



RAPPORTI ISTISAN 20|33

ISSN: 1123-3117 (cartaceo) • 2384-8936 (online)

Riflessioni e proposte sulla sorveglianza ambientale e sanitaria integrata

P. Lauriola, E. Dogliotti, L. Sinisi,
G. Leonardi, L. Fazzo, I. Iavarone



AMBIENTE
E SALUTE

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

Riflessioni e proposte sulla sorveglianza ambientale e sanitaria integrata

Paolo Lauriola (a), Eugenia Dogliotti (b)*, Luciana Sinisi (c),
Giovanni Leonardi (d), Lucia Fazzo (b), Ivano Iavarone (b)

(a) Istituto di Fisiologia Clinica, Consiglio Nazionale delle Ricerche Pisa, Italia

(b) Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma, Italia

(c) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma, Italia

(d) Public Health England, Didcot, Regno Unito

** già Direttore del Dipartimento Ambiente e Salute*

ISSN: 1123-3117 (cartaceo) • 2384-8936 (online)

Rapporti ISTISAN
20/33

Istituto Superiore di Sanità

Riflessioni e proposte sulla sorveglianza ambientale e sanitaria integrata.

Paolo Lauriola, Eugenia Dogliotti, Luciana Sinisi, Giovanni Leonardi, Lucia Fazzo, Ivano Iavarone
2020, iv, 32 p. Rapporti ISTISAN 20/33

Il documento è il prodotto di un gruppo di lavoro multidisciplinare e multi-istituzionale denominato “Sinergie Ambiente e Salute”, costituitosi all’interno della Task Force nazionale Ambiente e Salute del Ministero della Salute, con lo scopo di identificare le priorità organizzative e operative per promuovere/realizzare sinergie tra i due settori Ambiente e Salute e suggerire programmi e strategie istituzionali integrate. Questo documento fornisce indicazioni per facilitare una collaborazione sistematica efficiente tra operatori dei due settori promuovendo la creazione di una rete integrata di sorveglianza ambientale e sanitaria secondo nuovi modelli di prevenzione basati su approcci integrati come il modello *One Health*, anticipando temi contenuti nel Piano Nazionale della Prevenzione 2020-2025. Il suo obiettivo principale è di aprire la strada per realizzare una *governance* che permetta di integrare istituzioni, discipline, legislazioni, competenze, opportunità/eccellenze, disponibilità, per far fronte alla complessità delle problematiche ambientali-sanitarie e alla loro non procrastinabile integrazione con misure di equità e sostenibilità.

Parole chiave: Salute; Ambiente; Sorveglianza; Prevenzione; Equità; Sostenibilità; Governance

Istituto Superiore di Sanità

Reflections and proposals on integrated environmental and public health surveillance.

Paolo Lauriola, Eugenia Dogliotti, Luciana Sinisi, Giovanni Leonardi, Lucia Fazzo, Ivano Iavarone
2020, iv, 32 p. Rapporti ISTISAN 20/33 (in Italian)

This document is the product of a multidisciplinary and multi-institutional working group called “Environment and Health Synergies”, set up within the National Environment and Health Task Force of the Italian Ministry of Health, with the aim of identifying organizational and operational priorities to promote/realize synergies between the two sectors Environment and Health and to suggest integrated institutional programs and strategies. This document provides indications to facilitate efficient systematic collaboration between operators of the two sectors by promoting the creation of an integrated environmental and public health surveillance network according to new prevention models based on integrated approaches such as the *One Health* model, anticipating issues contained in the National Prevention Plan 2020-2025. Its main objective is to pave the way to achieve a governance that allows the integration of institutions, disciplines, legislation, skills, opportunities/excellence, availability, to cope with the complexity of environmental health problems and their no longer postponable integration with equity and sustainability.

Key words: Health; Environment; Surveillance; Prevention; Equity; Sustainability; Governance

Si ringraziano la Prof.ssa Margherita Ferrante dell’Università di Catania (UNICT), la Dott.ssa Luigia Scimonelli, il Dott. Aldo Di Benedetto, la Dott.ssa Francesca Calvetti e la Dott.ssa Loredana Candela del Ministero della Salute per l’attento lavoro di rilettura e revisione del documento.

Per informazioni su questo documento scrivere a: ivano.iavarone@iss.it e paolo.lauriola@gmail.com

Il rapporto è accessibile online dal sito di questo Istituto: www.iss.it

Citare questo documento come segue:

Lauriola P, Dogliotti E, Sinisi L, Leonardi G, Fazzo L, Iavarone I. *Riflessioni e proposte sulla sorveglianza ambientale e sanitaria integrata*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2020. (Rapporti ISTISAN 20/33).

Legale rappresentante dell’Istituto Superiore di Sanità: *Silvio Brusaferrò*

Registro della Stampa - Tribunale di Roma n. 114 (cartaceo) e n. 115 (online) del 16 maggio 2014

Direttore responsabile della serie: *Paola De Castro*

Redazione: *Sandra Salinetti e Manuela Zazzara*

La responsabilità dei dati scientifici e tecnici è dei singoli autori, che dichiarano di non avere conflitti di interesse.



INDICE

Premessa	iii
Introduzione	1
1. Concetti in tema di sorveglianza ambientale e sanitaria	3
1.1. Definizioni dei diversi sistemi di sorveglianza ambientale e sanitaria integrata.....	3
1.1.1. Sorveglianza basata su eventi	4
1.1.2. Sorveglianza sindromica.....	4
1.1.3. Sorveglianza degli avvelenamenti acuti.....	5
1.1.4. Reti di medici sentinella per l'ambiente	6
1.1.5. <i>Environmental Public Health Tracking</i>	7
2. Esempi di sorveglianza ambientale e sanitaria integrata	9
2.1. Esperienze di SASI in USA	9
2.2. Esperienze di SASI in Inghilterra	9
2.3. Altre esperienze di SASI.....	10
3. Alcune esperienze rilevanti di sorveglianza ambientale e sanitaria in Italia	11
3.1. Progetto SENTIERI	11
3.2. Sorveglianza della mortalità e dell'incidenza del mesotelioma	13
3.3. Progetto EpiAir	14
3.4. Studio Monitor	15
4. Sorveglianza ambientale e sanitaria nella città di Taranto: un esempio emblematico dal quale possiamo imparare	17
5. Governance della sorveglianza	19
5.1. Definizioni	19
5.2. Principi su cui basare la governance della sorveglianza	19
5.2.1. Sostenibilità	19
5.2.2. Competenza	19
5.2.3. Promozione di ricerca innovativa	20
5.2.4. Integrazione	21
5.2.5. Responsabilità (ruoli di soggetti e Istituzioni diverse).....	21
5.2.6. Trasparenza (quali compiti, come comunicarli).....	22
5.3. Competenze per la sorveglianza ambientale e sanitaria	22
Conclusioni	24
Bibliografia	27

PREMESSA

La proposta articolata in questo documento nasce dall'esigenza di mettere a sistema le diverse competenze professionali e istituzionali, presenti all'interno delle strutture sanitarie ed ambientali, per monitorare, valutare e gestire i rischi per la salute da fattori ambientali di natura chimica, fisica e biologica. Questa proposta si basa su una visione innovativa che superando la frammentarietà degli approcci di indagine oggi disponibili, tiene conto non solo della necessità di far rete e di poter disporre di strumenti multidisciplinari *ad hoc*, ma anche delle diverse transizioni in atto nella nostra società (sanitaria, ambientale, demografica, democratica, sociale, economica e produttiva), e dell'attenzione alle disuguaglianze e alla gestione dei conflitti ambientali e territoriali tra richiesta di salute, e non solo di sanità,¹ per il perseguimento di uno sviluppo sostenibile.

Un'esigenza avvertita con forza e chiarezza già prima dell'evento della pandemia COVID-19 e che, oggi, alla luce di quella che è una drammatica emergenza globale che ha travolto il nostro stile di vita e le economie planetarie, richiede con urgenza anche alla comunità Ambiente e Salute (A&S) di ri-orientare le proprie priorità e strategie. Non è evidentemente un caso che per studiare il ruolo dell'inquinamento atmosferico nella epidemia COVID-19, l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e il sistema ISPRA-SNPA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – Sistema Nazionale Protezione Ambiente), in collaborazione con la Rete Italiana Ambiente e Salute (RIAS), abbiano costituito un network inter-istituzionale ed inter-disciplinare di ricercatori del settore sanitario ed ambientale a livello locale, regionale e nazionale (1).

Il documento qui presentato veniva infatti concepito dagli autori già alla fine del 2019² in risposta alla necessità, sempre più impellente, di: a) superare la dicotomia della dimensione progettuale delle attività A&S in Italia e, b) creare un riferimento multidisciplinare, stabile e istituzionale, costruito anche utilizzando esperienze e modelli operativi e collaborativi già in atto da tempo a livello nazionale ed internazionale (2, 3) e dotato di un proprio sistema informativo integrato A&S ad oggi assente.

Entrambi questi elementi costitutivi vengono esplicitamente analizzati ed affrontati all'interno di questo contributo attraverso la proposta di un Programma di Sorveglianza Ambientale e Sanitaria Integrata (SASI), quale strumento inter-settoriale trasversale a istituzioni con funzioni e mandati diversi, per potenziare la prevenzione dei rischi per la salute da determinanti ambientali.

L'attualità della SASI si ripropone anche alla luce degli obiettivi del nuovo Piano Nazionale di Prevenzione (PNP) 2020-2025 del Ministero della Salute adottato il 6 agosto 2020, che non solo prevede una linea di supporto centrale (Linea n. 5), che stabilisce la necessità di sviluppare una "Integrazione delle informazioni derivanti da dati ambientali e sanitari per il miglioramento delle conoscenze su rischi ambientali e salute e loro relazioni", ma riafferma anche la visione *One Health* (4), estendendo la prevenzione e promozione della salute anche ai fattori di origine biologica, incluse le zoonosi infettive emergenti.

¹ Sanità e salute, talvolta, vengono utilizzate nel gergo comune come sinonimo mentre, benché legate l'una con l'altra, sono due concetti ben distinti con differenze significative. La salute è stata definita come uno "stato di completo benessere fisico, mentale e sociale e non la semplice assenza di malattia" (WHO 1946). La definizione di sanità può essere riassunta come "l'insieme delle regole e delle risorse umane, strutturali e tecnologiche dedicate alla tutela della salute", in altre parole il sistema sanitario organizzato e diffuso sul territorio

² Il documento è stato preparato all'interno del Gruppo di Lavoro SAS (Sinergie Ambiente e Salute) della Task Force istituita con Decreto del Direttore Generale del Ministero della Salute del 9/11/2017 e successive modifiche.

Il documento SASI ben s'inserisce quindi nelle nuove strategie di prevenzione ambiente e salute, con l'ambizione che possa divenire un riferimento per la costruzione di sistemi di SASI, attraverso network dedicati a livello territoriale, a garanzia di un omogeneo ed equo strumento di tutela nazionale di quel *bene comune* (5), propedeutico a qualsiasi scelta economica, sociale, politica (6) che è la salute umana e l'integrità ambientale.

INTRODUZIONE

La sorveglianza delle malattie per le quali è riconosciuta una eziologia ambientale dovrebbe essere intimamente connessa al monitoraggio dell'esposizione ai fattori di rischio ambientali, in un processo di analisi sinergico capace di integrare, analizzare ed interpretare i dati ambientali e poi osservarli e correlarli ai dati sanitari intesi come "effetto dell'esposizione".

Per fattori di rischio ambientali si intendono, in questa sede, le contaminazioni ad opera di sostanze tossiche nell'aria, nelle acque superficiali e di falda, nel suolo e nei sedimenti e nella catena alimentare, in grado di alterare l'equilibrio e i cicli biogeochimici degli ecosistemi con effetti sulla salute umana, sulle biocenosi e sulla diversità biologica. Tutto ciò sottolinea la necessità di adottare un approccio multi(cross)-settoriale per affrontare i rischi potenziali o esistenti che derivano dall'interfaccia uomo-animale-ambiente, in linea con il principio di *One Health*.

La complessità delle informazioni in gioco in questo processo è dunque molto elevata, richiedendo l'interconnessione di sistemi e flussi informativi ambientali e sanitari e un'adeguata conoscenza delle dimensioni spaziali e temporali dei fenomeni studiati, con l'obiettivo di fornire informazioni rilevanti del percorso pericoli-esposizioni-malattie e di orientare quindi appropriati interventi di sanità pubblica, di gestione delle attività produttive e di risanamento ambientale.

Per prevenire le malattie dovute a fattori di rischio ambientali (circa il 23% dei decessi nel mondo (7) e il 15% in Europa (8) è dovuto all'esposizione a tali fattori di rischio) bisogna intervenire innanzitutto sui fattori causali già noti. Allo stesso tempo, serve anche un impegno a delineare strategie di prevenzione che consentano di identificare e gestire sulla base del "principio di precauzione" quei fattori di rischio ambientali la cui associazione con gli eventi sanitari studiati potrebbe essere "sospetta" o non ancora significativamente accertata. In molti casi, infatti, il nesso di "causa-effetto" tra esposizione a specifici fattori ambientali e malattia non è certo, ma "probabile" o "possibile" e, il grado di evidenza dell'associazione con i determinanti ambientali può essere definito come "limitato". Ovvero, esistono indizi di associazione, ma non si può escludere un effetto di distorsione a causa di eventi del tutto casuali e/o della presenza di altri fattori di confondimento (esposizioni occupazionali e/o legate a stili di vita, alla dieta, alla suscettibilità di popolazione, ecc.), con conseguenti distorsioni nelle stime. In base al principio di precauzione, quindi, anche il ruolo dei fattori di rischio a più bassa persuasività scientifica, sebbene con una scala di priorità differente, deve essere definito nel processo di valutazione del rischio.

Questo documento presenta lo "stato dell'arte" relativamente ai principali modelli di sorveglianza ambientale e sanitaria oggi disponibili, inclusi alcuni esempi nazionali, e introduce i principi su cui basare la *governance* della sorveglianza.

Gli obiettivi che il documento si prefigge sono:

1. promuovere una discussione tra le Istituzioni centrali e periferiche che si occupano A&S sulle potenzialità di un sistema di SASI per definire interventi di prevenzione efficaci;
2. stimolare la costituzione di un tavolo di lavoro su questa tematica (all'interno della Task Force Ambiente e Salute), composto da operatori portatori di esperienze e prospettive diverse (professionali e istituzionali) con lo scopo di sviluppare strategie operative condivise;
3. aprire la strada per realizzare una *governance* che, attraverso sinergie intersettoriali e inter-istituzionali, permetta di applicare una unica linea di intervento multidisciplinare,

utilizzando le competenze specifiche e settoriali disponibili, e sia vocata al superamento della frammentarietà di norme e procedure;

4. promuovere ricerca innovativa che interroghi la complessità della relazione A&S con gli strumenti oggi disponibili per analizzare la relazione tra tutte le esposizioni nel corso della vita e i conseguenti effetti sulla salute (approccio esposomico, vedi 5.2.3), anche mediante l'accesso al Programma Nazionale Ricerca Sanitaria (PNRS).

1. CONCETTI IN TEMA DI SORVEGLIANZA AMBIENTALE E SANITARIA

In passato, i problemi di salute sono stati spesso affrontati con successo perché associati a singoli fattori eziologici. È questo il caso, ad esempio, della maggior parte delle patologie trasmissibili per le quali l'eradicazione degli agenti patogeni infettivi garantiva il controllo delle patologie ad esse associate. Tuttavia, i problemi odierni sono più complessi. Le patologie croniche ad eziologia multifattoriale sono quelle per le quali è più difficile quantificare il ruolo dei singoli contributi ambientali ma soprattutto dell'effetto "miscela" dovuta alla simultanea esposizione a più fattori di rischio ambientali. Sfide come i cambiamenti climatici, l'epidemia di obesità e l'impatto delle disuguaglianze sociali sulla salute, le contaminazioni ambientali complesse di origine industriale, sono identificate come priorità di intervento per la gestione della salute planetaria e della "salute pubblica ecologica" (9). Affrontare queste sfide implica un approccio integrato ed olistico alla salute ambientale in un più ampio contesto, socio-economico e culturale, al di là dei singoli rischi ad agenti tossici o infettivi. Cionondimeno, a fronte di tale complessità, con investimenti strategici in capacità di preparazione e risposta (compresi sistemi di rilevazione ed informazione efficaci e adeguati, personale addestrato e strategie di risposta appropriate), è possibile pervenire ad un sistema di controllo e ad una strategia di prevenzione più efficaci.

La legislazione sanitaria internazionale (*International Health Regulation*) richiede una rapida identificazione dei rischi per la salute, nonché la pronta valutazione degli stessi, la notifica ma soprattutto la concertazione di una risposta efficace per la riduzione dell'esposizione a tali rischi. A tale scopo è necessario implementare un sistema di sorveglianza, sensibile e flessibile, integrato ad un sistema di allarme rapido. La struttura, i ruoli e le responsabilità delle professionalità coinvolte nell'attuazione di tale sistema devono essere chiaramente identificabili, misurabili in efficacia e preferibilmente definiti sulla base di un'appropriata politica e legislazione in materia di sanità pubblica. Le catene di responsabilità devono essere altrettanto esplicitamente identificate per garantire comunicazioni efficaci all'interno dei singoli Paesi, con la World Health Organization (WHO) e con gli altri Paesi, se necessario (10).

1.1. Definizioni dei diversi sistemi di sorveglianza ambientale e sanitaria integrata

La definizione di "sorveglianza" più comunemente citata è: la raccolta, analisi e interpretazione sistematica di dati sanitari, essenziali per la pianificazione, l'attuazione e la valutazione delle pratiche di salute pubblica, e la tempestiva diffusione di tali dati a coloro che hanno il compito di conoscere ed intervenire (11).

A valle di questa definizione discende la distinzione tra la sorveglianza epidemiologica, che si basa sull'osservazione del profilo di salute a livello di popolazione per avviare azioni di adattamento/mitigazione, e la sorveglianza sanitaria, che riguarda l'osservazione degli esiti sanitari a livello individuale con presa in carico da parte del sistema sanitario dei soggetti che presentano specifiche condizioni di salute, associate a fattori di rischio ambientale (ambiente di vita) e in ambito occupazionale (ove la sorveglianza sanitaria si è maggiormente sviluppata).

Un quadro di riferimento su cui basare la sorveglianza ambientale e della salute pubblica prevede dati provenienti da tre fasi del processo, che conduce dalla presenza di una *noxa* patogena all'effetto sanitario nell'uomo, e cioè dai pericoli ai rischi, alle intensità e durate delle esposizioni

e agli esiti (12). Questo approccio può essere applicato alle informazioni sulla prevenzione della salute pubblica da qualsiasi effetto avverso, sia infettivo che non.

1.1.1. Sorveglianza basata su eventi

La Sorveglianza Basata sugli Eventi (SBE) è la raccolta organizzata e rapida di informazioni su eventi di malattie infettive, ma anche di natura tossica di varia origine (ambientale, occupazionale, alimentare, ecc.), che potrebbero comportare rischi per la salute pubblica con un impatto significativo, oppure essere il risultato di un incidente o evento rilevante (es. eventi di massa o alluvioni). A differenza della sorveglianza tradizionale, la SBE si basa su report piuttosto che sull'acquisizione routinaria di dati (13, 14) (la raccolta di dati è fondamentale, comunque, per la redazione di report attendibili).

Questo tipo di sorveglianza è molto adatto anche per fornire una panoramica degli eventi chimici e ambientali, sia che si tratti di esposizione acuta o cronica. La gamma di fonti di dati che possono essere raccolte con la SBE rientra ampiamente nelle seguenti categorie:

- contesto medico, compresi i dati del servizio sanitario (es. segnalazioni di focolai, notifiche);
- informazioni sulla salute fornite da servizi sanitari pubblici specializzati (es. rapporti di laboratorio)
- altre fonti della comunità, compresi media, scuole, farmacie.

Questi report sono generalmente strutturati sulla base di un set di dati minimo, che include informazioni quali:

- quando / dove si è verificato l'evento,
- cosa è stato segnalato,
- quante persone sono state colpite,
- gravità del l'impatto sulla salute pubblica, ad esempio numero di decessi e ricoveri
- dettagli su come queste informazioni sono state raccolte, per consentire eventuali ulteriori indagini (15).

1.1.2. Sorveglianza sindromica

La sorveglianza sindromica (*Syndromic Surveillance*, SyS), prevede la raccolta in tempo reale, l'analisi, l'interpretazione e la diffusione di dati relativi alla salute (segni o sintomi), per consentire l'identificazione precoce dell'impatto o dell'assenza di impatto di potenziali minacce (16).

Originata dagli Stati Uniti, alcuni dei primi esempi di sistemi SyS sono stati sviluppati in risposta all'evento "11 settembre 2001", per monitorare potenziali attacchi di bioterrorismo. Successivamente, questi sistemi sono stati sempre più utilizzati per monitorare l'epidemiologia delle malattie infettive per un periodo limitato di tempo (es. straordinario afflusso di persone in un'area geografica limitata come per le Olimpiadi di Torino) o come sistema stabile standardizzato in diverse nazioni – ad esempio la sorveglianza della paralisi flaccida acuta promossa dalla WHO, , nell'ambito del programma di eradicazione della poliomielite. Si tratta, quindi, di un sistema di allerta basato su casi sentinella.

La SyS differisce dalla sorveglianza tradizionale in quanto non si basa su diagnosi confermate, ma su segni clinici, sintomi e misure surrogate non specifici di effetti sulla salute. I dati vengono generalmente raccolti per scopi diversi dalla sorveglianza e, ove possibile, vengono generati automaticamente per evitare di imporre un onere aggiuntivo a chi produce dati. Il principio generale di SyS è monitorare i dati sanitari per rilevare aumenti insoliti dell'attività del segnale

(es. un aumento del numero di persone che frequentano i reparti di emergenza con sintomi respiratori o consultazioni del medico di medicina generale), quasi in tempo reale.

Gli obiettivi principali della SyS sono:

- rilevare una minaccia sconosciuta, nuova o emergente;
- fornire eventuali rassicurazioni, dimostrando la mancanza di impatto sulla salute pubblica di una minaccia nota;
- quantificare e monitorare l’impatto di una minaccia identificata per la salute pubblica;
- fornire un segnale tempestivo dell’inizio di un evento stagionale previsto (es. morbilità correlata al caldo o al freddo) (15).

In base agli obiettivi prefissati è necessario identificare gli eventi da monitorare (sindromi di interesse), i soggetti (es. i medici delle urgenze) che devono raccogliere i dati e quale sia la popolazione da sorvegliare.

L’elenco degli eventi sindromici viene trasferito con una cadenza stabilita caso per caso in base agli obiettivi e alle situazioni. I dati vengono quindi paragonati alle serie storiche per identificare eventi che hanno frequenze superiori a quelle attese.

1.1.3. Sorveglianza degli avvelenamenti acuti

Inizialmente, i “centri antiveleni”, si concentravano sulla cura e gestione degli avvelenamenti acuti. I reparti di emergenza di ospedali pediatrici o generici hanno rapidamente acquisito un’esperienza riconosciuta intorno agli anni ’60 del secolo scorso; successivamente, è nata la necessità di fornire un servizio di informazione sui veleni, tramite telefonate ricevute dal pubblico o da altri operatori sanitari (17, 18).

Nel corso degli anni, i Centri Antiveleni (CAV) hanno strutturato questo servizio e creato grandi database informatici dedicati alla raccolta di informazioni sui pazienti avvelenati e sulla composizione dei prodotti commerciali. È importante sottolineare che sono stati creati database che fondono a livello regionale informazioni provenienti da diversi centri antiveleni nazionali³ e la grande quantità di dati così raccolti ha reso più efficace l’estrazione dei dati. A questo proposito, l’*American Association of Poison Control Centres* ha condotto esperienze, a cui si fa comunemente riferimento, per l’analisi dei casi registrati di avvelenamenti umani.

Lo scetticismo iniziale secondo cui i dati provenienti dai CAV non potevano essere altro che la raccolta e tabulazione delle richieste ricevute dal servizio di informazioni telefoniche, si è rivelato infondato con l’introduzione del *Toxic Exposure Surveillance System* (TESS) negli Stati Uniti (19, 20). Oltre a fornire una fonte di informazioni sulle reazioni avverse ai farmaci e sulle droghe d’abuso, tali sistemi facilitano anche il monitoraggio dell’esposizione a sostanze chimiche (21, 22). Questo sistema di segnalazione dai centri antiveleni alle Agenzie di sanità pubblica rende tali informazioni rilevanti per la capacità di rispondere agli incidenti chimici. Ad esempio, nel caso delle intossicazioni da Monossido di carbonio (CO), queste informazioni vengono integrate

³ In Italia i CAV sono individuati dalle Regioni secondo quanto stabilito dall’Accordo Stato Regioni n. 56/CSR del 28.2.2008. Altresì il “Sistema di sorveglianza delle esposizioni pericolose e delle intossicazioni (SIN-SEPI)” riconosciuto di rilevanza nazionale dal DPCM del 3 marzo 2017, concernente l’identificazione dei sistemi di sorveglianza e dei registri di mortalità, di tumori e di altre patologie, ha presentato il suo ultimo rapporto annuale nel 2018 avvalendosi dei dati rilevati nel 2014 (Rapporto ISTISAN 18/6. Sistema informativo nazionale per la sorveglianza delle esposizioni pericolose e delle intossicazioni: casi rilevati nel 2014 Nono rapporto annuale). In continuità, dati elaborati del 2016 sono riportati nel Notiziario dell’ISS Vol. 31(11) del 2018 (Esposizione a sostanze e miscele pericolose: Progetto pilota su dati dei Centri Antiveleni)

ad altre provenienti da ospedali, servizi di ossigeno terapia iperbarica, Istituzioni ambientali, ecc. (USA, Regno Unito, Francia) (23-26).

Naturalmente anche in questo sistema i dati sono da integrare con una attività di analisi diretta sul paziente per la ricerca di veleni e un'azione continua di formazione per l'elevato numero di sostanze sintetiche rilasciate ogni anno. Da collegare anche un'attività di consulenza e cura diretta per i pazienti intossicati che accedono in urgenza ed emergenza e attività di programmazione e gestione per casi di incidenti chimici, attacchi terroristici chimici o biologici. Naturalmente, ciò non esclude, ma anzi rafforza, l'esigenza di attività di sorveglianza tossicologica organizzate, attività di formazione/informazione degli addetti ai lavori, di personale di pronto intervento e del pubblico.

1.1.4. Reti di medici sentinella per l'ambiente

L'interesse nei confronti delle cause e dei contesti che possono determinare i quadri clinici che giungono all'osservazione del curante è sempre stato una caratteristica dell'operare medico (Ippocrate, IV sec. a.C.). In tale quadro si inserisce la figura del Medico Sentinella o le Reti di Medici Sentinella (RMS).

A partire dal 1955, un elevato numero di esperienze di RMS si sono sviluppate in tutto il mondo (di cui circa 7 mila dal 1984 al 2017). Tali esperienze hanno privilegiato gli aspetti diagnostico-terapeutici ed organizzativi. In merito al rapporto tra A&S, le esperienze di RMS sono state rare (non più di 15) (27, 28).

Le ragioni potrebbero essere le seguenti:

1. Occorre un'organizzazione dotata di competenze in ambito ambientale, informatico e sanitario, ma, anche e soprattutto, di una collaborazione con organizzazioni e Istituzioni diverse.
2. I Medici di Medicina Generale (MMG) e i Pediatri di Libera Scelta (PLS) non sono solitamente preparati ad occuparsi in modo approfondito di tematiche di salute in relazione all'ambiente, non essendo fino ad oggi considerata tale pratica nella sua reale dimensione e importanza, ma che da oggi dovrebbe rappresentare un tassello importante dei loro curricula e quindi delle loro competenze.

È così nata una proposta di Rete Italiana Medici Sentinella per l'Ambiente (RIMSA) che sostanzialmente mira a sensibilizzare, formare ed organizzare i Medici di Famiglia (MF) che così potrebbero rappresentare un "anello di congiunzione" tra evidenze scientifiche, problemi globali ed azioni locali. A questo proposito, diverse recenti e autorevoli pubblicazioni hanno sottolineato le grandi potenzialità offerte dal coinvolgimento dei *Primary Care Provider* (29-32).

In questo contesto si colloca l'iniziativa formativa finalizzata a sviluppare e scambiare le conoscenze degli MMG e PLS nell'ambito del Progetto Strategico "Cambiamenti climatici e salute nella vision Planetary Health" finanziato dal Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (CCM) del Ministero della Salute e coordinato dall'ISS con il forte impegno di ISDE-Italia (*International Society of Doctors for Environment*) e Federazione Nazionale degli Ordini dei Medici Chirurghi e degli Odontoiatri (FNOMCeO).

A seguito di questo progetto, sono state realizzate diverse iniziative pilota locali, formative e di ricerca. Si è così costituito un gruppo di circa 120 medici che ha creato e sviluppato una piattaforma Moodle e un gruppo di discussione WhatsApp. Con questi nuovi strumenti di comunicazione, RIMSA è stata in grado di trarre degli importanti insegnamenti sul ruolo degli MMG e PLS nella gestione dell'emergenza COVID-19:

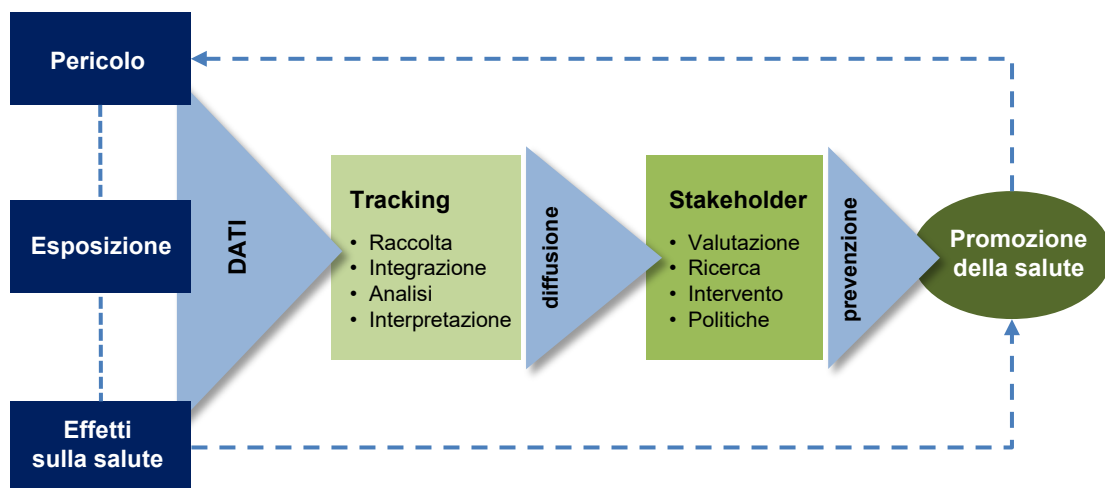
- alcuni MMG e PLS avevano diagnosticato dei casi di polmonite interstiziale già alla fine del mese di gennaio 2020, quindi precedentemente al primo caso ufficiale italiano d'infezione COVID-19 identificato a Codogno;

- contrariamente alle strutture ospedaliere, gli MMG e PLS possono identificare in maniera più rapida eventuali nuovi casi di contagio, in quanto svolgono un'attività di "sorveglianza" più tempestiva e immediata e possono provvedere ad indicare – anche in maniera precauzionale – misure di contenimento che contribuiscono a frenare la diffusione del virus (33).

1.1.5. Environmental Public Health Tracking

L'*Environmental Public Health Tracking* (EPHT) può essere definito come la raccolta, l'integrazione, l'analisi e l'interpretazione sistematica dei dati sui pericoli, l'esposizione e gli effetti sulla salute umana correlabili all'esposizione a fattori di rischio ambientali. L'EPHT include, come parte rilevante del processo, la diffusione delle informazioni raccolte e analizzate in modo sistematico, ma anche e soprattutto l'implementazione di azioni volte a promuovere e proteggere la salute pubblica (33, 34),

La Figura 1 riassume le principali componenti dell'EPHT attraverso un diagramma di flusso che esemplifica le funzioni interattive del processo (35).



Legenda: Gli stakeholder includono Istituzioni centrali, regionali, locali, Università, Servizio sanitario, ONG, industria, media, decisori politici, popolazione generale

Figura 1. Componenti dell'Environmental Public Health Tracking.

L'EPHT è in grado di fornire dati ambientali e di salute in modo tempestivo, accurato e sistematico. Collegando efficacemente i flussi di dati ambientali e sanitari e traducendoli in informazioni significative, inoltre fornisce dirette indicazioni sulle azioni di sanità pubblica per la riduzione del rischio sulla salute delle comunità da fattori di rischio ambientali. Pertanto, si può affermare che l'EPHT rappresenta l'essenza della pratica proattiva in materia di salute pubblica, poiché ha come obiettivo finale quello di guidare l'azione nel campo della sanità pubblica (36).

Idealmente, il monitoraggio dell'esposizione include la *misurazione sistematica della concentrazione di agenti ambientali* dannosi a cui sono esposti gli individui. Il monitoraggio dell'esposizione aiuta anche a valutare l'efficacia delle politiche di salute pubblica monitorando i cambiamenti dei contaminanti e dei loro effetti sulla salute nel tempo. Esso rappresenta il primo tassello della stima del rischio. Ciò comporta anche il biomonitoraggio di individui, comunità o

gruppi di popolazione in cui è riconosciuta, o supposta, l'esposizione a fattori di rischio ambientali capaci di alterare la "macchina metabolica" (la cosiddetta "dose interna") (37). La componente finale della sorveglianza ambientale della salute pubblica è la valutazione dei casi sanitari attribuibili, che rappresentano un fondamentale passaggio per la sorveglianza della salute pubblica. Esempi di queste situazioni sono i ricoveri per avvelenamento da piombo (37), i ricoveri ospedalieri per bronchiolite (38), la sorveglianza delle malformazioni congenite (39) e del mesotelioma (40, 41) che devono essere attribuiti alla specifica esposizione per generare il rapporto di causalità. L'obiettivo chiave di tale sistema è quello di favorire e migliorare la prevenzione primaria delle malattie da esposizione a fattori ambientali.

Una distinzione chiave tra EPHT e sorveglianza tradizionale è l'enfasi sull'integrazione dei dati di salute prodotti dai sistemi sanitari con quelli sull'esposizione umana e le sorgenti di pericolo. Si potrebbe definire come una "rappresentazione del rischio" che comporta la quantificazione e il monitoraggio, a livello di popolazione, del rapporto tra pericolo, esposizione e lo stato di salute.

La potenzialità di un sistema di sorveglianza epidemiologica, in termini di efficacia delle conseguenti azioni di prevenzione, è strettamente legata al grado di evidenza che lega gli effetti sanitari monitorati rispetto ai fattori di rischio ambientali di interesse. Per esempio, modifiche nell'incidenza di mesotelioma in una popolazione sono un indicatore diretto di cambiamenti nell'esposizione ad amianto, data l'elevata frazione eziologica di questa patologia attribuibile all'amianto (più dell'80%), mentre il valore informativo di un sistema di sorveglianza di patologie ad eziologia multifattoriale dipende dalla capacità di monitorare cambiamenti nel profilo di esposizione ai fattori di rischio ambientali di interesse, e degli altri determinanti di queste patologie (ambientali, occupazionali e legati agli stili di vita).

Infine, un'altra importante questione che deve essere affrontata nella sorveglianza ambientale e sanitaria è la necessità di coinvolgere una serie di competenze disciplinari diverse nelle attività di sanità pubblica. Di questo si parlerà in dettaglio in seguito.

Molto importante è segnalare l'importanza del coinvolgimento di specifici gruppi di portatori di interesse, nonché dei cittadini stessi, il cui contributo è necessario per il successo di un programma di sorveglianza della salute ambientale. Infatti, occorre ricordare che la richiesta di migliori informazioni sul nostro ambiente e sulla nostra salute proviene da media, ricercatori e politici, ma anche e soprattutto dai cittadini e dalle loro organizzazioni (ambientaliste, consumatori, ecc.).

2. ESEMPI DI SORVEGLIANZA AMBIENTALE E SANITARIA INTEGRATA

Attività di SASI sono state condotte in tutto il mondo. Diversi Paesi hanno adottato il termine “tracking” (es. Stati Uniti, Inghilterra, Cina), mentre in altre aree sono state utilizzate altre dizioni (es. Italia, Brasile, Francia Australia, Canada, Nuova Zelanda) (42).

2.1. Esperienze di SASI in USA

Nel 2000 la *Pew Environmental Health Commission* ha pubblicato un rapporto sullo stato della “salute pubblica ambientale” negli Stati Uniti (43). In quella occasione la Commissione ha raccomandato lo sviluppo di un sistema per “tracciare” e collegare agenti ambientali, esposizioni e malattie correlate, perché mancavano le informazioni di base che potessero documentare possibili collegamenti tra rischi ambientali e malattie croniche. Nel 2001, i *Centers for Disease Control and prevention* (CDC) hanno ricevuto un significativo finanziamento per lo sviluppo di EPHT e questo rappresenta il punto di partenza della rete nazionale di monitoraggio della “salute pubblica ambientale”. Questa rete finanzia oggi i dipartimenti sanitari statali (e di una città, New York) per raccogliere e indagare un insieme coerente di indicatori di pericolo (*hazard*), esposizione ed esito. Accanto a questo ci sono finanziamenti per la diffusione di questi dati, l’alimentazione di piattaforme di analisi dei dati online per il pubblico e i responsabili politici, ma anche per avviare iniziative di prevenzione dei pericoli determinati a livello locale. Infine, ci si occupa anche del monitoraggio dell’esposizione e analisi dei risultati.

2.2. Esperienze di SASI in Inghilterra

Le esperienze di SASI in Inghilterra (44) si sono concentrate su diversi argomenti scelti sulla base di un processo di consultazione istituzionale di diverse agenzie nazionali. Ciò ha condotto alla definizione di alcuni programmi di indagine epidemiologica, quali il monitoraggio corrente degli effetti sulla salute della fluorizzazione delle acque potabili; la sorveglianza dell’esposizione della popolazione a composti chimici tra cui arsenico da acqua di pozzi privati; il carico di malattia da intossicazione da monossido di carbonio indoor; la sorveglianza dei bambini per l’esposizione al piombo; lo sviluppo di metodi per la definizione delle priorità di rischio, a supporto degli interventi ambientali per la salute pubblica e la sorveglianza dei rischi ambientali, delle esposizioni e degli esiti sanitari.

Nel caso inglese, il passaggio da esperienze che avevano come obiettivo la realizzazione di uno studio di sorveglianza ambientale e sanitaria ad una SASI corrente è avvenuto a seguito della produzione di output presentati regolarmente nel corso del tempo. Come processo di *governance* istituzionale, un comitato di riferimento con poteri decisionali su tutti i programmi, garantisce la coerenza della sorveglianza con gli obiettivi fissati. Nel caso di nuove iniziative di sorveglianza, si parte da “proof of concept” includendo inizialmente obiettivi di sviluppo, cioè il passaggio dalla ricerca al disegno di sorveglianza, specificandone gli obiettivi come parte di un programma corrente. Quanto detto si sta verificando anche per argomenti come l’inquinamento atmosferico, i fattori meteorologici e la salute. Tali proposte sono in fase di finalizzazione.

Rispetto all'esperienza USA, l'Inghilterra ha adottato un sistema di sorveglianza ambientale sanitaria flessibile per ogni programma, per cui il monitoraggio varia da livelli di aggregazione elevati (di popolazione), fino ad un livello individuale.

2.3. Altre esperienze di SASI

Nella Tabella 1 vengono descritte altre esperienze di SASI, per area geografica, argomento oggetto della sorveglianza, ed Ente coordinatore dell'attività (Tabella 1), che fanno parte della rete *International Network on Public Health & Environment Tracking* (INPHET) (<http://inphet.org/>) (3).

Tabella 1. Attività di sorveglianza nel mondo che collaborano con INPHET (<http://inphet.org/>)

Nazione	Argomento	Istituzione
Canada	Rischi per la salute in relazione alla qualità dell'aria esterna, alla qualità dell'acqua e ai contaminanti del suolo (45, 46).	CANUE
	Dati geo-riferiti climatici/ambientali per analisi epidemiologiche (47).	ECDC
UE	Database interattivo con indicatori di esposizione, effetti sulla salute, azioni e valutazioni connesse (schede informative, country profiles) (47).	ENHIS
	Coordinamento e promozione di attività di biomonitoraggio umano (<i>Human Biomonitoring</i> , HBM) in Europa (48)	HBM4EU
Francia	Progetto europeo Triple-S (<i>Syndromic Surveillance Survey</i>), quadro di riferimento per attività di SyS in Europa (49, 50). Monitoraggio della salute a seguito di incidente industriale (51).	SPF
Georgia	Raccolta dati demografici e sanitari, biomonitoraggio, identificazione delle sorgenti di esposizione (in collaborazione con PHE, ISS) (52). Realizzazione di un hub regionale con i Paesi vicini nell'area Euroasiatica.	NCDC-PH
Cina	Rischi per la salute in relazione alla qualità dell'aria esterna, alla qualità dell'acqua e ai contaminanti del suolo, biomonitoraggio (CEPHT) (53, 54, 55).	NIEH, China CDC
Nuova Zelanda	Database di indicatori di salute ambientale; stima del carico di malattia per esposizione a contaminanti ambientali (56, 57).	Massey University
	Attività di sorveglianza delle malattie trasmissibili, con comunicazioni settimanali alle autorità sanitarie.	ESR
	Servizio a livello regionale di sorveglianza della salute pubblica (58).	SPC
Regno di Tonga	Sorveglianza delle malattie trasmesse da vettori anche utilizzando profili climatici (59). Malattie idrotrasmesse. Mappatura dell'avvelenamento da tossine di Ciguatera, salute della barriera corallina interna e del territorio costiero.	SPC

CANUE: Canadian Urban Environmental Health Research Consortium; **China CDC:** Chinese Center for Disease Control and Prevention; **CEPHT:** Chinese Environmental Public Health Tracking, **ECDC:** European Centre for Disease Prevention and Control; **ENHIS:** Environment and Health Information System; **ESR:** Institute of Environmental Science and Research (New Zealand); **HBM4EU:** European Human Biomonitoring Initiative; **SPF:** Santé Publique France; **NCDC-PH:** National Center for Disease Control and Public Health; **NIEH:** National Institute of Environmental Health; **SPC:** Secretariat of the Pacific Community; **PHE:** Public Health England.

3. ALCUNE ESPERIENZE RILEVANTI DI SORVEGLIANZA AMBIENTALE E SANITARIA IN ITALIA

L'approccio italiano alla sorveglianza ambientale e sanitaria ha elementi che si sovrappongono all'EPHT, ma con alcune differenze. In primo luogo, non esiste un'unica istituzione che sovrintende alle attività di sorveglianza, che sono generalmente svolte nell'ambito di singoli progetti, coordinati da istituzioni di diversa tipologia, a carattere nazionale, regionale o locale.

Gli studi che vengono di seguito riportati ne rappresentano alcuni esempi paradigmatici. I primi due esempi riguardano sistemi permanenti di sorveglianza epidemiologica su scala nazionale, in corso da diversi anni, coordinati dall'ISS, che vengono periodicamente aggiornati:

1. SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento) che parte dalla conoscenza di aree contaminate (i Siti di Interesse Nazionale per le bonifiche, SIN), per una identificazione dell'eventuale impatto sulla salute della contaminazione ambientale;
2. esperienza della sorveglianza del mesotelioma, una patologia ad alta frazione eziologica ambientale/occupazionale, la cui distribuzione spaziale e temporale fornisce indicazioni di possibili contesti espositivi all'amianto.

Questi due esempi, sebbene rappresentino sistemi consolidati a livello nazionale, non hanno sviluppato la componente di sorveglianza ambientale che consentirebbe di includerli propriamente tra le esperienze di integrazione A&S.

Il terzo esempio concerne il progetto EpiAir (Inquinamento atmosferico e salute: sorveglianza epidemiologica e interventi di prevenzione) incentrato su uno studio multi-centrico, al quale hanno partecipato diversi Enti ed Istituzioni nazionali e locali, per valutare gli effetti sanitari dell'inquinamento urbano in alcune città italiane.

Altro esempio che verrà descritto riguarda il progetto Monitor (Monitoraggio degli inceneritori nel territorio dell'Emilia-Romagna), un'indagine a livello regionale, promossa dalla Regione Emilia-Romagna e dalla Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'energia (ARPA) dell'Emilia-Romagna, finalizzata a creare un sistema di sorveglianza ambientale e valutazione epidemiologica nelle aree circostanti gli impianti di incenerimento di rifiuti.

3.1. Progetto SENTIERI

Il progetto SENTIERI è stato avviato nel 2007 nell'ambito del Programma strategico nazionale "Ambiente e salute", coordinato dall'ISS e finanziato dal Ministero della Salute, con lo scopo di studiare la mortalità delle popolazioni residenti nei SIN e contribuire a individuare le priorità negli interventi di risanamento ambientale, finalizzati alla prevenzione delle patologie causate da esposizioni a fattori di rischio ambientali. In questo decennio, SENTIERI si è arricchito, grazie al coinvolgimento di un sempre maggior numero di Istituzioni ed Enti, consentendo di estendere l'indagine a diversi esiti di salute e a sottogruppi di popolazione più vulnerabili; inoltre, l'attuale copertura temporale delle analisi di mortalità e ricoveri ospedalieri, in particolare, permette una lettura del trend temporali dello stato di salute di queste popolazioni, evidenziando, laddove presenti, miglioramenti successivi ad interventi di bonifica e di riduzione dell'esposizione associata alle sorgenti di contaminazione.

I risultati degli aggiornamenti della sorveglianza epidemiologica sono stati periodicamente pubblicati e presentati alle Istituzioni competenti e alle popolazioni durante eventi sia nazionali che locali. L'ultimo rapporto è stato pubblicato nel giugno 2019 ed è disponibile sul sito della rivista *Epidemiologia e Prevenzione* (60). L'attuale aggiornamento riguarda 45 Siti, che includono 319 comuni, su un totale di circa 8.000 comuni italiani, con una popolazione complessiva di 5.900.000 abitanti (dati Censimento 2011). In queste aree sono stati indagati diversi esiti sanitari, per specifiche patologie: la mortalità, i ricoveri ospedalieri, l'incidenza oncologica e la prevalenza delle malformazioni congenite; questi ultimi dati sono stati elaborati grazie alla collaborazione con l'Associazione Italiana dei Registri Tumori (AIRTUM) e dei Registri Regionali delle Malformazioni Congenite e del CNR di Pisa. Inoltre, nell'ultimo aggiornamento, per la prima volta è stato indagato lo stato di salute della sottopopolazione pediatrica-adolescenziale e giovanile, con una valutazione del rischio di incidenza neoplastica infantile e giovanile nel complesso dei 28 Siti coperti da registri tumori (61).

Attraverso una metodologia epidemiologica standardizzata, SENTIERI consente oggi di:

1. analizzare il profilo di salute con un approccio multi-esito basato su flussi di dati correnti accreditati per la mortalità, i ricoveri ospedalieri, l'incidenza dei tumori, le malformazioni congenite;
2. focalizzare le valutazioni in diversi sottogruppi di popolazione, con particolare attenzione alle fasce più vulnerabili, quali i bambini e gli adolescenti;
3. individuare *a priori* le principali patologie da sottoporre a sorveglianza, grazie alla valutazione delle evidenze disponibili sulla loro relazione eziologica con i fattori di rischio ambientali (sorgenti di emissione di contaminanti e loro concentrazioni) che caratterizzano ciascun sito;
4. monitorare nel tempo l'evoluzione del profilo di salute delle popolazioni, permettendo di valutare l'efficacia dell'implementazione di azioni preventive di risanamento ambientale;
5. offrire nuove indicazioni di interventi di sanità pubblica;
6. sviluppare metodologie di informazione e comunicazione del rischio più adatte alle singole specifiche situazioni;
7. favorire l'implementazione di sistemi di sorveglianza epidemiologica sovranazionali su temi emergenti, quali l'incidenza dei tumori infantili e giovanili nei siti industriali contaminati in Europa (61).

SENTIERI ha messo in evidenza eccessi di patologie in territori caratterizzati dalla presenza di sorgenti di contaminazione e la relativa esposizione umana. Le patologie indagate, seppure identificate in base alla loro possibile associazione con le sorgenti di contaminazione presenti nei territori, riconoscono un'eziologia multifattoriale, all'interno della quale giocano un ruolo i fattori socioeconomici, gli stili di vita, la disponibilità e qualità dei servizi sanitari e non tutti gli eccessi osservati sono attribuibili alla sola contaminazione ambientale. Il disegno dello studio ecologico, su dati sanitari aggregati a livello comunale, e l'assenza di misure di esposizione nelle popolazioni studiate, non permette di fornire misure di rischio attribuibile ai fattori di rischio ambientale, né la correzione per fattori di confondimento noti per molte delle patologie indagate, legati a comportamenti individuali (per esempio fumo, alcol, obesità) o ad esposizioni professionali. Tuttavia, le conoscenze disponibili *a priori* sul profilo tossicologico dei contaminanti presenti nei singoli siti e l'attenzione a specifiche patologie di interesse *a priori* sito-specifiche supportano l'ipotesi che l'esposizione ambientale abbia giocato un ruolo causale, o concausale, nel determinare alcuni degli eccessi osservati.

Il ruolo di SENTIERI, come sistema di sorveglianza epidemiologica su scala nazionale, è quello di fornire stime di impatto globale nell'intero territorio nazionale del risiedere in siti

contaminati e di identificare le aree le cui popolazioni esperiscono specifici rischi di malattie. Su queste aree due tipi di azioni sono necessarie:

1. intervenire prioritariamente con azioni di sanità pubblica, incluse quelle rivolte a minimizzare le esposizioni ambientali;
2. sviluppare specifiche indagini di piccola area, o studi analitici su base individuale, per meglio comprendere i meccanismi espositivi, identificare le sottopopolazioni a maggior rischio, e verificare ipotesi di associazione causale. Esempi in questo senso sono gli studi analitici sviluppati nell'area di Brescia (62, 63) e nei siti della regione Sicilia (64-67).

3.2. Sorveglianza della mortalità e dell'incidenza del mesotelioma

Il mesotelioma è una patologia oncologica rara, con un'elevata letalità e un'elevata frazione eziologica (più dell'80%) attribuibile all'esposizione a fibre di amianto. Date queste caratteristiche, la distribuzione geografica e temporale della mortalità per mesotelioma maligno sono un tracciante di contesti espositivi all'amianto pregressi, o tuttora in atto, nel Paese.

L'ISS, fin dai primi anni '90 del secolo scorso coordina un piano nazionale di sorveglianza epidemiologica della mortalità per mesotelioma maligno, a livello comunale. In questi decenni la rilevazione di comuni con eccessi di mortalità per tumore maligno della pleura prima – codice nosologico che includeva i mesoteliomi pleurici, prima dell'entrata in vigore della decima revisione dell'*International Classification of Diseases* (ICD-10) – e per mesotelioma, più recentemente, ha contribuito ad evidenziare nel nostro Paese aree con presenza di sorgenti di esposizione ad amianto precedentemente misconosciute, in termini di EPHT (68). Un esempio in tal senso è il caso di Biancavilla. L'eccesso di mortalità per tumore maligno della pleura emerso nel comune di Biancavilla dalla sorveglianza epidemiologica del 1996 (69), in assenza di un'esposizione occupazionale nota a fibre di amianto, portò all'individuazione di una nuova fibra mineralogica asbestiforme a composizione fluoro-edenitica nella locale cava, quale fattore di rischio ambientale, e alla definizione nel 2001 del comune quale SIN. Gli studi condotti nell'area di Biancavilla, dalle indagini epidemiologiche e cliniche, alle ricerche mineralogiche e agli studi sperimentali, hanno contribuito alla definizione da parte della IARC (International Agency for Research on Cancer) della cancerogenicità della fluoro-edenite (70). In questi anni, nell'area si sono attuati interventi di sanità pubblica e di promozione alla salute, che hanno visto la partecipazione delle strutture di controllo ambientale, delle Aziende/agenzie Sanitarie Locali (ASL) e nazionali, dell'Università e delle popolazioni locali (71). Le azioni di risanamento ambientale svolte in questi anni hanno determinato una significativa diminuzione della concentrazione di fibre fluoro-edenitiche aerodisperse registrate negli ultimi anni (60).

La banca dati sulla quale si basa il sistema di sorveglianza è quella elaborata dal Servizio Tecnico Scientifico di Statistica dell'ISS, sulla base dei dati di mortalità causa-specifica e di popolazione dell'ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica). Dal 2003, anno di introduzione nel nostro Paese della decima revisione dell'ICD, l'analisi viene eseguita considerando la mortalità per mesotelioma (ICD: C45). Fin dal primo rapporto del 1996, i diversi aggiornamenti sono stati pubblicati periodicamente e resi disponibili agli operatori sanitari e ai cittadini. L'ultimo aggiornamento, riferito agli anni 2003-2014, è stato presentato alla Terza Conferenza Nazionale Amianto, tenutasi a Casale Monferrato (72), e i risultati sono stati successivamente pubblicati (73, 74). La disponibilità di un'adeguata serie temporale dei dati di mortalità, attualmente raggiunta, rende possibile tracciare il trend temporale del fenomeno, evidenziato in crescita negli ultimi anni (75). Recentemente, è stato pubblicato un focus sulla mortalità per mesotelioma nella sotto-

popolazione di età inferiore ai 50 anni, possibile indicatore di esposizione non occupazionale durante l'infanzia (76).

Dal 2003, oltre alla sorveglianza epidemiologica della mortalità, è in corso in Italia la sorveglianza dell'incidenza dei mesoteliomi da parte del Registro Nazionale dei Mesoteliomi (ReNaM), istituito sulla base del DPCM n. 308/2002. La rilevazione dei casi di mesotelioma viene effettuata dai Centri Operativi Regionali (COR) del ReNaM, con protocolli di codifica e rilevazione di informazioni individuali definiti a livello nazionale. I rapporti periodici permettono una dettagliata sorveglianza della patologia, anche attraverso l'analisi dei diversi contesti espositivi. Le informazioni basate su dati individuali forniscono indicazioni su quali individui, o gruppi di persone, indirizzare specifici programmi di assistenza sanitaria, cura e sicurezza sociale per i malati e loro familiari, e di prevenzione. L'ultimo Rapporto, che include i casi di mesotelioma diagnosticati tra il 1993 e il 2015, è stato pubblicato nel 2018 (40).

L'integrazione dei due sistemi di sorveglianza permette di avere un quadro della patologia amianto-correlata e dell'impatto dell'amianto nel nostro Paese, a più di 25 anni dall'entrata in vigore della Legge 257/1992 sul bando dell'amianto. Tali dati contribuiscono alla messa a punto di interventi di sanità pubblica, in termini di prevenzione e di assistenza e cura.

Importanti sviluppi nella mappatura dell'esposizione all'amianto si sono avuti grazie all'impegno del Ministero dell'Ambiente che ha identificato un gran numero di siti (circa 34.000) caratterizzati da quantità e modalità diverse di presenza dell'amianto; questi siti sono attualmente candidati per attività di bonifica. Un numero limitato di siti (n. = 12) è stato riconosciuto come siti di interesse nazionale per le bonifiche ambientali, a causa di una maggiore presenza di amianto e di un rischio per la salute in corso.

3.3. Progetto EpiAir

Sorvegliare lo stato di salute della popolazione, in relazione agli effetti dell'inquinamento atmosferico è stato l'obiettivo primario del Progetto EpiAir, frutto della collaborazione scientifica e dell'integrazione multidisciplinare di ricercatori italiani nel quadro di progetti promossi a livello nazionale, nonché dell'esperienza maturata dai servizi sanitari e dalle ARPA.

Il progetto è stato finanziato dal CCM del Ministero della Salute e coordinato nella prima fase dal Dipartimento di epidemiologia del Servizio sanitario della Regione Lazio (EpiAir1, periodo in studio 2001-2005), e nella seconda dal Dipartimento di epidemiologia e salute ambientale di ARPA Piemonte (EpiAir2, periodo in studio 2006-2010).

Gli obiettivi e i temi trattati dai progetti EpiAir 1-2, conclusi nel 2013, sono stati (77):

- misura del rischio di mortalità specifico per causa in relazione ai diversi inquinanti aerodispersi;
- misura del rischio di ricovero ospedaliero specifico per causa;
- utilizzabilità dei dati degli accessi in pronto soccorso;
- composizione del particolato urbano per singola città e centralina;
- stima dell'impatto in termini di numero di casi attribuibili di mortalità, per città;
- valutazione delle politiche attualmente adottate per la riduzione dell'inquinamento atmosferico urbano;
- aggiornamento di linee guida destinate al pubblico sul tema dei rischi per la salute dell'inquinamento atmosferico.

Il primo studio (EpiAir1) ha coinvolto 10 città italiane, e ha analizzando i rischi per la salute associati alle concentrazioni rilevate per diversi inquinanti atmosferici nel periodo 2001-2005, evidenziando effetti significativi a breve termine, cioè rilevabili pochi giorni dopo esposizioni ad incrementi nella concentrazione in atmosfera degli inquinanti, quali particolato, biossido di azoto ed ozono. I risultati conseguiti hanno evidenziato la necessità di prevedere in Italia un sistema di sorveglianza degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulle popolazioni residenti nelle aree urbane.

In continuità con lo studio precedente, EpiAir2 ha proseguito ad analizzare gli effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico coinvolgendo un numero maggiore di centri partecipanti (15 città italiane), aggiornando i rischi relativi al periodo 2006-2010, ed includendo anche il particolato PM_{2,5}.

Il progetto EpiAir ha prodotto numerose pubblicazioni scientifiche che sono state riassunte nella revisione sistematica della WHO *Review of evidence on health aspects of air pollution* (REVIHAAP) (78).

Uno degli elementi innovativi emersi dai risultati del progetto EpiAir è stata la possibilità di effettuare verifiche sul campo dell'efficacia delle politiche di prevenzione realizzate. Il principale significato del progetto EpiAir risiede, infatti, nel porre le basi per un programma di sorveglianza dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico fondato sull'utilizzo di indicatori ambientali e sanitari affidabili e standardizzati e su una rete estesa di servizi di sorveglianza epidemiologica e ambientale.

3.4. Studio Monitor

La Regione Emilia-Romagna ha promosso uno studio, avviato nel 2007 e concluso nel 2011, denominato Monitor, finalizzato a indagare gli effetti su ambiente e salute degli inceneritori di rifiuti urbani presenti nel territorio regionale (<https://partecipazione.regione.emilia-romagna.it/tutti-i-progetti/monitor>).

Il progetto Monitor si poneva l'obiettivo di uniformare le metodologie di monitoraggio ambientale degli impianti di incenerimento di rifiuti, di acquisire nuove conoscenze relative alle caratteristiche qualitative e quantitative degli inquinanti emessi dagli impianti e presenti in ambiente, nonché di valutare, con approccio omogeneo, lo stato di salute della popolazione esposta alle emissioni degli inceneritori di rifiuti solidi urbani in esercizio nel territorio regionale. Un altro obiettivo del progetto è stato quello di definire i criteri di effettuazione della Valutazione di Impatto Sanitario (VIS) di eventuali futuri impianti. Il progetto ha anche sviluppato gli aspetti della informazione e comunicazione partecipata con la popolazione e i suoi organismi di rappresentanza.

In generale, i risultati del progetto (79) hanno offerto indicazioni:

- alla Pubblica Amministrazione, per i fini della programmazione della gestione dei rifiuti e dei relativi effetti sul territorio e l'eventuale azione di mitigazione dell'impatto degli impianti esistenti;
- agli organismi pubblici di controllo (Dipartimenti di Sanità Pubblica delle ASL e ARPA) per rendere più efficace la loro attività di controllo e di tutela della salute pubblica e per indirizzare la loro attività di espressione di pareri in sede di autorizzazione a nuovi impianti o alla loro modifica;

- alle associazioni dei cittadini, che già in passato hanno manifestato ampie preoccupazioni per la presenza di varie tipologie di impianti di smaltimento rifiuti, per fornire loro maggiori evidenze con cui confrontare tali preoccupazioni;
- al mondo scientifico, a cui i risultati di studi ampi, condotti con metodologia epidemiologica appropriata, possono fornire evidenze non solo relativamente alle caratteristiche e agli effetti delle esposizioni complessive dovute agli impianti in questione, ma anche informazioni aggiuntive su caratteristiche ed effetti di singoli inquinanti di particolare interesse tossicologico.

Appare di interesse segnalare che il sistema di sorveglianza epidemiologica Monitor, rappresenta un modello per altre Regioni, anche nella sua capacità di dimostrare limiti e forza dei risultati conseguiti. Nell'insieme, l'impatto sanitario degli inceneritori dell'Emilia-Romagna è risultato contenuto e i risultati ottenuti hanno indotto la formulazione di diverse raccomandazioni, tra cui: l'adozione di misure di adeguamento tecnologico, ove tecnologie meno impattanti si rendessero disponibili; un coordinamento regionale di tutte le politiche di gestione dei rifiuti; un'attenzione verso le istanze delle popolazioni interessate; la concertazione di decisioni in materia, e la trasparenza dei processi decisionali rilevanti (80).

4. SORVEGLIANZA AMBIENTALE E SANITARIA NELLA CITTÀ DI TARANTO: UN ESEMPIO EMBLEMATICO DAL QUALE POSSIAMO IMPARARE

Fondata a Taranto, acquistata nel 1995 dalla famiglia Riva, l'ILVA, l'azienda colosso della siderurgia italiana, finisce sotto inchiesta nel 2012 per disastro ambientale. L'azienda viene sequestrata il 26 luglio del 2012 dai giudici della città pugliese perché, come indicato nel decreto di sequestro del Tribunale di Taranto, causa "eventi di malattia e morte nella popolazione residente nei quartieri vicino il siderurgico"⁴, segue il commissariamento e l'assegnazione ad Arcelor Mittal. Nel tempo, l'industria è stata al centro di una partita complicata, che ha investito diversi livelli della scena politica e coinvolto organizzazioni e ordini professionali, associazioni di cittadini, enti economici e forze sindacali nazionali e locali.

Quale è stato l'impatto della sorveglianza epidemiologica e ambientale sulla storia di questa industria?

Le indagini epidemiologiche del Progetto SENTIERI, a partire dal periodo 1995-2002, hanno permesso di evidenziare, tra i residenti del SIN di Taranto, eccessi di rischio della mortalità generale e soprattutto per alcune forme tumorali e per le malattie cardiovascolari e respiratorie, così come un aumento di rischio neoplastico sia negli adulti sia nei bambini e un eccesso di malformazioni congenite (60, 81-82). Le patologie che mostrano eccessi presentano un'eziologia riconducibile alle sorgenti industriali sito-specifiche.

Lo studio di coorte residenziale condotto dal Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio, in collaborazione con la ASL di Taranto, ARPA Puglia e AReS (Agenzia Regionale Sanitaria) Puglia (83), ha confermato i risultati del Progetto SENTIERI, rafforzandone le conclusioni grazie all'introduzione della valutazione dell'esposizione agli inquinanti di origine industriale accanto a quella degli esiti sanitari. Questo studio è stato condotto su oltre 320.000 soggetti residenti nei comuni di Taranto, Massafra e Statte seguiti per 16 anni dal 1998 al 2014, data di emigrazione o di morte. Per ciascun soggetto della coorte si è resa disponibile un'esposizione relativa a ciascun anno di residenza utilizzando i risultati di modelli di dispersione in atmosfera di PM₁₀ e SO₂ (usati come traccianti). I risultati rafforzano l'esistenza di una relazione di causa-effetto tra emissioni industriali e danno sanitario nell'area di Taranto e mostrano che la latenza temporale tra esposizione ed esiti sanitari è breve, ad indicare la possibilità di un guadagno sanitario immediato a seguito di interventi di prevenzione ambientale.

Anche se molti studi sono stati condotti sugli effetti sulla salute delle emissioni industriali dell'ex-ILVA, la gravità del rischio per la popolazione e le sue possibili misure di contenimento rimangono un tema di dibattito. A riguardo va menzionato lo studio recentemente pubblicato di Galise *et al.* (84) che è un'applicazione diretta della metodologia dell'*Health Impact Assessment* (HIA), per stimare gli impatti ambientali e sanitari associati all'esposizione a PM_{2,5} originato dalle emissioni dell'ex ILVA. Sono stati utilizzati modelli di dispersione sulla base di scenari emissivi sia misurati sia modellati secondo le prescrizioni delle Autorizzazioni Integrate Ambientali (AIA) rilasciate nel 2012 e nel 2015. Sono state utilizzate le funzioni esposizione-risposta che derivano da studi epidemiologici consolidati. I risultati mostrano un rischio non accettabile (valore di riferimento per l'accettabilità del rischio: 1 caso su 10.000) a Tamburi anche per lo scenario 2015,

⁴ Decreto di sequestro preventivo del Tribunale di Taranto N. 938/10 R.G.N.R. (ad esso riuniti proc. n.4868/10 R.G.N.R., n. 4508/09 R.G.N.R. e n. 8842/11 R.G.N.R.) e N. 5488/10 R. G.I.P. (ad esso riunito proc. n. 5821/10 R.G.I.P.)

con una produzione di 4,7 milioni di tonnellate di acciaio, inferiore a quella autorizzata dall'AIA (8 milioni di tonnellate). Questo studio dimostra che è possibile condurre le valutazioni di impatto sanitario nelle situazioni in cui è necessario un processo autorizzativo con metodologie consolidate e attendibili dal punto di vista scientifico.

Alle evidenze incontrovertibili di danno ambientale ed effetti sanitari derivate da questi eccellenti studi di sorveglianza ambientale ed epidemiologica la politica ha dato la sua risposta. Un importante passo istituzionale e politico è stata la sottoscrizione in data 23 maggio 2019 da parte del Ministro della Salute, del Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, del Ministro dello Sviluppo economico e del Ministro per il Sud di un Protocollo d'intesa che istituisce una Cabina di regia inter-istituzionale presso il Ministero della Salute con il compito di supportare e coordinare le amministrazioni statali e locali nelle attività di valutazione d'impatto sanitario e nel monitoraggio epidemiologico della popolazione tarantina (<https://va.minambiente.it/it-IT/Comunicazione/DettaglioDirezione/1766>).

La Cabina di regia è stata a sua volta supportata da un Osservatorio sulla situazione epidemiologica della città di Taranto, anch'esso presso il Ministero della Salute, con la partecipazione, oltre che del Ministero della Salute, del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare, dell'ISS, di ISPRA, di ARPA Puglia, di AReS Puglia, dell'ASL Taranto e del Commissario straordinario per la bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione dell'area di Taranto. La costituzione dell'Osservatorio ha segnato un momento importante nella presa in carico di questa grave criticità ambientale, dandole il peso nazionale dovuto e definendo una rete collaborativa attiva e coordinata in grado di affrontarla. Il lavoro congiunto delle Istituzioni coinvolte ha permesso di identificare un gruppo di indicatori per monitorare gli interventi in corso e futuri (monitoraggio ambientale, biomonitoraggio e esiti sanitari) e di evidenziare quali fossero gli sviluppi conoscitivi necessari (es. monitoraggio della contaminazione di suolo e acqua, valutazione dell'esposizione per via alimentare). Una delle principali attività della rete prevedeva di creare una piattaforma di condivisione dei dati ambientali e sanitari.

Per quanto riguarda i dati sanitari, ad esempio, l'istituzione dell'Osservatorio sulla situazione epidemiologica, ha favorito l'interazione di Istituzioni centrali, regionali e locali con l'aggiornamento della sorveglianza epidemiologica di SENTIERI per i dati di mortalità e ricoveri ospedalieri, e l'acquisizione dei dati relativi ai certificati di assistenza al parto. Sono state inoltre avviate attività *ad hoc* per:

1. finalizzare le analisi delle serie storiche dei dati sanitari con l'ausilio delle più recenti metodologie;
2. accelerare la disponibilità e le analisi dei dati del Registro delle Anomalie Congenite, da poco costituito, e dei registri tumori della Puglia, e della Coorte Residenziale con inclusione dei fattori socio-economici ed utilizzo nelle valutazioni di impatto sanitario.

L'Osservatorio Epidemiologico ha completato il suo mandato sei mesi dal suo insediamento e, per quanto di conoscenza, non risulta che abbia ricevuto incarico a proseguire le sue attività di supporto alla Cabina di regia inter-istituzionale.

5. GOVERNANCE DELLA SORVEGLIANZA

5.1. Definizioni

La *governance* è l'insieme dei principi, delle regole e delle procedure che riguardano la gestione e il governo di un fenomeno collettivo ed esiste ogni volta che un gruppo di persone concorda/accetta di riunirsi per raggiungere un fine comune. Sebbene la letteratura sulla *governance* proponga diverse definizioni, la maggior parte si basa su tre dimensioni: i) autorità, ii) processo decisionale e iii) responsabilità (<https://iog.ca/what-is-governance>).

L'organizzazione di una *governance* della sorveglianza richiede quindi che:

- venga riconosciuta l'importanza ed urgenza della problematica;
- vengano stabilite regole e ruoli;
- vengano riconosciuti i punti di riferimento: istituzionali, professionali, organizzativi.

5.2. Principi su cui basare la *governance* della sorveglianza

5.2.1. Sostenibilità

Il principio della sostenibilità si riferisce alla necessità per qualsiasi sistema di sorveglianza di essere capace di produrre risultati su base continuativa per anni. Con questo principio ci si riferisce anche alla capacità di acquisire e aggiornare in modo costante i dati ambientali e sanitari, sulla cui necessità si è definito e concordato, ma anche e soprattutto sulla certezza che i risultati verranno prodotti in modo regolare.

5.2.2. Competenza

In linea di principio, qualsiasi sistema di sorveglianza della salute pubblica richiede la guida di specialisti in sanità pubblica.

Nel caso di un sistema di sorveglianza incentrato sui rischi chimici e/o ambientali per la salute, è necessaria una stretta collaborazione tra tre gruppi di professionisti:

- esperti in campo sanitario: clinici, epidemiologi, statistici, che producano ed elaborino dati sanitari;
- esperti in campo ambientale, che forniscano informazioni sulla contaminazione ambientale delle diverse matrici, le possibili vie di contaminazione e le caratteristiche fisico-chimiche del territorio;
- tossicologi, che forniscano indicazioni sugli aspetti dei meccanismi eziopatogenetici e di plausibilità biologica;
- esperti della comunicazione che collaborino nell'identificazione di idonei percorsi di comunicazione con le popolazioni e i portatori di interesse.

I diversi esperti, in base alle specifiche conoscenze, contribuiranno all'interpretazione dei risultati delle attività della sorveglianza, attraverso l'integrazione delle diverse informazioni e dati, secondo metodi e protocolli accreditati e condivisi.

5.2.3. Promozione di ricerca innovativa

Uno dei principali aspetti che caratterizzano oggi le difficoltà di istituire sistemi di sorveglianza A&S informativi risiede nel non poter disporre di adeguate stime di esposizione a contaminanti ambientali che integrino diverse sorgenti (fonti di emissione e rilascio) e vie di esposizione (che riflettono il diverso grado di contaminazione nell'aria, suolo, acqua, catena alimentare) in una prospettiva *One Health*, tenendo conto della dimensione temporale (esposizioni recenti, pregresse, spot, continuative, cumulative, ecc.).

Particolarmente rilevante è il tema dell'esposizione a miscele complesse di inquinanti, tipicamente presenti nelle aree contaminate, e dei loro effetti sinergici, additivi, moltiplicativi, ecc.

Il monitoraggio biologico umano in ambito residenziale rappresenta un importante strumento per rispondere a queste problematiche, consentendo ad esempio di integrare anche gli aspetti di esposizione con quelli di risposta biologica e di effetti precoci (85).

Negli ultimi anni si è assistito all'applicazione di approcci metodologici innovativi per interrogare la complessità dell'interazione A&S, quali l'applicazione della nuova generazione di tecnologie "omiche", la gestione di big data e l'analisi di sistemi complessi per poter meglio comprendere la relazione tra esposizione ed effetti, il cosiddetto esposoma.

Il concetto di esposoma è stato introdotto 15 anni fa da Christopher Wild (86) ad indicare l'insieme delle esposizioni ambientali alle quali siamo sottoposti nel corso della vita e le loro conseguenze sul nostro stato di salute. Per totalità delle esposizioni s'intende non solo l'esposizione ad inquinanti chimici/fisici ambientali ma anche a tutto ciò che è associato al nostro stile di vita e ai determinanti sociali di salute. L'analisi degli effetti delle esposizioni in tutto l'arco temporale della nostra vita riconosce l'importanza delle esposizioni avvenute in fasi particolarmente vulnerabili ai fattori di stress ambientali, quali per esempio i primi 1000 giorni, per promuovere efficaci strategie di prevenzione e promozione della salute.

Negli ultimi anni diversi progetti europei sono stati finanziati con lo scopo di valutare le potenzialità applicative di questo approccio, tra questi i progetti EXPOsOMICS (*Enhanced exposure assessment and omic profiling for high priority environmental exposures in Europe*) e HEALS (*Health and Environment-wide Associations based on Large population Surveys*). Nel primo sono stati utilizzati strumenti per il monitoraggio dell'esposizione con sensori personali (esposizione esterna) e tecnologie di multi-omica per l'analisi di campioni biologici (esposizione interna). Nel progetto HEALS sono stati sviluppati tecnologie di monitoraggio e strumenti avanzati di analisi computazionale per analizzare il continuum esposizione-effetto, dal concepimento in poi, in una popolazione gemellare. All'interno di entrambi i progetti sono stati condotti studi "proof of concept" (87-89) che mostrano la potenzialità di indagini esposomiche e dell'integrazione di diversi tipi di dati. Il loro valore intrinseco è che possono fornire una maggiore comprensione delle relazioni tra esposizioni esterne ambientali, cambiamenti metabolici (esposizione interna) e condizioni di salute negli stessi individui in ambienti complessi quali i siti industriali contaminati caratterizzati dalla presenza di miscele complesse di inquinanti di interesse tossicologico (90).

È necessario investire a livello nazionale in ricerca innovativa promuovendo la realizzazione di studi epidemiologici che privilegino nel loro disegno le fasi vulnerabili della vita e utilizzino le nuove tecnologie oggi disponibili per misurare sia l'esposizione esterna che quella interna.

5.2.4. Integrazione

Molto significativa è la spiegazione che il vocabolario italiano Treccani dà alla parola “integrazione”: “il fatto di integrare, di rendere intero, pieno, perfetto ciò che è incompleto o insufficiente a un determinato scopo, aggiungendo quanto è necessario o supplendo al difetto con mezzi opportuni”.

Nella fattispecie, se l’obiettivo principale di un sistema di sorveglianza della salute pubblica ambientale è quello di contribuire ad affrontare e prevenire il carico di malattia attribuibile a fattori di rischio ambientali, occorre una totale integrazione delle informazioni ambientali e sanitarie. In questa prospettiva si riconoscono tre approcci per produrre tale integrazione:

1. *Indicatori di esposizione*

Il solo monitoraggio dell’esposizione (e dei fattori di rischio) è sufficiente per la sorveglianza della salute pubblica nel caso in cui, sulla base di revisioni sistematiche della letteratura scientifica pertinente pubblicate su riviste *peer-reviewed*:

- è stato stabilito il legame causale tra esposizione ed effetto sulla salute,
- vi è una latenza temporale sufficiente tra esposizione ed effetto,
- è nota la funzione “esposizione-risposta”
- l’esposizione indagata è rappresentativa dell’esposizione della popolazione oggetto della sorveglianza.

Esempi di queste situazioni sono per esempio, l’esposizione a sostanze chimiche nell’acqua potabile.

2. *Indicatori di salute*

Anche questo approccio, al pari del precedente, può prescindere dal fatto che i dati ambientali e sanitari debbano essere integrati, a condizione che gli indicatori sanitari siano monitorati e interpretati alla luce della loro frazione attribuibile a una determinata esposizione chimica/ambientale prevenibile, ovvero a un complesso di più esposizioni, così come rintracciabile in letteratura attraverso revisioni sistematiche. Anche in questo caso, occorre che siano soddisfatte le condizioni riferite al punto 1.

3. *Dati integrati*

Il terzo approccio presuppone che i dati ambientali e sanitari siano integrati, collegando opportunamente le informazioni relative all’esposizione a fattori di rischio ambientale e ai dati sanitari a loro riferibili. Questo approccio viene utilizzato nelle indagini *ad hoc*, ad esempio per una valutazione dell’impatto sulla salute (HIA) o in uno studio analitico epidemiologico.

5.2.5. Responsabilità (ruoli di soggetti e Istituzioni diverse)

Un sistema di sorveglianza della salute pubblica ambientale mira a produrre informazioni utili per i decisori e gli operatori di una serie di agenzie pubbliche.

In genere, ciò richiede una collaborazione multidisciplinare ed intersettoriale di diversi dipartimenti o organizzazioni che contribuiscono per lo stesso “oggetto” di sorveglianza.

Pertanto, è necessario definire, il più esattamente possibile, ruoli e responsabilità attraverso un approccio di *governance* concordato. In pratica, si dovranno specificare ruoli e responsabilità di Agenzie, Dipartimenti, operatori/ricercatori.

5.2.6. Trasparenza (quali compiti, come comunicarli)

I compiti specifici per i membri di un gruppo di lavoro di sorveglianza possono essere assegnati mediante un meccanismo concordato all'interno del gruppo alla luce delle politiche e delle pratiche generali dell'organizzazione in cui si opera.

Generalmente questo implica l'adozione dello strumento di *governance* come descritto sopra, che fornirà anche un meccanismo trasparente per riconoscere il compito di garante o dirigente esecutivo responsabile delle attività di sorveglianza del gruppo di lavoro.

5.3. Competenze per la sorveglianza ambientale e sanitaria

Il quadro generale della strategia di sorveglianza ambientale e sanitaria prevede diversi livelli di indagine e azione, qui di seguito menzionati, che necessitano di una forte interrelazione (Figura 2).

- *A livello locale (ASL, ARPA)*
 - evidenziare situazioni in cui si realizzano eccessi di mortalità, morbosità e/o di altri *endpoint* sanitari (es. carico corporeo di inquinanti di interesse tossicologico superiori all'atteso) nelle popolazioni umane, e con attenzione anche agli effetti sulle biocenosi, sull'integrità degli ecosistemi e sulla diversità biologica;
 - riferire tutte le informazioni essenziali per attivare risposte necessarie di assistenza sanitaria e di intervento ambientale;
 - dotarsi di un sistema informativo unico che raccolga le informazioni provenienti dalle diverse competenze/aree, comprese i campionamenti eseguiti e gli esiti ottenuti, per permettere una maggiore cooperazione e un coordinamento migliore nelle procedure di individuazione precoce, allerta e risposta coordinata riguardante gli aspetti di possibile rischio ambientale;
 - implementare misure di controllo (ambientali e sanitarie) che all'occorrenza occorre avviare immediatamente ad esempio in occasione di situazioni emergenziali. Tali misure saranno definite in accordo con il livello regionale (intermedio) e nazionale.
- *A livello intermedio (regionale)*
 - confermare la presenza di eventi problematici evidenziate a livello locale;
 - supportare o implementare nuove e più approfondite misure di controllo;
 - valutare immediatamente gli eventi nocivi evidenziati e, se ritenuto urgente e/o importante, riferire le informazioni essenziali a livello nazionale.
- *A livello nazionale*
 - contribuire ad evidenziare situazioni su scala nazionale in cui si realizzano eccessi di mortalità, morbosità e/o di altri *endpoint* sanitari (es. carico corporeo di inquinanti di interesse tossicologico superiori all'atteso) nelle popolazioni umane, e con attenzione anche agli effetti sulle biocenosi, sull'integrità degli ecosistemi e sulla diversità biologica;
 - valutare tutte le segnalazioni di eventi urgenti entro 48 ore e, nel caso, segnalare eventi urgenti alla WHO entro 48 ore e notificare alla WHO quando previsto dalle *International Health Regulations* (10).

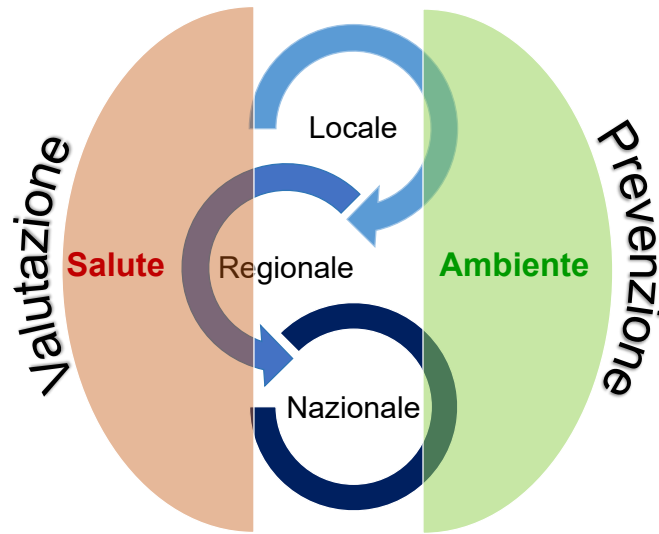


Figura 2. Livelli di indagine e azione e loro necessaria interrelazione in una strategia di sorveglianza ambientale e sanitaria integrata (SASI)

CONCLUSIONI

Le esperienze di sorveglianza ambientale e sanitaria integrata disponibili sono molteplici, riguardano molti Paesi del mondo, con diversi livelli di organizzazione e impostazione sanitaria, e descrivono chiaramente la necessità di una condivisione strutturale e funzionale dei dati ambientali e sanitari tra le varie istituzioni/enti preposti alla sorveglianza, per permettere azioni di risposta nelle emergenze ambientali e sanitarie ed adeguati interventi di prevenzione.

Sia la VI Conferenza ministeriale Ambiente e Salute dei 53 Paesi della Regione europea della WHO, tenutasi ad Ostrava nel 2017, che il PNP 2014-2018 ci ricordano che al fine di fronteggiare le eventuali ricadute sanitarie di complesse criticità ambientali è indispensabile un approccio integrato, di tipo multidisciplinare e inter-istituzionale, che richiede il confronto e l'integrazione delle competenze e dei dati ambientali territoriali con quelli di indicatori sanitari, demografici e socioeconomici.

Le esperienze italiane ad oggi realizzate, seppur pregevoli, presentano alcune criticità⁵:

1. sono state fatte esperienze di SASI su problematiche ambientali e sanitarie con diversa rilevanza istituzionale, risoluzione geografica, ma sempre legate a progetti. Si tratta pertanto per lo più di esperienze frammentarie, con "scarse" possibilità di consolidamento e sviluppo. Il progetto SENTIERI, che ha la dimensione nazionale ed è un sistema di sorveglianza epidemiologica permanente, manca dell'integrazione analitica con i dati di esposizione (ambientale e/o di bio-monitoraggio);
2. non esiste ad oggi un contesto istituzionale, legislativo ed organizzativo in cui prevedere una raccolta sistematica, di analisi e interpretazione dei dati relativi a rischi/pericoli ambientali, alle esposizioni e agli effetti sulla salute dovuti a determinanti ambientali;
3. il personale dedicato alla valutazione degli effetti sanitari dell'inquinamento ambientale ha per lo più un orizzonte di ricerca (tipico del progetto), e in minor grado di sorveglianza epidemiologica e/o sanitaria (progetti CCM del Ministero della salute); in ogni caso, gli operatori di sanità pubblica mancano degli strumenti e di una prospettiva necessari a sviluppare un'attività continua nel tempo;
4. molto spesso l'approccio culturale è poco propenso ad affrontare il tema della complessità della salute ambientale;
5. esiste una difficoltà nella pianificazione ed espletamento del lavoro interdisciplinare ed intersettoriale;
6. la caratterizzazione dell'esposizione è spesso carente e si assiste ad un ritardo nell'introduzione di tecniche più avanzate quali gli strumenti di esposimetrica negli studi di epidemiologia ambientale (91, 92).

⁵ Il PNP 2020-2025 recita:

"Inoltre, sono presenti le criticità di sistema di seguito indicate, in grado di inficiare le attività di prevenzione e riduzione dei fattori di rischio, e che potrebbero essere risolte attraverso strategie ed interventi di tipo giuridico-amministrativo:

- A. settorialità di norme e competenze delle attività di sorveglianza sanitaria e monitoraggio ambientale;
- B. frammentazione delle competenze e carenza di sinergie tra attività di prevenzione e promozione della salute del SSN e attività di tutela ambientale del SNPA;
- C. scarsa rilevanza delle tematiche ambiente e salute nelle politiche di altri settori: trasporti, edilizia, urbanistica, agricoltura, energia, rifiuti, istruzione;
- D. Inadeguata applicazione degli strumenti a supporto delle amministrazioni per la valutazione e gestione degli impatti sulla salute di problematiche ambientali";

Tuttavia, gli studi di SASI italiani possono costituire la base di partenza per uno studio di fattibilità a livello regionale (e successivamente auspicabilmente a livello nazionale) di raccolta sistematica, di analisi e connessione dei dati ambientali e sanitari che abbia come scopo:

- identificare aree/popolazioni (umane ed animali) a rischio;
- stabilire associazioni tra fattori di rischio ambientali e malattia, con diversi gradi di persuasività scientifica;
- informare i decisori politici;
- ottimizzare le strategie d'intervento e prevenzione;
- generare ipotesi per ricerca futura;
- verificare l'efficacia degli interventi di adattamento e mitigazione realizzati⁶;
- adottare adeguate strategie di informazione e comunicazione del rischio con le popolazioni.

Questo richiede che istituzioni, discipline, operatori mettano in comune le loro conoscenze e competenze/eccellenze già esistenti⁷ e questo è possibile, come dimostrato dalla rete nazionale istituita per affrontare la criticità ambientale e sanitaria della città di Taranto.

Tre attività di elevata potenzialità sono state recentemente avviate in Italia in questa direzione, che auspicabilmente potranno favorire il consolidamento della SASI nel Paese:

1. *Task Force Nazionale Ambiente e Salute (TFAS)*

Istituita il 9 novembre 2017 per promuovere il dialogo e l'integrazione e insediata presso il Ministero della Salute, coinvolge molteplici attori a livello locale, regionale e nazionale, con i seguenti obiettivi operativi: supporto alle politiche di miglioramento della qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo, secondo il modello della "salute in tutte le politiche"; potenziamento della sorveglianza epidemiologica; disponibilità di strumenti e percorsi interdisciplinari validi per la valutazione preventiva degli impatti sulla salute dei fattori inquinanti; formazione degli operatori del settore sanitario e ambientale; comunicazione del rischio in modo strutturato e sistematico.

2. *Protocollo d'Intesa tra l'ISS e l'ISPRA-SNPA*

L'accordo tra le due istituzioni nazionali di riferimento in tema A&S (sottoscritto il 28 dicembre 2018), è finalizzato a favorire la collaborazione, promuovere e rafforzare un'azione sinergica, intersettoriale per le attività di prevenzione e gestione dei rischi per la salute da fattori ambientali antropici e naturali secondo il modello "Salute in tutte le politiche", in coerenza con gli obiettivi integrati dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, attraverso l'impiego efficace ed efficiente delle risorse.

⁶ Il PNP 2020-2015 afferma:

“raccolge la necessità di un sistema di valutazione costruito a partire da framework e modelli interpretativi basati su evidenze e contestualizzabili nelle realtà territoriali per il monitoraggio di tutto il percorso del Piano che abbia una ricaduta per Regioni e Aziende sanitarie, in termini di: misurazione delle performance dei sistemi regionali e aziendali, applicazione di metodi e strumenti orientati ad una valutazione di impatto, rilevazione e trasferimento di buone pratiche locali.”

⁷ Uno degli obiettivi delle linee strategiche 1 e 2 individuati dal PNP 2020-25 è:

“Promuovere lo sviluppo di conoscenze e l'integrazione delle competenze tra gli operatori della salute e dell'ambiente sulla sorveglianza epidemiologica, la valutazione di impatto sanitario da esposizione a fattori ambientali antropici e naturali, anche cumulativo rispetto a più fattori e sorgenti inquinanti, la comunicazione e la gestione integrata dei rischi”, in particolare il punto b2: “b.2 Realizzazione di una rete integrata ambiente e salute, costituita da operatori regionali del SSN e SNPA”.

3. Progetto RIAS (Rete Italiana Ambiente e Salute)

Progetto CCM finanziato dal Ministero della Salute nel 2019, con l'intento di consolidare il coordinamento delle componenti istituzionali sul tema ambiente e salute in Italia, attraverso il coinvolgimento e il lavoro congiunto delle strutture ambientali e sanitarie che operano a livello locale, regionale e centrale. Integrazione, formazione e valutazione di impatto dell'inquinamento ambientale sulla salute sono i tre obiettivi su cui si focalizza il progetto, da raggiungere attraverso il superamento della settorialità e frammentarietà dei processi valutativi e formativi.

Infine, è importante considerare che l'adozione di un sistema SASI all'interno delle istituzioni sanitarie ed ambientali può permettere non solo di affrontare i rischi per la salute umana legati alla presenza di sostanze di origine antropica nell'acqua potabile, terra, cibo e aria, ma anche di allargare l'indagine alle interazioni tra la salute umana, la salute animale e la salute dell'ecosistema (*One Health*) (4) per poi abbracciare un concetto di salute ancora più ampio che prevede l'integrazione con misure di equità e sostenibilità (*Planetary One Health*) (93). Pertanto, il SASI non deve essere considerato un obiettivo finale, ma uno strumento che consenta di maturare la conoscenza necessaria per operare scelte efficaci, sia in termini operativi che di comunicazione, in una visione interconnessa e olistica di salute.

Come note conclusive, nel riquadro 1, presentiamo i messaggi chiave di questo documento auspicando che possano fornire la base per la promozione/realizzazione di un sistema SASI inteso come linea di intervento unica, multidisciplinare di espressione della necessaria sinergia tra i settori A&S.

RIQUADRO 1.

Messaggi chiave della proposta di strategia di sorveglianza ambientale e sanitaria integrata

- La consapevolezza della complessità dell'interazione Ambiente e Salute richiede interventi efficaci di sanità pubblica ambientale (*environmental public health*) in un contesto di politiche che permetta il superamento delle barriere settoriali e l'adozione di programmi integrati.
- Un sistema di "Sorveglianza Ambientale e Sanitaria Integrata" (SASI) ha il principale obiettivo di permettere azioni coordinate di risposta nelle emergenze ambientali e sanitarie e di identificare interventi di prevenzione efficienti ed efficaci attraverso una condivisione strutturale e funzionale dei dati ambientali e sanitari tra le varie Istituzioni/enti preposti alla sorveglianza.
- SASI è uno strumento concettuale e metodologico che, basandosi su un approccio multidisciplinare, consente di maturare la conoscenza necessaria per operare scelte efficaci, sia in termini operativi che di comunicazione integrandosi nella visione *One Health* per affrontare i rischi per la salute umana che hanno origine dall'interfaccia tra ambiente di vita e lavoro, salute animale ed ecosistemi.
- Negli ultimi anni si è assistito allo sviluppo di approcci metodologici innovativi per interrogare la complessità dell'interazione ambiente-salute ma la loro applicazione sul campo stenta a realizzarsi. Per mettere in atto un sistema SASI efficace è necessario investire a livello nazionale in ricerca innovativa indirizzata alle stime di esposizione con tecnologie avanzate (es. esposoma) e alla comprensione dei meccanismi/effetti delle esposizioni ambientali nelle fasce vulnerabili della popolazione.

BIBLIOGRAFIA

1. Iavarone I, Ancona C, Bella A, Cattani G, Pezzotti P, Ranzi A. Inquinamento e COVID-19, il progetto EPICOVAIR. *Ecoscienza* 2020;3:23-5. Disponibile all'indirizzo: https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2020_3/ecoscienza03_2020.pdf; ultima consultazione 12/12/2020.
2. Public Health England. Research and analysis. Environmental public health surveillance system (EPHSS). Updated 10 May 2019. London: PHE; 2019. Disponibile all'indirizzo: <https://www.gov.uk/government/publications/environmental-public-health-surveillance-system/environmental-public-health-surveillance-system-ephss>, ultima consultazione 12/12/2020.
3. Lauriola P, Crabbe H, Behbod B, Yip F, Medina S, Semenza J, Vardoulakis S, Kass D, Zeka A, Khonelidze I, Ashworth M, de Hoogh K, Shi X, Staatsen B, Knudsen LE, Fletcher T, Houthuijs D and Leonardi GS. Advancing global health through environmental and public health tracking, *Int J Environ Res Public Health* 2019;17:1976. DOI:10.3390/ijerph17061976.
4. World Health Organization. *One Health*. Geneva: WHO; 2017. Disponibile all'indirizzo: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/one-health>, ultima consultazione 27/12/2020.
5. Hardin G. The tragedy of the Commons. The population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. *Science* 1968;16 (3859):1243-48.
6. Granaglia E. Prendere sul serio il diritto alla salute. In: *Il mondo dopo la fine del mondo*. Bari: Laterza; 2020. p 261-9.
7. Prüss-Ustün A, Wolf J, Corvalán C, Bos R, Neira M. *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks*. Geneva: World Health Organization; 2016. Disponibile all'indirizzo: https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventing-disease/en/, ultima consultazione 27/12/2020.
8. World Health Organization. *Environmental health inequalities in Europe. Second assessment report*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2019. Disponibile all'indirizzo: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/325176/9789289054157-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, ultima consultazione 27/12/2020.
9. Rayner G, Lang T. *Ecological public health, reshaping the conditions for good health*. Abingdon: Routledge; 2012.
10. World Health Organization. *International health regulations*. 3rd ed. Geneva: WHO; 2005.
11. Langmuir AD. The surveillance of communicable diseases of national importance. *N Engl J Med* 1963;268:182-92.
12. Hertz-Picciotto I. Comment: Toward a coordinated system for the surveillance of environmental health hazards. *Am J Public Health* 1996;86(5):638-41.
13. World Health Organization – Western Pacific Region. *A guide to establishing event-based surveillance*. Manila: WHO Western Pacific Region; 2008. Disponibile all'indirizzo: https://iris.wpro.who.int/bitstream/handle/10665.1/10421/9789290613213_eng.pdf, ultima consultazione: 27/12/2020.
14. World Health Organization. *Early detection, assessment and response to acute public health events: Implementation of Early Warning and Response with a focus on Event-Based Surveillance*. Interim Version. Geneva: WHO. 2014 Disponibile all'indirizzo: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112667/WHO_HSE_GCR?sequence=1, ultima consultazione 27/12/2020

15. Ghebrehewet S, Stewart AG, Baxter D, Shears P, Conrad D, Kliner M (Ed.). *Health protection: principles and practice*. Oxford, UK: Oxford University Press; 2016.
16. Fouillet A, Sala-Soler M, Conti S, *et al*. Inventory of syndromic surveillance systems in Europe by the Triple-S project. *Emerg Health Threats J* 2011;4:10946. DOI: 10.3402/ehth.v4i0.10946
17. Descotes J, Nicolas B, Pham E, Vial T. Sentinel screening for human immunotoxicity. *Arch Toxicol Suppl* 1996;18:29-33. DOI: 10.1007/978-3-642-61105-6_4. PMID: 8678805.
18. Litovitz TL, Klein-Schwartz W, Dyer KS, Shannon M, Lee S, Powers M. 1997 annual report of the American Association of Poison Control Centers Toxic Exposure Surveillance System. *Am J Emerg Med* 1998;16(5): 443-97.
19. Descotes J, Testud F. Toxicovigilance: a new approach for the hazard identification and risk assessment of toxicants in human beings. *Toxicol Appl Pharmacol* 2005;207(2):599-60.
20. Landen MG, Castle S, Nolte KB, Gonzales M, Escobedo LG, Chatterjee BF, Johnson K, Sewell CM. Methodological issues in the surveillance of poisoning, illicit drug overdose, and heroin overdose deaths in New Mexico. *Am J Epidemiol* 2003;157:273-8.
21. Dogliotti E, Achene L, Beccaloni E, Carere M, Comba P, Crebelli R, Lacchetti I, Pasetto R, Soggiu ME, Testai E. *Linee guida per la valutazione di impatto sanitario (DL.vo 104/2017)*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2019. (Rapporti ISTISAN 19/9).
22. Graber JM, Macdonald SC, Kass DE, Smith AE, Anderson HA. Carbon monoxide: the case for environmental public health surveillance. *Public Health Rep* 2007;122:138-144.
23. Iqbal S, Clower JH, King M, Bell J, Yip FY. National carbon monoxide poisoning surveillance framework and recent estimates. *Public Health Rep* 2012;127:486-96.
24. Public Health England. *Carbon Monoxide, General Information*. Didcot UK: PHE; 2016. Disponibile all'indirizzo: <https://www.gov.uk/government/publications/carbon-monoxide-properties-incident-management-and-toxicology>, ultima consultazione 27/12/2020.
25. Aboab J, Annane D, Raphaël JC. *Intoxications graves par le monoxyde de carbone. In: Intoxications aiguës. Références en réanimation*. Collection de la SRLF. Paris: Springer; 2013. Disponibile all'indirizzo: https://doi.org/10.1007/978-2-8178-0301-2_15, ultima consultazione: 27/12/2020.
26. Lauriola P, Pegoraro S, Serafini A, Murgia V, Di Ciaula A, De Tommasi F, Rossi A, Santamaria M, Toffol G, Bianchi F, Romizi R, Vinci M, Behbod B, Zeka A, Verheij R, Leonardi G, Agius R. The role of general practices for monitoring and protecting the environment and health. Results and proposals of the Italian project aimed at creating an "Italian Network of Sentinel Physicians for the Environment" (RIMSA) within an international perspective. *J Family Med Community Health* 2018;5(5):1160.
27. Lauriola P, Serafini A, Santamaria MG, Pegoraro S, Romizi F, Di Ciaula A, Terzano B, De Tommasi F, Cordiano V, Guicciardi S, Bernardi M, Leonardi G, Romizi R, Vinci E, Bianchi F. Sentinel practitioners for the environment and their role in connecting up global concerns due to Climate Change with local actions: thoughts and proposals. *Epidemiol Prev* 2019;43:129-130.
28. Xie E, de Barros EF, Abelsohn A, Tetelborn Stein A, Haines A. Challenges and opportunities in planetary health for primary care providers. *The Lancet Planetary Health* 2018;2(5):185-7.
29. Haines A, Ebi K. The imperative for climate action to protect health. *N Engl J Med* 2019;380:263-73.
30. Walker R, Hassall J, Chaplin S, Congues J, Bajayo R, Mason W, Health promotion interventions to address climate change using a primary health care approach: a literature review. *Health Promot J Austr* 2011;22:6-12.
31. Blaskhi G, Abelsohn A, Flegg KM, Parkes MW Family doctors in the field: Environmental stories from across the globe. Bangkok, Thailand: World Organization of Family Doctors; 2014. Disponibile all'indirizzo: <https://www.globalfamilydoctor.com/site/DefaultSite/filesystem/documents/Groups/Environment/FDinthefield.pdf>, ultima consultazione 27/12/2020.

32. Murgia V, Romizi F, Romizi R, de Waal P, Bianchi F, De Tommasi F, Calgaro M, Pegoraro S., Santamaria MG, Serafini A, Vinci E, Leonardi G, Lauriola P, Family doctors, environment and COVID-19 in Italy: experiences, suggestions and proposals *Br Med J* 2020;368:m627.
33. Lauriola P, Martin-Olmedo, Leonardi G, *et al.* On the importance of primary and community health care in relation to global health and environmental threats: lessons from the COVID-19 crisis. *BMJ-GH*, 2021 (in corso di stampa).
34. McGeehin MA, Qualters JR, Niskar AS. National environmental public health tracking program. Bridging the information gap. *Environ Health Perspect* 2004;112:1409-13.
35. Kyle AD, Balmes JR, Buffler PA, Philip R, Lee P. Integrating research, surveillance, and practice in environmental public health tracking, *Environ Health Perspect* 2006;114:980-4.
36. Thacker SB, Stroup DF, Parrish RG, Anderson HA. Surveillance in environmental public health: issues, systems and sources. *Am J Public Health* 1996;86:638-41
37. Chandramouli K, Steer CD, Ellis M, Emond AM. Effects of early childhood lead exposure on academic performance and behaviour of school age children. *Arch Dis Child* 2009;94:844-8.
38. Shay DK, Holman RC, Newman RD, Liu LL, Stout JW, Anderson LJ. Bronchiolitis-associated hospitalizations among US children, 1980-1996. *JAMA* 1999;282(15):1440-6.
39. Dolk H. EUROCAT: 25 years of European surveillance of congenital anomalies. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* 2005; 90:F355-F358.
40. Marinaccio A, *et al.* VI Rapporto ReNaM. Roma: INAIL; 2018. Disponibile all'indirizzo <https://www.inail.it/cs/internet/docs/alg-pubbl-registro-nazionale-mesoteliomi-6-rapporto.pdf>, ultima consultazione 27/12/2020.
41. Comba P, Fazzo L. Comba P, Fazzo L (Ed.). *Mortalità per mesotelioma pleurico in Italia, 2003-2014*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2017. (Rapporti ISTISAN 17/37).
42. *Workshop Report for the Modena meeting of the International network on Public Health and Environment Tracking (INPHET), Workshop Title: Environmental & Public Health Tracking to Advance Environmental Health, Modena, 14-15 May 2014*. Disponibile all'indirizzo: http://www.epiprev.it/sites/default/files/INPHET_Modena-Workshop-report-Final-v1.0-20141007.pdf, ultima consultazione 27/12/2020.
43. Litt J, Tran N, Maleck KC, *et al.* Identifying priority health conditions, environmental data, and infrastructure needs: a synopsis of the Pew Environmental Health Tracking Project. *Environ Health Perspect* 2004;112:1414-8.
44. Crabbe H, Leonardi G. *Environmental Public Health Tracking in England. Report on recent activities*. London: PHE; 2019. Disponibile all'indirizzo: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/797812/PHE_EPHT_Activities_Report_2018.pdf, ultima consultazione 27/12/2020.
45. Brook JR, Setton EM, Seed E, *et al.* The Canadian Urban Environmental Health Research Consortium – a protocol for building a national environmental exposure data platform for integrated analyses of urban form and health. *BMC Public Health* 2018;18:114.
46. Moore KM, Edgar BL, McGuinness D. Implementation of an automated, real-time public health surveillance system linking emergency departments and health units: rationale and methodology. *CJEM* 2008;10(2):114-9.
47. Semenza JC, Sudre B, Oni T, Suk JE, Giesecke J. Linking environmental drivers to infectious diseases: the European environment and epidemiology network. *PloS Negl Trop Dis* 2013;7(7):e2323.
48. Bueckers J, David M, *et al.* Development of policy relevant human biomonitoring indicators for chemical exposure in the European population. *Int J Environ Res Public Health*, 2018;15(10): 2085.
49. Assessment of syndromic surveillance in Europe, *Lancet* 2011;378(9806):1833-4.

50. Motreff Y, Pirard P, Gorla S, Labrador B, Gourier-Fréry C, Nicolau J, Le Tertre A, Chan-Chee C. Increase in psychotropic drug deliveries after the Xynthia storm, France, 2010. *Prehosp Disaster Med* 2013; 28(5):428-33.
51. Santé Publique France. Suivi sanitaire de la fuite de gaz survenue à l'entreprise Lubrizol le 21 janvier 2013, Le point epidemio 2013. Disponible all'indirizzo: <https://www.santepubliquefrance.fr/recherche/#search=Suivi%20sanitaire%20de%20la%20fuite%20de%20gaz%20survenue%20%C3%A0%20l%E2%80%99entreprise%20Lubrizol%20le%2021%20janvier%202013%20Le%20point%20epidemio%20%202013>, ultima consultazione 27/12/2020.
52. Ruadze E, Khonelidze I, Sturua L, Lauriola P, Crabbe H, Marczylo T, Leonardi GS, Gamkrelidze A. Addressing lead exposure in children in Georgia: challenges and successes of a multi-agency response. *Eur J Public Health* 2020;30(Suppl.5), ckaa166.145.
53. Ban J, Du Z, Wang Q, Ma R, Zhou Y, Li T. Environmental health indicators for China: data resources for Chinese environmental public health tracking. *Env Health Perspec* 2019;127(4):44501.
54. Ban J, Wang Q, Ma R. Associations between short-term exposure to PM2.5 and stroke incidence and mortality in China: A case-crossover study and estimation of the burden, *Environ Pollut* 2021;268:115743.
55. Ma R, Ban J, Wang Q, *et al.* Random forest model based fine scale spatiotemporal O3 trends in the Beijing-Tianjin-Hebei region in China, 2010 to 2017. *Environ Pollut* 2021, 116635.
56. Mason KM. *The burden of disease from second-hand smoke in New Zealand*. Wellington: Environmental Health Indicators Programme, Massey University; 2016.
57. Borman B, Xu F. *Occupational Disease Surveillance Report 2000-2014*. Wellington: Environmental Health Indicators Programme, Massey University; 2015.
58. Pacific Community. *Results Report 2018*. Noumea, New Caledonia: Pacific Community; 2019.
59. Mantua NJ, Hare SR, Zhang Y, Wallace JM, Francis RC. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society* 1997;78(6):1069-79.
60. Zona A, Iavarone I, Buzzoni C, *et al.* SENTIERI- Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio di inquinamento. Quinto Rapporto. *Epidemiol Prev Suppl*.1, 2019;43(2-9).
61. Iavarone I, Buzzoni C, Stoppa G, Steliarova-Foucher E, SENTIERI-AIRTUM Working Group. Cancer incidence in children and young adults living in industrially contaminated sites: from the Italian experience to the development of an international surveillance system. *Epidemiol Prev* 2018;42(5-6S1):76-85.
62. Magoni M, Apostoli P, Donato F, Manganoni A, Comba P, Fazzo L, Speziani F, Leonardi L, Orizio G, Scarcella C, Calzavara Pinton P, Brescia Melanoma-PCB Working Group. Plasma levels of polychlorinated biphenyls and risk of cutaneous malignant melanoma: a hospital-based case-control study. *Environ International* 2018;113:20-5.
63. Magoni M, Donato F, Apostoli P, Rossi G, Comba P, Fazzo L, Speziani F, Leonardi L, Orizio G, Scarcella C, Anastasia A, Tucci A, Brescia NHL-PCB Working Group. Serum levels of polychlorinated biphenyls and risk of non-Hodgkin lymphoma: a hospital-based case-control study. *Chemosphere* 2019;235:969-75.
64. Fano V, Cernigliaro A, Scondotto S, *et al.* *Stato di salute della popolazione residente nelle aree ad elevato rischio ambientale e nei siti di interesse nazionale della Sicilia. Analisi della mortalità (aa 1995-2000) e dei ricoveri ospedalieri (aa 2001-2003)*. Palermo: Regione Siciliana, 2005. Disponibile all'indirizzo: https://www.epicentro.iss.it/ambiente/sicilia_sintesi; ultima consultazione 27/12/2020.
65. Pasetto R, Zona A, Pirastu R, Cernigliaro A, Dardanoni G, Pollina Addario S, Scondotto S, Comba P. Mortality and morbidity study of petrochemical employees in a polluted site. *Environ Health* 2012;11:34.

66. Fazzo L, Nicita C, Cernigliaro A, Zona A, Bruno C, Fiumanò G, Villari C, Puglisi G, Marinaccio A, Comba P, Tumino R. Mortality from asbestos-related causes and incidence of pleural mesothelioma among former asbestos cement workers in San Filippo del Mela (Sicily). *Epidemiol Prev* 2010;34(3):87-92.
67. Fazzo L, Carere M, Tisano F, Bruno C, A. Cernigliaro A, Cicero MR, Comba P, Contrino ML, De Santis M, Falleni F, Ingallinella V, Madeddu A, Marcello I, Regalbuto C, Sciacca G, Soggiu ME, Zona A., Cancer incidence in Priolo, Sicily: a spatial approach for estimation of industrial air pollution impact, *Geospatial Health* 2016;11:320.
68. Fazzo L, Minelli G, De Santis M, Bruno C, Zona A, Marinaccio A, Conti S, Pirastu R, Comba P. Mesothelioma mortality surveillance and asbestos exposure tracking in Italy. *Ann Ist Super Sanità* 2012;48(3):300-10.
69. Di Paola M, Mastrantonio M, Carboni M, Belli S, Grignoli M, Comba P, Nesti M. *La mortalità per tumore maligno della pleura in Italia negli anni 1988-1992*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 1996. (Rapporti ISTISAN 96/40).
70. International Agency for Research on Cancer. *Some nanomaterials and some fibres*. Lyon, France: IARC; 2017. (IARC Monographs on Evaluation of carcinogenic risks to humans Volume 111).
71. Bruno C, Comba P, Fazzo L. Prevenzione della patologia da fluoro-edenite: il Modello Biancavilla. *Notiziario dell'Istituto Superiore di Sanità* 2015;28(5) Suppl.1.
72. Comba P, Fazzo L (Ed.). *Mortalità per mesotelioma pleurico in Italia, 2003-2014*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2017. (Rapporti ISTISAN 17/37).
73. Fazzo L, Minelli G, De Santis M, Bruno C, Zona A, Conti S, Comba P. Epidemiological surveillance of mesothelioma mortality in Italy. *Cancer Epidemiol* 2018;55:184-91.
74. Zona A, Fazzo L, Minelli G, De Santis M, Bruno C, Conti S, Comba P. Peritoneal mesothelioma mortality in Italy: spatial analysis and search for asbestos exposure sources. *Cancer Epidemiol* 2019;60:162-7.
75. Fazzo L, Minelli G, De Santis M, Bruno C, Zona A, Conti S, Comba P. Epidemiological surveillance of mesothelioma mortality in Italy. *Cancer Epidemiol* 2018;55:184-91.
76. Fazzo L, Minelli G, Bruno C, Comba P, Conti S, De Santis M, Zona A, Binazzi A, Magnani C, Marinaccio A, Iavarone I, Early mortality from malignant mesothelioma in Italy as a proxy of environmental exposure to asbestos in children, *Ann Ist Super Sanità* 2020;56(4):478-86.
77. Cadum E, Forastiere F. Presentazione del progetto EpiAir e guida alla lettura degli articoli. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):206-8.
78. World Health Organization. *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project Technical Report*. Copenhagen: WHO Regional Office; 2013. Disponibile all'indirizzo: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report.pdf, ultima consultazione 27/12/2020.
79. Regione Emilia-Romagna. *I risultati del progetto Monitor. Gli effetti degli inceneritori sull'ambiente e la salute in Emilia-Romagna*. Bologna: Regione Emilia-Romagna e ARPAE; 2011. (Quaderni di Monitor 04>11). Disponibile all'indirizzo: https://www.arpae.it/cms3/documenti/monitor/quaderni/04_Risultati_Monitor.pdf; ultima consultazione 27/12/2020.
80. Cancila E, Ottolenghi M, Tollari F. *Inceneritori e conflitti ambientali. Dinamiche ed esperienze di comunicazione e coinvolgimento*. Regione Emilia-Romagna, 2009. Bologna: Regione Emilia-Romagna e ARPAE; 2009. (Quaderni di Monitor 01>09). Disponibile all'indirizzo: https://www.arpae.it/cms3/documenti/monitor/quaderni/01_inceneritori_conflitti.pdf; ultima consultazione 27/12/2020.

81. Pirastu R, Comba P, Iavarone I, *et al.* SENTIERI - Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento: risultati. *Epidemiol Prev* 2011;35 (5-6) Suppl. 4:1-204.
82. Pirastu R, Comba P, *et al.* SENTIERI – Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento: mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri. *Epidemiol Prev* 2014;38 (2) Suppl. 1:1-170.
83. Alessandrini ER, Leogrande S, Morabito A, *et al.* (a cura di). Studio di coorte sugli effetti delle esposizioni ambientali ed occupazionali sulla morbosità e mortalità della popolazione residente a Taranto. Rapporto conclusivo. Regione Puglia. 2016. Disponibile all'indirizzo: <https://www.sanita.puglia.it/web/csa/relazioni-scientifiche>, ultima consultazione 12/12/2020.
84. Galise I, Serinelli M, Morabito A, Pastore T, Tanzarella A, Laghezza V, Nocioni A, Giua R, Bauleo L, Bruno V, Ancona C, Ranzi A, Bisceglia L; Gruppo collaborativo VDS. L'impatto ambientale e sanitario delle emissioni dell'impianto siderurgico di Taranto e della centrale termoelettrica di Brindisi. *Epidemiol Prev* 2019;43(5-6):329-37.
85. Colles A, Ardeleanu ER, Cendeias C, Ranzi A, Demeter Z, Hofer A, Kowalska M, Makris KC, Arrebola JP, Schoeters G, Hough R, Pérez-Carrascosa FM, Iavarone I, Martin-Olmedo P, Kalantzi OI, Ancona C, Ancona C, Pasetto R, Fletcher T, Hoek G, de Hoogh K. Human biomonitoring as a tool for exposure assessment in industrially contaminated sites (ICSs). Lessons learned within the ICS and Health European Network. *Epidemiol Prev* 2019;43 (4):249-59.
86. Wild CP. Complementing the genome with an “exposome”: the outstanding challenge of environmental exposure measurement in molecular epidemiology. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005;14:1847-50.
87. Vineis P, Chadeau-Hyam M, Gmuender H, Gulliver J, Herceg Z, Kleinjans J, Kogevinas M, Kyrtopoulos S, Nieuwenhuijsen M, Phillips DH, Probst-Hensch N, Scalbert A, Vermeulen R, Wild CP; EXPOsOMICS Consortium. The exposome in practice: design of the EXPOsOMICS project. *Int J Hyg Environ Health* 2017;220:142-51.
88. Medda E, Minoprio A, Nisticò L, Bocca B, Simonelli V, D'Errico M, Calcagnile A, Giuliani A, Toccaceli V, Minghetti L, Alimonti A, Stazi MA, Mazzei F, Dogliotti E. The response to oxidative stress and metallomics analysis in a twin study: the role of the environment. *Free Radic Biol Med* 2016;97:236-43.
89. Li N, Maesano CN, Friedrich R, Medda E, Brandstetter S, Kabesch M, Apfelbacher C, Melter M, Seelbach-Göbel B, Annesi-Maesano I, Sarigiannis D; KUNO-Kids study group. A model for estimating the lifelong exposure to PM2.5 and NO2 and the application to population studies. *Environ Res* 2019;178:108629.
90. Sarigiannis DA, Karakitsios SO. Addressing complexity of health impact assessment in industrially contaminated sites via the exposome paradigm *Epidemiol Prev* 2018;42(5-6):37-48.
91. Martin-Olmedo P, Hams R, Santoro M, Ranzi A, Hoek G, de Hoogh K, Leonardi G. Environmental and health data needed to develop national surveillance systems in industrially contaminated sites *Epidemiol Prev* 2018;42(5-6S1):11-20.
92. Vineis, P. What is the exposome and how it can help research on air pollution. *Emiss Control Sci Technol* 2019;5:31-6.
93. Rabinowitz P MacG, Pappaioanou M, Bardosh KL, Conti L. A planetary vision for one health. *BMJ Glob Health* 2018;3:e001137. DOI:10.1136.

*Serie Rapporti ISTISAN
numero di dicembre 2020, 9° Suppl.*

*Stampato in proprio
Servizio Comunicazione Scientifica – Istituto Superiore di Sanità*

Roma, dicembre 2020