

# **Zonazione della pericolosità da flussi piroclastici ai CF: l'effetto della posizione della bocca, della scala eruttiva e dell'orizzonte temporale della previsione.**

Andrea Bevilacqua<sup>(1)</sup>, **Augusto Neri**<sup>(2)</sup>,  
Marina Bisson<sup>(2)</sup>, Tomaso Esposti Ongaro<sup>(2)</sup>, Franco Flandoli<sup>(3)</sup>,  
Roberto Isaia<sup>(4)</sup>, Mauro Rosi<sup>(5)</sup>, Stefano Vitale<sup>(6)</sup>

*(1) University at Buffalo, Center for Geohazard Studies, Geology Department, Buffalo, NY, USA.*

*(2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Pisa, Pisa*

*(3) Università di Pisa, Dipartimento di Matematica, Pisa.*

*(4) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Vesuviano, Napoli*

*(5) Università di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra, Pisa*

*(6) Università di Napoli "Federico II", Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse.*

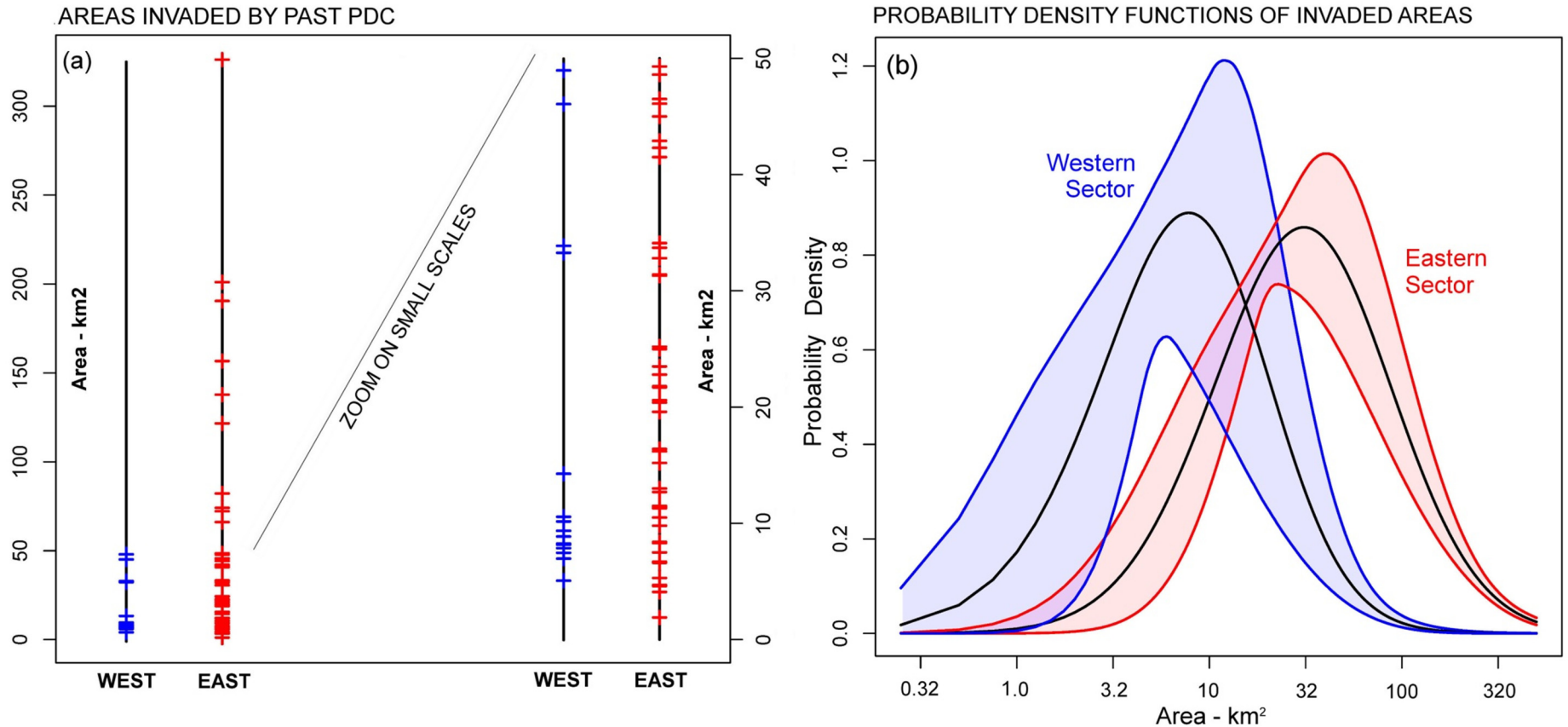


**INGV**

**Giornate di Studio sui Campi Flegrei,  
Napoli, 27-28 Novembre 2017**

Lo studio Bevilacqua et al. (2017) ha ottenuto diversi risultati sulle stime di pericolosità da PDC:

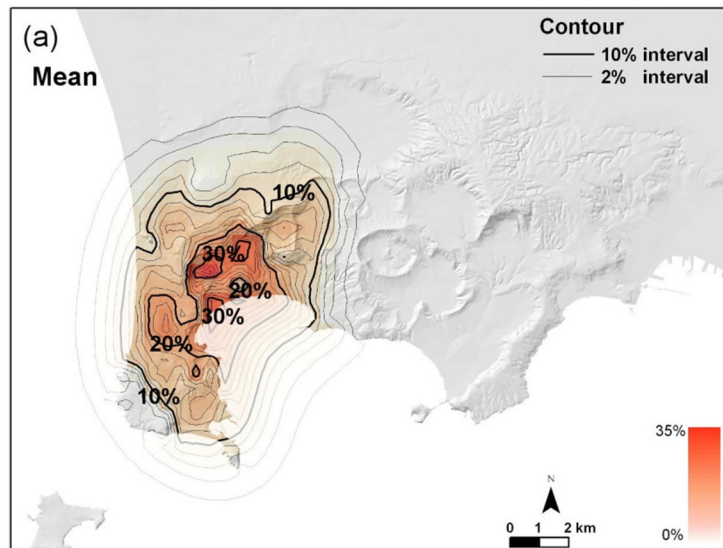
- 1) la statistica della scala eruttiva negli ultimi 15 ka indica che in passato sia stata **significativamente maggiore** nel settore orientale della caldera (a est di E14°12').



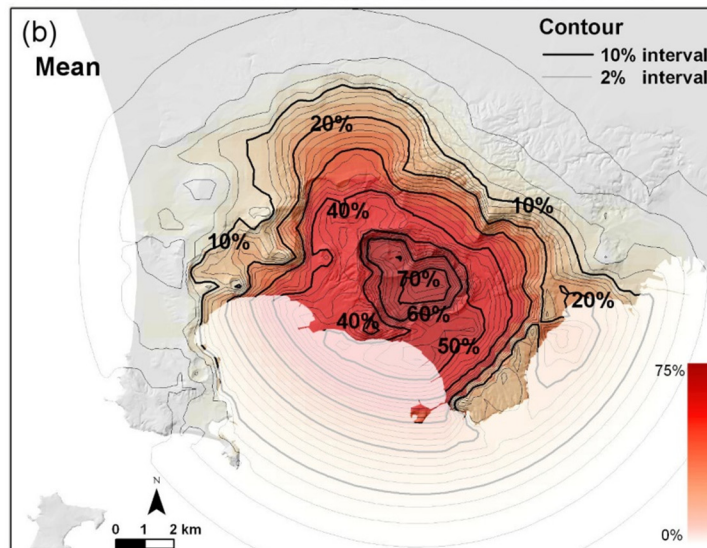
**Figura 1.** Aree invase dai passati PDC originatisi nel **settore occidentale (blu)** od **orientale (rosso)** della caldera. (a) Dati - ogni tratto colorato è un evento. (b) Funzione di densità di probabilità - la curva nera è il valor medio, e la striscia colorata mostra il **90% dell'incertezza epistemica**.

Bevilacqua A, Neri A, Bisson M, Esposti Ongaro T, Flandoli F, Isaia R, Rosi M and Vitale S (2017), *The Effects of Vent Location, Event Scale, and Time Forecasts on Pyroclastic Density Current Hazard Maps at Campi Flegrei Caldera (Italy)*. Front. Earth Sci. 5:72. doi: 10.3389/feart.2017.00072

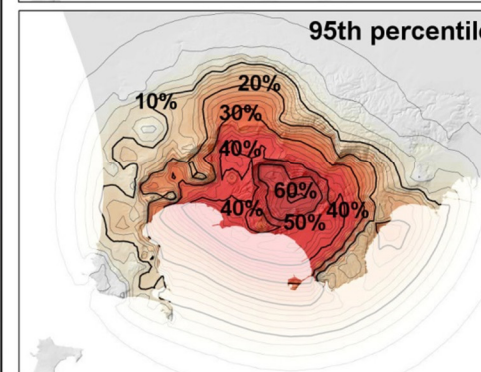
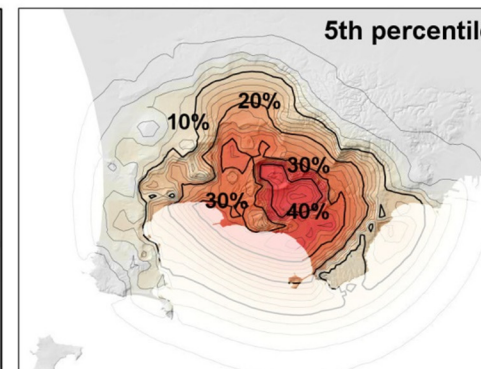
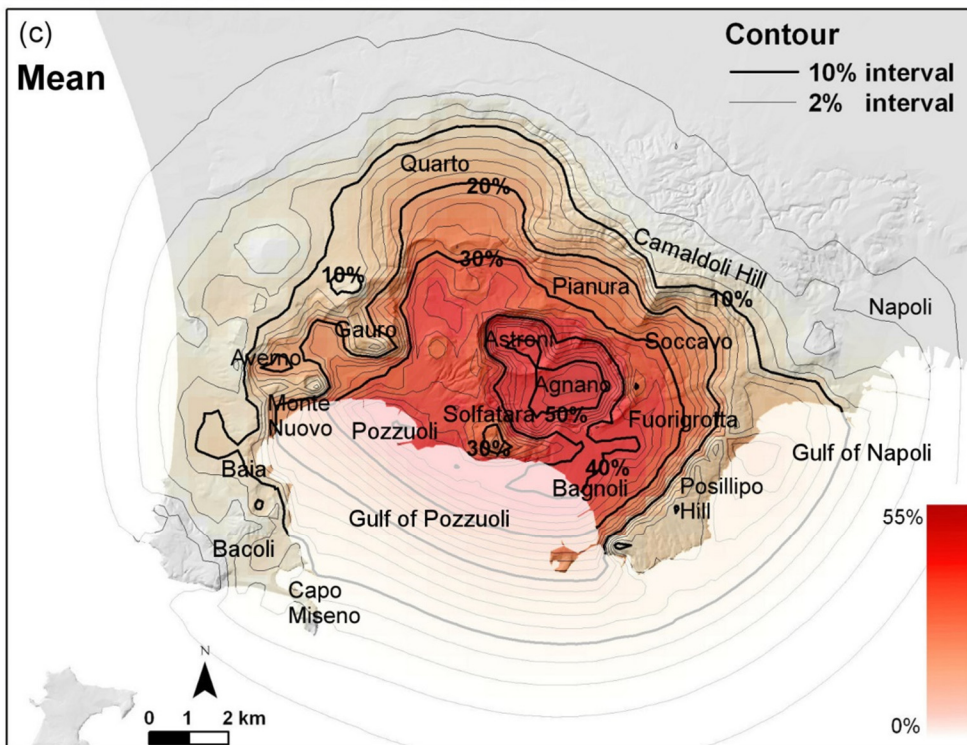
## PDC ORIGINATING IN THE WESTERN SECTOR



## PDC ORIGINATING IN THE EASTERN SECTOR



## PDC SIZE DEPENDENT ON THE SECTOR



Questo ha effetti significativi sulla **pericolosità da PDC**, con una riduzione ad ovest, ed un aumento ad est.

**Figura 2.** Mappe di pericolosità media da PDC **condizionate** al verificarsi di un'eruzione esplosiva.

Punto di origine del flusso a terra nel settore (a) **occidentale**, (b) **orientale**, (c) in **entrambi**.

Scala eruttiva dipendente dal settore.

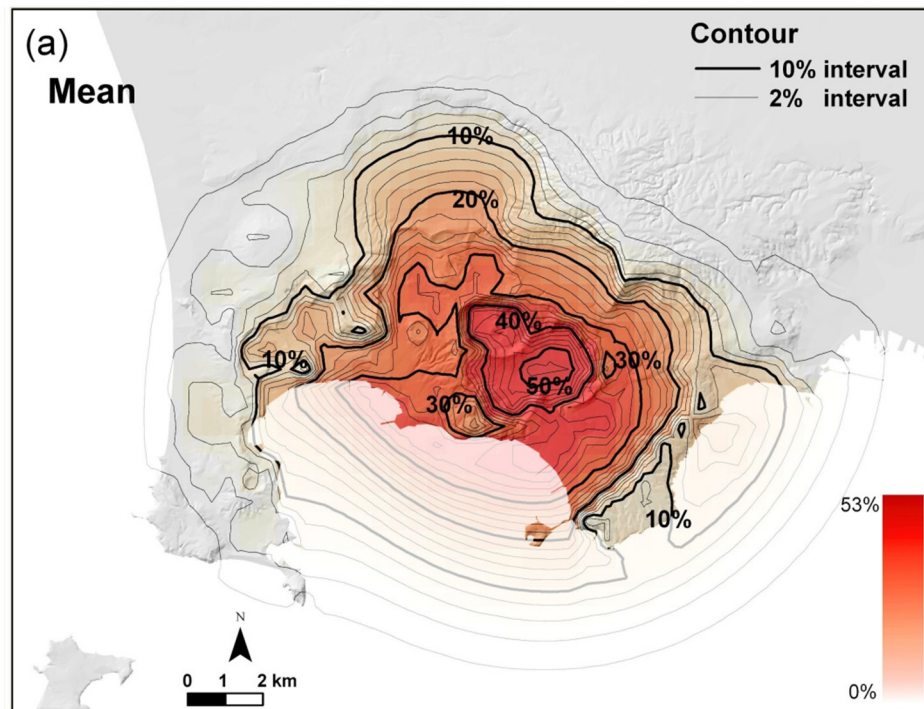
Sulla destra di (c) sono mostrati i percentili dell'**incertezza**.

2) Mappe basate su **scenari fissi** sono pure disponibili, ma rappresentano una semplificazione rispetto alle stime di pericolosità complete.

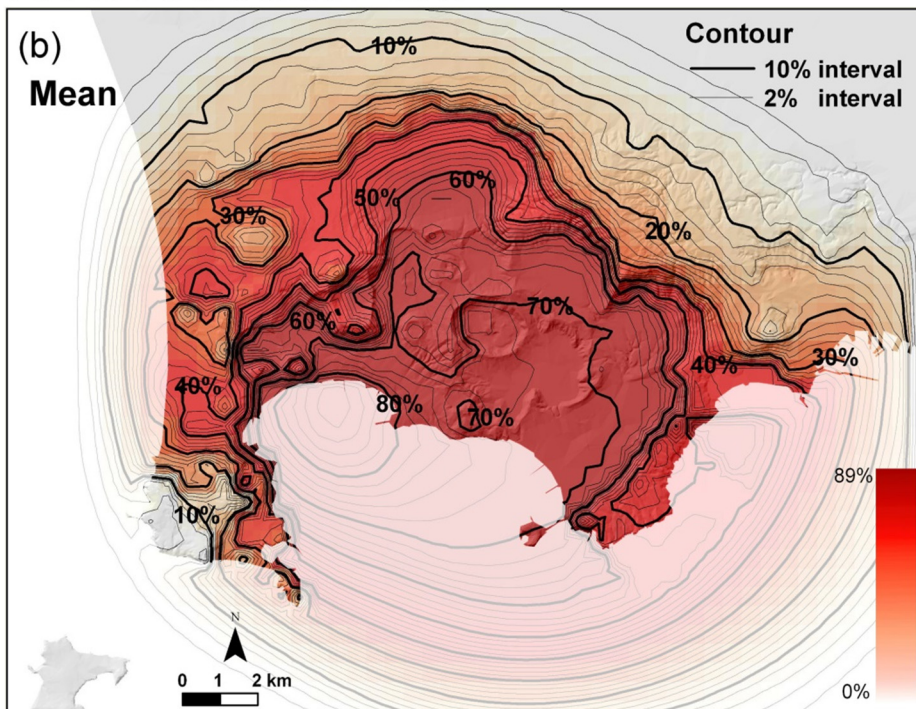
Gli scenari a scale eruttive fissate possono infatti corrispondere ad eventi **poco probabili**.

In caso di eruzione esplosiva, la mappa (a) ha il 95% di probabilità di essere una stima valida, lo scenario (b) solo il 5%.

BOUNDED PDC SCALE < 95%



FIXED PDC SCALE - 95%

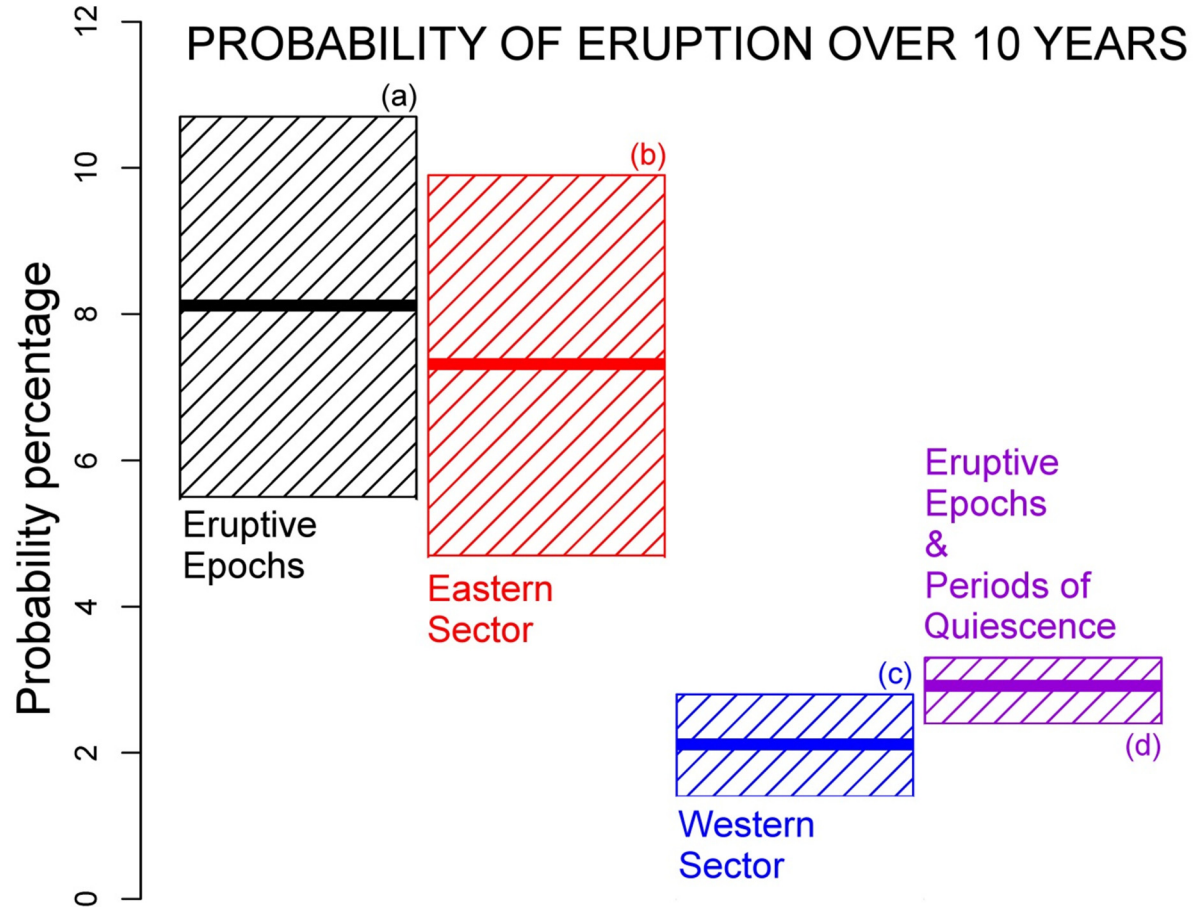


Il 95% della scala eruttiva è pari a  $\sim 39 \pm 11 \text{ km}^2$  nel settore occidentale e  $\sim 169 \pm 18 \text{ km}^2$  in quello orientale.

**Figura 3.** Mappe di pericolosità media da PDC **condizionate** al verificarsi di un'eruzione esplosiva di scala (a) **inferiore** e (b) **pari** al 95% delle distribuzioni in Fig 1. Punto di origine del flusso sempre a terra, scala eruttiva dipendente dal settore.

3) Grazie allo studio Bevilacqua et al. (2016) sono disponibili delle stime temporali, basate sulla statistica del record passato. Le stime tengono conto degli effetti di **clustering** nei dati, che sono significativi.

La frequenza eruttiva è diversa fra i due settori, con una **maggiore frequenza nel settore orientale**.



Le tre statistiche più a sinistra sono basate sulla frequenza eruttiva durante le epoche.

Sono valide nel caso in cui Monte Nuovo abbia segnato l'inizio di una **nuova epoca eruttiva**.

Includendo i periodi di quiescenza fra le epoche le stime calano di ~70%.

**Figura 4.** Probabilità di un'eruzione ai CF nei prossimi 10 anni. Stime (a) **globali**, (b) nel settore **orientale**, e (c) **occidentale**, durante le epoche eruttive. (d) Stime che includono i **periodi di quiescenza**.

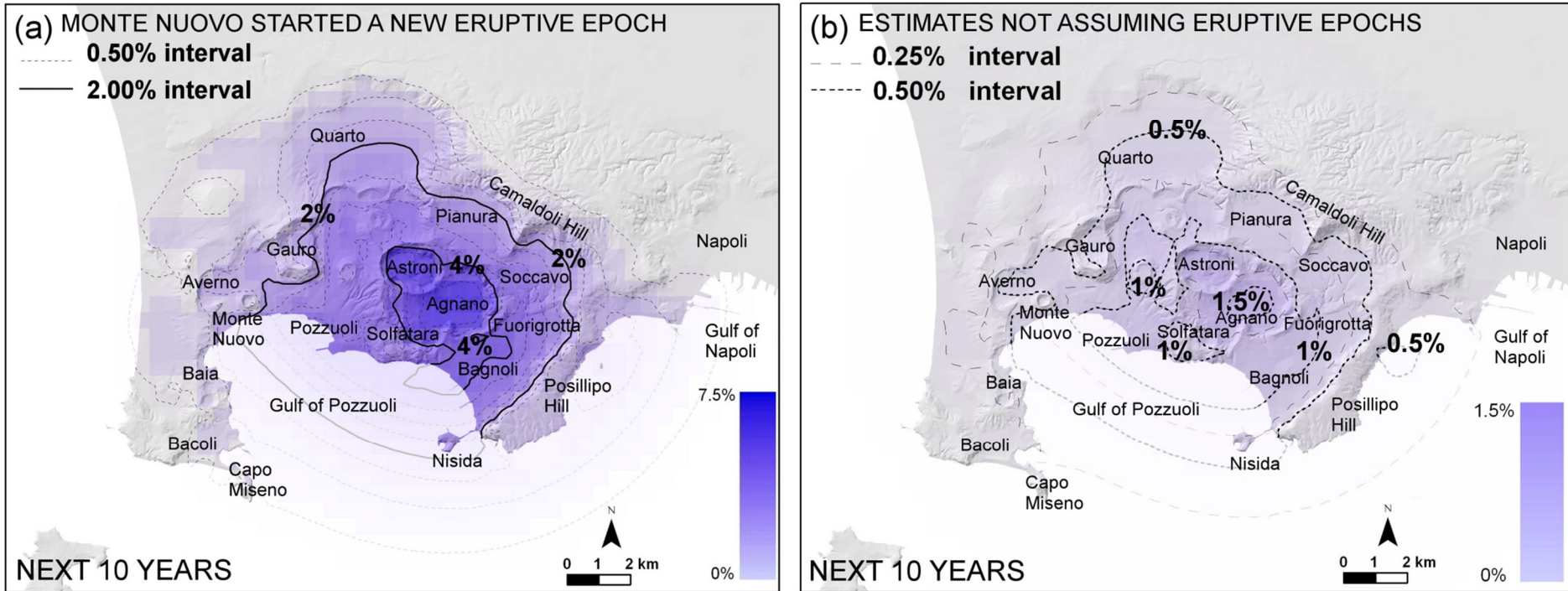
Intervalli di confidenza corrispondenti al 5° e 95° percentile, dovuti all'**incertezza epistemica**. Il valor medio è evidenziato.

Bevilacqua, A., Flandoli, F., Neri, A., Isaia, R., Vitale, S. (2016), *Temporal models for the episodic volcanism of Campi Flegrei caldera (Italy) with uncertainty quantification*, J Geophys Res, 121 (11), 7821-7845.

L'interpretazione di Monte Nuovo con inizio di una epoca eruttiva ha effetti significativi sulla **pericolosità da PDC a 10 anni**, con una riduzione sostanziale nel caso contrario.

Stime di pericolosità a 50 anni sono pure disponibili, anche considerando l'effetto di eruzioni multiple.

## PDC HAZARD ESTIMATES FOR THE NEXT 10 YEARS

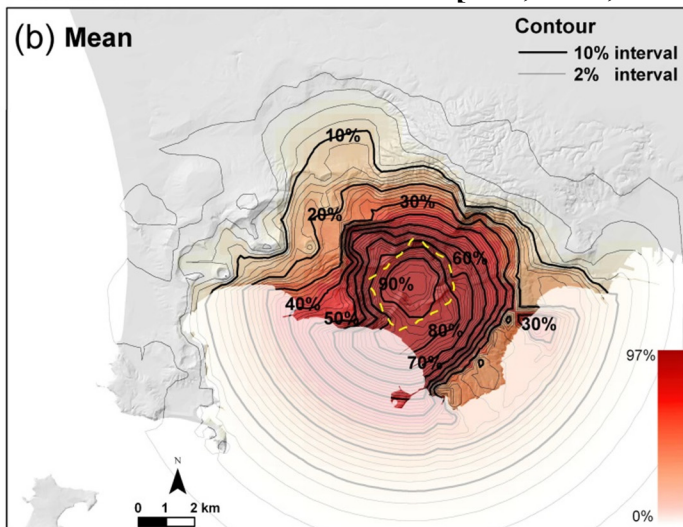
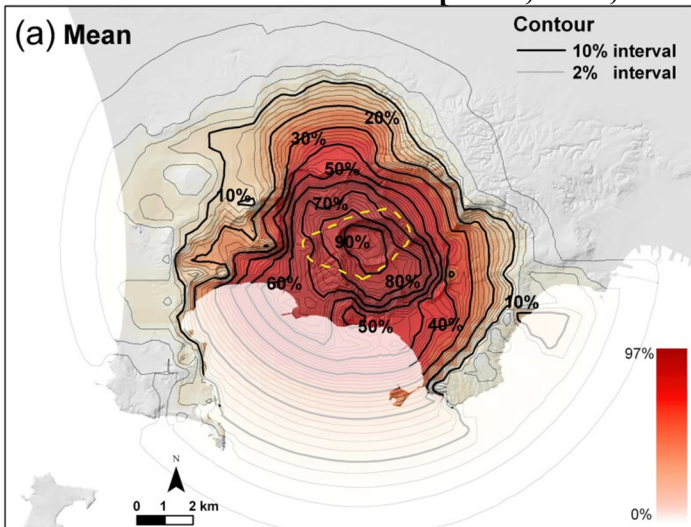


**Figura 5.** Mappe di pericolosità media da PDC nei prossimi 10 anni assumendo (a) le stime ottenute durante le **epoche eruttive passate**, (b) includendo anche i **periodi di quiescenza** fra le epoche.

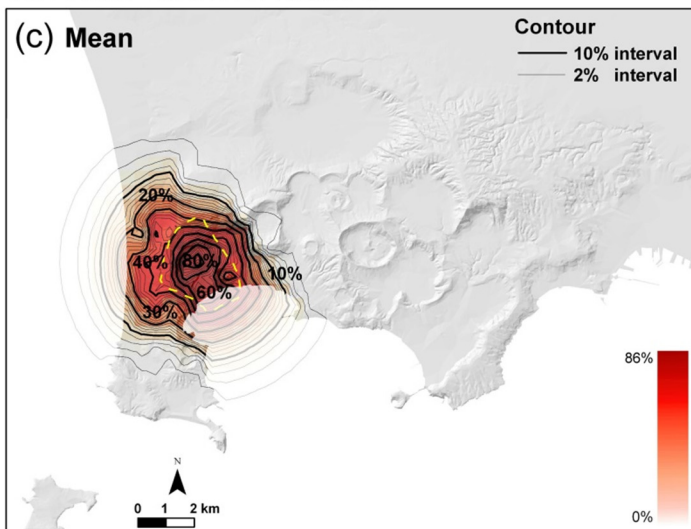
Punto di origine del flusso sempre a terra, **scala eruttiva e frequenza temporale** dipendente dal settore.

4) Mappe che assumono il punto di origine del PDC in una **specifica porzione** della caldera sono disponibili. Esse costituiscono **scenari** con probabilità anche significativa.

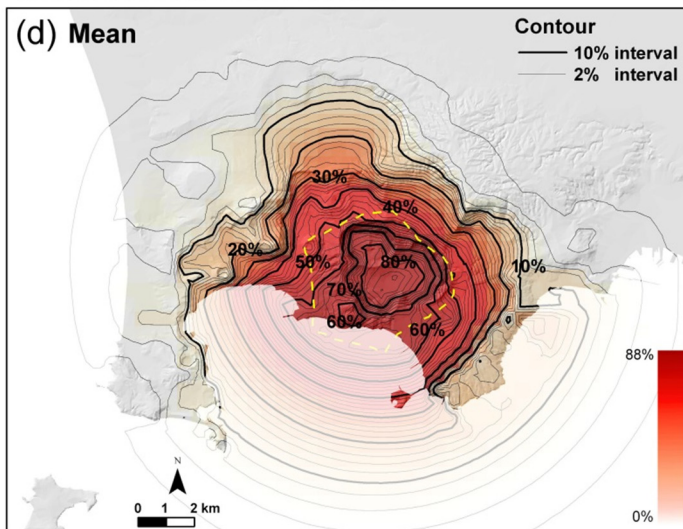
ASTRONI Prob. scenario [10%,**13%**,17%] AGNANO Prob. scenario [8%,**10%**,12%]



AVERNO - MONTE NUOVO



CENTRAL EASTERN ZONES



Prob. scenario [4%,**5%**,6%]

Prob. scenario [28%,**32%**,40%]

Le **mappe localizzate** permettono di testare rapidamente vincoli sulla posizione ottenibili coi dati di **monitoraggio**.

**Figura 6.** Mappe di pericolosità media da PDC **condizionate** al verificarsi di un'eruzione esplosiva.

Punto di origine del flusso a terra in una **specifica porzione** della caldera.

Scala eruttiva dipendente dal settore.

# PROSSIMI SVILUPPI - STIME DINAMICHE

Le stime sulla posizione della bocca eruttiva, i.e. il punto di origine dei PDC dovrebbero essere migliorate, includendo gli effetti di **precursori sismici e deformazione**.

In particolare:

1) sono disponibili nuovi dati sulla **storia della deformazione** negli ultimi 15 ka che possono permettere di indagare maggiormente il legame fra deformazione e posizione delle bocche passate (i.e. Bevilacqua et al. 2017).

2) è in studio un **meccanismo di aggiornamento short-term** delle mappe in seguito all'osservazione di nuovi dati sismici, che combini:

- un modello fisico sulla **distanza** fra epicentro e potenziale nuova bocca eruttiva,
- la stima della **probabilità** che uno sciame sia un precursore eruttivo
- la sensibilità delle stime rispetto alla **memoria** del sistema dei dati osservati in precedenza.

3) La **portabilità ed il confronto** delle mappe probabilistiche e dell'incertezza ad esse associata potrebbe essere aumentata, formalizzandone una rappresentazione comune tramite **campi Gaussiani**.

Questo richiede uno studio ulteriore delle proprietà di **correlazione spaziale** fra punti diversi della caldera, e può facilitare la formulazione di un meccanismo robusto di aggiornamento short-term.

Bevilacqua, A., M. Bursik, A. Patra, E.B. Pitman, R. Till (2017),  
*Bayesian construction of a long-term vent opening map in the Long Valley volcanic region (CA, USA)*,  
Statistics in Volcanology 3, 1-36.