Impatto sulla salute del $PM_{2,5}$ primario e secondario emesso dalla centrale di Brindisi

C Mangia[1] M Cervino[1] EAL Gianicolo[2,3]

[1] ISAC CNR
[2] IFC CNR
[3] Institute of Medical Biostatistics, Epidemiology and Informatics, Johannes Gutenberg-Universität.

Collaborazione ISAC – IFC su ambiente e salute (focus sul Salento)

2015

☑Vigotti, M.A.., C.. Mangia, M.. Cervino, A.. Bruni, A.. Biggeri, B.. De Marchi, and E.A.L.. Gianicolo, "Epidemiological study on the health status of residents in Manfredonia (Italy) [Studio epidemiologico sullo stato di salute dei residenti nel comune di Manfredonia]", *Epidemiologia e Prevenzione*, vol. 39, no. 2, pp. 81-83, 2015.

☑Mangia, C.., M.. Cervino, and E.A.L.. Gianicolo, "Secondary particulate matter originating from an industrial source and its impact on population health", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 12, no. 7, pp. 7667-7681, 2015.

2014

☑Gianicolo, E.A.., C.. Mangia, M.. Cervino, A.. Bruni, M.G.. Andreassi, and G.. Latini, "Congenital anomalies among live births in a high environmental risk area–a case-control study in Brindisi (southern Italy).", *Environmental research*, vol. 128, pp. 9-14,

☑Mangia, C.., M.. Cervino, and E.A.L.. Gianicolo, "Dispersion models and air quality data for population exposure assessment to air pollution", *International Journal of Environment and Pollution*, vol. 54, no. 2-4, pp. 119-127, 2014.

2013

☑Gianicolo, E.A.L.., A.. Bruni, C.. Mangia, M.. Cervino, and M.A.. Vigotti, "Acute effects of urban and industrial pollution in a government-designated Environmental risk area: The case of Brindisi, Italy", *International Journal of Environmental Health Research*, vol. 23, no. 5, pp. 446-460, 2013.

☑Mangia, C.., M.. Cervino, and E.A.L.. Gianicolo, "An integrated approach between dispersion models and air quality data for air pollution exposure assessment purposes", *Proceedings of the 15th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, HARMO 2013*, pp. 628-632, 2013.

☑Mangia, C.., E.A.L.. Gianicolo, A.. Bruni, M.A.. Vigotti, and M.. Cervino, "Spatial variability of air pollutants in the city of Taranto, Italy and its potential impact on exposure assessment", *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 185, no. 2, pp. 1719-1735, 2013.

2011

☑Mangia, C.., A.. Bruni, M.. Cervino, and E.A.L.. Gianicolo, "Sixteen-year air quality data analysis of a high environmental risk area in Southern Italy", *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 183, no. 1-4, pp. 555-570, 2011.

☑Balocchi, R.., A.. Macerata, E.A.L.. Gianicolo, C.. Mangia, M.. Cervino, and C.. Carpeggiani, "Time course of the occurrences of acute cardiovascular events in the Italian city of Brindisi", *Computing in Cardiology*, vol. 38, pp. 697-699, 2011.

2010

☑Serinelli, M.., E.A.L.. Gianicolo, M.. Cervino, C.. Mangia, M.. Portaluri, and M.A.. Vigotti, "Acute effects of air pollution in Brindisi (Italy): A case-crossover analysis [Effetti acuti dell'inquinamento a Brindisi: analisi case-crossover]", *Epidemiologia e Prevenzione*, vol. 34, no. 3, pp. 100-107, 2010.

sommario

- l'articolo in sintesi
- discussione e approfondimenti
- Conclusioni

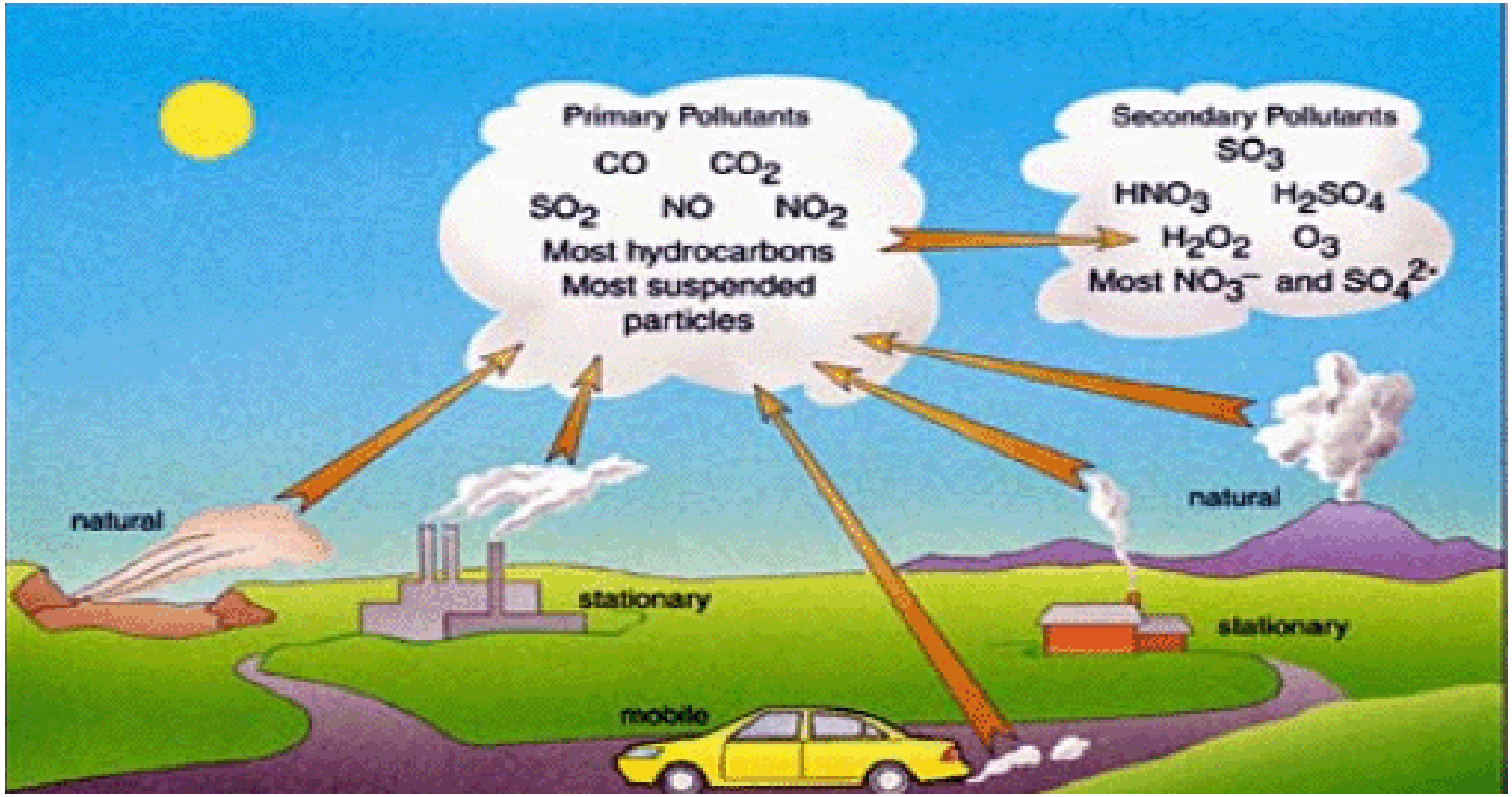
Secondary particulate matter originating from an industrial source and its impact on population health

Int. J. Environ. Res. Public Health 2015, 12(7), 7667-7681
Cristina Mangia, Marco Cervino, Emilio Gianicolo

Domande di ricerca

- Quanto è rilevante il particolato secondario emesso da una sorgente industriale caratterizzata da elevate emissioni di gas precursori (SO_2, NOx..)?

- E' necessario includerlo nelle valutazioni ambientali e sanitarie?



Il particolato secondario inorganico (nitrati e solfati) presenta rischi per la salute ?

Sì. **REVIHAAP(WHO, 2013) + i diversi studi citati** (Rif. 16, 17,18, 20, 24)

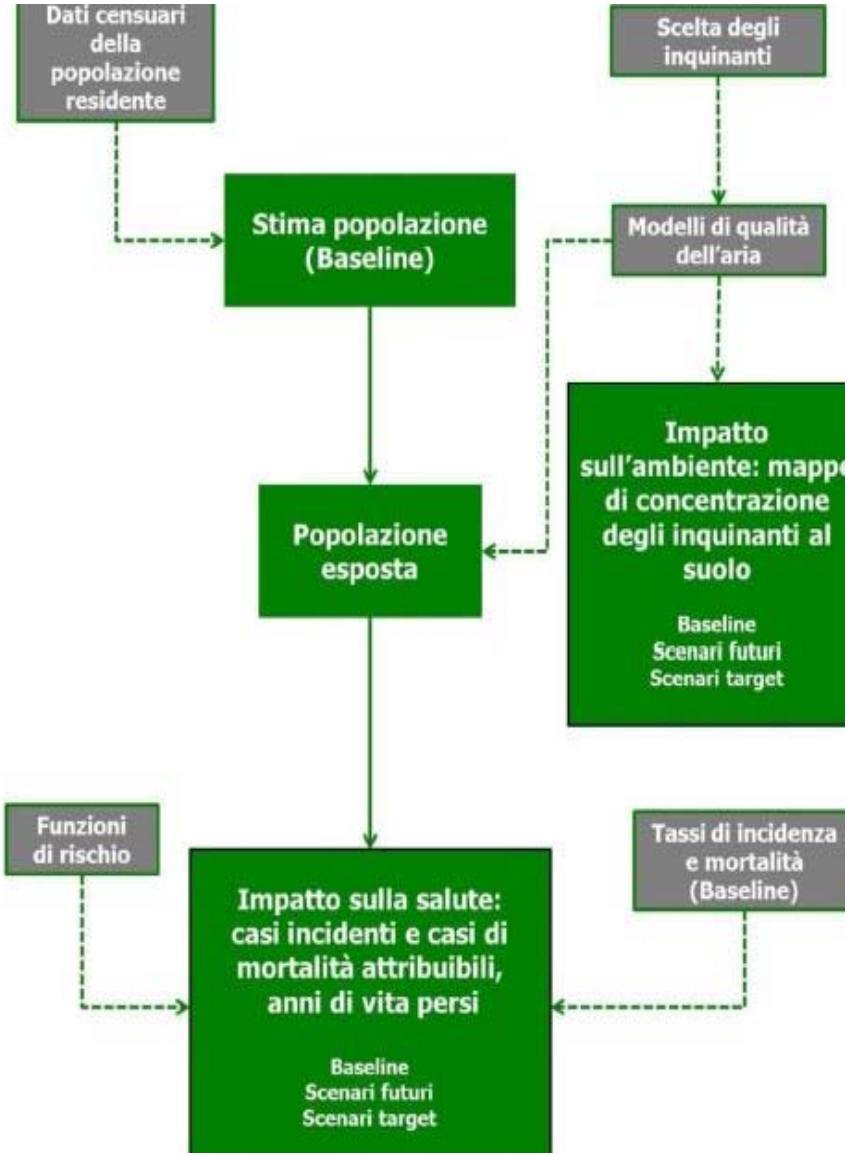


Figura 1. Schema della valutazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sull'ambiente e sulla salute umana

Il caso di studio: Centrale a carbone Enel Brindisi Sud

Area of study characteristics

105 x 135 km^2

120 municipalities

1,2 million individuals

11,571 total deaths

(from National Institute of Statistics, year 2006).

Power plant characteristics

Groups: 4 x 660 MW

Burned coal: 6,000,000 t/y

Stack height: **200 m**

Stack diameter: 4 × **6.8** m

Flue gas velocity: **20 m/s**

Gas temperature: **373 K**

Flow rate: 4 × **2,400,000** Nm^3/h.

.

Emissions (year 2006)

10,175 t/y SO_2

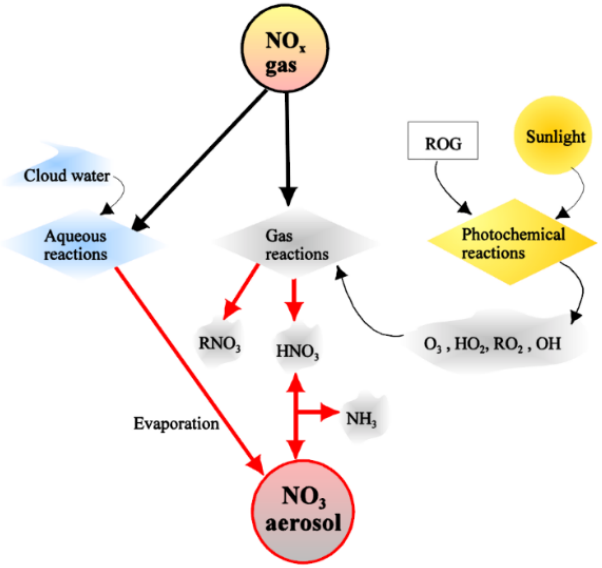
9,282 t/y NO_x

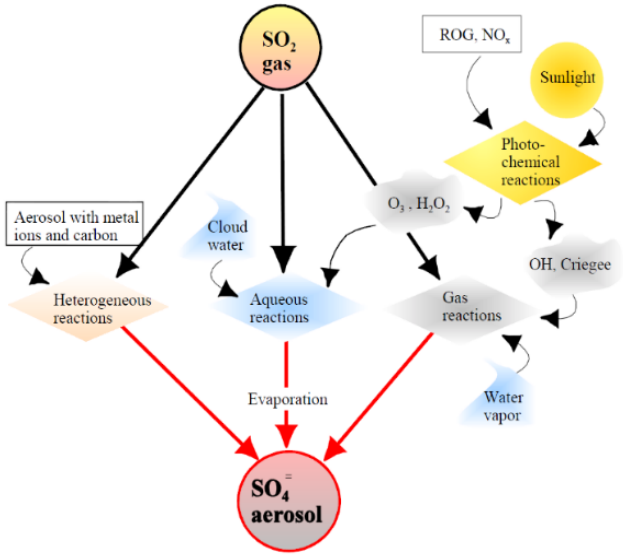
730 t/y PM

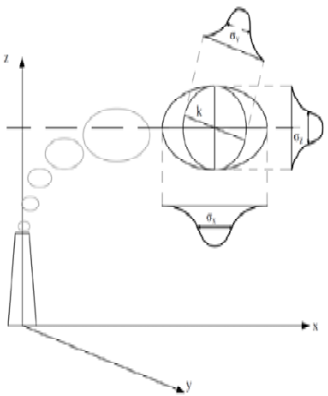
Simulation period

Year 2006

Metodologia: Modellistica della dispersione CALMET/CALPUFF (Scire et al .2000)

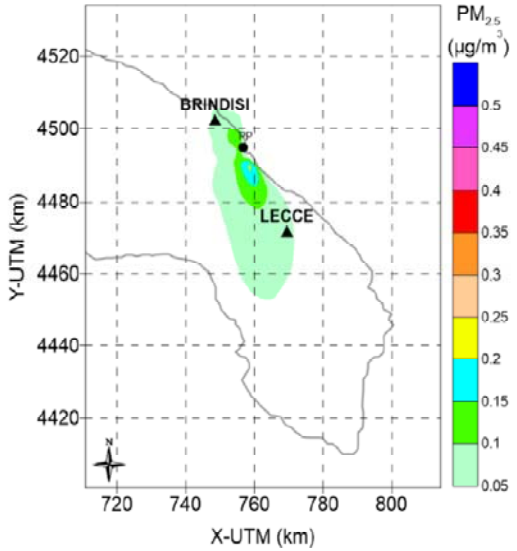




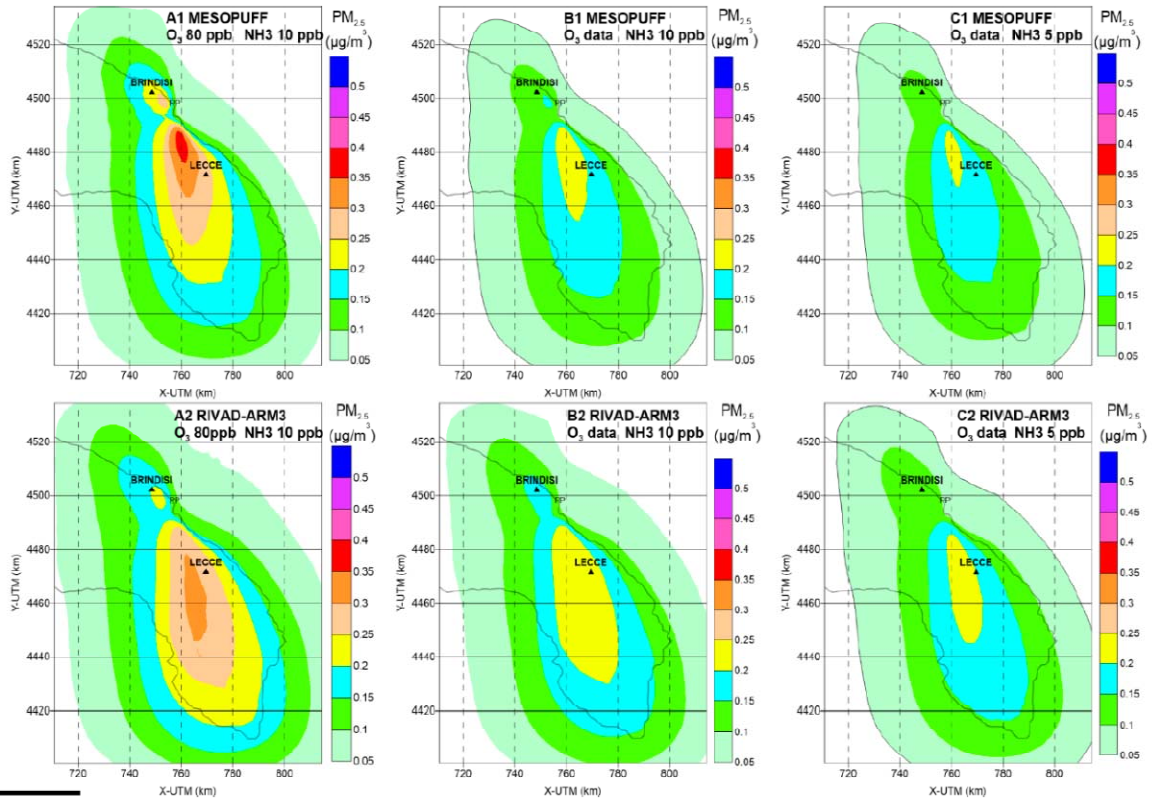


Calmet/Calpuff
(EPA, 2012; Lopez, 2005; Levy et al.2002,2003, McIntosh et al., 2010 Mangia, 2014, Zhou et al 2003, etc)

Risultati simulazioni



Pm2.5 origine primaria



Run	O_3 (ppb)	NH_3 (ppb)	Chemical Mechanism
A1	80	10	MESOPUFF
B1	Monitored data	10	MESOPUFF
C1	Monitored data	5	MESOPUFF
A2	80	10	RIVAD/ARM3
B2	Monitored data	10	RIVAD/ARM3
C2	Monitored data	5	RIVAD/ARM3

Pm2.5 origine secondaria

Frequenza di decessi naturali
al netto dell'inquinamento

Frequenza di decessi naturali

Coeff. di rischio relativo

1) $$P_{0i} \cong \frac{P_{ei}}{\left[1 + \frac{(RR-1)}{5} \cdot E_{pm}\right]}$$

$PM_{2.5}$ di fondo (tutte le sorgenti naturali e antropogeniche)

2) $$D_{1_i} = 100{,}000 \cdot P_{0i} \cdot \frac{(RR-1)}{5}$$

Concentrazione media annua dell'inquinante generata dalle medesime sorgenti

Numero dei decessi attribuibili a una o più sorgenti

3) $$AC = \sum_{i=1}^{120} \frac{D_{1i} \cdot P_i}{100{,}000} \cdot X_i = \frac{(RR-1)/5}{\left[1 + \frac{(RR-1)}{5} \cdot E_{pm}\right]} \cdot \sum_{i=1}^{120} N_i \cdot X_i$$

La somma tiene conto della variabilità geografica con cui sono noti e/o calcolati i valori di inquinamento e quelli demografici.

$$AC = \frac{(RR-1)/5}{\left[1+\frac{(RR-1)}{5}\cdot E_{pm}\right]}\cdot\sum_{i=1}^{120} N_i \cdot X_i$$

- X_i: Concentrazioni di particolato primario + secondario derivate dalla centrale

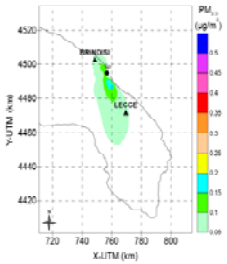


Figure 2. Estimated annual average primary $PM_{2.5}$ concentrations ($\mu g/m^3$). Year 2006.

+

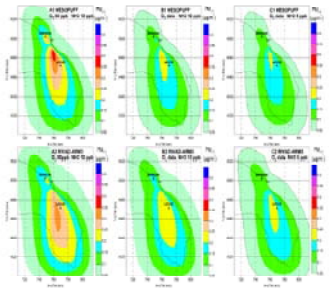
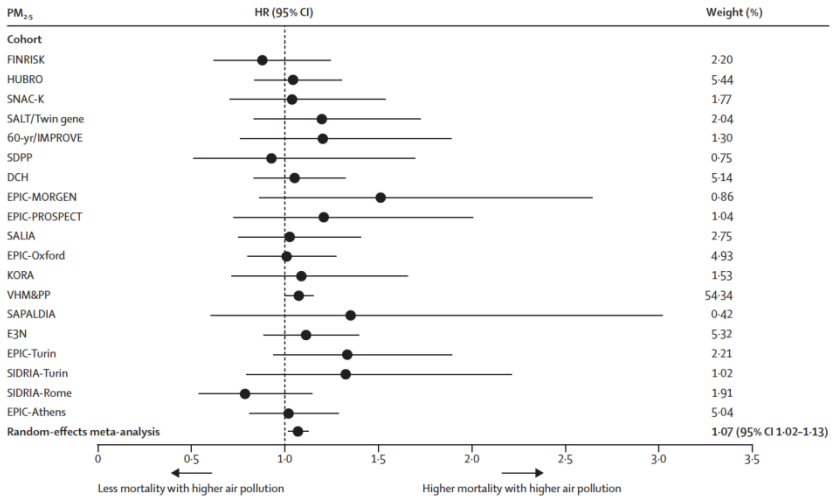


Figure 3. Estimated annual average secondary $PM_{2.5}$ concentrations ($\mu g/m^3$) for different Calpuff runs. Year 2006.

- Epm; Inquinamento di fondo $PM_{2.5}$ nell'area in esame generata dalle altre fonti di inquinamento quali per esempio il traffico, le emissioni portuali,riscaldamento, la combustione di biomasse.= 20µg/m^3 (Arpa Puglia 2011).
- Ni: numero decessi non accidentali per tutte le cause.
- RR (Beelen et al. 2014)

Rif.7: Beelen et al. (2014) *The Lancet*. Effetti dell'esposizione a **lungo termine** all'inquinamento sulla **mortalità per cause naturali**: un'analisi di 22 coorti europee all'interno del progetto multicentrico **ESCAPE**.



RR = 1.07

(95% CI **1.02–1.13**)
per incrementi di 5 μg/m^3
di $PM_{2.5}$

Numero stimato di decessi attribuibili alla centrale con intervallo di confidenza

Table 4. Estimated number of non-accidental deaths and 95% confidence interval (95% CI) associated with different scenario of modelled exposure to primary and secondary particulate matter ($PM_{2.5}$) emitted by the coal power plant located in Brindisi (Italy). Year 2006.

Scenario	Absolute Number of Cases	95% CI		Number of Cases per 100,000 Inhabitants	95% CI	
		Lower	Upper		Lower	Upper
Primary $PM_{2.5}$	4	1	7	0.4	0.1	0.6
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run A1	26	9	41	2.2	0.7	3.4
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run B1	20	7	31	1.7	0.6	2.6
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run C1	19	6	30	1.6	0.5	2.5
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run A2	28	10	44	2.4	0.8	3.7
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run B2	23	8	37	2.0	0.7	3.1
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run C2	21	7	33	1.8	0.6	2.8

L'area di studio

105 x 135 km^2 120 comuni

1,2 millioni di individui 10^4 decessi

Considerazioni (1/2)

- Le zone a sud-est della centrale sono, in media in un anno, quelle più esposte alle emissioni della centrale. I valori massimi di concentrazione sono inferiori a 0,5 $\mu g/m^3$ sia per il $PM_{2.5}$ primario sia per il $PM_{2.5}$ secondario.

- L'area popolata interessata dalla persistenza di particolato secondario è molto più vasta di quella interessata dal particolato primario.

- Il particolato primario ha il suo massimo di concentrazione ad una distanza di circa sei chilometri dalla centrale. Al contrario, a seconda delle scelte assunte nel calcolo, le diverse stime per il particolato secondario prevedono che il massimo di concentrazione giunga ad una distanza tra i dieci e i trenta chilometri dalla stessa centrale.

Considerazioni (2/2)

- Se si considera solo il particolato primario, sono 4 i decessi/anno che si stima sarebbero stati evitati annualmente se non vi fosse stata esposizione. Questo numero varia da 1 a 7 se si tiene conto dell'incertezza statistica associata al coefficiente di rischio adottato.

- Quando si considera il particolato secondario, il numero stimato dei decessi/anno attribuibili aumenta fino a 28. Tale numero varia da un minimo di 7 ad un massimo di 44 a seconda
  - ✓ dei diversi meccanismi chimici ipotizzati,
  - ✓ delle concentrazioni assunte per ozono e ammoniaca,
  - ✓ ma in primis dell'intervallo di confidenza per il coefficiente di rischio adottato.

Particolato secondario: Discussione e questioni scientifiche aperte

Possibili modifiche delle scelte metodologiche	-> MODIFICA DELL'IMPATTO
Meccanismo chimico più complesso	
Diverse concentrazioni di background	
Dominio spaziale: maggiore estensione	+
Esito sanitario: morbosità	+
Effetti a breve termine	+
Diversa scelta del rischio relativo	
Diversa esposizione baseline	+

In accordo con Kunzli et al. (2000), abbiamo adottato l'approccio "at least"

Assumptions and estimations

To take account of inherent uncertainty in the impact assessment, two principles have been adopted. First, for the main assumptions an "at least" approach was applied on each step - ie, methods were selected to obtain an impact which may be expected to be "at least" attributable to air pollution.

(…)

We defined P_0 as the health outcome frequency that one may expect, given the reference level of exposure, E_0 (…). We derived P_0 from P_E, applying the risk function backwards (…). This procedure is in line with the prudent "at least" approach.

$$P_{0i} \cong \frac{P_{ei}}{\left[1 + \frac{(RR - 1)}{5} \cdot \cancel{E_{pm}}\right]}$$

(E_{pm}-E_0)

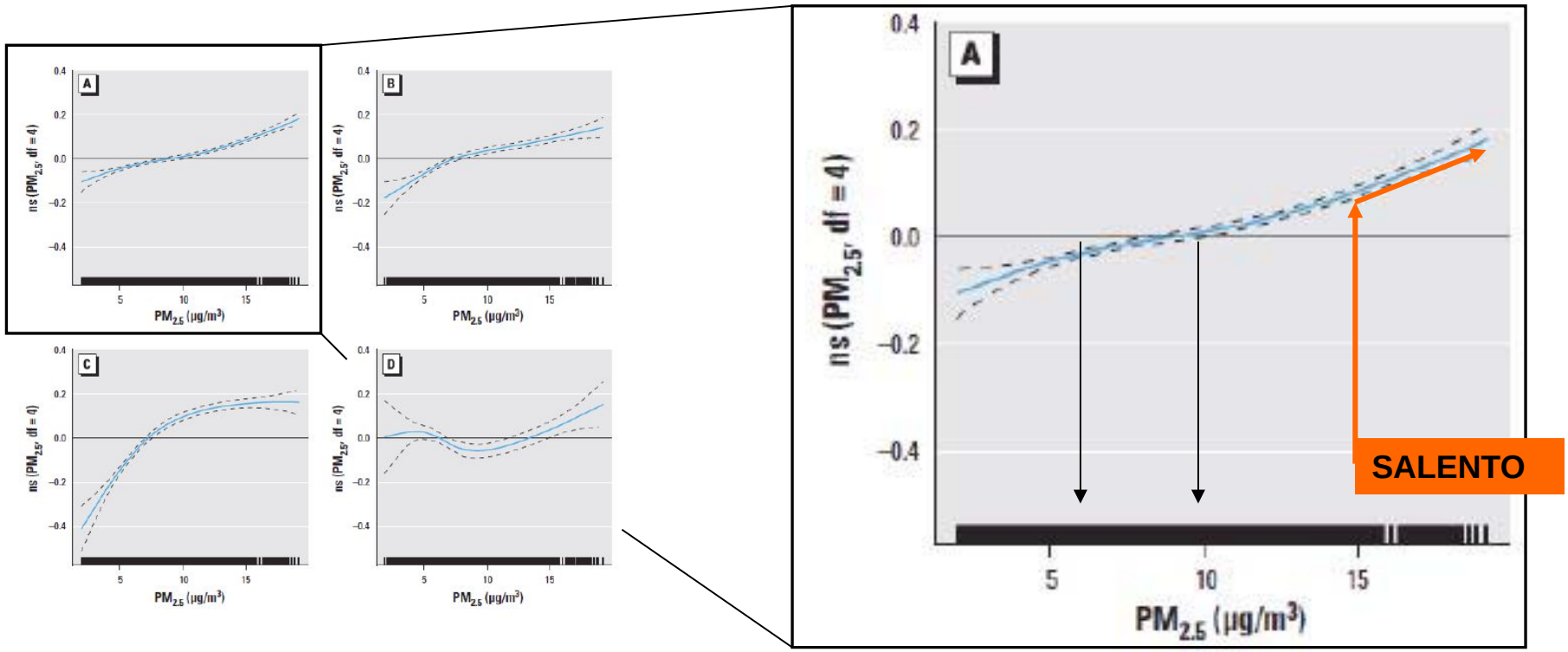
AC è minimo per E_0 =0 (la nostra scelta)

AC cresce per E0 > 0 (p.es. 10 µg/m3 valore indicato dalla WHO)

Sulla linearità della relazione dose risposta

Risk of Nonaccidental and Cardiovascular Mortality in Relation to Long-term Exposure to Low Concentrations of Fine Particulate Matter: A Canadian National-Level Cohort Study

Dan L. Crouse et al. Environmental Health Perspectives 120 | number 5 | May 2012 •



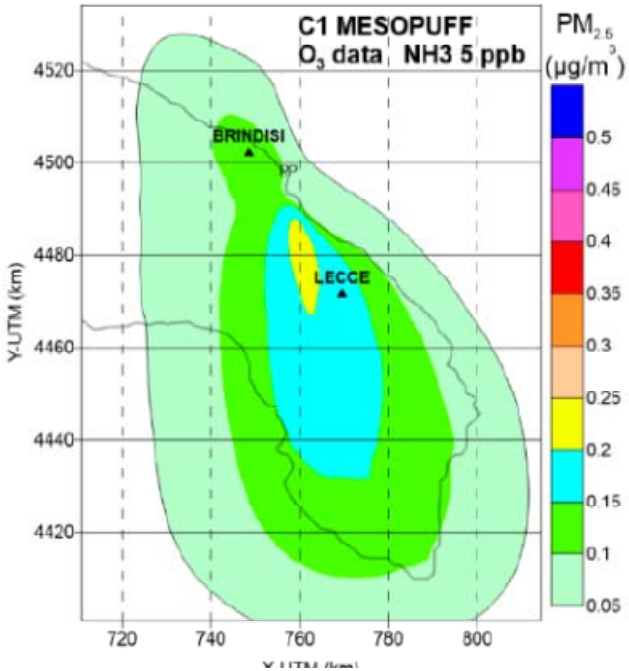
Confronto tra
Valutazioni di Impatto Sanitario (VIS) e Risk Assessment (RA)

VIS	RA
Approccio epidemiologico, studi su umani	Approccio tossicologico. Studi su animali
Si basa sulla incidenza dell'esito sanitario nella popolazione in esame	Non si basa sulle caratteristiche della popolazione in esame
Condotta generalmente su pochi inquinanti	Si applica a diversi inquinanti
Funzioni concentrazione-risposta basate sull'assunzione di linearità tra esposizione ed effetto	Coefficienti Unit Risk o Slope Factor

Data la notevole diversità nei due approcci, in definitiva si ritiene che essi debbano essere condotti separatamente seguendo le metodologie standardizzate disponibili in letteratura. Lo sforzo nel conciliare le due metodologie deve avvenire nella fase di stima del numero di casi attribuibili e di definizione dei criteri per l'accettabilità del rischio.

Fonte: "Linee guida per la valutazione integrata di impatto ambientale e sanitarionelle procedure di autorizzazione ambientale". ISPRA, Sistema Nazionale della protezione dell'ambiente

Scenario	Absolute Number of Cases	95% CI		Number of Cases per 100,000 Inhabitants	95% CI	
		Lower	Upper		Lower	Upper
Primary $PM_{2.5}$	4	1	7	0.4	0.1	0.6
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run A1	26	9	41	2.2	0.7	3.4
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run B1	20	7	31	1.7	0.6	2.6
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run C1	19	6	30	1.6	0.5	2.5

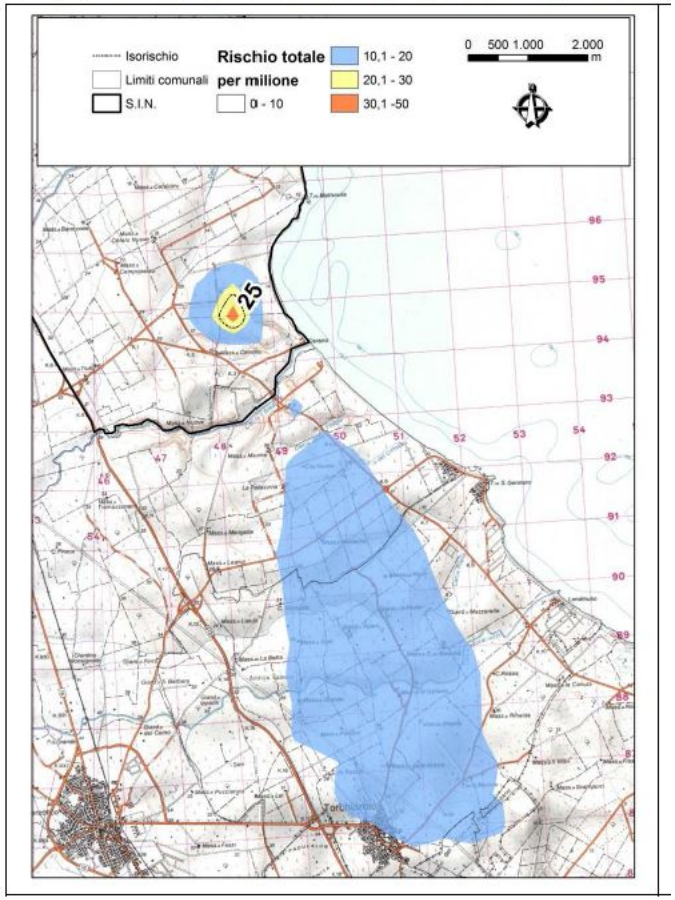


VIS: AC/anno (per "un solo" inquinante)

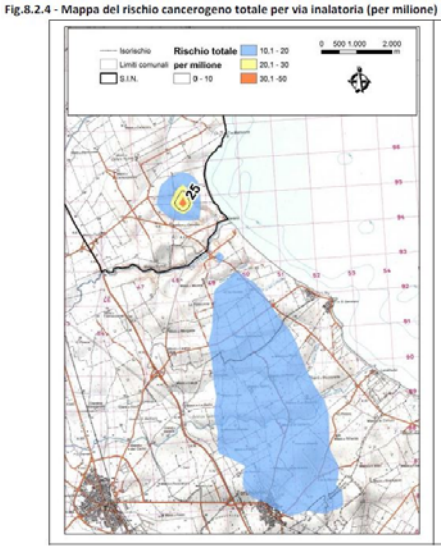
Vs

RA: 10^(-x). Rischio aggiuntivo di tumore sulla vita intera, per più sostanze cancerogene

Fig.8.2.4 - Mappa del rischio cancerogeno totale per via inalatoria (per milione)



Confronto tra VIS e RA: COME SI DECIDE?



RA: 10^(-x).

"regola" EPA valida per il rischio cancerogeno esposizione cumulativa su vita intera

10^(-4) 10^(-5) 10^(-6)

DO, please! | uhm.. to be decided | *res nullius*

VIS:

AC: che "regola" adottare ? Chi la decide ? Che valori usare, assoluti o relativi (o entrambi) ?

Scenario	Absolute Number of Cases	95% CI Lower	95% CI Upper	Number of Cases per 100,000 Inhabitants	95% CI Lower	95% CI Upper
Primary $PM_{2.5}$	4	1	7	0.4	0.1	0.6
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run A1	26	9	41	2.2	0.7	3.4
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run B1	20	7	31	1.7	0.6	2.6
Secondary and primary $PM_{2.5}$—run C1	19	6	30	1.6	0.5	2.5

Conclusioni

- Il particolato secondario originato da emissioni provenienti da installazioni industriali deve essere considerato nelle valutazioni di impatto ambientale e sanitario.

- L'indagine condotta nel caso di studio specifico della centrale di Brindisi ha evidenziato, infatti, che sebbene le stime siano affette da incertezza, ignorare il ruolo del particolato secondario conduce ad una sottostima notevole dell'impatto che la centrale ha sulla salute della popolazione.

- La VIS "fa" e "dice" cose diverse di un RA

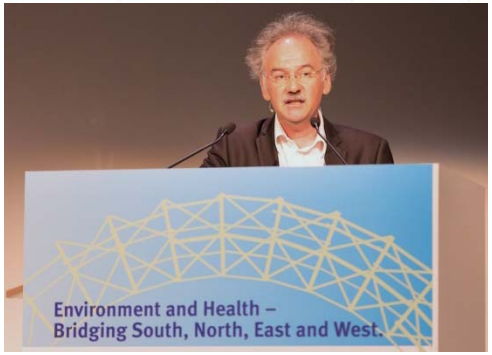
Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution

An impact assessment project of Austria, France and Switzerland

Prepared for the Third Ministerial Conference for Environment and Health
London 1999

Air Pollution Attributable Cases
Technical Report on Epidemiology

Künzli N.[1], Kaiser R.[1,2], Medina S.[2], Studnicka M.[3], Oberfeld G.[4], Horak F.[5]



C'e' abbondante evidenza scientifica che I livelli attuali di inquinamento atmosferico hanno effetti negativi sulla salute. In un'ottica di salute pubblica, è dunque una conseguenza **etica** la **stima** e la **comunicazione** dell'impatto al pubblico. Ciò permetterà/ permette alla società di assumere decisioni che includono e applicano risultati della ricerca che, peraltro, di solito sono anche frutto di un **finanziamento pubblico.**

Sebbene I meccanismi pato-fisiologici sottostanti non sono ancora del tutto spiegati, **il gruppo di ricerca di questo progetto**, in accordo con molti scienziati, **considera l'inquinamento atmosferico una causa di danni sanitari. Senza questa assunzione, il progetto non ha (avrebbe) un razionale logico.**

I decisori pubblici e la società devono continuamente assumere decisioni. Astenersi da stime di impatto, considerate le molte incertezze promuoverebbe esclusivamente decisioni su **interessi individuali** senza considerare **gli aspetti generali di salute pubblica**. Ciò è particolarmente vero per decisioni sensibili sul piano ambientale.

In generale, l'incertezza non dovrebbe costituire l'argomento principale per ignorare completamente le conoscenze attuali.

Siamo ben coscienti che simili stime di impatto sono condotte da numerosi gruppi. Tuttavia, non ci sono ancora metodi comuni, dunque I risultati variano tra le diverse stime. A noi piacerebbe **contribuire e incoraggiare la discussione per sviluppare una metodologia comune**.

Impatto sulla salute del $PM_{2,5}$ primario e secondario emesso dalla centrale di Brindisi

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

C Mangia M Cervino EAL Gianicolo