



VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SANITARIO DEGLI INQUINANTI AMBIENTALI NEL COMUNE DI SPOLETO

Dr. Armando Mattioli

Unità di Progetto “Ambiente e Salute”

Indice

STIMA DI IMPATTO SULLA SALUTE

Premessa	pag. 3
Criteri Generali: valutazione del rischio	pag. 4
Materiali e Metodi	pag. 5
Impatto di PM 10 e PM 2,5	pag. 5
Stima di rischio cancerogeno	pag. 9
Esposizione ad inquinanti ambientali aerodispersi	pag. 12
PM 2,5 e PM10	pag. 12
Cancerogeni	
Concentrazioni IPA, Benzene	pag.
Rischio incrementale e limite dei Valori limite	pag.
Stima del rischio Benzene, IPA	pag.
Bibliografia	pag.

PREMESSA

I dati dell'impatto sanitario dell'inquinamento degli anni 2014 – agosto 2017 nel comune di Spoleto sono presentati in modo da renderli fruibili per le decisioni che gli amministratori pubblici debbono prendere. A tale scopo verrà fornita la stima dell'impatto sulla salute in termini di morti e di ricoveri ospedalieri evitabili per ogni mg/Nmc o $\mu\text{g}/\text{Nmc}$ o ng/Nmc di riduzione della concentrazione dei vari inquinanti aerodispersi, con particolare riferimento alle PM10 e PM2,5, che sono gli inquinanti che provocano il maggiore impatto negativo sulla salute sia in termini quantitativi che qualitativi.

Questo tipo di dati da solo, però, non è sufficiente a fornire le indicazioni necessarie per le decisioni di competenza degli amministratori pubblici.

Come previsto dalle **Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA e AIA)** dell'ISPRA, del febbraio 2016 e nelle **"Linee Guida per la Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS) per valutatori e proponenti - T4HIA"** del CCM - Centro per il Controllo e la prevenzione delle Malattie del Ministero della Salute del giugno 2016, al decisore politico deve essere infatti presentato un quadro complessivo che, oltre ai dati dell'impatto sanitario dell'inquinamento, presenti quelli di natura socio-economica.

I dati di mortalità e morbosità su cui si sono basate le valutazioni di impatto sulla salute secondo il criterio epidemiologico relative alle PM10 ed alle PM2,5 sono stati forniti dal Responsabile dell'UOAZ. Epidemiologia dr. Ubaldo Bicchielli con la collaborazione della dr.ssa Chiara Cappuccini.

L'IMPATTO SULLA SALUTE DEGLI INQUINANTI AMBIENTALI

Criteri generali

La valutazione dell'impatto dell'inquinamento ambientale sulla salute segue le regole ed i criteri della valutazione del rischio (**risk assessment**) definiti nel 1983 dal National Research Council ⁽¹⁾ e validati più volte nel corso dei decenni seguenti fino ai nostri giorni ^(2,3,4).

In questo processo devono essere coinvolte in primis USL ed ARPA, con il supporto laddove necessario di altre competenze tecniche e scientifiche, sulla base dello schema sotto riportato.

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

A) Individuazione del pericolo

B) Valutazione Esposizione

Competenza ARPA

(USL per eventuale monitoraggio biologico)

C) Valutazione Esposizione – Danno salute

Competenza USL

D) Caratterizzazione del rischio:

Quale è il danno per la salute e per quali e quante persone
Competenza USL

A) Il pericolo

Proprietà intrinseca di una sostanza di provocare danni alla salute.

B) Valutazione Esposizione

Stima della quantità di sostanza pericolosa che viene assorbita per via respiratoria o per via orale (e, seppure più raramente, anche per via cutanea); è necessario conoscere le concentrazioni in aria, in acqua o negli alimenti della sostanza pericolosa e le modalità espositive.

N.B. In questa relazione si utilizzeranno dati di concentrazione di inquinanti in aria, acqua ed alimenti che non rappresentano una stima accurata della vera esposizione, ma permetteranno di ipotizzare gli scenari espositivi, fornendo una quantificazione del rischio quantomeno in termini di ordine di grandezza. Laddove possibile, si farà ricorso al principio cautelativo del “caso peggiore”

C) Valutazione Dose (Esposizione) – Risposta (Danno salute)

La conoscenza delle caratteristiche tossicologiche di una sostanza, derivante da studi epidemiologici e da esperimenti sugli animali, per le sostanze non cancerogene permette di **stimare** la dose minima (dose soglia) necessaria per provocare un danno alla salute ed il rapporto fra **aumento della dose assorbita** e **l'aumento della gravità dei sintomi**. Per molte patologie tumorali, invece, non esiste una dose minima al di sotto della quale non c'è il rischio di ammalare, **mentre l'aumento della dose assorbita provoca un aumento della probabilità di ammalare**.

D) Caratterizzazione del rischio

Sulla base dei dati dei punti B) e C), si ottiene una **stima** qualitativa e quantitativa della patologia che interessa la popolazione esposta ad una sostanza tossica.

MATERIALI E METODI

Riferimenti scientifici

La valutazione dose – risposta e la caratterizzazione del rischio in questo report si basano sulle indicazioni scientifiche fornite, tra gli altri, dall’Istituto Superiore di Sanità (**ISS**), dall’Organizzazione Mondiale della Sanità (**OMS**), dallo Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (**SCOEL**) della Commissione Europea, dall’U.S. Environmental Protection Agency (**US-EPA**), dall’Office of Environmental Health Hazard Assessment, dipartimento della California Environmental Protection Agency (**OEHHA-Cal/EPA**), dall’International Agency for Research on Cancer (**IARC**), da **Aphekom**, rete di Istituzioni scientifiche istituzionali europee.

Per quanto riguarda l’esposizione, sono stati utilizzati i dati delle misurazioni effettuate dalle centraline dell’ARPA di Carrara, Borgo Rivo, Le Grazie e Prisciano e sono stati considerati come rappresentativi dell’effettiva esposizione della popolazione.

In realtà, la stima dell’effettiva **Concentrazione di Esposizione** (CE) ^(5,6,7,8,9) della popolazione è di complessa determinazione, ma è un dato cruciale per poter effettuare una corretta stima dell’**Impatto sulla salute**, come definiti dalle linee guida VIS del Ministero della Salute ⁽¹⁰⁾.

Per avere questo dato è indispensabile una stretta collaborazione fra il Dipartimento di Prevenzione della USL e l’ARPA.

Dati di esposizione

I dati relativi all’inquinamento dell’aria e delle acque sotterranee sono quelli di ARPA Umbria tratti sia dalle relazioni annuali che dai dati direttamente reperibili sul sito <http://www.arpa.umbria.it> ^(11,12,13)

I dati relativi all’inquinamento da diossine e policlorobifenili diossino-simili sono quelli dell’Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia ed Emilia-Romagna e di quello dell’Abruzzo e del Molise delle campagne di monitoraggio 2012-2013 e 2015.

Stima dell’impatto sanitario da inquinamento di PM_{2,5} e PM₁₀

La stima dell’impatto sanitario da inquinamento da PM_{2,5} e PM₁₀ rispettivamente per gli effetti a lungo termine e breve termine utilizza l’HIA Excel tool–Long-term e l’HIA Excel tool–short-term ed è stata effettuata secondo i criteri indicati nel Manuale di APHEKOM⁽¹⁴⁾.

Per i differenti eventi, la funzione di impatto sanitario è rappresentata dalla formula seguente:

$$\Delta y = y_0 * (1 - e^{-\beta \Delta x})$$

Dove: Δy è il risultato dell’HIA inteso come decremento nel numero degli eventi sanitari; y_0 è la linea di base dei dati sanitari;

Δx è il decremento delle concentrazioni dei contaminanti definite nei diversi scenari;

β è la funzione di rischio legata alla concentrazione;

RR per 10 µg/Nmc = $\exp(10 * \beta)$.

I risultati sono poi aggiustati per il numero di anni N per rendere una stima annuale.

$$\Delta y_{\text{scenario outcome annuale}} = \Delta y_{\text{scenario out come}} / N.$$

I risultati sono infine aggiustati per la popolazione al fine di ottenere la stima annuale per 100.000

$$\Delta y_{\text{scenario outcome popolazione annuale}} = \Delta y_{\text{scenario out come annuale}} / \text{pop.}$$

Impatto a breve termine per il PM10

Il Δx è calcolato sulle medie annuali. Solo gli anni con meno del 25% di valori mancanti vengono utilizzati per la rilevazione dei dati ambientali (Δx) e dei dati sanitari (y_0).

Lo scenario considerato, utilizza la differenza fra la media annuale del PM10 del 2011 e quella del 2014, con un $\Delta x = 3,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$.

La metodologia di calcolo proposta nel tool Aphekem e utilizzata nel lavoro è la seguente:

- il periodo di vita attesa è calcolata usando standard attuariali con tavole per gruppi quinquennali di età;
- Y è il numero degli anni considerati; nel presente studio è 3;
- x è l'età di partenza in ogni gruppo;
- n è la durata dell'intervallo di ciascun gruppo di età;
- n_{ax} è il numero medio di anni vissuti da chi è morto durante l'intervallo ed è stimato con $n/2$;
- nN_x è la popolazione in ogni gruppo di età;
- nD_x è il numero totale dei morti in ciascun gruppo di età per gli anni 2011, 2012 e 2013;
- nM_x è il tasso di mortalità per ciascun gruppo di età calcolato come:

$$nM_x = nD_x / nN_x * Y$$

nq_x è la probabilità di morire nel gruppo stimato come:

$$nq_x = n * nD_x / 1 + (n - n_{ax}) * nN_x$$

L'ultimo gruppo di età è rappresentato da un gruppo aperto e pertanto:

$$nq_x = 1; \text{ ovvero la probabilità di morire è certa.}$$

l_x è il numero delle persone vive nel gruppo.

Se ad esempio si considera un'ipotetica coorte di 100.000 persone vive all'età di 30 anni, il numero delle persone vive negli altri gruppi di età si calcola come:

$$l_{x+n} = l_x * (1 - nq_x)$$

nD_x è il numero delle persone morte nel gruppo di età ed è calcolato come:

$$nD_x = l_x * nq_x$$

nL_x è il numero degli anni vissuti per persona in ogni gruppo di età, calcolato come:

$$nL_x = n * l_{x+n} + n_{ax} * nD_x$$

Per l'ultimo gruppo di età:

$$nL_x = l_x / nM_x$$

T_x è il numero per anno di persone ipoteticamente in vita dopo aver raggiunto l'anno x ed è calcolato ripetutivamente a partire da nL_x :

$$T_x = T_{x+n} + nL_x$$

E_x è l'aspettativa di vita all'età x calcolata come:

$$E_x = T_x / l_x$$

La tabella degli eventi attribuibili è calcolata usando lo stesso metodo, ad eccezione di nD_x che è il numero totale dei morti in ciascun gruppo di età per gli anni 2011, 2012 e 2013.

$$nD_x^{\text{attribuibili}} = nD_x * e^{-\Delta x * \beta}$$

Δx è la diminuzione della concentrazione prevista dallo scenario

β è la funzione di rischio legata alla concentrazione.

RR per 10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ = $\exp(10 * \beta)$

Impatto a lungo termine per le PM2,5

Per il PM2,5 lo scenario deriva dal medesimo delle PM10. Poichè per gli anni in studio non si disponeva della misura delle PM 2,5, stimando che rappresentino il 70% delle PM10, si è considerato $\Delta x=2,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ($3,3 * 0,70 = 2,3$)

I risultati finali sono espressi:

- a) per gli effetti a lungo periodo delle PM2,5 sia come riduzione del numero annuale di decessi riferiti alla popolazione del comune di Terni di età superiore ai 30 anni (81.114 abitanti) sia rapportandoli a 100.000 abitanti;
- b) per gli effetti di breve periodo delle PM10 sia come riduzione del numero annuale di decessi riferiti alla popolazione totale del comune di Terni (109.110 abitanti) sia rapportandoli a 100.000 abitanti.

I dati di popolazione e di mortalità

Dalle tab. A, B, C e D (dati ISTAT) si evidenzia la composizione della popolazione residente a Spoleto e la distribuzione della mortalità per fasce d'età su cui in base ai criteri di APHEKOM si è calcolata la stima di impatto sanitario in termini di mortalità.

Tab. A)

Popolazione totale oggetto dello studio al 2016	
30-34	1.963
35-39	2.310
40-44	2.821
45-49	3.014
50-54	2937
55-59	2586
60-64	2431
65-69	2647
70-74	2208
75-79	2078
80-84	1646
85 e oltre	1.871
Totale	28.512

Tab. B)

Popolazione totale oggetto dello studio al 2016	
Tutte le età	38.218
15-64	23.246
65 e oltre	10.450

Tab. C)

Esiti di salute	ICD-9 Codes	ICD-10 Codes	Age Group			
Tutte le cause di morte non esterne	001-799	A00-R99	All Ages			

Tab. D)

Esiti di salute	ICD-9 Codes	ICD-10 Codes	Gruppi di età				Totale 2012-2014
Mortalità totale	000-999	A00-Y98	30-34				
	000-999	A00-Y98	35-39				
	000-999	A00-Y98	40-44				
	000-999	A00-Y98	45-49				
	000-999	A00-Y98	50-54				
	000-999	A00-Y98	55-59				
	000-999	A00-Y98	60-64				
	000-999	A00-Y98	65-69				
	000-999	A00-Y98	70-74				
	000-999	A00-Y98	75-79				
Mortalità Cardio-Vascolare	390-459	I00-I99	30-34				
	390-459	I00-I99	35-39				
	390-459	I00-I99	40-44				
	390-459	I00-I99	45-49				
	390-459	I00-I99	50-54				
	390-459	I00-I99	55-59				
	390-459	I00-I99	60-64				
	390-459	I00-I99	65-69				
	390-459	I00-I99	70-74				
	390-459	I00-I99	75-79				

Stima del rischio cancerogeno incrementale

Il rischio cancerogeno incrementale per la popolazione rappresenta la stima del numero dei casi addizionali di tumore dovuti ad una data esposizione per un certo periodo di tempo, se non specificato 70 anni, ad una sostanza cancerogena.

Il rischio viene stimato^(4,5,7) utilizzando per la via respiratoria l’Inhalation Unit Risk (I.U.R., $[\mu\text{g}/\text{Nmc}]^{-1}$) o l’Inhalation Slope factor (S.F.inal $[\text{mg}/\text{kg-giorno}]^{-1}$) e per quella orale l’Ingestion Slope factor (S.F. ing. $[\text{mg}/\text{kg-giorno}]^{-1}$); sul valore di questi tre parametri, derivanti da studi sperimentali su animali e da studi epidemiologici, non c’è sempre concordanza fra diverse istituzioni scientifiche, pertanto in questo lavoro ne verranno utilizzati diversi, in particolare quelli **dell’Istituto Superiore di Sanità**⁽⁷⁾, dello **Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL)**⁽¹⁵⁾, dell’**OMS**^(16,17,18), dell’**EPA**⁽¹⁹⁾ e dell’**OEHHA**^(20,21).

Esposizione respiratoria^(6,8,9)

Stima del rischio cancerogeno tramite I.U.R. :

La formula per il calcolo del rischio è la seguente

$$\text{Risk} = \text{I.U.R.} * \text{CE}$$

dove:

- **IUR**: “inhalation Unit Risk” espressa in $(\mu\text{g}/\text{Nmc})^{-1}$, vale a dire il rischio addizionale di sviluppare un tumore in un tempo vita di 70 anni all’interno di una ipotetica popolazione di 1.000.000 di persone le quali abbiano tutte una Concentrazione di Esposizione (EC) costante di un $1 \mu\text{g}/\text{Nmc}$ alla sostanza cancerogena nell’aria che respirano.

- **EC**: “Concentrazione di esposizione” espressa in $\mu\text{g}/\text{Nmc}$.

A sua volta la concentrazione di esposizione viene definita dalla seguente equazione:

$$\text{EC} = (\text{CA} \cdot \text{ET} \cdot \text{EF} \cdot \text{ED}) / \text{AT}$$

dove:

- **CA**: concentrazione del contaminante in aria ($\mu\text{g}/\text{Nmc}$),
- **ET**: tempo di esposizione (ore/giorno),
- **EF**: frequenza d’esposizione (giorni/anno),
- **ED**: durata d’esposizione (anni),
- **AT**: tempo sul quale l’esposizione è mediata (tutta la vita in anni \times 365 giorni/anno \times 24 ore/giorno).

Stima del rischio cancerogeno per sostanze genotossiche tramite I.U.R. :

In accordo con i documenti USEPA 2005 e EFH 2011, per le sostanze cancerogene che agiscono attraverso un’azione genotossica, il rischio incrementale viene aggiustato per il fattore **ADAF (Age Dependent Adjustment Factor)** in funzione dell’età del bersaglio potenzialmente esposto.

I fattori di aggiustamento ADAF sono pari a:

- 10 per un’età compresa fra 0 e 2 anni (ADAF_{0-2});
- 3 per un’età compresa fra 2 e 16 anni (ADAF_{3-16});
- 1 per un’età maggiore di 16 anni (adulto) ($\text{ADAF}_{>16}$).

Il rischio cancerogeno genotossico è espresso dalla seguente equazione:

$$\text{Risk} = \text{IUR} \cdot \text{EC}_{0-2} \cdot (\text{ADAF}_{0-2}) + \text{IUR} \cdot \text{EC}_{3-16} \cdot (\text{ADAF}_{3-16}) + \text{IUR} \cdot \text{EC}_{>16} \cdot (\text{ADAF}_{>16})$$

Stima del rischio cancerogeno per sostanze genotossiche tramite lo S.F.inal:

la formula è:

$$\text{Risk} = E \times S.F.inal$$

dove:

S.F.inal: (Slope Factor [mg/kg d]-1) indica la probabilità di casi incrementali di tumore nella vita per unità di dose, ed E è mediata su di un periodo di esposizione pari a 70 anni (AT = 70 anni); esso viene calcolato così:

$$S.F.inal = I.U.R * 70(\text{kg}) * 1.000 (\mu\text{g}/\text{mg}) / 20 (\text{Nmc}/\text{giorno})$$

E ([mg/kg d]) rappresenta l'assunzione cronica giornaliera del contaminante.

Il fattore E è dato dal prodotto tra la concentrazione, calcolata in corrispondenza del punto di esposizione Cpoе, es. [mg/Nmc], e la portata effettiva di esposizione EM, es. [Nmc /kg d] che rappresenta la quantità di aria inalata al giorno per unità di peso corporeo:

$$E = Cpoе \times EM.$$

dove

$$EM \left[\frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{B_{oAd} \times EF_g \times EF \times ED_{Ad}}{BW_{Ad} \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}} + \frac{B_{oBam} \times EF_g \times EF \times ED_{Bam}}{BW_{Bam} \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$$

FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF)	Simbolo	Unità di Misura	Residenziale	
			Adulto	Bambino
Fattori comuni a tutte le modalità di esposizione				
Peso corporeo	BW	kg	70	15
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene	ATc	anni	70	70
Inalazione di Aria Outdoor (AO)				
Durata di esposizione	ED	anni	24	6
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350
Frequenza giornaliera di esposizione outdoor	EFgo	ore/giorno	24	24
Inalazione outdoor	Bo	m ³ /ora	0,9 (a)	0,7 (a)

Esposizione per via orale^(4, 5)

Poiché l'età giovanile è maggiormente vulnerabile agli effetti dei cancerogeni, la stima del rischio è aggiustata per età, secondo fattori di correzione riferiti a 4 intervalli di età:

Età (anni)	Fattori di esposizione	Durata esposizione (anni)	ADAF
0 - <2	Bambino	2	10
2 - <6	Bambino	4	3
6 - <16	Adulto	10	3
16 - <30	Adulto	14	1

Per ogni intervallo di età "i", il rischio per esposizione tramite una specifica via è calcolato così:

$$Risk_i = C \times \frac{IR_i \times EF_i \times ED_i}{BW_i \times AT} \times SF \times ADAF_i$$

C = Concentrazione della sostanza chimica nel medium ambientale contaminato (terreno o acqua) al quale la persona è esposta. I valori sono espressi in mg/kg per il suolo and mg/L per l'acqua.

IR_i = Rateo di assorbimento del medium ambientale contaminato per l'intervallo di età "i". I parametri sono mg/giorno per il terreno e L/giorno per l'acqua.

BW_i = Peso corporeo della persona esposta per l'intervallo di età "i" (kg).

EF_i = Frequenza di esposizione per intervallo d'età "i" (giorni/anno): indica quanto spesso una persona è esposta nel corso dell'anno al medium ambientale contaminato.

ED_i = Durata dell'esposizione "i" (anni): indica quanto a lungo una persona è probabile che sia esposta al medium ambientale contaminato nella sua vita.

AT = Tempo medio (giorni). Questo parametro specifica il tempo su cui la dose media viene calcolata. Per quantificare il rischio cancerogeno, l'esposizione su tutta la vita comporta un tempo medio di 70 anni (70 anni × 365 giorni/anni).

SF = slope factor (mg/kg-day)⁻¹

ADAF_i = Fattore di aggiustamento età-dipendente per fascia di età "i"

Il rischio totale per un individuo è la somma dei rischi di tutti e quattro gli intervalli di età. Ad esempio, il rischio addizionale di cancro per un individuo esposto per 30 anni a partire dalla nascita in un dato luogo è calcolato così:

$$Risk_{0-2} = C \times \frac{IR_{bam} \times EF_{bam} \times ED_{bam}}{BW_{bam} \times AT} \times \frac{2}{70 \times 365} \times SF \times 10$$

$$Risk_{2-6} = C \times \frac{IR_{bam} \times EF_{bam} \times ED_{bam}}{BW_{bam} \times AT} \times \frac{4}{70 \times 365} \times SF \times 3$$

$$Risk_{6-16} = C \times \frac{IR_{ad} \times EF_{ad} \times ED_{ad}}{BW_{ad} \times AT} \times \frac{10}{70 \times 365} \times SF \times 3$$

$$Risk_{16-30} = C \times \frac{IR_{ad} \times EF_{ad} \times ED_{ad}}{BW_{ad} \times AT} \times \frac{14}{70 \times 365} \times SF \times 1$$

e

$$Total Risk = Risk_{0-2} + Risk_{2-6} + Risk_{6-16} + Risk_{16-30}$$

Esposizione ad inquinanti ambientali aerodispersi

PM2,5 e PM10

Il dato più rilevante è che i livelli di inquinamento a S.M. in Trignano sono costantemente e significativamente più elevati rispetto a quelli delle altre 3 stazioni, che non prezentano grandi differenze fra loro, anche se Piazza Vittoria risulta vere sempre valori più bassi rispetto a Santo Chiodo e M.di Lugo.

Tab. 1			
PM10 Media annuale (valore limite 40 µg/ Nmc)			
Stazioni	2014	2015	2016
Spolet P.za Vittoria	19	20	18
Spolet Santo Chiodo	19	22	20
Spolet S.M. in Trignano	24	32	29
Spolet M. di Lugo	20	22	20

Tab. 2			
PM10 numero superamenti media giornaliera 50 µg/ Nmc (valore limite 35)			
Stazioni	2014	2015	2016
Spolet P.za Vittoria	7	8	10
Spolet Santo Chiodo	14	10	12
Spolet S.M. in Trignano	23	37	38
Spolet M. di Lugo	10	12	9

Tab. 3			
PM2,5 Media annuale (valore limite 25 µg/ Nmc)			
Stazioni	2014	2015	2016
Spolet P.za Vittoria	12	14	11
Spolet Santo Chiodo	13	15	13
Spolet S.M. in Trignano	17	21	21
Spolet M. di Lugo	15	15	14

Al fine di una valutazione dell'efficacia degli interventi finalizzati a ridurre l'inquinamento adottati dalle Pubbliche Amministrazioni, si indicano gli **effetti nel lungo periodo**^(10, 22, 23, 24) dovuti ad una riduzione delle PM2,5 pari ad 1 µg/Nmc.

La stima è di circa x morti evitati l'anno per tutte le cause fra gli abitanti del comune di Spoleto sopra i 30 anni d'età, (tabella 4) di cui xx per le patologie cardio-vascolari e xxx per le patologie respiratorie e i tumori del polmone.

Tab. 4) Numero morti annuali evitati nel lungo periodo in base ad un diminuzione di 1 µg/Nmc di PM2,5			
Tutte le cause	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
Numero di morti medie nel triennio 2011-2013 per tutte le cause per età >=30 anni			
Stima morti annuali evitate			

Stima morti annuali evitate (tasso x 100.000)			
Patologie cardiovascolari			
Stima morti annuali evitate			
Stima morti annuali evitate (tasso x 100.000)			
Patologie respiratorie e Tumori polmonari ⁽¹⁰⁾			
Stima morti annuali evitate			

Analogamente, si indicano gli **effetti nel breve periodo**^(10, 22, 23, 24) dovuti ad una riduzione delle PM10 pari ad 1 $\mu\text{g}/\text{Nmc}$.

La stima è di circa x morte evitata l'anno escluse le cause esterne fra tutti gli abitanti del comune di Spoleto, (tabella 5) e di xx ricoveri in meno per patologie cardiorespiratorie (Tabella 6).

Tab. 5) Numero morti annuali evitate **nel breve periodo** per una diminuzione di 1 $\mu\text{g}/\text{Nmc}$ di PM10

Tutte le cause	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
Numero di morti medie triennio 2011-2013 escluse cause esterne			
Stima morti annuali evitate			
Stima morti annuali evitate (tasso x 100.000)			

Tab. 6) Numero ricoveri annuali evitati **nel breve periodo** per una diminuzione di 1 $\mu\text{g}/\text{Nmc}$ di PM10

Tutte le cause	Limite inferiore	Valore centrale	Limite superiore
Ricoveri per patologie respiratorie			
Stima attribuibile alle PM10			
Ricoveri per patologie cardiache			
Stima attribuibile alle PM10			

CANCEROGENI

Tab. 7

Benzene valore limite: 5 $\mu\text{g}/\text{Nmc}$
soglia di valutazione inferiore (SVI): 2.0 $\mu\text{g}/\text{Nmc}$
soglia di valutazione superiore (SVS): 3.5 $\mu\text{g}/\text{Nmc}$

Stazioni	media 2014	media 2015	media 2016	media 2017
Spoleto P.za Vittoria	1,2	1	0,7	0,7*

*Agosto 2017

Tab. 8

Ipa come Benzo(a)pirene: valore limite: 1 ng/Nmc
soglia di valutazione inferiore (SVI): 0.4 ng/Nmc
soglia di valutazione superiore (SVS): 0.6 ng/Nmc

Stazioni	media 2014	media 2015	media 2016	media 2017
Spoleto P.za Vittoria	0,4			
Spoleto Santo Chiodo	0,6			
Spoleto S.M. in Trignano	0,9	0,9	0,7	1

Rischio incrementale di tumori e limite dei Valori limite

Le principali agenzie internazionali che si occupano di tutela della salute dall'inquinamento ambientale, fissano l'accettabilità del rischio incrementale di tumori derivanti da esposizioni a cancerogeni ambientali per 70 anni ad un livello di 1/1.000.000 o di 1/100.000.

L'OMS fissa il livello di rischio incrementale ad 1/100.000⁽¹⁶⁾ per la qualità dell'acqua, mentre il D.Lgs 152/2006, Allegato 1 della parte V, fissa come obiettivo **per le zone sottoposte a bonifica un rischio incrementale massimo** di 1/1.000.000 per esposizione a singolo cancerogeno ed 1/100.000 per esposizioni multiple.

Da parte sua l'ECHA, l'Agenzia Europea per le sostanze chimiche, per le sostanze cancerogene e genotossiche senza valore di soglia come valore limite prevede il DMEL (Derived Minimal Effect Level) ossia il Livello di effetto minimo derivato; la questione oltre ad aspetti di natura scientifica pone implicazioni di natura etica e sociale e pertanto l'ECHA ha indicato che la decisione spetta al mondo della politica. Per parte sua, tenuto conto degli orientamenti espressi a livello internazionale, suggerisce di fissare il rischio incrementale per i lavoratori a 1/100.000 e per la popolazione generale a 1/1.000.000⁽²⁵⁾.

Il primo punto da evidenziare è quello delle differenti stime della "potenza" dei vari cancerogeni, ossia della loro capacità di provocare tumori a parità di esposizione, da parte delle diverse agenzie ed istituzioni scientifiche internazionali, cosa che rende conto di un ineliminabile e non riducibile fattore di incertezza. Ad esso va aggiunta anche l'incertezza di natura statistica della stima dell'esposizione. Questa incertezza complessiva va gestita con il principio di precauzione o con quello del caso peggiore.

Il secondo punto è che i valori limite di esposizione (intesi nel senso più ampio delle loro varie denominazioni, valore limite, Concentrazioni Soglia Contaminazione, Concentrazioni Soglia Rischio, Tenore Massimo, Valori Guida, Soglia valutazione inferiore etc.) non tengono conto solo degli aspetti tossicologici, ma anche di altri elementi (fattori socio-economici e di fattibilità tecnica) e questo comporta che non vanno assolutamente presi come riferimento per la tutela della salute, come ben illustrano il caso del benzene e del benzo(a)pirene approssi riportati.

Il valore limite per il benzo(a)pirene è di 1 ng/ Nmc, corrispondente ad un rischio incrementale di circa 0.1/100.000 per l'I.S.S.⁽⁷⁾ e per l'OEHHA^(20,21) e di 9/100.000 per l'O.M.S.^(17,18).

Il valore limite del benzene è di 5 µg/ Nmc, corrispondente ad un rischio incrementale di 3,4/100.000 (I.S.S.)⁽⁷⁾, 3/100.000 (O.M.S.)^(17,18), 4,1/100.000 (US-EPA)⁽¹⁹⁾ e 14,5/100.000 (OEHHA)^(20,21); in questo caso è chiara la contraddizione fra acquisizioni scientifiche e normativa.

Stima del rischio incrementale tumori

Tab. 9

BENZENE	unit risk (mcg/Nmc)	Concentrazione 2014 - 2017 (mcg/Nmc)	Rischio incrementale superiore a 1,00E-06 superiore a 1,00E-05	Rischio incrementale su 100.000 in 70 anni	
Benzene OMS	6,00E-06	0,9	8,95E-06	0,9 - 4,3	P.za Vittoria
Benzene EPA	8,30E-06		1,24E-05		
Benzene OEHHA	2,90E-05		4,33E-05		
Benzene ISS	6,89E-06		1,03E-05		

Tab. 10

IPA		Concentrazione 2014 - 2017 (mcg/Nmc)	Rischio incrementale Inferiore a 1,00E-06 superiore a 1,00E-06 superiore a 1,00E-05	Rischio incrementale su 100.000 in 70 anni	
IPA OEHHA, ISS	1,10E-03	0,0009	1,64E-06	0,16 - 13	S.M. inTrignano
IPA OMS	8,70E-02		1,30E-04		
IPA OEHHA, ISS	1,10E-03	0,0006	1,09E-06	0,11 - 8,6	Santo chiodo
IPA OMS	8,70E-02		8,65E-05		
IPA OEHHA, ISS	1,10E-03	0,0004	7,29E-07	0,07 - 5,7	P.za Vittoria
IPA OMS	8,70E-02		5,77E-05		

I dati delle tabb. 9-10, utilizzati per i calcoli del rischio incrementale basato sulle Unit Risk dei vari organismi scientifici, rappresentano solo un'approssimazione della reale esposizione della popolazione.

Il confronto con i dati dell'inquinamento (tabb. 7-8) mette comunque in evidenza una discrepanza fra la valutazione dell'accettabilità o inaccettabilità dell'inquinamento stimata sul mero dato ambientale con quella derivante dalla stima del rischio incrementale. Essa è significativa per quanto riguarda Benzene, più contenuta rispetto agli IPA.

Bibliografia

1) Risk assessment in the federal government. Managing the process

National Research Council. 1983. National Academy Press, Washington, DC

2) The NRC Risk Assessment Paradigm

October 7, 2014, www2.epa.gov/fera/nrc-risk-assessment-paradigm

3) Epidemiologia ambientale. Metodi di studio e applicazioni in sanità pubblica

pag. 264-271, WHO in collaborazione con USEPA, a cura di ARPAT, Firenze, Giugno 2004

4) Handbook for Implementing the Supplemental Cancer Guidance at Waste and Cleanup

USEPA, December 20, 2012, <http://www.epa.gov/oswer/riskassessment/sghandbook/riskcalcs.htm>

5) Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT), revisione 2, marzo 2008

6) Protocollo per il monitoraggio dell'aria indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati, Sito di Venezia – Porto Marghera

Settembre 2014

ISS, Dipartimento Ambiente e Connessa Prevenzione Primari; INAIL Dipartimento Installazioni di Produzione e Insediamenti Antropici; AULSS 12 Veneziana, Dipartimento di Prevenzione; ARPA del Veneto.

http://www.iss.it/binary/iasa/cont/Protocollo_per_monitoraggio_aria_inoor_outdoor_nei_siti_contaminati.pdf

7) Banca Dati ISS-INAIL per Analisi di Rischio Sanitario Ambientale

<http://www.iss.it/iasa/index.php?lang=1&tipo=%2040>, 2015

8) Problematiche ambientali e sanitarie del sito contaminato denominato "Quadrante Est" nel Comune di Ferrara. Valutazione del rischio. Prima fase.

Istituto Superiore di Sanità e Regione Emilia Romagna. Marzo 2012

http://servizi.comune.fe.it/attach/ambiente/docs/fe_finale_istituto_superiore_di_sanita.pdf

9) Studio di valutazione dell'esposizione inalatoria a contaminazione atmosferica nella città di Ferrara Prima fase.

Anna Bastone, Maria Eleonora Soggiu et. al Istituto Superiore di Sanità, Rapporti ISTISAN 03/19, 2003

10) "Linee Guida per la Valutazione di Impatto sulla Salute (VIS) per valutatori e proponenti - T4HIA"

CCM, Centro per il Controllo e la prevenzione delle Malattie del Ministero della Salute, giugno 2016

11) Il monitoraggio operativo di corpi idrici sotterranei nell'anno 2013

Agenzia regionale per la protezione ambientale dell'Umbria, Novembre 2014

12) Valutazione della qualità dell'aria in Umbria Relazione tecnica Anno 2011

Agenzia regionale per la protezione ambientale dell'Umbria, Dicembre 2012

13) Valutazione della qualità dell'aria in Umbria Relazione tecnica Anno 2014

Agenzia regionale per la protezione ambientale dell'Umbria, maggio 2015

14) Health Impact Assessment of Outdoor Air Pollution

Aphekomp - Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe. <http://si.easp.es/aphekomp/>

15) Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL), European Commission
<http://ec.europa.eu/social/main.jsp?langId=en&catId=22>

16) Guidelines for Drinking-water Quality
World Health Organization, 2011

17) Air Quality Guidelines For Europe
WHO Regional publications, European series, n° 91, second edition, 2000

18) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants
WHO Regional publications, 2010

19) Integrated Risk Information System (I.R.I.S.)
US-EPA, www.epa.gov/iris/index.html

20) Technical Support Document for Cancer Potency Factors: Methodologies for derivation, listing of available values, and adjustments to allow for early life stage exposures
California Environmental Protection Agency, Office Environ. Health Hazard Assessment. May 2009

21) Cancer Potency Values as of July 21
California Environmental Protection Agency, Office Environ. Health Hazard Assessment, July 2009

22) Inquinamento atmosferico e salute umana
Epidemiol Prev 2009; 33(6) suppl 2: 1-72

23) Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project
The Lancet, [Volume 383, No. 9919, p785–795, 1 March 2014](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/383/9919/785)

24) Impatto sanitario delle polveri sottili ad Ancona negli anni 2009-2011,
M. Mariottini et al., ARPA Marche, Dipartimento di Ancona, Servizio Epidemiologia Ambientale, Marzo 2015

25) Guidance on Information Requirements and Chemical Safety Assessment. Part E: Risk Characterisation.

*European Chemicals Agency (ECHA), Version 3.0, May 2016
Veterinaria Italiana, **46** (3), 287-300; 2010*

Il Coordinatore
Dr. Armando Mattioli

