

ICARO



Centrale di Torrevaldaliga Nord di
Civitavecchia (RM)

Progetto di sostituzione delle unità a
carbone esistenti con nuova unità a gas

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

ai sensi dell'art. 5 c. 1 lettera 1-1bis del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.



Progetto n. 19548I
Revisione: 00
Data: Settembre 2019
Nome File: 19548I-VIS-Civitavecchia

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
2 di 119

INDICE

INTRODUZIONE	6
1. FASE DI SCOPING	8
1.1 Identificazione dell'area di interesse	8
1.1.1 Descrizione del progetto	8
1.1.2 Attività previste per la realizzazione e messa in esercizio delle opere	13
1.1.3 Sintesi degli impatti attesi.....	14
1.2 Caratterizzazione dell'area di interesse	19
1.2.1 Caratterizzazione demografica della popolazione esposta.....	20
1.2.2 Identificazione di specifiche aree di interesse	24
1.3 Identificazione dei fattori di rischio	29
1.4 Scelta degli indicatori di salute adeguati	33
1.4.1 Evidenze tossicologiche	38
1.4.2 Indicatori di salute individuati	51
1.5 Caratterizzazione dello stato di salute nell'assetto ante-operam	52
1.5.1 Mortalità ed ospedalizzazioni	52
1.5.2 Incidenza tumorale	62
1.6 Profilo socio-economico della popolazione esposta.....	71
1.7 Identificazione degli scenari di esposizione	76
2. FASE DI VALUTAZIONE.....	78
2.1 Procedura di valutazione del rischio adottata	78
2.1.1 Procedura di Risk Assessment Tossicologico	79
2.1.2 Procedura di Risk Assessment Epidemiologico	88
2.1.3 Identificazione della procedura di valutazione applicata	90
2.1.4 Risultati modellistici per caratterizzazione degli scenari di esposizione.....	91
2.1.5 Analisi delle incertezze.....	93
2.2 Assessment tossicologico.....	96
2.2.1 Sostanze con rischio tossico.....	96
2.2.2 Sostanze con rischio cancerogeno	101
2.3 Assessment epidemiologico.....	106
2.4 Valutazione delle altre determinanti sulla salute	112
3. MONITORAGGIO SANITARIO	113
4. CONCLUSIONI	114
FONTI UTILIZZATE	116

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	3 di 119

INDICE ALLEGATI

- Allegato 1** Referenze e CV del gruppo di lavoro
- Allegato 2** Valutazione dello stato di salute della popolazione dell'area di inserimento
- Allegato 3** Tavole da Studio ricadute al suolo SIA
- Allegato 4** Concentrazioni di input per la valutazione di rischio
- Allegato 5** Risultati di dettaglio assessment tossicologico
- Allegato 6** Risultati di dettaglio assessment epidemiologico
- Allegato 7** Valutazione delle altre determinanti sulla salute

INDICE TAVOLE

- Tavola 1** Corografia dell'area di interesse
- Tavola 2a** Mappa densità della popolazione totale
- Tavola 2b** Mappa densità della popolazione maschile
- Tavola 2c** Mappa densità della popolazione femminile
- Tavola 3** Mappa uso del suolo
- Tavola 4** Mappa ubicazione recettori sensibili
- Tavola 5** Mappa Distretti Socio-Sanitari
- Tavola 6** Mappa ubicazione recettori rappresentativi
- Tavola 7a** Mappa curve di isolivello assessment tossicologico - HI Fase 1
- Tavola 7b** Mappa curve di isolivello assessment tossicologico - HI Fase 2
- Tavola 7c** Mappa curve di isolivello assessment tossicologico - HI Fase 3
- Tavola 8a** Mappa curve di isorischio cancerogeno assessment tossicologico - Fase 1
- Tavola 8b** Mappa curve di isorischio cancerogeno assessment tossicologico - Fase 2
- Tavola 8c** Mappa curve di isorischio cancerogeno assessment tossicologico - Fase 3

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
4 di 119

ELENCO FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento territoriale</i>	8
<i>Figura 2: Ubicazione degli interventi</i>	9
<i>Figura 3: Domini di calcolo (G1 e G2), griglie recettori e orografia del modello CALMET da Studio CESI – Allegato al SIA</i>	18
<i>Figura 4: Dettaglio dell'ubicazione dell'opera</i>	19
<i>Figura 5: Ripartizione Comuni secondo fasce di popolazione esposta</i>	21
<i>Figura 6: Ripartizione dei Comuni dell'area di interesse per densità totale</i>	23
<i>Figura 7: Estensione dei Comuni dell'area di interesse</i>	23
<i>Figura 8: ASL del Lazio</i>	28
<i>Figura 9: Modello Concettuale Ambientale Sanitario preliminare</i>	31
<i>Figura 10: Penetrazione degli inquinanti nel tratto respiratorio (Modificata da Künzli et al. – Epiair 2)</i>	38
<i>Figura 11: Correlazione fra livelli di carbossiemoglobina nel sangue e relativi effetti patologici nell'uomo (ASTDR, 2012)</i>	44
<i>Figura 12: Dimensioni relative del particolato atmosferico (US EPA)</i>	48
<i>Figura 13: SMRs per tutte le cause (periodo 2011-2014), confronto con l'Italia (estratto da Allegato 2- figura 16)</i>	53
<i>Figura 14: Ospedalizzazioni per tutte le cause (periodo 2007-2015), confronto con l'Italia (estratto da Allegato 2- figura 20)</i>	54
<i>Figura 15: Incidenza totale espressa in % per tutti i tipi di tumore, anno 2017 (Fonte: Open Salute Lazio)</i>	62
<i>Figura 16: Numero di malati di tumore per anno e per sesso - Regione Lazio 2017 (Fonte: Open Salute Lazio)</i>	63
<i>Figura 17: Tasso grezzo per anno e per sesso - Regione Lazio 2017 (Fonte: Open Salute Lazio)</i>	63
<i>Figura 18: Tasso standardizzato di incidenza (standard europeo) del tumore del polmone per 100.000 per sesso, 2015 (fonte: Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano e ISS, www.tumori.net)</i>	65
<i>Figura 19: Tasso standardizzato di incidenza (standard europeo) del tumore del polmone per 100.000, uomini e donne, 2015 (fonte: Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano e ISS, www.tumori.net)</i>	65
<i>Figura 20: Aree che hanno fornito dati per Rapporto AIRTUM 2018 [fonte: AIRTUM]</i>	66
<i>Figura 21: Incidenza e mortalità uomini a sx e incidenza e mortalità donne a dx [fonte: AIRTUM]</i>	67
<i>Figura 22: Incidenza e mortalità uomini-donne [fonte: AIRTUM]</i>	67
<i>Figura 23: Numero di malati anni 2010-2017 per sesso – Regione Lazio (Fonte: Open Salute Lazio)</i>	68
<i>Figura 24: Tasso grezzo anni 2010-2017 per sesso – Regione Lazio (Fonte: Open Salute Lazio)</i>	68
<i>Figura 25: Variazione del valore aggiunto a prezzi correnti in provincia di Viterbo, Lazio e Italia 2016 -2017 (in %)</i>	71
<i>Figura 26: Andamento delle esportazioni in provincia di Viterbo, Lazio e Italia 2011 - 2017 (in %)</i>	72
<i>Figura 27: Tasso di disoccupazione per regione – anno 2017</i>	75
<i>Figura 28: Modello Concettuale Ambientale Sanitario definitivo</i>	76
<i>Figura 29: Metodologia di Valutazione del Rischio Tossicologico</i>	79
<i>Figura 30: Approccio TTC</i>	80
<i>Figura 31: Confronto fra utilizzo di BMD e NOEL</i>	83
<i>Figura 32: Albero decisionale (Schern, 2012) applicato al caso particolato secondario del caso in esame</i>	87
<i>Figura 33: Curva di isolivello HI – Fase 1</i>	98
<i>Figura 34: Curva di isolivello HI – Fase 2</i>	99
<i>Figura 35: Curva di isolivello HI – Fase 3</i>	100
<i>Figura 36: Curve di isorischio cancerogeno Fase 1</i>	103
<i>Figura 37: Curve di isorischio cancerogeno Fase 2</i>	104
<i>Figura 38: Curve di isorischio cancerogeno Fase 3</i>	105

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
5 di 119

ELENCO TABELLE

<i>Tabella 1: Dati emissivi ante e post operam del progetto in esame</i>	12
<i>Tabella 2: Flusso di massa ante e post operam delle emissioni del progetto in esame</i>	12
<i>Tabella 3: Sintesi impatti attesi</i>	17
<i>Tabella 4: Elenco Comuni ricadenti all'interno dell'area di interesse</i>	20
<i>Tabella 5: Popolazione dell'area di interesse aggiornata al 2018 (Fonte:Istat)</i>	20
<i>Tabella 6: Popolazione esposta nell'area di indagine, anno 2011</i>	21
<i>Tabella 7: Distribuzione della popolazione residente al 1° gennaio 2018 nei Comuni ricadenti nell'area di interesse, suddivisa per classi di età</i>	22
<i>Tabella 8: Densità della popolazione dell'area di interesse (abitanti / km²)</i>	22
<i>Tabella 9: Elenco recettori sensibili</i>	25
<i>Tabella 10: Sintesi impatti attesi</i>	30
<i>Tabella 11: Metodi per lo studio degli effetti sulla salute prodotti dagli inquinanti atmosferici</i>	33
<i>Tabella 12 - Effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico - Fonte: Progetto EpiAir2</i>	36
<i>Tabella 13: Correlazione fra la dose di carbossiemoglobina (COHb) nel sangue e relativi effetti patologici (ASTDR, 2012)</i>	44
<i>Tabella 14: Incidenza regionale [fonte: AIRTUM]</i>	63
<i>Tabella 15: Stime di incidenza e mortalità per tumore del polmone in Italia e nelle regioni italiane nel 2013 per uomini e donne. Numero di casi/decessi, tassi grezzi e standardizzati (std) per età (pop. Europea) per 100.000 persone/anno. Classe di età 0-99 anni (fonte: Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano e ISS, www.tumori.net)</i>	66
<i>Tabella 16: Numero assoluto, anno 2017 per sesso (Fonte: Open Salute Lazio)</i>	69
<i>Tabella 17: Tasso grezzo tumore al polmone, bronchi e trachea per ASL e sesso</i>	69
<i>Tabella 18: Tasso grezzo tumore al polmone, bronchi e trachea per Comune e sesso</i>	69
<i>Tabella 19: Tasso standardizzato tumore al polmone, bronchi e trachea per ASL e sesso</i>	70
<i>Tabella 20: Tasso standardizzato tumore al polmone, bronchi e trachea per Comune e sesso</i>	70
<i>Tabella 21: Riepilogo delle imprese e delle unità locali per stato di attività delle imprese (Anno 2017)</i>	72
<i>Tabella 22: Imprese femminili per forma giuridica e settore di attività economica (Anno 2017)</i>	73
<i>Tabella 23: Principali indicatori del mercato del lavoro suddivisi per genere nelle province laziali, nel Lazio ed in Italia nel 2017 (Valori in %)</i>	73
<i>Tabella 24: Forze di lavoro potenziali di 15-74 anni per sesso (Fonte: Istat)</i>	74
<i>Tabella 25: Tasso di attività per sesso ed età (Fonte: Istat)</i>	74
<i>Tabella 26: Comuni presenti all'interno dell'area di interesse</i>	77
<i>Tabella 27: Tipo di rischio associato ai parametri di interesse</i>	90
<i>Tabella 28: Estratto da studio CESI (stima modellistica delle concentrazioni in atmosfera dei macroinquinanti normati nel punto di massima ricaduta)</i>	91
<i>Tabella 29: Estratto Direttiva 2003/2/CE Allegato VII</i>	95
<i>Tabella 30: RfC associato ai parametri di interesse</i>	96

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	6 di 119

INTRODUZIONE

La Società Enel Produzione S.p.A. ha in progetto per la Centrale di Torrevaldaliga Nord di Civitavecchia (RM) interventi di sostituzione dell'unità a carbone esistente con nuova unità a gas.

L'obiettivo principale di tale progetto è quello di proporre una tecnologia di combustione capace di garantire la compatibilità ambientale delle emissioni generate e delle tecnologie impiegate in accordo con le BAT (Best Available Techniques) di riferimento, con l'obiettivo al contempo di salvaguardare l'adeguatezza del sistema elettrico nazionale, la qualità del servizio locale e la stabilità di rete richiesta, preservando il più possibile la struttura impiantistica esistente.

Il presente documento rappresenta lo studio di Valutazione dell'Impatto Sanitario (VIS) per le attività in progetto.

Il D.Lgs. 152/06 a s.m.i. riporta all'art. 5 comma 1 b-bis) la seguente definizione:

“Valutazione di Impatto Sanitario, di seguito VIS: elaborato predisposto dal proponente sulla base delle linee guida adottate con decreto del Ministro della salute, che si avvale dell'Istituto Superiore di Sanità, al fine di stimare gli impatti complessivi, diretti e indiretti, che la realizzazione e l'esercizio del progetto può procurare sulla salute della popolazione”.

In G.U. il 31 maggio 2019 n. 126 è stato pubblicato il Decreto Ministero della Salute del 27 marzo 2019 che adotta le Linee guida concernenti la "Valutazione di Impatto Sanitario (VIS)".

Tali Linee guida sono un aggiornamento sia di quanto pubblicato nel "Rapporto Istisan 17/4" dell'Istituto superiore sanità, sia di quanto prodotto nel progetto "CCM - Valutazione di Impatto sulla Salute Linee Guida e strumenti per valutatori e proponenti - T4HIA" del Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie del Ministero della Salute.

Le disposizioni del suddetto decreto si applicano alle istanze avviate a partire dal 31 luglio 2019, pertanto di fatto esso costituisce il riferimento metodologico principale per lo studio in oggetto.

Le "Linee Guida per la valutazione di impatto sanitario (D.Lgs. 104/2017)" sono inoltre pubblicate nel recente Rapporto ISTISAN 19/9.

I principali documenti di riferimento alla base della metodologia applicata nel presente studio VIS sono riportati a seguire. Per l'insieme delle fonti bibliografiche si rimanda al paragrafo in chiusura dello studio.

- "Linee Guida per la Valutazione di Impatto Sanitario" approvate con DM 27/03/2019;
- "Linee guida per la valutazione di impatto ambientale e sanitario nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA)" (2015) redatte dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA);
- "Valutazione di Impatto sulla Salute – Linee Guida per proponenti e valutatori" redatte nell'ambito del Progetto T4HIA promosso dal Ministero della Salute (2016);

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	7 di 119

- “Linee guida per la Valutazione di Impatto Sanitario (VIS) (Legge 221/2015, art. 9)” redatte dall’Istituto Superiore della Sanità (2017).

La valutazione è articolata nelle seguenti fasi, in accordo con i riferimenti metodologici sopra indicati:

Fase di Screening, che costituisce una fase preliminare nella quale viene effettuata una ricognizione dei dati di base al fine presentare una prima identificazione e caratterizzazione della popolazione esposta (PE), unitamente ad una valutazione di sintesi degli impatti prevedibili, al fine di valutare la necessità di sviluppare la VIS per i casi in cui non sia obbligatoria ai sensi di legge.

Fase di Scoping, attraverso la quale sono definiti:

1. Identificazione dell’area di interesse (AI) in termini di estensione geografica (area di influenza degli impatti stimati diretti e indiretti dell’opera);
2. Caratterizzazione dell’area di interesse:
 - popolazione esposta (PE) - numerosità, densità, caratterizzazione per sesso ed età,
 - distribuzione della popolazione sul territorio,
 - identificazione di specifiche aree di interesse (target sensibili quali scuole e ospedali, aree produttive industriali, aree con criticità ambientali quali aree di bonifica, zone ad uso agricolo, altre aree di interesse specifico, quali naturali protette o archeologiche, etc.).
3. Identificazione dei fattori di rischio ante e post-operam;
4. Scelta degli indicatori di salute adeguati;
5. Valutazione dello stato di salute ante-operam della popolazione interessata
6. Profilo socio-economico della popolazione esposta
7. Identificazione degli scenari di esposizione
8. Eventuale valutazione ecotossicologica

Fase di Valutazione (Assessment / Appraisal), che ha come principale obiettivo quello di quantificare i potenziali impatti sulla salute, che viene sviluppata mediante:

1. Procedura di valutazione del rischio adottata
2. Assessment tossicologico
3. Assessement epidemiologico
4. Valutazione degli altri determinanti sulla salute

Fase di Monitoraggio, che prevede la definizione dei contenuti, delle modalità e della periodicità dei controlli da effettuare nell’assetto post-operam in stretta collaborazione con le istituzioni sanitarie locali.

In **Allegato 1** sono riportati Referenze e CV del Gruppo di Lavoro che ha sviluppato lo studio di Valutazione dell’Impatto Sanitario (VIS) per il progetto in esame.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
8 di 119

1. FASE DI SCOPING

1.1 Identificazione dell'area di interesse

Al fine di identificare l'area di interesse per le valutazioni di impatto sanitario, risulta opportuno inquadrare sinteticamente il progetto, gli interventi previsti e la previsione di estensione degli impatti di cui allo Studio di Impatto Ambientale.

1.1.1 Descrizione del progetto

La Centrale termoelettrica di Torrevaldaliga Nord è ubicata lungo la costa laziale, nella città metropolitana di Roma Capitale, nel territorio del comune di Civitavecchia, a circa 2 km a NNW di Punta La Mattonara.

L'area della Centrale è attraversata dalla ferrovia Roma-Pisa, che divide il sito in due parti.

Complessivamente l'area occupata dall'impianto è di circa 700.000 m², su un'area di proprietà di circa 975.000 m².

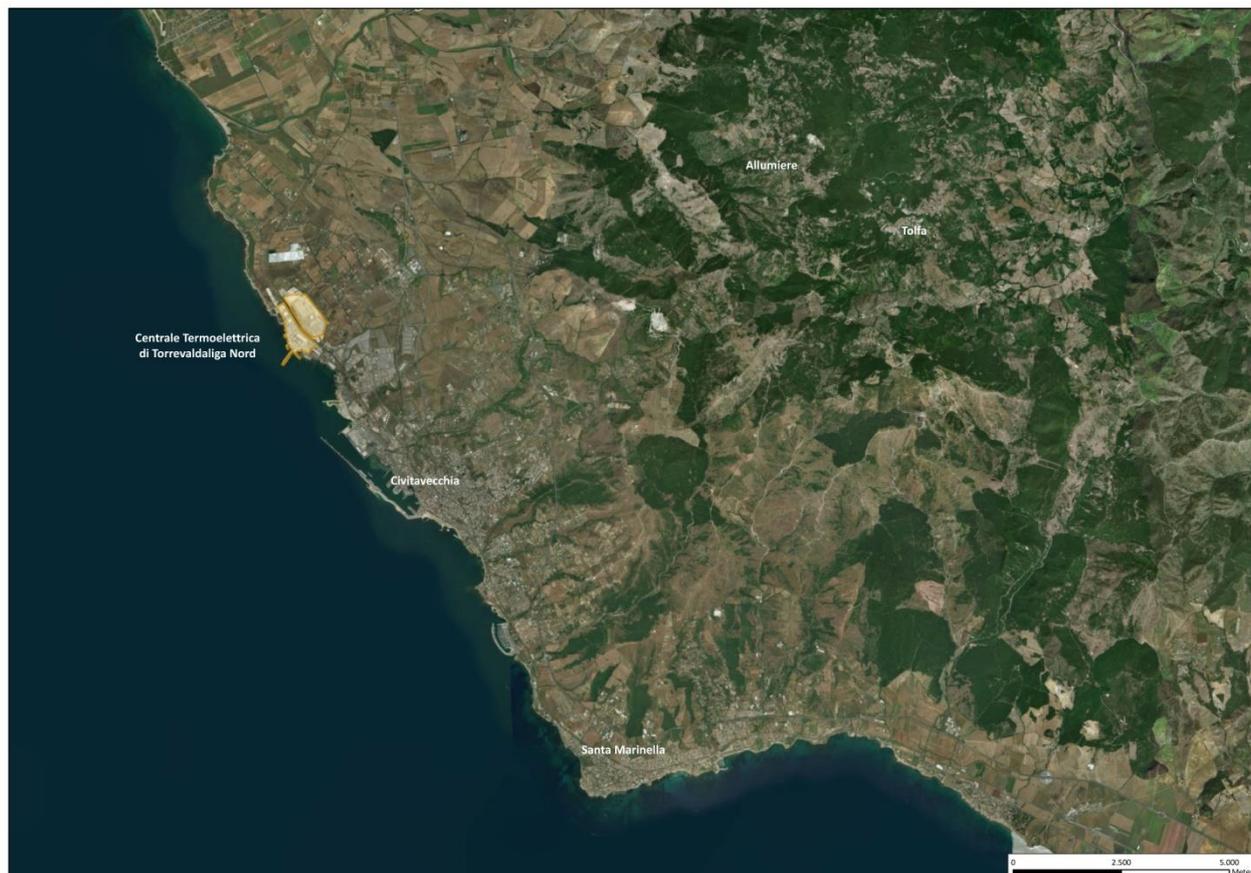


Figura 1: Inquadramento territoriale

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
9 di 119

L'ubicazione degli interventi in progetto è rappresentata nella figura successiva.

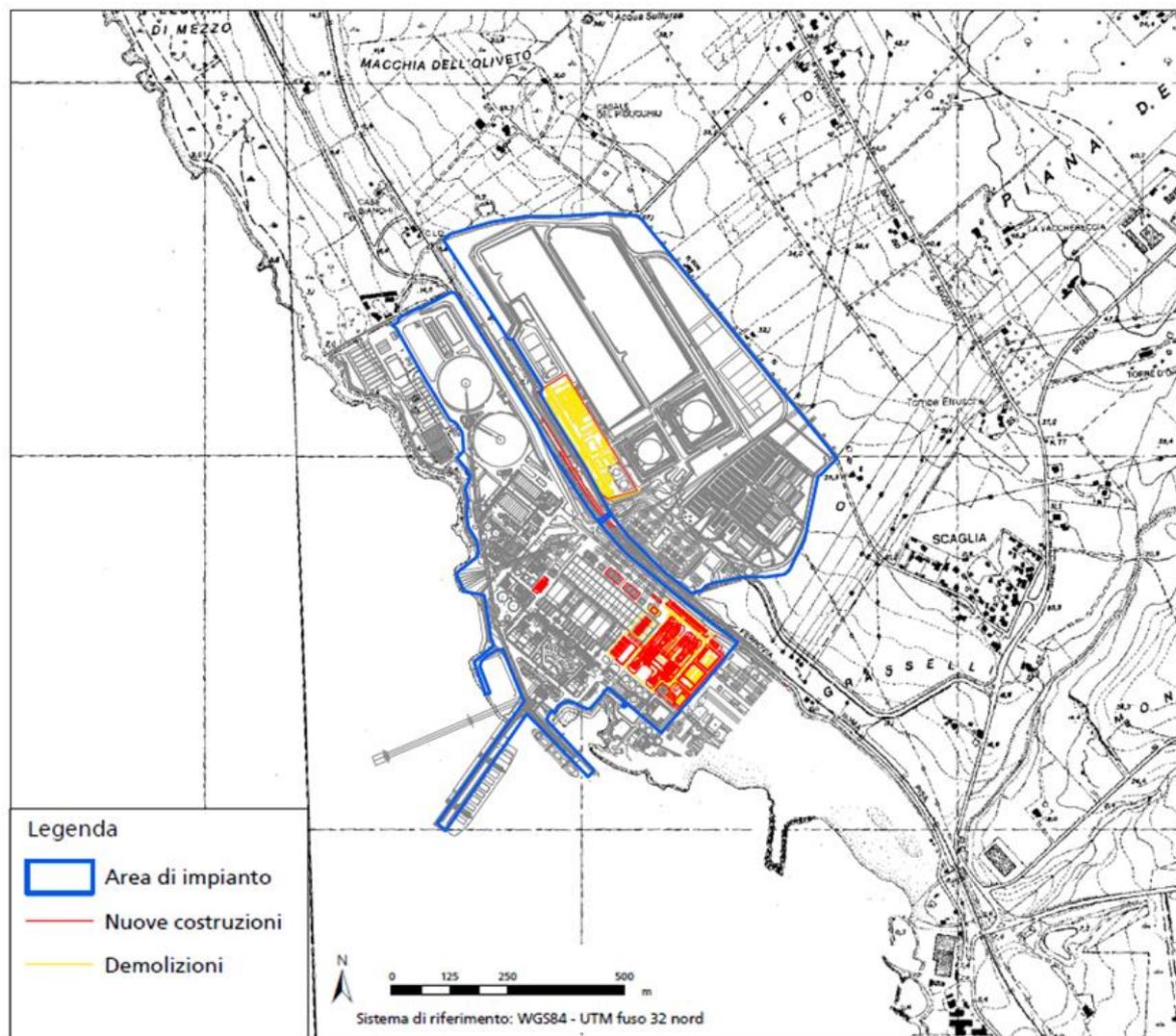


Figura 2: Ubicazione degli interventi

Il progetto prevede la realizzazione nell'area di impianto di nuove unità a gas in configurazione due su uno.

La configurazione finale d'impianto verrà raggiunta tramite tre fasi:

- **Fase 1:** unità turbogas 1A in ciclo aperto su camino di by-pass(ciclo aperto), con la messa fuori servizio di tutte le unità a carbone esistenti;
- **Fase 2:** funzionamento unità turbogas 1A e 1B in ciclo aperto su camino di by-pass(ciclo aperto); fuori servizio di tutte le unità a carbone esistenti;
- **Fase 3:** potenziale funzionamento in ciclo combinato TVN1A e TVN1B; fuori servizio di tutte le unità a carbone esistenti.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
10 di 119

La prima turbina a gas ad essere costruita, denominata TVN 1A, sarà predisposta con camino di by-pass e potrà erogare potenza in modo indipendente (funzionamento in ciclo aperto OCGT). In successione si procederà alla costruzione di un'altra unità turbogas in ciclo aperto, denominata TVN1B. Anche quest'ultimo turbogas sarà provvisto di camino di by-pass per consentire il funzionamento in ciclo aperto. Nella terza fase sarà realizzata la potenziale chiusura in ciclo combinato delle due unità turbogas, installando due caldaie a recupero e una turbina a vapore in sala macchine, al posto della TV1 esistente.

In sostanza, il progetto in esame sarà costituito essenzialmente dalle due turbine a gas, dalla potenza nominale pari a circa 560 MWe (cad), dalle due caldaie a tre livelli di pressione per il recupero dei gas di scarico, e da una turbina a vapore a condensazione della potenza di circa 560 MW.

Le componenti principali della nuova unità saranno:

- Turbina a gas,
- Camino di by-pass
- Generatore di vapore a recupero,
- Turbina a vapore,
- Condensatore.

A seguire si riporta una descrizione sintetica di tali componenti.

Turbine a gas

Saranno installate macchine di classe "H", dotate di bruciatori DLN (Dry Low NOx) o ULN (Ultra Low NOx) a basse emissioni di NOx di avanzata tecnologia per contenere al massimo le emissioni. La turbina sarà provvista di tutti gli ausiliari, sistema di controllo e protezione (con HMI), da collegare/integrare con il DCS di impianto, sistema di vibrazione e monitoraggio, sistema antincendio, strumentazione, ecc..

Camino di by-pass

Sarà installato in uscita alla turbina a gas solo per il funzionamento in ciclo aperto (Fasi 1 e 2). Il camino sarà dotato di una struttura esterna di sostegno e un silenziatore prima dello sbocco in atmosfera. Per consentire il passaggio da ciclo aperto a chiuso e viceversa nella configurazione finale, la base del camino sarà predisposta con un "diverter damper".

Generatore di vapore a recupero (GVR)

I gas di scarico provenienti dalla turbina a gas saranno convogliati all'interno del generatore di vapore a recupero (GVR) dove attraverseranno in sequenza i banchi di scambio termico. I fumi esausti saranno poi convogliati in atmosfera attraverso il camino.

Il GVR sarà di tipo orizzontale, che produce vapore surriscaldato a 3 livelli di pressione: alta pressione (AP), media pressione (MP), bassa pressione (LP) (con degasatore integrato a seconda della tecnologia del Fornitore) e risurriscaldatore. Il GVR sarà progettato per fast start e cycling operation. Il GVR inoltre includerà un catalizzatore SCR, con iniezione di ammoniaca, idoneo a raggiungere il target sulle emissioni

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
11 di 119

NOx. Sul circuito acqua-vapore, il condensato verrà inviato per mezzo di pompe di estrazione alla caldaia a recupero; all'interno del GVR l'acqua verrà inviata al preriscaldatore e da qui al degasatore ed al corpo cilindrico BP.

Il vapore BP prodotto verrà elevato in temperatura nel surriscaldatore BP e quindi immesso nella turbina a vapore. Dal corpo cilindrico BP due pompe alimento provvederanno a inviare l'acqua alle sezioni MP e AP della caldaia. Il vapore MP verrà successivamente surriscaldato nell'MP SH e da qui convogliato nel collettore del vapore risurriscaldato freddo, dove si mescolerà con il vapore uscente dal corpo di alta pressione della TV. Tale vapore entrerà nell'RH dove verrà elevato in temperatura e quindi immesso nella turbina a vapore. Il vapore saturo AP, prodotto nel corpo cilindrico AP, verrà successivamente surriscaldato e quindi immesso nella turbina a vapore. In uscita ad ogni GVR ci sarà una ciminiera, realizzata in acciaio, con un diametro di circa 8,5 m e un'altezza di circa 90 m. Il camino sarà di tipo self-standing senza bisogno del supporto di una struttura esterna.

Turbina a vapore (TV)

La Turbina a vapore (TV) sarà nuova e verrà installata sul cavalletto dell'unità 1. Essa sarà del tipo a 3 livelli di pressione con risurriscaldamento intermedio: il vapore, dopo aver attraversato il corpo di alta pressione, uscirà dalla TV e rimandato nel GVR per un ulteriore risurriscaldamento, consentendo un notevole innalzamento dell'efficienza del ciclo termico. La turbina riceverà vapore BP dallo scarico della sezione MP e dai GVR e scaricherà il vapore esausto al condensatore ad acqua. E' previsto anche un sistema di bypass al condensatore, dimensionato per il 100% della portata vapore, da utilizzare per le fasi di primo avviamento e in caso di anomalia della turbina a vapore. La turbina sarà provvista di tutti gli ausiliari, sistema di controllo e protezione (con HMI), da collegare/integrare con il DCS d'impianto, sistema di vibrazione e monitoraggio, sistema antincendio, strumentazione, ecc..

Condensatore di vapore

Il condensatore di vapore accoppiato alla nuova Turbina a vapore sarà raffreddato ad acqua di circolazione (acqua di mare), in ciclo aperto. La portata acqua di circolazione che attraversa il condensatore dell'unità 1 sarà 24,5 m³/s (come nella situazione attuale). Il differenziale massimo di temperatura prelievo/restituzione previsto sarà di 8°C.

Questo valore consente di mantenere durante il normale esercizio una temperatura allo scarico di 35°C, come da prescrizione di legge anche nello scenario estivo con temperatura massima del mare a 27°C.

Il condensatore sarà inoltre provvisto dei seguenti ausiliari:

- sistema di filtrazione acqua in ingresso alle pompe griglie fisse e rotanti);
- sistema per la pulizia continua dei fasci tubieri;
- sistema di dosaggio ipoclorito;
- sistema di vuoto al condensatore (dimensionato per le fasi di hogging e holding).

È previsto il recupero dell'opera di presa e delle condotte di adduzione fino al condensatore esistente. Verranno recuperate anche le pompe acqua circolazione esistenti, con interventi di revamping e

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
12 di 119

ottimizzazione (eventuale potenziamento per ridurre il differenziale di temperatura) a valle dell'assegnazione del fornitore del Power Train e della definizione delle macchine. Anche il sistema di restituzione esistente, in uscita dal condensatore, verrà riutilizzato.

Sintesi del quadro delle emissioni in atmosfera

I dati di input per la valutazione dell'esposizione della popolazione interessata derivano dai risultati delle simulazioni effettuate da CESI nell'ambito dello studio "Emissioni degli inquinanti in atmosfera e valutazione delle ricadute sulla qualità dell'aria" allegato allo Studio di Impatto Ambientale.

In tabella seguente si riporta una sintesi delle emissioni attese nei due assetti di progetto considerate dallo studio sopra citato (tratte dallo studio CESI "Emissioni degli inquinanti in atmosfera e valutazione delle ricadute sulla qualità dell'aria" allegato allo Studio di Impatto Ambientale):

Gruppo	Temperatura (°C)	Velocità (m/s)	Portata (Nm ³ /h)	O ₂ Rif. (%)	SO ₂ (mg/Nm ³)	NO _x (mg/Nm ³)	NH ₃ (mg/Nm ³)	PTS (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)
Assetto attuale									
TN2	110	30	2.100.000	6	100	100	5	10	120
TN3			2.100.000		100	100	5	10	120
TN4			2.100.000		100	100	5	10	120
Fase 1									
TN1A-bypass	680	40	4.150.000	15	---	30	---	---	30
Fase 2									
TN1A-bypass	680	40	4.150.000	15	----	30	---	---	30
TN1B-bypass	680	40	4.150.000	15	----	30	---	---	30
Fase 3									
TN1A	80	20	4.150.000	15	----	10	5	---	30
TN1B	80	20	4.150.000	15	----	10	5	---	30

Tabella 1: Dati emissivi ante e post operam del progetto in esame

Scenario	SO ₂	NO _x	NH ₃	CO	PTS
	kg/h				
Attuale	630	630	31,5	756	63
Progetto	---	83	41,5	249	---

Tabella 2: Flusso di massa ante e post operam delle emissioni del progetto in esame

I dati sopra riportati evidenziano **la significativa riduzione dell'impatto del progetto sulla componente atmosfera.**

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
19548I

 PAGINA
13 di 119

1.1.2 Attività previste per la realizzazione e messa in esercizio delle opere

Per quanto concerne gli interventi di nuova realizzazione, le attività di cantiere previste possono essere sintetizzate in:

- preparazione del sito;
- connessioni stradali;
- costruzioni temporanee di cantiere;
- eventuale trattamento di vibroflottazione o vibrocompattazione dei terreni;
- fondazioni profonde e superficiali di macchinari principali e secondari;
- fondazioni profonde e superficiali di edifici principali e secondari;
- fondazione ciminiera;
- diesel di emergenza – vasca di contenimento e fondazioni;
- trasformatore – vasca di contenimento e fondazioni;
- fondazioni e strutture di cable/pipe rack;
- fondazione per serbatoi;
- pozzetti, tubazioni e vasche di trattamento acque sanitarie;
- rete interrati (fognature, vie cavo sotterranee, conduits, drenaggi, etc.);
- adeguamento della vasca di prima pioggia esistente, a cui confluiscono le acque interessate dalla costruzione del nuovo CCGT;
- recinzione;
- aree parcheggio;
- strade interne e illuminazione, parcheggi;
- eventuale sistemazione a verde.

Le attività previste per la messa in esercizio delle opere sono riconducibili a *pre-commissioning*, *commissioning* ed *avviamento*.

Lo scopo del *pre-commissioning* è quello di verificare che tutte le parti dell'impianto, una volta completate meccanicamente, siano realizzate in maniera conforme al progetto originario. Durante tale fase sono previsti lavori meccanici al fine di rettificare eventuali installazioni non correttamente realizzate.

La fase di *commissioning* inizia quando le attività di *pre-commissioning* sono quasi ultimate, quindi ad impianto meccanicamente completato. Al termine del *commissioning* l'impianto sarà pronto per l'avviamento. Di conseguenza in questa fase verranno applicate tutte le procedure di sicurezza previste.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
14 di 119

1.1.3 Sintesi degli impatti attesi

L'individuazione delle componenti ambientali effettuata in ambito VIA ai fini dell'analisi del sistema territoriale locale si è basata sulle caratteristiche tipologiche e dimensionali del progetto in esame, sui requisiti definiti dalla legislazione vigente in materia di valutazione di impatto ambientale e sulle specifiche caratteristiche del sito interessato dagli interventi.

In dettaglio, le componenti ambientali individuate significative sono:

- Atmosfera e qualità dell'aria, per caratterizzare l'area dal punto di vista meteo-climatico e valutare la significatività delle emissioni generate dal progetto;
- Ambiente idrico, per valutarne la qualità attuale e a seguito della realizzazione ed esercizio del progetto proposto;
- Suolo e sottosuolo, per definire le caratteristiche delle aree interessate attuali e a seguito della realizzazione ed esercizio del progetto proposto;
- Biodiversità, in virtù delle caratteristiche di naturalità dell'area circostante il sito di centrale e a seguito della realizzazione ed esercizio del progetto proposto;
- Clima acustico e vibrazionale, per la valutazione dell'eventuale incremento dei livelli di rumore e vibrazioni a seguito della realizzazione ed esercizio del progetto proposto;
- Radiazioni ionizzanti e non ionizzanti che possono avere conseguenze sulla salute pubblica in funzione delle caratteristiche proprie dell'emissione popolazione a seguito della realizzazione ed esercizio del progetto proposto;
- Paesaggio, per ciò che concerne l'influenza delle previste attività di progetto sulle caratteristiche percettive dell'area;
- Salute pubblica, per la valutazione delle potenziali ricadute dirette ed indirette sulla popolazione a seguito della realizzazione ed esercizio del progetto proposto.

Lo Studio di Impatto Ambientale del progetto in esame riporta una valutazione estesa ed in molti casi quantificata degli impatti sulle singole componenti. A tale Studio si rimanda per le valutazioni di dettaglio mentre a seguire si riporta una sintesi della stima degli impatti attesi sulle singole componenti, utile per:

- definizione dell'area di interesse,
- identificazione dei fattori di rischio.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
15 di 119

Componente o fattore ambientale interessato	Stima INTERAZIONI attese	Stima IMPATTO atteso
ATMOSFERA E QUALITÀ DELL'ARIA	<p>Durante le attività in <u>fase di cantiere</u> le emissioni principali saranno sostanzialmente riconducibili ai mezzi di trasporto e macchine operatrici attraverso i processi di combustione dei motori e la movimentazione e trasporto di materiali polverulenti. Adeguate misure di mitigazione ed assenza di recettori sensibili in prossimità del cantiere.</p> <p>La valutazione dell'impatto connesso alle emissioni di polveri generate in fase di cantiere mostra che è da ritenersi non significativo, completamente reversibile e circoscritto all'area di intervento.</p>	Nessun impatto significativo prevedibile
	<p>Durante la <u>fase di esercizio</u> gli impatti sulla componente indotti dalla Centrale saranno prevalentemente associati alle emissioni di inquinanti dai camini.</p> <p>In Fase 1 ed in Fase 2 è attesa l'eliminazione di emissioni di SO₂ e particolato primario ed una riduzione significativa delle emissioni di NO₂ e CO.</p>	<p>L'analisi modellistica effettuata ha mostrato l'ampio rispetto limiti da D. Lgs. 155/2010, sia nello scenario attuale che in entrambe le fasi di quello di progetto.</p> <p>Attesa riduzione di impatto.</p>
AMBIENTE IDRICO ACQUE SUPERFICIALI	<p>Gli scarichi liquidi derivanti dalle attività di <u>fase di cantiere</u> sono riconducibili a:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ reflui sanitari convogliati alla rete di centrale, ▪ reflui derivanti dalle lavorazioni: trattati dai sistemi di centrale o smaltiti come rifiuti. 	Nessun impatto significativo prevedibile.
	<p>In <u>fase di esercizio</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ è attesa una riduzione della potenza termica dissipata attraverso le acque di raffreddamento, ▪ non sono previste modifiche né nell'ubicazione dei punti di prelievo e scarico in mare, ▪ si continuerà a garantire il rispetto dei limiti AIA allo scarico. 	<p>Attesa riduzione di impatto termico (risultato di analisi modellistiche previsionali).</p> <p>Nessun ulteriore impatto aggiuntivo previsto</p>
AMBIENTE IDRICO ACQUE SOTTERRANEE	<p>Le misure di prevenzione previste per la <u>fase di cantiere</u> portano a stimare come basso il potenziale di interferenza sulla falda in fase di cantiere.</p> <p>Per quanto riguarda le acque da aggettamento, queste potranno esser inviate a trattamento (se esplicitamente autorizzato). o, in alternativa, gestite come rifiuto.</p>	Nessun impatto significativo prevedibile.
	<p>Il nuovo assetto in <u>fase di esercizio</u> non comporta utilizzo di acque sotterranee. Opportune misure di protezione comporteranno adeguata protezione della risorsa in oggetto.</p>	Nessun impatto prevedibile.
SUOLO E SOTTOSUOLO	<p>In <u>fase di cantiere</u> le interazioni sul suolo e sottosuolo sono riconducibili essenzialmente ai movimenti terre, con la conseguente gestione delle terre e rocce da scavo (riutilizzo interno o smaltimento come rifiuto).</p> <p>L'occupazione di suolo per aree aggiuntive rispetto a quelle di stabilimento per la fase di cantiere sarà temporanea.</p> <p>Per la componente suoli nel sito non è stato necessario effettuare alcuna caratterizzazione. La caratterizzazione ambientale sarà svolta, prima dell'inizio degli scavi, nel rispetto di quanto riportato nell'allegato 4 del D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120.</p>	Nessun impatto significativo prevedibile.
	<p>In <u>fase di esercizio</u>, nessuna interazione prevista grazie</p>	Nessun impatto significativo prevedibile.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
16 di 119

Componente o fattore ambientale interessato	Stima INTERAZIONI attese	Stima IMPATTO atteso
	<p>all'adozione di adeguate misure di protezione ed operative. Nessuna occupazione di area ulteriore al di fuori dei limiti di stabilimento.</p> <p>Come per la fase di cantiere, si può affermare che gli interventi in progetto mantengono inalterati i presupposti e le assunzioni con cui è stato elaborato il Progetto Definitivo di Bonifica approvato, anche in riferimento alle vie di esposizione dei contaminanti ed ai recettori individuati.</p>	
BIODIVERSITÀ	<p>In prossimità dell'area della Centrale sono presenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SIC IT6000005 "Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara" (a circa 0,4 km); • ZPS IT6030005 "Comprensorio Tolfetano-Cerite-Manziate" (a circa 5 km); • SIC IT6000004 "Fondali tra Marina di Tarquinia e Punta della Quaglia" (a circa 5 km). <p>L'assenza nell'area interessata dagli interventi di valenze dal punto di vista floristico e vegetazionale, l'opportuna gestione dei reflui/emissioni prevista da progetto, oltre all'esperienza pregressa di altri cantieri Enel analoghi che non hanno prodotti impatti apprezzabili, portano a ritenere le interazioni sulla componente <u>in fase di cantiere</u> come trascurabili.</p>	Nessun impatto significativo prevedibile.
	<p>In <u>fase di esercizio</u> sono da considerare interazioni migliorative rispetto all'assetto attuale in relazione alla riduzione attesa dei prelievi idrici e delle emissioni in atmosfera.</p> <p>Non sono previsti fenomeni di sottrazione di habitat faunistico né di ecosistemi connessi con l'occupazione di suolo.</p>	Nessun impatto significativo prevedibile
CLIMA ACUSTICO E VIBRAZIONALE	<p>In <u>fase di cantiere</u> i possibili impatti sono dati dalle macchine operatrici utilizzate per la predisposizione del sito, per la realizzazione degli scavi di fondazione, per la movimentazione terra e la sistemazione delle aree, per il montaggio dei vari componenti e dai mezzi di trasporto coinvolti</p>	L'analisi modellistica effettuata ha mostrato un impatto acustico compatibile con limiti assoluti di immissione per tutti i punti analizzati.
	<p>Nella <u>fase di esercizio</u> è attesa una riduzione delle emissioni sonore delle apparecchiature grazie all'utilizzo di tecnologie moderne dotate di adeguate misure di mitigazione.</p>	L'analisi modellistica effettuata ha mostrato un impatto acustico previsionale con una riduzione del contributo della centrale nell'assetto futuro nell'ambiente circostante. Attesa riduzione di impatto.
RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI	<p>Nessuna interazioni significativa sia per la <u>fase di cantiere</u> che per la <u>fase di esercizio</u>.</p>	Attesa riduzione di impatto.
PAESAGGIO	<p>Durante la <u>fase di cantiere</u> gli unici impatti sul paesaggio potrebbero essere legati alla presenza temporanea delle strutture, agli stoccaggi ed ai mezzi del cantiere.</p>	Nessun impatto prevedibile.
	<p>In <u>fase di esercizio</u> è prevista la presenza di nuove strutture industriali, ubicate sempre all'interno del perimetro dell'area di Centrale</p>	L'elaborazione di fotoinserimenti eseguiti dai punti di vista considerati come i più significativi ha mostrato l'assenza di impatti significativi sulla componente paesaggio.
SALUTE	<p>Le principali interazioni ambientali, fonti di rischio per la</p>	Essendo attese riduzioni di impatto per

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
17 di 119

Componente o fattore ambientale interessato	Stima INTERAZIONI attese	Stima IMPATTO atteso
PUBBLICA	salute pubblica in riferimento alla tipologia di opera in esame, sono costituite dalle emissioni atmosferiche e sonore.	entrambe le componenti, non è prevedibile alcun impatto significativo sulla componente salute pubblica.

Tabella 3: Sintesi impatti attesi

È importante sottolineare che le considerazioni riportate in tabella precedente, sono riferite alla stima di impatto nel passaggio dall'assetto ante operam (assetto attuale autorizzato da AIA), all'assetto post operam (assetto futuro), considerando per quest'ultimo sia l'assetto impiantistico di Fase 1, Fase 2 e Fase 3.

L'area di influenza potenziale dell'opera in ambito di VIA, rappresentata dal territorio entro il quale è presumibile che possano manifestarsi effetti ambientali significativi, è individuata in relazione alle interferenze ambientali del progetto sulle singole componenti ambientali ed alle caratteristiche specifiche del territorio interessato.

Per il caso in esame lo Studio di Impatto Ambientale indica che, considerando le tipologie di impatto previste, è stato assunto che l'estensione massima dell'area di influenza potenziale del progetto sia determinata dal dominio di calcolo del modello di valutazione delle emissioni in atmosfera.

Nello specifico, lo studio modellistico delle ricadute al suolo allegato allo Studio di Impatto Ambientale sviluppato da CESI riporta i seguenti scale territoriali di analisi:

Dominio di calcolo meteorologico (CALMET):

- griglia "G1", finalizzata alla ricostruzione della circolazione a meso-scala (celle da 4,5 km x 4,5 km per una copertura di 103,5 km x 103,5 km);
- griglia "G2", finalizzata alla ricostruzione della circolazione meteorologica di dettaglio locale del territorio (celle da 0,5 km x 0,5 km per una copertura di 27 km x 27 km).

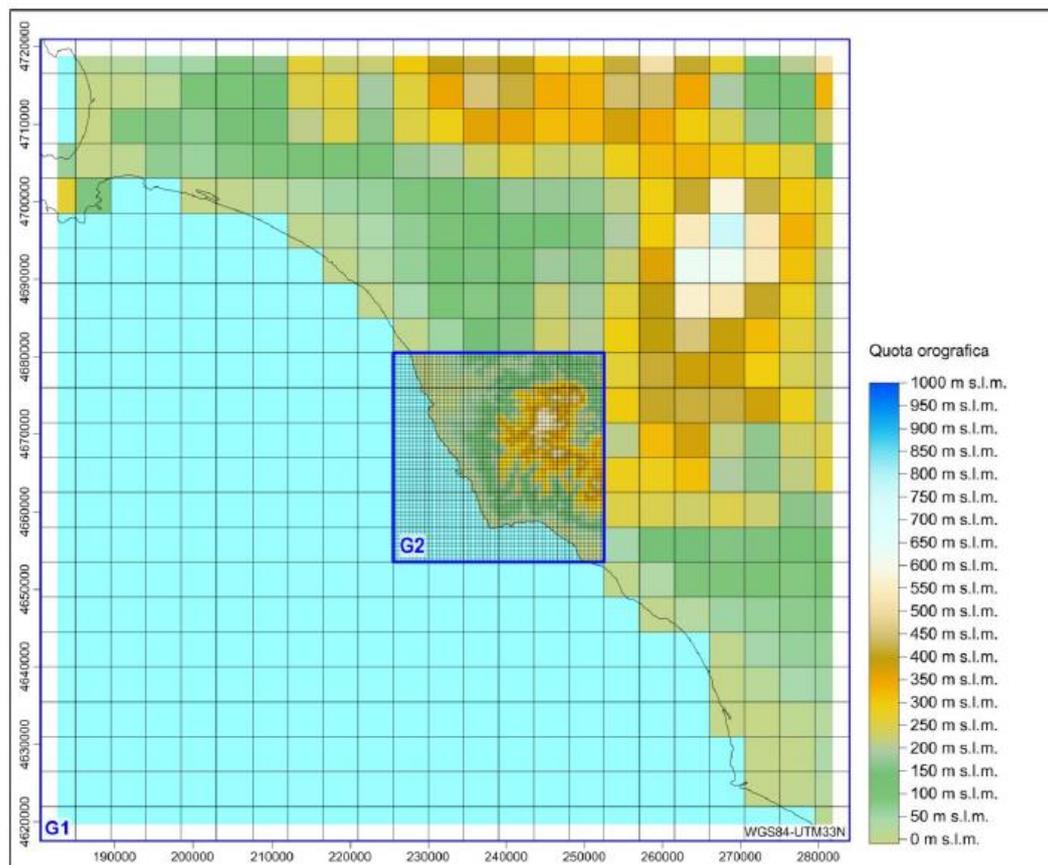


Figura 3: Domini di calcolo (G1 e G2), griglie recettori e orografia del modello CALMET da Studio CESI – Allegato al SIA

Dominio di calcolo diffusionale (CALPUFF):

- griglia “G1”, finalizzata alla ricostruzione della circolazione a meso-scala (n. 529 recettori che coprono l’area della griglia G1 CALMET);
- griglia “G2”, finalizzata alla ricostruzione di dettaglio locale del territorio (n. 2.116 recettori che coprono un’area di 23 km x 23 km all’interno di quella della griglia G2 CALMET).

In riferimento ad i risultati ottenuti dalle mappe di ricaduta ed all’ubicazione delle aree di picco, è stato ritenuto rappresentativo riferirsi, per la definizione dell’Area di Interesse (AI) ai fini della valutazione di impatto sanitario ad **un’area quadrata di lato pari a 40 km** centrata nel baricentro degli interventi.

Tale estensione è la stessa adottata nello Studio di Impatto Ambientale per la valutazione di impatto sulla componente “Salute Pubblica” (raggio di 20 km dalla centrale).

Tale distanza garantisce la ricostruzione di dettaglio locale del territorio, permettendo anche di apprezzare gli effetti in termini più ampi a livello di meso-scala, includendo le principali aree abitate che potenzialmente possono essere interessate dagli effetti del progetto.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
19 di 119

1.2 Caratterizzazione dell'area di interesse

Come anticipato, l'area di interesse per la valutazione di impatto sanitario è costituita da un'area quadrata di lato pari a 40 km centrata nel baricentro degli interventi. Tale distanza comprende infatti l'area di influenza dei principali impatti del progetto ed in particolare quelli connessi alla componente "atmosfera".

Le stesse Linee Guida VIS del DM 29/03/2019 indicano che la definizione spaziale debba essere effettuata in riferimento all'estensione territoriale dell'impatto dato dalle ricadute suolo, primariamente valutate mediante metodo modellistico (§ BOX 2 delle LG VIS).

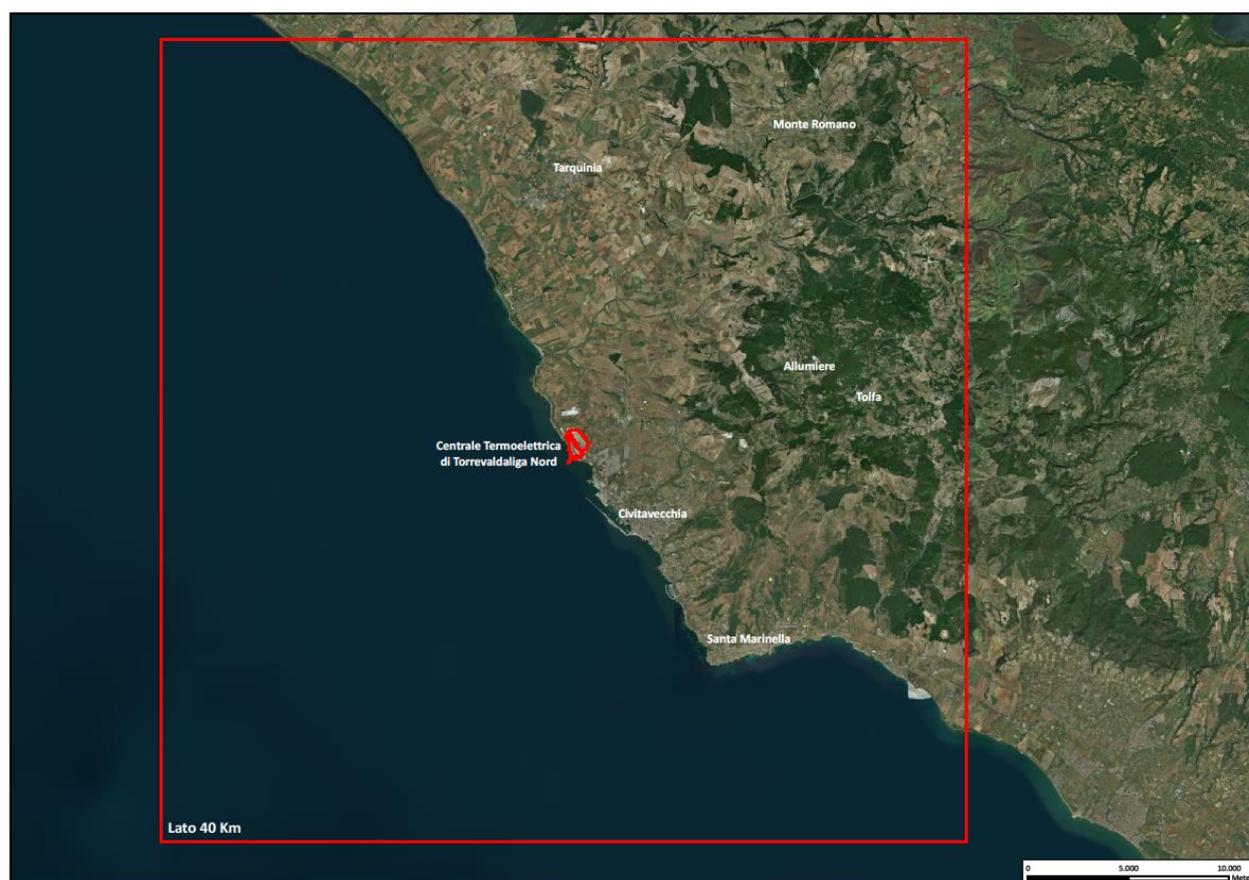


Figura 4: Dettaglio dell'ubicazione dell'opera

Si riporta in **Tavola 1** il dettaglio della corografia per l'area individuata.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
20 di 119

1.2.1 Caratterizzazione demografica della popolazione esposta

La definizione della popolazione esposta è strettamente correlata alla definizione dell'area di interesse.

I Comuni interessati dagli interventi in progetto ricadenti all'interno dell'area di 40 x 40 km sono di seguito elencati:

Codice ISTAT Comune	Comune
58004	Allumiere
56007	Blera
58032	Civitavecchia
56035	Montalto di Castro
56037	Monte Romano
58097	Santa Marinella
56050	Tarquinia
58105	Tolfa
56052	Tuscania
56057	Vetralla
56059	Viterbo

Tabella 4: Elenco Comuni ricadenti all'interno dell'area di interesse

Per tali Comuni si riporta a seguire la stima del numero di abitanti con i dati aggiornati al 2018 facendo una distinzione tra la popolazione femminile e maschile.

Comune	Popolazione totale	Maschi	Femmine
Allumiere	4.059	2.015	2.044
Blera	3.289	1.635	1.654
Civitavecchia	52.671	25.155	27.516
Montalto di Castro	8.978	4.482	4.496
Monte Romano	1.962	972	990
Santa Marinella	18.921	9.173	9.748
Tarquinia	16.269	7.848	8.421
Tolfa	5.006	2.526	2.480
Tuscania	8.369	4.040	4.329
Vetralla	14.020	6.832	7.188
Viterbo	67.798	32.663	35.135

Tabella 5: Popolazione dell'area di interesse aggiornata al 2018 (Fonte:Istat)

Nella tabella successiva (Tabella 6) si riporta invece la popolazione dei Comuni sopra elencati facente riferimento al censimento ufficiale ISTAT 2011, utilizzata per le valutazioni di impatto sanitario successive.

I valori sotto elencati fanno riferimento alla dimensione della popolazione esposta all'interno dell'area di riferimento (40 x 40 km).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

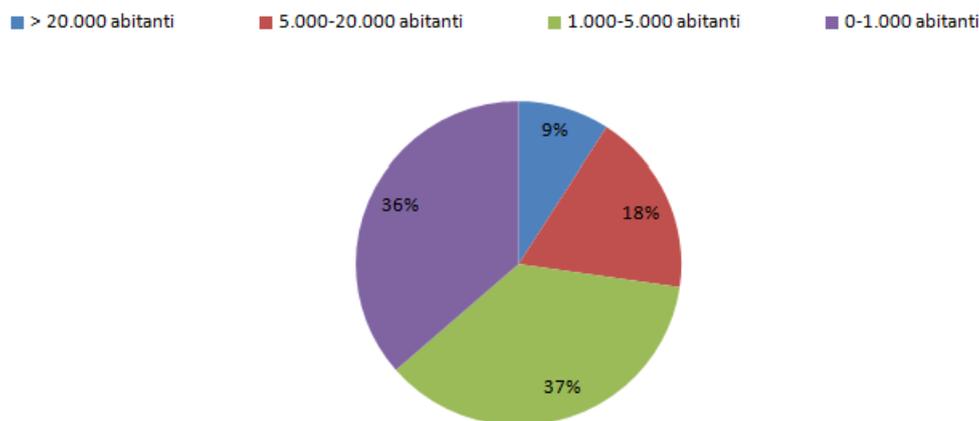
 PROGETTO
195481

 PAGINA
21 di 119

Comune	Popolazione totale	Maschi	Femmine
Allumiere	4.133	2.039	2.094
Blera	1.488	731	757
Civitavecchia	51.229	24.443	26.786
Montalto di Castro	236	116	119
Monte Romano	891	439	452
Santa Marinella	14.826	7.138	7.688
Tarquinia	13.733	6.663	7.070
Tolfa	3.638	1.826	1.812
Tuscania	172	82	89
Vetralla	3.188	1.540	1.648
Viterbo	138	65	72

Tabella 6: Popolazione esposta nell'area di indagine, anno 2011

Nel seguente grafico viene mostrata la percentuale di comuni che ricadono nell'area di interesse secondo fasce di popolazione totale esposta.


Figura 5: Ripartizione Comuni secondo fasce di popolazione esposta

Si evince come la maggior parte dei Comuni (36% e 37%) comprenda una popolazione esposta che va rispettivamente fino ai 1.000 abitanti e da 1.000 a 5.000 abitanti. Solo il 9% ha una popolazione superiore a 20.000 abitanti.

Di seguito è riportata una tabella contenente i dati relativi alla distribuzione della popolazione per classi di età e per Comune aggiornata al 1° gennaio 2018.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
22 di 119

Provincia	Codice ISTAT Comune	Comune	Popolazione da 0 a 14 anni	Popolazione da 15 a 64 anni	Popolazione oltre i 65 anni
Viterbo	56007	Blera	366	2.071	852
	56035	Montalto di Castro	1.128	5.777	2.073
	56037	Monte Romano	266	1.209	487
	56050	Tarquinia	1.962	10.295	4.012
	56052	Tuscania	1.010	5.379	1.980
	56057	Vetralla	1.748	9.087	3.185
	56059	Viterbo	8.589	43.763	15.446
Roma	58004	Allumiere	508	2.623	928
	58032	Civitavecchia	7.085	33.851	11.735
	58097	Santa Marinella	2.300	12.235	4.386
	58105	Tolfa	640	3.269	1.097

Tabella 7: Distribuzione della popolazione residente al 1° gennaio 2018 nei Comuni ricadenti nell'area di interesse, suddivisa per classi di età

La tabella seguente (Tabella 8) riporta invece la densità abitativa per Comune presente all'interno dell'area di interesse, con distribuzione della popolazione per sesso.

Comune	Densità totale	Densità Maschile	Densità Femminile
Allumiere	44,6	22,0	22,6
Blera	36,2	17,8	18,4
Civitavecchia	700,3	334,1	366,2
Montalto di Castro	46,2	22,9	23,4
Monte Romano	23,4	11,5	11,9
Santa Marinella	360,1	173,4	186,7
Tarquinia	57,6	28,0	29,7
Tolfa	30,7	15,4	15,3
Tuscania	38,9	18,7	20,2
Vetralla	119,3	57,6	61,7
Viterbo	155,9	74,2	81,7

Tabella 8: Densità della popolazione dell'area di interesse (abitanti / km²)

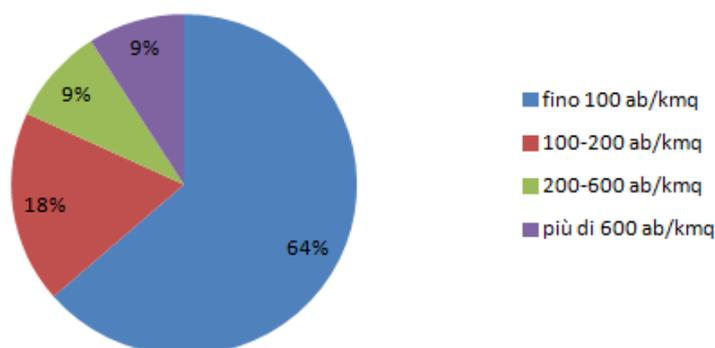
Nel grafico seguente si riporta una ripartizione della densità totale per Comuni sopra elencata.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

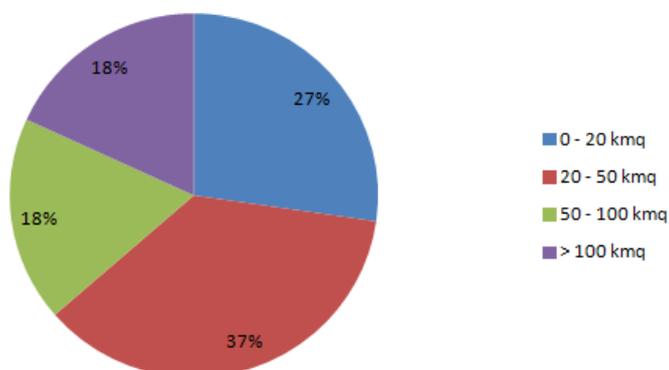
 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
23 di 119

Figura 6: Ripartizione dei Comuni dell'area di interesse per densità totale

Si evidenzia come il 64% dei Comuni abbia una densità abitativa inferiore a 100 ab/km² e solo un 9% abbia una densità superiore a 600 abitanti per km².

Nel grafico successivo si riporta invece una ripartizione dei Comuni compresi nell'area di interesse secondo la loro estensione geografica:


Figura 7: Estensione dei Comuni dell'area di interesse

Si nota come il 37% dei Comuni abbia un'estensione compresa tra 20 e 50 km², e un 18% abbia un'estensione superiore ai 100 km².

In **Tavola 2** si riportano:

- mappa della densità di popolazione totale (Tavola 2a);
- mappa della densità di popolazione maschile (Tavola 2b);
- mappa della densità di popolazione femminile (Tavola 2c).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	24 di 119

1.2.2 Identificazione di specifiche aree di interesse

Uso del suolo

La provincia di Roma interessa una porzione molto significativa della regione Lazio ed è estremamente eterogenea per condizioni climatiche, litologia, morfologia, flora e vegetazione.

L'azione dell'uomo in alcuni casi ha contribuito a rendere ancora più diversificata questa eterogeneità. In altri casi la necessità di trasformare il sistema naturale in sistemi artificiali (agricoli e residenziali) ha ridotto l'eterogeneità.

Il comune di Civitavecchia, nel quale gli interventi in esame ricadono, appartiene al sistema territoriale e ambientale dei "Monti della Tolfa" ed è contraddistinto dalla presenza di una pluralità di paesaggi.

Da una parte esiste un "paesaggio agroforestale costiero e retrocostiero", dall'altra un "paesaggio agricolo collinare con coltivazioni miste", fino ad arrivare ad un "paesaggio agricolo della pianura costiera con coltivazione mista".

Paesaggio agroforestale costiero e retrocostiero

Questa unità di paesaggio individua le aree caratterizzate dalle pendici boscate dei Monti della Tolfa che degradano verso il mare lasciando spazio, nella fascia costiera, ai seminativi. La parte più esposta all'influenza marina e più pianeggiante vede la presenza di macchia mediterranea, arbusteti e boschi radi di sughera o leccio, a volte pascolati, che si alternano alle colture agricole. Molti tratti di questa unità di paesaggio risultano segnati dalla presenza di insediamenti edilizi. Rimboschimenti costieri o retrocostieri di pino sono un altro tipico esempio della trasformazione umana di questo tipo di paesaggio che oggi rappresenta uno degli elementi caratteristici di questi ambienti. Spostandoci all'interno si trovano ancora tracce dell'attività agricola.

Paesaggio agricolo collinare con coltivazioni miste

Questo tipo di paesaggio è diffuso nel territorio provinciale sui rilievi collinari che circondano le aree pianeggianti attorno a Roma conosciute come "campagna romana". Le coltivazioni più diffuse sono: le orticole, le arboree da frutto (oliveti, vigneti e frutteti in genere), i seminativi e i pascoli.

Paesaggio agricolo della pianura costiera con coltivazioni miste

Tale paesaggio si presenta in quei tratti di litorale occupati da varie colture e da una variegata presenza di aree urbane. Nei pressi di Civitavecchia sono invece i seminativi ad avere maggior rilievo. L'impronta di queste diverse coltivazioni rende vario e complesso il paesaggio rispetto ad aree costiere più omogenee della provincia. Allo stesso tempo lo sfruttamento turistico e l'espansione degli abitati hanno sicuramente causato una perdita di identità per questo paesaggio agricolo.

Si riporta in **Tavola 3** una mappa relativa all'uso del suolo dell'area di inserimento.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
25 di 119

Recettori sensibili

L'individuazione dei ricettori sensibili (scuole, ospedali, case di riposo etc.) ricadenti all'interno dell'area d'intervento in progetto, è stata effettuata a livello del singolo comune.

Nello specifico, si riporta di seguito l'elenco dei principali ricettori individuati:

Nome recettore	Comune	Nome Ricettore	Comune
Istituto Tecnico Statale Commerciale Per Geometri V.Cardarelli	Tarquinoa	Istituto di Istruzione Superiore Statale Guglielmo Marconi	Civitavecchia
IISS Vincenzo Cardarelli	Tarquinoa	Scuola Dell'infanzia Maria Teresa di Calcutta	Civitavecchia
Scuola Materna S. Lucia Filippini	Tarquinoa	Scuola Elementare Antonio de Curtis	Civitavecchia
Scuola Elementare Corrado e Mario Nardi	Tarquinoa	IC Via Barbaranelli	Civitavecchia
Scuola Media Statale E.Sacconi	Tarquinoa	IIS Stendhal - sede Istituto Tecnico Commerciale "Guido Baccelli"	Civitavecchia
Liceo Scienze Umane San Benedetto	Tarquinoa	Scuola Media Statale Manzi	Civitavecchia
IISS Vincenzo Cardarelli - sede Lido	Tarquinoa	IISS Luigi Calamatta	Civitavecchia
Ospedale di Tarquinia	Tarquinoa	Scuola Elementare C. Laurenti	Civitavecchia
I.C. di Monte Romano (VT)	Monte Romano	Istituto Comprensivo Via Montanucci	Civitavecchia
Istituto Comprensivo Tolfa C.U	Tolfa	Liceo Linguistico Hemingway	Civitavecchia
Istituto Comprensivo Di Allumiere	Allumiere	Liceo Scientifico, Linguistico e Musicale Galileo Galilei	Civitavecchia
Istituto Comprensivo Di Allumiere Scuola Elementare	Allumiere	Scuola di Guerra - Caserma "Giorgi" CE.SI.VA	Civitavecchia
IC Ennio Galice - Plesso Campo dell'Oro	Civitavecchia	IIS Stendhal - sede IPSEOA "Lucio Cappannari"	Civitavecchia
IIS Alberto Guglielmotti - sede Liceo artistico	Civitavecchia		

Tabella 9: Elenco recettori sensibili

In **Tavola 4** si riporta una mappa relativa all'ubicazione di tali elementi all'interno dell'area di interesse.

Aree sensibili

Per quanto riguarda potenziali aree rilevanti a livello di criticità ambientali, l'area di interesse risulta essere priva di questo tipo di aree, non ricadendo all'interno di Siti di Interesse Nazionale (SIN).

Per quanto riguarda potenziali aree sensibili a livello naturalistico presenti entro 10 km dalla Centrale, si individuano i seguenti siti della rete Natura 2000 designati ai sensi delle Direttive 92/43/CEE e 09/147/CEE:

- SIC IT6000005 "Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara" (a circa 0,4 km);

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
26 di 119

- ZPS IT6030005 “Comprensorio Tolfetano-Cerite-Manziate” (a circa 5 km);
- SIC IT6000004 “Fondali tra Marina di Tarquinia e Punta della Quaglia” (a circa 5 km);
- SIC/ ZPS IT6010026 “Saline di Tarquinia” (a circa 7,5 km).

SIC “Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara”

Il SIC appartiene alla regione biogeografica Mediterranea, occupa una superficie di 557 ha, ed è localizzato nella Provincia di Roma interessando i Comuni di Tarquinia e Civitavecchia. I due Habitat presenti sono:

- Praterie di Posidonia (*Posidonion oceanicae*): associazione vegetale caratterizzante i fondi mobili del piano infralitorale, di cui determina anche il limite inferiore, nel mar Mediterraneo;
- Scogliere.

ZPS “Comprensorio Tolfetano-Cerite-Manziate”

Comprensorio collinare subcostiero di estrema importanza naturalistica che ospita significative presenze di tutti i gruppi zoologici. In particolare si sottolinea la presenza dei rapaci forestali diurni e di mammiferi carnivori. I principali Habitat qui presenti sono rappresentati da “Brughiere, boscaglie, macchia, garighe”; “Praterie aride, steppe”; “Arboreti” (inclusi frutteti, vivai, vigneti e dehesas); “Foreste di sempreverdi”; “Foreste di caducifoglie” che ricoprono circa il 40% della ZPS; “Corpi d’acqua interni: acque stagnanti e correnti”; “Colture cerealicole estensive, incluse e colture in rotazione con maggese regolare” ed “Altri terreni agricoli”

SIC “Fondali tra Marina di Tarquinia e Punta della Quaglia”

Il SIC appartiene alla regione biogeografica Mediterranea, occupa una superficie di 1840,64 ha, è localizzato nella Provincia di Viterbo ed interessa il Comune di Tarquinia.

È un ambiente marino bentonico in cui gli habitat presenti sono:

- Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina;
- Praterie di Posidonia (*Posidonion oceanicae*);
- Scogliere.

SIC/ZSP “Saline di Tarquinia”

Le Saline di Tarquinia occupano una superficie di 170 ha.

A livello di fauna il sito accoglie numerose specie di uccelli stanziali e migratori tra cui il Fenicottero rosa, la Garzetta, l’Airone cinerino, il Cavaliere d’Italia, il Gabbiano corallino, l’Airone Bianco, il Falco Pescatore, il Germano Reale, il Cormorano, la Quaglia, il Fagiano ed altri. Ma anche Volpi, Istrici, Nutrie, Porcospini, Scoiattoli e Testuggini comuni. A livello di flora le principali specie qui presenti sono rappresentate da: *Cakile maritima*, giglio marino (*Pancratium maritimum*), alofite succulente (*Salicornia* e *Sarcocornia*), *Cladophora vagabonda*, *Dunaliella salina*, pino domestico e pino d’Aleppo, tamerice (*Tamarix gallica* e

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
 Settembre 2019

 PROGETTO
 195481

 PAGINA
 27 di 119

tamarix africana), olivello di Boemia (*Elaeagnus angustifolia*), pioppo bianco (*Populus alba*) e ailanto (*Ailanthus altissima*).

Per quanto riguarda la presenza di potenziali aree sensibili a livello di paesaggio e beni culturali, l'area di interesse si caratterizza per la presenza di numerosi elementi di carattere antropico. L'area interessata dagli interventi di modifica dell'impianto di Centrale si colloca in un'area a carattere produttivo, per questo non sono presenti aree sensibili a livello paesaggistico.

Anche a livello di beni culturali, non ne sono stati riscontrati di particolare pregio.

Distretti Sanitari

In riferimento alla ripartizione dell'area di interesse in distretti sanitari, l'area in esame è inclusa all'interno dell'Azienda Sanitaria Locale (ASL) di Viterbo e dell'ASL di Roma 4, come visibile dalla mappa riportata in **Tavola 5**.

Le ASL della regione Lazio sono di seguito elencate e raffigurate:

- ASL di Frosinone;
- ASL di Latina;
- ASL di Rieti;
- ASL di Viterbo;
- ASL di Roma 1 (che accorpa le ex Roma A e Roma E);
- ASL di Roma 2 (che accorpa le ex Roma B e Roma C);
- ASL di Roma 3 (ex Roma D);
- ASL di Roma 4 (ex Roma F);
- ASL di Roma 5 (ex Roma G);
- ASL di Roma 6 (ex Roma H).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

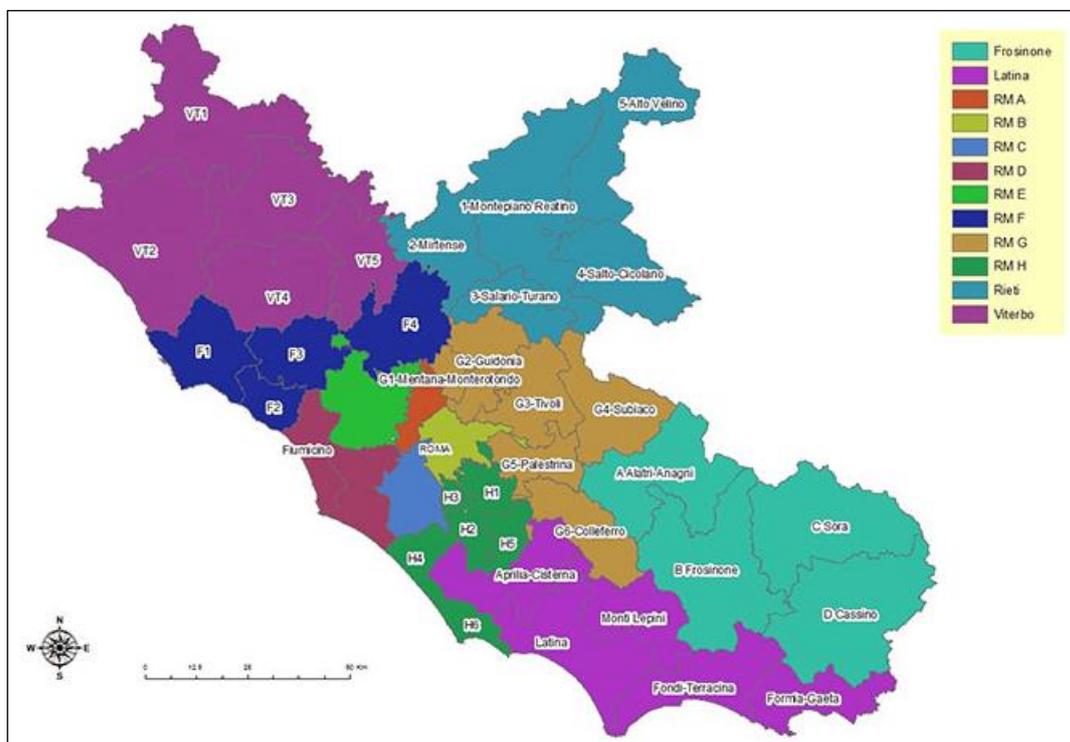
 PAGINA
28 di 119


Figura 8: ASL del Lazio

L'ASL di Viterbo risulta essere ulteriormente divisa in tre Distretti.

L'area del progetto è inclusa nel Distretto A e C come visibile dalla mappa riportata in **Tavola 5**.

L'area del progetto in esame ricade in sette comuni, afferenti ai tre distretti diversi:

- Comune di Tarquinia (Distretto A);
- Comune di Monte Romano (Distretto A);
- Comune di Montalto di Castro (Distretto A);
- Comune di Tuscania (Distretto A);
- Comune di Viterbo (Distretto B);
- Comune di Vetralla (Distretto C);
- Comune di Blera (Distretto C).

Per quanto riguarda l'ASL di Roma 4, è suddivisa in ulteriori quattro Distretti.

L'area del progetto è inclusa nel Distretto 1 come visibile dalla mappa riportata in **Tavola 5**, ed in particolare sono inclusi in tale distretto:

- Comune di Allumiere,
- Comune di Tolfa,
- Comune di Civitavecchia,
- Comune di Santa Marinella.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	29 di 119

1.3 Identificazione dei fattori di rischio

I fattori di rischio in ambito VIS sono in generale identificabili con quelle interazioni ambientali che, nel passaggio dall'assetto ante-operam a quello post-operam, possono determinare potenziali impatti sulla componente della salute umana.

L'analisi per l'identificazione dei fattori di rischio legati al progetto è stata sviluppata mediante la definizione di un **Modello Concettuale Ambientale e Sanitario** (MCAS) finalizzato alla schematizzazione delle relazioni tra la realizzazione e l'esercizio delle opere in progetto, le componenti ambientali, i percorsi di esposizione ed i bersagli umani.

Il percorso di esposizione parte dalla sorgente ed attraverso la singola componente ambientale, arrivando infine al bersaglio.

I fattori di rischio sono identificabili in relazione ai percorsi di esposizione attivi; per la loro definizione si procede nel modo seguente:

1. Definizione degli impatti del progetto dagli esiti della valutazione di cui allo Studio di Impatto Ambientale;
2. Determinazione dei percorsi attivi, intesi come quelli che mettono in relazione la sorgente al bersaglio.

In riferimento alla sintesi degli impatti attesi (si veda tabella al precedente paragrafo 1.1.3), a seguire si riporta un'ulteriore valutazione in merito all'identificazione delle componenti ambientali da analizzare in termini di possibili fattori di rischio in materia di valutazione di impatto sanitario.

Si ricorda che anche in questo caso le considerazioni riportate sono riferite alla stima di impatto nel passaggio dall'assetto ante operam (assetto attuale autorizzato da AIA), all'assetto post—operam (assetto futuro), considerando per quest'ultimo sia l'assetto impiantistico di Fase 1, quello di Fase 2 e quello di Fase 3.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
30 di 119

Componente o fattore ambientale interessato	Stima IMPATTO atteso	Fattori di rischio VIS
ATMOSFERA E QUALITÀ DELL'ARIA	Nessun impatto significativo prevedibile.	Impatto di entità non significativa e transitorio, circoscritto all'area di intervento. Non identificabile come fattore di rischio VIS.
	L'analisi modellistica effettuata ha mostrato l'ampio rispetto limiti da D.Lgs. 155/2010, sia nello scenario attuale che in entrambe le fasi di quello di progetto. Attesa riduzione di impatto.	Fattore di rischio VIS in relazione alla tipologia di impianto.
AMBIENTE IDRICO ACQUE SUPERFICIALI	Nessun impatto significativo prevedibile.	Impatto di entità non significativa e transitorio. Non identificabile come fattore di rischio VIS.
	Attesa riduzione di prelievo idrico. Nessun ulteriore impatto aggiuntivo previsto.	Impatto migliorativo. Non identificabile come fattore di rischio VIS.
AMBIENTE IDRICO ACQUE SOTTERRANEE	Nessun impatto significativo prevedibile.	Impatto di entità non significativa e transitorio. Non identificabile come fattore di rischio VIS.
	Attesa riduzione di impatto.	Impatto migliorativo. Non identificabile come fattore di rischio VIS.
SUOLO E SOTTOSUOLO	Nessun impatto significativo prevedibile.	Non identificabile come fattore di rischio VIS.
	Nessun impatto significativo prevedibile.	Non identificabile come fattore di rischio VIS.
BIODIVERSITÀ	Nessun impatto significativo prevedibile.	Non direttamente correlabile con salute pubblica.
	Nessun impatto significativo prevedibile.	Non identificabile come fattore di rischio VIS.
CLIMA ACUSTICO E VIBRAZIONALE	L'analisi modellistica effettuata ha mostrato un impatto acustico compatibile con limiti assoluti di immissione per tutti i punti analizzati. Nessun impatto significativo prevedibile.	Impatto di entità non significativa e transitorio. Non identificabile come fattore di rischio VIS.
	L'analisi modellistica effettuata ha mostrato un impatto acustico previsionale con una pressoché generale riduzione del contributo della centrale nell'assetto futuro nell'ambiente circostante. Attesa riduzione di impatto.	Impatto migliorativo. Non identificabile come fattore di rischio VIS.
RADIAZIONI IONIZZANTI E NON IONIZZANTI	Nessun impatto prevedibile.	Non identificabile come fattore di rischio VIS.
PAESAGGIO	Nessun impatto prevedibile.	Non identificabile come fattore di rischio VIS.
	L'elaborazione di fotoinserimenti eseguiti dai punti di vista considerati come i più significativi ha mostrato l'assenza di impatti significativi sulla componente paesaggio.	

Tabella 10: Sintesi impatti attesi

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
31 di 119

Emerge dunque che l'unica componente per la quale possa essere di interesse una valutazione di dettaglio, in relazione alla tipologia di opera (centrale termoelettrica) piuttosto che al potenziale impatto atteso (prevedibile una riduzione di impatto) sia la componente "atmosfera".

Le stesse LG VIS del DM 27/03/2019 al già citato BOX 2 suggeriscono tale conclusione:

"Nel caso di sorgenti di emissione tipiche degli impianti oggetto di queste linee guida, la matrice ambientale principalmente interessata è quella dell'"aria" (...)."

Sono quindi le emissioni continue in atmosfera (dovute ai camini asserviti ai nuovi cicli combinati) a rappresentare gli impatti prevalenti da indagare ed analizzare in ambito VIS.

Gli impatti derivanti dalla fase di cantiere sono di lieve entità, temporanei e reversibili e pertanto non verranno analizzati nel proseguo dello studio.

Il trasferimento degli impatti sulle matrici ambientali ai bersagli umani avviene attraverso percorsi/modalità di esposizione diretti o indiretti (ingestione, contatto dermico, inalazione, etc.).

In figura seguente si riporta lo schema illustrativo del Modello Concettuale Ambientale Sanitario preliminare per il progetto in esame.

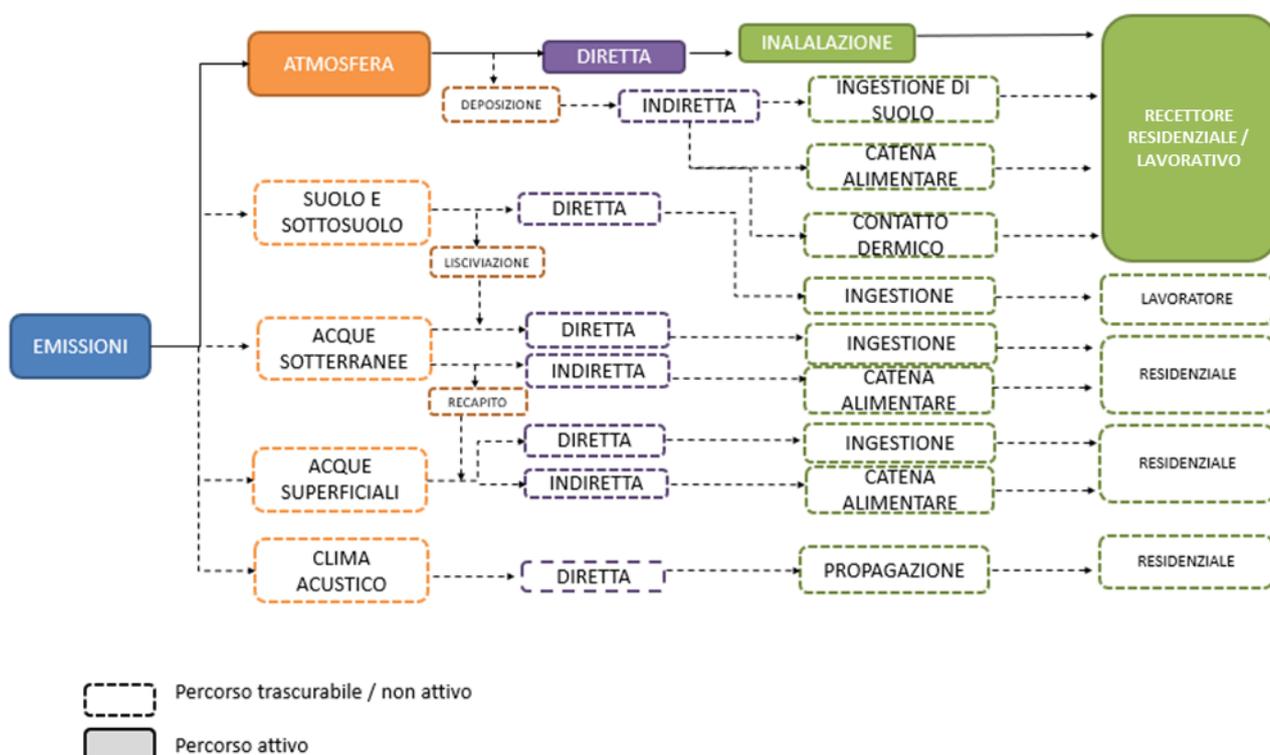


Figura 9: Modello Concettuale Ambientale Sanitario preliminare

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	32 di 119

Considerando che il progetto non determina impatti diretti significativi su:

- corpi idrici superficiali,
- corpi idrici sotterranei,
- suolo e sottosuolo
- clima acustico,

gli unici percorsi attivi sono relativi alla diffusione di emissioni gassose, per cui i fattori di rischio identificabili sono quelli connessi a tali percorsi di esposizione.

Il presente studio di impatto sanitario viene dunque sviluppato in relazione agli impatti del progetto sulla qualità dell'aria in fase di esercizio.

A livello preliminare infatti l'unico percorso / modalità di esposizione identificato come rilevante per le emissioni in atmosfera del progetto in esame è quello dell'**inalazione**.

In relazione infatti agli inquinanti emessi in atmosfera nell'assetto post-operam (Fase 1, Fase 2 e Fase 3), costituiti da:

- **Ossidi di Azoto,**
- **Monossido di Carbonio,**
- **Ammoniaca** (solo in Fase 3),

non sono attesi fenomeni di deposizione che attivino altri percorsi di esposizione quali "ingestione di suolo" o inserimento nella "catena alimentare".

Verrà considerato il fenomeno di formazione del **particolato secondario**, che comunque è anch'esso connesso principalmente al percorso di esposizione inalatorio.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
33 di 119

1.4 Scelta degli indicatori di salute adeguati

I metodi disponibili per lo studio degli effetti sulla salute prodotti da esposizione ad inquinanti, con particolare riferimento a quelli atmosferici, sono classificabili in studi tossicologici e studi epidemiologici.

In tabella seguente si riporta un'analisi comparativa dei due metodi, che descrive i differenti scopi, vantaggi e limiti.

STUDI TOSSICOLOGICI	VANTAGGI	LIMITI
Studi su animali	<ul style="list-style-type: none"> ▪ endpoint multipli ▪ rivolti ai meccanismi ▪ relativamente veloci ▪ studi di esposizione-risposta condotti facilmente 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ estrapolazione interspecie per confronto con risultati sull'uomo ▪ incertezza sul range di dosaggio adeguato per lo studio ▪ costi elevati per studi ripetuti
Studi in vitro	<ul style="list-style-type: none"> ▪ rivolti ai meccanismi ▪ si possono comparare cellule umane e animali 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ i sistemi artificiali non sempre riflettono le proprietà di quelli in vivo ▪ non ci sono interazioni cellula-cellula
Studi su esposizione umana controllata	<ul style="list-style-type: none"> ▪ si può esaminare l'effetto di malattie preesistenti 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ bassa numerosità ▪ limitato ai livelli di inquinamento ambientale e ai soli effetti reversibili ▪ non applicabile su popolazioni sensibili ▪ problemi di tipo etico
STUDI EPIDEMIOLOGICI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ studiano le popolazioni nel loro contesto usuale ▪ stimano effetti irreversibili, compresa la mortalità ▪ includono popolazioni sensibili ▪ analisi poco costose utilizzando anche dati 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ valutano le associazioni, le cause possono essere dedotte ▪ devono essere valutati fattori di confondimento ▪ difficile stima dell'esposizione ▪ esposizioni a inquinanti multipli ▪ l'avvio di nuovi studi è lungo e costoso

Tabella 11: Metodi per lo studio degli effetti sulla salute prodotti dagli inquinanti atmosferici.

Fonte: Progetto EpiAir2 modificato da American Thoracic Societ

Gli studi epidemiologici valutano l'associazione tra l'esposizione ambientale e gli effetti sulla salute, ma non sono del tutto adeguati per identificare i meccanismi biologici che sottendono l'effetto.

Per questi motivi la tossicologia ha molti punti di contatto con l'epidemiologia e ne rappresenta un utile complemento. Il vantaggio degli studi tossicologici è nella possibilità di sperimentare gli effetti tossici prodotti da una sostanza e nella capacità di definire la relazione esistente tra la sostanza tossica e l'effetto. Lo svantaggio di questi studi è che i risultati ottenuti non riflettono le condizioni reali che caratterizzano l'ambiente di vita di ciascun individuo, dove le sostanze inquinanti sono presenti contemporaneamente e non è possibile controllare altri fattori come le condizioni meteorologiche.

Inoltre è importante sottolineare che in ambito epidemiologico l'approccio maggiormente diffuso nell'analisi sugli impatti delle emissioni atmosferiche è quello che si basa sulla valutazione degli effetti complessivi dell'inquinamento atmosferico, tipicamente in ambito urbano, senza quindi distinguere fra gli specifici effetti dei singoli contaminanti.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
34 di 119

Negli studi epidemiologici relativi all'inquinamento atmosferico le correlazioni esistenti tra le diverse sostanze inquinanti possono essere così strette da non permettere una chiara distinzione degli effetti prodotti dai singoli composti con metodi statistici standard. Infatti possono verificarsi interazioni fra i vari contaminanti presenti e risulta quindi difficile ipotizzare un costante fenomeno additivo nella risposta e, inoltre, le curve esposizione-risposta possono essere altrettanto non lineari come le interazioni stesse (Billionnet C, 2012).

Sono in corso numerosi studi europei (Euromixproject, HBM4EU, EDC-MixRisk) mirati a studiare proprio il tema dell'esposizione combinata a sostanze chimiche multiple.

Nel parere di Comitati Scientifici UE (SCHER, 2012) è un tema affrontato con prevalente riferimento al lavoro di Levy del 2008 che, nella più ampia discussione su vantaggi e punti di forza dell'inclusione dell'epidemiologia, evidenzia come soprattutto grazie all'epidemiologia è possibile intercettare, tra gli altri, anche il contributo di determinanti non-chimici come ad esempio situazioni di disagio socio economico o abitudini alimentari che possono significativamente influire sugli esiti di salute.

Gli studi epidemiologici, comunque, sono gravati anch'essi da limiti di carattere metodologico da non sottovalutare come ad esempio la difficoltà nel definire l'esposizione dovuta alla presenza di fattori di confondimento, la necessità di ottenere risultati concordanti in un numero consistente d'indagini, l'esigenza di disporre di dati sanitari, ambientali e di popolazione di buona qualità, poter contare su campioni di studio piuttosto elevati tale da permettere di rilevare incrementi significativi del rischio anche per scostamenti dei parametri espositivi non particolarmente evidenti rispetto al background, impegno consistente di risorse umane ed economiche per periodi di tempo a volte piuttosto lunghi.

Quindi solo con l'integrazione delle conoscenze tossicologiche con quelle epidemiologiche è possibile superare i limiti di entrambi gli approcci e delineare un quadro maggiormente definito per la selezione degli indicatori di salute adeguati per il caso in esame.

Si ricorda infatti che gli stessi standard per la qualità dell'aria derivano dall'integrazione dei dati provenienti dagli studi epidemiologici, dagli studi tossicologici sugli animali e dagli studi di esposizione umana controllata.

Oltre alla necessità si integrare i due diversi approcci, ulteriore difficoltà è quella di raccogliere in maniera sistematica le risultanze di studi di letteratura, progetti di ricerca ed iniziative di settore effettuate a diversi livelli istituzionali ed accademici, che portano a considerare un quadro sfaccettato ed in continua mutazione.

Nel prospetto a seguire si riporta il quadro di solo alcuni dei principali progetti di valutazione dell'inquinamento atmosferico sulla salute attivati negli ultimi anni a livello comunitario e nazionale.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
35 di 119

Principali progetti di valutazione dell'inquinamento atmosferico sulla salute in ambito europeo e nazionale

Fin dal suo inizio, nel 1993, il programma APHEA (Short term effects of air pollution and health: a european approach) ha contribuito con numerose pubblicazioni alle conoscenze sugli effetti sanitari a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute in diversi Paesi europei.

A partire dal 1999 è stato avviato un programma che ha coinvolto 26 città in 12 Paesi europei, APHEIS (Air pollution and health: a european information system), progettato come sistema di valutazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute. L'unica città italiana coinvolta è stata Roma.

Il progetto APHEKOM, continuazione del precedente progetto APHEIS e avviato nel luglio 2008, include anche obiettivi di valutazione delle strategie attuate per ridurre l'inquinamento atmosferico a livello europeo, nazionale e locale, e promuove la divulgazione delle conoscenze scientifiche volte ad aumentare la consapevolezza dei governi e dei cittadini sul tema dell'inquinamento atmosferico.

Tra i diversi studi epidemiologici recentemente condotti in Europa, ESCAPE (European Study of Cohorts for Air Pollution Effects) ha approfondito le conoscenze sugli effetti dell'inquinamento urbano sui nuovi nati e sulla incidenza delle malattie respiratorie, cardiovascolari e sulla mortalità o incidenza di tumori nelle popolazioni residenti; i due Progetti dell'OMS, REVIHAAP (Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution) ed HRAPIE (Health Risk of Air Pollution in Europe), hanno raccolto le evidenze scientifiche sugli effetti indesiderati acuti e cronici; MEDHISS (Mediterranean Health Interview Surveys) è un sistema di sorveglianza che ha utilizzato i dati disponibili sugli effetti sanitari a lungo termine in 4 Paesi del Mediterraneo (Italia, Francia, Slovenia e Spagna).

In Italia, gli effetti sanitari a breve termine per esposizione a PM, NO₂ e O₃ sono stati studiati in 25 città tramite il progetto EPIAIR. In seguito all'associazione del PM al tumore polmonare sancita dalla IARC, ENEA, in collaborazione con ISS e ISPRA, ha condotto uno studio di mortalità per tumore del polmone nella popolazione femminile di tutti i Comuni italiani capoluogo di provincia

Successivamente il Progetto VIIAS (Valutazione integrata dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico in Italia) è stato promosso dal Ministero della Salute e coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario della Regione Lazio. Il progetto VIIAS ha stimato le concentrazioni al suolo del PM_{2.5}, dell'NO₂ e dell'O₃ in diversi scenari (anno di riferimento 2005, 2010 e 2020) e i relativi livelli di esposizione della popolazione italiana nelle macro-aree geografiche (nord, centro, sud e isole) o nei contesti urbano/rurali. Applicando le funzioni di rischio suggerite dal WHO, sono stati stimati i casi di mortalità attesi e gli anni di vita persi dovuti alle esposizioni a lungo e breve termine.

L'ampia mole di analisi epidemiologiche disponibili ha portato ad individuare fra gli effetti con principale associazione con l'esposizione all'inquinamento atmosferico quelli di tipo **respiratorio** e **cardiovascolare** (Brunekreef et al. 2002, Pope et al. 2006).

Gli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico sono tradizionalmente distinti in effetti a breve termine ed effetti a lungo termine.

In termini di effetti acuti, i primi studi sul legame tra eventi sanitari acuti e inquinamento atmosferico sono stati condotti a partire dagli anni '30. Gli esiti studiati sono la mortalità totale per cause naturali (escludendo quindi la mortalità per cause violente), la mortalità per cause respiratorie, la mortalità per cause cardiache e i ricoveri ospedalieri, sia per cause respiratorie sia per cause cardiache.

I risultati delle indagini epidemiologiche condotte in varie città, negli Stati Uniti e in Europa, hanno mostrato che a ogni incremento degli inquinanti atmosferici è associato un incremento di eventi negativi per la salute, in misura maggiore di tipo respiratorio e cardiaco, oltre al potenziale effetto cancerogeno.

In termini di effetti a lungo termine, le indagini epidemiologiche condotte finora hanno mostrato che l'esposizione cronica a inquinamento atmosferico può determinare lo sviluppo di malattie cardiorespiratorie e incrementare il tasso di mortalità della popolazione generale, oltre al potenziale effetto cancerogeno.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
36 di 119

In tabella seguente si riporta una sintesi di tali effetti tratta dal Progetto EPIAIR2.

	EFFETTI A BREVE TERMINE	EFFETTI A LUNGO TERMINE
Definizione	Gli effetti osservabili a pochi giorni di distanza dai picchi di esposizione	Gli effetti osservabili dopo esposizioni di lunga durata e a distanza di anni dall'inizio dell'esposizione
Tipologie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insorgenza di sintomi acuti (dispnea, tosse, respiro sibilante, produzione di catarro, infezioni respiratorie) ▪ Variazioni della funzione polmonare ▪ Aggravamento di patologie cardiovascolari e respiratorie ▪ Ospedalizzazioni per patologie cardiovascolari e respiratorie ▪ Mortalità respiratoria, cardiovascolare 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento di incidenza e prevalenza di malattie respiratorie croniche (asma, BPCO) e malattie cardiovascolari croniche ▪ Variazioni permanenti nella funzione respiratoria ▪ Problemi di crescita del feto (basso peso alla nascita, ritardo della crescita intrauterina) ▪ Tumore polmonare ▪ Mortalità respiratoria, cardiovascolare

Tabella 12 - Effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico - Fonte: Progetto EpiAir2

In sintesi, sulla base di quanto sopra discusso, al fine di definire gli indicatori sanitari per il caso in esame:

- è necessario procedere con una valutazione integrata delle conoscenze tossicologiche con quelle epidemiologiche per superare i limiti di entrambi gli approcci,
- nonostante le difficoltà di sistematizzazione l'ampia mole di dati epidemiologici disponibili, è ormai noto nel mondo scientifico che gli effetti sanitari con principale associazione con l'esposizione all'inquinamento atmosferico sono quelli di tipo respiratorio e cardiovascolare.
- Il ricorso ad analisi di studi epidemiologici va effettuato con particolare attenzione in riferimento alla rappresentatività rispetto al caso in esame.

Le Linee Guida VIS del DM 27/03/2019 indicano come principale riferimento in materia epidemiologica il **Progetto Sentieri**.

Il progetto SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento) è stato avviato nel 2007 nell'ambito del Programma strategico nazionale "Ambiente e salute", coordinato dall'Istituto superiore di sanità e finanziato dal Ministero della salute.

Il Progetto SENTIERI ha l'obiettivo di costituire un sistema di sorveglianza dello stato di salute dei residenti nei siti contaminati, primo studio sistematico sui SIN (Siti di Interesse Nazionale), caratterizzato dal forte rilievo annesso alle ipotesi eziologiche a priori.

Il Progetto SENTIERI non copre l'area di interesse, non essendo inclusa in un SIN, quindi non risulta possibile effettuare valutazioni specifiche in riferimento a tale fonte.

Pertanto, in accordo a quanto definito dalle Linee Guida VIS del DM 27/03/2019, in assenza di indicazioni specifiche dello studio SENTIERI per l'area di interesse, per identificare le cause d'interesse a priori per le quali definire gli indicatori sanitari l'analisi verrà incentrata sulle Evidenze tossicologiche relative agli

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO**Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas**DATA
Settembre 2019PROGETTO
195481PAGINA
37 di 119

inquinanti d'interesse per il caso in esame: Ossidi di Azoto, Monossido di Carbonio, Ammoniaca e Particolato atmosferico (polveri sottili).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
38 di 119

1.4.1 Evidenze tossicologiche

Vengono di seguito descritti gli effetti specifici dei singoli inquinanti considerati come di interesse per la VIS in esame, le caratteristiche di tossicità ed i possibili meccanismi di azione al fine di valutare l'effettivo apporto allo stato di salute nell'area del progetto proposto.

La trattazione per singolo inquinante è preceduta da un'analisi dei meccanismi d'azione degli inquinanti atmosferici e dai soggetti maggiormente sensibili agli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico.

Meccanismi d'azione degli inquinanti atmosferici

Sono stati ipotizzati meccanismi biologici complessi per gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulle patologie cardiovascolari: effetti diretti degli inquinanti sul cuore e sui vasi, sul sangue e sui recettori polmonari ed effetti indiretti mediati dallo stress ossidativo e dalla risposta infiammatoria.

Effetti diretti potrebbero essere dovuti alle particelle molto fini, ai gas o ai metalli di transizione che attraversano l'epitelio polmonare e raggiungono il circolo ematico. Potrebbe inoltre avere un ruolo importante l'attivazione del riflesso neurale secondario all'interazione del PM con i recettori polmonari.

Le alterazioni del tono autonomo, in alcune circostanze, potrebbero contribuire all'instabilità della placca vascolare o innescare disturbi aritmici del cuore. Questi effetti diretti dell'inquinamento atmosferico rappresentano una spiegazione plausibile della rapida (entro poche ore) risposta cardiovascolare, con un incremento della frequenza dell'infarto del miocardio e delle aritmie. Il meccanismo indiretto mediato dallo stress ossidativo provoca un indebolimento delle difese antiossidanti e un conseguente aumento dell'infiammazione nelle vie aeree e nell'organismo.

La plausibilità biologica è accresciuta dall'osservazione di effetti cardiopolmonari e dal fatto che endpoint non cardiopolmonari non sono tipicamente associati con l'inquinamento atmosferico.

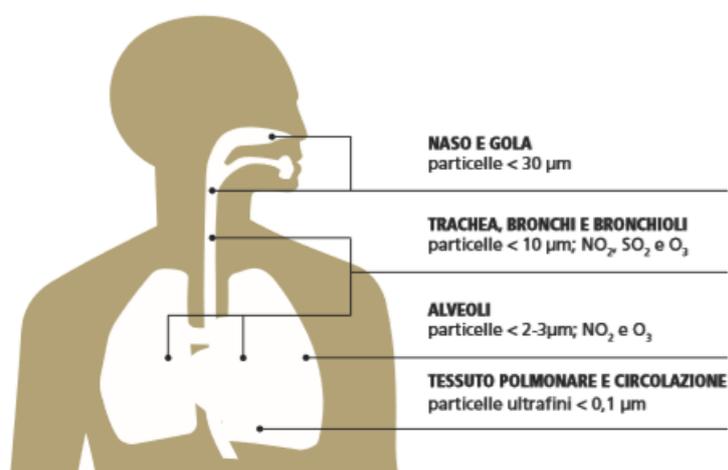


Figura 10: Penetrazione degli inquinanti nel tratto respiratorio (Modificata da Künzli et al. – Epiair 2)

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
39 di 119

Gli effetti a carico del sistema respiratorio sono molto vari e possono spaziare da una semplice irritazione delle prime vie aeree alla fibrosi polmonare, alle malattie respiratorie croniche ostruttive, all'asma, all'enfisema, fino al cancro. Gli effetti irritanti sono solitamente reversibili, ma l'esposizione cronica a un irritante può comportare l'insorgenza di un danno permanente a livello cellulare.

Valutazione degli effetti specifici del singolo contaminante sono valutati nei paragrafi a seguire.

Soggetti maggiormente sensibili agli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico

Gli individui rispondono in modo diverso all'esposizione all'inquinamento atmosferico e le caratteristiche che contribuiscono a queste variazioni sono comprese nel concetto di suscettibilità.

In effetti, numerosi fattori sono stati associati a un aumento della suscettibilità individuale all'inquinamento atmosferico. I soggetti maggiormente sensibili agli effetti sanitari dell'inquinamento atmosferico sono identificabili in:

- soggetti anziani, indigenti o bambini;
- soggetti che presentano maggiore suscettibilità per fattori genetici innati (per esempio, polimorfismi legati alla famiglia della glutatione-S-transferasi o quelli legati al gene TNF α) o per uno sviluppo incompleto delle funzioni fisiologiche (bambini);
- soggetti che presentano maggiore suscettibilità perché affetti da malattie cardiovascolari, respiratorie (asma, BPCO, polmonite) o diabete di tipo 2, che comportano alterazioni funzionali tali da favorire un danno maggiore per esposizione agli inquinanti atmosferici;
- soggetti esposti ad altre sostanze tossiche, per esempio, in ambiente di lavoro, i cui effetti potrebbero sommarsi o interagire con quelli degli inquinanti atmosferici;
- soggetti esposti ad alte concentrazioni di inquinanti atmosferici, perché residenti in zone con alta densità di traffico, o per motivi lavorativi (per esempio, vigili urbani, autisti di mezzi pubblici);
- soggetti sovrappeso od obesi hanno un aumentato rischio di diabete (oltre a ipertensione arteriosa, ipercolesterolemia, riduzione della capacità polmonare totale) e conseguentemente di mortalità dovuta all'esposizione a inquinanti atmosferici. Al contrario, una dieta ricca di antiossidanti può ridurre tali effetti.

Nella fase di assessment, la valutazione del rischio in riferimento ai soggetti potenzialmente più sensibili viene effettuata andando a valutare puntualmente in rischio tossicologico ed epidemiologico sui recettori individuati in **Tavola 4**.

Ossidi di Azoto

Le principali sorgenti naturali di emissione di ossidi di riguardano la degradazione della sostanza organica, il rilascio dagli oceani e incendi di foreste. Le principali sorgenti antropiche sono invece rappresentate da emissioni dei veicoli circolanti su strada, impianti industriali, impianti per la produzione di energia, riscaldamento domestico o attività agricole.

In termini di effetti sulla salute umana l'NO è in grado di agire sull'emoglobina fissandosi ad essa con la conseguente formazione di metamoglobina e nitrosometemoglobina, che interferiscono con la normale

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
40 di 119

ossigenazione dei tessuti da parte del sangue. Studi su ratti hanno evidenziato effetti letali a basse concentrazioni (CL50 inalatoria/ratto/4 h: 57,5 ppm (DFG, 2014)).

L'NO₂ è decisamente la sostanza più critica tra gli NO_x, con una tossicità fino a quattro volte maggiore rispetto a quella del monossido di azoto.

Forte ossidante ed irritante, esercita il suo effetto tossico principalmente sugli occhi, sulle mucose e sui polmoni. In particolare, i suoi effetti riguardano l'alterazione e diminuzione delle funzioni respiratorie (bronchiti, tracheiti, forme di allergia ed irritazione). Studi sperimentali su animali e uomo suggeriscono che gli effetti tossici dovuti all'NO₂ si traducono in termini di specifiche patologie a carico del sistema respiratorio quali bronchiti, allergie, irritazioni ed edemi polmonari e recentemente sono stati evidenziati anche effetti a carico del sistema cardiovascolare come la capacità di indurre scompenso cardiaco ed aritmie (EEA 2013; WHO 2013).

Studi di dosimetria indicano che questo agente inquinante si deposita lungo tutto l'albero respiratorio, ma in particolar modo nella parte distale del polmone. Il principale meccanismo di tossicità dell'NO₂ coinvolge la perossidazione lipidica nelle membrane cellulari e le varie azioni dei radicali liberi sulle molecole strutturali e funzionali.

Il D.Lgs. 155/2010 ha fissato per il biossido di azoto i seguenti valori limite di concentrazione in aria per la protezione della salute umana: valore limite orario di 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile, e valore limite per la media annuale di 40 µg/m³ (media sull'anno civile).

I soggetti maggiormente coinvolti sono quelli più sensibili come i bambini e le persone con asma, malattie respiratorie croniche e patologie cardiache. Infine, avendo un ruolo importante anche nella formazione di altre sostanze inquinanti, l'ozono in particolare, gli NO_x si possono ritenere tra gli inquinanti atmosferici più critici.

Il livello naturale in atmosfera di NO₂ oscilla fra 1 e 10 µg/m³ e il valore di concentrazione media annua in ambito urbano si attesta mediamente sui 40 µg/m³. Nelle aree e nei paesi in via di sviluppo si possono rilevare valori più elevati e compresi fra 20 e 90 µg/m³. Queste concentrazioni sono in ogni caso tali da non comportare gli effetti acuti di seguito descritti.

Effetti acuti

La concentrazione al di sopra della quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e, raggiunta la quale, si deve immediatamente intervenire è di 400 µg/m³ (misura su 3 ore consecutive).

Studi su animali hanno suggerito che un'inalazione acuta di NO₂ provoca gravi danni alle membrane cellulari a seguito dell'ossidazione di proteine e lipidi (stress ossidativo) ma anche disfunzione mitocondriale, che si ripercuote nel metabolismo energetico, nella produzione di radicali liberi e nell'apoptosi che si innesca in risposta al danno neuronale.

In ogni caso di studio l'esposizione acuta non rileva effetti significativi al di sotto di 1880 µg/m³.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
41 di 119

In sintesi, gli effetti acuti dell'NO₂ sull'apparato respiratorio comprendono riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma con riduzione della funzionalità polmonare.

Più di recente sono stati definiti i possibili danni dell'NO₂ sull'apparato cardio-vascolare come capacità di indurre patologie ischemiche del miocardio, scompenso cardiaco e aritmie cardiache.

Effetti a lungo termine

Gli effetti a lungo termine includono alterazioni polmonari a livello cellulare e tessutale, e aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. Non si hanno invece evidenze di associazione con tumori maligni o danni allo sviluppo fetale (teratogenesi).

Va sottolineato quanto possano essere significative le esposizioni prolungate a basse concentrazioni di ossidi di azoto dovuto ad inquinamento indoor da utilizzo dei fornelli a gas o alle caldaie di riscaldamento acqua e/o ambiente. Si sa che concentrazioni di NO₂ di 1-3 ppm sono percepite all'olfatto per l'odore pungente, mentre concentrazioni di 15 ppm portano ad irritazione degli occhi e del naso.

Gli ossidi di azoto durante la respirazione giungono facilmente agli alveoli polmonari dove originano acido nitroso e nitrico. Lunghe esposizioni anche a basse concentrazioni diminuiscono drasticamente le difese polmonari con conseguente aumento del rischio di affezioni alle vie respiratorie.

L'esposizione cronica ad alte concentrazioni può inoltre causare un incremento dell'incidenza di fibrosi polmonare idiopatica.

Tuttavia, gli studi disponibili non hanno chiarito gli effetti dell'esposizione al biossido di azoto sull'uomo a dosi basse e moderate, prossime a quelle dell'ambiente esterno.

L'evidenza tossicologica suggerisce l'aumento della suscettibilità alle infezioni, un deficit della funzionalità polmonare e un deterioramento dello stato di salute delle persone con condizioni respiratorie croniche.

Vengono di seguito dettagliati i principali studi sugli effetti cronici del biossido di azoto:

- Aumento del 20% di incidenza dei sintomi delle alte vie respiratorie ad ogni aumento di 20 µg/m³ (al di sotto dei 51 µg/m³) e aumento della durata dei sintomi respiratori (Braun-Fahrlander, 1992);
- Aumento del 18% nell'incidenza di sintomi respiratori o malattie respiratorie per un aumento di lungo periodo dell'esposizione a NO₂ a pari a 30 µg/m³ (Hasselblad, 1992);
- Manifestazione di un lieve enfisema in tessuti polmonari e ispessimento dell'epitelio bronchiale e bronchiolare in scimmie scoiattolo esposte continuamente a 1 ppm di biossido di azoto per 493 giorni (Fenters *et al.*, 2013);
- Aumento dell'incidenza di fibrosi polmonare idiopatica ad elevate concentrazioni prolungate (10 µg/m³) e un eventuale aumento tra il 4,25% e l'8,41% se i livelli di biossido di azoto superano i 40 µg/m³ (Harari *et al.*, 2016);
- Aumento significativo del rischio di insorgenza di asma in adolescenti sottoposti a concentrazioni di 72-115 µg/m³ (Greenberg *et al.*, 2017);

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas	DATA Settembre 2019	PROGETTO 195481	PAGINA 42 di 119
--	------------------------	--------------------	---------------------

- Alterazione della funzione del cortisolo in 140 adolescenti che può influenzare funzione respiratoria e asma (Wing *et al.*, 2018).

Come anticipato gli studi epidemiologici sugli effetti di esposizione sono, in ogni caso, limitati dal fatto che non è possibile separare gli effetti dovuti al biossido di azoto da quelli derivanti da altri inquinanti atmosferici (es. particolato fine).

Riassumendo quanto sopra esposto:

- In termini di effetti acuti, dai dati disponibili, l'esposizione a NO₂ produce effetti solo a concentrazioni superiori a 1800 µg/m³ nelle cavie animali. Sulle persone affette da malattie polmonari croniche o asmatiche, che rappresentano i gruppi maggiormente a rischio, si evidenziano effetti solo a concentrazione al di sopra dei 500 µg/m³.
- In termini di effetti a lungo termine non esistono dati sufficienti per individuare delle dosi specifiche, come riportato alcuni studi epidemiologici, comunque ristretti a specifiche categorie di esposti, rilevano degli effetti ad esposizioni prolungate (annuali) di 75 µg/m³.
- In termini di standard di qualità dell'aria il limite proposto per l'NO₂ dalle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) è di 40 µg/m³ per quanto riguarda la media annuale e 200 µg/m³ riferito alla media oraria giornaliera (WHO 2006). Valori di riferimento considerati validi anche dalla normativa italiana in materia (D.Lgs. 155/10).

I risultati degli studi epidemiologici disponibili mostrano quindi come i limiti normativi definiti siano stati taranti su basi scientifiche molto prudenziali.

In particolare, quindi, il rispetto degli standard di qualità dell'aria comporta un elevato livello di protezione della popolazione rispetto agli effetti a lungo termine del biossido di azoto. Risultano ancor meno probabili problematiche correlabili all'esposizione acuta.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
43 di 119

Monossido di Carbonio

L'ossido di carbonio (CO) o monossido di carbonio è un gas incolore, inodore, infiammabile, e molto tossico. Si forma durante le combustioni delle sostanze organiche, quando sono incomplete per difetto di aria (cioè per mancanza di ossigeno). Le principali emissioni naturali sono dovute agli incendi boschivi, alle eruzioni dei vulcani, alle attività microbiche, alle emissioni da oceani e paludi e all'ossidazione del metano e degli idrocarburi in genere emessi naturalmente in atmosfera.

Le concentrazioni di monossido di carbonio è direttamente correlabile ai volumi di traffico, infatti circa il 90% di CO immesso in atmosfera è dovuto ad attività umana e deriva dal settore dei trasporti. Vi sono comunque anche altre fonti che contribuiscono alla sua produzione: processi di incenerimento di rifiuti, combustioni agricole, attività industriali specifiche e combustione in centrali per la produzione di energia.

Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili, mentre gli effetti sull'uomo presentano un rischio non trascurabile.

Si tratta di effetti a breve termine sia per il comportamento in aria di questo gas (non si accumula in atmosfera poiché per ossidazione si trasforma in CO₂) sia per la sua elevata tossicità.

Il monossido di carbonio è infatti assorbito a livello polmonare. La sua pericolosità è dovuta alla capacità di legarsi in modo irreversibile con l'emoglobina del sangue in concorrenza con l'ossigeno. Si forma così un composto fisiologicamente inattivo, la carbossiemoglobina (COHb), che interferisce sul trasporto di ossigeno ai tessuti con conseguente danneggiamento degli stessi (Hlastala *et al.*, 1976).

Il CO ha infatti un'affinità per l'emoglobina 240 volte superiore a quella dell'ossigeno. A basse concentrazioni provoca emicranie, debolezza diffusa, giramenti di testa, cefalea e vertigini ed a seguire problemi al sistema respiratorio; a concentrazioni maggiori può provocare esiti letali come la morte per asfissia.

Il monossido di carbonio si può legare anche ad altre proteine contenenti ferro quali mioglobina, citocromo e neuro globina. L'assorbimento da parte della mioglobina riduce la disponibilità di ossigeno per il cuore.

La letteratura sulla tossicologia del monossido di carbonio è molto ampia (Wilbur, 2012).

Studi clinici forniscono prove per una progressione di alcuni degli effetti negativi sulla salute del monossido di carbonio nell'uomo con l'aumento dei livelli ematici di COHb.

La relazione illustrata in figura seguente non significa necessariamente che questi effetti derivano direttamente dalla formazione di COHb a scapito della diminuzione dei livelli di O₂Hb nel sangue (cioè meccanismi ipossici). Altri meccanismi secondari di tossicità, possono anche contribuire a questi effetti. COHb può fungere da biomarcatore per il carico corporeo del monossido di carbonio.

Una presentazione alternativa della relazione tra i livelli di COHb nel sangue e gli effetti negativi sulla salute è fornita nella tabella a seguire. Questa tabella mostra la relazione prevista tra i livelli di COHb del sangue che corrispondono approssimativamente agli effetti negativi sulla salute e alle corrispondenti concentrazioni equivalenti di esposizione umana che porterebbero allo stesso livello di COHb del sangue allo stato costante.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

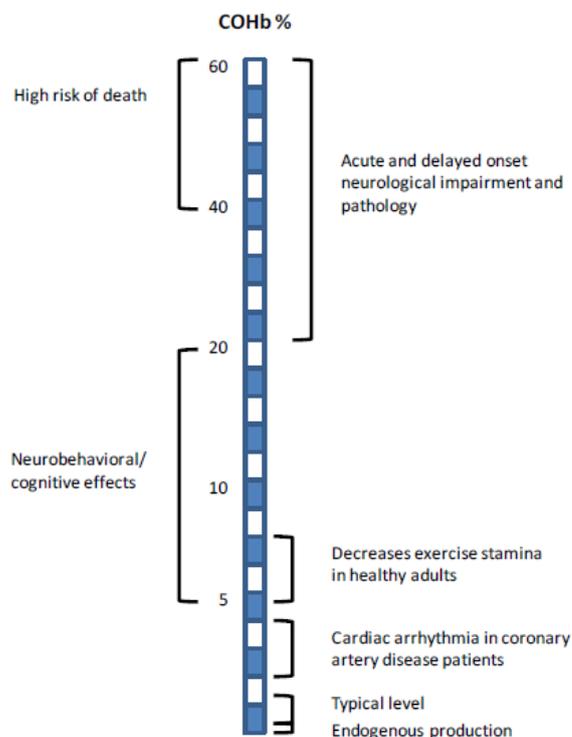
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
44 di 119

L'esposizione a livelli più bassi di monossido di carbonio per durate più lunghe e l'esposizione a livelli più elevati per durate più brevi che raggiungono livelli di COHb nel sangue simili potrebbero non produrre risposte equivalenti.


Figura 11: Correlazione fra livelli di carbossiemoglobina nel sangue e relativi effetti patologici nell'uomo (ASTDR, 2012)

Effect	COHb ^a (percent)	Exposure (ppm)
Endogenous production	<0.5	0
Typical level in nonsmoker	0.5–1.5	1–8
Increased risk of arrhythmias in coronary artery disease patients and exacerbation of asthma (epidemiological studies)	0.3–2 ^b	0.5–10 ^b
Neurodevelopmental effects on the auditory system in rats	2–4 ^b	12–25 ^b
Enhanced myocardial ischemia and increased cardiac arrhythmias in coronary artery disease patients	2.4–6	14–40
Decreased exercise stamina in healthy adults	5–8	30–50
Neurobehavioral/cognitive changes, including visual and auditory sensory effects (decreased visual tracking, visual and auditory vigilance, visual perception), fine and sensorimotor performance, cognitive effects (altered time discrimination, learning, attention level, driving performance), and brain electrical activity	5–20	30–160
Acute and delayed onset of neurological impairment (headache, dizziness, drowsiness, weakness, nausea, vomiting, confusion, disorientation, irritability, visual disturbances, convulsions, and coma) and pathology (basal ganglia lesions)	20–60	160–1,000
High risk of death	>50	>600

^aReported value, unless otherwise denoted as predicted.

Tabella 13: Correlazione fra la dose di carbossiemoglobina (COHb) nel sangue e relativi effetti patologici (ASTDR, 2012)

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
45 di 119

Il D.Lgs. 155/2010 ha fissato per il monossido di carbonio il valore limite di concentrazione in aria per la protezione della salute umana pari a 10 mg/m^3 (media giornaliera su 8 ore).

Ammoniaca (NH₃)

A temperatura ambiente l'ammoniaca pura si presenta come un gas incolore dal caratteristico odore estremamente pungente e che alla pressione ambiente liquefa alla temperatura di $-77,7 \text{ }^\circ\text{C}$ e bolle alla temperatura di $-33,4 \text{ }^\circ\text{C}$, trasformandosi in un liquido mobile e anch'esso incolore. È più leggera dell'aria, con una densità di 0,597 volte quella dell'aria stessa. È presente in piccole quantità nell'atmosfera terrestre come prodotto di attività biologiche varie (fermentazioni, denitrificazione, etc.) e della pirolisi dei combustibili fossili.

È estremamente solubile in acqua, oltre che in molti altri solventi, e per questo si dissolve nella mucosa del tratto respiratorio superiore, causando infiammazione di occhi, naso, gola e potendo causare reazioni disfunzionali come il broncospasmo (Borlè *et al.*, 2017) e (Loftus *et al.*, 2015).

Nonostante ad oggi gli studi sulle emissioni di NH₃ dal settore di produzione dell'energia, processi industriali e settore dei trasporti siano limitati, in quanto considerati una fonte minore di emissione rispetto all'agricoltura e all'allevamento di bestiame (Behera *et al.*, 2013), le emissioni di NH₃ stanno crescendo in maniera incontrollata a livello mondiale (Stokstad, 2014).

Tuttavia molti degli studi effettuati su questo contaminante non risultano conclusivi nell'individuare misure di associazione con patologie umane.

Studi sugli animali hanno dimostrato che l'ammoniaca può danneggiare le cellule epiteliali del tratto respiratorio e alterare la clearance delle cellule ciliate, aumentando la suscettibilità ad infezioni o all'effetto tossico di altre particelle inalate (Loftus *et al.*, 2015).

Uno studio effettuato su un gruppo di pazienti, esposti ad elevate concentrazioni di ammoniaca per un breve periodo di tempo ha dato evidenza di ostruzione delle vie aeree superiori. Questi pazienti hanno comunque recuperato il proprio stato di salute con nessuna conseguenza polmonare. Un secondo gruppo di pazienti è stato invece esposto a basse concentrazioni per un periodo di tempo prolungato, senza manifestare ostruzione delle vie aeree superiori (Close *et al.*, 1980).

Polveri sottili (PM 2.5 – PM 10)

Il particolato atmosferico è un sistema disperso di particelle solide e liquide di varia natura, origine, forma e dimensioni (usualmente da 0,01 a 50 μm) che si trovano in sospensione in atmosfera (aerosol).

Il D.Lgs. 155/2010 art. 2 c. definisce poi il PM10 e PM2.5 come segue:

“ii) PM10: *il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM10 (norma UNI EN 12341), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato di un diametro aerodinamico di 10 μm ;*

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
46 di 119

II) PM_{2,5}: *il materiale particolato che penetra attraverso un ingresso dimensionale selettivo conforme al metodo di riferimento per il campionamento e la misurazione del PM_{2,5} (norma UNI EN 14907), con un'efficienza di penetrazione del 50 per cento per materiale particolato di un diametro aerodinamico di 2,5 µm*

A seguire alcune fonti ufficiali che mostrano in maniera praticamente omogenea la considerazione che il particolato è costituito essenzialmente una **matrice multicomponente associabile ad una miscela** di natura complessa e variabile in termini spaziali e temporali.

*“Particulate matter, also known as particle pollution or PM, is a complex **mixture** of extremely small particles and liquid droplets. Particle pollution is made up of a number of components, including acids (such as nitrates and sulfates), organic chemicals, metals, and soil or dust particles” (US-EPA)*

Il particolato, noto anche come inquinamento da particelle o PM, è una **complessa miscela** di particelle estremamente piccole e goccioline liquide. L'inquinamento da particolato è costituito da una serie di componenti, tra cui acidi (come nifiti e solfati), sostanze chimiche organiche, metalli e particelle di suolo o polvere.

<https://www3.epa.gov/region1/eco/uep/particulatematter.html>

*“PM is a widespread air pollutant, consisting of a **mixture** of solid and liquid particles suspended in the air.” (WHO- Europe)*

PM è un inquinante atmosferico diffuso, costituito da una miscela di particelle solide e liquide sospese nell'aria.

*“Per materiale particolato aerodisperso si intende l'insieme delle particelle atmosferiche solide e liquide sospese in aria ambiente. (...) hanno una **natura chimica particolarmente complessa e variabile**, sono in grado di penetrare nell'albero respiratorio umano e quindi avere effetti negativi sulla salute.”*

(Ministero della Salute)

http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_paginaRelazione_1438_listaFile_itemName_1_file.pdf

*“Con i termini particolato atmosferico o materiale particellare ci si riferisce a quelle particelle sospese e presenti nell'aria che ogni giorno respiriamo e che di solito sono chiamate polveri sottili o pulviscolo. Il PM₁₀, considerato un buon indicatore della qualità dell'aria, è formato da un **insieme di particelle solide di diversa natura, composizione chimica e dimensione (tra 10 e 2,5 micron)** (...)”*

(Istituto Superiore di Sanità)

www.issalute.it/index.php/saluteaz-saz/p/676-pm10-particolato-atmosferico-o-polveri-sottili#bibliografia

*Il materiale particolato presente nell'aria è costituito da una **miscela di particelle solide e liquide**, che possono rimanere sospese anche per lunghi periodi.*

(Progetto EPIAIR2)

*Gli inquinanti particolati presenti in atmosfera sono composti da una **miscela di particelle solide e liquide** con dimensioni comprese fra 0,005 µm e 50-150 µm.*

(Progetto VIAS)

Le particelle possono essere prodotte ed immesse in atmosfera attraverso fenomeni naturali (*soil dust*, spray marino, aerosol biogenico, etc.) o antropogenici (emissioni da traffico, da impianti per la produzione di energia, da impianti di riscaldamento ed industriali di vario genere).

Altro materiale particellare si può formare in atmosfera come risultato di processi fisico-chimici fra gas, oppure tra gas e particelle.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
47 di 119

La classificazione del particolato viene effettuata come noto mediante il diametro medio delle particelle. In particolare, nell'ambito del monitoraggio dell'aria ambiente, si distinguono in genere il PM10 e il PM 2.5.

La proporzione del materiale particellare totale, che viene inalata nel corpo umano dipende dalle proprietà delle particelle, dalla velocità e direzione di spostamento dell'aria vicino all'individuo (l'aumento della velocità del vento determina un aumento delle concentrazioni del PM10, mentre gli eventi piovosi causano una diminuzione del contenuto del PM10 in aria), dalla sua frequenza respiratoria e dal tipo di respirazione, nasale od orale. Le particelle inalate si possono poi depositare in qualche punto del tratto respiratorio, oppure possono essere esalate. Il punto della deposizione o la probabilità di esalazione dipendono dalle proprietà delle particelle, del tratto respiratorio, dal tipo di respirazione e da altri fattori.

Per quanto riguarda la probabilità di inalazione, deposizione, reazione alla deposizione ed espulsione delle particelle c'è ampia varietà da individuo a individuo. Tuttavia, è possibile definire delle convenzioni per il campionamento con separazione dimensionale di particelle aerodisperse quando lo scopo del campionamento è a fini sanitari.

Queste convenzioni sono relazioni tra il diametro aerodinamico e le frazioni che devono essere raccolte o misurate, le quali approssimano le frazioni che penetrano nelle varie regioni del tratto respiratorio in condizioni medie. La norma EN 481 definisce le convenzioni di campionamento per le frazioni granulometriche delle particelle che devono essere utilizzate per valutare i possibili effetti sanitari derivanti dall'inalazione di particelle aerodisperse nell'ambiente di lavoro. Il frazionamento è attualmente raggruppato in tre gruppi, che rappresentano il rapporto tra le particelle che raggiungono le diverse parti del tratto respiratorio:

Frazione inalabile

- Questa è la frazione delle particelle che entra nel corpo attraverso il naso e la bocca durante la respirazione. Queste particelle si fermano nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (cavità nasali, faringe e laringe).

Questa frazione è considerata importante per gli effetti sulla salute, perché le particelle si depositano ovunque nel tratto respiratorio. Alcune particelle sopra i 20 µm possono essere inalate, ma rimangono sopra la laringe e sono, perciò extratoraciche. Non si prende, perciò, in considerazione le particelle sopra i 20 µm come parte inalabile.

Frazione toracica

- Questa è la frazione delle particelle che può penetrare nei polmoni sotto la laringe. Questa frazione può essere messa in relazione con effetti sulla salute che nascono dal deposito di particolato nei condotti d'aria dei polmoni.

Frazione respirabile

- È la frazione delle particelle inalabile che può penetrare in profondità negli alveoli polmonari. Questa frazione può portare ad effetti sulla salute dovuti al deposito di particelle nella regione alveolare dei polmoni e può raggiungere le zone più profonde dell'apparato respiratorio (trachea, bronchi e bronchioli).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

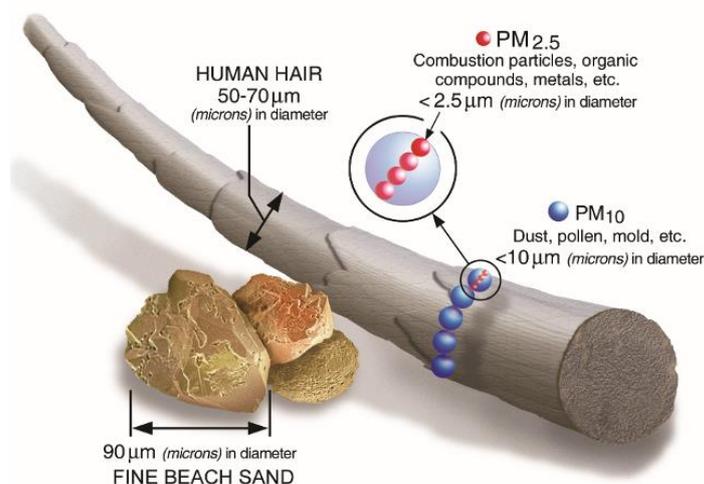
 PAGINA
48 di 119


Figura 12: Dimensioni relative del particolato atmosferico (US EPA)

Ai fini pratici è possibile considerare il PM10 quale frazione toracica del particolato atmosferico, mentre in genere la frazione PM 2.5 individua la frazione interamente respirabile del particolato. Le particelle aerodisperse con dimensioni comprese tra 10 e 2,5 μm , sono costituite prevalentemente da frammenti derivanti da rocce e suoli (*soil dust*), da frammenti vegetali e pollini (aerosol biogenico) ed altri costituenti di origine naturale (per es., spray salino). Nella frazione inferiore a 2,5 μm (PM 2.5) sono prevalenti le particelle di origine antropica.

In termini di effetti sulla salute, numerosi studi hanno dimostrato che l'esposizione a lungo termine alle polveri sottili rappresenta un fattore di rischio per l'insorgenza di patologie respiratorie, cardiovascolari e per lo sviluppo del tumore al polmone.

Allo stato attuale delle conoscenze, secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, non è possibile fissare una soglia di esposizione al di sotto della quale certamente non si verificano nella popolazione degli effetti avversi sulla salute (WHO, 2005).

Recenti studi indicano inoltre che l'esposizione acuta a particelle in sospensione contenenti metalli (ad es. le particelle derivanti dai combustibili fossili usati come carburanti) possono causare un vasto spettro di risposte infiammatorie nelle vie respiratorie e nel sistema cardiovascolare (danneggiamento cellulare e aumento della permeabilità cellulare), verosimilmente in relazione alle loro componenti metalliche. Nei soggetti più sensibili (come gli asmatici e le persone con malattie polmonari e cardiache preesistenti), ci può essere un peggioramento della dinamica respiratoria (diminuzione della funzione polmonare) ed uno scatenamento di alcuni sintomi (es. tosse o un attacco di asma), nonché un'alterazione dei meccanismi di regolazione del cuore e della coagulazione del sangue.

Le correlazioni individuate sono legate al fatto che in generale il particolato fine può assorbire sulla sua superficie composti organici tra cui alcuni noti agenti cancerogeni (IPA tra cui il benzo(a)pirene è considerato il più pericoloso per la salute umana, nitropireni etc.). La presenza di composti inorganici sulla sua superficie, come i metalli di transizione (Fe, Cu, Zn etc.), può inoltre contribuire alla formazione di danni

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
49 di 119

ossidativi a livello delle vie respiratorie. Recentemente alcuni studi hanno stabilito una connessione fra la presenza di queste sostanze nel particolato e le allergie (Baldacci *et al.*, 2015).

Il citato effetto di assorbimento e trasporto di altre sostanze al particolato può essere associato ad effetti sulla salute sia acuti che cronici.

In particolare, gli effetti a breve termine (acuti) associabili all'esposizione ad un aumento di concentrazione di PM10 pari a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sono legati all'irritazioni dell'apparato respiratorio e delle mucose, all'asma, all'aumento dei ricoveri ospedalieri e dei decessi sia per cause cardiovascolari che respiratorie (Anderson, 2004 e Biggeri (MISA-2), 2004). Un aumento equivalente dell'esposizione a PM2.5 ha causato inoltre un aumento della mortalità respiratoria (Achilleos *et al.*, 2017).

In termini di effetti a lungo termine (cronici) un aumento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in concentrazione di PM2.5 è stato correlato ad un aumento della mortalità generale per cause naturali, per cancro al polmone e per infarto (Pope *et al.* 2002 e 2004). L'inalazione prolungata può inoltre provocare reazioni fibrose croniche e necrosi dei tessuti che comportano broncopolmonite accompagnata spesso da enfisema polmonare.

A fronte di tali correlazioni, non sono ad oggi disponibili delle relazioni dose – effetto associabili al particolato. Non sono state quindi individuate delle concentrazioni critiche di particolato atmosferico direttamente correlabili ad effetti specifici sulla salute umana.

In particolare, la stessa World Health Organization, ha individuato infatti degli effetti significativi sulla salute anche a concentrazioni molto basse e di poco superiori alla concentrazione naturale atmosferica di PM 2.5.

Il D.Lgs. 155/2010 ha fissato per il PM10 e il PM 2.5 i seguenti valori limite di concentrazione in aria per la protezione della salute umana.

PM10

- Valore limite di 24 ore $50 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
- Valore limite come media annuale $40 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$

PM2.5

- Valore limite come media annuale $25 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Si riportano infine a seguire le conclusioni della monografia IARC di valutazione del rischio cancerogeno per l'uomo n.109 del 2016 "Outdoor air pollution".

"L'inquinamento atmosferico è cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1). Il particolato nell'inquinamento atmosferico è cancerogeno per l'uomo (Gruppo 1). Le evidenze nell'uomo e negli animali sperimentali sono state fortemente supportate anche dalla molteplicità di effetti genetici e correlati documentati nell'uomo e nei sistemi sperimentali. Questa forte evidenza meccanicistica ha indicato che l'inquinamento atmosferico in tutto il mondo è mutageno ed è cancerogeno per l'uomo attraverso la genotossicità. Le esposizioni umane all'inquinamento atmosferico esterno o al particolato nell'aria esterna inquinata sono associati ad un aumento

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
50 di 119

dei danni genetici che hanno dimostrato di essere predittivo del cancro negli esseri umani. Inoltre, l'esposizione all'inquinamento atmosferico esterno può promuovere la progressione del cancro attraverso lo stress ossidativo, le risposte allo stress ossidativo e l'infiammazione sostenuta."

È inoltre importante sottolineare che per il caso in esame le polveri sottili generate nell'assetto post operam sono ascrivibili esclusivamente al Particolato Secondario.

In riferimento alle tipologie di inquinanti primari emessi dall'opera nel suo assetto futuro il particolato secondario è potenzialmente dovuto alla formazione in atmosfera di nitrati di ammonio a partire dagli ossidi di azoto.

Approfondimento relativo al particolato secondario

Il particolato secondario è costituito dagli aerosol, contenenti quasi esclusivamente particelle fini, che si generano dalle reazioni di ossido-riduzione degli inquinanti primari e secondari presenti in atmosfera allo stato gassoso (ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca, etc.) oppure dai processi di condensazione dei prodotti finali di reazioni fotochimiche (ad es. composti organici).

I fenomeni più conosciuti sono:

- *la trasformazione di NO₂ in nitrati NO₃;*
- *la trasformazione di SO₂ in solfati SO₄;*
- *la trasformazione di composti organici in particelle organiche.*

In presenza di ammoniaca, gli aerosol secondari spesso assumono la forma di sali di ammonio; cioè solfato di ammonio e nitrato di ammonio (entrambi possono essere secchi o in soluzione acquosa); in assenza di ammoniaca, i composti secondari assumono una forma acida come acido solforico (goccioline di aerosol liquido) e acido nitrico (gas atmosferico), che possono contribuire agli effetti sulla salute del particolato.

Il Particolato Secondario si forma attraverso processi di condensazione di sostanze a bassa tensione di vapore, precedentemente formatesi attraverso evaporazione ad alte temperature, o attraverso reazioni chimiche dei gas presenti in atmosfera che generano, a loro volta, particelle solide o aerosol attraverso processi di condensazione.

Le particelle solide o gli aerosol, dopo che si sono originati, crescono attraverso meccanismi di condensazione o di coagulazione. La condensazione è maggiore in presenza di grandi quantità di superfici di condensazione mentre la coagulazione è maggiore in presenza di un'alta densità di particelle. L'efficienza di tali meccanismi è di conseguenza maggiore al diminuire della dimensione delle particelle.

Ammonio, solfato e nitrato sono i principali costituenti del particolato secondario inorganico, ma vi è anche una componente secondaria originata da composti organici volatili che, a causa di complessi processi chimico fisici, in atmosfera danno origine a particolato.

Occorre infine sottolineare che nel caso in esame l'eventuale presenza di componenti nel particolato secondario originati da composti organici volatili non deriva dagli impatti del progetto, ma esclusivamente da altre sorgenti emissive presenti nell'area in esame (traffico, altre sorgenti industriali, etc.).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	51 di 119

1.4.2 Indicatori di salute individuati

Le principali tipologie di indicatori sanitari che le Linee Guida VIS individuano come quelli da considerare per le valutazioni sono le seguenti:

- a) Mortalità generale e per specifica causa,
- b) Ospedalizzazioni generali e per specifiche patologie,
- c) Incidenza tumorale,
- d) Malformazioni congenite (prevalenza alla nascita e all'interruzione di gravidanza),
- e) *Outcome* della gravidanza,
- f) Consumo farmaceutico per il trattamento delle patologie di interesse,
- g) Prestazioni in ambulatorio e pronto soccorso,
- h) Visite presso il medico di medicina generale,
- i) Presenza di sintomi autoriferiti.

Viste le caratteristiche tossicologiche e i possibili impatti sulla popolazione dei contaminanti associati alle attività previste dal progetto, anche in relazione ai dati disponibili, gli **indicatori sanitari** analizzati nel presente documento sono i seguenti:

- Mortalità,
- Ospedalizzazioni,
- Incidenza tumorale.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
52 di 119

1.5 Caratterizzazione dello stato di salute nell'assetto ante-operam

1.5.1 Mortalità ed ospedalizzazioni

La caratterizzazione dello stato di salute nell'assetto ante-operam per il progetto in esame è stata sviluppata a cura del Dipartimento di Biomedicina e Prevenzione dell'Università Tor Vergata di Roma (Proff A. Duggento, F. Lucaroni e L. Palombi, Ottobre 2018).

Tale documento è riportato in **Allegato 2** al quale si rimanda per i dettagli metodologici e sui risultati.

Nell studio, dopo un'adeguata definizione del contesto di riferimento in termini demografici, sono stati analizzati:

- **Mortalità per tutte le cause e per grandi gruppi di patologie (cardiovascolari, respiratorie, tumori)**

I dati di mortalità per cause, relativi alla popolazione italiana, sono stati forniti dall'Istituto Nazionale di Statistica (ISTAT).

Per la stima del tasso di mortalità è stato utilizzato un procedimento analogo a quello impiegato per la morbosità (ospedalizzazioni), senza distinzione per genere. In questo caso, però, sono stati analizzati i dati estratti dalle schede di morte per il periodo 2011-2014, forniti dall'ISTAT. Le diagnosi principali della mortalità sono state aggregate sulla base della "*European shortlist of causes of death*". In aggiunta, è stata stimata la mortalità per tutte le cause.

- **Ospedalizzazioni per grandi gruppi di patologie (cardiovascolari, respiratorie, tumori)**

Le schede di dimissione ospedaliera (SDO) per cause, relative alla popolazione nazionale, sono state fornite dal Ministero della Salute.

Per la stima del tasso di ospedalizzazione sono stati analizzati i dati estratti dalle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) del periodo 2007-2015 su base nazionale con diagnosi principale riferita ai ICD9 (International Classification of Diseases) relativi alle ospedalizzazioni per grandi gruppi di cause (cardiovascolari, respiratorie, tumorali) e per genere. Le diagnosi principali della dimissione ospedaliera sono state aggregate sulla base della "*European shortlist of causes of death*". In aggiunta, è stata stimata l'ospedalizzazione per tutte le cause.

Nello studio in oggetto, al fine di standardizzare il numero di ricoveri o decessi in base alla distribuzione di età e sesso in ciascuna entità geografica, sono stati analizzati i dati ISTAT relativi alla struttura della popolazione ricostruita per tutti gli altri anni studiati, per poi determinare il relativo Rapporto Standardizzato di Mortalità e di ospedalizzazione (SMR e SHR). Per maggiori dettagli sulla procedura di standardizzazione si rimanda al citato **Allegato 2**.

Nelle figure seguenti si riportano i risultati di tale standardizzazione per mortalità ed ospedalizzazione per tutte le cause. Per le analisi dei dati standardizzati di mortalità e di ospedalizzazione per singola causa si rimanda all'allegato di cui sopra. Per ogni comune il rapporto tra SMR o SHR del comune e quello della

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
53 di 119

popolazione di riferimento è evidenziato in colore verde se statisticamente significativo e minore di 1, ed in rosso se statisticamente significativo e maggiore di 1.

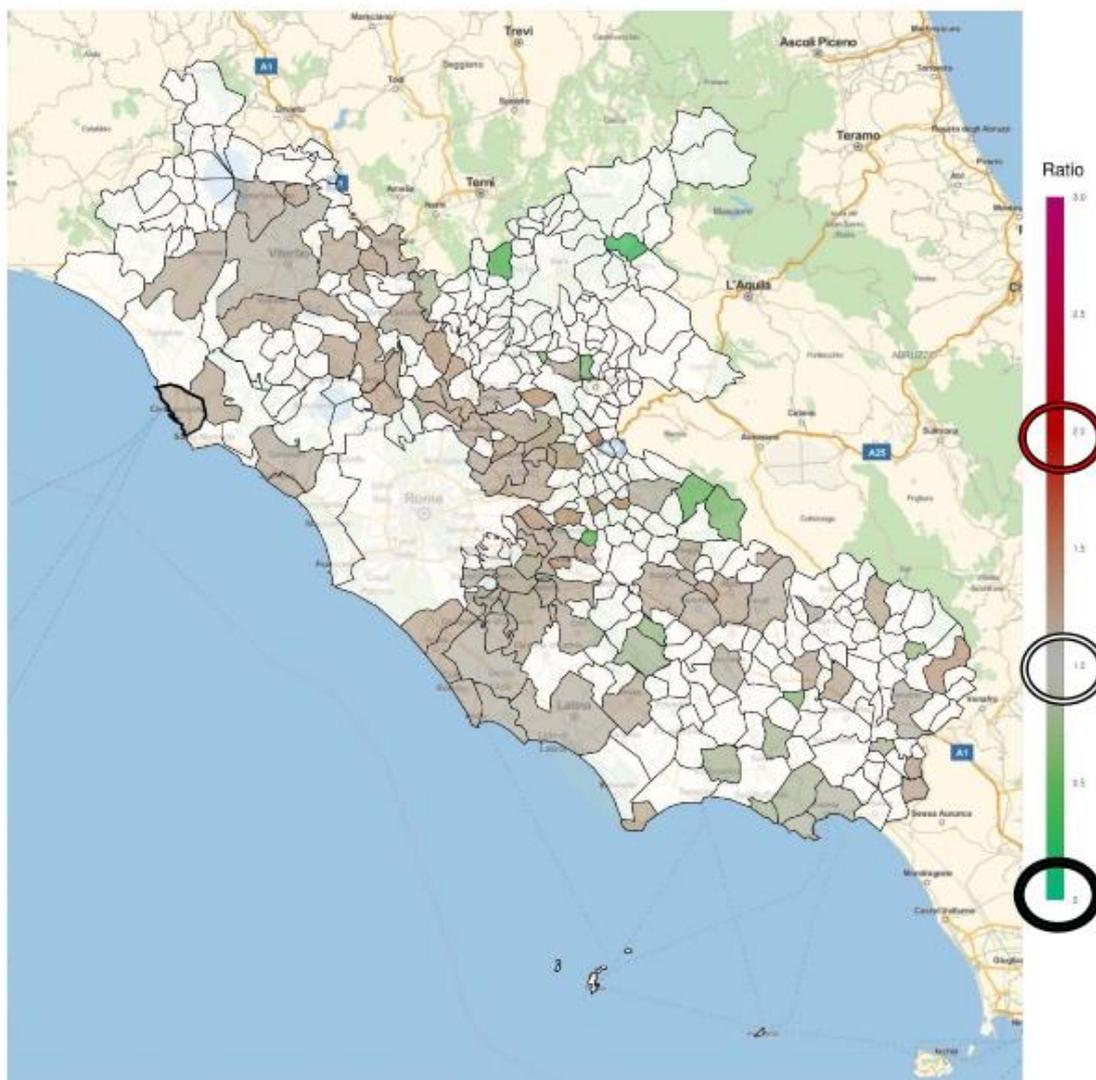


Figura 13: SMRs per tutte le cause (periodo 2011-2014), confronto con l'Italia (estratto da Allegato 2- figura 16)

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
54 di 119

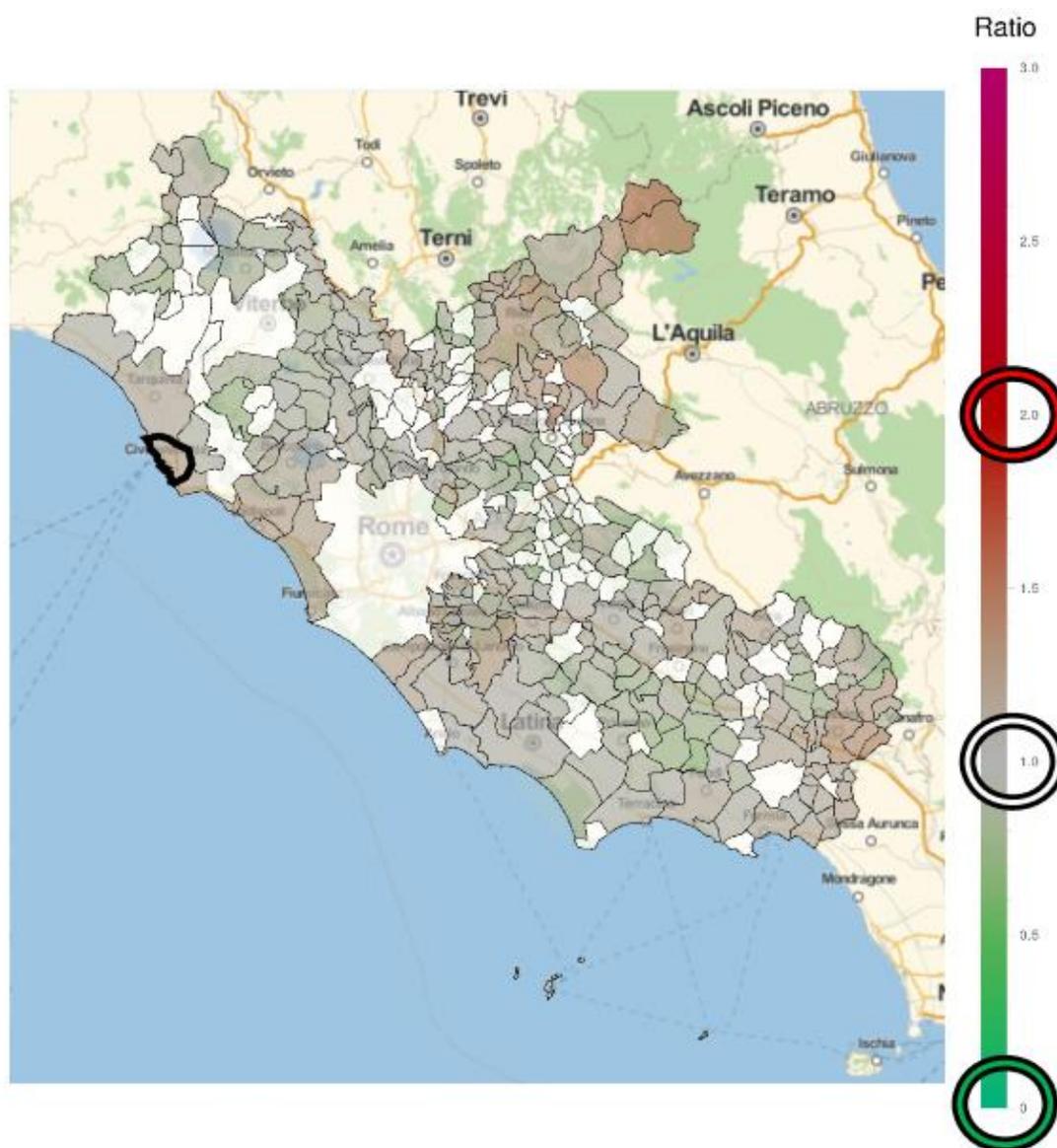


Figura 14: Ospedalizzazioni per tutte le cause (periodo 2007-2015), confronto con l'Italia (estratto da Allegato 2- figura 20)

A seguire si riportano le principali conclusioni dello studio in esame:

“Nel periodo 2007-2015 i residenti nel comune di Civitavecchia presentano lievi eccessi di rischio di ospedalizzazione per tutte le cause e quasi tutti i grandi gruppi di patologie, ad esclusione delle patologie respiratorie, con rischi che risultano sempre molto contenuti (<1.3), seppur significativi. Tali eccessi di rischio sono coerenti con il contesto provinciale, anch'esso caratterizzato da un rapporto di ospedalizzazione leggermente superiore a quello italiano.”

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
55 di 119

I comuni della provincia di Roma appaiono, comunque, non essere i soli nella Regione Lazio a presentare eccessi di rischio rispetto all'Italia. Si evidenzia, ad esempio, un cluster di comuni, localizzati nella provincia di Rieti, caratterizzati da eccessi di ospedalizzazione, ma non di mortalità, per tutti i grandi gruppi di cause, ad esclusione dei tumori, in parte sovrapponibili con un quadro caratterizzato da incremento di mortalità e morbosità caratteristico dei comuni dell'area confinante della regione Umbria, come evidenziato da altri studi di geomapping condotti dall'Università degli Studi di Roma Tor Vergata. Date le estreme differenze di attività antropica presente nelle due province (Roma e Rieti), si potrebbe ipotizzare che, almeno in parte, tali eccessi di rischio siano imputabili a fattori legati agli stili di vita individuali. Nell'area di Civitavecchia, ad esempio, si registra un'ampia diffusione dell'abitudine al fumo, di gran lunga superiore al dato nazionale per il periodo 2011-2014 (32% vs. 28% [5]). Analogamente, nella provincia di Rieti la quota di fumatori risulta essere superiore a quella italiana per il periodo 2013-2016 (29% fumatori vs. 26% Italia) [6].

Per ciò che concerne la mortalità, tra i residenti di Civitavecchia si registrano lievissimi eccessi di rischio per tutte le malattie (SMR 1.113) e per tumori maligni (SMR 1.114), che risultano congruenti con il contesto regionale. Eccessi di rischio, in particolare per tumori e disturbi respiratori, si riscontrano, infatti, in tutte le province della Regione Lazio, ad esclusione di Rieti: SMRs<1.45 per tutte le cause, SMRs<2.2 per tumori maligni, SMRs<1.9 per malattie del sistema cardiocircolatorio e SMRs<3.9 per disturbi respiratori.”

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019PROGETTO
195481PAGINA
56 di 119**Principali conclusioni da ulteriori studi disponibili**

Nonostante il sito di Civitavecchia non sia incluso nelle valutazioni del Progetto SENTIERI, è disponibile una significativa raccolta di dati pubblici e di valutazioni (Regione Lazio, Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale, ASL, etc.): analisi di confronto SMR e SHR con il quadro regionale, studi di coorte occupazionale, studi di biomonitoraggio e studi di coorte di popolazione corredato da modelli di dispersione degli inquinanti.

Data la presenza di forzanti ambientali di diversa origine quali insediamenti energetici e industriali, il porto, il traffico stradale, la combustione delle biomasse, l'area è oggetto di continua attenzione per le possibili ripercussioni sulla salute della popolazione delle emissioni ambientali derivanti da questi impianti.

Negli anni Ottanta e Novanta sono stati condotti diversi studi epidemiologici a cura della Regione sui lavoratori dei diversi comparti industriali di Civitavecchia e sono stati evidenziati eccessi di mortalità per tumore del polmone e della pleura tra i lavoratori del comprensorio industriale e portuale.

Per quanto riguarda la popolazione residente, le prime indagini risalgono al 1987 quando, su iniziativa regionale, fu condotta un'indagine epidemiologica tra i bambini delle scuole elementari che evidenziò una maggiore frequenza di disturbi respiratori tra gli alunni dell'area di Civitavecchia rispetto a quelli della provincia di Viterbo. Tali studi suggerirono una correlazione sia con l'esposizione ad inquinamento atmosferico che con il fumo passivo.

Uno studio caso controllo (Fano et al., 2004), sempre a cura della Regione Lazio, condotto sui residenti deceduti per tumore polmonare ha riscontrato rischi relativi significativamente elevati per alcune esposizioni lavorative, in particolare esposti ad amianto e impiegati come lavoratori marittimi, confermando dunque i dati degli studi occupazionali specifici. Nello stesso studio veniva registrata una mortalità per tumore polmonare più elevata nella zona a Sud della città a pochi km dal centro.

Studi successivi effettuati nello specifico sulla popolazione di Civitavecchia e comuni limitrofi sono descritti a seguire in termini di obiettivi, metodologia e principali risultati:

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
57 di 119

▪ **“Mortalità e ricoveri ospedalieri nell’area industriale di Civitavecchia, anni 1997-2004” (Regione Lazio, ASL Roma)**

La popolazione in studio è costituita dai residenti nel Comune di Civitavecchia, che comprende un totale di circa 50.000 abitanti.

Obiettivo dello studio è valutare lo stato di salute della popolazione residente, utilizzando gli archivi di mortalità e le schede di dimissione ospedaliera.

Sono stati calcolati i Rapporti Standardizzati di Mortalità (SMR, 1997-2001) e di Ospedalizzazione (SHR, due periodi: 1997-2000 e 2001-2004) per causa e per genere con il metodo indiretto, con i relativi Intervalli di Confidenza al 95%, utilizzando la popolazione della regione Lazio come riferimento.

A seguire un estratto delle principali conclusioni dello studio:

“La mortalità per tutte le cause è più elevata rispetto all’atteso regionale, sebbene gli SMR non raggiungano la significatività statistica. Negli uomini si registra un aumento di mortalità per tutti i tumori (SMR= 111) che trova conferma anche nei ricoveri per entrambi i periodi in studio e per entrambi i generi (1997-2000, uomini: SMR= 113, donne: SMR= 117; 2001- 2004, uomini: SMR= 113, donne: SMR= 106). Per quanto riguarda le singole sedi tumorali, negli uomini si osserva un eccesso significativo di mortalità per tumore del polmone (SMR= 120) e della pleura (SMR= 516), confermato dall’eccesso di ricoveri nel periodo più recente (SHR: polmone 146, pleura 294); per le donne non si osservano differenze significative rispetto all’atteso per queste due cause. Non si registrano altre differenze statisticamente significative per le altre sedi tumorali, a eccezione di un aumento di ricoveri nel periodo 2001-2004 per tumore della vesciva nelle donne (SHR= 172) e di leucemie tra gli uomini (SHR= 153).

Per le malattie cardiovascolari non si registrano differenze nella mortalità, mentre per i ricoveri si registra un SHR inferiore a 100 in entrambi i periodi per le donne (1997-2000 SHR= 84, 2001-2004 SHR= 80) e nel secondo periodo per gli uomini (SHR= 94). In particolare, per le malattie ischemiche si osserva una mortalità significativamente inferiore all’atteso in entrambi i generi (SMR: uomini 87, donne 74), confermata dagli SHR dei ricoveri, significativi solo per le donne (1997-2000 SHR= 88; 2001-2004 SHR= 77).

Per le malattie respiratorie non si registrano differenze nella mortalità. I ricoveri per questa causa risultano significativamente inferiori all’atteso nel secondo periodo (uomini SHR= 90, donne SHR= 89). Le malattie respiratorie acute confermano lo stesso andamento ma si raggiunge la significatività solo per gli uomini (SHR= 84). Per l’asma si registra un eccesso significativo per i ricoveri degli uomini nel periodo 1997-2000 (SHR= 145) e in particolare nei maschi di 0-14 anni (SHR= 177); l’eccesso di asma pediatrica nel periodo 1997-2000 è presente anche tra le femmine (SHR= 157).

I dati di incidenza del Registro dialisi mostrano un aumento dell’incidenza di insufficienza renale tra gli uomini, statisticamente significativo solo nel secondo periodo (rapporto standardizzato di incidenza = 156); nelle donne non si osservano differenze significative rispetto all’atteso regionale in entrambi i periodi.”

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019PROGETTO
195481PAGINA
58 di 119

Alcune puntualizzazioni dello studio in riferimento agli eccessi osservati:

“Gli studi ecologici come quello presentato non sono in grado di mettere in evidenza relazioni di causa ed effetto, specie in presenza di una situazione ambientale e lavorativa complessa e articolata come quella di Civitavecchia.”

“Studi recenti condotti in Europa e negli Stati Uniti hanno messo in evidenza un ruolo dell’inquinamento atmosferico nell’aggravamento dell’asma bronchiale (...). I dati attualmente disponibili non permettono considerazioni di carattere eziologico sull’eccesso di ricoveri per asma nella popolazione pediatrica di Civitavecchia.”

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
59 di 119

▪ **“Progetto “Ambiente e Biomonitoraggio nell’area di Civitavecchia””(Regione Lazio, DEP Lazio, ASL Roma 4) - 2015**

Lo studio ABC (Ambiente e Biomonitoraggio nell’area di Civitavecchia) è stato coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del SSR della regione Lazio, in collaborazione con il Dipartimento di Prevenzione della ASL Roma F e con il supporto dell’Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta.

Lo studio ha l’obiettivo di valutare se siano presenti eccessi di esposizione della popolazione residente nei comuni del comprensorio di Civitavecchia (Civitavecchia, Allumiere, Tolfa, Tarquinia e Santa Marinella) a specifici contaminanti, con particolare riferimento a metalli, benzene e idrocarburi policiclici aromatici (IPA).

Nello studio ABC per il campione di popolazione analizzata viene definito un profilo integrato dello stato di salute e tossicologico (analisi di sangue ed urine, intervista per caratterizzazione di abitudini di vita, storia clinica ed occupazionale).

Lo studio ha coinvolto, nel biennio 2013-14, un campione di 1177 residenti, di età compresa tra 35 e 70 anni.

“La prevalenza di fumatori nel campione ABC (25%) è superiore tra i residenti nel comune di Civitavecchia (26%) rispetto agli altri comuni (21%). Il 25% del campione ABC ha dichiarato una abitudine al consumo di alcool di almeno 2 bicchieri al giorno. Il 42.4 % del campione ha un Indice di Massa Corporea (calcolato come il rapporto tra il peso in kg e il quadrato dell’altezza espressa in metri) superiore a 25 - valore definito dall’Organizzazione Mondiale della Sanità come cut-off point per il sovrappeso; il 17.4 % è obeso e il 3.3% è gravemente obeso. Il 25.8% del campione svolge un’occupazione definita a rischio (fonderie di prima fusione; fonderie di seconda fusione; cella galvanica; saldatura, brasatura, e taglio dei metalli; produzione di articoli in plastica; industria della gomma; produzione vernici; centrale termoelettrica; cementificio; porto; navi), questa proporzione è del 29% tra i residenti nel comune di Civitavecchia e del 16.6% tra coloro residenti negli altri comuni del comprensorio. Dalle interviste effettuate è emerso che circa il 90% del campione ABC consuma abitualmente cibi di produzione locale.”

“Lo studio ABC ha evidenziato parametri relativi ai fattori di rischio, alle condizioni di salute, e alla concentrazione di biomarcatori compatibili con quanto evidenziato in altre indagini a livello nazionale ed internazionale. Non vi sono differenze importanti tra Civitavecchia e gli altri comuni con poche eccezioni. Sono state evidenziate infatti differenze, tra il comune di Civitavecchia rispetto agli altri comuni, relativamente alla prevalenza di fumatori, alla prevalenza di lavoratori a rischio, e alla frequenza di patologia tiroidea, tutte condizioni più elevate a Civitavecchia rispetto agli altri comuni. Le concentrazioni urinarie di Arsenico e Mercurio sono risultate leggermente più elevate a Civitavecchia mentre piombemia e concentrazione urinaria di Tungsteno sono risultate debolmente più elevate negli altri comuni rispetto a Civitavecchia.”

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
60 di 119

▪ **Effetti delle esposizioni ambientali ed occupazionali sulla mortalità della popolazione residente nell'area di Civitavecchia (Regione Lazio, DEP Lazio, ASL Roma 4) - 2016**

Lo studio epidemiologico è stato condotto dal Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale della regione Lazio in collaborazione con il Dipartimento di Prevenzione della ASL Roma 4 ed ARPA Lazio, nell'ambito del programma di attività dell'Osservatorio Ambientale Centrale Termoelettrica ENEL Civitavecchia Torrevaldaliga Nord della Regione Lazio.

La coorte in studio è costituita dalle 71,362 persone, di età maggiore a 18 anni per il periodo 1998-2013 nei comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tarquinia, Tolfa e Santa Marinella. Sono stati studiati i decessi per cause non accidentali, tumori, disturbi neurologici, patologie cardiovascolari e respiratorie.

L'obiettivo dello studio è stato quello di valutare effetti sulla salute (mortalità per causa) associati all'esposizione ad inquinanti derivanti dai principali impianti industriali presenti nell'area (centrali termoelettriche Torrevaldaliga Nord - TVN e Torrevaldaliga Sud - TVS, il porto, etc.) e dall'inquinamento derivante dal traffico veicolare.

Ad ogni individuo della coorte, sulla base dell'indirizzo, sono stati attribuiti gli indicatori di esposizione per ciascuna fonte di inquinamento considerata, utilizzando i risultati di modelli di dispersione in atmosfera degli inquinanti scelti come traccianti. Le concentrazioni degli inquinanti sono state stimate utilizzando informazioni sulle emissioni del passato relative al **1988** (anno per il quale tali misure erano disponibili), tale scelta sotto l'assunto che un'esposizione prolungata e cumulata nel tempo possa essere responsabile di danni alla salute con decenni di latenza.

Nello studio sono stati considerati come fattori di confondimento lo stato sociale e l'esposizione occupazionale, mancano tuttavia indicazioni sulle abitudini personali (fumo di sigarette, attività fisica, uso di alcol, etc.).

I principali risultati dello studio sono indicati a seguire:

“Durante il periodo in studio (gennaio 1996 - dicembre 2013) nella coorte in studio sono stati osservati 14,844 decessi per cause non accidentali (32.3% per tumori maligni, 39.1% per malattie cardiovascolari, 6.4% per malattie respiratorie). Nella popolazione residente in aree di livello socio economico più svantaggiato si è riscontrata una maggiore mortalità per malattie dell'apparato cardio-respiratorio.

Nel gruppo di soggetti più esposti a PM10 di origine industriale si è osservato un aumento del rischio di mortalità per cause naturali (non accidentali) pari a +6% (HR=1.06 IC 95% 1.01-1.12). Per i tumori maligni l'eccesso è risultato pari a +11% e pari a +12% per le malattie cardiache. Tra le diverse sedi tumorali si osservano eccessi per il tumore del pancreas, della pleura e del rene.

(..) Gli effetti delle centrali TVS e TVN sono sostanzialmente sovrapponibili a quanto si riscontra per il PM10 industriale che include tutte le fonti.

L'esposizione a PM10 emesso dalla centrale di Fiumaretta risulta associato ad un incremento della mortalità per tutti i tumori, per tumore pancreas, del rene e del tessuto linfematoipietico; per quanto riguarda il PM10 emesso dal cementificio si è osservata un'associazione con il tumore del polmone (HR=1.26).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
61 di 119

Per quanto riguarda l'esposizione a NOx (traccianti del traffico stradale) nel gruppo dei più esposti si è osservato un eccesso della mortalità per tutti i tumori (+13%) ed un effetto sulla mortalità per malattie neurologiche (HR=1.50)

La residenza entro 500 metri dal perimetro del porto è risultata associata ad incrementi di rischio di mortalità per tumore al polmone (+31%) e per malattie neurologiche (HR=1.51)

Per quanto riguarda le attività lavorative, si è osservato un eccesso di mortalità per tumori maligni e per tumore polmonare per tra i lavoratori del settore edile; tra gli agricoltori si sono osservati eccessi per malattie cardiovascolari, respiratorie e dell'apparato digestivi (le stime sono state effettuate utilizzando come gruppo di riferimento i lavoratori del settore dei servizi)."

"L'eccesso di mortalità per tumori della pleura era già stato ben documentato tra i lavoratori marittimi e portuali di Civitavecchia per la pregressa esposizione ad amianto, e tale esposizione ad amianto in ambito lavorativo ed ambientale nel territorio potrebbe essere responsabile di parte dei tumori del polmone osservati nella coorte, specie in prossimità del porto. L'eccesso di mortalità per tumori e per tumore polmonare tra i lavoratori edili, anche per effetto della pregressa esposizione ad amianto, rappresenta un dato rilevante per le azioni di prevenzione e di salvaguardia dei diritti per questa categoria lavorativa.

In conclusione, gran parte degli eccessi di mortalità osservati nella coorte dei residenti nel comprensorio di Civitavecchia più esposti agli inquinanti di origine industriale sono coerenti con le indicazioni della letteratura scientifica sugli effetti dell'inquinamento atmosferico (mortalità generale, per tumori, per malattie cardiovascolari) e sulla base delle evidenze scientifiche disponibili è possibile suggerire un nesso di causalità.

La popolazione residente del comprensorio ha dunque subito effetti sulla salute ascrivibili ad esposizioni ambientali ed occupazionali avvenute nel passato. Tali effetti si sommano ai differenziali sociali nella mortalità riscontrati nell'area."

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
62 di 119

1.5.2 Incidenza tumorale

Nel 2015 è stato istituito il Registro Tumori della Regione Lazio (RTL) (Legge Regionale 12 giugno 2015, n.7). Il RTL raccoglie i casi di tumore della popolazione adulta ed infantile residente nelle cinque province del Lazio. Il Registro copre una popolazione di 5.792.384 residenti (di cui il 48,5% residenti a Roma), con un numero medio di casi incidenti di tumore per anno pari a circa 37.000 (dati 2010-2015), di cui circa 19.000 casi negli uomini e 18.000 casi nelle donne.

Nel Novembre 2017 sono state presentate presso la Regione Lazio le prime stime di incidenza di tumori nella Regione relative al periodo 2010-2015. Mentre da Febbraio 2019 sono disponibili le stime aggiornate al 2017.

Si riporta di seguito una rappresentazione dell'incidenza totale (maschi + femmine) espressa in % per tutti i tipi di tumore, riferita all'anno 2017.

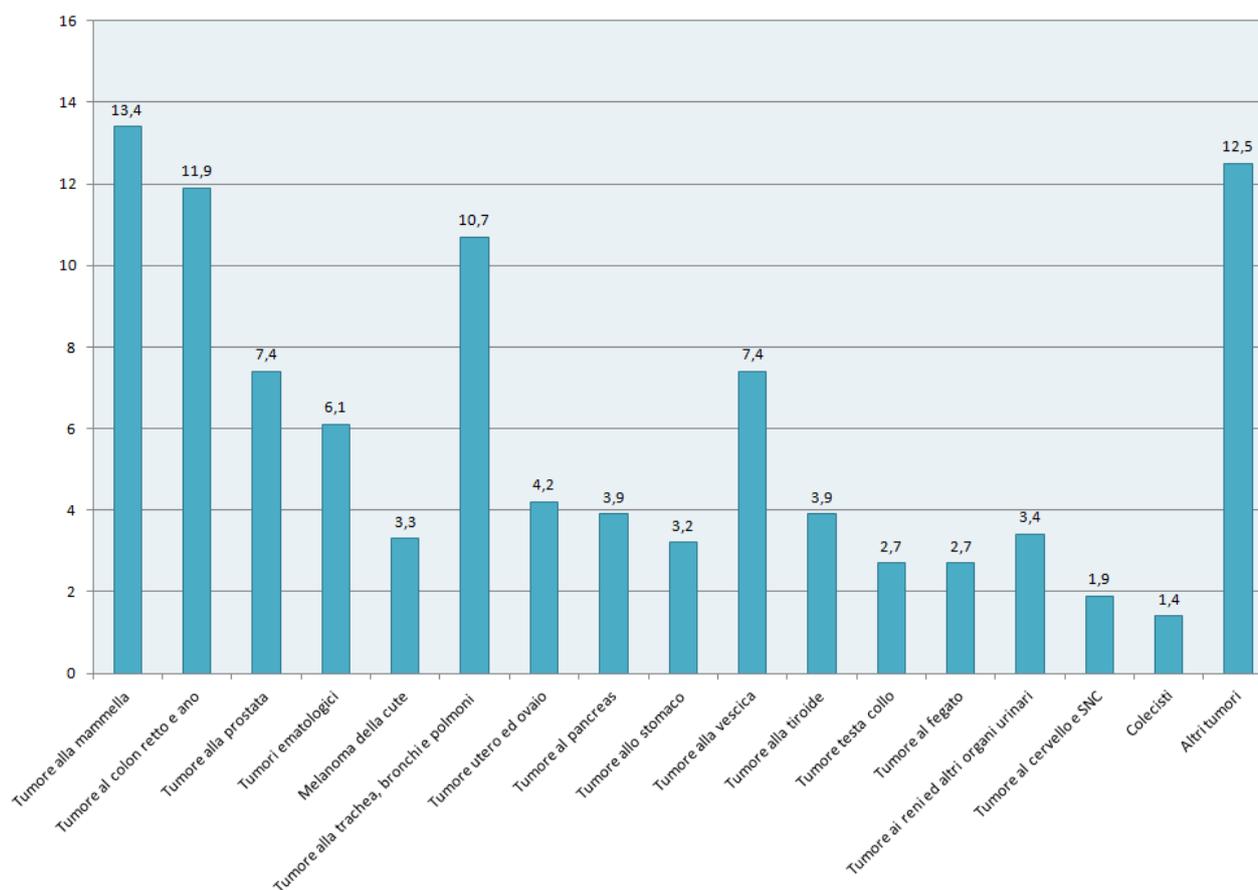


Figura 15: Incidenza totale espressa in % per tutti i tipi di tumore, anno 2017 (Fonte: Open Salute Lazio)

Si nota come il tumore alla mammella femminile occupi il primo posto con circa 5.077 casi/anno. Seguono il tumore al colon retto e ano con 4.521 casi annui e il tumore ai polmoni, bronchi e trachea con 4.064 casi/anno.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
63 di 119

Dei 38.008 nuovi casi del 2017, 19.158 sono casi maschili e 18.850 casi femminili.

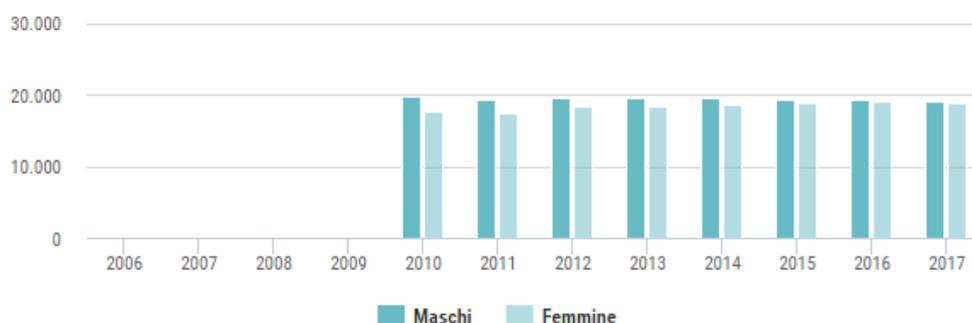


Figura 16: Numero di malati di tumore per anno e per sesso - Regione Lazio 2017 (Fonte: Open Salute Lazio)

Analizzando i valori di tasso grezzo (numero di malati ogni 100.000 residenti), rappresentato nella figura successiva, nel 2017 il tasso femminile è risultato pari a 617,8, mentre quello maschile uguale a 672,9; entrambi in calo rispetto agli anni precedenti.

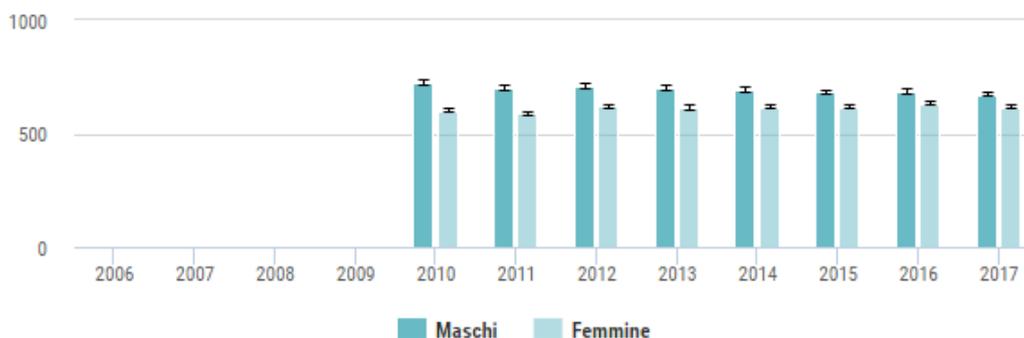


Figura 17: Tasso grezzo per anno e per sesso - Regione Lazio 2017 (Fonte: Open Salute Lazio)

Sempre a livello regionale, il Rapporto 2018 dell'Associazione Italiana Registri Tumori (AIRTUM) descrive come è variato nel tempo il numero di persone colpite da malattie neoplastiche nel periodo 2003 - 2014.

In tabella seguente un breve riepilogo a livello regionale.

Popolazione residente al 31/12/2012 x 1000	Popolazione coperta dal registro tumori al 31/12/2012		Periodo	Numero di casi osservati (Incidenza)	
	x 1000	%		Uomini	Donne
5.557	858	15	2003-2012	19.962	16.510

Tabella 14: Incidenza regionale [fonte: AIRTUM]

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
 Settembre 2019

 PROGETTO
 195481

 PAGINA
 64 di 119

Incidenza del tumore la polmone

L'incidenza analizzata è quella del tumore al polmone (ICD-10: C33-C34), ritenuta rappresentativa in riferimento agli indicatori di salute considerati come adeguati per il caso in oggetto (esposizione ad inalazione di contaminanti atmosferici).

L'incidenza per il tumore del polmone stimata in Italia nel periodo 1970-2015 mostra andamenti differenti tra uomini e donne: in forte riduzione dall'inizio degli anni novanta per i primi ed in costante aumento per le seconde.

In Italia si stimano, per il 2013, 92 nuovi casi di tumore del polmone ogni 100.000 uomini e 35 nuovi casi ogni 100.000 donne. Il numero totale di persone che ha avuto nel corso della vita una diagnosi di tumore del polmone è in forte crescita in entrambi i sessi: nel 2013 sono stati stimati 96.280 casi prevalenti, di cui 68.100 tra gli uomini e 28.180 tra le donne.

Le tendenze di incidenza stimate non sono omogenee sul territorio nazionale. Per gli uomini l'incidenza si riduce prima e in maniera più accentuata al Centro-Nord, dove i livelli in passato erano più alti, rispetto al Sud. La più lenta diminuzione al Sud fa sì che negli anni più recenti i livelli più elevati siano stimati per le regioni meridionali. Per le donne invece la situazione è opposta, si stimano andamenti in aumento in tutte le aree italiane con maggiore velocità di crescita e livelli superiori al Centro-Nord rispetto al Sud.

La prevalenza standardizzata per età presenta anch'essa notevoli differenze geografiche e per genere. Il confronto, al netto dell'effetto di invecchiamento demografico, mostra, per gli uomini, un trend in crescita fino a metà degli anni novanta nel Centro-Nord cui segue un rallentamento e un'inversione di tendenza. Per le regioni meridionali si stima invece un aumento costante, senza rallentamenti nel tasso di crescita, con valori che superano nel 2013 quelli stimati per il Centro Italia e raggiungono nel 2015, i valori del Nord.

Nelle donne la prevalenza standardizzata per età presenta andamenti molto diversi rispetto a quelli riscontrati negli uomini. Si stimano valori in aumento molto accentuato nel Centro-Nord e più attenuato nel Sud. A differenza degli uomini, sono le donne residenti nel Centro Italia a presentare livelli più elevati negli anni più recenti.

Nelle figure seguenti si riportano in forma grafica i tassi standardizzato di incidenza rispetto allo standard europeo per tutta la popolazione relativamente all'anno 2015.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

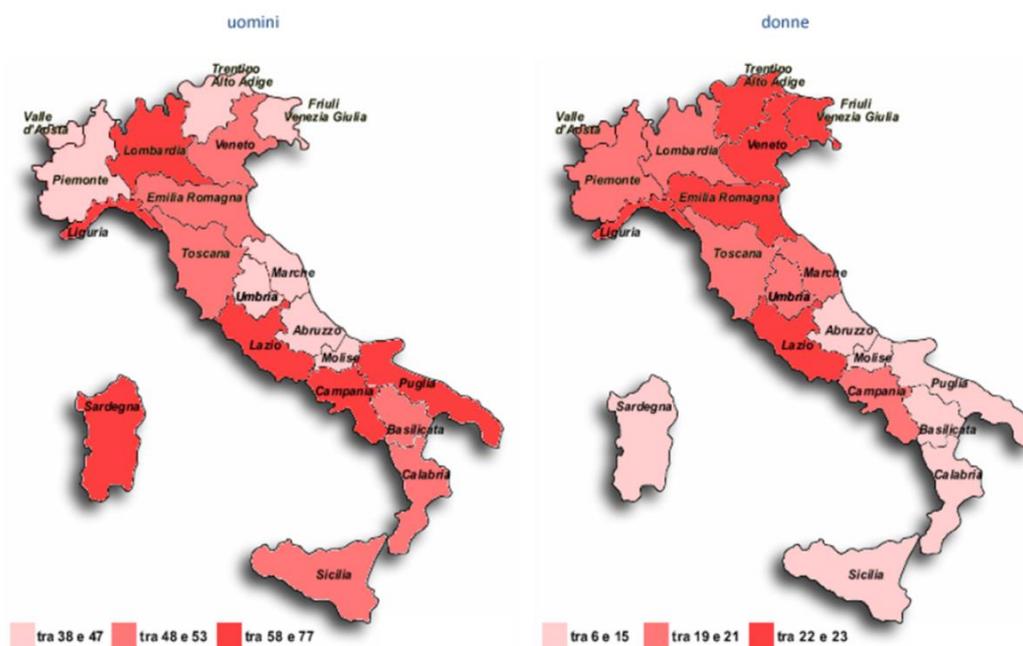
 PAGINA
65 di 119


Figura 18: Tasso standardizzato di incidenza (standard europeo) del tumore del polmone per 100.000 per sesso, 2015 (fonte: Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano e ISS, www.tumori.net)



Figura 19: Tasso standardizzato di incidenza (standard europeo) del tumore del polmone per 100.000, uomini e donne, 2015 (fonte: Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano e ISS, www.tumori.net)

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
66 di 119

Nella Regione Lazio, per quanto riguarda il tasso di incidenza sia nelle donne che negli uomini, i valori risultano tra i più elevati rispetto all'andamento delle altre regioni italiane.

A seguire ulteriori dati a livello regionale, questa volta relativi all'anno 2013.

Regioni	Uomini						Donne					
	incidenza			mortalità			incidenza			mortalità		
	n. casi	tasso grezzo	tasso std	n. decessi	tasso grezzo	tasso std	n. casi	tasso grezzo	tasso std	n. decessi	tasso grezzo	tasso std
<i>Nord</i>	13.015	94,9	58,3	10.84	79,0	47,3	6.077	42,0	21,9	4.484	31,0	15,4
Piemonte	1.967	90,4	51,3	1.671	76,8	42,5	940	40,6	19,8	715	30,9	14,4
Valle D'Aosta	53	83,5	51,3	45	70,5	42,5	25	38,2	19,8	19	28,9	14,4
Lombardia	5.101	103,4	68,8	4.195	85,0	54,9	2.045	39,7	20,9	1.556	30,2	15,2
Trentino Alto Adige	316	60,8	41,6	261	50,2	33,7	219	40,8	24,5	152	28,3	16,1
Veneto	2.108	85,8	53,9	1.757	71,5	44,1	998	38,9	20,8	712	27,8	13,9
Friuli Venezia Giulia	505	83,6	47,3	434	71,9	39,9	283	44,2	21,7	204	31,9	14,7
Liguria	931	121,3	62,4	780	101,6	50,6	451	53,3	24,8	340	40,2	17,6
Emilia Romagna	2.04	92,7	53,8	1.703	77,4	43,6	1.12	48,1	26,4	788	33,9	17,5
<i>Centro</i>	5.318	91,0	55,3	4.615	79,0	46,9	2.742	43,6	24,4	2.031	32,3	17,2
Toscana	1.694	92,6	52,0	1.481	81,0	44,4	675	34,3	18,2	507	25,8	12,9
Umbria	343	77,4	43,1	300	67,8	36,9	167	35,0	19,0	124	26,0	13,3
Marche	601	77,9	45,0	525	68,1	38,4	288	35,2	18,6	214	26,1	13,1
Lazio	2.689	96,1	63,0	2.317	82,8	53,2	1.622	53,7	31,4	1.194	39,5	22,1
<i>Sud</i>	9.114	90,0	62,5	7.381	72,9	49,4	2.226	20,7	12,4	1.821	17,0	9,8
Abruzzo	526	80,0	48,9	429	65,1	38,8	115	16,6	8,1	96	13,8	6,5
Molise	128	82,4	48,9	104	67,3	38,8	28	17,4	8,1	24	14,5	6,5
Campania	2.917	103,5	79,9	2.35	83,4	63,3	874	29,2	19,6	706	23,6	15,3
Puglia	1.847	93,4	62,4	1.502	75,9	49,6	322	15,3	8,6	268	12,7	6,9
Basilicata	226	79,6	50,3	183	64,5	39,6	37	12,4	6,1	31	10,4	5,0
Calabria	735	75,5	50,3	593	60,9	39,6	118	11,5	6,1	98	9,6	5,0
Sicilia	1.938	79,6	55,7	1.575	64,7	44,1	507	19,5	11,6	417	16,0	9,2
Sardegna	793	96,6	62,2	644	78,4	49,5	224	26,1	14,9	182	21,3	11,6
Italia	27.442	92,4	59,0	22.831	76,9	47,9	11.017	35,0	19,3	8.322	26,4	13,9

Tabella 15: Stime di incidenza e mortalità per tumore del polmone in Italia e nelle regioni italiane nel 2013 per uomini e donne. Numero di casi/decessi, tassi grezzi e standardizzati (std) per età (pop. Europea) per 100.000 persone/anno. Classe di età 0-99 anni (fonte: Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano e ISS, www.tumori.net)

I valori della tabella precedente mostrano un'incidenza del tumore al polmone per la Regione Lazio pari a 63 per gli uomini e 31,4 per le donne (tasso std per età (pop. Europea) per 100.000 persone/anno), estremamente superiore alla media nazionale, in particolar modo per le donne.

In riferimento all'area di interesse, il Rapporto AIRTUM contiene solamente i dati della provincia di Viterbo.



Figura 20: Aree che hanno fornito dati per Rapporto AIRTUM 2018 [fonte: AIRTUM]

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
67 di 119

Di seguito una rappresentazione grafica del trend annuale (2003-2014) dell'incidenza e mortalità per età della popolazione pugliese suddivisa per sesso.

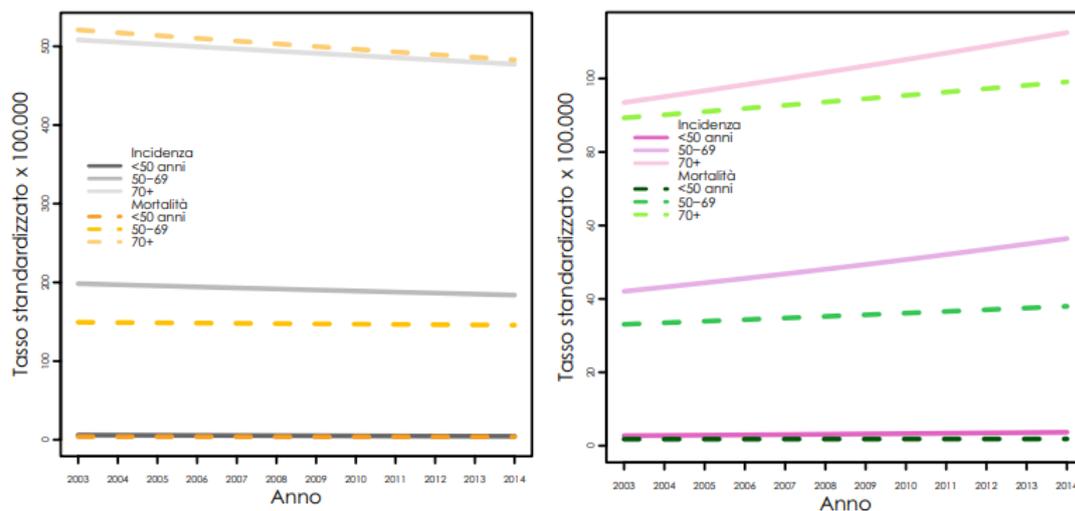


Figura 21: Incidenza e mortalità uomini a sx e incidenza e mortalità donne a dx [fonte: AIRTUM]

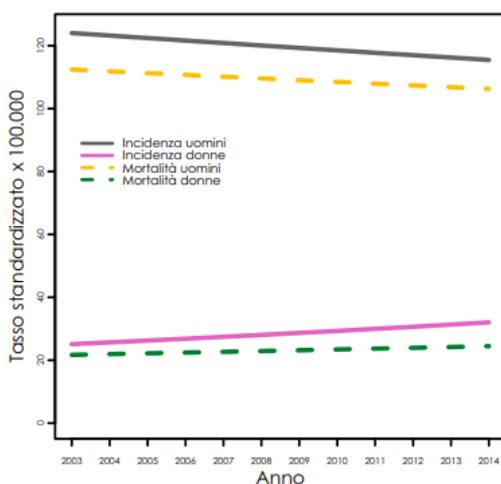


Figura 22: Incidenza e mortalità uomini-donne [fonte: AIRTUM]

Nello specifico, secondo i dati del Registro Tumori Lazio, nel 2017 ci sono stati 4.064 malati di tumore ai polmoni, bronchi e trachea di cui 2.540 maschi e 1.524 femmine, trend in calo rispetto al 2016 ma comunque superiore rispetto ai precedenti anni.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

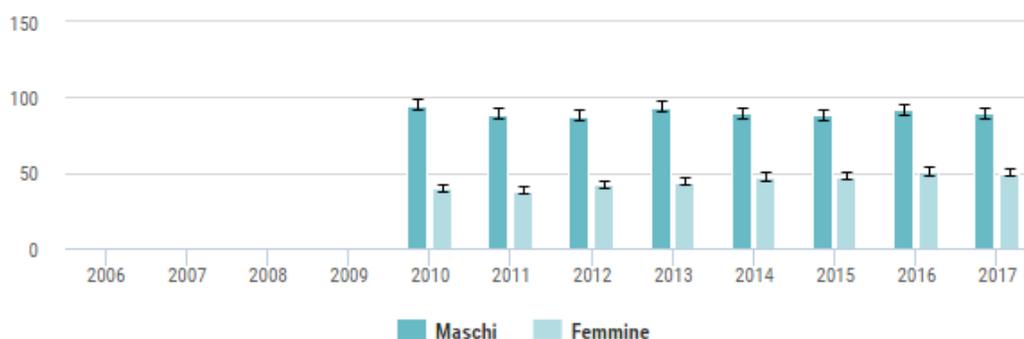
 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
68 di 119

Figura 23: Numero di malati anni 2010-2017 per sesso – Regione Lazio (Fonte: Open Salute Lazio)

Analizzando i valori di tasso grezzo (numero di malati ogni 100.000 residenti), il valore del tasso femminile risulta essere pari a 49,9 contro un 89,2 dei maschi, in calo rispetto agli anni precedenti.


Figura 24: Tasso grezzo anni 2010-2017 per sesso – Regione Lazio (Fonte: Open Salute Lazio)

Sempre attraverso il RTL è possibile ricavare il numero di casi osservati/anno del tumore ai polmoni, bronchi e trachea per sesso e comune, riferiti all'anno 2017.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva dei comuni in esame:

Comune	Numero assoluto		
	Totale	Maschi	Femmine
Blera	0	0	0
Montalto di Castro	5	4	(*)
Monte Romano	(*)	(*)	(*)
Tarquinia	12	5	7
Tuscania	(*)	(*)	(*)
Vetralla	12	11	1

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
69 di 119

Comune	Numero assoluto		
	Totale	Maschi	Femmine
Viterbo	54	30	24
Allumiere	(*)	(*)	(*)
Civitavecchia	37	23	14
Santa Marinella	20	12	8
Tolfa	6	(*)	(*)

 (*) n. casi \leq 3. Dato omissso per normativa sulla riservatezza.

Tabella 16: Numero assoluto, anno 2017 per sesso (Fonte: Open Salute Lazio)

Analizzando i valori di tasso grezzo (numero di malati ogni 100.000 residenti) riferiti all'anno 2017, è disponibile sia una distinzione per ASL territoriali che per alcuni dei comuni analizzati, di cui si riporta un estratto per l'area di interesse:

ASL	Tasso grezzo x 100.000 residenti		
	Totale	Maschi	Femmine
ASL Roma 4, Distretto F1	81,7	102,8	62
ASL Viterbo, Distretto A	59,4	82,4	37,4
ASL Viterbo, Distretto B	81,1	100	63,4
ASL Viterbo, Distretto C	67,1	84,9	49,8

Tabella 17: Tasso grezzo tumore al polmone, bronchi e trachea per ASL e sesso

Comune	Tasso grezzo x 100.000 residenti		
	Totale	Maschi	Femmine
Civitavecchia	70,1	91,3	50,7
Montalto di Castro	55,6	88,9	22,3
Santa Marinella	105,9	131,3	82,1
Tarquinia	73,2	63,3	82,5
Vetralla	85,5	161,1	13,9
Viterbo	80,0	92,8	68,2

Tabella 18: Tasso grezzo tumore al polmone, bronchi e trachea per Comune e sesso

Il valore di tasso grezzo (totale e maschile) maggiore è dato dalla ASL Roma 4, in cui ricadono, per l'area di interesse, i comuni di Allumiere, Tolfa, Civitavecchia e Santa Marinella; quest'ultimo è il comune che presenta valori più elevati.

Il valore di tasso grezzo femminile maggiore è dato dalla ASL Viterbo, Distretto B in cui ricade, per l'area di interesse, il comune di Viterbo. Dal dettaglio comunale si evince come Viterbo non abbia i valori più elevati, indice del fatto che i valori elevati dell'ASL Viterbo non siano dovuti al comune stesso.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
70 di 119

A livello di tasso standardizzato (popolazione di riferimento: Europa 2013) per 100.000 residenti è disponibile una distinzione per ASL territoriali, di cui si riporta un estratto per l'area di interesse:

ASL	Tasso standardizzato x 100.000 residenti		
	Totale	Maschi	Femmine
ASL Roma 4, Distretto F1	73,9	101,8	54,6
ASL Viterbo, Distretto A	44,6	67,6	25,3
ASL Viterbo, Distretto B	70,9	97,4	51,7
ASL Viterbo, Distretto C	60,7	83,2	43,5

Tabella 19: Tasso standardizzato tumore al polmone, bronchi e trachea per ASL e sesso

A livello comunale si riportano i valori di tasso standardizzato solo per tre comuni di interesse, in quanto per i restanti comuni il confronto tra tassi viene dichiarato come non attendibile a causa dell'esiguo numero di casi osservati.

Comune	Tasso standardizzato x 100.000 residenti		
	Totale	Maschi	Femmine
Civitavecchia	65,7	94,8	45,3
Santa Marinella	95,2	130,8	(*)
Viterbo	70,8	90,2	56,3

Tabella 20: Tasso standardizzato tumore al polmone, bronchi e trachea per Comune e sesso

(*) confronto tra tassi non attendibile a causa del piccolo numero di casi osservati

Il valore di tasso grezzo (totale, femminile e maschile) maggiore è dato dalla ASL Roma 4, in cui ricadono, per l'area di interesse, i comuni di Allumiere, Tolfa, Civitavecchia e Santa Marinella; quest'ultimo è il comune che presenta ancora una volta i valori più elevati.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
71 di 119

1.6 Profilo socio-economico della popolazione esposta

Nel presente paragrafo si riporta un inquadramento a livello provinciale, del contesto socio - economico per l'area di inserimento del progetto, tratto da:

- Camera di Commercio Viterbo - 17° Rapporto sull'economia della Tuscia Viterbese 2017;
- Camera di Commercio Roma – Roma e provincia attraverso la statistica, 2017.

Per quanto riguarda la provincia di Viterbo, nel corso del 2017, ha evidenziato un andamento altalenante, con qualche indicatore di segno negativo. Il principale indicatore in grado di sintetizzare l'andamento economico di un territorio, il Valore Aggiunto, che diversamente dal PIL non è depurata dall'andamento dei prezzi, che rappresenta la capacità del sistema locale di produrre ricchezza, si attesta per la provincia di Viterbo nel 2017 a 6.010,04 milioni di euro. La variazione con il 2016 è stata del +1,5%, a fronte di un +1,9% per l'economia regionale e nazionale.

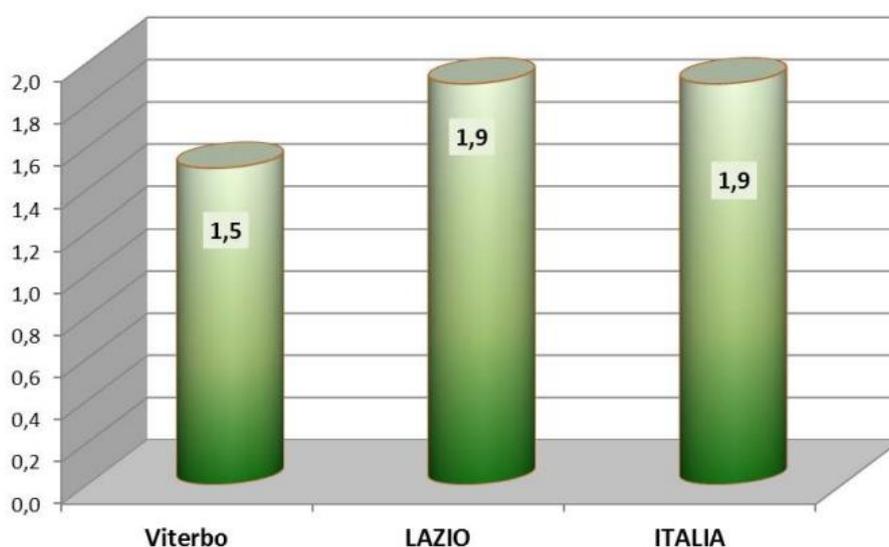


Figura 25: Variazione del valore aggiunto a prezzi correnti in provincia di Viterbo, Lazio e Italia 2016 -2017 (in %)

Per quanto riguarda il mercato dell'import/export, dopo molti anni di crescita, anche il 2017, come il 2016 presenta una variazione delle esportazioni negativa (-3,4%). Il calo è per lo più dovuto a quei settori che sono cresciuti molto negli anni scorsi, agricoltura (-2,2%), industria alimentare (-9,4%) e tessile abbigliamento (-18%), mentre l'importante settore della ceramica che rappresenta oltre il 25% dell'export complessivo, segna un buon +5%.

Accanto alle esportazioni l'economia viterbese registra una variazione negativa (-7,4%) anche delle importazioni, che indica anche uno scarso livello dei consumi interni nel 2017.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

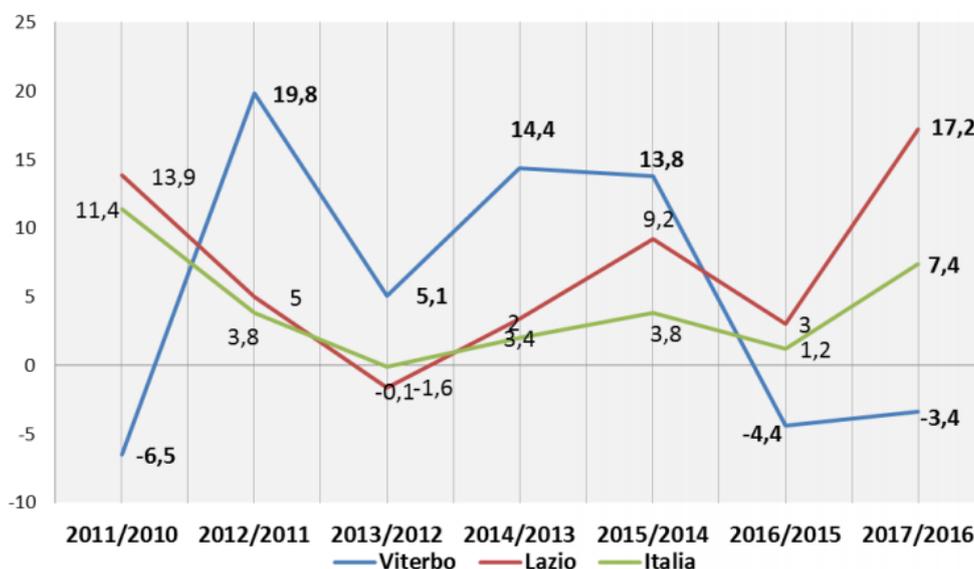
 PAGINA
72 di 119


Figura 26: Andamento delle esportazioni in provincia di Viterbo, Lazio e Italia 2011 - 2017 (in %)

Nell'ultimo anno il numero delle imprese registrate in provincia di Viterbo è cresciuto dell'1,1%, e tra i settori che hanno maggiormente contribuito alla positività dell'ultimo anno troviamo un incremento importante dell'agricoltura con +1,1% e dei servizi di alloggio e ristorazione, correlati al settore turistico, la cui variazione è stata del +2,6%, e del commercio, comparto che inverte la tendenza negativa degli ultimi anni e segna un aumento del +0,3%. Variazione positiva anche per i servizi di informazione e comunicazione con un +5%. In difficoltà, invece, le attività manifatturiere che registrano una diminuzione dello stock dello 0,2%, e delle costruzioni ancora in calo dell'1,3%.

Per quanto riguarda la provincia di Roma, le imprese registrate nell'anno 2017 raggiungono il valore più alto a livello nazionale con 492.031 imprese, di cui 127.581 facenti parte del commercio della riparazione di autoveicoli e motocicli, 65.550 del settore costruzioni, 20.319 del settore delle attività professionali, scientifiche e tecniche e 24.500 delle attività manifatturiere.

	Imprese	Unità locali
Attive	355.351	67.451
Sospese	119	13
Inattive	90.930	3.463
Con procedure concorsuali	14.955	2.779
Con scioglimento o liquidazione	30.676	3.610
Totale	492.031	77.316

Tabella 21: Riepilogo delle imprese e delle unità locali per stato di attività delle imprese (Anno 2017)

Nella tabella seguente si riporta invece un riepilogo delle imprese femminili registrate nella provincia di Roma nel 2017 per forma giuridica e settore di attività economica.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
73 di 119

	Società di capitale	Società di persone	Imprese individuali	Coop.	Consorzi	Altre forme	TOTALE
A Agricoltura, silvicoltura pesca	304	217	3.368	54	1	4	3.048
B Estrazione di minerali da cave e miniere	22	1	-	1	-	-	24
C Attività manifatturiere	1.597	391	1.889	53	4	5	3.030
D Fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata	43	4	5	1	-	-	53
E Fornit. di acqua; reti fognarie, att. di gest. dei rifiuti e risanam.	83	6	19	6	-	3	117
F Costruzioni	4.129	250	760	248	24	26	5.437
G Commercio all'ingrosso e al dettaglio; riparaz. di autov. e motoc	8.069	2.197	18.215	82	4	17	28.584
H Trasporto e magazzinaggio	658	58	602	273	16	11	1.018
I Attività dei servizi di alloggio e di ristorazione	3.991	1.241	4.616	86	-	28	9.902
J Servizi di informazione e comunicazione	1.963	205	876	122	7	45	3.218
K Attività finanziarie e assicurative	427	154	1.701	3	2	-	2.287
L Attività immobiliari	3.730	525	929	17	1	9	5.211
M Attività professionali, scientifiche e tecniche	2.223	223	1.192	133	21	56	3.848
N Noleggio, agenzie di viaggio, servizi di supporto alle imprese	2.498	336	3.000	346	34	84	6.208
O Amm.ne pubblica e difesa; assicurazione sociale obbligatoria	1	-	1	3	-	-	5
P Istruzione	451	64	153	64	5	91	828
Q Sanità e assistenza sociale	665	129	170	313	3	54	1.334
R Attività artistiche, sportive, di intrattenimento e divertimento	709	98	686	66	13	154	1.720
S Altre attività di servizi	1.502	904	6.016	78	19	55	8.574
U Organizzazioni ed organismi extraterritoriali	-	-	-	-	-	1	1
X Imprese non classificate	9.787	769	2.000	742	64	50	13.412
TOTALE	42.852	7.772	46.108	2.091	218	693	100.424

Tabella 22: Imprese femminili per forma giuridica e settore di attività economica (Anno 2017)

Si nota come delle 100.424 imprese femminili presenti nel territorio provinciale ben 28.584 fanno parte del settore del commercio, seguite dal settore delle attività dei servizi di alloggio e ristorazione con 9.962 e dal settore dei servizi con 8.574 imprese.

Per quanto riguarda il mercato del lavoro nella provincia di Viterbo, nel corso del 2017 è nuovamente diminuito il numero degli occupati (-0,4%), ed è diminuito anche il numero dei disoccupati (-15,3%), con un tasso di disoccupazione che si attesta al 13%, fortemente calato ma comunque superiore alla media nazionale. Nel 2017 il tasso di disoccupazione giovanile si è attestato al 31,8% mentre il tasso di disoccupazione femminile è risultato del 14,1%, due punti in più rispetto all'analogo dato maschile.

	tasso di occupazione 15-64 anni			tasso di attività 15-64 anni			tasso di disoccupazione		
	maschi	femmine	totali	maschi	femmine	totali	maschi	femmine	totali
Viterbo	66,4	46,1	56,3	75,8	53,8	64,8	12,2	14,1	13,0
<i>Lazio</i>	69,1	52,9	60,9	76,9	59,9	68,3	9,9	11,6	10,7
<i>ITALIA</i>	67,1	48,9	58,0	75,0	55,9	65,4	10,3	12,4	11,2

Fonte: Elaborazione Istituto Tagliacarne su dati ISTAT

Tabella 23: Principali indicatori del mercato del lavoro suddivisi per genere nelle province laziali, nel Lazio ed in Italia nel 2017 (Valori in %)

In riferimento alla provincia di Roma si riporta nella tabella seguente un riepilogo delle forze di lavoro potenziali di 15-74 anni per sesso delle province della regione Lazio (dati espressi in migliaia).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
74 di 119

Area Territoriale	2016			2017		
	Maschi	Femmine	Totale	Maschi	Femmine	Totale
Viterbo	6	7	13	6	9	15
Rieti	4	6	10	5	6	11
Roma	73	110	183	68	100	168
Latina	12	20	31	11	16	27
Frosinone	15	23	38	11	21	32
LAZIO	109	166	275	101	152	253

Tabella 24: Forze di lavoro potenziali di 15-74 anni per sesso (Fonte: Istat)

Si nota come la provincia di Roma nel 2017 abbia un valore molto elevato rispetto alle altre province laziali, pur avendo subito un lieve calo rispetto al 2016.

In tabella seguente si riporta il tasso di attività suddiviso per sesso ed età della provincia di Roma.

CLASSE DI ETA'	Anno 2015			Anno 2016			Anno 2017		
	Maschi	Femmine	Totale	Maschi	Femmine	Totale	Maschi	Femmine	Totale
15 - 24	24,5	20,4	22,5	26,5	21,0	23,8	25,3	19,9	22,7
25 - 34	83,8	70,4	77,1	82,5	70,4	76,6	82,7	71,1	77,0
35 - 44	93,3	77,2	85,0	93,9	78,2	85,8	94,7	77,7	86,0
45 - 54	91,8	71,2	81,2	91,6	72,0	81,5	91,2	73,9	82,2
55 - 64	72,2	47,9	59,4	73,9	49,3	60,9	76,2	54,8	64,8
15 - 64 anni	77,1	61,1	68,9	77,6	61,7	69,5	77,8	63,2	70,3

Tabella 25: Tasso di attività per sesso ed età (Fonte: Istat)

La fascia maggiormente attiva per tutti e tre gli anni analizzati è quella che va dai 35 ai 44 anni, incrementando lievemente nel 2017.

Di seguito una rappresentazione grafica del tasso di disoccupazione per le provincie italiane.

Il tasso di disoccupazione, riferito all'anno 2017, per la provincia di Roma risulta essere compreso tra 3,1 e 9,5, estremamente inferiore alla media nazionale pari a 11,2.

La provincia di Viterbo presenta invece un tasso di disoccupazione compreso tra 9,6 e 16.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
75 di 119

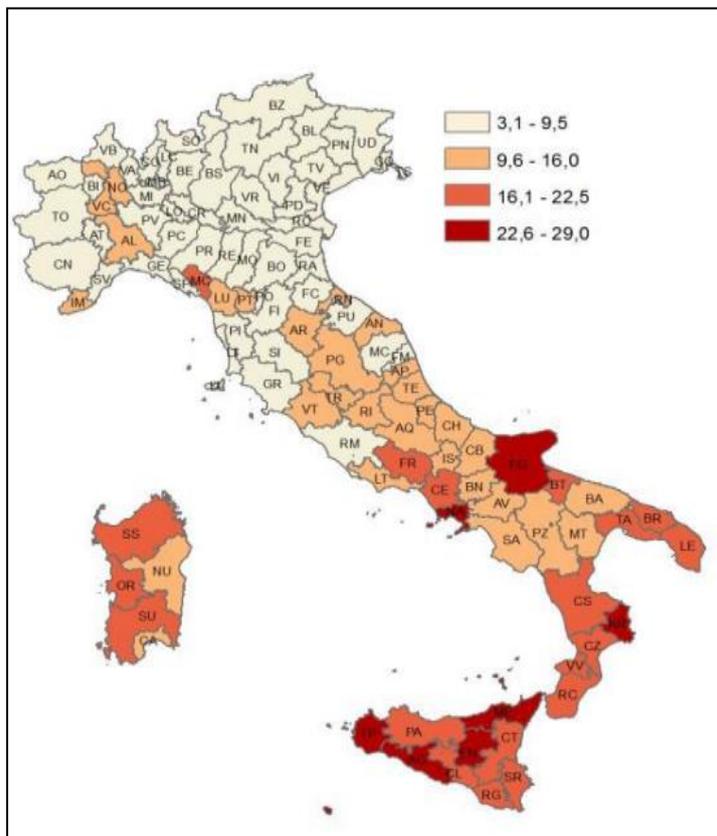


Figura 27: Tasso di disoccupazione per regione – anno 2017

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
76 di 119

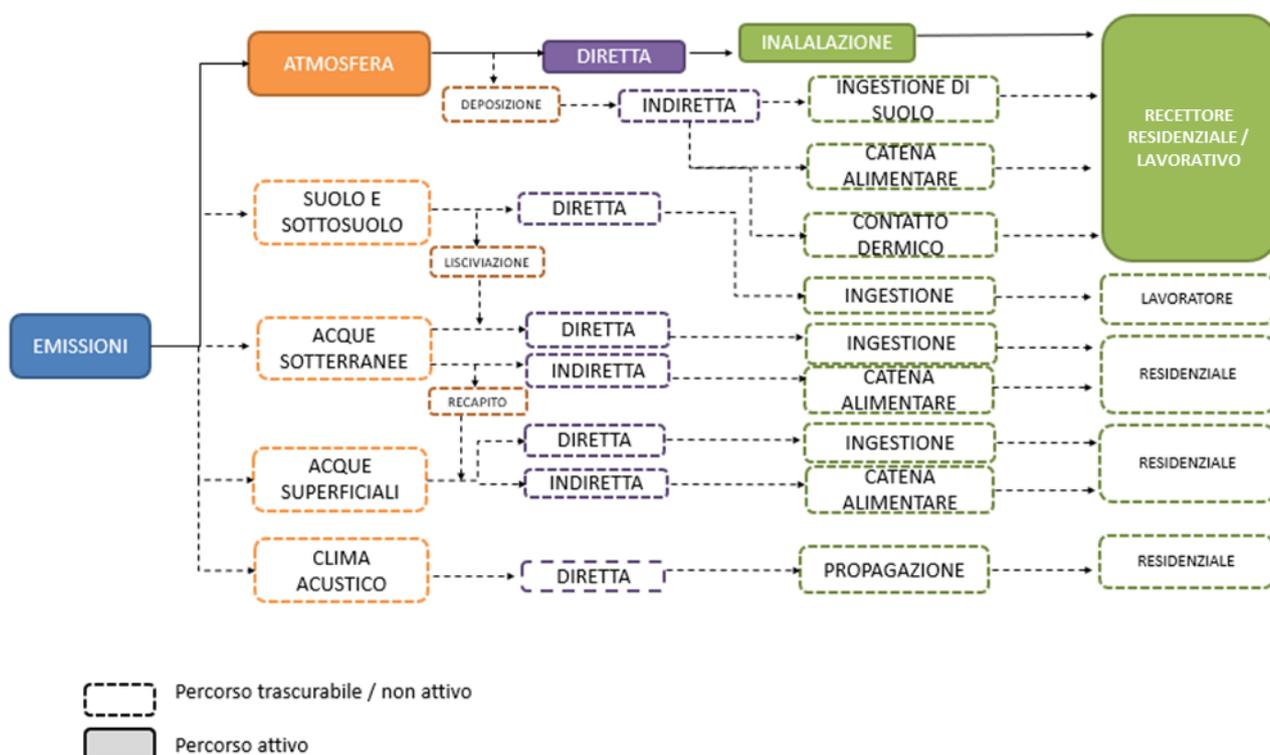
1.7 Identificazione degli scenari di esposizione

Le valutazioni riportate ai paragrafi precedenti permettono di delineare gli scenari di esposizione in riferimento agli impatti ambientali connessi all'opera in esame in riferimento agli assetti di progetto.

Come anticipato il progetto prevede tre fasi successive:

- **Fase 1:** funzionamento in ciclo aperto OCGT con una prima unità turbogas
- **Fase 2:** funzionamento in ciclo aperto OCGT con una seconda unità turbogas
- **Fase 3:** funzionamento in ciclo chiuso CCGT

Per tutte e tre le fasi è stato valutato che gli scenari di esposizione sono analoghi, così riassunti nel Modello Concettuale Definitivo Ambientale Sanitario, riportato a seguire.


Figura 28: Modello Concettuale Ambientale Sanitario definitivo

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
77 di 119

La valutazione è così sintetizzabile:

1. Identificazione degli inquinanti indice:

- OSSIDI DI AZOTO,
- MONOSSIDO DI CARBONIO,
- AMMONIACA
- PARTICOLATO SECONDARIO

2. Identificazione delle vie di esposizione rilevanti:

- PERCORSO INALATORIO

3. Effetti sanitari di interesse per gli inquinanti indice in riferimento alla via di esposizione rilevante:

- Effetti sanitari a carico del SISTEMA RESPIRATORIO,
- Effetti sanitari a carico del SISTEMA CARDIOCIRCOLATORIO.

4. Popolazione esposta: popolazione residente in un'area quadrata di lato pari a 40 km centrata nel baricentro degli interventi che comprende, anche parzialmente, un totale di 11 Comuni ubicati nelle Province di Viterbo e Roma, per un totale **93.671 persone** (ISTAT, 2011). Il dettaglio dei Comuni compresi è riportato a seguire:

Allumiere
Blera
Civitavecchia
Montalto di Castro
Monte Romano
Santa Marinella
Tarquinia
Tolfa
Tuscania
Vetralla
Viterbo

Tabella 26: Comuni presenti all'interno dell'area di interesse

Sono stati identificati un totale di n. **37 recettori sensibili**, costituiti da scuole, ospedali e case di riposo ubicati nell'area di interesse. L'elenco di dettaglio è stato riportato al precedente paragrafo 1.2.2.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
78 di 119

2. FASE DI VALUTAZIONE

2.1 Procedura di valutazione del rischio adottata

Lo sviluppo della fase di *Scoping* consente di aver definito tutto il corpus di conoscenze necessario per proseguire con l'*assessment* vero e proprio.

La valutazione del rischio sanitario (*risk assessment*) costituisce un processo logico e sequenziale in cui informazioni sul profilo tossicologico degli inquinanti e sugli scenari e livelli di esposizione vengono integrate al fine di identificare i possibili fattori di rischio, la loro natura e la probabilità che essi determinino un effetto avverso nella popolazione d'interesse.

Le Linee guida VIS prevedono che la valutazione del rischio sanitario sia eseguita mediante una procedura articolata e multidisciplinare articolata su analisi sia di tipo bibliografico che modellistico consti delle seguenti fasi:

1. **Hazard identification** (identificazione della pericolosità inerente alla sostanza tossica),
2. **Dose-response assessment** (valutazione della relazione tra dose e risposta),
3. **Exposure assessment** (valutazione dell'esposizione mediante modello concettuale),
4. **Risk characterization** (caratterizzazione del rischio).

Le prime due fasi utilizzano le informazioni prodotte da studi sperimentali, epidemiologici e approcci di altro tipo (es. modellistica) per la definizione di end-point critici e le relative dosi di riferimento dai quali derivare, adottando opportuni fattori di sicurezza, valori di riferimento per l'analisi.

La *valutazione dell'esposizione* avviene mediante la definizione del modello concettuale definitivo, andando a caratterizzare il contatto tra contaminante e individuo/popolazione e successivamente esprimere in termini quantitativi la dose di sostanza assunta dall'organismo.

La *caratterizzazione del rischio* permette di qualificare in termini sia descrittivi che quantitativi l'entità rischio per la popolazione esposta, attraverso i fattori di probabilità di accadimento degli effetti e di magnitudo degli stessi.

Nella fase di scelta degli indicatori di salute adeguati sono anche identificate le categorie o gruppi di popolazione più suscettibili e maggiormente esposti.

I due approcci applicabili per la fase di valutazione del rischio sanitario sono i seguenti:

1. **Tossicologico**, in cui la valutazione si basa su coefficienti di rischio estrapolati prevalentemente da sperimentazioni in vivo e in vitro, e in cui si procede ad una stima del rischio cancerogeno e non cancerogeno, applicando coefficienti ulteriori di salvaguardia per l'uomo. I vantaggi risiedono nella disponibilità di coefficienti per un numero elevato di sostanze e nelle assunzioni cautelative per il calcolo del rischio per l'uomo; lo svantaggio è dato dalla debolezza dell'approccio in caso di più sostanze presenti contemporaneamente di cui non sempre è chiara l'interazione finale ed il comportamento sull'uomo.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
79 di 119

2. **Epidemiologico**, che perviene al calcolo del rischio attribuibile sulla base di funzioni di rischio di tipo epidemiologico (Rischi Relativi) estrapolate da studi sull'uomo. Il vantaggio è la misura dell'esposizione della popolazione umana a sostanze multiple; lo svantaggio è che le funzioni di rischio epidemiologico sono disponibili per un numero molto più limitato di sostanze.

Il primo approccio metodologico, più vicino all'ambito di ricerca della tossicologia, è quello dell'analisi di rischio, mentre il secondo approccio, di derivazione epidemiologica, è quello della quantificazione dei numero di casi attribuibili o anche degli anni di vita persi e anni di vita persi aggiustati per disabilità.

I due metodi condividono fasi di valutazione simili, ma adottano una formulazione concettuale e matematica molto diversa.

Le linee guida VIS sottolineano che **l'uso congiunto ed integrato dei due metodi**, ove, possibile, può fornire una valutazione più completa pe valutare in maniera adeguata l'impatto sanitario del progetto nell'area di interesse e poter definire adeguati strumenti di monitoraggio e controllo.

2.1.1 Procedura di Risk Assessment Tossicologico

La metodologia di *Risk Assessment* o Valutazione del Rischio (RA) su base tossicologica è un processo tecnico-scientifico che, correlando i dati tossicologici/epidemiologici con il livello di esposizione, permette di stimare quantitativamente il rischio derivante dall'esposizione a sostanze tossiche e/o cancerogene.

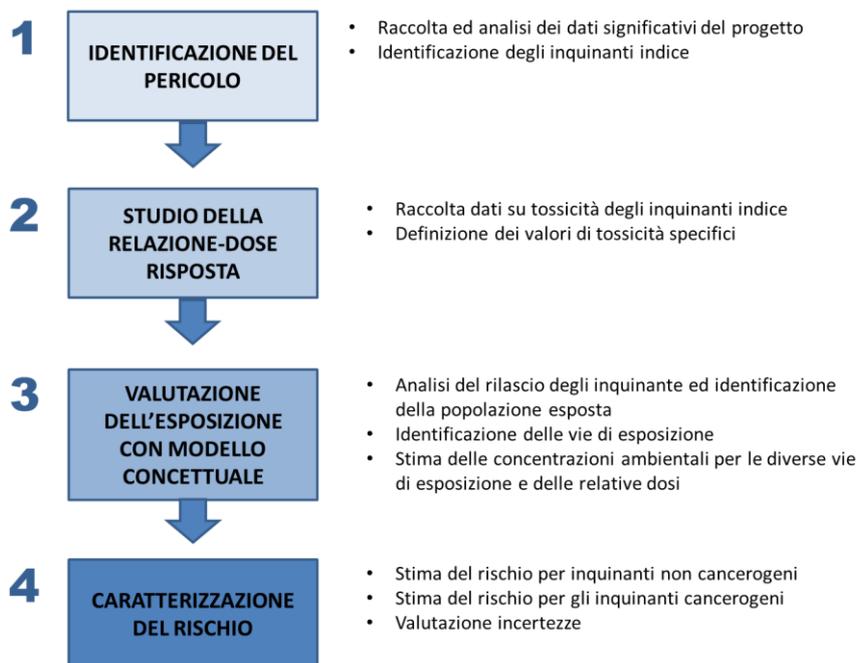


Figura 29: Metodologia di Valutazione del Rischio Tossicologico

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
80 di 119

Con il termine *Risk Assessment* o Valutazione del Rischio (RA) si intende la stima delle conseguenze sulla salute umana di un evento potenzialmente dannoso, in termini di probabilità che le stesse conseguenze si verifichino. La nozione di rischio implica quindi l'esistenza di una sorgente di pericolo e delle possibilità che essa si trasformi in un danno.

Attraverso un processo graduale, si perviene alla definizione quantitativa del rischio (R) espresso come prodotto dell'esposizione (E) ad un dato contaminante e del valore di tossicità dello stesso (T):

$$R = E \times T \quad [1]$$

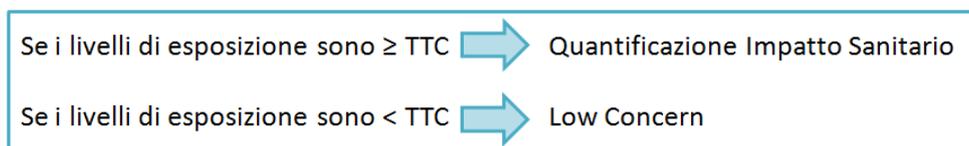
La valutazione del fattore di esposizione (E) consiste nella stima della dose giornaliera, definita anche **ADD** *Average Daily Dose*, per le sostanze non cancerogene, o **LADD** *Lifetime Average Daily Dose*, per le sostanze cancerogene, che può essere assunta dai recettori umani. Tali fattori sono da calcolare per ogni percorso di esposizione (inalazione, ingestione, etc.).

La costruzione di un **Modello Concettuale definitivo**, basato sia su i risultati di modellazioni quantificate di immissione nell'ambiente degli inquinanti indice, che sulla definizione di parametri per la stima dell'esposizione (ratei inalatori, peso corporeo medio, etc.), permette di stimare la dose a cui è esposta la popolazione a seguito della realizzazione degli interventi in progetto.

Screening preliminare

Secondo le Linee Guida VIS, nel caso in cui si preveda che l'opera immetta in ambiente un numero molto elevato di sostanze è possibile ricorrere all'uso della **metodologia della soglia di allarme tossicologico TTC** (*Threshold of Toxicological Concern*).

Attraverso l'applicazione della metodologia è possibile dare priorità ad alcune sostanze e tentare pragmaticamente di capire come trattare quelle sostanze per le quali gli effetti sulla salute non siano noti.


Figura 30: Approccio TTC

L'approccio della TTC è sostanzialmente uno screening da applicare in via semplificata per incentrare la valutazione del rischio su quelle sostanze più critiche e maggiormente rappresentative.

Per il caso in esame, dato il numero non elevato di inquinanti indice, tale fase preliminare è stata bypassata, procedendo direttamente alla fase di risk assessment estesa.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
81 di 119

Sostanze con rischio tossico

Per le sostanze con rischio tossico non cancerogeno, o con meccanismo noto di cancerogenicità non genotossico, viene identificata una dose al di sotto della quale non si osservano effetti sanitari avversi.

Queste dosi vengono poi confrontate con valori di riferimento quali ad esempio *Reference Concentrations* (RfC), *Reference Dose* (RfD) e *Tolerable Daily Intake* (TDI).

Questi valori di riferimento sono tratti da fonti ufficiali e sono calcolati in maniera tale da garantire una protezione della popolazione da esposizione sul lungo periodo (mediamente 70 anni), tenendo conto anche dei gruppi di popolazione più vulnerabili.

Se il livello di esposizione risulta superiore al livello di riferimento, non si possono escludere a priori rischi per la popolazione.

In riferimento all'esposizione di più inquinanti ai quali la popolazione risulta esposta attraverso lo stesso percorso (inalatorio) come per il caso in esame, occorre effettuare ulteriori valutazioni in termini di rischio cumulato

I metodi indicati dalle Linee Guida VIA che applicano l'additività di dosi e che sono più frequentemente utilizzati sono il *Relative Potency Factor* (RPF), il *Toxic Equivalent Factor* (TEF) e l'*Hazard Index* (HI).

Sia il *Relative Potency Factor* (RPF) che il *Toxic Equivalent Factor* (TEF) includono la definizione di fattori che tipicamente sono associabili a sostanze, per quanto complesse, chiaramente identificabili chimicamente (IPA, Diossine, etc.). Per il caso in esame, dovendo includere nella valutazione le polveri sottili da particolato secondario, risulta non possibile derivare il relativo RPF o TEF.

L'unico modello quindi applicabile al caso in esame è il modello dell'*Hazard Index* (HI), o indice di pericolo.

Per sostanze con rischio tossico la valutazione di impatto sanitario verrà effettuata con la seguente formula:

$$HQ = C / RfC \quad [2]$$

dove:

HQ = **Hazard Quotient**, è il Quoziente di Pericolo ed esprime di quanto l'esposizione alla sostanza supera la dose di riferimento per il relativo percorso di esposizione (RfC);

C = **Concentrazione massima** dell'inquinante, espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

RfC= **Inhalation Reference Concentration**, è la stima dell'esposizione della popolazione umana ad un composto, per l'intero arco della vita, che si prevede sia priva di effetti dannosi (US EPA, 2011); è espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Per HQ valgono le proprietà additive, ossia il rischio determinato da più sostanze e/o da più vie di esposizione, deve essere sommato.

Per calcolare il rischio associato all'esposizione a diverse sostanze e/o per diverse vie di esposizione, gli HQ calcolati per una singola sostanza e per una singola via di esposizione devono essere sommati per ottenere l'"*Hazard Index*" (HI) o "Indice di Pericolosità".

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
82 di 119

Il termine HI è dato dalla somma di due o più HQ e può essere relativo ad una singola sostanza per molteplici vie di esposizione, relativo a molteplici sostanze per una via di esposizione (come per il caso in esame), o relativo a molteplici sostanze per molteplici vie di esposizione (US EPA).

Il processo di valutazione termina confrontando il valore di rischio calcolato con i criteri di accettabilità del rischio, che per le sostanze non cancerogene con soglia di effetto coincide con il non superamento del valore RfD ($HI \leq 1$).

Sostanze cancerogene

Per le sostanze cancerogene le valutazioni tossicologiche devono essere effettuate tenendo conto della classificazione di cancerogenicità della sostanza e della potenza dell'effetto cancerogeno a questa associato.

Le recenti Linee Guida VIS indicano come approccio preferenziale per il risk assessment tossicologico di sostanze con rischio cancerogeno il calcolo del MOE (Margin of Exposure), rapporto tra *Benchmark Dose* (BMD) e valore di esposizione che esprime la distanza tra il livello di esposizione d'interesse e quello associato ad un effetto minimo ma rilevabile.

La *Benchmark Dose* viene stimata con tecniche di best-fitting dei risultati sperimentali sull'animale o, più raramente, su dati epidemiologici. Di solito per alcune sostanze cancerogene tale valore risulta essere già noto da letteratura.

Nel caso dei cancerogeni genotossici viene utilizzata la BMDL₁₀ ovvero il limite inferiore dell'intervallo di confidenza della Benchmark Dose associata ad un incremento di tumori del 10%:

E' stato definito dalle Linee Guida che un MoE di almeno 10.000 rispetto alla BMDL₁₀ rappresenti una situazione di bassa preoccupazione ("*low concern*") o di rischio tollerabile.

Nel caso la Benchmark dose non sia disponibile, o non calcolabile, è possibile usare come alternativa la T25, ovvero la dose associata ad un incremento del 25% di tumori ad un dato sito, ottenuta, anche questa, per interpolazione dai dati sperimentali. In tal caso il MoE minimo, ovvero di *low concern*, dovrebbe essere proporzionalmente maggiore, ovvero pari a 25.000.

Le Linee Guida VIS indicano il ricorso alla BMD come "*più pragmatico e trasparente*" rispetto ad analisi di rischio basate sul calcolo dell'Unit Risk, metodologia impiegata per analisi VIS già a partire dagli anni '80 dall'EPA e ripresa anche dalle Linee Guida ISPRA VIIAS (2015). In assenza di dati ufficiali, le Linee Guida VIS indicano la possibilità di calcolare la BDM.

Consultando le principali banche dati nazionali ed internazionali **non è stato identificato una BMD, né un T25 per le polveri sottili del particolato secondario (PM10 e PM2.5)**, unico inquinante classificato come cancerogeno per il caso in esame.

Non sono inoltre ad oggi disponibili Linee Guida ufficiali in materia di definizione della BMD a partire da dati epidemiologici.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
83 di 119

L'assenza di linee guida di riferimento ufficiali per la definizione della BMD, unitamente alle criticità nel calcolo per la particolarità dell'inquinante in esame (si veda riquadro di approfondimento successivo), porta a sostenere che per la valutazione del rischio cancerogeno per il caso in esame la metodologia US EPA del calcolo del rischio tossicologico rappresenti la soluzione più conservativa in termini di rappresentatività del risultato.

Inoltre, si deve tenere presente che se si valuta in dettaglio la tipologia di particolato secondario che potrebbe potenzialmente formarsi per il caso in esame, questo è costituito presumibilmente da Nitrato d'Ammonio, sostanza per la quale ad oggi non ci sono evidenze di proprietà cancerogene. Eventuali altri composti riscontrabili sul particolato secondario che potrebbero causare effetti cancerogeni non derivano da interazioni ambientali del progetto ma eventualmente da altre sorgenti emissive ubicate nel territorio (es. traffico, altre attività industriali).

Approfondimento relativo alla definizione di BMD per particolato atmosferico

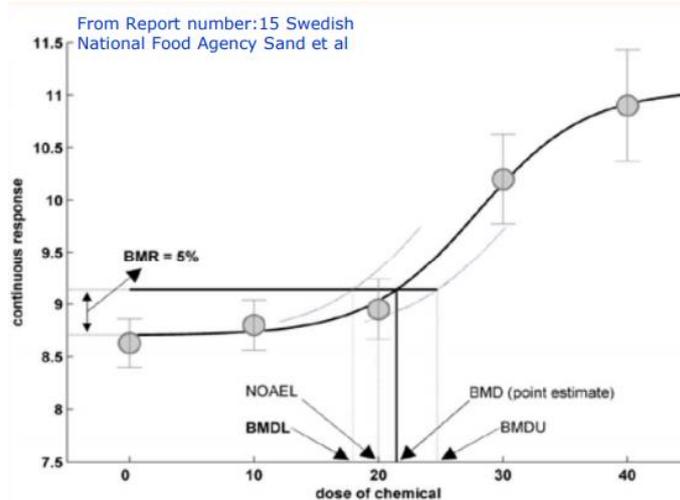
La Benchmark Dose (BMD) viene spesso paragonata al NOAEL (No Observed Adverse Effect Level).

Il NOAEL è la massima dose alla quale generalmente non è rilevata a livello statistico alcuna variazione nella risposta all'esposizione in confronto con l'esposizione di fondo. La BMD rappresenta invece una valutazione quantitativa che utilizza una curva dose-probabilità per determinare il livello di dosaggio equivalente al NOAEL.

La BMD rispetto al NOAEL, essendo determinata su base puramente statistica, è meno influenzata dal disegno sperimentale ed ha una precisione che può essere stimata numericamente.

La differenza fondamentale quindi è che nel caso della BMD l'effetto che si vuole considerare è predeterminato. Questo consente di estrapolare meglio gli indici derivati come ad esempio l'RfD.

La BMD viene quindi definita come il limite di confidenza inferiore di una dose corrispondente ad uno specifico livello di rischio. In altre parole, è l'esposizione che corrisponde ad una determinata variazione nella risposta (di un indicatore) rispetto al background o dose che corrisponde ad uno specifico livello di incremento della risposta. Il più basso livello di confidenza del 95% legato alla BMD è stato suggerito per rimpiazzare il NOAEL.


Figura 31: Confronto fra utilizzo di BMD e NOEL

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
84 di 119

Il principale vantaggio dell'utilizzo della BMD è dato dal fatto che nel suo calcolo viene usata tutta la curva e quindi la variabilità sperimentale e biologica viene inclusa nella stima successiva dei valori guida poiché l'intervallo di confidenza include implicitamente una valutazione della qualità dei dati.

I modelli ad oggi disponibili e riconosciuti a livello internazionale per tale calcolo sono:

- Benchmark Dose Software (BMDS) dell' US EPA - <https://www.epa.gov/bmds>
- PROAST del RIVM (Dutch National Institute for Public Health and the Environment) - <https://www.rivm.nl/en/proast>

Per l'utilizzo di tali software sono necessari alcuni prerequisiti sui dati di input:

- devono essere espressi in quantili o come funzione continua,
- deve essere evidente un trend dose-risposta chiaro,
- set di dati con risposte solo ad alte dosi non sono in genere adeguati,
- in caso di utilizzo di dati epidemiologici le serie devono essere complete e rappresentative.

Gli step di analisi di tali modelli presentano inoltre fasi nell'ambito delle quali possono essere effettuate scelte diverse su funzioni o parametri statistici da applicare.

La sensibilità dell'operatore in relazione alla selezione dei dati di input, unitamente alla definizione dei vari step di calcolo, possono quindi portare a definizione di BMD anche molto diverse fra loro. Tale variabilità di risultati può essere contenuta mediante l'adozione di specifiche linee guida, o mediante la definizione di BMD a cura di enti pubblici / organizzazioni ufficiali.

Nel caso di utilizzo di dati tossicologici sono disponibili linee guida EPA. Non risultano disponibili linee guida per utilizzo di dati tossicologici. A livello europeo le Linee Guida EFSA ("Update: use of the benchmark dose approach in risk assessment", par. 2.5.8., EFSA 2016) dichiarano che, sebbene in linea di principio le BMD siano desumibili anche da dati epidemiologici, risulta necessario definire una linea guida ad hoc.

Come anticipato inoltre, sempre da fonti EU (SCCS, SCHER e SCENIHR) si afferma che l'utilizzo di dati epidemiologici in riferimento all'inquinamento atmosferico non permette di valutare in dettaglio gli effetti interattivi derivanti da l'esposizione ad una miscela complessa che varia spazialmente e temporalmente. Infatti in molti casi vi è un effetto di covarianza dei diversi inquinanti a seconda della fonte di emissione e dalle condizioni climatiche. Tale effetto dovrebbe essere esplicitato come effetto additivo. Inoltre la selezione dei dati epidemiologici utili dovrebbe essere basata su popolazioni sufficientemente comparabili (Mauderly e Samet, 2009).

La formula per il calcolo del rischio tossicologico di sostanze cancerogene è la seguente:

$$R = LADD \times CSF \quad [3]$$

dove:

R = **Rischio o ELCR** (*Estimated Lifetime Cancer Risk*), definito come la probabilità incrementale dell'insorgenza di casi di tumore nel corso della vita, causati dall'esposizione alla sostanza cancerogena in studio;

LADD= **Lifetime Average Daily Dose**, espressa in mg/(kg giorno);

CSF = **Potere cancerogeno di una sostanza (Cancer Slope Factor)** e indica la probabilità incrementale di sviluppare un tumore se un individuo è esposto alla sostanza per tutta la vita. Esso è dato dalla pendenza della curva dose-risposta ed è espresso come incremento di probabilità [%] per mg di sostanza assunta al giorno e per unità di peso corporeo (mg/(kg giorno)).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
85 di 119

Anche in questo caso è indicato, ove pertinente, effettuare valutazioni di tipo aggregato (per diverse vie di esposizione) e cumulativo (per più sostanze).

US EPA “considers excess cancer risks that are below about 1 chance in 1,000,000 (1×10^{-6} or $1E-06$) to be so small as to be negligible, and risks above $1E-04$ to be sufficiently large that some sort of remediation is desirable” Risk Assessment Guidance for Superfund, 1989.

Tale soglie sono state riprese anche dalla normativa italiana in materia di siti contaminati. A seguire un estratto dell’Allegato 1 “Criteri generali per l’analisi di rischio sanitario ambientale sito-specifica” Titolo V alla Parte IV del D.Lgs. 152/06 e smi.

“Criteri di accettabilità del rischio cancerogeno e dell’indice di rischio

Si propone 1×10^{-6} come valore di rischio incrementale accettabile per la singola sostanza cancerogena e 1×10^{-5} come valore di rischio incrementale accettabile cumulato per tutte le sostanze cancerogene”

Il valore di 1×10^{-5} come soglia per le miscele viene inoltre riportato come riferimento nella metodologia descritta da ISPRA nella Delibera n. 55/2019 di approvazione del documento “Elementi metodologici per la valutazione del rischio associato all’esposizione a contaminanti multipli (...)”.

Per quanto riguarda il rischio dovuto all’esposizione inalatoria, sono disponibili in letteratura anche dei coefficienti di rischio definiti *inhalation unit risk* (UR o IUR), che possono essere applicati direttamente alle concentrazioni atmosferiche, per ricavare la stima di rischio:

$$R = C_{\text{aria}} \times UR \quad [4]$$

dove:

C_{aria} = **Concentrazione atmosferica** del contaminante cui è esposta la popolazione, espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$;

UR = **Unit Risk inalatorio**, definito come il rischio incrementale risultante dall’esposizione continuativa per tutta la vita ad una concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, espresso in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$.

Nell’ambito della redazione delle Linee Guida ISPRA è stato implementato un algoritmo che, a partire dai dati epidemiologici disponibili, ha condotto alla determinazione dell’unità di rischio inalatorio (IUR) di contrarre un tumore al polmone per esposizione al particolato fine (PM 2.5) nella popolazione italiana (Appendice 1 delle Linee Guida ISPRA).

Secondo l’approccio proposto dal WHO, l’unità di rischio (UR o IUR), basata su studi epidemiologici, viene calcolata in base alla formula seguente:

$$IUR = \frac{P_0 \times (RR - 1)}{X} \quad [5]$$

dove:

P_0 = Rischio cumulativo di background di sviluppare un tumore nel corso della vita (0-70 anni) nell’ambito della popolazione considerata;

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas	DATA Settembre 2019	PROGETTO 195481	PAGINA 86 di 119
--	------------------------	--------------------	---------------------

RR = Rischio relativo di tumore per esposizione alla sostanza cancerogena stimato da studi epidemiologici;

X = Esposizione media della popolazione per tutta la vita (ovvero riferita a 24h/giorno, 365 giorni/anno).

Nel dettaglio:

- Il valore di P_0 è stato calcolato a partire dai tassi di incidenza età specifici riportati dal pool dei registri dell'Associazione italiana dei registri tumori (AIRTUM) ed è risultato pari a 0.0235.
- Il valore del RR di tumore polmonare associato ad incrementi di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5, tratto dal risultato di una metanalisi di 18 studi epidemiologici, è stato individuato in 1,09 (IC95%: 1,04-1,14).
- L'esposizione della popolazione al particolato è continuativa (fattore X pari a 1)

Sulla base dell'equazione sopra indicata risulta che l'unità di rischio inalatorio incrementale per esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5 è pari a:

$$\text{IUR} = 0,0235 \times (1,009 - 1) = 2,12 \times 10^{-4} \quad [6]$$

Per definizione l'unità di rischio inalatorio (IUR) incrementale per un agente cancerogeno in atmosfera rappresenta il rischio addizionale di sviluppare un tumore per tutta la vita, in una ipotetica popolazione, in cui tutti gli individui sono esposti continuamente, a partire dalla nascita e per tutta la vita, alla concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di sostanza cancerogena presente nell'aria che respirano.

Il valore ottenuto indica che due casi incrementali di tumore del polmone su diecimila persone della popolazione italiana a seguito di un'esposizione per tutta la vita (0-70 anni) a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5.

A conferma della scelta metodologica adottata, a seguire si riporta l'applicazione dell'albero decisionale (Scher 2012) indicato per il caso di risk assessment di miscele dalle Linee Guida VIS.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
87 di 119

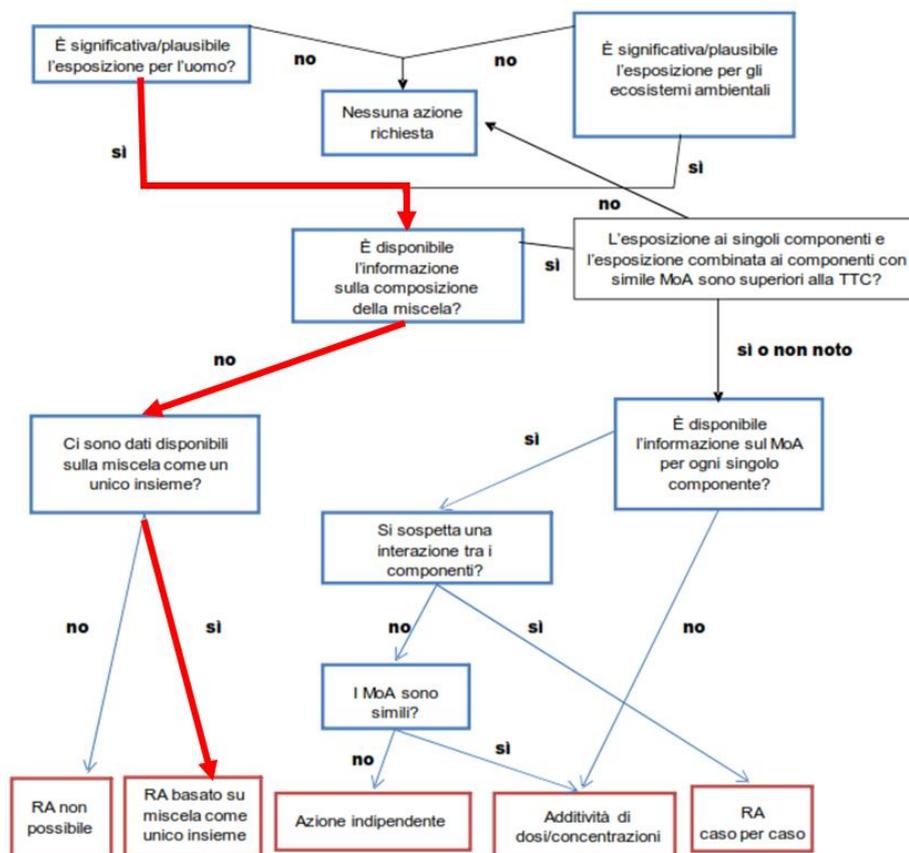


Figura 32: Albero decisionale (Schern, 2012) applicato al caso particolato secondario del caso in esame

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
88 di 119

2.1.2 Procedura di Risk Assessment Epidemiologico

Tale metodo è basato su un approccio epidemiologico e prevede lo sviluppo delle singole fasi di valutazione del rischio con le seguenti modalità:

- **Hazard Identification:** valutazione preliminare della pericolosità delle sostanze identificate mediante l'analisi del rapporto causale di associazione tra un agente e l'effetto avverso per la salute da questo determinato;
- **Dose-Response Assessment:** valutazione di una relazione di esposizione-risposta (incidenza);
- **Exposure Assessment:** valutazione dei dati quantitativi di misura e/o stima delle concentrazioni di esposizione o, quando non disponibili, individuazione di indicatori di esposizione ricostruendo gli scenari espositivi anche attraverso l'utilizzo di interviste (diari o questionari);
- **Risk Characterization:** gli indicatori di associazione tra esposizione della popolazione e effetto sulla salute derivanti dagli studi epidemiologici (studi di coorte, studi caso-controllo, etc.).

I metodi che si basano su dati epidemiologici e producono stime di natura epidemiologica da applicare nella fase di *Assessment* nell'ambito delle Linee Guida VIS possono essere distinti in:

- metodi per la stima del rischio attribuibile, e
- metodi per la produzione di indicatori di *burden of disease* per diversi scenari di esposizione.

I principali indicatori che è possibile stimare sono i casi attribuibili (AC) o i Disability-Adjusted Life Years (DALY).

Per il caso in esame si prevede di stimare i **casi attribuibili** in quanto nella metodologia DALY, come le stesse linee guida VIS indicano, appare critica la definizione dei pesi da assegnare alle singole patologie, al fine di derivare un indicatore unico attraverso l'unità di misura comune del tempo (anni di vita persa sommando gli effetti pesati delle mortalità precoce e delle conseguenze non fatali delle patologie).

I risultati degli studi epidemiologici forniscono una stima del **Rischio Relativo** (RR) di sviluppare un evento sanitario (decesso, ricovero ospedaliero) per gli esposti ad un determinato fattore ambientale quando confrontato con il rischio dei non esposti.

La procedura di **Health Impact Assessment (HIA)**, utilizza i RR derivanti dall'evidenza epidemiologica per:

- effettuare una stima degli eventi sanitari attribuibili alla differenza tra le concentrazioni osservate ed un valore di concentrazione di riferimento al di sotto del quale si ipotizza che l'effetto sanitario possa essere ritenuto trascurabile (*burden of disease*) (*approccio retrospettivo*);
- effettuare una stima degli eventi sanitari attribuibili ad un incremento (o diminuzione) delle concentrazioni osservate, dovuto all'attivazione (riduzione) di sorgenti emmissive (VIA, prospettico).

Perciò per condurre un HIA, occorre identificare:

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
89 di 119

- il valore di RR per l'effetto sanitario considerato derivato dalla funzione concentrazione risposta descritta nella letteratura più aggiornata;
- la dimensione della popolazione di riferimento dalla quale sono ricavati i dati relativi all'incidenza dell'evento sanitario in studio e la popolazione interessata dalla potenziale variazione dell'esposizione;
- i valori di esposizione della popolazione in studio, ovvero la differenza tra l'esposizione attuale e l'esposizione considerata di riferimento;
- l'occorrenza di base (*baseline*) dell'evento sanitario in studio, morbosità o mortalità nella popolazione di riferimento.

Il numero di casi attribuiti all'incremento di esposizione è calcolato mediante la seguente formula:

$$AC = (RR-1) \cdot Tasso_{pop} \cdot \Delta C \cdot Pop_{exp} \quad [7]$$

dove:

$AC =$ **Numero di casi** attribuibili all'esposizione in esame;

$(RR - 1) =$ **Eccesso di rischio** per unità di variazione della concentrazione/esposizione del fattore di rischio in esame;

$Tasso_{pop} =$ **Tasso di mortalità/morbosità/incidenza** al baseline nella popolazione target per l'effetto considerato

$\Delta C =$ **Variatione nelle concentrazioni/esposizioni** ambientali ante-post operam per la quale s'intende valutare l'effetto

$Pop_{exp} =$ **Dimensione della popolazione target.**

Per il calcolo dell'intervallo di confidenza della stima relativa al numero di casi attribuibili è necessario ripetere i calcoli sopra descritti utilizzando sia il limite inferiore che superiore del RR riportato nella letteratura di riferimento.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
90 di 119

2.1.3 Identificazione della procedura di valutazione applicata

In riferimento alle considerazioni metodologiche ed applicative per il caso in esame, a seguire si riporta una sintesi della procedura adottata per la valutazione del rischio sanitario in riferimento al progetto in esame

- **Approccio tossicologico o *Human Health Risk Assessment* (RA)**
 - per il calcolo degli effetti tossici dei contaminanti di NO₂, CO, NH₃ e particolato secondario (PM2.5 e PM10),
 - per il calcolo degli effetti cancerogeni del particolato secondario (PM 2.5).

Parametro	Tipo di rischio
NO ₂	Rischio tossico
NH ₃	Rischio tossico
Particolato secondario	Rischio tossico Rischio cancerogeno
CO	Rischio tossico

Tabella 27: Tipo di rischio associato ai parametri di interesse

- **Approccio epidemiologico o *Health Impact Assessment* (HIA)**, mediante il quale viene calcolato l'aumento del numero di casi attribuibili corrispondente all'incremento della concentrazione per il calcolo degli effetti sanitari relativi al particolato secondario (PM 2.5) ed NO₂, unici inquinanti fra quelli analizzati per i quali l'evidenza epidemiologica di causalità sia sufficiente (Linee Guida VIIAS - Linee Guida VIS).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
91 di 119

2.1.4 Risultati modellistici per caratterizzazione degli scenari di esposizione

I dati di input per la valutazione dell'esposizione della popolazione interessata derivano dai risultati delle simulazioni effettuate da CESI nell'ambito dello studio "Emissioni degli inquinanti in atmosfera e valutazione delle ricadute sulla qualità dell'aria" allegato allo Studio di Impatto Ambientale.

A seguire viene riportata una tabella di sintesi delle elaborazioni CESI che mostra il confronto fra i valori simulati e i limiti di legge da D.Lgs. 155/2010 in riferimento agli scenari di progetto.

Parametro ⁽¹⁾	U.m.	Limite D. Lgs. 155/2010 ⁽⁵⁾	Area di 23 x 23 km ²					
			Valore massimo			Valore medio		
			Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 1	Fase 2	Fase 3
NO ₂ – Conc. media annua	[µg/m ³]	40 (V.L.)	0,08	0,17	0,33	0,03	0,06	0,08
NO ₂ – Conc. oraria superata 18 volte per anno civile	[µg/m ³]	200 (V.L.)	8,4	16,5	30,7	2,2	4,4	4,6
NO _x – Conc. media annua	[µg/m ³]	30 (L.C.)	0,11	0,22	0,44	0,04	0,08	0,09
PM ₁₀ – Conc. media annua ^{(2) (6)}	[µg/m ³]	40 (V.L.)	0,006	0,012	0,010	0,002	0,004	0,004
PM ₁₀ – Conc. giorn. superata 35 volte per anno civile ^{(2) (6)}	[µg/m ³]	50 (V.L.)	0,020	0,039	0,032	0,007	0,014	0,013
PM _{2,5} – Conc. media annua ^{(3) (6)}	[µg/m ³]	25 (V.L.)	0,006	0,012	0,010	0,002	0,004	0,004
SPM – Conc. media annua ⁽⁴⁾	[µg/m ³]	-	0,006	0,012	0,010	0,002	0,004	0,004
CO – Conc. media massima giornaliera calcolata su 8 ore	[mg/m ³]	10 (V.L.)	0,011	0,023	0,071	0,002	0,005	0,013

Tabella 28: Estratto da studio CESI (stima modellistica delle concentrazioni in atmosfera dei macroinquinanti normati nel punto di massima ricaduta)

Note

(1) I valori riportati in tabella rappresentano il massimo tra i singoli valori stimati per ciascun anno del triennio 2013-2015

(2) PM10 = Particolato primario e secondario

(3) PM2.5 = Particolato fine primario e secondario

(4) SPM = Particolato secondario

(5) L.C. = Livello Critico, V.L. = Valore Limite

(6) Per lo scenario di progetto, tutto il particolato è di tipo secondario

Come anticipato, lo studio di ricadute al suolo mostra valori di concentrazione in tutti i recettori delle griglie di calcolo ampiamente inferiori ai relativi Standard di Qualità Ambientale (SQA) ai sensi del D.Lgs. 155/2010.

Come noto la definizione degli Standard di Qualità Ambientale normati deriva da valutazioni di impatto sanitario effettuate da organismi internazionali di riferimento (es. WHO) basate sull'integrazione di dati provenienti da studi epidemiologici, studi tossicologici sugli animali e studi di esposizione umana controllata. Pertanto l'ampio margine di rispetto delle ricadute del progetto rispetto a tali SQA permette di definire a priori come non significativo l'impatto sulla salute pubblica degli interventi proposti.

In ogni caso, il proponente ha definito di procedere cautelativamente con l'analisi secondo le Linee Guida VIS.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
92 di 119

In **Allegato 3** si riporta un estratto dallo studio CESI relativo alle seguenti tavole di iso-concentrazione:

- Tavola AV-04.p1 - Scenario di progetto [fase 1] (area vasta) - NO₂ - Concentrazione media annua
- Tavola AV-04.p2 - Scenario di progetto [fase 2] (area vasta) - NO₂ - Concentrazione media annua
- Tavola AV-04.p3 - Scenario di progetto [fase 3] (area vasta) - NO₂ - Concentrazione media annua
- Tavola AV-10.p1 - Scenario di progetto [fase 1] (area vasta) - SPM - Concentrazione media annua
- Tavola AV-10.p2 - Scenario di progetto [fase 2] (area vasta) - SPM - Concentrazione media annua
- Tavola AV-10.p3 - Scenario di progetto [fase 3] (area vasta) - SPM - Concentrazione media annua
- Tavola AV-11.p1 - Scenario di progetto [fase 1] (area vasta) - CO – Conc. media max giorn. calcolata su 8 ore
- Tavola AV-11.p2 - Scenario di progetto [fase 2] (area vasta) - CO – Conc. media max giorn. calcolata su 8 ore
- Tavola AV-11.p3 - Scenario di progetto [fase 3] (area vasta) - CO – Conc. media max giorn. calcolata su 8 ore

Le elaborazioni di risk assessment sono effettuate sulla base dei seguenti due set di dati, ritenuti come rappresentativi al fine di fornire una caratterizzazione dell'esposizione della popolazione all'interno dell'area di interesse:

- valori medi sui 3 anni calcolati sui nodi delle griglie di calcolo del modello Calpuff ubicati all'interno dell'area di indagine (40 km di lato con baricentro la Centrale), i risultati saranno elaborati in termini di dati a livello comunale,
- timeseries dei valori medi giornalieri per i recettori rappresentativi individuati dallo studio CESI (centri ISTAT) la cui ubicazione è riportata in **Tavola 6**, i risultati saranno in termini puntuali sul singolo recettore rappresentativo.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
93 di 119

2.1.5 Analisi delle incertezze

La stima degli effetti delle determinanti dirette sulla salute pubblica effettuata per la VIS costituisce una metodologia complessa di tipo previsionale che presenta intrinsecamente alcuni gradi di incertezza.

Appare implicito dunque che l'applicazione della metodologia VIS, come si legge peraltro dalle linee guida di valenza sia nazionale che internazionale, porta a dei risultati che debbano essere letti non in relazione al dato singolo ed assoluto, ma soprattutto con una valenza preventiva in termini di azioni future.

Nello sviluppo delle analisi per il caso in esame sono state comunque adottate le misure necessarie per definire e ridurre, ove possibile, i livelli di incertezza rilevati.

In particolare:

Incertezza strutturale

Tale incertezza si riferisce all'arbitrarietà nella definizione del modello di valutazione applicato e viene controllata valutando i risultati che si ottengono applicando modelli matematici differenti tra loro.

Nel presente studio VIS le valutazioni sono state effettuate usando metodologie ampiamente collaudate e le migliori evidenze scientifiche disponibili, in accordo con le norme, raccomandazioni e linee guida nazionali ed internazionali.

Le fonti bibliografiche sono state selezionate in riferimento all'autorevolezza scientifica e la valutazione di rischio è stata condotta usando modelli caratterizzati da validità scientifica ampiamente riconosciuta.

E' in ogni caso importante precisare che la procedura di VIS è intrinsecamente connotata da un certo grado d'incertezza in ciascuna delle sue fasi.

Gli stessi rapporti dose-risposta tipicamente usati nelle analisi di rischio tossicologico presentano un livello di approssimazione, essendo derivati da studi epidemiologici e/o tossicologici che hanno limiti interni di precisione. Ulteriore elementi di incertezza sono inoltre rilevabili nella stima del rischio cumulativo.

Inoltre in riferimento a procedimenti autorizzativi in materia di VIA, nelle modalità di cui al presente studio, costituisce una procedura con limitati casi applicativi in riferimento alla metodologia proposta dal recente DM 27 marzo 2019 e relative Linee Guida.

I metodi disponibili riconosciuti dalle linee guida utilizzano formule matematiche derivate da estrapolazioni di studi epidemiologici condotti su popolazioni differenti in differenti contesti sanitari ed ambientali. RR

La scelta di ENEL di sviluppare la VIS mediante sia l'approccio tossicologico che l'approccio epidemiologico permette di minimizzare tale incertezza strutturale.

Incertezza modellistica

Le simulazioni modellistiche comportano inevitabilmente incertezze, in parte intrinseche del modello (es. impossibilità di descrivere perfettamente i fenomeni fisici e chimici; incertezza dovuta alla natura stocastica di fenomeni atmosferici), in parte dovute ai dati di ingresso su emissioni e parametri meteo-climatici.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
94 di 119

L'utilizzo di modelli di simulazione delle emissioni in atmosfera (principale effetto valutato in ambito VIS) di valenza internazionale permettono di minimizzare l'incertezza dei risultati previsionali delle ricadute al suolo. Nel caso in esame è stata utilizzata come catena modellistica la seguente:

- Modello meteorologico:
 - WRF – Modello prognostico a mesoscala;
 - CALMET – Modello diagnostico.
- Modello di dispersione:
 - CALPUFF – Modello lagrangiano a puff.

Sia il modello WRF che il sistema modellistico CALPUFF (CALMET e CALPUFF) sono nella lista di modelli meteorologici preferiti/raccomandati da US-EPA¹.

CALPUFF è anche nell'elenco "Scheda 1: modelli da applicare nelle aree urbane ed a scala locale" della pubblicazione APAT CTN ACE, 2004 "I modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni". Per ulteriori dettagli sui modelli si rimanda allo studio CESI "Emissioni degli inquinanti in atmosfera e valutazione delle ricadute sulla qualità dell'aria" allegato allo Studio di Impatto Ambientale.

Il modello è di tipo deterministico quindi le variabili di input assumono valori fissi, ed i risultati ottenuti non tengono in considerazione eventuali fattori di incertezza (al contrario dei modelli stocastici). In merito all'incertezza insita nelle stime modellistiche US EPA indica che i modelli in generale sono più affidabili per stime di concentrazioni medie di lungo periodo, piuttosto che per concentrazioni di breve periodo e che le stime relative ai massimi di concentrazione vanno ritenute ragionevolmente affidabili come ordine di grandezza. Sovrastima dei massimi dell'ordine del 10 fino al 40% sono citati come tipici.

La Direttiva Europea 2003/2/CE del 12 febbraio 2002 relativa all'ozono indica in Allegato VII, a titolo orientativo, i margini consentiti di incertezza dei metodi valutazione per Ozono, NO ed NO₂.

Tali valori sono stati poi ripresi ed integrati dalla successiva Direttiva 2008/50/CE del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa in Allegato I (si veda estratto a seguire).

¹ www.epa.gov/scram001/metmodel.htm

www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
95 di 119

	Biossido di zolfo, biossido di azoto e ossidi di azoto, monossido di carbonio	Benzene	Particolato (PM ₁₀ /PM _{2,5}) e piombo	Ozono e NO e NO ₂ connessi
Incertezza della modellizzazione:				
Medie orarie	50 %	—	—	50 %
Medie su otto ore	50 %	—	—	50 %
Medie giornaliere	50 %	—	da definire	—
Medie annuali	30 %	50 %	50 %	—
Stima obiettiva				
Incertezza	75 %	100 %	100 %	75 %

Tabella 29: Estratto Direttiva 2003/2/CE Allegato VII

La normativa italiana similmente (Allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 “obiettivi di qualità dei dati”) prevede un’incertezza del 30-50% per le medie annue del 50% per quelle orarie e giornaliere.

Al fine di effettuare una stima quantitativa dell’incertezza, è stato ipotizzato quindi di utilizzare un valore di incertezza delle stime ottenute pari al **±50%**, come valutazione estremamente cautelativa che possa in qualche modo inglobare tutte le tipologie di incertezze modellistiche presenti nelle valutazioni.

Incertezza statistica

La selezione dell’area di indagine, per quanto presenti Comuni con popolazione non elevata, costituisce nel totale un campione statistico rappresentativo, con un totale di 93.671 abitanti (ISTAT, 2011).

Le incertezze sopra identificate, unitamente ai relativi strumenti adottati per mitigarle e, ove ritenuto opportuno, quantificarle, permettono di ottenere un quadro sufficientemente esaustivo ed affidabile in termini di risultati ottenuti.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
96 di 119

2.2 Assessment tossicologico

2.2.1 Sostanze con rischio tossico

Per la valutazione del solo rischio tossico viene applicata la già citata formula [2] per la determinazione dell'Hazard Quotient,

$$HQ = C / RfC$$

C: Concentrazione di esposizione espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

RfC: Reference Concentration espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Per ciascun inquinante considerato sono stati analizzati i valori di *Inhalation Reference Concentration* (RfC) disponibili a livello di pubblicazioni e linee guida di riconosciuta valenza internazionale.

La principale fonte di riferimento per i valori di RfC sono le soglie indicate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nel documento "*WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxideb - Global update 2005, Summary of risk assessment*".

Per quanto riguarda l' NH_3 si fa riferimento alle procedure di risk assessment condotte dall'EPA. ("*Toxicological Review of Ammonia - Noncancer Inhalation*", 2016).

Rischio tossico			
Parametro		RfC [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Fonte
NO_2	media annua	40	WHO, 2005
NH_3	media annua	500	US EPA, 2016
PM2.5	media annua	10	WHO, 2005
PM10	media annua	20	WHO, 2005
CO	media 8h	10.000	WHO, 2000

Tabella 30: RfC associato ai parametri di interesse

Gli indici sono stati calcolati con i dati di concentrazione riferiti alla media annua (ad eccezione del CO per il quale anche i riferimenti WHO sono sulle 8 ore), valori idonei ad esser utilizzati per la valutazione dell'esposizione sulla durata della vita dell'impianto.

Per la valutazione del rischio sanitario per il progetto in esame sono stati utilizzati i valori massimi delle medie sui 3 anni rilevati per Comune ed i valori massimi delle medie giornaliere sui 3 anni per i recettori rappresentativi tenendo conto dell'incertezza del 50% data dal modello utilizzato.

Le concentrazioni di input per le elaborazioni di valutazione del rischio sanitario sono riportate in dettaglio in **Allegato 4**.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
97 di 119

I risultati di dettaglio delle elaborazioni effettuate sono riportate in **Allegato 5** in riferimento a:

- Fase 1 (fase intermedia) risultati per i territori comunali dell'area di interesse,
- Fase 1 (fase intermedia) risultati per i recettori rappresentativi dell'area di interesse,
- Fase 2 (fase intermedia) risultati per i territori comunali dell'area di interesse,
- Fase 2 (fase intermedia) risultati per i recettori rappresentativi dell'area di interesse,
- Fase 3 (post operam) risultati per i territori comunali dell'area di interesse,
- Fase 3 (post operam) risultati per i recettori rappresentativi dell'area di interesse.

I risultati sono riportati considerando sia il particolato secondario come PM10 che come PM2.5.

In tutti i **Comuni** presenti il rischio per entrambi gli assetti di progetto (Fase 1, Fase 2 e Fase 3) risulta essere **accettabile** sia in termini di singola sostanza ($HQ \leq 1$) che di indice cumulato ($HI \leq 1$).

In tutti i **recettori rappresentativi** analizzati il rischio per entrambi gli assetti di progetto (Fase 1, Fase 2 e Fase 3) risulta essere **accettabile** sia in termini di singola sostanza ($HQ \leq 1$) che di indice cumulato ($HI \leq 1$).

In tutti i **recettori sensibili** presenti il rischio per entrambi gli assetti di progetto (Fase 1, Fase 2 e Fase 3) risulta essere **accettabile** sia in termini di singola sostanza ($HQ \leq 1$) che di indice cumulato ($HI \leq 1$).

In termini grafici i risultati ottenuti come indice cumulato HI a livello di Comune sono riportati in **Tavola 7a** per la Fase 1, in **Tavola 7b** per la Fase 2 e in **Tavola 7c** per la Fase 3, il cui estratto è riportato a seguire.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
98 di 119



Figura 33: Curva di isolivello HI – Fase 1

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
99 di 119

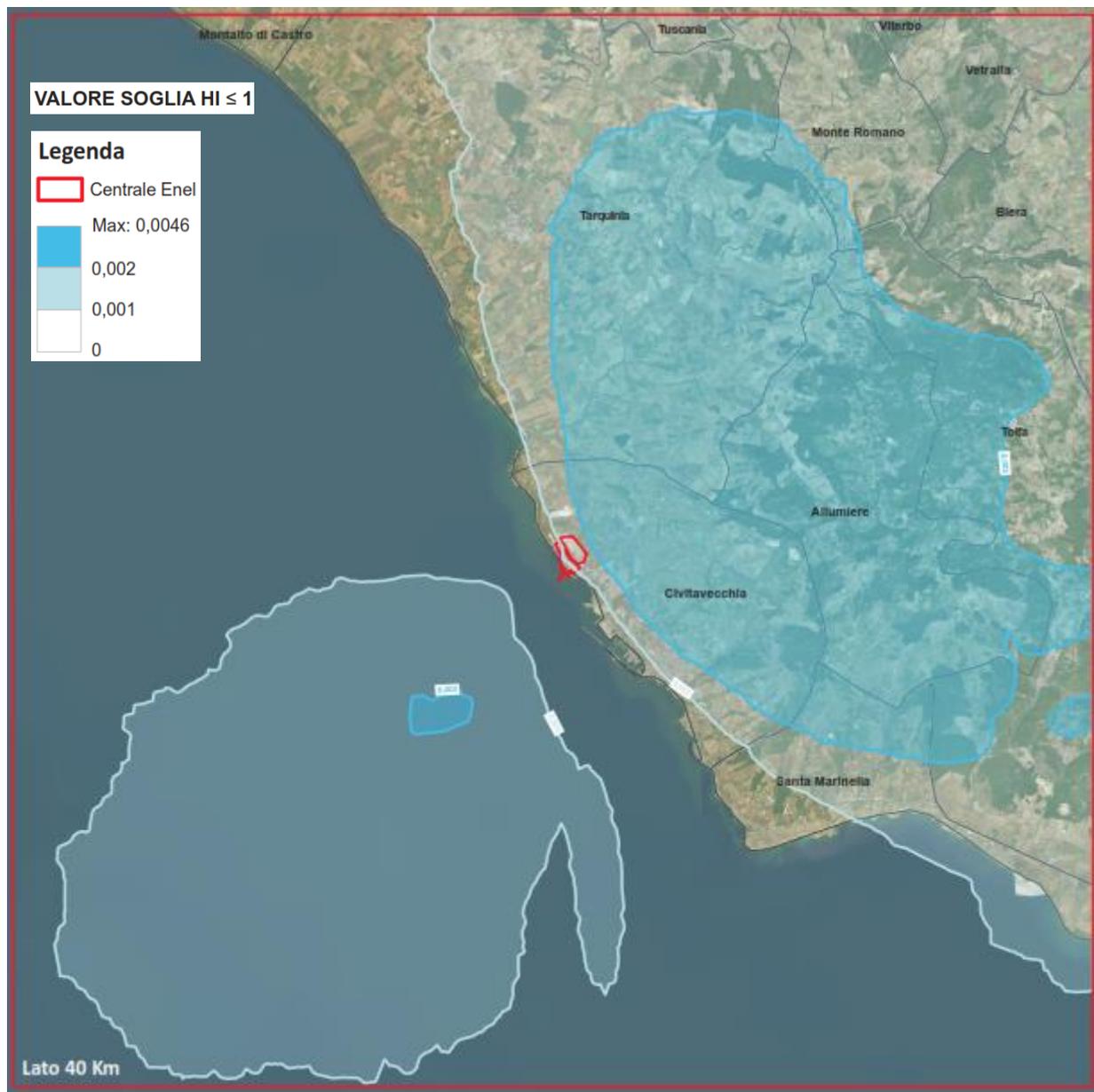


Figura 34: Curva di isolivello HI – Fase 2

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
100 di 119

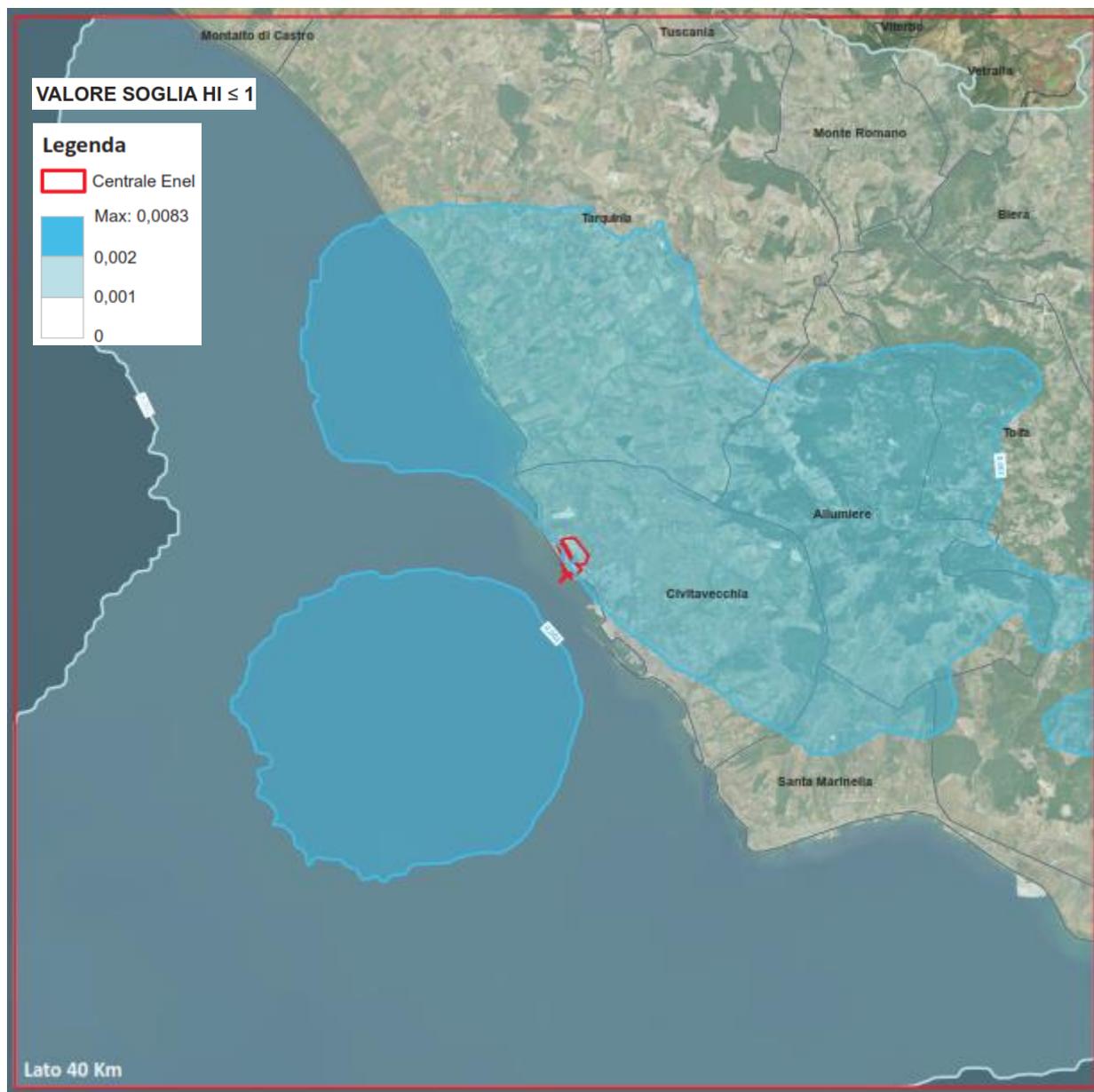


Figura 35: Curva di isolivello HI – Fase 3

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
101 di 119

2.2.2 Sostanze con rischio cancerogeno

Nell'ottobre 2013 l'Agencia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato l'inquinamento atmosferico e le polveri sottili come cancerogeni per l'essere umano (Gruppo 1) rilevando sufficienti evidenze per un'associazione causale con il tumore polmonare.

Come definito in precedenza, la valutazione del rischio per le sostanze cancerogene è data dalla formula [3]:

$$R = LADD \times CSF$$

E per quanto riguarda il rischio dovuto all'esposizione inalatoria, la stima di rischio è dalla formula [4] descritta:

$$R = C_{aria} \times IUR$$

ove l'unità di rischio inalatorio incrementale per esposizione a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM2.5 (IUR) è pari a $2,12 \times 10^{-4}$ (Linee Guida VIIAS).

Per il calcolo dell'*Unit Risk* per la valutazione del rischio sanitario per le sostanze con rischio cancerogeno per il progetto in esame sono stati utilizzati i valori massimi/medi delle medie sui 3 anni rilevati per Comune ed i valori medi delle medie giornaliere sui 3 anni per i recettori rappresentativi tenendo conto dell'incertezza del 50% data dal modello utilizzato.

I risultati di dettaglio delle elaborazioni effettuate sono riportati in **Allegato 5** sia per Fase 1, Fase 2 e Fase 3 in termini di:

- risultati a livello di singolo Comune,
- risultati per singolo recettore rappresentativo individuato,
- risultati per singolo recettore sensibile individuato.

Come ampiamente discusso nella fase di Screening, il particolato atmosferico sia primario che secondario deve essere considerato come una miscela in funzione della sua composizione fortemente variabile sia temporalmente che territorialmente.

Pertanto la soglia di accettabilità, sulla base dei riferimenti indicati al precedente paragrafo 2.1.2, è fissata in 1×10^{-5} .

In tutti i **Comuni** presenti il rischio incrementale per entrambi gli assetti di progetto (Fase 1, Fase 2 e Fase 3) risulta essere inferiore alla soglia di 1×10^{-5} .

In termini grafici i risultati ottenuti in termini di curve di isorischio sono riportati in **Tavola 8a** per la Fase 1, in **Tavola 8b** per la Fase 2 e in **Tavola 8c** per la Fase 3.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
102 di 119

In tutti i **recettori rappresentativi** analizzati il rischio incrementale per entrambi gli assetti di progetto (Fase 1, Fase 2 e Fase 3) risulta essere **inferiore alla soglia di 1×10^{-5}** .

In tutti i **recettori sensibili** presenti il rischio incrementale per entrambi gli assetti di progetto (Fase 1, Fase 2 e Fase 3) risulta essere **inferiore alla soglia di 1×10^{-5}** .

Come ulteriore elemento, al fine di valutare in maniera sostanziale i risultati ottenuti, a seguire si riporta la stima del rischio cancerogeno connesso all'esposizione ad una concentrazione di PM2.5 pari al limite di riferimento per la salute umana fissato da WHO ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

$$R = C_{\text{WHO}} \times \text{IUR} = 10 \times 2,12 \times 10^{-4} = 2,12 \times 10^{-3}$$

In tabella seguente un dettaglio di tali valutazioni.

INQUINANTE	FASE	R max in area di interesse	SOGLIA	R _{WHO}	R _{FASE} / R _{WHO} [%]
PM2.5	FASE 1	$1,30 \times 10^{-6}$	1×10^{-5}	$2,12 \times 10^{-3}$	0,06 %
	FASE 2	$2,61 \times 10^{-6}$			0,12 %
	FASE 3	$2,09 \times 10^{-6}$			0,10%

Tabella 31: R cancerogeno connesso alla concentrazione di PM2.5 pari al limite di riferimento fissato da WHO

I valori massimi ottenuti per Fase 1, Fase 2 e Fase 3 nell'area di interesse risultano entrambi inferiori alla soglia di riferimento di 1×10^{-5} e molto inferiori rispetto al rischio stimato per lo standard di qualità dell'aria di riferimento pari a $2,12 \times 10^{-3}$ (<< 1%).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
103 di 119



Figura 36: Curve di isorischio cancerogeno Fase 1

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
104 di 119



Figura 37: Curve di isorischio cancerogeno Fase 2

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019

PROGETTO
195481

PAGINA
105 di 119

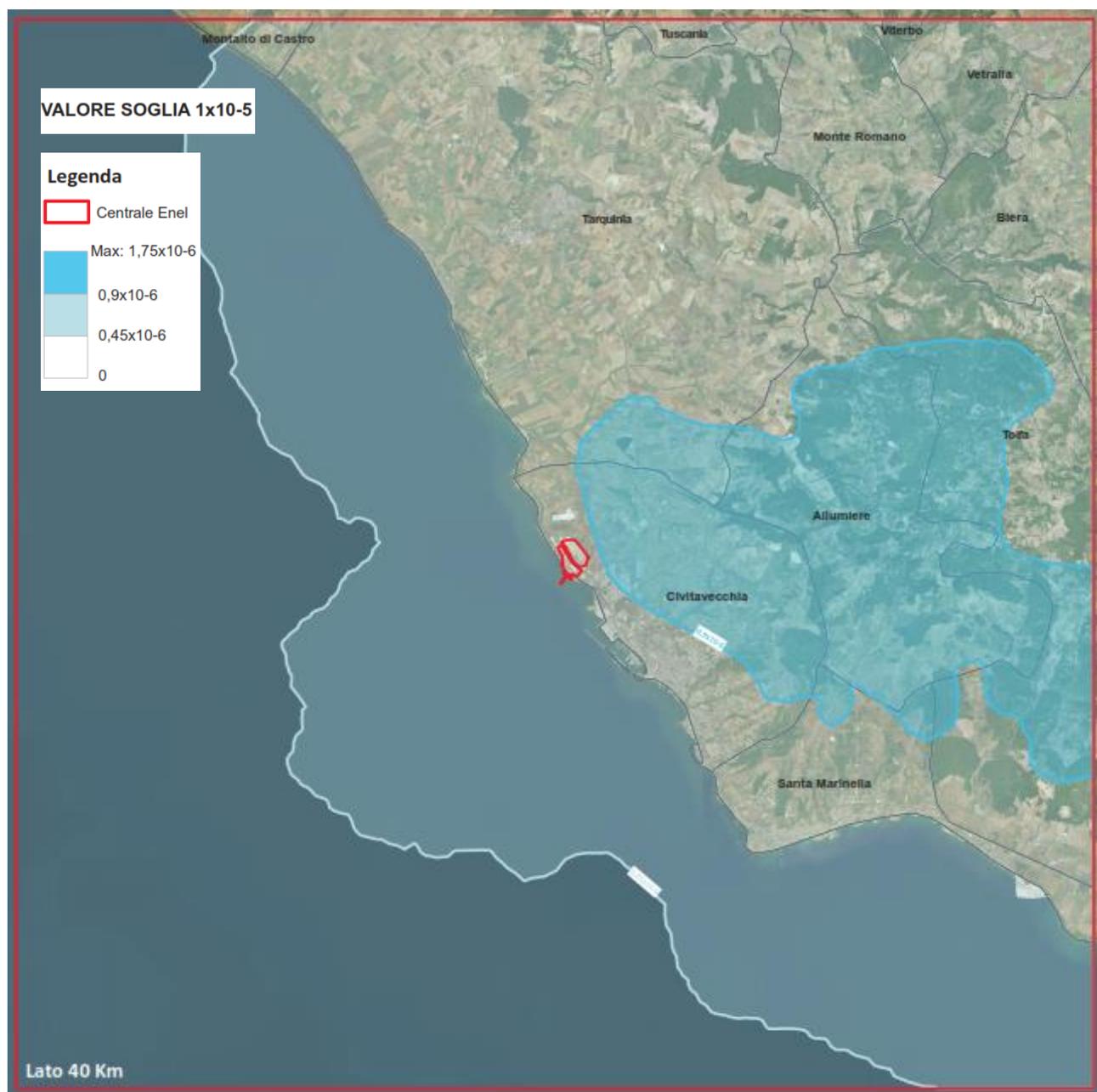


Figura 38: Curve di isorischio cancerogeno Fase 3

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
106 di 119

2.3 Assessment epidemiologico

Approccio epidemiologico (HIA):

Come descritto in precedenza, mediante l'approccio epidemiologico (HIA) si procede con la stima dei casi attribuibili.

Il numero di casi attribuiti all'incremento di esposizione è calcolato mediante la già citata formula [7]:

$$AC = (RR-1) \cdot Tasso_{pop} \cdot \Delta C \cdot Pop_{exp}$$

Nella definizione delle funzioni di rischio relativo (RR), come indicato dalle Linee Guida VIS, i principali riferimenti sono le valutazioni emerse nel corso del Progetto VIIAS e quanto indicato dalle Linee Guida VIIAS (tabella 4.2 pagg. 31-32). Ad integrazione dei riferimenti citati è stato considerato quanto riportato nel report WHO - HRAPIE "Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project" del 2016.

I parametri di rischio relativo (RR), riferiti ad un incremento della concentrazione di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, desunti dalla letteratura ed utilizzati per il calcolo, sono riportati nella tabella seguente.

TIPO DI EFFETTO	INQUINANTE/EFFETTO	RR (95%IC)	FONTE	NOTE
LUNGO TERMINE (media annua)	PM2.5			
	Mortalità totale	1.062 (1.040-1.083)	LG VIIAS (Hoek <i>et al.</i> 2013)	> 30 anni Da applicare a medie annue
	Mortalità cardiovascolare	1.10 (1.05-1.15)	Progetto VIIAS (Hoek <i>et al.</i> , 2014)	
	Malattie respiratorie	1.10 (0.98-1.24)	Progetto VIIAS (Hoek <i>et al.</i> , 2014)	
	Incidenza Tumore polmoni	1.09 (1.04-1.14)	Progetto VIIAS (Hoek <i>et al.</i> , 2014)	Da applicare a medie annue
	NO₂			
Mortalità totale	1.055 (1.031-1.080)	Linee Guida e Progetto VIIAS (Hoek <i>et al.</i> , 2013)	> 30 anni Da applicare a medie annue	
BREVE TERMINE	PM2.5			
	Ricoveri per cause cardiovascolari	1.0091 (0.9982-1.00402)	HRAPIE 2013	Da applicare a massimo medie giornaliere
	NO₂			
Ricoveri per cause respiratorie	1.0015 (0.9992-1.0038)	HRAPIE 2013	Da applicare a massimo medie giornaliere	

Tabella 32: RR desunti da letteratura

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas	DATA Settembre 2019	PROGETTO 195481	PAGINA 107 di 119
---	------------------------	--------------------	----------------------

Le seguenti premesse sono fondamentali per introdurre i risultati ottenuti:

- l'applicazione delle funzioni RR è rappresentativa in caso di incrementi almeno pari alla soglia di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ indicata.
- Tutti i valori di ricaduta al suolo sono significativamente inferiori nei due assetti futuri rispetto all'assetto attuale
- Il ΔC è da considerarsi quindi come riduzione dei valori di ricaduta/esposizione nel passaggio dall'assetto attuale all'assetto futuro; essendo questo un termine moltiplicativo, comporta che in generale è sempre attesa una riduzione dei casi attribuibili rispetto all'assetto attuale.
- In via conservativa, le valutazioni effettuate si riferiscono al solo assetto post-operam, andando a valutare dunque come impatto incrementale rispetto al contesto di inserimento dell'opera.

Le Linee Guida VIS non riportano alcun riferimento in merito a soglie di accettabilità o da criteri per poter valutare i risultati ottenuti dall'indagine.

Tale limite viene superato nell'ambito del presente studio ponendo a confronto i casi attribuibili calcolati in riferimento agli standard di qualità dell'aria WHO con quelli ottenuti dalle valutazioni per il caso in oggetto.

I risultati di dettaglio delle elaborazioni effettuate sia per Fase 1 che per Fase 2 e Fase 3 sono riportati in **Allegato 6** in termini di:

- Stima dei casi attribuibili per mortalità nei territori comunali per popolazione totale, maschi e femmine (> 30 anni, dati ISTAT 2011).
- Stima dei casi attribuibili per ospedalizzazioni nei recettori rappresentativi, associati poi al relativo comune di appartenenza, per popolazione totale, maschi e femmine (dati ISTAT 2011).
- Stima dell'Incidenza tumorale a livello di porzioni regionali ricadenti nell'area di interesse (dati ISTAT 2011).

I tassi utilizzati sono stati reperiti da ISTAT e si riferiscono al periodo 2011-2016 per la mortalità totale e 2012-2015 per le ospedalizzazioni.

In ottemperanza al dettato legislativo sulla tutela della privacy per ISTAT non è possibile diffondere elaborazioni sulle singole cause di morte, sesso e classi d'età per singolo comune. La numerosità troppo esigua nei singoli incroci di variabili potrebbe infatti mettere a rischio di identificabilità i deceduti.

Pertanto per la stima dei casi attribuibili per mortalità cardiovascolare e malattie respiratorie, non avendo a disposizione il dato comunale per classe di età (> 30 anni), è stato utilizzato il tasso disponibile a livello provinciale, sempre per la stessa classe di età.

In riferimento ai casi attribuibili di incidenza tumorale, non avendo a disposizione il registro tumori, sono state effettuate valutazioni conservative utilizzando il valore di incidenza regionale per il periodo 2011-2015 (fonte: Fondazione IRCCS Istituto Nazionale dei Tumori di Milano e ISS).

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
108 di 119

A seguire si riportano tre tabelle di confronto, rispettivamente per Fase 1, Fase 2 e per Fase 3, fra il valore massimo di casi attribuibili ottenuti per ciascun inquinante / effetto sanitario per il progetto ed il relativo valore di casi attribuibili in riferimento ad un'esposizione pari alla concertazione massima ammessa dalla normativa vigente.

INQUINANTE/EFFETTO	CASO	AREA	CASI ATTRIBUIBILI DA SQA WHO / 10.000 ab.	CASI ATTRIBUIBILI FASE 1 / 10.000 ab.	% CA FASE 1 / CA SQA WHO
NO2 Mortalità totale	Totale	Allumiere	36,9	0,077	0,2%
	Maschi		35,1	0,073	0,2%
	Femmine		38,6	0,081	0,2%
PM2.5 Mortalità per cause cardiovascolari	Totale	Allumiere	5,0	0,003	0,06%
	Maschi		4,7	0,003	0,06%
	Femmine		5,2	0,0032	0,06%
PM2.5 Mortalità per cause respiratorie	Totale	Allumiere	2,0	0,001	0,06%
	Maschi		2,5	0,002	0,06%
	Femmine		1,6	0,001	0,06%
PM2.5 Ospedalizzazioni per cause cardiovascolari	Totale	Ric 5 - Civitavecchia	11,1	0,019	0,2%
	Maschi		13,5	0,023	0,2%
	Femmine		8,9	0,015	0,2%
NO2 Ospedalizzazioni per cause respiratorie	Totale	Ric 5 - Civitavecchia	4,0	0,04	1,0%
	Maschi		4,5	0,05	1,0%
	Femmine		3,6	0,04	1,0%
PM2.5 Incidenza tumore polmone	Totale	Allumiere	0,2	0,0002	0,1%
	Maschi		0,3	0,0003	0,1%
	Femmine		0,2	0,0002	0,1%

Tabella 33: CA associati ad un'esposizione pari alla concertazione max ammessa da normativa vigente (Fase 1)

Nota:

- (1) La relativa funzione di rischio relativo (RR) si basa su valori di concentrazione medi giornalieri. Per il confronto con l'SQA è stato considerato per PM2.5 il 35° percentile delle medie giornaliera PM10 da D.Lgs. 155/2010 (50 mg/m³), mentre per NO₂ è stato considerato il limite del 99,8° delle medie orarie (200 mg/m³). In assenza di altri valori di riferimento questi sono da considerarsi dello stesso ordine di grandezza di un massimo delle medie giornaliera per i due inquinanti in oggetto.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
109 di 119

INQUINANTE/EFFETTO	CASO	AREA	CASI ATTRIBUIBILI DA SQA WHO / 10.000 ab.	CASI ATTRIBUIBILI FASE 2 / 10.000 ab.	% CA FASE 2 / CA SQA WHO
NO2 Mortalità totale	Totale	Allumiere	36,9	0,16	0,4%
	Maschi		35,1	0,15	0,4%
	Femmine		38,6	0,16	0,4%
PM2.5 Mortalità per cause cardiovascolari	Totale	Allumiere	5,0	0,006	0,1%
	Maschi		4,7	0,006	0,1%
	Femmine		5,2	0,006	0,1%
PM2.5 Mortalità per cause respiratorie	Totale	Allumiere	2,0	0,002	0,1%
	Maschi		2,5	0,003	0,1%
	Femmine		1,6	0,002	0,1%
PM2.5 Ospedalizzazioni per cause cardiovascolari (1)	Totale	Ric 5 - Civitavecchia	11,1	0,037	0,3%
	Maschi		13,5	0,045	0,3%
	Femmine		8,9	0,030	0,3%
NO2 Ospedalizzazioni per cause respiratorie (1)	Totale	Ric 5 - Civitavecchia	4,0	0,08	2,1%
	Maschi		4,5	0,09	2,1%
	Femmine		3,6	0,07	2,1%
PM2.5 Incidenza tumore polmone	Totale	Allumiere	0,2	0,0005	0,2%
	Maschi		0,3	0,0007	0,2%
	Femmine		0,2	0,0003	0,2%

Tabella 34: CA associati ad un'esposizione pari alla concertazione max ammessa da normativa vigente (Fase 2)

Nota:

- (2) La relativa funzione di rischio relativo (RR) si basa su valori di concentrazione medi giornalieri. Per il confronto con l'SQA è stato considerato per PM2.5 il 35° percentile delle medie giornaliera PM10 da D.Lgs. 155/2010 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre per NO₂ è stato considerato il limite del 99,8° delle medie orarie ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In assenza di altri valori di riferimento questi sono da considerarsi dello stesso ordine di grandezza di un massimo delle medie giornaliere per i due inquinanti in oggetto.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
110 di 119

INQUINANTE/EFFETTO	CASO	AREA	CASI ATTRIBUIBILI DA SQA WHO / 10.000 ab.	CASI ATTRIBUIBILI FASE 3 / 10.000 ab.	% CA FASE 3 / CA SQA WHO
NO2 Mortalità totale	Totale	Civitavecchia	33,0	0,27	0,8%
	Maschi		34,3	0,28	0,8%
	Femmine		32,0	0,26	0,8%
PM2.5 Mortalità per cause cardiovascolari	Totale	Allumiere	5,0	0,005	0,1%
	Maschi		4,7	0,005	0,1%
	Femmine		5,2	0,005	0,1%
PM2.5 Mortalità per cause respiratorie	Totale	Allumiere	2,0	0,002	0,1%
	Maschi		2,5	0,002	0,1%
	Femmine		1,6	0,002	0,1%
PM2.5 Ospedalizzazioni per cause cardiovascolari (1)	Totale	Ric 3 - Civitavecchia	11,1	0,028	0,3%
	Maschi		13,5	0,034	0,3%
	Femmine		8,9	0,022	0,3%
NO2 Ospedalizzazioni per cause respiratorie (1)	Totale	Ric 3 - Civitavecchia	4,0	0,10	2,5%
	Maschi		4,5	0,11	2,5%
	Femmine		3,6	0,09	2,5%
PM2.5 Incidenza tumore polmone	Totale	Allumiere	0,2	0,0004	0,2%
	Maschi		0,3	0,0006	0,2%
	Femmine		0,2	0,0003	0,2%

Tabella 35: CA associati ad un'esposizione pari alla concertazione max ammessa da normativa vigente (Fase 3)

Nota:

- (1) La relativa funzione di rischio relativo (RR) si basa su valori di concentrazione medi giornalieri. Per il confronto con l'SQA è stato considerato per PM2.5 il 35° percentile delle medie giornaliere PM10 da D.Lgs. 155/2010 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$), mentre per NO₂ è stato considerato il limite del 99,8° delle medie orarie ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In assenza di altri valori di riferimento questi sono da considerarsi dello stesso ordine di grandezza di un massimo delle medie giornaliere per i due inquinanti in oggetto.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas	DATA Settembre 2019	PROGETTO 195481	PAGINA 111 di 119
---	------------------------	--------------------	----------------------

Come anticipato, essendo previste riduzioni delle emissioni di polveri sottili nel passaggio dall'assetto ante operam a quello post operam, l'impatto sanitario atteso è sicuramente positivo.

In ogni caso i dati riportati mostrano nettamente che **i livelli di casi attribuibili ottenuti per l'esposizione alle emissioni del progetto in esame (considerate in via estremamente conservativa)**. Sebbene non esplicitamente previsto dalla nuova L.G. ISTISAN19/9, i casi attribuibili sono stati calcolati solo per l'assetto post operam e considerati come incrementali rispetto all'opzione 0. I dati riportati mostrano nettamente che **i livelli di casi attribuibili ottenuti per l'esposizione alle emissioni del progetto in esame sono scarsamente significativi** (circa 2-3 ordini di grandezza inferiori) **se confrontati con quelli ottenuti considerando la concentrazione da SQA**.

Analizzando infine i dati riportati in **Allegato 6** si rilevano dei casi attribuibili negativi (ricoveri per cause respiratorie – NO₂, Ricoveri per cause cardiovascolari – PM2.5, mortalità per cause respiratorie – PM2.5). Questi risultati derivano dal fatto che la soglia inferiore dell'intervallo di confidenza 95% della funzione di rischio relativo RR è un valore < 1 e pertanto esso non costituisce di fatto più un fattore di rischio ma un fattore di protezione. Ciò significa che in una porzione statisticamente significativa degli studi epidemiologici analizzati per la determinazione delle funzioni in oggetto, all'aumentare della concentrazione di esposizione del relativo inquinante è stata registrata una diminuzione dei casi attesi.

Quanto riportato sopra mostra ancora una volta i limiti dell'applicazione in termini assoluti della metodologia epidemiologica previsionale: essa costituisce di fatto uno strumento utile nella Valutazione di Impatto Sanitario, la cui finalità deve essere però limitata alla comparazione di più alternative progettuali e/o alla definizione di un giudizio qualitativo dell'impatto sanitario del progetto in relazione al contesto di inserimento per eventuali azioni di monitoraggio future.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
112 di 119

2.4 Valutazione delle altre determinanti sulla salute

Come richiesto dalle Linee Guida VIS e stata effettuata una valutazione semi-qualitativa del rischio e dell'opportunità su determinanti agenti in via indiretta sulla salute (stile di vita, fattori socio-economici, etc.) in relazione all'area di potenziale influenza del progetto.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente. Il raggio territoriale degli effetti è in prima battuta di tipo sovracomunale, con potenziali interazioni anche a livello regionale e nazionale.

DETERMINANTI		Valutazione RISCHIO degli impatti del PROGETTO sulla determinante	Valutazione OPPORTUNITA' degli impatti del PROGETTO sulla determinante
COMPORTAMENTI E STILI DI VITA	Fumo ed alcool	BASSO	BASSA
	Abitudini alimentari e sedentarietà	BASSO	BASSA
ASPETTI SOCIO ECONOMICI	Livello di istruzione	BASSO	MEDIA
	Livello di occupazione/disoccupazione	BASSO	MEDIA
	Livello di reddito	BASSO	MEDIA
	Diseguaglianza sociale ed economica	BASSO	BASSA
	Tasso di criminalità	BASSO	BASSA
SERVIZI	Accesso ai servizi	BASSO	MEDIA
	Disponibilità di infrastrutture adeguate	BASSO	ALTA

Tabella 36: Rischio – opportunità dei determinanti indiretti sulla salute

Il bilancio globale mostra l'assenza di rischi per le determinanti indirette sulla salute a fronte di rilevanti opportunità per alcune determinanti direttamente interessate dagli effetti positivi sul contesto socio-economico dati dall'iniziativa in progetto sia a livello locale che a livello nazionale.

La valutazione completa è riportata in **Allegato 7**.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019PROGETTO
195481PAGINA
113 di 119

3. MONITORAGGIO SANITARIO

Il Piano di Monitoraggio Ambientale previsto in ambito di Valutazione di Impatto Ambientale già include il controllo degli effetti significativi sull'ambiente derivanti dalla realizzazione e funzionamento dell'opera per i quali è stata stabilita una potenziale relazione con effetti sanitari.

Per il caso in esame, prevedendo in generale **impatti positivi sulla componente sanitaria**, come principio di cautela, è possibile proporre un aggiornamento degli indicatori sanitari analizzati al fine di verificare le previsioni generali di valutazione di impatto formulate.

L'obiettivo dell'azione di monitoraggio in generale è anche quella di segnalare tempestivamente un'indesiderata evoluzione di effetti non previsti o previsti con caratteristiche diverse.

Sulla base della valutazione effettuata nella presente analisi si propone di effettuare un aggiornamento con **frequenza quadriennale** dei seguenti indicatori sanitari per l'area di interesse e la popolazione esposta identificata:

- Mortalità totale;
- Mortalità per cause cardiovascolari;
- Mortalità per cause respiratorie;
- Ricoveri per cause respiratorie;
- Ricoveri per cause cardiache,
- Incidenza tumorale – tumore al polmone.

Si rimanda ad accordi successivi con gli organismi territoriali per definire i rispettivi ruoli, le procedure e i tempi, nonché le risorse necessarie per la sua attuazione.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	114 di 119

4. CONCLUSIONI

La Società Enel Produzione S.p.A. ha in progetto per la Centrale di Torrevaldaliga Nord di Civitavecchia (RM) interventi di sostituzione dell'unità a carbone esistente con nuova unità a gas.

L'obiettivo principale di tale progetto è quello di proporre una tecnologia di combustione capace di garantire la compatibilità ambientale delle emissioni generate e delle tecnologie impiegate in accordo con le BAT (Best Available Techniques) di riferimento, con l'obiettivo al contempo di salvaguardare l'adeguatezza del sistema elettrico nazionale, la qualità del servizio locale e la stabilità di rete richiesta, preservando il più possibile la struttura impiantistica esistente.

Il documento sviluppato costituisce la Valutazione dell'Impatto Sanitario (VIS) per le attività in progetto secondo la metodologia proposta dalle "Linee guida concernenti la Valutazione di Impatto Sanitario" approvate con Decreto Ministero della Salute del 27 marzo 2019

Mediante la valutazione degli impatti ambientali attesi è stato identificato quello prevalente da indagare ed analizzare in ambito VIS, costituito per il progetto in esame dalle emissioni continue in atmosfera (dovute ai camini asserviti ai nuovi cicli combinati).

La definizione di un **Modello Concettuale Ambientale e Sanitario** (MCAS) ha permesso di descrivere le relazioni tra la realizzazione e l'esercizio delle opere in progetto, le componenti ambientali, i percorsi di esposizione ed i bersagli umani.

La VIS si è svolta mediante i seguenti passaggi:

- identificazione degli **inquinanti indice** (ossidi di azoto, monossido di carbonio, ammoniaca e particolato secondario),
- identificazione delle **vie di esposizione rilevanti** (percorso inalatorio),
- identificazione degli **effetti sanitari di interesse** (effetti sanitari a carico del sistema respiratorio, ed effetti sanitari a carico del sistema cardiocircolatorio),
- identificazione della **popolazione esposta** (popolazione residente e recettori sensibili in un'area quadrata di lato pari a 40 km centrata nel baricentro degli interventi),
- identificazione degli **indicatori sanitari** (Mortalità, Ospedalizzazioni e Incidenza tumorale) mediante analisi delle caratteristiche tossicologiche e dei possibili impatti sulla popolazione dei contaminanti associati alle attività previste dal progetto.

La caratterizzazione dello stato di salute nell'assetto ante-operam è stata effettuata mediante l'analisi dei risultati di uno studio epidemiologico ad hoc, a cura del Dipartimento di Biomedicina e Prevenzione dell'Università Tor Vergata di Roma, integrati con le evidenze dei principali studi epidemiologici delle ASL locali e Regione Lazio disponibili per l'area in esame.

Tale caratterizzazione della popolazione dell'area di interesse è stata infine integrata con un quadro di dettaglio sulle condizioni socio economiche della popolazione esposta.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA
Settembre 2019PROGETTO
195481PAGINA
115 di 119

Prima della presentazione dei risultati dell'analisi VIS effettuata è necessario evidenziare che l'ampio margine di rispetto delle ricadute del progetto rispetto a tali SQA permette di definire a priori come non significativo l'impatto sulla salute pubblica degli interventi proposti.

In via conservativa è stata comunque effettuata una valutazione del rischio sanitario mediante sia assessment tossicologico che assessment epidemiologico.

Le valutazioni effettuate (sia a livello di popolazione residente che a livello di recettori sensibili) per tutti gli assetti di progetto (Fase 1, Fase 2 e Fase 3) hanno sempre mostrato un rischio incrementale accettabile sia per le sostanze a rischio tossico che per quelle a rischio cancerogeno.

I risultati dell'assessment epidemiologico mostrano che i livelli di casi attribuibili, (sebbene non esplicitamente previsto dalla nuova L.G. ISTISAN19/9, sono stati calcolati solo per l'assetto post operam e considerati come incrementali rispetto all'opzione 0), ottenuti per l'esposizione alle emissioni del progetto in esame sono scarsamente significativi (circa 2-3 ordini di grandezza inferiori) se confrontati con quelli ottenuti considerando la concentrazione da SQA.

L'analisi è stata completata con una valutazione semi-qualitativa del rischio e dell'opportunità su determinanti agenti in via indiretta sulla salute (stile di vita, fattori socio-economici, etc.) potenzialmente generate dagli impatti del progetto sull'area di interesse. I risultati di tale analisi mostrano l'assenza di rischi per le determinanti indirette sulla salute a fronte di rilevanti opportunità per alcune determinanti direttamente interessate dagli effetti positivi sul contesto socio - economico dati dall'iniziativa in progetto sia a livello locale che a livello nazionale.

In conclusione, sebbene l'analisi abbia mostrato **impatti positivi sulla componente sanitaria**, come principio di cautela, ENEL ritiene opportuno proporre un monitoraggio periodico degli indicatori sanitari analizzati nello studio VIS, per poter garantire una verifica delle previsioni di valutazione di impatto formulate.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
116 di 119

FONTI UTILIZZATE

- Achilleos S., Kioumourtzoglou M.A., Chih-DaWu, Schwartz J.D., Koutrakis P., Papatheodorou S.I., 2017. *Acute effects of fine particulate matter constituents on mortality: A systematic review and meta-regression analysis*. *Environment International*, Volume 109, Pages 89-100.
- A. Floreani, A. Zorzet, 2016. *Stima dell'esposizione e del calcolo del rischio inalatorio nell'analisi di rischio sito specifica: confronto fra diverse linee guida e software*. *Ingegneria dell'Ambiente* Vol. 3 n. 4/2016.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services) *Toxicological profile for Carbon Monoxide*, 2012
- AIOM, AIRTUM I numeri del cancro in Italia 2018 – i dati regionali, 2018
- AIRTUM, I tumori in Italia- trend 2003-2014
- APAT CTN ACEI modelli per la valutazione e gestione della qualità dell'aria: normativa, strumenti, applicazioni, 2004
- ARPA Emilia-Romagna La dose soglia nel contesto regolatorio: prevenzione o protezione, 2017
- Bachmann, J.D., Damberg, R.J., Caldwell, J.C., Edwards, C., and Koman, P.D, 1996. Review of the national ambient air quality standards for particulate matter: Policy assessment of scientific and technical information. OAQPS staff paper. Final report.
- Baldacci S., Maio S., Cerrai S., Sarno G., Baiz N., Simoni M., Annesi-Maesano I., Viegi G., 2015. Allergy and asthma: Effects of the exposure to particulate matter and biological allergens. *Respiratory Medicine*, Volume 109, Issue 9, Pages 1089–1104.
- Barton H, Grant M. A health map for the local human habitat. *The Journal for the Royal Society for the Promotion of Health* 2006;126(6):252-3.
- Behera S.N., Sharma M., Aneja V.P., Balasubramanian R. Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2013 Nov;20(11):8092-131.
- Boffetta P, Jourenkova N, Gustavsson P. Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Cancer Causes Control* 1997;8(3):444-72
- Bonassi S, Ceppi M, Puntoni R, Valerio F, Vercelli M, Belli S, Biocca M, Comba P, Ticchiarelli L, Mariotti F, et al. Mortality studies of dockyard workers (longshoremen) in Italy. *Am J Ind Med* 1985;7(3):219-27.
- Borlèe F., Yzermans C.J., Aalders B., Rooijackers J., Krop E., Maassen C.B.M., Schellevis F., Brunekreef B., Heederik D., Smit L.A.M. Air Pollution from Livestock Farms Is Associated with Airway Obstruction in Neighboring Residents. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017 Nov 1;196(9):1152-1161.
- Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *Lancet* 2002;360(9341):1233-42. 68.
- CAFE, 2005. Clean Air For Europe. Baseline scenarios for the Clean Air For Europe (CAFE) Programme
- Camera di Commercio Viterbo - 17° Rapporto sull'economia della Tuscia Viterbese 2017
- Camera di Commercio Roma – Roma e provincia attraverso la statistica, 2017
- Ciccone G., Faggiano F., Falasca P., 1995. SO₂ air pollution and hospital admissions in Ravenna: a case-control study. *Epidemiologia e Prevenzione*, 19(62):99-104.
- Close L.G., Catlin F.I., Cohn A.M. Acute and Chronic Effects of Ammonia Burns of the Respiratory Tract. *Arch Otolaryngol*. 1980;106(3):151-158.
- Commissione Europea, Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects, 2014.
- DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft (2014), The MAK-Collection Part I, MAK Value Documentations, 37p, 2014
- E. Dogliotti, L. Achene, E. Beccaloni, M. Carere, P Comba, R. Crebelli, I. Lacchetti, R. Pasetto, M.E. Soggiu, E. Testai Linee Guida per la valutazione di impatto sanitario (D.Lgs. 104/2017), Rapporto ISTISAN 19/9, 2019
- EFSA Scientific Committee Update: Use of the benchmark dose approach in risk assessment, 2016.
- EFSA (European Food Safety Authority) and WHO (World Health Organization), 2016. Review of the Threshold of Toxicological Concern (TTC) approach and development of new TTC decision tree. EFSA supporting

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

 DATA
Settembre 2019

 PROGETTO
195481

 PAGINA
117 di 119

- publication 2016: EN-1006. 50 pp. (<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2016.EN-1006>).
- Escher, S.E., Tluczkiwicz, I., Batke, M., Bitsch, A., Melber, C., Kroese, E.D., Buist, H.E Mangelsdorf, I., 2010. Evaluation of inhalation TTC values with the database RepDose Regul. Toxicol. Pharmacol. 58 (2), 259-274.
 - EU Scientific Committee on Consumer Safety SCCS The SCCS's notes of guidance for the testing of cosmetic substances and their safety evaluation - 8th revision, 2012.
 - EU Scientific Committee on Consumer Safety (SCCS) Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER) Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) Toxicity and Assessment of Chemical Mixtures (Preliminary Opinion approved for Public Consultation), 2011.
 - Fano V, Michelozzi P, Ancona C, Capon A, Forastiere F, Perucci CA. Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialised area in Italy. OccupEnvironMed. 2004 Sep;61(9):757-63.
 - Fano V, Forastiere F, Papini P, Tancioni V, Di Napoli A, Perucci CA. Mortalità e ricoveri ospedalieri nell'area industriale di Civitavecchia, anni 1997-2004. Epidemiol Prev 2006; 30(4-5): 221-26.
 - Fehr R, Viliani F, Nowacki J, Martuzzi M, editors (2014). Health in Impact Assessments: Opportunities not to be missed. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
 - Fenters J.D., Findlay J.C., Port C.D., Ehrlich R., Coffin D. L., 2013. Chronic Exposure to Nitrogen Dioxide. Archives of Environmental Health: An International Journal, 27:2, 85-89.
 - Folinsbee L.J., 1989. Human health effects of exposure to airborne acid. Environ Health Perspect, 79: 195-199.
 - Forastiere, Faustini, 2009 Inquinamento ed effetti a breve termine sulla salute: dai progetti di ricerca alla sorveglianza epidemiologica, Progetto EPIAIR
 - Forastiere F, Pupp N, Magliola E, Valesini S, Tidei F, Perucci CA. Respiratory cancer mortality among workers employed in thermoelectric power plants. Scand J Work Environ Health 1989;15(6):383-6.
 - Forastiere F, Corbo GM, Michelozzi P, Pistelli R, Agabiti N, Brancato G, Ciappi G, Perucci CA. Effects of environment and passive smoking on the respiratory health of children. Int J Epidemiol. 1992;21(1):66-73.
 - Forastiere F, Corbo GM, Pistelli R, Michelozzi P, Agabiti N, Brancato G, Ciappi G, Perucci CA. Bronchial responsiveness in children living in areas with different air pollution levels. ArchEnvironHealth 1994;49(2):111-8.
 - GBD 2016 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 328 diseases and injuries for 195 countries, 1990-2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. Lancet 2017;390(10100):1211-1259. ([https://www.thelancet.com/cms/10.1016/S0140-6736\(17\)32154-2/attachment/52b63b24-df1c-49ea-b9e4-1b51cbc697bd/mmc1.pdf](https://www.thelancet.com/cms/10.1016/S0140-6736(17)32154-2/attachment/52b63b24-df1c-49ea-b9e4-1b51cbc697bd/mmc1.pdf)).
 - Greenberg N., Carel R.S., Derazne E., Tiktinsky A., Tzur D., Portnov B.A., 2017. Modeling long-term effects attributed to nitrogen dioxide (NO2) and sulfur dioxide (SO2) exposure on asthma morbidity in a nationwide cohort in Israel. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A Volume 80, Issue 6.
 - Haagsma JA, Polinder S, Cassini A, Colzani E, Havelaar AH. Review of disability weight studies: comparison of methodological choices and values. Popul Health Metr. 2014;12:20.
 - Hamra et al. Environmental Health Perspectives 2014.
 - Harari S., Madotto F., Caminati A., Conti S., Cesana G., 2016. Epidemiology of Idiopathic Pulmonary Fibrosis in Northern Italy. PLoS ONE 112: e0147072.
 - Hlastala M.P., McKenna H.P., Franada R.L., Detter J.C., 1976. Influence of carbon monoxide on hemoglobin-oxygen binding. Journal of Applied Physiology, Volume 41 Issue 6, Pages 893-899.
 - Hoek G, Forastiere F et al. Updated exposure-response functions available for estimating mortality impacts, WHO Expert Meeting: report 2014.
 - http://ec.europa.eu/environment/air/cafe/general/pdf/cafe_lot1.pdf
 - International Agency for Research on Cancer (IARC). Outdoor Air Pollution. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Volume 109 Lyon, France: IARC, 2016.

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO

Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas	DATA Settembre 2019	PROGETTO 195481	PAGINA 118 di 119
---	------------------------	--------------------	----------------------

- IRIS Toxicological Review of Ammonia - Noncancer Inhalation. EPA, 2016.
- ISTAT, Il Benessere Equo e Sostenibile in Italia, 2017.
- ISTAT, Annuario statistico italiano, 2017.
- ISTAT, Fattori di rischio per la salute: fumo, obesità, alcol e sedentarietà, anno 2016 2017.
- ISTAT, SSEO Indagine multiscopo – Aspetti della vita quotidiana, 2017.
- ISTAT, Opinioni dei cittadini e soddisfazione per la vita, 2016.
- Le dinamiche del mercato del lavoro nelle province italiane - Osservatorio Statistico dei Consulenti del Lavoro, anno 2018.
- Linee Guida per la Valutazione di Impatto Sanitario, redatte con Decreto del Ministero della Salute (2019).
- Loftus C., Yost M., Samson P., Torres E., Arias G., Breckwich Vasquez V., Hartin K., Armstrong J., Tchong-French M., Vedal S., Bhatti P., Karr C. Ambient Ammonia Exposures in an Agricultural Community and Pediatric Asthma Morbidity. *Epidemiology*, 2015 Nov;26(6):794-801.
- Paustenbach DJ. The practice of exposure assessment: A state-of-art review. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 2000; part B, 3:179-291.
- Pope CA 3rd, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc* 2006; 56(6):709-42
- Rapiti E, Turi E, Forastiere F, Borgia P, Comba P, Perucci CA, Axelson O. A mortality cohort study of seamen in Italy. *Am J Ind Med* 1992;21(6):863-72
- Regione Lazio, DEP, ASL Roma, Effetto dell'esposizione occupazionale e ambientale sulla mortalità della coorte dei residenti nell'area industriale di Civitavecchia, 2015
- Registro Tumori Lazio, Open Salute Lazio
- S.E.N.T.I.E.R.I. Studio epidemiologico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento. Quinto rapporto. *Rivista dell'Associazione italiana di epidemiologia*, n.2-3, anno 43, marzo-giugno 2019, supplemento 1.
- Scientific Committee on Health and Environmental Risks SCHER, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR, Scientific Committee on Consumer Safety SCCS, Toxicity and Assessment of Chemical Mixtures. European Union, 2012.
- Stoksad E. Air pollution. Ammonia pollution from farming may exact hefty health costs. *Science*, 2014 Jan 17;343(6168):238.
- UE, Policy Health Impact Assessment for the European Union, 2004.
- US-EPA Guideline on Air Quality Models, 2005
- US- EPA Benchmark Dose Software (BMDS) - VERSION 3.1 - USER GUIDE.
- US- EPA Risk Assessment Guidance for Superfund, 1989
- UVAL, Lo studio di fattibilità nei progetti locali realizzati in forma paternariale: una guida ed uno strumento 2014.
- UVA, L Nota metodologica per l'analisi economica costi-benefici dei progetti di investimento pubblico, 2014.
- WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Bonn Germany, 2015.
- WHO Macroeconomics and health: investing in health for economic development. Report of the Commission on Macroeconomics and Health. Geneva: World Health Organization, 2001.
- WHO, Rio Political Declaration on Social Determinants of Health (Statement n. 5). Geneva: World health Organization.
- World Health Organization-Regional Office for Europe, WHO air quality guidelines: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2005 global update.
- World Health Organization-Regional Office for Europe, Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project - Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide, 2016

VALUTAZIONE DI IMPATTO SANITARIO
Progetto di sostituzione delle unità a carbone esistenti con nuova unità a gas

DATA	PROGETTO	PAGINA
Settembre 2019	195481	119 di 119

- World Health Organization, Health impact assessment: main concepts and suggested approach. Gothenburg consensus paper. Brussels: European Centre for Health Policy, WHO Regional Office for Europe; 1999. Disponibile all'indirizzo: <http://www.euro.who.int/document/PAE/Gothenburgpaper.pdf>; ultima consultazione 4/4/17.
- World Health Organization, Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19-22 June, 1946; signed on 22 July 1946 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, p. 100) and entered into force on 7 April 1948.
- World Health Organization, Air Quality Guidelines - Second Edition, 2000
- Wilbur S, Williams M, Williams R, et al. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US) Toxicological Profile for Carbon Monoxide, 2012
- Wilkins E.T., 1954. Air Pollution and the London Fog of December, 1952. Journal of The Royal Sanitary Institute, Vol 74, Issue 1.
- Wing S.E., Bandoli G., Telesca D., Su J.G., Ritz B. Chronic exposure to inhaled, traffic-related nitrogen dioxide and a blunted cortisol response in adolescents. Environmental Research Volume 163, Pages 201-207, 2018.
- Wu Y., Gu B., Erisman J.W., Reis S., Fang Y., Lu X., Zhang X. PM(2.5) pollution is substantially affected by ammonia emissions in China. Environ Pollut. 2016 Nov;218:86-94.
- Xiping Xu M.D., Hui Ding & Xiaobin Wang, 2010. Acute Effects of Total Suspended Particles and Sulfur Dioxides on Preterm Delivery: A Community-Based Cohort Study. Archives of Environmental Health: An International Journal, 50:6, 407-415.