



# RAPPORTI ISTISAN 22|13

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

## **Profilo di salute di una comunità interessata da contaminazione industriale. Il caso di Porto Torres: valutazioni ambiente-salute, epidemiologia e comunicazione**

A cura di

R. Pasetto, A. Zona, D. Marsili, A. Fabri



AMBIENTE  
E SALUTE



**ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ**

**Profilo di salute di una comunità  
interessata da contaminazione industriale.  
Il caso di Porto Torres: valutazioni ambiente-salute,  
epidemiologia e comunicazione**

A cura di  
Roberto Pasetto, Amerigo Zona, Daniela Marsili, Alessandra Fabri  
*Dipartimento Ambiente e Salute*

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

**Rapporti ISTISAN**  
**22/13**

Istituto Superiore di Sanità

**Profilo di salute di una comunità interessata da contaminazione industriale. Il caso di Porto Torres: valutazioni ambiente-salute, epidemiologia e comunicazione.**

A cura di Roberto Pasetto, Amerigo Zona, Daniela Marsili, Alessandra Fabri  
2022, vi, 186 p. Rapporti ISTISAN 22/13

Lo studio descrittivo del profilo di salute dei residenti nel Comune di Porto Torres è stato effettuato nell'ambito di attività di supporto dell'Istituto Superiore di Sanità agli organi tecnici della Regione Sardegna per l'accrescimento di capacità nello studio dei siti contaminati. Il rapporto documenta le attività svolte per descrivere il profilo di salute della popolazione di Porto Torres, il cui centro urbano sorge a ridosso di importanti sorgenti di contaminazione ambientale, in particolare di un complesso industriale petrolchimico, e per comunicare i contenuti dello studio e i risultati ottenuti. Le attività hanno previsto: la raccolta e sistematizzazione dei dati ambientali, la definizione di inquinanti prioritari e di patologie a essi associabili, l'aggiornamento dei dati epidemiologici da fonti informative locali, la produzione degli indicatori epidemiologici, la descrizione e la discussione dei profili di salute in relazione alle evidenze sulla contaminazione ambientale e lo sviluppo di un piano di comunicazione e le relative attività.

*Parole chiave:* Epidemiologia; Siti contaminati; Profilo di salute; Dati ambientali e sanitari; Comunicazione

Istituto Superiore di Sanità

**Health profile of a community affected by industrial contamination. The case of Porto Torres (Sardinia, Italy): environmental-health assessments, epidemiology and communication.**

Edited by Roberto Pasetto, Amerigo Zona, Daniela Marsili, Alessandra Fabri  
2022, vi, 186 p. Rapporti ISTISAN 22/13 (in Italian)

The descriptive study of the health profile of residents in the municipality of Porto Torres (Sardinia, Italy) has been carried out among the capacity building activities planned by the Istituto Superiore di Sanità (the National Institute of Health in Italy) to improve the capabilities of technical bodies of the Sardinia Region to study health-related effects of contaminated sites. The report documents activities for describing the health profile of the population of Porto Torres, whose urban centre is close to industrial sources of environmental contamination and for the communication of the study contents and results. The study activities have foreseen: the collection and systematization of environmental data, the definition of priority index contaminants and their health-related diseases, the update of the epidemiological data from informative local sources, the production of epidemiological indicators, the description and discussion of the health profiles in association with evidence on environmental contamination, and the implementation of a communication plan.

*Key words:* Epidemiology; Contaminated sites; Health profile; Environmental and health data; Communication

Si ringrazia l'Amministrazione del Comune di Porto Torres per la fattiva collaborazione per la comprensione del contesto locale. Si ringrazia, inoltre, Valentina Minardi, ricercatrice dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS), per l'istruttoria sul potenziale uso delle rilevazioni del sistema di sorveglianza PASSI nello studio effettuato.

Un ringraziamento particolare va a Manuela Zazzara (Servizio Comunicazione Scientifica, ISS) per la dedizione e cura data alla redazione del rapporto consentendo la risoluzione delle diverse problematiche editoriali emerse in corso d'opera.

Per informazioni su questo documento scrivere a: roberto.pasetto@iss.it

Il rapporto è accessibile online dal sito di questo Istituto: [www.iss.it](http://www.iss.it).

Citare questo documento come segue:

Pasetto R, Zona A, Marsili D, Fabri A (Ed.). *Profilo di salute di una comunità interessata da contaminazione industriale. Il caso di Porto Torres: valutazioni ambiente-salute, epidemiologia e comunicazione*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2022. (Rapporti ISTISAN 22/13).

---

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.

## Partecipanti alle attività del Progetto

*Responsabile scientifico:* Roberto Pasetto

*Rapporteur:* Alessandra Fabri

### *Gruppo di lavoro Indicatori epidemiologici*

Roberto Pasetto (coordinatore)	<i>Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma</i>
Marco De Santis (coordinatore)	<i>Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma</i>
Caterina Bellu	<i>Regione Autonoma della Sardegna – Osservatorio epidemiologico regionale, Cagliari</i>
Daniele De Rocchi	<i>Dipartimento di Scienze Statistiche, Università Sapienza, Roma</i> <i>Università di Roma</i>
Massimo Melis	<i>Dipartimento di Prevenzione, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Centro Epidemiologico e Registro tumori, Cagliari e Sassari</i>
Maria Antonietta Palmas	<i>Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Igiene, Sanità e Assistenza Sociale – Osservatorio Epidemiologico Regionale, Cagliari</i>
Daniela Piras	<i>Dipartimento di Prevenzione, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Centro Epidemiologico e Registro tumori, Cagliari e Sassari</i>
Daniela Pirino	<i>Dipartimento di Prevenzione, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Centro Epidemiologico e Registro tumori, Cagliari e Sassari</i>
Giannalisa Pitzus	<i>Dipartimento di Prevenzione, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Centro Epidemiologico e Registro tumori, Cagliari e Sassari</i>
Rosanna Porcu	<i>Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Igiene, Sanità e Assistenza Sociale – Osservatorio Epidemiologico Regionale, Cagliari</i>

### *Gruppo di lavoro Inquinanti prioritari e organi bersaglio*

Amerigo Zona (coordinatore)	<i>Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma</i>
Marco Basciu	<i>Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Azienda Sanitaria Locale di Sassari – Struttura Complessa Salute e Ambiente e Struttura Complessa Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro, Sassari</i>
Caterina Bellu	<i>Osservatorio epidemiologico Regione Autonoma della Sardegna, Cagliari</i>
Franca Buratti	<i>Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma</i>
Giovanni Canu	<i>Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna, Dipartimento di Sassari e Gallura, Sassari</i>
Giannina Chessa	<i>Istituto Zooprofilattico Sardegna, Sassari</i>
Antonello Cossu	<i>Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna, Dipartimento di Sassari e Gallura, Sassari</i>
Ivana Dettori	<i>Area Tecnico Scientifica, Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna, Cagliari</i>
Marino Murineddu	<i>Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Azienda Sanitaria Locale di Sassari – Struttura Complessa Salute e Ambiente</i>

Pietro Sechi *e Struttura Complessa Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro, Sassari*  
*Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Azienda Sanitaria Locale di Sassari – Struttura Complessa Salute e Ambiente e Struttura Complessa Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro, Sassari*

Maria Eleonora Soggiu *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*  
Emanuela Testai *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

*Gruppo di lavoro Comunicazione*

Daniela Marsili (coordinatore) *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*  
Daniele Murino *Ufficio Stampa, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Area Socio Sanitaria Locale di Sassari, Sassari*

Maria Stefania Podda *Servizio Comunicazione istituzionale, Regione Autonoma della Sardegna, Cagliari*

Liliana Recino *Struttura Complessa Comunicazione Pubblica Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Sassari*

Antonia Seddaiu *Dipartimento Prevenzione Zona Nord, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Sassari*

*Esperto nel profilo di salute delle fasce giovanili*

Ivano Iavarone *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

# INDICE

<b>Presentazione</b> .....	v
----------------------------	---

## Introduzione al rapporto

<i>Roberto Pasetto, Amerigo Zona, Daniela Marsili, Alessandra Fabri</i> .....	1
---	---

## PARTE PRIMA

---

### Informazioni ambientali, inquinanti prioritari e organi bersaglio

#### Dati ambientali, identificazione degli inquinanti prioritari e loro effetti sulla salute: una introduzione

<i>Caterina Bellu, Amerigo Zona</i> .....	7
---	---

#### Descrizione dell'area industriale di Porto Torres

<i>Marco Basciu, Marino Murineddu, Pietro Sechi</i> .....	9
---	---

#### Approccio basato su inquinanti prioritari a supporto della valutazione dell'esposizione e del rischio

<i>Amerigo Zona, Franca Maria Buratti, Maria Eleonora Soggiu, Emanuela Testai</i> .....	21
---	----

#### Analisi delle criticità riscontrate nel percorso di individuazione e valutazione dei documenti e dei dati raccolti

<i>Ivana Dettori, Quirico Antonio Cossu, Giovanni Canu</i> .....	29
--	----

#### Analisi della caratterizzazione ambientale del sito di Porto Torres

<i>Quirico Antonio Cossu, Giovanni Canu, Ivana Dettori</i> .....	42
--	----

#### Selezione degli inquinanti prioritari per l'area di Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione

<i>Franca Maria Buratti, Emanuela Testai, Quirico Antonio Cossu, Ivana Dettori, Giovanni Canu, Amerigo Zona, Marco Basciu, Marino Murineddu, Maria Eleonora Soggiu</i> .....	90
--	----

## PARTE SECONDA

---

### Descrizione del profilo di salute: metodi e risultati

#### Protocollo dello studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres

<i>Roberto Pasetto, Maria Antonietta Palmas, Rosanna Porcu, Caterina Bellu, Ivano Iavarone, Daniele De Rocchi, Marco De Santis, Massimo Melis, Daniela Piras, Daniela Pirino, Giannalisa Pitzus</i> .....	105
---	-----

#### Rappresentazione cartografica e analisi di cluster della deprivazione in Sardegna e condizioni di deprivazione del comune di Porto Torres

<i>Marco De Santis, Rosanna Porcu, Roberto Pasetto</i> .....	121
--	-----

<b>Analisi degli andamenti temporali della mortalità a Porto Torres</b> <i>Rosanna Porcu, Daniele De Rocchi, Roberto Pasetto</i> .....	128
---	-----

<b>Studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute dei residenti nel Comune di Porto Torres: risultati e discussione</b> <i>Roberto Pasetto, Rosanna Porcu, Maria Antonietta Palmas, Caterina Bellu, Franca Maria Buratti, Ivano Iavarone, Daniela Marsili, Maria Eleonora Soggiu, Emanuela Testai, Massimo Melis, Daniela Piras, Giannalisa Pitzus, Amerigo Zona</i> .....	138
--	-----

## **PARTE TERZA**

---

### **Strategie di comunicazione e prodotti**

<b>Piano di comunicazione per lo studio epidemiologico nel Comune di Porto Torres</b> <i>Daniela Marsili, Daniele Murino, Liliana Recino, Maria Stefania Podda, Antonia Seddaiu</i> .....	159
--	-----

<b>Prodotti e canali della comunicazione per lo studio epidemiologico nel Comune di Porto Torres</b> <i>Daniela Marsili, Daniele Murino, Liliana Recino, Giovanni Ruggiu, Alessandra Fabri, Roberto Pasetto, Amerigo Zona, Maria Stefania Podda, Antonia Seddaiu</i> .....	169
---	-----

<b>Comunicazione dei risultati dello studio epidemiologico nel Comune di Porto Torres</b> <i>Roberto Pasetto, Daniela Marsili, Amerigo Zona</i> .....	184
--	-----

## PRESENTAZIONE

Questo rapporto presenta i risultati di un Progetto basato su un approccio con molteplici elementi di novità e originalità nell'ambito delle attività in tema di ambiente e salute, con particolare attenzione al Sito di Interesse Nazionale per le bonifiche (SIN) di Porto Torres.

La scelta del Sito di Porto Torres rappresenta un elemento di forte peculiarità. Porto Torres è uno dei SIN con alto grado di complessità per la presenza di sorgenti multiple di contaminazione in un contesto urbano a ridosso di un'importante area portuale e industriale, e con criticità sociali e occupazionali.

Il SIN di Porto Torres emerge anche come uno dei Siti sottoposti a sorveglianza epidemiologica SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento) con il maggior numero di eccessi di rischio per la salute. Le analisi condotte in SENTIERI riguardano entrambi i comuni interessati amministrativamente dai decreti di perimetrazione del sito: Porto Torres e Sassari. Il passaggio ulteriore effettuato in questo Progetto è stato di restringere le analisi alla popolazione del solo comune di Porto Torres, che è quella che ha maggiormente subito l'impatto prodotto dalle attività del complesso industriale. Da questo punto di vista il Progetto definisce quindi il target ottimale sul quale valutare come si evolve nel tempo l'impatto sanitario sia delle attività di contaminazione, sia delle conseguenti opere di risanamento ambientale.

Nel rapporto vengono affrontati in modo integrato tematiche che raramente sono analizzate congiuntamente nello stesso Progetto: valutazioni di aspetti ambientali, produttivi, occupazionali e sociali, volte a prefigurare diversi scenari di esposizione; analisi a priori del profilo di salute della popolazione sulla base delle evidenze scientifiche disponibili (associazioni sorgente di emissione/effetti sanitari; inquinanti indice di interesse tossicologico, organi bersaglio); attività formative per i tecnici che operano sul territorio; predisposizione condivisa di piani di comunicazione partecipativa costruiti *ad hoc* in rapporto alle esigenze e peculiarità delle comunità locali.

Ulteriore elemento caratterizzante il Progetto è la valorizzazione dei flussi informativi di dati ambientali e sanitari disponibili sul territorio, nella prospettiva di rendere autonome le strutture locali competenti nel realizzare programmi di sorveglianza epidemiologica ancorati al monitoraggio dei dati ambientali.

L'approccio di lavoro multi-istituzionale sviluppato dal Progetto ha valorizzato le attività inter-settoriali prevedendo e favorendo il lavoro congiunto e multidisciplinare di esperti delle strutture centrali, regionali e locali del Servizio Sanitario Nazionale (SSN), dell'Agenzia di Protezione Ambientale regionale e dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna. Un'ulteriore particolarità è il coinvolgimento attivo del comune di Porto Torres come interfaccia irrinunciabile per collocare nella realtà territoriale le attività di ricerca e di sorveglianza, tenendo conto degli elementi di fragilità della comunità.

L'esperienza sul campo maturata con questo Progetto collaborativo assume ulteriore rilevanza considerando che ancor oggi l'Italia, al pari di molti Paesi europei, presenta un'ampia eterogeneità e frammentarietà di iniziative su Ambiente e Salute, e necessita della costituzione di una rete in grado di armonizzare e potenziare l'azione degli enti impegnati sul campo. Questi elementi di criticità rendono necessari programmi di azione, di formazione e di comunicazione partecipativa, che devono essere coordinati, coerenti e non settoriali, e soprattutto in grado di rispondere alle istanze e necessità che provengono dal territorio e dalle comunità.

Il processo che questo Progetto ha delineato può rappresentare l'inizio di un percorso virtuoso, auspicato a livello nazionale dal Progetto SENTIERI e a livello Internazionale dalla *World Health*

*Organization* (WHO), per l'implementazione di un approccio integrato ambiente e salute nei siti contaminati.

La possibilità di disporre di dati intersettoriali rappresenta però un passaggio ineludibile per poter implementare attività di ricerca e sorveglianza nei siti contaminati.

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) sembra oggi offrire una grande opportunità per rendere coerenti e interconnessi i programmi di ricerca e azione in tema di ambiente e salute, con la condivisione operativa di banche dati digitalizzate all'interno di un Sistema Nazionale Prevenzione Salute-Ambiente-Clima (SNPS). Questo sistema prevede la costituzione di una rete articolata a livello centrale, regionale e territoriale per la piena integrazione con l'esistente Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale (SNPA), con investimenti funzionali allo sviluppo di programmi operativi di attuazione di modelli integrati in specifici siti contaminati di interesse nazionale.

Ivano Iavarone  
*Direttore Reparto di Epidemiologia Ambientale e Sociale,  
Dipartimento Ambiente e Salute,  
Istituto Superiore di Sanità*

Marco Martuzzi  
*Direttore del Dipartimento Ambiente e Salute,  
Istituto Superiore di Sanità*

## INTRODUZIONE AL RAPPORTO

Roberto Pasetto, Amerigo Zona, Daniela Marsili, Alessandra Fabri  
*Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

Lo studio descrittivo del profilo di salute dei residenti nel comune di Porto Torres nasce nell'ambito della Convenzione che l'Assessorato dell'igiene e sanità e dell'assistenza sociale della Regione Sardegna insieme all'Azienda per la Tutela della Salute (ATS) della Sardegna hanno stipulato con il Dipartimento Ambiente e Salute dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS). La Convenzione è denominata "Affiancamento per lo sviluppo di capacità nello studio e sorveglianza epidemiologica delle popolazioni residenti in prossimità di siti inquinati, con particolare riferimento al Sito di Interesse Nazionale per le bonifiche (SIN) di Porto Torres".

Le attività previste ed effettuate nell'ambito dell'Accordo sono state le seguenti:

- raccolta e valutazione delle evidenze epidemiologiche sul SIN, in particolare in relazione a quanto emerso dal sistema di sorveglianza epidemiologica SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento);
- definizione di un tavolo di lavoro congiunto con enti, agenzie, Istituzioni operanti in ambito ambientale (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, ARPAS, Istituto Zooprofilattico Sperimentale, IZS Sardegna, Assessorato all'Ambiente), al fine di identificare le informazioni disponibili sulla contaminazione e gli scenari di esposizione della popolazione;
- sulla base di quanto emerso dai punti precedenti, identificazione delle priorità nella valutazione del rischio, in particolare, ma non solo, per quelle epidemiologiche;
- identificazione delle fonti informative utili al fine di elaborazioni epidemiologiche relative alla popolazione locale;
- ricognizione sulle attività di comunicazione poste in essere;
- identificazione dei referenti locali per la raccolta dei dati;
- formazione in aula *ad hoc* in relazione alle priorità identificate e alle informazioni disponibili, da svolgersi presso le strutture della Regione Sardegna e ATS;
- supporto tecnico-scientifico di affiancamento dell'ISS nello svolgimento delle attività di elaborazione delle informazioni/dati e nella elaborazione delle strategie di comunicazione;
- affiancamento nella comunicazione dei risultati ottenuti.

Il principale obiettivo delle attività svolte è stato quello di aiutare gli organi tecnici regionali della Sardegna a sviluppare competenze nell'affrontare gli aspetti più rilevanti nello studio delle relazioni ambiente e salute nei siti contaminati, con particolare riferimento al contributo dell'epidemiologia. Per l'implementazione delle competenze, sin dalle prime fasi di sviluppo dell'Accordo è maturata la consapevolezza di affiancare la trasmissione e condivisione di conoscenze a carattere tecnico-scientifico con l'esperienza sul campo. Il SIN di Porto Torres è stato identificato come il sito contaminato dove implementare le attività di trasmissione di competenze tecnico-scientifiche (*capacity building*) e di studio. La scelta del SIN di Porto Torres è stata originariamente legata alla rilevata esiguità di conoscenze a carattere epidemiologico per l'area in esame. La rilevanza di porre particolare attenzione a questo Sito è emersa poi sia dai tecnici con conoscenza del territorio sia da istanze dalla popolazione locale. Al SIN di Porto Torres, infatti, fanno riferimento due realtà comunali identificate come di pertinenza per le aree contaminate oggetto di bonifica, ossia i comuni di Sassari e di Porto Torres. Tuttavia, mentre nell'area immediatamente prossima al nucleo urbano di Porto Torres si trova il complesso

industriale petrolchimico e sono ubicate sia la Centrale Termoelettrica di Fiume Santo sia l'area portuale, identificate per il Sito come sorgenti di contaminazione o aree contaminate, nell'area del comune di Sassari, il cui principale nucleo abitativo dista circa 20 km dal complesso industriale petrolchimico, il sito contaminato di principale pertinenza per la popolazione residente è una discarica, peraltro lontana dal contesto urbano.

Le principali evidenze epidemiologiche per il SIN di Porto Torres precedenti alle attività di studio documentate in questo rapporto, sono state prodotte nell'ambito del sistema di sorveglianza nazionale dei principali siti italiani oggetto di bonifica denominato SENTIERI, che produce periodicamente valutazioni multi-esito dei profili di salute dell'insieme delle popolazioni comunali afferenti a ciascun Sito contaminato sottoposto a sorveglianza (Zona *et al.*, 2019). Per il SIN di Porto Torres, tali valutazioni sono complessive per i comuni di Sassari e Porto Torres. Lo studio descrittivo del profilo di salute della comunità di Porto Torres oggetto del presente rapporto, ha prodotto, invece, valutazioni epidemiologiche relative ai soli residenti del comune di Porto Torres.

L'impostazione originale dello studio prevedeva che le attività si svolgessero alternando periodicamente incontri presso la sede di Sassari dell'ATS della Sardegna e la sede di Cagliari dell'Assessorato dell'igiene e sanità e dell'assistenza sociale della Regione Sardegna. L'emergere della pandemia da SARS-CoV-2 e lo stato di emergenza a essa associato hanno portato a importanti cambiamenti dell'impostazione delle attività di *capacity building* e di studio legate al Progetto, che sono state svolte in remoto. Lo studio è stato definito dopo diversi incontri e verifiche di fattibilità ed è stato avviato a sei mesi dalla firma dell'Accordo. Le attività di studio, la cui durata era inizialmente prevista di un anno e mezzo, hanno invece richiesto più di due anni.

Come primo passo importante dello studio, così come previsto nell'elenco delle attività definito nell'Accordo, sono stati identificati e coinvolti i referenti delle Istituzioni regionali sul fronte ambientale, in particolare i tecnici di riferimento per ARPAS e per l'IZS della Sardegna. Lo studio delle relazioni ambiente e salute in un sito contaminato, infatti, non può prescindere dalla combinazione di competenze di natura ambientale e sanitaria.

Alle attività di *capacity building* e di studio hanno partecipato 28 persone. I lavori sono stati svolti in tre gruppi distinti relativi: alla raccolta e sistematizzazione dei dati ambientali e alla definizione degli inquinanti prioritari per la salute e i relativi organi bersaglio; all'aggiornamento dei dati epidemiologici da fonti informative locali e alla produzione degli indicatori epidemiologici; allo sviluppo del piano di comunicazione e alle relative attività. La struttura del presente rapporto riflette tale articolazione del lavoro.

I tre gruppi di lavoro hanno svolto le loro attività con frequenti riunioni in remoto e con riunioni collettive di tutti i gruppi svolte perlopiù con cadenza bimestrale. Queste ultime, oltre ad aggiornare tutti i partecipanti allo studio degli avanzamenti del lavoro, hanno consentito di affrontare le problematiche di volta in volta emergenti e di ricercare le soluzioni possibili. Tra tutte, l'esempio della collaborazione sviluppata *ad hoc* tra il Registro Tumori del Nord Sardegna e il Registro Tumori del Sud Sardegna che ha consentito l'aggiornamento del flusso informativo per l'analisi dell'incidenza tumorale di diverse annualità, operazione che altrimenti non sarebbe stata possibile.

Il presente rapporto è diviso in tre Parti e riflette nella sua struttura le attività svolte dai tre gruppi di lavoro con i loro risultati.

La prima Parte del rapporto, frutto del gruppo di lavoro sui dati ambientali, si focalizza sulle informazioni ambientali che hanno portato ad identificare agli inquinanti prioritari e gli associati organi bersaglio.

Sul fronte delle valutazioni ambientali, le attività di studio hanno portato a raccogliere e sistematizzare le informazioni disponibili sulle contaminazioni e i contaminanti per l'area in esame, grazie alla collaborazione dell'ARPA Sardegna, e dell'ATS della Sardegna.

Tali attività hanno consentito di approfondire la conoscenza del sito industriale, di identificarne l'evoluzione storica, di discutere e approfondire aspetti legati alla contaminazione ambientale, sino a ipotizzare scenari di esposizione della popolazione residente nel comune di Porto Torres. Da questo processo è scaturita inoltre l'identificazione di inquinanti prioritari, di interesse ai fini della valutazione integrata del possibile impatto della contaminazione ambientale sulla salute. L'esame della letteratura scientifica disponibile relativa a tali inquinanti ha permesso di includere specifiche cause nella valutazione dei profili specifici di salute.

La seconda Parte del rapporto è il frutto del gruppo di lavoro sugli indicatori epidemiologici e riporta il protocollo dello studio epidemiologico descrittivo dei profili di salute della popolazione residente nel comune di Porto Torres e i relativi risultati.

I profili di salute della popolazione residente a Porto Torres sono stati rappresentati per gli esiti della mortalità, dell'incidenza tumorale, e dei ricoveri ospedalieri. Tali profili sono stati prodotti con l'intento di fornire un quadro il più prossimo possibile al tempo presente. Per raggiungere questo obiettivo, sia i tecnici coinvolti nell'aggiornamento dei dati sull'incidenza tumorale sia quelli impegnati nell'aggiornamento dei dati di mortalità, hanno dedicato tempo ed energie a considerare esclusivamente il territorio interessato dallo studio, consentendo così di aggiungere quattro annualità all'incidenza tumorale, rispetto a quanto presente prima dell'avvio dello studio, e di avere il dato di mortalità disponibile fino all'ultimo anno ritenuto utile.

È da sottolineare il fatto che le fonti informative utilizzate per la loro rappresentazione sono locali. Le operazioni svolte per l'aggiornamento dei dati e la produzione degli indicatori epidemiologici hanno consentito lo sviluppo di capacità degli Enti locali e dei loro tecnici di produrre i profili di salute di comunità che vivono situazioni di contaminazione ambientale. Inoltre, la possibilità resa concreta di aggiornare periodicamente le fonti informative, consente la possibilità di passare dalla descrizione una tantum dei profili di salute alla sorveglianza epidemiologica, con l'aggiornamento periodico dei dati da parte degli Enti locali.

La terza ed ultima Parte del rapporto riporta le attività svolte dal gruppo di lavoro sulla comunicazione e i relativi risultati.

Per quanto riguarda gli aspetti di comunicazione, le attività di studio hanno portato alla costruzione di un piano di comunicazione che utilizzando la metodologia proposta da SENTIERI (Marsili *et al.*, 2019) è stato implementato con le conoscenze e la raccolta di informazioni sul contesto locale di Porto Torres. L'articolazione del piano ha portato a suddividere l'implementazione della comunicazione in due fasi, la prima a carattere prevalentemente informativo sullo studio e i suoi contenuti, la seconda focalizzata sulla comunicazione dei risultati dello studio.

La comunicazione è stata indirizzata sin dalla prima fase all'Amministrazione comunale di Porto Torres e alla popolazione attraverso la realizzazione e la pubblicazione di prodotti di comunicazione in una Sezione dedicata sui siti web istituzionali regionali e locali. La seconda fase ha portato all'implementazione della comunicazione dei risultati dello studio agli attori istituzionali e sociali e alla popolazione di Porto Torres ed è stata supportata da un rapporto a carattere divulgativo che permettesse la più ampia fruibilità delle conoscenze acquisite con lo studio, documentate dal presente rapporto tecnico-scientifico.

Va sottolineato che nel corso dei lavori sono emerse possibilità e utilità di approfondimenti, non previsti originariamente, di cui è stata valutata la fattibilità ma che non è stato possibile realizzare nel periodo dello studio. Importante è citare la possibilità di implementare la sorveglianza PASSI (Progressi delle Aziende Sanitarie per la Salute in Italia) attraverso un sovracampionamento *ad hoc* per il comune di Porto Torres con una scheda di rilevazione delle informazioni appositamente elaborata, che avrebbe consentito di descrivere i profili di salute della popolazione locale integrando l'analisi dei fattori di rischio propriamente ambientali con quella dei fattori associati agli stili di vita. Nel periodo di studio non è stato possibile svolgere questa

attività principalmente a causa delle contingenze legate alla pandemia, in particolare per l'impossibilità temporanea di avere personale da dedicare alle attività di rilevazione delle informazioni.

Sul fronte della comunicazione è stata valutata la possibilità e la rilevanza di intraprendere attività in collaborazione con il sistema scolastico locale sui temi dello studio e sulla relazione ambiente e salute a Porto Torres attraverso iniziative dedicate e co-organizzate con dirigenti e insegnanti delle scuole superiori di primo e secondo grado e incentrate sul coinvolgimento degli studenti.

Il presente rapporto avendo un carattere propriamente tecnico-scientifico è accessibile prevalentemente a ricercatori e tecnici ed è complementare a un altro documento divulgativo intitolato "Salute e Ambiente a Porto Torres. Risultati dello studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute della popolazione residente a Porto Torres" che riassume i principali messaggi emersi dalle attività di studio con un linguaggio semplificato e fruibile dai cittadini. È prevista l'uscita in parallelo dei due documenti subito dopo la prima comunicazione dei risultati dello studio.

La comunità di Porto Torres, a partire dalla costruzione e avvio delle attività industriali petrolchimiche, risalente ai primi anni '60 del secolo scorso, ha visto la sua realtà territoriale e sociale modificarsi profondamente. Alla prima fase di sviluppo industriale e socioeconomico è seguita una fase di crisi legata alla chiusura della prevalenza degli impianti e alla diffusa contaminazione ambientale (Fabri & Pasetto, 2021).

L'auspicio è che la documentazione prodotta, nel fornire per la prima volta un quadro sul profilo di salute della popolazione residente a Porto Torres, oltre ad aver consentito lo sviluppo di competenze tecniche a livello regionale e locale, dia un contributo al rafforzamento delle capacità della comunità di Porto Torres nel prendere decisioni informate per indirizzare il proprio futuro.

## Bibliografia

- Fabri A, Pasetto R. Il ruolo dell'industria petrolchimica nella trasformazione socioeconomica di un territorio: il caso di Porto Torres. *Villaggio Globale* 2021;24(94):67-78. Disponibile all'indirizzo: <https://www.vglobale.it/2021/06/01/lindustria-petrolchimica-e-il-caso-di-porto-torres>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Marsili D, Battifoglia E, Bisceglia, Fazzo L, Forti M, et al. La comunicazione nei siti contaminati. In: Zona A, Pasetto R, Fazzo L, Iavarone I, Bruno C, Pirastu R, Comba P (Ed). SENTIERI Studio epidemiologico nazionale dei territori e insediamenti esposti a rischio da inquinamento. Quinto Rapporto. *Epidemiol Prev* 2019;43(2) (Suppl 1):1-208. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-studio-epidemiologico-nazionale-dei-territori-e-degli-insediamenti-esposti-a-rischio-da-inquinamento.quinto-rapporto>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Zona A, Pasetto R, Fazzo L, Iavarone I, Bruno C, Pirastu R, Comba P (a cura di). SENTIERI. Studio epidemiologico nazionale dei territori e insediamenti esposti a rischio da inquinamento. Quinto Rapporto. *Epidemiol Prev* 2019;43(2) (Suppl 1):1-208. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-studio-epidemiologico-nazionale-dei-territori-e-degli-insediamenti-esposti-a-rischio-da-inquinamento.quinto-rapporto>; ultima consultazione 15/11/2021.

**PARTE PRIMA**  
**Informazioni ambientali, inquinanti prioritari**  
**e organi bersaglio**



# DATI AMBIENTALI, IDENTIFICAZIONE DEGLI INQUINANTI PRIORITARI E LORO EFFETTI SULLA SALUTE: UNA INTRODUZIONE

Caterina Bellu (a), Amerigo Zona (b)

(a) Regione Autonoma della Sardegna, Osservatorio Epidemiologico, Sassari

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

L'indagine epidemiologica condotta sulla popolazione residente nel comune di Porto Torres è il prodotto dell'accordo di collaborazione formalizzato tra l'Istituto Superiore di Sanità, l'Assessorato alla Sanità della Regione Sardegna e l'Azienda per la Tutela della Salute (ATS) Sardegna. Tale collaborazione è nata dalla necessità di migliorare le competenze e acquisire metodologie al fine di gestire, in maniera autonoma, l'implementazione e conduzione di studi per la sorveglianza epidemiologica in aree contaminate. Per raggiungere tale obiettivo l'attenzione si è concentrata sull'area amministrativa del Comune di Porto Torres, inclusa nel Sito di Interesse Nazionale per le bonifiche Aree industriali di Porto Torres.

Le Istituzioni coinvolte nel Progetto, in relazione alle proprie competenze, hanno partecipato ai lavori di tre gruppi, ciascuno con obiettivi specifici: il Gruppo 1, per gli aspetti relativi all'analisi dei dati e calcolo degli indicatori, il Gruppo 2, per la definizione degli inquinanti prioritari, e il Gruppo 3 per gli aspetti relativi alla comunicazione delle attività e dei risultati dell'indagine epidemiologica.

Questa prima parte del rapporto descrive in dettaglio le modalità di lavoro del Gruppo 2 per identificare gli inquinanti prioritari e i loro effetti sulla salute.

Questa attività ha fornito elementi di conoscenza utili per integrare la valutazione del profilo di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres, profilo studiato in termini di mortalità, incidenza tumorale e ospedalizzazione, attraverso l'utilizzo di metodi omogenei applicati a fonti informative certificate, sia in termini generali che in relazione ai potenziali fenomeni di contaminazione-esposizione aventi come sorgente il complesso industriale di Porto Torres.

Il secondo Gruppo di lavoro ha avuto il mandato di raccogliere ed esaminare tutta la documentazione disponibile, presso enti e strutture locali, regionali, ministeriali, per valutare ad ampio raggio la contaminazione ambientale riscontrata nelle diverse matrici dell'area del sito relativa al Comune di Porto Torres. Sono stati altresì raccolti documenti relativi ad attività di monitoraggio ambientale previsti dalle normative vigenti, quale per esempio la valutazione tramite centraline della qualità dell'aria, secondo le disposizioni del DL.vo 155/2010. Sono stati presi in considerazione documenti prodotti in occasione di eventi particolari, per esempio incendi, come pure rapporti prodotti su mandato ministeriale da aziende presenti nel sito.

La corposa documentazione è stata esaminata per giungere, mutuando la procedura adottata nel Progetto SENTIERI (Pirastu *et al.*, 2014; Zona *et al.*, 2014, Zona *et al.* 2019)<sup>1</sup> descritta nel capitolo "L'approccio basato sugli inquinanti prioritari a supporto della valutazione dell'esposizione e del rischio" di questo rapporto, a selezionare tra i diversi inquinanti misurati

---

<sup>1</sup> Il Progetto SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento), coordinato dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) è un programma di sorveglianza epidemiologica che valuta il profilo di salute delle popolazioni residenti nei principali siti contaminati italiani di interesse per le bonifiche.

nell'area quelli che maggiormente rappresentano, o hanno rappresentato, un rischio di esposizione per la popolazione residente a Porto Torres. Per questi inquinanti il Gruppo di lavoro ha identificato, sulla base di evidenze scientifiche disponibili, il possibile impatto sulla salute umana, individuando patologie di interesse che sono state utilizzate dal Gruppo di lavoro sugli indicatori epidemiologici, integrando quanto già era stato selezionato in termini di causa di morte, di ospedalizzazione, e incidenza oncologica.

## Bibliografia

- Pirastu R, Comba P, Conti S, Iavarone I, Fazzo L, Pasetto R, Zona A, Crocetti E, Ricci P. (Ed). SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – Mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri. *Epidemiol Prev* 2014;38(2)Suppl.1:1-170. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/publicazioni/sentieri-mortalita-incidenza-oncologica-e-ricoveri-ospedalieri>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Zona A, Iavarone I, Buzzoni C, Conti S, Santoro M, Fazzo L, Pasetto R, Pirastu R, Bruno C, Ancona C, Bianchi F, Forastiere F, Manno V, Minelli G, Minerba A, Minichilli F, Stoppa G, Pierini A, Ricci P, Scondotto S, Bisceglia L, Cernigliaro A, Ranzi A, Comba P e *Gruppi di Lavoro SENTIERI, AIRTum SENTIERI e Malformazioni congenite SENTIERI*. SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – Quinto Rapporto. *Epidemiol Prev* 2019;43(2)(Suppl 1):1-208. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/publicazioni/sentieri-studio-epidemiologico-nazionale-dei-territori-e-degli-insediamenti-esposti-a-rischio-da-inquinamento.quinto-rapporto>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Zona A, Marcello I, Carere M, Soggiu ME, Falleni F, Beccaloni E, Comba P. Inquinanti indice e organi bersaglio. In Pirastu R, Comba P, Conti S, Iavarone I, Fazzo L, Pasetto R, Zona A, Crocetti E, Ricci P. (Ed). SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – Mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri. *Epidemiol Prev* 2014;38(2) (Suppl.1):1-170. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/publicazioni/sentieri-mortalita-incidenza-oncologica-e-ricoveri-ospedalieri>; ultima consultazione 15/11/2021.

## DESCRIZIONE DELL'AREA INDUSTRIALE DI PORTO TORRES

Marco Basciu, Marino Murineddu, Pietro Sechi

*Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Azienda Sanitaria Locale di Sassari – Struttura Complessa Salute e Ambiente e Struttura Complessa Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro, Sassari*

### Storia dello sviluppo industriale

L'opera di industrializzazione chimica in Sardegna fu favorita da una serie di norme, tra gli anni '50 e gli anni '60 del secolo scorso, a favore dello sviluppo del Mezzogiorno.

Nel 1962 il Credito Industriale Sardo finanziò con 883 milioni di Lire i progetti dell'Ing. Nino Rovelli; questa operazione venne sostenuta dalla volontà della regione contenuta nel "Piano di Rinascita" a cui si sommarono ulteriori provvedimenti della cassa per il Mezzogiorno tra cui la nascita della SIR, Sarda Industria Resine. Con tali risorse Rovelli iniziò a costituire la nascente zona industriale.

Nel 1962 iniziò la produzione su larga scala del fenolo, seguita nel 1964 da cumene e stirene. Nel 1965 iniziò la produzione di etilene mediante *steam cracking* e nel 1967, in previsione di un sistema produttivo ulteriormente integrato, fu costruita la raffineria Sardoil.

Alla fine degli anni '70 iniziò la terza fase di sviluppo, con la realizzazione degli impianti Cloro e Cloroderivati, del secondo impianto di *steam cracking*, degli impianti per la produzione di polivinilcloruro, polistirene e polietilene, fino al 1976 anno della realizzazione dell'impianto per la produzione di Fibre Acriliche.

A seguito della crisi industriale che colpì la SIR, nei primi anni '80, lo stabilimento entrò a far parte dell'Enichem, società del Gruppo Ente Nazionale Idrocarburi (ENI), assumendo una configurazione pressoché analoga a quella attuale.

Nel 1986 gli impianti di produzione del Cloruro di Vinile Monomero (CVM) e del PoliVinilCloruro (PVC) vengono ceduti a una *joint venture*, tra Enichem e l'azienda inglese *Imperial Chemical Industries (ICI)*, diventando società indipendente nel 1995 con la denominazione di *European Vinyls Corporation*.

Gli impianti CVM e PVC – gestiti da diverse società che si sono susseguite nel corso degli anni – rimasero in produzione sino al 2009 quando la proprietà era della Vinyls Italia Spa. Nel 2002 viene fermato in via definitiva l'impianto Cloro-Soda.

Nell'aprile del 2003 la società Enichem cambia denominazione sociale in Syndial – Attività diversificate, o, più semplicemente, Syndial. Nello stesso anno, con DM 7 febbraio 2003 viene perimetrato il Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Porto Torres (Fabri & Pasetto, 2021).

Nel gennaio 2007, attraverso la cessione del ramo d'azienda, la società Syndial Spa conferisce alla Polimeri Europa Spa tutti gli impianti produttivi, le "utility" e servizi dello stabilimento.

Entrambe le società, conferente e conferitaria, fanno parte del Gruppo ENI.

Nell'ambito della cessione sono rimasti di competenza Syndial gli impianti dismessi, inclusa la loro demolizione, la messa in sicurezza dello stabilimento (barriera idraulica e impianto di trattamento acque di falda), il piano di caratterizzazione, le attività di bonifica delle aree caratterizzate da inquinamento pregresso e l'area delle discariche.

Nel 2009, a causa dell'aumento del costo del dicloroetano, vengono fermati definitivamente gli impianti Vinyls.

Nel 2010 Polimeri Europa, sempre per ragioni di mercato, sospende le produzioni dei due impianti per la produzione di prodotti intermedi, gli impianti Cumene e Fenolo.

Nel corso del 2011, nell'ambito della riconversione industriale del sito nel "più grande e innovativo polo di chimica verde al mondo", in attuazione degli impegni del "protocollo di intesa per la Chimica Verde a Porto Torres" (Protocollo di intesa per la "chimica verde" a Porto Torres del 26 maggio 2011) sottoscritto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri il 26 maggio 2011, Polimeri Europa modifica ulteriormente l'assetto produttivo dello stabilimento, con la messa in stato di temporanea inattività dei seguenti altri impianti/unità/sezioni:

- impianto e deposito Etilene;
- impianto Aromatici;
- impianto Polietilene;
- sezioni dell'unità Parco Generale Stoccaggi dedicate alle unità-impianti inattivi;
- sezioni dell'unità Distribuzione Fluidi dedicate alle unità-impianti inattivi.

Con tale protocollo nell'aprile 2012 Polimeri Europa cambia denominazione in Versalis Spa e nel luglio 2012 Versalis comunica la fermata definitiva delle sopraccitate unità in stato di inoperosità temporanea, inclusi gli impianti cumene e fenolo, già inoperosi dal 2010.

Nel 2012, a seguito della costituzione della *joint venture* tra Versalis e Novamont Spa, denominata Matrica Spa, nell'ambito del protocollo viene avviato il cantiere per la realizzazione di una bioraffineria di terza generazione.

Nel Progetto della bioraffineria erano ricompresi sette impianti per la produzione di intermedi chimici biodegradabili ottenuti a partire da scarti dell'agricoltura e oli vegetali.

Nel 2014 vennero completati i primi due impianti per la produzione di bio-monomeri e bio-lubrificanti mentre i lavori per la realizzazione dei restanti impianti non sono mai iniziati.

Negli anni 2014 e 2015 vengono fermati gli impianti di frazionamento dell'aria e di produzione di acqua demineralizzata; tali "utility" vengono oggi fornite dalla Società Italiana Acetilene e Derivati (SIAD) e da Eni Rewind rispettivamente.

L'attuale assetto dello stabilimento vede in esercizio le unità/impianti riportate nel paragrafo *Impianti attivi*.

## Impianti dismessi

Hanno inoltre esercitato per brevi periodi i seguenti impianti: acido fosforico e tripolifosfato, acido fumarico, anidride maleica, anidride ftalica, acido solforico, poliestere, polistirolo (Tabella 1).

L'insistenza sul territorio di numerosi impianti riconducibili all'industria petrolchimica, chimica, e ad altre produzioni, e il loro progressivo abbandono, iniziato nel corso degli anni '90, hanno provocato un grave stato di contaminazione incontrollata delle matrici ambientali, come confermato dalle numerose attività di caratterizzazione susseguitesesi negli anni.

Nella Tabella 1 sono indicati i principali impianti dismessi con i relativi inquinanti di maggiore interesse.

Tabella 1. Inquinanti degli impianti dismessi

Impianto	Inquinanti
Cloroderivati	Etilene, cloro, acido cloridrico, cloruro di vinile monomero (CVM), dicloroetano (DCE) e acido cloridrico
Polivinilcloruro (PVC)	VCM, acido solforico, alcol isopropilico, isoprene, sali di sodio e potassio e stirolo
Sasol	Alchilbenzene lineare, paraffine, paraffine solfonate, acido cloridrico, acido solforico, benzene, cloro, sali di sodio
Aromatici	Benzene, benzina da cracking, benzine leggere, glicole di etilenico, idrogeno, MEA, m,o,p-xylene, toluene
Butadiene	Butadiene, butano, 1-butene, 3acetone nitrile
Cicloesanol	Fenolo, idrogeno e cicloesanol
Cloro-soda	Acido cloridrico, acido solforico, cloro, idrogeno, ipoclorito di sodio, idrossido di sodio, solfuro di sodio, mercurio
Cumene/ $\alpha$ -metilstirene	Alfametilstirolo, benzene, cumene, propano, propilene, idrossido di sodio
Fenolo – acetone	Acetone, acido solforico, alfametilstirene, ammoniaca anidra, cumene, Idroperossido di cumene, fenolo, idrogeno e idrossido di sodio
Politene HD	n-eptano, eraclene (polimero), etilene, idrogeno, propilene, trietile di alluminio, stearato di calcio
Fibre acriliche	Acrilonitrile, ammoniaca, acetato di vinile, dimetilammina, monoetilammina, metanolo, acido acetico, metacrilato, sodio metabisolfito
<i>Steam cracking</i>	Alcol metilico, ammoniaca anidra, benzene, benzina da cracking, 1,3 butadiene, butano, etilene, GPL, idrogeno, propano, propilene, idrossido di sodio, tolueni e xileni, virgin nafta
Area Raffinerie Porto Torres (ex PbOil)	Emulsioni non clorurate acque oleose olio combustibile e carburanti diesel altri carburanti altre emulsioni
Alba cementi	Polveri, amianto
Ferriera Sarda	Polveri, amianto
Anidride Ftalica	O-xilene, acido benzoico, acido Ftalico chinoni, acido maleico
Anidride maleica	Benzene, xileni
Acido fumarico	Acido maleico
Acido Fosforico	Fosforite, acido solforico, soda acido fosforico
Tripolifosfato	Acido fosforico, carbonato di bario, ferro in polvere, tripolifosfato
Acido Solforico	Acido solforico, zolfo, soda
Polistirolo e Polistirolo espanso	Stirene, toluene, etilbenzene, etere di petrolio, naftaline, cloroformio
Fibre Poliestere	PET, fibra poliestere

### Impianto cloroderivati

Era diviso in quattro sezioni: ossiclorurazione e clorurazione diretta per la produzione del dicloroetano (DCE), rettifica del DCE, cracking del DCE per la produzione di CVM e separazione dall'acido cloridrico.

L'impianto cloroderivati utilizzava le seguenti materie prime: etilene, cloro, acido cloridrico per la produzione del CVM e del DCE.

### Impianto PVC

L'impianto, esercito fino al 2009, era diviso in tre sezioni: polimerizzazione del CVM, recupero del monomero ed essiccamento e confezionamento. Le sostanze utilizzate erano CVM, acido solforico, alcol isopropilico, isoprene, sali di sodio e potassio e stirolo.

## Impianti SASOL

Gli impianti SASOL comprendevano un impianto per la produzione di alchilbenzene lineare e uno per la produzione di paraffine sulfonate di sodio completamente demolito. I prodotti presenti nell'impianto erano acido cloridrico, acido solforico, benzene, cloro, paraffine e sali di sodio. Gli impianti sono stati definitivamente demoliti nel corso dell'ultimo decennio.

## Impianti ex ENICHEM

### Impianto aromatici

Il ciclo produttivo si suddivideva in tre sezioni fondamentali:

- a) Idrogenazione benzine: comprendeva un forno e reattori di idrogenazione per l'ottenimento di benzine leggere e pesanti e la frazione aromatica da inviare alla sezione successiva;
- b) Estrazione aromatici che comprendeva le colonne di estrazione con solvente per la separazione delle paraffine dalla frazione aromatica BTX (benzene, toluene, xileni) e le colonne per la separazione dei singoli componenti;
- c) Dealchilazione del toluene comprendeva un forno, un reattore di dealchilazione del toluene, una sezione di purificazione dei gas e una colonna di separazione benzene – toluene.

Le sostanze utilizzate erano benzene, benzina da *cracking*, benzine leggere, glicole dietilenico, idrogeno, MEA, m,o,p-xilene e toluene.

### Impianto butadiene

Comprendeva quattro sezioni, estrazione, recupero lavaggio, frazionamento e stoccaggio del Gas di Petrolio Liquefatto (GPL). L'impianto era costituito principalmente da una colonna di estrazione, una colonna di distillazione ad assorbimento per mezzo di solvente.

Le sostanze utilizzate erano butadiene, butano, 1-butene e acetonitrile.

### Impianto cicloesanolo

La produzione di cicloesanolo avveniva per idrogenazione del fenolo in presenza di idrogeno; la reazione, condotta in cinque reattori, catalizzata da nichel e rame. I prodotti utilizzati erano fenolo, idrogeno e cicloesanolo.

### Impianto cloro-soda

L'impianto prevedeva la produzione di cloro gassoso, Idrossido di sodio e idrogeno tramite elettrolisi di cloruro di sodio in soluzione (salamoia). I prodotti venivano utilizzati all'interno dello stesso ciclo per produrre derivati come acido cloridrico (per reazione di combustione dell'idrogeno con il cloro) e ipoclorito di sodio (per reazione fra una soluzione di soda caustica e il cloro gassoso).

I prodotti del processo utilizzati erano: acido cloridrico, acido solforico, cloro, idrogeno, ipoclorito di sodio, idrossido di sodio, solfuro di sodio e mercurio.

## **Impianto cumene e alfa metilstirene**

L'impianto era costituito da due linee di reazione e distillazione, ognuna delle quali suddivisa in tre sezioni: reazione, frazionamento e stoccaggio.

I prodotti utilizzati erano alfa metilstirolo, benzene, cumene, propano, propilene e idrossido di sodio.

## **Impianto fenolo – acetone**

L'impianto era suddiviso in dieci diverse sezioni: ossidazione, recupero cumene, lavaggio, concentrazione, idrolisi, de acidificazione, distillazione, defenolaggio, idrogenazione, infustaggio e stoccaggio. Il processo chimico è basato sull'ossidazione con aria del cumene a idroperossido di cumene che veniva scisso, in presenza di acido solforico, in una miscela di fenolo e acetone con vari sottoprodotti. Tale miscela veniva sottoposta a separazione e rettifica per ottenere il fenolo e l'acetone.

Le sostanze presenti nel ciclo produttivo erano acetone, acido solforico, alfa metilstirene, ammoniaca anidra, cumene, idroperossido di cumene, fenolo, idrogeno e idrossido di sodio.

## **Impianto politene HD**

L'impianto era articolato su due linee uguali parallele montate specularmente e indipendenti fra loro. Ogni linea era autonoma benché alcune sezioni di servizio fossero comuni a entrambe come la sezione di distillazione e il parco serbatoi. Ogni linea era suddivisa in cinque sezioni: reazione, essiccamento, recupero sottoprodotti, granulazione e insacco.

Nel ciclo produttivo erano presenti le seguenti sostanze: n-eptano, etilene (polimero), etilene, idrogeno, propilene, trietile di alluminio e stearato di calcio.

## **Impianto fibre acriliche**

L'impianto era diviso in quattro sezioni: reazione, polimerizzazione, filatura e finitura. Nella sezione di reazione avveniva la sintesi di dimetilammina e di dimetilacetammide.

Le sostanze presenti erano acrilonitrile, ammoniaca, acetato di vinile, dimetilammina, monoetilammina, metanolo, acido acetico, metacrilato e sodio metabisolfito.

## **Impianto steam cracking**

L'impianto consisteva di cinque sezioni; la prima sezione, costituita dai forni dove avvenivano le reazioni di cracking, il frazionamento primario con la successiva fase di compressione e lavaggio seguita da altre di sezioni di frazionamento.

Le sostanze presenti nell'impianto erano: alcol metilico, ammoniaca anidra, benzene, benzina da *cracking*, 1,3 butadiene, butano, etilene, GPL, idrogeno, propano, propilene, idrossido di sodio, tolueni e xileni e virgin nafta.

## **Impianto frazionamento aria**

L'impianto produce azoto e ossigeno liquido con la tecnica della liquefazione dell'aria tramite raffreddamento e frazionamento dei vari componenti.

I prodotti presenti sono azoto liquido e ossigeno liquido.

### **Centrale termoelettrica Versalis**

L'impianto era costituito da 4 caldaie alimentate per lo più con olio combustibile con una potenza complessiva di 47 MW.

La centrale è stata smantellata nel 2018 ed è stata sostituita con una nuova centrale termoelettrica.

### **Deposito costiero ESSO**

Il deposito è rimasto operativo dal 1957 al 2000, quando è stata effettuata la dismissione dell'impianto e contestualmente sono state eseguite le operazioni di pulizia e bonifica delle attrezzature d'impianto e svuotamento dei serbatoi. Nel sito veniva svolta attività di stoccaggio di prodotti petroliferi con una capacità pari a 18000 m<sup>3</sup> distribuiti su 14 serbatoi.

### **Area ex Ferromin**

La Società Siderurgica Mineraria Ferromin costruì uno dei primi stabilimenti industriali di Porto Torres, i cui ruderi con le due torri gemelle sono ancora visibili. Il sito è ubicato nei pressi della foce del Rio Mannu. Nell'area, per circa 50 anni, sono state svolte attività estrattivo-minerarie per il trattamento di minerali, quali siderite, pirite, arsenopirite, sfalerite, galena, sulfosati e altri minerali.

Oltre ai silos per lo stoccaggio del minerale, vi erano i forni per l'arricchimento del minerale, i cui resti sono ancora visibili. Notevole esempio di archeologia industriale, precede lo sviluppo del petrolchimico ed era legato all'attività delle miniere di ferro di Canaglia.

### **Area Raffinerie Porto Torres (ex PbOil)**

L'area in capo alla Società Raffinerie Porto Torres precedentemente dello stabilimento PbOil Srl, precedentemente della Distoms Spa e precedentemente ancora di proprietà della Oleochimica Maurizio Srl (ex Lisa Srl), si affaccia sulle strutture portuali dell'area industriale di Porto Torres. Nell'area in esame, si sono svolte in passato e a più riprese con lunghi periodi di interruzione sia il trattamento di grassi animali e vegetali per la produzione di burro, margarina, oli vegetali, oli animali e farine destinate a uso zootecnico che la rigenerazione di oli lubrificanti esausti.

### **Area Laterizi Torres Spa**

L'area di proprietà della Laterizi Torres Spa era suddivisa in area produzione travetti e laterizi, area ex "Ferriere Sarde", che comprendeva uno stabilimento siderurgico.

### **Area Sarda Tegole Srl**

L'area Sarda Tegole, si trova all'interno dell'Area del Consorzio Industriale Provinciale di Sassari, confina con altre attività industriali e terreni a uso agricolo. La costruzione dello stabilimento della società Sarda Tegole è iniziata nel 1979, su di un'area in precedenza interessata unicamente da attività di tipo agricolo. Oltre a due edifici di dimensioni ridotte adibiti a uffici e

servizi sono presenti due capannoni industriali all'interno dei quali erano ubicate le due linee di produzione di tegole e pavimentazioni.

## Alba Cementi

L'area industriale di Porto Torres è caratterizzata da ciò che resta del cementificio Alba Cementi, fondato nel 1957 e dismesso nel 1983.

Si trova fronte mare, in corrispondenza del porto mercantile dove sono ancora chiaramente visibili un'alta ciminiera e una struttura in forte stato di degrado.

## Ferriera Sarda

Nel 1961 nasceva la Ferriera Sarda azienda che si occupava della produzione di tondini in ferro, rimase in esercizio fino al 1979. Si trova anche essa fronte mare, in corrispondenza del porto mercantile dove sono ancora chiaramente visibili le strutture di produzione e di servizi tutte in forte stato di degrado.

## Impianti attivi

Nonostante la crisi economico-industriale che ha interessato, e che continua a interessare, l'area industriale, rimangono attive diverse attività produttive tra cui quelle legate alla produzione di materie plastiche, alla produzione di energia elettrica e alla distribuzione e stoccaggio di gas di petrolio liquefatto.

Nella Tabella 2 vengono indicate le principali realtà produttive con i relativi inquinanti di maggiore interesse.

**Tabella 2. Inquinanti degli impianti attivi**

Impianto/Area	Inquinanti
Butangas	GPL
Liquigas	GPL
Deposito ENI	Idrocarburi totali
Centrale Termoelettrica Fiume Santo	Carbone, ammoniaca, ossidi di azoto e zolfo, olio combustibile denso
Impianto SIAD	ND
Monomeri e lubrificanti Bio (Matrica)	Acido azelaico, acido pelargonico, acidi palmitici e stearici, acidi grassi leggeri
Impianto gomme (Versalis)	Acido acetico, acidi grassi, acrilonitrile, butadiene, cloruro di calcio, diisopropilbenzene idroperossido, divinilbenzene, copolimeri stirene-butadiene-acrilonitrile, idrochinone, idrossilammina solfato, sali di potassio e sodio
Sapio	ND
Tecnochimica	Ammoniaca, urea
Verdevita	ND
Unical	ND
Depuratore Consortile	ND
Discariche	Microinquinanti organici e inorganici

## Area Butangas

Nel deposito costiero GPL ButanGas, realizzato nell'anno 1958, si sono svolte e si svolgono tuttora attività di ricezione, stoccaggio, miscelazione, imbottigliamento e spedizione (sfuso e in bombole) di GPL. La superficie complessiva dell'area del deposito è pari a circa 27.800 m<sup>2</sup>. Nel sito è presente, fra l'altro, un parco serbatoi tumulato per lo stoccaggio del GPL, composto da n. 5 serbatoi cilindrici orizzontali da 1.000 m<sup>3</sup>.

## Area Liquigas

Nell'area di proprietà Liquigas Spa, sono presenti due parchi serbatoi per una capacità complessiva di circa 2000 m<sup>3</sup>. L'attività svolta dall'Azienda consiste nel ricevimento, stoccaggio, imbottigliamento e spedizione di GPL sfuso e in recipienti mobili.

## Deposito ENI

Il deposito nasce durante la prima metà degli anni '60 come deposito di oli minerali; attualmente i prodotti movimentati sono costituiti da benzina senza piombo, gasoli e kerosene (a partire dal 2002).

Il deposito costiero di proprietà della Eni Spa divisione R&M, insiste su di una superficie complessiva pari a circa 3,3 ha, a poche centinaia di metri dal mare. Lo stoccaggio di petrolio e prodotti finiti avviene in 19 serbatoi fuori terra con capacità complessiva di circa 34.500 m<sup>3</sup>.

## Centrale termoelettrica di Fiume Santo

La centrale termoelettrica sorge nel territorio del Comune di Sassari, nella parte occidentale dell'area industriale, e ha una potenzialità di oltre 600 MWe.

La centrale si componeva di quattro sezioni termoelettriche convenzionali con ciclo a vapore surriscaldato, di cui due alimentate a olio combustibile denso e due a carbone, due sezioni turbogas, un parco serbatoi per liquidi e di un parco carbone.

È presente, inoltre, una banchina a servizio della centrale, attrezzata per lo scarico di navi petroliere e carboniere con relativo oleodotto e carbondotto.

Oggi le sezioni alimentate a OCD sono state smantellate e restano in funzione le due a carbone che sono state oggetto di revamping per consentire l'alimentazione parziale a biomasse.

## Impianto SIAD

Nell'area SIAD, vi è la produzione a ciclo continuo di azoto gassoso e liquido, aria compressa e ossigeno per alcune attività dello stabilimento petrolchimico e per clienti esterni.

## Impianti monomeri e lubrificanti bio (Matrica)

Gli impianti Matrica producono acido azelaico (monomero biodegradabile) utilizzato per produrre il bio polimero *Mater-Bi*. Oltre all'acido azelaico vengono prodotti come intermedi l'acido pelargonico, acidi palmitici e stearici, acidi grassi leggeri e una frazione alto bollente vegetale. Inoltre, come co-prodotto viene prodotta glicerina. L'altro impianto in funzione è quello che produce lubrificanti bio.

## **Impianto Elastomeri (produzione gomme NBR Versalis)**

Il butadiene e l'acrilonitrile reagiscono in presenza di un catalizzatore e di un'emulsione di sapone, generando un lattice contenente catene di polimero NBR. Successivamente il lattice viene coagulato con l'aggiunta di un sale inorganico che rompe il sistema emulsionante.

Si ottengono quindi grumi di gomma, i quali vengono poi privati del sapone, strizzati e lavorati in un estrusore che li deumidifica e pressati in pani. Le gomme vengono quindi spedite via automezzo e vendute. Le materie prime e i prodotti vengono stoccati in parchi e depositi costituiti da serbatoi atmosferici cilindrici verticali per i liquidi, serbatoi sferici e cilindrici orizzontali in tumulo per i GPL. Lo stabilimento dispone inoltre di depositi preliminari autorizzati per lo stoccaggio di rifiuti pericolosi e non, che vengono conferiti a impianti esterni per lo smaltimento.

Agli impianti di processo e ai depositi si aggiungono la nuova centrale termoelettrica e relative sottostazioni e cabine, prese acqua mare, vasche terminali, messa in riserva per rifiuti destinati al recupero, deposito temporaneo rifiuti ed un rifornitore carburanti. Le sostanze presenti nell'impianto sono acido acetico, acidi grassi, acrilonitrile, butadiene, cloruro di calcio, diisopropilbenzene idroperossido, divinilbenzene, copolimeri stirene-butadiene-acrilonitrile, idrochinone, idrossilammina solfato, sali di potassio e sodio.

## **Area Sapió Srl**

L'area di pertinenza della Sapió Produzione Idrogeno Ossigeno srl si trova a Est del settore A dello Stabilimento Petrolchimico, ha una superficie complessiva pari a 19 ha circa. L'attività svolta dall'Azienda è lo stoccaggio di gas inerti e ossigeno sanitari.

## **Area Tecnochimica Srl**

L'area di proprietà Tecnochimica Srl confina a Nord e a Ovest con lo stabilimento.

Le attività svolte dall'azienda sono: stoccaggio di bitume in conto deposito, produzione di acqua ammoniacale con relativo stoccaggio e distribuzione e infine la produzione di soluzioni diluite di urea.

## **Area Verde Vita Srl**

Nell'area Verde vita Srl, situata nella porzione sud-ovest dell'insediamento industriale, insiste un impianto di compostaggio per rifiuti speciali.

## **Eni Rewind Spa (ex Syndial Spa)**

Eni Rewind si occupa delle bonifiche di tutti gli impianti e gli stabilimenti di proprietà Eni in Italia e all'estero, dall'upstream alla raffinazione, dalla chimica alla logistica e alle stazioni di servizio, gestisce inoltre lo smaltimento e il recupero dei rifiuti industriali.

## **Unical Spa**

L'area Unical, in gran parte scoperta e in parte pavimentata, attualmente è sede di un impianto di betonaggio per la produzione del calcestruzzo, successivamente trasportato all'esterno su autobetoniere.

## **Depuratore Consortile**

Il Depuratore Consortile è situato all'interno del perimetro dello stabilimento petrolchimico e tratta i reflui provenienti dagli impianti ancora presenti nello stabilimento, dalle aziende della zona industriale e le acque reflue provenienti dal centro abitato di Porto Torres per una potenzialità totale di 7 milioni di metri cubi annui.

## **Discariche**

### **Discarica industriale Minciaredda**

Ha un'estensione pari a circa 16.000 m<sup>2</sup>. Il sito in oggetto veniva utilizzato per lo smaltimento di rifiuti di varia tipologia e natura, di cui una parte a prevalente matrice organica, provenienti dal polo produttivo petrolchimico. Nel corso degli anni si è verificato lo smaltimento incontrollato dei rifiuti I rifiuti presenti, pari a circa 40.000 m<sup>3</sup> di fanghi e reflui di diversa natura e stato fisico, risultano stoccati in vasche senza alcuna forma di impermeabilizzazione. La tipologia maggiormente presente è costituita da rifiuti fangosi a prevalente matrice organica, provenienti da diversi processi produttivi. Si tratta di residui idrocarburici e fenolici, di catalizzatori esausti, peci di varia natura, polimeri, code di distillazione, reflui acidi, terre, lana di vetro e altri sottoprodotti dei processi di lavorazione, oltre ai residui della pulizia delle apparecchiature.

L'area è ricompresa nel Progetto operativo di bonifica "Nuraghe" e sono in corso le attività preliminari al trattamento dei suoli contaminati.

### **Discarica industriale Cava gessi**

La discarica è stata esercita per circa 20 anni per lo smaltimento del solfato di calcio prodotto nell'impianto di produzione del tripolifosfato.

La superficie totale dell'area è di circa 213.000 m<sup>2</sup>.

Attualmente l'area è ricompresa nel Progetto operativo di bonifica "Minciaredda, Cava gessi e Palte Fosfatiche".

### **Discarica consortile Barrabò**

La discarica consortile per rifiuti speciali non pericolosi si trova in località Barrabò, nel Comune di Porto Torres.

## **Area portuale**

Il porto di Porto Torres, situato a Nord-Ovest della Sardegna, nel centro del Golfo dell'Asinara, a 35 km dall'aeroporto di Alghero, è uno dei tre principali porti della Sardegna.

È classificato come porto di rilevanza economica internazionale (Classe 1<sup>a</sup> – Categoria 2<sup>a</sup>) ed è comprensivo, ai sensi del DM 7 aprile 1999, sia dell'ambito industriale che di quello commerciale.

È presente, in ambito portuale, un'attività industriale soggetta alla normativa in materia di prevenzione di rischi di incidente rilevante, costituita dallo stabilimento gestito da Versalis, con due pontili in concessione:

- Pontile n. 1 – carichi liquidi (operativo);
- Pontile n. 2 – carichi secchi (dismesso).

Presso il pontile n. 1 sono, attualmente, operative quattro piattaforme con otto accosti per l'ormeggio di navi cisterna che trasportano prodotti petroliferi e chimici. È, inoltre, presente sul territorio un'attività di rilevanza strategica per il settore dell'approvvigionamento di energia, costituita dalla Centrale Termoelettrica di Fiume Santo della Società EP, con un tratto di banchina in concessione presso la diga foranea del bacino industriale, ove è presente l'accosto per l'ormeggio di navi carboniere.

Il Molo di Levante del bacino industriale (c.d. molo ASI) è attrezzato con tre accosti, normalmente utilizzati per l'ormeggio di portarinfuse secche e di navi traghetto in servizio di linea.

La banchina del molo denominato ASI 3 è in concessione per l'approvvigionamento di GPL trasportato su navi cisterna.

Presso il molo ASI è presente, inoltre, un'attività cantieristica situata sul piazzale in concessione, il cui ormeggio prospiciente viene normalmente utilizzato per le operazioni di alaggio e varo di imbarcazioni da diporto. Presso la stessa banchina vengono saltuariamente ormeggiate navi di piccolo tonnellaggio che trasportano granaglie e materiale alla rinfusa.

## **Area Darsena Servizi del Porto Industriale**

L'area della darsena servizi è situata in prossimità dell'ingresso dello stabilimento petrolchimico e limitrofa al pontile liquidi. Dal 2010 la zona è stata interdetta per numerosi anni a causa della elevata concentrazione di benzene in tutte le matrici. L'area è stata oggetto di lavori per la messa in sicurezza e futura bonifica.

Le attività presenti nel sito erano di tipo artigianale, inoltre, vi era ubicato un inceneritore a servizio del porto. Nella darsena stazionavano inoltre le unità dei vigili del fuoco, adibite allo spegnimento incendi.

## **Porto commerciale**

Il porto commerciale di Porto Torres è integrato nel tessuto urbano della città, a cui è direttamente collegato da tre varchi: varco Teleferica, varco Colombo e varco Alti Fondali. Il bacino commerciale è utilizzato per l'ormeggio di unità da traffico, da pesca, da diporto, traghetti passeggeri e merci, navi da crociera e unità militari nazionali o estere.

All'interno sono presenti tre concessionari per attività cantieristica e due distributori per rifornimento di carburanti per unità da pesca e da diporto. Presso il molo di ponente del bacino commerciale sono presenti tre accosti destinati a traghetti ro-ro e navi da crociera.

## **Area urbana**

L'area urbana di Porto Torres è caratterizzata da un centro abitato costituito da fabbricati per lo più a due o tre piani per una cittadinanza di circa 22.000 persone. Il centro storico è situato a

ridosso del Porto mentre le diverse zone residenziali si sviluppano verso il mare e verso l'arteria principale che la collega al capoluogo di provincia.

Non si rilevano particolari criticità antropiche legate al traffico urbano né dalle attività produttive legate per lo più a servizi e commercio.

L'economia del territorio è basata principalmente sulle attività portuali e industriali quali, pesca, lavorazioni nel settore chimico e plastico; particolare rilievo rivestono inoltre l'agricoltura e l'allevamento, soprattutto bovini e suini.

Le attività industriali ed energetiche continuano a sostenere l'economia nonostante da molti anni insista una profonda crisi che ha causato la perdita di centinaia di posti di lavoro.

Il settore del turismo locale viene trainato oltre che dai collegamenti con il porto di Genova e Francia e Spagna anche dall'isola dell'Asinara, che dal 1997 è Parco Nazionale.

Nello scalo transitano navi passeggeri di linea, commerciali e navi da crociera, e il porticciolo turistico. Il settore terziario è presente con alberghi importanti, ristoranti tipici e bar.

Il territorio di Porto Torres è caratterizzato, per larga parte, dalla presenza di gestioni speciali di Enti che hanno competenza pianificatoria sovraordinata rispetto a quella comunale. Si tratta in particolare dell'Isola dell'Asinara, su cui ha competenza l'Ente Parco Nazionale dell'Asinara, dell'area portuale che è di competenza dell'Autorità Portuale di Olbia Porto Torres e Golfo Aranci, e dell'agglomerato industriale di Porto Torres, che è di competenza del Consorzio Industriale Provinciale di Sassari (CIP).

## Caratteristiche ambientali

Il Comune di Porto Torres situato sulla parte nord-occidentale dell'isola, all'interno del Golfo dell'Asinara, a 5 m sul livello del mare ha una superficie pari a 10.200 ha, di cui circa la metà appartengono all'Asinara e all'Isola Piana.

Il Comune di Porto Torres, confina a nord col mare, mentre il restante perimetro confina con il comune di Sassari.

Il territorio è attraversato da due fiumi: il Rio Mannu, che sfocia nelle zone del Ponte Romano e il secondo è il Fiume Santo, da cui prende il nome l'omonima centrale, che delimita i confini del comune a ovest; è presente, inoltre, lo stagno di Gennano, situato nella zona industriale.

La densità è pari a 291 abitanti per km<sup>2</sup>, dato nettamente superiore al valore medio dell'isola pari a 64 abitanti per km<sup>2</sup>.

## Bibliografia

Fabri A, Pasetto R. Il ruolo dell'industria petrolchimica nella trasformazione socioeconomica di un territorio: il caso di Porto Torres. *Villaggio Globale* 2021;24(94):67-78. Disponibile all'indirizzo: <https://www.vglobale.it/2021/06/01/lindustria-petrolchimica-e-il-caso-di-porto-torres>; ultima consultazione 15/11/2021.

# APPROCCIO BASATO SU INQUINANTI PRIORITARI A SUPPORTO DELLA VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE E DEL RISCHIO

Amerigo Zona, Franca Maria Buratti, Maria Eleonora Soggiu, Emanuela Testai  
*Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

## Introduzione

L'identificazione di inquinanti "prioritari", ovvero sostanze chimiche per le quali è verosimile ipotizzare un'esposizione per la popolazione residente nell'area in studio, e che possano rappresentare un rischio per la salute della popolazione, rappresenta una procedura utile al fine di comprendere se la popolazione ha sperimentato, e/o tuttora sperimenta, effetti sanitari avversi connessi a queste esposizioni sulla base di quanto riportato nella letteratura scientifica accreditata e aggiornata.

Questo approccio deriva dalle procedure previste nella normativa sulla bonifica dei siti contaminati che richiede la caratterizzazione delle matrici ambientali suolo, acque sotterranee, corpi idrici superficiali e relativi sedimenti, con l'identificazione dei contaminanti le cui concentrazioni superano i valori soglia previsti (DL.vo 152 del 3 aprile 2006 e successive modificazioni). Gli inquinanti ricercati appartengono a una lista di sostanze ritenute 'prioritarie' per le specifiche proprietà chimico-fisiche, che conferiscono loro la capacità di compromettere ecosistemi acquatici e terrestri, e di avere un potenziale effetto sulla salute umana.

Nei siti di interesse per le bonifiche, dove sono presenti alcune importanti attività industriali quali in particolare impianti chimici, petrolchimici e siderurgici, si ritiene che le emissioni in atmosfera degli inquinanti prodotti da questi cicli produttivi abbiano potuto compromettere la qualità di altre matrici ambientali, attraverso la ricaduta al suolo e nei corpi idrici. È quindi verosimile ritenere che le popolazioni residenti in queste aree possano essere state esposte a una miscela complessa di contaminanti, attraverso le diverse vie di esposizione: inalatoria, orale e cutanea.

I dati delle caratterizzazioni ambientali condotte nei siti sono generalmente disponibili presso l'archivio del Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), attuale Ministero della Transizione Ecologica (MITE), o nei rapporti redatti dalle Agenzie Ambientali regionali e dalle Regioni. In alcuni casi, per aree che rivestono ruoli strategici (es. area di Taranto), tali dati sono integrati da rapporti o pubblicazioni di enti nazionali. Per quanto riguarda la qualità delle acque superficiali, molte informazioni sono disponibili anche sui sedimenti nei quali si concentrano le sostanze poco idrosolubili. Diversamente da quanto è possibile osservare per suolo e acque, la conoscenza pregressa dell'inquinamento in aria prodotto dalle emissioni industriali è di più difficile identificazione. Le reti di qualità dell'aria presenti nelle zone di interesse, o le eventuali campagne di monitoraggio e biomonitoraggio ambientale (es. sui licheni) condotte *ad hoc*, possono dare un valido contributo alla conoscenza delle concentrazioni in aria di macroinquinanti quali ossidi di zolfo, di azoto, particolato totale, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, benzene, alcuni metalli (Pb, Cd, As, Ni) durante il periodo di attività degli impianti industriali del sito. Risulta quasi sempre assente una conoscenza delle concentrazioni in aria di inquinanti specifici (microinquinanti) legati alle attività produttive, a meno di campagne di misura mirate condotte, tuttavia, saltuariamente e per brevi periodi.

Le attuali reti di monitoraggio possono fornire indicazioni e dati relativi a periodi recenti. Infatti, solo nel 2010, con il DL.vo 155/2010, in recepimento della direttiva Europea sulla qualità dell'aria (2008/50/CE), sono state definite procedure più rigorose e organizzate di monitoraggio della qualità dell'aria per tutto il territorio nazionale. Nei periodi precedenti, in Italia, il monitoraggio di inquinanti in aria era attivo ma le stazioni di monitoraggio mostravano una forte disomogeneità, in relazione a collocazione e numero sui diversi territori e risultavano non sempre allineate alle normative nazionali e comunitarie. Questo si legge nella Relazione conclusiva della Commissione Nazionale Emergenza Inquinamento Atmosferico (Commissione Nazionale Emergenza Inquinamento Atmosferico, 2006).

Il reperimento delle informazioni sulla qualità dell'aria, in particolare riferite agli anni '80-'90, è quindi molto spesso difficile e lacunoso. Per i periodi più recenti è possibile riferirsi a una documentazione più ampia e aggiornata sugli impianti industriali e sul controllo delle loro emissioni così come sui dati di monitoraggio di qualità dell'aria. Infatti i regolamenti riguardanti le fasi di autorizzazione per il funzionamento degli impianti (Valutazione di Impatto Ambientale – VIA, Autorizzazione Integrata Ambientale – AIA) consentono di conoscere più dettagliatamente le emissioni dei diversi cicli tecnologici e quindi di stimare il relativo impatto sui territori, oltre a prescrivere strategie di monitoraggio più stringenti, contribuendo alla raccolta di dati e informazioni che possono tornare utili per eventuali studi e approfondimenti attuali e successivi. Si deve però sottolineare che per alcune patologie correlate all'esposizione a contaminanti ambientali, i tempi di latenza tra esposizione e manifestazione dell'effetto avverso, suggeriscono che potrebbero essere di maggior interesse le informazioni sulla contaminazione dei territori più lontane nel tempo. La limitata conoscenza delle situazioni passate, per le quali non si dispone di valori misurati sperimentalmente, può essere in parte superata affidandosi alle stime ottenute con opportune modellistiche di dispersione e ricaduta di inquinanti atmosferici sul territorio. Questi strumenti offrono un valido supporto alle lacune di conoscenza pregressa per gli scenari industriali emissivi, sebbene i risultati siano generalmente affetti da un grado di incertezza anche dovuto alla qualità dei dati utilizzati nel modello (es. emissivi e meteorologici) talvolta parziali e incerti. È quindi necessario che i risultati della modellistica siano considerati con la dovuta attenzione, anche se questo approccio rimane un valido strumento per effettuare delle stime di diffusione spaziale delle contaminazioni e identificare delle aree di rischio potenziale da poter relazionare all'esposizione della popolazione ivi residente.

## Progetto SENTIERI e gli inquinanti prioritari

Il Progetto SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento), coordinato dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) è un programma di sorveglianza epidemiologica che valuta il profilo di salute delle popolazioni residenti nei principali siti contaminati italiani di interesse per le bonifiche. Ad oggi ha pubblicato cinque monografie (Pirastu *et al.*, 2010, Pirastu *et al.*, 2011; Pirastu *et al.*, 2014; Zona *et al.*, 2016, Pirastu *et al.*, 2019) oltre a diversi articoli scientifici e altre pubblicazioni.

Il Progetto SENTIERI per definire le esposizioni usa le informazioni derivanti dai decreti istitutivi e di perimetrazione dei siti, e dalla documentazione annessa.

Al fine di rendere standardizzato l'approccio a territori eterogenei per dimensioni geografiche, demografiche e tipologia di impianti produttivi, in SENTIERI sono state identificate nove *fonti di esposizione ambientale*, nelle quali far confluire la molteplicità di indicazioni fornite dalla documentazione disponibile per ogni sito: amianto e fibre asbestiformi, area portuale, industria chimica, discarica, centrale elettrica, inceneritore, miniera o cava, petrolchimico e/o raffineria, industria siderurgica. Per queste fonti di esposizione è stata revisionata la letteratura scientifica,

al fine di valutare l'evidenza epidemiologica di un nesso causale tra residenza nei pressi di tali fonti, e gli effetti sulla salute umana. Oltre a definire un profilo generale di salute per tutti i siti studiati, SENTIERI, utilizzando le evidenze riscontrate, valuta per ogni sito in particolare le patologie per le quali le *fonti di esposizione ambientale* presenti svolgano un ruolo eziologico certo o sospetto. A differenza di altri studi epidemiologici, dunque, SENTIERI adotta un approccio *a priori*, selezionando, prima di disporre dei dati, le patologie di interesse.

Negli anni è stata percepita la necessità di integrare la lettura e l'interpretazione dei dati, usando l'evidenza scientifica nota per specifici inquinanti, per quei siti per i quali fossero disponibili informazioni qualitative e quantitative al riguardo, selezionando un set di inquinanti che, per una serie di caratteristiche, venissero ritenuti rappresentativi del sito, e pertanto definiti, all'interno del Progetto, prioritari.

## Identificazione degli inquinanti prioritari

In SENTIERI si è ritenuto di dover procedere come di seguito descritto, per selezionare gli inquinanti specificatamente rappresentativi di un determinato sito (Zona, 2014).

Il protocollo, basato sui dati raccolti nell'ambito della valutazione dell'esposizione, prende in considerazione:

- la qualità del dato e la sua provenienza,
- la pericolosità della sostanza per la salute umana, le proprietà di bioaccumulo e persistenza,
- la presenza di fonti di emissione attive di quella determinata sostanza,
- la compresenza dell'inquinante in più matrici ambientali (multi-esposizione),
- l'ampiezza del superamento del valore soglia nelle matrici.

Al termine di questa valutazione alcuni tra gli inquinanti presenti nel sito vengono selezionati in quanto di maggior interesse.

Questo approccio consente di approfondire la lettura e l'interpretazione dei dati epidemiologici, ma non tiene conto di alcuni fattori tra cui:

- la valutazione dell'esposizione reale esterna, attraverso l'individuazione di opportuni scenari espositivi, ovvero la dose a cui è esposta la popolazione, con individuazione di frequenza e durata per una corretta successiva stima del rischio (nessuna esposizione nessun rischio),
- l'esposizione aggregata da più fonti dello stesso contaminante, che potrebbe essere coperta sia da scenari espositivi multipli che dalla determinazione della dose interna attraverso studi di biomonitoraggio,
- l'esposizione combinata a più contaminanti,
- possibilità della presenza, con conseguente esposizione, di contaminanti non identificati perché non rilevati dai sistemi di monitoraggio o non ricercati perché non previsti dalla normativa.

## Identificazione delle patologie di interesse e degli organi bersaglio

Una volta selezionati gli inquinanti prioritari, come definiti in SENTIERI, vengono consultate una serie di fonti accreditate, che aggiornano le evidenze di patogenicità di agenti chimici. Tra le principali ricordiamo la International Agency for Research on Cancer (IARC), gli statunitensi National Toxicology Program (NTP) ed Environmental Protection Agency (EPA), la Commissione dell'Unione Europea (UE), che traducono in sistemi di classificazione i risultati dell'identificazione del pericolo indipendentemente dall'esposizione (es. IARC e sistema *Classification, Labelling and Packaging*, CLP), europeo per la classificazione, etichettatura e

imballaggio delle sostanze e delle miscele – Regolamento CLP-CE 1272/2008) e se i dati disponibili lo consentono procedono anche con valutazioni di rischio (descritti nel paragrafo successivo). Ciascuno di questi Enti e programmi lavora secondo processi consolidati, utilizzando propri schemi di classificazione e descrittori specifici relativi, per esempio, all'evidenza di cancerogenicità.

Le differenze nei descrittori utilizzati dai diversi Enti, in alcuni casi determinano una classificazione finale diversa per la medesima sostanza. A volte vengono considerate famiglie di composti, ritenendo che siano identificabili proprietà comuni a tutti i membri della stessa famiglia. È il caso, per esempio, dei composti del cromo esavalente, classificati come cancerogeni da IARC, NTP e Commissione UE.

L'obiettivo conoscitivo non riguarda solo gli effetti cancerogeni, ma anche gli effetti tossici non cancerogeni. In entrambi i casi, è interessante disporre di informazioni relative agli organi potenzialmente coinvolti (organi bersaglio).

Per esempio, l'UE utilizza la classe «tossicità specifica per organi bersaglio in seguito a esposizione ripetuta» (*Specific Target Organ Toxicity Repeated Exposure*, STOT-RE) (Parlamento Europeo e Consiglio. Regolamento CE 1272/2008) classe che include tutti gli effetti significativi per la salute identificabili nell'uomo o negli animali da laboratorio, cambiamenti che compromettano la funzione o la morfologia di un tessuto o di un organo, o inducano modifiche biochimiche o ematologiche rilevanti per la salute umana. La classificazione è giustificata da dati che dimostrano l'esistenza di un nesso tra un'esposizione ripetuta alla sostanza e un effetto tossico costante e identificabile. Gli effetti sono valutati per le vie orale, cutanea e inalatoria. Deve comunque essere sottolineato che quando si parla di «classificazione» come nel caso della frase del CLP «tossicità specifica per organi bersaglio in seguito a esposizione ripetuta», ci si riferisce al pericolo «intrinseco» della sostanza, indipendentemente dal livello di esposizione. È probabile quindi che l'effetto critico che si verifica alle concentrazioni di esposizione reale non sia quello identificato attraverso la sola analisi dei risultati della classificazione secondo CLP. Queste indicazioni sono tuttavia importanti per identificare i vari potenziali bersagli, ma vanno utilizzate con cautela, essendo ben consapevoli del loro significato e della differenza tra pericolo e rischio (vedi capitolo «Analisi delle criticità riscontrate nel percorso di individuazione e valutazione dei documenti e dei dati raccolti»).

Un esempio di come queste informazioni possano essere utilizzate è descritto di seguito: è stato identificato come inquinante prioritario per un ipotetico sito il benzene. Le conoscenze scientifiche indicano che l'esposizione cronica al benzene può causare una depressione del midollo osseo espressa come leucopenia, anemia e/o trombocitopenia, e anemia aplastica (identificazione del pericolo, fattore di rischio identificato). Tutte queste patologie ematologiche rappresentano gli indicatori di salute da considerare.

Per la valutazione della potenziale cancerogenicità, il riferimento principale è rappresentato dalla IARC che, oltre alle monografie specifiche (<https://monographs.iarc.who.int/>) aggiorna specifiche tabelle con sedi tumorali e relativi agenti per i quali è stato riconosciuto un nesso di causalità IARC (IARC, 2019). L'evidenza risultante è classificata dalla IARC (<https://monographs.iarc.who.int/iarc-monographs-preamble-preamble-to-the-iarc-monographs/>) come sufficiente (*sufficient*) quando la relazione causa-effetto fra l'esposizione e il cancro nell'uomo è accertata, limitata (*limited*) quando l'associazione fra cancro ed esposizione all'agente è positiva ma non possono essere esclusi, con ragionevole sicurezza, il caso, i *bias* o eventuali confondenti.

Si ribadisce che, sebbene utili ai fini della identificazione del pericolo e delle relative priorità, le suddette classificazioni (UE, IARC) non possono fornire elementi direttamente utilizzabili per la caratterizzazione quantitativa del rischio. Nella stessa categoria UE o IARC, infatti, possono essere rappresentate sostanze con potenza cancerogena o di tossicità ampiamente diversa.

## Valutazione del rischio tossicologico

Molto raramente si dispone di dati epidemiologici che permettano una valutazione dell'impatto dell'inquinante sulla salute: per questo la valutazione di rischio per la popolazione viene nella maggioranza dei casi effettuata attraverso un processo di valutazione dei rischi, consolidato a livello internazionale, che considera i dati tossicologici ottenuti con varie metodologie e i dati epidemiologici, generalmente adottando un approccio che si basa sul "peso dell'evidenza" (WoE, *Weight of Evidence*).

La quantificazione del rischio tossicologico dovuto all'esposizione a una o più sostanze è un elemento non trascurabile per evidenziare criticità per la presenza di inquinanti. Qui verranno riportati gli *step* e gli approcci utilizzabili per una valutazione del rischio tossicologico, la cui applicabilità presuppone una determinazione sufficientemente precisa delle reali concentrazioni ambientali, e quindi dell'esposizione della popolazione e degli scenari adeguati a una corretta stima della dose di esposizione. Nel caso di Porto Torres l'applicabilità di tale procedura verrà discussa nel capitolo "Selezione degli inquinanti prioritari per l'area di Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione" di questo rapporto, in base alle informazioni raccolte.

L'identificazione degli inquinanti prioritari su cui focalizzare l'attenzione viene condotta sulla base delle conoscenze scientifiche aggiornate e selezionate secondo criteri rigorosi consultando le valutazioni effettuate da agenzie internazionali come la European Food Safety Authority (EFSA), la European Chemicals Agency (ECHA), la World Health Organization (WHO), la US Environmental Protection Agency (USEPA), la European Union Satellite Centre (EU-SC), la Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), la Health Canada. Può inizialmente partire prendendo in considerazione la classificazione di pericolo armonizzata e assegnata secondo il succitato regolamento (CE) 1272/2008, noto come CLP.

La scelta dei fattori di rischio determina la successiva selezione degli indicatori sanitari. Questi ultimi dovranno avere un nesso di causalità con l'esposizione della popolazione (generale o gruppi più suscettibili) agli inquinanti.

È fondamentale ricordare che il sistema di classificazione si basa esclusivamente sul pericolo (*Hazard*), che è una caratteristica intrinseca di una sostanza, mentre il rischio (*Risk*) esprime la probabilità che si verifichi un evento tossico a fronte di uno specifico livello di esposizione. Quindi una sostanza può essere classificata come molto tossica, ma, se non c'è alcuna occasione nell'arco della vita di essere esposti, o se in caso di esposizione quella sostanza non avesse alcuna capacità di penetrare all'interno dell'organismo, indipendentemente dal suo pericolo, il rischio per la popolazione è tendente a zero. Il livello espositivo e la relazione esistente tra la dose e la risposta sono concetti fondamentali che permettono di valutare quantitativamente i rischi per la salute.

Tra i vari effetti è importante identificare l'effetto critico, cioè quello rilevante dal punto di vista tossicologico che si manifesta alle dosi più basse perché la sua prevenzione determina anche la prevenzione di tutti i possibili effetti avversi per la salute.

Per le sostanze tossiche non cancerogene, o con meccanismo noto di cancerogenicità non genotossico, si presuppone che esista una dose soglia, vale a dire un valore al di sotto del quale non si osservano effetti avversi. Dall'analisi della relazione dose-risposta si possono ricavare quelli che vengono indicati con valori di riferimento quali per esempio *Reference Concentrations* (RfC), *Reference Dose* (RfD), *Tolerable Daily Intake* (TDI). Tali valori sono *health based*, generalmente definiti per proteggere la popolazione esposta per lunghi periodi (esposizione cronica), tenendo conto anche dei gruppi di popolazione più vulnerabili. La relazione dose-risposta è spesso l'elemento mancante negli studi epidemiologici, che vengono considerati come

importanti dati di supporto per determinare la rilevanza biologica degli effetti osservati con i modelli sperimentali, ma dai quali spesso non è possibile derivare i valori di riferimento.

Per effettuare una stima della dose a cui è esposta la popolazione, le concentrazioni ambientali stimate dovranno essere inserite negli idonei scenari per quantificare l'esposizione per via inalatorio e/o orale e/o cutanea. Queste dosi dovranno quindi essere confrontate con i valori di riferimento per identificare se che a quel livello di esposizione corrisponda un rischio per la salute.

Un altro elemento di complessità della valutazione risiede nella potenziale esposizione alla sostanza per le diverse vie di esposizione (esposizione aggregata), così come la valutazione dell'esposizione a più sostanze (o miscele) per una o più vie (esposizione cumulativa). Per valutare il rischio cumulativo l'uso del *Toxicity Equivalence Factor* (TEF) e dell'*Hazard Index* (HI) sono due approcci applicabili qualora i composti in miscela abbiano o no, rispettivamente, lo stesso meccanismo di azione.

Per sostanze con potenziale cancerogeno, per le quali per convenzione si presuppone che non possa essere identificata una soglia, la valutazione del rischio segue metodologie diverse, non essendo possibile definire un valore di riferimento come sopra descritto. Per molto tempo è stato utilizzato il modello matematico dell'EPA, che definisce un coefficiente di rischio unitario *Unit Risk* (UR) sulla base di una estrapolazione lineare alle basse dosi. In realtà, le conoscenze scientifiche sui meccanismi biologici fondamentali implicati nel processo di cancerogenesi non permettono di predire in termini quantitativi, attraverso un modello matematico, gli esiti dell'esposizione a basse dosi di un cancerogeno. Per questo motivo nell'Unione Europea viene seguito l'approccio pragmatico ma scientificamente più corretto del Margine di Esposizione (MoE, *Margin of Exposure*) che esprime il rapporto tra una dose di riferimento associato a un effetto minimo ma rilevabile, in genere una *Benchmark Dose* stimata da dati sperimentali sull'animale o, più raramente, su dati epidemiologici, e il livello di esposizione della popolazione d'interesse. Per sostanze cancerogene o genotossiche il MoE deve essere  $\geq 10000$  affinché non si prefigurino un rischio per la salute.

Per approfondimenti sulla procedura esposta si rimanda al Rapporto ISTISAN 19/9 *Linee guida per la valutazione dell'impatto sanitario* (Dogliotti *et al.*, 2019).

## Conclusioni

Il percorso illustrato, pur nella sua complessità, ha consentito di poter applicare al Progetto relativo a Porto Torres (SS)<sup>2</sup> un approccio di questo tipo, percorrendo le fasi di acquisizione dell'informazione inerente alle caratterizzazioni ambientali condotte sul territorio, i dati relativi ai monitoraggi dell'aria condotti sia nella fase precedente l'attuazione del DL.vo 155/2010 sia successivamente a questa. La ricostruzione dei monitoraggi passati ha richiesto un lavoro complesso e assiduo da parte degli Enti del territorio ma ha infine consentito di reperire una parte dell'informazione utile ai fini delle valutazioni di impatto che seguiranno, così come a definire un'organizzazione del dato pregresso che rappresenta un importante patrimonio conoscitivo per l'area.

Per gli aspetti di caratterizzazione ambientale di suolo e acque, nell'area sono state effettuate nel passato, da parte delle industrie responsabili dell'inquinamento, misure delle concentrazioni di inquinanti connessi alle emissioni degli specifici cicli tecnologici. Anche la lettura e

---

<sup>2</sup> Convenzione ISS-Regione Sardegna e ATS Sardegna "Pianificazione di studi e sorveglianza epidemiologica di popolazioni residenti in prossimità di aree industriali, con trasferimento di conoscenze e metodi attraverso l'applicazione al SIN di Porto Torres"

l'organizzazione di queste informazioni, sebbene rappresenti elementi di forte complessità, costituirà un grande patrimonio delle conoscenze del territorio.

L'analisi delle indagini effettuate secondo i criteri sopra citati, che tengano conto anche dello stato di attività e/o di dismissione degli impianti e delle azioni di bonifica eventualmente condotte e in essere, consente di poter effettuare la selezione di inquinanti prioritari sui quali procedere per valutare se questi hanno rappresentato e/o rappresentano un rischio sanitario per la popolazione, consentendo di giungere infine a una lettura integrata dei dati ambientali raccolti e delle stime di impatto sulla salute, per quelle patologie che la letteratura scientifica associa a questi inquinanti.

## Bibliografia

- Commissione Nazionale emergenza Inquinamento Atmosferico – Relazione finale 20 marzo 2006. Roma: Ministero della Transizione Ecologica (MITE); 2006. p. 1-68. Disponibile all'indirizzo: [https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/inquinamento\\_atmosferico/cnea\\_relazione\\_conclusiva.pdf](https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/inquinamento_atmosferico/cnea_relazione_conclusiva.pdf); ultima consultazione 15/11/2021.
- 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). Disponibile all'indirizzo: [https://www.iss.it/documents/20126/45616/19\\_9\\_web.pdf/4bebb80b-6290-82b8-59d6-0f851ae303cf?t=1581095861900](https://www.iss.it/documents/20126/45616/19_9_web.pdf/4bebb80b-6290-82b8-59d6-0f851ae303cf?t=1581095861900); ultima consultazione 15/11/2021.
- International Agency for Research on Cancer. *List of classifications by cancer sites with sufficient or limited evidence in humans, IARC Monographs*. Lyon: IARC Monographs; 2019. Volumes 1-130. Disponibile all'indirizzo: [https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/Classifications\\_by\\_cancer\\_site.pdf](https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/07/Classifications_by_cancer_site.pdf). Ultima consultazione 15/11/2021.
- Italia. DL.vo 152 del 3 aprile 2006. Norme in materia ambientale. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* 88 del 14 aprile 2006, Supplemento Ordinario 96.
- Parlamento Europeo e Consiglio. Regolamento CE 1272/2008 16 dicembre 2008. Classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE che reca modifica al regolamento (CE) 1907/2006. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea - Legislazione* 353 del 31 dicembre 2008.
- Pirastu R, Ancona A, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P (Ed). SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – Valutazione della evidenza epidemiologica. *Epidemiol Prev* 2010;34(Suppl 3):1-96. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/publicazioni/sentieri-valutazione-dell-evidenza-epidemiologica>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Pirastu R, Iavarone I, Pasetto R, Zona A, Comba P (Ed). SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – Risultati. *Epidemiol Prev* 2011;35 (Suppl 4):1-204. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/publicazioni/sentieri-risultati>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Pirastu R, Comba P, Conti S, Iavarone I, Fazzo L, Pasetto R, Zona A, Crocetti E, Ricci P. (Ed). SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – Mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri. *Epidemiol Prev* 2014;38 (2)(Suppl 1):1-170. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/publicazioni/sentieri-mortalita-incidenza-oncologica-e-ricoveri-ospedalieri>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Zona A, Fazzo L, Binazzi A, Bruno C, Corfiati M, Marinaccio A. (Ed). SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – L'incidenza del mesotelioma. *Epidemiol Prev* 2016;40(5)Suppl 1:1-116. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/publicazioni/sentieri-studio-epidemiologico-nazionale-dei-territori-e-degli->

insediamenti-esposti-a-rischio-da-inquinamento-l-incidenza-del-mesotelioma; ultima consultazione 15/11/2021.

Zona A, Iavarone I, Buzzoni C, Conti S, Santoro M, Fazzo L, Pasetto R, Pirastu R, Bruno C, Ancona C, Bianchi F, Forastiere F, Manno V, Minelli G, Minerba A, Minichilli F, Stoppa G, Pierini A, Ricci P, Scondotto S, Bisceglia L, Cernigliaro A, Ranzi A, Comba P e Gruppi di Lavoro SENTIERI, AIRTum SENTIERI e Malformazioni congenite SENTIERI. SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – Quinto Rapporto. *Epidemiol Prev* 2019;43(2-3)Suppl1:1-208. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-studio-epidemiologico-nazionale-dei-territori-e-degli-insediamenti-esposti-a-rischio-da-inquinamento.quinto-rapporto>; ultima consultazione 15/11/2021.

Zona A, Marcello I, Carere M, Soggiu ME, Falleni F, Beccaloni E, Comba P. Inquinanti indice e organi bersaglio. In Pirastu R, Comba P, Conti S., Iavarone I, Fazzo L, Pasetto R, Zona A, Crocetti E, Ricci P. (Ed). SENTIERI: Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio di Inquinamento – Mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri. *Epidemiol Prev* 2014;38(2)(Suppl 1): 144-52. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-mortalita-incidenza-oncologica-e-ricoveri-ospedalieri>; ultima consultazione 15/11/2021.

# ANALISI DELLE CRITICITÀ RISCONTRATE NEL PERCORSO DI INDIVIDUAZIONE E VALUTAZIONE DEI DOCUMENTI E DEI DATI RACCOLTI

Ivana Dettori (a), Quirico Antonio Cossu (b), Giovanni Canu (b)

(a) *Area Tecnico Scientifica, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, Cagliari*

(b) *Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, Dipartimento di Sassari e Gallura, Sassari*

## Introduzione

In questo capitolo si fornirà un quadro generale delle attività di raccolta dei dati ambientali disponibili per l'area di studio, indicandone l'origine ed esponendo le principali criticità riscontrate nel reperimento e sistematizzazione delle medesime. La trattazione è stata divisa per provenienza omogenea dei dati. Verrà, pertanto, trattata in prima battuta l'attività di raccolta dei dati relativi alle matrici suolo e acqua e, successivamente, quella dei dati relativi alla matrice aria.

## Suolo e acqua

Con la Legge 179 del 31 luglio 2002 intitolata "Disposizioni in materia ambientale", il sito oggetto di studio è stato inserito tra quelli oggetto di interesse nazionale e, conseguentemente, aggiunto all'elenco di cui all'art. 1, comma 4, della Legge 426 del 9 dicembre 1998 intitolato "Nuovi interventi in campo ambientale".

A partire da tale data, e a seguito a un Accordo di programma stipulato tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, la Regione Autonoma della Sardegna, la Provincia di Sassari e i comuni di Porto Torres e Sassari, è stata avviata una campagna di caratterizzazione dello stato di contaminazione delle aree, portata avanti nel corso degli anni, in seno alle procedure e disposizioni delineate dapprima dal Ministeriale 471 del 25 ottobre 1999, e successivamente dal DL.vo 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale".

Le attività di caratterizzazione, volte alla valutazione dello stato di contaminazione e, successivamente, all'avvio delle necessarie attività di bonifica e/o messa in sicurezza delle aree (in alcuni casi tuttora in corso), ha visto l'intervento dell'Agenzia Regionale di Protezione dell'Ambiente della Sardegna (di seguito ARPAS) in ordine alla verifica analitica in contraddittorio di porzione dei campioni e alla successiva validazione dell'intera attività di indagine.

Tali attività, hanno interessato i diversi attori presenti sul campo e, in maggior misura (proporzionalmente alle aree occupate e alle attività svolte), il gruppo Ente Nazionale Idrocarburi (ENI), per il tramite delle società controllate *Eni Rewind Spa* (ex *Syndial*), *Eni New Energy* e *Versalis* (ex *Polimeri Europa*), e le diverse proprietà della centrale termoelettrica di "Fiume Santo".

Le attività di caratterizzazione, tuttora in corso su diverse aree residue o a integrazione di attività pregresse, si sono svolte in larga parte dopo il 2005/2006 e, pertanto, sono state eseguite secondo le modalità dettagliate dal succitato DL.vo 152/06 e, in particolare, in seno alle procedure di cui agli art. 242 e 242 bis del medesimo Decreto.

A causa dell'oggettiva estensione, della complessità idrogeologica, della variabilità dei parametri in gioco, e del grande numero di attori coinvolti, le attività sono caratterizzate da una importante dispersione temporale e, quelle già concluse, sono giunte a compimento in periodi anche molto distanti tra loro. Inoltre, come già accennato, alcune aree risultano tuttora oggetto di indagine o monitoraggio.

Stante la genesi sopra dettagliata, i resoconti di tali attività risultano certamente eterogenei, sia per localizzazione temporale che per natura e contenuti. In particolare, i risultati delle diverse aree produttive, derivando da indagini specifiche, risultano strutturati in maniera asistematica e calibrata in funzione della specifica attività industriale svolta nell'area. Non è raro, infatti, trovare aree, seppur tra loro attigue, caratterizzate da set analitici tra loro non sovrapponibili.

Da tenere in conto vi è, inoltre, per quanto concerne la significatività dei dati raccolti, anche la variabilità indotta dalla complessità dei corpi idrici sotterranei presenti nell'area che, nonostante le diffuse e ripetute campagne di indagine, non sono ancora stati compresi appieno e risultano caratterizzati da repentine variazioni delle concentrazioni di inquinanti sia spaziali che temporali, tanto stagionali, quanto di breve periodo, anche a causa di una configurazione litologica parimenti complessa e variegata.

Da ciò discende che i dati di caratterizzazione, non possono essere intesi come un'indicazione esaustiva dello stato di contaminazione delle matrici indagate quanto, più ragionevolmente, delle "istantanee" dello stato di contaminazione alla data del campionamento che potrebbero, con il trascorrere del tempo, risultare invalidate a causa di fenomeni di migrazione della contaminazione. Risulta pertanto chiaro come l'attività di sistematizzazione e rappresentazione spaziale dei dati raccolti non può essere intesa come una rappresentazione dello stato di contaminazione effettivo delle matrici ambientali indagate, quanto, più ragionevolmente, come un compendio degli esiti analitici, utile a dare un'indicazione quali-quantitativa sui diversi fenomeni di contaminazione in atto all'interno dell'area in continua evoluzione spazio temporale e figli di una verosimilmente imponente immissione di sostanze inquinanti nel suolo avvenuta ormai diverse decine di anni fa.

È doveroso, infine, ricordare come siano attualmente in corso numerose attività di bonifica o di messa in sicurezza di aree anche estese (si citano a titolo esemplificativo, le barriere idrauliche installate presso le aree ENI e Fiume Santo) che, negli anni, hanno contribuito (e proseguono tuttora) a migliorare lo stato ambientale.

Non essendo mai stata formalizzata in seno all'ARPAS una procedura o linea guida specifica per l'acquisizione e la memorizzazione dei risultati dei monitoraggi, i medesimi, nel tempo, sono stati ricevuti in formati vari, spesso non agevolmente fruibili, e archiviati in posizioni diverse senza un criterio univoco.

È stato, quindi, necessario uno sforzo ingente per ricercare e radunare tutti (o quasi) gli esiti delle caratterizzazioni svolte nell'area di studio, per poi far confluire tutti i dati raccolti in un unico dataset che, laddove la consistenza del dato lo ha consentito, è stato anche georeferenziato, permettendo la mappatura di alcuni contaminanti di interesse.

Anche la generazione del dataset, però, ha originato numerose problematiche, principalmente dovute all'eterogenea natura dei file di input. Le principali problematiche sono state relative al trattamento di risultati restituiti dall'autore delle analisi sotto forma di file pdf o analoghi formati la cui lettura non è stata possibile in forma automatica da parte dei software disponibili, ed ha richiesto un'estesa attività manuale volta alla ricostruzione di file editabili e trattabili. Nemmeno la trattazione di risultati memorizzati in fogli elettronici è stata esente da problematiche analoghe. Infatti, i diversi file, al tempo forniti dai diversi attori, hanno presentato una discreta variabilità in termini di formattazioni e sistematizzazioni che, anche in questo caso, hanno reso necessario un esteso intervento manuale.

Come accennato all'inizio del paragrafo, sono tuttora in corso all'interno del "Sito di Interesse Nazionale (SIN) Aree industriali di Porto Torres" numerose attività di monitoraggio, principalmente a corredo di attività di messa in sicurezza operativa, e di caratterizzazione, sia svolte su aree mai indagate, sia di integrazione e approfondimento su aree precedentemente già analizzate.

Gli esiti di tali attività mettono in luce gli aspetti di variabilità già descritti ma, fortunatamente, forniscono una costante fonte di aggiornamento circa lo stato di avanzamento delle attività di bonifica in corso e un'utile fonte di dati vitali per la pianificazione delle attività future.

A margine del lavoro già svolto si auspica, pertanto, che per quanto tuttora in corso e per tutte le attività a seguire, si individuino una modalità di acquisizione dei dati di campionamento tale da agevolare i lavori di implementazione di un database unico per l'intera area. Strumento, questo, certamente utile per tutte le attività di studio e monitoraggio dell'area.

## Aria

L'ARPAS è il soggetto competente a gestire la Rete di monitoraggio della qualità dell'aria in Sardegna. La Rete è stata progettata e realizzata nel decennio 1985 – 1995 ed è stata gestita inizialmente dalle amministrazioni provinciali di Cagliari, Sassari, Nuoro e Oristano per poi essere formalmente trasferita dal 6 novembre 2008 all'ARPAS.

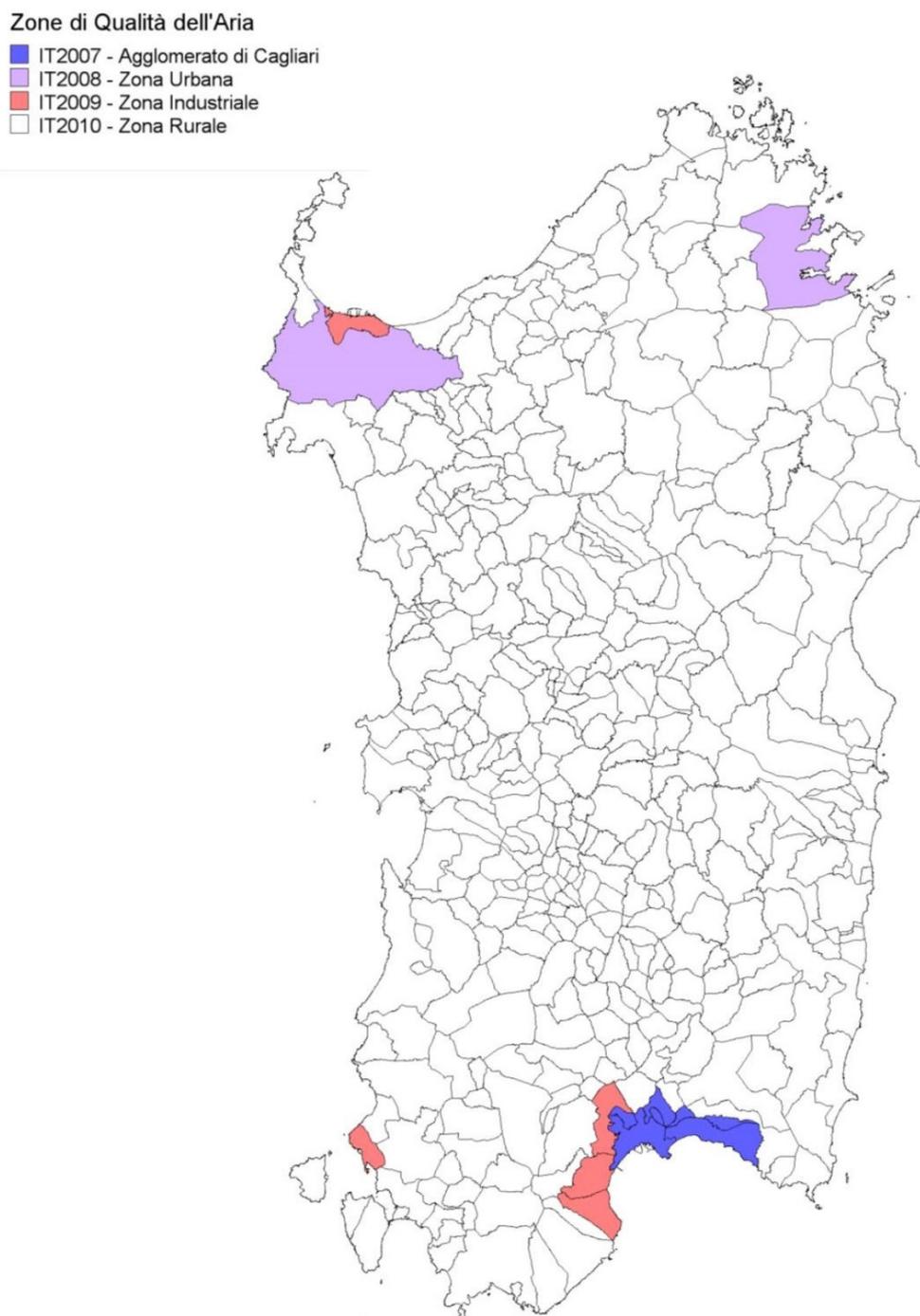
È utile segnalare che, con il DL.vo 155 del 13 agosto 2010, "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" sono stati ridefiniti i criteri che le Regioni sono tenute a seguire per la suddivisione dei territori di competenza in zone di qualità dell'aria (zonizzazione), allo scopo di assicurare omogeneità alle procedure applicate su tutto il territorio nazionale.

Al fine di conformarsi alle disposizioni del Decreto e collaborare al processo di armonizzazione messo in atto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare tramite il coordinamento istituito all'articolo 20 del DL.vo 155/2010, la Regione Sardegna ha provveduto a elaborare la zonizzazione e classificazione del territorio regionale, approvata con la deliberazione della Giunta Regionale 52/19 del 10/12/2013, recante "DL.vo 155 del 13/08/2010, articoli 3 e 4. Zonizzazione e classificazione del territorio regionale". Successivamente, con la deliberazione della Giunta Regionale 52/42 del 23/12/2019, la Regione Sardegna ha provveduto ad aggiornare la classificazione col documento "Riesame della classificazione delle zone e dell'agglomerato ai fini della valutazione della qualità dell'aria ambiente ai sensi del DL.vo 155/2010 e successive modificazioni".

La zonizzazione vigente, relativa alla protezione della salute umana, individua le zone e gli agglomerati ai sensi dell'art. 3, commi 2 e 4, e secondo i criteri specificati nell'appendice 1 del DL.vo 155/2010. Le zone e gli agglomerati sono classificati ai sensi dell'articolo 4 del DL.vo 155/2010, il quale prescrive che "ai fini della valutazione della qualità dell'aria, la classificazione delle zone e degli agglomerati è effettuata, per ciascun inquinante di cui all'articolo 1, comma 2, sulla base delle soglie di valutazione superiori e inferiori previste dall'Allegato II, Sezione I, e secondo la procedura prevista dall'Allegato II, Sezione II".

Si è pervenuti a una suddivisione del territorio regionale in zone di qualità dell'aria (Figura 1), atte alla gestione delle criticità ambientali grazie all'accorpamento di aree il più possibile omogenee in termini di tipologia di pressioni antropiche sull'aria ambiente.

La zonizzazione è stata realizzata per la protezione della salute umana per gli inquinanti di seguito indicati: materiale particolato (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb), benzene, arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni), benzo(a)pirene (BaP) e ozono (O<sub>3</sub>).



**Figura 1. Mappa di zonizzazione per la qualità dell'aria nella Regione Sardegna**

Ai fini dell'individuazione delle zone, la zonizzazione vigente è stata effettuata sulla base del carico emissivo. Per quanto concerne la zona industriale, in cui è inserito il Sito d'Interesse Nazionale di Porto Torres è caratterizzata da alte emissioni di monossido di carbonio, ossidi di

zolfo, benzene e metalli pesanti (arsenico, cadmio, nichel e piombo), principalmente derivanti dagli impianti industriali. Le zone sono state delimitate nel rispetto dei confini amministrativi comunali, a eccezione dei Comuni di Sassari e Porto Torres, che risultano escluse delle aree con caratteristiche disomogenee. In particolare, si è deciso di stralciare l'isola amministrativa dell'Asinara dalla zona industriale del Comune di Porto Torres, perché per le sue peculiarità di pregio naturalistico e per l'assenza di sorgenti emissive rilevanti è stata inserita nella zona rurale. Un'eccezione è rappresentata dall'area industriale di Fiume Santo, in cui è situata la centrale termoelettrica, che pur appartenendo al territorio comunale di Sassari, è stata associata all'area industriale di Porto Torres, piuttosto che all'area urbana. L'area industriale è stata ridefinita secondo i confini per essa indicati nel *Corine Land Cover 2006*. Tale scelta è motivata dal fatto che il carico emissivo di Fiume Santo è caratterizzato dalla presenza della centrale termoelettrica più che dal tessuto urbano che, invece, costituisce la sorgente primaria di emissioni per Sassari. È importante sottolineare la difficoltà nella gestione dei dati di monitoraggio ossia il loro recupero tenuto conto del passaggio di competenze dagli Enti Locali all'ARPAS e la ricostruzione del periodo di attività delle stazioni e dei parametri di monitoraggio. Il periodo di gestione della Rete di monitoraggio da parte della Provincia di Sassari non ha restituito un dato digitale, pertanto, si è reso necessario ricostruire il medesimo a partire dalle relazioni e registrazioni cartacee.

Le relazioni annuali dello stato di qualità dell'aria erano redatte da PROGEMISA, fino al 2007, che si occupava della gestione del Centro Operativo Regionale (COR) per interventi di intercalibrazione delle reti di Monitoraggio compresa l'estrazione, l'elaborazione e la valutazione dei dati monitorati dalle Province, invio dei dati al Ministero/ISPRA, ecc., con produzione di una relazione annuale regionale, tutto sotto la supervisione del servizio per la Tutela dell'Atmosfera e del Territorio della Regione Autonoma della Sardegna. Delle sei stazioni di monitoraggio poste nell'area industriale di Porto Torres sono state selezionate (Figura 2) quelle poste ai margini dell'area industriale verso Sud (CENSS3), in direzione del centro abitato (CENSS4), nel centro urbano (CENSS5) e a ovest della centrale termoelettrica di Fiume Santo (CENSS8).



**Figura 2. Stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria utilizzate per lo studio e perimetrazione del SIN**

Queste stazioni hanno una rappresentatività temporale di circa 15 anni (2006-2020), a esclusione delle stazioni CENSS5 e CENSS8 che sono state dismesse a ottobre 2018, e sono parte della rete di qualità dell'aria di ARPA Sardegna dal 2010, mentre per il periodo 2006-2010 la gestione della rete era in capo alla Provincia di Sassari come già riportato.

Predette stazioni hanno visto alcune importanti interruzioni di servizio per problemi tecnici di manutenzione in diversi periodi, in corrispondenza dei quali si osserveranno delle interruzioni di continuità nei dati negli elaborati grafici. Sono inoltre, caratterizzate da set analitici differenti. Pertanto, nell'analisi di cui al capitolo successivo, sono stati ricompresi unicamente quei parametri per i quali è risultato disponibile un dataset relativo a un intervallo di misura maggiore di 10 anni presente in almeno due delle quattro stazioni scelte.

## Bibliografia

- Italia. Decreto Ministeriale 471 del 25 ottobre 1999. Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'articolo 17 Del Decreto Legislativo 22 del 5 febbraio 1997 e successive modificazioni e integrazioni. *Gazzetta Ufficiale Serie Generale* 293 del 15 dicembre 1999 - Suppl. Ordinario 218).
- Italia. Legge 426 del 9 dicembre 1998. Nuovi interventi in campo ambientale. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* 11 del 15 gennaio 1999 - Suppl. Ordinario 12.
- Italia. Legge 179 del 31 luglio 2002. Disposizioni in materia ambientale. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* 189 del 13 agosto 2002.
- Italia. Decreto legislativo 152 del 3 aprile 2006. Norme in materia ambientale. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* 88 del 14 aprile 2006 - Suppl. Ordinario 96.
- Italia. Decreto legislativo 155 del 13 agosto 2010. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* 216 del 15 settembre 2010 - Suppl. Ordinario 217.
- Regione Sardegna. Deliberazione n. 1/3 del 10/01/2017. Piano regionale di qualità dell'aria ambiente (ai sensi del D.Lgs. n. 155/2010 e s.m.i.). Bollettino Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna n. 9 del 16 febbraio 2017

*Per la stesura del presente documento è stato, inoltre, fatto riferimento alla documentazione tecnica inviata all'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS) dai soggetti obbligati, alle elaborazioni dalla medesima realizzate per i pareri istruttori, nonché per le attività di controllo, monitoraggio e validazione. Le relazioni di sintesi delle attività di cui sopra sono pubbliche e disponibili presso i siti internet istituzionali delle amministrazioni titolari dei procedimenti di riferimento.*

## ALLEGATO al capitolo

Sintesi dello stato di contaminazione del Sito di Interesse Nazionale  
"Area industriale di Porto Torres"

Attività	Area (in h)	Attività di indagine, descrizione e note	MATRICE SUOLO					
			Organici alifatici	Metalli	IPA	Aromatici	Organici PCDF/F e PCB	Altri
<b>Petrochimico</b> (NOTA: l'area petrolchimico, in larga parte di proprietà di ENI, ha al suo interno anche alcune discariche - esaurite da tempo - di materiali provenienti dalla medesima attività dell'area)	1200	Caratterizzazione 2005-2007 Syndial. NOTA: La caratterizzazione dei suoli ha visto sondaggi spinti ad una profondità media inferiore a 10m. Attualmente è in corso un'indagine integrativa attorno ad alcuni piezometri della prima caratterizzazione (unici a esser stati spinti a quote maggiori di 20m) dove è stata accertata la presenza di materiale inquinante in fase liquida e separata (sia surriscaldante che softonante). Nei sondaggi già svolti è stata confermata la presenza di tale materiale antriso (con evidenza sia visiva che olfattiva intensa) anche nella matrice suolo a varie quote comprese tra 10 e 30 metri. Le analisi di laboratorio sono attualmente in corso.	1,1-Dicloroetano 1,2,3-Tricloropropano 1,1,2-Tricloroetano* 1,1,2,2-Tetracloroetano Clorometano Clorofornio 1,2-Dicloroetano* 1,1-Dicloroetilene Tricloroetilene	Zinco Vanadio Mercurio* Arsenico* Cromo totale Cadmio Berillio		Benzene** Xilene Etilbenzene	idrocarburi C<12** idrocarburi C>12* Clorobenzene 1,2-Diclorobenzene 1,4-Diclorobenzene 1,2,4-Triclorobenzene	
			Caratterizzazione 2007 Ineos/Vynils Caratterizzazione Sasol suoli 2006 e acque 2014	1,1-Dicloroetano 1,1-Dicloroetilene	Arsenico Rame Zinco	Benzene**		idrocarburi C<12** idrocarburi C>12*
<b>CTE Fiume Santo</b>	140	Caratterizzazione Centrale 2005-2006. Per i suoli: nell'anno 2015 è stato attuato per la parte dei terreni il "Progetto dibonifica unitario suoli e falda Centrale Fiume Santo" approvato dal MATIM con Decreto Prot. 5427/TRI/DIB del 05/11/2014. Il procedimento si è concluso, sempre per i terreni, con le "Certificazioni di avvenuta bonifica" n. 1, 16 del 03/03/2016 per l'Area interna produttiva e n. 2, 16 del 09/06/2016 per l'Area esterna non produttiva. Nell'anno 2017 è stata svolta una seconda caratterizzazione concentrata unicamente sull'area dei gruppi di generazione 1 e 2 recentemente demoliti. I superamenti indicati a lato sono riferibili a questa seconda caratterizzazione.					idrocarburi C>12*	
			Area della Stazione Elettrica e Conversione S.A.P.E.I.					
			Area S.E.S. Parco eolico Fiume Santo. Non risultano caratterizzazioni svolte					

MATRICE SUOLO								
Attività	Area (in h)	Attività di indagine, descrizione e note	Analiti in superamento					
			Organici alifatici	Metalli	IPA	Aromatici	Organici PCDD/F e PCB	Altri
Discariche	12	Barrabò Monitoraggio in corso		Cobalto Cromo totale Tallio Zinco Antimonio Arsenico				
	1,5	Calancoi Indagini integrative di caratterizzazione 2020						
	3,3	Deposito costiero ENI Indagini 2005				Benzene		idrocarburi C<12 idrocarburi C>12 Idrocarburi totali
Area marina costiera	2	Deposito costiero ESSO Caratterizzazione 2005. Attività di MISE in corso						
Area marina costiera	2,8	Area Butangas Caratterizzazione 2010	Triclorometano	Arsenico Ferro Manganese				idrocarburi C<12 idrocarburi C>12 Idrocarburi totali
	2,6	Area linea ferroviaria al porto industriale banchina ASI-3						
	20	Area Darsena Servizi del Porto Industriale						
Altre imprese	56	Centro intermodale Verificare caratterizzazione Area carbondotta		Rame Zinco				idrocarburi C>12
	7	Analisi di Rischio 2012. NOTA: la sorgente principale di contaminazione è stata individuata nell'attigua discarica di Minciaredda all'interno delle aree SIN di proprietà ENI		Arsenico				
	2,2	Petrotecnica Caratterizzazione 2012						
Altre imprese	14,6	Area della Stazione Elettrica Tema						
	1,14	Area Balmobil						
Altre imprese	2,5	Area ex Ferromin		Antimonio Arsenico Zinco Piombo Rame Vanadio				PCB Diossine  Idrocarburi C>12

MATRICE SUOLO								
Attività	Area (in h)	Attività di indagine, descrizione e note	Analiti in superamento					
			Organici alifatici	Metalli	IPA	Aromatici	Organici PCDD/F e PCB	Altri
	13,8	Area Sarda Rottami		Piombo Selenio Zinco		Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene Benzo(k)fluorantene Benzo(g,h,i)perilene Crisene Dibenzo(a,h)antracene, Indenopirene Pirene	PCDD/PCDF	1,2-Diclorobenzene 1,4-Diclorobenzene Idrocarburi C<12 PCDD/PCDF 1,3-Diclorobenzene
<b>Altre imprese</b>	2	Area Raffinerie Porto Torres (ex PbOII)						
	2,7	Area Butangas						
	2,4	Area Geconsult Area Laterzi Torres Spa.						
	10	Caratterizzazione mai conclusa causa fallimento						
	1,25	Area Unical Spa						

Relativamente all'area PETROLCHIMICO e CTE FIUME SANTO, i dati delle caratterizzazioni sono stati integrati con le elaborazioni contenute nel documento "Interventi di indagine preliminare e realizzazione del sistema di monitoraggio siti inquinati: aree industriali di assemmini, sarroch, ottiana e porto torres" redatto dall'Assessorato per la difesa dell'Ambiente dalla RAS ed approvato nel 2008.

I dati integrati sono evidenziati in grassetto. Il criterio di classificazione qualitativa è il seguente:

\* Superamento accertato un'area ristretta / hotspot

\*\* Superamento accertato un'area mediamente estesa (inferiore al 50% dell'area totale)

\*\*\* Superamento accertato un'area ampia (Superiore al 50% dell'area totale)

Matrice acque sotterranee								
Attività	Area (in h)	Attività di indagine, descrizione e note	Analiti in superamento					
			Inorg. Metalli	Organici aromatici	Alifatici clorurati cancerogeni	Alifatici clorurati non cancerogeni	Clorobenzeni	Altri
<b>Petrochimico</b> NOTA: l'area petrolchimico, in larga parte di proprietà di ENI, ha al suo interno anche alcune discariche - esaurite da tempo - di materiali provenienti dalla medesima attività dell'area	1200	Caratterizzazione 2005-2007 Syndial. NOTA: La caratterizzazione dei suoli ha visto sondaggi spinti ad una profondità media inferiore a 10m Attualmente è in corso un'indagine integrativa attorno ad alcuni piezometri della prima caratterizzazione (unici ad esser stati spinti a quote maggiori di 20 m) dove è stata accentata la presenza di materiale inquinante in fase liquida e separata (sia surmatante che sottofornate). Nei sondaggi già svolti è stata confermata la presenza di tale materiale intriso (con evidenza sia visiva che olfattiva intensa) anche nella matrice suolo a varie quote comprese tra 10 e 30 m. Le analisi di laboratorio sono attualmente in corso.	<b>Manganese***</b> <b>Arsenico**</b> Selenio Cromo totale Cromo VI Nichel Ferro Alluminio Mercurio	<b>Benzene***</b> Etilbenzene Cumene Toluene Xileni α-Metilstirene Stirene	<b>Triclorometano***</b> <b>Cloruro di Vinile***</b> 1,2-Dicloroetano 1,1-Dicloroetilene <b>Tricloroetilene***</b> Tetracloroetilene Esaclorobutadiene	1,1-Dicloroetano 1,2-Dicloroetilene 1,2-Dicloropropano 1,1,2- <b>Tricloroetano***</b> 1,2,3-Tricloropropano 1,1,2,2-tetracloroetano	Monoclorobenzene 1,2- <b>Diclorobenzene**</b>	<b>Solfati***</b> Nitriti <b>Idrocarburi Totali***</b> IPA (Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(b)fluorantene Benzo(k)fluorantene Benzo(g,h,i)terilene Pirene) PCB Acetone Pentaclorofenolo.
		Caratterizzazione 2007 Ineos/Vynils  Caratterizzazione Sasol suoli 2006 e acque 2014	Ferro Arsenico  Ferro Arsenico Manganese Piombo	Benzene Toluene Etilbenzene Benzene Etilbenzene Toluene Xileni	Cloruro di vinile; 1,2-dicloroetano; 1,1-dicloroetilene Triclorometano Cloruro di Vinile 1,2-Dicloroetano Tricloroetilene	Idrocarburi Totali Solfati	Idrocarburi Totali	

Matrice acque sotterranee									
Attività	Area (in h)	Attività di indagine, descrizione e note	Analiti in superamento						
			Inorg. Metalli	Organici aromatici	Alifatici clorurati cancerogeni	Alifatici clorurati non cancerogeni	Clorobenzeni	Altri	
<b>CTE Fiume Santo</b>	140	Caratterizzazione Centrale 2005-2006 Per i suoli: nel 2015 è stato attuato per la parte dei terreni il "Progetto di bonifica unitario suoli e falda Centrale Fiume Santo" approvato dal MATTM con Decreto Prot. 54277RI/DI/B del 5/11/2014. Il procedimento si è concluso, sempre per i terreni, con le "Certificazioni di avvenuta bonifica" n. 1_16 del 3/3/2016 per l'Area interna produttiva e n. 2_16 del 9/6/2016 per l'Area esterna non produttiva. Nel 2017 è stata svolta una seconda caratterizzazione concentrata unicamente sull'area dei gruppi di generalazione 1 e 2 recentemente demoliti. I superamenti indicati a lato sono riferibili a questa seconda caratterizzazione.	Manganese* Piombo Alluminio Nichel Ferro Cromo IV Boro		Triclorometano* Tricloroetilene*	1,1,2-Tricloroetano*		solfati**Nitrati	
	10,8	Area della Stazione Elettrica e Conversione SA.PE.I. Sardegna-PE(isola Italiana)	Alluminio piombo Manganese					Solfati	
	28,5	Area S.E.S. Parco eolico Fiume Santo. Caratterizzazione in corso di svolgimento							
	12	Barrabò Monitoraggio in corso	Arsenico Ferro Nochel Manganese Boro		Triclorometano, 1,1 Dicloroetilene Tricloroetilene Tetracloroetilene	1,2-Dicloroetilene 1,1,2-Tricloroetano		Solfati Idrocarburi totali	
<b>Discariche</b>	1,5	Calancoi Indagini integrative di caratterizzazione 2020							

Matrice acque sotterranee							
Attività	Area (in h)	Attività di indagine, descrizione e note	Analiti in superamento				
			Inorg. Metalli	Organici aromatici	Alifatici clorurati cancerogeni	Alifatici clorurati non cancerogeni	Clorobenzeni
Area marino costiera	3,3	Deposito costiero ENI Indagini 2005	Alluminio Arsenico Manganese		Triclorometano Tetracloroetilene		Solfati MTBE
	2	Deposito costiero ESSO Caratterizzazione 2005 Attività di MISE in corso	Nichel Ferro Antimonio Piombo	Benzene	Triclorometano Cloruro di Vinile		Idrocarburi Totali PAMTBE
	2,8	Area Butangas Caratterizzazione 2010	Piombo		Triclorometano		Idrocarburi
	2,6	Area linea ferroviaria al porto industriale banchina ASI-3	Arsenico Manganese Ferro	BTEX			B
Altre imprese	20	Area Darsena Servizi del Porto Industriale	Argento Alluminio Arsenico Manganese Ferro Mercurio Nichel Piombo Tallio	BTEX	Triclorometano Tricloroetilene Tetracloroetilene	1,1-Dicloroetano 1,2-Dicloroetilene 1,1,2-Tricloroetano	1,4-Diclorobenzene Fluoruri Solfati
	56	Centro intermodale Verificare caratterizzazione Area carbondotto Analisi di Rischio 2012 NOTA: la sorgente principale di contaminazione è stata individuata nell'attigua discarica di Minciaredda, all'interno delle aree SIN di proprietà ENI	Antimonio Nichel Piombo Tallio	BTEX Stirene Benzo(a)antracene Benzo(a)pirene Benzo(b)fluorantene Benzo(k)fluorantene Crisene Pirene	Esaclorobutadiene  Triclorometano Cloruro di Vinile 1,2-Dicloroetano 1,1-Dicloroetilene Tricloroetilene Tetracloroetilene Esaclorobutadiene	Monoclorobenzene 1,4-Diclorobenzene 1,2,4-triclorobenzene 1,2,4,5-tetraclorobenzene pentaclorobenzene Esaclorobenzene	Solfati Idrocarburi totali  Solfati 2,4,6 triclorofenolo Idrocarburi totali

Matrice acque sotterranee									
Attività	Area (in h)	Attività di indagine, descrizione e note	Analiti in superamento						
			Inorg. Metalli	Organici aromatici	Alifatici clorurati cancerogeni	Alifatici clorurati non cancerogeni	Clorobenzeni	Altri	
<b>Altre imprese</b>	2,2	Petroltecnica	Nichel						Pentaclorofenolo
	14,6	Caratterizzazione 2012 Area della Stazione Elettrica Terna							
	1,14	Area Baimobil			Triclorometano		1,2,3-Tricloropropano Diclorometano		
	2,5	Area ex Ferromin	Alluminio Ferro Manganese		Triclorometano				Solfati
	13,8	Area Sarda Roffami			Triclorometano				
	2	Area Raffinerie Porto Torres (ex PBOI)							
	2,7	Area Butangas			Triclorometano				
	2,4	Area Geoconsult	Cromo VI Mercurio		Triclorometano Tetracloroetilene				Solfati
	10	Area Laterizi Torres Spa Caratterizzazione mai conclusa causa fallimento			Triclorometano				PCB
	1,25	Area Unical Spa	Ferro Manganese		Triclorometano				

Relativamente all'area PETROLCHIMICO e CTE FIUME SANTO, i dati delle caratterizzazioni sono stati integrati con le elaborazioni contenute nel documento "Interventi di indagine preliminare e realizzazione del sistema di monitoraggio siti inquinati: aree industriali di assermini, sarroch, ottana e Porto Torres" redatto dall'Assessorato per la difesa dell'Ambiente dalla RAS ed approvato nel 2008. I dati integrati sono evidenziati in grassetto. Il criterio di classificazione qualitativa è il seguente:

\* Superamento accertato un'area ristretta / hotspot

\*\* Superamento accertato un'area mediamente estesa (inferiore al 50% dell'area totale)

\*\*\* Superamento accertato un'area ampia (Superiore al 50% dell'area totale)

## ANALISI DELLA CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEL SITO DI PORTO TORRES

Quirico Antonio Cossu (a), Giovanni Canu (a), Ivana Dettori (b)

(a) *Dipartimento di Sassari e Gallura, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, Sassari*

(b) *Area Tecnico Scientifica, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, Cagliari*

Il capitolo fornirà un quadro generale dello stato di contaminazione delle aree del Sito di Interesse Nazionale (SIN) “Aree industriali di Porto Torres”, così come rilevato a seguito della sistematizzazione dei dati raccolti. La trattazione è stata divisa per provenienza omogenea dei dati. Verrà, pertanto, trattata in prima battuta l’attività di raccolta dei dati relativi alle matrici suolo e acqua e, successivamente, quella di raccolta dei dati relativi alla matrice aria. Preliminarmente si procederà a una contestualizzazione pedoclimatica dell’area.

### Contestualizzazione ambientale

L’area di studio (Figura 1) è situata nella Sardegna nord-occidentale. Il sito industriale (in bianco i confini del SIN) è subito a Ovest della cittadina di Porto Torres e si apre verso il mare a nord con un porto civico ed uno industriale.



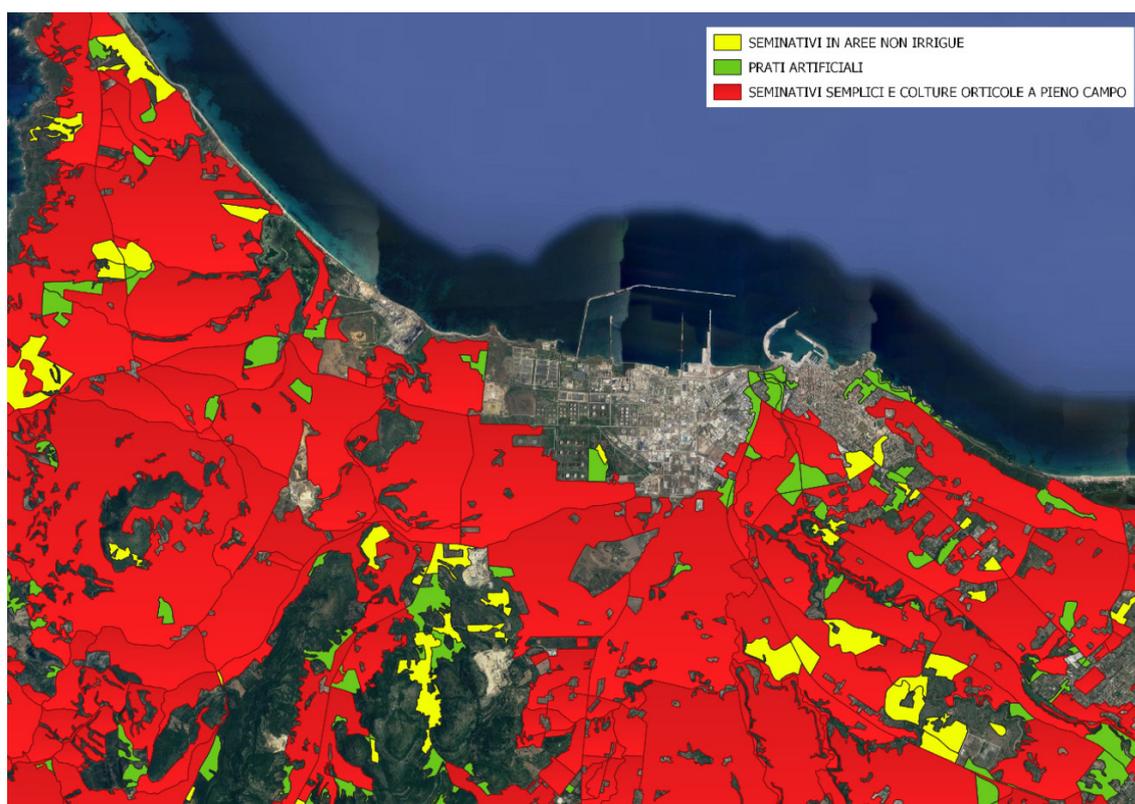
Figura 1. Area di studio (Sardegna nord-occidentale)

Presenti sul territorio numerose cave, discariche e impianti per la produzione energetica da carbone, da fonte solare ed eolica.

Il SIN occupa circa 1.800 ettari, se a questo si sommano le aree occupate dalle altre attività industriali e dal centro urbano si raggiungono i 2.500 ha, pari a circa il 25% dell'intera superficie comunale (~10.200 ha). Ne consegue una importante e storica impostazione allo sviluppo industriale del territorio.

L'area è perlopiù pianeggiante senza ostacoli orografici tra il sito industriale e Porto Torres, con due importanti corpi idrici, il Rio Mannu, tra la cittadina e l'area industriale e il Rio Astemini-Fiume Santo limitrofo alla centrale termoelettrica omonima.

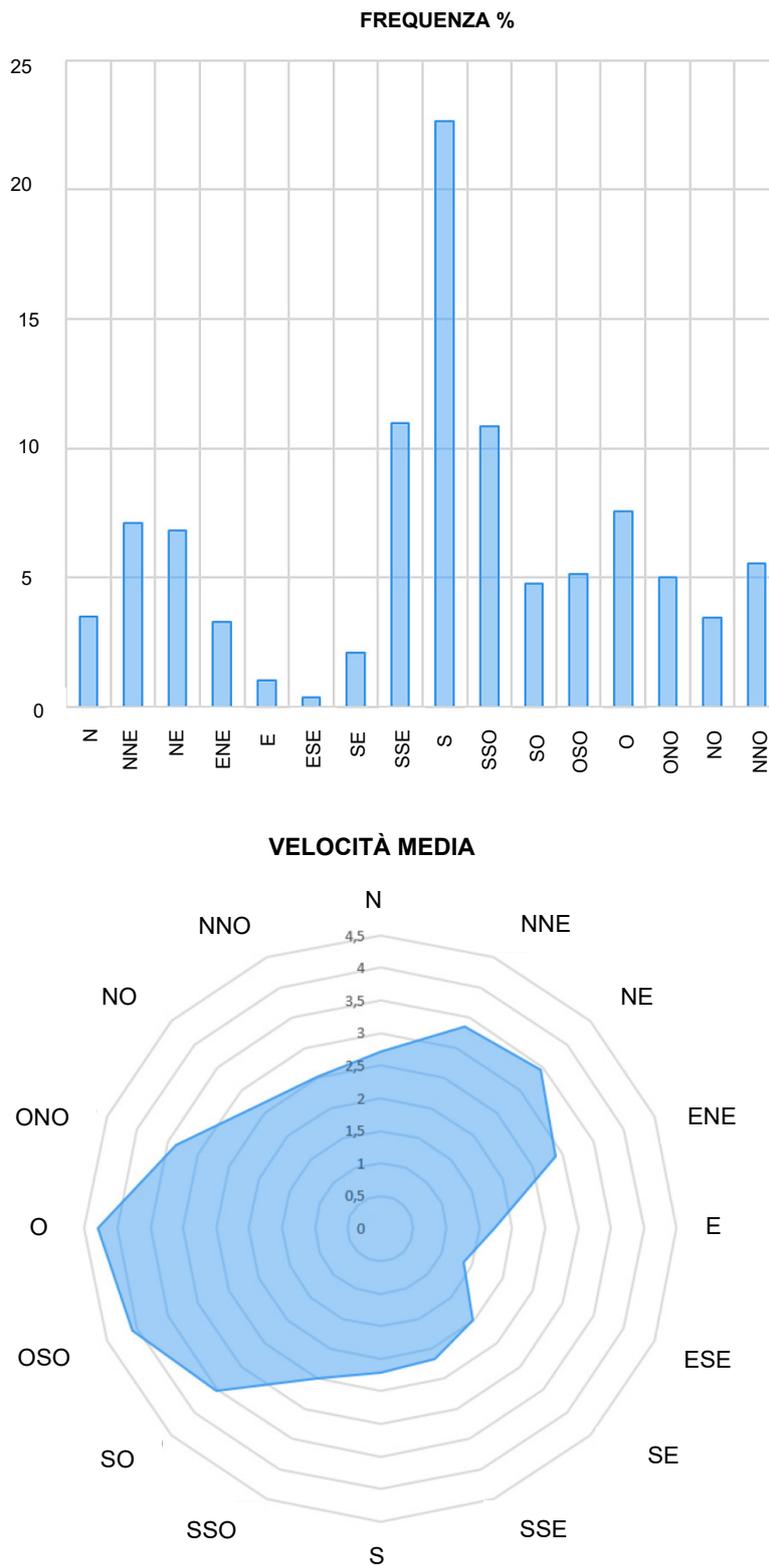
La restante parte del territorio limitrofo alla cittadina e all'area industriale è destinato in larga parte a coltivazioni erbacee e orticole (Figura 2).



**Figura 2. Distribuzione delle coltivazioni agricole  
(Piano Paesaggistico regionale, 2006)**

La costa di Porto Torres è perlopiù rocciosa e le poche spiagge presenti in ambito urbano sono state oggetto di ripascimento negli anni scorsi utilizzando sabbie alloctone. L'unica spiaggia naturale è quella di Balai ma, data la sua posizione, sembrerebbe esclusa da potenziali contaminazioni provenienti dalla zona industriale.

Queste considerazioni porterebbero a ipotizzare una minore incidenza delle contaminazioni sui litorali fruibili dalla cittadinanza. Il SIN presenta una perimetrazione a mare (Figura 1) che ricomprende il Porto Industriale e la foce del Rio Mannu. Nel tratto a mare vengono anche convogliate le acque reflue del depuratore Consortile che tra l'altro accoglie quelle di emungimento della barriera idraulica realizzata per l'isolamento della falda sotterranea contaminata. L'area è oggetto di monitoraggio da parte del Ministero dell'Ambiente.



**Figura 3. Ripartizione direzionale della velocità media e frequenza percentuale del vento misurato a Porto Torres**

Dagli atti del Tavolo Tecnico Regionale sul Progetto Nuraghe (Lasio *et al.*, 2016) emerge che lo specchio acqueo succitato “presenta evidenze di contaminazione chimica da sostanze prioritarie pericolose da cui deriva uno stato ambientale non soddisfacente anche in riferimento agli obiettivi ambientali vincolanti dettati dalla normativa comunitaria e nazionale vigente”.

Non si può pertanto escludere che la contaminazione dello specchio acqueo del SIN possa essersi diffusa anche al di fuori dello stesso interessando il mare e i sedimenti marini con potenziali ricadute sulle catene trofiche. Relativamente al regime anemometrico (Figura 3), sono stati analizzati dati misurati dalla stazione CENPT1 appartenente alla rete dell’Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Sardegna (ARPAS) di monitoraggio della qualità dell’aria e localizzata nei pressi del centro urbano di Porto Torres.

Questa stazione, rispetto alle altre, offriva la disponibilità di una misura media oraria di velocità e direzione del vento per 10 anni.

L’analisi ha evidenziato che i venti di maggiore intensità, che potenzialmente possono disperdere su ampie aree le emissioni industriali degli inquinanti dai camini, risultano provenienti per lo più da ovest, sud ovest e nord est. La maggiore frequenza degli eventi (circa 27%) la si osserva per i venti provenienti da sud e da nord (classificabili come termiche) che presentano anche minore intensità ( $\sim 2 \text{ m s}^{-1}$ ). A seconda delle condizioni di turbolenza atmosferica questi venti di bassa intensità possono anche disperdere gli agenti inquinanti a brevi distanze.

## Suolo e acqua

Come dettagliato nella Parte dedicata alle: “Analisi delle criticità riscontrate nel percorso di individuazione e valutazione dei documenti e dei dati raccolti” di questo rapporto, un grande impegno è stato profuso nella raccolta e sistematizzazione degli esiti delle diverse attività di caratterizzazione svolte nell’area.

Tutte le informazioni che si è riusciti a reperire sono poi state riassunte in un’unica Tabella (vedi l’Allegato al capitolo “Analisi delle criticità riscontrate nel percorso di individuazione e valutazione dei documenti e dei dati raccolti”) dove, al fine di individuare le diverse direttrici eziologiche ed evidenziare possibili fonti di maggior rischio sanitario, sono stati elencati, divisi per matrice (suolo e acqua) e macronucleo analitico, i diversi composti per i quali è stato registrato un superamento significativo (in termini di numero relativo di occorrenze) delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC), così come definite dalle Tabelle 1 e 2 dell’Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del DL.vo 152/06.

Chiaramente, la Tabella di cui sopra, eredita tutti i difetti propri del dato di origine e, in particolare, l’eterogeneità temporale, metodologica e di contenuti che caratterizza le numerose attività di indagine che la originano.

Il prodotto, pur non offrendo una visione fisicamente basata e organica, offre spunti e indicazioni tanto interessanti quanto chiare circa la natura e l’estensione dei maggiori fenomeni di contaminazione che interessano l’area.

La Tabella, come accennato, è divisa in due macro blocchi verticali relativi rispettivamente alle matrici suolo e acqua, a loro volta suddivisi in macro-famiglie di contaminanti. Ogni riga è popolata con l’indicazione dei superamenti relativi a una singola area elementare, per la quale è stata, inoltre, indicata l’estensione areale e la denominazione.

Passando alla descrizione dei contenuti della raccolta, relativamente alla matrice suolo, la Tabella evidenzia una diffusione qualitativa sostanzialmente uniforme della contaminazione da metalli e idrocarburi, accompagnata nelle aree del polo petrolchimico, da una intensa contaminazione da composti organici alifatici.

Situazione in parte analoga è stata riscontrata nella matrice acqua, che presenta diffusi fenomeni di contaminazione da composti inorganici e metalli, composti alifatici clorurati cancerogeni, solfati e idrocarburi totali.

Non mancano, inoltre, fenomeni di contaminazione di minore estensione relativi a composti organici aromatici, composti alifatici clorurati non cancerogeni e clorobenzeni, principalmente localizzabili nelle aree del polo petrolchimico, nell'area darsena e in asse al carbondotto di alimentazione della centrale termoelettrica di Fiume Santo.

Non stupisce il superamento delle concentrazioni di riferimento di numerosi composti in quasi tutte le macro famiglie di inquinanti all'interno delle aree del polo petrolchimico, poiché in esso (che comunque occupa gran parte delle aree del SIN) si sono svolte la quasi totalità delle attività industriali in grado di produrre le maggiori quantità di sostanze potenzialmente inquinanti maggiormente impattanti che si sono succedute nell'arco della vita produttiva dell'area e che, nel corso della medesima, hanno riguardato numerosi settori della produzione e trattamento delle materie prime ottenibili a partire dagli idrocarburi.

Nella medesima area, inoltre, è contenuta la quasi totalità del parco serbatoi presente nel SIN, con strutture di dimensione estremamente variabile, con diametri in alcuni casi superiori agli 80 metri e altezze utili di alcune decine di metri per volumi fino a 100.000 m<sup>3</sup>.

Nel medesimo perimetro sono, infine, presenti numerosi discariche, al tempo realizzate per accogliere i rifiuti generati dalle linee produttive installate.

Lo stato di contaminazione, chiaramente, non è da intendersi uniformemente distribuito sull'intera area del SIN che, si ricorda, supera i 1.800 ettari, quanto, piuttosto variamente concentrato nell'intorno dei punti di diffusione, generalmente coincidenti con aree di stoccaggio o trattamento e, al più, oggetto di migrazioni in seno alla circolazione idrica sotterranea che, data la riconosciuta complessità e variabilità, risulta tuttora oggetto di studio.

Non mancano, infine, aree nelle quali la presenza del contaminante è tale da manifestare il prodotto in fase separata al confine della falda (surnatante e/o sotto-natante) con spessori in certi casi superiori al metro.

Come accennato nel capitolo precedente, solo per alcune aree sono stati reperiti i risultati di caratterizzazione completi dei riferimenti geografici dei punti di campionamento. In particolare, le aree coperte dal dato completo sono quelle del polo petrolchimico (aree gruppo ENI) e quelle della centrale termoelettrica di Fiume Santo. Partendo da questi dati è pertanto possibile avanzare valutazioni più accurate.

Per quanto concerne le aree attualmente di proprietà ENI, la caratterizzazione è stata svolta nel triennio 2005-2007 dall'allora proprietario (Syndial). Le indagini sono state svolte separatamente in 4 settori distinti, di seguito elencati:

- settore A "Area Produttiva", con estensione di circa 310 ha;
- settore B, che include le aree delle discariche, ed ha un'estensione di circa 100 ha;
- settore C (fra i Settori A e B), che include molte aree con attività dismesse ed ha un'estensione di circa 320 ha;
- settore D, che comprende i terreni esterni alla recinzione dello stabilimento e nei quali non vi erano state attività produttive o a esse collegate, di estensione pari a circa 380 ha.

Per i Settori A, B e C, le attività di Syndial sono state eseguite in due *step*, prima con maglia più larga (100 x 100 m) e poi più stretta (50 x 50 m), mentre, per il settore D, con un unico *step* con maglia 100 x 100 m.

I settori maggiormente interessati da superamenti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) sono stati i settori A e B, con il 10-12 % dei superamenti sul totale dei punti d'indagine per il settore A, e fino al 13,4 % del totale dei punti d'indagine per il settore B. Le criticità riscontrate nei settori A e B interessano: idrocarburi aromatici, alifatici clorurati cancerogeni, alifatici clorurati non cancerogeni, metalli, idrocarburi C>12 e idrocarburi C<12.

La particolare situazione del settore B risulta aggravata dalla presenza massiccia di rifiuti interrati, riscontrata sia in fase solida sia liquida. Nei campioni di suolo al di sopra dei quali è stata rilevata la presenza di rifiuti, è stata riscontrata presenza significativamente rilevabile di diossine e PCB, pur se nei limiti previsti dal DL.vo 152/06.

Le analisi condotte da Syndial sui rifiuti rivelano una situazione particolarmente preoccupante. Essi contengono concentrazioni molto elevate di contaminanti cancerogeni e/o tossici. Tra di essi ricordiamo: idrocarburi C<12, C>12, benzene, toluene, etilbenzene, xileni, cumene, stirene, dicloroetano, tricloroetano, cloruro di vinile, PCDD/PCDF, mercurio, nichel, stagno, vanadio, zinco, rame.

Le acque sotterranee hanno mostrato una elevata diffusione della contaminazione, sia di tipo organico che inorganico, nel complesso della falda acquifera: in tutti i piezometri di validazione e in tutti i piezometri profondi sono stati infatti registrati superamenti delle CSC per almeno un composto tra quelli ricercati. In particolare, si sono osservati superamenti di notevolissima entità arrivando a massimi di circa 6 ordini di grandezza superiori alle CSC per i BTEX.

Per quanto concerne le aree della centrale termoelettrica di Fiume Santo, le attività di caratterizzazione sono state eseguite nel 2005-2006. All'interno dei 75 ha delle aree produttive è stata adottata una maglia di campionamento pari a 50 x 50 m mentre nelle aree esterne la maglia di campionamento adottata è pari a 100 x 100 m. Complessivamente sono stati effettuati 274 sondaggi, di cui 49 attrezzati a piezometro di monitoraggio, e 91 scavi esplorativi, per complessivi 982 campioni di suolo analizzati.

Per quanto riguarda la caratterizzazione chimica dei terreni, i parametri di tutti i campioni prelevati durante la caratterizzazione del sito sono risultati inferiori alle CSC di riferimento, eccezion fatta per l'arsenico e gli idrocarburi pesanti.

Per quanto concerne le acque di falda, invece, la caratterizzazione ha evidenziato una situazione maggiormente preoccupante, con contaminazione principalmente da composti organoclorurati, manganese, piombo e solfati. Si segnalano superamenti anche di oltre 10 volte i limiti fissati per le sostanze ritenute molto tossiche, persistenti e cancerogene quali, per esempio, piombo (fino a 123 mg/l contro un limite di 10 mg/l), triclorometano (fino a 1,71 mg/l contro un limite di 0,15 mg/l) e 1,1-dicloroetilene (1,14 mg/l contro un limite di 0,05 mg/l).

Come poco sopra accennato, per le due attività di caratterizzazione appena descritte, si sono potuti acquisire i risultati analitici completi di indicazione delle coordinate del punto di campionamento.

È stato, quindi, possibile ricostruire, a titolo esemplificativo, la distribuzione spaziale dei superamenti per alcuni parametri. In particolare, nell'Allegato 2 al presente capitolo sono mostrate le mappature per i parametri arsenico, benzene, triclorometano, cadmio, nichel e piombo. Ai diversi punti, inoltre, è stato attribuito un cromatismo di classificazione atto a indicare l'entità del superamento, normalizzato come multiplo intero delle CSC.

Dall'analisi delle suddette mappe è possibile trovare conferma delle considerazioni fatte in precedenza. In particolare:

- Per l'arsenico, è possibile osservare come, nelle aree a Ovest (verso la centrale termoelettrica) la contaminazione sia principalmente a carico dei suoli superficiali e di entità contenuta (concentrazioni inferiori a 10 volte la CSC) e concentrata in larga parte nelle aree delle installazioni produttive, mentre nelle aree del petrolchimico, pur mantenendo sempre concentrazioni di pari grado, si presenta variamente distribuita a carico delle diverse matrici ambientali e principalmente concentrata al limitare orientale, laddove storicamente vi sono stati i primi insediamenti e dove, tuttora, è localizzata una parte rilevante delle linee produttive attive.
- Il benzene, invece, mostra una situazione ben più complessa nelle aree del polo petrolchimico, con concentrazioni (soprattutto per quanto concerne la matrice acqua) in

diversi casi superiori a 500 volte la CSC di riferimento. Inoltre, mentre la contaminazione a carico della matrice suolo si presenta concentrata principalmente nell'intorno della darsena servizi del porto industriale, a ovest del SIN, e delle discariche "Minciareda" e "Cava Gessi" (a est del SIN), quella a carico della matrice acqua si presenta distribuita in maniera meno concentrata, con importanti fenomeni di superamento variamente distribuiti sull'intera area.

- Il triclorometano, presenta una grave contaminazione a carico della matrice acqua su tutte le aree indagate, con concentrazioni mediamente superiori di un ordine di grandezza rispetto alla relativa CSC. È inoltre possibile riconoscere un fenomeno di contaminazione a carico dei suoli (in larga parte suoli profondi) in corrispondenza della discarica di "Cava Gessi".
- Per cadmio, nichel e piombo, la situazione, al contrario, risulta nettamente meno preoccupante, con sporadici superamenti di lieve entità, variamente sparsi, principalmente a carico della matrice acque e, in minor misura, sui suoli superficiali e profondi.

Per quanto visto, la distribuzione spaziale dei fenomeni di contaminazione appena esaminati, conferma le considerazioni svolte in precedenza.

In particolare, per quanto concerne l'addensamento dei superamenti a carico della matrice suolo in corrispondenza delle aree maggiormente interessate dall'attività industriale (o a corredo della medesima) e, al contrario, la forte mobilità e complessità della falda, attestata dal sostanziale movimento verso valle, quindi verso il mare, dei contaminanti che con essa si muovono, sia in soluzione che in fase separata.

## Aria

L'analisi è stata effettuata sui seguenti parametri: monossido (NO) e biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO), ozono (O<sub>3</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), PM10 e biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), gli unici per i quali era disponibile una serie storica di durata superiore ai 10 anni.

Purtroppo non sono disponibili dati di caratterizzazione della frazione dei metalli nel particolato atmosferico, in quanto gli stessi, laddove sporadicamente rilevati, erano relativi a misurazioni effettuate in intervalli temporali completamente differenti (per estensione e frequenza) da tutti gli altri parametri e dai rilievi anemometrici disponibili. Sono stati analizzati dati misurati dalle stazioni appartenenti alla rete ARPAS di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nell'immediato intorno del sito.

Tra tutte le stazioni disponibili si è scelto di considerare unicamente quelle per le quali era disponibile un intervallo di misurazione superiore ai 10 anni e vi fosse continuità nella serie temporale. Analogo criterio di selezione è stato applicato all'interno del singolo dataset di stazione per individuare i parametri oggetto di analisi.

L'intervallo preso in considerazione, viste anche le considerazioni di cui al capitolo precedente, è stato quello compreso tra il 2006 e il 2020. Si segnala, inoltre, come le misurazioni relative ai summenzionati parametri non siano disponibili per tutte le stazioni considerate, poiché le medesime risultano attrezzate in maniera non omogenea.

In Allegato 2 del capitolo vengono rappresentati gli elaborati grafici, suddivisi per parametro, dei dati rilevati come media oraria, mensile e annuale per l'intero periodo. È opportuno sottolineare che i dati sono stati preliminarmente verificati in termini di validità delle misurazioni effettuate.

Al fine di individuare eventuali *outlier* nelle serie è stato preliminarmente testato un approccio statistico basato sul ricorso alle soglie di accettazione attraverso il calcolo dei quantili. Tale approccio non si è dimostrato valido in quanto le fluttuazioni dei parametri sono minime con

medie che risultano molto bassi ed eventuali picchi non possono essere tutti considerati *outlier* (seppur statisticamente lo siano) in quanto rappresentano proprio i valori che si avrebbero a seguito di un evento di contaminazione in atmosfera. Si è pertanto provveduto a eliminare manualmente eventuali ulteriori misurazioni palesemente non riconducibili a un fenomeno fisico, poiché abnormi (superiori di due o più ordini di grandezza) rispetto ai valori dell'immediato intorno temporale.

Si è successivamente cercato di individuare dei trend statistici sulle serie storiche relative alle stazioni, ma gli stessi non sono risultati statisticamente significativi.

Tuttavia, dall'osservazione della progressione storica del dato, è stato possibile individuare qualitativamente degli andamenti decrescenti, in particolare per  $PM_{10}$  ed  $SO_2$ ; a quest'ultima si associano anche valori inferiori della stazione posta sopravento rispetto ai venti dominanti (stazione CENSS8) e rispetto a quelle sottovento (stazioni CENSS3, CENSS4, CENSS5). Si è cercato, inoltre, di verificare la presenza di eventuali schemi di stagionalità. Anche in questo caso, pur rilevando alcuni comportamenti lievemente caratterizzanti (si veda, per esempio, l'ozono), non è stato possibile individuare comportamenti specificatamente periodici.

L'Allegato 3 del capitolo riporta, per ogni stazione e parametro analizzato, i dati di ventosità rapportati alla concentrazione dei contaminanti in osservazione, suddividendo gli stessi rispetto alle classi di ventosità analizzate.

L'analisi ha riguardato il periodo 2010-2020 ed è stata condotta associando il dato meteorologico di direzione e velocità del vento registrato dalla stazione CENPT1 (unica nell'area dotata di centralina meteo per la misurazione di velocità e direzione del vento, esclusa dall'analisi delle concentrazioni poiché sprovvista di serie storiche di misurazione di adeguata estensione) con il dato di concentrazione dell'inquinante misurato nello stesso intervallo orario (sia i dati anemometrici che le misure di concentrazione sono espresse come media oraria) per ognuna delle altre stazioni.

La distinzione direzionale è stata operata unicamente per venti caratterizzati da una velocità media oraria maggiore o uguale a  $1 \text{ m s}^{-1}$ , mentre i venti caratterizzati da velocità media oraria inferiore sono stati trattati globalmente, senza distinzione di provenienza, poiché associabili a periodi di sostanziale calma di vento.

Nella intestazione dei grafici è indicata la percentuale di misure associate a venti inferiori a  $1 \text{ m s}^{-1}$  e la relativa concentrazione media dell'inquinante.

Da tale raffronto è possibile osservare come, seppur solamente in termini generali e qualitativi, sia riconoscibile un legame tra la direzione del vento e i valori medi più alti di concentrazione dei parametri in studio. In particolare, valori più elevati dei parametri si riscontrano, nelle diverse stazioni, in corrispondenza della classe di vento rispetto alla quale la centralina risulta in posizione di sottovento rispetto alle aree del SIN che, pertanto, può essere individuato come potenziale sorgente emissiva, confermando una sostanziale dispersione di sostanze inquinanti lungo le direttrici del vento prevalente.

A tale proposito si deve ricordare che per il periodo di analisi tra gli impianti attivi, che maggiormente possono aver dato un contributo alle concentrazioni misurate dalle stazioni, sono Matrica Spa (bioplastiche), Eni *Rewind* (trattamento acque di falda), Progetto Nuraghe Scarl (trattamento e stoccaggio rifiuti di bonifica), CIPSS (depuratore e discarica), Versalis (materie plastiche) e Fiume Santo Spa (centrale termoelettrica a carbone). Per il  $PM_{10}$ , la distribuzione direzionale non pare correlata a specifiche direzioni dei venti, probabilmente a causa delle numerose sorgenti di emissione non riconducibili alla sola area industriale. Un maggiore dettaglio è rappresentato nella Figura 4 dove si riportano i grafici di alcuni parametri maggiormente significativi.



**Figura 4. Andamento di alcuni parametri rispetto alle classi direzionali di vento e al sito di rilevamento**

Per quanto concerne il biossido di zolfo, su CENSS5 i valori più elevati si riscontrano per le classi direzionali di vento che parrebbero determinare apporti dall'area portuale, su CENSS8 dalla centrale termoelettrica di Fiume Santo, su CENSS4 dall'area industriale ma anche dalla cittadina stessa, mentre su CENSS3 non emerge una netta direttrice.

Per quanto concerne gli ossidi di azoto, su CENSS4 i valori più elevati si riscontrano per le classi direzionali di vento che parrebbero determinare apporti dall'area industriale, portuale e cittadina, su CENSS3 dall'area industriale e dalla vicina Strada Provinciale 34.

Il  $PM_{10}$  mostra un andamento simile sia su CENSS4 che su CENSS3 confermando quanto espresso nel paragrafo precedente.

Si noti, altresì, come per quasi tutti i parametri, la concentrazione media del contaminante misurata dalle centraline in condizioni di convenzionale calma di vento (velocità inferiori a  $1 \text{ m s}^{-1}$ ) raggiunga valori pari o superiori a quelli misurati in condizioni di ventosità maggiore.

Ciò lascia ipotizzare che la sorgente di emissione sia da ricercare in uno stretto intorno della centralina che, difatti, può essere raggiunta dal contaminante anche in condizioni di vento debole.

Sebbene non vi siano misurazioni a conforto, data anche l'assenza di deposimetri nell'area, da quanto sopra esposto, è ragionevole dedurre che il particolato atmosferico, possa aver contribuito all'accumulo di metalli nel *top soil* delle aree interne e limitrofe all'area industriale e all'area urbana e che questo, data la vocazione agricola del territorio circostante, possa aver costituito una potenziale fonte di esposizione per la popolazione che consuma i prodotti agricoli ivi prodotti.

## Bibliografia

Lasio P, Littarru P, Lorrari M, Mangone M, Mereu A.M, Mura P, Onano V, Scanu R, Serra G, Serra S, Stara G. *Esiti del Tavolo Tecnico Regionale Progetto Nuraghe: Approfondimenti e valutazioni relative alla definizione dei limiti di emissione ai sensi dell'art. 101 c. 2 DL.vo. 152/06 per lo scarico a mare dell'impianto di trattamento acque locali (TAL) in progetto*. Cagliari: Regione Autonoma della Sardegna, 2016.

Regione Autonoma della Sardegna. Deliberazione della Giunta Regionale 36/7 del 5 settembre 2006. Approvazione del Piano Paesaggistico Regionale. *Bollettino Ufficiale della Regione Autonoma della Sardegna* 30 dell'8 settembre 2006 (anno 58°).

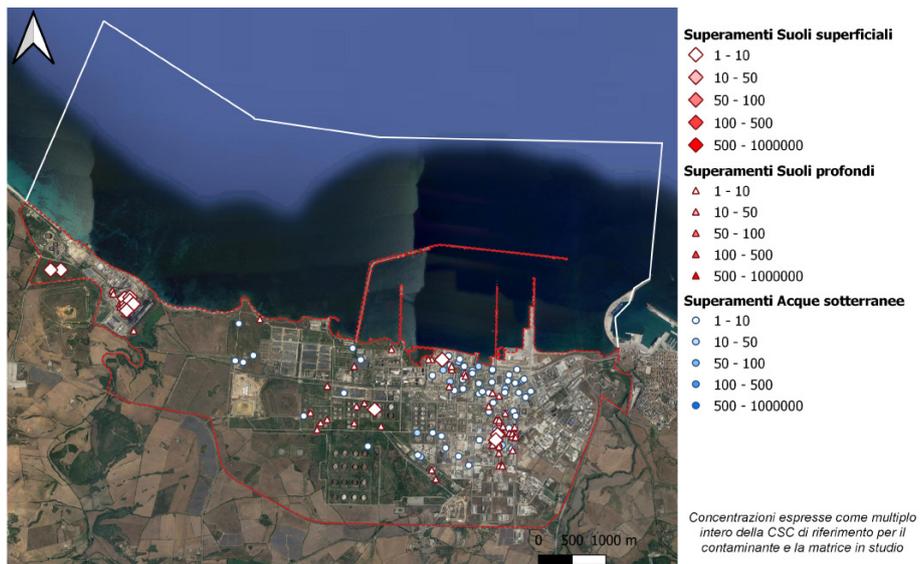
*Per la stesura del presente documento è stato, inoltre, fatto riferimento alla documentazione tecnica inviata all'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS) dai soggetti obbligati, alle elaborazioni dalla medesima realizzate per i pareri istruttori, nonché per le attività di controllo, monitoraggio e validazione. Le relazioni di sintesi delle attività di cui sopra sono pubbliche e disponibili presso i siti internet istituzionali delle amministrazioni titolari dei procedimenti di riferimento.*

## ALLEGATO 1 al capitolo

### Esiti delle maggiori caratterizzazioni ambientali nel SIN "Aree industriali di Porto Torres" – Mappatura di alcuni parametri caratteristici

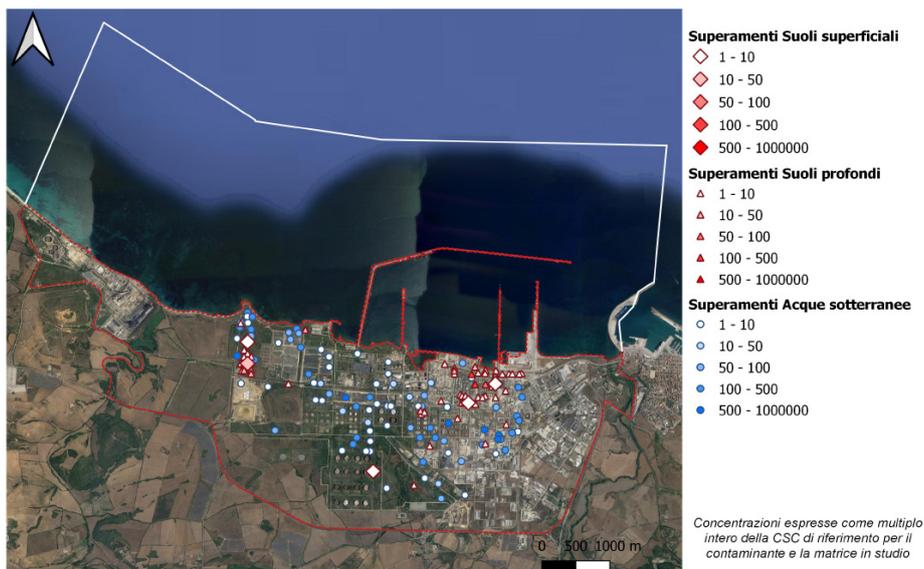
#### Arsenico

Esiti caratterizzazione Syndial (ENI) 2005-2007 e Fiume Santo (ENDESA)  
Distribuzione spaziale superamenti CSC normalizzati - Parametro: Arsenico



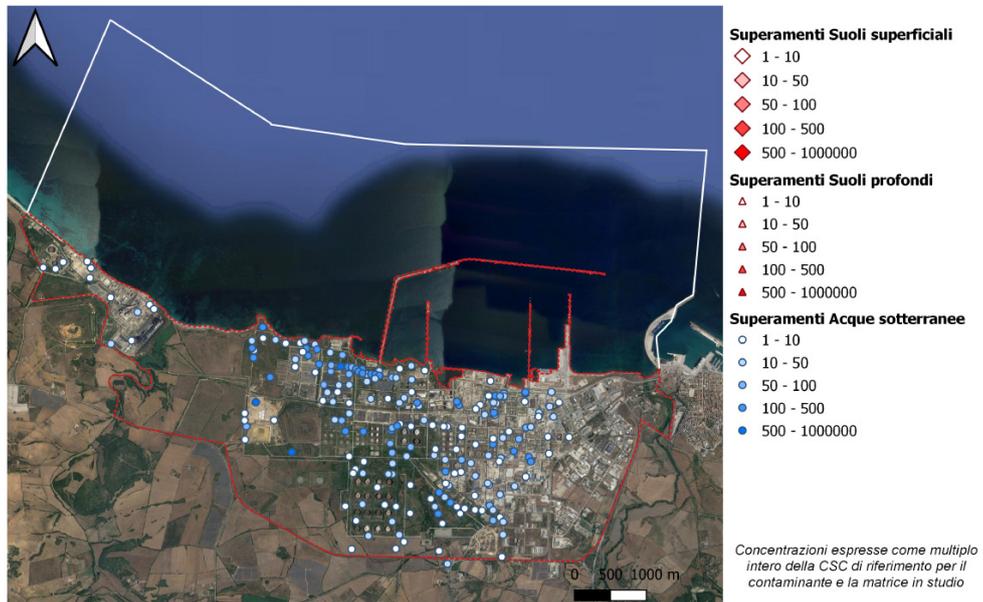
#### Benzene

Esiti caratterizzazione Syndial (ENI) 2005-2007 e Fiume Santo (ENDESA)  
Distribuzione spaziale superamenti CSC normalizzati - Parametro: Benzene



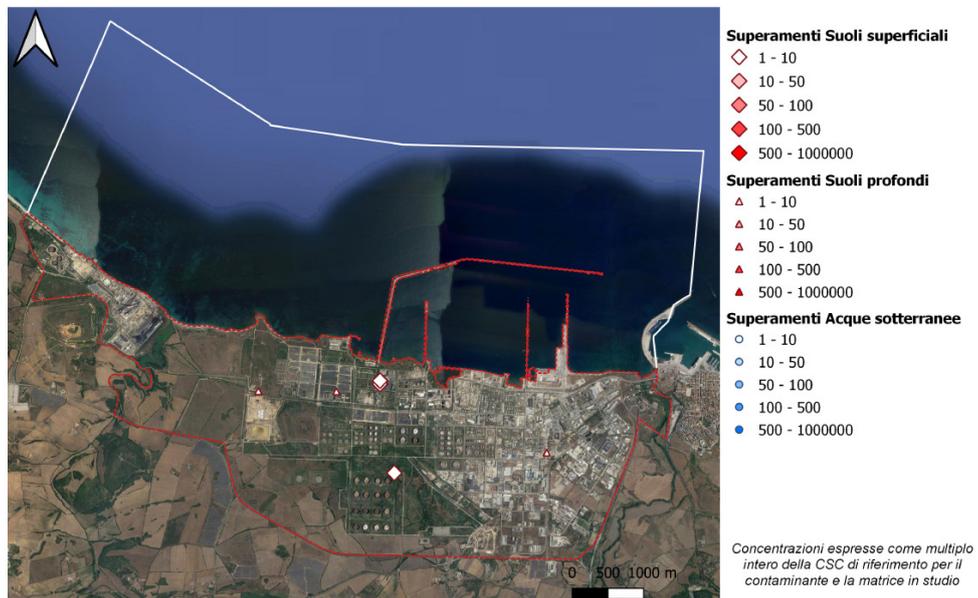
## Triclorometano

Esiti caratterizzazione Syndial (ENI) 2005-2007 e Fiume Santo (ENDESA)  
Distribuzione spaziale superamenti CSC normalizzati - Parametro: Triclorometano



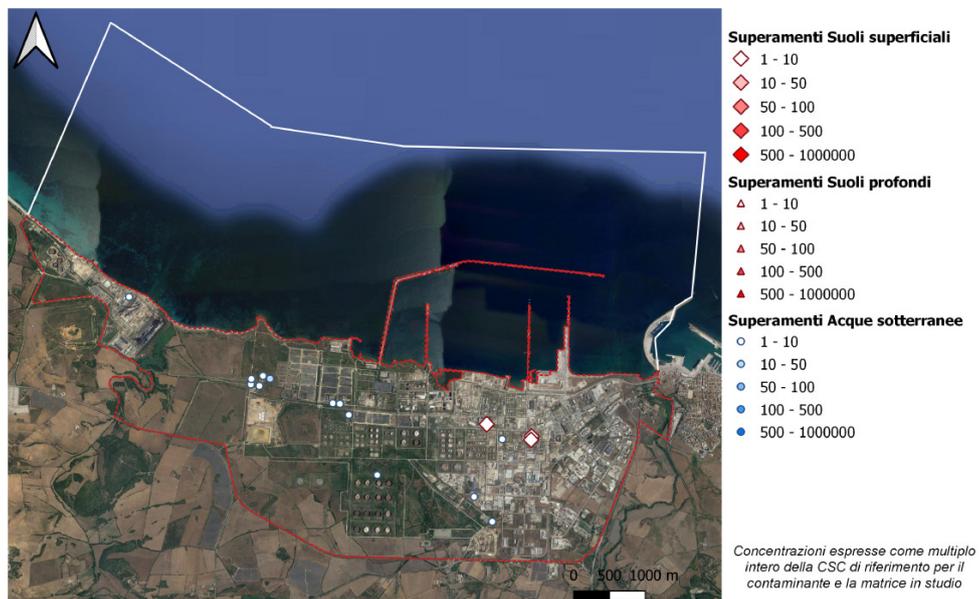
## Cadmio

Esiti caratterizzazione Syndial (ENI) 2005-2007 e Fiume Santo (ENDESA)  
Distribuzione spaziale superamenti CSC normalizzati - Parametro: Cadmio



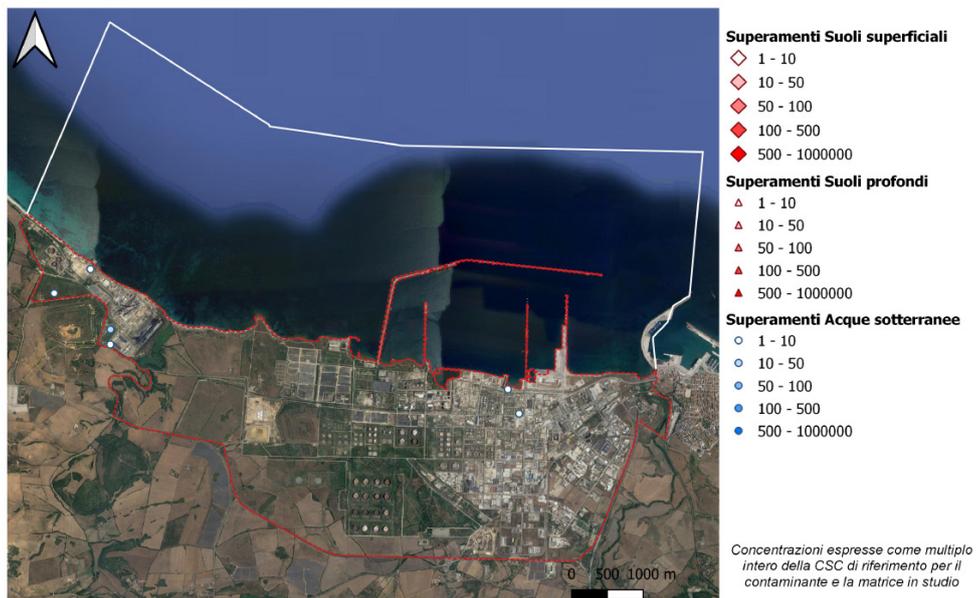
## Nichel

Esiti caratterizzazione Syndial (ENI) 2005-2007 e Fiume Santo (ENDESA)  
Distribuzione spaziale superamenti CSC normalizzati - Parametro: Nichel



## Piombo

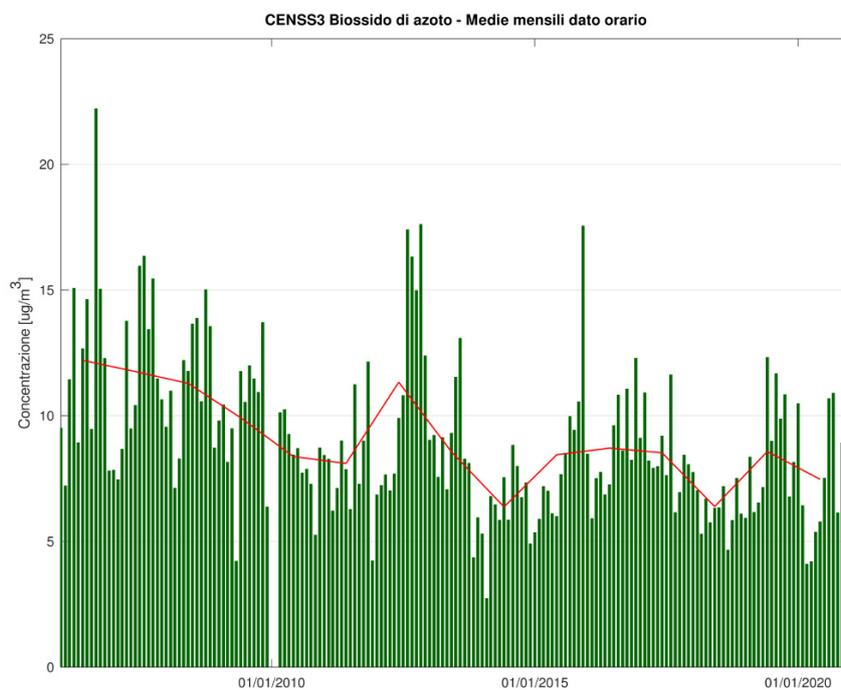
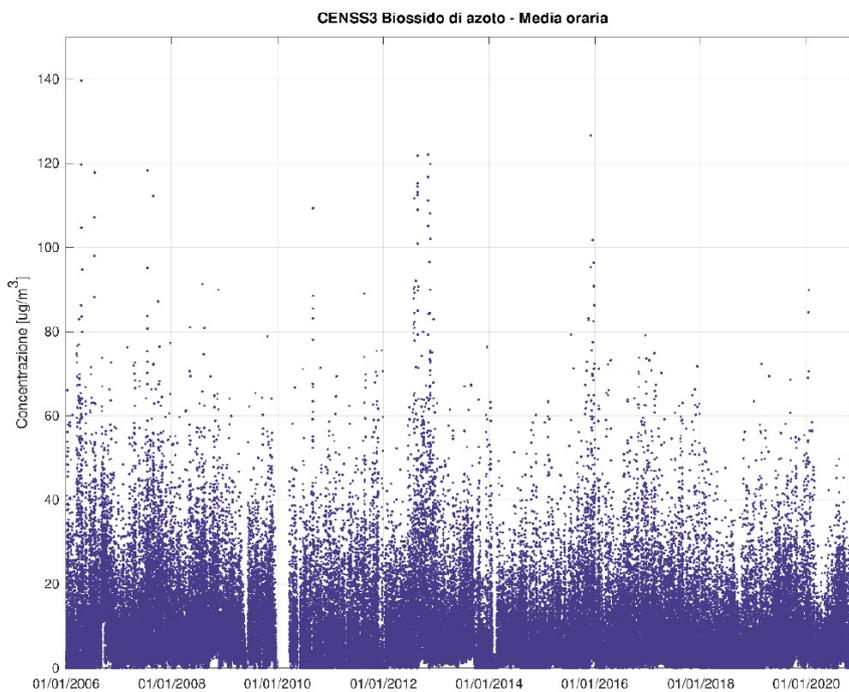
Esiti caratterizzazione Syndial (ENI) 2005-2007 e Fiume Santo (ENDESA)  
Distribuzione spaziale superamenti CSC normalizzati - Parametro: Piombo

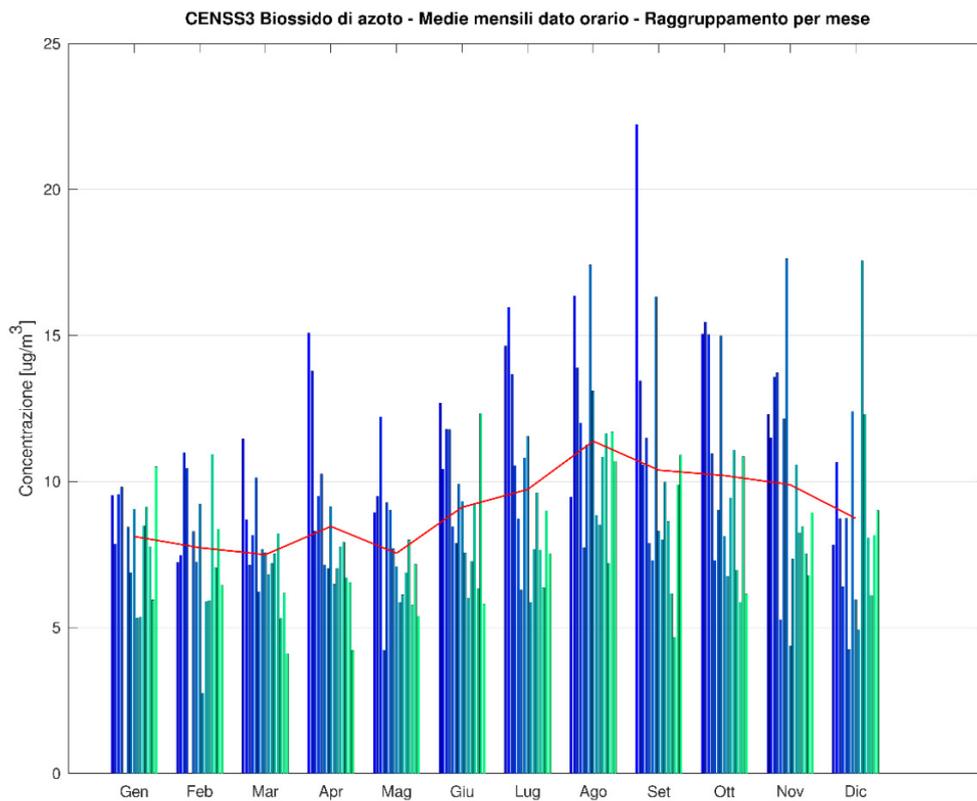
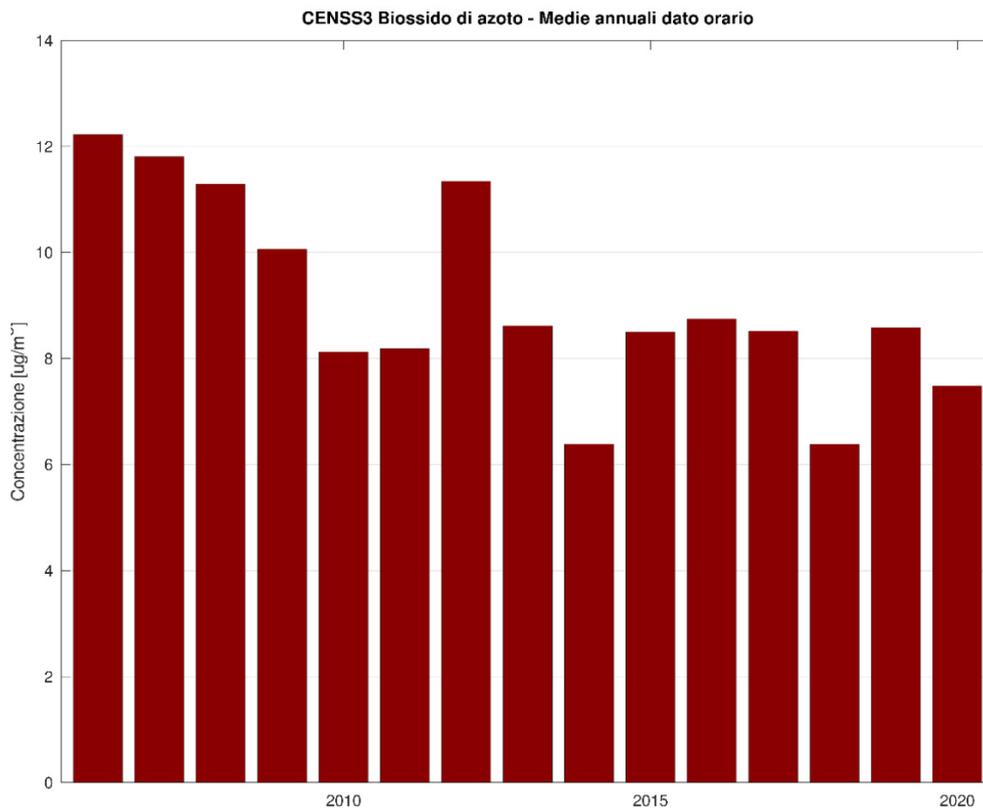


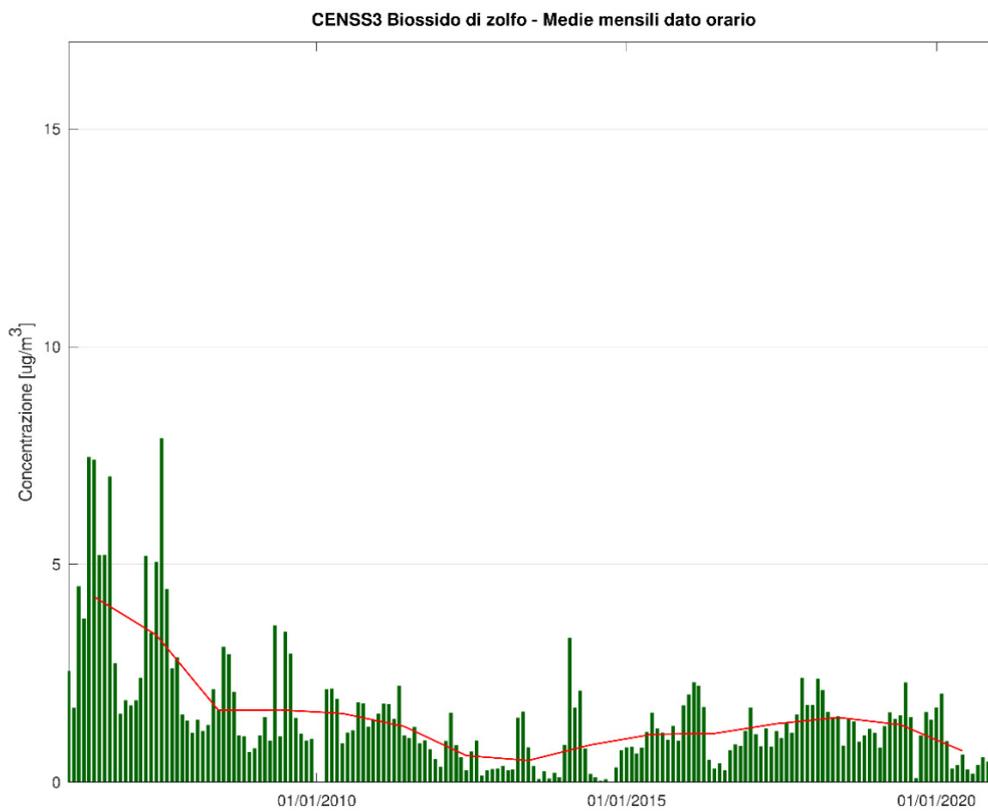
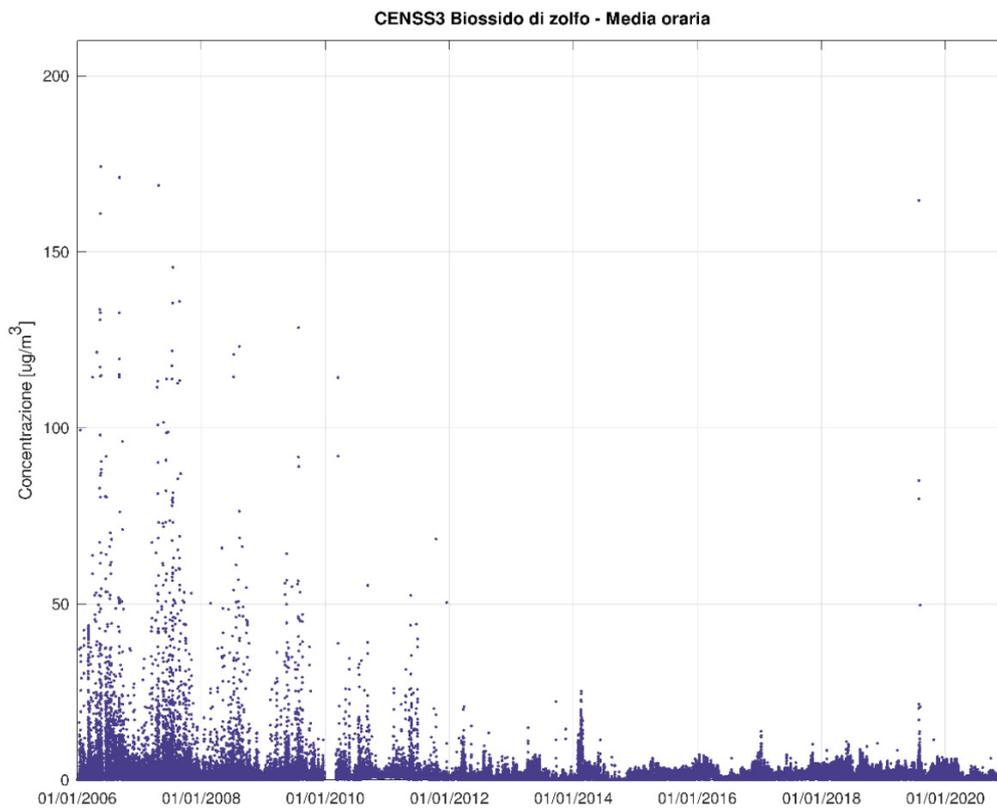
**ALLEGATO 2 al capitolo**

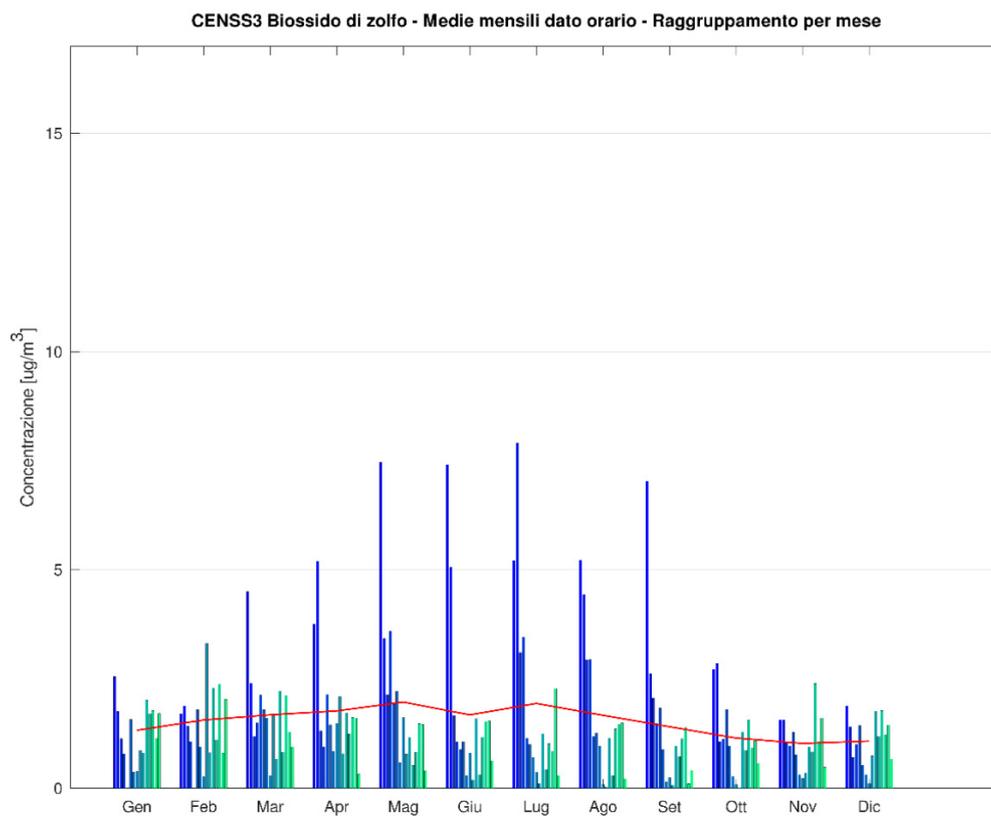
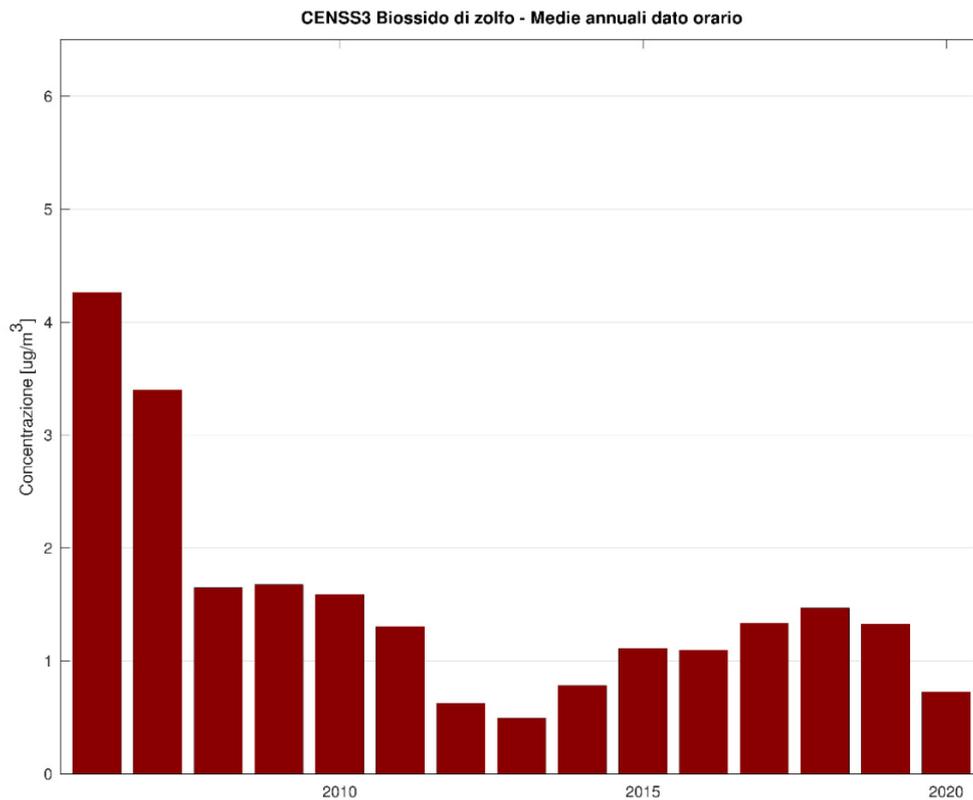
**Andamento temporale dei principali parametri monitorati dalle centraline della rete di qualità dell'aria nelle vicinanze del SIN "Aree industriali di Porto Torres"**

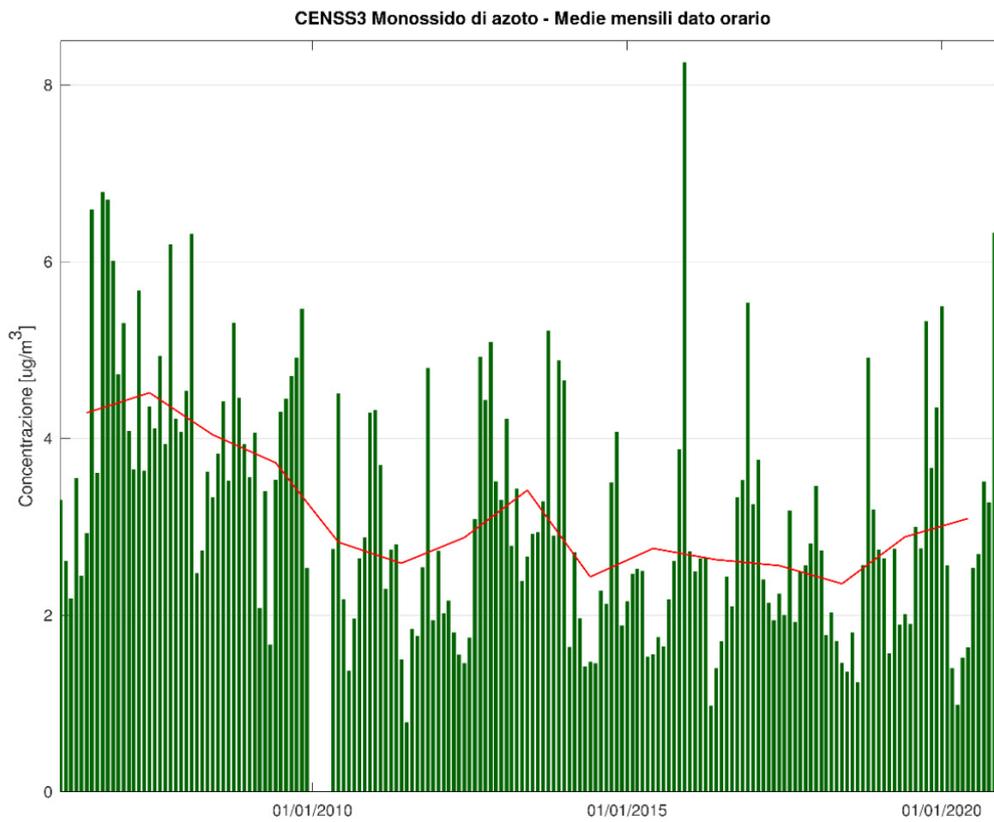
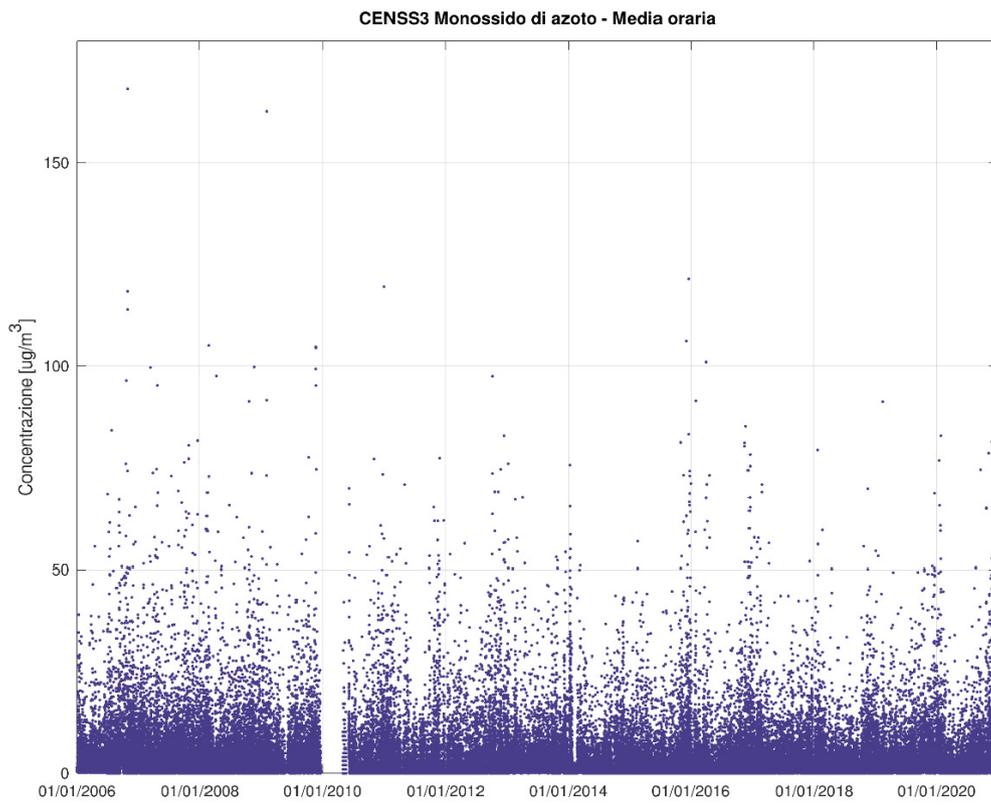
**Stazione CENSS3**

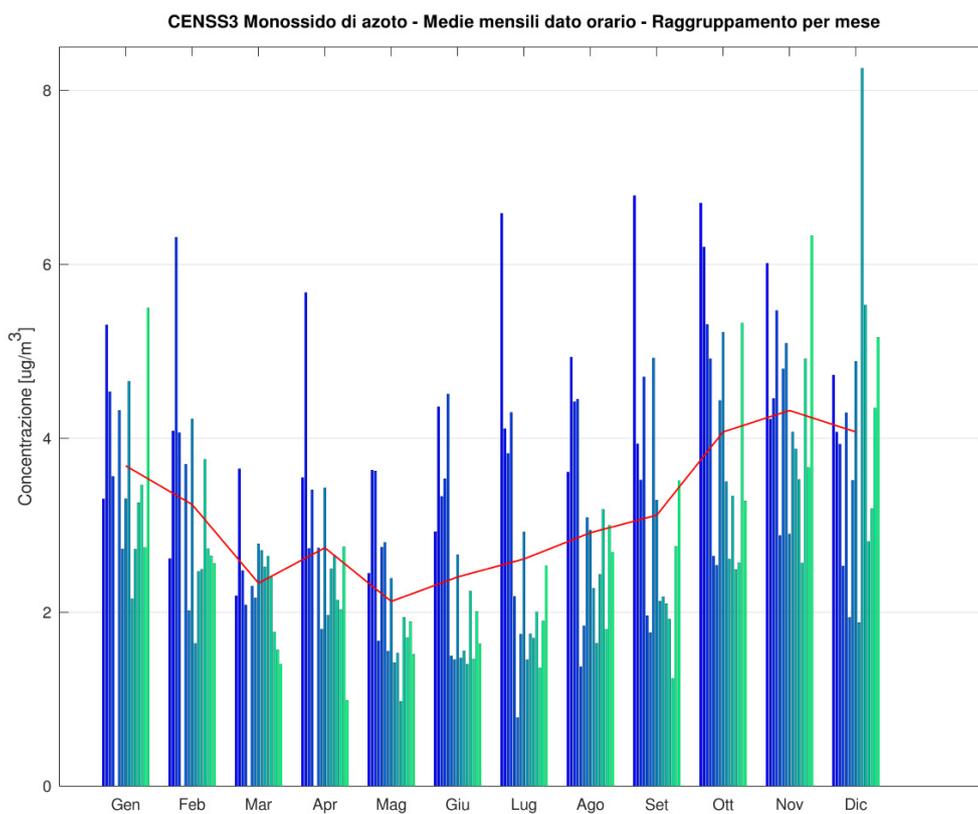
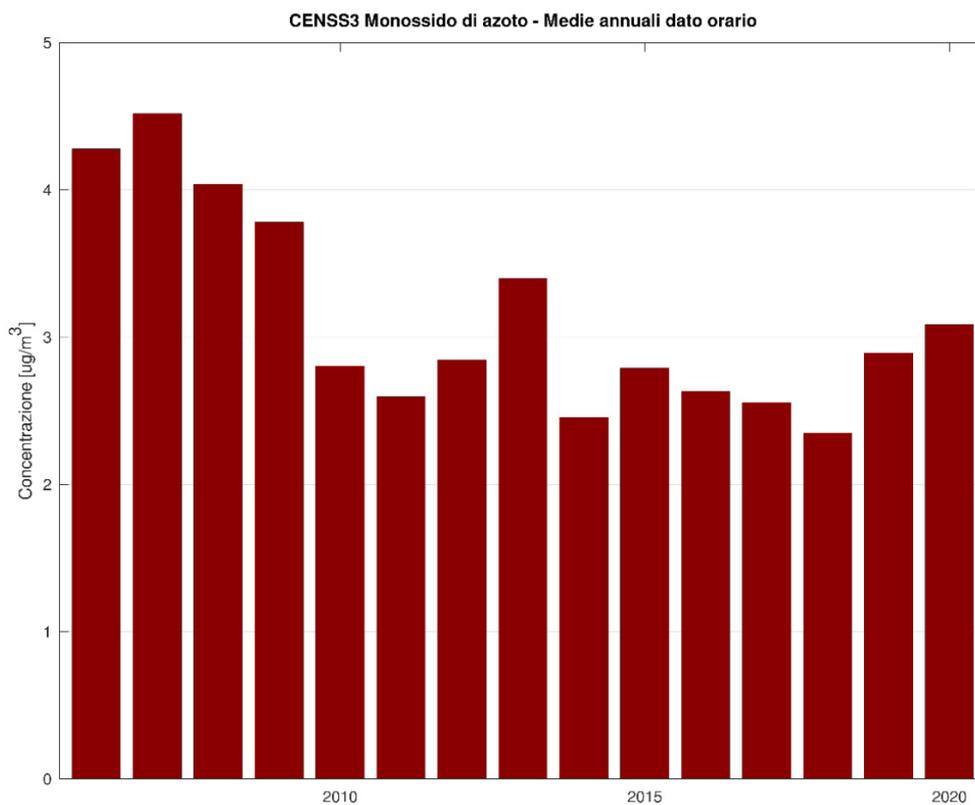


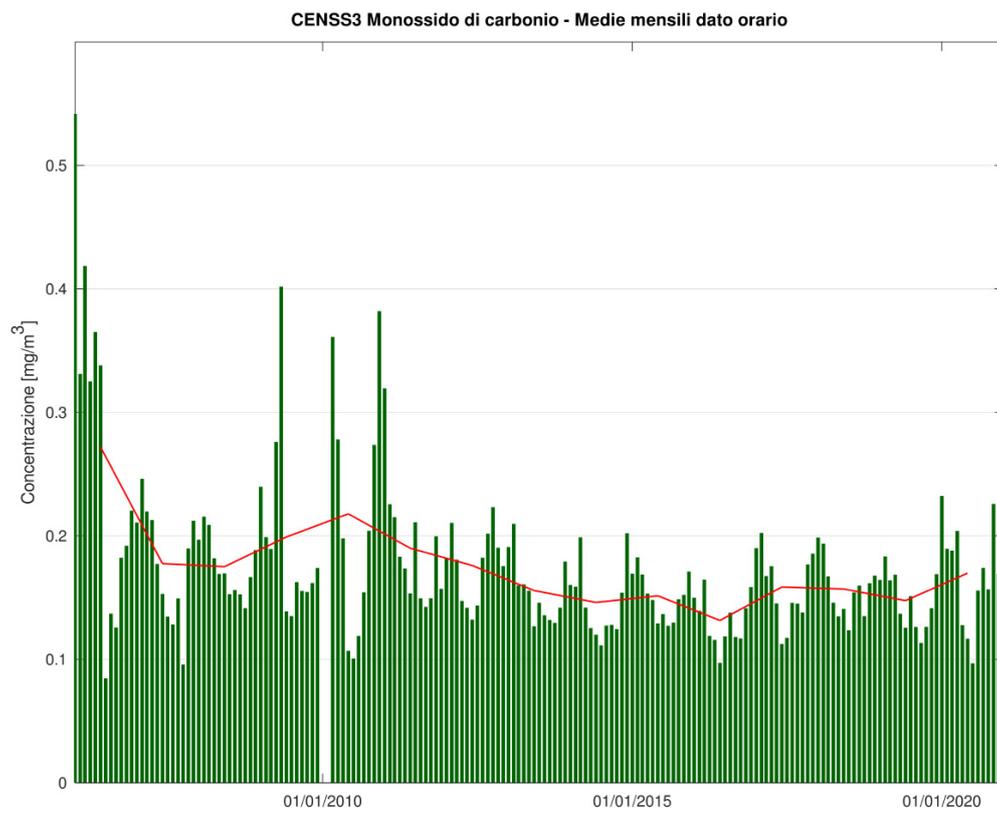
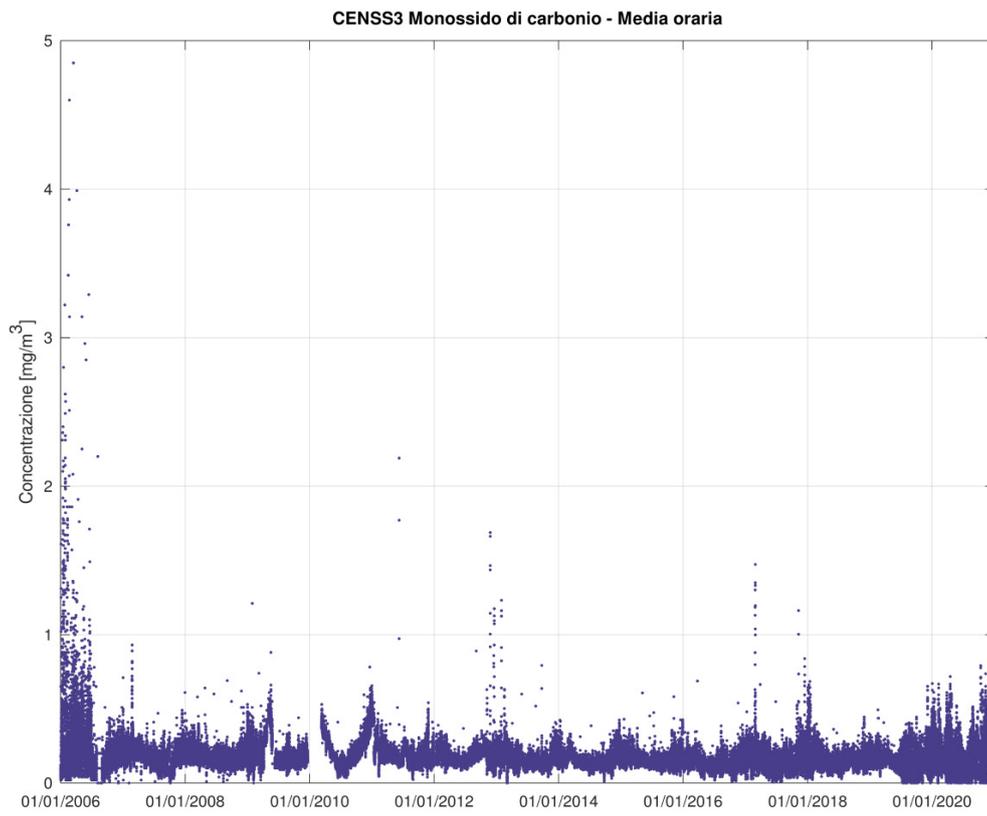


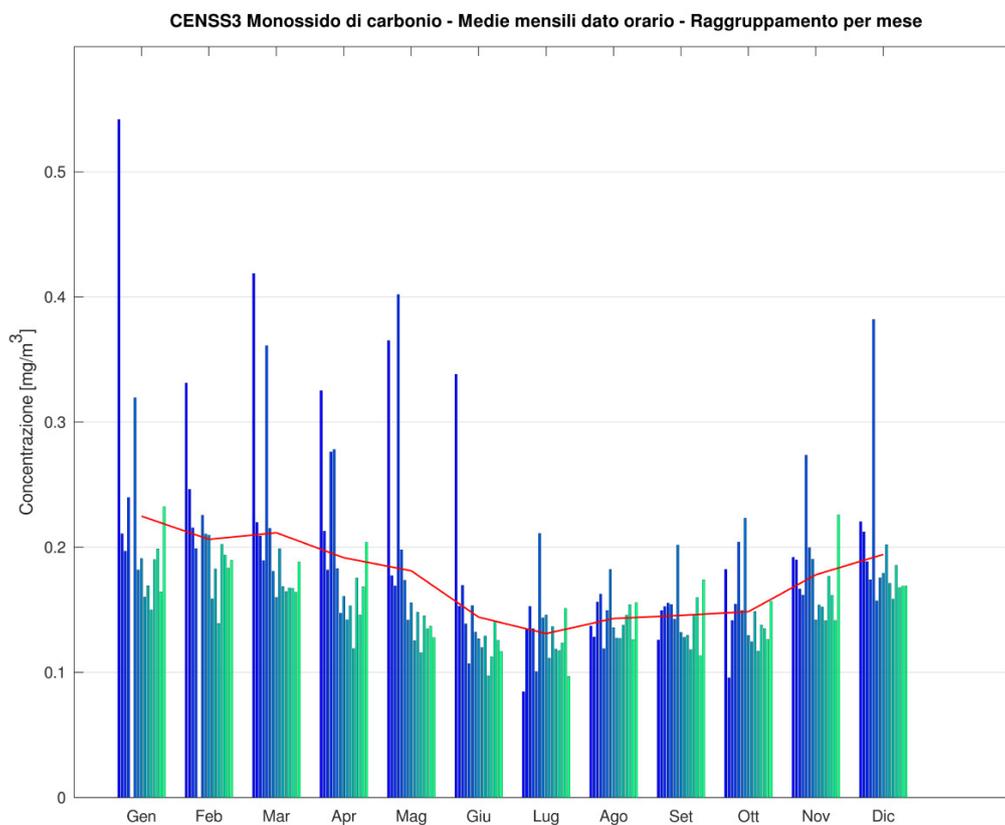
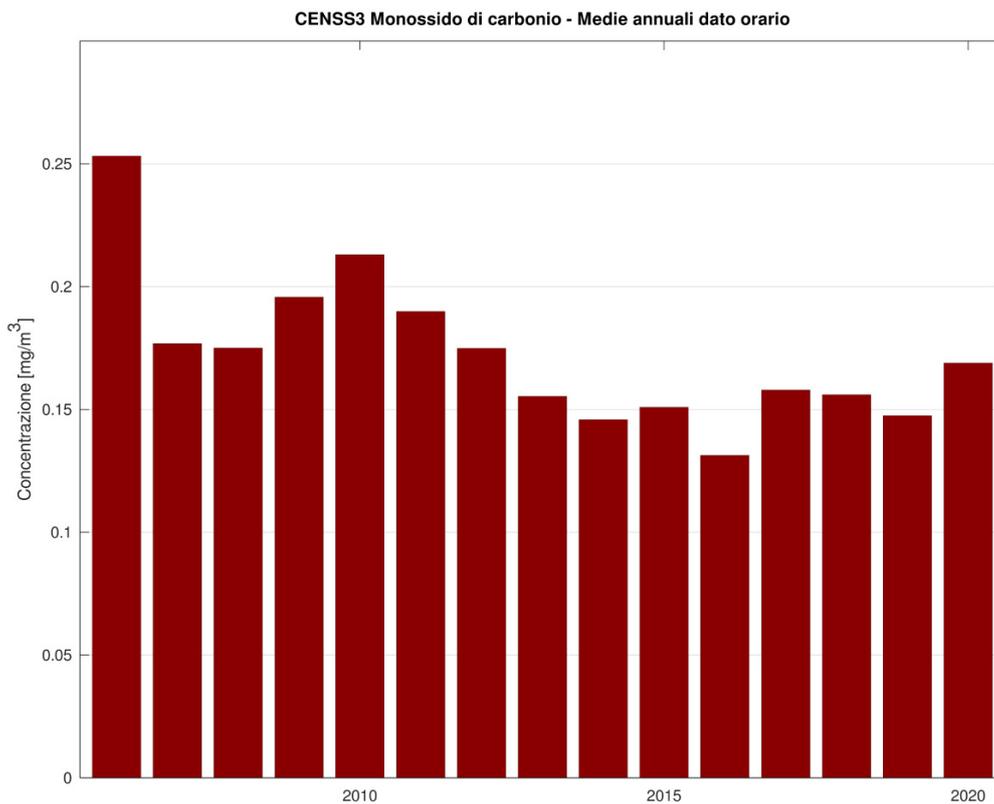




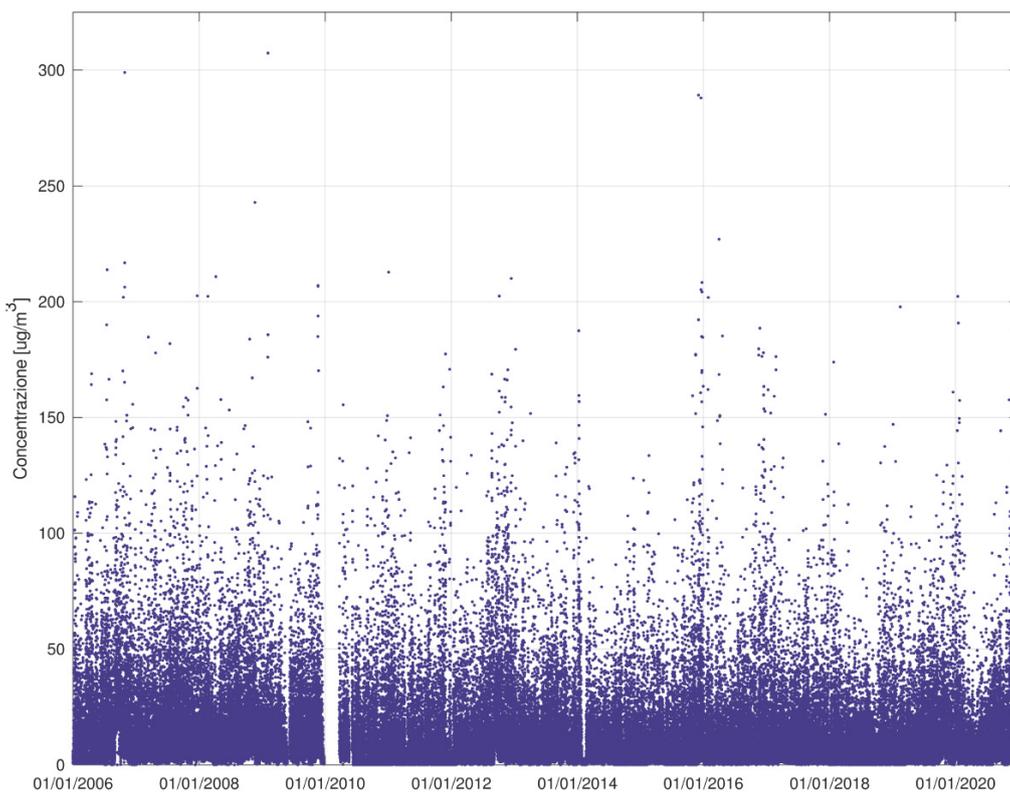




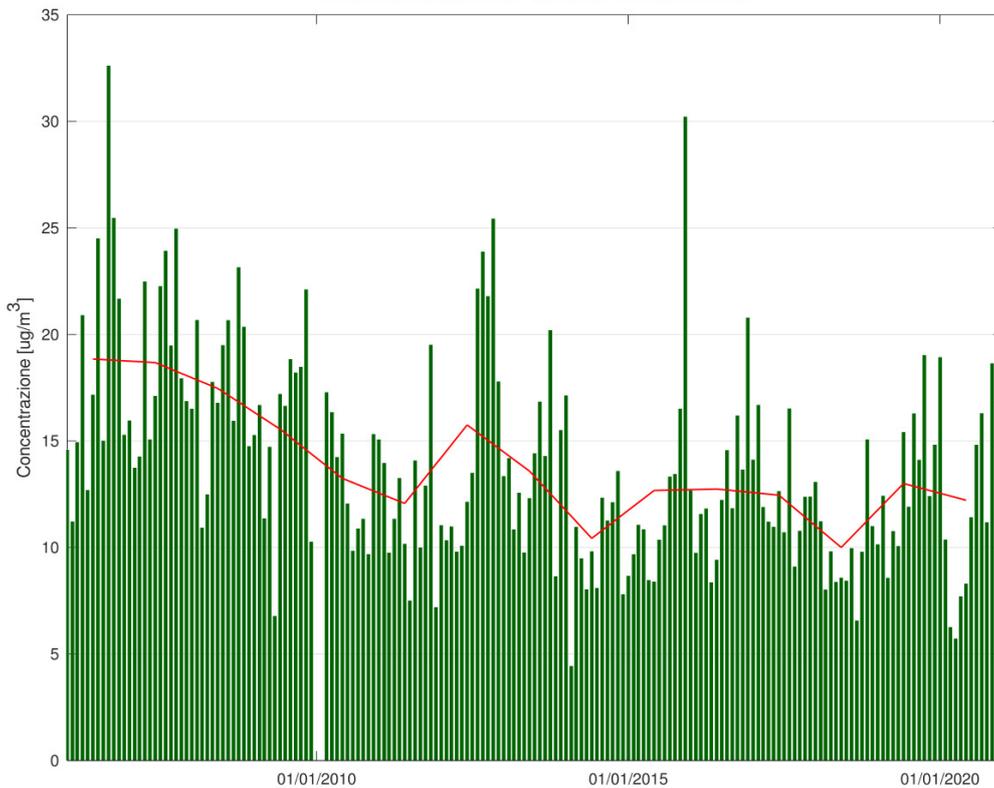


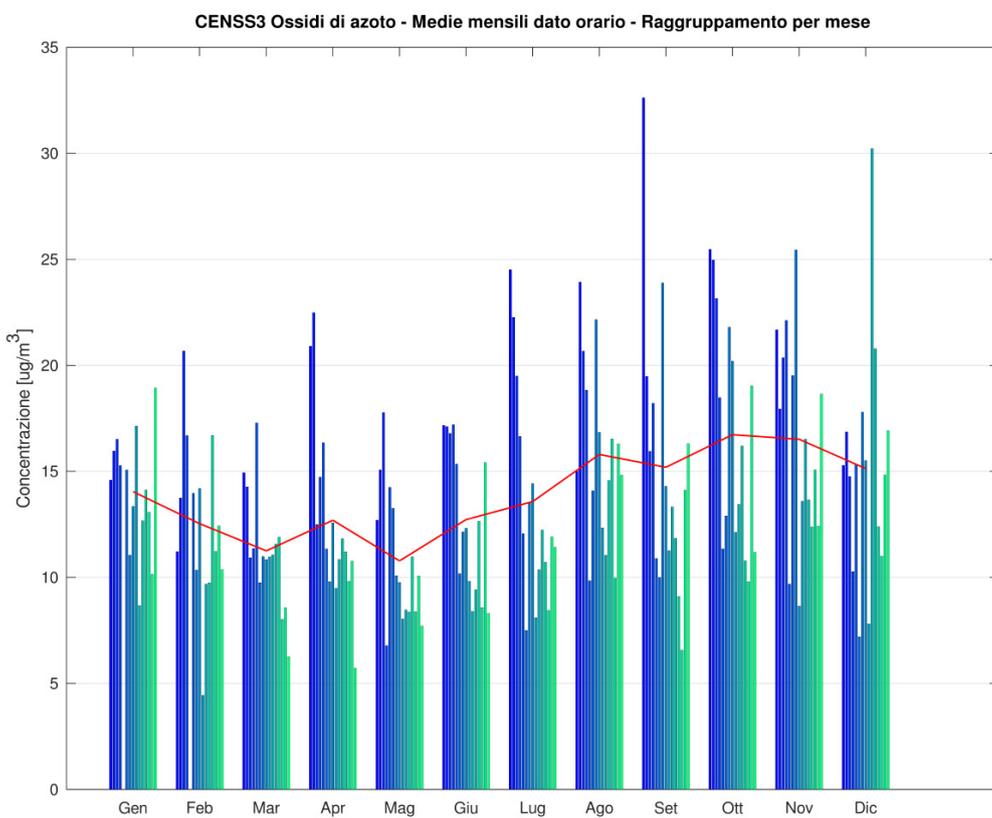
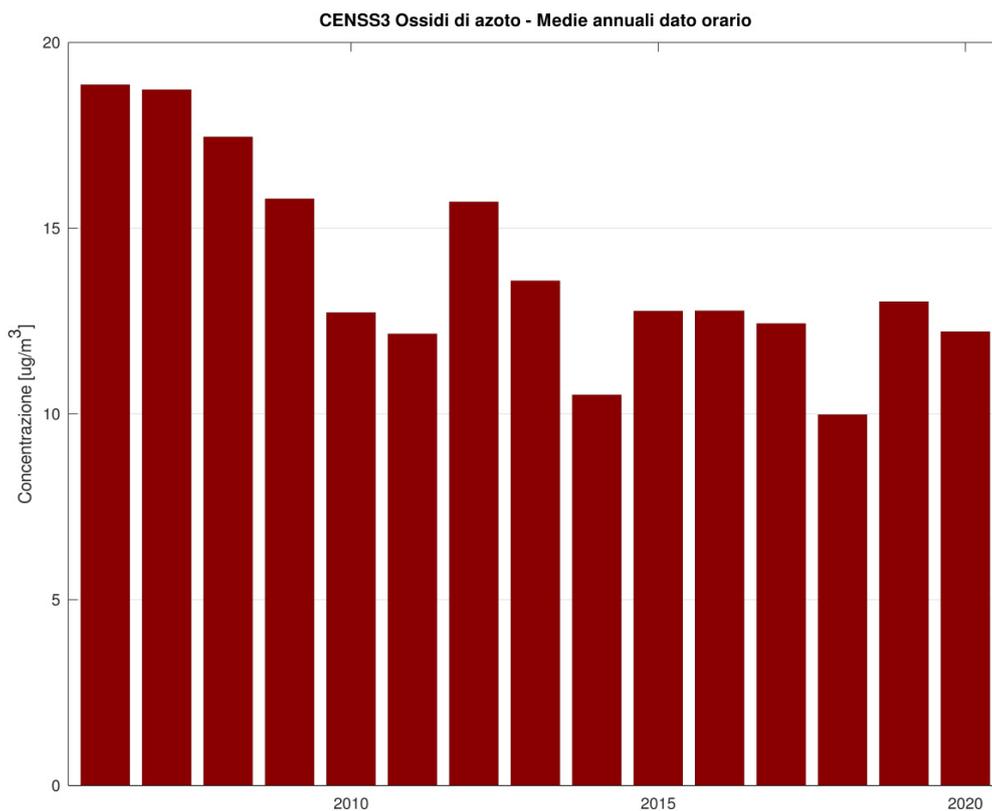


CENSS3 Ossidi di azoto - Media oraria

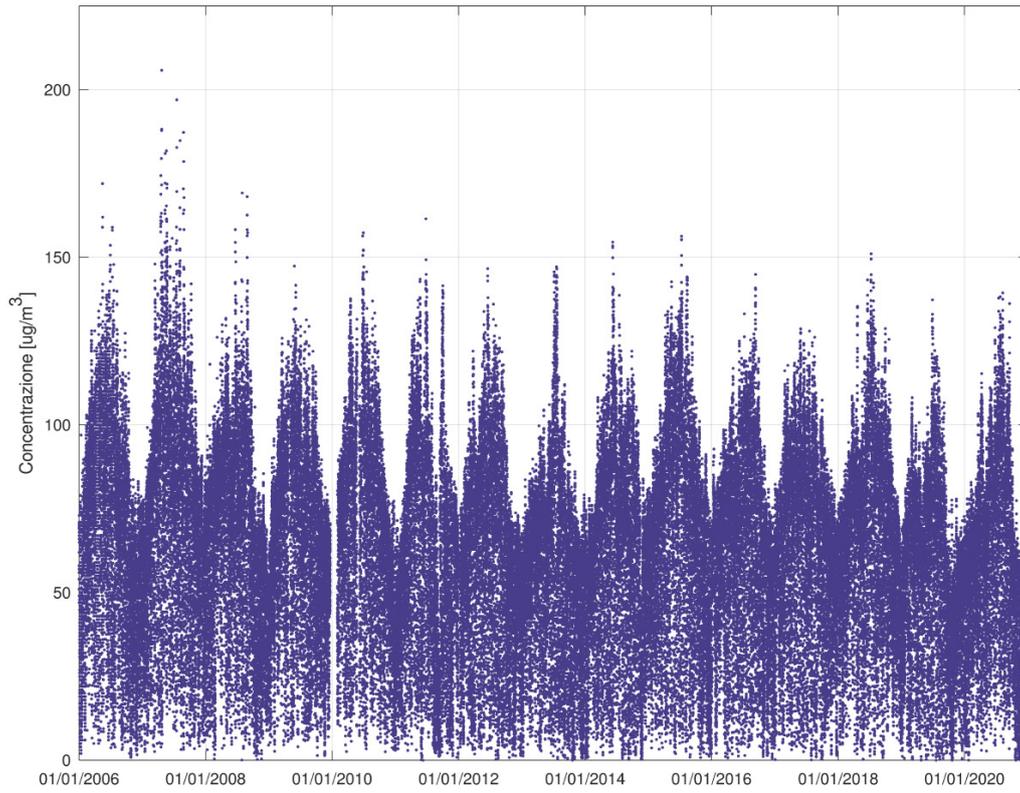


CENSS3 Ossidi di azoto - Medie mensili dato orario

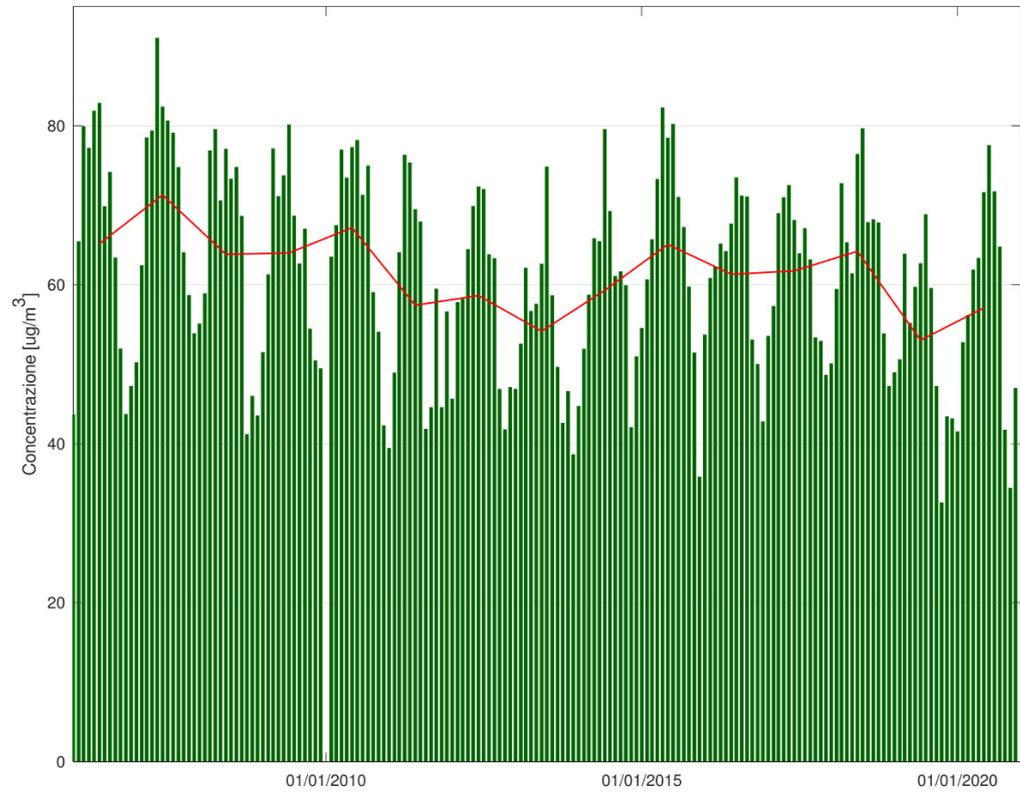


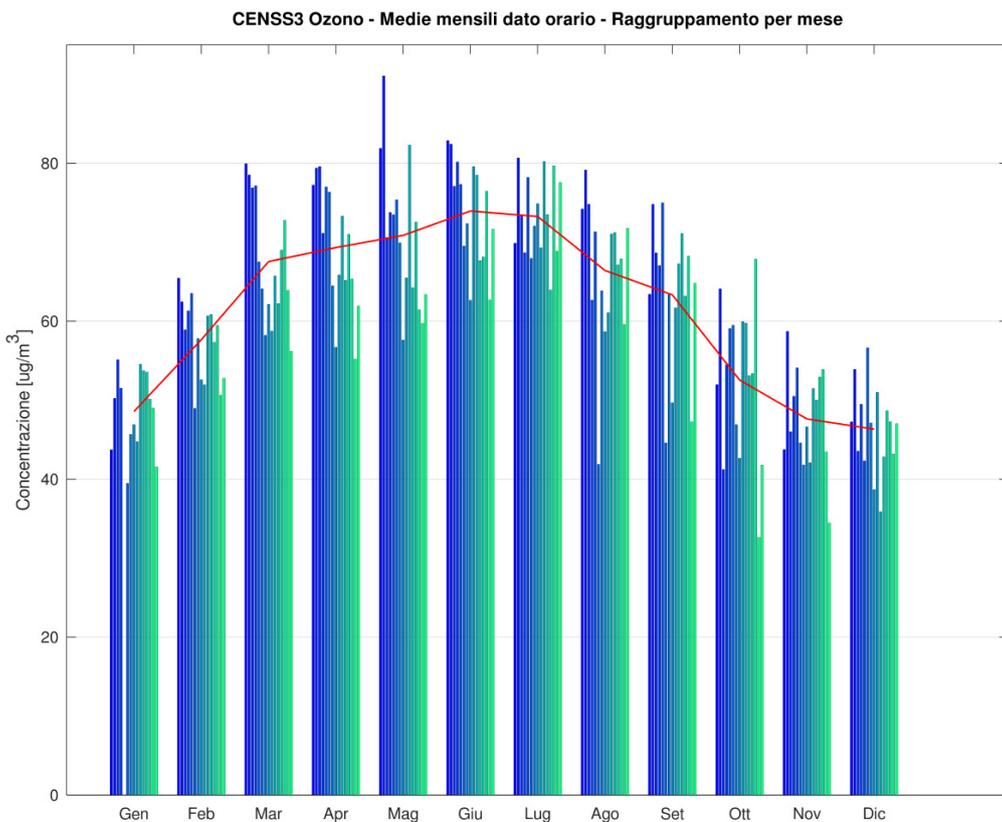
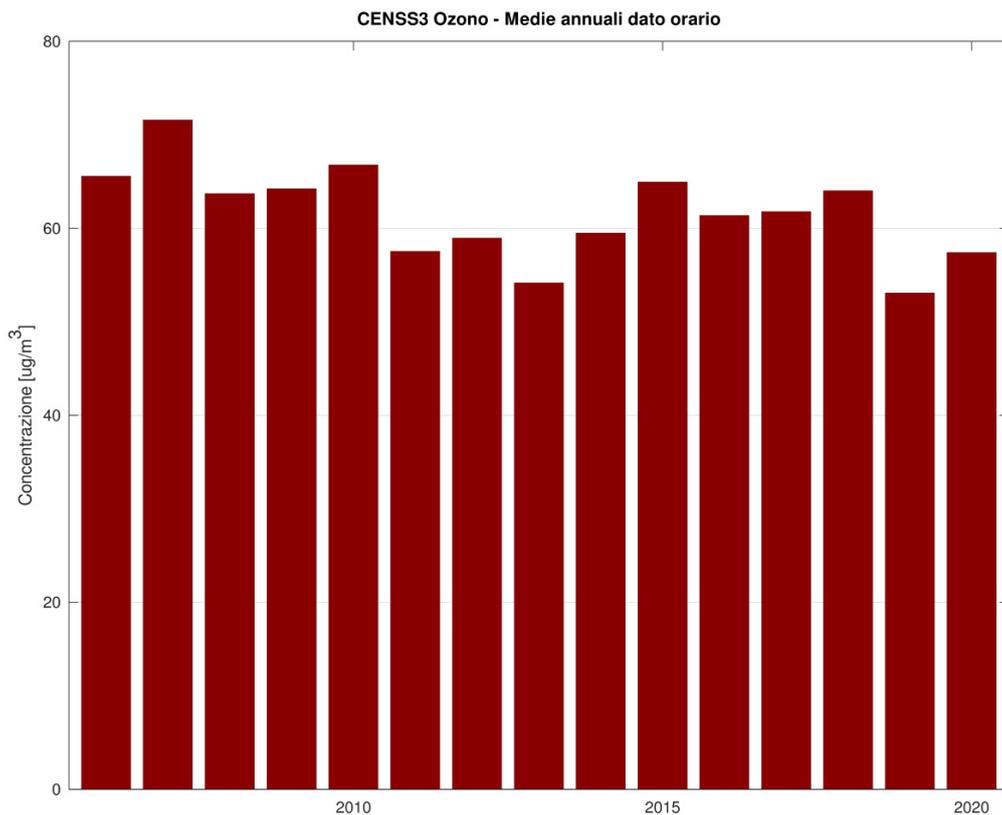


CENSS3 Ozono - Media oraria

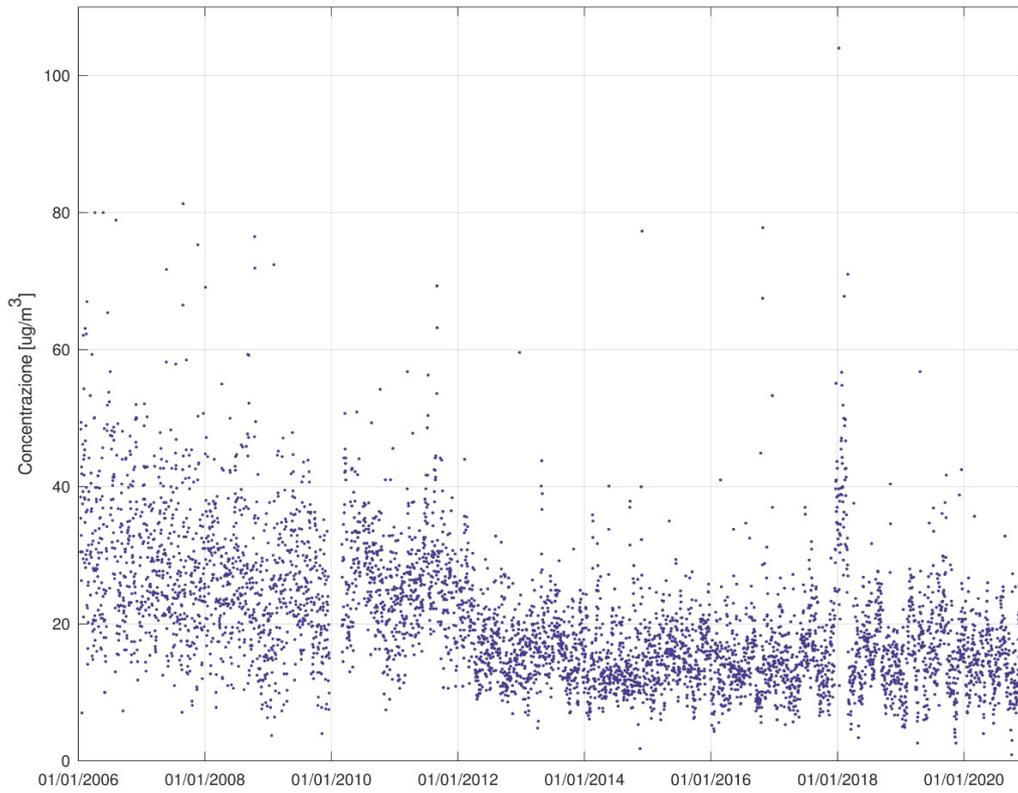


CENSS3 Ozono - Medie mensili dato orario

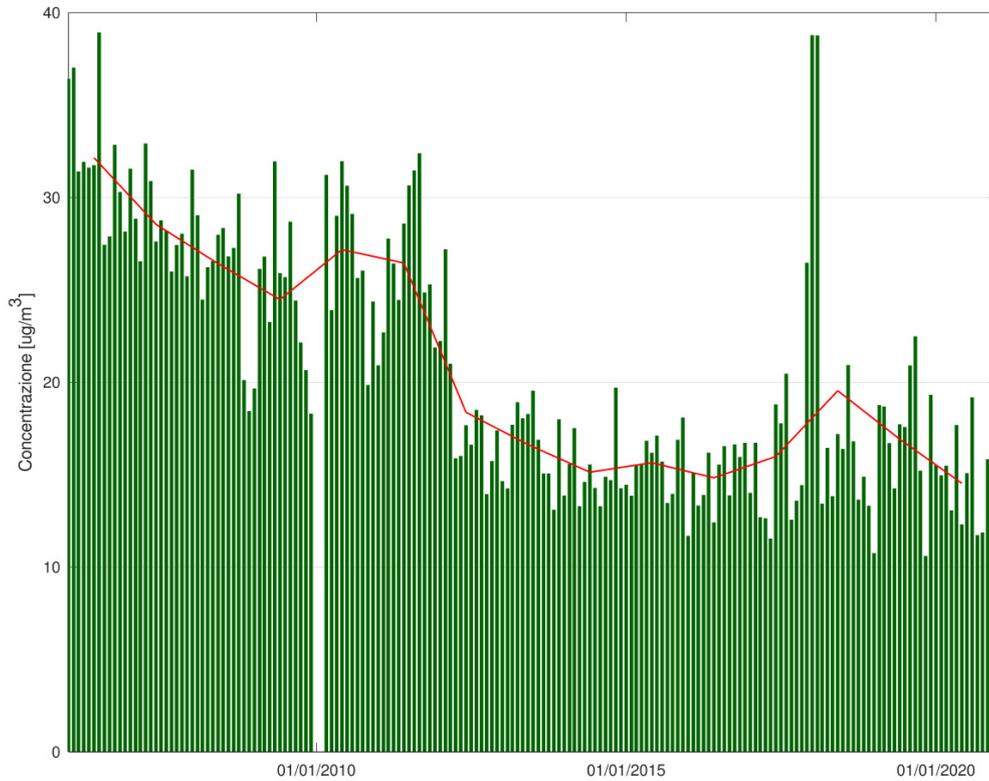


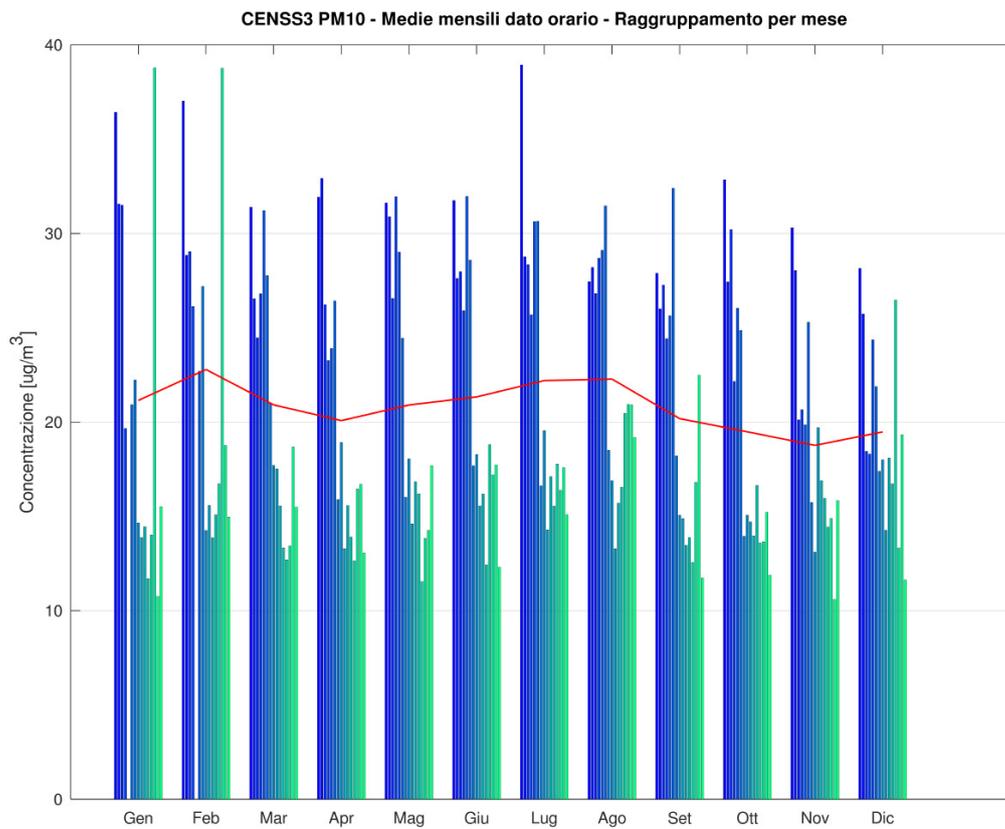
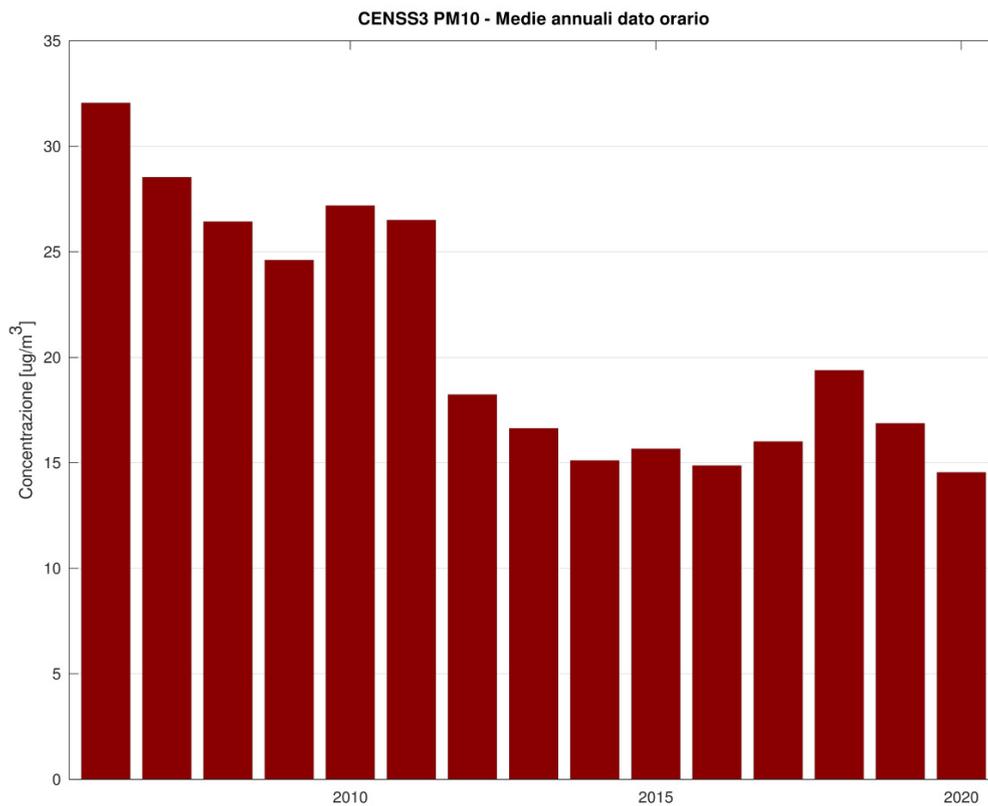


CENSS3 PM10 - Media oraria

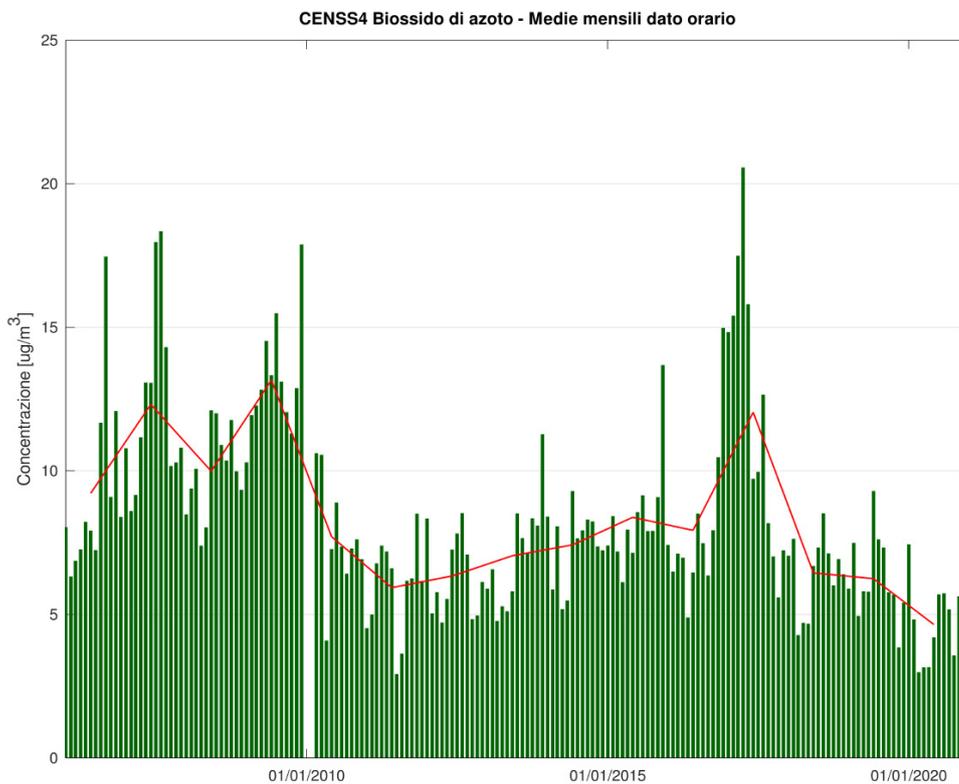
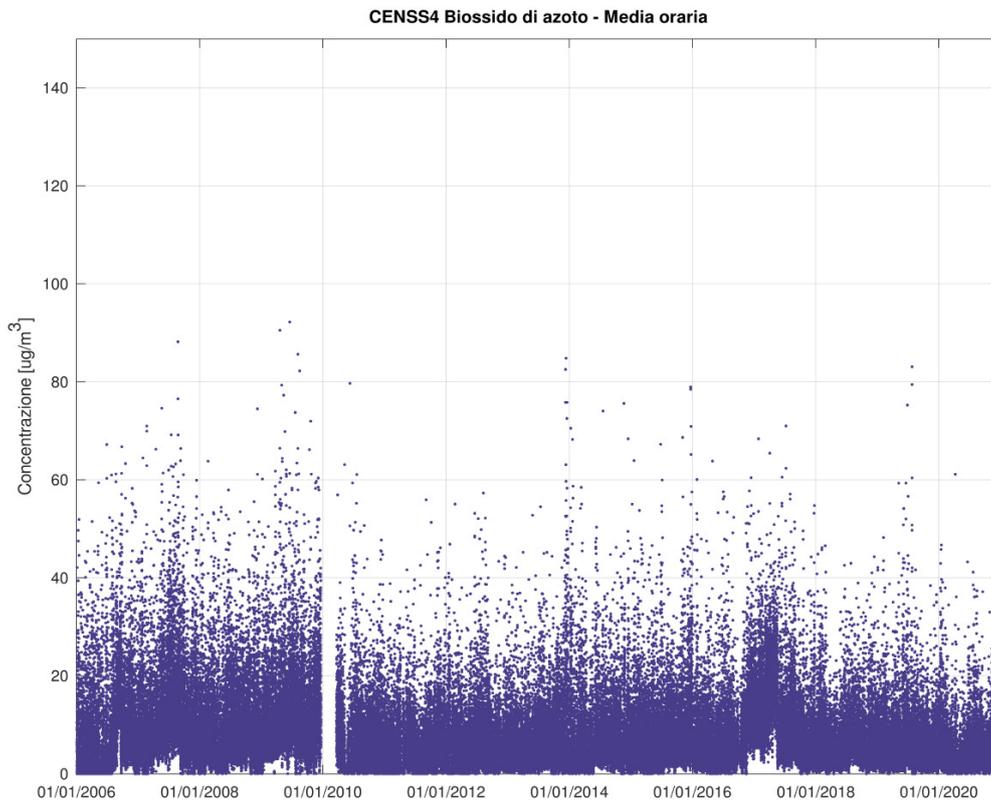


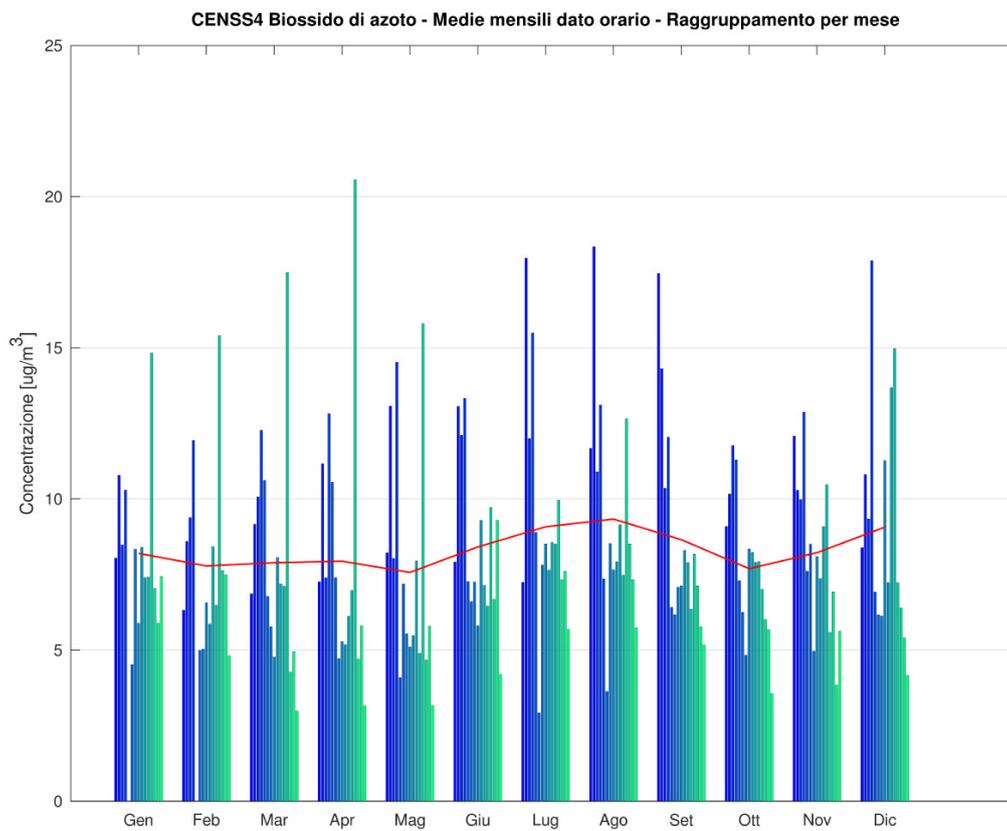
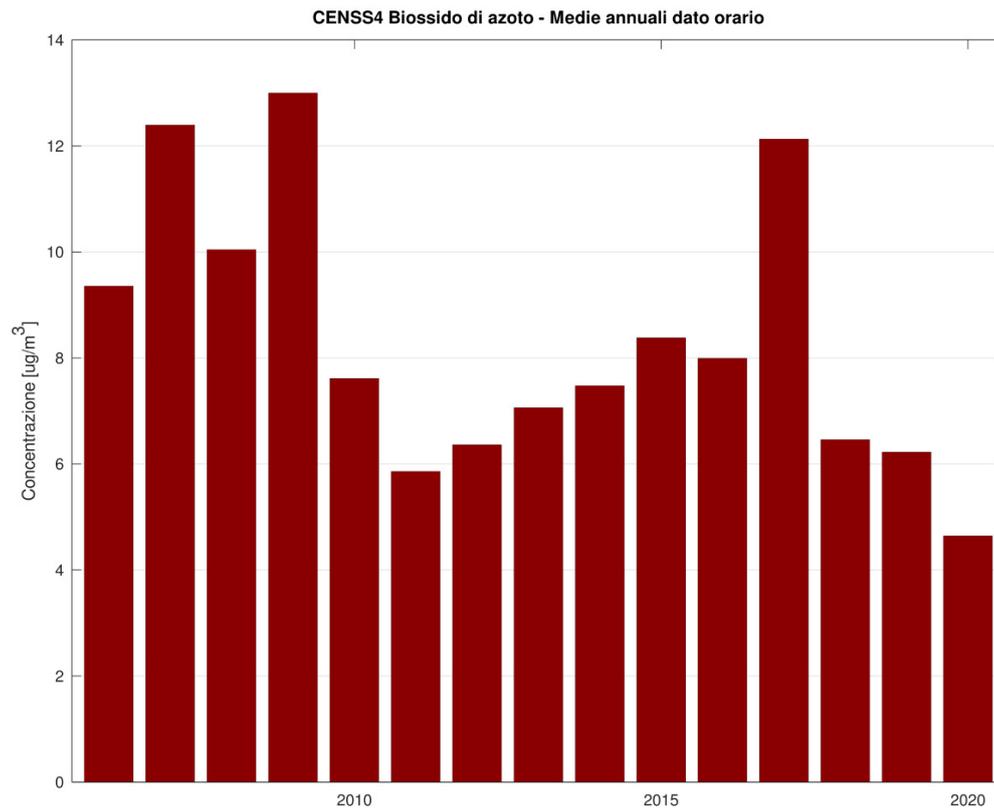
CENSS3 PM10 - Medie mensili dato orario

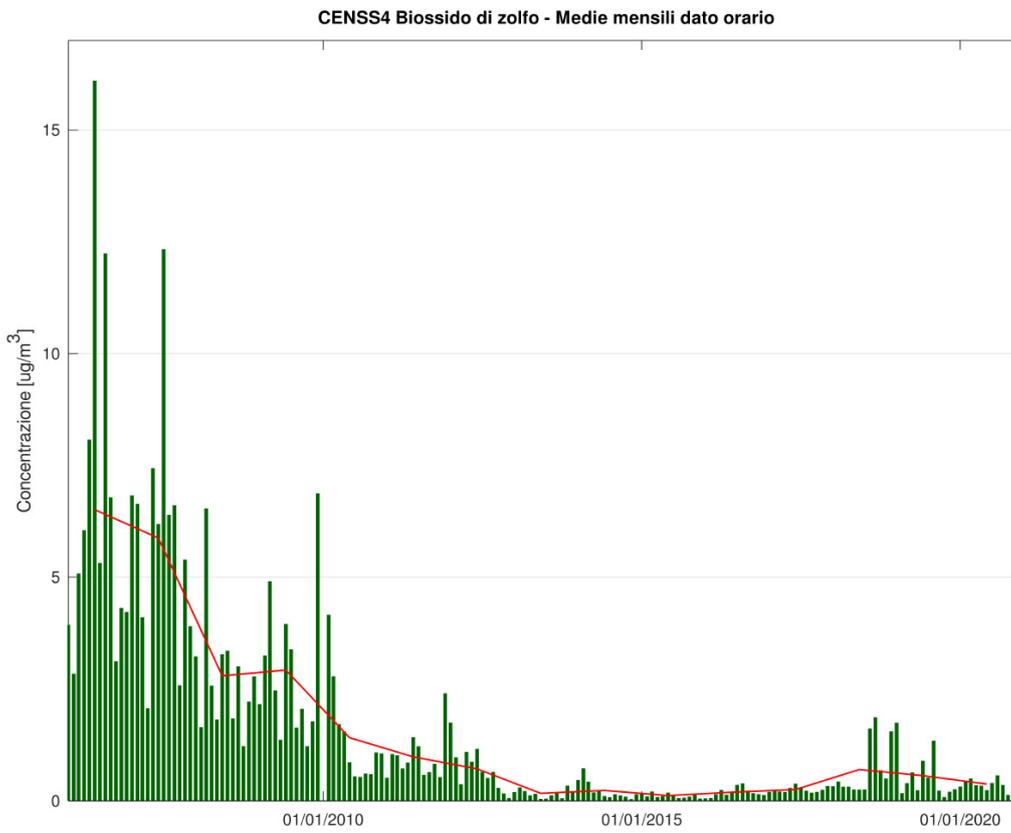
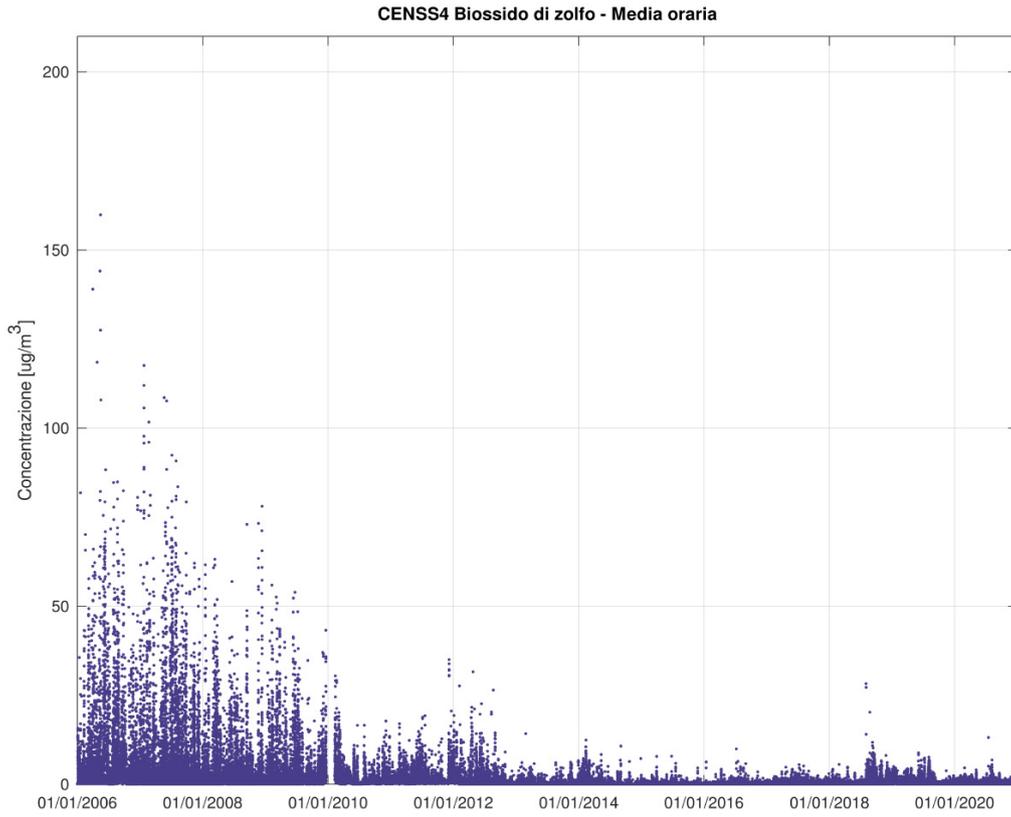


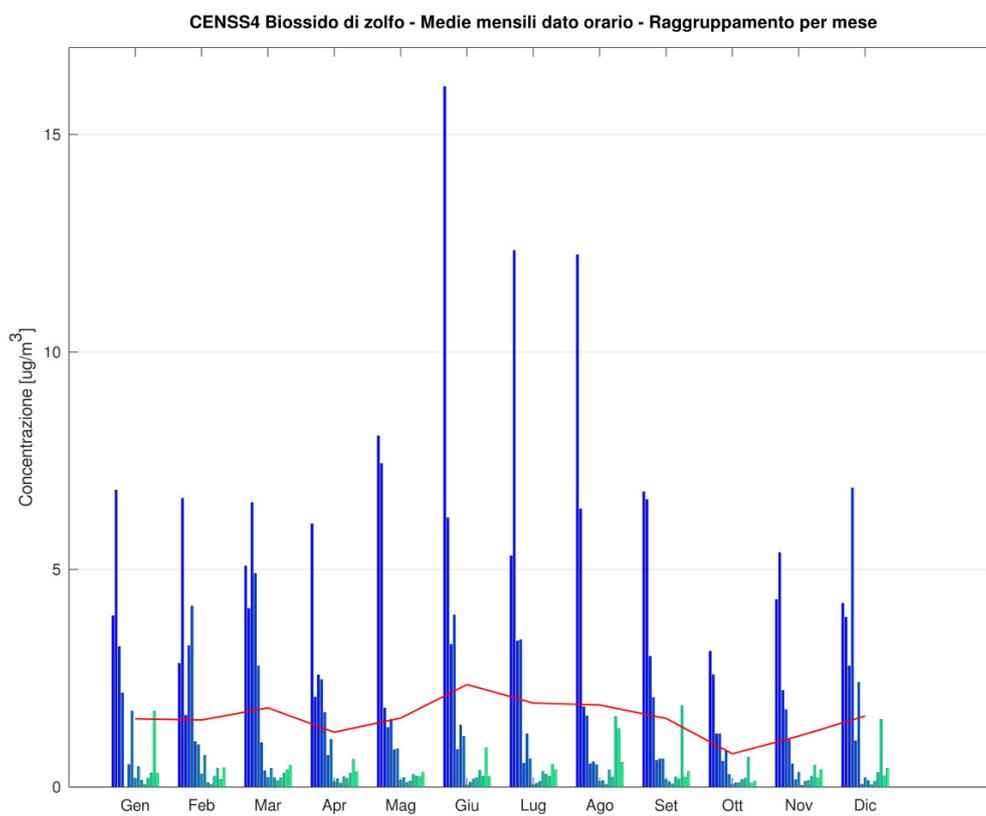
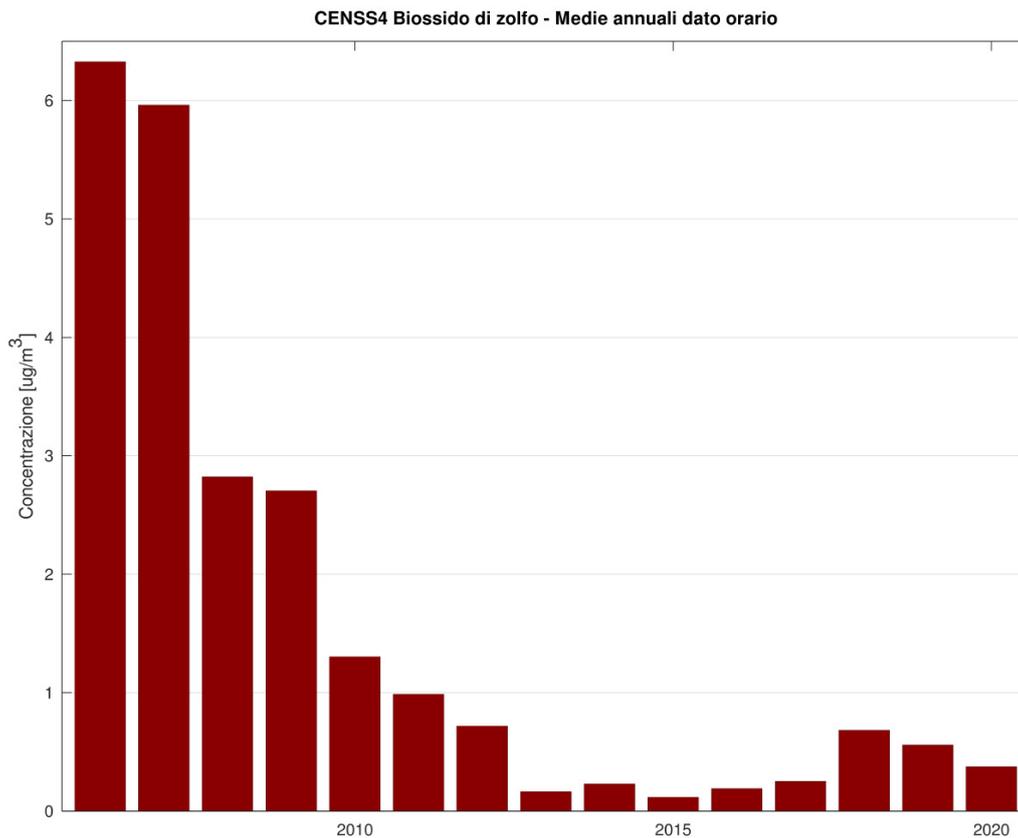


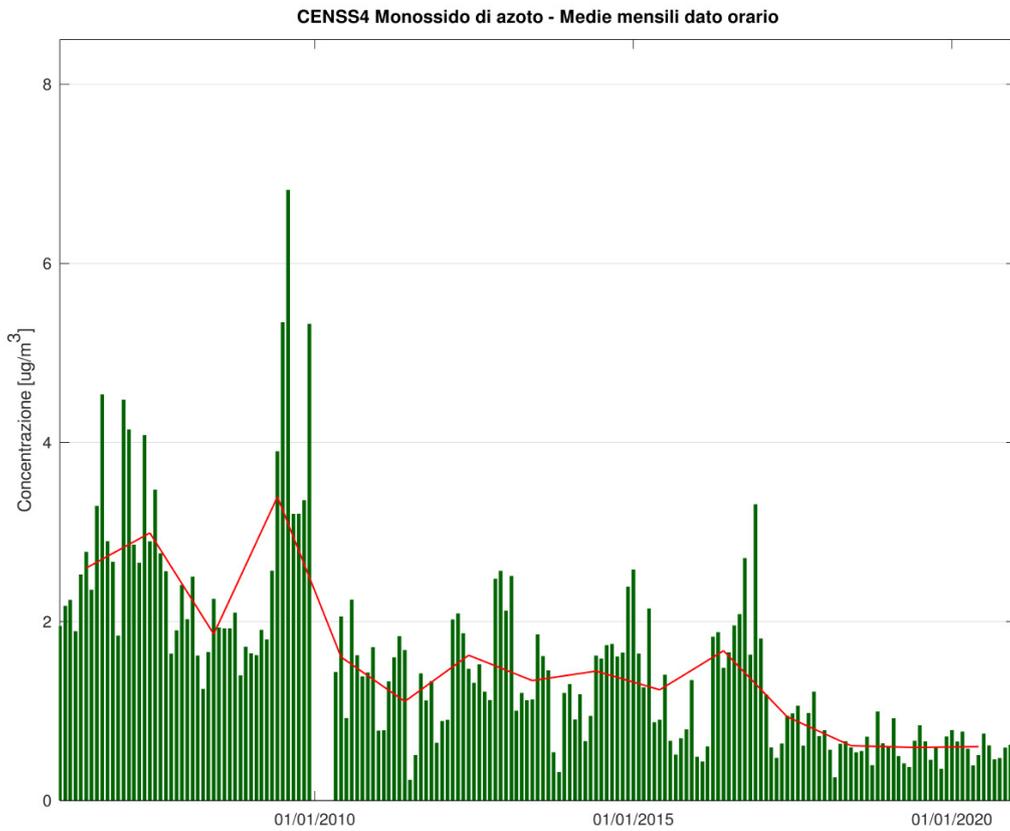
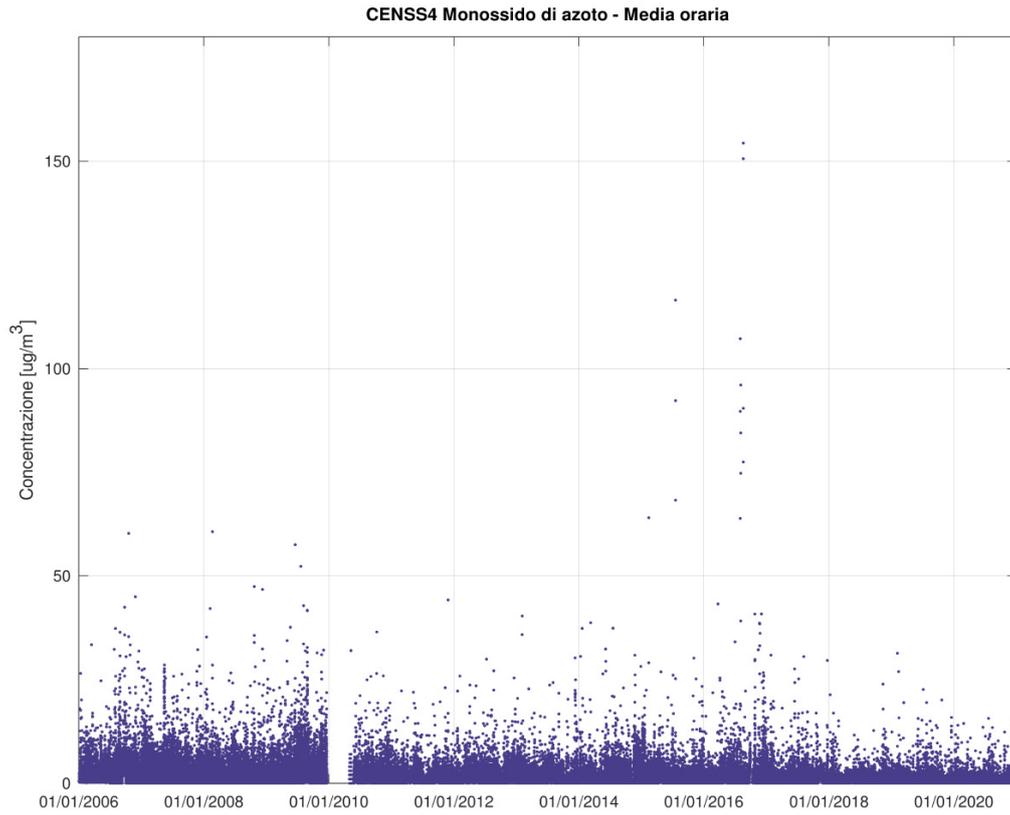
### Stazione CENSS4

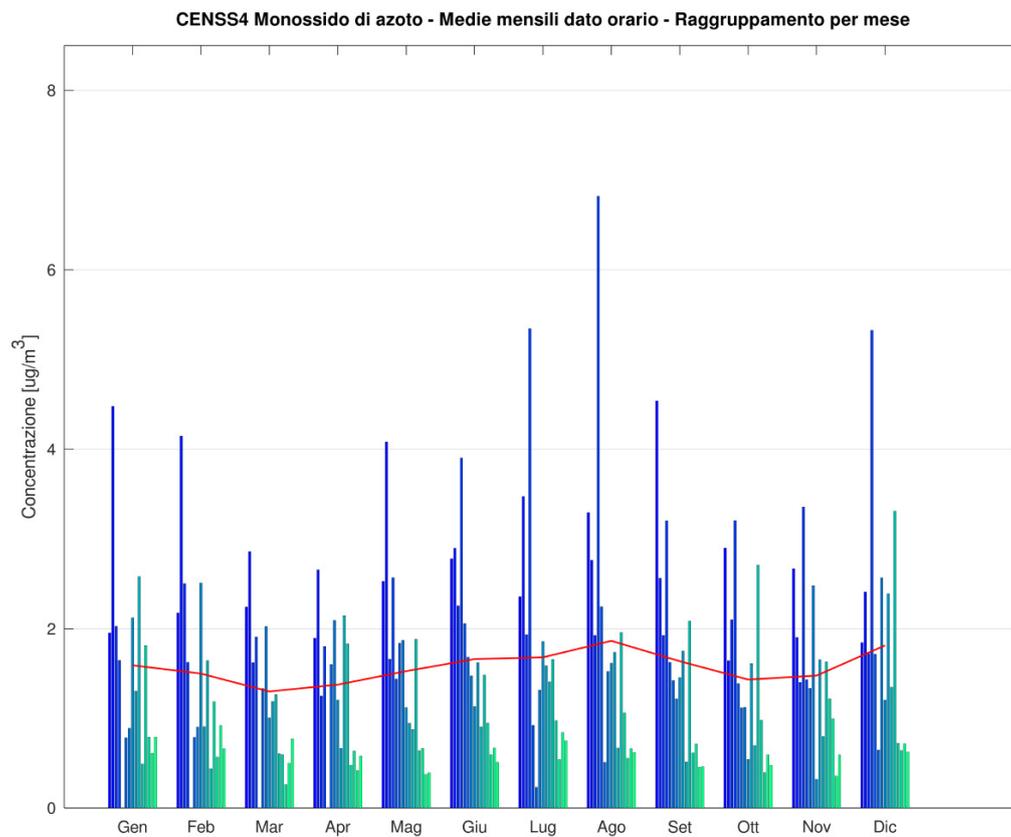
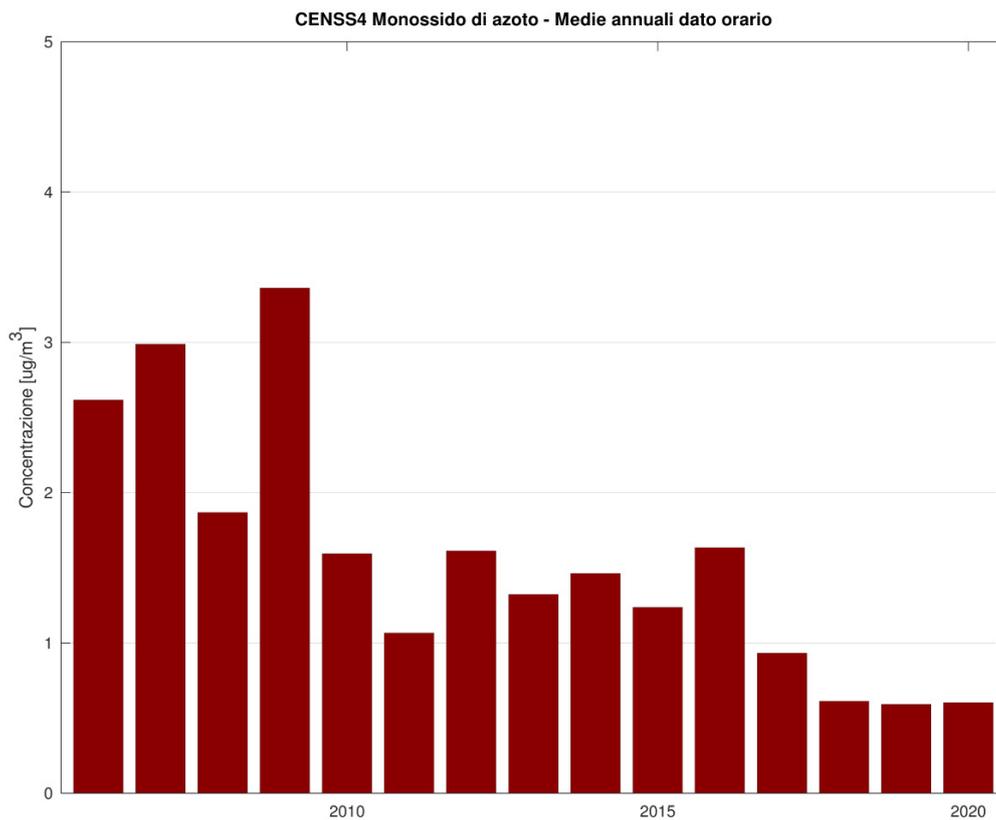




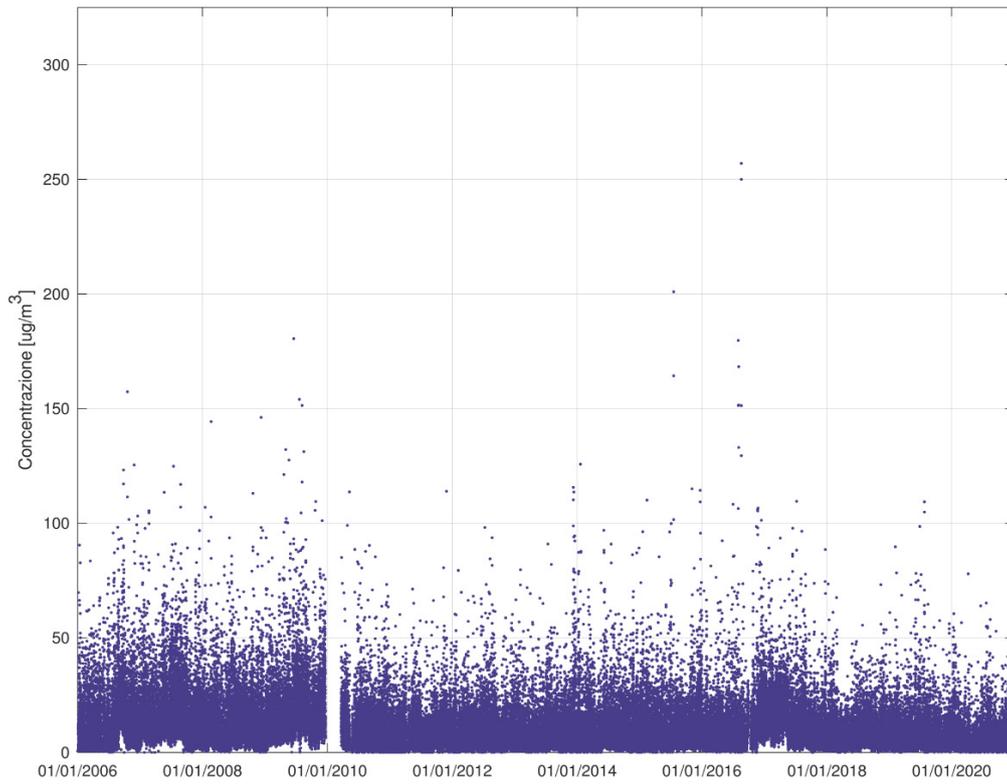




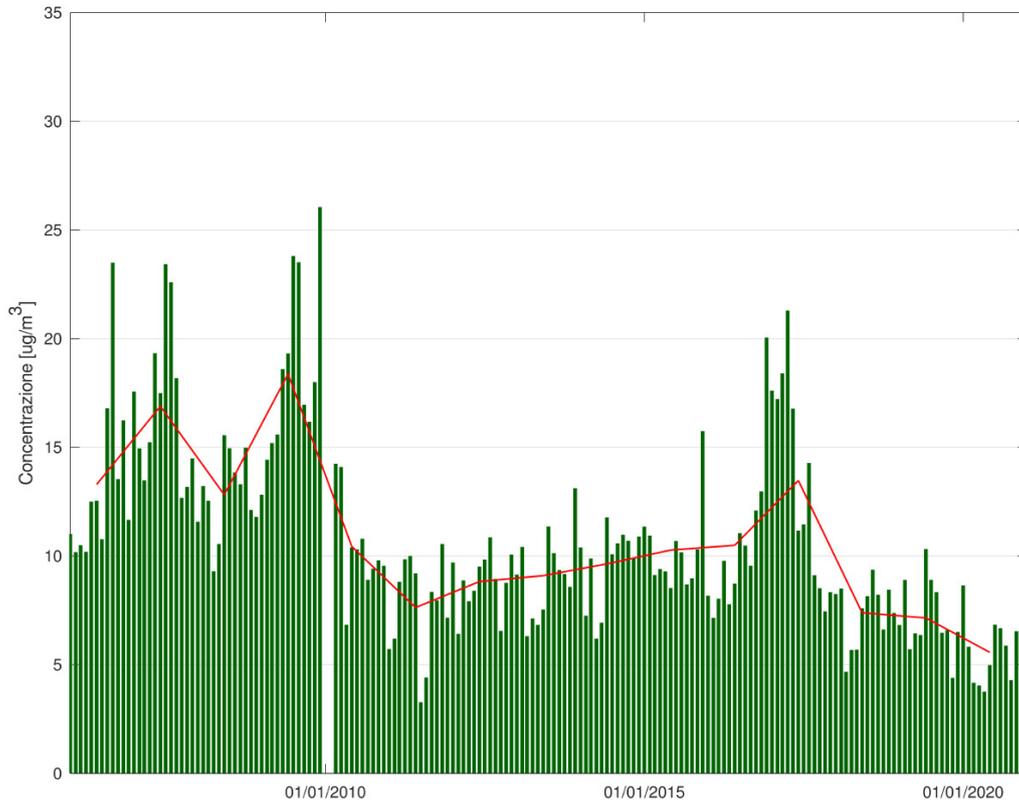


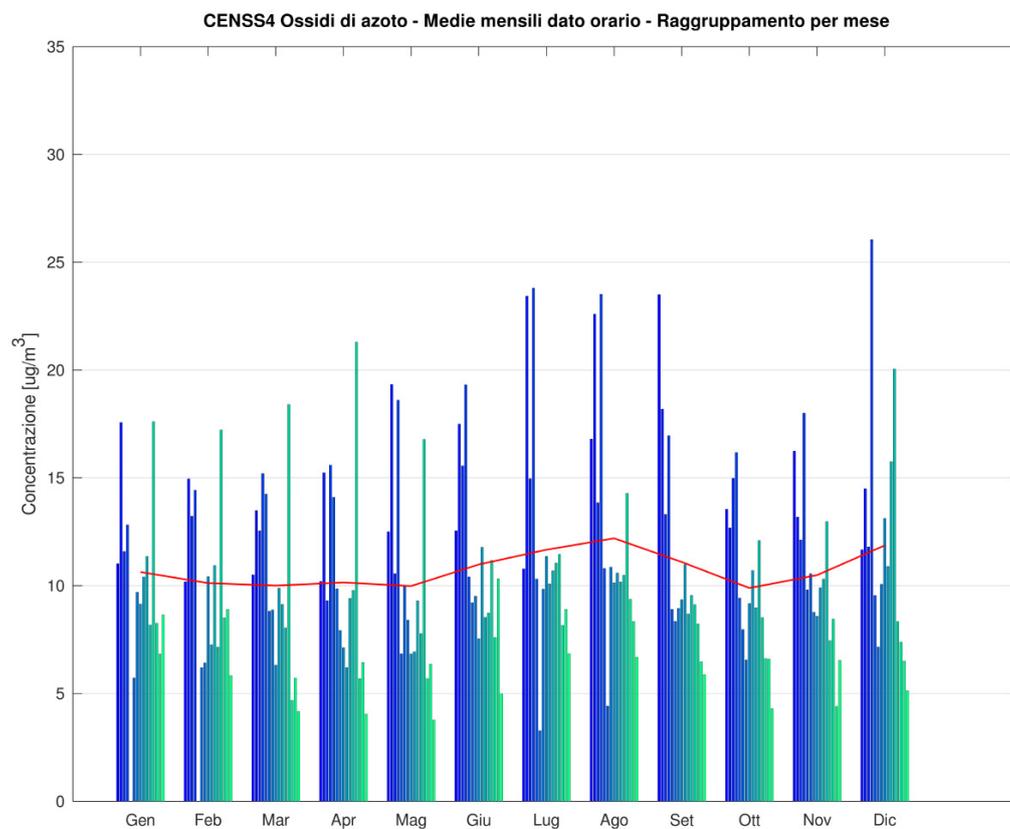
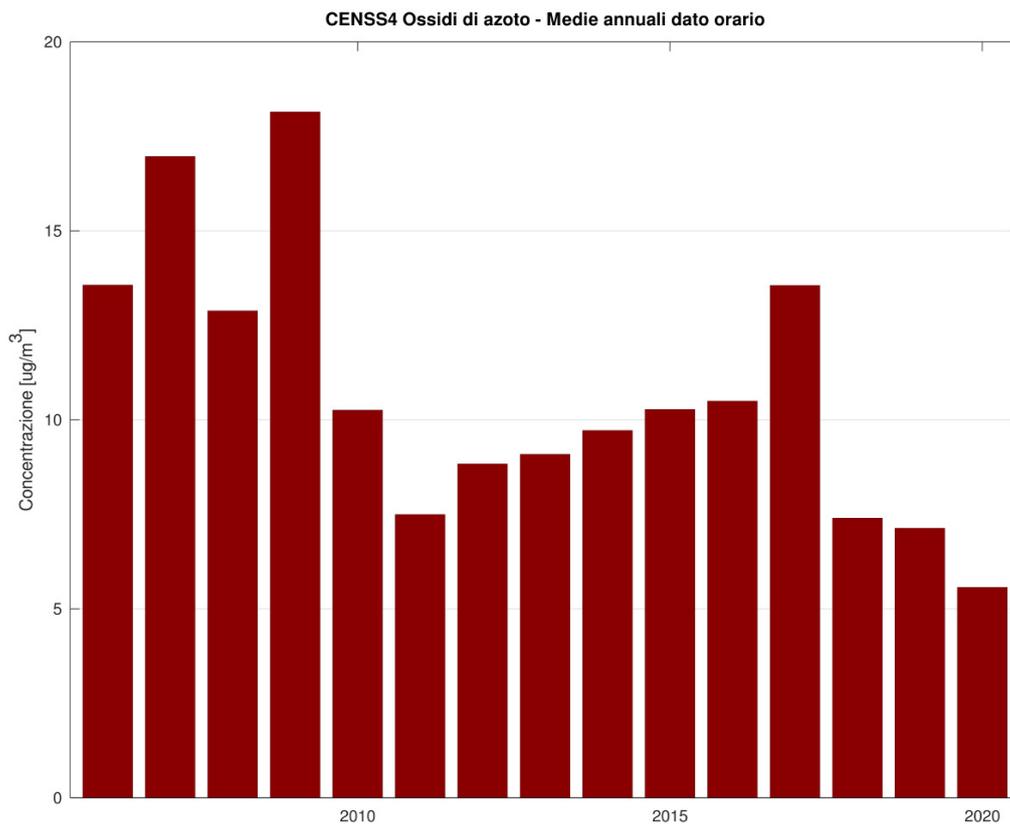


CENSS4 Ossidi di azoto - Media oraria

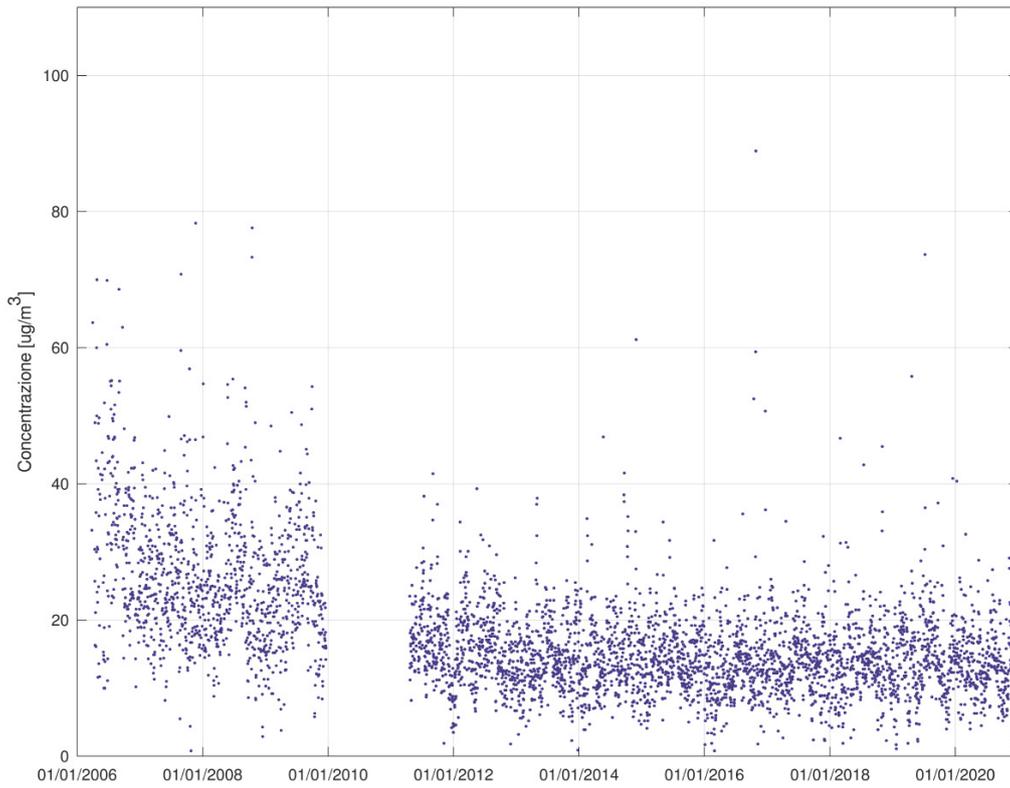


CENSS4 Ossidi di azoto - Medie mensili dato orario

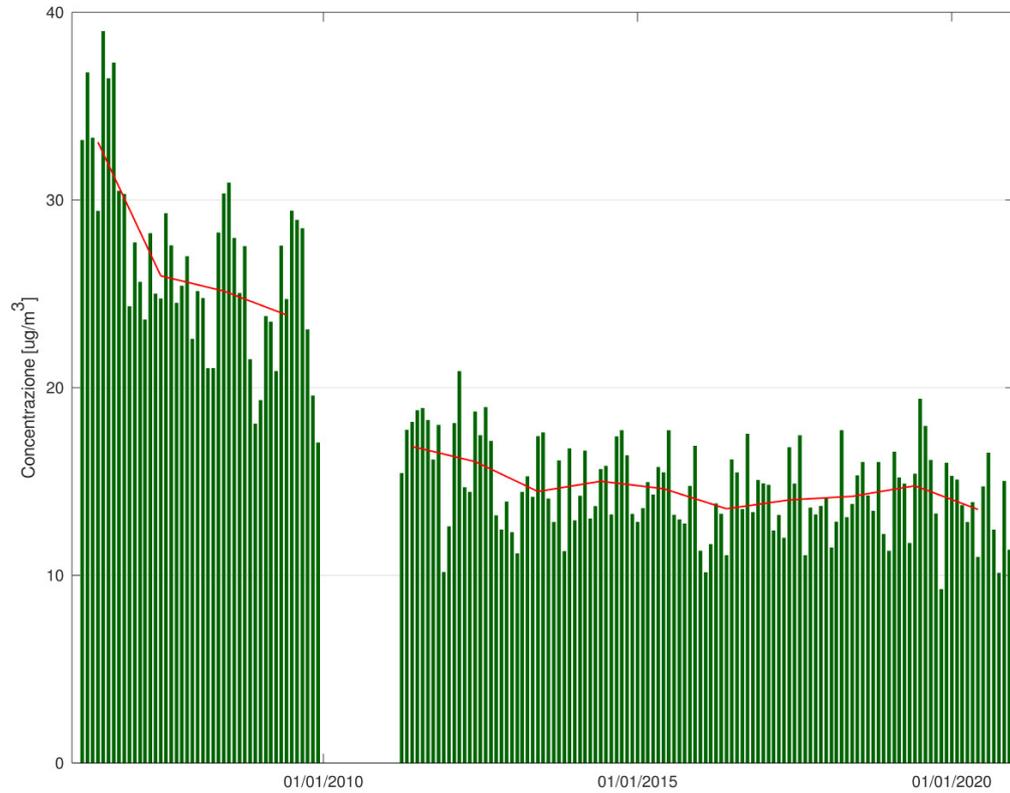


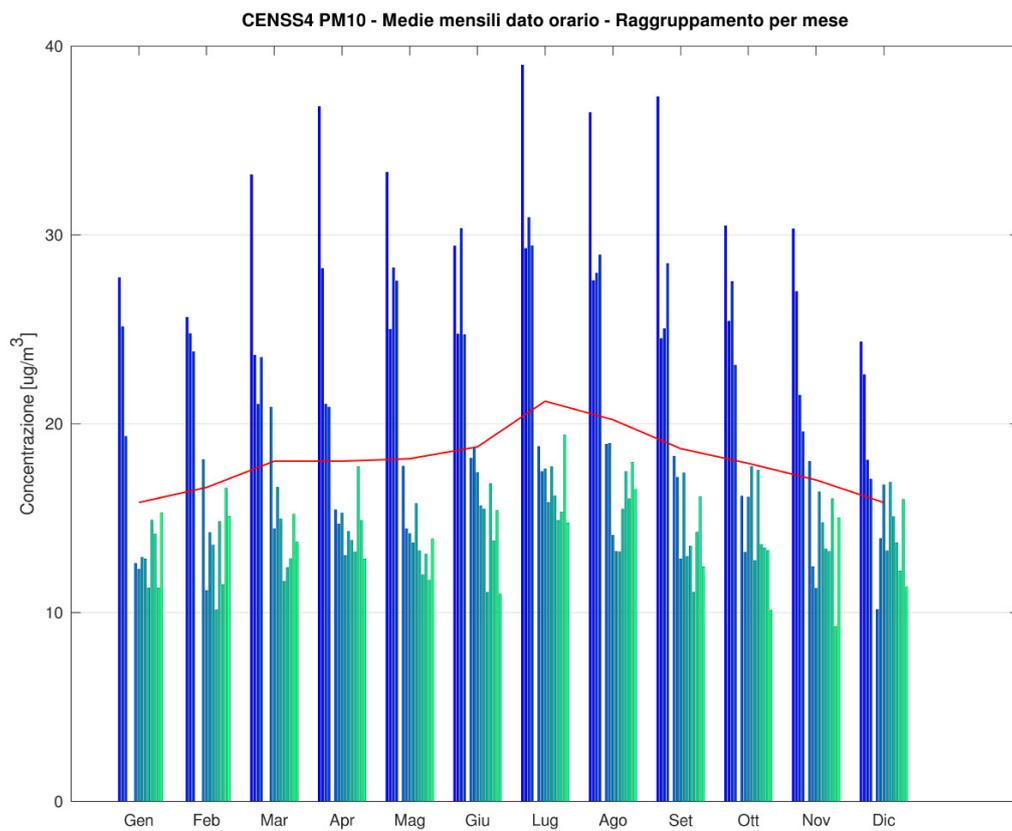
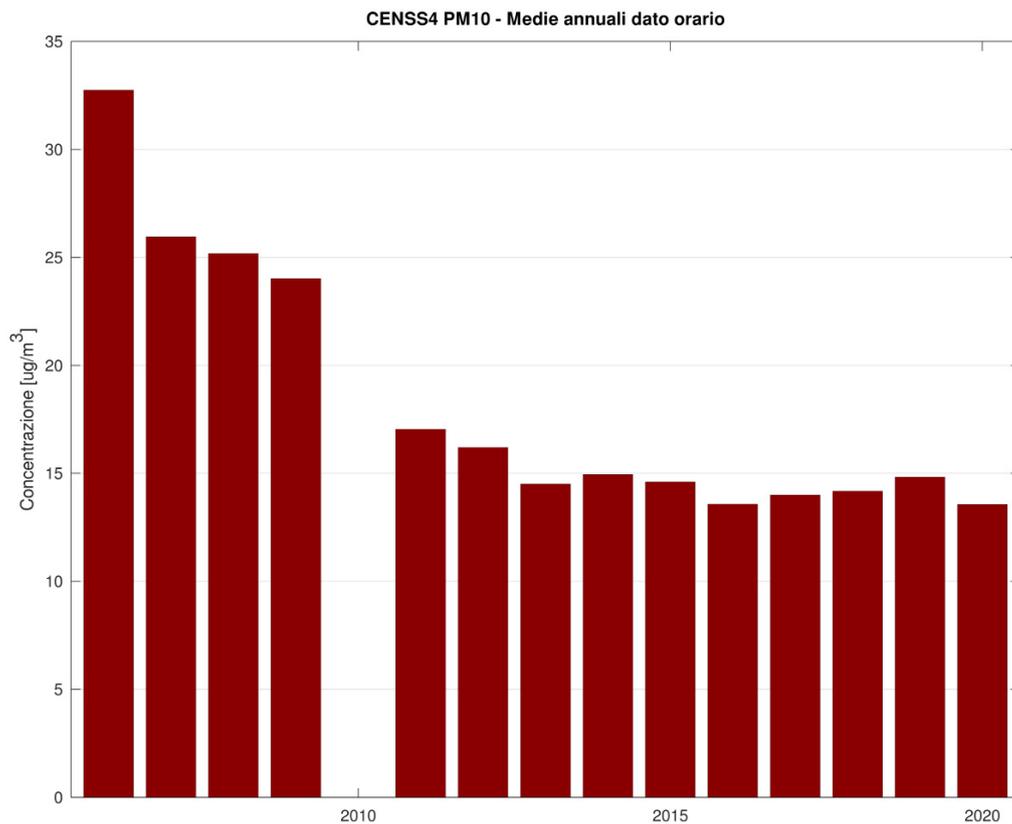


CENSS4 PM10 - Media oraria

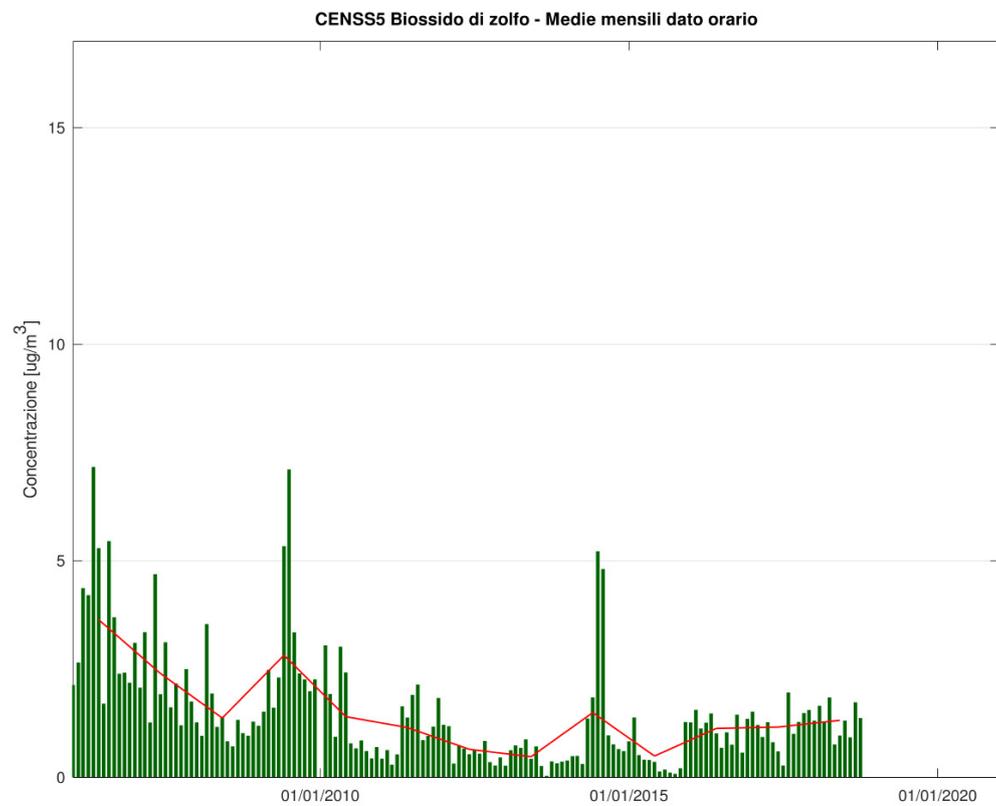
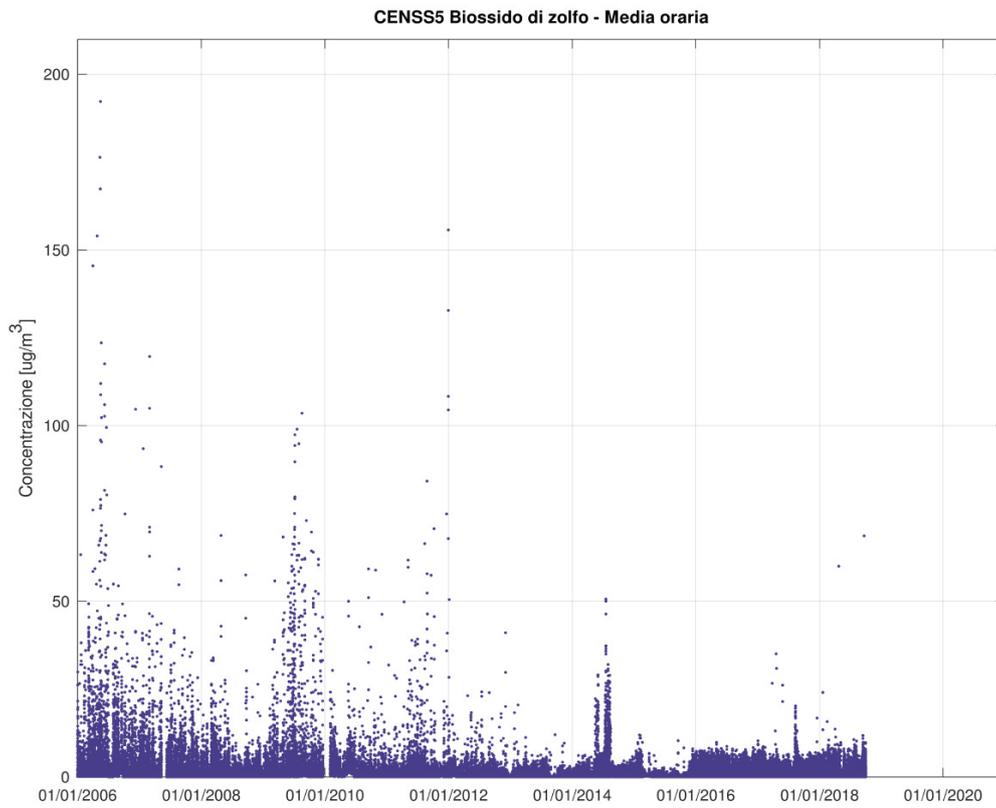


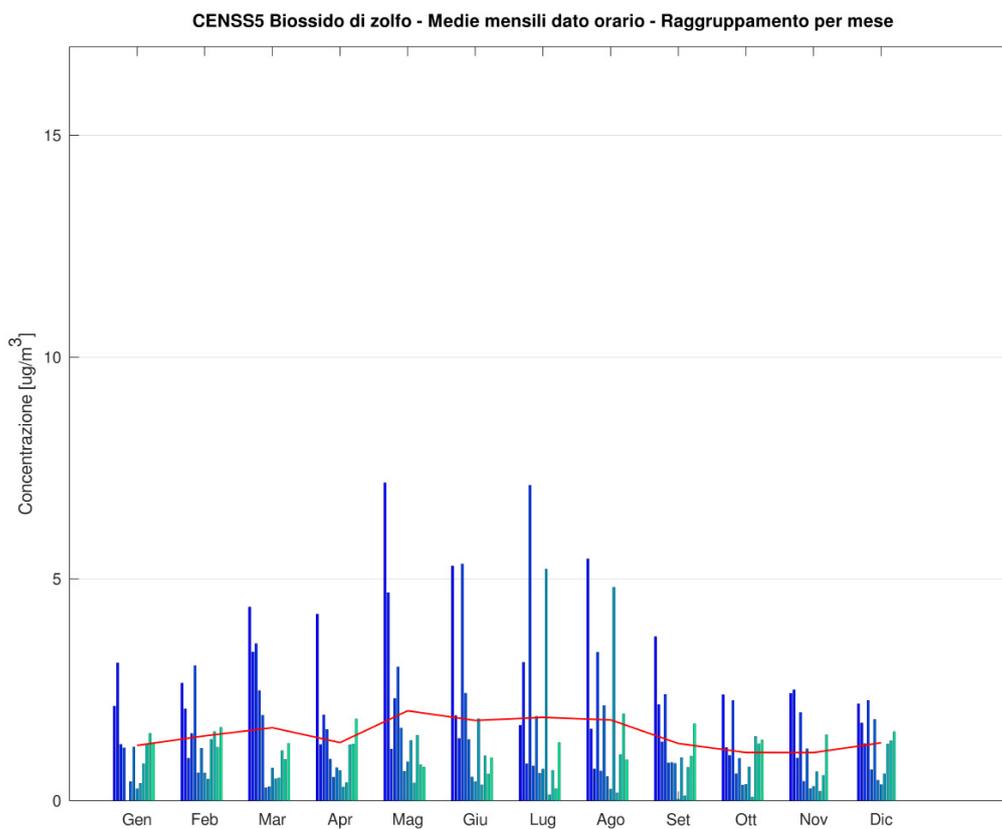
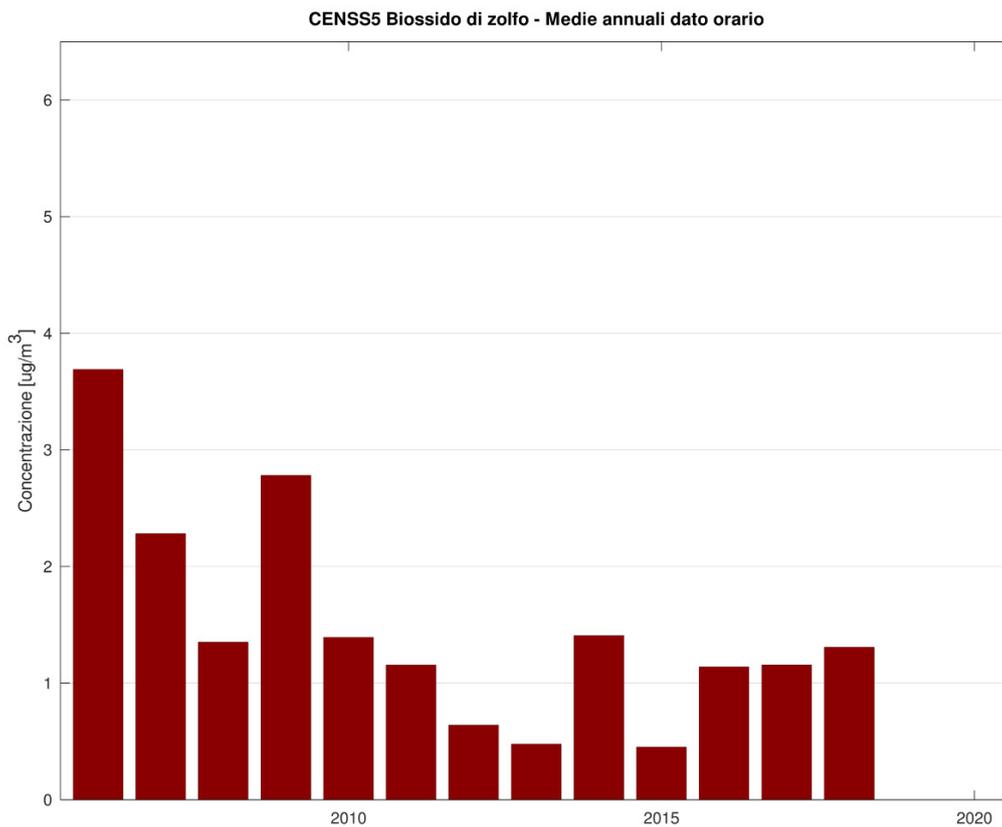
CENSS4 PM10 - Medie mensili dato orario



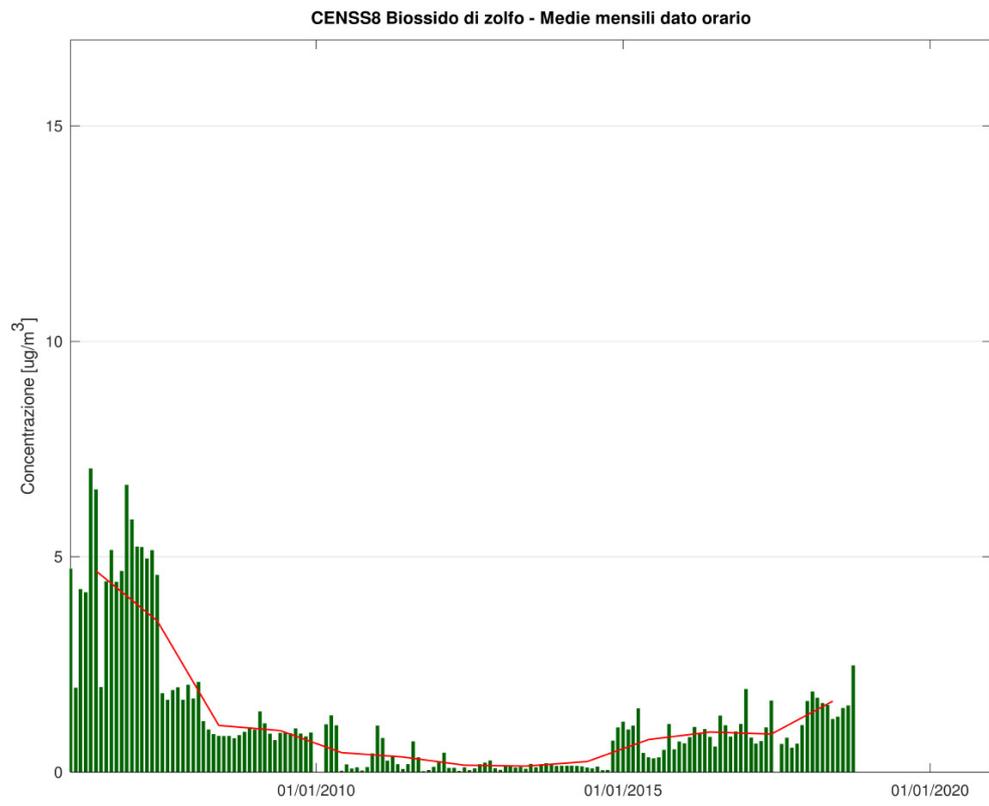
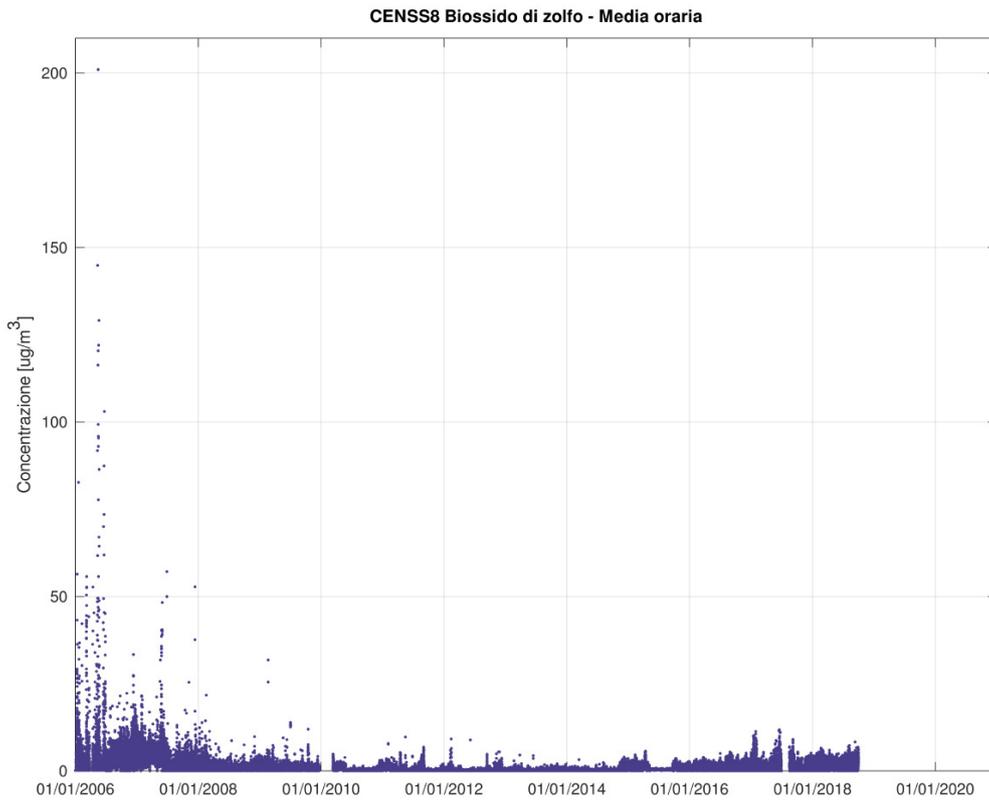


**Stazione CENSS5**

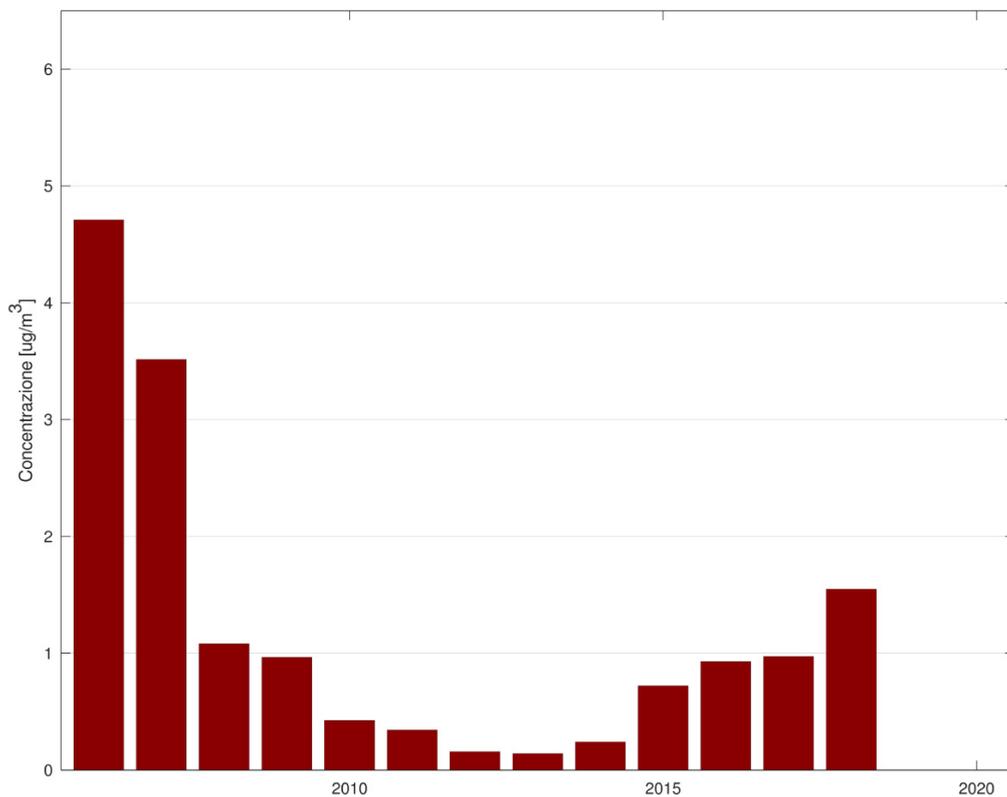




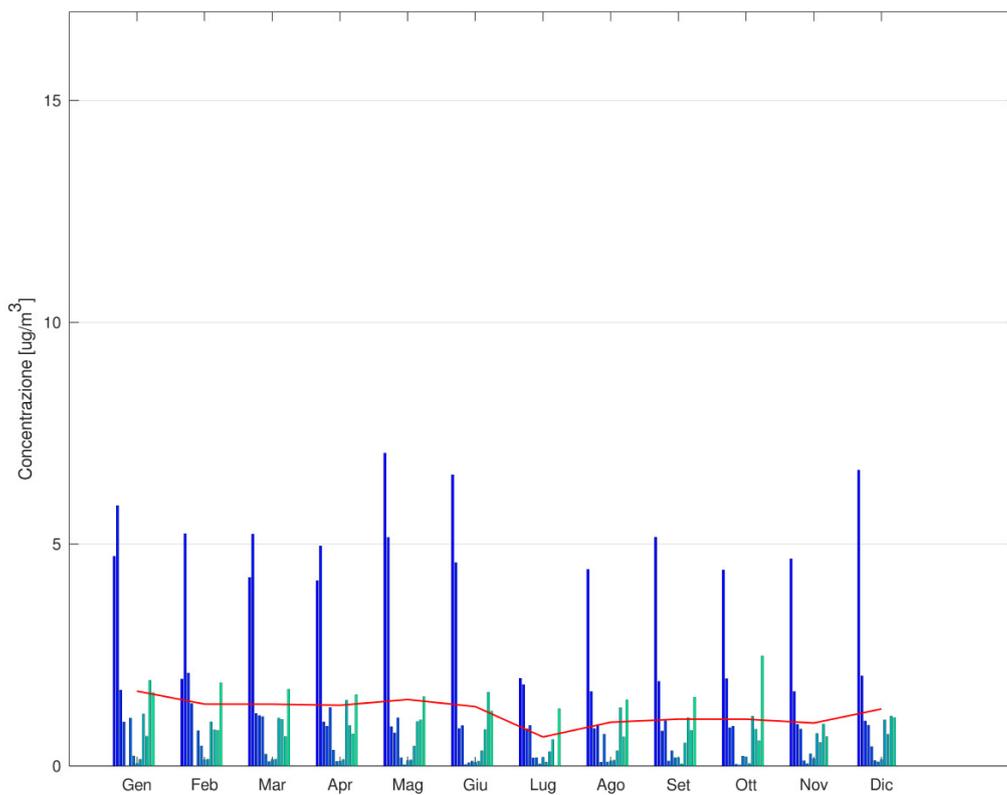
**Stazione CENSS8**



CENSS8 Biossido di zolfo - Medie annuali dato orario



CENSS8 Biossido di zolfo - Medie mensili dato orario - Raggruppamento per mese



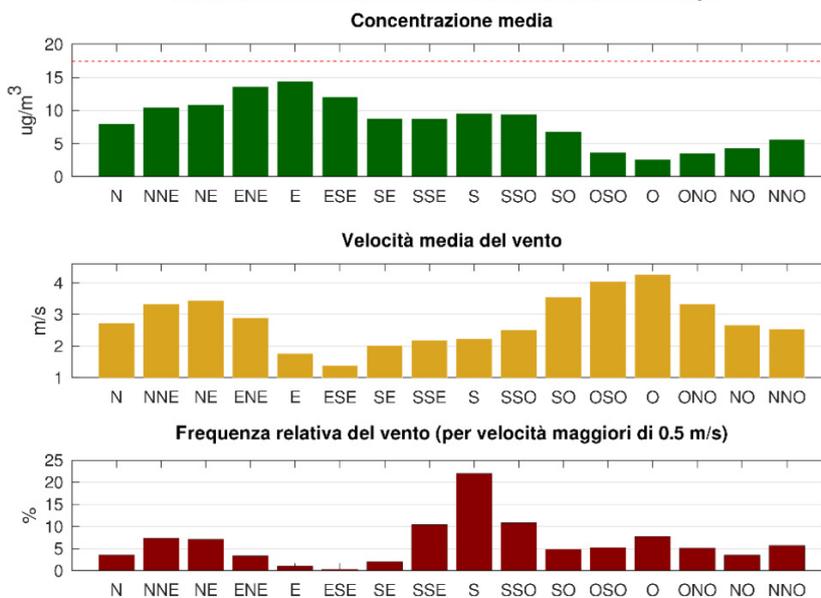
**ALLEGATO 3 al capitolo**

**Correlazione tra dati anemometrici e principali parametri monitorati dalle centraline della rete di qualità dell'aria nelle vicinanze del SIN "Aree industriali di Porto Torres"**

**Stazione CENSS3**

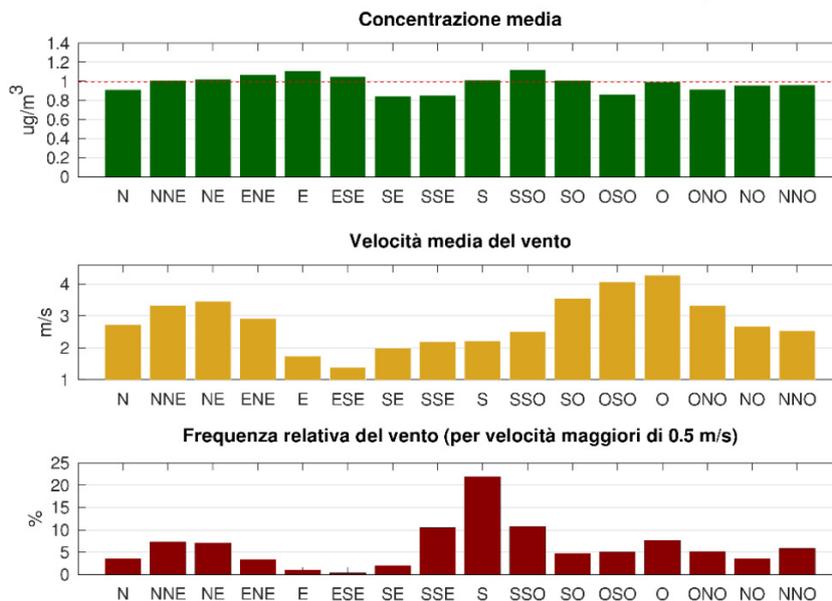
**CENSS3 Biossido di azoto**

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sub>3</sub>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 17.43 ug/m<sup>3</sup>



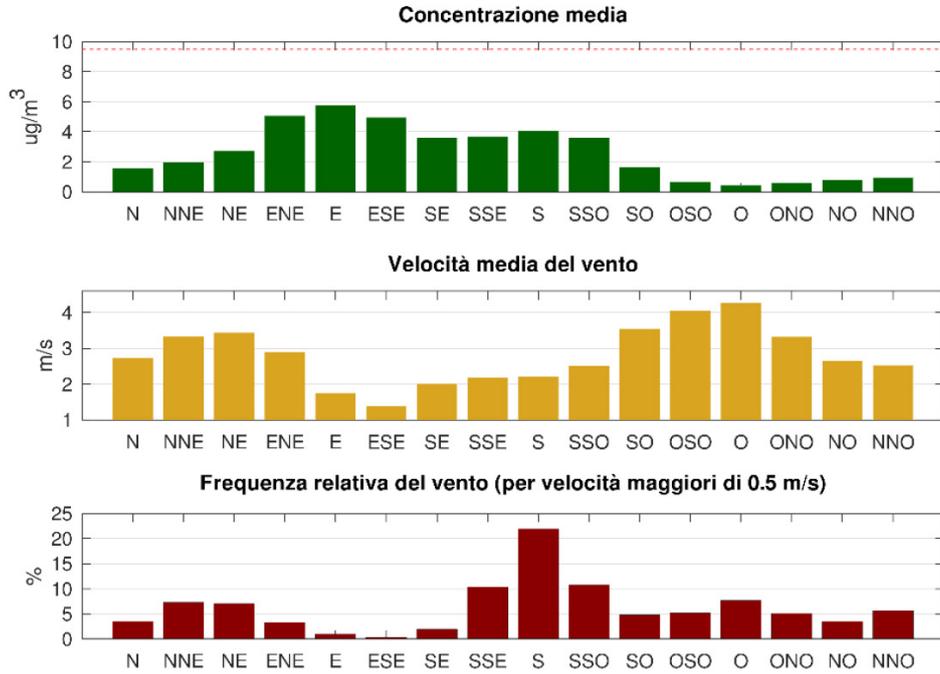
**CENSS3 Biossido di zolfo**

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sub>3</sub>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 1.00 ug/m<sup>3</sup>



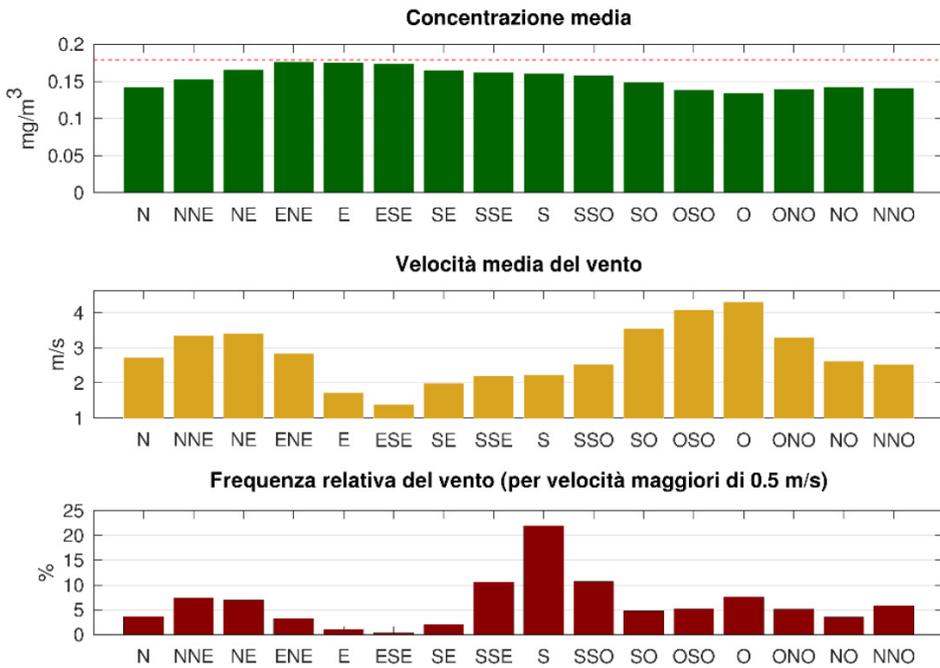
### CENSS3 Monossido di azoto

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sub>3</sub>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 9.49 ug/m<sup>3</sup>



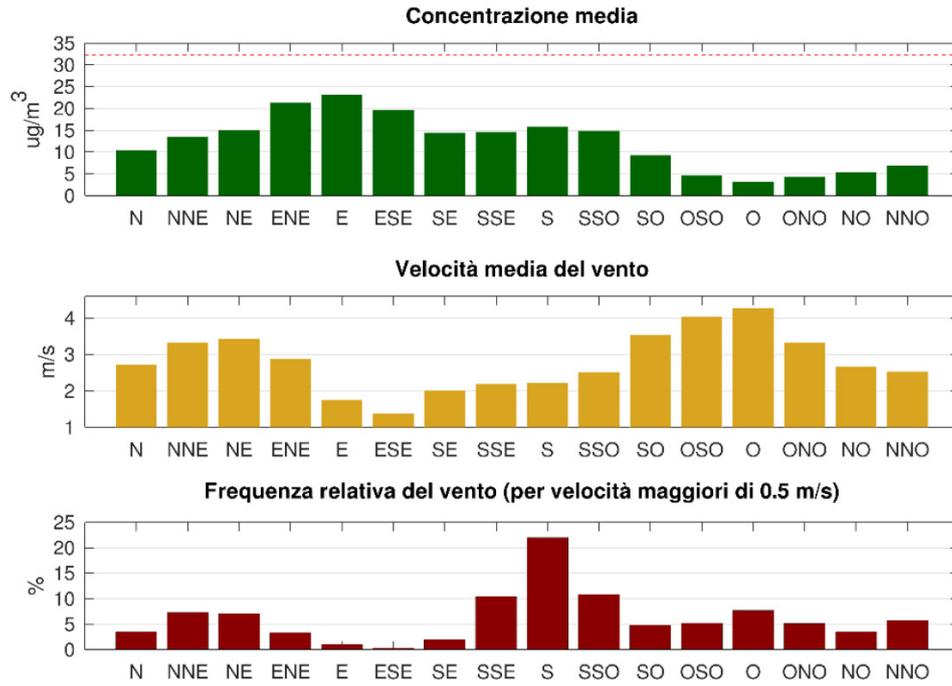
### CENSS3 Monossido di carbonio

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sub>3</sub>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 0.18 mg/m<sup>3</sup>



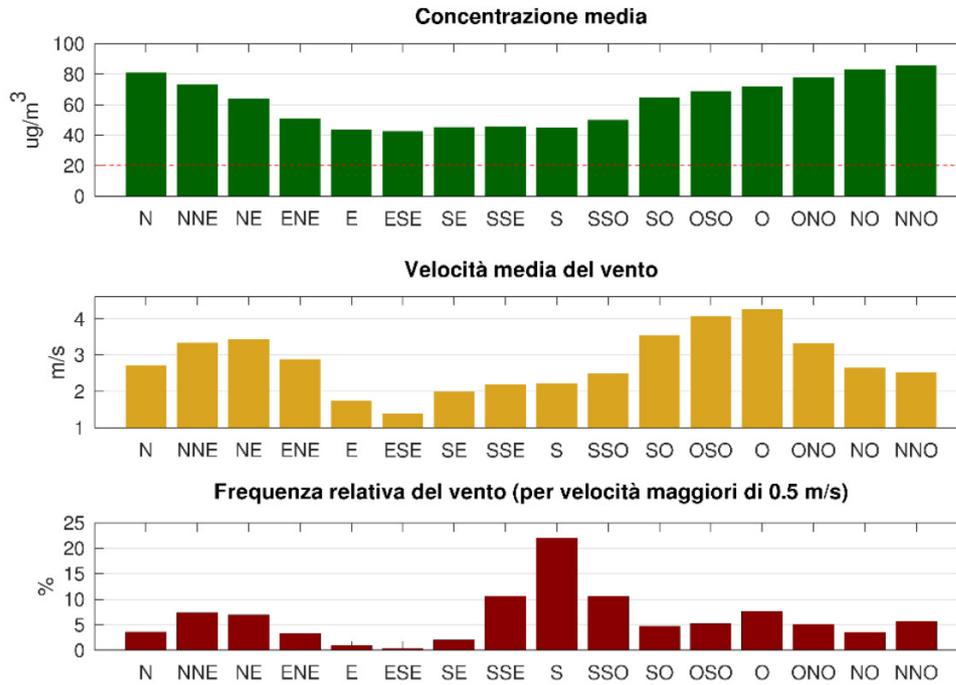
### CENSS3 Ossidi di azoto

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sup>3</sup>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 32.23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



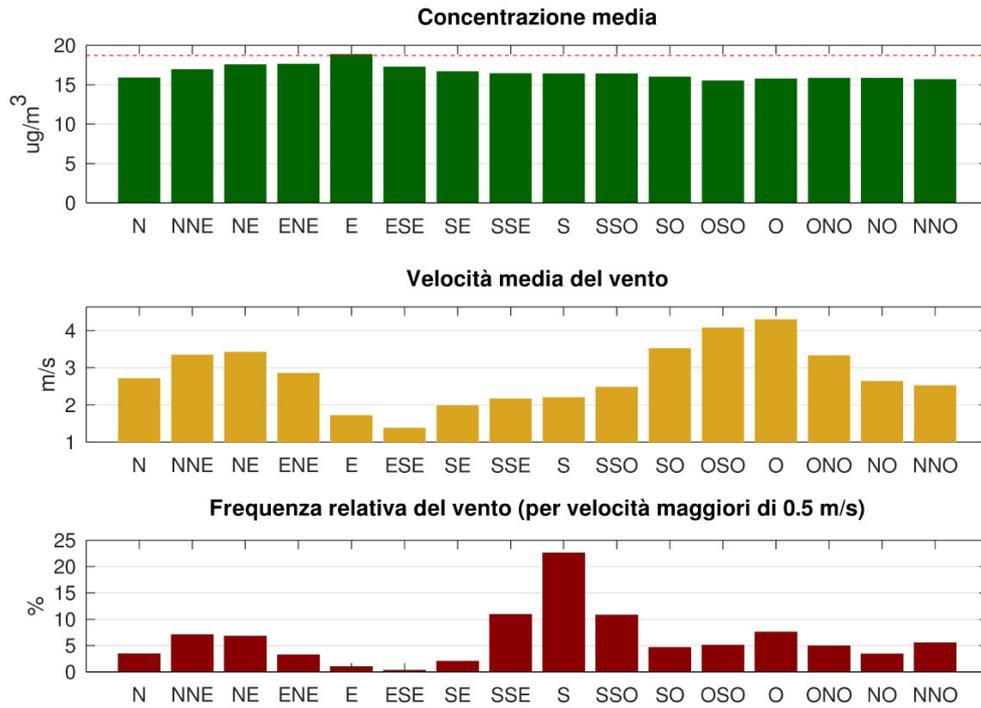
### CENSS3 Ozono

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.12 %<sup>3</sup>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 20.09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



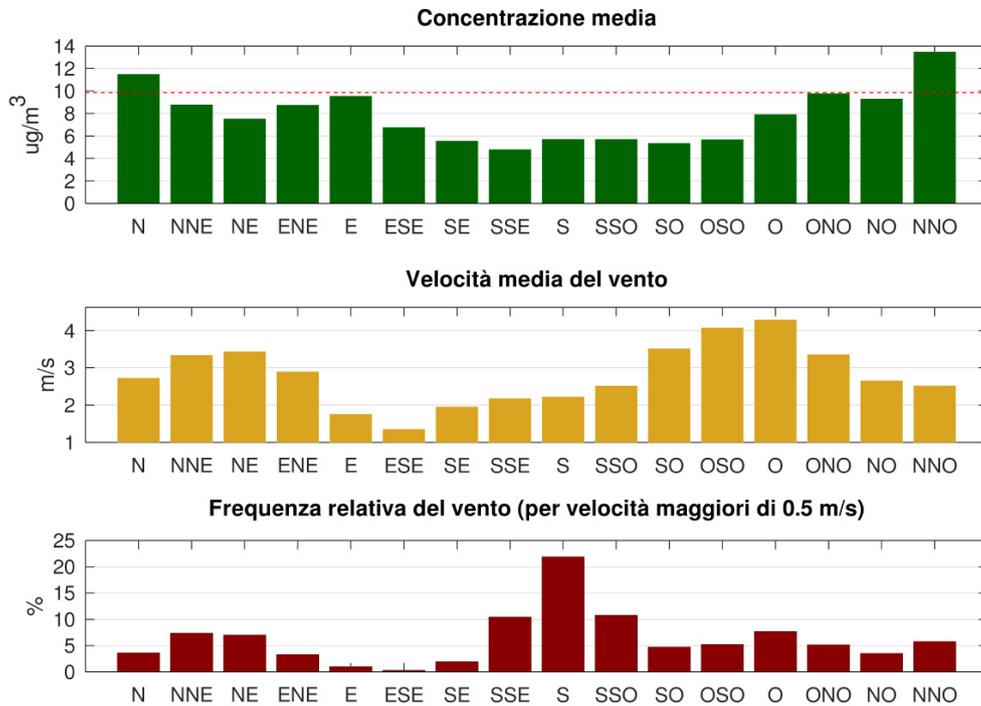
### CENSS3 PM10

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.12 %<sub>3</sub>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 18.71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



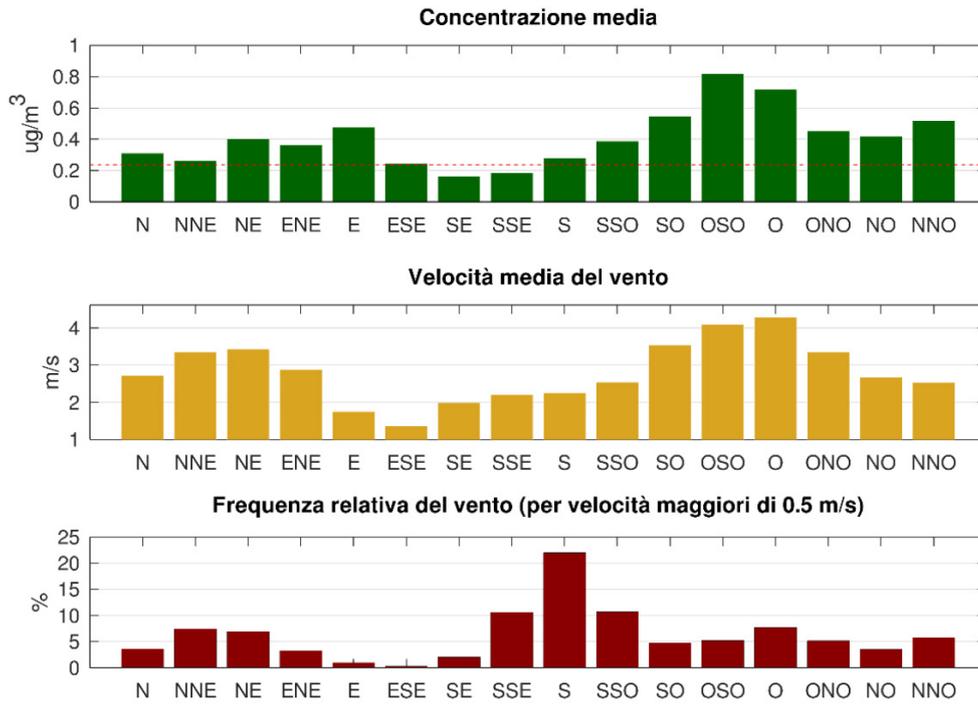
### CENSS4 Biossido di azoto

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sub>3</sub>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 9.85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



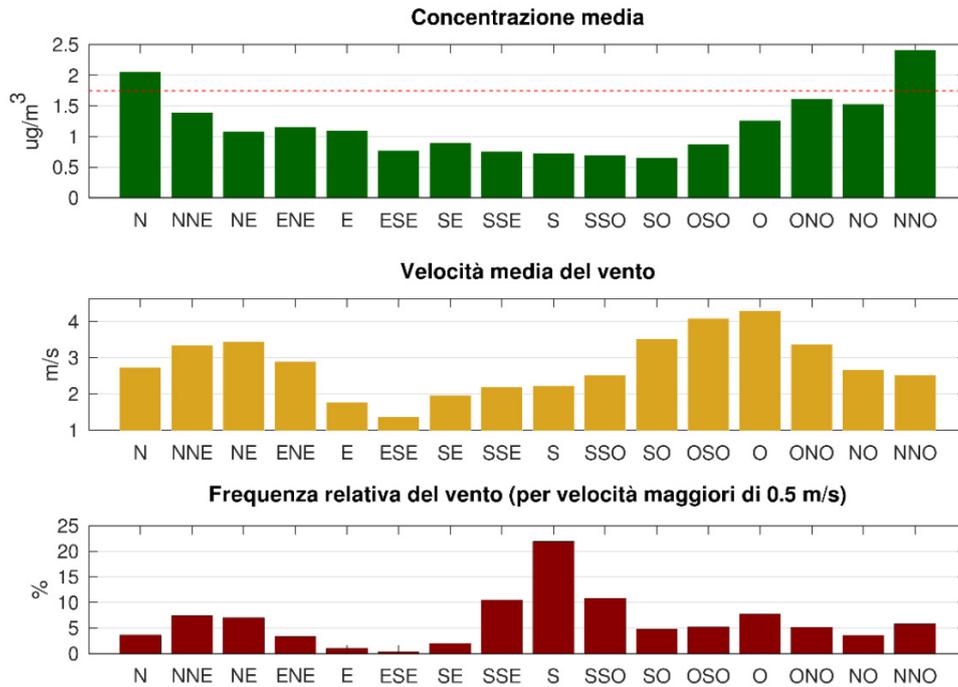
### CENSS4 Biossido di zolfo

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sub>3</sub>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 0.24 ug/m<sup>3</sup>



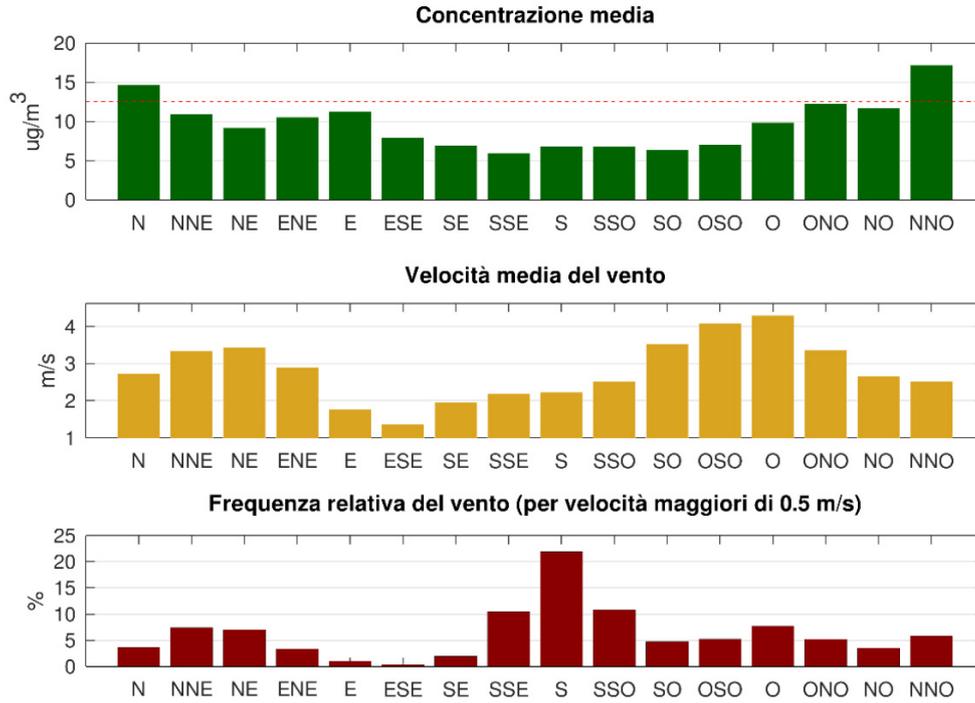
### CENSS4 Monossido di azoto

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sub>3</sub>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 1.75 ug/m<sup>3</sup>



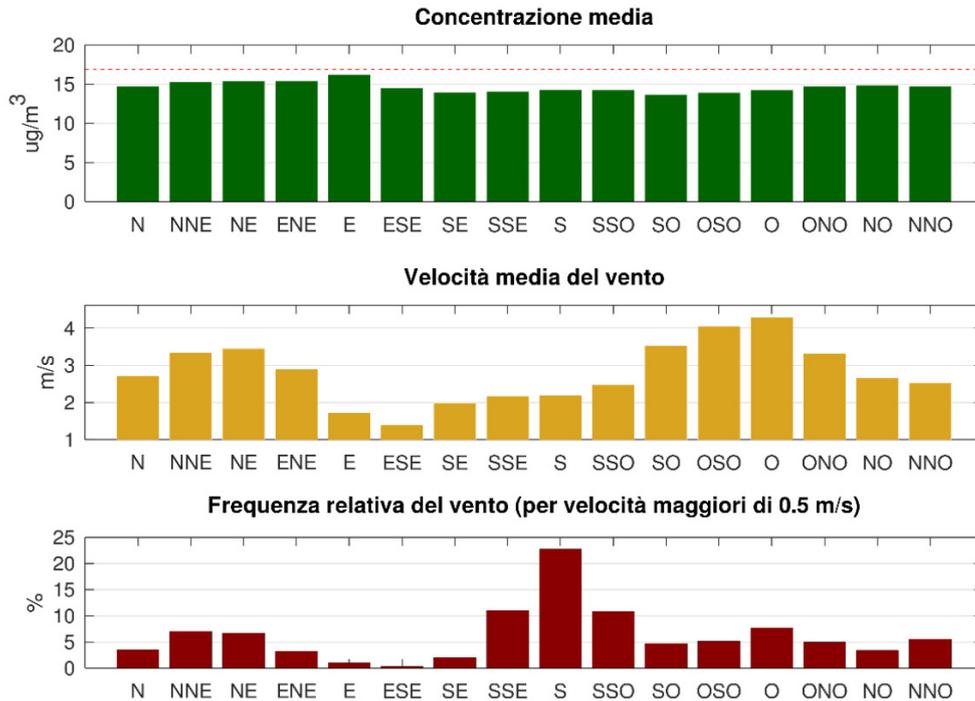
### CENSS4 Ossidi di azoto

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sup>3</sup>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 12.53  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



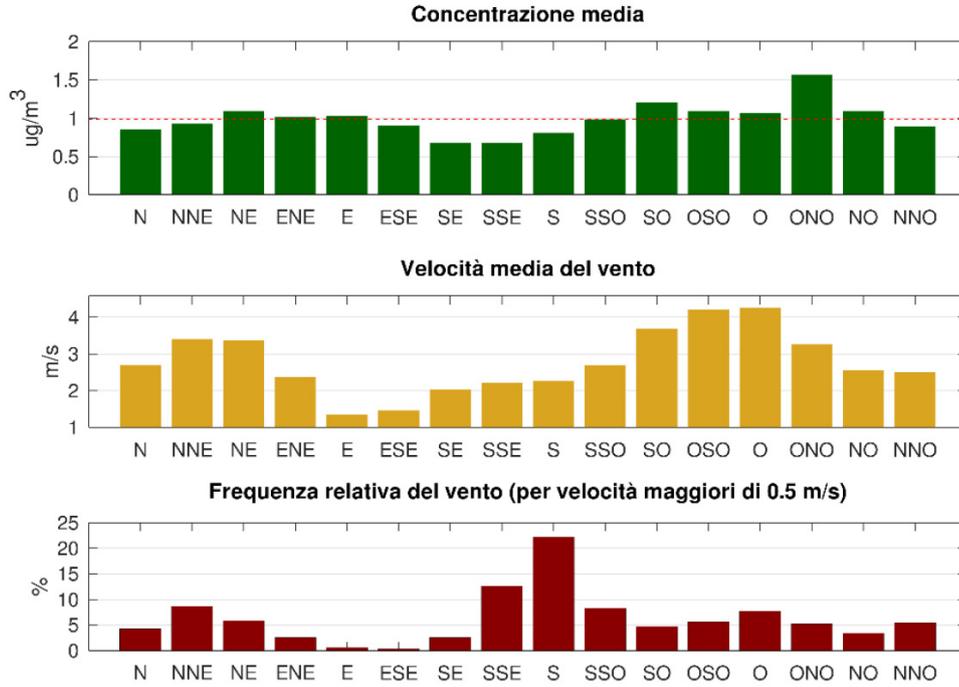
### CENSS4 PM10

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sup>3</sup>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 16.86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



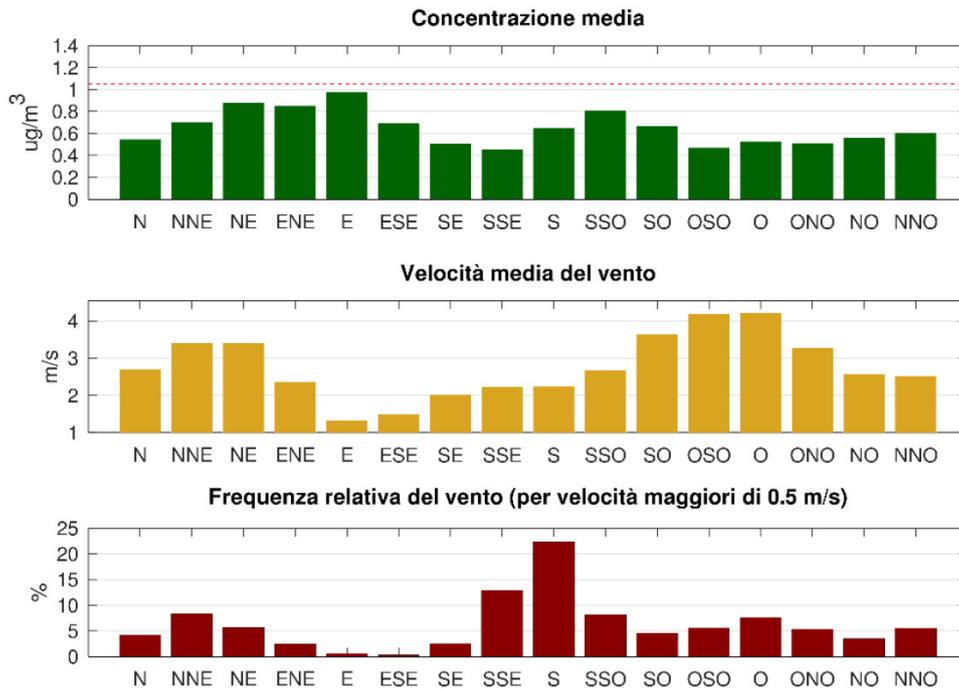
### CENSS5 Biossido di zolfo

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sup>3</sup>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 0.98  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



### CENSS8 Biossido di zolfo

Percentuale misure coincidenti con calma di vento ( $V < 0.5$  m/s): 0.11 %<sup>3</sup>  
 Concentrazione media misurata in condizioni di calma di vento: 1.05  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



# SELEZIONE DEGLI INQUINANTI PRIORITARI PER L'AREA DI PORTO TORRES E INDIVIDUAZIONE DELLE POTENZIALI VIE DI ESPOSIZIONE PER LA POPOLAZIONE

Franca Maria Buratti (a), Emanuela Testai (a), Quirico Antonio Cossu (b), Ivana Dettori (c),  
Giovanni Canu (b), Amerigo Zona (a), Marco Basciu (d), Marino Murineddu (d), Maria Eleonora Soggiu (a)  
(a) *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*  
(b) *Dipartimento di Sassari e Gallura, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, Sassari*  
(c) *Area Tecnico Scientifica, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, Cagliari*  
(d) *Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Azienda Sanitaria Locale di Sassari – Struttura Complessa Salute e Ambiente e Struttura Complessa Servizio di Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro, Sassari*

## Introduzione

La scelta degli inquinanti prioritari su cui focalizzare l'attenzione nell'area di Porto Torres discende dall'insieme delle attività condotte e descritte nei capitoli precedenti. Nel capitolo "Descrizione dell'area industriale di Porto Torres" di questo rapporto, sono state descritte le attività industriali storicamente presenti nell'area del petrolchimico, unitamente a quelle ancora attive, per avere una panoramica delle possibili sostanze emesse nel corso del tempo fino ad oggi e che hanno potuto e possono tuttora determinare un impatto sulla salute della popolazione di Porto Torres.

Nel capitolo "L'approccio basato sugli inquinanti prioritari a supporto della valutazione dell'esposizione e del rischio" è stato descritto l'approccio metodologico per la selezione degli inquinanti prioritari secondo le procedure ampiamente utilizzate nella ricerca scientifica e sperimentate nel Progetto SENTIERI, ivi citato.

Nei capitoli "Analisi delle criticità riscontrate nel percorso di individuazione e valutazione dei documenti e dei dati raccolti" e "Analisi della caratterizzazione ambientale del sito di Porto Torres" sono stati esaminati i dati ambientali disponibili relativi alle matrici acqua e suolo (2005-2007), per evidenziare i contaminanti presenti a livelli superiori ai valori di Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) nei suoli e nelle acque, secondo la caratterizzazione ambientale prevista per i SIN; e i dati di misura dello stato di qualità dell'aria (2006-2020), misurato dalla rete di monitoraggio di Porto Torres, potenzialmente relazionabile alle emissioni del polo industriale.

Questo capitolo descrive in sintesi la fase di *valutazione dell'esposizione*, che rappresenta un passo fondamentale nel processo di valutazione del rischio finalizzata a comprendere se, come, per quanto tempo e a quali livelli sia attualmente o sia stata in passato esposta una popolazione secondo specifici scenari. L'obiettivo è relazionare l'impatto sull'ambiente delle emissioni dovute alle attività produttive, con le modalità attraverso le quali la popolazione può esserne venuta in contatto con i contaminanti (esposizione).

Dallo studio delle modalità di esposizione e dalla conoscenza della contaminazione presente sul sito nelle diverse matrici, discende l'identificazione degli inquinanti prioritari sui quali, per le specifiche caratteristiche del territorio di Porto Torres, è stata focalizzata l'attenzione per l'identificazione e successiva stima dei conseguenti effetti sulla salute.

## Esposizione a inquinanti ambientali

La valutazione dell'esposizione a una sostanza chimica rappresenta quella fase del complesso percorso della valutazione del rischio che quantifica l'assunzione (per ingestione attraverso la via orale, per inalazione attraverso le vie respiratorie o per via cutanea) di una sostanza in conseguenza del 'contatto' dell'individuo con il mezzo ambientale o alimentare (aria, acqua, suolo, cibo) o il prodotto di consumo in cui la sostanza è presente. Lo studio dell'esposizione parte quindi dal comportamento delle sostanze nell'ambiente (destino ambientale) dipendente dal modo in cui entrano nel processo di contaminazione e dalle caratteristiche chimico-fisiche, e dalle caratteristiche e i comportamenti della popolazione esposta (recettori umani), che porta l'individuo a venire a contatto con la sostanza. Questi studi devono usare le informazioni più corrette per descrivere le condizioni reali di esposizione che portano a un potenziale rischio per la salute, soprattutto quando si effettuano stime in valutazioni prospettiche a scopo preventivo. Le valutazioni del rischio che derivano dalla comparazione dei valori di esposizione con valori di riferimento *health-based* nella fase indicata come caratterizzazione del rischio devono guidare alla scelta delle più efficaci azioni di mitigazione e riduzione del rischio (fase di gestione dei rischi, successiva alla fase di valutazione). In studi retrospettivi, dove si cerca di ricostruire come possa essere avvenuta l'esposizione, vi sono elementi di complessità legati al reperimento delle informazioni passate, legati principalmente alla conoscenza dei livelli pregressi di concentrazione ambientale della sostanza a cui è stata esposta la popolazione e alla durata e variabilità della stessa. Nello specifico, l'esposizione può avvenire per via inalatoria, per le sostanze tossiche presenti in aria, per via orale, ovvero ingerendo cibo/acqua o suolo contaminati e per via dermica. Quest'ultimo, per esempio, può essere il caso di bambini che giocano nei giardini a contatto con il suolo, e anche per permanenza su arenili contaminati. L'esposizione per via dermica può spesso interessare la popolazione lavorativa per specifiche attività condotte, quale quella in cantieri edili (Figura 1).

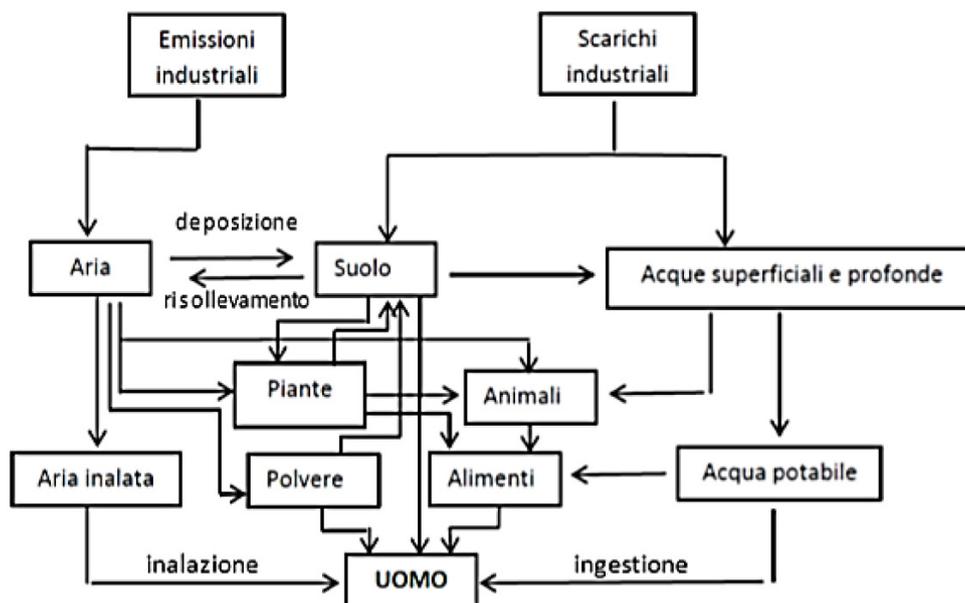


Figura 1. Percorsi e vie di esposizione per l'uomo a contaminanti presenti nell'ambiente (tratta dal Rapporto ISTISAN 19/9)

Lo studio delle caratteristiche con cui avviene l'*esposizione sito specifica* è quello che si definisce "scenario d'esposizione", tramite il quale si descrive la grandezza, la durata e la frequenza dell'esposizione "esterna" a una determinata sostanza e le caratteristiche della popolazione esposta.

Ognuna di queste variabili è descritta da valori quantitativi che derivano dalle ipotesi effettuate per la definizione dello scenario d'esposizione e che saranno utilizzate all'interno di idonei modelli matematici, specifici per ciascuna via d'esposizione, tramite i quali si arriverà a quantificare la dose di esposizione "esterna", ovvero la quantità di sostanza che può potenzialmente entrare nell'organismo umano.

L'esposizione esterna ambientale (misurata o stimata con opportuna modellistica) è un'informazione essenziale per una corretta valutazione dei rischi.

Tuttavia, vale la pena di ricordare che la presenza di una sostanza in una matrice ambientale o in un alimento non è automaticamente sinonimo della presenza di un danno per un individuo 'esposto'. Infatti, un effetto "sistemico" (a un organo o tessuto servito dal circolo sanguigno) dipende dalla possibilità che la sostanza sia assorbita dall'organismo, capace quindi di entrare oltrepassando la barriera gastrointestinale, cutanea o polmonare (a seconda della via di esposizione) e dalla percentuale di assorbimento.

In assenza di assorbimento, infatti, la sostanza non potrà entrare nel circolo sanguigno per arrivare all'organo/tessuto "bersaglio".

La dose interna circolante e la sua persistenza nell'organismo è determinata anche dai processi di biotrasformazione che l'organismo mette in atto per evitare l'accumulo delle sostanze estranee e favorirne l'eliminazione: l'insieme di questi fenomeni viene definito come tossico-cinetica e rappresenta lo studio del destino di una sostanza all'interno dell'organismo (simile allo studio del destino ambientale).

Poiché l'assorbimento attraverso le varie vie di esposizione è diverso, così come il comportamento cinetico, l'estrapolazione dei dati da una via di esposizione a un'altra può essere effettuata solo se siano disponibili informazioni cinetiche attraverso l'uso di opportuna modellistica (es. modelli fisiologici cinetici PBK).

La dose interna è sperimentalmente ricavabile da studi di biomonitoraggio, quando disponibili, che permettono di dosare direttamente il contaminante (o i suoi metaboliti) nell'organismo attraverso fluidi biologici (es. sangue o urine) o tessuti (es. capelli), integrando tutte le possibili vie e sorgenti di esposizione.

È quindi importante considerare che il biomonitoraggio fornisce la somma di tutte le possibili esposizioni senza però fornire un'indicazione specifica sulla fonte più rilevante e sui tempi di esposizione: i dati vanno perciò interpretati correttamente.

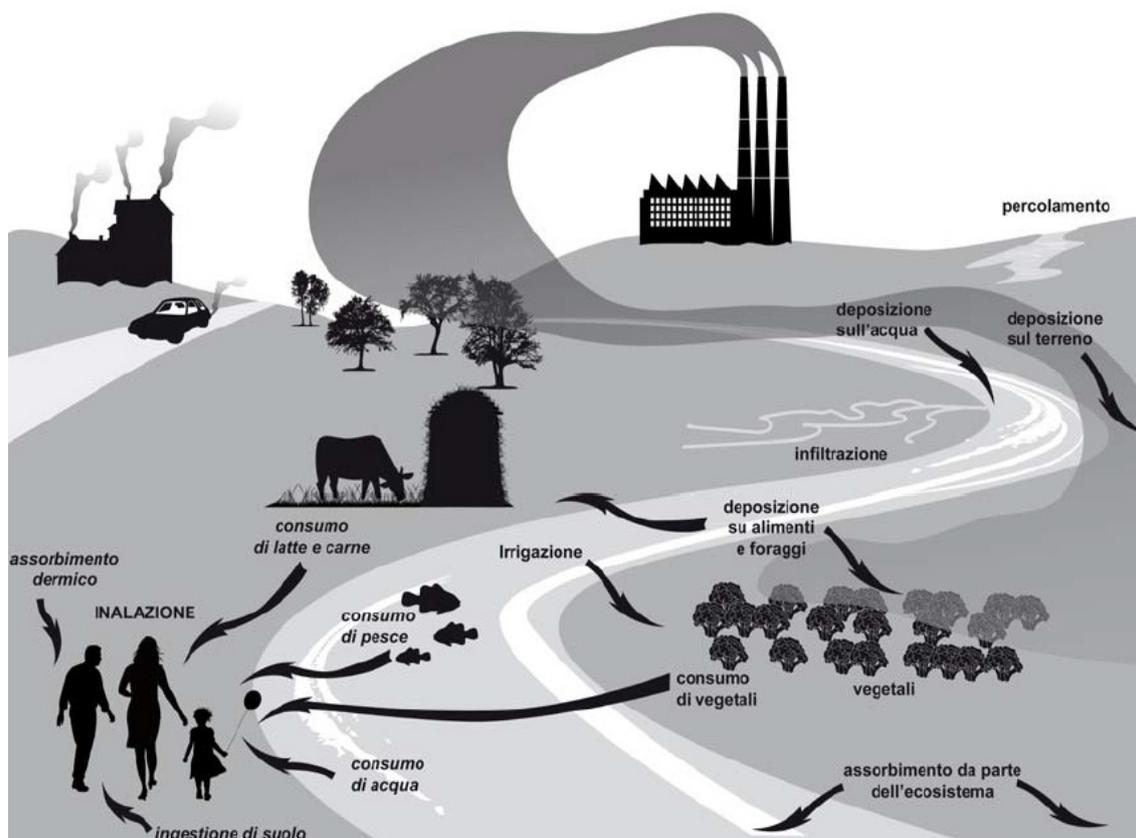
Lo scenario è a sua volta una conseguenza del *modello concettuale*, sempre sito specifico, tramite il quale si caratterizza l'insieme delle azioni che determinano le modalità di esposizione in un determinato sito, identificando tutte le vie e tutti i percorsi tramite i quali la popolazione può essere esposta alla sostanza o le sostanze in esame (Figura 2).

La valutazione dell'esposizione si ferma alla conoscenza dei livelli ambientali di concentrazione delle sostanze e alla definizione del reale livello di esposizione umana attraverso scenari e modello concettuale.

L'esposizione così determinata o stimata successivamente è confrontata con valori "health based" (derivati nelle fasi di caratterizzazione del pericolo con la identificazione della relazione dose-risposta) per comprendere se i livelli ambientali determinati di una specifica esposizione possano prefigurare un rischio per la salute.

I valori "health based" sono valori di riferimento per la salute umana, definiti per esposizioni singole o ripetute sul breve periodo (sub-acute e/o sub croniche) e/o sul lungo periodo (croniche), che consentono di stimare la probabilità che l'esposizione possa indurre effetti avversi sulla salute

(rischio) (si veda il capitolo “Approccio basato sugli inquinanti prioritari a supporto della valutazione dell’esposizione e del rischio” di questo rapporto).



**Figura 2. Vie e percorsi di esposizione in un sito**  
(da Rapporto ISTISAN 19/9)

In conclusione, la valutazione dell’esposizione è una fase di studio estremamente delicata poiché si applica al mondo “reale” di uno specifico sito e permette insieme alla valutazione di pericolosità delle sostanze di stimare i possibili rischi per la popolazione sulla base dei quali disegnare piani di prevenzione e protezione della salute

La qualità delle valutazioni sui rischi sanitari discende dalla qualità con la quale viene condotto questo studio.

## Principali fonti emissive identificate

Riprendendo quanto riportato in dettaglio nel capitolo “Descrizione dell’area industriale di Porto Torres” di questo rapporto, è possibile fare una distinzione tra fonti emissive dismesse e attuali, prescindendo dalla matrice ambientale sulla quale possono aver generato contaminazione.

Le fonti emissive ora dismesse hanno riguardato perlopiù gli impianti per la produzione di composti aromatici quali fenolo, cumene e stirene e di cloroderivati, la cui produzione è andata

avanti per circa 40-50 anni, dagli anni '60 sino al 2010 con ricadute dirette in atmosfera, suolo e acque.

Sempre tra le fonti dismesse sono da annoverare i depositi per lo stoccaggio di prodotti petroliferi, di minerali provenienti dalle attività estrattive, i cementifici e le ferriere con la relativa produzione di polveri e amianto.

Tra gli impianti attuali quelli per lo stoccaggio del Gas di Petrolio Liquefatto (GPL), di gas inerti, di petrolio e derivati, di elastomeri, rifiuti industriali pericolosi e non, produzioni di calcestruzzo e non ultimo l'impianto di depurazione dei reflui industriali ed urbani.

Fonti emissive storiche indirette sono le discariche presenti in area industriale, utilizzate per lo smaltimento di rifiuti di varia natura prodotti dalle fonti emissive dirette sopra menzionate e gestite in maniera incontrollata tanto da provocare la contaminazione di suoli e falda.

Oltre agli impianti industriali è possibile identificare altre fonti emissive quali il traffico portuale industriale e commerciale, la cantieristica nautica, le emissioni atmosferiche indotte dal traffico urbano e dagli impianti di riscaldamento, ma anche le emissioni dirette e indirette legate alle produzioni agricole e zootecniche.

## **Scenari di esposizione e selezione degli inquinanti prioritari a Porto Torres**

Gli scenari espositivi descrivono, quindi, le modalità tramite le quali, nel contesto territoriale di interesse, e in funzione delle caratteristiche chimico fisiche delle sostanze, è possibile che la popolazione sia venuta o venga in contatto con queste sostanze.

Nel caso specifico di Porto Torres, le informazioni acquisite hanno evidenziato che la via di esposizione prediletta è sicuramente quella inalatoria delle sostanze emesse in atmosfera dalle attività produttive attuali così, come nel passato, da quelle dismesse.

Per le altre vie di esposizione non vi sono dati (es. controlli su matrici alimentari) che possono avallare con certezza un'esposizione per via orale.

Tuttavia, come meglio descritto sotto, lo scenario di esposizione orale non è completamente escluso e viene in particolare considerato quando la sostanza può determinare effetti sanitari avversi a seconda di un'esposizione per via inalatoria e per via orale.

L'esposizione dermica è esclusa nel contesto territoriale di Porto Torres, per la popolazione generale.

Partendo dalla conoscenza dello stato di contaminazione delle matrici ambientali rispetto ai dati recuperati, e dalla conoscenza delle attività passate e oramai chiuse e quelle attualmente funzionanti, è stata stilata una Tabella di inquinanti prioritari (Tabella 1).

Per ogni inquinante o classe di inquinanti vengono riportate: eventuali situazioni di emissioni attualmente attive, le vie di esposizione della popolazione residente ritenute probabili o possibili. Tale distinzione è stata operata sulle base delle informazioni disponibili presso le diverse Istituzioni del territorio.

Vengono indicati sistemi, apparati e organi bersaglio sui quali i contaminanti esplicano effetti di tipo patogeno, e riportate le patologie sulla base delle conoscenze aggiornate di Istituzioni nazionali e internazionali di riferimento.

Nella Tabella 1 sono state descritte le vie di esposizione attraverso le quali le sostanze selezionate possono essere introdotte nell'organismo umano, insieme alla descrizione degli effetti sulla salute e degli organi bersaglio, sottolineando eventuali differenze di effetto conseguenti la via di esposizione e evidenziando quale sia considerato l'effetto critico.

Tabella 1. Inquinanti prioritari\* identificati nell'area di Porto Torres

Inquinante/ classe	ESP		Sistemi, apparati e organi bersaglio	Effetti sulla salute
	E	O		
Benzene	X	P	sist. ematopoietico	Periodi di esposizione a lunga durata e a basse dosi hanno effetti sul sangue (sist. emopoietico). Provoca tossicità al midollo osseo (produttore delle cellule del sangue), causando una riduzione dei globuli rossi e bianchi con conseguente anemia. Può anche determinare sanguinamenti ed effetti sul sist. immun. aumentando, così, il rischio di contrarre un'infezione.  Classificazione IARC: cancerogeno riconosciuto per l'uomo con evidenza sufficiente per <b>leucemia acuta non linfocitica, inclusa la leucemia mieloide acuta; evidenza limitata per linfoma non Hodgkin, leucemia linfoide cronica, mieloma multiplo, leucemia mieloide cronica, tumore del polmone</b> (IARC, 2017)
Toluene	X	P	app. respiratorio, sist. nervoso centrale	Inalazione di toluene può causare irritazione oculare e delle mucose di naso e gola. Studi di esposizioni occupazionali a dosi relativamente elevate provocano mal di testa e senso di spossatezza, effetti neurologici su memoria a breve termine, difetti di attenzione e difficoltà di concentrazione, disturbi visivi e uditivi. Sono stati riportati anche alcuni effetti sulla riproduzione e sullo sviluppo ma i dati degli studi non riportano una valutazione dell'esposizione, spesso concomitante con altre sostanze (ATSDR, 2000; US. EPA, 2005).  Classificazione IARC: «non classificabile in relazione alla sua cancerogenicità per l'uomo» (Gruppo 3).
Xilene		P	cute, app. respiratorio, sist. nervoso centrale	Poiché lo xilene evapora facilmente, la maggior parte presente in suolo e acqua viene rilasciata in aria dove viene decomposto per azione della luce solare entro un paio di giorni. Rapidamente assorbiti da polmoni, tratto gastrointestinale e cute (ma l'assorbimento attraverso la pelle è solo circa il 12% della quantità assorbita dai polmoni) e sono in grado di attraversare la placenta. Lo xilene viene metabolizzato ed eliminato velocemente (entro 18 ore) dall'organismo. Ai livelli ambientali è difficile trovare effetti; tuttavia l'esposizione a breve termine a livelli elevati può causare irritazione della pelle, occhi, naso e gola; difficoltà a respirare; funzione alterata dei polmoni; risposta ritardata a uno stimolo visivo; memoria alterata L'esposizione sia a breve che a lungo termine ad alte concentrazioni di xilene può anche causare a numero di effetti sul sist. nervoso, come mal di testa, mancanza di coordinazione muscolare, vertigini, confusione e cambiamenti nel senso dell'equilibrio. Esplicano la loro azione quindi a livello del sist. nervoso centrale (ATSDR, 2009) con manifestazioni neuropsichiatriche di cui la forma più severa è stata definita encefalopatia tossica cronica.  Classificazione IARC: «non classificabili in relazione alla loro cancerogenicità per l'uomo» (Gruppo 3) (IARC, 1999).
Triclorometano (cloroformio)	X	P	<b>Inalatoria:</b> fegato e sist. nervoso centrale	Esposizione cronica per <b>inalazione</b> è associata nell'uomo a effetti sul fegato ( <b>epatiti</b> e ittero) mentre a dosi alte effetti sul sist. nervoso centrale portano a depressione e irritabilità (ATSDR, 1997). Esposizione <b>orale</b> cronica è associata a effetti su fegato e reni.  Classificazione IARC: possibile cancerogeno per l'uomo (Cat. 2B) (IARC, 1999b).

Inquinante/ classe	ESP		Sistemi, apparati e organi bersaglio	Effetti sulla salute
	E	O		
Cloruro di vinile (CVM)	X	P	fegato	Dati epidemiologici dimostrano una chiara associazione tra esposizione a CVM e angiosarcoma del fegato e carcinoma epatocellulare (IARC, 2012; ATSDR, 2001). Inoltre il CVM aumenta il rischio di <b>cirrosi</b> del fegato che è un fattore di rischio riconosciuto per il <b>carcinoma epatocellulare</b> (IARC, 2012). Classificazione IARC: <b>fegato (angiosarcomi ed epatocarcinomi)</b> come sede tumorale per la quale l'evidenza di cancerogenicità è sufficiente (IARC, 2012).
Diossine e furani (PCDD/F)		P PB	sist. linfatico app. endocrino, tiroide, sist. emopoietico	L'esposizione cronica a <b>dosi basse</b> può provocare danni sia al sist. immun. che a quello endocrino, interferire con l'equilibrio fisiologico degli ormoni tiroidei e steroidei (azione da interferenti endocrini), determinare effetti sullo sviluppo del feto, quando l'esposizione avviene durante la gravidanza (esposizione prenatale) o nelle fasi immediatamente successive alla nascita (esposizione postnatale) (US EPA 2004, EFSA 2018). Alcune tra le PCDD e i PCDF sono considerate cancerogene per l'uomo. Possono infatti determinare tumori del tessuto linfatico, tumori del tessuto emopoietico (colpendo, quindi, organi e tessuti responsabili della produzione di globuli rossi, bianchi e piastrine), <b>diverse forme di leucemia, linfomi non-Hodgkin e tumore al seno</b> . Classificazione IARC: alcune diossine nel gruppo 1 sono considerate cancerogeni per l'uomo (IARC, 1997).
Idrocarburi poli ciclici aromatici (IPA)		P PB	app. respiratorio, app. digerente reni, cute	Gli IPA sono una miscela di composti per cui è difficile ascrivere gli effetti tossici evidenziati in studi epidemiologici a uno specifico composto. Alcuni di loro sono cancerogeni e genotossici. Gli effetti non cancerogeni per esposizione cronica sono polmonari, gastrointestinali, renali e dermatologici. Un incremento di <b>incidenza tumorale per polmoni, pelle e vescica sono associati a esposizione occupazionale</b> (ATSDR, 1995). Nella popolazione generale per i non fumatori la principale via di esposizione agli IPA è il consumo di cibo, l'inalazione generalmente contribuisce relativamente poco all'esposizione complessiva, mentre può divenire rilevante nell'esposizione occupazionale e il fumo (EFSA, 2008). Il Benzo(a)pirene è considerato tra gli IPA il composto a più alta tossicità. Classificazione IARC: benzo(a)pirene e benz(a)anthracene come probabili cancerogeni per l'uomo; benzo(a)fluoranthene e ideno(1,2,3-c,d)pyrene come possibili cancerogeni umani (IARC, 2010).
Arsenico	X	P P	<b>Inalatoria:</b> polmoni, cute, app. cardiovascolare <b>Orale:</b> cute, app. respiratorio, app. cardiovascolare	I principali effetti avversi dovuti all' <b>ingestione</b> a lungo termine di As inorganico negli esseri umani sono <b>lesioni della pelle e tumori a cute, polmoni e vescica</b> . Altri effetti evidenziabili a dosi più alte sono legati a tossicità sullo sviluppo, disturbi vascolari periferici e cardiovascolari, metabolismo del glucosio anormale e <b>diabete</b> (Oiles, 2010; SCHER, 2010, Heck, 2009; ATSDR, 2007; EFSA, 2009; WHO, 2010). L'inalazione porta a un incremento del tumore al polmone. Inoltre, da un'ampia base di studi sull'uomo emergono prove convincenti ( <i>convincing evidence</i> ) che l'esposizione per via orale e inalatoria a livelli As inorganico possa causare effetti neurologici (ATSDR, 2007). Studi epidemiologici hanno mostrato che <b>polmoni, vescica e cute</b> sono le sedi principali di sviluppo di tumore <b>per inalazione o per ingestione</b> di acqua contaminata da As (IARC, 2012b; US EPA, 2010). Classificazione IARC: l'As e i suoi composti inorganici sono stati classificati come cancerogeni per l'uomo.

Inquinante/ classe	ESP		Sistemi, apparati e organi bersaglio	Effetti sulla salute
	E	I O		
Cadmio	X	P	<b>Inalatoria</b> reni, polmoni, cavità nasali e seni paranasali <b>Orale:</b> reni, app. scheletrico	Gli organi più sensibili alla tossicità cronica del Cd sono reni e ossa per <b>esposizione per via orale</b> e reni e polmoni per <b>esposizione per via inalatoria</b> a bassi livelli prolungati nel tempo per il suo accumulo nell'organismo (ATSDR 2012). Infatti il Cd è eliminato molto lentamente dall'organismo umano, si ritrova anche nel latte materno e piccole quantità possono essere assunte dal neonato. È <b>tossico princip. per il rene, specialmente per le cellule del tubulo prossimale, ove si accumula progressivam. compromettendo la filtrazione glomerulare e alterando così la funzionalità renale</b> . Può inoltre causare demineralizzazione ossea sia danneggiando direttamente l'osso sia, indirettamente, come effetto secondario della disfunzione renale (EFSA, 2012). Gli effetti sulla salute dei bambini sembrerebbero essere molto simili a quelli osservati negli adulti, con danni prevalenti ai reni e ai polmoni. Classificazione IARC: il <b>polmone</b> è la sede tumorale per la quale l'evidenza di cancerogenicità è sufficiente (Cat. 1), <b>prostata, rene, cavità nasali e paranasali</b> sono sedi tumorali per le quali l'evidenza di cancerogenicità è limitata. Cd e suoi composti sono cancerogeni per l'uomo (IARC, 2012b)
Nichel	X	P	<b>Inalatoria:</b> polmoni, cavità nasali e seni paranasali, cute	Gli effetti non cancerogeni più noti per esposizione a Ni anche a basse dosi indipendentemente dalla via espositiva sono relativi alla <b>sensibilizzazione e allergia</b> (una larga fetta della popolazione è sensibilizzata al Ni). Gli effetti a dosi più alte per esposizione inalatoria sono a livello del tratto respir., del sist. immun. e dell'equilibrio endocrino. Si sono evidenziate dermatiti, disordini dell'app. digerente e <b>asma bronchiale</b> . <b>Nei lavoratori</b> esposti a livello professionale, generalm. per inalazione e a dosi molto più alte di quelle cui è esposta la popolazione generale, sono stati osservati effetti e reazioni sulla pelle e sui reni ma, soprattutto, si è notata la comparsa di <b>bronchiti croniche, di una ridotta funzionalità del polmone e, anche, di tumori al polmone e ai seni nasali</b> . Classificazione IARC: polmoni, cavità nasali e seni paranasali sono sedi tumorali;alcuni composti del nichel, assunti solo per <b>inalazione</b> , sono nel <b>Gruppo 1</b> tra le sostanze cancerogene per l'uomo con sufficiente evidenza, mentre il Ni metallico è nel <b>Gruppo 2B</b> , vale a dire come possibile cancerogeno per l'uomo, per mancanza di evidenze scientifiche sufficienti (IARC, 2012b).
Vanadio	X	P	app. respiratorio	La tossicità dei composti del V aumenta all'aumentare dello stato di valenza: i composti pentavalenti sono i più tossici. Nell'uomo, gli effetti cronici dell'esposizione a vanadio si manifestano a carico delle vie respiratorie superiori (è un <b>potente irritante respir.</b> ) che rappresentano il bersaglio primario (ATSDR, 2012c; US EPA 2011;WHO, 2000). Classificazione IARC: vanadio pentossido come possibile cancerogeno per l'uomo ( <b>Gruppo 2B</b> ) sulla base di evidenza di cancerogenicità inadeguata nell'uomo e sufficiente negli animali da laboratorio (IARC, 2006).
Cromo esavalente	X	P	<b>Inalatoria:</b> polmoni <b>Orale:</b> app. digerente	Bersaglio primario <b>dell'esposizione inalatoria</b> a Cr(VI) sono i polmoni, mentre per <b>esposizione orale</b> sono associati principalmente effetti gastrointestinali (ATSDR, 2012b). L'esposizione <b>professionale</b> a Cr(VI) determina un aumento del rischio di cancro del <b>sist. respir., principalmente broncogeno e nasale</b> . L'esposizione ambientale tramite acqua da bere è stata associata a un aumento statisticamente significativo del rischio di <b>tumore dello stomaco</b> (Beaumont, 2008). Classificazione IARC: composti del Cr(VI) sono cancerogeni per l'uomo per <b>esposizione inalatoria</b> (Cat 1 con il <b>polmone</b> come sede tumorale per la quale l'evidenza di cancerogenicità è sufficiente; cavità nasali e seni paranasali sono sedi tumorali per le quali l'evidenza di cancerogenicità è limitata, mentre l'evidenza per il tumore dello stomaco è considerata scarsa ( <i>little evidence</i> )) (IARC, 2012b). Sebbene i composti del Cr(VI) siano associati all'insorgenza di tumori in seguito all'inalazione, non si può

Inquinante/ classe	ESP		Sistemi, apparati e organi bersaglio	Effetti sulla salute
	E	O		
Piombo	X	P	sist. nervoso centrale e periferico (nei bambini) app. cardiovascolari reni (adulto)	Nell'uomo il principale organo bersaglio è il <b>sist. nervoso centrale</b> ; il cervello in via di sviluppo è più vulnerabile alla neurotossicità del Pb rispetto al cervello maturo. Negli adulti infatti l'esposizione prolungata a Pb a basse dosi è associata a effetti renali ( <b>nefropatie croniche</b> ), a carico del sist. cardiovascolare ( <b>ipertensione</b> ), molto raramente neurotossici (neuropatie periferiche). <b>Per i bambini</b> nell'età dello sviluppo del cervello (vita fetale, neonati e bambini fino a 6 anni di età) gli effetti tossici più importanti sono quelli sul <b>sist. nervoso</b> . Una <b>esposizione ripetuta a dosi basse</b> causa: progressiva <b>perdita dell'udito</b> , affaticamento e lentezza cronica, <b>deficit dell'apprendimento</b> con quoziente di intelligenza (QI) ridotto e con possibilità di comportamenti antisociali. Gli effetti sul cervello dei bambini sono irreversibili e si verificano a dosi di esposizione più basse rispetto a quelle che provocano gli effetti tossici negli adulti (nefropatie e ipertensione). Il Pb può accumularsi nell'app. scheletrico e rilascio graduale nel flusso sanguigno, in particolare durante i periodi fisiologici o patologici demineralizzazione dell'osso come gravidanza, allattamento e osteoporosi, anche se l'esposizione al piombo è già cessata. Il piombo può essere trasferito dalla madre al feto/neonato in utero e attraverso il latte materno (EFSA, 2010).  Classificazione IARC: composti inorganici del Pb probabili cancerogeni per l'uomo ( <b>Gruppo 2A</b> ) e con lo stomaco come sede tumorale per cui ci sono limitate evidenze nell'uomo (IARC, 2006b). Nei roditori i tumori si evidenziano solo a dosi estremamente elevate di trattamento. <b>Gli effetti tossici non tumorali del piombo, che si evidenziano a basse dosi, sono da considerarsi più rilevanti.</b>  Una dozzina degli oltre 200 PCB conosciuti hanno proprietà tossicologiche simili alle diossine (dioxin-like).
Policlorobifenili diossina simile (PCB-dl)	P	PB	sist. endocrino, tiroide, sist. immunitario	La popolazione generale è esposta soprattutto attraverso il consumo di alimenti. L'esposizione ambientale a basse dosi a lungo termine causa effetti sul sist. immun., su <b>tiroide e ormone steroideo e sulla funzione riproduttiva</b> (ATSDR, 2011; EFSA 2018). L'effetto critico è la <b>qualità spermatica</b> specie con esposizione negli stadi di vita più sensibili : quello fetale e neonatale.  Classificazione IARC: <b>PCB dioxin-like</b> (PCB-77, PCB 81, PCB-105, PCB114, PCB-118, PCB-123, PCB-126, PCB-169, PCB-156, PCB-157, PCB-167, PCB-169) <b>sono cancerogeni per l'uomo (Gruppo 1)</b> , con un'evidenza sufficiente per <b>melanoma cutaneo, e limitata per linfomi non-Hodgkin e tumori della mammella</b> (IARC, 2016).
Acrilonitrile	X	P	app. respiratorio, cute, sangue	L'acrilonitrile è una sostanza sensibilizzante e irritante. Dati sugli animali evidenziano effetti di irritazione degli occhi, della pelle e delle vie respiratorie. Effetti riproduttivi (fetotossicità e teratogenesi) non sono stati osservati a dose che non fossero tossiche per la madre. Comunque l'effetto critico sembra essere la cancerogenicità (SNC, vie respiratorie, tratto gastrointestinale), ma nell'uomo risultano limitate le evidenze di incremento di tumore al polmone. L'esposizione a lungo termine occupazionale ha evidenziato effetti sulla formazione del sangue (riduzione di emoglobina, eritrociti e globuli bianchi), ma principalmente cutanei (dermatiti allergiche da sensibilizzazione) (WHO, 2002).  Classificazione IARC: possibile cancerogeno per l'uomo (Cat 2B). (IARC, 1999c).

\* Termine viene usato: a) in presenza di una documentata contaminazione ambientale gli elementi di conoscenza del territorio suggeriscono che l'esposizione generale non si sia realizzata, ma non possono essere esclusi comportamenti diffusi da eventuali indicazioni degli Enti preposti (es. divieto di pesca, di utilizzo di pozzi per attività agricole e così via), b) in assenza di dati di monitoraggio specifici che permettano di escludere un'esposizione orale, c) in presenza di una o più sorgenti che notoriamente emettono specifici inquinanti.

L'effetto critico può essere tale perché è più rilevante dal punto di vista tossicologico e soprattutto è quello che si manifesta alle dosi più basse: è evidente che la prevenzione dell'effetto critico automaticamente impedisce che si manifestino tutti gli altri effetti.

Nel caso di Porto Torres, le misurazioni delle centraline poste nel centro abitato hanno evidenziato nel comparto aria la presenza, nel corso degli anni, di vari inquinanti (NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, CO, SO<sub>2</sub>). Prendendo a riferimento i livelli di concentrazione di SO<sub>2</sub> indicatore delle emissioni industriali del polo petrolchimico, è evidente che le emissioni in atmosfera abbiano raggiunto il centro abitato. In particolare, l'analisi storica di dati meteorologici dell'area evidenzia come i venti da ovest e nord ovest siano predominanti, ponendo il centro urbano di Porto Torres frequentemente sottovento alle emissioni dell'area industriale (MiTE 2007). Per questa ragione l'esposizione inalatoria è stata considerata la via principale e ritenuta possibile per tutti gli inquinanti selezionati.

Per quanto riguarda le matrici suolo e acqua i dati disponibili sono risultati più limitati e di difficile interpretazione mostrando varie criticità (vedi capitolo "Analisi delle criticità riscontrate nel percorso di individuazione e valutazione dei documenti e dei dati raccolti" di questo rapporto).

L'esposizione della popolazione per via orale dovuta all'inquinamento di queste matrici può derivare principalmente dall'ingestione di acqua e dall'utilizzo di alimenti coltivati o di origine animale da allevamenti in zone dove, verosimilmente, si sono verificate le ricadute degli inquinanti emessi in aria.

Nel caso di Porto Torres l'acqua potabile viene fornita da fonti distanti e che non hanno relazione con la zona del SIN: tale modalità di esposizione può quindi essere esclusa.

Per quanto riguarda gli alimenti di origine animale e vegetale (es. uova, prodotti caseari e ortaggi) non sono disponibili sufficienti dati di monitoraggio, sia della zona del SIN che delle zone intorno a Porto Torres, che permettano di escludere la possibilità che un'esposizione per via orale possa essere avvenuta.

Per questa ragione, a seconda delle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante ritrovato nei suoli o nelle acque sotterranee a livelli rilevanti, la via di esposizione orale è stata considerata possibile/probabile.

## Bibliografia

- ATSDR. *Addendum for polychlorinated biphenyls*. Atlanta, GA: US department of health and human services, public health service, agency for toxic substances and disease registry; 2011. Disponibile all'indirizzo: [https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/pcbs\\_addendum.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/pcbs_addendum.pdf); ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for arsenic (Update)*. Atlanta, GA: US department of health and human services, public health service, agency for toxic substances and disease registry; 2007. Disponibile all'indirizzo: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp2.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for benzene*. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2007. Disponibile all'indirizzo: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for cadmium*. Atlanta, GA: us department of health and human services, public health service, agency for toxic substances and disease registry; 2012. Disponibile all'indirizzo: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for chloroform*. Public Health Service, U.S. department of health and human services, Atlanta, GA; 1997. Disponibile all'indirizzo: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp6.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.

- ATSDR. *Toxicological profile for chromium*. Atlanta, GA: US Department of health and human services, public health service, agency for toxic substances and disease registry; 2012b. Disponibile all'indirizzo: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for lead*. Atlanta, GA: US Department of health and human services, public health service, agency for toxic substances and disease registry; 2007b. Disponibile all'indirizzo: <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp13.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons*. Public Health Service, U.S. department of health and human services, Atlanta, GA; 1995. Disponibile all'indirizzo: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp69.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for toluene*. U.S. Public Health Service, U.S. Department of health and human services, Atlanta, GA; 2000. Disponibile all'indirizzo: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for vanadium*. Atlanta, GA: US Department of health and human services, public health service, agency for toxic substances and disease registry; 2012c. Disponibile all'indirizzo: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp58.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile for xylene*. Atlanta, GA: US Department of health and human services, public health service, agency for toxic substances and disease registry; 2009. Disponibile all'indirizzo: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp71.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- ATSDR. *Toxicological profile on vinyl chloride*. Atlanta, GA: US department of health and human services, public health service, agency for toxic substances and disease registry; 2001. Disponibile all'indirizzo: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs20.html>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Beaumont JJ, Sedman RM, Reynolds SD, Sherman CD, Li LH, Howd RA, Sandy MS, Zeise L, Alexeeff GV. Cancer mortality in a Chinese population exposed to hexavalent chromium in drinking water. *Epidemiology* 2008;19(1):12-23. Disponibile all'indirizzo: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18091413/>; ultima consultazione 15/11/2021.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal* 2009;7(10):1351. Disponibile all'indirizzo: doi:10.2903/j.efsa.2009.1351; ultima consultazione 15/11/2021.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *Scientific Opinion on Lead in Food*. *EFSA Journal* 2010; 8(4):1570. Disponibile all'indirizzo: doi: 10.2903/j.efsa.2010.1570; ultima consultazione 15/11/2021.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific Opinion on the risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal* 2018;16(11):e5333. Disponibile all'indirizzo: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>; ultima consultazione 15/11/2021.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Scientific opinion of the panel on contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on polycyclic aromatic hydrocarbons in food. *The EFSA Journal* (2008)724:1-114. Disponibile all'indirizzo: <https://www.efsa.europa.eu/it/efsajournal/pub/724>; ultima consultazione 15/11/2021.
- EFSA. Cadmium dietary exposure in the European population. *EFSA Journal* 2012;10(1):2551. Disponibile all'indirizzo: <http://www.efsa.europa.eu/it/efsajournal/doc/2551.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Heck JE, Andrew AS, Onega T, Rigas JR, Jackson BP, Karagas MR, Duell EJ. Lung cancer in a U.S. population with low to moderate arsenic exposure. *Environ Health Perspect* 2009;117(11): 1718-23. Disponibile all'indirizzo: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20049123/>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 100F. *A Review of Human carcinogens: chemical agents and related occupations*. Lyon: International Agency for

- Research on Cancer; 2012. Disponibile all'indirizzo: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/index.php>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 86. *Cobalt in hard metals and cobalt sulfate gallium arsenide, indium phosphide and vanadium pentoxide*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2006. Disponibile all'indirizzo: [https://publications.iarc.fr/\\_publications/media/download/2705/29aacee6b89ff816188dcd990b61a16ad6486eec.pdf](https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/2705/29aacee6b89ff816188dcd990b61a16ad6486eec.pdf); ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 87. *Inorganic and organic lead compounds*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2006b. Disponibile all'indirizzo: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono87.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Vol. 120. *Benzene*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2017. Disponibile all'indirizzo: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Benzene-2018>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 71. *Re-Evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1999. Disponibile all'indirizzo: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono71.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 100C. *A Review of Human carcinogens: arsenic, metals fibers and dusts*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2012b. Disponibile all'indirizzo: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/index.php>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol. 107. *Polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2016. Disponibile all'indirizzo: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol107/index.php>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 73. *Some Chemicals that cause tumours of the kidney or urinary bladder in rodents and some other substances*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1999b. Disponibile all'indirizzo: <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono73.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 69. *Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1997. Disponibile all'indirizzo: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Polychlorinated-Dibenzo--Em-Para-Em--Dioxins-And-Polychlorinated-Dibenzofurans-1997>; ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol 92. *Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2010. Disponibile all'indirizzo: [https://publications.iarc.fr/\\_publications/media/download/2841/a076b09df49aeeb8c7922378fe4f372fd a3edd13.pdf](https://publications.iarc.fr/_publications/media/download/2841/a076b09df49aeeb8c7922378fe4f372fd a3edd13.pdf); ultima consultazione 15/11/2021.
- IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Vol 71. *Acrylonitrile*. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1999c. Disponibile all'indirizzo: ultima consultazione 15/11/2021.
- MiTE. Ministero della Transizione Ecologica. Relazione Tecnica su dati e modelli meteo climatici (Allegato D5). Roma: MiTE; 17/10/2007. Disponibile all'indirizzo: <https://va.minambiente.it/File/Documento/257726>; ultima consultazione 15/11/2021.

- Otles, S, Cag̃indi O. Health importance of arsenic in drinking water and food. *Environ Geochem Health* 2010;32(4):367-71. Disponibile all'indirizzo: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20383791>; ultima consultazione 15/11/2021.
- SCHER. Scientific opinion on request for derogations on the Drinking Water Directive (Directive 98/83/EC). *Scientific Committee on Health and Environmental Risks*. Brussels: European Commission; 16 April 2010. Disponibile all'indirizzo: [http://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/environmental\\_risks/docs/scher\\_o\\_120.pdf](http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/docs/scher_o_120.pdf); ultima consultazione 15/11/2021.
- U.S. EPA. Integrated Risk information System (IRIS) - *Toxicological review of inorganic arsenic (Cancer) (2010 external review draft)*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency; 2010. EPA/635/R-10/001. Disponibile all'indirizzo: [http://cfpub.epa.gov/ncea/iris\\_drafts/recordisplay.cfm?deid=219111](http://cfpub.epa.gov/ncea/iris_drafts/recordisplay.cfm?deid=219111); ultima consultazione 15/11/2021.
- U.S. EPA. Integrated Risk information System (IRIS) - *Toxicological Review of Vanadium Pentoxide (V2O5)*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency; 2011. Disponibile all'indirizzo: [https://ofmpub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p\\_download\\_id=504127](https://ofmpub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=504127); ultima consultazione 15/11/2021.
- U.S. EPA. *Integrated Risk Information System (IRIS) on Toluene*. Washington, DC: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development; 2005. Disponibile all'indirizzo: [https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicallanding.cfm?substance\\_nmbr=118](https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicallanding.cfm?substance_nmbr=118); ultima consultazione 15/11/2021.
- U.S. EPA. *Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-P-Dioxin (Tcdd) and related compounds national academy sciences (external review draft)*. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency; (2004). Disponibile all'indirizzo: <https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=87843>; ultima consultazione 15/11/2021.
- WHO. *Air quality guidelines for Europe, 2nd ed.* Copenhagen, Denmark: WHO Regional Publications, European Series, No. 93, 2000. Disponibile all'indirizzo: [http://www.euro.who.int/data/assets/pdf\\_file/0016/123082/AQG2ndEd\\_6\\_12vanadium.PDF](http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0016/123082/AQG2ndEd_6_12vanadium.PDF); ultima consultazione 15/11/2021.
- WHO. Concise International Chemical Assessment Document (CICAD) 39. *Acrylonitrile*. Geneva: World Health Organization; 2002. Disponibile all'indirizzo: <https://inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad39.htm>; ultima consultazione 15/11/2021.
- WHO. *Exposure to arsenic: A major public health concern*. Geneva: World Health Organization; 2010. Disponibile all'indirizzo: <http://www.who.int/ipcs/features/arsenic.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- WHO. *Exposure to lead: A major public health concern* Geneva: World Health Organization; 2010b. Disponibile all'indirizzo: <http://www.who.int/ipcs/features/lead.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.

**PARTE SECONDA**  
**Descrizione del profilo di salute: metodi e risultati**



# **PROTOCOLLO DELLO STUDIO EPIDEMIOLOGICO DESCRITTIVO DEL PROFILO DI SALUTE DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE NEL COMUNE DI PORTO TORRES**

Roberto Pasetto (a), Maria Antonietta Palmas (b), Rosanna Porcu (b), Caterina Bellu (c),  
Ivano Iavarone (a), Daniele De Rocchi (d), Marco De Santis (a), Massimo Melis (e), Daniela Piras (e),  
Daniela Pirino (e), Giannalisa Pitzus (e)

(a) *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

(b) *Assessorato Igiene, Sanità e Assistenza Sociale - Osservatorio Epidemiologico Regionale, Regione  
Autonoma della Sardegna, Cagliari*

(c) *Dipartimento di Prevenzione, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Cagliari*

(d) *Dipartimento di Scienze Statistiche, Università Sapienza, Roma*

(e) *Dipartimento di Prevenzione, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna - Centro Epidemiologico  
e Registro tumori, Cagliari e Sassari*

Lo studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres segue le principali procedure già utilizzate in altri siti contaminati di interesse per le bonifiche, effettuando una serie di scelte *ad hoc* che riguardano soprattutto la raccolta e organizzazione dei dati ambientali (come presentato nella prima Parte di questo rapporto), la conseguente definizione degli inquinanti prioritari e organi bersaglio (si veda il capitolo “Selezione degli inquinanti prioritari per l’area Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione” in questo rapporto) e la rappresentazione dei risultati.

Il presente contributo, dopo aver riassunto le evidenze epidemiologiche relative all’area di Porto Torres, esplicita le scelte di carattere epidemiologico effettuate per lo studio. Vengono, inoltre, descritte in modo succinto analisi di corredo che riguardano i trend temporali della mortalità e le condizioni socioeconomiche di area. Tali valutazioni sono trattate in modo dettagliato nei contributi “Analisi degli andamenti temporali della mortalità a Porto Torres” e “Rappresentazione cartografica e analisi di cluster della deprivazione in Sardegna e condizioni di deprivazione del Comune di Porto Torres” presenti in questa Parte del rapporto.

## **Evidenze epidemiologiche pregresse sull’area di Porto Torres**

L’area di Porto Torres è stata inclusa in studi epidemiologici geografici su base comunale. Uno studio di coorte occupazionale ha, inoltre, valutato l’incidenza tumorale nei lavoratori del petrolchimico di Porto Torres.

Un primo studio su base geografica pubblicato nel 2006 ha prodotto stime di rischio per l’area industriale di Porto Torres effettuando valutazioni per l’insieme dei comuni di Castelsardo, Porto Torres, Sassari, Sennori, Sorso, Stintino (Biggeri *et al.*, 2006). Sono stati analizzati i dati di mortalità derivanti dall’archivio dell’Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) per il periodo 1981-2001, i dati di ricovero relativi agli anni 2001-2003, e i dati di incidenza tumorale per il periodo 1992-2002. Le analisi sono state condotte utilizzando come riferimento la popolazione regionale

e aggiustando per livello di deprivazione materiale. Relativamente alla mortalità, lo studio ha mostrato un eccesso per tutte le cause, per le malattie infettive, per quelle dell'apparato digerente, per tutti i tumori, per i tumori del fegato e per quelli del sistema linfematoipoiatico e, per il genere femminile, per le malattie respiratorie. Per i ricoveri e ricoverati sono stati osservati eccessi per le malattie infettive, e i tumori del fegato, del polmone, della prostata. L'incidenza tumorale ha mostrato eccessi per tutti i tumori maligni, per quelli del colon, del fegato, del polmone, della prostata, e i tumori della mammella e ovaio.

Il Quinto Rapporto SENTIERI riporta l'aggiornamento di precedenti valutazioni dello stesso sistema di sorveglianza SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento), che per la mortalità e l'ospedalizzazione hanno riguardato il periodo 2006-2013, mentre per il Sito di Interesse Nazionale per le bonifiche (SIN) di Porto Torres l'incidenza oncologica è stata valutata considerando il periodo 2006-2011 (Zona *et al.*, 2019). Il riferimento per il calcolo degli indicatori è stata la regione. Nel Sito in esame, che comprende i comuni di Porto Torres e Sassari, si sono osservati eccessi per tutti gli esiti considerati. Per la mortalità si sono osservati, tra le cause principali, eccessi per tutte le cause, tutti i tumori e le malattie respiratorie in entrambi i generi. Anche per l'ospedalizzazione si sono osservati eccessi per tutte le cause naturali, per le malattie dell'apparato respiratorio, per i tumori del colon e del retto e polmone e pleura. Per l'incidenza oncologica sono stati osservati eccessi per tutti i tumori, i tumori del polmone, del colon e del retto e, limitatamente al genere maschile, eccessi di mesotelioma.

Uno studio recente ha descritto la mortalità in Sardegna nel periodo 2012-2017 mediante l'utilizzo dei dati di mortalità ISTAT e utilizzando il riferimento regionale nel calcolo degli indicatori epidemiologici (Russo *et al.*, 2021).

Questo studio ha riportato per il SIN di Porto Torres, ossia per l'insieme dei comuni di Porto Torres e Sassari, un eccesso della mortalità generale in entrambi i generi. Tra le principali cause per le quali sono stati osservati eccessi sono le malattie del sistema respiratorio, le malattie del sistema nervoso e degli organi di senso, in particolare Alzheimer, e le cause mal-definite, nonché un eccesso di mortalità è stato osservato per l'insieme dei tumori per il genere femminile. L'analisi di mortalità per specifiche sedi tumorali ha evidenziato eccessi per altri tumori maligni del tessuto linfematoipoiatico negli uomini, ed eccessi per tumori maligni della trachea, bronchi e polmoni, tumori maligni del pancreas e per altri tumori maligni nelle donne.

Infine, uno studio di coorte condotto tra i lavoratori del petrolchimico industriale di Porto Torres ha descritto l'incidenza tumorale relativamente agli anni 1990-2006, evidenziando nell'intera coorte un aumento del rischio per l'insieme dei tumori e in particolare per il linfoma non-Hodgkin (Budroni *et al.*, 2010). Lo studio ha, inoltre, evidenziato un aumento del rischio per neoplasie del sistema linfematoipoiatico nei lavoratori impiegati nella produzione del cloruro vinile monomero e un aumento del tumore alla vescica nei lavoratori potenzialmente esposti ad asbesto.

Fino ad oggi nessuno studio ha descritto i profili di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres in relazione allo specifico contesto ambientale. Gli studi geografici effettuati hanno riguardato insiemi di comuni e periodi lontani dal presente, a eccezione dell'ultimo studio eseguito in ordine temporale (Russo *et al.*, 2021) che ha riguardato il SIN di Porto Torres e il solo esito della mortalità.

Inoltre, tutti gli studi geografici hanno avuto un'impostazione generale, includendo diverse aree nelle analisi e prendendo a riferimento per il calcolo degli indicatori la regione Sardegna, e non una macro-area selezionata *ad hoc* in quanto riferimento con caratteristiche più simili al contesto locale.

## Caratterizzazione dell'area di Porto Torres

Il territorio del Comune di Porto Torres è situato nella Sardegna nord-occidentale, si sviluppa a ridosso del golfo dell'Asinara e ha una popolazione complessiva, al censimento 2011, di 22.391 abitanti.

L'area di Porto Torres accoglie un'estesa zona industriale dove insistono diverse realtà produttive attive soprattutto nel campo della chimica industriale ed energetica, sebbene il settore conosca da molti anni una profonda crisi e la prevalenza degli impianti sia attualmente dismessa.

Le attività di interesse dal punto di vista ambientale sono riconducibili prevalentemente all'industria petrolchimica e chimica. Nello specifico l'area comprende:

- il Polo Petrolchimico (stabilimenti Syndial - all'interno dei quali sono presenti discariche controllate e non, quali l'area Minciaredda, la discarica "Cava Gessi" e aree interessate dallo smaltimento di rifiuti - stabilimenti Ineos Vinyls ex EVC, Sasol e altri);
- la Centrale termoelettrica di EON Spa, ora Fiumesanto Spa;
- le aree del Consorzio ASI di Porto Torres (industrie chimiche, meccaniche, stabilimenti laterizi Torres, area ex Ferromin e altre, depositi di carburanti e stabilimento PB Oil, discarica e depuratore consortile);
- le aree agricole.

Tali aspetti sono stati approfonditamente descritti nella prima Parte di questo rapporto relativa ai dati ambientali.

## Obiettivo dello studio

L'obiettivo dell'indagine epidemiologica è descrivere il profilo di salute della popolazione residente nel comune Porto Torres in termini di mortalità, incidenza tumorale e ospedalizzazione.

Lo studio geografico su base comunale segue principalmente la metodologia utilizzata nel sistema di sorveglianza SENTIERI per descrivere i profili di salute dei principali siti contaminati italiani oggetto di bonifica (Zona *et al.*, 2019).

Lo studio utilizza le fonti informative correnti di riconosciuta validità disponibili in Sardegna.

Il profilo di salute è descritto sia in termini generali che specifici, questi ultimi con particolare riferimento alle condizioni ambientali associate alle contaminazioni-esposizioni di origine industriale aventi come sorgente il complesso industriale di Porto Torres.

Il profilo di salute specifico della popolazione è delineato in funzione di esiti d'interesse identificati *a priori* sulla base delle evidenze epidemiologiche relative al rischio osservato in popolazioni residenti in aree con le stese sorgenti di esposizione ambientale di Porto Torres e di quelle relative alle specifiche contaminazioni ambientali dell'area.

A integrazione della descrizione dei profili di salute, sono effettuate valutazioni sui trend della mortalità e sulle condizioni socioeconomiche di area.

## Materiali e metodi

### Popolazione in studio

La popolazione in studio è quella residente nel Comune di Porto Torres. La popolazione di riferimento è quella residente nell'Area Socio-Sanitaria Locale (ASSL) di Sassari, corrispondente

alla vecchia provincia di Sassari, escluso Porto Torres (d'ora in poi 'popolazione di riferimento'). Tale area include 65 comuni, con una popolazione complessiva di circa 305.652 residenti al Censimento 2001.

La scelta dell'insieme dei comuni della ASSL di Sassari escluso Porto Torres come riferimento è stata fatta in quanto si tratta di comuni che fanno parte di un'unica unità amministrativa, appartenenti allo stesso contesto geografico, con condizioni simili per demografia e caratteristiche sociali e la stessa offerta di servizi sanitari.

Inoltre, la rilevazione dei dati di mortalità e incidenza tumorale è curata dalle stesse strutture assicurando così affidabilità del dato in termini di copertura e uniformità della codifica. Infine, la popolazione di riferimento si può ritenere sufficientemente numerosa per garantire il calcolo di indicatori robusti.

## Fonti dei dati

I dati di mortalità sono forniti dal Registro Nominativo delle Cause di Morte (ReNCaM) della ASSL di Sassari che sin dal 1995 raccoglie le informazioni sui decessi dei cittadini residenti o deceduti nel proprio territorio.

La codifica della causa iniziale di morte viene effettuata utilizzando l'ICD-10 (*International Classification of Diseases* – decima revisione) a partire dai decessi del 2004 (fino al 2003 in ICD 9).

I dati di incidenza oncologica sono forniti dal Registro Tumori del Nord Sardegna, limitatamente al territorio della ASSL di Sassari.

L'elaborazione delle informazioni al fine di identificare i casi incidenti è stata effettuata appositamente per lo studio, aggiornando i dati del registro Tumori del Nord Sardegna per l'area in studio per 4 annualità grazie anche alla collaborazione del Registro Tumori del Sud Sardegna.

I dati di ospedalizzazione per identificare i soggetti ricoverati sono ricavati dalla banca dati regionale delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) disponibili presso l'Osservatorio Epidemiologico Regionale.

## Periodo di osservazione

Il periodo di osservazione è di un decennio per tutti gli esiti considerati, sulla base delle ultime possibilità di aggiornamento delle fonti informative ed escludendo le annualità di piena pandemia COVID-19 (ad oggi 2020 e 2021), che ha profondamente modificato il quadro epidemiologico.

La finestra temporale studiata per mortalità e ricoveri è il decennio 2010-2019; per l'incidenza tumorale il decennio 2006-2015.

## Indicatori epidemiologici

La mortalità, l'incidenza oncologica e l'ospedalizzazione sono espresse mediante indicatori statistici, quali il rapporto standardizzato indiretto di mortalità (SMR), di incidenza oncologica (SIR) e di ospedalizzazione (SHR), ognuno dei quali rappresenta il rapporto tra i casi osservati nella popolazione target (ossia di Porto Torres) e i casi attesi nella popolazione target sulla base di quanto osservato nella popolazione di riferimento, al netto delle influenze esercitate dalla diversa composizione per età.

Le classi di età utilizzate sono quinquennali tranne la prima (0 anni) e l'ultima (95+). Per ciascun indicatore sono riportate le stime puntuali e intervallari.

L'intervallo di confidenza è calcolato al 90% (IC90%), avvalendosi della formula di *Poisson* per un numero di decessi osservati inferiore a 100 e dell'approssimazione di Byar per un numero di decessi osservati uguale o superiore a 100.

Per quanto riguarda l'analisi dei ricoveri, in analogia a quanto fatto in SENTIERI, sono stati selezionati per ciascuna causa o gruppo di cause in diagnosi principale, i ricoverati (non i ricoveri) nel periodo d'interesse.

In caso di ricoveri ripetuti nell'intero periodo di osservazione, è stato considerato unicamente il primo evento osservato.

Per l'esito della mortalità viene considerato anche l'indicatore di mortalità precoce derivato dall'indicatore 3.4.1 di sviluppo sostenibile, che è rappresentato dalla mortalità per l'insieme delle principali cause croniche non trasmissibili, potenzialmente almeno in parte prevenibili nella fascia di età 30-69 anni, ossia le malattie cardiovascolari, i tumori, il diabete e le malattie respiratorie croniche (UN *Statistic Division*, 2021).

Per l'insieme di tali patologie nella fascia di età 30-69 viene calcolato l'indicatore SMR.

Tale indicatore, se in eccesso, fornisce evidenza indiretta di una fragilità di area, associabile in termini generali a condizioni di deprivazione.

## Profilo di salute generale

Il profilo di salute generale per ciascun esito è rappresentato dai grandi gruppi di cause. Il profilo di mortalità generale analizza: a) la totalità delle cause naturali ed esterne; b) i 5 grandi gruppi di cause considerati in SENTIERI; c) il gruppo di cause del sistema nervoso centrale, vista la sua rilevanza rispetto agli inquinanti prioritari identificati per l'area di Porto Torres.

Le cause, i relativi codici nosologici ICD-10 e gli inquinanti prioritari sono riportati in Tabella 1.

**Tabella 1. Profilo di mortalità generale: cause, inquinanti prioritari e codici ICD-10**

Cause di mortalità	Inquinanti prioritari <sup>a</sup>	Codici ICD-10
Tutte le cause naturali ed esterne		A00-T98
Tutti i tumori		C00-D48
Malattie del sistema nervoso centrale	Xileni, Triclorometano, Arsenico, Piombo, Toluene	G00-G99
Malattie del sistema circolatorio	Arsenico, Piombo	I00-I99
Malattie dell'apparato respiratorio	Toluene, Nichel, Vanadio, Xileni, Cadmio, Acrilonitrile	J00-J99
Malattie dell'apparato digerente	Idrocarburi policiclici aromatici, Cromo esavalente	K00-K93
Malattie dell'apparato urinario	Idrocarburi policiclici aromatici, Cadmio, Piombo, Triclorometano	N00-N39

<sup>a</sup> Sono riportate le sole indicazioni di pericolo. Il pericolo dipende dalle caratteristiche intrinseche degli inquinanti, che hanno la "plausibilità" di indurre certi effetti. La possibilità che gli effetti si manifestino nella situazione reale dipende dalla esposizione e dal relativo scenario (entità, durata, via, frequenza).

Il profilo di incidenza oncologica generale è descritto attraverso il solo gruppo di "Tutti i tumori maligni, escluso cute" (codici ICD-10: C00-C43, C45-C97).

Il profilo di ospedalizzazione generale include:

- a. tutte le cause naturali (escluse, quindi, quelle riguardanti eventi accidentali, gravidanza, parto, puerperio e relative complicanze);

- b. i 5 grandi gruppi di cause considerati in SENTIERI;
- c. il gruppo di cause del sistema nervoso centrale, vista la sua rilevanza rispetto agli inquinanti prioritari identificati per l'area di Porto Torres.

Le cause, i relativi codici nosologici ICD-9 CM e gli inquinanti prioritari sono riportati in Tabella 2.

**Tabella 2. Profilo di ospedalizzazione: cause, inquinanti prioritari e codici ICD9-CM**

Cause di ricovero	Inquinanti prioritari <sup>a</sup>	Codici ICD-9-CM
Tutte le cause naturali (escluse complicazioni della gravidanza, del parto e del puerperio)		001-629, 677-799
Malattie del sistema nervoso centrale	Xileni, Triclorometano, Arsenico, Piombo, Toluene	330-349
Malattie del sistema circolatorio	Arsenico, Piombo	390-459
Malattie dell'apparato respiratorio	Toluene, Nichel, Vanadio, Xileni, Cadmio, Acrilonitrile	460-519
Malattie dell'apparato digerente	Idrocarburi policiclici aromatici, Cromo esavalente	520-579
Malattie dell'apparato urinario	Idrocarburi policiclici aromatici, Cadmio, Piombo, Triclorometano	580-599

<sup>a</sup> Sono riportate le sole indicazioni di pericolo. Il pericolo dipende dalle caratteristiche intrinseche degli inquinanti, che hanno la 'plausibilità' di indurre certi effetti. La possibilità che gli effetti si manifestino nella situazione reale dipende dalla esposizione e dal relativo scenario (entità, durata, via, frequenza)

## Evidenze epidemiologiche sul rischio per residenza in prossimità di siti petrolchimici e centrali termoelettriche, e per lavoro in petrolchimici

Le evidenze epidemiologiche sul rischio per residenza in prossimità di poli petrolchimici o per lavoro in petrolchimici sono state dedotte primariamente dai risultati di metanalisi di studi epidemiologici pubblicate negli ultimi anni (Lin *et al.*, 2017; Lin *et al.*, 2018; Lin *et al.*, 2020; Jephcote *et al.*, 2020; Chang *et al.*, 2020; Onyije *et al.*, 2021).

Le metanalisi raccolgono gli studi effettuati con scopi simili selezionati in base a una serie di criteri di validità e per disegno dello studio con l'intento di produrre stime di rischio riassuntive.

I risultati delle metanalisi relative ai petrolchimici sono riassunti in Tabella 3, dove sono riportate le cause con evidenza di eccesso di rischio in relazione alla tipologia di esito indagato.

Nella stessa Tabella è, inoltre, richiamato il livello di evidenza riportato dallo studio SENTIERI sull'associazione delle cause selezionate con il rischio in eccesso per residenza in prossimità di impianti petrolchimici/raffinerie e centrali termoelettriche (Pirastu *et al.*, 2010).

L'evidenza epidemiologica di associazione con la residenza in prossimità di industrie chimiche, per le quali SENTIERI produce delle valutazioni in merito, non è stata presa in considerazione, dato che il rischio associato a tali industrie dipende dalle specifiche sostanze utilizzate nel processo produttivo, che possono essere molto variabili.

Poiché in questo studio sono stati identificati gli inquinanti prioritari per Porto Torres, per tale tipologia di industrie le cause d'interesse a priori si intendono selezionate in base ai profili tossicologici e organi bersaglio associati a quegli inquinanti.

**Tabella 3. Cause d'interesse a priori sulla base dell'evidenza epidemiologica in metanalisi che hanno analizzato il rischio per residenza in prossimità di impianti petrolchimici o per occupazione in petrolchimici**

Cause	Mortalità	Prevalenza	Incidenza tumorale	Evidenza SENTIERI 2010*
<b>Residenza</b>				
tumore al polmone	(+)		+	LIMITATA
leucemia			+	
sintomi respiratori		+		LIMITATA Malattie app. respiratorio, malattie respiratorie acute
asma		(+)		LIMITATA
leucemia infantile			(+)**	
tumori cerebrali			(+)**	
<b>Occupazione</b>				
mesotelioma	+		+	
melanoma cutaneo	(+)		+	
tumore cistifellea	+			
tumore vescica			+	
tumore rene	(+)		(+)	
tumore cervello	(+)			
mieloma multiplo	(+)		+	

\* Evidenza epidemiologica valutata dallo studio SENTIERI per le industrie petrolchimici-raffinerie e centrali elettriche. L'evidenza relativa al rischio residenziale per petrolchimici-raffinerie e centrali elettriche è la stessa

\*\*stime basate su due soli studi

[+ stime in eccesso; (+) stime in eccesso non statisticamente significativo]

## Profilo di salute specifico

Il profilo di salute specifico per ogni esito è presentato in due tabelle: la prima riguarda le cause per le quali l'evidenza epidemiologica ha mostrato un eccesso di rischio nelle popolazioni residenti in prossimità di poli petrolchimici o centrali termoelettriche; la seconda le cause associate agli inquinanti prioritari identificati per l'area di Porto Torres (si veda al riguardo il capitolo "Selezione degli inquinanti prioritari per l'area Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione" in questo rapporto) per le quali non c'è evidenza da studi epidemiologici.

In ogni Tabella, per ciascuna causa sono segnalati gli inquinanti prioritari a essa associabili con la specifica del livello di evidenza e, se disponibile, l'informazione sulla/e via/e di esposizioni possibili o probabili. Per ciascuna causa sono inoltre riportati i codici nosologici di riferimento. Le cause tumorali sono rappresentate per gli esiti della mortalità e dell'incidenza oncologica e non per l'ospedalizzazione, in quanto più affidabili e tra loro complementari nel rilevare rispettivamente l'occorrenza e l'eventuale *exitus* degli eventi tumorali. Le Tabelle 4 e 5 riportano le cause del profilo specifico della mortalità. Le Tabelle 6 e 7 riportano le cause del profilo specifico dell'incidenza tumorale.

Infine, le Tabelle 8 e 9 riportano le cause d'interesse per l'ospedalizzazione.

Per le cause tumorali si riporta all'interno delle parentesi l'evidenza di cancerogenicità IARC (es. sufficiente, limitata), segue in corsivo la notazione sulle vie d'esposizione della popolazione ritenute probabili o possibili (si veda al riguardo il capitolo "Selezione degli inquinanti prioritari per l'area Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione" in questo rapporto).

**Tabella 4. Profilo di salute specifico della mortalità – cause a priori da evidenze epidemiologiche (residenza e occupazione), inquinanti prioritari associati e codici ICD-10**

<b>Cause</b>	<b>Inquinanti prioritari (evidenza per le cause oncologiche; vie di esposizione)</b>	<b>Codici ICD-10</b>
Tumore maligno della trachea, dei bronchi e del polmone	Idrocarburi policiclici aromatici (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> ) Arsenico (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cadmio (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Nichel (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cromo esavalente (sufficiente, <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Benzene (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile</i> ) Acronitrile (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile</i> )	C33-C34
Leucemia	Benzene (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile</i> ) Diossine e furani (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	C91-C95
Malattie respiratorie acute	Nichel ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Vanadio ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cromo esavalente ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cadmio ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	J00-J06 J10-J18 J20-J22
Tumori del sistema nervoso centrale		C70-C72, D32-D33
Mesotelioma	Amianto*	C45
Melanoma maligno della cute	Idrocarburi policiclici aromatici (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> ) Arsenico (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Policlorobifenili diossina-simile (sufficiente; <i>inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	C43
Tumore maligno della cistifellea		C23-C24
Tumore maligno della vescica	Idrocarburi policiclici aromatici (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> ) Arsenico (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	C67
Tumore maligno del rene	Arsenico (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cadmio (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	C64
Mieloma multiplo e tumori immuno-proliferativi	Benzene (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile</i> )	C88 C90

\* l'Amianto non è stato incluso tra gli inquinanti prioritari del Sito di Porto Torres rispetto ai dati ambientali analizzati. Tuttavia, ne è riconosciuta la presenza e il rischio associato in diversi studi italiani riferiti a impianti petrolchimici

**Tabella 5. Profilo di salute specifico della mortalità – inquinanti prioritari e organi bersaglio, codici ICD-10**

<b>Cause associate ai soli inquinanti prioritari</b>	<b>Inquinanti prioritari (evidenza per le cause oncologiche; vie di esposizione)</b>	<b>Codici ICD-10</b>
Tumore maligno dello stomaco	Cromo esavalente (scarsa; <i>esposizione orale probabile, esposizione inalatoria probabile</i> ) Piombo (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	C16
Tumore maligno del fegato e dei dotti biliari intraepatici	Cloruro di vinile (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile</i> )	C22
Tumore maligno delle cavità nasali e paranasali	Cadmio (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Nichel (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cromo esavalente (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	C30.0 C31
Tumore maligno della mammella	Diossine e furani (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> ) Policlorobifenili diossina-simile (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	C50
Tumore maligno della prostata	Cadmio (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	C61
Tumori maligni del tessuto linfoematopoietico e tessuti correlati	Benzene (sufficiente/limitata, <i>esposizione inalatoria probabile</i> ) Diossine e furani (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	C81-C96
Linfoma non-Hodgkin	Benzene (limitata, <i>esposizione inalatoria probabile</i> ) Diossine e furani (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> ) Policlorobifenili diossina-simile (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	C82-C85 C96
Diabete mellito	Arsenico ( <i>esposizione orale probabile, esposizione inalatoria probabile</i> )	E10-E14
Epatite	Triclorometano ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	K71
Cirrosi	Cloruro di vinile ( <i>esposizione inalatoria probabile</i> )	K74
Malattie glomerulari e tubulo-interstiziali, insufficienze renali	Cadmio ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Piombo ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Triclorometano ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	N00-N06 N10-N12 N14-N15 N17-N19
Insufficienza renale cronica	Cadmio ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Piombo ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Triclorometano ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	N18

**Tabella 6. Profilo di salute specifico incidenza tumorale – a priori da evidenze epidemiologiche – (residenza e occupazione), codici ICD-10**

<b>Cause oncologiche/sede</b>	<b>Inquinanti prioritari (evidenza per le cause oncologiche; vie di esposizione)</b>	<b>Codici ICD-10</b>
Trachea, bronchi e polmone	Idrocarburi policiclici aromatici (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> ) Arsenico (sufficiente, <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cadmio (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Nichel (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cromo esavalente (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Benzene (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile</i> ) Acrilonitrile (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile</i> )	C34
Leucemie	Benzene (sufficiente, <i>esposizione inalatoria probabile</i> ) Diossine e furani (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	C91-C95
Sistema nervoso centrale		C70-C72
Mesoteliomi totali	Amianto*	C45
Melanoma della pelle	Idrocarburi policiclici aromatici (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> ) Arsenico (sufficiente, <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Policlorobifenili diossina-simile (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	C43
Cistifellea		C23-C24
Vescica	Idrocarburi policiclici aromatici (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> ) Arsenico (sufficiente; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	C67 D09.0 D30.3 D41.4
Rene	Arsenico (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Cadmio (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	C64-C65
Mieloma multiplo	Benzene (limitata; <i>esposizione inalatoria probabile</i> )	C88 C90

\* L'Amianto non è stato incluso tra gli inquinanti prioritari del Sito di Porto Torres rispetto ai dati ambientali analizzati. Tuttavia, ne è riconosciuta la presenza e il rischio associato in diversi studi italiani riferiti a impianti petrolchimici

Per la patologia del mesotelioma occorre sottolineare che seppure l'amianto, fattore di rischio specificatamente associato alla patologia, non sia stato indicato tra gli inquinanti prioritari per il Sito di Porto Torres sulla base dei dati ambientali analizzati, ne è riconosciuta la presenza negli impianti petrolchimici e il rischio associato è stato evidenziato anche in studi che hanno riguardato impianti petrolchimici italiani (Bonzini *et al.*, 2019).

Tabella 7. Profilo di salute specifico incidenza tumorale – inquinanti prioritari, codici ICD-10

Cause oncologiche/ sede	Inquinanti prioritari (evidenza per le cause oncologiche; vie di esposizione)	Codici ICD-10
Stomaco	Cromo esavalente (scarsa; esposizione orale probabile, esposizione inalatoria probabile) Piombo (limitata; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile)	C16
Fegato e dotti biliari intraepatici	Cloruro di vinile (sufficiente; esposizione inalatoria probabile)	C22
Cavità nasali e paranasali	Cadmio (limitata; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile) Nichel (sufficiente; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile) Cromo esavalente (limitata; esposizione inalatoria probabile, esp orale probabile)	C30.0 C31
Mammella	Diossine e furani (sufficiente; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile) Policlorobifenili diossina-simile (limitata; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile)	C50
Prostata	Cadmio (limitata; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile)	C61
Tessuto linfatico, ematopoietico e tessuti correlati	Benzene (sufficiente/limitata; esposizione inalatoria probabile) Diossine e furani (sufficiente; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile)	C81-C96
Leucemia mieloblastica acuta	Benzene (sufficiente; esposizione inalatoria probabile) Diossine e furani (sufficiente; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile)	C92.0
Linfoma non-Hodgkin	Benzene (limitata; esposizione inalatoria probabile) Diossine e furani (sufficiente; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile) Policlorobifenili diossina-simile (limitata; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile)	C82-C85 C96
Leucemia linfaticistica cronica	Benzene (limitata; esposizione inalatoria probabile) Diossine e furani (sufficiente; esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile)	C91.1

Tabella 8. Profilo di salute specifico ospedalizzazione – a priori da evidenze epidemiologiche (residenza e occupazione), inquinanti prioritari associati, codici ICD-9CM

Causa	Inquinanti prioritari (evidenza per le cause oncologiche; vie di esposizione)	Codici ICD9-CM
Malattie respiratorie acute	Nichel (esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile) Vanadio (esposizione inalatoria probabile, esp orale probabile) Cromo esavalente (esposizione inalatoria probabile, esp orale probabile) Acrilnitrile (esposizione inalatoria probabile)	460-466
Asma	Nichel (esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile)	493

**Tabella 9. Profilo di salute specifico ospedalizzazione– inquinanti prioritari, ICD-9CM**

<b>Cause associate ai soli inquinanti prioritari</b>	<b>Inquinanti prioritari (evidenza per le cause oncologiche; vie di esposizione)</b>	<b>Codici ICD9-CM</b>
Diabete mellito	Arsenico ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	250
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	Piombo ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	357.9
Ipertensione	Piombo ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	401-405
Bronchite cronica	Nichel ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> )	490-491
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	Cloruro di vinile ( <i>esposizione inalatoria probabile</i> ) Triclorometano ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	571.4-571-9
Nefrite, sindrome nefrosica, nefrosi, comprese le insufficienze renali	Cadmio ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Piombo ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Triclorometano ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	580-586
Insufficienza renale cronica	Cadmio ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Piombo ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale probabile</i> ) Triclorometano ( <i>esposizione inalatoria probabile, esposizione orale possibile</i> )	585

### **Selezione delle fasce giovanili e delle relative cause da analizzare per esito**

La selezione delle cause per le fasce di età giovanili è basata su considerazioni che riguardano gli *a priori* da evidenza epidemiologica (principalmente da evidenza indiretta per associazioni tra gli adulti) e la selezione degli inquinanti prioritari e organi bersaglio, insieme a valutazioni sulla numerosità degli eventi osservati.

Le fasce di età considerate sono quella sotto l'anno di vita, quella pediatrica (0-14 anni) e quella adolescenziale e giovanile (15-29 anni), oltre la fascia cumulativa 0-29 anni.

La considerazione sulla rarità degli eventi sanitari nei bambini e la ridotta numerosità della popolazione in studio hanno indotto a selezionare eventi sanitari (ed esiti) ritenuti sufficientemente frequenti per poterli rilevare nell'area oggetto dell'indagine o comunque di particolare rilevanza rispetto alle evidenze sui contaminanti.

Le cause selezionate per l'esito della mortalità per fascia di età sono elencate nella Tabella 10.

La Tabella 11 elenca le cause d'interesse per l'incidenza tumorale per le fasce giovanili.

**Tabella 10. Cause d'interesse per l'esito della mortalità per le fasce giovanili**

Cause di mortalità	ICD-10	0-1 anno	0-14 anni	15-29 anni	0-29 anni
Mortalità generale	A00-T98	X	X	X	X
Malattie del sistema circolatorio	I00-I99	-	X	X	X
Malattie dell'apparato respiratorio	J00-J99	-	X	X	X
Malattie dell'apparato digerente	K00-K93	-	X	X	X
Malattie dell'apparato urinario	N00-N39	-	X	X	X
Tutti i tumori	C00-D48	X	X	X	X
Tumori SNC	C70-C72 D33	-	X	X	X
Tumori sistema linfoematopoietico totale	C81-C96	-	X	X	X
Leucemie	C91-C95	-	X	X	X
Linfoma non-Hodgkin	C82-C85	-	X	X	X
Malformazioni congenite	Q00-Q99	X	-	-	-
Condizioni morbose di origine perinatale	P00-P96	X	-	-	-
Malattie respiratorie acute	J00-J06 J10-J18 J20- J22	-	X	X	X

In grigio le cause di mortalità non analizzate

**Tabella 11. Cause d'interesse per l'esito dell'incidenza tumorale per le fasce giovanili**

Sedi di incidenza tumorale	ICD-10	0-1 anno	0-14 anni	15-29 anni	0-29 anni
Tutti i tumori, escluso cute	C00-C43 C45-D48	X	X	X	X
Tumori SNC	C70-C72	-	X	X	X
Tumori sistema linfoematopoietico totale	C81-C96	-	X	X	X
Leucemie	C91-C95	-	X	X	X
Linfomi non-Hodgkin	C82-C85 C96	-	X	X	X
Tumore della tiroide	C73	-	-	X	-
Tumore del testicolo	C62	-	-	X	-

In grigio le cause di mortalità non analizzate

Per quanto riguarda l'ospedalizzazione, come per la mortalità, sono state selezionati i grandi gruppi di cause e sono state aggiunte le infezioni acute delle vie respiratorie, l'asma in età pediatrica, adolescenziale e le nefropatie in età giovanile (Tabella 12).

**Tabella 12. Cause d'interesse per l'esito dei ricoveri ospedalieri per le fasce giovanili**

Ospedalizzazione	ICD9-CM	0-1 anno	0-14 anni	15-29 anni	0-29 anni
Tutte le cause naturali	001-629 677-799	X	X	X	X
Tutti i tumori maligni	140-208	X	X	X	X
Malattie del sistema circolatorio	390-459	-	X	X	X
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519	-	X	X	X
Malattie dell'apparato digerente	520-579	-	X	X	X
Malattie dell'apparato urinario	580-599	-	X	X	X
Condizioni morbose di origine perinatale	760-779	X	-	-	-
Infezioni acute delle vie respiratorie, polmonite e influenza	460-466 480-487	-	X	X	X
Asma	493	-	X	X	X
Nefrite, sindrome nefrosica, nefrosi, comprese le insufficienze renali	580-586	-	-	X	-

In grigio le cause di mortalità non analizzate

## Approfondimenti sul contesto: evoluzione temporale del rischio di area e deprivazione di area

A integrazione dello studio descrittivo sullo stato di salute della popolazione di Porto Torres sono state effettuate due analisi di contesto, una relativa all'evoluzione temporale della mortalità, l'altra relativa alle condizioni di deprivazione di area. Succintamente qui di seguito vengono descritti gli obiettivi e le metodologie utilizzate, entrambe le valutazioni sono descritte nel dettaglio insieme ai risultati ottenuti nei contributi di questo rapporto "Analisi degli andamenti temporali della mortalità a Porto Torres" e "Rappresentazione cartografica e analisi di cluster della deprivazione in Sardegna e condizioni di deprivazione del Comune di Porto Torres".

Gli andamenti temporali della mortalità sono stati valutati in due fasi. Inizialmente il trend dei tassi standardizzati di mortalità (popolazione standard: Italia 2001) di Porto Torres è stato studiato sull'intera serie storica disponibile presso il Registro Nominativo delle Cause di Morte (ReNCaM) di Sassari, dal 1995 al 2018, utilizzando un modello di regressione lineare a tratti (cosiddetta "joinpoint regression") che permette di verificare la presenza di eventuali punti di discontinuità nella serie storica, corrispondenti a una variazione della tendenza da crescente a decrescente o viceversa, e di quantificare le variazioni medie annue. È stata condotta un'analisi separata per casistica (mortalità generale, mortalità naturale, tumori), stratificata per genere.

Successivamente sono state effettuate valutazioni comparative dell'andamento temporale del rischio di mortalità nella popolazione di Porto Torres rispetto a quello della popolazione di riferimento. In conformità con quanto fatto nell'analisi di trend su Porto Torres, per la popolazione di riferimento sono stati calcolati tassi di mortalità standardizzati (popolazione standard: Italia

2001) con gli intervalli di confidenza al 90%, per ogni anno di calendario e per gli stessi grandi gruppi di cause di morte già considerati. È stato usato il metodo LOESS (*Locally Estimated Scatterplot Smoothing*) per rappresentare graficamente il confronto degli andamenti temporali, anno per anno, accanto ai *rate ratio* ossia i rapporti tra i tassi standardizzati delle due popolazioni; laddove il rapporto è maggiore di uno vi è uno svantaggio in termini di mortalità per la popolazione di Porto Torres rispetto a quella del riferimento, viceversa se il rapporto risulta minore dell'unità. I dati sui *rate ratio* non sono stati riportati nello specifico capitolo, ma i relativi risultati sono stati considerati nella discussione.

La descrizione delle condizioni socioeconomiche è effettuata in termini di deprivazione socioeconomica sia per i comuni della Sardegna in generale che per il Comune di Porto Torres in particolare.

Le condizioni di deprivazione per i comuni della Sardegna sono state rappresentate tramite l'ID-SENTIERI (Pasetto *et al.*, 2011) con calibrazione regionale. L'ID-SENTIERI è un indicatore composito che tiene conto del livello di istruzione e di occupazione della popolazione, delle abitazioni occupate e della densità abitativa. Oltre a una rappresentazione cartografica dei quintili degli indici di deprivazione per tutti i comuni della regione, è stata condotta una analisi di cluster su una griglia di punti a maglie di 10 km.

Le valutazioni sulla deprivazione per il Comune di Porto Torres sono state effettuate utilizzando l'indice di deprivazione nazionale proposto da Rosano *et al.* (2020). L'indice di deprivazione del Comune di Porto Torres è rappresentato a livello di sezione di censimento e la distribuzione per quintili (derivanti da calibrazione dell'indice su base regionale) confrontata con quella della provincia di Sassari.

## Bibliografia

- Biggeri A, Lagazio C, Catelan D, Pirastu R, Casson F, Terracini B. Ambiente e salute nelle aree a rischio della Sardegna. *Epidemiologia e Prevenzione* 2006;30(1)Suppl 1:1-96. Disponibile all'indirizzo: <http://www.epidemiologiaeprevenzione.it/cms/?q=node/52>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Bonzini M, Grillo P, Consonni D, Cacace R, Ancona C, Forastiere F, Cocco PL, Satta G, Boldori L, Carugno M, Pesatori CA. Cancer risk in oil refinery workers: a pooled mortality study in Italy. *Medicina del Lavoro* 2019;110(1):3-10.
- Budroni M, Sechi O, Cesaraccio R, Pirino D, Fadda A, Grottin S, Flore MV, Sale P, Satta G, Cossu A, Tanda F, Cocco PL. Incidenza di patologie neoplastiche nei lavoratori del complesso petrolchimico di Porto Torres, 1990-2006. *Medicina del Lavoro* 2010;101(3):189-98. Disponibile all'indirizzo: <https://www.mattioli1885journals.com/index.php/lamedicinadellavoro/article/view/256>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Chang WW, Boonhat H, Lin RT. Incidence of respiratory symptoms for residents living near a petrochemical industrial complex: a meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17(7):2474.
- Jephcote C, Brown D, Verbeek T, Mah A. A systematic review and meta-analysis of haematological malignancies in residents living near petrochemical facilities. *Environ Health* 2020;19(1):53.
- Lin CK, Hung HY, Christiani DC, Forastiere F, Lin RT. Lung cancer mortality of residents living near petrochemical industrial complexes: a meta-analysis [published correction appears in *Environ Health*. 2017 Nov 15;16(1):122]. *Environ Health* 2017;16(1):101.
- Lin CK, Hsu YT, Christiani DC, Hung HY, Lin RT. Risks and burden of lung cancer incidence for residential petrochemical industrial complexes: A meta-analysis and application. *Environ Int* 2018;121(Pt 1):404-414.

- Lin CK, Hsu YT, Brown KD, Pokharel B, Wei Y, Chen ST. Residential exposure to petrochemical industrial complexes and the risk of leukemia: A systematic review and exposure-response meta-analysis. *Environ Pollut* 2020;258:113476.
- Onyije FM, Hosseini B, Togawa K, Schüz J, Olsson A. Cancer Incidence and mortality among petroleum industry workers and residents living in oil producing communities: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Res Public Health* 2021;20;18(8):4343.
- Pirastu R, Ancona C, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P, SENTIERI Working Group. Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento (SENTIERI). Valutazione della evidenza epidemiologica. *Epidemiologia e Prevenzione* 2010;34(5-6), Suppl 3. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-valutazione-dell-evidenza-epidemiologica>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Pasetto R, Caranci N, Pirastu R. L'indice di deprivazione negli studi di piccola area su ambiente e salute. *Epidemiol Prev* 2011;35(5-6):174-80, Suppl 4. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-risultati>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Rosano A, Pacelli B, Zengarini N, Costa G, Cislighi C, Caranci N. Aggiornamento e revisione dell'indice di deprivazione italiano 2011 a livello di sezione di censimento. *Epidemiologia e Prevenzione* 2020;44(2-3):162-170.
- Russo A, Mangia C, Portaluri M, Scanu D, Zucheddu C, Gianicolo EAL. *La mortalità in Sardegna nel periodo 2021-2017*. Associazione Salute Pubblica – ISDE; 2021. p. 1-315. Disponibile all'indirizzo: [https://www.researchgate.net/publication/349529384\\_2021-02-14\\_La\\_mortalita\\_in\\_Sardegna\\_nel\\_periodo\\_2012-2017\\_def](https://www.researchgate.net/publication/349529384_2021-02-14_La_mortalita_in_Sardegna_nel_periodo_2012-2017_def); ultima consultazione 15/11/2021.
- UN Statistic division, development data and outreach branch. *SDG indicators—indicator 3.4.1: mortality rate attributed to cardiovascular disease, cancer, diabetes or chronic respiratory disease*. Disponibile all'indirizzo: <https://unstats.un.org/sdgs/metadata/files/Metadata-03-04-01.pdf>; ultima consultazione 10/10/2021.
- Zona A, Pasetto R, Fazzo L, Iavarone I, Bruno C, Pirastu R, Comba P (a cura di). SENTIERI. Studio epidemiologico nazionale dei territori e insediamenti esposti a rischio da inquinamento. Quinto Rapporto. *Epidemiologia e Prevenzione* 2019;43, Supplemento 1. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-studio-epidemiologico-nazionale-dei-territori-e-degli-insediamenti-esposti-a-rischio-da-inquinamento.quinto-rapporto>; ultima consultazione 15/11/2021.

# RAPPRESENTAZIONE CARTOGRAFICA E ANALISI DI CLUSTER DELLA DEPRIVAZIONE IN SARDEGNA E CONDIZIONI DI DEPRIVAZIONE DEL COMUNE DI PORTO TORRES

Marco De Santis (a), Rosanna Porcu (b), Roberto Pasetto (a)

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

(b) Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Igiene, Sanità e Assistenza Sociale - Osservatorio  
Epidemiologico Regionale, Cagliari

I fattori che caratterizzano le comunità e che influiscono sui loro profili di salute sono molteplici. Per quanto riguarda i fattori contestuali sono di particolare rilevanza le condizioni socioeconomiche. Tali condizioni, difatti, insieme ai fattori ambientali rappresentano i principali elementi di contesto che influenzano la vita quotidiana delle comunità. La loro descrizione e valutazione non solo consente di inquadrare il contesto rispetto al quale si osservano determinati profili di salute di popolazione, ma è uno degli elementi che consentono di valutare la presenza o meno di condizioni di ingiustizia ambientale (Pasetto *et al.*, 2021).

L'obiettivo di questo contributo è di effettuare una descrizione delle condizioni socioeconomiche, in termini di deprivazione socioeconomica, che caratterizzano i comuni della Sardegna in generale e il Comune di Porto Torres in particolare.

Per la rappresentazione delle condizioni socioeconomiche di area sono stati utilizzati due Indici di Deprivazione (ID) derivanti da dati presenti nel Censimento del 2011. Per il livello comunale è stato utilizzato l'indice di deprivazione ID-SENTIERI (Pasetto *et al.*, 2011). Tale indice è costituito dalle seguenti variabili: popolazione con istruzione pari o inferiore alla licenza elementare; popolazione attiva disoccupata o in cerca di prima occupazione; abitazioni occupate in affitto; densità abitativa. Per il livello delle sezioni di censimento, invece, è stato utilizzato l'indice di deprivazione nazionale proposto da Rosano *et al.* (2020). Questo ultimo indice è simile all'ID-SENTIERI ma presenta due differenze: è costituito anche dalla variabile relativa alle famiglie monogenitoriali con figli; le variabili relative alla disoccupazione e al livello di studio sono costruite in modo parzialmente diverso.

L'ID su base comunale e quello relativo alle sezioni di censimento sono stati categorizzati in quintili in funzione di una calibrazione su base regionale.

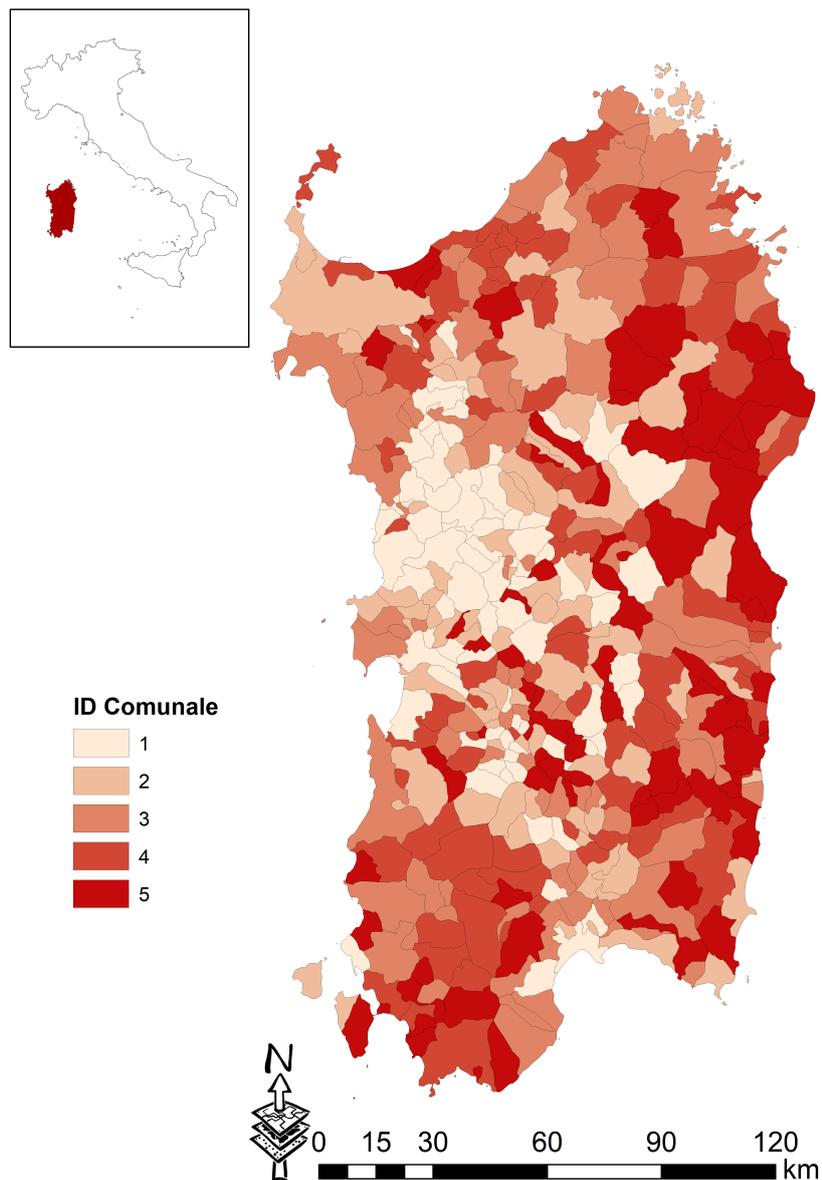
Prima di procedere a una valutazione specifica per Porto Torres, è stata effettuata una valutazione della distribuzione geografica della deprivazione nel territorio della Sardegna, tramite una rappresentazione cartografica della deprivazione su base comunale e una valutazione della presenza di cluster di condizioni socioeconomiche deprivate.

Per la rappresentazione cartografica dei quintili degli indici di deprivazione è stato utilizzato un software GIS (*Geographic Information System*), in particolare ArcGIS prodotto da ESRI (*Environmental System Research Institute*). È possibile, semplificando molto, pensare a un GIS come a un database in cui esistono anche le coordinate geografiche che consentono la collocazione dei dati nello spazio.

Per la costruzione della mappa è stato utilizzato lo *shapefile*, un comune formato GIS di interscambio dati, dei comuni italiani creato dall'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT) (ISTAT, 2021), da cui sono stati estratti i 377 comuni sardi.

A ciascun comune è stato associato il campo relativo all'indice di deprivazione che è stato rappresentato graficamente attraverso una suddivisione in quintili, in cui il valore 1 rappresenta i comuni meno deprivati, 5 quelli maggiormente deprivati (Figura 1).

Risultano evidenti, e saranno anche confermati dall'analisi dei cluster, due aggregati comunali con indici alti localizzati nei quadranti sud-ovest e nord-est della regione. Appare anche evidente un aggregato con indici bassi nel quadrante ovest a sud di Alghero.



**Figura 1. Rappresentazione cartografica dei quintili degli indici di deprivazione a livello comunale**

Per l'analisi dei cluster è stato utilizzato il software SaTScan<sup>TM</sup>. Fondamentalmente il software proietta nello spazio dei cerchi o delle ellissi di dimensioni variabili, fino a un massimo

impostabile dall'utente. Gli insiemi territoriali ricadenti nelle figure proiettate che presentano un valore anomalo dell'indicatore analizzato vengono segnalati come cluster.

Successivamente, attraverso una computazione iterativa (Simulazione Monte Carlo) viene calcolato il *p-value* della segnalazione, ovvero la probabilità di osservare un fenomeno analogo in una distribuzione casuale dell'indicatore analizzato. Sono abitualmente considerati statisticamente significativi valori di *p* inferiori a 0,05.

I punti di proiezione delle figure geometriche possono essere alternativamente i centroidi delle unità territoriali o i punti di una griglia che copra tutto il territorio analizzato. Essendo stata scelta quest'ultima opzione, si è provveduto alla costruzione di una griglia di punti a maglie di 10 km (Figura 2).

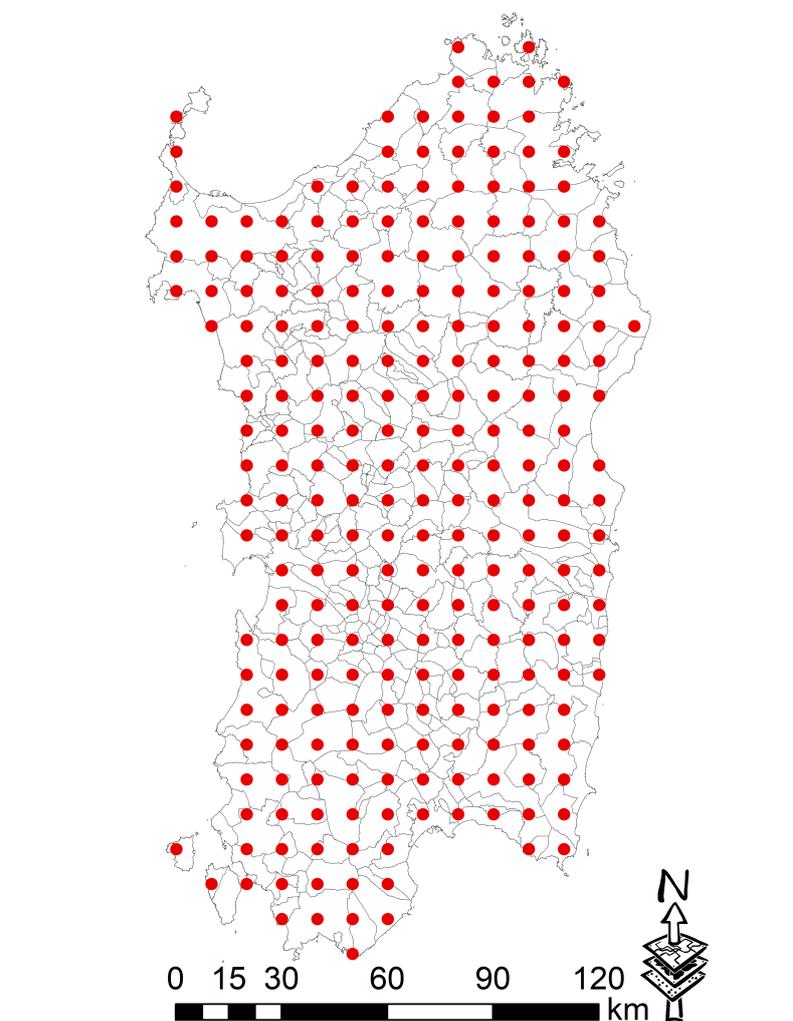
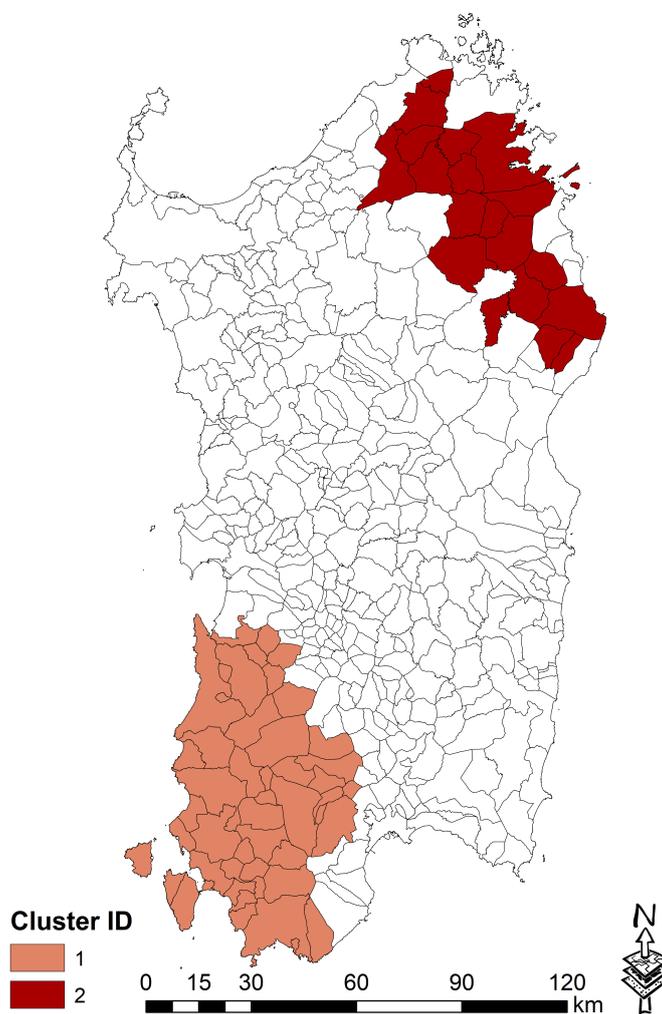


Figura 2. Griglia di punti a maglie di 10 km utilizzata nell'analisi dei cluster

In Tabella 1 sono riportati i principali parametri utilizzati nell'analisi. In Figura 3 sono rappresentati i due cluster rilevati con *p-value* di 0,000000036 e 0,0416 rispettivamente.

**Tabella 1. Principali parametri del software SaTScan™ utilizzati nell'analisi dei cluster**

Parametro	Valore
Type of analysis	Purely spatial
Probability Model	Ordinal
Scan for areas with	High values
Maximum spatial cluster size	50 percent of population at risk, 50 km
Window shape	Elliptic
Number of replications	9999



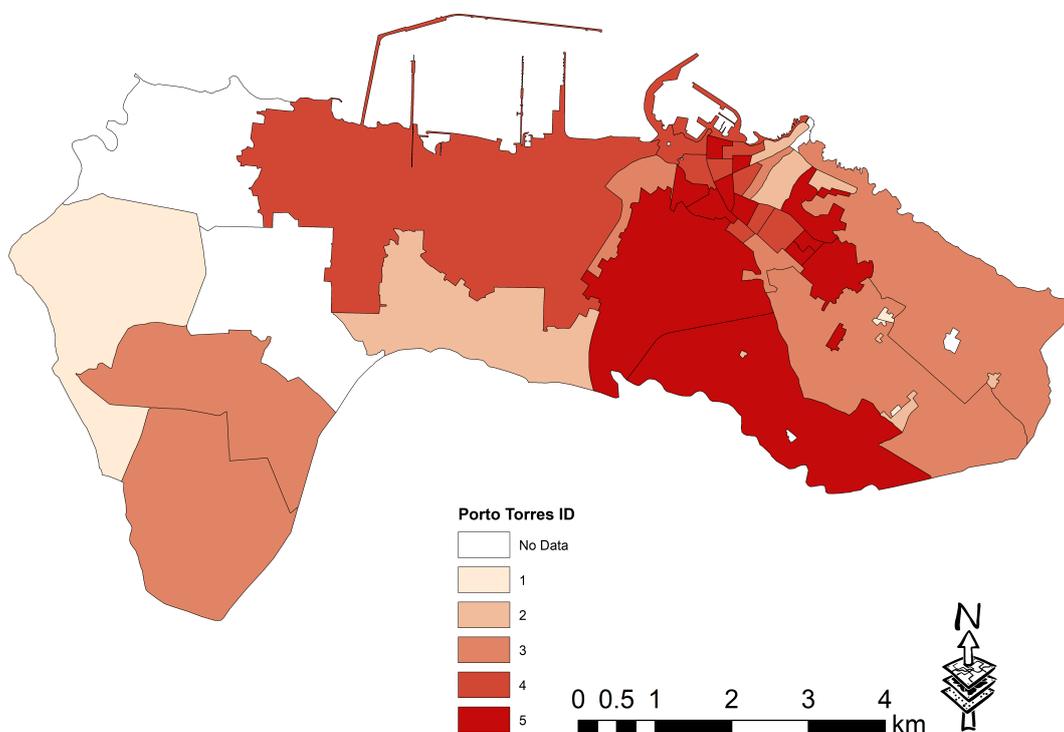
**Figura 3. Rappresentazione cartografica dei due cluster rilevati**

## Sezioni di censimento della provincia di Sassari

Dal sito dell'Istat (ISTAT, 2017) sono stati scaricati lo *shapefile* delle sezioni di censimento della Regione Sardegna e il file testo in formato CSV (*Comma Separated Values*) contenente i dati del censimento 2011 della popolazione e delle abitazioni. Sono state quindi estratte le geometrie e i dati relativi alla provincia di Sassari. In ambito GIS tali informazioni sono state correlate tra loro e associate al valore dell'indice di deprivazione a livello di sezione di censimento.

Il numero elevato delle sezioni di censimento della provincia di Sassari<sup>3</sup> (n. 2757), le piccole dimensioni delle unità territoriali e l'assenza dei dati censuari per molte sezioni perché disabitate (n. 784), hanno reso impraticabile la rappresentazione cartografica dell'indice di deprivazione a livello di sezione di censimento per l'intera area.

Pertanto, in Figura 4 sono rappresentati i quintili dell'indice di deprivazione a livello di sezione di censimento soltanto per il Comune di Porto Torres. Sono state escluse dalla rappresentazione cartografica le sezioni del comune a Nord di Stintino perché disabitate.

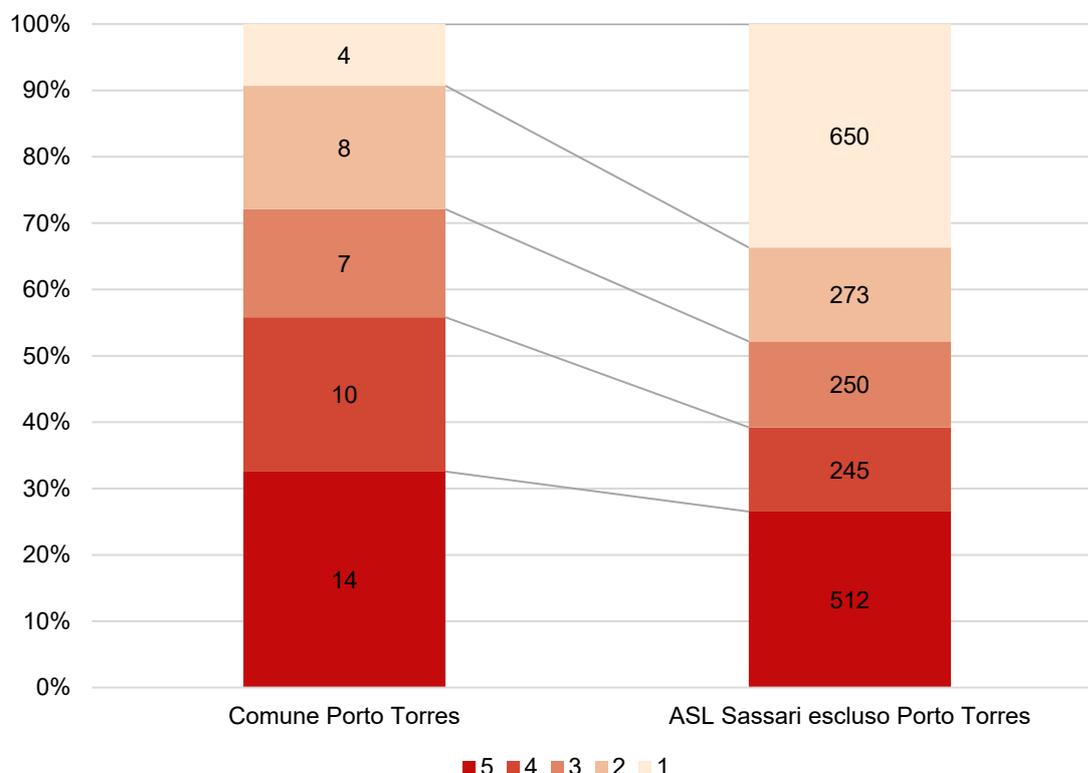


**Figura 4. Rappresentazione cartografica dell'indice di deprivazione delle sezioni di censimento del Comune di Porto Torres**

In Figura 5 è sintetizzato il confronto in percentuale tra i quintili dell'indice di deprivazione delle sezioni di censimento del Comune di Porto Torres e quelli delle sezioni di censimento dei

<sup>3</sup> Insieme dei 65 comuni della ASSL di Sassari, coincidente con la vecchia provincia

restanti comuni della provincia di Sassari. Il numero complessivo delle sezioni di censimento del Comune di Porto Torres è pari a 71, di cui 28 non riportano dati di popolazione. Il numero complessivo delle sezioni di censimento della provincia di Sassari, escluso Porto Torres, è pari a 2686, di cui 756 non riportano dati di popolazione.



**Figura 5. Distribuzione dei quintili dell'indice di deprivazione a livello di sezione di censimento: confronto tra il Comune di Porto Torres e la provincia di Sassari escluso Porto Torres (1: sezione meno deprivata, 5: sezione più deprivata)**

Nel Comune di Porto Torres più della metà delle sezioni di censimento (n. 24) appartiene ai due quintili più deprivati, mentre per l'area di Sassari la proporzione delle sezioni di censimento più deprivate è sotto il 40%.

Il Comune di Porto Torres risulta complessivamente deprivato; al suo interno, inoltre, la deprivazione è più frequente rispetto a quello che si verifica nella provincia di Sassari nel suo complesso.

La valutazione effettuata ha tutti i limiti di una rappresentazione quantitativa di tipo descrittivo basata su un unico indicatore multidimensionale di popolazione. Per un migliore inquadramento delle condizioni socioeconomiche del territorio è necessario combinare i risultati di rappresentazioni riassuntive di tipo quantitativo con valutazioni qualitative.

Per il territorio di Porto Torres è disponibile una valutazione qualitativa basata su documenti ed elaborazioni descrittive (Fabri & Pasetto, 2021).

## Bibliografia

- Fabri A, Pasetto R. Il ruolo dell'industria petrolchimica nella trasformazione socioeconomica di un territorio: il caso di Porto Torres. *Villaggio Globale* 2021; 24(94):67-78. Disponibile all'indirizzo: <https://www.vglobale.it/2021/06/01/lindustria-petrolchimica-e-il-caso-di-porto-torres>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Istituto Nazionale di Statistica. *Confini delle unità amministrative a fini statistici al 1° gennaio 2021*. Roma: ISTAT; 2021. Disponibile all'indirizzo: <https://www.istat.it/it/archivio/222527>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Istituto Nazionale di Statistica. *Basi territoriali e variabili censuarie*. Roma: ISTAT; 2017. Disponibile all'indirizzo: <https://www.istat.it/it/archivio/104317>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Pasetto R, Caranci N, Pirastu R. L'indice di deprivazione negli studi di piccola area su ambiente e salute. *Epidemiologia e Prevenzione* 2011;35(5-6 Suppl 4):174-80. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/publicazioni/sentieri-risultati>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Pasetto R, Fabri A, Marsili D. Giustizia ambientale nei siti industriali contaminate. Sostenibilità e controllo ambientale. Rivista di *ARPAE – Ecoscienza* 2021;4 (anno XII). Disponibile all'indirizzo: <https://www.arpae.it/it/ecoscienza/numeri-ecoscienza/anno-2021/numero-4-anno-2021>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Rosano A, Pacelli B, Zengarini N, Costa G, Cislighi C, Caranci N. Aggiornamento e revisione dell'indice di deprivazione italiano 2011 a livello di sezione di censimento. *Epidemiologia e Prevenzione* 2020;44(2-3):162-70. Disponibile all'indirizzo: [https://epiprev.it/articoli\\_scientifici/aggiornamento-e-revisione-dell-indice-di-deprivazione-italiano-2011-a-livello-di-sezione-di-censimento](https://epiprev.it/articoli_scientifici/aggiornamento-e-revisione-dell-indice-di-deprivazione-italiano-2011-a-livello-di-sezione-di-censimento); ultima consultazione 15/11/2021.

## ANALISI DEGLI ANDAMENTI TEMPORALI DELLA MORTALITÀ A PORTO TORRES

Rosanna Porcu (a), Daniele De Rocchi (b), Roberto Pasetto (c)

(a) *Assessorato Igiene, Sanità e Assistenza Sociale – Osservatorio Epidemiologico Regionale, Regione Autonoma della Sardegna, Cagliari*

(b) *Dipartimento di Scienze Statistiche, Università Sapienza, Roma*

(c) *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

Le analisi dei trend temporali hanno lo scopo di valutare se il rischio, per esempio di una certa malattia o di un fenomeno di salute (es. la mortalità) è aumentato, diminuito o non è cambiato.

Per lo studio su Porto Torres si è deciso di effettuare un'analisi dei trend limitandosi al dato della mortalità per alcuni grandi gruppi di cause.

L'analisi è riferita alla mortalità generale per tutte le cause, tutte le cause naturali e tutti i tumori, infatti, considerate le dimensioni della popolazione di Porto Torres che, al censimento 2011 fa registrare 22.391 abitanti, e la correlata esiguità degli eventi, non è possibile condurre l'analisi del trend per cause specifiche.

L'analisi degli andamenti temporali è stata limitata al solo esito della mortalità in quanto per l'incidenza tumorale l'ultima annualità disponibile al momento dell'analisi è quella del 2013 e non si dispone di una serie storica recente aggiornata dell'ultimo periodo 2014-2018. L'ospedalizzazione, invece, non si presta a questo tipo di analisi per la complessità di interpretazione dell'andamento del fenomeno che è condizionato da una serie di fattori variabili nel tempo e non associati all'eziologia delle patologie, tra i quali, per esempio, le modifiche della normativa e la variazione nel tempo della propensione al ricovero.

L'analisi dei trend è stata eseguita in due fasi. Nella prima, così come proposto da De Rocchi *et al.*, è stato valutato l'andamento della serie temporale analizzata, verificando la presenza di eventuali *join-point*, ossia punti di discontinuità nell'andamento della serie, corrispondenti a una variazione dell'andamento da crescente a decrescente o viceversa.

Nella seconda fase sono state effettuate analisi di valutazione comparativa dell'andamento temporale del rischio di mortalità nella popolazione di Porto Torres rispetto a quello della popolazione di riferimento considerata nello studio, ossia quella della provincia di Sassari escluso il Comune di Porto Torres (insieme di 65 comuni), d'ora in poi indicata con l'espressione "popolazione di riferimento".

Nell'ambito della collaborazione del presente Progetto, il Registro Nominativo delle Cause di Morte (ReNCaM) di Sassari ha fornito l'intera serie storica delle Schede di Morte dei residenti in tutto il territorio di Sassari, dal 1995 al 2018, valorizzando i campi di interesse (identificativo, età al decesso, comune e data di nascita, comune e data di decesso) e in particolare la causa iniziale di decesso codificata in base alla *International Statistical Classification of Diseases, Injuries and Causes of Death*, ICD, ossia la Classificazione Statistica Internazionale delle Malattie e dei Problemi sanitari correlati, proposta dalla World Health Organization (WHO).

Durante il periodo considerato in questo studio, sono state utilizzate due diverse revisioni di questa classificazione (ICD-9 e ICD-10); il passaggio dal sistema di classificazione ICD-9 a ICD-10, avvenuto a partire dai decessi del 2004, è ininfluente ai fini dell'analisi incentrata su grandi gruppi di cause. La serie storica della mortalità per il Comune di Porto Torres e per l'intero territorio di Sassari dà sufficienti garanzie di uniformità perché, negli anni, è stata curata sempre dallo stesso ufficio (ossia stesso approccio alla codifica).

## Valutazione degli andamenti temporali a Porto Torres

L'analisi di trend si basa sui tassi standardizzati col metodo diretto poiché la finalità è mettere a confronto la popolazione con sé stessa in periodi diversi e, successivamente, con popolazioni di riferimento diverse. Questi indicatori, infatti, sono adatti a confrontare i valori della mortalità tra gruppi diversi per composizione delle età della popolazione: un tasso standardizzato più elevato in un gruppo rispetto a un altro esprime una maggiore mortalità media annuale in quel gruppo, indipendentemente dalla sua composizione per genere ed età. La popolazione utilizzata in queste analisi come standard è quella nazionale derivante dal Censimento della Popolazione e delle Abitazioni del 2001 operato dall'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT)<sup>4</sup>, stratificata per genere e classi di età. La preferenza rispetto all'ultimo censimento (2011) è dettata dal cambiamento della struttura della popolazione nel periodo di osservazione, lungo 24 anni, a discapito delle fasce di età infantili/giovanili e a favore di quelle anziane, osservato in tutta Italia e in maniera più marcata in Sardegna. Le fasce di età per la stratificazione sono decennali a eccezione delle prime due ventennali (0-19; 20-39) e dell'ultima (90 e più). L'interazione tra bassi livelli di mortalità nelle età più giovani e l'esigua numerosità dei residenti nel comune ha reso necessario considerare le prime due fasce ventennali in quanto classi decennali avrebbero restituito un numero di eventi troppo limitato. In altri studi (De Rocchi *et al.*, 2021) l'ultima classe di età comprende gli over 80 che, in questo studio è stata ulteriormente suddivisa per tener conto della peculiarità della longevità della popolazione sarda. In primo luogo è stato necessario ricostruire la serie storica della popolazione residente nei territori in studio (Porto Torres e la popolazione di riferimento), per classe di età e per anno di calendario dal 1995 al 2018. Per la popolazione comunale sono stati utilizzati i dati ISTAT della ricostruzione intercensuaria per età e sesso al 1° gennaio di ogni anno, reperibili nella banca dati ISTAT<sup>5</sup>. La serie storica della mortalità del territorio di Sassari è stata ricostruita a partire dai differenti archivi informatici (Database Access fino al 2012 e ReNCaM-SISaR – Sistema Informativo Sanitario Integrato Regionale – dal 2013) e sottoposta a controlli di qualità. Successivamente sono state identificate le aree in studio (Porto Torres, popolazione di riferimento); inoltre sono discriminate le cause di morte naturali da quelle esterne e le cause oncologiche, in base alla codifica ICD (Tabella 1).

**Tabella 1. Codici delle cause di morte analizzate**

Gruppi di cause	ICD-9	ICD-10
Mortalità generale (cause aturali+accidentali)	001-999	A00-T98
Cause naturali	001-799	A00-R99
Tutti i tumori	140-208 (maligni) 210-239 (benigni, <i>in situ</i> , incerti)	C00-C97 (maligni) D00-D48 (benigni, <i>in situ</i> , incerti)

A partire dai dati dei decessi e della popolazione residente a Porto Torres sono stati calcolati i tassi di mortalità specifici per classi di età (da 0-19 a 90+ anni) e il tasso standardizzato (col metodo diretto) annuale, per ciascun anno di calendario (dal 1995 al 2018), con gli intervalli di confidenza (80% e 90%), mediante il software STATA (è stata sviluppata una routine).

<sup>4</sup><http://dawinci.istat.it/jsp/MD/dawinciMD.jsp?a1=m0GG0c0I0&a2=mG0Y8048f8&n=1UH90T09OG02R&v=1UH08909OG000000000>

<sup>5</sup> ISTAT – <http://dati.istat.it/>

L'andamento temporale dei tassi standardizzati di mortalità di Porto Torres nei 24 anni di osservazione è stato studiato utilizzando un modello di regressione lineare a tratti (cosiddetta "joinpoint regression") che permette di identificare gli eventuali anni in cui si verificano cambiamenti statisticamente significativi nel trend dei tassi nel periodo di osservazione, quantificando le variazioni temporali nell'andamento.

La regressione "joinpoint" è stata implementata mediante il software "Joinpoint Trend Analysis" sviluppato dal National Cancer Institute<sup>6</sup>. Il modello di regressione impiegato assume la linearità dei trend (più precisamente del logaritmo dei tassi<sup>7</sup>) e si basa sull'individuazione di segmenti lineari uniti tra loro (spezzata) che presentano lo stesso andamento e meglio si adattano ai tassi osservati.

I punti che segnano il cambio di trend nella serie, in modo statisticamente significativo, si chiamano "joinpoint". Per ogni segmento, delimitato da due "joinpoint", vengono stimati il coefficiente di regressione e il cambiamento percentuale medio annuo dei tassi (*Annual Percentage Change*, APC) che indica quanto il tasso sia variato di anno in anno.

La stima dei coefficienti viene ripetuta per ogni tratto della spezzata in modo da riuscire a interpolare i dati nel modo più accurato possibile. Sia per i coefficienti della regressione che per gli APC viene valutata la significatività delle stime e restituiti i relativi intervalli di confidenza al 90%. Il software propone diversi modelli, variando il numero di "joinpoint" all'interno dell'intervallo analizzato; il massimo numero di segmenti in cui il trend risulta scomposto è limitato dal numero di "joinpoint" arbitrariamente fissato prima dell'analisi (nel nostro caso 4). La scelta del modello migliore viene effettuata tramite l'utilizzo di diversi criteri di valutazione statistici proposti tra cui il *Bayesian Information Criterion* (BIC) utilizzato nel nostro caso studio. Il BIC confronta l'aumento della varianza spiegata utilizzando più parametri – ogni "joinpoint" in più individua un ulteriore segmento definito da due parametri, intercetta e coefficiente angolare – con "l'appesantimento" del modello dovuto a una maggiore presenza di parametri. La valutazione di questo *trade-off* attraverso il BIC permette la scelta del modello con il minor numero parametri per il quale l'aggiunta di un ulteriore "joinpoint" non comporta miglioramenti significativi in termini di variabilità spiegata. Inoltre, l'utilizzo di molti "joinpoint" condurrebbe a un potenziale *overfitting* del modello che si plasmerebbe troppo sui dati osservati.

Per la popolazione di Porto Torres è stata condotta un'analisi separata per casistica (mortalità generale, mortalità naturale, tumori), stratificata per genere. A tal fine sono stati creati i *dataset* contenenti le informazioni strutturate secondo le specifiche in input del software per l'analisi JP (genere, anno di calendario, classi di età, numerosità della popolazione in studio, numerosità dei decessi, tasso età-specifico, numerosità della popolazione standard).

Si riportano di seguito (Figura 1) gli andamenti temporali dei tassi (i grafici a dispersione) con le rette di regressione dei gruppi. Come detto, i modelli finali sono stati scelti utilizzando il BIC fra i modelli con un massimo di 4 "joinpoint".

In Tabella 2 sono riassunte le stime puntuali degli APC e i relativi intervalli di confidenza al 90%, mentre in Tabella 3 sono riportati i risultati delle valutazioni effettuate al fine di scegliere il modello migliore. La mortalità per tutte le cause complessivamente ha subito, nel periodo 1995-2018, un decremento statisticamente significativo in entrambi i generi, con una diminuzione media annua (APC) della mortalità generale del 2,09% negli uomini e del 2,40% nelle donne.

La diminuzione dei tassi è costante in quanto l'analisi statistica non ha messo in evidenza cambiamenti di trend statisticamente significativi ed ha restituito un unico segmento dall'inizio alla fine del periodo di osservazione.

<sup>6</sup> *Joinpoint Trend Analysis Software, National Cancer Institute*. <https://surveillance.cancer.gov/joinpoint/>.

<sup>7</sup> Si assume che i tassi presentino un cambiamento costante da un anno all'altro. Tassi che cambiano secondo una costante percentuale ogni anno, cambiano linearmente su una scala logaritmica ( $\ln(y)=xb$ , dove x corrisponde agli anni e y ai tassi)

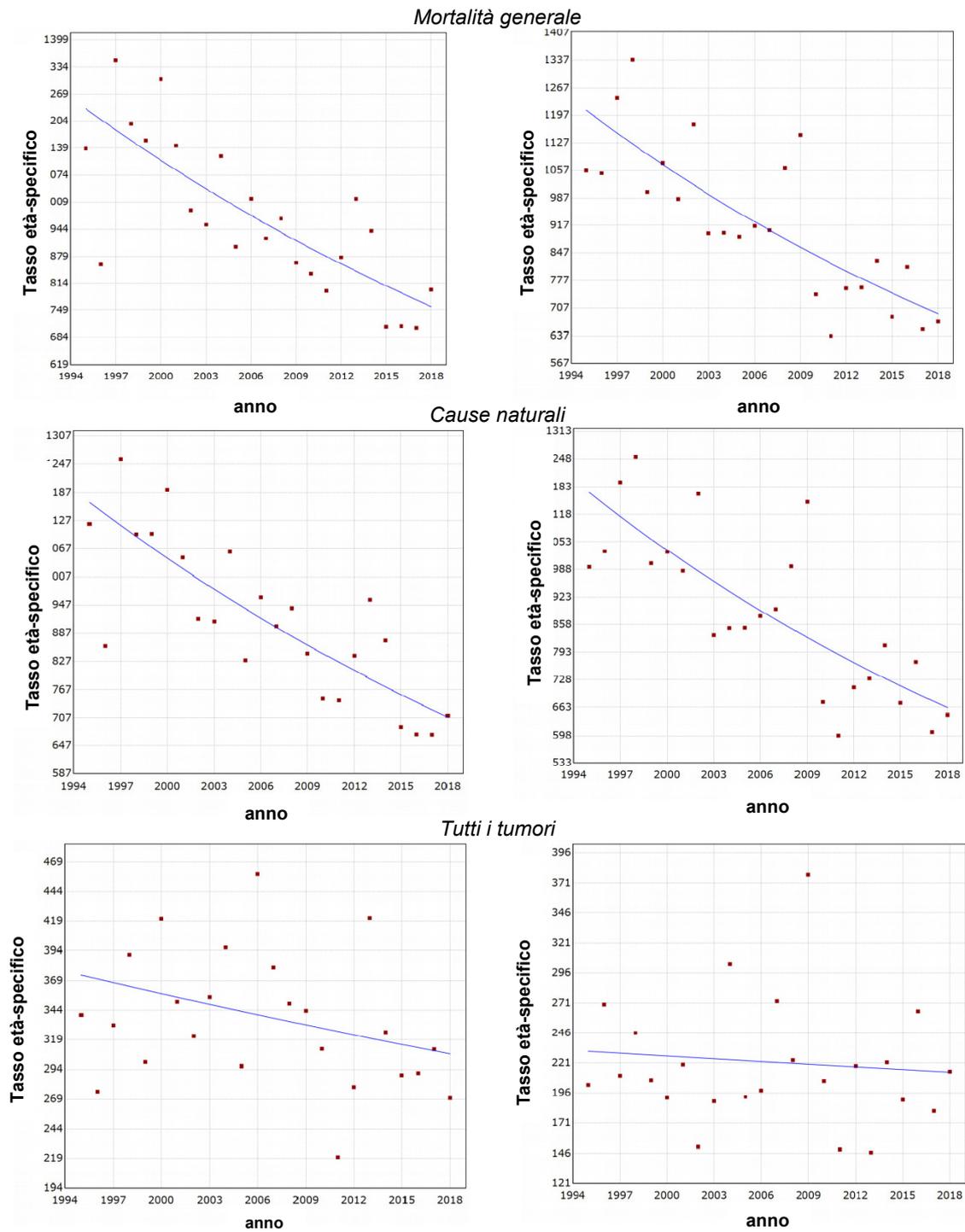


Figura 1. “Joinpoint regression” – Andamento dei tassi standardizzati di mortalità di Porto Torres, per uomini (sinistra) e donne (destra), 1995-2018, valori per 10.000

Tabella 2. Sintesi delle stime puntuali e intervallari dei modelli "Joinpoint"

Gruppo di cause	Uomini	Donne
	APC (IC 90%)	APC (IC 90%)
Mortalità generale	- 2,09 * (-2,67; -1,52)	- 2,40 * (-3; -1,79)
Cause naturali	- 2,14 * (-2,67; -1,6)	- 2,44 * (-3,09; -1,78)
Tutti i tumori	- 0,85 (-1,72; 0,02)	- 0,34 (-1,53; 0,86)

\* indica se la stima dell'APC è statisticamente significativa a livello  $\alpha=0,1$

Tabella 3. Scelta del modello finale tramite il *Bayesian Information Criterion (BIC)* fra i modelli con un massimo di 4 "joinpoint", per casistica e genere

Genere	Modello	Numero di "joinpoint"	Numero di osservazioni	Numero di parametri	Gradi di libertà	Somma dei quadrati degli errori	BIC
<b>Mortalità generale</b>							
Uomini	# 1	0 joinpoint(s) <sup>^</sup>	24	2	22	23,0476880	0,2243494
	# 2	1 joinpoint(s)	24	4	20	20,2618922	0,3603637
	# 3	2 joinpoint(s)	24	6	18	19,2516791	0,5740579
	# 4	3 joinpoint(s)	24	8	16	16,3812164	0,6774328
	# 5	4 joinpoint(s)	24	10	14	12,3638872	0,6609152
Donne	# 1	0 joinpoint(s) <sup>^</sup>	24	2	22	22,2315504	0,1882965
	# 2	1 joinpoint(s)	24	4	20	20,2091543	0,3577575
	# 3	2 joinpoint(s)	24	6	18	19,6553206	0,5948077
	# 4	3 joinpoint(s)	24	8	16	16,3568805	0,6759461
	# 5	4 joinpoint(s)	24	10	14	13,1238423	0,7205659
<b>Cause naturali</b>							
Uomini	# 1	0 joinpoint(s) <sup>^</sup>	24	2	22	18,9465453	0,0284056
	# 2	1 joinpoint(s)	24	4	20	17,4981286	0,2137157
	# 3	2 joinpoint(s)	24	6	18	15,5454810	0,3602296
	# 4	3 joinpoint(s)	24	8	16	13,0878305	0,4529803
	# 5	4 joinpoint(s)	24	10	14	11,0273768	0,5465162
Donne	# 1	0 joinpoint(s) <sup>^</sup>	24	2	22	24,6292286	0,2907179
	# 2	1 joinpoint(s)	24	4	20	22,3104022	0,4566748
	# 3	2 joinpoint(s)	24	6	18	21,8202724	0,6992991
	# 4	3 joinpoint(s)	24	8	16	18,6307575	0,8061113
	# 5	4 joinpoint(s)	24	10	14	15,1846021	0,8664172
<b>Tutti i tumori</b>							
Uomini	# 1	0 joinpoint(s) <sup>^</sup>	24	2	22	18,2470993	-0,0092099
	# 2	1 joinpoint(s)	24	4	20	15,4450959	0,0889133
	# 3	2 joinpoint(s)	24	6	18	14,4168223	0,2848554
	# 4	3 joinpoint(s)	24	8	16	11,6785792	0,3390538
	# 5	4 joinpoint(s)	24	10	14	11,4313274	0,5824929
Donne	# 1	0 joinpoint(s) <sup>^</sup>	24	2	22	21,0936181	0,1357545
	# 2	1 joinpoint(s)	24	4	20	20,1491793	0,3547854
	# 3	2 joinpoint(s)	24	6	18	7,4104754	0,4735317
	# 4	3 joinpoint(s)	24	8	16	15,0279014	0,5912060
	# 5	4 joinpoint(s)	24	10	14	13,5232453	0,7505453

<sup>^</sup> Modello finale selezionato per il genere Uomini: 0 joinpoint

L'andamento osservato per la mortalità dovuta alle cause naturali risulta molto simile a quello osservato per la mortalità generale, con una chiara tendenza decrescente dei tassi e

senza cambiamenti significativi di trend, per entrambi i generi, e con una diminuzione media annua (APC) del 2,14% negli uomini e del 2,44% nelle donne.

Anche la mortalità dovuta a tutti i tumori ha un andamento costantemente decrescente ma con una intensità minore e l'APC non risulta statisticamente significativo (-0,85 uomini, -0,34 donne).

In conclusione, il quadro della mortalità a Porto Torres nel periodo 1995-2018 mostra un andamento lineare in diminuzione, senza interruzioni del *trend*, per entrambi i generi.

Tali decrementi riguardano tutte le cause, quelle naturali e tutti i tumori, ma per quest'ultima casistica il decremento è meno marcato e non significativo.

La diminuzione dei tassi è costante in quanto l'analisi statistica non ha messo in evidenza "joinpoint" statisticamente significativi.

## Valutazione comparativa della mortalità di Porto Torres con quella della Provincia di Sassari

La precedente analisi ha permesso di osservare come nel corso degli anni è evoluto l'andamento della mortalità generale, per tutte le cause naturali e per tutti i tumori per la popolazione di Porto Torres.

Ma è di rilevante importanza anche avere un termine di confronto per valutare se gli andamenti osservati a Porto Torres siano simili o differiscano da quelli della popolazione scelta come riferimento che, per lo studio in esame, è rappresentata dalla provincia di Sassari.

Come osservazione di contesto, va fatto presente che i tassi di mortalità generale della provincia di Sassari risultano essere mediamente di poco superiori ai corrispondenti tassi della regione Sardegna in tutto il periodo studiato.

Questa osservazione deriva dall'analisi dei dati di mortalità di fonte Istat in quanto per il periodo oggetto dell'analisi di trend, 1995-2018, non è possibile utilizzare i dati dei ReNCaM regionali per avere un quadro dell'intera regione.

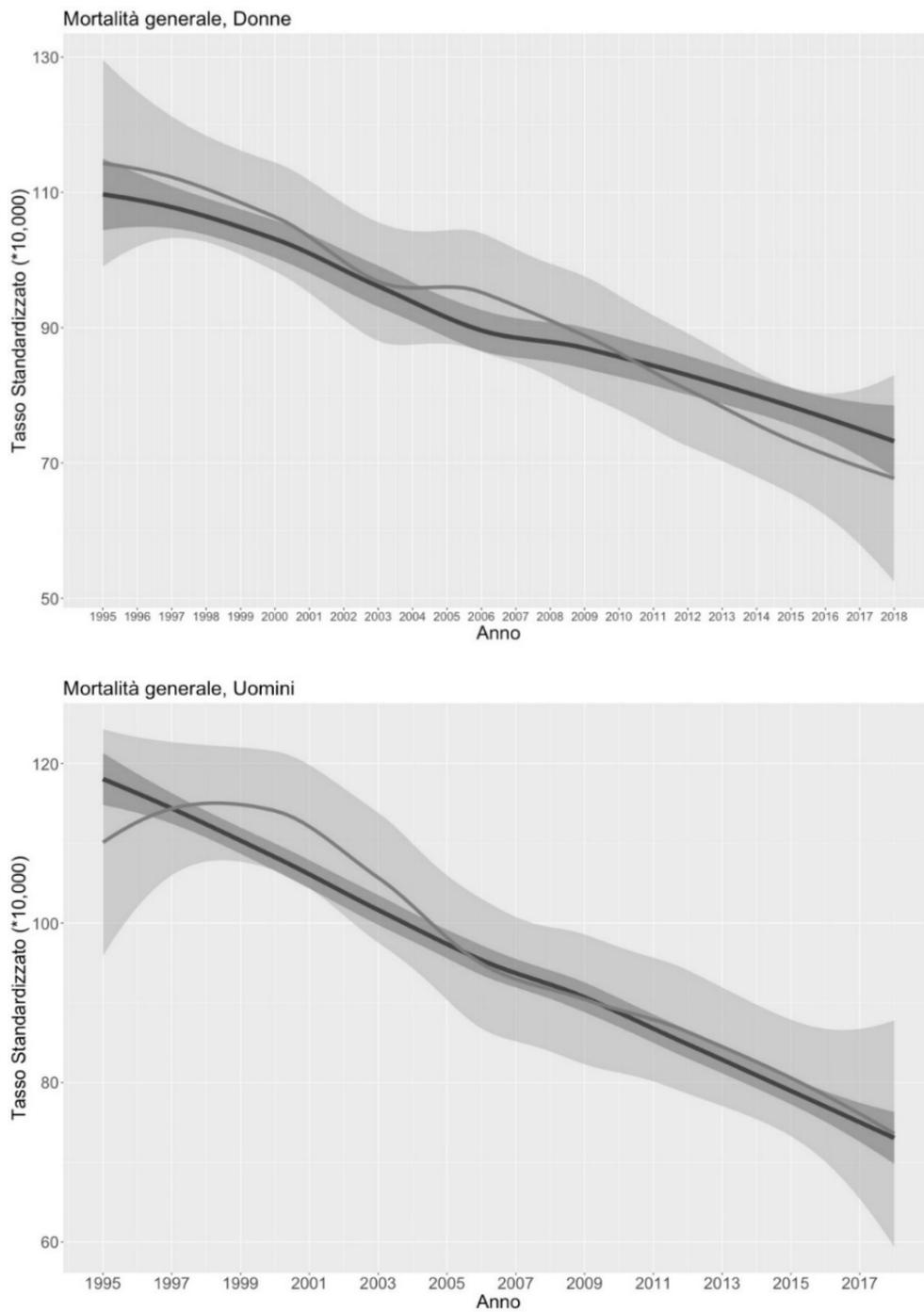
I tassi di mortalità standardizzati mediante metodo diretto (popolazione standard: Italia 2001) sono stati calcolati per ogni anno di calendario, per gli stessi grandi gruppi di cause di morte già considerati per Porto Torres, mediante il software STATA; in conformità con quanto fatto nell'analisi di trend, gli intervalli di confidenza sono stati calcolati al 90%.

Il metodo LOESS (*LOcally Estimated Scatterplot Smoothing*), proposto nell'articolo di La Serra *et al.* (2021) è stato usato per il confronto degli andamenti temporali mostrato nelle Figure 2a, 2b e 2c.

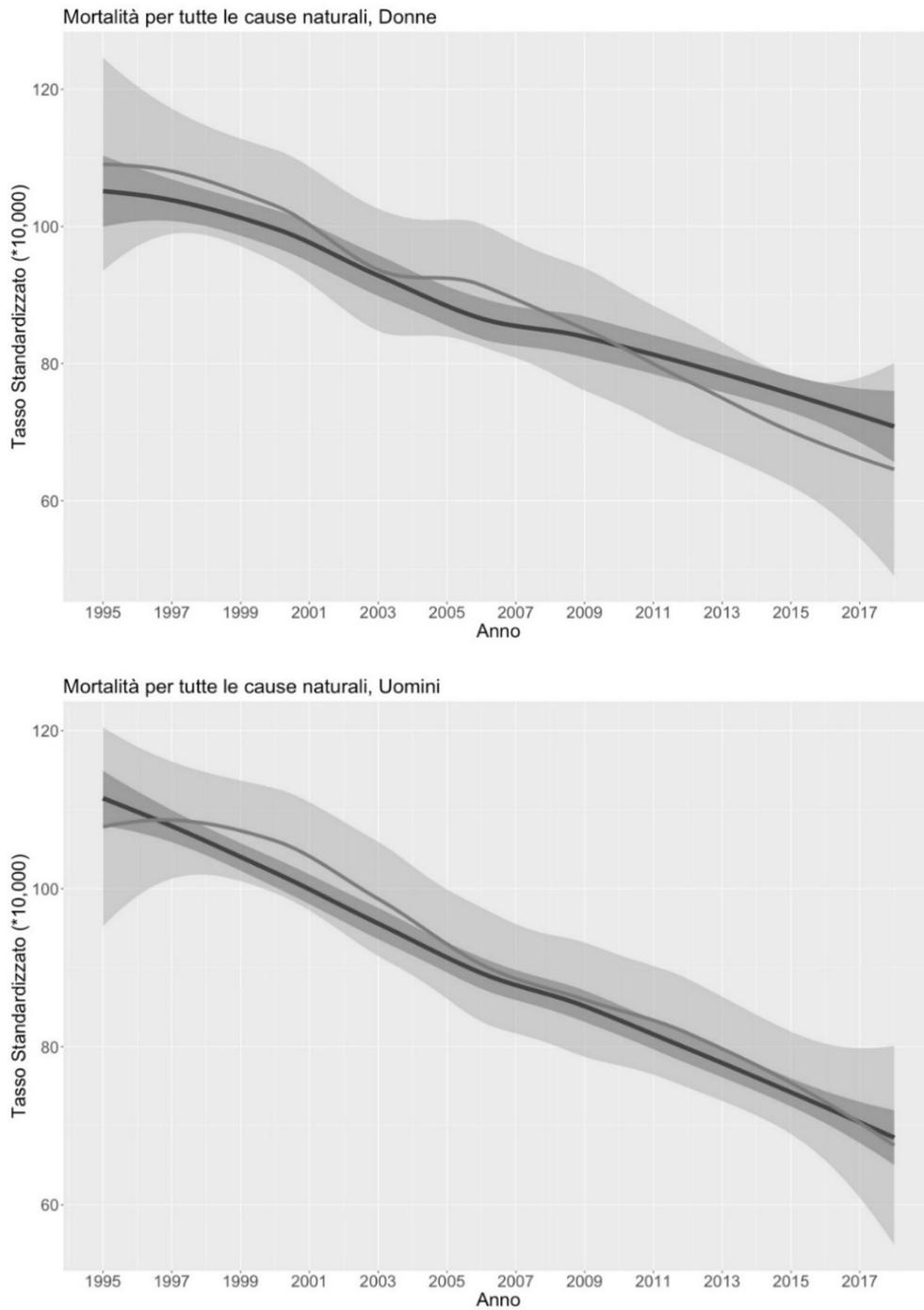
Tenuto conto delle incertezze delle stime, gli andamenti nella mortalità generale e nella mortalità per le cause naturali, risultano simili nelle popolazioni a confronto in entrambi i generi.

Gli andamenti per la mortalità tumorale, invece, sono simili nelle popolazioni a confronto nel genere femminile, con fluttuazioni nel tempo di eccessi e difetti nella popolazione di Porto Torres, mentre nel genere maschile i tassi risultano quasi sempre maggiori a Porto Torres a partire dalla metà degli anni '90.

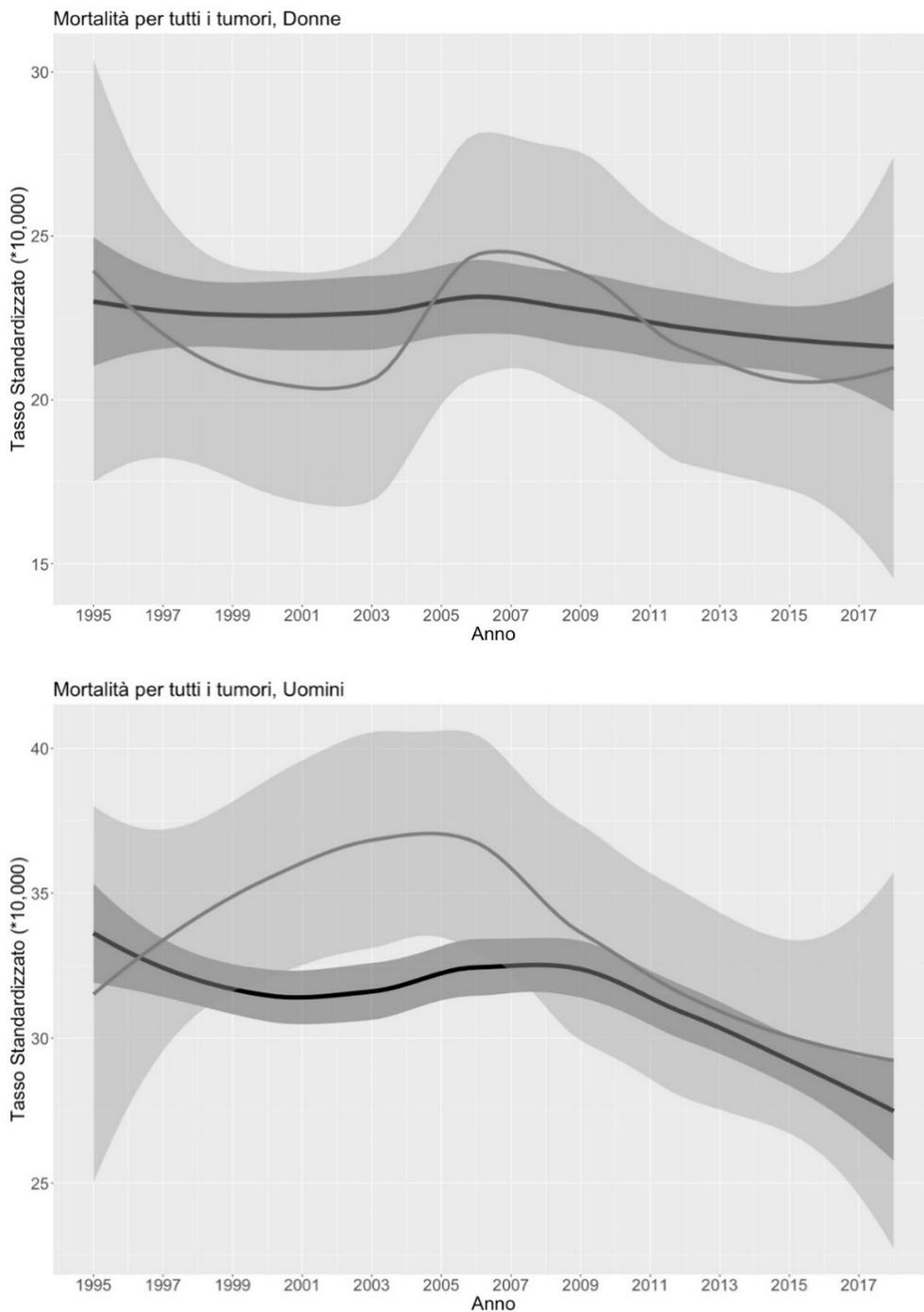
Tale differenza risulta particolarmente evidente nel periodo tra la fine degli anni '90 e il 2008.



**Figura 2a. Curve LOESS e relativi intervalli di confidenza al 90%, Porto Torres (grigio chiaro) e popolazione di riferimento (grigio scuro). Mortalità generale, 1995-2018**



**Figura 2b. Curve LOESS e relativi intervalli di confidenza al 90%, Porto Torres (grigio chiaro) e popolazione di riferimento (grigio scuro). Mortalità per tutte le cause naturali, 1995-2018**



**Figura 2c. Curve LOESS e relativi intervalli di confidenza al 90%, Porto Torres (grigio chiaro) e popolazione di riferimento (grigio scuro). Mortalità per tutti i tumori, 1995-2018**

## Bibliografia

- De Rocchi D, Zona A, Tumino R, Egidi V, Pasetto R. Mortality temporal trends and cancer incidence profiles of residents in the petrochemical industrially contaminated town of Gela (Sicily, Italy). *Ann Ist Super Sanita*. 2021 Apr-Jun;57(2):174-182.
- La Serra V, Pasetto R, Manno V, Iavarone I, Jona Lasinio G, Minelli G. Exploring methods for the assessment of temporal trends in mortality and hospitalization in Italian industrially contaminated sites. *Ann Ist Super Sanità*. 2021 Apr-Jun;57(2):183-192.

# STUDIO EPIDEMIOLOGICO DESCRITTIVO DEL PROFILO DI SALUTE DEI RESIDENTI NEL COMUNE DI PORTO TORRES: RISULTATI E DISCUSSIONE

Roberto Pasetto (a), Rosanna Porcu (b), Maria Antonietta Palmas (b), Caterina Bellu (c),  
Franca Maria Buratti (a), Ivano Iavarone (a), Daniela Marsili (a), Maria Eleonora Soggiu (a),  
Emanuela Testai (a), Massimo Melis (d), Daniela Piras (d), Giannalisa Pitzus (d), Amerigo Zona (a)  
(a) *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*  
(b) *Assessorato Igiene, Sanità e Assistenza Sociale - Osservatorio Epidemiologico Regionale, Regione  
Autonoma della Sardegna, Cagliari*  
(c) *Dipartimento di Prevenzione Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Cagliari*  
(d) *Dipartimento di Prevenzione Azienda per la Tutela della Salute Sardegna - Centro Epidemiologico e  
Registro tumori, Cagliari e Sassari*

## Introduzione

Questo capitolo presenta e discute i risultati dello studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute dei residenti nel Comune di Porto Torres, ottenuti seguendo l'impostazione riportata nel capitolo "Protocollo dello studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres" presente in questa Parte del rapporto, cui si rinvia per i dettagli metodologici. Occorre richiamare alcuni elementi utili alla lettura dei risultati. Studi descrittivi come quello proposto consentono di verificare le caratteristiche del profilo di salute di una popolazione specifica. Le valutazioni fatte derivano da un confronto di quanto osservato nella popolazione oggetto di studio, rispetto a quanto atteso se l'occorrenza dei rischi fosse stata la stessa del territorio di riferimento. Nel caso in esame, il profilo di salute di Porto Torres è confrontato con quello del territorio di riferimento costituito dall'insieme dei comuni dell'Area Socio-Sanitaria Locale (ASSL) di Sassari, corrispondente alla ex provincia di Sassari, escluso Porto Torres. Il profilo di salute è costruito sulla base di indicatori relativi agli esiti della mortalità, dell'incidenza tumorale e dell'ospedalizzazione. Per ciascun esito è rappresentato un 'profilo generale' per grandi gruppi di cause e un "profilo specifico" per l'insieme delle patologie d'interesse rispetto alle evidenze sul sito (cause d'interesse *a priori*). Queste ultime sono identificate sia in relazione alle evidenze epidemiologiche del rischio di residenza in prossimità delle locali sorgenti di contaminazione e delle evidenze epidemiologiche relative al contesto occupazionale, sia in base ai profili tossicologici degli inquinanti prioritari identificati come d'interesse (si veda al riguardo il capitolo "Selezione degli inquinanti prioritari per l'area di Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione" di questo rapporto). Il profilo di salute generale indica le condizioni in "termini generali", mentre il profilo specifico dà indicazioni per l'insieme delle patologie per le quali è stato osservato in contesti simili (nel caso specifico aree con la presenza di complessi petrolchimici) un eccesso di rischio in associazione alle stesse sorgenti di contaminazione d'interesse, ovvero in contesti dove i fattori di rischio comprendono i contaminanti presenti nell'area studiata.

Criticità emergono in particolare quando i profili di rischio specifici evidenziano più rischi in eccesso. In questo caso, non si può escludere che i fattori di rischio ambientale e/o occupazionale presenti nell'area abbiano contribuito al verificarsi di tali eccessi.

Va sottolineato tuttavia che, con le poche eccezioni di patologie pressoché mono-fattoriali (es. il mesotelioma, patologia associata pressoché univocamente all'esposizione ad amianto con rapporto causa-effetto), le patologie indagate presentano un'eziologia multifattoriale, cioè più fattori singolarmente o tra loro combinati possono contribuire al verificarsi del rischio.

Pertanto, più sono le patologie per le quali si osservano rischi in eccesso, osservate per il profilo di salute specifico, maggiore è la verosimiglianza che nel contesto locale anche i fattori ambientali e/o occupazionali abbiano avuto un ruolo nel determinare il rischio evidenziato.

Va sottolineato che, almeno per quanto riguarda il rischio ambientale (non necessariamente per quello occupazionale) e in termini generali, tanto più vi è concordanza dei segnali di rischio osservati in eccesso nei maschi e nelle femmine in studi descrittivi come quello qui presentato, tanto più è verosimile che i fattori ambientali possano avere avuto un ruolo come determinanti; va specificato tuttavia che il rischio associato ai diversi fattori ambientali può risultare diverso per ragioni di differente esposizione in relazione agli stili di vita o a caratteristiche fisiologiche legate al genere, pertanto l'affermazione generale deve essere valutata a seconda dei fattori di rischio e del contesto di studio. Va altresì sottolineato che quanto osservato per il rischio a livello di popolazione non può essere direttamente attribuito ai singoli individui. L'eccesso di rischio per una determinata patologia a livello di popolazione non indica direttamente che l'evento di quella causa osservato nel singolo individuo sia attribuibile ai fattori di rischio primariamente indagati dallo studio. Valutazioni a livello di casi singoli richiedono un approccio individuale e non di popolazione (es. la ricostruzione dell'anamnesi espositiva a fattori ambientali-occupazionali, insieme a valutazioni relative alla presenza di fattori di rischio alternativi per la causa considerata sempre attribuibili al singolo quali comportamenti e stili di vita, la conoscenza disponibile in relazione ai fattori causali, non sempre totalmente noti, della patologia specifica). È utile sottolineare che lo studio geografico su base comunale in esame, descrive lo stato di salute sulla base delle patologie identificate come d'interesse *a priori* identificate:

- 1) in base dell'evidenza epidemiologica in metanalisi che hanno analizzato il rischio per residenza in prossimità di impianti petrolchimici o per occupazione in petrolchimici o
- 2) per le caratteristiche degli inquinanti prioritari selezionati per Porto Torres.

Va evidenziato che la natura dell'associazione tra questi ultimi e le patologie d'interesse non è necessariamente causale, ma viene espressa solo una plausibilità di associazione tra patologie e uno specifico fattore di rischio potenziale. Infatti, nelle tabelle presentate nel capitolo relativo al Protocollo di studio sono riportate le sole indicazioni di pericolo. Il pericolo dipende dalle caratteristiche intrinseche degli inquinanti, che hanno la "plausibilità" di indurre certi effetti.

La probabilità che gli effetti si manifestino nella situazione reale dipende dalla esposizione e dal relativo scenario (entità, durata, via, frequenza) e dalla loro relazione temporale con gli eventi d'interesse sanitario. La concomitanza tra eccesso di rischio e potenziale esposizione a un certo inquinante non è sufficiente a stabilire il nesso di causalità. Una notazione finale riguarda alcuni termini utilizzati nella presentazione testuale dei risultati. Con il termine "eccesso" di rischio ci si riferisce a una stima puntuale del rischio in eccesso corroborata della sua incertezza statistica, analogamente con il termine "difetto" di rischio ci si riferisce a una stima puntuale del rischio in difetto corroborata dalla sua incertezza statistica. Nel caso si riportino eccessi e difetti "non statisticamente significativi", ai termini "eccesso" e "difetto" viene associato l'aggettivo "incerto".

## Risultati popolazione generale

In questo paragrafo vengono illustrati in successione i risultati relativi alla mortalità, all'incidenza tumorale e ai ricoveri ospedalieri per la popolazione generale. Nell'Allegato 1 sono

presentati i risultati della mortalità, incidenza tumorale, e ricoveri ospedalieri per un insieme più ampio di cause d'interesse per l'analisi dei profili di salute delle popolazioni esposte a rischio da siti contaminati, così come previste nell'ambito del sistema di sorveglianza SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento) (Zona *et al.*, 2019; Zona *et al.*, comunicazione personale). Tale insieme di cause comprende quelle che sono state selezionate *ad hoc* rispetto al contesto di contaminazione ambientale specifico per Porto Torres, così come riportato nei capitoli “Selezione degli inquinanti prioritari per l'area di Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione” e “Protocollo dello studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres” di questo stesso rapporto. Nella Tabella 1 è rappresentato il profilo di salute generale espresso tramite l'esito della mortalità. Si osserva un eccesso per le malattie dell'apparato respiratorio nei maschi e un difetto nelle femmine per la mortalità generale, le malattie del sistema nervoso centrale e le malattie del sistema circolatorio. Va segnalato che la mortalità per i sintomi, segni e stati morbosi mal definiti, risulta in eccesso in entrambi i generi indicando una generale carente qualità della certificazione (si vedano i rispettivi indicatori nell'Allegato 1).

**Tabella 1. Profilo di salute generale mortalità – grandi gruppi di cause. Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2010-2019)**

Cause di morte	Maschi			Femmine		
	OSS	OSS-ATT	SMR (IC 90%)	OSS	OSS-ATT	SMR (IC 90%)
Mortalità generale	953	20	102 (97;108)	772	-49	94 (89;100)
Tutti i tumori	362	19	106 (97;115)	220	-19	92 (82;103)
Malattie del sistema nervoso centrale	47	7	118 (91;150)	44	-21	68 (52;88)
Malattie del sistema circolatorio	247	-15	94 (85;105)	218	-32	87 (78;97)
Malattie dell'apparato respiratorio	77	15	124 (102;150)	45	-6	88 (67;113)
Malattie dell'apparato digerente	35	-7	82 (61;109)	34	5	115 (85;154)
Malattie dell'apparato urinario	9	-3	74 (38;128)	14	-1	94 (57;146)

\* Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di mortalità (SMR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici

La Tabella 3 riporta il profilo di salute specifico relativo alla mortalità per diverse patologie per le quali è plausibile una associazione con l'esposizione agli inquinanti prioritari selezionati nell'area studiata (non riportati nella Tabella 2, si veda la Tabella 1 del capitolo “Selezione degli inquinanti prioritari per l'area di Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione” di questo rapporto). Nella Tabella 2 è riportato il profilo di salute specifico della mortalità per le cause per cui vi è evidenza *a priori* di tipo epidemiologico. Si osservano eccessi nei maschi che riguardano il tumore maligno della trachea, bronchi e polmone, le leucemie e i mesoteliomi. Nelle femmine emergono difetti ma con stima incerta, a eccezione del tumore maligno della cistifellea che è in eccesso con stima incerta. Nelle femmine i casi osservati in diverse cause sono inferiori a 3, pertanto per motivi di privacy gli indicatori non sono stati riportati. In linea generale, si notano stime incerte, sia negli eccessi che nei difetti di rischio. Unica eccezione è rappresentata dal diabete mellito, in eccesso in entrambi i generi, ma con una stima incerta nelle femmine. Nella popolazione maschile sono inferiori a tre i casi osservati di tumore maligno della mammella ed epatite, quest'ultima non osservata nella popolazione femminile. Non si osservano casi di tumore maligno delle cavità nasali nei due generi. L'insufficienza renale cronica mostra un difetto nei maschi e un eccesso nelle femmine, entrambi però con stime incerte.

**Tabella 2. Profilo di salute specifico mortalità – cause a priori da evidenze epidemiologiche (residenza e occupazione). Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2010-2019)**

Cause di morte	Maschi			Femmine		
	OSS	OSS-ATT	SMR (IC 90%)	OSS	OSS-ATT	SMR (IC 90%)
Tumore maligno della trachea, dei bronchi e del polmone	91	17	123 (103-147)	22	-3	87 (59-124)
Leucemie	19	8	175 (115-257)	7	-1	91 (43-170)
Malattie respiratorie acute	21	5	132 (88-190)	13	-2	85 (50-135)
Tumore del sistema nervoso centrale	12	4	144 (83-233)	4	-2	63 (21-143)
Mesoteliomi	9	7	495 (258-863)	<3		
Melanoma maligno della cute	3	0	114 (31-294)	<3		
Tumore maligno della cistifellea	5	-1	78 (31-164)	8	2	144 (72-260)
Tumore maligno della vescica	14	-2	90 (54-140)	<3		
Tumore maligno del rene	9	1	118 (61-205)	<3		
Mieloma multiplo e tumori immunoproliferativi	3	-2	59 (16-151)	5	-1	88 (35-184)

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di mortalità (SMR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici. Gli indicatori non sono calcolati se il numero di casi è inferiore a 3

**Tabella 3. Profilo di salute specifico mortalità – cause associate ai soli inquinanti prioritari e organi bersaglio. Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2010-2019)**

Cause di morte	Maschi			Femmine		
	OSS	OSS-ATT	SMR (IC 90%)	OSS	OSS-ATT	SMR (IC 90%)
Tumore maligno dello stomaco	12	1	107 (62-174)	6	-1	91 (40-180)
Tumore maligno del fegato e dei dotti biliari intraepatici	23	-3	87 (59-123)	12	1	114 (66-185)
Tumore maligno delle cavità nasali e paranasali	-			-		
Tumore maligno della mammella	<3			44	2	105 (80-134)
Tumore maligno della prostata	27	5	121 (86-167)			
Tumori maligni del tessuto linfematopoiatico e tessuti correlati	31	6	123 (89-166)	17	-4	81 (52-121)
Diabete mellito	33	10	144 (105-192)	27	4	118 (83-163)
Epatite	<3			-		
Cirrosi	7	-6	54 (25-101)	3	-2	56 (15-144)
Malattie glomerulari e tubulo-interstiziali, insufficienze renali	9	-2	82 (43-143)	13	0	102 (60-163)
Insufficienza renale cronica	5	-2	71 (28-149)	10	4	162 (88-275)

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di mortalità (SMR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici

Il profilo generale di incidenza oncologica complessiva dei tumori maligni, esclusi quelli della cute, mostra una stima di rischio in linea con l'atteso nei maschi SIR 100 (IC 90% 93-107), mentre nelle femmine è presente un difetto con stima incerta SIR 93 (IC 90% 86-101). La Tabella 4

mostra il profilo di salute descritto tramite l'esito dell'incidenza tumorale per le cause d'interesse *a priori* da evidenze epidemiologiche. Si osservano eccessi nei maschi per i tumori della trachea, bronchi e polmone, i mesoteliomi e il tumore della vescica e nelle femmine per i tumori della cistifellea e del rene. Nelle femmine il numero di casi di mesotelioma osservati è inferiore a 3, pertanto l'indicatore non è stato riportato.

La Tabella 5 mostra il profilo di salute riferito all'incidenza tumorale per cause associate ai soli inquinanti prioritari. Si osserva il solo difetto nel genere femminile per i tumori alla tiroide. Si osservano meno di 3 casi per il tumore delle cavità nasali e paranasali, per il tumore della mammella nei maschi e per la leucemia mieloblastica acuta nelle femmine, dove non si registrano casi di tumore delle cavità nasali e paranasali.

**Tabella 4. Profilo di salute specifico incidenza tumorale – cause a priori da evidenze epidemiologiche (residenza e occupazione). Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2006-2015)**

Cause oncologiche-sede	Maschi			Femmine		
	OSS	OSS-ATT	SIR (IC 90%)	OSS	OSS-ATT	SIR (IC 90%)
Trachea, bronchi e polmone	111	20	122 (104-143)	29	-1	96 (68-130)
Leucemie	21	4	126 (84-181)	13	2	116 (68-184)
Sistema nervoso centrale	10	0	102 (55-173)	4	-4	52 (18-119)
Mesoteliomi totali	7	5	285 (134-536)	<3		
Melanoma della pelle	6	-5	56 (24-110)	16	6	154 (97-234)
Cistifellea	11	3	137 (77-227)	15	8	213 (131-328)
Vescica	86	24	139 (115-166)	14	-1	92 (55-143)
Rene	22	2	108 (73-154)	16	9	218 (137-331)
Mieloma multiplo	5	-2	68 (27-144)	4	-5	45 (15-103)

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di incidenza tumorale (SIR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici.

Gli indicatori non sono calcolati se il numero di casi è inferiore a 3

**Tabella 5. Profilo di salute specifico incidenza tumorale –cause associate ai soli inquinanti prioritari e organi bersaglio. Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2006-2015)**

Cause oncologiche - sede	Maschi			Femmine		
	OSS	OSS-ATT	SIR (IC 90%)	OSS	OSS-ATT	SIR (IC 90%)
Stomaco	17	-1	96 (61-144)	12	1	108 (62-174)
Fegato e dotti biliari intraepatici	29	-3	89 (64-122)	7	-5	58 (27-110)
Cavità nasali e paranasali	<3			-		
Mammella	<3			161	-6	96 (84-110)
Prostata	96	-3	97 (81-115)			
Tiroide	11	-1	95 (53-158)	24	-11	68 (47-96)
Tessuto linfatico, ematopoietico e tessuti correlati	47	-5	90 (69-114)	36	-5	88 (65-116)
Leucemia mieloblastica acuta	6	1	117 (51-231)	<3		
Linfoma non-Hodgkin	19	-4	84 (55-123)	18	0	98 (64-146)
Leucemia linfocitica cronica delle cellule di tipo B	4	-1	84 (29-191)	5	2	159 (62-333)

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di incidenza tumorale (SIR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici.

Gli indicatori non sono calcolati se il numero di casi è inferiore a 3

La Tabella 6 mostra il profilo di salute generale riferito all'ospedalizzazione. Si osserva un difetto di ospedalizzazione per tutte le cause naturali e per le malattie del sistema circolatorio sia

nei maschi che nelle femmine. In generale, per i grandi gruppi di cause si riscontrano prevalentemente stime in difetto, seppur incerte, sia nei maschi che nelle femmine, con l'eccezione dei tumori maligni nei maschi.

**Tabella 6. Profilo di salute generale ospedalizzazione - grandi gruppi di cause. Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2010-2019)**

Cause di ricovero	Maschi			Femmine		
	OSS	OSS-ATT	SHR (IC 90%)	OSS	OSS-ATT	SHR (IC 90%)
Tutte le cause naturali	5264	-200	96 (94-99)	5340	-192	97 (94-99)
Tutti i tumori maligni	715	30	104 (98-111)	566	-39	94 (87-100)
Malattie del sistema nervoso centrale	172	-12	93 (82-106)	194	-21	90 (80-102)
Malattie del sistema circolatorio	1071	-80	93 (88-98)	771	-90	90 (84-95)
Malattie dell'apparato respiratorio	973	-24	98 (92-103)	786	-22	97 (92-103)
Malattie dell'apparato digerente	1279	6	100 (96-105)	889	-22	98 (92-103)
Malattie dell'apparato urinario	338	-10	97 (89-106)	265	-9	97 (87-107)

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di ricovero (SHR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici

La Tabella 7 mostra il profilo di salute specifico riferito all'ospedalizzazione per cause a priori da evidenze epidemiologiche. Si osserva un difetto per le malattie respiratorie acute nei maschi.

**Tabella 7. Profilo di salute specifico ospedalizzazione – cause a priori da evidenze epidemiologiche (residenza e occupazione). Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2010-2019)**

Cause di ricovero	Maschi			Femmine		
	OSS	OSS-ATT	SHR (IC 90%)	OSS	OSS-ATT	SHR (IC 90%)
Malattie respiratorie acute	138	-24	85 (74-98)	145	8	106 (92-121)
Asma	19	3	116 (76-170)	18	2	111 (72-165)

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di ricovero (SHR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici

La Tabella 8 mostra il profilo di salute specifico per diverse cause di ospedalizzazione potenzialmente associabili agli inquinanti prioritari (si veda la Tabella 1 del capitolo “Selezione degli inquinanti prioritari per l'area di Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione” di questo rapporto).

Si osserva un difetto per l'ipertensione nei maschi e nelle femmine e un difetto per il diabete mellito nei maschi. I casi di neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate sono meno di 3 sia nei maschi che nelle femmine.

In entrambe i generi si osserva generalmente un difetto (con stima incerta) per tutte le cause a eccezione del gruppo di cause riferito a nefrite, sindrome nefrosica, nefrosi, comprese le insufficienze renali (ma anche in questo caso le stime sono incerte).

L'insufficienza renale cronica nei maschi è in difetto (stima incerta), e nelle femmine è sostanzialmente coerente con l'atteso. Le stime dell'indicatore di mortalità prematura sono in

difetto in entrambi i generi, nei maschi con stime incerte [Maschi SMR 96 (IC 90% 85-109) femmine SMR 84 (IC90% 70-100)].

**Tabella 8. Profilo di salute specifico ricoverati – cause associate ai soli inquinanti prioritari e organi bersaglio. Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2010-2019)**

Cause di ricovero	Maschi			Femmine		
	OSS	OSS-ATT	SHR (IC 90%)	OSS	OSS-ATT	SHR (IC 90%)
Diabete mellito	39	-12	77 (58-100)	37	-5	87 (65-115)
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	<3			<3		
Iperensione	17	-8	67 (42-100)	17	-12	59 (38-89)
Bronchite cronica	52	-8	86 (67-108)	42	-8	84 (64-108)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	48	-10	83 (64-106)	18	-8	69 (45-103)
Nefrite, sindrome nefrosica, nefrosi, comprese le insufficienze renali	154	14	110 (96-126)	114	9	109 (93-127)
Insufficienza renale cronica	50	-12	81 (63-102)	41	0	100 (76-130)

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di ricovero (SHR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici. Gli indicatori non sono calcolati se il numero di casi è inferiore a 3

## Risultati fasce giovanili

Per le fasce giovanili sono stati analizzati la mortalità e i ricoveri ospedalieri nel decennio 2010-2019 e l'incidenza tumorale per il decennio 2006-2015.

Per quanto riguarda l'esito della mortalità, a eccezione della mortalità generale, per le altre patologie non si sono osservati casi o il loro numero è risultato inferiore a 3 e, pertanto, non sono stati calcolati gli indicatori causa-specifici. Per la mortalità generale nella fascia di età pediatrica (0-14 anni) l'SMR è pari a 67 (4 osservati; IC 90% 23-153), nella fascia di età adolescenziale e giovanile 15-29 anni l'SMR è di 90 (12 osservati; IC 90% 52-145), infine nella fascia di età cumulativa 0-29 anni l'SMR è pari a 83 (16 osservati; IC 90% 52-126). Le stime di rischio sono dunque in difetto rispetto al riferimento, ma incerte a causa della scarsa numerosità degli eventi.

La Tabella 9 mostra il profilo di incidenza oncologica per le fasce giovanili. In generale si osserva una bassa numerosità degli eventi: meno di 3 casi per tutti i tumori esclusa la cute nella fascia <1 anno e nella fascia adolescenziale giovanile per i tumori del sistema linfoematopoietico totale, le leucemie e i linfomi non-Hodgkin; per quest'ultima causa non si osservano casi nella fascia pediatrica. I tumori del sistema nervoso centrale non sono rilevati in nessuna fascia d'età. Segnali in eccesso, ma con stime incerte, si osservano nella fascia pediatrica (0-14 anni) per i tumori del sistema linfoematopoietico totale e per le leucemie e nella fascia adolescenziale-giovanile per i tumori della tiroide e testicolo. I casi osservati per i tumori del sistema emolinfopoietico sono relativi a leucemie. La Tabella 10 mostra il rischio di ospedalizzazione per grandi gruppi di cause nelle fasce di età pediatrico-giovanili.

**Tabella 9. Cause d'interesse per l'esito dell'incidenza oncologica per le fasce giovanili. Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2006-2015)**

Cause oncologiche/sede	<1 anno		0-14 anni (pediatrica)		15-29 anni (adolescenziale giovanile)		0-29 anni (cumulativa)	
	OSS	SIR (IC 90%)	OSS	SIR (IC 90%)	OSS	SIR (IC 90%)	OSS	SIR (IC 90%)
Tutti i tumori, escluso cute	<3		5	83 (33-174)	20	113 (75-164)	25	105 (73-147)
Tumori Sistema Nervoso Centrale			-		-		-	
Tumori sistema linfoematopoietico totale			4	142 (48-324)	<3		6	85 (37-167)
Leucemie			4	190 (65-435)	<3		5	156 (61-328)
Linfomi non-Hodgkin			-		<3		<3	
Tumore della tiroide					5	126 (50-264)		
Tumore del testicolo					4	144 (49-329)		

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di incidenza tumorale (SIR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio le cause non analizzate.

Gli indicatori non sono calcolati se il numero di casi è inferiore a 3

**Tabella 10. Cause d'interesse per l'esito dei ricoveri ospedalieri per le fasce giovanili. Maschi e femmine. Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2010-2019)**

Cause di ospedalizzazione	<1 anno		0-14 anni (pediatrica)		15-29 anni (adolescenziale giovanile)		0-29 anni (cumulativa)	
	OSS	SHR (IC 90%)	OSS	SHR (IC 90%)	OSS	SHR (IC 90%)	OSS	SHR (IC 90%)
Tutte le cause naturali	668	106 (100-114)	1578	97 (93-102)	905	90 (85-95)	2483	97 (93-100)
Tutti i tumori maligni	-		7	109 (51-206)	15	75 (46-115)	22	85 (58-122)
Malattie sistema circolatorio			25	102 (71-142)	64	93 (74-114)	89	96 (80-115)
Malattie apparato respiratorio			443	98 (90-106)	125	98 (84-114)	568	98 (91-105)
Malattie apparato digerente			152	103 (89-117)	156	87 (76-100)	308	96 (87-105)
Malattie apparato urinario			39	89 (67-117)	36	95 (70-125)	75	93 (76-113)
Condizioni morbose di origine perinatale	356	104 (95-113)						
Infezioni acute vie respiratorie, polmonite e influenza			294	102 (92-112)	28	93 (66-127)	322	101 (92-111)
Asma			23	134 (91-189)	3	99 (27-256)	26	128 (90-178)
Nefrite, sindrome nefrosica, nefrosi, comprese le insufficienze renali					<3			

Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di incidenza tumorale (SHR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). In grigio gli eccessi o i difetti di rischio più rilevanti in termini statistici.

Gli indicatori non sono calcolati se il numero di casi è inferiore a 3

Il numero di ricoverati nel primo anno di vita mostra un eccesso di rischio per tutte le cause naturali. Si osserva un difetto per tutte le cause naturali nella fascia 15-29 anni ed un eccesso per tutte le cause naturali e per le condizioni morbose di origine perinatale (incerto) nella fascia minore di 1 anno. Gli eccessi maggiori, ma con stime incerte, si osservano per l'asma nelle fasce pediatrica e cumulativa 0-29 anni. Non risultano ospedalizzazioni per tumori maligni nella fascia minore di un anno, mentre per nefrite, sindrome nefrosica, nefrosi, comprese le insufficienze renali i casi sono inferiori a 3 nella fascia adolescenziale giovanile.

## **Lettura integrata dei risultati**

Il profilo di salute generale della popolazione residente a Porto Torres mostra rischi simili alla popolazione di riferimento. Per la mortalità (2010-2019) ciò riguarda i diversi grandi gruppi di cause di morte a eccezione dell'eccesso di mortalità per malattie respiratorie nei maschi e del difetto nelle femmine per la mortalità generale, le malattie del sistema nervoso centrale e del sistema circolatorio. L'incidenza oncologica (2006-2015) complessiva dei tumori maligni è in linea con l'atteso nei maschi e in difetto con stima incerta nelle femmine, mentre l'ospedalizzazione (2010-2019) è perlopiù in difetto in entrambi i generi per tutti i grandi gruppi di cause con l'eccezione dei tumori maligni nei maschi ove è presente un eccesso con stima incerta.

Nel profilo di salute specifico si osservano eccessi di rischio sia nella mortalità che nell'incidenza oncologica. Nei maschi sono in eccesso il tumore della trachea, bronchi e polmone e i mesoteliomi in entrambi gli esiti, è inoltre in eccesso la mortalità per le leucemie e il diabete, e l'incidenza oncologica per il tumore della vescica. Le leucemie sono in eccesso nei maschi anche per l'incidenza oncologica seppure con stima incerta. Nelle femmine è in eccesso l'incidenza oncologica per il tumore alla cistifellea e il tumore al rene ed è in difetto l'incidenza per il tumore alla tiroide. Per l'ospedalizzazione, invece, le stime sono generalmente in difetto nel profilo di salute specifico, così come nel profilo di salute generale, in particolare per le malattie respiratorie acute e il diabete mellito nei maschi e per l'ipertensione in entrambi i generi.

Nelle fasce di età pediatrico-giovanili il numero dei casi osservati di mortalità (2010-2019) e di incidenza tumorale (2006-2015) è basso, come atteso in relazione alla dimensione della popolazione di Porto Torres per eventi comunque rari in queste fasce di età. La mortalità osservata è tendenzialmente in difetto, seppure con stime incerte, mentre l'incidenza tumorale presenta alcuni eccessi con stime incerte basati su piccoli numeri. Per quanto riguarda l'ospedalizzazione (2010-2019) per tutte le cause naturali si osserva un eccesso nella fascia neonatale ed un difetto nella fascia adolescenziale e giovanile.

## **Discussione**

I risultati riportati nel presente capitolo descrivono per la prima volta il profilo di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres.

Nella popolazione maschile di Porto Torres si osservano eccessi di rischio sia per l'esito della mortalità (tumore della trachea, bronchi e polmone, mesoteliomi, e leucemie) sia per l'esito dell'incidenza oncologica (tumore della trachea, bronchi e polmone, mesoteliomi, e tumore della vescica). Tali patologie sono in linea con l'atteso o in difetto con stime incerte nelle femmine. All'eccesso di rischio per l'incidenza del tumore alla cistifellea nelle femmine corrisponde un

eccesso incerto del rischio negli uomini, mentre all'eccesso di rischio per l'incidenza di tumore al rene, sempre nel genere femminile, corrisponde una stima in linea con l'atteso nei maschi.

Per le leucemie, l'eccesso di rischio di mortalità negli uomini si accompagna a eccessi in entrambi i generi e nella fascia di età pediatrica (4 casi osservati) nell'incidenza oncologica con stime incerte basate su pochi casi.

Per quanto riguarda le patologie respiratorie non tumorali, a fronte di un difetto dell'ospedalizzazione per l'insieme delle malattie respiratorie acute, si osserva un eccesso per asma, basato su stime incerte, in entrambi i generi nella popolazione generale e nella fascia pediatrica.

Se il profilo di salute generale della popolazione residente a Porto Torres è generalmente in linea con l'atteso, il profilo di salute specifico, ossia quello composto da patologie con evidenze *a priori*, presenta degli eccessi di rischio in particolare per le patologie oncologiche. Gli eccessi osservati nei maschi che non trovano corrispettivi eccessi nelle femmine fanno ipotizzare che quanto osservato si possa associare a pregresse esposizioni occupazionali: tumore del polmone, vescica e mesoteliomi sono tutte patologie riscontrate in eccesso per lavoro in petrolchimici o associabili a possibili esposizioni a inquinanti specifici al loro interno (si veda a riguardo il capitolo "Protocollo dello studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres") considerando, inoltre, che in quei contesti l'occupazione è di solito esclusivamente maschile. Per le prime due patologie tumorali citate, il fumo di sigaretta gioca un ruolo non secondario: tuttavia i dati relativi alla mortalità e alla ospedalizzazione rispettivamente per malattie polmonari croniche e malattie polmonari cronico-ostruttive (Allegato 1) non mostrano differenze tra i due generi, potrebbe portare a escludere una maggiore abitudine al fumo nella popolazione maschile.

Peraltro, dall'analisi dei trend temporali della mortalità per cause tumorali (anni dal 1995 al 2018) riportata nel capitolo "Analisi degli andamenti temporali della mortalità a Porto Torres" di questo rapporto, emergono andamenti simili a Porto Torres e nella popolazione di riferimento nel genere femminile, con fluttuazioni nel tempo di eccessi e difetti nella popolazione di Porto Torres, mentre nel genere maschile i tassi di mortalità risultano quasi sempre maggiori a Porto Torres rispetto al riferimento a partire dalla metà degli anni '90. Tale differenza risulta particolarmente evidente nel periodo tra la fine degli anni '90 e il 2008. Si fa presente altresì, che nella seconda metà degli anni 2000 la prevalenza degli impianti produttivi del polo petrolchimico è stata dismessa (Fabri & Pasetto, 2021).

Per quanto riguarda gli eccessi di incidenza oncologica per i tumori alla cistifellea e al rene nelle donne, non ci sono contaminanti fortemente associati a tali patologie, perché anche nel caso di Arsenico e Cadmio, per cui c'è una limitata evidenza di tumorigenicità renale secondo la IARC, sono generalmente associate altre patologie (es. malattie renali, lesioni cutanee, ipertensione, malattie cardiovascolari e osteoporosi), che si manifestano generalmente prima della comparsa del tumore. Per tali patologie, invece, non si osserva un eccesso di rischio.

Per quanto riguarda le leucemie, si osserva nei maschi un eccesso di mortalità presente anche per l'incidenza oncologica seppure con stima incerta. La stima incerta, verosimilmente associabile anche alla relativa rarità delle leucemie, caratterizza anche gli eccessi nell'incidenza oncologica nelle donne e nella fascia di età pediatrica (4 casi osservati). Seppure le stime siano affette da un certo grado di incertezza, la presenza concomitante dell'eccesso nei vari gruppi di popolazione rappresenta un segnale degno di nota. Tra i contaminanti ambientali che potrebbero aver contribuito all'insorgenza della patologia leucemica sono inclusi il benzene e le diossine, identificati tra gli inquinanti prioritari per l'area di Porto Torres. Le diossine però dovrebbero essere associate anche a patologie tiroidee, per le quali non si osservano eccessi nei profili di salute specifici. Un loro ruolo potrebbe quindi essere escluso. Per il benzene la situazione è diversa, dal momento che nell'area del petrolchimico sono stati riportati livelli di contaminazione

di suolo e acque sotterranee anche molto superiori alle Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) negli anni 2005-2007, come riportato nel capitolo del presente rapporto “Analisi della caratterizzazione ambientale del sito di Porto Torres”, e in anni successivi nella Relazione Tecnica sullo “Stato di contaminazione delle aree ricadenti nel SIN di Porto Torres” redatta dall’ARPAS del 2015, in cui è riportata una presenza significativa del benzene anche nella matrice aria. Infatti, la stessa relazione riporta che “Nel 2010, in seguito a una campagna di rilievi sulla qualità dell’aria svolti con mezzo mobile nell’area della darsena del porto industriale di Porto Torres, ARPAS ha evidenziato la presenza di concentrazioni anormali, ben al di sopra dei limiti normativi, per il parametro benzene. La presenza del benzene è stata messa in relazione con un’emergenza di acque dolci all’interno dello specchio acqueo della darsena, proveniente dalle aree retrostanti e già da tempo conosciuta e segnalata. Nello specchio acqueo della darsena, fin dal 2010, sono state riscontrate elevate concentrazioni di idrocarburi aromatici, in particolare di benzene” (ARPAS, 2015). I livelli che sono definiti “anormali” non sono stati riportati quantitativamente ma, come riportato ben al di sopra dei valori normativi per il benzene di  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  su base annuale (DL.vo 155 del 2010). Da notare che la World Health Organization (WHO) ha stimato che, inalando ogni giorno per tutta la vita  $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di benzene, si avrà un rischio pari a 1 caso di malattia tumorale su 1 milione di persone esposte. Il perdurare della criticità del 2010 è testimoniato da quanto indicato nella stessa Relazione Tecnica: “ARPAS ha effettuato campagne di monitoraggio della qualità dell’aria nel sito ripetute fino al marzo 2014 che confermano il perdurare della criticità rilevata nel 2010 per le concentrazioni di benzene nell’aria ambiente del sito” (ARPAS, 2015). Infine, dal rapporto tecnico “Valutazioni sullo stato della qualità dell’aria - anno 2016/2017 Campagna di monitoraggio nel Comune di Porto Torres Criticità del benzene nella darsena del porto industriale”, redatto dall’ARPAS, si evince che mentre in una stazione di campionamento (Ingresso al Molo ASI del porto industriale) i livelli di benzene erano sempre al di sotto dei limiti normativi (da  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2011 a  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2016-2017) con un trend di decrescita, nella stazione di campionamento ‘Piazzale antistante la darsena’ i livelli medi nei periodi di campionamento risultavano  $17,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2011),  $18,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2012),  $20,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2013-2014),  $10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2015),  $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2016-2017). Questi ultimi dati evidenziano un trend in decrescita, ma suggeriscono che nell’area siano stati presenti livelli elevati di benzene (ARPAS, 2017).

Un ulteriore Report sulla qualità dell’aria prodotto dall’ARPAS con dati riguardanti Porto Torres per il periodo 2011-2019, ha evidenziato per le stazioni di monitoraggio denominate CENPT1 e CENSS4 (zona urbana di Porto Torres) una media annuale per il benzene rispettivamente nel range  $0,8-2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $0,8-1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  senza un trend temporale (ARPAS, 2020), a conferma di quanto riportato in un altro report con dati relativi all’annualità 2011, in cui nel periodo di monitoraggio (dal 10/08/2011 al 06/09/2011) i livelli riscontrati erano al di sotto dei limiti di legge e la registrazione di un picco in una giornata non era stato attribuito all’inquinamento del porto civile ma all’inquinamento da sostanze organiche della darsena del porto industriale (ARPAS, 2011).

Considerando che la via di esposizione elettiva per il benzene è quella inalatoria, l’esposizione potrebbe essere stata nel tempo maggiormente associata ad attività tipiche del genere maschile di tipo occupazionale (per attività nel petrolchimico e nella darsena), ma anche per stili di vita.

Per le patologie respiratorie nel loro complesso e in particolare per l’asma, si sono osservati eccessi di ospedalizzazione seppure con stime incerte. A tale proposito è utile ricordare che l’inquinamento dell’aria rappresenta un fattore di rischio rilevante per queste patologie. Nell’area di Porto Torres la presenza di un’importante area industriale quale quella del complesso petrolchimico ha indubbiamente contribuito con le proprie emissioni alla qualità dell’aria osservata nella zona. Premettendo che dal un punto di vista del rispetto dei valori normativi (DL.vo 155/2010) non si sono osservate difformità, l’analisi sulle misure dei livelli di concentrazione per  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{SO}_2$ , misurate dalle stazioni CENSS3 e CENSS4, ha mostrato

nel tempo (2006-2019) andamenti in diminuzione (si vedano al riguardo il capitolo di questo rapporto “Analisi della caratterizzazione ambientale del sito di Porto Torres” e i relativi allegati).

L’analisi dei dati registrati tra il 2006 e il 2010 mostra generalmente concentrazioni superiori a quelle misurate nel periodo successivo (2011-2019), per tutti gli inquinanti considerati. Si ricorda che intorno al 2010 la maggior parte degli impianti del complesso industriale ha cessato le attività. Prendendo in considerazione l’SO<sub>2</sub>, per la stazione CENSS3 le concentrazioni medie annuali del primo periodo sono mediamente di 3 µg/m<sup>3</sup> mentre nel secondo periodo di 1 µg/m<sup>3</sup>.

Per la stazione CENSS4, sottovento con maggior frequenza alle emissioni del petrolchimico, le concentrazioni medie annuali di SO<sub>2</sub> sono di 6 µg/m<sup>3</sup> nel primo periodo, mentre tra il 2011-2019 sono di 0,6 µg/m<sup>3</sup>. Anche per il PM<sub>10</sub>, nel periodo 2006-2010 si misurano concentrazioni medie annuali di 27,6 µg/m<sup>3</sup> e 27 µg/m<sup>3</sup> per CENSS3 e CENSS4 rispettivamente, mentre nel periodo successivo le concentrazioni scendono a 17,7 µg/m<sup>3</sup> e 15 µg/m<sup>3</sup>. Infine, per l’NO<sub>2</sub> la diminuzione delle concentrazioni medie annuali passa per CENSS4 da 11,2 µg/m<sup>3</sup> a 7,6 µg/m<sup>3</sup> e per CENSS3 da 11,6 µg/m<sup>3</sup> a 8,4 µg/m<sup>3</sup>. Si sottolinea, in particolare per l’NO<sub>2</sub> e il PM<sub>10</sub>, che a queste variazioni possono aver contribuito diversi fattori, in quanto questi inquinanti sono legati alle emissioni anche di sorgenti civili, che nel tempo possono aver subito cambiamenti (es. rinnovo del parco veicolare, riscaldamento domestico). La chiusura di diverse attività del petrolchimico ha dato sicuramente un contributo. Per il tracciante di contaminazione industriale SO<sub>2</sub> le differenze tra i due periodi sono più rilevanti suggerendo un contributo più importante del petrolchimico alle concentrazioni di questo inquinante.

I risultati riportati relativi alle cause di morte e di ricovero che tra i fattori eziologici riconoscono anche l’esposizione agli inquinanti prioritari identificati nell’area in studio (ossia ai soli inquinanti prioritari in assenza di evidenze epidemiologiche da metanalisi), non mostrano indicazioni rilevanti.

È utile ricordare che, sulla base dei dati riportati nella prima Parte di questo rapporto, la valutazione dell’esposizione è stata possibile nella maggioranza dei fattori di rischio solo a livello qualitativo, tant’è vero che le uniche indicazioni riportate in relazione alle diverse vie di esposizione per la popolazione generale sono state: “possibile” e “probabile”; invece la nozione del livello e dello scenario di esposizione è assolutamente rilevante per capire la plausibilità della associazione tra patologia e fattore di rischio. Si ricorda infatti che in associazione agli inquinanti prioritari sono riportate le sole indicazioni di pericolo, totalmente indipendenti dalla dose di esposizione.

I casi in eccesso di diabete mellito nei maschi, patologia che viene associata anche all’esposizione elevata ad Arsenico, generalmente occupazionale, per assenza di informazioni individuali, non possono essere attribuiti meccanicamente e interamente a questo inquinante, così come accade anche per gli altri contaminanti, anche in considerazione della multifattorialità di questa patologia. D’altro canto, relativamente ai ricoveri, per il diabete si osserva invece un difetto rispetto all’atteso, con stima incerta nella popolazione femminile. Inoltre, poiché l’esposizione prolungata nel tempo a tale inquinante a dosi più basse di quelle che possono causare il diabete, porta all’insorgenza di lesioni cutanee precancerose e disfunzioni renali, si sarebbe atteso un eccesso concomitante di questo tipo di patologie, che invece non è stato riscontrato. Infatti l’insufficienza renale cronica, sia nella mortalità che nei ricoveri ospedalieri, mostra un difetto con stima incerta nei maschi (mortalità e ospedalizzazione) e rispettivamente un eccesso e un osservato coerente con l’atteso nelle femmine. Anche questi dati sembrerebbero confermare l’assenza di segnali netti di un impatto sulla salute derivante da un’esposizione agli inquinanti selezionati, alcuni dei quali nefrotossici.

Dalla lettura dei dati relativi alla mortalità, ai ricoveri, all’incidenza oncologica si osserva che a un eccesso della mortalità per una determinata patologia non corrisponda sempre un quadro analogo nei ricoveri, o viceversa, oppure che il quadro maschile/femminile sia diverso dall’uno

all'altro esito. Non si tratta di una peculiarità del territorio studiato, ma di difformità spiegabili parzialmente con le diverse caratteristiche di ogni patologia: alcune tendono alla mortalità, altre a frequenti ricoveri, in altri casi patologie non determinano ricoveri perché gestite prevalentemente ambulatorialmente (es. l'asma). Tali differenze si osservano abitualmente anche in altri studi (Zona *et al*, 2019). Anche la diversità di genere può giocare un ruolo, per diversa suscettibilità, o per abitudini voluttuarie, per esempio l'abitudine al fumo, o per attività lavorative. L'introduzione di questo capitolo, e la lettura del capitolo "Selezione degli inquinanti prioritari per l'area di Porto Torres e individuazione delle potenziali vie di esposizione per la popolazione" consentono una migliore comprensione degli aspetti metodologici che chiariscono come l'attribuzione di eccessi, in particolare a esposizioni ipotizzate, identificate da un punto di vista qualitativo ma non misurabili e quantificabili in maniera certa, trovino dei limiti, e impongano nell'interpretazione dei dati una cautela nella valutazione del fattore ambientale come concausa potenziale dell'insorgenza delle patologie selezionate.

Nel capitolo "Rappresentazione cartografica e analisi di cluster della deprivazione in Sardegna e condizioni di deprivazione del Comune di Porto Torres" di questo rapporto sono stati presentati dei dati riguardo la deprivazione socioeconomica relativi al territorio di Porto Torres, dai quali si evince che il Comune di Porto Torres è tra i comuni della Sardegna ad alto livello di deprivazione. Tuttavia, la valutazione indiretta degli effetti della deprivazione di area sulla salute, effettuata tramite l'indicatore di mortalità prematura per patologie croniche, potenzialmente almeno in parte prevenibili, evidenzia per i residenti del Comune di Porto Torres un difetto nel rischio, negli uomini con stima incerta.

Alla luce dei risultati dello studio presentati in questo capitolo, la comunicazione con le Istituzioni territoriali e la comunità di Porto Torres nel suo complesso, prevista dallo studio come descritto nel capitolo "La comunicazione dei risultati dello studio epidemiologico nel Comune di Porto Torres" di questo rapporto dovrà prestare particolare attenzione a esplicitare i seguenti aspetti.

È necessario considerare il livello di incertezza dei risultati associato ai seguenti elementi:

- multifattorialità della maggior parte delle patologie indagate;
- limitazioni di una valutazione solo qualitativa dell'esposizione per studiare la plausibilità dell'associazione tra patologie e fattori di rischio.

Tenuto conto dei punti sopra espressi, lo studio descrittivo del contesto ambientale e del profilo di salute dei residenti a Porto Torres ha evidenziato i seguenti elementi di particolare nota nell'analisi delle relazioni salute-ambiente:

- andamenti temporali delle potenziali esposizioni, quando valutabili, in generale diminuzione, in particolare dopo il primo decennio degli anni 2000;
- profili di salute per grandi gruppi di cause nella popolazione generale di Porto Torres simili a quelli del territorio di riferimento con l'eccezione di alcuni eccessi di rischio nel genere maschile;
- andamenti temporali della mortalità negli uomini per l'insieme delle patologie tumorali con frequenza maggiore a Porto Torres rispetto al territorio di riferimento, in particolare nel periodo tra la fine degli anni '90 e la fine del primo decennio degli anni 2000;
- mortalità (2010-2019) e incidenza oncologica (2006-2015) con eccessi di rischio negli uomini per alcune patologie associabili a potenziali esposizioni pregresse nel contesto di lavoro nel complesso petrolchimico;
- segnale di attenzione per il potenziale rischio di leucemia in associazione con l'esposizione a benzene.

Gli aspetti sopra riportati sono ripresi nel documento divulgativo "Salute e Ambiente a Porto Torres. Risultati dello studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute della popolazione

residente a Porto Torres” di cui è fatto cenno nell’Introduzione di questo rapporto, e corredati di conseguenti proposte di azioni raccomandate.

## Bibliografia

- ARPAS. *Valutazioni dello stato della Qualità dell’Aria Campagna di monitoraggio atmosferico nei porti del nord Sardegna Porto Torres, Olbia- Isola Bianca e Cocciani, Golfo Aranci*. Cagliari: ARPAS; 2011. p. 1-22. Disponibile all’indirizzo: [http://ww2.gazzettaamministrativa.it/opencms/export/sites/default/\\_gazzetta\\_amministrativa/amministrazione\\_trasparente/\\_sardegna/autorita\\_portuale\\_di\\_olbia\\_e\\_golfo\\_aranci/200\\_inf\\_amb/2016/Documenti\\_1454341926071/1464360358176\\_relazione\\_lm\\_porti\\_del\\_nord\\_sardegna.pdf](http://ww2.gazzettaamministrativa.it/opencms/export/sites/default/_gazzetta_amministrativa/amministrazione_trasparente/_sardegna/autorita_portuale_di_olbia_e_golfo_aranci/200_inf_amb/2016/Documenti_1454341926071/1464360358176_relazione_lm_porti_del_nord_sardegna.pdf); ultima consultazione 10/11/2021
- ARPAS. *Relazione Tecnica Stato di contaminazione delle aree ricadenti nel S.I.N. di Porto Torres*. Rapporto tecnico, novembre 2015. Cagliari: ARPAS; 2015.
- ARPAS. *Valutazioni sullo stato della qualità dell’aria - Anno 2016/2017 Campagna di monitoraggio nel Comune di Porto Torres Criticità del benzene nella darsena del porto industriale febbraio 2017*. Cagliari: ARPAS; 2017. Disponibile all’indirizzo: [http://www.sardegnaambiente.it/documenti/21\\_393\\_20170419145521.pdf](http://www.sardegnaambiente.it/documenti/21_393_20170419145521.pdf); ultima consultazione 15/11/2021.
- ARPAS. *Qualità dell’aria in Sardegna Tabelle dei principali dati di qualità dell’aria di Porto Torres Periodo 2011- 2019*. Rapporto tecnico, 2020. Cagliari: ARPAS; 2020.
- Fabri A, Pasetto R. Il ruolo dell’industria petrolchimica nella trasformazione socioeconomica di un territorio: il caso di Porto Torres. *Villaggio Globale* 2021;24(94):67-78. Disponibile all’indirizzo: <https://www.vglobale.it/2021/06/01/lindustria-petrolchimica-e-il-caso-di-porto-torres>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Zona A, Pasetto R, Fazzo L, Iavarone I, Bruno C, Pirastu R, Comba P (a cura di). SENTIERI. Studio epidemiologico nazionale dei territori e insediamenti esposti a rischio da inquinamento. Quinto Rapporto. *Epidemiologia e Prevenzione* 2019;43. Supplemento 1. Disponibile all’indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-studio-epidemiologico-nazionale-dei-territori-e-degli-insediamenti-esposti-a-rischio-da-inquinamento.quinto-rapporto>; ultima consultazione 15/11/2021.

**ALLEGATO 1 al capitolo****Mortalità, incidenza tumorale e ricoveri per le principali cause**

**Mortalità per le principali cause. Numero di casi osservati (OSS), osservati - attesi (OSS-ATT), rapporto standardizzato di mortalità (SMR), intervalli di confidenza al 90% (IC 90%). Riferimento Provincia di Sassari meno Porto Torres (2010-2019). Maschi e femmine**

Cause di morte	ICD-10	Maschi		Femmine	
		OSS	SMR (IC 90%)	OSS	SMR (IC 90%)
Mortalità generale (tutte le cause)	A00-T98	953	102 (97-108)	772	94 (89-100)
Malattie infettive e parassitarie	A00- B99	15	66 (41-102)	14	66 (40-104)
Epatite virale	B15 -B19	3	52 (14-135)	4	67 (23-153)
Tutti i Tumori maligni	C00-C97	338	106 (97-116)	206	92 (82-104)
Tumore maligno dell'esofago	C15	<3		<3	
Tumore maligno dello stomaco	C16	12	107 (62-174)	6	91 (40-180)
Tumore maligno del colon-retto	C18-C20	37	93 (69-122)	29	110 (78-149)
Tumore maligno del fegato e dei dotti biliari intraepatici	C22	23	87 (59-123)	12	114 (66-185)
Tumore maligno del pancreas	C25	19	92 (60-135)	16	79 (50-121)
Tumore maligno della laringe	C32	4	59 (20-135)	<3	
Tumore maligno della trachea, dei bronchi e del polmone	C33-C34	91	123 (103-147)	22	87 (59-124)
Melanoma maligno della cute	C43	3	114 (31-294)	<3	
Mesoteliomi	C45	9	495 (258-863)	<3	
Mesotelioma maligno della pleura	C450	7	738 (346-1386)	<3	
Tumore maligno del tessuto connettivo e di altri tessuti molli	C49	-		-	
Tumore maligno della mammella	C50	<3		44	105 (80-134)
Tumore maligno dell'utero	C53-C55			5	47 (19-99)
Tumore maligno dell'ovaio e degli altri annessi uterini	C56-C57			7	64 (30-120)
Tumore maligno della prostata	C61	27	121 (86-167)		
Tumore maligno del testicolo	C62	<3			
Tumore maligno del rene e di altri e non specificati organi urinari	C64-C66 C68	11	117 (65-193)	<3	
Tumore maligno del rene	C64	9	118 (61-205)	<3	
Tumore maligno della vescica	C67	14	90 (54-140)	<3	
Tumore del sistema nervoso centrale	C70-C72 D32-D33	12	144 (83-233)	4	63 (21-143)
Tumori maligni del tessuto linfoematopoietico e tessuti correlati	C81-C96	31	123 (89-166)	17	81 (52-121)
Malattia di Hodgkin	C81	<3		-	
Linfomi non Hodgkin	C82-C85	6	74 (32-146)	5	70 (28-148)
Mieloma multiplo e tumori immunoproliferativi	C88, C90	3	59 (16-151)	5	88 (35-184)
Leucemie	C91-C95	19	175 (115-257)	7	91 (43-170)
Leucemia linfoide (acuta e cronica)	C91	6	180 (78-355)	3	114 (31-294)
Leucemia mieloide (acuta e cronica)	C92	12	211 (122-342)	3	79 (21-203)
Diabete mellito	E10-E14	33	144 (105-192)	27	118 (83-163)
Demenza e malattia di Alzheimer	F01, F03, G30	33	102 (75-136)	60	87 (69-108)
Malattie del sistema nervoso centrale	G00-G99	47	118 (91-150)	44	68 (52-88)
Malattia dei neuroni motori	G12.2	3	85 (23-219)	<3	

Cause di morte	ICD-10	Maschi		Femmine	
		OSS	SMR (IC 90%)	OSS	SMR (IC 90%)
Morbo di Parkinson e parkinsonismo secondario	G20-G21	14	166 (101-260)	<3	
Sclerosi multipla	G35	<3		3	121 (33-313)
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	G62.9	-		<3	
Malattie del sistema circolatorio	I00-I99	247	94 (85-105)	218	87 (78-97)
Malattia ipertensiva	I10-I15	30	112 (80-152)	31	79 (57-107)
Malattie ischemiche del cuore	I20-I25	76	83 (68-100)	46	74 (57-94)
Infarto miocardico acuto	I21-I22	41	84 (64-109)	24	83 (57-116)
Malattie cerebrovascolari	I60-I69	58	95 (75-118)	56	83 (66-104)
Malattie apparato respiratorio	J00-J99	77	124 (102-150)	45	88 (67-113)
Malattie respiratorie acute	J00-J06, J10-J18 J20-J22	21	132 (88-190)	13	85 (50-135)
Malattie polmonari croniche	J41-J44 J47	34	114 (84-152)	25	115 (80-160)
Asma	J45-J46	-		<3	
Pneumoconiosi	J60-J64	<3		-	
Asbestosi	J61	<3		-	
Malattie dell'apparato digerente	K00-K93	35	82 (61-109)	34	115 (85-154)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	K70 K73-K74	13	68 (40-108)	5	78 (31-165)
Malattie dell'apparato urinario	N00-N39	9	74 (38-128)	14	94 (57-146)
Malattie glomerulari e tubulo-interstiziali, insufficienze renali	N00-N06 N10-12 N14-15 N17-19	9	82 (43-143)	13	102 (60-163)
Insufficienza renale cronica	N18	5	71 (28-149)	10	162 (88-275)
Sintomi, segni e stati morbosi mal definiti	R00-R99	38	145 (109-190)	59	143 (114-177)
Traumatismi e avvelenamenti	V01-Y89	61	109 (87-135)	40	136 (103-178)
Avvelenamento accidentale da ed esposizione a sostanze nocive	X40-X49	4	99 (34-227)	<3	

**Incidenza per cause oncologiche. Numero di casi osservati (OSS), rapporto standardizzato di incidenza (SIR), intervalli di confidenza al 90% (IC90%). Riferimento Provincia di Sassari senza Porto Torres (2006-2015). Maschi e femmine**

Cause oncologiche	ICD-10	Maschi		Femmine	
		OSS	SIR (IC 90%)	OSS	SIR (IC 90%)
Tutti i tumori maligni, escluso cute	C00-C43 C45-C97	574	102 (95-109)	469	96 (89-104)
Esofago	C15	5	56 (22-117)	-	-
Stomaco	C16	17	96 (61-144)	12	108 (62-174)
Colon-retto	C18-C21	65	77 (62-94)	68	113 (91-138)
Fegato e dotti biliari intraepatici	C22	29	89 (64-122)	7	58 (27-110)
Colecisti e vie biliari	C23-C24	11	137 (77-227)	15	213 (131-328)
Pancreas	C25	25	114 (79-159)	13	66 (39-105)
Laringe	C32	15	102 (63-156)	<3	<3
Trachea, bronchi e polmone	C33-C34	111	122 (104-143)	29	96 (68-130)
Osso	C40-C41	-	-	-	-
Melanoma della pelle	C43	6	56 (24-110)	16	154 (97-234)
Mesoteliomi totali	C45	7	285 (134-536)	<3	<3
Nervi periferici e sistema nervoso autonomo	C47	-	-	-	-
Tessuto connettivo e altri tessuti molli	C49	4	112 (38-257)	3	140 (38-362)
Mammella	C50	<3	<3	161	96 (84-110)
Utero	C53-C55	-	-	32	91 (67-123)
Cervice uterina	C53	-	-	8	117 (58-211)
Corpo dell'utero	C54	-	-	22	83 (56-119)
Ovaio	C56	-	-	13	94 (56-149)
Prostata	C61	96	97 (81-115)	-	-
Testicolo	C62	9	90 (47-157)	-	-
Rene, uretere, apparato urinario	C64-C66, C68	26	116 (81-161)	16	205 (129-312)
Rene	C64-C65	22	108 (73-154)	16	218 (137-331)
Vescica	C67, D09.0 D30.3, D41.4	86	139 (115-166)	14	92 (55-143)
Sistema nervoso centrale	C70-C72	10	102 (55-173)	4	52 (18-119)
Tiroide	C73	11	95 (53-158)	24	68 (47-96)
Tessuto linfatico, ematopoietico e tessuti correlati	C81-C96	47	90 (69-114)	36	88 (65-116)
Linfoma di Hodgkin	C81	3	54 (15-139)	<3	<3
Linfoma non-Hodgkin	C82-C85, C96	19	84 (55-123)	18	98 (64-146)
Mieloma multiplo	C88, C90	5	68 (27-144)	4	45 (15-103)
Leucemie	C91-C95	21	126 (84-181)	13	116 (68-184)
Leucemia linfoide	C91.0-C91.1	7	104 (49-195)	9	193 (101-337)
Leucemia linfoblastica acuta	C91.0	3	153 (42-395)	4	267 (91-610)
Leucemia linfocitica cronica delle cellule di tipo B	C91.1	4	84 (29-191)	5	159 (62-333)
Leucemia mieloide	C92.0-C92.1	7	105 (49-197)	<3	<3
Leucemia mieloblastica acuta	C92.0	6	117 (51-231)	<3	<3
Leucemia mieloblastica cronica	C92.1	<3	<3	-	-

**Ricoverati per le principali cause. Numero di casi osservati (OSS), rapporto standardizzato di ospedalizzazione (SHR), intervalli di confidenza al 90% (IC90%). Riferimento Provincia di Sassari senza Porto Torres (2010-2019). Maschi e femmine**

Cause di ricovero	ICD-9-CM	Maschi		Femmine	
		OSS	SHR (IC 90%)	OSS	SHR (IC 90%)
Tutte le cause naturali (escluse complicazioni della gravidanza, del parto e del puerperio)	001-629, 677-799	5264	96 (94-99)	5340	97 (94-99)
Malattie infettive e parassitarie	001-139	205	80 (71-90)	197	99 (88-111)
Epatite virale	70	46	85 (66-109)	45	95 (73-121)
Tutti i tumori maligni	140-208	715	104 (98-111)	566	94 (87-100)
Tumori maligni dell'esofago	150	4	47 (16-107)	<3	
Tumori maligni dello stomaco	151	15	84 (52-130)	6	54 (24-108)
Tumore maligno del colon-retto	153, 154.0-154.1	89	93 (77-111)	75	109 (89-133)
Tumore maligno del fegato e dei dotti biliari intraepatici	155	35	93 (69-123)	10	73 (40-124)
Tumori maligni del pancreas	157	30	117 (84-159)	20	80 (53-116)
Tumori maligni della laringe	161	16	84 (53-128)	4	347 (118-793)
Tumori maligni della trachea, dei bronchi e del polmone	162	91	110 (92-131)	27	86 (61-119)
Tumori maligni della pleura	163	11	304 (170-502)	4	304 (104-696)
Tumori maligni delle ossa e delle cartilagini articolari	170	<3		4	142 (48-324)
Tumori maligni del connettivo e di altri tessuti molli	171	8	147 (73-265)	3	64 (18-167)
Melanoma maligno della cute	172	8	85 (42-154)	6	75 (33-148)
Tumori maligni della mammella (D)	175 (U); 174 (D)	3	157 (43-406)	204	101 (90-113)
Tumori maligni dell'utero	179-180, 182			27	75 (53-103)
Tumori maligni dell'ovaio e degli altri annessi uterini	183			13	73 (43-116)
Tumori maligni della prostata	185	97	103 (87-122)		
Tumori maligni del testicolo	186	7	62 (29-116)		
Tumori maligni della vescica	188	105	120 (101-141)	22	98 (67-141)
Tumori maligni del rene e di altri e non specificati organi urinari	189	38	129 (97-170)	15	129 (79-198)
Tumori dell'encefalo e di altre non specificate parti del sistema nervoso	191-192,225	19	95 (62-140)	16	66 (41-100)
Tumori maligni della ghiandola tiroidea	193	12	113 (65-183)	24	74 (51-105)
Tumori maligni del tessuto linfatico ed emopoietico	200-208	60	97 (77-120)	48	97 (75-123)
Linfomi non Hodgkin	200, 202	28	93 (66-127)	22	86 (59-123)
Malattia di Hodgkin	201	6	95 (41-187)	5	93 (37-196)
Mieloma multiplo	203	11	105 (59-174)	8	78 (39-140)
Leucemie	204-208	25	126 (88-177)	16	130 (81-197)
Leucemia linfoide	204	10	123 (67-208)	8	159 (79-287)
Leucemia mieloide	205	15	135 (83-208)	8	108 (54-195)
Diabete mellito	250	39	77 (58-100)	37	87 (65-115)
Demenze e malattia di Alzheimer	290, 331.0	15	73 (45-112)	27	78 (55-108)
Malattie del sistema nervoso centrale	330-349	172	93 (82-106)	194	90 (80-102)
Morbo di Parkinson	332	11	124 (70-206)	5	65 (26-137)
Malattia del motoneurone	335.2	5	94 (37-197)	4	111 (38-253)
Neuropatie tossiche e infiammatorie non specificate	357.9	<3		<3	

Cause di ricovero	ICD-9-CM	Maschi		Femmine	
		OSS	SHR (IC 90%)	OSS	SHR (IC 90%)
Sclerosi multipla	340	12	61 (35-98)	33	72 (52-96)
Malattie del sistema circolatorio	390-459	1071	93 (88-98)	771	90 (84-95)
Malattie cardiache	390-429	655	93 (87-100)	441	87 (81-95)
Malattie ischemiche del cuore	410-414	319	106 (96-116)	122	82 (70-95)
Malattie ischemiche acute	410-411	248	111 (100-124)	98	88 (74-104)
Malattie cerebrovascolari	430-438	247	87 (78-97)	234	91 (81-101)
Malattie dell'apparato respiratorio	460-519	973	98 (92-103)	786	97 (92-103)
Infezioni acute delle vie respiratorie, polmonite e influenza	460-466, 480- 487	376	89 (82-97)	320	92 (84-101)
Malattie polmonari cronico - ostruttive	490-492, 494, 496	55	83 (66-104)	43	77 (59-100)
Asma	493	19	116 (76-170)	18	111 (72-165)
Pneumoconiosi	500-505	<3	-	-	-
Asbestosi	501	-	-	-	-
Malattie dell'apparato digerente	520-579	1279	100 (96-105)	889	98 (92-103)
Cirrosi e altre malattie croniche del fegato	571	48	83 (64-106)	18	69 (45-103)
Malattie dell'apparato urinario	580-599	338	97 (89-106)	265	97 (87-107)
Nefrite, sindrome nefrosica, nefrosi, comprese le insufficienze renali	580-586	154	110 (96-126)	114	109 (93-127)
Insufficienza renale cronica	585	50	81 (63-102)	41	100 (76-130)

**PARTE TERZA**  
**Strategie di comunicazione e prodotti**



# PIANO DI COMUNICAZIONE PER LO STUDIO EPIDEMIOLOGICO NEL COMUNE DI PORTO TORRES

Daniela Marsili (a), Daniele Murino (b), Liliana Recino (c), Maria Stefania Podda (d),  
Antonia Seddaiu (e)

(a) *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

(b) *Ufficio Stampa, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna – Area Socio Sanitaria Locale di Sassari, Sassari*

(c) *Struttura Complessa Comunicazione Pubblica Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Sassari*

(d) *Servizio Comunicazione istituzionale, Regione Autonoma della Sardegna, Cagliari*

(e) *Dipartimento Prevenzione Zona Nord, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Sassari*

## Introduzione

In un ambito di sanità pubblica, la comunicazione dei contenuti e dei risultati degli studi epidemiologici ai decisori politici, alle autorità sanitarie responsabili degli interventi nei territori e alla popolazione permettono di tradurre le conoscenze scientifiche e le evidenze in azioni di prevenzione e di mitigazione dei rischi per la salute e l'ambiente.

La comunicazione alla cittadinanza assume particolare importanza quando si opera in territori ad alto rischio ambientale (*Health Investigations Communications Work Group*, 2004). D'altro canto il diritto di informazione e di partecipazione ai processi decisionali da parte delle popolazioni residenti in prossimità dei siti contaminati, ossia le aree con documentata contaminazione ambientale a cui è associabile un potenziale un rischio per la salute, è stato riconosciuto dai 53 Stati Membri della Regione Europea dell'Organizzazione Mondiale della Sanità nell'ambito della VI Conferenza di Ministri di Ambiente e Salute che ha avuto luogo a Ostrava (Repubblica Ceca) nel 2017 (WHO, 2017).

Con la finalità di strutturare la comunicazione dello studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute dei residenti nel Comune di Porto Torres, località compresa nel Sito di Interesse Nazionale per le bonifiche "Aree industriali di Porto Torres", e per restituire alla comunità di Porto Torres un'informazione completa, è stato predisposto il piano di comunicazione che rappresenta il documento guida elaborato dal Gruppo di lavoro Comunicazione del Progetto. Il piano di comunicazione illustrato in questo capitolo è parte integrante delle attività relative allo studio epidemiologico su Porto Torres.

Il presente piano di comunicazione si basa sull'approccio metodologico sviluppato nell'ambito del programma nazionale di sorveglianza epidemiologica SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento) (WHO, 2013; Marsili *et al.*, 2017; Marsili *et al.*, 2019), coordinato dall'Istituto Superiore di Sanità, che ne ha proposto l'adozione a livello locale, nei territori interessati dai siti contaminati (Marsili *et al.*, 2019; Iavarone & Martuzzi, 2019). Il presente piano di comunicazione è stato costruito adottando il suddetto approccio metodologico e contestualizzandone i contenuti in relazione alle specificità del territorio del Comune di Porto Torres. Ciò è stato possibile attraverso l'apporto indispensabile di conoscenze e competenze presenti a livello locale.

Il piano di comunicazione individua gli obiettivi e le *target audience* della comunicazione relativa allo studio epidemiologico; descrive i contenuti e i canali di comunicazione da utilizzare; individua i prodotti di comunicazione (illustrati in dettaglio nel capitolo "Prodotti e canali della comunicazione per lo studio epidemiologico nel Comune di Porto Torres"); esso include inoltre

la programmazione dell'implementazione del piano attraverso le attività di comunicazione relative alle diverse fasi dello studio epidemiologico.

L'implementazione del piano di comunicazione consente di portare all'attenzione degli attori istituzionali, coinvolti e potenzialmente interessati, degli attori sociali e della comunità residente a Porto Torres i contenuti dello studio epidemiologico e i suoi risultati. Il piano di comunicazione è implementato in due principali fasi interconnesse che determinano il crono-programma delle attività di comunicazione da realizzare a livello locale.

Nella prima fase la comunicazione è implementata con attività che si focalizzano sullo studio del contesto sociale, tanto sull'informazione dello studio epidemiologico e dei suoi contenuti quanto sul dialogo e il confronto con gli attori istituzionali locali.

Nella seconda fase la comunicazione è dedicata all'elaborazione di specifici documenti che si focalizzano sui risultati dello studio sia alla conseguente comunicazione con gli attori istituzionali e sociali locali e la cittadinanza.

Questo capitolo è dedicato a illustrare il piano di comunicazione dello studio epidemiologico su Porto Torres e viene proposto con l'intento di fornire una guida alle professionalità coinvolte nella costruzione e nell'implementazione di piani di comunicazione in altre aree interessate da siti contaminati nella regione Sardegna e nelle altre regioni d'Italia.

## Obiettivi del piano di comunicazione

Nella costruzione di un piano di comunicazione il primo *step* è costituito dall'individuazione degli obiettivi.

Di seguito sono riportati gli obiettivi relativi alla comunicazione dello studio epidemiologico su Porto Torres:

1. Il principale obiettivo è quello di trasferire e condividere con l'intera comunità di Porto Torres le conoscenze acquisite con lo studio epidemiologico, basate sulle evidenze scientifiche, relative al profilo di salute della popolazione residente. Il trasferimento e la condivisione delle informazioni con la Comunità avvengono attraverso l'implementazione del piano di comunicazione con attività programmate per le diverse fasi dello studio e con l'uso di linguaggi appropriati ai diversi interlocutori territoriali e al diverso livello di *literacy*;
2. Il secondo obiettivo è quello di disseminare i risultati dello studio a livello regionale, vista la rilevanza della problematica che supera i confini territoriali di Porto Torres e che investe la Sardegna nel suo complesso;
3. Strettamente collegato e conseguente, il terzo obiettivo mira a rafforzare una rete intersettoriale di relazioni tra soggetti istituzionali coinvolti e soggetti sociali territoriali interessati agli argomenti trattati dallo studio epidemiologico e, più in generale, al tema della salute e dell'ambiente a Porto Torres.

## Target della comunicazione: attori istituzionali e attori sociali territoriali

Dopo aver definito gli obiettivi, il secondo *step* per la costruzione di un piano di comunicazione prevede l'individuazione degli attori istituzionali e sociali territoriali dell'area comunale interessata (uno o più comuni) in considerazione dei rispettivi ruoli e responsabilità degli attori rispetto agli argomenti oggetto della comunicazione.

Di seguito sono enunciati gli attori istituzionali e gli attori sociali territoriali dell'area comunale di Porto Torres che sono stati individuati come interlocutori per lo studio epidemiologico.

## **Attori istituzionali**

### **Amministrazione comunale di Porto Torres**

L'Amministrazione comunale di Porto Torres è stata identificata come primo attore istituzionale al quale comunicare l'avvio dello studio epidemiologico, le finalità, i contenuti e, conseguentemente, i risultati dello studio. L'Amministrazione comunale viene coinvolta anche nell'organizzazione di eventi dedicati alla comunicazione dei risultati dello studio.

### **Rappresentanti delle Istituzioni locali**

Sono state individuate le autorità territoriali con competenze trasversali sulle maggiori tematiche, giuridiche e ambientali, legate al sito industriale di Porto Torres nella prospettiva di un loro potenziale interesse e coinvolgimento per gli argomenti trattati dallo studio e i suoi risultati.

- Commissario Direttore del Parco Nazionale dell'Asinara;
- Comandante Capitaneria di Porto di Porto Torres;
- Prefetto di Sassari;
- Presidente del Tribunale di Sassari;
- Amministratore Straordinario della Provincia Sassari;
- Azienda Ospedaliero Universitaria Sassari

### **Servizi socio sanitari presenti nel Comune di Porto Torres**

Il territorio di Porto Torres fa parte dell'Area Socio-Sanitaria Locale di Sassari (ATS Sardegna – ASSL Sassari) ed è caratterizzato dalla presenza di molteplici servizi preposti alla tutela della salute del cittadino. Sono stati quindi individuati i seguenti servizi.

Il poliambulatorio specialistico Andriolu, situato in località Andriolu, rappresenta il centro di riferimento della popolazione residente grazie alla sua offerta ambulatoriale multidisciplinare. I servizi assistenziali, distrettuali e amministrativi offerti nel Poliambulatorio specialistico Andriolu sono: Pneumologia; Ecografia; Odontoiatria; Chirurgia; Urologia; Neurologia; Oculistica; Ginecologia; Dermatologia; Diabetologia; Punto Prelievi; Servizio Tao; Cassa ticket; Cup; Sportello polifunzionale di distretto.

Nel territorio di Porto Torres sono presenti anche i servizi di medicina generale, di pediatria di libera scelta e di guardia medica. Di seguito sono stati individuati i centri di riferimento.

- Dipartimento di Prevenzione Zona Nord;
- Ambulatorio di Igiene;
- Ufficio Servizio Veterinario Sanità Animale;
- Consultorio Familiare;
- Assistenza Domiciliare;
- Centro Salute Mentale;
- Guardia Medica;
- Servizio 118;

- Medici di Medicina Generale;
- Pediatria di Libera scelta;
- Servizio Dipendenze;
- Servizio Igiene degli Alimenti e della Nutrizione;
- Spresal – Sicurezza sul lavoro.

## **Enti regionali**

I due enti territoriali regionali che per loro caratteristiche e funzioni sono interessati dagli argomenti trattati dallo studio epidemiologico, l’Agenzia regionale protezione ambiente Sardegna e l’Istituto zooprofilattico sperimentale della Sardegna, collaborano allo svolgimento dello studio epidemiologico per le attività di competenza.

### **Agenzia regionale di protezione ambientale della Sardegna**

L’Agenzia regionale di protezione ambientale della Sardegna è l’Agenzia regionale che opera per la promozione dello sviluppo sostenibile e per la tutela e miglioramento della qualità degli ecosistemi naturali e antropizzati. L’Agenzia è l’organo tecnico che supporta le autorità competenti in materia di programmazione, autorizzazione e sanzioni in campo ambientale, a tutti i livelli di governo del territorio: la competenza tecnico-scientifica è la sua componente distintiva e qualificante.

### **Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna “G. Pegreffi”**

L’Istituto zooprofilattico sperimentale della Sardegna svolge attività di ricerca scientifica sperimentale veterinaria, di accertamento dello stato sanitario degli animali e di salubrità dei prodotti di origine animale. La Regione definisce nella programmazione sanitaria gli obiettivi generali, le priorità e l’indirizzo per l’attività dell’Istituto Zooprofilattico Sperimentale, prevedendo inoltre le modalità di raccordo con i Dipartimenti di prevenzione delle ASL, con l’Agenzia regionale della sanità, con l’Agenzia regionale di protezione ambientale della Sardegna nonché con le Istituzioni o aziende di sviluppo e di ricerca sperimentali zootecniche presenti sul territorio regionale.

## **Enti gestionali territoriali**

Sono stati individuati i seguenti enti gestionali territoriali perché potenzialmente interessati e coinvolti dagli argomenti oggetto dello studio epidemiologico.

### **Autorità di sistema portuale del mare di Sardegna**

L’Autorità di sistema portuale del mare di Sardegna ha un ruolo strategico di indirizzo, programmazione e coordinamento dei porti di competenza.

In Sardegna amministra otto porti: Cagliari, Olbia, Golfo Aranci, Porto Torres, Oristano, Santa Teresa, Portovesme e Arbatax.

## **Consorzio industriale provinciale di Sassari**

Il Consorzio industriale provinciale di Sassari è un ente pubblico economico ed è un consorzio di enti locali. È composto dalla Provincia di Sassari e dai Comuni di Sassari, Alghero e Porto Torres. La Camera di Commercio di Sassari è presente con un proprio rappresentante in seno all'Assemblea Generale e al Consiglio di Amministrazione del Consorzio.

Scopo del Consorzio è quello di gestire i siti industriali di Porto Torres, Sassari-Truncu Reale e Alghero-San Marco e di favorire la valorizzazione delle imprese industriali e lo sviluppo economico del territorio provinciale. Il Consorzio promuove le condizioni necessarie per la creazione e lo sviluppo di attività produttive nei settori dell'industria e dei servizi oltre a tutte le altre funzioni previste dalla legge finalizzate a favorire lo sviluppo e la valorizzazione delle imprese industriali.

## **Camera di commercio di Sassari**

Le Camere di commercio sono enti pubblici dotati di autonomia funzionale e svolgono, nell'ambito della circoscrizione territoriale di competenza, sulla base del principio di sussidiarietà di cui all'articolo 118 della Costituzione, funzioni di interesse generale per il sistema delle imprese, curandone lo sviluppo nell'ambito delle economie locali.

## **Sistema scolastico presente nel Comune di Porto Torres**

Il sistema scolastico del Comune di Porto Torres è articolato su diversi livelli e caratterizzato dalla presenza di molteplici Istituzioni, dalle scuole dell'infanzia fino alle scuole secondarie di secondo grado.

Per le attività di comunicazione relative ai risultati dello studio epidemiologico e ai temi correlati di ambiente e salute, sono stati individuati come interlocutori principali le scuole secondarie di primo e secondo grado (scuole medie, licei e istituti professionali).

Iniziative didattiche e formative dedicate a tali argomenti possono essere concordate con la dirigenza degli Istituti scolastici e con il corpo insegnante e finalizzate al coinvolgimento degli studenti.

### **Scuola secondaria di primo grado**

- Istituto Comprensivo n. 1 - Plesso Brunelleschi;
- Istituto Comprensivo n. 2 - Plesso Monte Angellu.

### **Scuola secondaria di secondo grado**

- Liceo Scientifico, Linguistico e Sportivo “Europa Unita”;
- Istituto Professionale IPIA;
- Istituto Nautico “M. Paglietti”.

## **Attori sociali territoriali**

### **Media regionali e locali**

I media regionali ricoprono un ruolo importante nella diffusione dell'informazione alla popolazione residente nel Comune di Porto Torres. Tra questi sono stati individuati i due storici quotidiani sardi e le emittenti televisive regionali. Sul territorio operano inoltre media locali, soprattutto quotidiani on-line e radio, che offrono spunti e approfondimenti su argomenti inerenti al territorio. Il tema della contaminazione ambientale nell'area comunale di Porto Torres e degli effetti sulla salute della popolazione residente è stato oggetto di servizi, contributi e inchieste da parte dei media regionali e locali.

Di seguito un elenco dei media regionali e locali del territorio di riferimento.

### **Quotidiani regionali**

- La Nuova Sardegna; L'Unione Sarda.

### **Agenzie di stampa**

- Ansa Sardegna; Agi Sardegna.

### **Telegiornali regionali**

- Tgr Sardegna; Videolina; Sardegna 1.

### **Telegiornali locali**

- Canale 12; Catalan Tv; Telegi.

### **Quotidiani online**

- La Nuova Sardegna, [www.lanuovasardegna.it](http://www.lanuovasardegna.it); L'Unione Sarda, [www.unionesarda.it](http://www.unionesarda.it); Sardinia Post, [www.sardiniapost.it](http://www.sardiniapost.it); Sassari Oggi, [www.sassarioggi.it](http://www.sassarioggi.it); Sassari Notizie, [www.sassarinotizie.com](http://www.sassarinotizie.com); Alguer.it, [www.alguer.it](http://www.alguer.it); Buongiorno Alghero, [www.buongiornoalghero.it](http://www.buongiornoalghero.it); Alghero Eco, [www.algheroeco.com](http://www.algheroeco.com); Alghero Live, [www.algherolive.it](http://www.algherolive.it); CagliariPad, [www.cagliaripad.it](http://www.cagliaripad.it); LogudoroLive, [www.logudorolive.it](http://www.logudorolive.it).

### **Giornali radio regionali**

- Tgr giornale radio della Sardegna;
- Radiolina.

## Associazioni, organizzazioni e comitati cittadini

Nel Comune di Porto Torres sono presenti numerose associazioni, organizzazioni sociali e comitati cittadini impegnati sui temi dell'ambiente e della salute. Di seguito è presentato un elenco di alcune delle associazioni, organizzazioni e comitati che, per loro natura e vocazione, potrebbero mostrare maggiore interesse verso gli argomenti e i risultati dello studio epidemiologico:

- Anteas Porto Torres;
- Associazione Anpana Porto Torres;
- Associazione di volontariato Mirade;
- Associazione operatori del Parco dell'Asinara;
- Associazione “Tuteliamo il Golfo dell'Asinara”
- Caritas Porto Torres;
- Corpo Italiano di Soccorso Ordine di Malta (CISOM);
- Consulta del volontariato Porto Torres, Sardegna Solidale;
- Fondo Ambiente Italia, Direzione Regionale FAI Sardegna;
- Legambiente Sardegna;
- Scout Porto Torres;
- Vincenziane;
- WWF (World Wildlife Fund) Sardegna.

## Organizzazioni sindacali

La storia del sito industriale di Porto Torres è stata caratterizzata da una forte presenza e impegno delle maggiori organizzazioni sindacali regionali e nazionali. Negli ultimi decenni, e in particolare dall'inizio della crisi industriale, l'azione delle organizzazioni sindacali è stata rivolta alla tutela dei diritti dei lavoratori attraverso numerose manifestazioni e partecipazioni ai tavoli di concertazione. A loro è stato chiesto di esprimere pareri e valutazioni sul contesto lavorativo e sull'impatto ambientale del complesso industriale. Ancora oggi i sindacati sono impegnati su diverse questioni attinenti al sito industriale di Porto Torres.

Di seguito le maggiori sigle sindacali impegnate nel sito industriale di Porto Torres:

- Confederazione Generale Italiana del Lavoro (CGIL) Sardegna;
- Confederazione Italiana Sindacati Lavoratori (CISL) Sardegna;
- Unione Italiana del Lavoro (UIL) Sardegna.

## Contenuti e strumenti della comunicazione

Il terzo *step* nella costruzione di un piano di comunicazione è quello dell'individuazione degli strumenti di comunicazione e dei canali che favoriscono la diffusione e la condivisione delle informazioni.

L'individuazione degli strumenti di comunicazione comporta la scelta di linguaggi adeguati alle diverse *target audience* e il loro utilizzo nei diversi prodotti di comunicazione, nell'ottica della fruibilità e dell'appropriatezza dei diversi livelli di *literacy* degli interlocutori.

Di seguito sono presentati gli strumenti di comunicazione e i canali individuati per la comunicazione sullo studio epidemiologico a Porto Torres.

## **Prodotti della comunicazione**

### **Logo del Progetto e cornice grafica per i prodotti dello studio epidemiologico**

Al fine di rendere facilmente identificabile il Progetto è stato ideato e sviluppato graficamente il logo del Progetto.

Attraverso il logo e la cornice grafica che caratterizza i documenti testuali di comunicazione prodotti per lo studio epidemiologico, il layout del Progetto rende immediatamente visibile tutte le Istituzioni che collaborano allo studio epidemiologico.

### **Locandina**

La locandina informativa a carattere divulgativo è stata realizzata con la finalità di rendere fruibile e comprensibile l'informazione sull'avvio del Progetto e dello studio epidemiologico alla comunità di Porto Torres.

La locandina contiene i messaggi comunicativi chiave: il linguaggio di questo strumento consente di utilizzare un lessico più semplice rispetto a uno tecnico-scientifico, e di raggiungere una *target audience* più ampia.

### **Glossario dello studio epidemiologico “Le parole dello studio”**

Il glossario dello studio epidemiologico “Le parole dello studio” è uno strumento di comunicazione ideato per rendere accessibili i contenuti dello studio e la comprensione dei termini tecnico-scientifici utilizzati dallo studio epidemiologico a tutti gli utenti interessati.

Per i termini selezionati e presenti nel glossario viene fornita una definizione attraverso la quale viene esplicitato il loro significato utilizzando un lessico più semplice rispetto a quello utilizzato in un glossario prettamente scientifico.

### **Mappa concettuale dello studio**

La mappa concettuale è uno strumento di comunicazione idoneo a rappresentare graficamente i contenuti dello studio epidemiologico attraverso la strutturazione grafica della rete interconnessa e correlata dei termini che sono stati selezionati per la composizione del glossario “Le parole dello studio”.

Questo strumento di comunicazione interattivo consente agli interlocutori di consultare e interrogare la mappa dello studio e di conoscere il significato e le relazioni esistenti tra i termini utilizzati dallo studio epidemiologico. Per agevolare la consultazione della mappa dello studio epidemiologico viene redatto un documento contenente le indicazioni utili per una corretta visualizzazione e comprensione della mappa concettuale.

### **Rassegna stampa**

Le attività di comunicazione hanno previsto e realizzato anche una rassegna stampa con finalità di comunicazione interna del Progetto. La rassegna stampa è composta da alcuni dei

principali articoli pubblicati dai media che hanno trattato temi collegati al sito industriale di Porto Torres, nel periodo di tempo compreso tra il 2007 e il 2021.

## **Prodotti per la comunicazione dei risultati dello studio epidemiologico**

La realizzazione di prodotti che illustrano i risultati dello studio epidemiologico è stata prevista come attività preparatoria per la comunicazione alle diverse *target audience* territoriali. Anche per questi prodotti è previsto l'utilizzo di linguaggi diversi adeguati ai differenti interlocutori al fine di assicurare la comprensione e la condivisione delle conoscenze acquisite con lo studio epidemiologico. I documenti dedicati alla comunicazione dei risultati dello studio epidemiologico sono in linea con l'approccio di comunicazione adottato dal Progetto, cioè rendere effettivo l'accesso alle informazioni e la condivisione dei contenuti con la cittadinanza di Porto Torres.

## **Canali della comunicazione**

La pubblicazione online dei documenti di comunicazione del Progetto e dello studio epidemiologico è stata considerata di grande importanza per rendere facilmente accessibili le informazioni alla cittadinanza. Sono stati considerati canali prioritari per la diffusione delle informazioni i siti web istituzionali regionali e locali:

- Regione Autonoma della Sardegna, [www.regione.sardegna.it](http://www.regione.sardegna.it);
- Sardegna Salute, [www.sardegناسalute.it](http://www.sardegناسalute.it);
- ATS Sardegna, [www.atssardegna.it](http://www.atssardegna.it);
- ASSL Sassari, [www.aslsassari.it](http://www.aslsassari.it).

La Sezione dedicata al Progetto e allo studio epidemiologico all'interno dei siti web Istituzioni è intitolata "Salute e Ambiente a Porto Torres".

## **Implementazione del piano di comunicazione**

La pianificazione dell'implementazione del piano di comunicazione viene realizzata con la finalità di rendere chiara la programmazione e la realizzazione temporale delle attività.

L'implementazione del piano di comunicazione dello studio epidemiologico è stata strutturata suddividendo le attività di comunicazione in due fasi distinte.

La prima fase prevede:

- Pianificazione e realizzazione delle attività in presenza e/o telematiche, quali gli incontri con gli attori istituzionali per informarli sull'avvio delle attività relative al Progetto e allo studio epidemiologico.
- Elaborazione dei prodotti della comunicazione. I prodotti consistono in documenti a carattere informativo sul Progetto e sui contenuti dello studio epidemiologico. A questi si aggiungono documenti testuali e interattivi atti a illustrare e spiegare i termini tecnico-scientifici utilizzati nello studio epidemiologico. La fruibilità dei diversi prodotti è assicurata dall'utilizzo di linguaggi differenti e adeguati per i diversi interlocutori.
- Individuazione e pubblicazione sui siti web istituzionali di riferimento dei prodotti della comunicazione.

La seconda fase prevede:

- Realizzazione delle attività in presenza e/o telematiche, quali gli incontri con gli attori istituzionali, con gli attori sociali territoriali e con la cittadinanza finalizzate alla comunicazione sui risultati dello studio epidemiologico.

- Elaborazione dei prodotti della comunicazione. I prodotti consistono in due documenti che illustrano i risultati dello studio epidemiologico: il primo è un rapporto a carattere tecnico-scientifico rivolto principalmente a professionalità multidisciplinari che operano sulle tematiche affrontate dallo studio; il secondo prodotto è un documento a carattere divulgativo rivolto a una platea più ampia e in particolare alla cittadinanza di Porto Torres. Anche per quanto riguarda i risultati dello studio epidemiologico, la fruibilità dei due prodotti è assicurata dall'utilizzo di linguaggi differenti e adeguati per i diversi interlocutori.
- Pubblicazione dei prodotti finali dello studio epidemiologico sui siti web istituzionali di riferimento.
- Avvio di un confronto con il sistema scolastico territoriale (Direzioni e insegnanti delle scuole secondarie di primo e secondo grado del Comune di Porto Torres) per l'organizzazione di attività (un percorso informativo e didattico) che prevedano il coinvolgimento degli studenti sul tema della relazione ambiente e salute con particolare riferimento ai risultati dello studio epidemiologico su Porto Torres.

L'implementazione del piano di comunicazione prevede anche la valutazione delle attività realizzate e delle criticità riscontrate sia nella prima che nella seconda fase. La valutazione è un'attività importante e trasversale alle attività attraverso la quale possono essere corrette o adeguate le attività di comunicazione previste nel contesto locale di riferimento.

## Bibliografia

- Health Investigations Communications Work Group. Communicating results to community residents: Lessons from recent ATSDR health investigations. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2004;14:484-491. Disponibile all'indirizzo <https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500391>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Iavarone I, Martuzzi M. COST action Industrially Contaminated Sites and Health Network ICSHNET. *Joint COST Action and WHO Report Guidance Document on Industrially Contaminated Sites and Health Impacts*. ICSHNET: Brussels; 2019. p. 67-69. Disponibile all'indirizzo: <https://www.icsynet.eu/wp-content/uploads/2019/05/WHO-COST-Action-Guidance-Document.pdf>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Marsili D, Fazzo L, Iavarone I, Comba P. Communication plans in contaminated areas as prevention tools for informed policy. *Public Health Panorama* 2017;3(2):261-67. Disponibile all'indirizzo: <http://www.euro.who.int/en/publications/public-health-panorama/journal-issues/volume-3,-issue-2,-june-2017/policy-and-practice2> ;ultima consultazione 15/11/2021.
- Marsili D, Battifoglia E, Bisceglia, Fazzo L, Forti M, Iavarone I, Minerba A, Ricci P, Scondotto S, Unali F, Comba P. La comunicazione nei siti contaminati. In: Zona A, Pasetto R, Fazzo L, Iavarone I, Bruno C, Pirastu R, Comba P (Ed). SENTIERI Studio epidemiologico nazionale dei territori e insediamenti esposti a rischio da inquinamento. Quinto Rapporto. *Epidemiol Prev* 2019;43(2) (Suppl 1):198-206.
- World Health Organization, Regional Office for Europe. *Health and environment: communicating the risks*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013. Disponibile all'indirizzo: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0011/233759/e96930.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/233759/e96930.pdf?ua=1); ultima consultazione 15/11/2021.
- World Health Organization, Regional Office for Europe. *Declaration of the Sixth Ministerial Conference on Environment and Health*. 2017. Disponibile all'indirizzo: <http://www.euro.who.int/en/media-centre/events/events/2017/06/sixth-ministerial-conference-on-environment-and-health/documentation/declaration-of-the-sixth-ministerial-conference-on-environment-and-health> ; ultima consultazione 15/11/2021.

## PRODOTTI E CANALI DELLA COMUNICAZIONE PER LO STUDIO EPIDEMIOLOGICO NEL COMUNE DI PORTO TORRES

Daniela Marsili (a), Daniele Murino (b), Liliana Recino (c), Giovanni Ruggiu (d), Alessandra Fabri (a), Roberto Pasetto (a), Amerigo Zona (a), Maria Stefania Podda (e), Antonia Seddaiu (f)

(a) *Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

(b) *Ufficio Stampa, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna - Area Socio-Sanitaria Locale di Sassari, Sassari*

(c) *Struttura complessa Comunicazione Pubblica, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Sassari*

(d) *Dipartimento Information Communication Technology – Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Sassari*

(e) *Servizio Comunicazione istituzionale, Regione Autonoma della Sardegna, Cagliari*

(f) *Struttura Salute e Ambiente Dipartimento Prevenzione Zona Nord, Azienda per la Tutela della Salute Sardegna, Sassari*

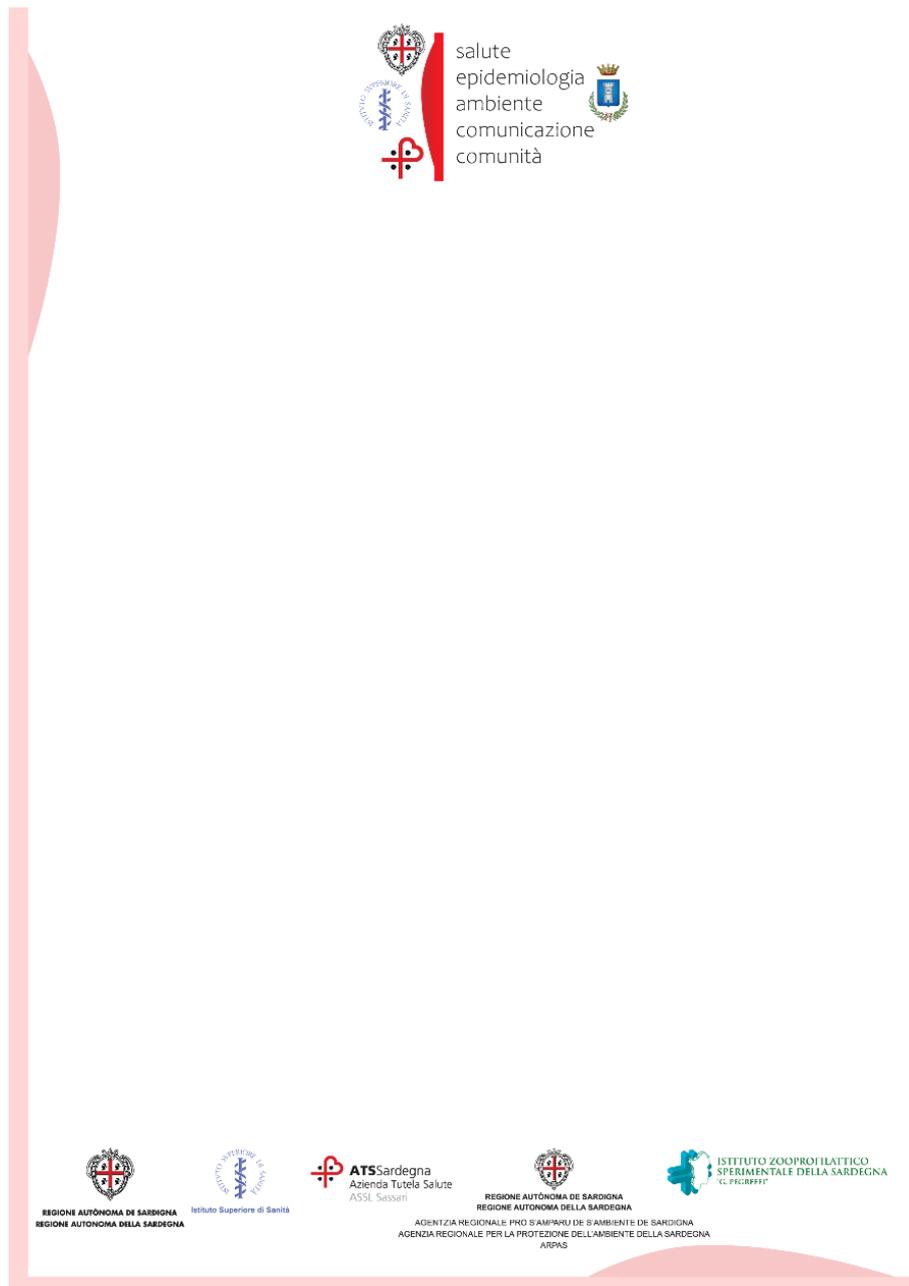
L'individuazione e la realizzazione di appropriati strumenti e canali di comunicazione ha la finalità di rendere effettivo l'accesso, la fruibilità e la condivisione delle informazioni scientifiche acquisite. L'individuazione degli strumenti per la comunicazione sullo studio epidemiologico a Porto Torres ha comportato la scelta di linguaggi adeguati alle diverse *target audience* territoriali e il loro utilizzo nei diversi prodotti di comunicazione, nell'ottica della fruibilità e dell'appropriatezza dei diversi livelli di *literacy* degli interlocutori.

### Logo e cornice del Progetto

Al fine di rendere facilmente identificabile il Progetto e le Istituzioni responsabili è stato ideato e sviluppato graficamente il logo del Progetto.

Il logo è composto dalle parole chiave dello studio epidemiologico (Salute, Epidemiologia, Ambiente, Comunicazione, Comunità) posizionate nella parte centrale del logo, alle quali sono affiancati nella parte sinistra i loghi delle tre Istituzioni responsabili del Progetto (Regione Autonoma della Sardegna, Istituto Superiore di Sanità, Azienda per la Tutela della Salute, ATS, Sardegna – Area Socio-Sanitaria Locale, ASSL, di Sassari). Nella parte destra del logo è posizionato il logo del Comune di Porto Torres, in accordo con l'Amministrazione comunale di Porto Torres, al fine di orientare anche visivamente la percezione che lo studio epidemiologico è diretto a beneficio della comunità residente (Figura 1). La scelta comunicativa di utilizzare i loghi delle Istituzioni è motivata dall'importanza di rendere esplicito e sottolineare l'impegno delle Istituzioni verso i cittadini di Porto Torres. Al fine di rendere facilmente identificabile il Progetto e le Istituzioni responsabili è stato ideato e sviluppato graficamente il logo del Progetto.

La cornice grafica che caratterizza i documenti testuali sullo studio epidemiologico è composta da una barra laterale (posizionata nella parte sinistra della pagina); in alto al centro è riportato il logo del Progetto. È presente inoltre una barra orizzontale (posizionata nella parte inferiore della pagina) sulla quale vengono riportati i loghi delle cinque Istituzioni che collaborano allo studio epidemiologico: Regione Autonoma della Sardegna, Istituto Superiore di Sanità, ATS Sardegna - ASSL Sassari, Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna, Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna) (Figura 1).



**Figura 1. Cornice grafica del Progetto: i loghi delle tre Istituzioni responsabili del Progetto con quello di Porto Torres (in alto) e quelli delle cinque Istituzioni coinvolte (in basso)**

## Locandina informativa dello studio epidemiologico

Per comunicare alla comunità di Porto Torres e a tutti i cittadini interessati l'avvio dello studio epidemiologico, è stata realizzata la locandina informativa a carattere divulgativo che contiene i messaggi comunicativi chiave (Figura 2). Il linguaggio tipico di questo strumento consente di utilizzare un lessico più semplice, quindi più comprensibile, e di raggiungere una *target audience*

più ampia. Il testo è articolato in quattro sezioni (Studio epidemiologico; Rete delle Istituzioni coinvolte; Finalità dello studio; Comunicazione con la comunità), ed è inserito nel layout composto dal logo del Progetto e dalla cornice grafica dove sono inseriti i loghi delle cinque Istituzioni che partecipano allo studio epidemiologico (Figura 2). La locandina è pubblicata sui siti istituzionali di riferimento.

salute  
epidemiologia  
ambiente  
comunicazione  
comunità

## STUDIO EPIDEMIOLOGICO DESCRITTIVO DEL PROFILO DI SALUTE DEI RESIDENTI NEL COMUNE DI PORTO TORRES

### STUDIO EPIDEMIOLOGICO

Nell'area comunale di Porto Torres è in corso uno studio epidemiologico per descrivere il profilo di salute della popolazione residente. L'iniziativa prende origine da una convezione che l'ATS Sardegna - ASL Sassari e l'Assessorato alla Sanità della Regione Sardegna hanno con l'Istituto Superiore di Sanità (ISS). La Convenzione ha come oggetto il supporto dell'ISS al miglioramento delle capacità di studio e gestione degli aspetti di salute pubblica legati alla presenza di siti industriali inquinati. In tale ambito, gli Enti interessati hanno deciso di porre particolare attenzione al Sito di Porto Torres. Lo studio segue le procedure già utilizzate in altri siti contaminati di interesse nazionale per le bonifiche.

### LA RETE DELLE ISTITUZIONI COINVOLTE

L'Istituto Superiore di Sanità, il Dipartimento di Prevenzione Area Nord dell'ATS Sardegna e l'Assessorato alla Sanità della Regione Sardegna collaborano con l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna e l'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Sardegna alla realizzazione dello studio.

L'Amministrazione Comunale di Porto Torres si è resa disponibile a fornire le informazioni in proprio possesso utili allo studio.

### FINALITÀ DELLO STUDIO

La finalità dello studio epidemiologico è quella di descrivere il profilo di salute della popolazione residente nel Comune di Porto Torres ponendo particolare attenzione alle condizioni ambientali associate alle contaminazioni di origine industriale.

Il profilo di salute della comunità residente sarà rappresentato tramite indicatori relativi alla mortalità, ai ricoveri ospedalieri e all'incidenza tumorale. Le Istituzioni coinvolte nello studio stanno raccogliendo, aggiornando e organizzando i dati prodotti localmente per creare gli indicatori e per catalogare le informazioni relative alle contaminazioni ambientali.

Al termine dello studio le Istituzioni coinvolte nel progetto restituiranno alla comunità un'informazione completa sui risultati ottenuti. Questa "fotografia" consentirà al sistema sanitario locale di adottare eventuali misure appropriate rispetto ai risultati dello studio e alle esigenze della popolazione.

### COMUNICAZIONE CON LA COMUNITÀ

Data l'importanza dell'iniziativa per la comunità di Porto Torres, le Istituzioni responsabili del progetto hanno scelto di condividere sia con la popolazione residente sia con i soggetti istituzionali e sociali del territorio, gli stati di avanzamento e i risultati dello studio.

Queste attività di comunicazione, programmate e pianificate attraverso un apposito Piano di Comunicazione, saranno divulgate attraverso la diffusione di materiali informativi sui siti web istituzionali e con la programmazione di incontri pubblici.

REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Istituto Superiore di Sanità

ATS Sardegna  
Azienda Tutela Salute  
ASL Sassari

REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDEGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA  
ARPAS

ISTITUTO ZOOPROFILATTICO  
SPERIMENTALE DELLA SARDEGNA  
"G. PEGRETTI"

Figura 2. Locandina del Progetto

## **Glossario dello studio epidemiologico**

Il glossario dello studio epidemiologico è uno strumento di comunicazione ideato per rendere più accessibili i contenuti tecnico-scientifici del Progetto alla comunità di Porto Torres e a tutti i cittadini interessati.

Nel glossario “Le parole dello studio - Glossario dello Studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute dei residenti nel comune di Porto Torres” sono riportati, in ordine alfabetico, i termini maggiormente utilizzati dallo studio epidemiologico e sulla base della loro rappresentatività dei contenuti.

Il glossario è composto da cinquantuno termini. Le definizioni di ciascuno dei termini sono proposte con un linguaggio più semplice rispetto a quello utilizzato in un glossario prettamente scientifico (Allegato 1 al capitolo).

La finalità del glossario è quella di facilitare la comprensione della terminologia dello studio, i suoi contenuti e, conseguentemente, la lettura dei risultati da parte di un pubblico di non esperti.

Il glossario è pubblicato sui siti istituzionali di riferimento.

## **Mappa dello studio epidemiologico**

La mappa concettuale dello studio epidemiologico rappresenta graficamente termini e contenuti dello studio epidemiologico attraverso la strutturazione grafica di una rete interconnessa e correlata dei termini e dei concetti presenti nel glossario.

Questo strumento di comunicazione può essere interrogato dagli interlocutori interessati per conoscere il significato e le relazioni esistenti tra i termini utilizzati dallo studio epidemiologico.

La mappa è uno strumento interattivo consultabile anche dagli utenti che non hanno familiarità con i nuovi strumenti digitali.

Per una migliore consultazione dei contenuti della mappa concettuale dello studio, è stato redatto un documento di supporto che fornisce le indicazioni necessarie per una corretta visualizzazione e comprensione della mappa (Allegato 2 al capitolo).

La mappa è pubblicata sui siti istituzionali di riferimento.

## **Rassegna stampa**

La rassegna stampa è un documento di comunicazione interno al Progetto e nasce con lo scopo di migliorare la conoscenza e condividere con gli esperti che partecipano allo studio epidemiologico la narrazione giornalistica sugli avvenimenti principali legati al sito industriale di Porto Torres.

Con questa finalità, gli articoli contenuti nella rassegna stampa sono stati selezionati mediante la consultazione degli archivi telematici di testate giornalistiche e attraverso motori di ricerca con l'utilizzo di parole chiave che richiamavano le seguenti tematiche: inquinamento ambientale e bonifiche; salute, crisi occupazionale; evoluzione dell'indirizzo industriale del sito.

La rassegna stampa è composta da cento articoli e prende in considerazione un periodo temporale di quindici anni (2007-2021).

## Comunicazione con l'Amministrazione comunale di Porto Torres

Successivamente all'avvio del Progetto e alla decisione delle Istituzioni coinvolte di focalizzare lo studio epidemiologico nell'area di Porto Torres, è stato realizzato il primo incontro con l'Amministrazione comunale. Durante la riunione, che si è svolta il 18 febbraio 2020 nella sala Consiglio del Municipio di Porto Torres, sono state illustrate finalità, modalità e tempistiche dello studio epidemiologico.

A causa dell'emergenza pandemica da COVID-19, la programmazione di ulteriori incontri in presenza è stata sospesa. A partire dal mese di marzo 2020 le riunioni con l'Amministrazione si sono svolte in via telematica.

In considerazione della preparazione del turno elettorale e data la nomina del nuovo Sindaco e della nuova Giunta, le interlocuzioni con i rappresentanti dell'Amministrazione comunale di Porto Torres sono riprese nel mese di giugno 2021. Da quel momento si sono svolte due riunioni a carattere informativo, rispettivamente nel mese di luglio e settembre 2021, a cui sono seguiti altri incontri, gli ultimi dei quali finalizzati all'organizzazione degli eventi di comunicazione dei risultati dello studio.

## Comunicazione sui siti web istituzionali

I siti web istituzionali regionali e locali sono stati individuati come canali prioritari per la diffusione dell'informazione sullo studio epidemiologico. La pubblicazione online dei documenti di comunicazione dello studio epidemiologico è stata considerata di grande importanza per rendere facilmente accessibili le informazioni alla cittadinanza.

I contenuti relativi al Progetto e allo studio epidemiologico sono stati pubblicati nei seguenti siti istituzionali:

- Sardegna Salute, [www.sardegناسalute.it](http://www.sardegناسalute.it);
- ATS Sardegna, [www.atssardegna.it](http://www.atssardegna.it);
- ASSL Sassari, [www.aslsassari.it](http://www.aslsassari.it).
- Regione Autonoma della Sardegna, [www.regione.sardegna.it](http://www.regione.sardegna.it);

Nella home page del sito web regionale Sardegna Salute ([www.sardegناسalute.it](http://www.sardegناسalute.it)), la Sezione dedicata al Progetto e allo studio epidemiologico è rappresentata da un banner intitolato "Salute e Ambiente a Porto Torres".

La Sezione include le seguenti Sottosezioni:

- Lo studio;
- Mappa e Glossario;
- Partner;
- Risultati dello studio.

Nella home page dei siti ATS Sardegna ([www.atssardegna.it](http://www.atssardegna.it)) e ASL Sassari ([www.aslsassari.it](http://www.aslsassari.it)) è presente il banner del Progetto, dal titolo "Salute e Ambiente a Porto Torres". Una volta interrogato, il banner del Progetto indirizza l'utente alla Sezione presente sul sito Sardegna Salute ([www.sardegناسalute.it](http://www.sardegناسalute.it)).

Nel sito della Regione Autonoma della Sardegna ([www.regione.sardegna.it](http://www.regione.sardegna.it)) il banner è stato pubblicato nella home page per sessanta giorni.

## **Prodotti per la comunicazione dei risultati dello studio epidemiologico**

I documenti dedicati alla comunicazione dei risultati dello studio epidemiologico sono in linea con l'approccio di comunicazione adottato dal Progetto, cioè rendere effettivo l'accesso alle informazioni e la condivisione dei contenuti con la cittadinanza di Porto Torres attraverso l'utilizzo di linguaggi fruibili dai diversi interlocutori.

Sono quindi due i documenti dedicati: per loro natura e finalità hanno rispettivamente un carattere tecnico-scientifico e un carattere divulgativo. I due documenti sono pubblicati sui siti istituzionali di riferimento.

All'approccio e alla scelta di comunicazione dei risultati è dedicato il successivo capitolo "La comunicazione dei risultati dello studio epidemiologico nel comune di Porto Torres".

## ALLEGATO 1 al capitolo

### Glossario dello studio epidemiologico



salute  
epidemiologia  
ambiente  
comunicazione  
comunità

### LE PAROLE DELLO STUDIO

**GLOSSARIO dello “Studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute dei residenti nel comune di Porto Torres”**

Questo glossario è parte integrante dello studio epidemiologico e vuole essere uno strumento per rendere accessibili i contenuti dello studio a tutte le persone interessate, fornendo i significati dei termini utilizzati.

I termini sono stati selezionati in base alla loro rilevanza per questo studio e inseriti in ordine alfabetico al fine di renderne più agevole la consultazione. Le definizioni sono presentate utilizzando un linguaggio semplificato rispetto a quello utilizzato in un glossario prettamente scientifico. Per i termini che nelle definizioni appaiono in corsivo, viene fornita una spiegazione del termine stesso che si può consultare nell’elenco.

La finalità di questo glossario è quella di facilitare la comprensione della terminologia dello studio, i suoi contenuti e, conseguentemente, la lettura dei risultati da parte di un pubblico di non esperti e in particolare della cittadinanza di Porto Torres.

*Auguriamo a tutte le persone interessate una proficua consultazione!*

**Contaminazione ambientale.** Presenza e diffusione di sostanze *inquinanti* o contaminanti nelle diverse *matrici ambientali*: suolo, acqua, aria, Tali sostanze potendo ad esempio entrare nella catena alimentare, possono essere un *rischio* per l’ambiente e la salute delle popolazioni. La contaminazione costituisce un *rischio* per l’ambiente e la salute delle popolazioni quando le concentrazioni superano *livelli di riferimento* oltre i quali è ipotizzabile un danno per la salute.

**Epidemiologia.** È la disciplina che studia la frequenza, la distribuzione, i *fattori di rischio* e protettivi per la salute, le malattie e altri eventi di rilevanza sanitaria in una specifica popolazione o in un sottogruppo di popolazione.

**Epidemiologia ambientale.** È la branca dell’*epidemiologia* che studia i *fattori di rischio* e di protezione per la salute di natura ambientale. Esaminando specifiche popolazioni o comunità, l’epidemiologia ambientale cerca di chiarire la relazione tra fattori fisici, chimici, biologici, sociali e la salute umana. Fornisce una base scientifica per lo studio e l’interpretazione del rapporto tra ambiente e salute umana.

**Esposizione.** Per esposizione si intende il contatto (sulla pelle o per ingestione o per via respiratoria) di una sostanza chimica (ad esempio un contaminante o un farmaco) o un agente fisico (raggi



REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Istituto Superiore di Sanità



ATSSardegna  
Azienda Tutela Salute  
ASSL Sassari



REGIONE AUTONOMA DI SARDEGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



ISTITUTO ZOOPROFILATTICO  
SPERIMENTALE DELLA SARDEGNA  
"G. POGGIORRELLI"

AGENZIA REGIONALE PRO S'AMPARU DE S'AMBIENTE DE SARDEGNA  
AGENZIA REGIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE DELLA SARDEGNA  
ARPPAS

ultravioletti del sole) con una superficie del corpo umano. La valutazione dell'esposizione quantifica quanto (livello di esposizione), da quale *matrice ambientale*, come (via di esposizione orale, cutanea, respiratoria), quando (frequenza) e per quanto tempo (durata) la sostanza viene a contatto con specifici gruppi di individui (es: bambini, adulti, lavoratori, popolazione generale). La valutazione dell'esposizione si può ottenere, ad esempio, attraverso la misurazione delle concentrazioni ambientali (*monitoraggio ambientale*).

**Evidenza epidemiologica.** Esprime la relazione (associazione) tra *fattori di rischio* o beneficio ed effetti sulla salute, ed è basata su *studi epidemiologici*. L'evidenza si può esprimere in termini qualitativi, ad esempio: evidenza assente, limitata, sufficiente.

**Eziologia.** È lo studio delle cause delle malattie.

**Fattore di rischio.** In termini epidemiologici, è un fattore (ad esempio un contaminante ambientale, il fumo di sigaretta, uno stile di vita) associato ad una maggiore probabilità di causare effetti sulla salute. In termini ambientali è una *attività antropica* (es. sorgente di emissione) in grado di produrre un *rischio* per la salute.

**Fonti informative.** Forniscono i dati sui livelli di concentrazione degli inquinanti misurati nell'ambiente. Nello studio su Porto Torres si tratta, ad esempio, degli archivi informativi dell'ARPA Sardegna sui monitoraggi ambientali.

**Gruppi vulnerabili.** Gruppi di popolazione che hanno una maggiore probabilità di contrarre una malattia avendo particolari caratteristiche - come ad esempio l'età (bambini e anziani), altre malattie, condizioni socio-economiche di svantaggio - che li rendono più suscettibili alle malattie.

**Indicatori epidemiologici.** Gli indicatori usati in epidemiologia sono di natura statistica. Servono ad esempio per descrivere la frequenza di una malattia in una popolazione.

**Intervallo di Confidenza.** Esprime l'incertezza dell'*indicatore epidemiologico*. Più stretto è l'intervallo, più precisa è la stima.

**Incidenza.** È il numero di nuovi casi di una malattia registrato in un dato periodo di tempo in una specifica popolazione.

**Incidenza tumorale.** È il numero di nuovi casi di tumori registrato in un dato periodo di tempo in una specifica popolazione.

**Indice di deprivazione (ID).** È un indicatore che esprime la deprivazione socio-economica a livello di popolazione. Nello studio su Porto Torres è utilizzato l'ID costruito con dati del Censimento 2011.

**Inquinanti.** Sono sostanze che possono alterare la composizione chimica delle matrici ambientali (aria, acqua, suolo) con conseguenze sulla salute e sull'ambiente.

**Inquinanti prioritari.** Secondo l'approccio del *Progetto SENTIERI*, gli inquinanti prioritari sono rappresentati da una selezione di inquinanti più rappresentativi della contaminazione del un *sito*

contaminato; vengono utilizzati per una migliore comprensione dei dati epidemiologici di un determinato Sito. Vengono identificati sulla base dei seguenti criteri: ampiezza del superamento del livello di riferimento in una o più *matrici ambientali*; presenza dell'inquinante in più *matrici ambientali*; pericolosità della sostanza per la salute umana; capacità dell'inquinante di accumularsi e rimanere nell'organismo.

**Livelli di riferimento.** Rappresentano le concentrazioni di riferimento dei diversi *inquinanti* al di sotto delle quali è verosimile non attendersi danni alla salute per le popolazioni esposte. I livelli di riferimento possono essere diversi in funzione della *matrice ambientale* a cui si riferiscono. Ad esempio, sono livelli di riferimento la massima concentrazione ammissibile di un contaminante in aria o nell'acqua potabile. Questi livelli sono definiti da agenzie internazionali quali l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), l'Agenzia Ambientale Europea (EEA), la Agenzia Ambientale USA (EPA), l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (AIRC).

**Matrici ambientali.** Le matrici ambientali prese in considerazione nello studio sono: acqua, aria, suolo e catena alimentare.

**Monitoraggio.** Rilevazione periodica e sistematica di dati e informazioni che possono riguardare l'ambiente e la salute.

**Morbosità.** Stato di malattia. Può essere rappresentata tramite indicatori di frequenza come, ad esempio, il numero di malati di una certa *patologia* in una popolazione in un definito periodo di tempo.

**Mortalità.** Condizione di decesso. Può essere rappresentata tramite indicatori di frequenza, come, ad esempio, il numero di morti per una determinata malattia in un definito periodo di tempo.

**Organi bersaglio.** Gli organi del corpo umano che sono sottoposti all'azione di sostanze attive (inquinanti, farmaci, etc.).

**Ospedalizzazione.** Il ricovero in ospedale.

**Patologia.** Indica una malattia in atto, uno stato patologico, una condizione di sofferenza dell'organismo.

**Pericolo.** Caratteristica propria di una sostanza, che esprime la possibilità che possa causare un danno (es: essere tossico per il fegato) in specifiche condizioni. È diverso dal concetto di *rischio* e i due termini non possono essere usati come sinonimi.

**Piano di comunicazione.** Contiene le modalità, le tempistiche, il linguaggio con cui comunicare determinati contenuti agli interlocutori di riferimento. All'interno del piano di comunicazione che accompagna lo studio su Porto Torres sono descritti gli obiettivi della comunicazione, i soggetti interessati (soggetti istituzionali e soggetti sociali), le attività e i relativi tempi di attuazione.

**Prevalenza.** È il numero di casi di una malattia in una popolazione in un definito periodo di tempo.

**Processo di comunicazione.** È un processo caratterizzato da reciprocità, nel quale i contenuti della comunicazione vengono trasmessi tra due o più soggetti con l'intenzione del coinvolgimento reciproco e creare una comprensione comune.

**Popolazione a rischio.** Popolazione che sulla base di fattori individuali, demografici, ambientali e sociali è maggiormente suscettibile alla malattia in studio.

**Popolazione in studio.** Insieme di individui che sono oggetto dello studio e che presentano almeno una caratteristica comune (residenza nella stessa area geografica come, ad esempio, la popolazione del comune di Porto Torres; condizione lavorativa; condizione socio-economica; genere; classe di età)

**Popolazione di riferimento.** Popolazione che viene considerata per il confronto con la popolazione in studio (ad esempio, la popolazione della provincia di Sassari esclusa quella di Porto Torres).

**Prevenzione.** È un insieme di attività finalizzate a eliminare o ridurre la comparsa di malattia. Nel caso della *contaminazione ambientale*, le attività di prevenzione sono rivolte principalmente alla eliminazione o alla riduzione dell'esposizione a sostanze dannose per la salute umana.

**Profilo di salute generale.** Descrive gli *indicatori epidemiologici* per i grandi gruppi di *patologie* (ad esempio, tutti i tumori, tutte le malattie del sistema respiratorio, etc.) e ha lo scopo di inquadrare le condizioni di salute della *popolazione in studio* rispetto alla *popolazione di riferimento*.

**Profilo di salute specifico.** Viene definito sulla base delle *patologie* d'interesse identificate "a priori" in funzione delle *evidenze epidemiologiche* e degli *organi bersaglio* associati agli *inquinanti prioritari* identificati nell'area di interesse. L'analisi del profilo di salute specifico consente di valutare se siano presenti eccessi per le cause che hanno tra i *fattori eziologici* anche gli inquinanti d'interesse.

**Progetto SENTIERI.** Il progetto SENTIERI (SENTIERI è l'acronimo di Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti a Rischio di Inquinamento) è un sistema di *sorveglianza epidemiologia* nazionale coordinato dall'Istituto Superiore di Sanità per i siti contaminati di interesse nazionale e regionale per le bonifiche (<https://progettosentieriiss.wordpress.com/storia/>).

**Rapporto Standardizzato di Mortalità (SMR, Standardized Mortality Ratio).** È l'*indicatore epidemiologico* di mortalità che esprime nella *popolazione in studio* il rapporto fra i decessi osservati e i decessi attesi se i livelli di mortalità fossero gli stessi di quelli della *popolazione di riferimento*.

**Rapporto Standardizzato di Ospedalizzazione (SHR, Standardized Hospitalisation Rate).** È l'*indicatore epidemiologico* di ospedalizzazione che esprime nella *popolazione in studio* il rapporto fra il numero di ricoverati osservati e il numero dei ricoverati attesi se i livelli di ospedalizzazione fossero gli stessi di quelli della *popolazione di riferimento*.

**Rapporto Standardizzato di Incidenza tumorale (SIR, Standardized Incidence Ratio).** È l'indicatore epidemiologico di incidenza tumorale che esprime nella popolazione in studio il rapporto fra il numero di nuovi casi osservati e il numero dei nuovi casi attesi se i livelli di incidenza tumorale fossero gli stessi di quelli della popolazione di riferimento.

**Relazione dose-risposta.** È la relazione tra l'esposizione (dose) e l'effetto prodotto (risposta: positiva per un farmaco, dannosa per una sostanza tossica). Esprime quindi il rapporto esistente tra i livelli (o dosi) di esposizione e il tipo e la gravità degli effetti prodotti. Capire la relazione tra dose e risposta è fondamentale per valutare il rischio per la salute associato ad uno specifico livello di esposizione.

**Relazione causa-effetto.** È la relazione che lega con un rapporto di causalità un effetto (es la patologia) ad una specifica causa (es: esposizione ad un inquinante). Ad esempio: l'asbestosi è una malattia polmonare cronica causata dall'inhalazione di fibre di amianto.

**Registri di patologia.** Sono strumenti attraverso i quali viene garantita la registrazione continua ed esaustiva di una patologia (ad esempio, registro mesoteliomi) o di una classe di patologia (ed esempio, registro tumori) in una data area geografica. Sono un esempio di fonte informativa.

**Rischio.** Esprime la probabilità che si verifichi un danno causato da uno specifico pericolo (es: sostanza chimica) in base al livello e alle modalità di esposizione a tale pericolo. Una sostanza chimica può essere estremamente 'pericolosa' di per sé (es: sostanza utilizzata in una industria), ma in assenza di esposizione (es: impianto a circuito chiuso) il rischio tende a zero. Il rischio non è mai zero, perché può sempre verificarsi l'eventualità di una esposizione (es; guasto all'impianto a circuito chiuso).

**Scheda di Dimissione Ospedaliera (SDO).** È lo strumento di raccolta delle informazioni relative ad un ricovero nelle strutture ospedaliere pubbliche e private presenti in tutto il territorio nazionale. È un esempio di fonte informativa

**Sito contaminato.** Area delimitata nella quale la contaminazione è a livelli tali da essere pericolosi per l'ambiente e per la salute.

**Siti di Interesse Nazionale per le bonifiche (SIN).** I siti di interesse nazionale ai fini della bonifica, sono individuabili in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali (Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152, art 252 comma 1 <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2006/04/14/006G0171/sg>) Logo SENTIERI.

**Sorgenti di contaminazione.** Sorgenti, e più in generale attività dell'uomo, che hanno emesso e/o che emettono i contaminanti (ad esempio impianti industriali che hanno emesso gli inquinanti che hanno contaminato le matrici ambientali a loro circostanti).

**Sorveglianza epidemiologica.** È la raccolta sistematica, l'archiviazione, l'analisi e l'interpretazione di dati, seguita dalla diffusione delle informazioni.

**Studio epidemiologico descrittivo.** Descrive lo stato di salute di una comunità, ed è basato su dati estratti da *fonti informative*.

**Target audience.** È un segmento del pubblico di riferimento per la comunicazione di contenuti specifici, formato da soggetti che sono accomunati da caratteristiche, esigenze e necessità specifiche.

**Tossicologia.** Disciplina che si occupa degli effetti sulla salute derivante dall'esposizione a sostanze capaci di produrre effetti nocivi. Identifica gli *organi bersaglio* e i *livelli di riferimento* delle sostanze per la tutela della salute.

**Trend temporali (andamenti temporali).** Studio dell'andamento del *profilo di salute* di una popolazione in un periodo di tempo. Le analisi dei trend temporali hanno lo scopo di valutare se il *rischio*, ad esempio di una certa malattia o di un fenomeno di salute, è aumentato, diminuito o non è cambiato. In termini ambientali, i trend temporali si possono riferire all'andamento dei livelli di contaminazione degli *inquinanti* nelle diverse *matrici ambientali* nel tempo.

**Valori normati di concentrazioni.** Concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) per le matrici suolo e acque, definite dal D. Lgs. 152/2006. Concentrazioni in aria degli inquinanti definite dal D. Lgs. 155/2010.

**Vie di esposizione.** Sono le vie attraverso le quali il contaminante (o più genericamente il *fattore di rischio*) viene in contatto e penetra all'interno dell'organismo. Si distinguono: la via inalatoria quando in caso di gas, vapori, aerosol, particolato o polveri le vie respiratorie veicolano i possibili contaminanti ai polmoni; la via orale, quando la sostanza è ingerita e passa attraverso l'apparato digerente; la via cutanea quando il contatto avviene direttamente attraverso la pelle. Una volta assorbito, il contaminante entra nel circolo sanguigno e si distribuisce al resto dell'organismo.

## ALLEGATO 2 al capitolo

### Indicazioni per la consultazione della mappa dello studio epidemiologico

Per una migliore consultazione dei contenuti della mappa concettuale dello studio è stato redatto un documento con le indicazioni necessarie per una corretta visualizzazione e comprensione della mappa.



#### INDICAZIONI PER UNA CORRETTA VISUALIZZAZIONE E COMPRESIONE DELLA MAPPA CONCETTUALE DELLO STUDIO EPIDEMIOLOGICO

La Mappa concettuale rappresenta graficamente i contenuti dello “Studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute dei residenti nel Comune di Porto Torres” attraverso la strutturazione di una rete interconnessa e correlata dei termini e dei concetti presenti nel Glossario. Nella sua visualizzazione iniziale compaiono i quattro temi fondanti lo Studio: ambiente, salute, comunità e comunicazione.



Di seguito sono riportate le immagini e il testo che compaiono nel sito [www.sardegna salute.it](http://www.sardegna salute.it), nella sottosezione “Mappa e glossario”.

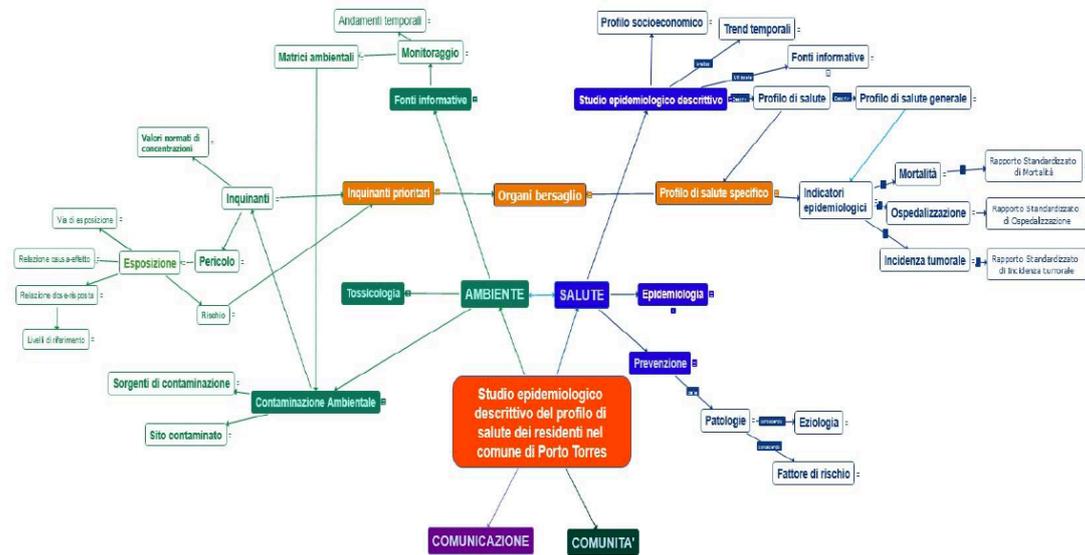
Per espandere la Mappa concettuale dello Studio è necessario premere sopra i riquadri numerici presenti sotto i quattro temi iniziali (riquadri evidenziati in giallo).



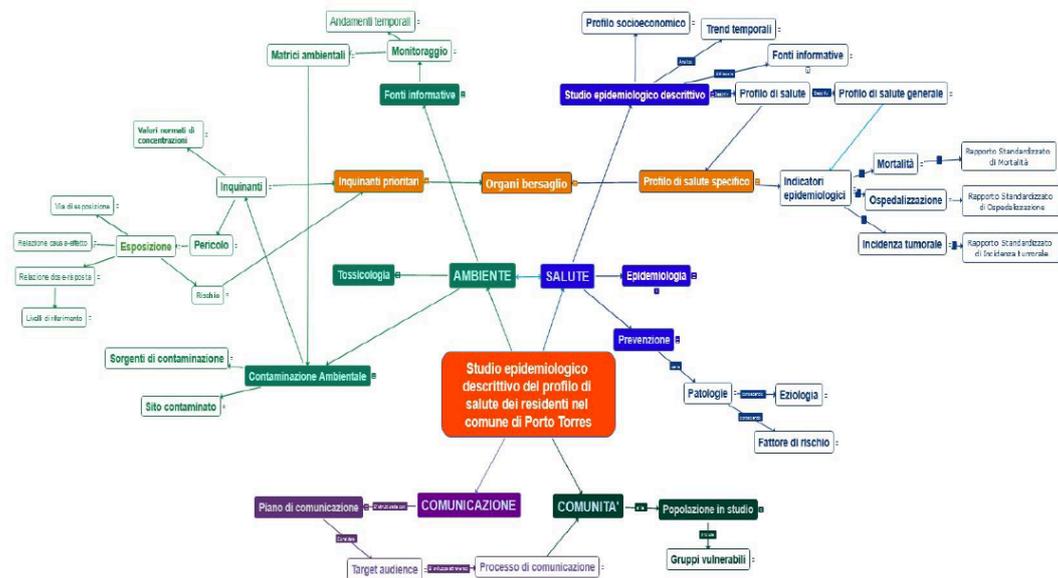
Attivato il primo livello di lettura, è possibile continuare a “interrogare” la Mappa dello Studio epidemiologico per visualizzare ulteriori termini (riquadro evidenziato in giallo) o leggere la definizione di un concetto portando la punta del mouse sopra il riquadro caratterizzato dalle tre linee orizzontali (riquadro evidenziato in rosso).



I quattro macro temi iniziali contengono al proprio interno molteplici termini a loro collegati. Proseguendo nell'interrogazione della Mappa, è possibile visualizzare le connessioni esistenti tra i concetti che caratterizzano lo Studio e leggere la definizione di ciascuna parola.



Una volta interrogate tutte le sotto sezioni, la visualizzazione della Mappa dello “Studio epidemiologico descrittivo del profilo di salute dei residenti nel Comune di Porto Torres” è completa.



## COMUNICAZIONE DEI RISULTATI DELLO STUDIO EPIDEMIOLOGICO NEL COMUNE DI PORTO TORRES

Roberto Pasetto, Daniela Marsili, Amerigo Zona

*Dipartimento Ambiente e Salute, Istituto Superiore di Sanità, Roma*

Le attività previste per la comunicazione dei risultati, così come le altre attività di comunicazione nell'ambito dello studio epidemiologico, hanno l'intento di rafforzare le capacità della comunità locale di prendere decisioni riguardanti il settore "ambiente e salute" (De Castro *et al.*, 2016), attraverso il coinvolgimento informato degli attori istituzionali e sociali locali finalizzato alla promozione della salute pubblica (Marsili *et al.*, 2020). In questa prospettiva, i risultati dello studio contribuiscono a rafforzare la dimensione della "conoscenza", intesa come "Conoscenza dei rischi per la salute, degli attori coinvolti nella gestione del rischio e del quadro normativo di riferimento", con l'intento di favorire l'implementazione delle altre capacità di comunità (Pasetto *et al.*, 2020), per esempio la "partecipazione" e il "potere decisionale della comunità", per le promozione delle quali è l'amministrazione locale ad avere il ruolo principale.

Il Progetto per la trasmissione di competenze tecnico-scientifiche (*capacity building*) da cui è scaturito lo studio, ha visto sin dal suo avvio le attività di carattere tecnico-scientifico integrate dalla produzione di conoscenze con la possibilità di comunicarle in modo efficace ai diversi portatori d'interesse, in particolare alla popolazione direttamente interessata dal potenziale rischio per la salute associato alla contaminazione ambientale. Questa impostazione è basata sull'esperienza maturata nel contesto nazionale e internazionale sul fronte dello studio delle relazioni ambiente e salute e della comunicazione nei siti contaminati in ambiti diversi: SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento), il sistema di sorveglianza nazionale delle popolazioni residenti nei principali siti contaminati oggetto di bonifica (Zona *et al.*, 2019; Marsili *et al.*, 2021), il Centro Collaborativo della World Health Organization (WHO) presso l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) sul tema "Contaminated Sites and Health", la rete internazionale *Industrially Contaminated Sites and Health Network* di cui l'ISS è stato coordinatore (Iavarone & Martuzzi, 2019). Di questa impostazione sono testimonianza i due precedenti contributi di questo rapporto.

Le attività di comunicazione comportano per loro natura un'apertura e un dialogo con interlocutori diversi, per comprendere il loro punto di vista sulle questioni affrontate, e per recepire le loro istanze. Nel caso dello studio di Porto Torres, vista la natura istituzionale delle attività e degli attori coinvolti, il principale interlocutore è stato identificato nell'amministrazione comunale. Con questa è stato avviato un dialogo dall'inizio delle attività, organizzando una visita del personale tecnico dell'ISS e del personale delle altre Amministrazioni regionali e locali della Regione Sardegna coinvolte nello studio, prima al complesso industriale e poi alla cittadina di Porto Torres. In quell'occasione sono stati illustrati all'amministrazione comunale il piano delle attività e i suoi obiettivi.

L'impostazione originale del Progetto prevedeva che le attività si svolgessero in incontri periodici, alternando la sede di Sassari dell'Azienda per la Tutela della Salute (ATS) della Sardegna e la sede di Cagliari dell'Assessorato dell'igiene e sanità e dell'assistenza sociale della Regione Sardegna e che, durante le attività svolte a Sassari, venisse approfondito il dialogo con l'amministrazione comunale di Porto Torres. L'emergere della pandemia e lo stato di emergenza associati al COVID-19 hanno portato a importanti cambiamenti dell'impostazione delle attività di *capacity building* e di studio, da allora svolte in remoto. Nel frattempo, le amministrazioni

comunale e regionale, sono cambiate a seguito di elezioni amministrative, mentre non è mutata l'impostazione delle relazioni tra gli Enti coinvolti nelle attività di studio basata unicamente sulla loro natura Istituzionale. È stata quindi avviata un'interlocuzione con la nuova amministrazione comunale, a sua volta informata sulle attività in corso e sui relativi obiettivi. È stato confermato da parte della comunità locale, tramite l'amministrazione, un forte interesse per i risultati dello studio.

Nella realtà di Porto Torres, lo sviluppo del territorio e i cambiamenti sociali ed economici che hanno interessato la comunità locale sono stati particolarmente influenzati dall'evoluzione del polo industriale petrolchimico, principale sorgente della contaminazione ambientale. Per meglio comprendere la realtà locale nella sua evoluzione storica, sono stati inizialmente analizzati materiale documentale e indicatori socioeconomici a livello comunale nella loro evoluzione temporale (Fabri & Pasetto, 2021). A integrazione di tale attività, per approfondire il quadro di conoscenze, è stata effettuata una serie di interviste con rappresentanti dell'amministrazione comunale che hanno aderito favorevolmente all'iniziativa consentendo così di approfondire il dialogo precedentemente avviato.

Le attività di *capacity building* e di studio realizzate hanno consentito di produrre i documenti riportati nel presente rapporto, ricchi di informazioni e dettagli tecnico-scientifici utili a valutare i risultati ottenuti in tutte le loro componenti.

Poiché l'obiettivo principale dello studio su Porto Torres è quello di comunicare e condividere con la comunità locale i risultati ottenuti affinché questi diventino patrimonio comune a supporto dei processi decisionali, il gruppo di lavoro ha ritenuto necessario produrre un ulteriore documento, redatto con linguaggio semplificato, che sintetizzasse e riassume in modo più facilmente fruibile i risultati ottenuti e le relative indicazioni.

È previsto che i due documenti escano in contemporanea dopo il primo evento di comunicazione dei risultati del quale l'ISS è promotore e garante, da realizzare auspicabilmente in loco, con il proposito di veicolare al meglio i risultati delle attività di due anni di studio. Le modalità, i tempi e i luoghi della prima comunicazione dei risultati sono definite insieme all'amministrazione comunale di Porto Torres. È previsto anche che l'ISS continui a svolgere la funzione di supporto affinché i documenti prodotti siano pubblicati nella Sezione "Salute e Ambiente a Porto Torres" presente nei tre siti web istituzionali di riferimento (Sardegna Salute, [www.sardegna salute.it](http://www.sardegna salute.it); ATS Sardegna, [www.ats sardegna.it](http://www.ats sardegna.it); ASSL Sassari, [www.asl sassari.it](http://www.asl sassari.it)).

Infine, l'auspicio è che a seguito della prima comunicazione dei risultati, vi siano altre occasioni di comunicazione con la comunità di Porto Torres, in particolar modo nel contesto scolastico, luogo privilegiato per la trasmissione di conoscenze sul proprio territorio alle nuove generazioni.

## Bibliografia

- De Castro P, Pasetto R, Marsili D, Comba P. Fostering public health awareness on risks in contaminated sites. Capacity building and dissemination of scientific evidence. *Annali Istituto Superiore Sanita* 2016;52(4):511-515. Disponibile all'indirizzo: [https://www.iss.it/documents/20126/45616/ANN\\_16\\_04\\_09.pdf](https://www.iss.it/documents/20126/45616/ANN_16_04_09.pdf); ultima consultazione 15/11/2021.
- Fabri A, Pasetto R. Il ruolo dell'industria petrolchimica nella trasformazione socioeconomica di un territorio: il caso di Porto Torres. *Villaggio Globale* 2021; 24(94):67-78. Disponibile all'indirizzo: <https://www.vglobale.it/2021/06/01/lindustria-petrolchimica-e-il-caso-di-porto-torres>; ultima consultazione 15/11/2021.
- Iavarone I, Martuzzi M. (Eds). 2019. COST action Industrially Contaminated Sites and Health Network ICSHNet. *Joint COST action and WHO Report Guidance Document on Industrially Contaminated Sites and Health Impacts*. ICSHNET: Brussels; 2019. Disponibile all'indirizzo: <https://www.icschnet.eu/wp->

content/uploads/2019/05/WHO-COST-Action-Guidance-Document.pdf; ultima consultazione 15/11/2021.

Marsili D, Mannarini T, Pasetto R. Rafforzare le capacità sociali delle comunità nei siti contaminati nella prospettiva della giustizia ambientale. *La Salute Umana* 2020;280:11-16. Disponibile all'indirizzo: [https://www.edizioniculturasalute.com/wpcontent/uploads/2021/04/Salute\\_Umana\\_280\\_2020\\_art\\_marsili.pdf](https://www.edizioniculturasalute.com/wpcontent/uploads/2021/04/Salute_Umana_280_2020_art_marsili.pdf); ultima consultazione 15/11/2021.

Marsili D, Pasetto R, Iavarone I, Fazzo L, Zona A, Comba P. Fostering environmental health literacy in contaminated sites: national and local experience in Italy from a public health and equity perspective. *Frontiers in Communication*, 6:697547. Disponibile all'indirizzo: <https://internal-journal.frontiersin.org/articles/10.3389/fcomm.2021.697547/full>; ultima consultazione 15/11/2021.

Pasetto R, Marsili D, Rosignoli F, Bisceglia L, Caranci N, Fabri A, Innocenti-Malini G, Melis G, Minardi V, Zengarini N, Zona A, Mannarini T. Promozione della giustizia ambientale nei siti industriali contaminati. *Epidemiol Prev* 2020;44(5-6):417-425. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/interventi/promozione-della-giustizia-ambientale-nei-siti-industriali-contaminati>; ultima consultazione 15/11/2021.

Zona A, Pasetto R, Fazzo L, Iavarone I, Bruno C, Pirastu R, Comba P (a cura di). SENTIERI. Studio epidemiologico nazionale dei territori e insediamenti esposti a rischio da inquinamento. Quinto Rapporto. *Epidemiol Prev* 2019;43. Supplemento 1. Disponibile all'indirizzo: <https://epiprev.it/pubblicazioni/sentieri-studio-epidemiologico-nazionale-dei-territori-e-degli-insediamenti-esposti-a-rischio-da-inquinamento.quinto-rapporto>; ultima consultazione 15/11/2021.

*Serie Rapporti ISTISAN  
numero di giugno 2022, 1° Suppl.*

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

*Roma, giugno 2022*