

**Non é che fin da principio gli Dei rivelarono ogni cosa ai mortali, ma questi, col tempo, cercando trovano il meglio.**  
Senofane di Colofone, Frammento 18, VI Secolo A.C.

## **GEOCHIMICA E SALUTE: INQUINAMENTO DA METALLI PESANTI E EPIDEMIOLOGIA NELLA REGIONE CAMPANIA**

Albanese S., De Luca M. L., De Vivo B., Lima A. and Grezzi G.  
Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Via  
Mezzocannone 8, 80134, Napoli.

### **Abstract**

We report geochemical and epidemiological data as maps representing the patterns of toxic metal concentrations and some, potentially, related pathologies in the Campania region of Italy. The comparison of a particular element distribution with specific pathologies, at regional scale, has been carried out taking into account previous epidemiological works, that demonstrated the existence of relationships between anomalous concentrations of some metals and incidence of some pathologies. This study shows that some types of cancer are found in Campania, in areas characterized by relative high concentration of heavy metals, though, in epidemiology, correlation does imply automatically causation. For instance, Zn-Cd-rich areas overlap with areas of high prostate-cancer mortality; bladder and pancreatic cancer are correlated with Pb-Sb-rich areas, whereas, bronchial-tracheal-lung cancer is correlated with As, Cd and Pb-rich areas.

### **Premessa**

Di seguito vengono riportati i dati geochimici ed epidemiologici sotto forma mappe rappresentanti i patterns di distribuzione di metalli tossici potenzialmente relazionabili a patologie tumorali nella regione Campania.

Il confronto tra la distribuzione spaziale degli elementi chimici considerati con determinate patologie, a scala regionale, è stato realizzato prendendo in considerazione studi epidemiologici preesistenti che già hanno dimostrano l'esistenza di una relazione potenziale di tipo causa-effetto tra concentrazioni anomale di alcuni metalli nell'ambiente e l'incidenza di alcune patologie tumorali.

Questo studio mostra che esiste in Campania una relazione spaziale tra l'incidenza locale di alcune tipologie di neoplasmi ed alte concentrazioni di metalli pesanti anche se, in epidemiologia, una correlazione non implica necessariamente una causalità. Si è osservato, infatti, che in aree ricche in Zn e Cd vi è un'alta mortalità per cancro alla prostata; così come in aree caratterizzate da alti tenori di Pb e Sb, l'incidenza di tumori alla vescica e alla prostata risulta aumentata rispetto ai trend regionali; inoltre, tumori a bronchi, trachea e polmone sono spesso spazialmente correlati con la presenza di alte concentrazioni di As, Cd e Pb nei suoli e nei sedimenti.

### **Introduzione**

Un elemento di ricerca fondamentale che permette la correlazione tra dati epidemiologici e la presenza di metalli potenzialmente tossici in ambiente superficiale è, senza dubbio, la disponibilità di mappe riportanti la distribuzione spaziale sia di metalli e composti organici sia di patologie tumorali.

La cartografia diventa uno strumento fondamentale per favorire l'individuazione di eventuali interrelazioni esistenti tra la distribuzione degli elementi nelle rocce, nei suoli e nell'acqua e le condizioni di salute degli essere umani e di altri organismi viventi che vivono in un dato contesto ambientale (Berger, 2003).

La storia e l'evoluzione delle malattie riflette spesso la storia delle modificazioni che sono occorse nell'ambiente circostante l'uomo e gli organismi viventi in genere. L'inquinamento ambientale ha subito un forte incremento in seguito al moderno sviluppo tecnologico e, come conseguenza, anche l'incidenza di malattie legate alla contaminazione ambientale ha sofferto di un aumento; spesso, tuttavia, risulta non agevole dimostrare una relazione di tipo causa-effetto tra i due fenomeni.

Generalmente la presenza di una correlazione spaziale tra altre concentrazioni di alcuni elementi tossici (ad esempio: As, Pb, Cd) nei suoli e nei sedimenti e la particolare incidenza di alcune malattie non implica *a priori* che gli elementi chimici in eccesso abbiano avuto un ruolo nel processo di sviluppo di un'infermità o che vi sia un'aumentata probabilità che uno specifico metallo tossico sia causa dell'insorgenza di un tumore.

Da qualche anno la geo-medicina, che può essere considerata come una branca accessoria della medicina ambientale (Möller 2000) e che è nata dalla sinergia tra medicina e geologia (Bolviken 1998), studia l'influenza dei fattori ambientali sulla distribuzione geografica di patologie umane e animali.

Gli elementi in traccia presenti in natura, metalli e non metalli, sono fondamentali nei processi di nutrizione degli esseri umani anche se gli stessi elementi possono avere effetti negativi sulla salute umana se ingeriti in quantità anomale (sia in eccesso che in difetto).

L'obiettivo di questo lavoro, in particolare, è di valutare le possibili interazioni esistenti tra la presenza di concentrazioni anomale di metalli tossici e l'incidenza di determinate patologie nel territorio della regione Campania.

Allo stato attuale la Campania è, con la Sardegna (De Vivo et al., 1997, 2001, 2006), l'unica regione italiana ad essere dotata di una cartografia geochemica su scala regionale basata su un campionamento sistematico di suoli e sedimenti fluviali

### **Geologia, dati geochemici e dati sulla mortalità per cancro nella regione Campania**

Dal punto di vista litologico la regione Campania può essere raggruppata in 3 domini principali:

- 1) il settore montuoso rappresentato dall' Appennino Campano, costituito principalmente da Calcari e classificato come un edificio di Falda Neogenica;
- 2) il settore di piana costituito da una struttura a graben, che forma la Piana Campana ed altre strutture secondarie con evidenze di processi di sedimentazione di tipo pre- sin- e post-orogenici (principalmente caratterizzati dalla deposizione di sedimenti a grana fine):
- 3) il settore vulcanico formato dai vulcani della Provincia Potassica Napoletana (Somma-Vesuvio, Campi Flegrei, Ischia e Roccamonfina)

I dati geochemici utilizzati per la realizzazione di questo studio provengono dalle analisi chimiche di campioni di suoli e sedimenti fluviali prelevati omogeneamente su l'intero territorio della regione Campania (Albanese et al. 2007; De Vivo et al. 2006a, b).

L'Atlante Geochemico della Regione Campania (De Vivo et al. 2006) e l'Atlante Geochemico dell'Area Urbana e Provinciale di Napoli (De Vivo et al. 2006) presentano la cartografia geochemica ottenuta dall'elaborazione dei dati chimici relativi a 2389 campioni di sedimenti fluviali e 982 campioni di suolo. I campioni sono stati analizzati con la finalità di determinarne i tenori di concentrazione per 37 elementi chimici: Ag, Al, As, Au, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Se, Sr, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W e Zn . Le analisi realizzate per mezzo di ICP-MS e ICP-ES (Induced Coupled Plasma Mass Spectrometry and Emission Spectrometry) sono state prodotte dai Laboratori Analitici ACME di Vancouver (Canada).

Nello specifico, per ogni campione sottoposto ad analisi, 15 grammi di polpa sono stati disciolti in 45 ml di Aqua Regia (parti uguali di HCl, HNO<sub>3</sub> e acqua distillata) ad una temperatura di 90° C per un'ora. Successivamente la soluzione portata ad un volume finale di 300ml con una concentrazione di HCl al 5% in volume è stata aspirata in uno Spettrometro ICP-ES Jarrel Ash Atomcomp 975 o, alternativamente, in uno Spettrometro ICP-MS Perkin Elmer Elan 6000.

La precisione delle analisi è stata calcolata utilizzando tre replicati della stessa ACME e due duplicati nascosti sottomessi dagli stessi autori. L'accuratezza è stata determinata utilizzando lo standard di riferimento DS2 fornito dalla stessa ACME (HMTRI, 1997) (Tabella 1).

In ogni sito di campionamento è stata misurata la radioattività naturale mediante uno scintillometro portatile Scintrex GRS500 (Lima et al. 2005).

I dati geochimici e radiometrici, organizzati in un database, sono stati rielaborati al fine di ottenere diversi tipi di cartografia geochimica:

- Carte della distribuzione puntuale
- Carte dei tenori di fondo attuali (*baseline*)
- Carte delle associazioni fattoriali
- Carte di rischio
- Carte della radioattività totale e parziale.

I dati di mortalità per quattro tipi di cancro, raggruppati per ASL (Aziende Sanitarie Locali) sono stati utilizzati per la realizzazione di questo studio e sono stati estratti dall'Atlante della Mortalità per Cancro nella regione Campania nel periodo 1989-1992 (Montella et al., 1996).

Siccome l'area di influenza di ciascuna ASL è stabilita sulla base della densità di popolazione, il territorio della regione Campania risulta suddiviso in 14 ASL, 5 delle quali appartenenti alla provincia di Napoli. Per ciascuna ASL, i dati della mortalità sono stati espressi come Rapporto di Mortalità Standardizzato Regionale (SMR-REG). Il rapporto SMR-REG, espresso come percentuale, rappresenta il rapporto tra il numero di morti osservate per una specifica causa di mortalità in ciascuna ASL considerata ed il numero di morti attese (Exp. Death REG) calcolato sulla base della popolazione suddivisa in classi di età per ciascuna ASL ed i valori di mortalità età-specifici regionali. (Tabella 2)

Per calcolare il numero di morti attese per ciascuna ASL è stata applicata la formula seguente:

$$\text{Exp. Deaths REG} = \sum_i \text{Tr}_i * p_i$$

dove:

$\text{Tr}_i$  = Valore di mortalità regionale età-specifico calcolato per 100000 unità di popolazione per la classe di età  $i$ -esima, riferito ai cinque anni di riferimento considerati (1998-2001)

$P_i$  = Popolazione dell'ASL nella  $i$ -esima classe di età

Al fine di considerare l'incertezza dei dati di mortalità, un intervallo di confidenza al 95% (CI) è stato calcolato per ciascun SMR-REG per mezzo della formula seguente:

$$\text{CI} = \text{SMR} \pm 1.96 \text{ SE}$$

dove:

$\text{SE}$  = Errore Standard del SMR = Radice quadrata di  $[\text{SMR} * (1 - \text{SMR})] / P$

$P$  = Popolazione totale dell'ASL

I valori di SMR inclusi all'interno del limite inferiore e superiore del CI sono stati considerati uguali.

In conseguenza di ciò, se il valore 100 è incluso nel CI, non vi è una differenza significativa tra il numero di morti osservate e il numero di morti attese in una determinata ASL.

Se, invece, il limite inferiore o superiore del CI sono rispettivamente al disotto o al disopra di 100, vi è una probabilità del 95% che il numero delle morti osservate sia significativamente minore o maggiore del numero di morte attese.

## Metodi

Al fine di confrontare i dati epidemiologici con la distribuzione dei metalli tossici nell'area di studio, i dati geochimici per 13 elementi tossici (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sb, Tl, V e Zn), estratti dal database geochimico di De Vivo et al. (2006 a and b), sono stati raggruppati e sono stati calcolati i valori di concentrazione media per il territorio di ciascuna ASL della Campania.

I valori di concentrazione media degli elementi chimici considerati e di SMR REG per diversi tipologie di cancro sono stati cartografati mediante mappe vettoriali, elaborate con software GIS, rappresentando l'estensione areale di ciascuna ASL per mezzo di poligoni.

Basicamente, per ciascun elemento, la relativa cartografia geochemica è stata prodotta riclassificando i poligoni delle ASL sulla base dei rispettivi valori medi di concentrazione mentre, per ciascuna tipologia di cancro, le mappe della mortalità sono state realizzate classificando i poligoni sulla base dei rispettivi SMR REG.

In aggiunta, mediante gli stessi criteri di elaborazione, sono state compilate carte della radioattività parziale ( $K^{40}$ ,  $Th^{232}$ ,  $U^{238}$ ) e totale.

Siccome per le 5 ASL del territorio provinciale di Napoli, le concentrazioni medie degli elementi considerati sono state calcolate esclusivamente su campioni di suolo mentre i sedimenti fluviali sono serviti a determinare i valori di concentrazione media del rimanente territorio regionale, durante le fasi dell'analisi statistica le due tipologie di dati sono state trattate separatamente.

## **Discussione dei risultati**

### ***Tumore della trachea, bronchi e polmone***

In Campania, i tumori della trachea, dei bronchi e del polmone provocano numerosi decessi sia negli uomini che nelle donne. Essi rappresentano la prima causa di mortalità maschile e la terza causa di mortalità femminile dopo il tumore al seno.

La carta riportante i valori di SMR REG per gli uomini (Fig. 3A) mostra che la mortalità per questo tipo di tumore è significativamente più alta rispetto alla media regionale in 4 ASL della provincia di Napoli mentre nelle ASL delle province di Avellino, Benevento, Salerno e Caserta si riscontra un numero di decessi uguale o minore di quello statisticamente atteso.

Le mappe di SMR REG per le donne (Fig. 3B) mostrano un incremento di mortalità per la sola ASL NA1 (corrispondente al territorio urbano della città di Napoli) e valori di SMR REG significativamente più bassi della media regionale nelle ASL AV1, BN and SA3.

Gli elementi tossici distribuiti nell'ambiente che sono in relazione con questo tipo di tumore sono As, Cd, Cr, Ni e Pb (Watterson 1998).

Le carte delle concentrazioni medie di As e Cd (Figs. 2A, 2B) mostrano i valori più elevati di questi elementi nelle ASL dei territori provinciali di Napoli e Caserta, mentre ciò non si verifica per Cr e Ni. Il Pb presenta valori elevati solo nella provincia di Napoli, specialmente in corrispondenza dell'ASL NA1 dove si registrano anche i valori più alti di SMR-REG per tumori della trachea, dei bronchi e del polmone.

Il Pb presente nell'area urbana del capoluogo campano è stato messo ampiamente in relazione con l'inquinamento provocato dal traffico veicolare (Cicchella et al. 2005; De Vivo et al. 2006 b).

La corrispondenza tra elevati valori di SMR-REG ed elevati valori anomali di As, Cd e Pb principalmente nel territorio provinciale di Napoli rappresenta la probabilità che una relazione causa-effetto tra l'insorgenza di neoplasmi alla trachea, ai bronchi ed ai polmoni e l'inquinamento ambientale da parte di Cd e Pb possa esistere (Goyer 1993; Boyd et al. 1970).

Questa ipotesi dovrebbe essere testata biomonitorando campioni di sangue ed urina provenienti da cittadini residenti in tutta la regione Campania.

Inoltre, in Campania, è possibile individuare un'approssimativa corrispondenza spaziale tra i valori elevati del SMR-REG per il tumore ai polmoni (nelle province di Napoli e Caserta) ed elevati livelli di radiazioni gamma prodotti dai depositi e dalle rocce vulcaniche alcaline della Provincia Magmatica Napoletana (Fig. 2F).

Una delle cose più interessanti per la tutela della salute nella Regione Campania, è il rischio potenziale rappresentato da Rn

Siccome il gas Rn, ampiamente riconosciuto come una delle cause di insorgenza del tumore al polmone (Field et al. 2000) è un prodotto diretto del processo di decadimento dell' $U^{238}$ , nelle province di Napoli e Caserta, la radioattività naturale può essere considerata una causa potenziale dell'incremento di mortalità per questo tumore.

### ***Tumore alla prostata***

La prostata è una ghiandola presente solo negli uomini, che produce il liquido prostatico. I fattori che influenzano l'emergere di questo tumore sono l'età, gli ormoni, l'attività sessuale, virus, fattori genetici ed esposizione cronica a Zn e Cd (Dinse 1999; Plant & Davis 2003; Smith 1999).

I valori più elevati del SMR-REG sono stati trovati nella Provincia di Napoli (ASL NA1), nella Provincia di Caserta (ASL CE1) ed in quella di Benevento (ASL BN1) (Fig. 5A).

Lo Zn è un elemento fortemente correlato con le funzioni della prostata perché è naturalmente presente nella ghiandola prostatica al fine di mantenerne l'equilibrio funzionale; lo Zn può determinare un indebolimento del sistema immunitario ed un antagonismo con Se e Cu, aumentando il rischio di tumore (Bertholf 1981). La carta di concentrazione dello Zn (Fig. 2E) mostra i valori di concentrazione più elevati per l'elemento in corrispondenza dell'area urbana di Napoli, dove si riscontrano pure i valori più elevati di SMR-REG per il tumore alla prostata.

La mappa di concentrazione del Cd (Fig. 2B), come lo Zn, presenta i valori più elevati in corrispondenza del territorio provinciale di Napoli (specialmente nei territori di pertinenza dell'ASL NA5 e NA1) e solo subordinatamente nella provincia di Caserta (ASL CE1).

### ***Tumore della Vescica e del Pancreas***

La vescica è un organo che accumula le urine provenienti dai reni. Per il tumore della vescica esistono diversi fattori di rischio, come il fumo, l'esposizione per motivi professionali ad agenti tossici, l'assunzione di particolari medicine ed infezioni batteriche.

Il pancreas è una ghiandola che produce insulina e altri enzimi necessari alla digestione. Fattori di rischio sono il fumo, l'esposizione per motivi professionali a solventi industriali e agricoli e l'esposizione a derivati del petrolio.

Entrambi questi tumori possono essere connessi a concentrazioni anomale di Pb e Sb.

Valori elevati di SMR-REG per entrambi i tumori (Figs. 4A, 4B, 5B), sono localizzati principalmente sul territorio urbano (ASL NA1) e provinciale di Napoli.

Il tumore al pancreas mostra valori elevati di mortalità anche in corrispondenza della provincia di Benevento (ASL BN1).

I maggiori valori di origine antropica di Pb e Sb (Fig. 2C, 2D) sono specialmente concentrati nel territorio urbano della città di Napoli (ASL NA1).

### **Conclusioni**

Le carte dei dati geochimici ed epidemiologici della Regione Campania indicano la presenza corrispondenze spaziali tra le concentrazioni di alcuni metalli tossici e specifiche patologie i cui SMR-REG sono superiore ai valori standard regionali.

Le corrispondenze più evidenti si riscontrano nell'area urbana e provinciale di Napoli dove è stato registrato il maggior numero di decessi per tutte le patologie e dove è anche presente un elevato inquinamento da metalli tossici di origine antropica.

Quest'ultimo fattore è confermato dal fatto che specifiche patologie sono localizzate principalmente nelle aree a maggior urbanizzazione di Napoli (tumori alla trachea, bronchi e polmoni). Nelle aree meno urbanizzate, il numero di decessi è uguale o di molto inferiore alla media regionale.

Per la regione Campania è possibile affermare che, in alcune aree, una buona corrispondenza spaziale esiste tra valori elevati di mortalità ed alcune tipologie di cancro.

Nella fattispecie è stato possibile evidenziare una discreta correlazione tra tumori a bronchi, trachea e polmone e concentrazioni anomale di As Cd e Pb; tra tumore alla prostata e concentrazioni anomale di Zn e Cd; e tra tumori alla vescica e al pancreas e concentrazioni anomale di Pb e Sb.

Questo studio preliminare, con tutte le limitazioni dell'approccio epidemiologico, seppur non in grado di stabilire e dimostrare una relazione diretta di causa-effetto tra l'inquinamento ambientale e l'insorgenza di patologie tumorali, pone in evidenza che un ambiente compromesso come quello delle aree urbane e provinciali di Napoli ha un effetto fortemente deleterio sulla salute umana.

I risultati riportati in questo studio potrebbero essere presi in debito conto dalle autorità ambientali e sanitarie locali e nazionali, al fine di migliorare la qualità ambientale principalmente nelle aree fortemente urbanizzate della regione Campania.

## **Bibliografia**

- Albanese, S., De Vivo, B., Lima, A. & Cicchella, D. 2007. Geochemical background and baseline values of toxic elements in stream sediments of Campania region (Italy). *Journal of Geochemical Exploration*, **93**, 21–34.
- Assessorato alla Sanità, Area Assistenza Sanitaria. La mortalità a livello comunale in Campania. Sistema di accesso e consultazione dei dati di mortalità per causa di fonte istat nel periodo 1998-2001.
- Berger A.R. 2003. Linking health to geology. In: *geology and health. Closing the gap* (Skinner H.C. & Berger A. R., eds), Oxford University Press, New York, 5-11.
- Bertholf L. A. 1981. Zinc. *Handbook on toxicity of inorganic compounds*. Marcel Dekker, New York, 787-800.
- Bølviken, B., 1998. Geomedisin. (Geomedicine - in Norwegian with an English summary). In: Aase, A. (ed.): *Geographisk epidemiologi*. Norsk Journal of Epidemiology, **8/1**, 29-39.
- Boyd, J.T. , Doll, R. , Foulds, J.S. & Leiper, J. 1970. Cancer of lung in iron ore (haematite) miners. *British Journal of Industrial Medicine*, **27**, 97-103.
- Cicchella, D., De Vivo, B. & Lima, A. 2005. Background and baseline concentration values of elements harmful to human health in the volcanic soils of the metropolitan and provincial areas of Napoli (Italy). *Geochemistry: Exploration-Environment-Analysis*, **5**, 29 –40.
- Dinse, G.E., Umbach, D. M., Sasco, A. J., Hoel D. G. & Davis, D. L. 1999. Unexplained increased in cancer incidence in the united states from 1975 to 1994: possible sentinel health indicators? *Annual Review of Public Health*, **20**, 173-209.
- De Vivo, B., Boni, M., Marcello, A., Di Bonito, M. & Russo, A. 1997. Baseline geochemical mapping of Sardinia (Italy). *Journal Geochemical Exploration*, **60**, 77 - 90.
- De Vivo, B., Boni, M. & Costabile, S. 2001. Cartografia geochemica ambientale della Sardegna. Carte di intervento per l'uso del territorio. In: *Monografia Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia* (De Vivo, B. & Boni, M., eds). Servizio Geologico Nazionale, **LVII**, 7 - 32.
- De Vivo, B., Boni, M., Lima, A., Marcello, A., Pretti, S., Costabile, S., Gasparri, M., Iachetta, A. & Tarzia, M. 2006. Cartografia geochemica ambientale e carte di intervento per l'uso del territorio del Foglio Cagliari, Sardegna Meridionale. In: *Monografia Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia* (De Vivo, B., ed). APAT-Servizio Geologico Nazionale, **LXIX**, 5-40.
- De Vivo, B., Lima, A., Albanese, S. & Cicchella, D. 2006 a. *Atlante geochemico-ambientale della Regione Campania*. Aracne Editrice, Roma. ISBN 88-548-0819-9, 216 pp.
- De Vivo, B., Cicchella, D., Lima, A. & Albanese, S. 2006 b. *Atlante geochemico-ambientale dei suoli dell'area urbana e della provincia di Napoli*. Aracne Editrice, Roma. ISBN 88-548-0563-7, 324 pp.
- Field, R. W., Steck, D. J., Smith, B. J., Brus, C. P., Fisher, E. L., Neuberger, J. S., Platz, C. E., Robinson, R. A., Woolson, R. F. & Lynch, C.F. 2000. Residential Radon Gas Exposure and Lung Cancer. The Iowa Radon Lung Cancer Study. *American Journal of Epidemiology*, **151**, 1091-1102.
- Goyer, R.A., 1993. Lead toxicity : current concerns. *Environ health perspect*, **100**, 177-187.
- HMTRI (Hazardous Materials Training and Research Institute), 1997. *Site Characterization: Sampling and Analysis*. Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A. 336 pp.
- Lima, A., Albanese, S. & Cicchella, D. 2005. Geochemical baselines for the radioelements K, U, and Th in the Campania region, Italy: a comparison of stream-sediment geochemistry and gamma-ray surveys. *Applied Geochemistry*, **20**, 611–625.
- Möller, L. (ed.) 2000. *Environmental Medicine*, Joint industrial Safety Council, **333**.

- Montella, M., Bidoli, E., De Marco, M.R., Redivo A., Francesci, S. 1996. Atlante della mortalità per tumori nella Regione Campania, 1998-92. Lega Italiana per la Lotta contro i Tumori, Istituto nazionale tumori, Napoli, 136 pp.
- Peccerillo A., 2005. Plio-Quaternary volcanism in Italy. Springer-Verlag, Berlin, 361 pp.
- Plant, J.A. & Davis, D.L. 2003. Breast and prostate cancer: sources and pathways of endocrine-disrupting chemicals (ECS). In: Geology and Health. Closing the gap (Skinner, H.C. & Berger, A. R., eds), Oxford University Press, New York, 95-98.
- Smith, S. K. 1999. Cadmium. In : Marshall, C.P. & Fairbridge, R. W. (eds. ), Encyclopedia of Geochemistry, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 656 pp.

## **DIDASCALIE DI TABELLE E FIGURE**

### **TABELLE**

Tabella 1 – Limiti di rilevabilità strumentale, Accuratezza e Precisione. RPD = Differenza Relativa Percentuale

Tabella 2 – Per ciascuna ASL e ciascuna tipologia tumorale considerata, suddivisi per sesso, il numero di morti osservate (MO), di morti attese (MA), il Rapporto Standardizzato di Mortalità Regionale (SMR REG ) ed il valore dell'Errore Standard di SMR REG (SE).

### **FIGURE**

Figura 1 – Carta geologica semplificata della regione Campania.

Figura 2 – Mappe della distribuzione delle concentrazioni medie nei territori delle varie ASL campane per As (A), Cd (B), Pb (C), Sb (D), Zn (E) and della Radioattività Totale ( $MeV > 0.08$ ) (E).

Figura 3 –Mappe della distribuzione del SMR-REG (Rapporto Standardizzato di Mortalità Regionale) per ciascuna ASL della regione Campania riferite al tumore della trachea, dei bronchi e del polmone negli uomini (A) nelle donne (B). I prefissi NA, AV, BN, CE e SA nelle etichette sulle mappe indicano la pertinenza delle ASL ai diversi territori provinciali. (NA = Napoli, AV = Avellino, BN = Benevento, CE = Caserta, SA = Salerno).

Figura 4 - Mappe della distribuzione del SMR-REG (Rapporto Standardizzato di Mortalità Regionale) per ciascuna ASL della regione Campania riferite al tumore della vescica negli uomini (A) nelle donne (B). Per l'interpretazione delle etichette sulle mappe si veda Fig. 3

Figura 5 - Mappe della distribuzione del SMR-REG (Rapporto Standardizzato di Mortalità Regionale) per ciascuna ASL della regione Campania riferite al tumore della prostata (A) e al tumore del pancreas nelle donne (B). Per l'interpretazione delle etichette sulle mappe si veda Fig. 3

Elementi	Unità	Limite di	Accuratezza	Precisione
		Rilevabilità Strumentale (DL)		
Al	%	0.01	0	1.8
Ca	%	0.01	3.9	2.2
Fe	%	0.01	0.7	1.3
K	%	0.01	6.3	5.3
Mg	%	0.01	0	1.5
Na	%	0.001	3.6	2.9
P	%	0.001	0	3.6
S	%	0.02	30	11.9
Ti	%	0.001	0	5.7
As	mg/kg	0.1	0.3	3
B	mg/kg	1	0	11
Ba	mg/kg	0.5	0.3	1.5
Bi	mg/kg	0.02	1.8	3.2
Cd	mg/kg	0.01	1.4	5.6
Co	mg/kg	0.1	0	2.7
Cr	mg/kg	0.5	1.5	3.2
Cu	mg/kg	0.01	1.6	3.7
Ga	mg/kg	0.1	3.2	2.2
La	mg/kg	0.5	3.5	3.4
Mn	mg/kg	1	0.5	1.9
Mo	mg/kg	0.01	1.2	3.1
Ni	mg/kg	0.1	0.6	1.7
Pb	mg/kg	0.01	0.6	3.5
Sb	mg/kg	0.02	1.2	3.1
Sc	mg/kg	0.1	0	4.4
Se	mg/kg	0.1	0	28
Sr	mg/kg	0.5	5.3	2.4
Te	mg/kg	0.02	0.9	8.4
Th	mg/kg	0.1	5.1	3.6
Tl	mg/kg	0.02	1	3.6
U	mg/kg	0.1	1.6	3.7
V	mg/kg	2	1.3	2.4
W	mg/kg	0.2	2.7	4.4
Zn	mg/kg	0.1	0.5	2.6
Ag	mg/kg	2	0.4	7.9
Au	µg/kg	0.2	4.8	28.9
Hg	µg/kg	5	0	8

Tabella 1



**UOMINI**

ASL	Trachea, bronchi e polmoni				Prostata				Vescica				Pancreas			
	MO	MA	SMR REG	SE	MO	MA	SMR REG	SE	MO	MA	SMR REG	SE	MO	MA	SMR REG	SE
NA 1	1947	1505	129.4	2.9	598	499	<b>119.8</b>	4.9	391	310	126.1	6.4	156	129	<b>120.9</b>	9.7
NA 2	530	427	124.1	5.4	138	148	<b>93.2</b>	7.9	116	84	138.1	12.9	33	37	<b>89.2</b>	15.6
NA 3	434	348	124.7	6.0	100	104	<b>96.2</b>	9.6	89	65	136.9	14.4	37	30	<b>123.3</b>	20.5
NA 4	536	551	97.3	4.2	147	171	<b>86.0</b>	6.9	140	109	128.4	10.9	42	47	<b>89.4</b>	13.7
NA 5	969	874	110.9	3.6	287	288	<b>99.7</b>	5.9	201	177	113.6	8.0	73	75	<b>97.3</b>	11.4
CE 1	432	479	90.2	4.3	223	200	<b>111.5</b>	7.4	87	103	84.5	9.1	34	41	<b>82.9</b>	14.1
CE 2	644	605	106.4	4.2	187	111	<b>168.5</b>	7.6	120	122	98.4	9.0	56	52	<b>107.7</b>	14.4
SA 1	394	405	97.3	4.9	159	165	<b>96.4</b>	7.6	68	82	82.9	10.0	28	35	<b>80.0</b>	15.2
SA 2	671	750	89.5	3.5	227	256	<b>88.7</b>	5.9	126	160	78.8	7.0	67	65	<b>103.1</b>	12.6
SA 3	368	551	66.8	3.5	195	230	<b>84.8</b>	6.1	81	132	61.4	6.8	41	49	<b>83.7</b>	13.1
AV 1	208	373	55.8	3.9	153	165	<b>92.7</b>	7.5	56	90	62.2	8.3	30	33	<b>90.9</b>	16.6
AV 2	329	423	77.8	4.3	134	168	<b>79.8</b>	6.9	66	95	69.5	8.5	25	37	<b>67.6</b>	13.5
BN	391	562	69.6	3.5	261	234	<b>111.5</b>	6.9	119	130	91.5	8.4	57	49	<b>116.3</b>	15.3
<b>CAMPANIA</b>	7853	7853	100.0	-	2809	2739	<b>102.6</b>	-	1660	1660	100.0	-	679	679	<b>100.0</b>	-

**DONNE**

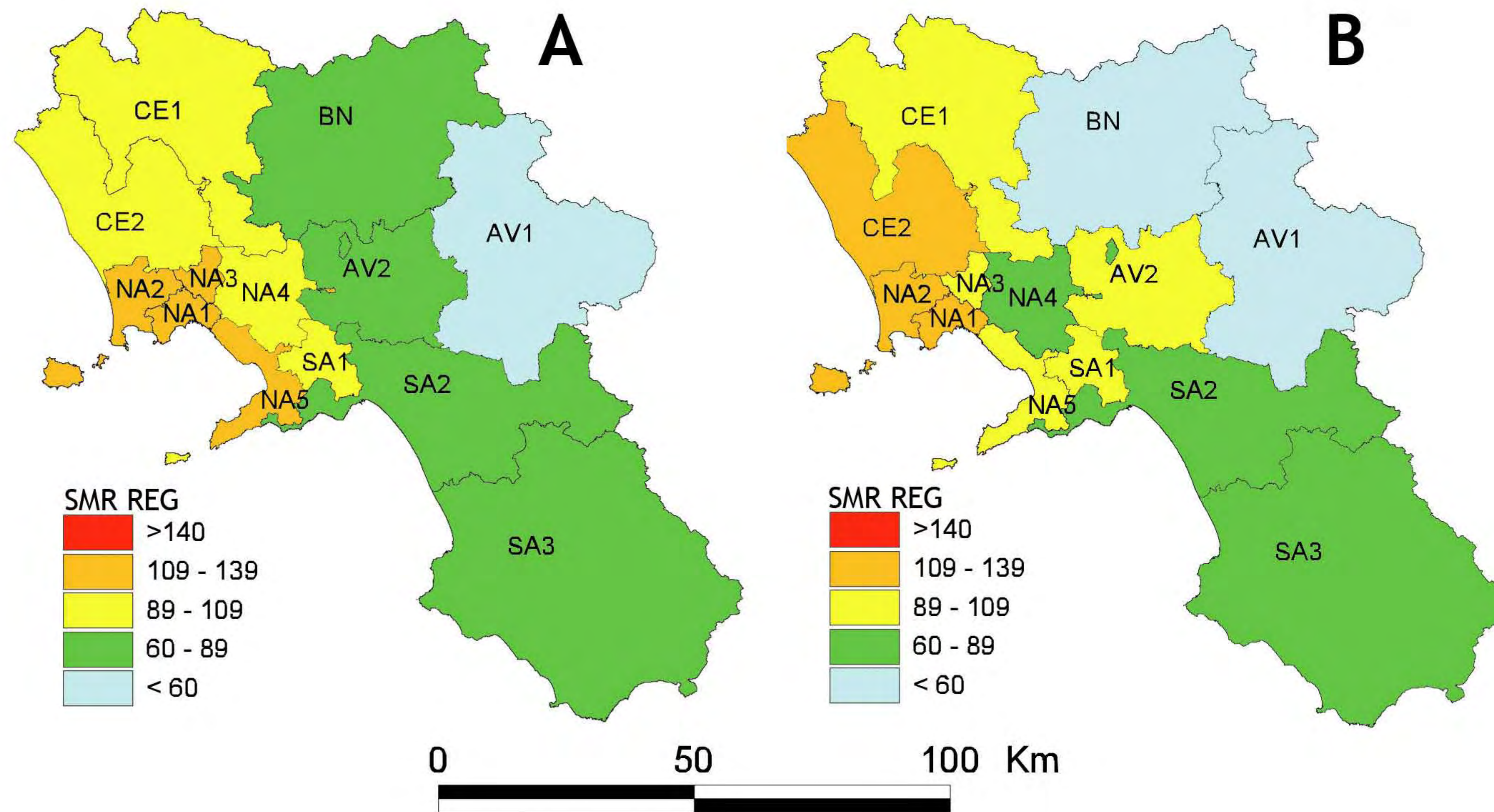
ASL	Trachea, bronchi e polmoni				Vescica				Pancreas			
	MO	MA	SMR REG	SE	MO.	MA	SMR REG	SE	MO.	MA	SMR REG	SE
NA 1	314	226	<b>138.9</b>	7.9	88	63	<b>139.7</b>	14.8	158	124	<b>127.4</b>	10.1
NA 2	70	57	<b>122.8</b>	14.6	14	15	<b>93.3</b>	24.9	39	30	<b>130.0</b>	20.8
NA 3	44	48	<b>91.7</b>	13.9	7	12	<b>58.3</b>	22.5	27	24	<b>112.5</b>	21.4
NA 4	63	74	<b>85.1</b>	10.8	20	19	<b>105.3</b>	23.3	38	39	<b>97.4</b>	15.9
NA 5	128	119	<b>107.6</b>	9.5	40	33	<b>121.2</b>	19.4	63	64	<b>98.4</b>	12.4
CE 1	62	63	<b>98.4</b>	12.4	15	18	<b>83.3</b>	21.7	27	35	<b>77.1</b>	14.9
CE 2	91	82	<b>111.0</b>	11.6	22	22	<b>100.0</b>	21.5	42	44	<b>95.5</b>	14.8
SA 1	50	55	<b>90.9</b>	13.0	13	15	<b>86.7</b>	24.5	32	29	<b>110.3</b>	19.3
SA 2	86	98	<b>87.8</b>	9.5	24	28	<b>85.7</b>	17.7	54	54	<b>100.0</b>	13.7
SA 3	48	69	<b>69.6</b>	10.1	13	21	<b>61.9</b>	16.8	32	39	<b>82.1</b>	14.3
AV 1	24	48	<b>50.0</b>	10.3	10	15	<b>66.7</b>	21.2	19	28	<b>67.9</b>	15.8
AV 2	53	58	<b>91.4</b>	12.6	10	17	<b>58.8</b>	18.4	22	32	<b>68.8</b>	14.4
BN	36	74	<b>48.6</b>	8.1	24	23	<b>104.3</b>	21.7	32	42	<b>76.2</b>	13.4
<b>CAMPANIA</b>	1069	1069	<b>100.0</b>	-	300	300	<b>100.0</b>	-	585	585	<b>100.0</b>	-

**TABELLA 2**

# Neoplasma di bronchi, trachea e polmone

Uomini

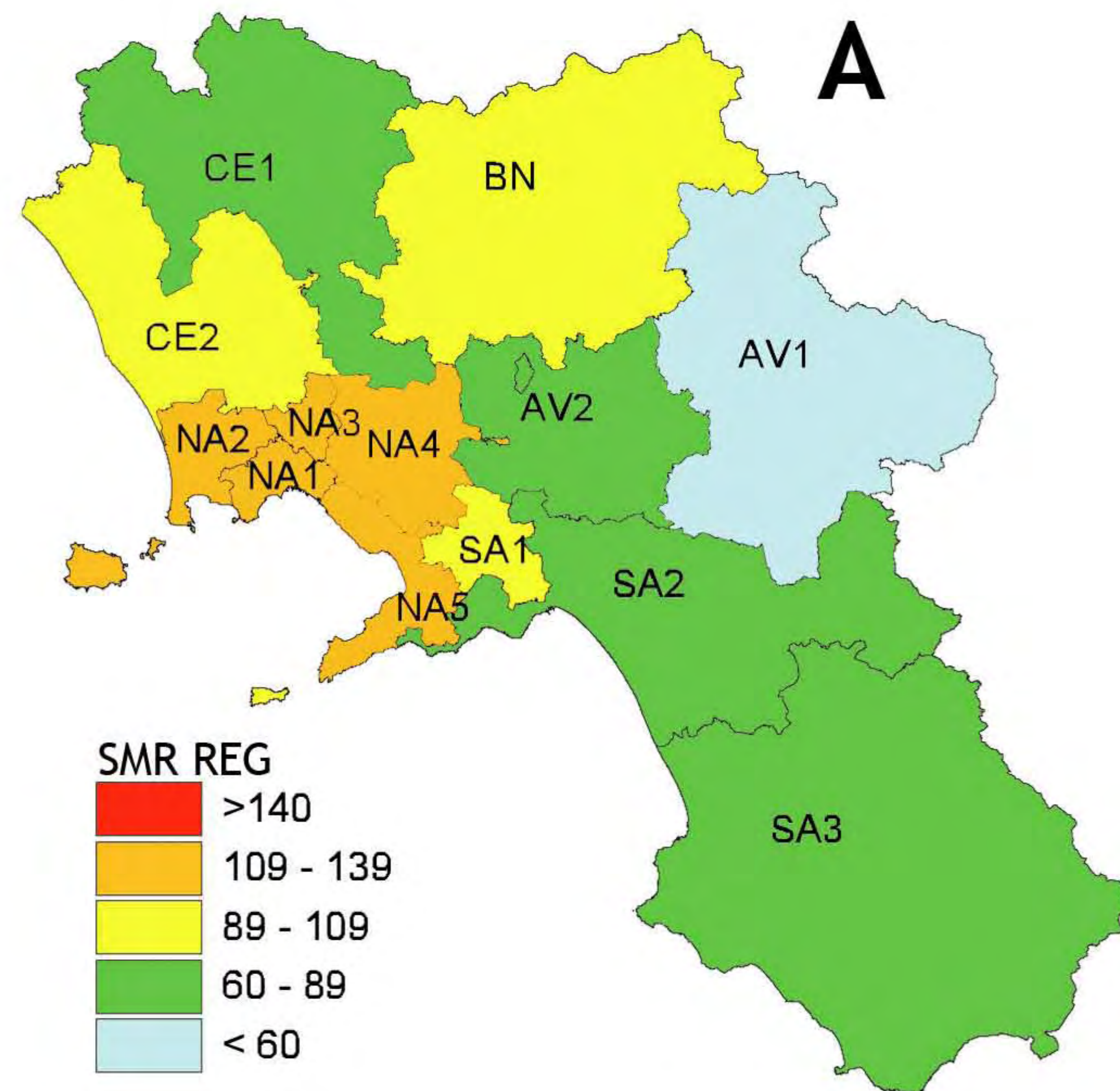
Donne



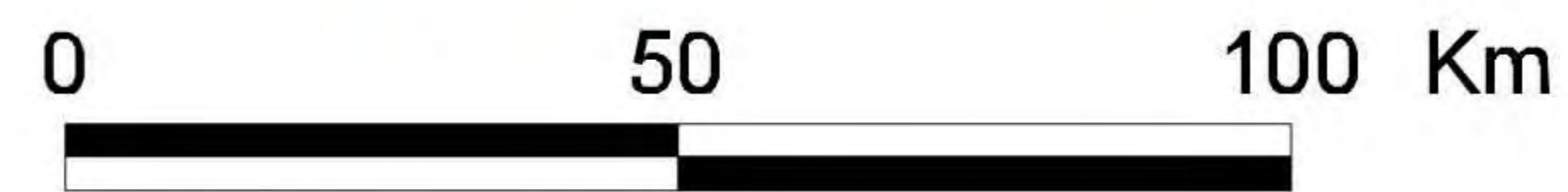
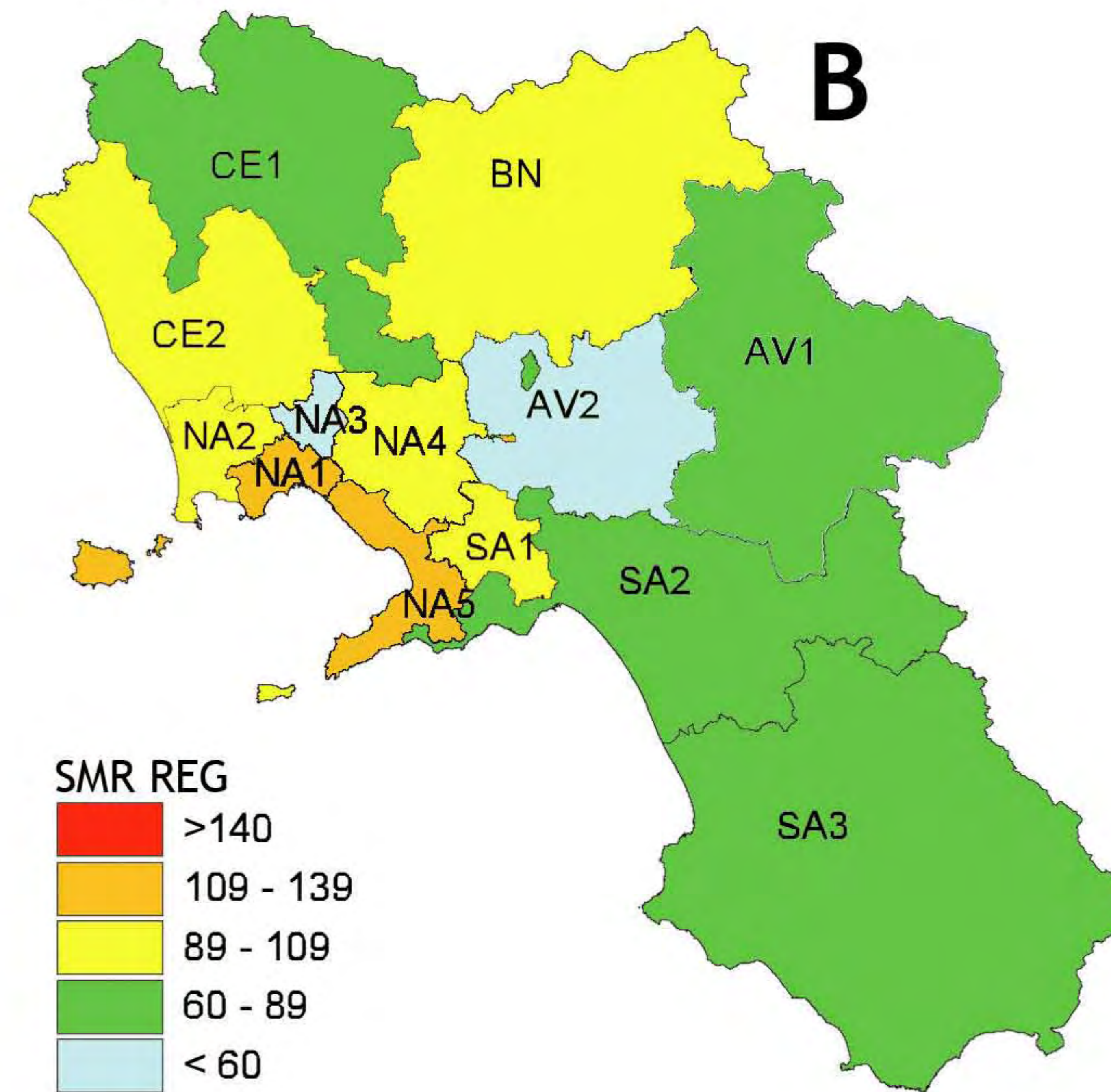
**FIGURE 3**

# Neoplasma della Vescica

## Uomini



## Donne

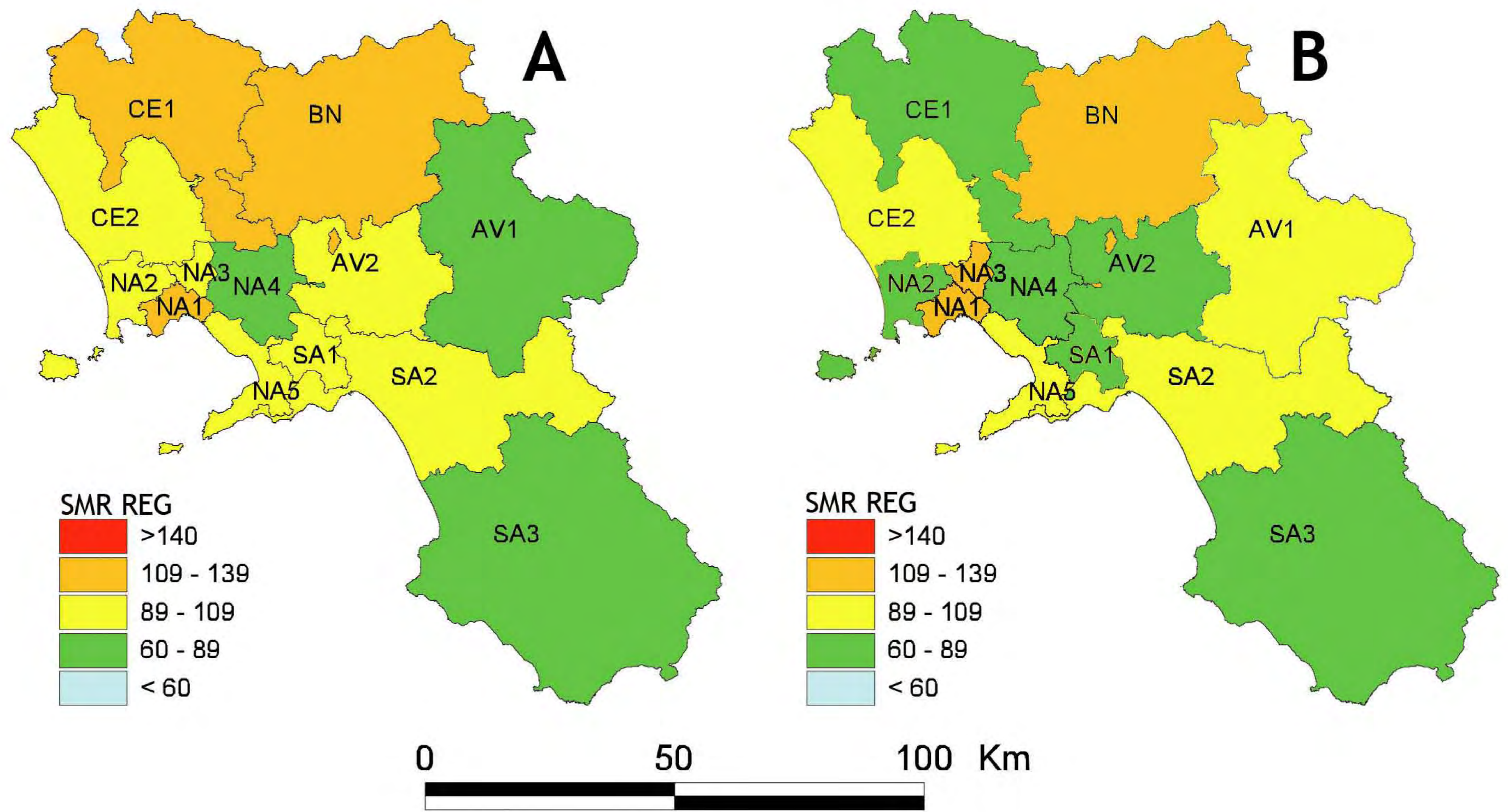


### FIGURE 4

### Neoplasma della Prostata

### Neoplasma del Pancreas

Donne



**FIGURE 5**