivano all'intervista, di cui 39 (38,6% dei rispondenti, 75,0% degli intervistati) acconsentivano al prelievo ematico.

Rispetto all'obiettivo prefissato dal protocollo SEBIOMAG le interviste realizzate sono risultate superiori o uguali a quanto stabilito in tutte le classi, con una sottorappresentazione di una sola donna di età compresa tra 25 e 29 anni (Tabella 3).

I prelievi ematici sono risultati al di sotto dell'obiettivo di un soggetto nelle classi 20-24 sia maschi che femmine, 20-44 maschi e due soggetti maschi di età 35-39 anni.

Nel complesso rispetto all'obiettivo è stata ottenuto un campione di interviste superiore e di prelievi ematici molto simile con una sola discontinuità, priva di significatività statistica.

Tabella 3. Niscemi, interviste e prelievi rispetto all'obiettivo del protocollo

Sesso e età	Obiettivo (a)	intervista (b)	prelievo (c)	b/a %	c/a %
F 20-24	4	6	4	150,0	100,0
M 20-24	4	5	3	125,0	75,0
F 25-29	4	3	3	75,0	75,0
M 25-29	4	7	5	175,0	125,0
F 30-34	4	5	4	125,0	100,0
M 30-34	4	4	4	100,0	100,0
F 35-39	4	6	5	150,0	125,0
M 35-39	4	4	2	100,0	50,0
F 40-44	4	7	6	175,0	150,0
M 40-44	4	5	3	125,0	75,0
TOTALE	40	52	39	130,0	97,5

Fonte SEBIOMAG, 2009

A Butera, comune con una comunità di più piccole dimensioni, le difficoltà di reclutamento del campione sono state nettamente inferiori.

Tra i soggetti selezionati dalla lista degli assistiti e contattati, 75 erano potenziali partecipanti e 30 (78,9%) acconsentivano all'intervista. Tra gli intervistati 29 (76,3% dei rispondenti, 96,7% degli intervistati) acconsentivano al prelievo ematico.

Rispetto all'obiettivo prefissato dal protocollo SEBIOMAG le interviste realizzate sono state superiori o uguali a quanto stabilito in tutte le classi, con una sottorappresentazione di un soggetto di sesso maschile di età 20-24 e di uno di età 25-29 anni. (Tabella 4)

Tutti gli intervistati hanno acconsentito al prelievo, tranne una donna.

Nel complesso rispetto all'obiettivo è stato ottenuto un campione di interviste e di prelievi complessivamente superiori all'obiettivo con due discontinuità di scarso rilievo in considerazione della ridotta numerosità.

Tabella 4. Butera, interviste e prelievi rispetto all'obiettivo del protocollo

secco e età	Obiettivo (a)	intervista (b)	prelievo (c)	b/a %	c/a %
F 20-24	2	2	2	100,0	100,0
M 20-24	2	1	1	50,0	50,0
F 25-29	2	5	5	250,0	250,0
M 25-29	2	1	1	50,0	50,0
F 30-34	2	4	3	200,0	150,0
M 30-34	2	5	5	250,0	250,0
F 35-39	2	3	3	150,0	150,0
M 35-39	2	3	3	150,0	150,0
F 40-44	2	2	2	100,0	100,0
M 40-44	2	4	4	200,0	200,0
TOTALE	20	30	29	150,0	145,0

Fonte SEBIOMAG, 2009

In generale il campionamento realizzato nei tre comuni, nonostante le difficoltà incontrate per il contatto dei soggetti estratti casualmente, risulta confrontabile con quanto solitamente ottenuto in questo tipo di indagini territoriali. Tra i soggetti contattati la rispondenza è stata buona e alla fine ha permesso di costruire un campione non difforme da quanto previsto dal protocollo SEBIOMAG e quindi rappresentativa della popolazione generale con età da 20 a 44 anni. L'errore del campionamento è di seguito presentato e discusso.

Oltre al campione randomizzato è stato reclutato anche un campione di soggetti volontari, selezionati da un elenco di circa 200 membri di associazioni di volontariato attive nell'area di Gela che avevano richiesto di partecipare.

Come mostrato nella tabella e nella Tabella 5, la maggior parte dei volontari erano residenti nel comune di Gela, e sebbene sia stato tentato un reclutamento equilibrato per sesso e per età i soggetti aderenti sono risultati prevalentemente maschi (36/66) ed appartenenti alle classi centrali di età.

In considerazione della procedura di reclutamento e della disomogeneità di distribuzione il campione dei volontari è stato analizzato separatamente, mantenendo distinto il gruppo dei residenti nel comune di Gela da quello dei residenti nel comune

di Niscemi, mentre il soggetto di Butera non è stato incluso nelle analisi statistiche, ma è stato analizzato come caso singolo al quale verranno restituiti i risultati.

Tabella 5. Volontari che si sono prestati all'intervista e prelievo ematico

Sesso e età	Gela	Niscemi	Butera	3 Comuni	%
F 20-24	4	1		5	6,6
M 20-24	4	1		5	6,6
F 25-29	6		1	7	9,2
M 25-29	7	1		8	10,5
F 30-34	7			7	9,2
M 30-34	12	2		14	18,4
F 35-39	7	1		8	10,5
M 35-39	8	1		9	11,8
F 40-44	6	1		7	9,2
M 40-44	5	1		6	7,9
TOTALE	66	9	1	76	100

Fonte SEBIOMAG, 2009

L'errore campionario

Come mostrato nella Tabella 6, con un campione complessivo di 184 soggetti l'errore campionario per la stima di una proporzione a livello della popolazione con età 20-44 anni (N=42.545) è approssimativamente pari al 7,2%.

E' da sottolineare che l'inferenza statistica a livello di area sarà possibile per parametri per i quali sia statisticamente verificata la non differenza tra comuni; così come l'aggiunta dei volontari sarà possibile solo in assenza di differenze tra volontari e non volontari, sempre in riferimento al parametro che si voglia stimare.

L'errore campionario per comune presenterà valori più elevati al diminuire della dimensione del campione, e dunque sarà simile a quello dell'intera area per il comune di Gela, più elevato a Niscemi e Butera, nonostante la frazione di campionamento sia rispettivamente di poco inferiore o più elevata.

Tabella 6. Errore campionario per la stima di una proporzione nella popolazione

Comune	Popolazione (P)	Campione (C)	C/P %	Errore campionario %
Gela	28.669	116	0,40	9,08
Niscemi	12.113	39	0,32	15,67
Butera	1.763	29	1,64	18,05
3 Comuni	42.545	184	0,43	7,21

Fonte SEBIOMAG, 2009

E' utile esplicitare che l'inferenza statistica dal campione alla popolazione avrà un valore indicativo soprattutto per stime a livello dell'area dei tre comuni e per condizioni non particolarmente rare, mentre a livello comunale e per eventi rari ci si attendono stime con ampi margini di incertezza che ne sconsigliano l'uso.

2.2. Composti chimici analizzati

I composti chimici che vengono analizzati a Gela sono stati definiti sulla base delle conoscenze sull'inquinamento ambientale, sul tipo di produzioni effettuate dalle industrie presenti nell'area e di presenza di una estesa attività agricola nella zona.

In accordo con quanto stabilito nel Protocollo dell'indagine SEBIOMAG, sono stati analizzati una serie di metalli e di composti organici clorurati (OC) quali i pesticidi organoclorurati e i policlorobifenili (PCB).

I **metalli analizzati** sono:

antimonio (Sb), arsenico(As), berillio (Be), cadmio (Cd), mercurio (Hg), piombo (Pb), rame (Cu), selenio (Se), tallio (Tl), vanadio (V)

Tra i **composti organici clorurati** (OC):

Per quanto riguarda gli OC, sono stati selezionati congeneri di PoliCloroBifenili (PCB) e alcuni tra i pesticidi organoclorurati più significativi dal punto di vista dell'impatto ambientale: Aldrin, Dieldrin, DDT e suoi prodotti di degradazione, Esaclorocicloesani ed Esaclorobenzene.

I **PCB** sono un gruppo di idrocarburi aromatici clorurati di origine antropogenica - industriale, che hanno trovato un'ampia varietà di applicazioni nel quotidiano. Anche se teoricamente sono identificabili 209 congeneri, nelle miscele commerciali ne sono stati separati circa 130-140 che sono effettivamente presenti nell'ambiente. È stato suggerito che di questi soltanto 36 siano rilevanti dal punto di vista dell'impatto ambientale.

I PCB si suddividono in: PCB dioxin like (non-orto e mono-orto sostituiti) e PCB non dioxin like (di-orto sostituiti).

I PCB coplanari, cioè non-orto (congeneri # 77, 81, 126 e 169) e mono-orto sostituiti (congeneri # 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 e 189) sono anche chiamati PCB dioxin-like

in quanto presentano una struttura chimica, proprietà chimico-fisiche e uno spettro di risposte tossiche simili a quelle di PCDD e PCDF. Questi congeneri, a causa della conformazione chimica pressoché planare, legano infatti il recettore Ah (Aryl hydrocarbon binding protein), che sembrerebbe mediare una serie di effetti biologici e biochimici tipici, ritenuti avversi per la salute.

2.3. Intervista tramite questionario

Ad ogni partecipante è stato somministrato un questionario da personale formato in modo specifico, della durata di 30 - 40 minuti, contenente le seguenti sezioni:

- Dati personali
- Condizioni ambientali
- Attività lavorativa ed esposizione ad agenti chimici e fisici
- Abitudini individuali
- Storia medica
- Dieta
- Storia riproduttiva
- Scheda su percezione di pericoli e rischi
- Scheda ambulatoriale

Le analisi dei questionari sono state effettuate dalla Sezione di Epidemiologia dell'Istituto di Fisiologia Clinica del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

3. Attività di comunicazione realizzate

Lo studio SEBIOMAG è stato realizzato da IFC-CNR come partner dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, OMS, nell'ambito del lavoro *Assistenza tecnica dell'OMS - Centro Ambiente e Salute alla Regione Siciliana per l'avvio dei piani di risanamento ambientale*.

Per supportare il lavoro di costruzione delle conoscenze e discussione dei risultati scientifici IFC-CNR ha deciso di accompagnare la realizzazione di SEBIOMAG alle attività di un 'Gruppo di lavoro multidisciplinare su ambiente ed esposizione a Gela', in collaborazione con l'Istituto Superiore di Sanità, ISS - Progetto "Valutazioni di impatto su ambiente e salute e stima dei costi economici dell'inquinamento in siti di bonifica di interesse nazionale", che visto la sua fase di elaborazione finale in un seminario realizzato nella città di Gela nel giugno 2008, ed ha raccolto le sue conclusioni nella pubblicazione "Ambiente e salute a Gela: stato delle conoscenze e prospettive di studio", supplemento a *Epidemiologia & Prevenzione*, 2009.

Il lavoro fatto ha permesso di raccogliere una grande mole di informazioni specifiche e dettagliate, e a livello metodologico presenta una impostazione multidisciplinare fortemente innovativa nel panorama italiano.

La preparazione dello studio SEBIOMAG ha visto una fase di documentazione, e una fase esplorativa sul campo che hanno consentito di mettere a punto un piano di lavoro, incluso un piano di comunicazione con la comunità.¹⁰

A partire da ottobre 2007 a Gela si sono realizzati incontri con i soggetti potenzialmente interessati allo sviluppo dell'indagine SEBIOMAG, in particolare nel settore sanitario, di Azienda Sanitaria Locale e Ospedale, e con le numerose associazioni di cittadini ed organizzazioni sindacali che potevano supportarne la realizzazione. La presenza di un focal point già designato dall'OMS ha facilitato il lavoro di contatti. La scelta di riunioni mirate e dedicate con ciascuna delle strutture e istituzioni è derivata dalla necessità di presentarsi come ricercatori, esponendo le finalità del lavoro, dando nello stesso tempo a ciascuna delle organizzazioni visitate un proprio spazio di rapporto diretto.

Nelle riunioni mirate una specifica attenzione è stata rivolta ai medici di famiglia, proponendo un seminario di formazione per i medici di Gela, Niscemi e Butera, che si

¹⁰ Da Cori L, Siciliano T, La comunicazione e il rapporto con il territorio, in *Epidemiologia & Prevenzione*, Anno 33 (3) 2009, cit.

è realizzato nel giugno 2008; l'associazione dei medici di famiglia (FIMMG-Sezione provinciale di Caltanissetta) ha infatti supportato formalmente il progetto SEBIOMAG.

Gli strumenti di comunicazione tradizionali preparati per SEBIOMAG sono:

- i materiali di supporto alla ricerca, quali moduli di consenso informato e trattamento dei dati, previsti dalle legislazioni in materia,
- il questionario di raccolta delle informazioni per l'interpretazione dei dati di biomonitoraggio umano, che è stato discusso nella sua formulazione e ritagliato per contenere numerosi dati sulle abitudini di vita e alimentari, sulla salute e in particolare sulla storia riproduttiva delle persone; oltre alle tradizionali sezioni sulle informazioni personali una sezione è dedicata alla raccolta di dati sulla percezione dei rischi ambientali, sulle fonti informative utilizzate e ritenute autorevoli e sulle modalità di acquisizione delle informazioni,
- il materiale informativo per il pubblico in generale, incluso un volantino informativo, un poster, uno spot televisivo.

Il rapporto con i media è stato curato in particolare durante tutte le prime visite dei responsabili a Gela, durante le quali la stampa, le radio, le televisioni locali hanno costantemente dato copertura alle notizie e alle attività. Dopo l'avvio delle interviste e dei campionamenti ematici, l'interesse dei media è stato periodico e la segreteria locale ha tenuto i contatti, rilasciando alcune interviste e rispondendo alle richieste di informazioni sul lavoro in corso.

Il materiale informativo e la modulistica sono stati prodotti tenendo conto delle legislazioni vigenti, e in accordo con OMS per l'armonizzazione degli strumenti usati nelle diverse aree del progetto.

La formazione degli operatori sanitari, per l'armonizzazione delle attività di prelievo e l'informazione sugli strumenti a disposizione, è stata realizzata in due giornate a Gela, che hanno visto la partecipazione degli infermieri e tecnici designati per Gela e Niscemi, dal responsabile del laboratorio della Fondazione Maugeri di Pavia che è incaricato delle analisi.

Il complesso lavoro organizzativo della segreteria è stato gestito con una serie di collaboratori locali, che hanno nelle città di Gela e Niscemi: ricevuto le liste delle persone selezionate; spedito le lettere di convocazione, in tre successive occasioni; reperito i medici di famiglia, chiedendo a ciascuno di informare e convocare i propri pazienti; chiamato le persone di cui si reperivano i telefoni; organizzato gli

appuntamenti per i prelievi; organizzato la produzione di piccoli omaggi per i donatori; organizzato la disponibilità di bar in cui veniva offerta la colazione ai donatori.

Sono state realizzate attività di ufficio stampa con la diffusione di comunicati, l'offerta di interviste ai media locali, la costruzione di una rete di rapporti con i giornalisti presenti nella città. La più ascoltata delle televisioni locali ha prodotto uno spot che è stato trasmesso nel periodo più intenso del monitoraggio, ottobre e novembre 2008, con buona visibilità pubblica.

È stato prodotto un manifesto, collocato nei luoghi di aggregazione della città, che ha dato ulteriore visibilità al progetto, contribuendo a convocare le persone che erano state raggiunte per lettera prima e telefono poi.

4. Le analisi chimiche

I composti chimici analizzati a Gela sono una serie di metalli e di composti organici clorurati (OC) quali i pesticidi organoclorurati e i policlorobifenili (PCB).

4.1. Raccolta e conservazione dei campioni

La conservazione dei campioni dopo il prelievo è stata effettuata *in loco* a -20°C (urina, plasma) e a +5°C per il sangue intero. Il trasporto è avvenuto in contenitori con ghiaccio secco tramite corriere specializzato per il trasporto di materiali biologici. Una volta pervenuti al Laboratorio di Misure Ambientali e Tossicologiche della Fondazione Maugeri di Pavia per i campioni sono state ripristinate le medesime condizioni di conservazione. L'analisi dei campioni stoccati a -20°C è stata effettuata dopo 6 ore dallo scongelamento; per i campioni di sangue intero il tempo d'attesa è stato di 2 ore. Complessivamente sono stati analizzati 262 campioni di sangue e plasma, 113 di urina. Per 4 soggetti non è stato possibile effettuare l'analisi del campione ematico perché emolizzato o per volume insufficiente.

4.2. Analisi dei metalli

La determinazione quantitativa degli elementi in traccia nei liquidi biologici (urina, plasma e sangue intero) è stata effettuata utilizzando la spettrometria di massa con sorgente a plasma induttivo e cella di reazione dinamica (DRC-ICP-MS): si tratta di una tecnica multielementare in grado di determinare contemporaneamente, sulla base del rapporto massa/carica (m/z), i diversi isotopi naturali degli elementi. La cella di reazione dinamica (DRC) è un sistema per la riduzione chimica delle interferenze che permette di raggiungere valori di fondo inferiori a 1 cps (colpi per secondo) e quindi di assicurare limiti di rivelabilità dell'ordine del ng/l (nanogrammi/l); l'analizzatore di massa quadrupolare permette inoltre di lavorare in modo lineare in un ampio intervallo dinamico, effettuando l'analisi dei vari analiti a diversa concentrazione con precisione e accuratezza comparabili.

Prima dell'analisi in DRC-ICP-MS, i campioni biologici sono stati tutti accuratamente omogeneizzati. In particolare, i campioni di sangue e plasma sono stati sottoposti ad un pretrattamento in forno a microonde allo scopo di ridurre le interferenze da matrice; l'impiego del forno a microonde garantisce inoltre rapidità di esecuzione e un efficace controllo dei fenomeni di inquinamento accidentale.

Il metodo analitico è stato validato utilizzando materiali di riferimento certificati (Standard Reference Material, SRM); è stata verificata la validità del metodo e l'attendibilità dei risultati, mediante la valutazione di tutti i parametri utili a tale scopo (caratteristiche tecniche, applicabilità, performance analitica, etc.); quanto ottenuto è risultato adeguato allo studio dei valori di riferimento (VR) dei metalli nella popolazione generale, confermando l'elevata linearità, sensibilità, precisione e accuratezza del metodo proposto.

4.3. Analisi dei composti organoclorurati

Per caratterizzare il profilo di pesticidi e PCB nel siero umano, è stato sviluppato e validato un metodo che consente la determinazione simultanea di 13 pesticidi organoclorurati e 60 congeneri di PCB. La validazione del metodo è necessaria per valutare l'accuratezza e la precisione della procedura analitica, cioè per garantire l'affidabilità delle misure.

Il sangue è stato raccolto in provette Vacutainer® e centrifugato entro 24 ore dal prelievo. Il siero così ottenuto è stato conservato in freezer a -20°C fino al momento dell'analisi.

Prima dell'analisi strumentale, ciascun campione è stato sottoposto a un trattamento che consente di estrarre dalla matrice organica (siero) i composti di interesse. Tale procedimento prevede una fase di deproteinizzazione del siero (le proteine possono interferire e compromettere l'esito delle analisi), una estrazione con solventi e una purificazione.

La tecnica utilizzata è la gascromatografia abbinata a spettrometria di massa a bassa risoluzione (HRGC/EI-LRMS). Tale tecnica permette di lavorare con sensibilità e specificità adeguate per identificare e quantificare i composti ricercati, anche a livelli di tracce.

Sulla base dei risultati ottenuti, il metodo è risultato affidabile, sensibile e specifico in modo tale da poter essere applicato alla valutazione dei livelli di fondo (Valori di Riferimento) di PCB e pesticidi organoclorurati nella popolazione generale.

4.4. Le unità di misura

I dati vengono espressi per i metalli, misurati in sangue, plasma e urine, in microgrammi per litro ($\mu\text{g/l}$), che corrispondono a nanogrammi per millilitro (ng/ml) unità di misura usata per i composti organoclorurati.

5. Metodi di indagine

I dati analizzati

Le analisi sono state svolte utilizzando i dati, sia sui metalli selezionati per ogni matrice (sangue, plasma, urine), sia sui pesticidi organoclorurati/congeneri di PoliCloroBifenili misurati nel plasma. Per diversi soggetti non è stato possibile quantificare alcune misure in quanto al di sotto del limite di quantificazione dello strumento di rilevazione (Limit Of Detection, LOD). Ai valori $< LOD$ è stato assegnato un valore calcolato come $LOD / \sqrt{2}$ (come suggerito dal CDC).

Individuazione di valori elevati della distribuzione

Il valore del 95° percentile è stato utilizzato per individuare i soggetti che presentavano valori estremi nella coda di destra della distribuzione. Inoltre sia i valori medi sia quelli individuali sono stati confrontati con i riferimenti relativi a popolazioni generali (non esposte in ambito occupazionale o in circostanze accidentali).

In aggiunta è stato usato un criterio tossicologico per valutare l'esistenza di eventuali valori superiori a soglie di azione tossicologica.

Infine, in sede di "discussione e commento" è stato tenuto conto anche di conoscenze biologiche ed epidemiologiche sui livelli associati a possibili danni alla salute.

Per i soggetti con valori "anomali" sono state approfondite le caratteristiche demografiche, socio-economiche, le matrici di esposizione, la salute e gli stili di vita.

Analisi dei questionari

Per la totalità dei soggetti (Gela + Niscemi + Butera) e per i singoli campioni sono state descritte le caratteristiche demografiche, socio-economiche, le esposizioni ambientali ed occupazionali e gli stili di vita.

In particolare sono state analizzate variabili sul consumo di acqua (acquedotto, pozzo), variabili sull'abitudine al fumo e all'alcol, informazioni sul tipo di esposizione individuale a polveri, sostanze chimiche, gas o radiazioni, variabili sulla salute degli intervistati e sul tipo di malattie contratte nel corso della vita ed infine variabili sul consumo di cibo, in particolare pesce e molluschi.

6. Caratterizzazione dell'esposizione

6.1. Risultati sui metalli

Sono di seguito riportati dati di sintesi e brevi commenti riguardanti le concentrazioni di metalli rilevate in urina, plasma, sangue dei campioni di Gela, Gela volontari (V), Niscemi, Niscemi volontari (V), Butera e in quello di Pavia presentato come riferimento.

Arsenico (As)

Arsenico nelle urine ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
16,43	13,52	5,13	28,09	2,78	5,15

La concentrazione media di As urinario rispetto al riferimento di Pavia totale è risultata statisticamente più elevata nei campioni di Gela, il valore del gruppo dei volontari di Niscemi è anch'esso superiore senza raggiungere la significatività statistica, il valore di Niscemi è allineato e quello di Butera è inferiore.

Nei gruppi campionari di Gela si segnalano dieci valori compresi tra 100 e 300 $\mu\text{g}/\text{l}$ (3 tra i volontari), 6 valori tra 300 e 1.000 $\mu\text{g}/\text{l}$ (2 tra i volontari), 2 valori oltre 1000 $\mu\text{g}/\text{l}$, di cui uno maggiore di 2.500 $\mu\text{g}/\text{l}$ tra i volontari di Gela; tra i volontari di Niscemi emerge un valore di 635 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Questi soggetti saranno oggetto di attenzione sul piano individuale, in quanto portatori di valori più elevati del livello di fondo di popolazioni generali non esposte.

Questa osservazione suggerisce la presenza di una componente di origine alimentare, più pronunciata a Gela, verosimilmente dovuta al consumo di prodotti ittici e crostacei che notoriamente contengono elevate concentrazioni di As organico, senza escludere altre fonti, come l'acqua o sorgenti ambientali di As inorganico.

Per pervenire a una risposta scientifica valida è necessario procedere alla differenziazione della quota di arsenico organico da quello inorganico, soprattutto nell'area di Gela.

Arsenico nel plasma ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
9,00	8,77	7,35	5,38	10,67	3,67

Tutti i valori medi dei gruppi campionari SEBIOMAG sono statisticamente superiori al riferimento di Pavia, ad eccezione del dato dei volontari di Niscemi, superiore senza significatività statistica.

Si segnalano numerosi valori maggiori di $100 \mu\text{g}/\text{l}$ in tutti i gruppi campionari e alcuni valori maggiori di $200 \mu\text{g}/\text{l}$ a Gela che saranno oggetto di discussione sul piano individuale.

Arsenico nel sangue intero ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
18,93	21,98	15,33	21,19	17,55	4,90

Tutti i dati medi dei gruppi campionari SEBIOMAG sono risultati significativamente più elevati del dato di confronto.

Da rilevare che il 50% dei valori è risultato superiore a $15 \mu\text{g}/\text{l}$, sono emersi 12 valori oltre $40 \mu\text{g}/\text{l}$ di cui due maggiori di $200 \mu\text{g}/\text{l}$ tra i volontari di Gela, prevalentemente in casi diversi da quelli per i quali è stato osservato un valore urinario o plasmatico di esposizione.

Questi valori sono indicativi di un profilo alterato di esposizione e quelli più elevati debbono essere indagati a livello individuale.

Anche in questo caso deve essere considerato con il consumo di prodotti ittici (in particolare crostacei) come contributo di arsenico organico all'arsenico totale rilevato nel sangue intero.

Un commento più approfondito sugli aspetti tossicocinetici dell'As in urina, plasma e sangue intero, considerando la forma chimica (speciazione), è riportato nel capitolo "discussione".

Arsenico in urina, plasma e sangue

Emergono 52 soggetti (27/118 Gela, 12/66 Gela volontari, 4/39 Niscemi, 3/9 Niscemi volontari, 6/29 Butera) che almeno in una matrice hanno un valore superiore ai valori di fondo riportati in popolazioni non esposte. Questo dato, rappresentando quasi il

20% del campione complessivo studiato, è oggetto di discussione sul piano di comunità e di attenzione sul piano individuale.

Un'analisi della distribuzione geografica dei soggetti, sia totali sia escludendo i volontari, non ha mostrato una tendenza all'addensamento né aggregati geografici anomali di soggetti.

La stima dell'impatto sulla popolazione di quanto osservato nei campioni studiati, al netto dell'errore della stima campionaria, porta ad uno scenario di fenomeno diffuso.

Mercurio (Hg)

Mercurio nelle urine ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,45	0,27	0,24	0,19	0,39	0,097

I valori medi risultanti nei gruppi campionari SEBIOMAG sono statisticamente superiori al riferimento di Pavia, ad eccezione del dato di Niscemi volontari che è superiore senza significatività statistica.

I valori riportati dai CDC degli Stati Uniti erano di 0,33 e 0,31 $\mu\text{g}/\text{l}$ in donne e uomini nei campionamenti del 2001-2002.

Da segnalare la presenza di 7 campioni con valori da 2 a 4 $\mu\text{g}/\text{l}$ a Gela e uno tra i volontari di Niscemi, valori comunque compatibili con quelli rilevati in popolazioni non esposte professionalmente o accidentalmente.

Si sottolinea che la scelta del metodo di analisi è un fattore estremamente critico.

La discussione sui valori di Hg in urina, plasma, sangue è oggetto di ulteriore approfondimento nel paragrafo "discussione".

Mercurio nel plasma ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,099	0,072	0,058	0,054	0,094	0,075

Il valore medio del campione di Gela è più elevato di quello di Pavia, senza che la differenza raggiunga la significatività statistica, gli altri gruppi non mostrano differenze rispetto a Pavia.

Si segnalano alcuni valori superiori a 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ a Gela, che sono comunque compatibili con i valori descritti in popolazioni non professionalmente o accidentalmente esposte.

La discussione sui valori di Hg in urina, plasma, sangue è oggetto di ulteriore approfondimento nel paragrafo “discussione”.

Mercurio nel sangue intero

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,095	0,157	0,028	0,015	0,133	0,270

I valori medi riscontrati in tutti i gruppi campionari SEBIOMAG sono più bassi del riferimento di Pavia, a Gela e Niscemi (campionati e volontari) sono significativamente inferiori.

Si segnalano campioni con valori superiori a 5 µg/l nei due gruppi di Gela e Niscemi, di cui due soggetti valore superiore a 10 µg/l nel gruppo campionario di Gela, compatibili o poco superiori a valori di fondo riportati in popolazioni non esposte.

Di seguito vengono presentati in maggior dettaglio aspetti tossicocinetici del mercurio in urina, plasma e sangue, secondo la forma chimica (speciazione).

Selenio (Se)

Selenio nelle urine (µg/l)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
16,8	13,5	11,14	27,5	7,6	4,65

I valori di media geometrica (MG) osservati nei campioni di Gela e Niscemi sono risultati significativamente superiori a quelli ottenuti nello studio di un campione della popolazione residente a Pavia.

Nel campione di Niscemi il dato medio dei selezionati è risultato inferiore a quello dei volontari.

Nel campione di Butera il valore medio è inferiore agli altri, ma sempre superiore a quello di Pavia.

La gran parte dei valori misurati è compatibile con i valori di fondo riportati in popolazioni non esposte professionalmente. Si segnalano alcune misure superiori a 40 µg/l a Gela, livelli che possono essere un indicatore di stato alterato di esposizione, pur non costituendo un problema di rilevanza sanitaria.

Selenio nel plasma ($\mu\text{g/l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
85,9	85,1	77,0	85,8	84,7	89,9

I valori medi sono allineati tra loro e con il riferimento prescelto, con medie che sono compatibili con i valori di fondo.

I valori più elevati sono stati osservati in 10 campioni, tutti comunque al di sotto di 150 $\mu\text{g/l}$, livello poco al di sopra dei valori di fondo, rilevati in soggetti diversi da quelli che avevano mostrato valori più elevati nelle urine.

Nell'interpretazione di quanto sopra riportato sono da sottolineare le differenti abitudini alimentari dei gruppi di popolazione esaminati, tenuto conto che il Selenio nelle urine deriverebbe per circa il 50% dall'apporto dietetico.

Rame (Cu)

Rame nelle urine ($\mu\text{g/l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
6,1	5,1	5,0	6,0	3,6	7,7

I valori rilevati per questo indicatore biologico non mostrano sostanziali differenze tra la doppia casistica di Gela e Niscemi mentre a Butera la MG è stata stimata pari a circa il 50% del valore di riferimento determinato nella popolazione residente a Pavia.

Nell'urina i valori medi si presentano ovunque bassi ($< 30 \mu\text{g/l}$) e non ci sono campioni individuali anomali.

Nell'interpretazione dei dati va osservato che l'escrezione urinaria di Cu è indipendente dal contenuto della dieta.

Sono altresì note variazioni circadiane della concentrazione del metallo con valori inferiori nelle ore notturne.

Rame nel plasma ($\mu\text{g/l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
1.150,4	1.137,9	1.171,6	1.036,2	1.239,4	921,0

I valori medi rilevati a Gela, Niscemi e Butera sono simili tra loro, significativamente superiori al dato medio di Pavia.

Si segnalano alcuni casi (16) con valore superiore a 1.700 µg/l, di cui 5 superiori a 2.000 µg/l, indicativi di una esposizione al metallo, che, trattandosi di un elemento essenziale, assume rilevanza sul piano tossicologico.

Le differenze emerse potrebbero essere ascrivibili a diverse caratteristiche geografiche e genetiche (polimorfismi).

Il Cu nel plasma è influenzato dal contenuto della dieta e in genere i valori nei soggetti di sesso femminile sono più elevati. L'assunzione di estroprogestinici è segnalata in associazione con più elevate concentrazioni plasmatiche, ma l'analisi dei questionari individuali SEBIOMAG non ha dato evidenza di questa associazione.

Antimonio (Sb)

Antimonio nelle urine (µg/l)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,028	0,025	0,018	0,042	0,029	0,078

I valori medi dei gruppi campionari SEBIOMAG sono significativamente inferiori al dato medio di Pavia e si collocano ai limiti inferiori dei valori di fondo rilevati in popolazioni generali non esposte.

I CDC, Centri per il controllo delle malattie degli Stati Uniti, riportano un dato medio più elevato e avanzano l'ipotesi di un ruolo importante dell'assunzione per via alimentare per spiegare le differenze tra aree geografiche diverse.

Nelle differenze osservate occorre considerare i possibili effetti delle metodiche e degli strumenti.

Antimonio nel plasma (µg/l)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,34	0,47	0,55	0,57	0,49	0,033

I dati dei gruppi campionari SEBIOMAG sono risultati significativamente superiori al riferimento di Pavia. Tra i volontari di Niscemi è stato misurato un valore di 40 µg/l, che, essendo una indicazione di esposizione avvenuta, deve essere approfondito sul piano individuale.

Anche per il plasma è ipotizzabile un ruolo importante dell'assunzione per via alimentare per spiegare le differenze rilevate.

Una sorgente di esposizione da considerare è costituita dall'utilizzo di insetticidi contenenti triossido di antimonio e miele (scatolette circolari, che vengono forate e funzionano come "trappola" per le formiche). Dall'esperienza dei Centri Antiveneni è riportato l'utilizzo di questo prodotto con accidentale capovolgimento del contenitore e fuoriuscita parziale, che può provocare contaminazione all'interno dell'abitazione e determinare esposizioni anche significative.

Tallio (Tl)

Tallio nelle urine ($\mu\text{g/l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,15	0,14	0,12	0,19	0,07	0,08

I dati dei gruppi campionari SEBIOMAG, ad eccezione di quello di Butera, sono significativamente più elevati del riferimento di Pavia, e allo stesso livello del dato medio rilevato dai CDC, Centri per il controllo delle malattie degli Stati Uniti ($0,16 \mu\text{g/l}$).

Tutti i valori rilevati sono risultati inferiori ad $1 \mu\text{g/l}$, e quindi compatibili con i valori di fondo caratteristici di popolazioni non esposte.

Nelle differenze osservate occorre considerare i possibili effetti delle metodiche e degli strumenti.

Tallio nel plasma ($\mu\text{g/l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,04	0,04	0,03	0,02	0,05	0,03

Rispetto al valore di riferimento di Pavia i valori rilevati a Gela, Niscemi e Butera sono risultati comparabili. Tutte le misure sono risultate inferiori a $1,2 \mu\text{g/l}$.

L'interpretazione dei dati presentati suggerisce come possibile sorgente espositiva a tallio le emissioni industriali. Ipotesi avanzata anche dai CDC, Centri per il controllo delle malattie degli Stati Uniti, in riferimento al particolato fine emesso dalla combustione del carbone, che può essere assorbito per via respiratoria e per via digestiva. I valori moderatamente più elevati riscontrati a Gela sono consistenti con questa ipotesi, da sottoporre a validazione.

Non si può escludere un uso occasionale in un numero limitato di soggetti di antiparassitari a contenuto di tallio, anche come impurezza, anche per colture di tipo familiare.

Berillio (Be)

Berillio nel sangue intero ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,026	0,040	0,015	0,020	0,023	0,005

I dati medi di Gela sono risultati superiori a quelli rilevati a Niscemi e Butera, e tutti sono significativamente superiori al riferimento di Pavia.

Non si sono registrati valori particolarmente elevati, tutti inferiori a $1 \mu\text{g}/\text{l}$, ed uno solo è risultato pari a $2,29 \mu\text{g}/\text{l}$ a Niscemi (non volontari).

I valori rilevati, sebbene superiori a quelli di Pavia, non rappresentano un elemento di preoccupazione dal punto di vista del profilo di esposizione di comunità, in quanto il livello di fondo è considerato intorno a $1 \mu\text{g}/\text{l}$.

Tuttavia, poiché il berillio e i suoi sali sono sostanze tossiche e cancerogene per l'uomo (classe 1 secondo l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro di Lione), il monitoraggio deve essere preso in considerazione.

Questo anche alla luce del fatto che ci possono essere soggetti più sensibili all'esposizione, soprattutto per via inalatoria, anche se le concentrazioni rischiose sono di oltre 6-7 ordini di grandezza superiori a quelle normalmente presenti nell'aria (inferiori al nanogrammo).

Piombo (Pb)

Piombo nel sangue intero ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
29,5	32,6	31,4	34,5	33,5	27,4

I valori medi dei gruppi campionari SEBIOMAG sono risultati superiori al riferimento di Pavia (in modo statisticamente significativo i volontari di Gela e il campione di Butera).

I valori individuali sono compatibili con l'intervallo molto ampio dei valori di fondo per popolazioni non esposte professionalmente o accidentalmente.

In due soli campioni di Niscemi sono stati misurati valori superiori a 100 µg/l, e in uno tra i volontari residenti a Gela un valore di 287 µg/l (l'unico che risulta più elevato dei valori tipici di popolazioni non esposte).

In Germania un lavoro di Becker del 2002 riferisce valori medi di piombemia pari a 30,7 µg/l (MG), e nella Repubblica Ceca un lavoro del 2006 riferisce un valore medio di 33 µg/l (MG), circa 2 volte quanto registrato dai CDC per il 2001-2002.

I CDC hanno stabilito già nel 1999 in 100 µg/l il livello di concentrazione ematica preoccupante per i bambini.

Sebbene non siano stati documentati effetti patologici gravi correlati a concentrazioni inferiori a 100 µg/l, sono stati segnalati effetti sul neurosviluppo in età evolutiva per concentrazioni ematiche anche inferiori a 100 µg/l.

Nell'adulto effetti neurocognitivi sono stati documentati a concentrazioni di 200-600 µg/l.

La letteratura scientifica sul piombo è ricchissima sia nel settore tossicologico sia epidemiologico, con risultati consolidati per molti effetti, esempio correlazione con ipertensione, ottenuti su casistiche con livelli di esposizione superiori o molto superiori a quelli osservati nell'area di Gela.

Il piombo è classificato dalla Agenzia per la Ricerca sul Cancro di Lione come possibile cancerogeno per l'uomo (classe 2B), il piombo inorganico come probabile cancerogeno per l'uomo (classe 2A).

Il fatto che il 5% dei campioni SEBIOMAG sia al di sopra di 60 µg/l e il 25% al di sopra di 40 µg/l, indica l'esistenza di circostanze di esposizione ambientale a piombo, almeno in una parte della popolazione, e rappresenta un risultato degno di attenzione. Tutto ciò motiva la richiesta di ripetizione delle analisi nel tempo sugli stessi soggetti (monitoraggio) e di valutare l'opportunità di osservazioni mirate specificamente ai bambini.

Cadmio (Cd)

Cadmio nel sangue intero ($\mu\text{g/l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,31	0,41	0,57	0,28	0,41	0,092

I valori medi dei gruppi campionari SEBIOMAG sono tutti significativamente più elevati del riferimento di Pavia, ad eccezione del campione dei volontari di Niscemi, per il quale la differenza non raggiunge la significatività statistica.

I valori medi dei gruppi studiati sono simili a quelli riportati dal CDC-US ($\text{MG} = 0,4 \mu\text{g/l}$).

Tutti i valori individuali misurati sono risultati al di sotto di $2 \mu\text{g/l}$, compatibili con i valori di fondo riscontrati in popolazioni non esposte. Fanno eccezione un valore tra i volontari di Gela ($7,2 \mu\text{g/l}$) e uno tra i selezionati di Niscemi ($4,1 \mu\text{g/l}$), che si collocano intorno al valore di riferimento stabilito dall'OSHA in $5 \mu\text{g/l}$ in ambito di sicurezza occupazionale (Dipartimento del Lavoro degli Stati Uniti).

Nell'interpretazione dei dati occorre tenere conto del ruolo riconosciuto del fumo di tabacco nell'innalzare la concentrazione di cadmio.

Anche nei gruppi campionari analizzati le differenze di concentrazione tra non fumatori e fumatori (sia in passato sia attuali) è risultata altamente significativa, con valori rispettivamente da $0,2-0,3$ a $0,5-1,0 \mu\text{g/l}$.

Il rapporto CDC suggerisce che la presenza di raffinerie può elevare le concentrazioni ambientali di cadmio.

Nel complesso i risultati ottenuti, pur indicando la presenza di circostanze di esposizione, non raggiungono valori di rilevanza sanitaria.

Tuttavia in considerazione del fatto che il cadmio e i suoi composti sono riconosciuti cancerogeni certi per l'uomo (Classe 1-IARC) si suggerisce di mantenere elevato il livello di attenzione, continuando ad includere il Cd nel programma di biomonitoraggio umano.

Vanadio (V)

Vanadio nel sangue intero ($\mu\text{g}/\text{l}$)

Gela	Gela V	Niscemi	Niscemi V	Butera	Pavia
0,020	0,020	0,018	0,015	0,025	0,056

I valori medi di concentrazione rilevati nei gruppi campionari SEBIOMAG sono tutti significativamente inferiori rispetto al riferimento di Pavia.

Il profilo di esposizione nel campione di Niscemi è caratterizzato da un valore di $8 \mu\text{g}/\text{l}$ in una donna e da uno di $13,6 \mu\text{g}/\text{l}$ in un uomo, che sono degni di attenzione.

Effetti sulla salute sono stati documentati in associazione a valori molto più elevati.

E' in corso una verifica sull'attività professionale, per escludere possibili mansioni in grado di comportare esposizione a composti di Vanadio (ciò può verificarsi ad es. in un addetto alla pulizia delle scorie di caldaia ad olio combustibile), che sulla base delle informazioni contenute nel questionario non è verificata.

6.2 Risultati sulle sostanze organiche clorurate

Le concentrazioni medie di tutte le sostanze organiche clorurate misurate nel plasma hanno mostrato in generale valori molto bassi nei gruppi campionari studiati e sono risultate inferiori rispetto ai dati di confronto ottenuti in due gruppi di popolazione generale residente rispettivamente a Pavia (PV) e a Novafeltria (NF):

- beta-esaclorocicloesano (beta-HCH) e esaclorobenzene (HCB) sono risultati allineati nei gruppi SEBIOMAG e inferiori ai riferimenti di NF e PV;
- alfa-HCH, gamma-HCH o lindano, aldrin, dieldrin, sono risultati al di sotto dei livelli di rilevanza analitica;
- tra gli isomeri del DDT, il p,p'-DDE è l'unico ad aver mostrato una concentrazione media allineata con NF e superiore a PV, ma inferiore al riferimento dei CDC degli Stati Uniti, il p,p'-DDT è risultato simile a PV ma inferiore a NF, gli altri isomeri (o,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT) sono risultati inferiori ai riferimenti;
- 44 dei 59 congeneri di PCB analizzati non sono stati rilevati al di sopra del limite di quantificazione in nessuno dei gruppi campionari monitorati;

- la maggior parte dei PCB con valori misurabili hanno mostrato concentrazioni medie inferiori ai riferimenti (PCB 28, 31, 118, 138, 153, 156, 170, 180);
- i congeneri 52 e 101 sono allineati ai riferimenti;
- il congenere 128 è risultato superiore al riferimento di PV e allineato con NF;
- i congeneri diossino-simili 77, 126 e 169 sono risultati a Gela, Niscemi e Butera (5 soggetti su 181 a Gela, 2 su 28 a Niscemi, 1 su 29 a Butera) proporzionalmente più presenti rispetto ai gruppi di riferimento.

In considerazione della elevata tossicità dei congeneri considerati, questo dato non può essere trascurato come segnale caratteristico dei campioni di Gela, Niscemi e Butera.

Inoltre si evidenzia la presenza di 4 campioni (1 Gela e 3 Gela volontari) che possono definirsi anomali, in quanto con valori chiaramente distanti - verso l'alto - dal resto delle osservazioni disponibili, nonché nettamente superiori ai valori di riferimento definiti per altri gruppi di popolazione.

I quattro soggetti hanno mostrato un profilo alterato per diverse sostanze organoclorurate e per loro è indicata la presa in carico mediante un protocollo di controllo analitico e di approfondimento sui fattori di rischio (da indagare in modo ancora più approfondito di quanto fatto mediante il questionario SEBIOMAG).

La scelta di inserire PCB e pesticidi tra le sostanze da studiare nel Progetto SEBIOMAG era motivata sia dalle conoscenze disponibili sulla contaminazione ambientale e del biota, sia dalla opportunità di verificare l'esistenza passata o recente di circostanze di utilizzo di tali composti (ad es. nei condensatori utilizzati nelle centrali elettriche, non trascurando anche le emissioni industriali convogliate) e se tali circostanze avessero influenzato il profilo di esposizione della popolazione. La percentuale di positività rilevata per i congeneri diossina-simili è coerente con una avvenuta esposizione non di tipo diffuso ma circoscritto.

7. Discussione e considerazioni

I risultati dello studio di biomonitoraggio umano (SEBIOMAG) effettuato su gruppi campionari delle popolazioni con età 20-44 anni di Gela, Niscemi e Butera indicano quanto di seguito sintetizzato.

7.1. Metalli

Per i metalli emerge:

- un profilo di esposizione diffusa ad arsenico, caratterizzato da valori medi, specie a Gela, e numerosi valori singoli con concentrazioni, sia in urina sia in sangue intero e plasma, significativamente superiori a quanto riscontrato in popolazioni non esposte in ambito lavorativo o in circostanze accidentali;
- un segnale di esposizione a rame, caratterizzato da numerosi valori plasmatici singoli quasi tutti di sesso femminile, distribuiti in tutti i gruppi campionari, non usuali in popolazioni non esposte;
- segnali deboli di esposizione a piombo, cadmio e mercurio, caratterizzati da valori medi compatibili con i livelli osservati in popolazioni generali, con alcune misure individuali più elevate di piombo e cadmio nel sangue e di mercurio nelle urine, specie a Gela;
- valori di concentrazioni medie degli altri metalli (antimonio, selenio, tallio, berillio, vanadio) simili a quelli riportati in popolazioni generali, con pochi valori singoli superiori, indicativi di problemi diversi.

I risultati sull'arsenico (As) delineano un quadro di esposizione diffusa di lettura complessa che implica riflessione ed approfondimento. A questo proposito si riassumono alcune nozioni di base:

- l'esposizione ad arsenico è funzione della natura chimica dell'elemento e della sua distribuzione;

- la presenza di arsenico nell'ambiente deriva sia da fonti naturali sia da attività e può esistere in quattro stati di ossidazione dotati di differente tossicità,¹¹ le forme di arsenico organico sono meno tossiche di quello inorganico per effetto dei processi di detossificazione;
- l'arsenico inorganico viene rapidamente assorbito dopo esposizione orale; la percentuale di assorbimento è inferiore per via inalatoria ed è molto limitata dopo esposizione cutanea;¹² dopo assorbimento per via digestiva, l'elemento subisce un processo di metilazione a livello epatico e quindi viene rapidamente escreto nelle urine;
- l'arsenico inorganico, le forme metilate e l'arsenico totale presenti in urina vengono considerati biomarcatori di esposizione recente;
- l'arsenico si ritrova nel sangue entro poche ore dall'assorbimento e quindi anche la concentrazione ematica rappresenta un biomarcatore di esposizione recente;
- la concentrazione di arsenico misurata in capelli e unghie è un buon indicatore di esposizione cronica;
- le notevoli variazioni inter-individuali nel metabolismo dell'arsenico sono influenzate dalla suscettibilità genetica;¹³
- per l'uomo la principale fonte di esposizione non occupazionale ad arsenico è rappresentata dalla dieta, che deve essere tenuta di conto quando si effettuano confronti tra popolazioni con diverse abitudini alimentari;
- il parametro più comunemente usato per la valutazione del rischio ad arsenico è rappresentato dall'Intake Giornaliero Tollerabile Provvisorio (PTDI) che per l'arsenico inorganico è pari a 2,1 µg/Kg/die.¹⁴ Tale dato rappresenta un importante riferimento, soprattutto nell'ambito di studi di monitoraggio delle popolazioni esposte, ad esempio attraverso fonti naturali (acqua contaminata); l'acqua destinata al consumo umano risulta la principale fonte di esposizione ad arsenico inorganico. In particolare il contributo totale di arsenico inorganico è stimato tra il 17 e il 24%;

¹¹ WHO 2001. Arsenic and arsenic compounds. Environmental Health Criteria 224. World Health Organization, Geneva. Hughes MF. Arsenic toxicity and potential mechanisms of action. Toxicol Lett 2002; 133:1-16.

¹² NRC. 1999. Arsenic in Drinking Water. Washington, DC: National Research Council. WHO 2001. Arsenic and arsenic compounds. Environmental Health Criteria 224. cit.

¹³ Vahter M. Genetic polymorphisms in the biotransformation of inorganic arsenic and its role in toxicity. Toxicol Lett 2000; 112: 209-217.

¹⁴ Joint FAO/WHO Expert Committee for Food Additives, 1989. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, 33rd report, Tech Rep Ser 776; WHO, Geneva, Switzerland, pp. 27-38.

- la presenza di elevate quantità di arsenico in prodotti di origine marina destinati al consumo umano è ben documentata,¹⁵ il valore di concentrazione di arsenico totale nei crostacei è superiore rispetto a molluschi e pesci, mentre non sono emerse differenze nel contenuto di arsenico inorganico, il contenuto di arsenico in crostacei e molluschi è stato riportato in stretta correlazione con il livello di inquinamento marino di questo elemento;¹⁶
- l'arsenico inorganico nella dieta è influenzato anche dalla quantità e dal tipo di riso consumati;¹⁷
- il metabolismo dell'arsenico inorganico varia in funzione della specie e tra gruppi etnici.¹⁸

Da quanto sinteticamente esposto risulta evidente che la misura dell'arsenico in urina, trattandosi di un biomarcatore di esposizione recente, può risultare utile nel caso di esposizione continuativa, mentre è meno indicata in caso di esposizioni occasionali o non continuative. Tale considerazione vale, in misura anche maggiore, per il contenuto di arsenico nel sangue o nel plasma.

I dati osservati a Gela sono risultati superiori a quanto atteso in una popolazione non esposta e rappresentano una indicazione di esposizione recente diffusa su tutta l'area.

¹⁵ Vaessen HA e van Ooik A. Speciation of arsenic in Dutch total diets: methodology and results. *Lebensm Unters Forsch* 1989; 189: 232-235. Muñoz O. Total and inorganic arsenic in fresh and processed fish products. *J Agric Food Chem* 2000; 48: 4369-4376. Storelli MM e Marcotrigiano GO. Total, organic, and inorganic arsenic in some commercial species of crustaceans from the Mediterranean Sea (Italy). *J Food Prot* 2001; 64: 1858-62. WHO 2001. Arsenic and arsenic compounds. *Environmental Health Criteria* 224, cit. Fattorini D. Chemical speciation of arsenic in different marine organisms: Importance in monitoring studies. *Mar Environ Res* 2004; 58: 845-50. Argese E. Distribution of arsenic compounds in *Mytilus galloprovincialis* of the Venice lagoon (Italy). *Sci Total Environ* 2005; 348: 267-77. Hsiung TM e Huang CW. Quantitation of Toxic Arsenic Species and Arsenobetaine in Pacific Oysters Using an Off-line Process with Hydride Generation-Atomic Absorption Spectroscopy. *J Agric Food Chem* 2006; 54: 2470-2478. Schmeisser E. Human metabolism of arsenolipids present in cod liver. *Anal Bioanal Chem* 2006; 385: 367-76. Liu CW. Bioaccumulation of arsenic compounds in aquacultural clams (*Meretrix lusoria*) and assessment of potential carcinogenic risks to human health by ingestion. *Chemosphere* 2007; 69:128-134.

¹⁶ Heinrich-Ramm R. Arsenic species excretion in a group of persons in northern Germany-contribution to the evaluation of reference values. *Int J Hyg Environ Health* 2001; 203: 475-477. Morton J. Speciation of arsenic compounds in urine from occupationally unexposed and exposed persons in the U.K. using a routine LC-ICP-MS method. *J Anal Tox* 2006; 30: 293-301.

¹⁷ Meacher DM. Estimation of Multimedial inorganic arsenic intake in the US population. *Hum Ecol Risk Assess* 2002; 8: 1697-1721. Meliker JR. Major contributors to inorganic arsenic intake in southeastern Michigan. *Int Hyg Environ Health* 2006; 209: 399-411. Williams PN. Market basket survey shows elevated levels of As in South Central U.S. processed rice compared to California: consequences for human dietary exposure. *Environ Sci Technol* 2007a; 41: 2178-2183.

¹⁸ Loffredo CA. Variability in human metabolism of arsenic. *Environ Res* 2003; 92: 85-91. Vahter M. Genetic polymorphisms in the biotransformation of inorganic arsenic and its role in toxicity. *Toxicol Lett* 2000; 112: 209-217. Vahter M. A unique metabolism of inorganic arsenic in native Andean women. *Eur J Pharmacol* 1995; 293: 455-462.

La valutazione dei dati individuali ha evidenziato 52 campioni con valori elevati di arsenico in uno, due o tre comparti biologici esaminati, che in termini percentuali rappresentano circa il 20% dei gruppi di Gela, dei volontari e di Butera, e il 10% del gruppo di Niscemi.

I valori ematici rilevati in SEBIOMAG (95% inferiori a 60 µg/l e 5% più elevati) sono nettamente inferiori a valori tipici di intossicazioni acute che possono arrivare a 1.000 µg/l, mentre valori tra 100 e 250 µg/l possono dipendere dal consumo di farmaci contenenti arsenico.¹⁹

I valori misurati, con poche eccezioni da chiarire, pur indicando chiaramente un'esposizione ad arsenico, sono inferiori alle concentrazioni per le quali sono stati documentati danni alla salute.

Un recente studio di coorte sulla mortalità per tumore del polmone tra i lavoratori di una fonderia negli USA e uno studio caso-controllo sul consumo di acqua contaminata nel nord del Cile, che hanno riportato stime elevate e statisticamente significative di rischio (stime di rischio relativo rispettivamente uguale a 8 e uguale a 7) in associazione a concentrazioni di arsenico urinario dell'ordine dei 1.000 µg/l.²⁰

Tuttavia non debbono essere sottovalutate possibili correlazioni tra esposizioni più contenute ed effetti sanitari non tumorali.

Una recente rassegna di studi epidemiologici condotti fino al 2006 ha richiamato l'attenzione sull'esposizione precoce, sia in utero che nei primi anni di vita, e sui conseguenti incrementi di mortalità nei giovani adulti. Soprattutto gli studi sull'arsenico nelle acque potabili hanno mostrato nuovi segnali di rischio a riguardo delle lesioni dermiche e di malattie cardiovascolari.²¹

Le caratteristiche dell'area considerata, le abitudini alimentari e le caratteristiche genetiche del gruppo di popolazione considerato (polimorfismi), costituiscono variabili importanti nella valutazione dell'esposizione ad arsenico e alle altre sostanze che, seppure in un numero ridotto di casi, hanno dato valori superiori a quanto atteso in popolazioni non esposte.

¹⁹ Driesback RH, ed. 1980. Arsenic and arsine. In: Handbook of poisoning: Prevention, diagnosis and treatment. 11th ed. Los Altos, CA: Lange Medical Publications, 241-245.

²⁰ Smith AH, Ercumen AY, Yuan YA, Steinmaus CM. Increased lung cancer risks are similar whether arsenic is ingested or inhaled. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2009.

²¹ Smith AH, Steinmaus C. Health Effects of Arsenic and Chromium in Drinking Water: Recent Human Findings. *Annu Rev Public Health.* 2008.

Le analisi del questionario hanno mostrato correlazioni statisticamente significative col sesso (>> nei maschi), con l'età (arsenico crescente al crescere dell'età, solo nel campione casualizzato), e con molti fattori:

- esposizione lavorativa generica, esposizioni a polveri di legno/carbone, a polveri di metallo, a esalazioni, a derivati del petrolio (più elevato tra gli esposti),
- consumo di pesce, frutta (più elevato rispettivamente in sangue e urine, in chi consuma più frequentemente), di verdura (As ematico più elevata se prodotta in proprio),
- consumo di latte e formaggio (concentrazione plasmatica e ematica più elevata tra i non consumatori),
- consumo di acqua, concentrazione ematica e plasmatica più elevata nei campioni di Gela in chi dichiara di bere acqua di acquedotto (da notare che anche il rame ha lo stesso profilo),
- malattie renali, artrite reumatoide e epatiti (concentrazione ematica più elevata nei malati).

In conclusione, appare evidente che le caratteristiche genetiche del gruppo di popolazione considerato (polimorfismi), unitamente alle caratteristiche dell'area considerata e alle abitudini alimentari, costituiscono delle variabili importanti nella valutazione dell'esposizione cronica ad arsenico.

I futuri studi dovranno tenere conto di una serie di esigenze prioritarie, quali:

- a) valutazione dei livelli attuali di arsenico presenti nel terreno, nell'acqua destinata al consumo umano e nell'aria;
- b) valutazione dell'assorbimento giornaliero di arsenico nell'ambito di uno studio per la speciazione della dieta;
- c) speciazione delle varie forme chimiche in tutte le matrici (ambientale e umana);
- d) valutazioni di polimorfismi genetici attraverso marcatori di suscettibilità;
- e) uso e sviluppo di biomarcatori di effetto e loro validazione, in particolare per esposizioni a basse dosi;
- f) studio del meccanismo d'azione dell'arsenico inorganico come interferente endocrino e di danno epigenetico;
- g) sviluppo di bioindicatori molecolari attraverso lo studio delle variazioni di espressione genica.

Nella prosecuzione del biomonitoraggio umano potranno essere valutati sviluppi del protocollo di indagine, ad esempio estendendo all'età pediatrica le fasce di età monitorate per quanto riguarda il piombo.

A proposito del mercurio (Hg), l'osservazione di una concentrazione media nel sangue inferiore a quanto riportato in gruppi di popolazioni generali residenti in aree geografiche diverse (in Italia, in Europa e negli Stati Uniti), e di una concentrazione urinaria proporzionalmente superiore, necessita di riflessione, anche in considerazione del fatto che il mercurio è stato rilevato in elevate concentrazioni ambientali e nel biota nel sito di bonifica di Gela e ne è conosciuto l'uso industriale e circostanze di esposizione occupazionale (impianto clorosoda).²²

Nelle analisi e nei confronti sono sempre da tenere conto elementi che possono avere una notevole influenza, che per il mercurio assumono particolare significato, quali la modalità di raccolta dei campioni biologici e loro conservazione, le tecniche analitiche di laboratorio (sempre più sensibili), l'influenza di altri fattori di esposizione (esempio amalgami dentarie).

Alla luce delle conoscenze sulla tossicologia e tossicodinamica del mercurio nell'uomo, fortemente influenzata dalla forma chimica (mercurio elementare, mercurio organico o metilmercurio, mercurio inorganico), dalla intensità e dalla durata della esposizione, si può ipotizzare che l'esposizione recente della popolazione dell'area di Gela si verifichi prevalentemente attraverso l'assorbimento di mercurio inorganico, che potrebbe motivare le basse concentrazioni ematiche rispetto ai più elevati valori urinari osservati. Nel passato l'esposizione della popolazione potrebbe essere avvenuta secondo lo stesso scenario oppure potrebbe aver risentito maggiormente di un

²² Sanzo JM, Dorronsoro M, Amiano P, Amurrio A, Aguinagalde FX, Azpiri MA. Estimation and validation of mercury intake associated with fish consumption in an EPIC cohort of Spain. *Public Health Nutr* 2001;4:981-8. Dewailly E, Ayotte P, Bruneau S, Lebel G, Levallois P, Weber JP. Exposure of the Inuit population of Nunavik (Arctic Quebec) to lead and mercury. *Arch Environ Health* 2001;56:350-7. CDC NANES Department of Health and Human Services. Centres for Disease Control and Prevention 2005. Third Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Available: <http://www.cdc.gov/exposurereport/report.htm>. Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M. German Environmental Survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in blood of the German population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2002; 205:297-308. Becker K, Schulz C, Kaus S, Seiwert M, Seifert B. German environmental survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in the urine of the German population. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 2003; 206:15-24. Apostoli P, Cortesi I, Mangili A, Elia G, Drago I, Gagliardi T. Assessment of reference values for mercury in urine: the results of an Italian polycentric study. *Sci Total Environ* 2002;289:13-24.

assorbimento di metilmercurio per via alimentare, in grado di elevare la concentrazione ematica e di determinare valori più contenuti di escrezione urinaria.

Si tratta di ipotesi da sottoporre a verifica in quanto che al momento non si dispone di dati informativi sulle modalità di assunzione per via alimentare (non si può escludere anche la via respiratoria), ed in particolare:

- non sono note le forme chimiche di mercurio alle quali la popolazione è attualmente esposta;
- non ci sono dati adeguati sui livelli aerodispersi di mercurio, soprattutto di dispersione sulle aree abitate delle emissioni di origine industriale;
- non è noto se l'acqua dissalata o trasportata con autobotti possa essere contaminata o meno da mercurio;
- non sono disponibili dati di contaminazione da mercurio degli alimenti effettivamente usati;
- sono disponibili valori di mercurio nei terreni ma sarebbe opportuno verificare in aree contaminate la capacità di volatilizzazione dal suolo di mercurio.

In considerazione di quanto detto, emerge l'indicazione di studi sulla speciazione del contenuto di mercurio organico e inorganico nelle matrici ambientali e alimentari e del proseguimento delle attività di biomonitoraggio umano.

7.2. Sostanze organiche clorurate

Per le sostanze organiche clorurate è emersa l'assenza o la debole presenza di sostanze misurate nel plasma, con pochi valori individuali indicativi di esposizione; in questo quadro è da segnalare l'osservazione di tre PCB diossina-simili dotati di elevata tossicità (congeneri 77, 126, 169) distribuiti in 8 soggetti di Gela, Niscemi e Butera. In tre soggetti queste ed altre sostanze organiche raggiungono livelli indicativi di esposizioni intense a fonti multiple acute recenti o croniche pregresse ed ancora in corso.

Per interpretare questi risultati sono necessarie almeno tre premesse:

- gli effetti dell'esposizione a qualunque sostanza tossica dipendono dalla dose, dalla durata e dalla modalità di esposizione, dalle abitudini e caratteristiche personali e dalla presenza di altre sostanze chimiche;

- per stabilire l'entità dell'esposizione individuale a composti organoclorurati non esiste un intervallo di valori di riferimento universalmente accettato dagli organismi internazionali;
- le analisi effettuate per la determinazione dei livelli di PCB e pesticidi organoclorurati nel sangue danno un'indicazione sulla esposizione pregressa a queste sostanze, ma non possono determinare quando e per quanto tempo un soggetto è stato esposto, e se questa esposizione potrà arrecare danno alla sua salute.

La letteratura internazionale ha evidenziato diversi effetti avversi sulla salute (pelle e fegato) per esposizioni a livelli elevati di PCB e pesticidi organo clorurati, inoltre sono state osservate alterazioni neurologiche e immunologiche nei bambini. Tuttavia, non è stato finora possibile stabilire un nesso causale certo tra l'esposizione e l'insorgenza di effetti dannosi per la salute.

La rilevazione di valori di concentrazione elevati, pur rappresentando un'indicazione di avvenuta esposizione, non permette di distinguere tra esposizione acuta recente e esposizione cronica ancora in corso e per questo motivo si rende necessaria la ripetizione della misura analitica con caratterizzazione della forma fisica della sostanza per confermare o ridimensionare quanto osservato.

La ricerca scientifica ha documentato che l'assunzione di alimenti, inclusa l'acqua, è la principale via di esposizione a composti organoclorurati, e sono conosciuti gli alimenti a più elevato contenuto di organoclorurati. Ai soggetti per i quali sono stati riscontrati valori plasmatici elevati, si possono in questa sede dare alcuni suggerimenti: limitare il consumo di acqua proveniente da pozzi non monitorati; limitare il consumo di alimenti coltivati in zone che potrebbero risultare contaminate a livello del suolo; limitare il consumo di pesce e crostacei, soprattutto se provenienti dalle acque della zona prospiciente insediamenti industriali.

8. Conclusioni e indicazioni

Tra i risultati conseguiti dallo studio SEBIOMAG emerge un elemento di criticità, relativo all'esposizione diffusa ad arsenico, indicata con coerenza dalle misure in urine, sangue e plasma.

Il quadro che emerge è caratterizzato da valori medi che si collocano più in alto rispetto ai valori riportati per popolazioni non esposte in ambito occupazionale o in circostanze accidentali, e da un numero ampio di soggetti con concentrazioni anomale nei campioni studiati.

L'analisi della distribuzione geografica dei soggetti non ha mostrato una tendenza all'addensamento né aggregati anomali di soggetti.

Queste due osservazioni, se riportate a livello di popolazione (di età 20-44 anni) sono indicative di un fenomeno di dimensione ampia e diffusa.

Quanto emerso, indicativo di esposizione ad arsenico e non direttamente correlabile a danni alla salute, ha la necessità di essere indagato a fondo per comprenderne le cause e identificare le azioni da intraprendere.

Carattere di priorità assume la ripetizione del prelievo e delle analisi in urine e sangue per soggetti selezionati, mirata alla caratterizzazione della specie di arsenico presente (speciazione) ed indagini di speciazione in matrici ambientali e nella dieta, mirate allo studio del destino degli inquinanti, delle vie di contaminazione e dell'esposizione.

Per gli altri metalli studiati i risultati non mettono in luce un profilo di esposizione diffusa, mentre emergono alcuni soggetti con valori indicativi di una avvenuta esposizione. Per chiarire il tempo e le cause dell'avvenuta esposizione è indicata la ripetizione delle misure, con speciazione della forma chimica.

Per le sostanze organoclorurate indagate (pesticidi e policlorobifenili) i risultati sono indicativi di un quadro di bassa esposizione, con la presenza di pochi soggetti con valori suggestivi di una avvenuta esposizione, che potrebbe risalire al passato ed essere ancora in corso, o essere dovuta ad un episodio acuto non più attivo. Per chiarire il tempo e le fonti dell'avvenuta esposizione è indicata la ripetizione delle misure.

In conclusione, le caratteristiche dell'area considerata, le abitudini alimentari e le caratteristiche genetiche del gruppo di popolazione considerato (polimorfismi), costituiscono variabili importanti nella valutazione dell'esposizione ad arsenico e alle

altre sostanze che, seppure in un numero ridotto di casi, hanno dato valori superiori a quanto atteso in popolazioni non esposte.

I risultati sono informativi per priorità di azioni e suggerimenti, che sono stati indicati nel presente documento.

Sul piano generale, lo studio SEBIOMAG contribuisce alle conoscenze sull'esposizione umana ad inquinanti nell'area di Gela, fino ad oggi limitate a stime e modelli basati su soli dati ambientali.

Queste conoscenze sono rilevanti per meglio comprendere il ciclo inquinamento-esposizione-salute, in particolare per meglio chiarire il ruolo tra quegli inquinanti di cui è documentata la presenza e gli effetti dannosi per la salute e quelle cause di morbosità e mortalità che sono documentate in eccesso nell'area di Gela e che riconoscono una eziologia multifattoriale in cui la componente ambientale ha un ruolo scientificamente documentato.

I responsabili della ricerca ritengono che i risultati conseguiti siano di utilità per:

- sottoporre ad ulteriore sorveglianza i donatori per i quali sono stati evidenziati valori di inquinanti superiori a quelli di fondo riportati per popolazioni non esposte in ambito occupazionale ed in circostanze accidentali;
- effettuare un monitoraggio ambientale mirato, che contribuisca ad identificare le fonti di esposizione delle comunità ed andamenti degli inquinanti nel tempo;
- costruire un sistema di sorveglianza epidemiologica, che consenta di dare una corretta misura dei rischi e di monitorare lo stato di salute della popolazione;
- mirare le attività di bonifica e risanamento con l'obiettivo di eliminare le fonti di esposizione per le comunità;
- pianificare ulteriori attività di studio sulle interazioni dell'ambiente con la salute dei cittadini nell'area di Gela, Niscemi e Butera.

8 Luglio 2009