

PORTI E SALUTE: UNA RELAZIONE COMPLESSA

LE CITTÀ PORTUALI ITALIANE SONO INFRASTRUTTURE STRATEGICHE PER IL COMMERCIO INTERNAZIONALE E IL TURISMO MA LA LORO INTEGRAZIONE NEL TESSUTO URBANO È ARTICOLATA E GENERA PRESSIONI AMBIENTALI E SANITARIE DI GRANDE RILEVANZA. IL PROGETTO SALPIAM APPROFONDISCE QUALITÀ DELL'ARIA E INQUINAMENTO ACUSTICO.

Iporti non sono semplici punti di transito: sono sistemi complessi che interagiscono con la città attraverso flussi di merci, persone e veicoli, creando una pressione costante sull'ambiente. Le emissioni derivanti dalle navi in manovra e in fase di hotelling, dai mezzi pesanti e dalle operazioni di carico e scarico contribuiscono alla formazione di inquinanti atmosferici come PM₁₀, PM_{2,5}, NO₂ e black carbon, sostanze note per i loro effetti nocivi sulla salute. A queste si aggiungono le particelle ultrafini, capaci di penetrare in profondità nei polmoni e raggiungere il sistema circolatorio, aumentando il rischio di patologie croniche e di eventi acuti come infarti e ictus. Parallelamente, il rumore impulsivo generato dalle operazioni portuali e dal traffico marittimo e terrestre è associato a disturbi del sonno, stress, incremento della pressione arteriosa e annoyance. L'Oms considera il rumore



SalPIAm

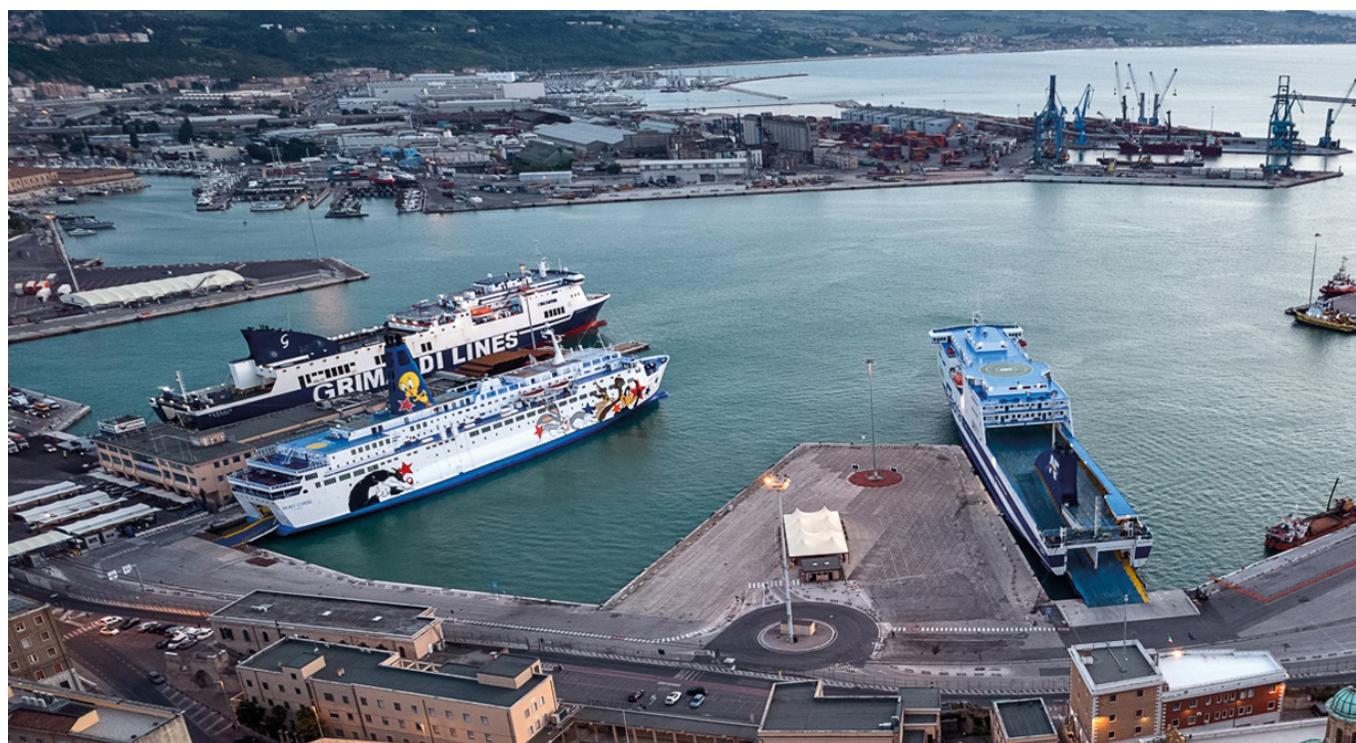
**Salute Porti Inquinamento Ambiente
Sostenibilità Città Portuali**

ambientale fattore di rischio per malattie cardiovascolari e per la salute mentale, e raccomanda limiti più stringenti rispetto a quelli attualmente adottati in molte aree urbane. Tuttavia, le evidenze specifiche per le città portuali italiane restano limitate. La variabilità delle flotte, dei combustibili, le caratteristiche climatiche e la densità abitativa rendono complessa la valutazione dell'impatto reale sulla salute.

Questa frammentarietà informativa ostacola la pianificazione di interventi mirati e ritarda l'adozione di politiche efficaci di mitigazione, con conseguenze dirette sulla qualità della vita delle

comunità residenti. Il progetto Salpiam, "Sostenibilità per l'ambiente e la salute dei cittadini nelle città portuali in Italia", ha l'obiettivo di approfondire la relazione tra attività portuali, qualità ambientale e salute, in un contesto urbano a elevata complessità. Il progetto si concentra su due dimensioni di rischio: la qualità dell'aria, monitorata nei porti di Genova, Civitavecchia, Ancona, Bari e Brindisi, e l'inquinamento acustico, analizzato nel porto di Piombino.

L'obiettivo è stimare l'esposizione della popolazione agli inquinanti e al rumore, valutare gli impatti sanitari associati e





2



3



4



5

Metodi integrati, obiettivi misurabili e risultati attesi

Salpiam propone un approccio multidisciplinare che unisce competenze ambientali ed epidemiologiche per individuare e valutare l'efficacia di soluzioni finalizzate al contenimento dell'esposizione della popolazione ai fattori di rischio collegati alle attività portuali. Esso si colloca tra le iniziative a elevata sinergia istituzionale della linea di investimento 1.4: per la realizzazione degli obiettivi progettuali operano insieme enti del servizio sanitario nazionale (Dipartimento di epidemiologia del Servizio sanitario della Regione Lazio - Asl Rm 1, Aress Puglia), del sistema nazionale di protezione ambientale (Ispra, Arpa Toscana, Arpa Marche) e Università (Università degli studi di Genova, Università Vanvitelli di Napoli); sono state attivate collaborazioni con Arpa Lazio, Arpa Puglia, Sapienza Università di Roma, Università Federico

II di Napoli e con le Autorità portuali delle città coinvolte.

La metodologia di lavoro si basa sull'integrazione di dati provenienti da reti di monitoraggio di routine, campagne di misura progettate *ad hoc* e modelli statistici ad alta risoluzione spaziale. A oggi sono stati sviluppati protocolli operativi per l'analisi retrospettiva dei dati ambientali e per la stima dei trend degli inquinanti, applicando modelli statistici avanzati come Inla-Spde e Gam, capaci di gestire la variabilità spaziale e temporale delle concentrazioni. È stato creato un database con una risoluzione spaziale di 1 km^2 e temporale giornaliera per PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ e NO_2 , integrato con dati meteorologici e informazioni sulle attività portuali. Sono state avviate campagne di misura intensive, come quella nel porto di Civitavecchia,

per validare i modelli e aumentare la risoluzione spaziale fino all'indirizzo di residenza.

Piombino ha ospitato campagne di monitoraggio acustico con postazioni fisse e mobili, finalizzate alla calibrazione di modelli *open source* (Sumo per il traffico e NoiseModelling per il rumore), capaci di generare mappe acustiche aggiornabili ogni 15 minuti. Questi strumenti consentono di simulare scenari controfattuali, valutando l'efficacia di interventi come la riduzione dei limiti di velocità o la modifica delle regole di instradamento dei veicoli. A Cagliari sono state condotte simulazioni per la riduzione dell'impatto sonoro attraverso l'impiego di superfici fonoassorbenti antivibranti sul molo di attracco. È stata anche condotta una revisione sistematica di letteratura per sintetizzare

1 Porto di Ancona.

2-3 Caso di studio Genova.

4-5 Esempio di siti influenzati dal traffico.

le evidenze di associazione tra qualità dell'aria portuale e stato di salute della popolazione, con particolare attenzione a incidenza di tumore, mortalità e ospedalizzazioni. I risultati della revisione sistematica della letteratura hanno rappresentato la base per impostare al meglio lo studio di coorte residenziale sulle popolazioni esposte nelle città portuali di Civitavecchia, Brindisi e Bari, finalizzato ad analizzare l'associazione tra esposizione a inquinamento atmosferico ed esiti sanitari, al netto dello stato socioeconomico e di fattori di rischio individuale. La fattibilità dell'avvio dello studio di coorte è in fase di valutazione da parte del tavolo tecnico interistituzionale che si occupa del porto di Ancona. Il protocollo dello studio di coorte è stato il frutto di un lavoro condiviso tra strutture ambientali e strutture di epidemiologia e rappresenta uno dei risultati dell'integrazione funzionale di progetto.

Per tutti i comuni inclusi nel progetto, Salpiam prevede uno studio di valutazione di impatto (Vis), un approccio comparativo che consente di stimare, in termini di riduzione di malattie e morti premature, i benefici derivanti dall'adozione di interventi finalizzati alla riduzione delle emissioni. Tra gli interventi innovativi figurano il *cold ironing*, tecnologia che permette alle navi di spegnere i motori durante l'ormeggio collegandosi alla rete elettrica, riducendo drasticamente le emissioni di NO₂ e PM, e l'inverdimento mirato delle aree portuali.

La collaborazione con Arpa Lazio e Arpa Puglia sta consentendo di mettere a punto una valutazione dell'impatto integrato ambiente e salute degli scenari emissivi che conseguono la realizzazione degli interventi di *cold ironing* da parte delle autorità portuali di Civitavecchia e di Bari e Brindisi. A Genova è in corso una sperimentazione finalizzata a valutare il ruolo del verde urbano

nella mitigazione dell'inquinamento atmosferico. La metodologia si fonda sulla raccolta e sull'esame di foglie di diverse specie vegetali utilizzate come bioaccumulatori naturali. Le foglie vengono selezionate allo stereomicroscopio, essicate, metallizzate e analizzate mediante microscopia elettronica a scansione (Sem-Edx), così da quantificare abbondanza e diametro delle polveri depositate. Tale sistema di analisi consente di ottenere dati ad alta risoluzione sulla captazione del particolato atmosferico (PM), particolarmente rilevante nei contesti portuali. A questo si aggiunge la validazione condizioni controllate entro una camera di simulazione atmosferica (Chambre), dove specie ornamentali comunemente utilizzate nelle infrastrutture verdi urbane, come *Myrtus communis*, *Nerium oleander* e *Taxus baccata*, vengono esposte ad aerosol a composizione nota (PM₁₀, PM_{2,5}, NO_x e mix di questi, rispettivamente) per verificare la loro capacità di rimozione, integrando così i risultati ottenuti in campo con dati sperimentali robusti. Parallelamente, il progetto sviluppa strumenti operativi a supporto della pianificazione. Tra questi, la produzione di *heatmap* georeferenziate che rappresentano la capacità delle alberature urbane di Genova di accumulare PM, rendendo immediatamente leggibili le aree di maggiore efficacia e le zone in cui interventi di incremento del verde potrebbero essere più strategici. Tali elaborazioni confluiscono in un prototipo di applicazione webgis pensato per tecnici, amministratori e progettisti, che permette di selezionare specie, classi diametrichi e parametri di captazione per pianificare inverdimenti funzionali al miglioramento della qualità dell'aria, favorendo decisioni basate su criteri scientifici. Gli output in corso di sviluppo includono banche dati integrate, mappe di performance vegetale e strumenti



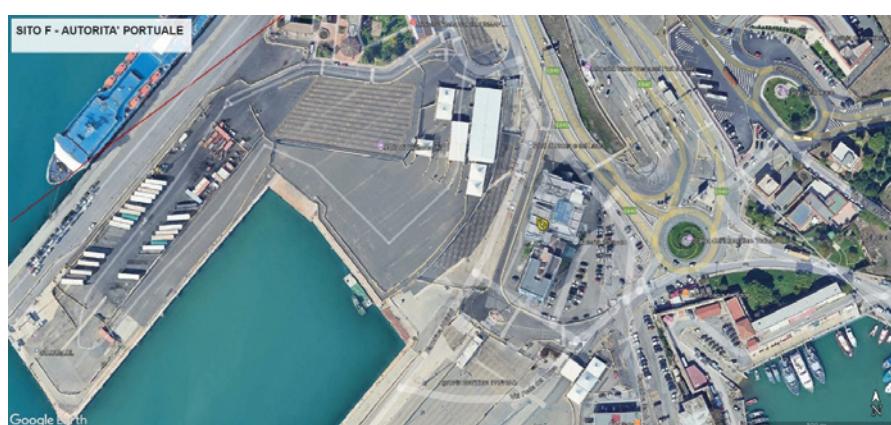
6

digitali destinati a diventare supporti stabili alla gestione urbana. L'approccio è progettato in modo da essere replicabile in altri porti italiani ed europei: le procedure di campionamento, le analisi e le modalità di georeferenziazione sono infatti standardizzate, mentre i modelli sono adattabili ai differenti contesti climatici e morfologici. Ogni azione è accompagnata da indicatori di efficacia misurabili, in un'ottica di adattamento dinamico delle strategie e di trasferibilità dei risultati. La sinergia tra Snps, Snpa, Arpa e università garantisce la robustezza scientifica del disegno, mentre il coinvolgimento delle autorità portuali consente di valutare scenari controfattuali legati a politiche di riduzione delle emissioni e del rumore.

Innovazione e prospettive per la salute pubblica

Il valore aggiunto del progetto risiede nella capacità di trasformare evidenze scientifiche in strumenti operativi per la governance urbana. La costruzione di un modello integrato di gestione delle pressioni ambientali supera la frammentarietà istituzionale e favorisce l'intersektorialità tra ambiente, salute e pianificazione.

Tra le varie attività promosse dal progetto, vi sono anche quelle collegate alla formazione, con l'attivazione di una borsa di dottorato di ricerca, di un modulo di epidemiologia ambientale nel master di epidemiologia dell'Università Vanvitelli e l'organizzazione, insieme



7

6-7 Esempio di siti influenzati principalmente dalle attività portuali.

ad altri progetti del piano nazionale complementare, di un corso residenziale sui metodi per la valutazione dell'esposizione, lo studio degli effetti e la stima degli impatti dell'inquinamento atmosferico.

La disseminazione dei risultati attraverso il sito web (www.salpiam.it), newsletter, eventi nazionali e internazionali e la collaborazione con associazioni come "Cittadini per l'aria" rafforza la consapevolezza collettiva e la partecipazione informata. Le città coinvolte – Genova, Piombino, Ancona, Cagliari, Civitavecchia, Bari e Brindisi – rappresentano un campione eterogeneo per vocazione economica, densità abitativa e caratteristiche climatiche, offrendo un laboratorio ideale per

sviluppare scenari replicabili in altre realtà portuali italiane ed europee. In prospettiva, l'approccio proposto non si limita alla riduzione della pressione ambientale, ma contribuisce alla resilienza urbana, alla sostenibilità energetica e alla tutela della salute pubblica. La possibilità di integrare i risultati nei Piani regionali di prevenzione e nelle politiche nazionali di adattamento climatico apre la strada a una nuova concezione di città-porto, in cui sviluppo economico e benessere collettivo non siano più in conflitto, ma parte di un unico disegno strategico orientato alla sostenibilità. La produzione di articoli scientifici, poster e presentazioni a convegni internazionali, insieme all'attivazione di borse di dottorato e moduli formativi su

epidemiologia ambientale e modelli di dispersione, garantisce la trasferibilità delle conoscenze e la formazione di nuove competenze. In definitiva, Salpiam rappresenta un esempio concreto di come la ricerca applicata possa guidare politiche basate sull'evidenza, con benefici tangibili per la salute dei cittadini e per la qualità dell'ambiente urbano.

Carla Ancona¹, Lisa Bauleo²

1. Dipartimento di epidemiologia del Servizio sanitario della Regione Lazio, Asl Roma 1

2. Dipartimento Ambiente e salute, Istituto superiore di sanità

IL RUOLO DI ISPRA, ARPA MARCHE E ARPA TOSCANA

Ispra

Ispra coordina le attività legate all'obiettivo specifico 2, che mira a valutare l'impatto delle attività portuali sull'inquinamento atmosferico. Questo viene effettuato integrando misure dirette e stime modellistiche, con l'obiettivo di valutare l'esposizione dei cittadini e indirizzare azioni per ridurre l'impatto di queste attività nel complesso sistema città-porto.

Lo studio si concentra su cinque città portuali italiane: Genova, Ancona, Civitavecchia, Bari e Brindisi. Le attività sono organizzate come segue:

- è stato stimato il carico di emissioni delle attività navali, considerando con precisione il tipo di nave e le diverse fasi di navigazione, sia durante la manovra vicina al porto sia durante la sosta. Questo è stato realizzato utilizzando il software Bottom Up Harbor (Buh), che segue le linee guida europee
- sono state analizzate, con vari metodi statistici e un'analisi di sensibilità, le tendenze delle concentrazioni dei principali inquinanti nel tempo. Questo aiuta a identificare i possibili benefici delle misure adottate per ridurre l'inquinamento atmosferico.
- sono state elaborate e validate stime di concentrazione di PM₁₀, PM_{2,5} e NO₂ ad alta risoluzione spaziale (100x100 m) attraverso modelli additivi generalizzati (Gam), per cogliere il contributo delle fonti locali. Le stime annuali per le cinque aree urbane sono state fornite agli epidemiologi per valutazioni di impatto sulla salute
- un approfondimento è previsto nelle città di Civitavecchia e Genova, dove si sta studiando la composizione chimica degli aerosol atmosferici raccolti durante campagne di monitoraggio con una rete di mini-campionatori. Verranno utilizzati modelli statistici per identificare e quantificare i contributi delle diverse fonti di emissione.

Le attività sono realizzate in collaborazione con le varie unità operative e con Arpa Liguria, Arpa Marche, Arpa Puglia e Arpa Lazio, oltre all'Università La Sapienza di Roma e al Cnr-lia.

Arpa Marche

Nel progetto Salpiam Arpa Marche svolge un ruolo fondamentale articolato in cinque ambiti:

- supporto alla governance: partecipa alla gestione tecnico-scientifica, favorendo il coordinamento tra enti locali, regionali e nazionali e contribuendo alla definizione di linee guida operative
- monitoraggio ambientale: valuta nel comune di Ancona l'impatto delle attività portuali sulla qualità dell'aria, misurando le concentrazioni degli inquinanti e analizzando le trasformazioni chimiche in atmosfera
- sorveglianza epidemiologica: conduce un'indagine descrittiva sugli effetti sanitari associati agli inquinanti atmosferici, con attenzione alle fonti di pressione ambientale nel territorio

urbano e portuale

- valutazione dell'impatto sanitario: stima i casi di malattia attribuibili alla presenza del porto, integrando dati ambientali e sanitari e applicando funzioni di rischio basate su evidenze scientifiche

- studio di fattibilità per coorte residenziale: analizza la possibilità di costruire una coorte di residenti per valutare nel tempo gli effetti sanitari dell'esposizione all'inquinamento atmosferico.

Il contributo di Arpam è essenziale per garantire una visione integrata e scientificamente fondata delle interazioni tra ambiente e salute, a beneficio della popolazione e delle politiche territoriali.

Arpa Toscana

Arpat è partner nel progetto Salpiam per la stima dell'impatto dei porti sulla qualità dell'ambiente urbano a essi correlato, valutando gli effetti dell'inquinamento acustico e atmosferico generato dalle attività portuali sulla salute dei cittadini esposti mettendo a punto soluzioni mirate e specifiche per le città portuali.

L'Agenzia è coinvolta nella valutazione dell'inquinamento acustico generato dalle attività portuali, fornendo dati utili alla stima dell'impatto sanitario e nello sviluppo di strumenti innovativi per la mitigazione in tempo reale del rumore presso i ricettori, agendo sui flussi di traffico cittadino.

A Piombino sono state condotte 7 campagne di misura con 26 postazioni mobili e 6 ripetute, mentre a Cagliari le attività si sono concentrate sulla mappatura e riduzione del rumore impulsivo durante le operazioni di imbarco e sbarco veicoli. I dati raccolti hanno alimentato simulazioni acustiche basate su traffico reale, considerando le diverse condizioni stagionali in inverno ed estate. Le criticità emerse nella calibrazione dei modelli sono state superate intervenendo su limiti di velocità e regole di circolazione.

Per migliorare l'affidabilità delle simulazioni, è stata adottata una mappa digitale del terreno ad alta risoluzione (Dtm a passo 2 m) e integrati elementi urbanistici che influenzano la propagazione del rumore, come edifici e infrastrutture.

Punto di forza del progetto è lo sviluppo di un prototipo open source di sistema Its (*Intelligent transport system*), in grado di generare mappe dinamiche di rumore urbano quasi in tempo reale, grazie a modelli di traffico alimentati da immagini da telecamere aggiorinate ogni 15 minuti. Il sistema, attualmente in fase avanzata di test, permetterà di monitorare e gestire l'inquinamento sonoro e ridurre l'esposizione modificando opportunamente i flussi di traffico anche attraverso l'uso di pannelli infografici lungo le strade interessate ottimizzando così l'impatto acustico conseguente.