



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

**"VALUTAZIONE DI IMPATTO SULLA SALUTE –  
CUNICOLO ESPLORATIVO DE LA MADDALENA"**

**CUP C11J05000030001**

**RELAZIONE DI ATTIVITA': LUGLIO 2016**

*Prof. Enrico Pira*

**ID\_VIP:1544. Cunicolo Esplorativo de La Maddalena in Comune di Chiomonte (TO) Verifica di Ottemperanza alla prescrizione n.63 della Delibera CIPE 86/2010.**

1  
A handwritten signature in black ink, appearing to be 'E. Pira', located in the bottom right corner of the page.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

EXECUTIVE SUMMARY.....	3
INTRODUZIONE.....	7
IL CANTIERE DE LA MADDALENA.....	13
INDIVIDUAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI PRESSIONE AMBIENTALE E LORO POTENZIALI EFFETTI SULLA SALUTE .....	18
• Inquinamento Atmosferico .....	18
Particolato .....	18
Metalli Pesanti.....	21
Arsenico (As).....	21
Cadmio (Cd).....	22
Nichel (Ni) .....	223
Piombo (Pb) .....	24
Ossidi di zolfo (SOx) .....	25
Ossidi di azoto (NOx) .....	27
Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	28
Monossido di Carbonio (CO).....	29
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) .....	30
Benzene .....	33
• Rumore .....	36
• Vibrazioni .....	38
• Radiazioni Ionizzanti .....	41
• Amianto .....	48
• Acque superficiali e sotterranee.....	52
ANALISI DEI DATI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE SULLE OPERAZIONI DI SCAVO DEL CUNICOLO ESPLORATIVO DE LA MADDALENA .....	53
• Atmosfera .....	53
Situazione metereologica .....	53
Amianto aerodisperso .....	54
Particolato aerodisperso .....	56
Qualità dell'aria.....	61
Deposizioni .....	62
• Rumore .....	63
• Vibrazioni .....	67
• Radiazioni.....	68
• Acque superficiali.....	71
• Acque sotterranee .....	73
DATI ANAGRAFICI E SANITARI .....	75
• Dati di mortalità: anni 2008-2010.....	75
• Dati di ricovero: anno 2011 .....	82
• Dati di mortalità comunali.....	87
• Dati di ricovero comunali:.....	88
VALUTAZIONE .....	102
BIBLIOGRAFIA .....	105
ALLEGATO1.....	110
ALLEGATO2.....	111



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

## EXECUTIVE SUMMARY

A seguito di stipula di rapporto convenzionale fra l'Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche, e la Società LTF (ora TELT) è stato definito un progetto di collaborazione dal titolo "Valutazione di impatto sulla salute: galleria geognostica della Maddalena". La relazione che segue documenta le attività condotte fino a giugno 2016.

Dopo aver brevemente descritto le caratteristiche del cantiere de La Maddalena vengono individuati i principali fattori di pressione ambientale e i loro potenziali effetti sulla salute: inquinamento atmosferico; particolato (PM10,..), metalli pesanti, arsenico, cadmio, nichel, piombo, ossidi di piombo, ossidi di zolfo, ossidi di azoto, ozono, monossido di carbonio, idrocarburi policiclici aromatici, benzene; rumore; vibrazioni; radiazioni ionizzanti; amianto; acque superficiali e sotterranee. Per ogni fattore di pressione è stata redatta una scheda relativa a ogni potenziale effetto sulla salute, indicando i livelli noti, desunti dalla letteratura, sui limiti definiti per la popolazione generale e per i lavoratori come soglia di non effetto.

Sono stati analizzati i dati di monitoraggio ambientale sulle operazioni di scavo del cunicolo esplorativo de La Maddalena, con particolare riferimento alla situazione esterna al cantiere, sia su campionamenti condotti *ante-operam* in modo sistematico dal gennaio al dicembre 2012, sia in corso d'opera dal gennaio 2013 ad oggi, con oltre 37.000 misure delle quali 2045 per la componente amianto, oltre 27.000 per la componente PM 2.5/10, 541 per la componente rumore cantiere e rumore traffico, 91 per la componente vibrazione, oltre 500 per quanto riguarda le emissioni di particelle  $\alpha$  e  $\beta$  e per l'attività  $\gamma$ , ed infine 1388 per le concentrazioni di Gas Radon.

Per la componente atmosfera la situazione *ante-operam* risulta sostanzialmente sovrapponibile alla situazione di cantiere; per quanto riguarda l'amianto si segnala un solo, minimo, superamento della soglia ambientale di Attenzione/Intervento in data 23/01/2014 comunque contenuto entro le 2 ff/L; per il particolato aerodisperso solo nella stazione di rilevamento A5.4 sono stati registrati, nel corso del 2013, 50 superamenti del valore limite di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispetto ai 35 consentiti dalla norma per gli ambienti di vita. Negli altri punti di campionamento non è stato raggiunto il numero complessivo di "sforamenti" annuali previsto dalla legge (nel complesso le concentrazioni medie annuali della fase di cantiere sono state sostanzialmente sovrapponibili alle concentrazioni medie rilevate nella fase *ante-operam* sulle medesime stazioni di monitoraggio); in tutte le campagne non si sono registrati, per gli inquinanti che monitorano la qualità dell'aria (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, Benzene, Ozono),



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

significativi scostamenti dalle concentrazioni ambientali né rispetto alle soglie ambientali di legge né rispetto alla situazione *ante-operam*.

Per la componente rumore sono stati registrati presso alcune stazioni dei superamenti diurni e notturni attribuibili sostanzialmente ad immissioni acustiche da fonti antropiche e ambientali della zona. Dalle indagini condotte è risultato che il rumore potesse riconoscere anche una componente legata all'attività di cantiere, in particolare per l'utilizzo del nastro trasportatore per la movimentazione dello smarino dal fronte di scavo alle piazzole di campionamento, per cui è stato ultimato l'intervento tecnico volto all'insonorizzazione di questa parte dell'impianto. E' stata inoltre monitorata la componente rumore traffico che non ha evidenziato anomalie durante la fase di cantiere rispetto ai valori registrati nella fase *ante-operam*.

Il monitoraggio delle vibrazioni non ha rilevato superamenti sia delle soglie limite stabilite dalla normativa UNI 9614 per le abitazioni, sia dei valori limite disposti dalla normativa UNI 9916 per edifici residenziali e costruzioni simili, né durante il corso degli anni 2014 e 2015, né in questi primi mesi del 2016. Durante una particolare attività di scavo del cunicolo con martellone e lavorazioni di consolidamento del terreno sull'area del sito di deponia si è registrato nel 2013 un lieve superamento della soglia riferita al periodo diurno per le abitazioni.

Con riferimento al monitoraggio delle radiazioni, nell'anno 2014 e 2015 e nei primi mesi del 2016 non si sono riscontrati superamenti dei livelli di attenzione stabiliti per l'emissione di particelle  $\alpha$  e  $\beta$ . Analogamente, i valori rilevati per l'attività  $\gamma$  sono sempre risultati ampiamente inferiori ai valori stabiliti. I valori medi delle concentrazioni di Radon nel corso degli anni 2013-2014 si sono ampiamente attestati al di sotto del livello di attenzione. Ciò ha portato alla sospensione del monitoraggio (con il parere favorevole degli Enti di controllo) nell'anno 2015.

Nessuno scostamento dai valori di riferimento, degno di nota, si rileva dal monitoraggio delle acque superficiali e sotterranee.

Il complesso dei dati esaminati è, al momento, indicativo di una situazione di rispetto dei valori ambientali dei fattori di pressione che risultano non modificati rispetto alla fase *ante-operam*, e contenuti entro i limiti proposti dalla Comunità Scientifica e verificati dagli Enti di Controllo preposti.

Parallelamente alla valutazione dei dati relativi ai fattori di pressione è proceduta la raccolta dei dati sanitari per la definizione dello stato di salute *ante-operam* della popolazione potenzialmente coinvolta.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

In proposito, sono state condotte attività prevalentemente tese alla identificazione dei dati anagrafici e sanitari disponibili e a definire il contesto generale (Regione Piemonte, Provincia di Torino, Distretto di Susa) in cui l'opera si inserisce. A titolo esemplificativo vengono presentati alcuni dati di mortalità e di ricovero pubblicati dall'Osservatorio Epidemiologico Regionale, nonché i dati di mortalità (per i periodi 2000-2003, 2008-2011 e 2012-2013, ultimi dati completi disponibili) e di ricovero (per i periodi 2001-2005, 2008-2012 e 2013-2014, ultimi dati completi disponibili) a livello comunale messi a disposizione dalla ASL e dal Centro DoRS.

Da tali dati, complessivamente, si ricava come nel contesto Regionale, l'area di nostro interesse, riguardante i Comuni potenzialmente coinvolti dall'opera, presenti una variazione degli indicatori di rischio di mortalità che rientra all'interno di quella che può essere definita come la naturale variabilità statistica del panorama di rischio regionale, e i tassi di ricovero nella fase *ante-operam* non appaiono aumentati rispetto al tasso di riferimento regionale.

Per quanto riguarda i dati a livello comunale, l'occorrenza sporadica (o assenza) di qualche caso di patologia può essere sufficiente a generare indicatori di rischio relativo elevati (o, per converso, assenza di rischi) che possono risultare anche statisticamente significativi, ma l'interpretazione di questi risultati, in senso positivo o negativo, risente della piccola numerosità campionaria dovuta al limitato numero di cittadini residenti nei comuni maggiormente interessati dall'opera. La mancanza di consistenza e ricorrenza di tali eccessi (o difetti) di rischio per Comune, per periodo, per sesso, oltre che per patologia, rende difficile una interpretazione dei dati in correlazione con le variabili ambientali rilevate, ma non è indicativa, al momento, di una situazione che richieda una particolare attenzione per il periodo esaminato, sia per quanto riguarda la situazione di partenza *ante-operam*, sia per la fase di corso d'opera. Merita comunque attenzione nel prossimo biennio il dato di mortalità per il totale dei tumori nei soli maschi osservato a Susa (eccesso però non presente né nelle femmine, né nei ricoveri di entrambi i sessi, nello stesso biennio).

In questo contesto di variabilità assai elevata (per periodo, sesso, territorio, patologia) non sono proponibili interpretazioni basate su criteri di certezza, anche per il breve periodo di osservazione dell'opera in corso (un solo anno per la mortalità e due soli anni per i ricoveri), e diventa quindi indispensabile continuare nei successivi bienni il monitoraggio dei dati sanitari.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

I dati raccolti relativi agli eventi sanitari per effetti sia a breve sia a lungo termine costituiscono poi la base per il confronto con i dati che saranno progressivamente acquisiti dalle stesse fonti informative istituzionali a seguito della realizzazione dell'opera.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'A.C.', located in the bottom right corner of the page.



## INTRODUZIONE

A seguito di stipula di rapporto convenzionale fra l'Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Scienze della Sanità Pubblica e Pediatriche, e la Società LTF (ora TELT) è stato definito un progetto di collaborazione dal titolo "Valutazione di impatto sulla salute: galleria geognostica della Maddalena".

Tale progetto prevede una serie di attività, dettagliatamente indicate nell'Allegato A della convenzione, quali: raccolta e catalogazione dei materiali quali disposizioni legislative, piani e programmi inerenti il settore e l'investimento; raccolta delle informazioni preliminari circa il progetto e suo inquadramento rispetto al sistema di area vasta; individuazione e caratterizzazione dei principali fattori di pressione e loro scansione temporale nelle diverse fasi dell'opera (*ante-operam*, fase di cantiere, fase di esercizio); individuazione e quantificazione dei fattori fisici e chimici prodotti ed esame della letteratura sulla esposizione; identificazione dell'area allo studio, della popolazione coinvolta ed eventuali sottopopolazioni sensibili, caratterizzazione del profilo della popolazione; individuazione degli effetti potenziali sulla salute causati/associati ai fattori fisici e chimici precedentemente identificati con esame della letteratura sugli effetti della salute; individuazione dei determinanti di salute da considerare e studio della letteratura; valutazione dello stato della popolazione *ante-operam*, eventuale elaborazione dei dati raccolti e definizione di ulteriori dati da raccogliere; stima di eventi critici sulla salute della popolazione coinvolta nella fase di cantiere attraverso l'applicazione degli approcci tossicologico ed epidemiologico e quantificazione degli eventi attesi; ripetizione dei procedimenti per la fase di esercizio con quantificazione degli eventi attesi a breve e lungo termine; individuazione di misure correttive, di mitigazione, di miglioramento, con riferimento agli effetti sulla salute; specificatamente per le varie fasi dell'opera; indicazioni per il monitoraggio dei fattori di pressione/esposizione nelle varie fasi, indicazioni per il monitoraggio dello stato di salute nelle varie fasi, indicazioni per il monitoraggio dei determinanti dello stato di salute nelle varie fasi, confronto tra i valori predetti e i valori osservati nelle varie fasi ed eventuali proposte di intervento, dettagliatamente indicate nell'Allegato A della convenzione, cui si rimanda.

Il cronoprogramma è stato definito con le seguenti tempistiche:

- Febbraio 2015: stipula della convenzione



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

- Marzo 2015: incontro pubblico nei locali del sito per discussione dell'iniziativa con tutte le parti pubbliche e private coinvolte nella realizzazione dell'opera. In particolare hanno contribuito all'incontro rappresentanti dell'Azienda Sanitaria Locale, dell'ARPA Piemonte, e personale tecnico che su incarico dell'Azienda, e sotto controllo degli Enti Pubblici, si occupa delle campagne di misura, nonché Sindaci dei comuni coinvolti nell'opera e loro rappresentanti. Nel corso della riunione il personale tecnico dell'Azienda ha illustrato la situazione di avanzamento degli scavi del cunicolo esplorativo, le metodiche del sistema di monitoraggio interno ed esterno al cantiere e loro risultati. A seguire ARPA Piemonte ha illustrato l'analisi sui dati di monitoraggio dell'Azienda con presentazione dei propri report periodici, accompagnati da eventuali approfondimenti ove necessari, e il sistema di campionamento in parallelo effettuato da ARPA. Un rappresentante dell'Azienda Sanitaria Locale ha poi illustrato il lavoro di vigilanza per la prevenzione e sicurezza negli ambienti di lavoro, tramite sopralluoghi ispettivi nel sito e monitoraggio. Infine l'Università di Torino ha presentato il proprio percorso di lavoro per l'elaborazione di una VIS, illustrando il contesto normativo di riferimento che ha portato alla stipula della convenzione tra l'Azienda e l'Università di Torino, e le varie fasi metodologiche di studio.
- Giugno 2015: prima relazione di attività da parte dell'Università di Torino. Alla presentazione hanno partecipato i Sindaci di Chiomonte e Giaglione, e personale tecnico che, su incarico dell'Azienda, e sotto controllo degli Enti Pubblici, si occupa delle campagne di misura. In particolare si sono affrontati e discussi i seguenti temi: presentazione del gruppo di lavoro VIS dell'Università di Torino; illustrazione in dettaglio delle modalità di studio ed analisi; discussione preliminare dei dati disponibili; presentazione del lavoro di descrizione dei fattori di pressione connessi alle attività di cantiere e loro potenziali effetti sulla salute, valori limite per ambienti di vita e di lavoro; descrizione e analisi dei dati sanitari reperiti sui siti istituzionali della Regione Piemonte: illustrazioni delle fonti utilizzate, approfondimento sui dati sanitari *ante-operam*; prospetto delle attività da svolgere nei mesi successivi; constatazione della necessità di costituzione di un gruppo di lavoro di supporto all'attività scientifica dell'Università di Torino, composta da "esperti del territorio" da individuare a discrezione dei Sindaci dei comuni interessati e dell'Azienda Sanitaria Locale e, se possibile, da un membro dell'ARPA Piemonte.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

- Novembre 2015: seconda relazione semestrale di attività. Hanno partecipato all'incontro rappresentanti dell'Arpa Piemonte, e personale tecnico che su incarico dell'Azienda, e sotto controllo degli Enti Pubblici, si occupa delle campagne di misura, nonché i Sindaci dei comuni coinvolti nell'opera e loro rappresentanti, un rappresentante dell'assessorato ai trasporti della Regione Piemonte, rappresentanti delle Forze dell'Ordine, un rappresentante del commissario di governo. Durante l'incontro si sono affrontati e discussi i seguenti temi: presentazione della relazione annuale del gruppo di lavoro VIS dell'Università di Torino; illustrazione dell'analisi dei dati di monitoraggio ambientale sulle operazioni di scavo de cunicolo esplorativo de La Maddalena, e valutazioni complessive dei dati esaminati; loro confronto con la fase *ante-operam*; presentazione preliminare dei dati sanitari attualmente disponibili e reperiti presso l'ASL di competenza. A seguito della riunione è stata definita la composizione del gruppo di esperti locali (riportata in Allegato) quali conoscitori delle diverse realtà del territorio di interesse in accordo con le Linee Guida Regionali. Un rappresentante nominato da ARPA Piemonte potrà partecipare come osservatore esterno alle riunioni collegiali fra gruppo di lavoro dell'Università di Torino e gruppo degli esperti locali.

In allegato 2 sono compresi i certificati di accreditamento dell'Ente Italiano di Accreditamento (ACCREDIA) delle società esterne THEOLAB spa, FENICE spa, GEO ENGINEERING srl, il certificato di qualificazione del Laboratorio SCU di Tossicologia ed Epidemiologia Industriale che effettua la determinazione quantitativa delle fibre di amianto, il Piano di Assicurazione della Qualità di THEOLAB spa e il Manuale della Qualità della divisione ambiente di Fenice spa.

- Luglio 2016: terza relazione semestrale. Analisi dei dati sanitari. Incontro di aggiornamento sulle attività in corso per la VIS del Cunicolo Esplorativo de La Maddalena, con particolare riferimento ai dati di esposizione e ai dati sanitari disponibili, svoltosi presso il Presidio Ospedaliero CTO, sezione di Medicina del Lavoro dell'Università di Torino, a cui hanno partecipato un rappresentante dell'Arpa Piemonte, personale tecnico dell'Azienda, un rappresentante dello SPRESAL Asl TO3, il commissario di governo e un suo rappresentate, rappresentanti dei comuni coinvolti nell'opera, e un rappresentante del COCIV (Consorzio Collegamenti Veloci). Durante l'incontro si sono affrontati e discussi i seguenti temi: presentazione e commento generale con il Comitato di Esperti della relazione semestrale,



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

descrizione e analisi dei dati sanitari reperiti sui siti istituzionali della Regione Piemonte, discussione delle più opportune metodiche di comunicazione al pubblico dei documenti presentati, necessità di produrre un documento unico, per eventuale pubblicazione, su tutto il lavoro svolto dall'Università di Torino, necessità di estendere l'attività di monitoraggio e VIS anche all'opera principale, e annuncio di un futuro ridisegno del progetto principale, con conseguenti eventuali modifiche delle aree interessate per l'analisi dei dati sanitari.

- Dicembre 2016: quarta relazione semestrale. Stime di impatto
- Giugno 2017: relazione finale.

Il modello generale di riferimento per la valutazione di impatto sulla salute delle attività inerenti la costruzione della cunicolo esplorativo de La Maddalena si basa su un percorso suddiviso in tre fasi:

- Screening
- Scoping
- Assessment

Nella fase di Screening è stato costituito un gruppo di lavoro che comprende esperti nei settori della Tossicologia, della Medicina del Lavoro e della Epidemiologia, coordinato dal Prof. Enrico Pira. In particolare il gruppo è costituito da un Professore ordinario di Medicina del Lavoro, responsabile scientifico della convenzione e coordinatore del gruppo, da un Professore associato di Medicina del Lavoro, esperto in tossicologia, da un esperto in epidemiologia e in valutazione dell'impatto sulla salute, da una biologa esperta in campionamenti ambientali e successiva analisi in microscopia elettronica per la determinazione di polveri e fibre, da un assegnista di ricerca laureata in Medicina e Chirurgia e specialista in Medicina del Lavoro, e da una laureata in Medicina e Chirurgia specializzanda in Medicina del Lavoro.

Definite le modalità operative per l'individuazione delle tipologie di impatto che, nell'opera in esame, riguardano effetti sia a breve sia a lungo termine, diretti e indiretti, è stata avviata la raccolta delle informazioni essenziali ed indispensabili per la realizzazione del mandato, con particolare

10



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

riferimento all'ubicazione, costruzione, esercizio del cantiere, smantellamento del cantiere, ripristino del sito.

Le modalità operative sono state definite tenendo conto delle indicazioni fornite dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA) nel rapporto del 08.05.2014 (Valutazione di Impatto sulla salute, TAV Torino-Lione, tratta internazionale. Cunicolo La Maddalena. Espressione parere.) nel quale vengono indicati alcuni elementi relativamente alle fasi di Screening, di Scoping, e di Assessment della VIS, quali: costituzione di un gruppo di lavoro misto composto da esperti e da conoscitori diretti della realtà locale, condivisione della metodologia di approccio (compresi gli obiettivi di tutela della salute) con Enti di controllo e con la popolazione interessata (comuni, gruppi maggiormente rappresentativi); revisione scientifica delle evidenze degli effetti sulla salute dei progetti simili; definizione dell'estensione dell'area per la valutazione dell'impatto sanitario; profilazione della popolazione e valutazione del suo stato di salute comprese le fasce più suscettibili; stima quali-quantitativa degli effetti sullo stato di salute della popolazione sia nel breve che nel lungo termine.

La fase di Scoping si basa sull'identificazione degli obiettivi di tutela della salute e della metodologia da adottare per raggiungere gli scopi prefissati. Obiettivi e metodologia operativa sono stati condotti sulla base delle attività di misura ed analisi poste in essere alla data di stipula della Convenzione, confrontando i dati resi disponibili dall'Azienda e verificati dagli Enti di Controllo Regionale. A seguito della presentazione di questo primo rapporto di attività e del confronto con le parti coinvolte nel progetto, la metodologia e lo sviluppo delle attività future saranno condivise con gli Enti di controllo e con il Gruppo di Conoscitori non appena sarà costituito.

La fase di Assessment è complessa e si compone di momenti differenti che muovono dalla caratterizzazione delle tipologie di fattori di pressione e della loro scansione temporale nelle diverse fasi dell'opera, mediante un'analisi accurata della letteratura. All'analisi generale seguono l'individuazione dei fattori di pressione connessi all'opera con le relative conseguenze sulle matrici ambientali e la loro quantificazione nel tempo e nello spazio, in particolare modo in riferimento ai potenziali effetti descritti in letteratura.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

Riguardo alla tipologia di impatto sono pertanto considerati gli effetti di inquinanti che potrebbero determinare alterazioni dello stato di salute sia nel breve sia nel lungo periodo, con modalità di azione diretta o mediata. Si tratta quindi di comprendere se le attività connesse all'opera possano modificare sostanzialmente le condizioni preesistenti nel sito e nelle aree limitrofe, ricercando e quantificando la presenza di eventuali inquinanti che possano essere associati, sui dati di letteratura, alla tipologia dell'opera, definendo le concentrazioni cui possono essere associati effetti avversi sullo stato di salute.



## IL CANTIERE DE LA MADDALENA

Il cunicolo esplorativo de La Maddalena è realizzato nel contesto del progetto di costruzione del nuovo collegamento ferroviario Torino-Lione. La realizzazione del tunnel geognostico de La Maddalena è volta, in fase preliminare, a conoscere meglio la struttura geologica del massiccio che verrà attraversato dal tunnel di base e, nella fase successiva di costruzione dello stesso, per accedere ai cantieri sotterranei del tunnel di base. Nella fase di esercizio della linea ferroviaria l'opera realizzata avrà diverse funzioni quali quella di accesso per manutenzione e di eventuale via di transito di mezzi di soccorso.

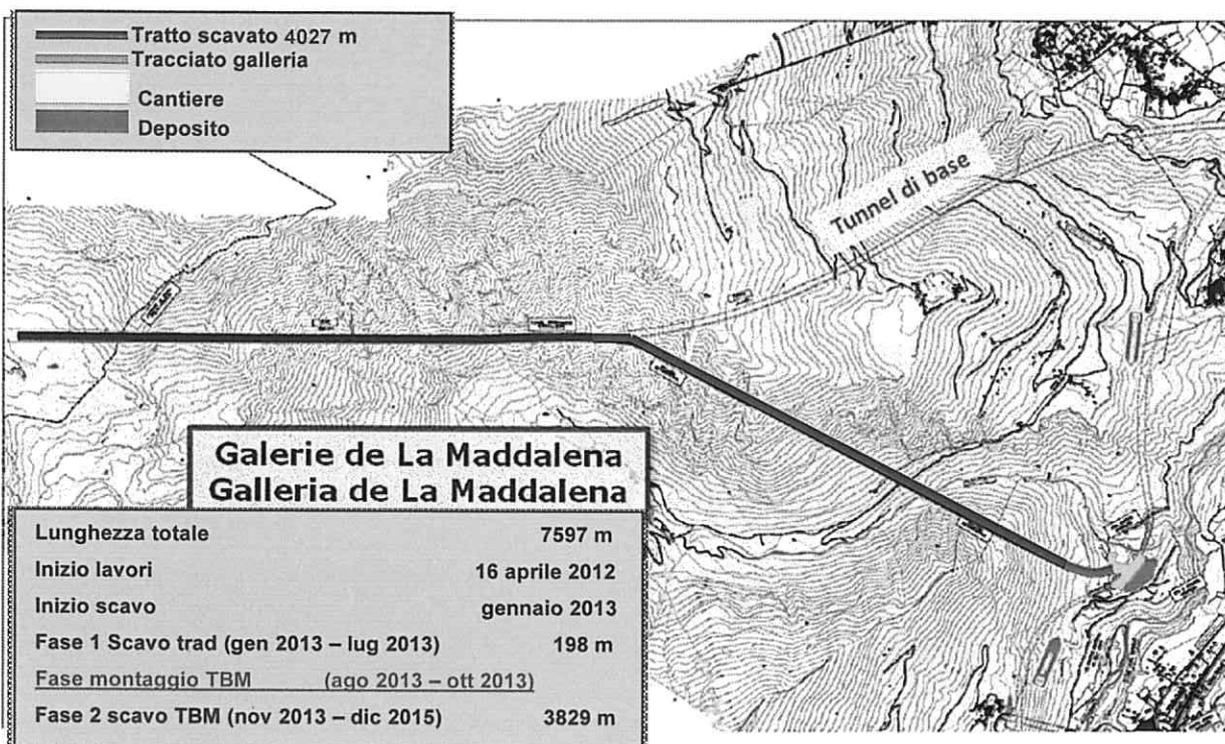
La lunghezza complessiva del tunnel geognostico sarà di circa 7600 metri con un diametro di 6,30 metri ed attraverserà, secondo le prospezioni, due principali zone geologiche: quella Piemontese, con presenza di calcescisti e carnirole, e quella Brianzonese del massiccio d'Ambin con presenza di micascisti e gneiss.

Il cantiere insiste sul territorio del comune di Chiomonte ed è compreso fra il torrente Clarea, la strada dell'Avanà e la strada delle Gallie, collocandosi alla base della Val Clarea.

Le attività hanno avuto inizio nell'aprile 2012 con la presa in consegna del sito e l'allestimento della base del cantiere; le operazioni di scavo, invece, sono iniziate nel gennaio 2013 con le ultime metodologie tradizionali quali escavatore e martello demolitore con cui sono stati realizzati circa 200 metri della tratta. Questa fase si è conclusa nel luglio 2013. Nei mesi successivi è stata montata una fresa TBM aperta con grippers, dotata di sistemi di sondaggio in itinere in grado di fornire informazioni sulla qualità della roccia e sull'eventuale presenza di acqua. Completata la fase di montaggio nell'ottobre 2013 è iniziata, nel novembre 2013 la fase 2 dello scavo mediante fresa TBM. La cronologia degli eventi è riassunta nella Figura 1 in cui sono riportate le diverse fasi di avvio dell'opera e lo stato degli avanzamenti dello scavo a Dicembre 2015.



Figura 1.



Nella Figura 2 è rappresentato lo stato di avanzamento lavori al 24 novembre 2015, con 3,939 metri di scavo realizzato.

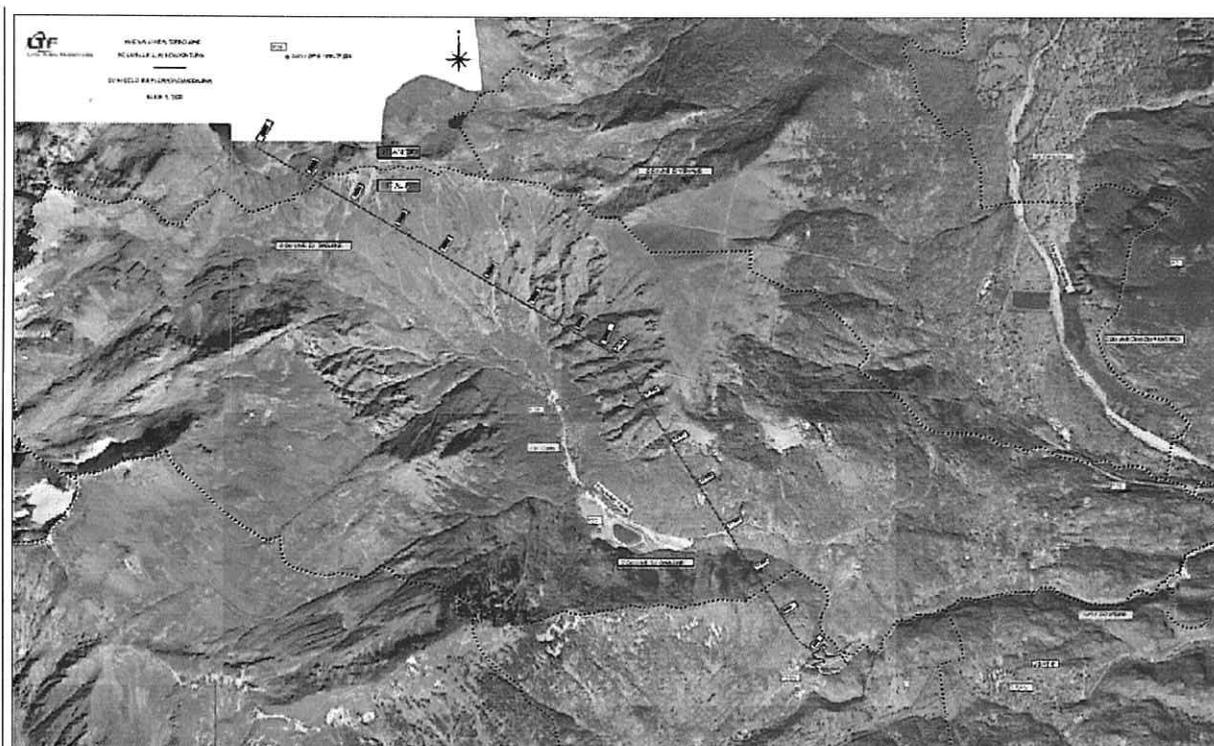


Figura 2.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Nell'ambito della realizzazione del progetto ed in ottemperanza alle richieste degli Organi di Controllo è stato attivato un sistema di gestione ambientale integrato che comprende un piano di monitoraggio ambientale esterno al fine di:

- accertare lo stato iniziale dell'ambiente
- controllare gli effetti in relazione alle attività di cantiere
- rilevare eventuali situazioni di anomalità o non conformità in rapporto alle idoneità ed efficacia delle misure di mitigazione di eventuali impatti ambientali
- verificare costantemente lo stato ambientale rispetto alla situazione *ante-operam*

Il sistema integrato ha previsto quindi l'allestimento di una serie di punti di misura atti al controllo ambientale dell'area di cantiere esterna al tunnel nonché del territorio limitrofo compreso nell'arco di 15 km. Le aree geografiche incluse in questo progetto sono rappresentate nella Figura 3 mentre in Figura 4 sono indicate le 40 stazioni di monitoraggio allestite nell'arco di 15 km dall'area di cantiere, che vanno ad aggiungersi alle 26 stazioni presenti nell'interno cantiere. Presso il forte di Exilles è stata attivata unicamente una stazione per il monitoraggio di radiazioni ionizzanti di natura elettromagnetica e corpuscolata.

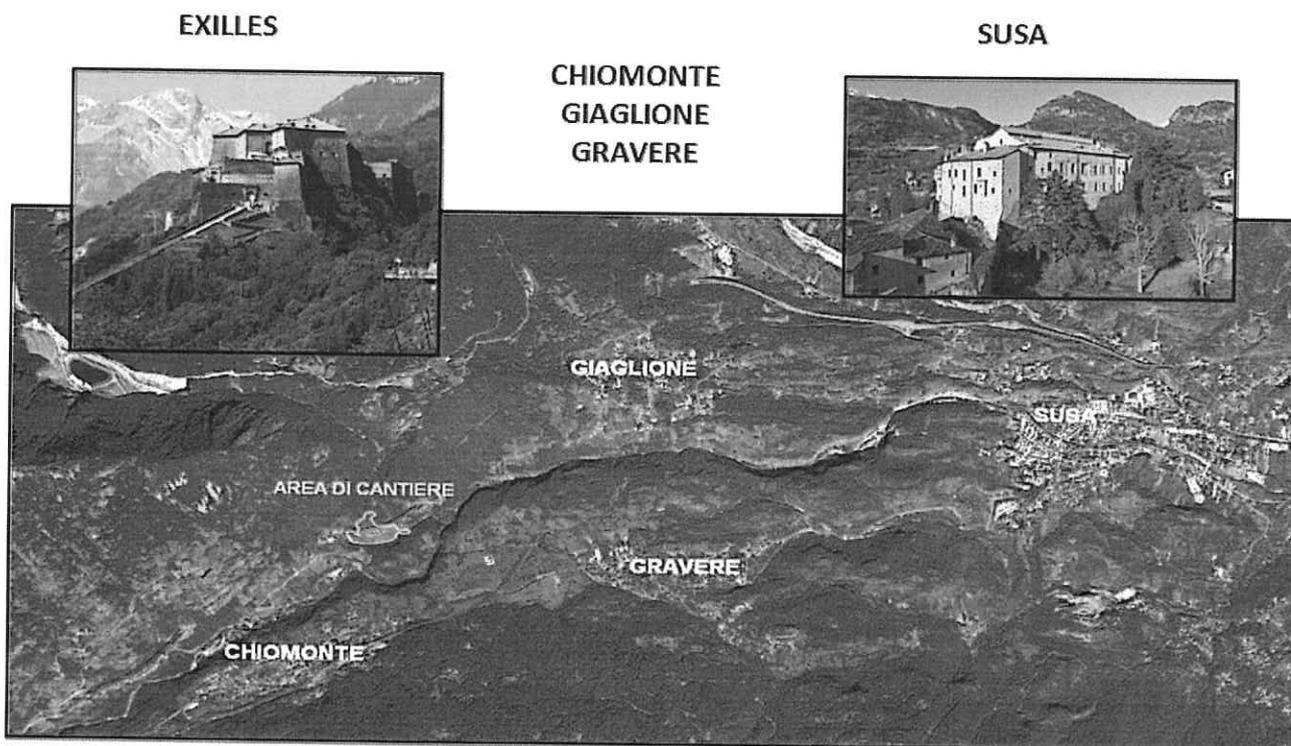


Figura 3.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

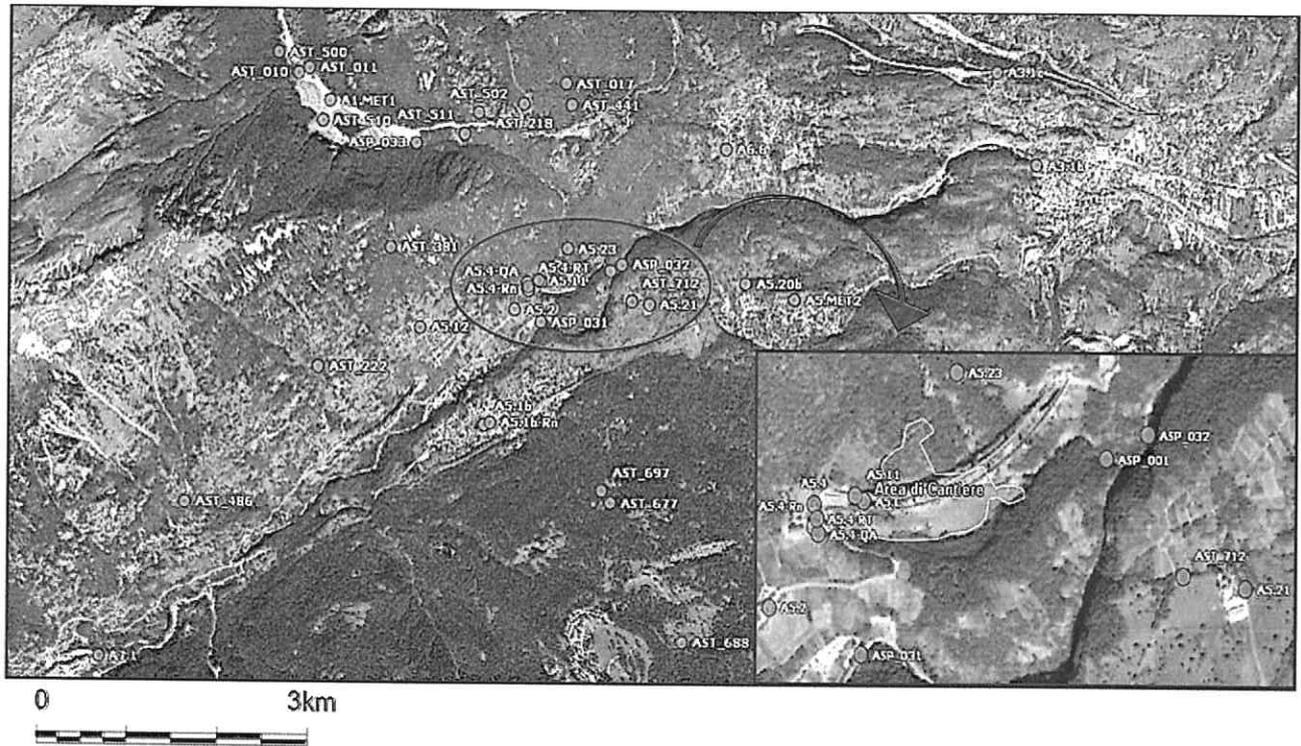


Figura 4.

Le attività di monitoraggio hanno avuto inizio in modo sistematico a gennaio 2012, anche se le prime campagne di campionamento sono iniziate a metà degli anni 2000 e sono state progressivamente implementate a seconda della fase di cantiere. ARPA Piemonte effettua la verifica delle attività di monitoraggio ambientale prodotte da LTF/TELT valutando i dati ambientali e i referti analitici trasmessi ed effettuando campagne di misura in parallelo a verifica dell'attendibilità dei dati trasmessi dal proponente del progetto. Pertanto ai sensi della prescrizione n 19 della Delibera CIPE 86/2010 è stato redatto, per il cunicolo esplorativo de La Maddalena, un piano di monitoraggio ambientale condiviso con ARPA Piemonte ed ISPRA in funzione delle potenziali pressioni sull'ambiente.

Oltre all'area esterna di pertinenza del cantiere i monitoraggi hanno interessato il territorio limitrofo comprendente i comuni di Chiomonte, Gravere, Giaglione e Susa, mentre, presso il forte di Exilles, è stata allestita, come precedentemente descritto, una stazione di monitoraggio di radiazioni di tipo corpuscolato ( $\alpha$  e  $\beta$ ) e ed elettromagnetico ( $\gamma$ ).

I risultati ottenuti sono stati tradotti in rapporti sistematici in cui sono raccolti i risultati delle diverse campagne di misura. Tali dati sono disponibili agli operatori e organi di controllo (ARPA, ISPRA)



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

e per i soggetti accreditati sul Sistema Informativo Territoriale WEB-GIS denominato Geoweb, portale unico di LTF per il controllo ambientale.

ARPA Piemonte provvede alla stesura di un documento di sintesi sull'insieme dei dati raccolti.

Sulla scorta di tutte le informazioni acquisite alla data di stipula della Convenzione ed in accordo con il programma definito nei punti specifici dell'Allegato A della Convenzione stessa sono stati esaminati in dettaglio i potenziali effetti sulla salute dei fattori di pressione che sono stati concordemente individuati per le attività di monitoraggio, confrontando i valori ottenuti con i livelli di riferimento per gli ambienti generali di vita e per le attività professionali.



## INDIVIDUAZIONE DEI PRINCIPALI FATTORI DI PRESSIONE AMBIENTALE E LORO POTENZIALI EFFETTI SULLA SALUTE

### **Inquinamento Atmosferico**

Con il termine «*inquinante*» si indica qualunque sostanza, già presente nella composizione naturale dell'atmosfera o prodotta artificialmente dall'uomo, che, per le elevate concentrazioni raggiunte o per il suo grado di tossicità, altera l'equilibrio dell'ambiente provocando effetti dannosi. Gli effetti degli inquinanti sui diversi organismi variano a seconda della concentrazione in aria, del tempo di permanenza e delle loro caratteristiche fisico-chimiche.

Gli inquinanti possono essere distinti nelle seguenti categorie:

- primari - secondari
- indoor - outdoor
- gassosi - particolati

Sono definiti primari gli inquinanti direttamente emessi in atmosfera, secondari quelli si formano come risultato di reazioni chimiche con altri inquinanti o gas atmosferici. Tale distinzione è importante ai fini delle misure utili per il loro controllo in quanto, mentre esiste una relazione diretta tra l'emissione degli inquinanti primari e la loro concentrazione ambientale, la riduzione di un precursore di un inquinante secondario, invece, non comporta automaticamente un decremento proporzionale nel livello di quest'ultimo: ad esempio, il livello di O<sub>3</sub> nell'aria può aumentare al diminuire delle emissioni di monossido di azoto (NO).

### **Particolato**

Si definisce «particolato» una miscela di particelle solide o liquide in sospensione in un gas.

Le emissioni di polveri da parte del traffico veicolare sono causate, non solo dai gas di scarico degli autoveicoli, a cui contribuiscono soprattutto i motori diesel, ma anche dall'emissione di polveri derivanti dall'usura dei freni, delle gomme e dal conglomerato bituminoso. A questi si possono aggiungere, in modo non trascurabile, soprattutto in presenza di viabilità non particolarmente pulite, fenomeni di comminazione, risollevarimento ed aerodispersione del materiale presente sul manto stradale.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

La componente particolata di tali emissioni è costituita da una miscela di elementi quali, ad esempio, carbonio, nitrati, solfati, composti organici, frammenti di suolo, metalli pesanti come piombo e nichel che presentano dimensioni variabili comprese tra 0,005  $\mu\text{m}$  e 50-150  $\mu\text{m}$ . Convenzionalmente, le particelle sospese sono identificate con il simbolo "PM" (dall'inglese "*Particulate Matter*" - Materiale Particolato), seguito dal numero che indica il loro massimo diametro aerodinamico. In particolare:

- PM10 è la frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale particolato di diametro aerodinamico di 10  $\mu\text{m}$ , con un'efficienza di campionamento pari al 50%. È pertanto una polvere inalabile, in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso, faringe e laringe);
- PM 2,5 è la frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale particolato di diametro aerodinamico di 2,5  $\mu\text{m}$  con un'efficienza di campionamento pari al 50%. È quindi una polvere toracica, in grado di penetrare nel tratto tracheo-bronchiale (trachea, bronchi, bronchioli)
- PM 0,1 è la frazione di materiale particolato sospeso in aria ambiente che passa attraverso un sistema di separazione in grado di selezionare il materiale particolato di diametro aerodinamico di 0.1  $\mu\text{m}$  con un'efficienza di campionamento pari al 50%. È una polvere respirabile ultrafine, in grado di penetrare profondamente nei polmoni fino agli alveoli (Air Quality Guidelines – WHO, 2006).

Il particolato può essere trasportato anche a lunghe distanze e può rimanere sospeso nell'aria anche per lunghi periodi. Il tempo di permanenza del particolato varia da pochi minuti a diversi giorni in funzione delle dimensioni del particolato stesso e dello strato atmosferico interessato.

La rimozione può avvenire per via secca, mediante la sedimentazione gravitazionale delle particelle e la coagulazione con altre particelle, oppure per via umida mediante le precipitazioni.

Esiste oggi un grande interesse sulle polveri ultrafini che potendo diffondersi in tutte le parti del tratto respiratorio, sono potenzialmente in grado di superare le barriere epiteliali ed endoteliali e diffondersi all'interno delle cellule stesse, agendo sui meccanismi infiammatori. Sono attualmente in corso studi sia tossicologici sia epidemiologici riguardanti la loro tossicità nell'uomo.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

Gli effetti degli inquinanti sulla salute umana si suddividono in effetti a breve termine ed effetti a lungo termine:

Per quanto concerne gli effetti a breve termine, concentrazioni giornaliere medie delle particelle fini (PM 10 e PM 2,5) sono state associate a:

- un aumento della mortalità;
- un incremento dei ricoveri ospedalieri per malattie cardiache e respiratorie;
- incidenza di infezioni delle vie respiratorie;
- esacerbazioni di patologie polmonari croniche come asma e BPCO.

Per quanto concerne gli effetti a lungo termine, alte concentrazioni medie di lungo periodo (annuali) delle particelle fini (PM 10 e PM 2,5) sono state associate ad un declino della funzionalità polmonare e ad un incremento della mortalità.

Una componente del particolato che può risultare critica per le sue implicazioni sanitarie è costituita dai metalli pesanti, elementi estremamente diffusi nelle varie matrici ambientali (aria, acqua e suolo) e derivanti da fenomeni naturali (erosione, eruzioni vulcaniche), ai quali si sommano quelli prodotti da tutte le attività antropiche.

Riguardo l'inquinamento atmosferico i metalli oggetto di maggior interesse sono generalmente As (arsenico), Cd (cadmio), Co (cobalto), Zn (Zinco), Cr (cromo), Mn (manganese), Ni (nicel) e Pb (piombo). La loro origine è varia: Cd, Cr e As provengono principalmente dalle industrie minerarie e metallurgiche; Cu dalla lavorazione di manufatti e da processi di combustione; Ni dall'industria dell'acciaio, della numismatica, da processi di fusione e combustione; Co e Zn da materiali cementizi ottenuti con il riciclaggio degli scarti delle industrie siderurgiche e degli inceneritori.

I limiti normativi ambientali relativamente al PM 10 sono i seguenti:

- $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in 24h – D.Lgs.155/2010 (max 35 superamenti su anno civile);
- $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anno civile - D.Lgs.155/2010

I limiti normativi ambientali relativamente al PM 2,5 sono i seguenti:

- $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anno civile – D.Lgs.155/2010



## Metalli Pesanti

I metalli sono probabilmente gli agenti tossici conosciuti da più lungo tempo. I metalli non sono biodegradabili pertanto non subiscono i normali processi di detossificazione metabolica degli xenobiotici che generalmente portano a elementi di minore tossicità. Questo fattore unito al bioaccumulo rende estremamente rilevante il potenziale tossico dei metalli.

La chimica alla base della tossicologia dei metalli non è ancora del tutto chiara e non è possibile ipotizzare un solo meccanismo generale che accomuni tutti i metalli tossici. Tra i meccanismi chimici rilevanti alla base della tossicità dei metalli ricordiamo soprattutto:

- danno ossidativo, in cui i metalli fungono da catalizzatori di reazioni ossido riduttive che danneggiano biomolecole, proteine, DNA...
- mimetismo: alcuni metalli mimano quelli essenziali sostituendoli ed inibendo numerosi processi chiave, metabolici o di segnale
- formazione di addotti molecolari con proteine o DNA che possono ad esempio inibire attività enzimatiche o essere iniziatori dei processi di cancerogenesi.

La tossicità dei metalli è influenzata da una serie di fattori correlati alla modalità di esposizione quali la dose, la via, la frequenza e la durata; esistono infine fattori individuali (sesso, età, stile di vita, etc.) che rendono il soggetto più o meno suscettibile nei confronti dei metalli in esame.

Inoltre, alcuni metalli (es. As, Cr, Ni) esistono in natura in diversi stati di ossidazione, potendo quindi creare numerosi composti, quali idrossidi, composti organometallici, composti biomolecolari ed altri, i quali possiedono diversa biodisponibilità e tossicità all'interno dell'organismo umano.

## Arsenico (As)

**Tossicocinetica.** L'assorbimento di As è condizionato dalle caratteristiche chimico-fisiche del particolato inalato. L'escrezione avviene principalmente con le urine ed in minima parte con la desquamazione della cute e con il sudore. L'emivita dell'As inorganico è di circa 10 ore ed il 50-80% è escreto entro tre giorni. L'As ha una particolare affinità per la cute e gli annessi (unghie e capelli).

L'As è tossico e cancerogeno. Per inalazioni acute di concentrazioni ambientali di As pari a 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o per esposizioni a concentrazioni minori per tempi prolungati si possono verificare fenomeni irritativi delle alte e basse vie aeree o alterazioni irritative cutanee. Il contatto cutaneo di



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

alte dosi del metallo causa altresì manifestazioni cutanee di tipo irritativo. Organi bersaglio dell'esposizione cronica ad As sono: cute, fegato, sistema nervoso periferico. I composti inorganici dell'As sono stati classificati dalla IARC come cancerogeni certi (Gruppo 1) per l'uomo per la causazione di tumori cutanei e polmonari; esistono anche evidenze positive sull'associazione tra As e suoi composti e tumori di rene, fegato e prostata (NRC, 2001; IARC Monographs Vol. 100c, 2011). L'As agisce inoltre come co-mutageno e co-cancerogeno (Rossman, 2003; Che, 2005). Nell'organismo i composti inorganici si convertono ad  $As^{3+}$  e  $As^{5+}$ , il quale a sua volta si converte ad  $As^{3+}$  che è la forma più tossica e bioattiva sia per la maggior reattività sia per la capacità di entrare a livello intracellulare. I composti trivalenti reagiscono con gruppi tiolici di enzimi ed altre proteine. I composti pentavalenti sono disaccoppianti della fosforilazione ossidativa.

Il limite ambientale proposto per l'Arsenico è il seguente:

- 6 ng/m<sup>3</sup>, anno civile – D.Lgs.155/2010 (valore obiettivo);

Il valore TLV-TWA proposto dalla ACGIH 2014 (ACGIH. 2014) è:

- 0,01 mg/m<sup>3</sup> (composti inorganici)

### **Cadmio (Cd)**

**Tossicocinetica.** Si pensa che il Cd che raggiunge gli alveoli polmonari passi nel circolo ematico legandosi all'albumina e alle altre proteine plasmatiche (Satarug, 2004). Una volta assorbito, il Cd è escreto lentamente, si stima lo 0,001% al giorno per via fecale e urinaria (ATSDR, 2012; Satarug, 2004). Il Cd sfrutta il fenomeno di mimetismo molecolare nei confronti del calcio (Zalpus, 2003). Viene escreto prevalentemente per via urinaria; per via biliare è escreto come complesso del glutatione. L'escrezione con le urine aumenta proporzionalmente al carico corporeo (Friberg, 1986; ATSDR, 2012). Il Cd è rapidamente captato dai tessuti e si deposita principalmente nel fegato e in misura minore nei reni. Nel fegato viene immagazzinato come complesso Cd-metallotioneina e trasportato al rene dove può accumularsi nei lisosomi tubulari. Una volta nei lisosomi, il Cd può essere rilasciato e indurre tossicità renale o essere nuovamente complessato con la metallotioneina. Non si conosce esattamente l'emivita del Cd, ma può variare da pochi anni fino a 30 anni (ATSDR, 2012).



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

**Tossicità.** L'effetto tossico acuto principale del Cd è di tipo irritativo diretto sugli epitelii. L'inalazione massiva di vapori di Cd può causare danni polmonari la cui gravità dipende da tipo di composto chimico, dimensione delle particelle inalate e durata dell'esposizione: le forme idrosolubili (es. cloruro di Cd) sono lesive a concentrazioni pari a 1-3 mg/m<sup>3</sup> per 8 ore di esposizione, mentre quelle liposolubili presentano un effetto tossico per dosaggi più elevati (es. fumi di ossido di Cd a concentrazioni di 26 mg/m<sup>3</sup>). L'entità della manifestazione tossica va da quadri di polmonite acuta a edema polmonare alla morte (ATSDR, 2012). I principali effetti tossici a lungo termine per esposizioni protratte a bassi livelli di Cd comprendono il danno renale, la malattia polmonare ostruttiva, l'osteoporosi e le patologie cardiovascolari. Diversi studi epidemiologici hanno registrato un eccesso di mortalità per tumore del polmone da inalazione di fumi/vapori contenenti Cd ed alcuni dati di letteratura, molto controversi, hanno fornito la base per ipotizzare una sua causalità per il carcinoma della prostata, del rene e della vescica (Il'yasora, 2005; Schwartz, 2000; Kriegel, 2006; IARC Monographs Vol. 100c, 2011). La revisione effettuata dalla IARC nel 2011 classifica il Cd come cancerogeno certo per l'uomo (Gruppo 1) per il tumore del polmone, mentre lo classifica come cancerogeno con evidenze limitate per carcinoma della prostata e del rene (IARC Monographs Vol. 100c, 2011).

Il limite ambientale proposto per il Cadmio è il seguente:

- 5 ng/m<sup>3</sup>, anno civile – European Air Quality Standards

Il valore TLV-TWA proposto dalla ACGIH 2014 (ACGIH. 2014) è:

- 0,01 mg/m<sup>3</sup> (cadmio)
- 0,002 mg/m<sup>3</sup> (composti)

### **Nichel (Ni)**

**Tossicocinetica.** Le particelle inalate sono depositate nel tratto respiratorio e il sito di deposizione dipende dalle dimensioni: minore è il diametro delle particelle, maggiore sarà la profondità del tratto respiratorio in cui si depositeranno. Circa il 20-35% del Ni inalato è trattenuto dai polmoni viene assorbito nel sangue; le particelle insolubili possono essere assorbite per fagocitosi. In seguito ad assorbimento per via inalatoria, il Ni viene distribuito dal circolo ematico a polmoni, pelle, reni,



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

fegato, ipofisi e ghiandole surrenali. L'escrezione avviene per via urinaria e la quantità di Ni presente nelle urine è correlabile con l'esposizione ai composti insolubili.

**Tossicità.** Le dermatiti da contatto sono il più comune effetto avverso conseguente all'esposizione a Ni per via cutanea. I principali effetti causati dall'inalazione di vapori/fumi contenenti particelle di Ni e suoi composti comprendono la bronchite cronica, l'enfisema polmonare, la riduzione della funzionalità respiratoria. Il tumore del polmone e dei seni paranasali si possono verificare per esposizioni a composti del Ni scarsamente solubili come il Ni subsulfuro o l'ossido di Ni in concentrazioni superiori ai  $10 \text{ mg/m}^3$  (ATSDR, 2005). Alcuni composti del nichel sono cancerogeni (ad es. il Ni subsulfuro e l'ossido di Ni) altre invece no come i sali solubile e il Ni metallico. L'esposizione a tali elementi in ambito occupazionale è associata a tumore polmonare, nasale e dei seni paranasali, con una maggiore incidenza in caso di esposizioni di più lunga durata (Anttila, 1998; Karjalainen, 1992). I composti cristallini non idrosolubili sembrano essere responsabili del cancro del tratto respiratorio (Costa, 2005), ma è ancora dibattuto il meccanismo con cui le diverse forme del Ni esplichino la loro differente potenza cancerogena. Il Ni è responsabile di un ampio spettro di effetti epigenetici. L'EPA (European Protection Agency) ha stabilito che le polveri di Ni emesse dalle raffinerie ed il Ni subsulfuro sono cancerogeni per l'uomo.

Il limite ambientale proposto per il Nichel è il seguente:

- $20 \text{ ng/m}^3$ , anno civile – D.Lgs.155/2010 (valore obiettivo);

Il valore TLV-TWA proposto dalla ACGIH 2014 (ACGIH. 2014) è:

- $1,5 \text{ mg/m}^3$  (nichel elementare e composti inorganici);
- $0,1 \text{ mg/m}^3$  (composti inorganici solubili);
- $0,2 \text{ mg/m}^3$  (composti inorganici insolubili);
- $0,1 \text{ mg/m}^3$  (nichel subsulfide)

### **Piombo (Pb)**

**Tossicocinetica.** L'assorbimento del Pb attraverso gli alveoli è piuttosto efficiente ed avviene per competizione con gli ioni  $\text{Ca}^{2+}$ . Il 99% del Pb assorbito è legato agli eritrociti, solo l'1% è disponibile per la distribuzione nei tessuti. Il Pb tende a distribuirsi inizialmente a fegato e rene e



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

poi a scheletro e capelli. Il piombo una volta nelle ossa ha un'emivita di circa vent'anni e può essere rilasciato progressivamente contribuendo fino al 50% del Pb ematico totale divenendo un elemento importante nel caso di esposizione occupazionale cumulativa. La principale via di eliminazione di Pb è il rene, mentre l'escrezione fecale costituisce 1/3 dell'escrezione totale del Pb assorbito (ATSDR, 2005c).

**Tossicità.** Il Pb può indurre una serie di effetti avversi in funzione della dose e della durata dell'esposizione. Gli effetti tossici vanno dalla inibizione enzimatica, alla genesi di gravi patologie fino alla morte (Goyer, 1990): l'esposizione cronica a Pb causa patologie neurologiche periferiche con danni a livello assonale e demielinizzazione segmentale, effetti ematologici che vanno dall'aumento delle porfirine urinarie e dell'acido deltaaminolevulinico fino all'anemia. Tali effetti si verificano già per livelli di Pb molto bassi e bassi (5-95  $\mu\text{g/dL}$ ) (ATSDR, 2007). Il Pb è inoltre nefrotossico: la nefropatia da Pb è frequentemente associata a iperuricemia e gotta (Batuman 1993) e può anche essere causa di ipertensione (Gonick, 2002). Nell'osso il Pb può sostituirsi al calcio inibendo l'attività di osteoblasti, osteoclasti e condrociti, e l'esposizione cronica a Pb è stata associata a osteoporosi (Carmouche, 2005). L'intossicazione acuta da Pb si manifesta per valori di Pb di 100-200  $\mu\text{g/dL}$  con un quadro clinico di coliche addominali associate a crampi, vomito e costipazione (ATSDR 2005c). Nell'adulto livelli ematici di Pb di 100-120  $\mu\text{g/dL}$  sono associati a sviluppo di encefalopatia, ma già a livelli di piombemia di 40-80  $\mu\text{g/dL}$  si evidenziano sintomi quali astenia, irritabilità, cefalea.

Il limite ambientale proposto per il Piombo è il seguente:

- 0,5  $\mu\text{g/m}^3$ , anno civile – D.Lgs.155/2010 (valore limite);

Il valore TLV-TWA proposto dalla ACGIH 2014 (ACGIH. 2014) è:

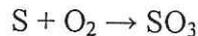
- 0,05  $\text{mg/m}^3$  (composti inorganici)

### **Ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>)**

Gli ossidi di zolfo, anche indicati con il termine comune SO<sub>x</sub>, sono gas incolori, di odore acre e pungente, prodotti dalla combustione di materiale contenente zolfo secondo le seguenti reazioni chimiche:



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini



Le forme più comunemente presenti in atmosfera sono il biossido di zolfo ( $SO_2$ ) e l'anidride solforica ( $SO_3$ ).

La maggior parte dei composti dello zolfo prodotti dall'attività umana viene convertita in  $SO_3$ ; solo l'1-3% si trova sotto forma di  $SO_2$ . L'ossidazione di  $SO_2$  in  $SO_3$  è favorita dalle alte temperature e dai prodotti delle reazioni fotochimiche che coinvolgono  $O_3$ ,  $NO_2$  e idrocarburi.

L' $SO_3$  deriva dall'ossidazione dello zolfo durante processi di combustione di sostanze che lo contengono sia come impurezza (per esempio combustibili fossili) sia come costituente fondamentale. Nell'atmosfera persiste anche diversi giorni. In particolari condizioni meteorologiche e in presenza di quote elevate di emissioni, può diffondersi nell'atmosfera e interessare territori situati anche a grandi distanze. Viene rimosso mediante le precipitazioni e la deposizione secca (WHO Air Quality Guidelines, 2006). È il principale responsabile delle piogge acide, in quanto in presenza di umidità si trasforma in acido solforico.

Per quanto concerne i possibili effetti avversi sulla salute, studi epidemiologici hanno mostrato come l'esposizione al biossido di zolfo sia correlata ad alterazioni a carico dell'apparato respiratorio e della funzionalità polmonare, oltre a determinare fenomeni irritativi a livello oculare. Il processo infiammatorio a carico dell'apparato respiratorio può manifestarsi attraverso tosse, incremento delle secrezioni mucose, peggioramento del quadro asmatico, bronchiti croniche, oltre ad incrementare la suscettibilità alle infezioni respiratorie.

Il biossido di zolfo rappresenta uno dei principali precursori del PM 2.5, che si associa, come descritto precedentemente, a diversi effetti avversi sulla salute umana. (Report Air Quality in Europe, 2012).

I limiti normativi ambientali relativi al biossido di zolfo ( $SO_2$ ) sono i seguenti:

- $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 3h – D.Lgs.155/2010 (soglia di allarme)
- $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1h – D.Lgs.155/2010 (limite orario – max 24 superamenti/anno)
- $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 24 h – D.Lgs.155/2010 (limite giornaliero – max 3 superamenti/anno)
- $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , anno civile – D.Lgs.155/2010 (limite protezione ecosistemi);



### Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), a temperatura ambiente, si presentano in forma gassosa e sono rappresentati dal monossido di azoto (NO), chiamato anche ossido nitrico, e dal biossido di azoto (NO<sub>2</sub>). L'NO è un gas incolore e inodore, mentre l'NO<sub>2</sub> è rossastro e di odore forte e pungente. L'NO è prodotto soprattutto durante processi di combustione ad alta temperatura insieme a piccole quantità di NO<sub>2</sub>, viene poi ossidato in atmosfera dall'ossigeno e, più rapidamente, dall'ozono (O<sub>3</sub>) producendo NO<sub>2</sub>. L'NO<sub>2</sub> rappresenta quasi esclusivamente un inquinante secondario, derivando dall'ossidazione dell'NO in atmosfera; svolge un ruolo fondamentale nella formazione dello smog fotochimico essendo l'intermedio di base per la produzione di una serie di inquinanti secondari molto dannosi come l'ozono, l'acido nitrico, l'acido nitroso, gli alchilnitriti, i perossiacetilnitriti. Gli NO<sub>x</sub> permangono in atmosfera per 4-5 giorni. Vengono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi, con il vapore acqueo, o di sostanze organiche, con idrocarburi e radicali (Fenger, 2003; U.S. Environmental Protection Agency, 2007).

Gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), così come gli ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), possono formare i rispettivi nitrati e solfati di natura solida contribuendo alla produzione del particolato secondario, cioè alla diffusione di particelle che si formano in atmosfera per effetto della reazione chimica di sostanze inizialmente emesse in forma gassosa.

Gli effetti avversi sulla salute determinati dall'esposizione a NO<sub>2</sub> possono derivare sia per esposizioni a breve termine, manifestandosi principalmente con alterazioni della funzionalità respiratoria in soggetti suscettibili, sia per esposizioni a lungo termine con un incremento della suscettibilità alle infezioni respiratorie. Studi epidemiologici effettuati su popolazioni di bambini asmatici hanno mostrato un incremento di sintomi bronchitici in associazione ad esposizioni a lungo termine di NO<sub>2</sub>. Una riduzione della funzionalità polmonare è stata, altresì, correlata in relazioni a concentrazioni correnti di NO<sub>2</sub> in città sia Europee sia Nord Americane. E' necessario sottolineare come la presenza di NO<sub>2</sub> sia strettamente correlata ad altri inquinanti ambientali, in particolar modo al PM, pertanto risulta difficile differenziare gli effetti sulla salute attribuibili esclusivamente al biossido di azoto nei diversi studi epidemiologici (Air Quality in Europe - Report 2012).

I limiti normativi ambientali relativi agli ossidi di azoto sono i seguenti:

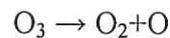
- 30 µg/m<sup>3</sup>, anno civile – D.Lgs.155/2010 (limite protezione vegetazione)
- 350 µg/m<sup>3</sup>, 1h - European Air Quality Standards



- 125 µg/m<sup>3</sup>, 24h - European Air Quality Standards

### Ozono (O<sub>3</sub>)

L'ozono è un gas naturale di colore bluastrò costituito da tre atomi di ossigeno (O<sub>3</sub>) che si scindono facilmente tra loro liberando ossigeno molecolare ed un atomo di ossigeno estremamente reattivo, secondo la seguente reazione:



Per tali proprietà questo gas è un energico ossidante nei confronti di materiali organici ed inorganici.

L'O<sub>3</sub> è presente nella stratosfera ma, per effetto della circolazione atmosferica viene in piccola parte trasportato anche nella troposfera, nei quali si forma anche per effetto di scariche elettriche durante i temporali. Tale reazione avviene prettamente nel periodo estivo, per via dell'interazione tra radiazione solare e sostanze chimiche (idrocarburi e NO<sub>2</sub>) che, a temperature elevate, attivano e alimentano le reazioni fotochimiche producendo O<sub>3</sub>, radicali liberi, perossidi e altre sostanze organiche fortemente ossidanti.

L'O<sub>3</sub> viene trasportato con le masse d'aria anche a diversi chilometri dalla fonte e, pertanto, può rilevarsi in alte concentrazioni anche a grandi distanze. I sistemi di rimozione sono strettamente correlati all'irraggiamento solare che determina la dissociazione della molecola e alla presenza di inquinanti primari (idrocarburi e NO) con i quali l'O<sub>3</sub> reagisce velocemente (Fenger, 2003).

Concentrazioni elevate di ozono si associano ad effetti avversi sulla salute umana:

- insorgenza di sintomi respiratori;
- asma;
- decremento della funzionalità respiratoria;
- patologie dell'apparato respiratorio.

Studi epidemiologici europei che hanno valutato gli effetti a breve termine per le esposizioni correnti ad ozono hanno evidenziato l'insorgenza di alterazioni della funzionalità respiratoria, della permeabilità polmonare, dei processi infiammatori polmonari ed un incremento della morbilità e della mortalità. (Air Quality in Europe - Report 2012)



I limiti normativi ambientali relativi all'ozono sono i seguenti:

- 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1h – D.Lgs.155/2010 (soglia di informazione)
- 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 1h – D.Lgs.155/2010 (soglia di allarme)
- 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , max 8h – D.Lgs.155/2010 (valore bersaglio soglia di protezione salute umana)

### **Monossido di Carbonio (CO)**

Il monossido di carbonio è un gas incolore, inodore e insapore prodotto dai processi di combustione incompleta di materiali contenenti carbonio. La sua concentrazione nell'aria, lontano da sorgenti naturali o artificiali di emissione, è estremamente bassa (0,009-0,200 ppm) grazie all'esistenza di meccanismi naturali di eliminazione (ossidazione atmosferica a  $\text{CO}_2$ , solubilizzazione in acqua, metabolizzazione da parte di microrganismi, trasformazione in  $\text{CO}_2$  e metano da parte di alcuni vegetali). Fonti naturali di tale gas sono rappresentate da incendi boschivi, eruzione di vulcani, reazioni di ossidazione del metano.

Sorgenti artificiali in grado di produrre elevate concentrazioni atmosferiche di CO sono rappresentate dal traffico veicolare (circa l'80% delle emissioni a livello mondiale), in particolare dai gas di scarico dei veicoli a benzina e da diversi impianti a combustione. La concentrazione di CO emessa dagli scarichi dei veicoli è strettamente connessa alle condizioni di funzionamento del motore: si registrano concentrazioni più elevate con motore al minimo ed in fase di decelerazione, condizioni tipiche di traffico urbano intenso e rallentato. L'evoluzione tecnologica dei motori veicolari ha consentito negli anni una significativa riduzione delle emissioni.

I processi di dispersione e di diluizione che il gas subisce sono condizionati dai parametri meteorologici, il più importante dei quali è costituito dalla velocità del vento.

L'effetto delle condizioni meteorologiche può, infatti, rendere, a parità di emissioni, le concentrazioni ambientali dell'inquinante estremamente variabili, ma pesa, ovviamente, in misura minore quando vengono considerate le concentrazioni medie di lungo periodo (ad esempio annuali). Dal punto di vista tossicologico, gli effetti dell'esposizione al monossido di carbonio sono correlati principalmente all'ipo-ossigenazione tessutale, causata dal legame del CO con l'emoglobina. La carbossiemoglobina (HbCO), caratterizzata dal ferro fortemente legato con il CO, non può più assolvere al suo fisiologico compito di trasportare l'ossigeno ai tessuti. Pertanto, se si superano



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

determinati valori ematici di carbossiemoglobina, si può verificare una ridotta ossigenazione periferica. I principali effetti sulla salute umana osservati in seguito ad esposizione a basse dosi di CO sono a danno del sistema nervoso centrale e del sistema cardiovascolare.

Il limite normativo ambientale relativo al monossido di carbonio è il seguente:

- 10 mg/m<sup>3</sup>, 8h – D.Lgs.155/2010

### **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)**

Gli Idrocarburi policiclici aromatici (IPA) sono composti organici formati da due o più anelli aromatici condensati, sempre presenti in miscele, che si formano durante la combustione incompleta e la pirolisi di materiale organico e risultano inquinanti ubiquitari degli ambienti di vita e di lavoro sotto forma sia di particolato sia di vapore, libero o adsorbito su particolato atmosferico (Serra, 2003).

Le principali fonti di emissione in ambito urbano sono costituite dagli autoveicoli alimentati a benzina o gasolio e dalle combustioni domestiche e industriali che utilizzano combustibili solidi o liquidi. Negli autoveicoli alimentati a benzina l'utilizzo di marmitte catalitiche ha ridotto l'emissione di IPA dell'80-90%. Per quanto riguarda i combustibili, la parziale sostituzione del carbone e degli oli combustibili con il gas naturale ai fini della produzione di energia ha costituito un indubbio beneficio anche in termini di emissioni di IPA. La diffusione della combustione di biomasse per il riscaldamento domestico, invece, va tenuta attentamente sotto controllo in quanto la quantità di IPA emessi da un impianto domestico alimentato a legna è 5 - 10 volte maggiore di quella emessa da un impianto alimentato con combustibile liquido (es. kerosene, gasolio da riscaldamento).

A livello di ambienti confinati (indoor) il fumo di sigaretta e le combustioni domestiche costituiscono la principale fonte di inquinamento da IPA.

La lipofilità degli IPA ne influenza anche l'accumulo nei tessuti degli organismi esposti; la loro eliminazione dipende dalla capacità dell'organismo stesso di trasformarli in metaboliti idrosolubili, eliminabili attraverso l'escrezione.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Gli IPA possono manifestare il loro effetto tossico principalmente attraverso due tipi di interazione con le strutture cellulari: in primo luogo possono formare dei legami reversibili con siti lipofili che possono impedire i normali processi della cellula (tossicità acuta); secondariamente possono portare alla formazione di metaboliti idrofili, reattivi ed elettrofili, che si legano alle strutture cellulari, provocando danni a lungo termine (tossicità cronica).

Numerosi studi hanno indicato che i composti a uno, due e tre anelli aromatici sono estremamente tossici (Sims, 1983) mentre gli IPA a più alto peso molecolare sono considerati genotossici (Lijinsky, 1991; Mersch-Sundermann, 1992; Nylund, 1992; Phillips, 1983).

La sospetta cancerogenicità sarebbe correlata alla presenza di quattro o più anelli aromatici da cui prendono origine metaboliti quali i diidrodioloepossidi, nei quali il gruppo attivo tossicologicamente è collocato nella cosiddetta *bay region*, cioè l'ansa che si forma dalla fusione angolare di tre anelli aromatici.

L'interesse scientifico per questa classe di composti è legato soprattutto alla riconosciuta azione cancerogena che alcuni di questi hanno dimostrato.

Per questo motivo la United States Environment Protection Agency (EPA) e la World Health Organization (WHO) hanno identificato, all'interno di questa classe, 16 composti definiti "inquinanti prioritari": naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, crisene, benzo[a]antracene, benzo[b]fluorantene, benzo[k]fluorantene, benzo[a]pirene, dibenzo[a,h]antracene, benzo[ghi]perilene, indeno[1,2,3-cd]pirene. (Harvey, 1997; Neff, 1979).

Relativamente alla classificazione di cancerogenicità secondo lo SCOEL (Scientific Committee on Occupational Exposure Limits, per la Comunità Europea): gli IPA appartengono "*ai cancerogeni per i quali, in base alle conoscenze attuali, non è possibile identificare livelli di esposizione al di sotto dei quali non vi sia rischio di effetto cancerogeno. Nondimeno, a livello probabilistico si può formulare l'ipotesi che quanto più bassa è l'esposizione, tanto minore sarà il rischio di insorgenza di cancro.*" (Metodologia per la derivazione dei limiti di esposizione professionale – Documento di riferimento – Relazione EUR 19253 IT - 1999). Posizione largamente diffusa e riconosciuta dal mondo scientifico.

Una tabella riassuntiva della classificazione relativa alla cancerogenicità studiata da vari enti internazionali è riportata di seguito (Tabella 1):



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

IPA	IARC (2010)	ACGIH (2009)	EPA (2010)	REGOLAMENTO CLP
ACENAFTENE	3			
ACENAFTILENE			D	
ANTRACENE	3		D	
BENZ(a)ANTRACENE	2A	A2(L)	B2	Carc. 1B; H350
BENZO(a)PIRENE	1	A2(L)	B2	Carc. 1B; H350
BENZO(b)FLUORANT ENE	2B	A2(L)	B2	Carc. 1B; H350
BENZO(g,h,i)PERILEN E	3		D	
BENZO(k)FLUORANT ENE	2B		B2	Carc. 1B; H350
CRISENE	2B	A3(L)	B2	Carc. 1B; H350
DIBENZ(a,h)ANTRACENE	2A		B2	
FENANTRENE	3		D	
FLUORANTENE	3		D	
FLUORENE	3		D	
INDENO (1,2,3-cd) PIRENE	2B			
NAFTALENE	2B	A4	C	Carc. 2; H351
PIRENE	3		D	

Tabella 1.

Legenda:

- IARC:
1. cancerogeno per l'uomo
  - 2A. probabile cancerogeno per l'uomo
  - 2B. possibile cancerogeno per l'uomo
  3. non classificabile per la sua cancerogenicità per l'uomo
  4. probabile non cancerogeno per l'uomo

- ACGIH:
- A1. cancerogeno riconosciuto per l'uomo
  - A2. cancerogeno sospetto per l'uomo
  - A3. cancerogeno riconosciuto per l'animale con rilevanza non nota per l'uomo
  - A4. non classificabile come cancerogeno per l'uomo
  - A5. non sospetto come cancerogeno per l'uomo
  - L. l'esposizione deve essere mantenuta quanto più bassa possibile

- EPA:
- B2. probabile cancerogeno per l'uomo
  - C. possibile cancerogeno per l'uomo
  - D. non classificabile come cancerogeno per l'uomo

- CLP:
- H350: può provocare il cancro  
H351: sospettato di provocare il cancro  
1B: si presumono effetti cancerogeni per l'uomo prevalentemente sulla base di studi su animali



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Il limite normativo ambientale relativo agli IPA fa riferimento al benzo[a]pirene ed è il seguente:

- 1 ng/m<sup>3</sup>, anno civile – D.Lgs.155 /2010 (obiettivo di qualità)

Il valore TLV-TWA proposto dalla ACGIH 2014 (ACGIH. 2014) è:

- (L) – as low as possible (il valore più basso possibile)

### **Benzene**

Il benzene è un composto organico aromatico formato da 6 atomi di carbonio e 6 di idrogeno, disposti ad esagono. E' incolore altamente infiammabile e dall'odore caratteristico. A temperatura ambiente e pressione atmosferica si presenta sotto forma di liquido ad elevata tensione di vapore e, quindi, molto volatile.

Si riscontra naturalmente nel petrolio greggio (livelli superiori a 4 g/l), mentre è prodotto accidentalmente in tutti i processi naturali o antropici che implicano combustione di materia organica (ad esempio fumo di sigaretta, combustione del legno, eruzione di vulcani, incendi).

La principale fonte di immissione artificiale di benzene in ambiente è rappresentata complessivamente dai processi di produzione, stoccaggio, trasporto, volatilizzazione e combustione della benzina per auto (che può contenerlo fino ad un massimo dell'1% in volume permesso dalla normativa italiana e comunitaria – direttiva 2003/17/CE; D.Lgs 66/05), infatti viene da tempo utilizzato come antidetonante in alternativa al Piombo.

La maggior fonte di esposizione per la popolazione generale deriva dai gas di scarico degli autoveicoli, in particolare dei veicoli alimentati a benzina; stime effettuate a livello dell'Unione Europea attribuiscono a questa categoria di veicoli più del 70% del totale delle emissioni di benzene.

L'ampia variabilità dei livelli di benzene aerodispersi è connessa a una serie di variabili meteorologiche (variazioni stagionali e giornaliere), socio-economiche (volume di traffico giornaliero ed orario) e geografiche (distribuzione degli assi stradali principali, morfologia del territorio). Generalmente i valori sono minori nelle aree rurali e più alti nelle aree industriali, presso discariche di rifiuti pericolosi, raffinerie, industrie petrolchimiche e stazioni di servizio.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Il benzene depositato in acqua o nel terreno può andare incontro a biodegradazione, che, in condizioni aerobiche, avviene nel giro di poche ore o giorni, mentre in condizioni anaerobiche avviene più lentamente, nell'ordine di giorni o mesi.

Il benzene penetra nell'organismo principalmente per via inalatoria; tuttavia può essere assorbito per via digestiva e per via cutanea, in particolare se l'esposizione è elevata.

Gli effetti tossici correlati all'esposizione a benzene comprendono:

- *intossicazione acuta*: l'inalazione di vapori di benzene produce effetti a carico del SNC; l'esposizione a concentrazioni comprese fra 250 e 500 ppm determina l'insorgenza dei primi effetti caratterizzati da disturbi dell'equilibrio, cefalea, nausea e vertigini; a concentrazioni superiori (1500 ppm), dopo un iniziale effetto eccitante che si manifesta con euforia, compare sonnolenza, astenia, perdita di coscienza con possibili crisi convulsive e coma; l'exitus può intervenire per paralisi dei centri bulbari. L'esposizione a concentrazioni superiori a 2000 ppm è rapidamente fatale. L'inalazione di elevate concentrazioni del tossico può provocare polmonite chimica ed edema polmonare emorragico. Soggetti cardiopatici sono maggiormente a rischio di sviluppare aritmie cardiache in seguito all'esposizione a benzene, in quanto il tossico determina un aumento della sensibilità del muscolo cardiaco all'effetto delle catecolamine endogene;
- *intossicazione cronica*: il benzene è in grado di determinare un danno del midollo osseo che può assumere aspetti polimorfi, differentemente definiti come "*benzolismo*" o "*benzenismo*". Osservazioni recenti suggeriscono che il benzene epossido sia il vero responsabile della tossicità sul tessuto midollare: sembra che a questo livello, negli eritroblasti, esista un'attività monossigenasica capace di formare benzene epossido, il quale può stabilire un legame covalente con strutture macromolecolari come quelle degli acidi nucleici, dando origine ad addotti del DNA e dell'RNA. Secondo altri Autori sarebbe invece il fenolo il mediatore più importante del danno midollare; da esso infatti, dopo idrossilazione a idrochinolo e catecolo, si producono i benzochinoni corrispondenti. Generalmente il quadro clinico prodotto è una progressiva riduzione del numero di piastrine, globuli bianchi ed eritrociti fino all'aplasia midollare, verosimilmente conseguenza della riduzione dell'attività replicativa e/o maturativa delle cellule staminali. Il quadro clinico, il decorso e la prognosi dell'aplasia indotta dal benzene non differiscono da quelli delle forme a eziologia diversa. Alcuni fattori di suscettibilità individuale possono svolgere un ruolo importante. Fra le modificazioni che più frequentemente precedono l'effetto mielodepressivo si segnalano macrocitosi, aumento della fragilità osmotica e riduzione



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

della vita media degli eritrociti, anomalie morfologiche e funzionali dei polinucleati con riduzione del potere fagocitario e dell'attività della fosfatasi alcalina leucocitaria, alterazione della funzione piastrinica ed aumento della quota di emoglobina fetale. Ad uno stadio più avanzato possono comparire anemia e policitemia, leucopenia e leucocitosi. Tuttavia l'evoluzione progressiva è verso un quadro pancitopenico midollare. I sintomi connessi con lo stabilirsi delle alterazioni ematologiche sono rappresentati da diatesi emorragiche (porpora, sanguinamento gengivale, epistassi, ecchimosi, emorragie cerebrali), infezioni (gengiviti, stomatiti, angine catarrali) e da una sintomatologia connessa con lo stato anemico (cefalea, vertigini, pallore, astenia, irritabilità). L'esame citologico del midollo osseo rivela un quadro di ipocellularità, con predominanza di linfociti ed aumento del tessuto adiposo in sostituzione di quello eritropoietico. Il rischio di sviluppare aplasia midollare risulta molto elevato quando si verificano esposizioni a concentrazioni ambientali superiori a 50 ppm (160 mg/m<sup>3</sup>) della durata anche solo di pochi giorni. Il benzene può anche provocare forme di leucemia (mieloblastica acuta, mielomonocitica acuta, promielocitica ed eritroleucemia). È discussa la correlazione fra esposizione a benzene e altre forme neoplastiche dell'apparato emolinfopoietico. (Pira E et al, 2015. In press)

I limiti normativi ambientali relativi al benzene sono i seguenti:

- 5 µg/m<sup>3</sup>, anno civile – D.Lgs.155/2010 (valore limite)
- 5 µg/m<sup>3</sup>, anno civile – European Air Quality Standards

Il limite normativo definito dal D.Lgs 81/2008:

- 1 ppm (3,25 mg/m<sup>3</sup>) - valore limite di esposizione professionale nell'aria ambientale per un periodo di esposizione di otto ore.

I valori TLV proposti dalla ACGIH 2014 (ACGIH. 2014) sono:

- TLV - TWA pari a 0,5 ppm (1,6 mg/m<sup>3</sup>)
- TLV - STEL di 2,5 ppm (8 mg/m<sup>3</sup>)



## Rumore

Un rumore può essere descritto dallo spettro di frequenza, dalle variazioni nel tempo o anche dall'ambiente in cui si propaga.

Lo spettro di frequenza può essere a frequenze discrete (toni puri), continuo (tutte le frequenze contribuiscono a comporre il segnale acustico), oppure continuo con alcune componenti tonali (ad esempio il sibilo di un fluido in una condotta che sovrasta il rumore dell'ambiente).

Dal punto di vista della variazione nel tempo i rumori si dividono in due classi: rumori stazionari e rumori non stazionari. I primi sono quei rumori in cui le fluttuazioni di livello sonoro e/o di frequenza non variano nel tempo (ad esempio, un ventilatore in funzione); i rumori non stazionari (che rappresentano la quasi totalità dei rumori che ci circondano) sono caratterizzati da un livello notevolmente variabile e possono essere: fluttuanti (quando il livello varia di molto e in modo continuo), intermittenti (quando il livello sonoro rimane costante per almeno 1 secondo), impulsivi (quando il rumore consiste in uno o più fenomeni acustici della durata inferiore ad 1 secondo).

(Pira E et al, 2015. In press.)

Gli effetti sulla salute umana correlati all'esposizione al rumore sono dipendenti da numerose variabili, come le caratteristiche fisiche del fenomeno, i tempi e le modalità di manifestazione dell'evento sonoro e la specifica sensibilità del soggetto esposto.

Tali effetti vengono classificati in :

- effetti di danno, ovvero alterazioni non reversibili o non completamente reversibili, identificabili da un punto di vista clinico e/o anatomopatologico;
- effetti di disturbo, ovvero alterazioni temporanee delle condizioni psicofisiche del soggetto, che siano chiaramente obiettivabili, determinando effetti fisiopatologici ben definiti;
- sensazione di disturbo e fastidio genericamente intesa (annoyance).

L'inquinamento acustico può causare danni alla salute sia di tipo uditivo sia di tipo extra uditivo, coinvolgendo l'intero organismo.

Il danno da rumore a carico dell'apparato uditivo può essere di tipo acuto quando si realizza in un tempo breve a seguito di una stimolazione particolarmente intensa (scoppio, esplosione, ecc.), oppure di tipo cronico quando evolve nel corso degli anni a seguito di un'esposizione prolungata ad



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

elevati livelli di rumore, condizione che si verifica tipicamente, nel caso dell'esposizione professionale in determinati ambienti di lavoro.

Il rumore, pur non raggiungendo livelli di rischio per l'apparato uditivo (80 dB), può agire su tutto l'organismo come un agente stressogeno ambientale, attivando i meccanismi fisiologici di risposta allo stress attraverso il sistema nervoso autonomo ed il sistema endocrino.

Gli effetti sistemici si manifestano principalmente a livello del sistema cardiovascolare, psichico e cognitivo determinando incrementi dei valori pressori, accelerazione del battito cardiaco e fenomeni di vasocostrizione periferica.

La sensibilità al rumore influenza, inoltre, sia i disturbi del sonno con un possibile aumento dell'irritabilità e riduzione delle performance diurne, sia la cosiddetta "noise annoyance", una sensazione di scontento o di fastidio generico, spesso influenzata oltre che dalla specifica sensibilità del soggetto, da fattori non legati all'esposizione e da fattori motivazionali.

Il danno determinato dalle fonti di rumore sembra essere mediato dalla sensibilità al rumore (noise sensitivity), la quale è condizionata da aspetti della personalità e dal genere (le donne sono più sensibili).

I limiti normativi ambientali relativi al rumore sono i seguenti:

valori limite di immissione: (DPCM 14/11/1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore"):

- Stazione 1 – Classe I – Diurno 50 dB(A)/Notturmo 40 dB(A)
- Stazione 2 – Classe II – Diurno 55 dB(A)/ Notturmo 45 dB(A)
- Stazione 3 – Classe II – Diurno 55 dB(A)/ Notturmo 45 dB(A)
- Stazione 4 – Classe III – Diurno 60 dB(A)/ Notturmo 55 dB(A)
- Stazione 5 – Classe III – Diurno 55 dB(A)/ Notturmo 45 dB(A)

I limiti normativi definiti dal D.Lgs 81/2008 relativi all'esposizione al rumore sono i seguenti:

- $80 \leq \text{dB(A)} < 85$  LEX, 8h - Informazione e formazione dei lavoratori, sorveglianza sanitaria e fornitura di Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) a richiesta dei lavoratori
- $85 \leq \text{dB(A)} < 87$  LEX, 8h - Obbligo della sorveglianza sanitaria e dell'uso dei DPI; segnalazione e perimetrazione della zona



- 87 dB(A) LEX, 8h - Obbligo di applicare misure immediate allo scopo di ridurre il livello di esposizione

### **Vibrazioni**

Il D.Lgs. 81/2008, Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro, riportante attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 Agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche, distingue due tipologie di vibrazioni:

- a) vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio (Allegato XXXV - parte A),
- b) vibrazioni trasmesse al corpo intero (Allegato XXXV – parte B).

Le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio comportano un rischio per la salute e sicurezza dei lavoratori in quanto possono causare l'insorgenza di disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici o muscolari. Le conseguenze per la salute vengono definite con il termine unitario di "Sindrome da Vibrazioni Mano-Braccio" e sono presenti non appena si inizia ad utilizzare regolarmente e di frequente un macchinario, strumento o attrezzatura che produce un elevato livello di vibrazioni. I primi sintomi possono comparire dopo soli pochi mesi o dopo anni, in base alle caratteristiche individuali del soggetto esposto e all'ampiezza della vibrazione applicata alla mano. Questa tipologia di vibrazioni riguarda in modo particolare alcuni utensili (es. martelli perforatori, trapani a percussione, avvitatori, seghe, motoseghe, decespugliatori, ecc.) che sono normalmente utilizzati in certe tipologie di lavorazioni (es. in edilizia, metalmeccanica, lavorazioni agricolo-forestali, lavorazioni dei materiali lapidei, ecc.).

Le vibrazioni trasmesse al corpo intero (scuotimenti) sono vibrazioni a bassa (fra 0 e 2 Hz) e a media frequenza (fra 2 e 20 Hz) e comportano rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori in quanto possono causare l'insorgenza di lombalgie e traumi del rachide. Queste vibrazioni sono generalmente causate da attività lavorative svolte a bordo di mezzi di trasporto o di movimentazione quali ruspe, escavatori, camion, e sono quindi certamente riconducibili anche al caso oggetto di studio. L'esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero può causare alterazioni:

- del distretto cervico-brachiale;



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

- dell'apparato gastroenterico;
- del sistema venoso periferico;
- del sistema cocleovestibolare;
- del rachide lombare.

L'esposizione a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo può inoltre causare:

- una diminuzione delle prestazioni lavorative nei conducenti di macchine e/o veicoli;
- una modificazione dello stato di confort nei passeggeri.

L'effetto delle vibrazioni trasmesse al corpo intero è amplificato dal fenomeno della risonanza, dalle posture viziate, dalla contrazione muscolare eccessiva.

La sintomatologia a carico di organi ed apparati in funzione delle frequenze di risonanza è riportata nella tabella riassuntiva sottostante (Tabella 2).

<b>Frequenze risonanza</b>	<b>di Organi/Apparati interessati</b>	<b>Sintomatologia associata</b>
1 ÷ 4 Hz	apparato respiratorio	dispnea
1 ÷ 10 Hz	apparato visivo	riduzione dell'acuità visiva
4 ÷ 6 Hz	encefalo	sonnolenza, perdita dell'attenzione
4 ÷ 8 Hz	orecchio interno cuore	disturbi dell'equilibrio ,algie precordiali
3 ÷ 10 Hz	colonna vertebrale	dolore cervicale e lombare
20 ÷ 40 Hz	apparato visivo	riduzione della capacità di fissare le immagini

Tabella 2.

I limiti normativi ambientali relativi alle vibrazioni sono i seguenti:

- $7.2 \text{ mm/S}^2$  – Limite UNI9614 abitazioni diurno



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

- $5.0 \text{ mm/S}^2$  – Limite UNI9614 abitazioni notturno
- $5.0 \text{ mm/S}^2$  – Limite UNI9916 edifici residenziali e costruzioni simili



## Radiazioni Ionizzanti

Per Radiazioni Ionizzanti (RI) si intendono quelle radiazioni capaci di determinare, direttamente o indirettamente, la ionizzazione della materia, fenomeno che consiste nel distacco di un elettrone dall'orbita periferica di un atomo, con conseguente formazione di uno ione di carica positiva e di uno ione di carica negativa (elettrone). L'energia necessaria per tale lavoro è pari almeno a 10 eV (1 eV = energia cinetica acquistata da un elettrone per la differenza di potenziale di 1 Volt). Le radiazioni con energia inferiore non possiedono questa proprietà: l'atomo eventualmente colpito aumenta il suo livello energetico, acquistando una reattività chimica maggiore. L'atomo in questione è definito "eccitato" e le radiazioni capaci di indurre il fenomeno sono dette "eccitanti".

Sono ionizzanti (Tabella 3.) le radiazioni  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , raggi X, neutroni e protoni; in parte di natura corpuscolata ( $\alpha$ ,  $\beta$ , neutroni, protoni), in parte di natura elettromagnetica (raggi X,  $\gamma$ ).

Le prime hanno massa variabile e sono materia, le seconde sono costituite da quanti di energia, o fotoni.

Tipi	Natura	Massa	Carica elettrica	Origine
Raggi X	Elettromagnetica	0	0	Tubi coolidge
Raggi $\gamma$	Elettromagnetica	0	0	$^{60}\text{Co}$ , $^{192}\text{Ir}$
Raggi $\alpha$	Corpuscolata, nuclei elio	4	++	$^{232}\text{Th}$ , $^{212}\text{Po}$
Raggi $\beta$	Corpuscolata, elettroni	1/2000 atomo H	-	$^{90}\text{Sr}$ , $^{12}\text{B}$
neutroni	Particelle nucleare	1	0	$^{235}\text{U}$ - fissione

Tabella 3.



### **Fonti di esposizione**

Le persone esposte in Italia, per motivi professionali, ammontano a circa 20.000, di cui la metà nel solo settore sanitario, per attività di diagnostica strumentale e con isotopi marcati e per trattamenti di radioterapia. Le sorgenti di irradiazione artificiali interessano, comunque, solo una parte della popolazione con modalità e tempi diversi e si aggiungono alle sorgenti naturali (cosmiche, terrestri, irradiazione interna), che coinvolgono la popolazione in generale in modo continuo nel tempo e che ammontano, mediamente, a circa 2 mSv/anno.

Tra le fonti naturali, è stata posta attenzione al radon, gas inodore, insapore ed invisibile, che proviene dal terreno, derivante dal decadimento dell'uranio 238 (radon 222) e del torio (radon 220).

### **Effetti biologici e clinici**

Per quanto riguarda la sede d'azione, le RI possono determinare effetti lesivi a livello (Tabella 4): a) molecolare; b) sub-cellulare e cellulare; c) tessutale E d'organo; d) dell'organismo in toto; e) della popolazione nel suo insieme.

Livello	Alterazioni
<i>Molecolare</i>	Denaturazione di proteine, lesioni filamenti DNA e RNA (rottura, cross-linking, denaturazione, ecc.), turbe vie metaboliche.
<i>Subcellulare – cellulare</i>	
Nucleo in mitosi	Blocco metafase, rotture cromosomiche, mutazioni
Nucleo in riposo	Piccosi, kariolisi, carioressi
Reticolo endoplasmatico	Degranulazione ribosomi, blocco sintesi proteine
Mitocondri	Rigonfiamento torbido, rottura creste, squilibri energetici
Lisosomi	Attivazione idrolisi, autofagia
<i>Tessutale – d'organo</i>	
Emopoietico	Ipoplasia midollare, leucemie
S. immunitario	Immunodepressione
Gastroenterico	Ulcerazioni



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

---

Occhio	Cataratta
Gameti	Ipoplasia
Cute	Radiodermi, metaplasia carcinomatosa
<i>Organismo in toto</i>	Morte, neoplasie maligne
<i>Popolazione nel suo insieme</i>	Modificazioni genetiche e cromosomiche

---

Tabella 4.

*Danno tessutale-d'organo*

Si definiscono radiosensibili le cellule a elevato ritmo mitotico, morfologicamente e funzionalmente indifferenziate, e radioresistenti le cellule di caratteristiche opposte.

Sono radiosensibili il midollo osseo, le linee germinali dell'ovaio e del testicolo, l'epitelio intestinale e la cute.

Sono radioresistenti il fegato, i reni, i muscoli, il cervello, le ossa, le cartilagini e il connettivo.

Le lesioni prodotte dalle RI sugli organi sono in rapporto con le caratteristiche morfologiche e funzionali dei tessuti che li compongono.

*Cute.* A carico della cute si osservano manifestazioni infiammatorie, nelle loro varie fasi, che vanno dall'eritema all'essudazione, alla necrosi, all'ulcerazione, denominate radiodermi. Di esse sono caratteristiche la moderata tendenza alla guarigione e la frequenza con cui possono andare incontro alla trasformazione neoplastica, che sarà tanto maggiore quanto più a lungo ha agito il trattamento radiante (in passato, radiologi e ortopedici).

Frequenti sono anche i fenomeni d'iperpigmentazione (da melanina), di ipercheratosi e di atrofia. Facilmente si osserva caduta dei capelli, per necrosi dei follicoli.

*Midollo osseo.* Particolarmente gravi sono gli effetti sugli organi emopoietici, di tipo ipoplasico o aplasico; il blocco dell'attività riproduttiva e maturativa provoca precocemente una diminuzione degli elementi figurati del sangue circolante (leucopenia, anemia, piastrinopenia).

La radiosensibilità diminuisce col procedere del processo maturativo delle cellule, per cui gli elementi circolanti sono praticamente insensibili, ad eccezione del linfocita.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Nella sindrome acuta da radiazione si possono osservare, in linea generale, i seguenti profili degli elementi figurati del sangue:

Linfociti: diminuzione massima in 3-4 giorni, che persiste per alcune settimane (5-6), e ritorno alla normalità in circa 6 mesi.

Neutrofili: iniziale aumento (da depositi tessutali), seguito da una prima diminuzione, entro due settimane circa, che progredisce entro 20-30 giorni (periodo delle infezioni).

Piastrine: precoce calo (entro poche ore) con un minimo nell'arco di 1 mese (periodo delle emorragie) e possibile ritorno alla normalità entro 40-50 giorni.

*Difese immunitarie.* Anche le difese immunitarie diminuiscono: si osserva riduzione della formazione di anticorpi, blocco della fagocitosi, inattivazione del complemento specie della frazione C<sub>1</sub>.

*Gonadi.* A livello delle gonadi si rileva riduzione più o meno marcata della formazione dei gameti. Nel testicolo, per dosi elevate (5-8 Gy) si può ottenere la sterilità definitiva, per dosi basse (0,15-1 Gy) ipozoospermia transitoria.

Analogamente, nelle ovaie, scompaiono in fase iniziale i follicoli e, poi, le cellule interstiziali.

*Rene.* A carico del rene è stata descritta una nefropatia caratterizzata da alterazioni dei capillari glomerulari, a tipo necrosi fibrinoide, in casi di terapia con dosi elevate di raggi X applicate sull'addome, per esempio per neoplasie testicolari e ovariche.

*Mucosa intestinale.* La mucosa intestinale tende a necrotizzarsi e ad ulcerare con possibili emorragie e infezioni.

*Fegato ed altri parenchimi.* Il fegato e gli altri parenchimi possono presentare tutta la gamma delle lesioni di tipo degenerativo fino alla necrosi, e focolai emorragici. Particolarmente radiosensibile è il surrene, specie lo strato corticale, ove è dato spesso di osservare cospicue emorragie parenchimali. Ciò spiega come l'insufficienza surrenalica possa complicare, con una certa frequenza, un'esposizione alle radiazioni.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

*Occhio.* A carico dell'occhio si può osservare cataratta, per dosi superiori (in unica dose) a 5 Gy.

*Sistema nervoso.* Le cellule del sistema nervoso presentano lesioni regressive reversibili, ma più spesso irreversibili. Poiché sono cellule perenni, una volta distrutte, non rigenerano e ne consegue un danno permanente.

*Polmone.* Questa localizzazione ha una valenza storica in quanto carcinomi bronchiali furono descritti nei minatori di uranio dello Schneeberg e dello Joachimstahl.

*Ossa.* Sono noti, per la peculiarità dell'attività lavorativa, i sarcomi a localizzazione mandibolare delle pittrici dei quadranti "fosforescenti" degli orologi, che appuntivano i fini pennelli umettandoli fra le labbra per ottenere maggiore precisione nel tratto.

*Organismo in toto* Gli effetti delle RI sono classificati in somatici (stocastici e non stocastici) e genetici (stocastici).

I somatici stocastici sono casuali, non dose dipendenti e sono privi di dose-soglia (per esempio le neoplasie).

I somatici non stocastici sono, di contro, dose-dipendenti ed hanno una dose-soglia (ad esempio, radiodermiti e cataratta).

Gli effetti genetici, stocastici, sono quelli sulla progenie e riguardano mutazioni geniche ed alterazioni cromosomiche.

Gli effetti delle RI, in rapporto all'epoca di comparsa rispetto all'esposizione, possono essere classificati in: 1) immediati sull'individuo irradiato; 2) tardivi sull'individuo irradiato; 3) ereditari sulla progenie dell'individuo irradiato; 4) sulla prima generazione dell'individuo irradiato.

*1) Effetti immediati sull'individuo irradiato* Si ricordano le sindromi da pan-irradiazione e da irradiazione parziale.

*Sindromi da panirradiazione*

Sono stati descritti 4 livelli di sopravvivenza, con relativi quadri clinici, in funzione della dose (in Gy) e della durata.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

- con dosi >30-50 Gy, la sopravvivenza è di poche ore ed è correlata a danni del sistema nervoso; per dosi minori, si possono evidenziare una sindrome gastroenterica (10-30 Gy), di durata di circa 6-10 giorni, ed una sindrome midollare (4,5-10 Gy), di durata leggermente maggiore. Anche in questo caso la sopravvivenza è virtualmente impossibile;
- con dosi di 2-4,5 Gy, la sopravvivenza è considerata possibile: i quadri clinici sono caratterizzati da gravi infezioni (da agranulocitosi) e da emorragie;
- con 1-2 Gy, la sopravvivenza è probabile e i sintomi sono legati a una sindrome midollare molto attenuata;
- con dosi < 1 Gy, la sopravvivenza è considerata sicura e i soggetti sono asintomatici.

Indicatore importante della gravità del quadro clinico, come esposto in precedenza, è la linfopenia mentre indice sensibile della dose assorbita è la dosimetria citogenetica (che può, essere ottenuta utilizzando i linfociti circolanti).

#### *Sindromi da irradiazione parziale*

Si fa riferimento al midollo, alle gonadi, al cristallino, alla cute, come già accennato in precedenza. Va sottolineato che gli effetti cronici, da dosi ripetute, hanno una chiara connotazione professionale, in quanto relativi, per lo più, a tecnici ed operatori sanitari.

#### *2) Effetti tardivi sull'individuo irradiato*

Comprendono tumori solidi (polmoni, tiroide, ossa) e leucemie, tranne le linfatiche croniche.

I dati sono il risultato dell'osservazione dei sopravvissuti di Hiroshima e Nagasaki, dei lavoratori delle miniere di uranio e dei pazienti sottoposti a terapia radiante: studi epidemiologici hanno evidenziato un'incidenza aumentata in esposti a dosi maggiori di 0,5 Sv.

#### *3) Effetti ereditari sulla progenie dell'individuo irradiato*

Compaiono dopo molti anni dall'irradiazione e sono costituiti da mutazioni geniche e da aberrazioni cromosomiche, trasmesse alla progenie del soggetto irradiato.

Sono stati evidenziati negli animali di laboratorio, non ancora con certezza nell'uomo. Al riguardo, si ricorda che nei bambini nati da soggetti irradiati nelle esplosioni di Hiroshima e Nagasaki non sono stati osservati effetti di questo tipo.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

*4) Effetti sulla prima generazione dell'individuo irradiato*

Comprendono effetti somatici nel feto ed effetti ereditari.

Per quanto riguarda i primi, è ammessa, da alcuni studi epidemiologici, una correlazione tra tumori ed irradiazione in utero.

*Popolazione nel suo insieme*

Si tratta di effetti tardivi consistenti in modificazioni genetiche ed alterazioni cromosomiche a carico dei singoli individui.

I limiti di esposizione per la popolazione e per i lavoratori sono regolamentati dal D.Lgs. 230/95 e s.m.i. (D.Lgs. 241/00 e D.Lgs. 257/01):

**LIMITI ESPOSIZIONE POPOLAZIONE**

- 1 mSv/anno dose efficace
- 15 mSv/anno dose equivalente al cristallino
- 50 mSv/anno dose equivalente a pelle ed estremità

**LIMITI ESPOSIZIONE LAVORATORI**

- 20 mSv/anno dose efficace
- 150 mSv/anno dose equivalente al cristallino
- 500 mSv/anno dose equivalente a pelle ed estremità

Lavoratrici esposte in età fertile, apprendiste e studentesse

- <13 mSv/anno dose equivalente addome

Lavoratrici esposte in gravidanza

- <1 mSv/anno dose equivalente addome

I lavoratori a rischio esposizione vengono classificati in categorie relative al livello di esposizione (Pira E et al, 2015. In press.):



- **LAVORATORI NON ESPOSTI** – fino a 1 mSv/anno (limite popolazione) oltre il fondo naturale
- **LAVORATORI ESPOSTI CAT.B** – fino a 6 mSv/anno oltre il fondo naturale
- **LAVORATORI ESPOSTI CAT.A** – fino a 20 mSv/anno oltre il fondo naturale

## Amianto

L'amianto o asbesto è un minerale fibroso che deriva per metamorfismo (trasformazione) idrotermico e dinamico da rocce madri non necessariamente fibrose. Si distinguono diverse varietà di asbesto, ciascuno con una specifica composizione chimica (Figura 5 e Tabella 5).

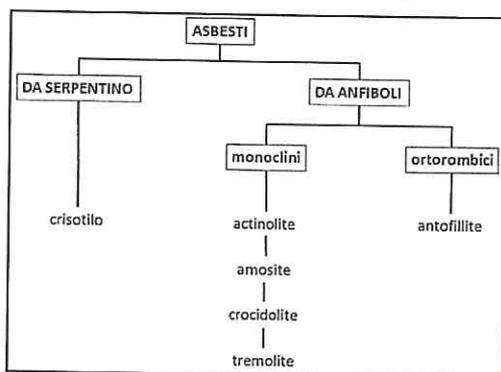


Figura 5.

Crisotilo:  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$

Tremolite:  $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_4$

Crocidolite:  $Na_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Antofillite:  $(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$

Amosite:  $(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$

Actinolite:  $Ca_2(Mg, Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Tabella 5.

La varietà più comune è il crisotilo, o amianto bianco, che deriva dal serpentino: buona parte delle nostre Alpi, dalle Marittime alle Graie, sono fatte di questa roccia silicatica verdastra, e questo spiega la presenza della grande cava di Balangero, presso Lanzo, a circa 30 Km da Torino, sfruttata per circa 80 anni, e di quelle più piccole di Emarese, in Val d'Aosta, e della Valtellina. Il crisotilo ha da sempre rappresentato il 93-95% della produzione mondiale di amianto, con due epicentri: uno



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

nel Quebec, a Tethford, ed un altro nella Russia Asiatica, a ridosso degli Urali, nella zona di Sverdlosk.

Ci sono poi gli amianti di anfibolo, così detti per la comune classe mineralogica di appartenenza, nel tempo ricavati e commercializzati in tre varietà, di cui le principali la crocidolite o amianto blu e l'amosite o amianto bruno. Morfologicamente gli amianti di anfibolo sono fibre rettilinee, aghiformi, appuntite nel caso della crocidolite, più tozze e tronche negli altri casi. Il crisotilo presenta invece una struttura "a ricciolo".

Caratteristiche delle fibre degli amianti sono la flessibilità, l'elasticità, la grande resistenza alla trazione, che hanno fatto di crisotilo e crocidolite due fibre tessili; le proprietà ignifughe, di resistenza agli attacchi chimici, di coibentazione nei confronti sia del calore sia del rumore, di resistenza all'usura. Del tutto peculiare, perché manca alle fibre minerali prodotte dall'uomo, è la loro attitudine a separarsi longitudinalmente in fibrille, numerose o numerosissime, sempre più sottili, con aumento incredibile della superficie disponibile per unità di peso, proprietà utilissima ai fini dell'adsorbimento di impurezze nei passati usi in filtrazione (dei vini e dei vermouth; del fumo di sigaretta) e dell'aumento della resistenza meccanica conseguente, negli usi come carica rinforzante dei cosiddetti materiali compositi.

Ne sono esempi il composito amianto-cemento, usato lungo tutto il secolo scorso in edilizia sotto forma di coperture piane o ondulate, di tubi, vasche, serbatoi, condotte..., che ha preso il nome brevettato di Eternit proprio per la sua lunga durata, ed il materiale d'attrito per i freni e le frizioni degli autoveicoli, ove il legante era una resina. Mentre in questa seconda applicazione si è sempre usato solo crisotilo (il 20-70% in peso), nella prima, in cui l'amianto rappresentava il 15-20% del composto, nelle condutture per l'industria chimica, ad esempio, era usata anche la crocidolite.

Tutti gli amianti sono idrosilicati microcristallini: come nella morfologia, anche nell'intima struttura esiste una fondamentale differenza fra crisotilo ed amianti di anfibolo: mentre questi ultimi presentano le unità silicatiche stratificate che si susseguono longitudinalmente sovrapposte all'infinito lungo l'asse della fibra, il crisotilo mostra una struttura concentrica, lasciando libera, "vuota", la parte assiale centrale. I diametri sono fini o finissimi, soprattutto per quanto riguarda crisotilo e crocidolite: fibre e fasci di fibre grossolani sono praticamente sempre al di sotto dei 2-3  $\mu\text{m}$ , ma per lo più nell'ordine dei decimi, o addirittura, le fibrille, dei centesimi di  $\mu\text{m}$



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

(Pira E, Romano C. Manuale di Medicina del Lavoro. Minerva Medica. 2015. In press.).

Fino al 1992, anno in cui in Italia venne imposto legislativamente il “banning”, l’amianto costituiva un materiale di comune impiego in edilizia ed in materiali di coibentazione di largo utilizzo.

Gli effetti dell’amianto sulla salute umana possono essere distinti in due prime grandi categorie:

- patologie non neoplastiche (alterazioni benigne della pleura e asbestosi) (Brown, 2003)
- patologie neoplastiche (tumore polmonare e mesotelioma maligno) (Brown, 2002).

Ciascuna di queste patologie può a sua volta distinguersi, sulla base della correlazione con l’esposizione, in “dose-indipendente”, come le alterazioni benigne della pleura ed il mesotelioma, oppure “dose-dipendente”, come l’asbestosi ed il tumore del polmone.

Le placche pleuriche sono aree fibrotiche circoscritte della pleura parietale normalmente bilaterali, talora calcifiche (Parkes WR, 1994), localizzate prevalentemente alla parete toracica, al diaframma e più raramente alla pleura mediastinica ed al pericardio. Sono asintomatiche (Letourneux M, 1999; Andrion A et al, 1984) e non sono generalmente responsabili di un danno funzionale. Sono associate a tutti i tipi di amianto, ma la responsabilità degli amianti di anfibolo è più marcata rispetto a quella del crisotilo (Letourneux M, 1999). Possono essere la conseguenza di esposizioni anche solo di tipo ambientale o familiare (Craighead JE et al, 1982) e sono state riscontrate anche nella popolazione generale senza storia di esposizione ad amianto (Andrion A et al, 1983).

Il mesotelioma è il tumore più frequente e caratteristico della pleura. Questa neoplasia viene tradizionalmente distinta in due forme. La prima, benigna e meno frequente, è un tumore fibroso della pleura localizzato e a lenta crescita che trae origine dallo strato submesoteliale. Spesso peduncolato, in genere guarisce l’asportazione chirurgica. L’altra forma, più comune, mesotelioma maligno diffuso, aggressivo, invasivo, pressoché universalmente fatale. Le conoscenze epidemiologiche e di storia naturale consentono di identificare come principale fattore di rischio l’esposizione all’ asbesto, anche se un’ avvenuta esposizione rimane provata soltanto nell’ 80% dei casi di mesotelioma maligno della pleura. E’ nota la possibilità di insorgenza di tale neoplasia per esposizioni non professionali, di natura ambientale o domestica. Si tratta di una patologia dose-indipendente, pertanto dosi anche straordinariamente piccole possono dare origine a malattia (Selikoff, 1978). La letteratura consolidata è di fatto unanime nel ritenere che il periodo medio di latenza tra l’inizio dell’esposizione e la diagnosi di mesotelioma pleurico sia intorno ai 30 o più anni (Russi MB et al, In: Rosenstock L e Cullen MR. Textbook of Clinical and Environmental



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Medicine, 1994; Rosenstock L e Cullen MR, 2005). La diagnosi differenziale deve essere posta, oltre che con le localizzazioni metastatiche di altri tumori, anche con le neoplasie primitive della pleura diverse dal mesotelioma (Guinee et al, 2008).

L'asbestosi è una fibrosi polmonare diffusa conseguente all'accumulo di fibre di asbesto nel polmone. È una patologia dose-dipendente. Il quadro anatomopatologico caratteristico è costituito da una fibrosi parenchimale lineare e reticolare, più evidente ai lobi inferiori (Scansetti G et al, 1985). Tale patologia presenta quadri clinici sintomatologici aspecifici e comuni ad altre patologie respiratorie polmonari, pertanto la radiografia del torace in Postero-Anteriore è di importanza determinante ai fini diagnostici, in associazione ad altri sussidi radiologici come la Tomografia Assiale Computerizzata ad Alta Risoluzione (HRTC).

Riguardo al rapporto causale tra amianto e tumore del polmone, nel Consensus Report: *“Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution”* si sostiene che, prima di definire l'esistenza di un rapporto causale fra esposizione ad amianto e tumore del polmone, sia necessario considerare che: *“a causa dell'elevata incidenza del tumore del polmone nella popolazione generale, non è possibile dimostrare, nel singolo individuo, in termini deterministici precisi, che l'asbesto sia il fattore causale, anche quando è presente un quadro di asbestosi”*. Gli stessi esperti commentano che un criterio importante per l'attribuzione di un tumore ad un'esposizione ad asbesto è costituito dal livello di fibre di asbesto rilevate nel polmone. Per livelli molto bassi di esposizione ad amianto il rischio di tumore polmonare appare essere indefinibile. Il rischio relativo di sviluppare un tumore polmonare risulta grossolanamente raddoppiato in gruppi di soggetti con un'esposizione cumulativa ad asbesto di 25 fibre/anni, cioè, ad esempio, un'esposizione ambientale di 1 fibra per centimetro cubo per 25 anni (Henderson D.W. et al, 2004). Pertanto per poter attribuire un tumore polmonare all'esposizione ad asbesto devono essere soddisfatti (anche non contemporaneamente) i seguenti criteri:

- 1) la presenza di asbestosi (intesa come indice di elevata esposizione) oppure
- 2) una stima di esposizione cumulativa pari o superiore a 25 fibre/anni oppure
- 3) la presenza di almeno 5.000-15.000 corpuscoli dell'asbesto o 2 milioni di fibre anfiboliche per grammo di tessuto polmonare secco ( $\lambda > 5 \mu\text{m}$ ) o 5 milioni se  $\lambda > 1 \mu\text{m}$ .

I limiti normativi ambientali relativi all'amianto sono i seguenti:

- $< 1\text{f/L}$  (OMS)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

- < 2ff/L - D.M. 6/9/1994 (restituibilità dei locali dopo interventi di bonifica da amianto)

### **Acque superficiali e sotterranee**

In fase di cantiere possono verificarsi sversamenti accidentali di liquidi inquinanti (quali carburanti e lubrificanti), provenienti dai mezzi d'opera in azione o dalle operazioni di rifornimento; questi sversamenti possono essere recapitati direttamente in acque superficiali (reticolo idrografico locale) oppure possono riversarsi sul suolo e raggiungere le acque superficiali solo successivamente oppure possono percolare in profondità nelle acque sotterranee.

Anche gli scarichi idrici (reflui civili) provenienti dagli edifici di servizio del cantiere (baracche, servizi igienici, ecc.) possono causare l'insorgenza di inquinamenti microbiologici (coliformi e streptococchi fecali) delle acque superficiali.

Risulta per tali ragioni fondamentale effettuare dei campionamenti delle acque superficiali e se possibile sotterranee della zona di interesse prima dell'avvio delle attività d'opera per avere il quadro caratteristico della zona. E quindi necessario praticare campionamenti periodici durante l'opera per verificare che le condizioni elettrolitiche e microbiologiche iniziali vengano costantemente mantenute.



## ANALISI DEI DATI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE SULLE OPERAZIONI DI SCAVO DEL CUNICOLO ESPLORATIVO DE LA MADDALENA

Il Piano di Monitoraggio è stato distinto in esterno al cantiere, interno al cantiere, e monitoraggio del sito di deposito dello smarino proveniente dal tunnel, ed è articolato nelle seguenti componenti ambientali: atmosfera, amianto, ambiente idrico superficiale e sotterraneo, radiazioni ionizzanti, rumore e vibrazioni, suolo e sottosuolo, componenti biotiche. I dati sono stati e saranno elaborati rispetto alle varie fasi di monitoraggio:

- *ante-operam* su campionamenti condotti in modo sistematico dal gennaio al dicembre 2012. Sono peraltro disponibili alcuni dati relativi ad anni precedenti, raccolti in occasione delle attività inerenti il progetto previsto in Val Cenischia e i campionamenti del particolato con la Stazione di riferimento ARPA di Susa-Repubblica.
- corso d'opera (gennaio 2013-oggi e, successivamente, fino al termine delle attività di cantiere)
- *post-operam*.

Il **monitoraggio esterno** effettuato è finalizzato all'accertamento delle condizioni ambientali prima dell'avvio dell'operazione di cantiere nelle aree territoriali potenzialmente coinvolte, al controllo degli effetti temporanei in relazione alle attività di cantiere, all'eventuale rilevamento delle situazioni di anormalità con conseguente azione correttiva, e alla verifica dell'idoneità delle misure di mitigazione degli impatti previste.

### **Atmosfera**

#### **Situazione metereologica**

Per quanto riguarda la rete di monitoraggio dell'atmosfera, in primo luogo è stata analizzata la situazione metereologica, tramite la stazione A5-Met2 fissa sul territorio del Comune di Graverè in



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

località Molaretto, in servizio continuo dalla data di attivazione di giugno 2012 per la registrazione di tutti i principali parametri climatologici.

Con un totale di oltre 37 mila rilevamenti disponibili dei principali indicatori climatici fino a giugno 2016, quali Temperatura, Umidità Relativa, Velocità e direzione del vento, Radiazione solare, Precipitazioni e Pressione Atmosferica, la situazione metereologica degli anni 2013, 2014, 2015 e di questa prima parte del 2016 è apparsa essere sostanzialmente sovrapponibile alla situazione registrata mediante le misurazioni *ante-operam* di giugno-dicembre 2012 (in particolar modo per il semestre giugno-dicembre, in quanto i valori *ante-operam* si riferiscono a tale periodo); sono risultati quindi sostanzialmente simili nei periodi confrontati le temperature medie stagionali e i livelli medi di ventilazione di tutta la fase di corso d'opera fino a giugno 2016. E' un dato importante dal momento che questi sono i fattori maggiormente condizionanti la dispersione atmosferica degli inquinanti.

### **Amianto aerodisperso**

La rete di monitoraggio per l'amianto aerodisperso ha previsto un totale di 2045 rilievi fino a giugno 2011, effettuati su 6 stazioni distribuite sul territorio:

1: A5 – Comune di CHIOMONTE:

staz A5.4 Frazione La Maddalena

staz A5.1b Scuola Elementare

staz A5.C Perimetro Cantiere

staz A5.12 Abitato Ramats-Fraz. S.antonio

2 A3 – Comune di GRAVERE:

staz.A 5.Met2-Molaretto

3: A6 – Comune di GIAGLIONE:

staz.A 6.6 S. Rocco

Due di queste stazioni si trovano ubicate attorno al perimetro esterno del cantiere: le stazioni A5.4 e A5.c , ed effettuano i rilievi in regime di sorveglianza settimanalmente in 3 giorni consecutivi su 7 (a parte la prima fase di realizzazione dove è stata effettuata una cadenza quindicinale per la stazione A5.4). La lettura viene effettuata con Microscopia Elettronica a Scansione corredata da microanalisi EDXS (SEM+EXDS). Il volume d'aria campionato è di circa 4700 l, il filtro utilizzato



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

ha un diametro di 47 mm con una superficie pari a 961,6 mm<sup>2</sup>, e la superficie esplorata dal filtro è di 1,27 mm<sup>2</sup> ( secondo D.M. 6/9/94). Con questi parametri si ottiene dunque un limite di rilevabilità pari a <0,16 ff/l.

Nel corso dell'anno 2012, nella fase quindi *ante-operam* su un totale complessivo di 675 rilievi eseguiti, sono stati riscontrati un totale di 53 campioni positivi, con fibre di Tremolite, (pari al 7,9% del totale) distribuiti su tutte le stazioni, con concentrazioni che hanno raggiunto il valore massimo di 0,79 ff/l, concentrazione inferiore alla soglia ambientale di Attenzione e di Intervento (secondo prescrizione CIPE 86/2010 n.81).

Nel corso dell'anno 2013, su un totale di oltre 190 misure, i campioni totali positivi sono risultati essere 4 per fibre di Crisotilo (pari al 2% del totale), con un range di concentrazione massimo che non ha superato le 0,32 ff/l, quindi inferiore alla soglia ambientale definita di 1 ff/l.

Per quanto riguarda il 2014 su più di 400 rilievi, ne sono risultati positivi 17 (pari al 3,8% del totale), di cui 14 nelle due stazioni ubicate attorno al perimetro esterno dell'area cantiere. Solo in un caso, nel giorno 23/01/2014, è stato rilevato un superamento della soglia ambientale di Attenzione/Intervento (1,27 ff/l Crisotilo), non ulteriormente riscontrato nei rilievi successivi nel corso dell'anno 2014 presso la stessa o altra stazione di monitoraggio.

Nonostante l'irrilevanza del dato sotto il profilo sanitario si è ritenuto comunque utile verificare l'eventuale presenza di amianto nell'area interna di attività, nei giorni immediatamente precedenti il riscontro. Dall'analisi dei report di monitoraggio interno al cantiere, che riguardano il cunicolo, l'amianto aerodisperso sul piazzale antistante l'imbocco del cunicolo, l'analisi dei cumuli, l'analisi sul sondaggio in avanzamento, nonché campionamenti personali sui lavoratori all'esterno e all'interno della galleria, non sono stati evidenziati ritrovamenti di amianto, così da far considerare il riscontro positivo del 23/01/2014 come contenuto all'interno della naturale variabilità del parametro misurato.

Per quanto riguarda il 2015, con misure aggiornate al mese di novembre , su un totale di 491 rilievi non si sono verificati superamenti della soglia ambientale di Attenzione/Intervento, con un valore di concentrazione massimo pari a 0,32 ff/l per fibre di Tremolite nel campionamento del 15/04/2015. Sono risultati inferiori al limite di rilevabilità della metodica, in rapporto ai volumi di aria campionata, quasi tutte le analisi, dato che solo 10 campioni su 491 (2 %) sono risultati positivi e con valori o al limite della rilevabilità della metodica, o solo leggermente superiori.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

Nei primi sei mesi del 2016 si riconferma quanto da noi osservato nelle precedenti analisi. Sono stati effettuati un totale di 204 rilievi, in cui non si sono evidenziati superamenti della soglia ambientale di Attenzione/Intervento, con un totale di soli due campioni risultati positivi (0,98%) con una concentrazione di 0,16 ff/l per fibre di Tremolite e Crisotilo, e rilevati presso la stazione di monitoraggio del perimetro cantiere. Le restanti analisi sono risultate inferiori al limite di rilevabilità della metodica.

I rilievi esaminati hanno evidenziato nella stragrande maggioranza dei casi solo materiali fibrosi non riferibili all'amianto (silicati fibrosi) e di natura organica.

### **Particolato aerodisperso**

Il monitoraggio del Particolato è stato effettuato con un sistema di 5 stazioni distribuite sul territorio:

1: A5 – Comuni di CHIOMONTE-GRAVERE:

staz A5.20b Gravere – Centro sportivo S. Barbara

staz A 5.4 Chiomonte – Fraz. La Maddalena

staz A5.1b Chiomonte – Scuola Elementare

2 A3 – Comune di SUSÀ:

staz.A 3.1b Susa – Savoia, Scuola Media

3: A6 – Comune di GIAGLIONE:

staz.A 6.6 Giaglione – S. Rocco

Sono stati monitorati fin dalla fase di *ante-operam* (misurazioni iniziate il 16/03/2012) i livelli di PM10, con un totale di 5713 misure disponibili fino al giugno 2016. Il PM 2.5 è stato monitorato solo nel periodo compreso tra gennaio e giugno 2013 e poi il controllo è stato sospeso in quanto non sono mai state evidenziate situazioni di criticità ambientale. I valori medi sono infatti risultati sovrapponibili a quelli del periodo *ante-operam*, e come tali sostanzialmente attribuibili alle emissioni da traffico veicolare esterno, indipendente dalla attività di cantiere.

Per quanto riguarda i valori di PM10, su specifica richiesta dell'Ente di Controllo, si è passati dal 10 luglio 2013 da un monitoraggio su tre giorni consecutivi, con cadenza quindicinale, ad una modalità di rilevamento continuo sequenziale sulle 24 h, su tutte le stazioni di monitoraggio.

E' stato inoltre attivato presso la stazione A5.4 di Chiomonte, compresa nell'area di presidio che include l'area di cantiere un controllo continuo strumentale mediante l'impiego di un sistema



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

automatico contaparticelle GRIMM. La scelta è determinata dalla necessità di acquisire gli andamenti tendenziali delle concentrazioni di PM10 in un'area particolare, quale quella di cantiere, in cui le concentrazioni di particolato potrebbero essere maggiori a seguito della risospensione di materiale particellare prodotto dall'attività di cantiere stessa.

Ad oggi questo sistema automatico ha fornito oltre 22 mila misure.

L'area di cantiere e la zona perimetrale strettamente limitrofa monitorata dalla stazione A5.4 costituiscono un sito particolare per cui non sarebbe applicabile il limite normativo previsto dal D.Lgs 155/10 in quanto, data la stretta prossimità all'area di lavoro, il sito è caratteristico della sola situazione locale e non può essere rappresentativo della esposizione della popolazione.

In quest'ottica debbono essere interpretati i risultati dei campionamenti di particolato fine relativi al 2013. Infatti solo nella stazione di rilevamento A5.4 sono stati registrati, nel corso del 2013, 50 superamenti del valore limite di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , rispetto ai 35 consentiti dalla norma per gli ambienti di vita. Negli altri punti di campionamento, pur osservando un numero totale di superamenti annuali leggermente superiore a quelli registrati nel 2012, non è stato raggiunto il numero complessivo di "sforamenti" annuali previsto dalla legge.

Nel complesso le concentrazioni medie annuali sono state sostanzialmente sovrapponibili alle concentrazioni medie rilevate nella fase *ante-operam* sulle medesime stazioni di monitoraggio. Infatti in entrambe le fasi di generale controllo i valori medi annuali sono risultati ampiamente inferiori alla soglia fissata dalla normativa a 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sull'anno civile per gli ambienti di vita.

Per quanto riguarda i dati disponibili per il 2014 corso d'opera non sono stati osservati, per ogni singola stazione, superamenti dei valori medi annuali di concentrazione di PM10 consentiti, con valori medi annuali inferiori a quelli rilevati nel corso del 2013 e in fase *ante-operam*. I superamenti di soglia di concentrazione di PM10 sulle 24h sono stati in numero lievemente maggiore rispetto ai valori del 2012, ma senza che in alcuna stazione venisse oltrepassato il limite massimo di 35 superamenti su anno civile.

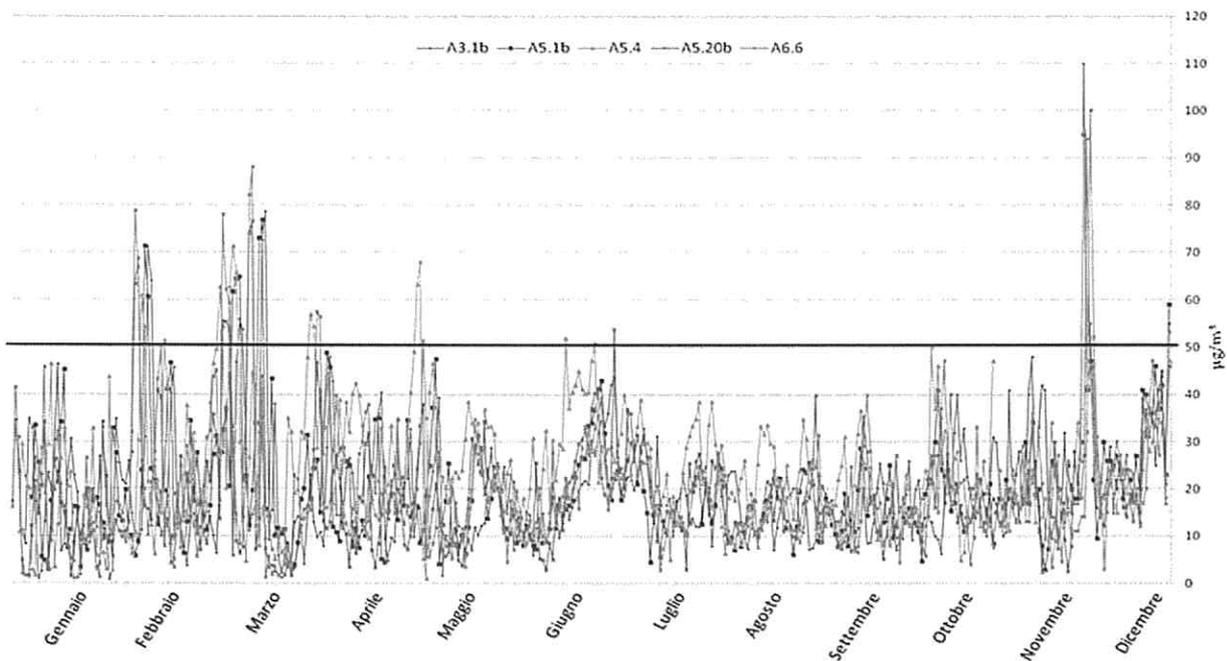
Per l'anno 2015 sono risultate disponibili oltre 1783 misure; nelle 5 stazioni di monitoraggio sono stati evidenziati alcuni superamenti di soglia. I superamenti sono distribuiti nel modo seguente: 10 superamenti per la stazione Susa-Savoia, 9 per la stazione di Chiomonte-Scuola, 9 per la stazione Gravere-S. Barbara, e 14 per la stazione di Giaglione-S.Rocco. Questi superamenti hanno rispecchiato l'andamento regionale.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Nella stazione A5.4 di Chiomonte-Fraz. La Maddalena sono stati registrati 15 superamenti, ma vista la stretta prossimità al cantiere di questo centro di campionamento ne risulta condizionata la rappresentatività rispetto agli ambiti di vita generale. Nel mese di maggio presso questa stazione sono stati registrati alcuni superamenti consecutivi, non riscontrati anche a livello dell'analisi comparativa regionale, ed è stata aperta una procedura di anomalia (di 3 giorni), risoltasi a seguito di precipitazioni atmosferiche.

I valori registrati in occasione dei superamenti del limite di  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in fase di corso d'opera sono risultati compresi nel range  $50,8-110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e il numero complessivo dei superamenti per stazione di rilevamento risulta inferiore al limite normativo fissato a un massimo di 35 superamenti su anno civile (figure 1 e 2).



**Figura 6.** Grafico rappresentativo dell'andamento mensile dei rilevamenti per singola stazione nel corso del 2015. Limite normativo fissato a  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

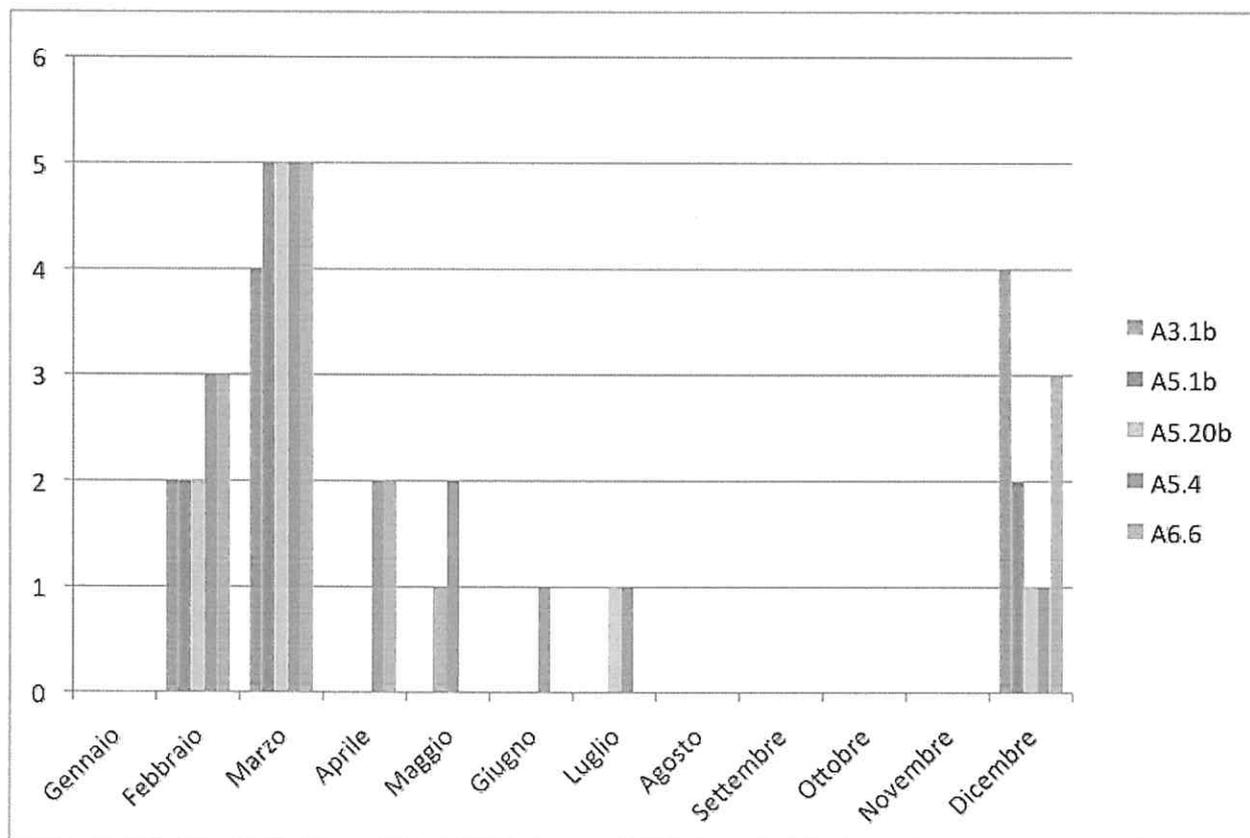


Figura 7. Numero di superamenti mensili per stazione di monitoraggio nell'anno 2015. Il valore limite di superamenti consentito è di **35 superamenti**/anno civile

Nel complesso le concentrazioni medie annuali appaiono sostanzialmente sovrapponibili alle concentrazioni medie rilevate nella fase *ante-operam* sulle medesime stazioni di monitoraggio, ad un livello decisamente inferiore rispetto a quello osservato nelle stazioni urbane della città di Torino. Infatti in entrambe le fasi di generale controllo, i valori medi annuali sono risultati ampiamente inferiori alla soglia fissata dalla normativa a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sull'anno civile per gli ambienti di vita.

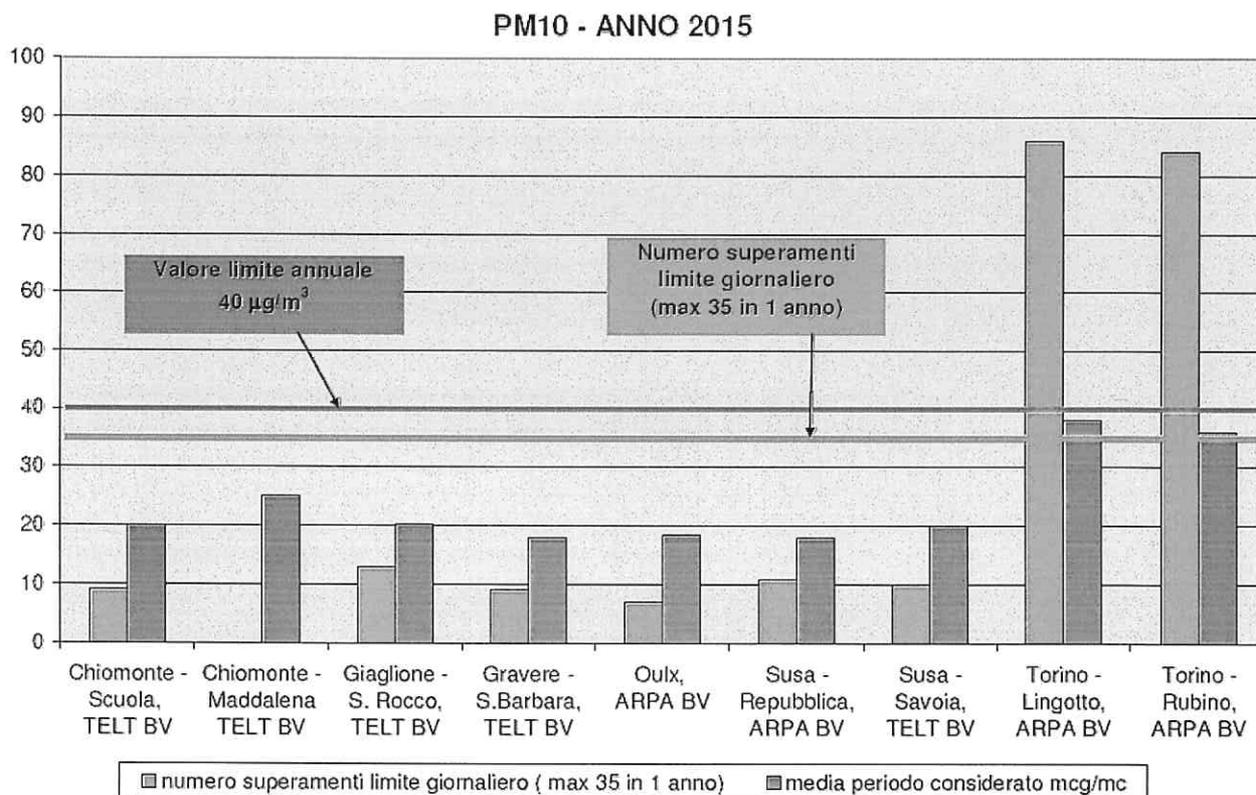
Unico dato anomalo da evidenziare rispetto alle zone geografiche vicine e all'andamento regionale del PM10 sono risultati essere i valori registrati nel giorno 5 dicembre 2015 (range 94-110). Sono state svolte indagini al fine di comprendere se tale determinazione fosse riferibile ad attività di cantiere, senza riscontro di particolari o intensificate attività di scavo. Si segnala che in tale data nell'area di osservazione, si è svolta una manifesta zione di cittadini non favorevoli all'esecuzione dell'opera.

Nei giorni successivi vi si è osservato il pronto rientro dei valori al di sotto i limiti stabiliti.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Da rilevare come i livelli ambientali di PM10 registrati presso la Stazione di riferimento ARPA di Susa-Repubblica siano sempre risultati in buona correlazione con gli andamenti registrati presso la staz.A3.1b-Susa-Scuole medie, già dalla fase *ante-operam*.



**Figura 8.** PM10 Anno 2015, numero di superamenti limite giornaliero e valori medi annuali stazioni TELT confrontate con quelle della rete pubblica di Arpa in Val Susa e Torino (stazioni di fondo urbano). (FONTE ARPA)

In questa prima parte del 2016 sono stati effettuate 862 misure; nella stazione di monitoraggio A5.4, Chiomonte-Fraz. La Maddalena, la più prossima al cantiere e quella in cui si erano registrati il maggior numero di superamenti durante le precedenti analisi, si sono verificati solo 4 superamenti della soglia di concentrazione massima sulle 24 h di 50 µg/ m<sup>3</sup>, 5 per le stazioni A3.1b Susa-Savoia, A5.1b Chiomonte-Scuola e A 6.6 Giaglione-S.Rocco,e 3 per la stazione A5.20b Gravere-S. Barbara.

Ricordiamo infine che il monitoraggio del PM 2.5 è stato effettuato da gennaio fino a giugno 2013, poi non essendosi evidenziati scostamenti rispetto ai valori medi del periodo *ante-operam*, in



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

accordo con gli Enti di Controllo, è stato sospeso. I rilievi sono infatti risultati sovrapponibili all'*ante-operam* e in quanto tali attribuibili quindi alle emissioni da traffico veicolare esterno e non alle attività di cantiere.

### Qualità dell'aria

Il controllo della qualità dell'aria è stato effettuato con una rete di 4 stazioni così distribuite sul territorio:

staz A5.20b Comune di GRAVERE – Centro sportivo S. Barbara

staz A 5.4 Comune di CHIOMONTE – Fraz. La Maddalena

staz A5.1b Comune di CHIOMONTE – Scuola Elementare

staz A3.1b C Comune di SUSA – Savoia, Scuola Media

Tramite campagne di campionamento con Laboratorio Mobile, dotato di strumentazione di misura in continuo, è stato condotto il monitoraggio dei seguenti inquinanti atmosferici: Monossido di Carbonio (CO), Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>), Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub>) Benzene, Ozono.

Dalla fase *ante-operam* al giugno 2016 sono state effettuate oltre 17 mila misurazioni di questi agenti.

In tutte le campagne non si sono registrati, per queste sostanze, significativi scostamenti dalle concentrazioni ambientali né rispetto alle soglie ambientali fissate a norma di legge, né rispetto alla situazione analizzata e verificata nella fase *ante-operam*.

Sulla base di questi risultati, per disposizione di ARPA Piemonte, a partire dal luglio 2014 il monitoraggio è stato limitato a Ossidi di Azoto e Benzene. Anche in questi mesi del 2015 non sono stati osservati superamenti del limite di soglia fissato per il Benzene a 5 µg/m<sup>3</sup>. Tale limite è un valore medio annuale ma la tendenza registrata sta confermando i risultati degli anni precedenti.

Le misure ad oggi disponibili di NO<sub>2</sub> sono inferiori alla soglia massima oraria di 200 µg/m<sup>3</sup>. Riguardo agli NO<sub>x</sub> erano stati evidenziati alcuni superamenti del limite nel 2013, nel 2014 (in corso d'opera) presso la stazione A5.4, ripetutisi anche nel 2015 (valore max 1h 354,3 µg/m<sup>3</sup> il 04 novembre 2015) ma non sono stati considerati come valori anomali correlati all'attività di cantiere



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

in quanto erano analoghi a valori determinati nella fase *ante-operam* (valore max 1 h 799,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). In questi primi mesi del 2016 non si sono verificati ulteriori superamenti.

I valori riguardanti l'Ozono sono stati confrontati con i diversi valori soglia di riferimento (Informazione 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per 1 h; Allarme 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  per 1 h; valore bersaglio soglia di protezione umana 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , max 8h). Sono stati registrati solo pochi superamenti della soglia di Informazione (2 nel corso del 2013, 8 nel 2014 presso la stazione A3.1b e un superamento nell'anno 2013 nella stazione A5.1b). Valori superiori a questo limite di soglia si erano verificati anche durante la fase *ante-operam* nel 2012, in misura anche maggiore, sia nelle stesse stazioni elencate sia negli altri punti di monitoraggio. Per questo motivo questi dati non sono stati considerati come anomali e correlabili all'attività di cantiere. E' importante sottolineare come non siano stati, comunque, mai osservati, durante l'intero periodo di monitoraggio, superamenti della soglia di Allarme prevista (240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

All'interno del piano di monitoraggio della qualità dell'aria sono state inoltre effettuate una serie di misure su altri potenziali inquinanti, che comprendevano, in particolare analisi sulla presenza di Idrocarburi Policiclici Aromatici e Metalli sui campioni di PM10 prelevati durante le campagne di monitoraggio. Le analisi disponibili riguardano 9 misure per la fase *ante-operam*, 7 per il 2013, 6 per il 2014 e 6 per quanto riguarda il 2015 e 1 per i primi mesi del 2016: non sono stati evidenziati scostamenti rispetto ai limiti di normativa ambientale per Benzo(a)Pirene (1ng/  $\text{m}^3$ ), Arsenico (6ng/  $\text{m}^3$ ), Nichel (20 ng/  $\text{m}^3$ ) e Piombo (0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) né rispetto alla fase *ante-operam*.

### **Deposizioni**

Il Rateo di Deposizione (deposimetri Bulk per periodi di esposizione discreti di 30 giorni) per polveri sedimentabili, Benzo(a)Pirene e metalli (in particolare Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo), è stato misurato nelle stazioni A 5.4 Comune di CHIOMONTE – Fraz. La Maddalena e A5.1b Comune di CHIOMONTE – Scuola Elementare, nella fase *ante-operam* e solo nella stazione A5.4 in corso d'opera.

Su un totale di 20 misure valutabili, sia per i primi mesi del 2016, sia per gli anni 2015, 2014 e 2013 non sono state rilevate anomalie per i valori di deposizione dei metalli; si sono verificati alcuni superamenti saltuari del valore limite proposti da alcuni paesi della Comunità Europea per quanto



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

riguarda il Nichel, ma le misurazioni osservate non hanno presentato variazioni significative rispetto ai valori osservati in fase *ante-operam*.

Anche i Ratei di deposizione del benzo(a)Pirene rientrano mediamente entro i valori guida indicati dall'Istituto Superiore di Sanità (range 1,9-5,7 ng/m<sup>3</sup>), a parte alcuni superamenti isolati, quale quello rilevato nella campagna di marzo 2016 che ha evidenziato una concentrazione superiore rispetto all' *ante-operam* e ai valori guida indicati dall'Istituto Superiore di Sanità, presumibilmente da attribuirsi secondo TELT a emissioni da processi di combustione estranee all'attività di cantiere in quanto non risultano più intense rispetto ai periodi di osservazione precedenti. Si ritiene comunque che tale parametro dovrà essere attentamente valutato sotto il profilo temporale per comprendere al meglio se trattasi di un trend specifico o se di un valore anomali isolati, con rientro ai rilievi successivi come successo negli scorsi anni di corso d'opera.

## Rumore

Per quanto riguarda il monitoraggio della componente rumore è stato attivato un assetto di sorveglianza che contempla la misura del Rumore Cantiere sui periodi diurni e notturni con cadenza mensile o bimestrale (cadenza mensile per le stazioni A5.1b, A5.21 e A5.23 in modo bimestrale per le stazioni A5.Met2 e A 6.6.) su 5 stazioni distribuite sul territorio, ognuna delle quali con valori limite di immissione differenziati in base alla zona di appartenenza:

1: A5 – Comune di CHIOMONTE:

staz A5.21 Regione Balme, Azienda Agricola

valori limite: Diurno 55 dB(A) / Notturmo 45dB(A);

staz A5.1b Scuola Elementare

valori limite: Diurno 50 dB(A) / Notturmo 40 dB(A)

2 A3 – Comune di GRAVERE:

staz.A 5.Met2 –Molaretto

valori limite: Diurno 60 dB(A) / Notturmo 50 dB(A);

3: A6 – Comune di GIAGLIONE:

staz A5.23 Borgata Clarea

valori limite: Diurno 55 dB(A) / Notturmo 45 dB(A);



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

staz.A 6.6 S. Rocco

valori limite: Diurno 60 db(A) / Notturmo 50 dB(A).

Per quanto riguarda la componente rumore sono risultati valutabili fino a giugno 2016 un totale di 351 misure.

Rispetto ai valori limite di zona fissati a norma di legge, nel corso del 2013 si sono osservati alcuni superamenti sia nel periodo diurno sia in quello notturno: nelle stesse stazioni erano stati evidenziati, già nella fase *ante-operam*, alcuni superamenti, in numero minore, tranne che per la stazione A6.6 dove risultavano in numero maggiore (3 superamenti notturni nel 2012).

Anche nel 2014 si è confermata la tendenza ad un maggior numero di superamenti rispetto alle misure rilevate nella fase *ante-operam*, nei medesimi punti di monitoraggio.

A seguito di questi rilievi sono state condotte analisi al fine di verificare se questi superamenti siano riferibili ad attività di cantiere o dipendano da altri fattori correlabili a fonti di immissione locale di diversa natura (esempio scorrimento acque Torrente Clarea).

Rispetto a quelli precedenti sono risultati sostanzialmente invariati i livelli equivalenti medi sia diurni che notturni calcolati durante la fase di corso d'opera.

Nel corso del 2015 rispetto ai valori limite di zona fissati a norma di legge su un totale di 97 misure totali, sono stati registrati 13 superamenti diurni (valore max 56,5 dB-limite 50 dB) e 22 notturni (valore max 59,5 dB-limite 40 dB) presso la stazione A5.1b. Il livello diurno risulta mediamente in linea con il livello della precedente fase *ante-operam*, e il dato è sovrapponibile alle registrazioni effettuate nell'anno precedente; l'analisi approfondita delle registrazioni fonometriche ha consentito di attribuire questi superamenti ad immissioni acustiche da fonti antropiche della zona, indipendenti dall'attività di cantiere. Analoghe considerazioni possono essere espresse per gli altri superamenti registrati presso le stazioni A5.21 (21 diurni con valore massimo 64,5 e di 22 notturni, con valore massimo 58), in cui il range di valori diurni e notturni riscontrato è in gran parte sovrapponibile con quello di *ante-opera*. Presso la stazione A5Met2 (1 notturno di 53) il superamento rilevato è imputabile secondo i rapporti EDF-Fenice a condizioni meteo non favorevoli.

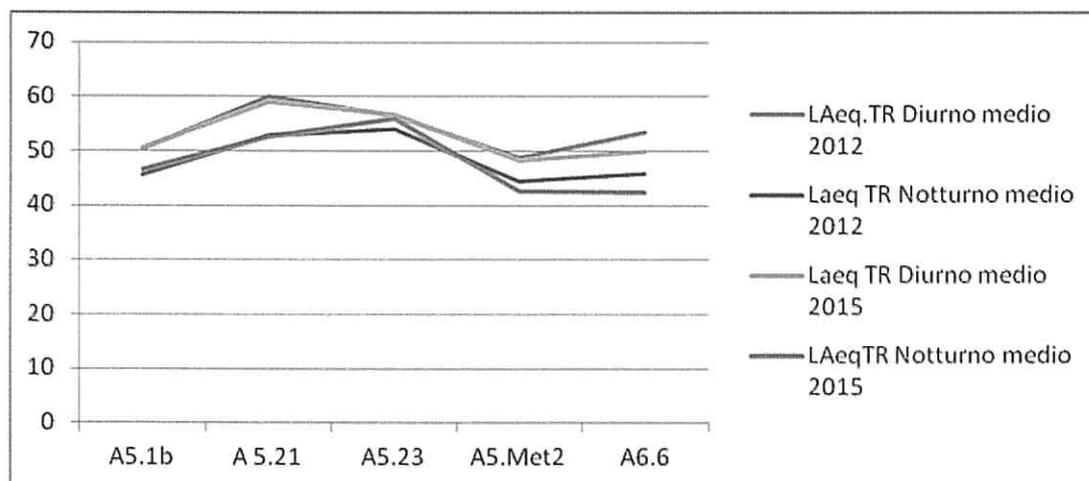
Tutti i superamenti riportati dunque, allo stesso modo di quelli verificatisi negli anni precedenti, risultano essere influenzati in modo significativo dalle attività antropiche locali, dal traffico ferroviario, veicolare e da fattori ambientali. Nessun superamento si è registrato presso la stazione A6.6.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Per quanto riguarda la stazione A5.23 si sono registrati alcuni superamenti della soglia di Attenzione e complessivamente i superamenti dei valori limite sono risultati 8 diurni (valore massimo 58,5) e 13 notturni (valore massimo 59,5). I valori rilevati nel periodo diurno sono compatibili con il periodo *ante-operam*, mentre nel periodo notturno si è verificato un aumento dei valori, attribuiti principalmente al rumore del vicino torrente Clarea, ad un incremento della portata d'acqua di un rigagnolo vicino alla Borgata Clarea, come confermato da approfondimenti strumentali svolti da Arpa nel mese di dicembre 2015, e al rumore del nastro trasportatore dello smarino all'interno del cantiere. Come per la stazione A 5.23, anche presso la stazione A5.4, (perimetro cantiere) si sono registrati diversi superamenti della soglia di Attenzione con valori massimi nel 2015 di 65 dB in fascia notturna e 58 dB in fascia diurna. Dalle indagini condotte si è ipotizzato che il rumore possa riconoscere una componente legata all'attività di cantiere, in particolare legata all'utilizzo del nastro trasportatore per la movimentazione dello smarino dal fronte di scavo alle piazzole di campionamento. In data 17/11/2015 è stato ultimato un intervento tecnico volto all'insonorizzazione di questa parte dell'impianto mediante barriere che contengano l'immissione acustica derivante dalla tramoggia per il vaglio dello smarino.

Globalmente i livelli equivalenti medi sia diurni che notturni calcolati durante la fase di corso d'opera 2015 sono risultati sostanzialmente invariati rispetto alla fase *ante-operam*.



**Figura 9.** Rappresentazione grafica della media annuale della componente rumore per singola stazione di monitoraggio nel corso della fase *ante-operam* (anno 2012) e in corso d'opera (2015).



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

In questi primi mesi del 2016 si è riconfermato il trend dei superamenti degli anni precedenti nella misura di: 3 superamenti diurni (valore max 58,5 dB-limite 55 dB) e 11 notturni (valore max 55,5 dB-limite 45 dB) presso la stazione A5.21; 7 superamenti diurni (valore max 52 dB-limite 50 dB) e 11 notturni (valore max 50 dB-limite 40 dB) presso la stazione A5.1b; 2 superamenti diurni (valore max 58,5 dB-limite 55-dB) e 7 notturni (valore max 59 dB-limite 45 dB) presso la stazione A5.23. Nessun superamento si è registrato presso la stazione A5 Met2 né presso la stazione A6.6.

Per quanto riguarda la stazione A5.23 si sono registrati nuovamente diversi superamenti della soglia di Attenzione, così come presso la stazione A5.4. Gli interventi di mitigazione del vaglio/trasportatore utilizzato per la movimentazione dello smarino sono stati completati il 17/11/2015, ma risultano in corso verifiche per identificare quali ulteriori sorgenti inducano il superamento. Sembrano essere possibili ulteriori fonti di rumorosità l'impianto di rinfrescamento aria e ventola imbocco cunicolo, la movimentazione terra e materiali ferrosi con escavatore, o il traffico veicolare.

Tutti i superamenti riportati presso le altre stazioni, allo stesso modo degli anni precedenti, risultano essere influenzati in modo significativo dalle attività antropiche locali, dal traffico ferroviario, veicolare e da fattori ambientali.

E' stata inoltre monitorata la componente Rumore Traffico (valori limite Diurno 70 dB/Notturmo 60 dB) con misurazioni presso un unico punto recettore nel Comune di SUSA:

1: staz.A 3.1b Susa – Savoia, Scuola Media

Dall'analisi dei dati di monitoraggio si ricava che non si siano riscontrate anomalie nel corso del 2013, così come nel corso del 2014, del 2015 e di questi primi mesi del 2016, rispetto ai valori registrati nella fase *ante-operam*, senza alcun superamento rispetto ai valori limite di riferimento, tranne due sole misurazioni del marzo 2015 e del settembre 2015, dove è stato riscontrato un lieve superamento di soglia, con 60,5 dB raggiunti, rispetto ai 60 previsti dai valori limite.



## Vibrazioni

La rete di monitoraggio per le vibrazioni ha previsto una registrazione in continuo su finestre temporali diurne e notturne mediante strumentazione accelerometrica sviluppata sui tre assi longitudinale, trasversale e verticale presso 3 stazioni distribuite sul territorio:

1: A5 – Comune di CHIOMONTE:

staz A 5.4 – Fraz. La Maddalena

staz A5.2 – Museo Archeologico in Frazione La Maddalena

2: A6 – Comune di GIAGLIONE:

staz A5.23 Borgata Clarea

I valori limite fissati risultano essere  $7.2 \text{ mm/s}^2$ , come limite abitazioni nella finestra diurna e  $5.0 \text{ mm/s}^2$  come limite per le abitazioni nella finestra notturna.

Rispetto alle misurazioni effettuate nel corso dell'anno 2012, durante la fase *ante-operam*, in cui non si erano evidenziati superamenti dei limiti di normativa ambientali sia per la finestra diurna che per quella notturna, nel corso del 2013, precisamente durante il mese di luglio nelle stazioni A.5.4 e A5.2 si è osservato un lieve superamento della soglia riferita al periodo diurno per le abitazioni (7.65 e 7.60 per la sola componente verticale).

Il dato è stato riferito alla contemporanea attività di scavo del cunicolo con martellone e lavorazioni di consolidamento del terreno sull'area del sito di deponia mediante sistemi di iniezione ad alta pressione in situ di miscele leganti seguite nella fase di avvio delle operazioni di scavo.

Non si sono rilevati invece superamenti sia delle soglie limite stabilite dalla normativa UNI 9614 per le abitazioni, sia dei valori limite disposti dalla normativa UNI9916 per edifici residenziali e costruzioni simili, né durante il corso dell'anno 2014, e neanche per quanto riguarda le 25 misurazioni diurne e notturne disponibili per l'anno 2015, e le 12 misurazioni disponibili per i primi mesi di questo 2016.



## Radiazioni

Nel piano di monitoraggio ambientale per il progetto del cunicolo esplorativo de La Maddalena è stato previsto anche il monitoraggio della Radioattività Naturale sia sulla matrice atmosfera sia sulle risorse idriche, rilevata attraverso alcuni indicatori quali :

- Emissioni di particelle  $\alpha$  e  $\beta$  totali sul Particolato Totale Aerodisperso ed attività  $\gamma$  monitorati presso stazione del Comune di CHIOMONTE A5.4 - Frazione La Maddalena stazione A7.1 Forte di Exilles;
- Emissioni di particelle  $\alpha$  e  $\beta$  sulle risorse idriche (stazioni di monitoraggio indicate al fondo del paragrafo)
- Gas Radon monitorato presso la stazione del Comune di CHIOMONTE A5.4 - Frazione La Maddalena

Per quanto riguarda la matrice atmosfera è stato previsto un monitoraggio in continuo durante le attività di scavo con prelievo settimanale del campione e con interruzione durante i periodi di non attività di scavo, in quanto periodi senza mobilitazione di materiali eventualmente contenuti Radionuclidi.

Secondo i dati analizzati, su un totale di 545 misure valutabili, si è verificato un superamento della soglia di attenzione, a cavallo del livello notificabile (secondo raccomandazione EURATOM 473/2000) dell'emissione di particelle  $\alpha$  durante l'attività di scavo (in particolare nel periodo marzo-dicembre 2013) presso la stazione A5.4 a ridosso del cantiere (valore riscontrato  $0,553 \pm 0,113$  mBq/m<sup>3</sup> rispetto al limite di 0,5 mBq/m<sup>3</sup>); analogo superamento era stato segnalato anche durante la fase di non scavo *ante-operam*.

Per quanto riguarda gli anni 2014 e 2015 e questi primi mesi del 2016 non si sono riscontrati ulteriori superamenti dei livelli di attenzione stabiliti per emissione di particelle  $\alpha$  e  $\beta$ .

La valutazione dell'attività  $\gamma$  è stata basata su 107 misurazioni e non è stata riscontrata nessuna anomalia. Il range di valori rilevati mediante spettrometria è sempre risultato ampiamente inferiore ai livelli stabiliti, e sovrapponibile a quanto misurato nel periodo precedente all'attività di scavo. Tutte le analisi condotte sui filtri per monitorare la radioattività nel particolato atmosferico hanno fornito valori tipici del fondo. Le analisi dei filtri per particelle aerodisperse non hanno quindi rivelato la presenza di livelli di radioattività anomali e attribuibili alle attività di cantiere.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

Per quanto riguarda il Gas Radon è stato attuato un piano di monitoraggio in continuo presso la stazione A5.4 (prossimità cantiere) durante la fase scavo (mentre in fase di *ante-operam* sono state effettuate anche misurazioni presso la stazione A5.1b-Chiomonte Scuole Elementari): non sono stati evidenziati valori superiori al livello di attenzione fissato dall'Ente di controllo durante l'attività di scavo nel corso del 2013, con valori paragonabili a quanto registrato in fase di *ante-operam*. Nel 2014, nel periodo compreso fra l'ottava e l'undicesima settimana, è stato rilevato un superamento del livello di attenzione, fissato a 40 Bq/m<sup>3</sup> con il raggiungimento del valore massimo di  $43,8 \pm 7,7$  Bq/m<sup>3</sup>. Tale valore è sensibilmente inferiore agli 80 Bq/m<sup>3</sup> fissati come soglia di intervento. Sono stati comunque condotti accertamenti per valutare la congruità del dato analitico e, secondo i risultati dell'indagine condotta dai tecnici di LTF-TELT l'anomalia rilevata sarebbe stata determinata da un non idoneo posizionamento del sistema di misura, ubicato all'interno della zona uffici del cantiere, in locali non adibiti a luogo abitabile, non ventilati. Lo strumento è stato successivamente posizionato in una struttura esterna e non sono stati riscontrati superamenti del livello di attenzione.

I valori medi delle concentrazioni di Radon rilevati durante tutta la fase di corso d'opera dell'anno 2013 e 2014 sono ampiamente attestati al di sotto del livello di attenzione. Queste osservazioni, basate su circa 1400 misurazioni, hanno indotto a sospendere dalla fine dell'anno 2014 il monitoraggio delle concentrazioni di Gas Radon in aria. Tale decisione è stata assunta in confronto e con il parere favorevole degli Enti di Controllo, in quanto non si è verificata alcuna reale anomalia della situazione ambientale.

Dall'analisi comparativa dei report redatti da TELT sugli esiti dei monitoraggi in galleria i livelli di Gas Radon registrati sono risultati bassi, inferiori alla media della regione Piemonte, tutti nell'ambito dei limiti normativi.

Per ciò che riguarda la Radioattività Naturale si è deciso di monitorare le emissioni di particelle  $\alpha$  e  $\beta$  anche sulle risorse idriche, sia superficiali sia sotterranee.

Per quanto riguarda le acque superficiali i controlli mensili (esclusi i mesi di settembre, ottobre e dicembre 2013 per sospensione dell'attività di scavo) sono stati effettuati sulla Dora Riparia nei seguenti punti di monitoraggio:

ASP-031, T.Dora Riparia, valle discarica Colombera /monte confluenza Clarea

ASP-032, T.Dora Riparia, valle confluenza Clarea.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Per quanto riguarda il controllo delle acque sotterranee è stata definita una campagna di campionamenti trimestrali (marzo, giugno, settembre e dicembre) individuando i seguenti punti acqua della rete Maddalena :

- AST - 010 - Pratovecchio (comune di GIAGLIONE)
- AST - 011 - Boscocedrino (Comune di GIAGLIONE)
- AST - 012 - Vasca Supita (Comune di GIAGLIONE)
- AST - 218 - Greisone (Comune di GIAGLIONE)
- AST - 222 - Verger (Comune di CHIOMONTE)
- AST - 381 - Chejera (Comune di CHIOMONTE)
- AST - 441 - Vasca rottura 2 - Greisone (Comune di GIAGLIONE)
- AST - 446 - S. Chiara (Comune di GIAGLIONE)
- AST - 486 - Vasca Cels (Comune di EXILLES)
- AST - 496 - Pietra Porchera (Comune di CHIOMONTE)
- AST - 500 - Colonia Goranda (Comune di CHIOMONTE)

A partire dal 2015 il monitoraggio delle risorse idriche superficiali è stato eseguito con frequenza bimestrale e semestrale per le acque sotterranee, così come concordato nella riunione con TELT presso il Dipartimento di Ivrea, finalizzata alla ridefinizione del monitoraggio esterno (verbale di riunione Arpa del 10/11/2014).

Dal 2012 ad oggi sono disponibili circa 200 rilievi relativi sia alle risorse idriche superficiali sia sotterranee.

I valori di concentrazione di attività  $\alpha$  e  $\beta$  totale risultano ampiamente inferiori ai valori di *screening* (0,5 Bq/l per l'  $\alpha$  totale e 1 Bq/l per il  $\beta$  totale), che sono i valori superiori di attenzione fissati per particelle  $\alpha$  e  $\beta$  nel piano di monitoraggio, definiti in accordo con gli Enti di Controllo e basati sulle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità. Non si sono mai verificate significative variazioni dei valori registrati in fase d'opera rispetto a quelli *ante-operam*, e non si sono evidenziate variazioni significative dei normali livelli di fondo della radioattività ambientale.



## Acque superficiali

Il piano di monitoraggio ambientale per le risorse idriche superficiali ha previsto il controllo di una serie di parametri, dopo determinazione di valori tipo-specifici, concordati con gli Enti di Controllo, a seguito alla fase *ante-operam* nei seguenti punti:

I parametri analizzati risultano sono i seguenti:

ASP-031, T.Dora Riparia, valle discarica Colombera /monte confluenza Clarea

ASP-032, T.Dora Riparia, valle confluenza Clarea.

ASP-033, T Clarea monte area cantiere

ASP-001, T Clarea valle area cantiere

*Parametri in situ:* Portata, Ossigeno disciolto, Temperatura acqua e aria, Conducibilità elettrica, pH

*Analisi Chimiche:* azoto ammoniacale; azoto nitrico; BOD5; Fosforo totale; COD; Escherichia coli; Ortofosfato; Azoto totale; Durezza totale; Solidi sospesi totali; Cloruri Solfati; tensioattivi non ionici; tensioattivi anionici; solventi aromatici (Benzene Toluene Etilbenzene Xilene); composti organo-clorurati; metalli (Nichel, Cromo, Rame, Zinco, Piombo, Cadmio); Idrocarburi totali;

*Analisi Microbiologiche:* Escherichia coli;

*Analisi Biologiche:* Analisi del macrobenthos con metodo Multi Habitat Proporzionale;

*Analisi Tossicologiche* (aggiuntive occasionali): Test di tossicità acuta con *Vibrio fischeri* e *Daphnia magna*.

Dall'analisi dei dati di controllo valutabili per la fase di corso d'opera del 2013, del 2014, 2015 e questi primi mesi del 2016 si ricava che non sono stati evidenziati particolari scostamenti da quella che era stata la caratterizzazione iniziale in fase *ante-operam*. Il monitoraggio effettuato non ha evidenziato particolari criticità da riferirsi a interferenze sul complesso idrogeologico, costituito dal sistema delle sorgenti lungo il tracciato dell'opera, prodotte dall'attività del cunicolo.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

Per quanto riguarda il parametro Ph i valori inferiori al limite soglia minimo rientrano negli scostamenti reversibili e occasionali, possibili nelle fasi di alternanza di ricarica meteorica e ruscellamento subsuperficiale.

E' stato attuato un monitoraggio con rilievi mensili e trimestrali nel Fiume Dora Riparia. Sono stati rilevati alcuni scostamenti nelle acque campionate riguardo ai parametri relativi ad alcuni metalli quali Magnesio, Potassio, Cadmio e Ferro, ma queste variazioni sono risultate essere presenti a valle ma anche a monte dell'area di cantiere, quindi non associabili all'attività di realizzazione dell'opera

L'Arsenico, la cui presenza è anche stata rilevata nei materiali di scavo, è risultato fuori range solo nella sezione di valle nella campagna di ottobre 2013, mentre per il Fosforo totale è stato registrato un valore fuori ambito di riferimento, sia a monte sia a valle, nella campagna di settembre 2014.

I superamenti della forchetta dei valori soglia per le risorse idriche superficiali hanno coinvolto alternativamente parametri quali la temperatura dell'acqua, l'ossigeno disciolto, il potenziale redox, portata del corpo idrico, ma sono risultati al di sotto del valore massimo riscontrato nelle serie storiche. Il complesso dei dati pertanto non evidenzia particolari criticità a carico delle due stazioni lungo l'asta fluviale, e gli scostamenti sono risultati essere riferibili a fattori ambientali locali, come condizioni meteo climatiche del periodo (alte temperature), o di lieve entità, compatibili con l'incertezza di misura.

Unico superamento dei valori massimi ammessi si è riscontrato nel giugno e luglio 2015 a carico del parametro "*Temperatura dell'acqua*" in entrambe le stazioni, quasi sicuramente imputabili alle condizioni climatiche. L'entità di tale superamento si è più evidenziato nei periodi successivi.

Nel mese di marzo 2016 si sono verificati valori anomali del parametro "potenziale redox" delle stazioni sia a monte che a valle del cantiere del cantiere, per cui è stata eseguita pronta verifica del parametro che ha confermato per entrambe le stazioni il rientro del parametro e i limiti della forchetta analitica di soglia (120-161 mV); la presenza dell'anomalia sia a monte che a valle esclude il coinvolgimento delle attività di cantiere, probabilmente da mettere in relazione con variazioni istantanee della portata del corpo idrico.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

E' stato inoltre effettuato un monitoraggio delle risorse idriche del Torrente Clarea, dal mese di ottobre 2013 fino al mese di giugno 2014, al fine di indagare le condizioni idriche ambientali a seguito della segnalazione di una moria di pesci nei pressi dell'area di cantiere avvenuta a fine 2013. Non sono state rilevate alterazioni dei parametri considerati.

### **Acque sotterranee**

Il piano di monitoraggio delle acque sotterranee ha fornito, al momento, indicazioni sovrapponibili ai controlli eseguiti in fase *ante-operam*. I valori soglia stabiliti per il monitoraggio sono stati un valore medio tra tutte le sorgenti.

Nell'ambito di una valutazione preliminare non si sono riscontrate anomalie particolarmente significative nelle serie di dati disponibili rilevati con frequenza mensile (nella maggior parte delle captazioni) e in continuo (nella stazione in telecontrollo di Boscocedrina). Si segnalano durante il corso d'opera (del 2013, 2014, 2015, primi mesi 2016) alcuni superamenti della forchetta del range tipo-specifico coinvolgono i parametri ossigeno disciolto, pH e potenziale redox, ma al di sotto del valore massimo riscontrato nelle serie storiche; il complesso dei dati pertanto non evidenzia particolari criticità, e gli scostamenti non sono risultati però essere riferibili a pressioni del cantiere esercitate sulle risorse idriche, bensì a fattori ambientali locali, come locali turbolenze nel punto di misura per il parametro Ossigeno disciolto, oscillazioni dei valori conseguenti ad impulsi di ricarica per gli apporti meteorici per Solfato e Cloruri, non discostandosi comunque, dai valori di superamenti già rilevati durante la fase *ante-operam*.

Sono stati inoltre evidenziati alcuni superamenti in corso d'opera dei valori massimi per le risorse idriche sotterranee del parametro Conducibilità. A tale riguardo si rimarca che tre delle quattro sorgenti dove si sono verificati i superamenti (AST\_ 677, 697 e 712) sono ubicate sul versante opposto della vallata (rispetto al posizionamento del cantiere) e insistono su di un substrato geologico caratterizzato da condizioni litologiche e idrogeologiche specifiche e distinte rispetto alle restanti sorgenti poste in sinistra orografica. L'esame dei dati *ante-operam* ha consentito di considerarli compatibili con i valori emersi durante le campagne di monitoraggio tenuto conto della variabilità idrogeologica del parametro.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

Infine si ricorda che stante le peculiari condizioni litologiche delle singole sorgenti, è in corso una revisione delle soglie relative con relativa ridefinizione dei limiti di ammissibilità analitici.



## DATI ANAGRAFICI E SANITARI

In questo periodo sono state condotte attività prevalentemente tese alla individuazione dei dati anagrafici e sanitari disponibili e ad una loro iniziale elaborazione, da una parte per definire il contesto generale (Regione Piemonte, Provincia di Torino, distretto di Susa) in cui l'opera si inserisce e dall'altra per dettagliare a livello di singoli comuni gli eventi sanitari che saranno oggetto della valutazione di impatto sulla salute.

In questa fase l'interesse è stato pertanto rivolto innanzitutto alla ricerca delle fonti pubblicate, alla loro acquisizione ed iniziale analisi, nonché ad alcune prime elaborazioni di tipo generale utili a costruire un quadro di riferimento attendibile. Successivamente, avendo acquisito anche alcune informazioni sanitarie già aggregate a livello di singolo comune sono state effettuate alcune elaborazioni iniziali per saggiare il livello di informazione desumibile dalle notizie a disposizione e le eventuali problematicità presenti.

Si tratta di un lavoro iniziale e propedeutico, di cui nel seguito vengono forniti alcuni elementi esemplificativi, il cui scopo principale è quello di costruire il quadro di riferimento della salute del territorio prima dell'opera: per tale motivo, da una parte ci si preoccuperà prevalentemente di descrivere il percorso effettuato, e dall'altra si proporrà una interpretazione dei dati emergenti che avrà puramente scopi descrittivi.

Le informazioni disponibili si riferiscono ai dati pubblicati dalla Rete Regionale dei Servizi di Epidemiologia della Regione Piemonte, acquisite tramite accesso internet pubblico, nonché ai dati messi a disposizione dalla ASL (o ancora dalla Rete Regionale dei Servizi di Epidemiologia della Regione) e riferiti ad alcuni singoli comuni della Val di Susa.

### **Dati di mortalità: anni 2008-2010**

I dati esemplificativi riportati nel seguito sono tratti dal volume **“La mortalità in Piemonte negli anni 2008-2010”** dell'Osservatorio Epidemiologico Regionale (autori: Dalmaso M, Gnani R, Stroschia M, Amidei A, Falcone U, Migliardi A, Demaria M). Il lavoro contiene una doppia serie di analisi: una analisi per distretto sanitario ed una analisi per singolo comune. La loro valenza risiede nella opportunità di avere a disposizione il contesto più generale della mortalità della Regione



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

Piemonte, negli anni più vicini all'opera in costruzione, sia in forma più macroscopica (il livello di distretto) che in forma microscopica (il livello di comune).

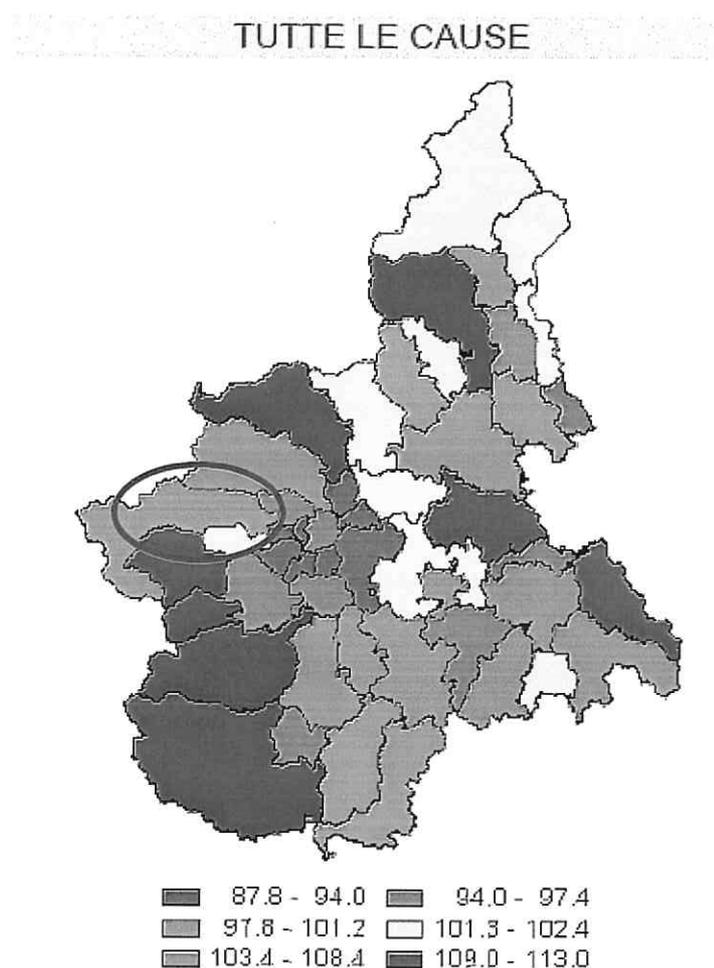
Si omettono qui sia gli aspetti più tecnici, come la costruzione degli indicatori utilizzati, sia le informazioni dettagliate (tabelle) disponibili, per le quali si rimanda al documento citato.

Le figure seguenti sono esemplificative, per alcune cause selezionate, delle informazioni a disposizione.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

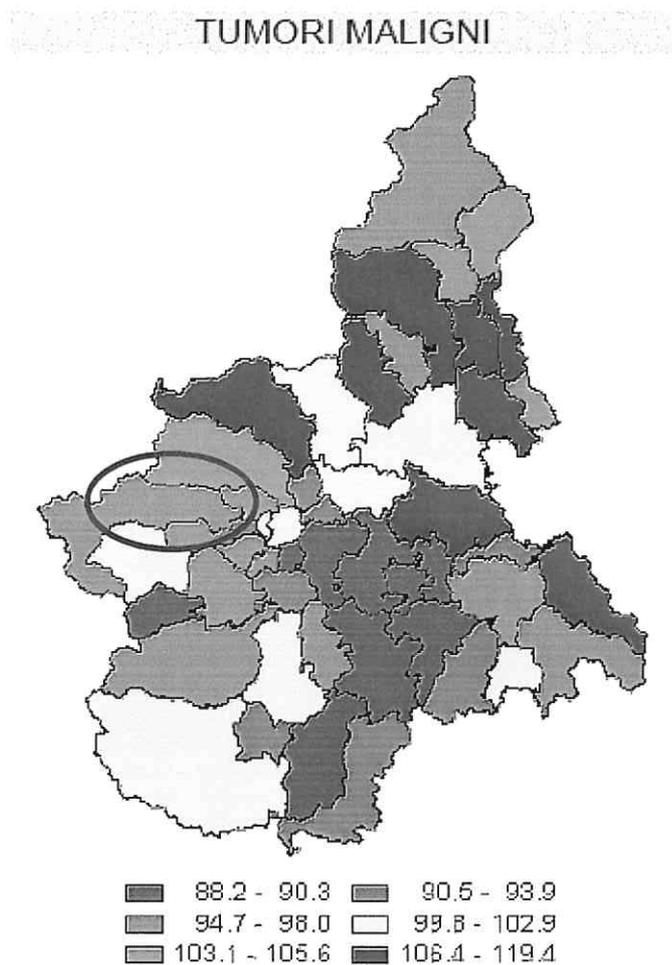
**Figura 10.** Mortalità in Piemonte negli anni 2008-2010 secondo il distretto di residenza. Uomini. Mortalità per il totale delle cause. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo distretto ed il valore regionale.





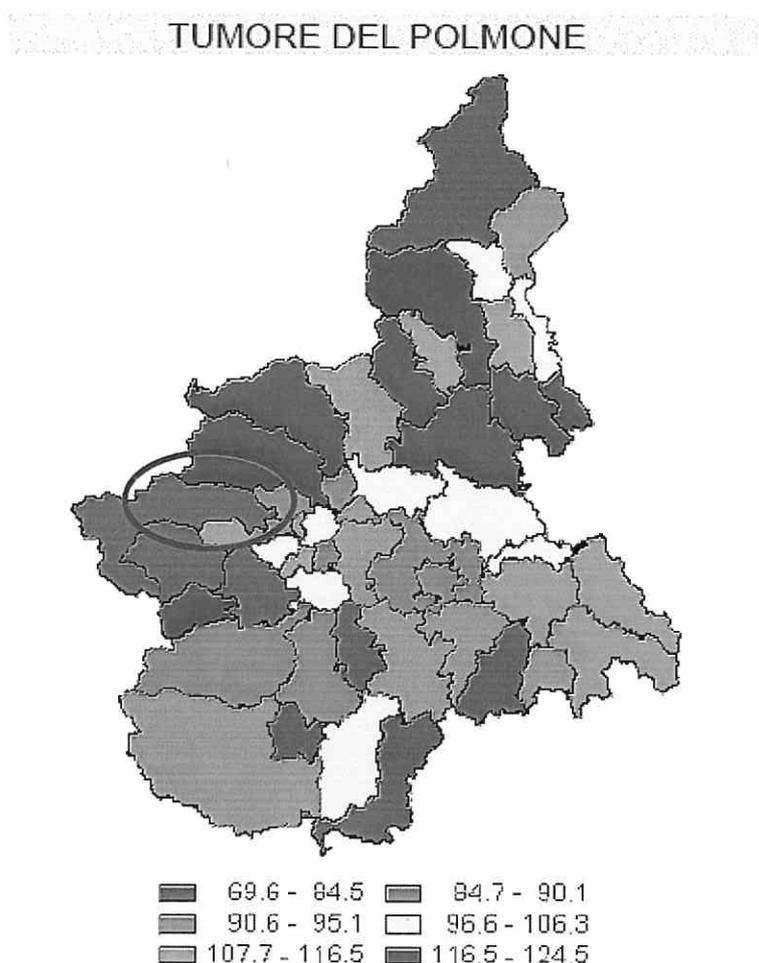
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

**Figura 11.** Mortalità in Piemonte negli anni 2008-2010 secondo il distretto di residenza. Uomini. Mortalità per il totale dei tumori maligni. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo distretto ed il valore regionale.



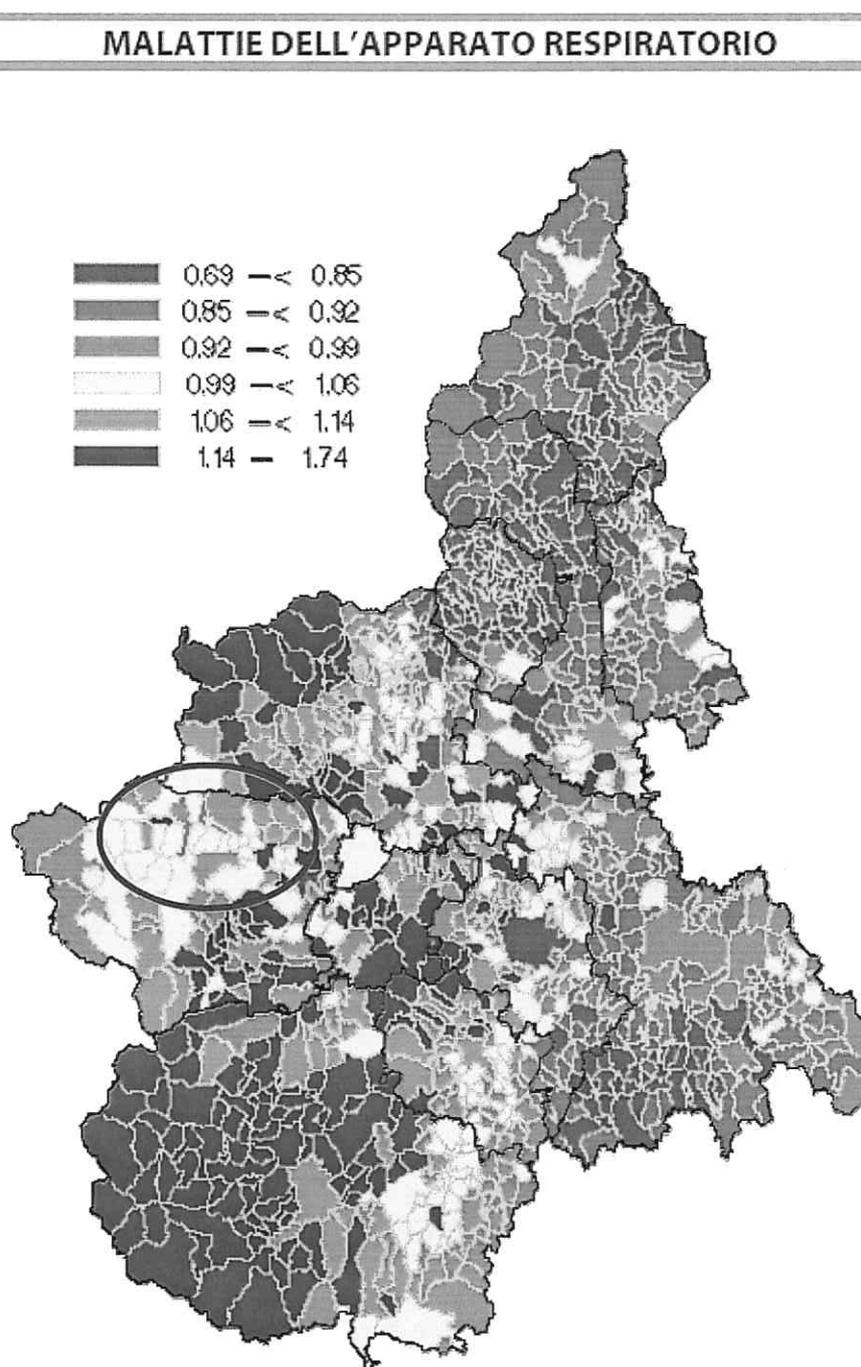


**Figura 12.** Mortalità in Piemonte negli anni 2008-2010 secondo il distretto di residenza. Uomini.  
Mortalità per il tumore del polmone. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo distretto ed il  
valore regionale.



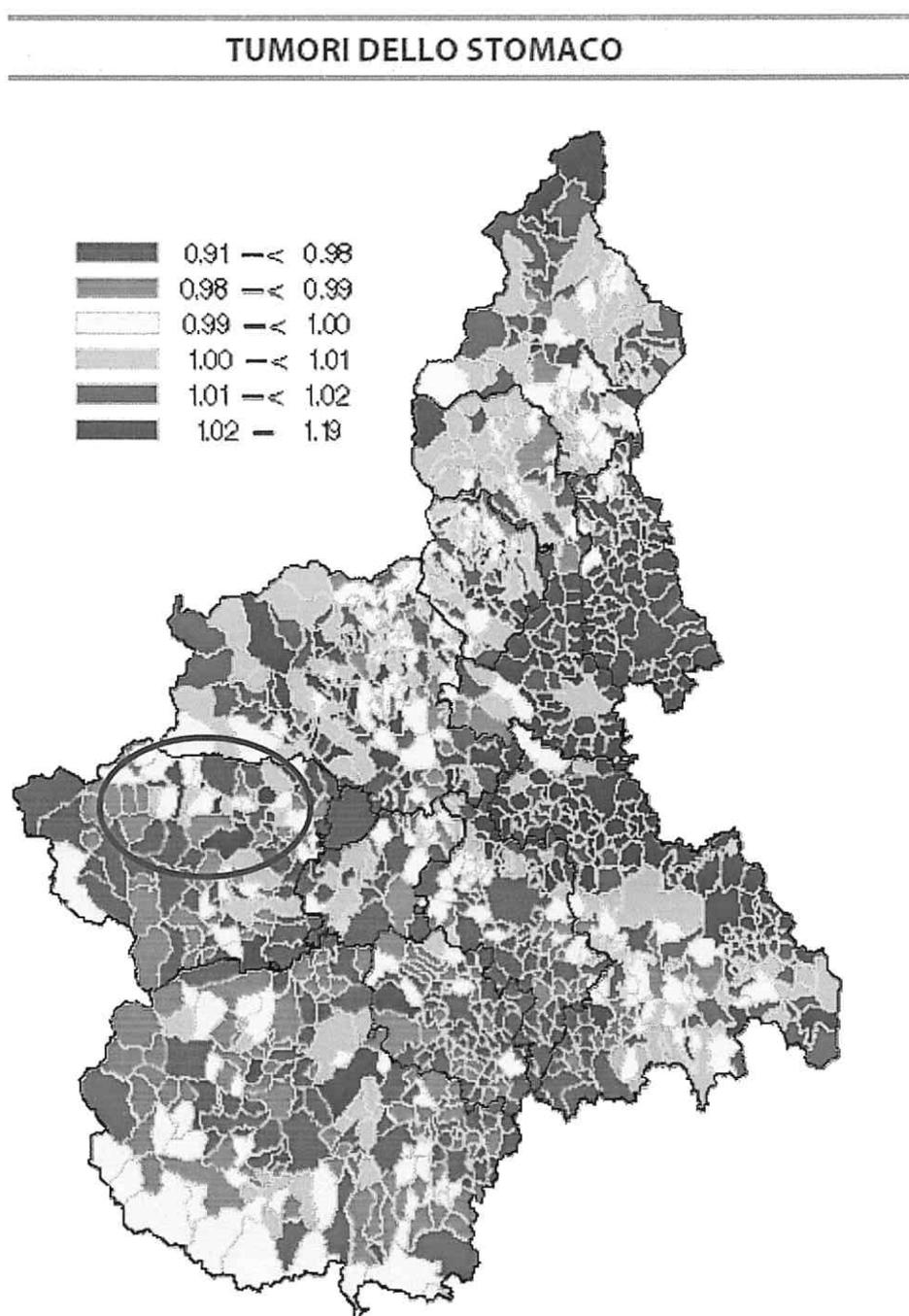


**Figura 13.** Mortalità in Piemonte negli anni 2008-2010 secondo il comune di residenza. Donne. Mortalità per malattie dell'apparato respiratorio. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore regionale.





**Figura 14.** Mortalità in Piemonte negli anni 2008-2010 secondo il comune di residenza. Donne. Mortalità per tumori dello stomaco. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore regionale.





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Le figure selezionate sono esemplificative dei dati disponibili (per le informazioni complete si deve fare riferimento alla citata pubblicazione dell'Osservatorio Epidemiologico Regionale). Da tali dati, complessivamente, si osserva una variazione del livello di rischio dell'area interessata che rientra all'interno di quella che può essere definita come la naturale variabilità statistica del panorama di rischio regionale.

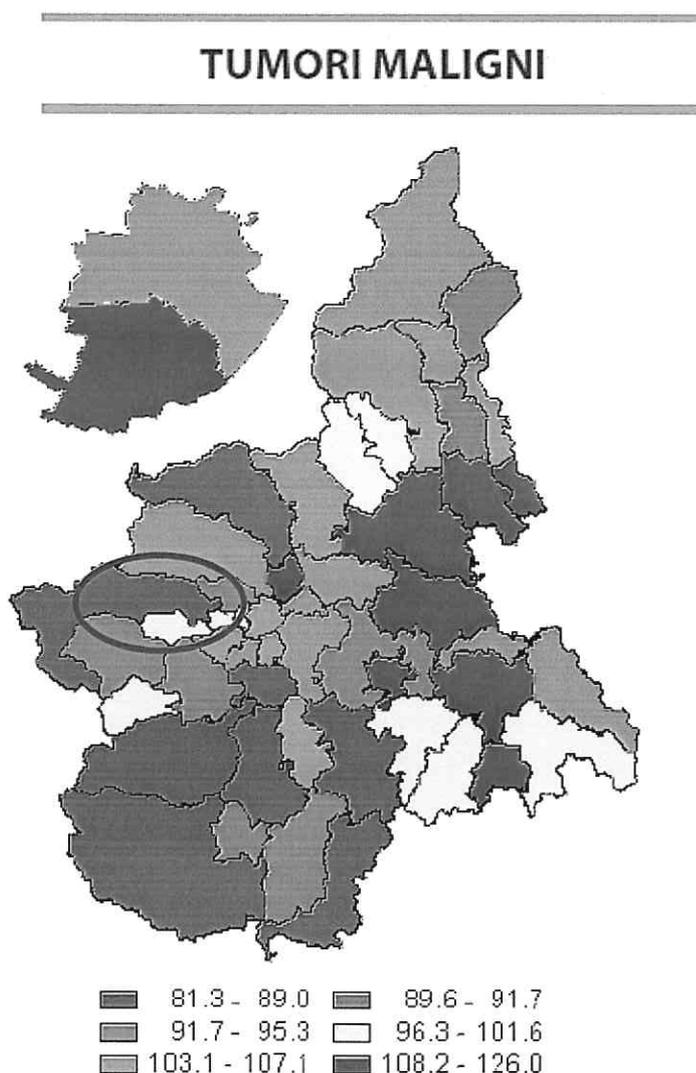
**Dati di ricovero: anno 2011**

I dati esemplificativi riportati nel seguito sono tratti dalla pubblicazione **"I ricoveri ospedalieri in Piemonte nel 2011"**, sempre a cura dell'Osservatorio Epidemiologico Regionale. Anche in questo caso il lavoro contiene una doppia serie di analisi (per distretto sanitario e per singolo comune), ed anche per questi dati la loro valenza risiede nella opportunità di avere a disposizione il contesto più generale della ricoverabilità in Regione Piemonte. Come in precedenza per la mortalità, anche per i ricoveri si tratta dei dati più recenti pubblicati.

Omettendo anche per i ricoveri i dettagli tecnici relativi alla costruzione degli indicatori utilizzati nonché le informazioni numeriche (tabelle) disponibili, le figure che seguono esemplificano, per alcune selezionate patologie, le informazioni a disposizione.

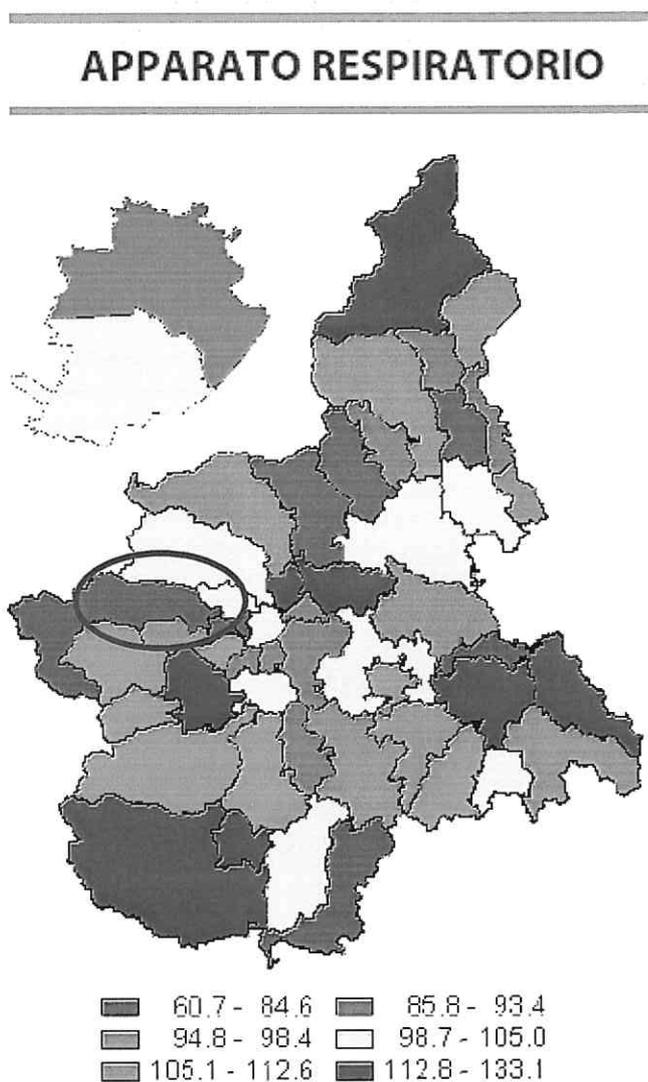


**Figura 15.** Primi ricoveri in Piemonte nell'anno 2011 secondo il distretto di residenza. Donne.  
Ricoveri per il totale dei tumori. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo distretto ed il  
valore regionale.



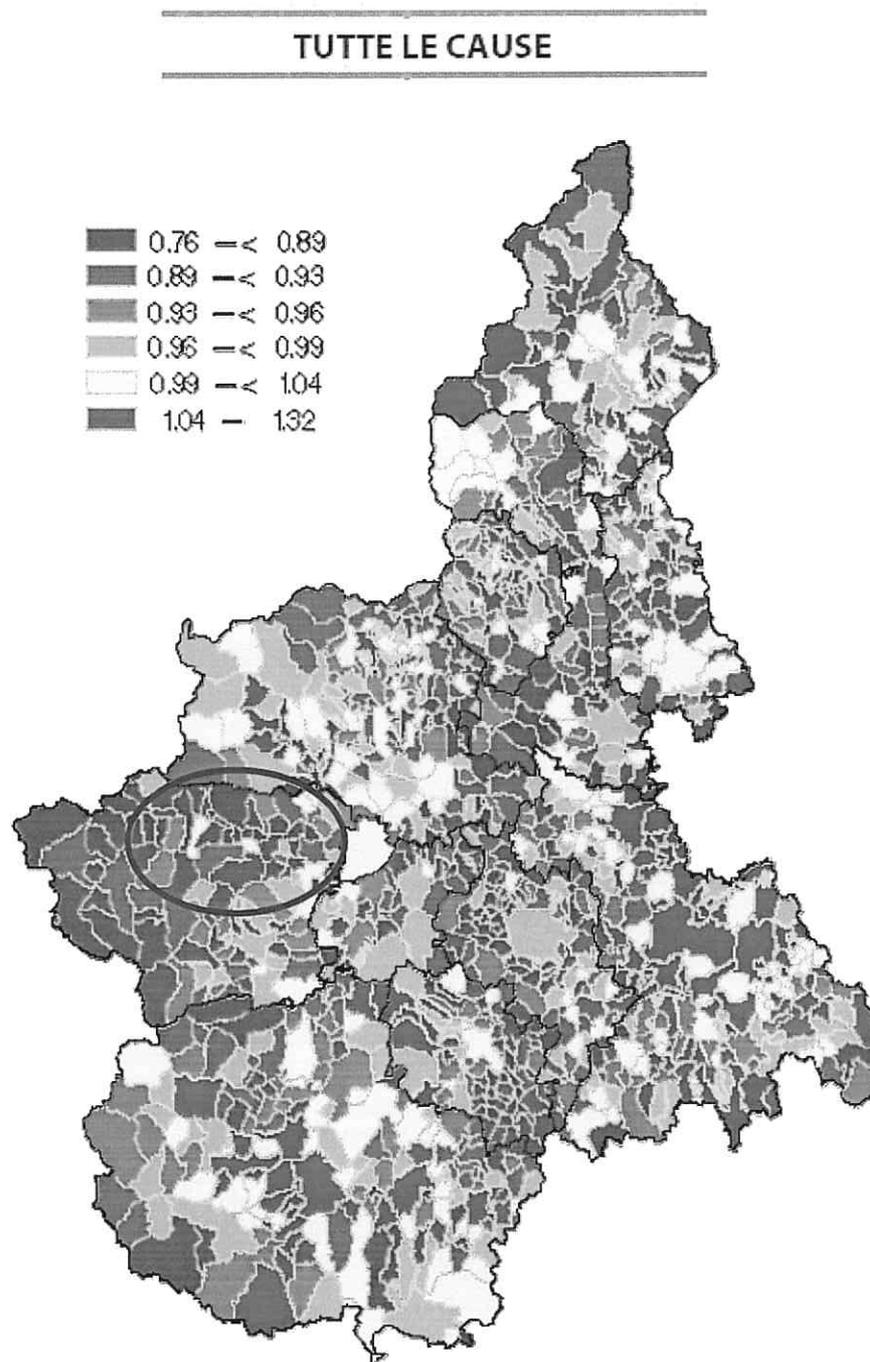


**Figura 16.** Primi ricoveri in Piemonte nell'anno 2011 secondo il distretto di residenza. Donne. Ricoveri per malattie dell'apparato respiratorio. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo distretto ed il valore regionale.



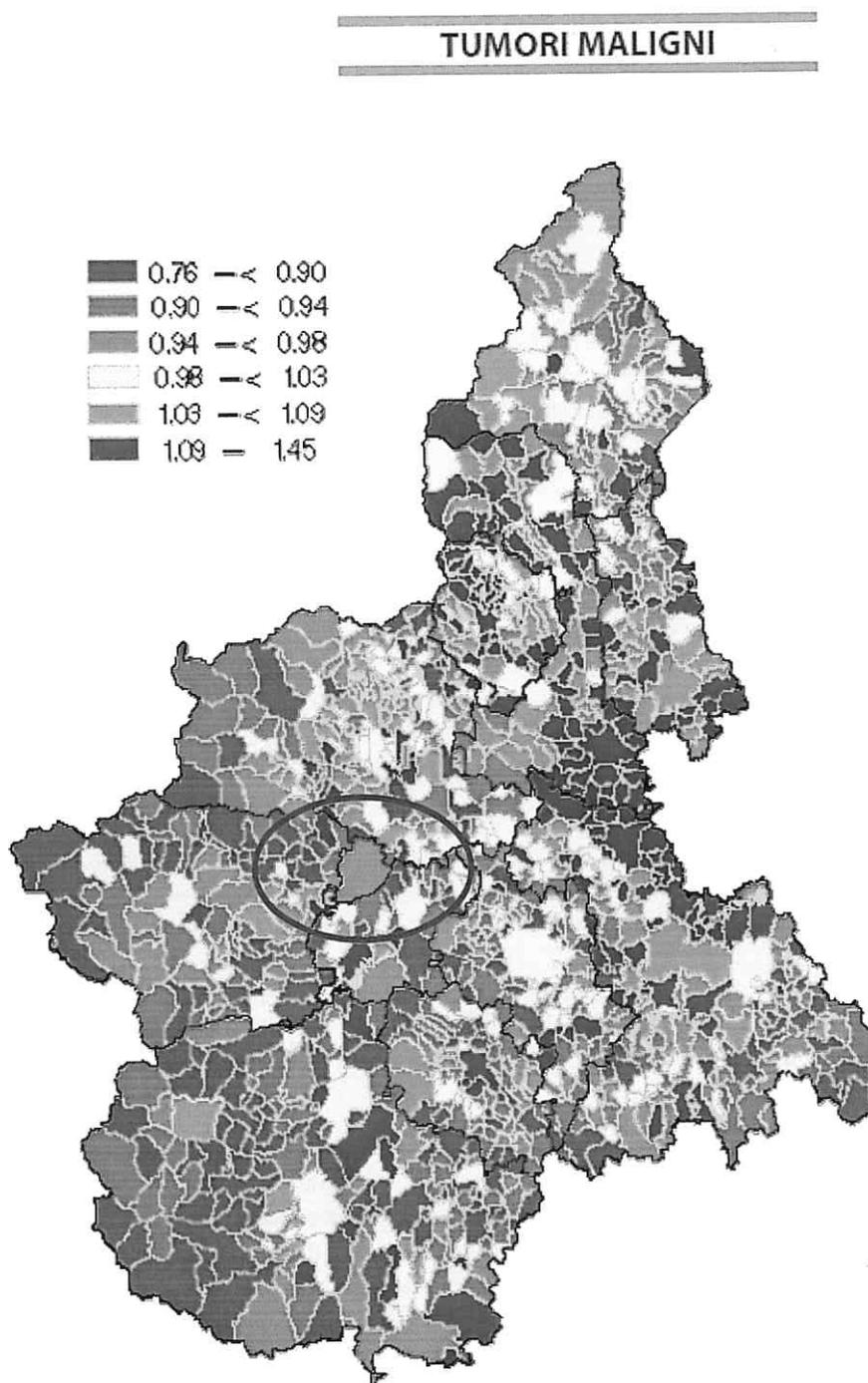


**Figura 17.** Primi ricoveri in Piemonte nell'anno 2011 secondo il comune di residenza. Uomini.  
Ricoveri per il totale delle patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo distretto ed il  
valore regionale.





**Figura 18.** Primi ricoveri in Piemonte nell'anno 2011 secondo il comune di residenza. Uomini. Ricoveri per il totale dei tumori. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo distretto ed il valore regionale.





Le figure selezionate sono esemplificative dei dati disponibili (per le informazioni complete si deve fare riferimento alla citata pubblicazione dell'Osservatorio Epidemiologico Regionale). Da tali dati, complessivamente, si ricava come l'area di nostro interesse, riguardante i comuni potenzialmente coinvolti dall'opera, non presenti una situazione di base, *ante-operam*, con tassi di ricovero aumentati rispetto al tasso regionale.

Sono in previsione degli aggiornamenti di tali atlanti sanitari ma al momento in cui scriviamo non sono ancora disponibili.

### **Dati di mortalità comunali**

In questo caso i dati esemplificativi riportati nel seguito rappresentano una elaborazione, effettuata dagli scriventi, dei dati di mortalità comunali per i periodi 2000-2003, 2008-2011 e 2012-2013 messi a disposizione dal Centro DoRS (NB: si fa osservare che i dati del 2013 sono gli ultimi dati completi disponibili). In particolare il tasso di mortalità standardizzato calcolato per i comuni di Chiomonte, Gaglione, Gravere e Susa (individualmente considerati) è stato messo a confronto con l'analogo tasso della provincia di Torino (indicatore RR in tabella): questi dati hanno una valenza diversa rispetto a quelli delle pubblicazioni più sopra citate perché entrano nel merito dei territori di potenziale interesse per l'opera in costruzione. Si ricorda, ai fini della interpretazione dei risultati, che un RR superiore ad 1 indica che la mortalità nel comune è superiore alla mortalità nella provincia (e viceversa per gli RR inferiori ad 1). A puro titolo di esempio nelle tabelle che seguono sono evidenziati i RR con valore superiore a 2. Inoltre, per ogni RR è stata valutata la significatività statistica dell'indicatore (con un livello di confidenza del 95%), evidenziando in rosso gli indicatori che segnalano un eccesso statisticamente significativo ed in verde gli indicatori che segnalano un difetto statisticamente significativo.

Le tabelle che seguono esemplificano, per alcune selezionate patologie, le informazioni a disposizione.



## Dati di ricovero comunali

Anche in questo caso i dati esemplificativi riportati nel seguito rappresentano una elaborazione, effettuata dagli scriventi, dei dati di ricovero comunali per i periodi 2001-2005, 2008-2012 e 2013-2014 messi a disposizione dal Centro DoRS (anche in questo caso si fa osservare che i dati del 2014 sono gli ultimi dati completi disponibili). Come per il caso dei dati di mortalità il tasso standardizzato calcolato per i comuni di Chiomonte, Gaglione, Gravere e Susa (individualmente considerati) è stato messo a confronto con l'analogo tasso della provincia di Torino, con analogo significato dell'indicatore RR. Anche per i ricoveri nelle tabelle sono evidenziati i RR con valore superiore a 2, e per ogni RR è stata valutata la significatività statistica dell'indicatore (con livello di confidenza del 95%).

Le tabelle che seguono esemplificano, per alcune selezionate patologie, le informazioni a disposizione.

Ciò premesso, i risultati evidenziati possono essere utili per formulare alcune considerazioni generali sul contesto. Siamo in un territorio di comuni molto piccoli, in quanto a numerosità di popolazione: ciò ha delle importanti implicazioni per cui è sufficiente l'occorrenza sporadica di qualche caso per dar luogo a rischi relativi molto alti ed anche statisticamente significativi. Ciò deve portare ad una lettura complessiva dei risultati e non alla evidenziazione singola di elementi casuali. Occorre pertanto andare innanzitutto alla ricerca di risultati fondati su una casistica sufficientemente numerosa (ed è per tale motivo, ad esempio, che nelle tabelle che seguono è stata omessa l'indicazione numerica dei casi quando i decessi sono inferiori a 3) e su fenomeni che risultano ricorrenti: presenti, ad esempio, in entrambi i generi, in periodi successivi, in più territori, e così via.

Pur considerata la piccola dimensione (in termini di popolazione) dei comuni oggetto di maggiore interesse, e anche il ridotto periodo di tempo (due anni) cui si riferisce l'aggiornamento più recente dei dati (2012-2013 per la mortalità; 2013-2014 per i ricoveri), gli eventi riscontrati nelle differenti patologie sono poco numerosi, il che aumenta in maniera importante la variabilità degli indicatori calcolati, ma al momento non sono indicativi di una situazione che richieda una particolare attenzione, sia per quanto riguarda la situazione di partenza *ante-operam*, sia per il breve periodo disponibile per la fase di corso d'opera.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Dati di Mortalità: i dati dell'ultimo biennio (2012-2013) segnalano rari e sporadici eccessi, diversi da comune a comune e diversi per sesso, attribuibili a singoli casi di patologia.

Rari e sporadici eccessi, diversi da comune a comune, diversi per sesso, ma anche diversi per patologia e per periodo, erano presenti anche nei periodi analizzati in precedenza (2000-2003 e 2008-2011). La presenza/assenza di questi eccessi e la loro inconsistenza (per patologia, sesso, comune) è totalmente attribuibile alla sporadicità dei casi osservati in comuni che hanno una ridotta numerosità della popolazione.

Come dato ricorrente si segnala un eccesso per il totale della mortalità e per la mortalità per cause naturali nel solo comune di Susa, sia nei maschi che nelle femmine, eccessi per altro presenti in tutti e tre i periodi di osservazione. Inoltre, nell'ultimo biennio si è registrato, nei soli soggetti maschi, un leggero eccesso di mortalità per il totale dei tumori nel solo comune di Susa, eccesso che andrà rivalutato con un periodo di osservazione più lungo di due anni, anche considerato che dei due anni di mortalità indagati nel periodo 2012-2013 il primo è precedente l'inizio dei lavori.

Dati di Ricovero: anche per i ricoveri dell'ultimo biennio (2013-2014) si osservano rari e sporadici eccessi (ma anche difetti), diversi da comune a comune, diversi per sesso, ma anche diversi dagli eccessi riscontrati per la mortalità, ed anch'essi attribuibili a singoli casi di patologia. Anche per i ricoveri è da segnalare la diversità di patologie che risultano in eccesso/difetto rispetto ai periodi analizzati in precedenza (2001-2005 e 2008-2012). Ricorrenti nei tre periodi di ricovero sono i difetti di patologie respiratorie non maligne sia nei maschi sia nelle femmine, fenomeno dunque presente a partire dalla situazione di partenza *ante-operam*, che non appare in evoluzione. In contrasto con quanto osservato nell'ultimo biennio a Susa nei maschi per la mortalità per il totale dei tumori (che è risultata, come detto, in eccesso), i ricoveri per la stessa patologia sono risultati (nell'ultimo biennio) in difetto sia nei maschi sia nelle femmine.





**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 7. Mortalità nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2000-2003 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

Cause 2000-2003, Uomini

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore		Malattie cerebrovascolari		Malattie dell'apparato respiratorio		Malattie acute delle prime vie aeree		Bronchiti, enfisema, asma		BPCO		Cause naturali		Tutte le cause		Area			
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.		RR	Sign.	
2,76	3	0,83		0,27		3	1,26	0	0,00	3	2,24		1,71		26	0,99		27	0,97	Chiomonte
0	0,00	0,56	0	0,00	3	1,95	50,00	0	0,00	0	0,00		0,00		17	1,20		17	1,12	Giaglione
0	0,00	0,98		1,36			0,81	0	0,00		1,45		1,60		13	1,03		13	0,95	Gravere
8	2,51	1,57	22	1,61	14	1,31	0	0,00	8	1,26	7	1,20	158	1,25	168	1,25		168	1,25	Susa

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti

Cause 2000-2003, Donne

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore		Malattie cerebrovascolari		Malattie dell'apparato respiratorio		Malattie acute delle prime vie aeree		Bronchiti, enfisema, asma		BPCO		Cause naturali		Tutte le cause		Area			
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.		RR	Sign.	
4	2,92	0,89	5	0,79		1,05	10,13		1,67		1,99		44	1,30	47	1,30		47	1,30	Chiomonte
	1,38	1,43	4	1,25	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	24	1,55	24	1,47		24	1,47	Giaglione
0	0,00	1,14	4	2,28	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	9	0,69	9	0,66		9	0,66	Gravere
8	0,92	1,74	32	1,10	13	0,96	3,25		6	1,05	6	1,25	198	1,22	210	1,20		210	1,20	Susa

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 8. Mortalità nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2008-2011 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

2008-2011, Uomini Cause

Area	Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori linfomatoidei			Diabete			Malattie neuro psichiatriche		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.
Chiomonte	10	1,12		0	0,00			0,85		0	0,00		0	0,00			1,96			1,13		0	0,00	
Giaglione	10	1,88		0	0,00			1,72		0	0,00		0	0,00			2,60			0,00		0	0,00	
Gravere	10	1,82		0	0,00			0,88		0	0,00		0	0,00			0,00			0,00		0	0,00	
Susa	45	0,97		0	0,00		8	0,77		0	0,00		0	0,00		3	0,63		7	2,18		4	1,60	

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti

2008-2011, Donne Cause

Area	Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori linfomatoidei			Diabete			Malattie neuro psichiatriche		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.
Chiomonte	8	1,10		0	0,00		1	0,90		0	0,00		0	0,00		0	0,00			0,69			1,02	
Giaglione	8	1,52			42,67		0	0,00		0	0,00		0	0,00			0,00			5,22		0	0,00	
Gravere	3	0,92		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00			0,00		0	0,00	
Susa	51	1,09			5,00		3	0,35		0	0,00		3	1,81		4	1,37		3	0,60		9	1,17	

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 9. Mortalità nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2008-2011 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

Cause 2008-2011, Uomini

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore		Malattie cerebrovascolari		Malattie dell'apparato respiratorio		Malattie acute delle prime vie aeree		Bronchiti, enfisema, asma		BPCO		Cause naturali		Tutte le cause		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	Area	
3	3,77	0	0,00	6	2,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	28	1,26	32	1,44
	0,76		1,19	0	0,00		1,29		1,65		1,75		1,51	21	1,51	21	1,42
0	0,00		1,42	4	2,26		0,41		0,69		0,73		1,45	22	1,45	24	1,49
9	2,25		1,71	16	1,26	11	1,11	0	0,00	7	1,10	5	0,86	151	1,23	161	1,24

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti

Cause 2008-2011, Donne

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore		Malattie cerebrovascolari		Malattie dell'apparato respiratorio		Malattie acute delle prime vie aeree		Bronchiti, enfisema, asma		BPCO		Cause naturali		Tutte le cause		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	Area	
4	2,98		0,44	5	1,60		0,57	0	0,00	0	0,00	0	0,00	37	1,37	41	1,42
0	0,00		0,44	0	0,00		0,57	0	0,00		1,36		0,93	16	0,93	18	0,96
	0,88		0,91		0,35		3,27	0	0,00		6,94		1,20	15	1,20	15	1,15
7	0,57		1,57	22	0,88	22	1,69		1,63	11	1,72	11	1,93	218	1,21	226	1,21

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 10. Mortalità nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2012-2013 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

2012-2013, Uomini Cause		Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori linfopoietici			Diabete			Malattie neuro psichiatriche						
		N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig				
Area																													
Chiomonte	6	1,89		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		11,64		0	0,00		0	0,00		2,96		
Giaglione	3	1,04		0	0,00		0	0,00		32,48		0	0,00		6,50		0	0,00		6,50		0	0,00		0	0,00		0	0,00
Gravere	3	0,84		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		4,33		0	0,00		0	0,00		0	0,00	
Susa	32	1,46		0	0,00		9	1,56		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0,44		3	1,48		3	1,48		1,01		

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti

2012-2013, Donne Cause

2012-2013, Donne Cause		Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori linfopoietici			Diabete			Malattie neuro psichiatriche						
		N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig				
Area																													
Chiomonte	6	0,78		0	0,00		0	0,95		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		4,12	
Giaglione	0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00
Gravere		1,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00
Susa	24	1,11		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		4	4,33		3	0,85		6	1,05		6	1,05

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 11. Mortalità nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2012-2013 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

Caus 2012-2013, Uomini

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore		Malattie cerebrovascolari		Malattie dell'apparato respiratorio		Malattie acute delle prime vie aeree		Bronchiti, enfisema, asma		BPCO		Cause naturali		Tutte le cause		
	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	Area	
3,22	0	0,00		0,53	3	2,36	0	0,00		3,25	3,46	16	1,56	17	1,54	Chiomonte	
0	0,00	1,13		0,78	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	8	0,91	9	0,95	Giaglione
0	0,00	1,81		0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	9	0,85	Gravere	
5	1,88	6	0,68	8	1,22	8	1,33	0	0,00	3	1,06	84	1,27	89	1,30	Susa	

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti

Caus 2012-2013, Donne

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore		Malattie cerebrovascolari		Malattie dell'apparato respiratorio		Malattie acute delle prime vie aeree		Bronchiti, enfisema, asma		BPCO		Cause naturali		Tutte le cause	
	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	Area
1,95	0	0,00		2,18	3	2,17	0	0,00		3,26	3,65	23	1,19	23	1,15	Chiomonte
1,98	0	0,00		0	0,00	1,45	0	0,00		3,20	3,58	6	0,55	6	0,53	Giaglione
2,38		1,80		0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	0,66	Gravere
7	1,04	14	2,56	11	0,71	7	0,95	0	0,00	5	1,83	114	1,26	116	1,26	Susa

Nota bene: quando i morti sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati morti



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 12. Ricoveri nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2001-2005 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

**2001-2005, Uomini Cause**

Area	Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori info-empoiетici			Diabete			Malattie neuro psichiatriche		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.
Chiomonte	29	0,75		0	0,00		5	1,49		0	0,00		0	0,00		3	0,94		3	1,23		5	0,89	
Giaglione	22	1,03		0	0,00			0,56		0	0,00		0	0,00			0,51			0,51		3	0,87	
Gravere	18	0,74			11,96		3	1,65		0	0,00			1,60		4	2,37			0,41		0	0,00	
Susa	142	0,80		0	0,00		12	0,65		0	0,00		8	1,69		8	0,86		7	0,39		38	1,02	

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri

**2001-2005, Donne Cause**

Area	Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori info-empoiетici			Diabete			Malattie neuro psichiatriche		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.
Chiomonte	38	0,97		0	0,00			1,95		0	0,00			1,49		3	1,72		3	3,67		4	0,54	
Giaglione	14	0,63		0	0,00		0	0,00		0	0,00			2,53		0	0,00			0,59			0,85	
Gravere	13	0,64		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		3	1,19		5	1,08	
Susa	192	0,84			6,10			0,46		4	6,05			0,44		12	1,30		15	1,08		39	0,81	

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 13. Ricoveri nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2001-2005 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

Cause 2001-2005, Uomini

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore		Malattie cerebrovascolari		Malattie dell'apparato respiratorio		Malattie acute delle prime vie aeree		Bronchiti, enfisema, asma		BPCO		Asma 0-14 anni		Area
	N.	RR	N.	RR	N.	RR	N.	RR	N.	RR	N.	RR	N.	RR	
5 2,30	19	1,43	19	1,66	22	0,64		0,59	6	0,76	5	1,02	0	0,00	Chiomonte
3 1,68	3	0,37	5	0,55	22	1,01		1,06	3	1,08	3	1,94	0	0,00	Giaglione
3 1,59	10	1,02	7	1,07	25	1,39		1,33	3	1,34		0,91		2,28	Gravere
22 1,63	69	0,91	69	1,18	131	0,78	13	0,58	22	0,85	17	0,88	4	0,87	Susa

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri

Cause 2001-2005, Donne

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore		Malattie cerebrovascolari		Malattie dell'apparato respiratorio		Malattie acute delle prime vie aeree		Bronchiti, enfisema, asma		BPCO		Asma 0-14 anni		Area
	N.	RR	N.	RR	N.	RR	N.	RR	N.	RR	N.	RR	N.	RR	
4 1,20	4	0,63	15	1,39	20	0,80		0,08		0,19		0,42	0	0,00	Chiomonte
0,23	3	1,26	5	0,88	10	0,63		0,79	3	1,27		0,64		2,53	Giaglione
0 0,00	5	1,36	12	2,16	11	0,82		0,18	3	1,32	3	2,99	0	0,00	Gravere
18 1,05	55	1,29	71	1,02	116	0,72	11	0,48	15	0,69	13	1,23	0	0,00	Susa

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 14. Ricoveri nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2008-2012 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

**2008-2012, Uomini Cause**

Area	Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori linfopoietici			Diabete			Malattie neuro psichiatriche			
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	
Chiomonte	31	1,27			5,71		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		7	1,53		
Giaglione	25	1,46		0	0,00			0,67		26,44				1,40		5	4,83		0	0,00				0,06	
Gravere	19	0,82			22,52			0,86		0	0,00		0	0,00			0,74			1,26				0,42	
Susa	157	0,92		0	0,00		10	0,91		0	0,00		5	1,25		11	1,03		9	1,32		31	0,97		

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri

**2008-2012, Donne Cause**

Area	Tutti i tumori			Tumori del retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			Tumori del sistema nervoso centrale			Tumori linfopoietici			Diabete			Malattie neuro psichiatriche		
	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.
Chiomonte	31	1,00		0	0,00			0,67		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		5	1,12	
Giaglione	19	0,85		0	0,00		0	0,00		0	0,00			2,31			3,00		0	0,00		4	1,18	
Gravere	28	1,30		0	0,00		0	0,00		0	0,00			4,14		0	0,00		0	0,00		4	1,26	
Susa	179	0,79		0	0,00		4	0,56		1,36		8	0,92		13	1,71		9	1,06		38	0,99		

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 15. Ricoveri nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2008-2012 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

Cause 2008-2012, Uomini

Malattie ipertensive			Malattie ischemiche del cuore			Malattie cerebrovascolari			Malattie dell'apparato respiratorio			Malattie acute delle prime vie aeree			Bronchiti, enfisema, asma			BPCO			Asma 0-14 anni			Area			
N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.		N.	RR	Sign.
3	1,71		21	1,24		19	1,99		22	0,97			1,02			1,10		0	0,00			4,54					Chiomonte
3	1,90		4	0,47			0,15		14	0,74		0	0,00			2,32		0	0,00			9,54					Giaglione
	1,39		16	1,68		6	0,67		17	1,24		3	4,08		3	2,83			1,58			7,34					Gravere
25	2,27		67	0,81		64	1,03		128	0,78		8	1,05		7	0,35		7	0,54			0	0,00				Susa

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri

Cause 2008-2012, Donne

Malattie ipertensive			Malattie ischemiche del cuore			Malattie cerebrovascolari			Malattie dell'apparato respiratorio			Malattie acute delle prime vie aeree			Bronchiti, enfisema, asma			BPCO			Asma 0-14 anni			Area			
N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.	N.	RR	Sign.		N.	RR	Sign.
3	0,72		4	0,59		11	1,26		16	0,87			1,68		0	0,00		0	0,00			0	0,00				Chiomonte
3	3,17		3	0,55		4	0,53		4	0,43		0	0,00		0	0,00		0	0,00			0	0,00				Giaglione
	0,66			0,40		6	1,25		6	0,57		0	0,00		0	0,00		0	0,00			0	0,00				Gravere
34	2,29		44	0,98		71	1,09		115	0,78		7	0,95		8	0,65		6	0,72			0	0,00				Susa

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 16. Ricoveri nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2013-2014 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

Area	Tutti i tumori			retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			sistema nervoso centrale			Tumori linfomatoepoietici			Diabete			Malattie neuro psichiatriche			
	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	
	Cause			Cause			Cause			Cause			Cause			Cause			Cause			Cause			
Chiomonte	13	0,89		0	0,00			3,42		0	0,00		0	0,00		5,84		0,82		5,67				0,12	
Giaglione	3	0,27		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gravere	9	1,25		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	1,60
Susa	56	0,83		0	0,00		3	0,67		0	0,00		3	1,10		5	1,48		1,50				11	0,75	

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri

Area	Tutti i tumori			retroperitoneo e del peritoneo			Tumori trachea, bronchi e polmoni			Tumori della pleura			sistema nervoso centrale			Tumori linfomatoepoietici			Diabete			Malattie neuro psichiatriche			
	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	
	Cause			Cause			Cause			Cause			Cause			Cause			Cause			Cause			
Chiomonte	15	1,04		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,83		0	0,00		0	0,00	0	0,00
Giaglione	4	0,43		0	0,00		0	0,00		0	0,00		6,86		0,97		0	0,97		0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gravere	4	0,66		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,97		12,68				0,56		
Susa	56	0,67		1,30			0,17		13,09		0	0,00	0	0,00		0	0,17		0,10			15	1,07		

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono stati ricoveri



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
 Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Tabella 17. Ricoveri nei comuni di Chiomonte, Giaglione, Gravere e Susa, nel periodo 2013-2014 per alcune selezionate patologie. Confronto standardizzato tra il valore nel singolo comune ed il valore provinciale, ed indicazione della significatività statistica.

Caus 2013-2014, Uomini

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore			Malattie cerebrovascolari			Malattie dell'apparato respiratorio			Malattie acute delle prime vie aeree			Bronchiti, enfisema, asma			BPCO			Asma 0-14 anni			Area						
	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig		N.	RR	Sig			
3	4,30	0	0,00	12	1,96		3	0,62		8	0,84		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		Chiomonte
	3,02		0,45	4	1,44		3	0,79			0,10		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		Giaglione
	13,30		0,73	7	1,50		0	0,00		5	0,88		2	30		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		Gravere
10	2,66	22	1,22	29	0,87		13	0,63		53	0,84		0	0,00		4	0,63		4	0,86		0	0,00		0	0,00		Susa

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono st

Caus 2013-2014, Donne

Malattie ipertensive	Malattie ischemiche del cuore			Malattie cerebrovascolari			Malattie dell'apparato respiratorio			Malattie acute delle prime vie aeree			Bronchiti, enfisema, asma			BPCO			Asma 0-14 anni			Area						
	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig	N.	RR	Sig		N.	RR	Sig			
3	4,30	0	0,00	0	0,00		5	0,97		4	0,17		0	0,00		0	0,00		1	65		0	0,00		0	0,00		Chiomonte
	3,02		0,45		0,45		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		Giaglione
	13,30		0,73		0,73			0,61			1,28		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		0	0,00		Gravere
10	2,66	22	1,22		1,22		19	0,56		48	0,74		4	1,65		4	0,49		4	0,79		0	0,00		0	0,00		Susa

Nota bene: quando i ricoveri sono < alle 3 unità il valore assoluto viene eliminato. Quando è indicato 0 significa che non ci sono st



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

## VALUTAZIONE

L'attività condotta nel progetto di collaborazione ha riguardato sia l'esame dei dati relativi al Piano di Monitoraggio Ambientale, sia la raccolta di dati su eventi sanitari al fine di definire lo stato di salute *ante-operam* della popolazione residente nei Comuni limitrofi al cantiere.

I dati di monitoraggio hanno compreso i principali fattori di pressione ambientale individuati sulla base dei dati di letteratura e oggetto di campagne di misura condotte dalla Società Proponente il progetto con il controllo e verifica in parallelo degli Enti di Controllo.

In sintesi le valutazioni hanno comportato un'importante serie di misure, così riassumibili per i principali fattori di pressione:

	2012	2013	2014	2015	2016	Tot.
AMIANTO	675	198	450	491	231	2045
PM10- PM2.5	231	1113	1723	1784	862	5713
PM10 in continuo						27274
RUMORE						
cantiere	52	64	89	97	49	351
traffico	49	35	42	42	22	190
VIBRAZIONI	16	19	19	25	12	91
Radioattività						
$\alpha$ - $\beta$	240	62	93	104	46	545
$\gamma$	32	18	23	26	8	107
Gas Radon	256	446	686			1388
Totale						<b>37704</b>

Tabella 18

Questa fase è propedeutica ad ogni valutazione di stima di impatto in quanto consente di valutare se la realizzazione del cunicolo esplorativo possa modificare lo stato *ante-operam* dei luoghi e generare condizioni di rischio per la salute della popolazione.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Il complesso dei dati esaminati relativi alla fase di corso d'opera fino al giugno 2016 risulta, al momento, indicativo di una situazione di rispetto dei valori ambientali dei fattori di pressione che risultano non modificati rispetto alla fase *ante-operam* e contenuti entro i limiti proposti dalla Comunità scientifica ed entro i limiti di legge e verificati dagli Enti di Controllo preposti.

Parallelamente alla valutazione dei dati relativi ai fattori di pressione che, al momento non segnalano alcun impatto dell'opera, continua la raccolta dei dati sanitari per la definizione dello stato di salute *ante-operam* della popolazione potenzialmente coinvolta.

I dati raccolti relativi agli eventi sanitari per effetti sia a breve sia a lungo termine costituiscono la base per il confronto con i dati che saranno progressivamente acquisiti dalle stesse fonti informative istituzionali.

Da tali dati, complessivamente, si ricava come nel contesto Regionale, l'area di nostro interesse, riguardante i comuni potenzialmente coinvolti dall'opera, presenti una variazione degli indicatori di rischio di mortalità che rientra all'interno di quella che può essere definita come la naturale variabilità statistica del panorama di rischio regionale, e i tassi di ricovero nella fase *ante-operam* non appaiono aumentati rispetto al tasso di riferimento regionale.

Per quanto riguarda i dati a livello comunale, l'occorrenza sporadica (o assenza) di qualche caso di patologia può essere sufficiente a generare indicatori di rischio relativo elevati (o, per converso, assenza di rischi) che possono risultare anche statisticamente significativi, ma l'interpretazione di questi risultati, in senso positivo o negativo, risente della piccola numerosità campionaria dovuta al limitato numero di cittadini residenti nei comuni maggiormente interessati dall'opera. La mancanza di consistenza e ricorrenza di tali eccessi (o difetti) di rischio per Comune, per periodo, per sesso, oltre che per patologia, rende difficile una interpretazione dei dati in correlazione con le variabili ambientali rilevate, ma non è indicativa, al momento, di una situazione che richieda una particolare attenzione per il periodo esaminato, sia per quanto riguarda la situazione di partenza *ante-operam*, sia per la fase di corso d'opera. Merita comunque attenzione nel prossimo biennio il dato di mortalità per il totale dei tumori nei soli maschi osservato a Susa (eccesso però non presente né nelle femmine, né nei ricoveri di entrambi i sessi, nello stesso biennio).



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

In questo contesto di variabilità assai elevata (per periodo, sesso, territorio, patologia) non sono proponibili interpretazioni basate su criteri di certezza, anche per il breve periodo di osservazione dell'opera in corso (un solo anno per la mortalità e due soli anni per i ricoveri), e diventa quindi indispensabile continuare nei successivi bienni il monitoraggio dei dati sanitari.

Prof. Enrico PIRA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Enrico Pira'.



## BIBLIOGRAFIA

- ACGIH. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, Ohio, USA: American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH). 2014
- Andrion A, Pira E, Mollo F. Indicators of asbestos exposure in autopsy routine. *Med. Lav.*, 74: 137-142, 1983
- Andrion A, Pira E, Mollo F. Pleural plaques at autopsy, smoking habits, and asbestos exposure. *Eur J Resp Dis*, 65: 125-130, 1984
- Anttila A, Pukkala E, Aitio A, et al. Update of cancer incidence among workers et a copper/nickel smelter and nickel refinery. *Int Arch Occup Environ Health* . 1998; 71: 245-50.
- ATSDR. Toxicological profile for arsenic. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Centers for Disease Control and Prevention's; August 2007.
- ATSDR. Toxicological profile for cadmium. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Centers for Disease Control and Prevention's; September 2012.
- ATSDR. Toxicological profile for Lead (update). Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease registry (ATSDR); 2005c. p. 1-577.
- ATSDR. Toxicological profile for lead. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Centers for Disease Control and Prevention's; August 2007.
- ATSDR. Toxicological profile for nickel. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Centers for Disease Control and Prevention's; August 2005.
- Batuman V. Lead nephropaty, gout, and hypertension. *Am J Med Sci*. 1993; 305: 241-47.
- Brown P. Qualitative methods in environmental health research. *Environ Health Perspect* 2003;111:1789-98.
- Brown P, Clapp R. Looking back on Love Canal. *Public Health Rep* 2002;117: 95 - 98.
- Carmouche JJ, Puzas H, Zhang X et al. Lead exposure inhibits fracture healing and is associated with increased chondrogenesis, delay in cartilage mineralization, and a decrease in osteoprogenitor frequency. *Environ Health Perspect*. 2005; 113: 749-55.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Consensus Report: Asbestos, asbestosis, and cancer: the Helsinki criteria for diagnosis and attribution (Scand. J. Work Environ. Health, 23,311-316,1997)

Costa M, Davidson TI, Chen H et al. Nickel Carcinogenesis: Epigenetics and Hypoxia Signaling. *Mutat Res.* 2005; 592: 79-88.

Craighead JE, Abraham JL, Churg A, Green FH, Kleinerman J, Pratt PC, Seemayer TA, Vallyathan V, Weill H. The pathology of asbestos-associated diseases of the lungs and pleural cavities: diagnostic criteria and proposed grading schema. Report of the Pneumoconiosis Committee of the College of American Pathologists and the National Institute for Occupational Safety and Health. *Arch Pathol Lab Med*, 106: 544-596, 1982

Decreto Legislativo 17 marzo 1995, n. 230. Attuazione delle direttive 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 2006/117/Euratom in materia di radiazioni ionizzanti, 2009/71/Euratom in materia di sicurezza nucleare degli impianti nucleari e 2011/70/Euratom in materia di gestione sicura del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi derivanti da attività civili.

Decreto Legislativo 26 maggio 2000, n. 241. Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti. (*GU n.203 del 31-8-2000 - Suppl. Ordinario n. 140*)

Decreto Legislativo 9 maggio 2001, n. 257. Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 26 maggio 2000, n. 241, recante attuazione della direttiva 96/29/Euratom in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81. Testo coordinato con il D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106 TESTO UNICO SULLA SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO. Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155. "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"

Decreto Ministeriale 6 settembre 1994 . Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto. (*GU Serie Generale n.220 del 20-9-1994 - Suppl. Ordinario n. 129*)

D.P.C.M. 14 novembre 1997. Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore. Pubblicato nella Gazz. Uff. 1° dicembre 1997, n. 280.

European Environment Agency. Air quality in Europe — 2012 report. No 4/2012. Copenhagen 2012. ISBN 978-92-9213-328-3; ISSN 1725-9177; doi:10.2800/55823

106



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Engstrom K, Husman K, Riihimaki V. Percutaneous absorption of m-xylene in man. *Int Arch Occup Environ Health*. 1977; 39: 181-9.

European Protection Agency's 2007. Report on the Environment: Science Report.

Fenger J, 2003. Urban-scale air pollution. In: *Handbook of Atmospheric Science: Principles and Applications* (Hewitt C N, Jackson A V, eds.). Malden, USA: Blackwell Publishing. 399-438.

Friberg L, Elinder CG, Kjellstrom T, Nordberg GF (eds). *Cadmium and Health: A toxicological and Epidemiological Appraisal*, Boca Raton: CRC press; 1986. 1:1-307.

Goyer RA. Lead Toxicity: From overt to subclinical to subtle health effects. *Environ Health Perspect*. 1990; 86: 177-81.

Guinee et al., *Arch Pathol Lab Med*. 2008; 132:1149-1170

Henderson D.W. e coll: After Helsinki: a multidisciplinary review of the relationship between asbestos exposure and lung cancer, with emphasis on studies published during 1997-2004. *Pathology* 2004; 36:517-550

<http://ec.europa.eu/environement/air/quality/standards.htm>. Last accessed: 22 June 2015.

IARC. IARC Monographs. Arsenic, Metals, Fibres, and Dust. A review of human carcinogens. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer (IARC); 2011. vol. 100c.

IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer (IARC); 1999. vol. 71.

IARC. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some industrial chemicals. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer (IARC); 2000. vol. 77.

Il'yasova D, Schwartz GG. Cadmium and renal cancer. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2005; 207: 179-86.

Karjalainen S, Kettula R, Pukkala E. Cancer risk among workers at a copper/nickel smelter and nickel refinery in Finland. *Int Arch Occup Environ Health*. 1992; 63: 547-51.

Kriegel AM, Soliman AS, Zhang Q et al. Serum Cadmium levels in pancreatic cancer patients from the East Nile Delta region of Egypt. *Environ Health Perspect*. 2006; 114: 113-19.

Letourneux M. Evaluation du risque de survenue de pathologies asbestosiques bénignes (relation dose-effet, relation temps-effet, co facteurs). *Rev Mal Resp*, 16: 1270-1277, 1999



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

- Lijinsky W. The formation and occurrence of polynuclear aromatic hydrocarbons associated with food. *Mutation Research*. 1991; 259: 251-62.
- Mersch-Sundermann V, Mochayedi S, Kevekordes S. Genotoxicity of polycyclic aromatic hydrocarbons in *Escherichia coli* PQ37. *Mutation Research*. 1992; 278: 1-9.
- Mergler D. Combining quantitative and qualitative approaches in occupational health for a better understanding of the impact of work-related disorders. *Scand J Work Environ Health* 1999;25(suppl4):54-60
- Nylund K, Asplund L, Jansson B, Jonsson P, Litze'n K, Sellström U. Analysis of some polyhalogenated organic pollutants in sediment and sewage sludge. *Chemosphere*. 1992; 24: 1721-30.
- NRC. Arsenic in drinking water (update). Washington DC: National Research Council (NRC), National Academy; 2001. p. 1-225 .
- OSHA. Air contaminants. Occupational Safety and Health Administration (OSHA); 2005. Available from: <http://www.osha.gov/comp-links.html>.
- Parkes WR. Occupational lung disorders. Stoneham: Butterworth & Heinemann, 1994, pp. 449-459
- Pearce N. Commentary; The rise of corporate epidemiology and the narrowing of epidemiology's vision. *Int J Epidemiol* 2007;36(4):713-7
- Phillips DL, Pirkle JL, Burse VW, Bernert Jr JT, Henderson LO, Needham LL, 1989. Chlorinated hydrocarbon levels in human serum: effects of fasting and feeding. *Arch Environ Contam Toxicol*. 1989; 18: 495-500.
- Pira E, Romano C. Manuale di Medicina del Lavoro. Minerva Medica. In press.
- Riihimaki V. Percutaneous absorption of m-xylene from a mixture of m-xylene and isobutyl alcohol in man. *Scand J Work Environ Health*. 1979; 5:143-50.
- Rosenstock L e Cullen MR. Textbook of Clinical and Environmental Medicine. Philadelphia: WB Saunders Co, 2005, p. 735
- Russi MB, Cone JE. Malignancies of the respiratory tract and pleura. In: Rosenstock L e Cullen MR. Textbook of Clinical and Environmental Medicine. Philadelphia: WB Saunders Co, 1994, pp. 543-555
- Satarug S, Moore MR, Adverse health effects of chronic exposure to low level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke, *Environ Health Perspect*. 2004; 112: 1099-1103.
- Scansetti G, Piolatto PG, Pira E. Il rischio da amianto oggi. Regione Piemonte e Università degli Studi di Torino Editori, 1985



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

Schwartz GG, Reis IM. Is cadmium a cause of human pancreatic cancer? *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2000; 9: 139-45.

Selikoff. *Asbestos and Disease.* 1978

Serra G. Valori di riferimento ambientali e biologici degli idrocarburi policiclici aromatici. *G Ital Med Lav Erg.* 2003; 25: 83-93.

Sims RC, Overcash MR. Fate of polynuclear aromatic compounds (PNAs) in soil-plant systems. *Residue Reviews.* 1983; 88: 1-68.

Uchida Y, Nakatsuka H, Ukai H, Watanabe T, Liu YT, Huang MY. Symptoms and signs in workers exposed predominantly to xylene. *Int Arch Occup Environ Health.* 1993;64: 597-605.

WHO. Ethylbenzene. *Environmental Health Criteria* 186. Geneva, CH: World Health Organization (WHO); 1996.

WHO – Europe. *Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.* Germany 2006. ISBN 92 890 2192 6

(U.S Department of Health and Human Services, public health service, 1993).

Zalpus RK, Ahmad S. Molecular handling of cadmium in transporting epithelia. *Toxicol Appl Pharmacol.* 2003; 186: 163-88.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE  
Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini

**Allegato 1**

In data 24 novembre 2015 si è tenuta presso gli uffici del cantiere TELT del cunicolo esplorativo de La Maddalena una riunione per la presentazione della relazione annuale di VIS dell'Università di Torino, in seguito alla quale è stata definita la composizione di un gruppo di esperti locali di supporto all'attività scientifica dell'Università di Torino, così costituito:

Silvano OLLIVIER	Sindaco di Chiomonte;
Roberto GARBATI	Comune di Chiomonte
Ezio PAINI	Sindaco di Giaglione;
Paolo MILANESIO	Regione Piemonte
Barbara GALLA	Dirigente Medico ASL TO3
Ilario ABATE DAGA	Rappresentante del Commissario di Governo



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA SANITA' PUBBLICA E PEDIATRICHE**  
**Direttore Prof. ssa Annamaria Cuffini**

## **Allegato 2**

Nel corso della presentazione della prima relazione annuale di VIS svoltasi il 24 novembre 2015 presso gli uffici del cantiere TELT del cunicolo esplorativo de La Maddalena, è emersa la necessità di fornire informazione a riguardo dei sistemi di certificazione della qualità delle misurazioni effettuate per il monitoraggio ambientale.

E' stata acquisita la seguente documentazione:

- Certificazioni da parte dell'Ente Italiano di Accreditamento (ACCREDIA) che attraverso ispezioni e sopralluoghi garantisce misure accreditate secondo i rispettivi manuali di qualità per i laboratori coinvolti nelle misure di monitoraggio ambientale: EDF FENICE spa, THEOLAB spa, GEO ENGINEERING srl.
- Certificato di qualificazione del Laboratorio SCU di Tossicologia ed Epidemiologia Industriale che effettua determinazioni quantitative delle fibre di amianto, per metodica MOCF, SEM, FTIR, DRX.
- Piano di Assicurazione della Qualità di THEOLAB (laboratorio con riconoscimento UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005, UNI EN ISO 9001 UNI CEI EN ISO 14001:2004 e OHASAS 18001:2007) redatto in conformità alla guida "EPA Guidance For Quality Assurance Project Plans. EPA QA/G-5 che definisce le necessarie procedure per raccogliere e validare i dati relativi al monitoraggio ambientale, al fine di supportarne le relative decisioni, verificando, mediante l'appropriato utilizzo di protocolli di controllo, che non siano stati introdotti nelle misure degli errori che pregiudichino l'ottenimento della Qualità desiderata.
- Manuale della Qualità della divisione ambiente di Fenice spa, redatto in conformità alla UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005, che descrive il Sistema di Gestione per la qualità sviluppato e attuato dal laboratorio multi sito della Divisione Ambiente di Fenice Spa per assicurare che le attività svolte siano eseguite in modo organico e controllato nel rispetto delle prescrizioni UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2005, e dei requisiti aggiuntivi dell'Ente Italiano di Accreditamento (ACCREDIA); la Politica della Qualità e le risorse messe a disposizione per il raggiungimento degli obiettivi del sistema; la struttura organizzativa e le responsabilità interne del Laboratorio; i criteri generali delle procedure predisposte dal laboratorio.