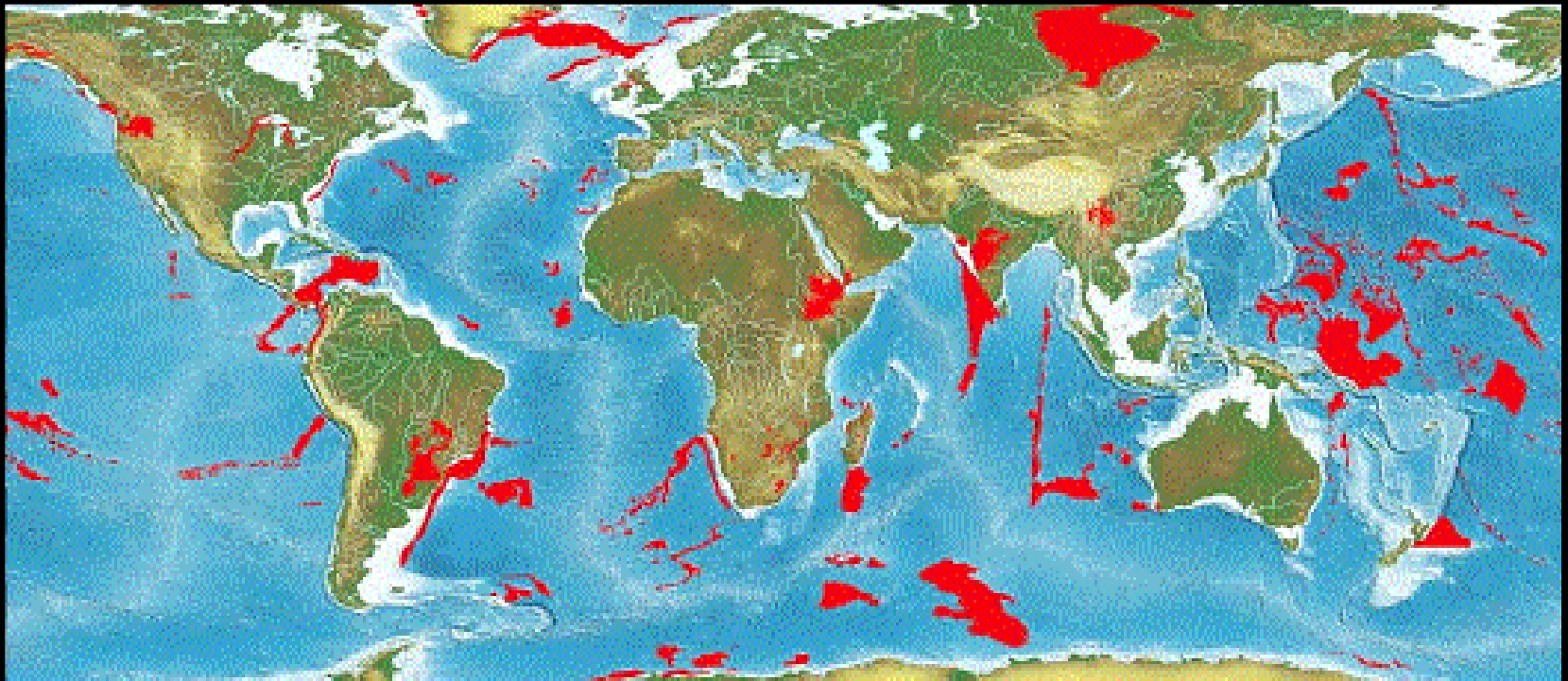


# Dove si trovano?

I vulcani non sono distribuiti in modo casuale.

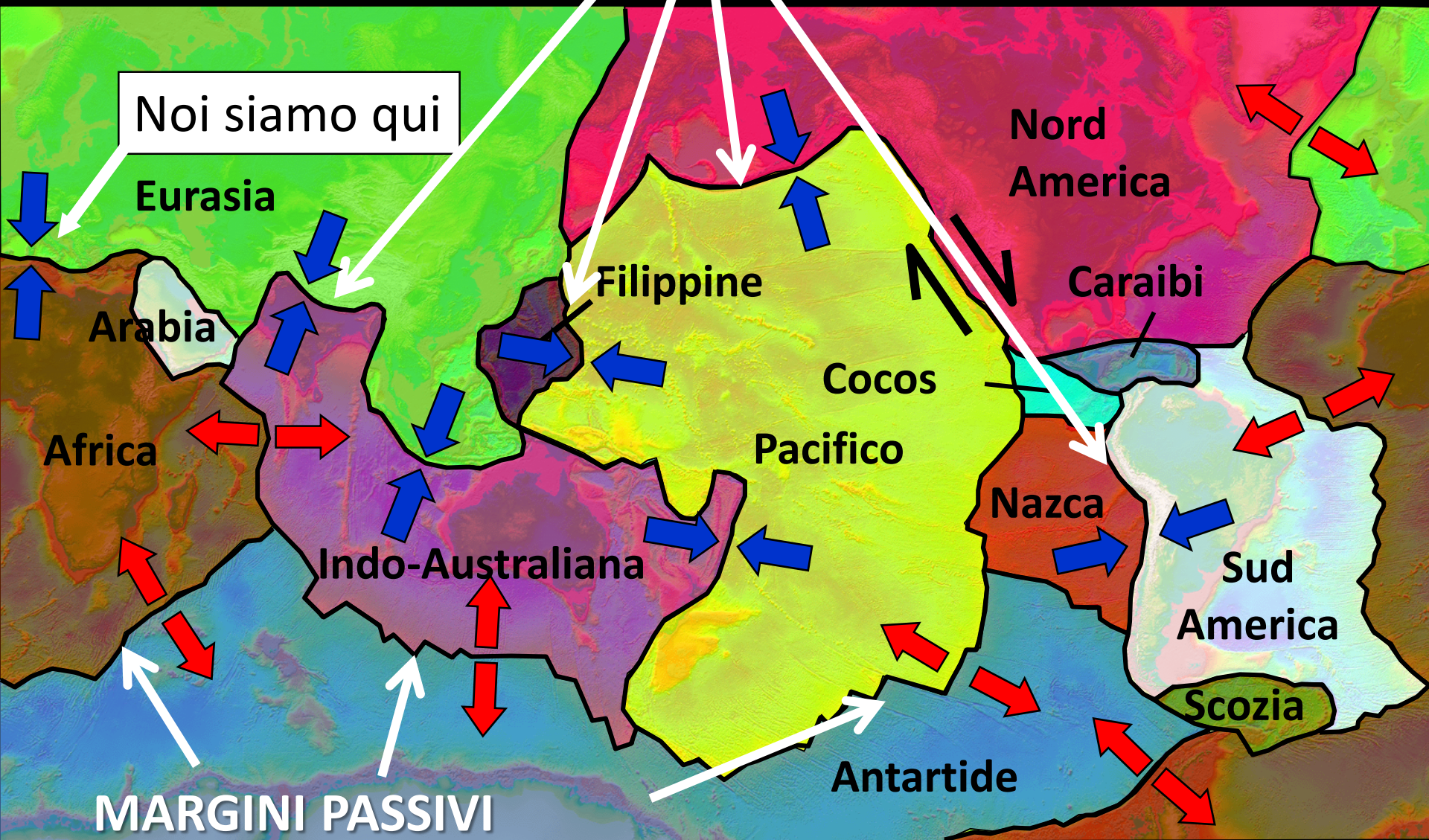
Attualmente ci sono ~500 vulcani subaerei attivi e ~50 in attività.

L'Italia è il paese europeo con maggior numero di vulcani in attività.



# Dove si trovano?

## MARGINI ATTIVI



Noi siamo qui

Eurasia

Arabia

Africa

Indo-Australiana

Filippine

Cocos

Pacifico

Nazca

Nord America

Caraibi

Sud America

Scozia

Antartide

## MARGINI PASSIVI

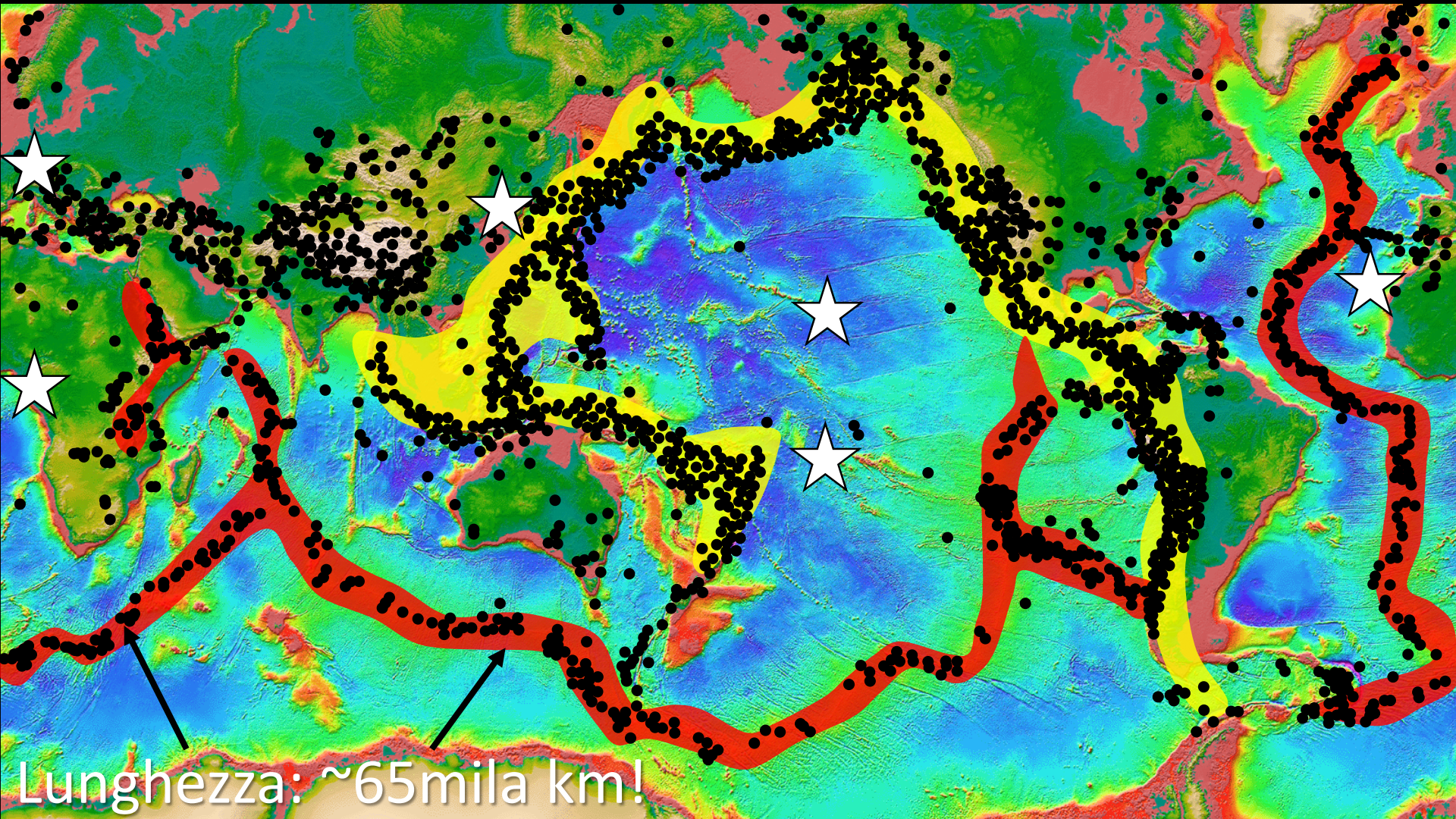


# Dove si trovano?

~80% dell'attività magmatica lungo le dorsali oceaniche

~15% dell'attività magmatica lungo il *Ring of Fire*

<5% dell'attività magmatica in zone "intraplacca"



Lunghezza: ~65mila km!







# Dove si trovano?





# Tipo di attività?

Due tipi principali (oltre a tantissimi casi intermedi):

Vulcani **ROSSI** (caratterizzati da eruzioni essenzialmente di tipo effusivo, es. colate di lava).

Vulcani **GRIGI** (caratterizzati da eruzioni essenzialmente di tipo esplosivo, es. ceneri e lapilli).



Colata effusiva del Kilauea (Hawaii)



Flusso piroclastico del M. St. Helens



## Tipo di attività?

I vulcani della penisola italiana sono quasi esclusivamente di tipo **GRIGIO** (molto esplosivi, quindi molto pericolosi).

I tufi sono i tipici prodotti di un vulcano esplosivo (piroclastiti).



# Pericolosità Geologica

Probabilità che un evento potenzialmente dannoso possa accadere.

## Rischio Geologico

Pericolosità x Vulnerabilità x Esposizione di beni



Grado di perdita di un elemento o un gruppo di elementi.



Valore degli elementi a rischio (economico e in termini umani).



# E' possibile stabilire la pericolosità?

## VEI = Volcanic Explosivity Index

(scala Richter per le eruzioni vulcaniche)

Volume  
dei Tefra  
(in m<sup>3</sup>)

<10<sup>4</sup>

10<sup>4</sup>

10<sup>6</sup>

10<sup>7</sup>

10<sup>8</sup>

10<sup>9</sup>

10<sup>10</sup>

10<sup>11</sup>

10<sup>12</sup>

Periodicità

Giornaliera

Settimanale

Decine  
di anni

Centinaia  
di anni

Migliaia di  
anni

Decine di migliaia  
di anni

VEI

0

1

2

3

4

5

6

7

8

Tipo di eruzione  
(intervallo VEI)

Hawaiiana

Stromboliana

Vulcaniana

Pliniana

<55 km

Altezza del  
pennacchio

<2 km



Hawaiiana

<10 km

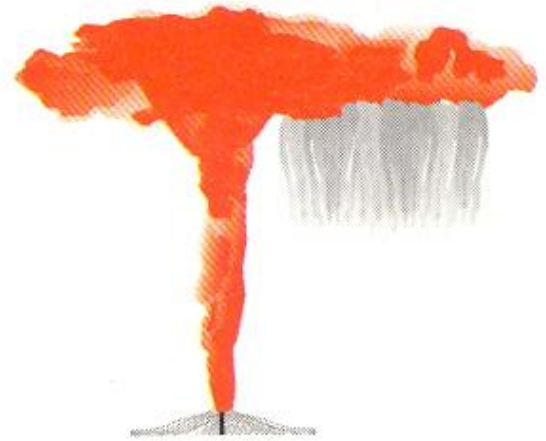


Stromboliana

<20 km



Vulcaniana



Pliniana



# E' possibile stabilire la pericolosità?

## CRV per i vulcani italiani:

In teoria il massimo CRV è 17 (0+8+9).

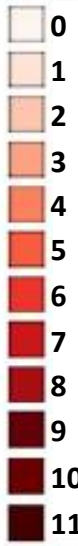
Il massimo CRV di vulcani attivi è 12-14.

Vulcano	Kt	Max VEI	log popolazione	CRV
Campi Flegrei	-3	7	7	11
Vesuvio	-2	6	6	10
Etna	0	5	5	10
Ischia	-3	6	4	7
Pantelleria	-3	6	4	7
Colli Albani	-5	6	5	6
Stromboli	0	4	2	6
Lipari	-4	4	4	4
Vulcano	-3	4	3	4
Salina	-5	4	3	2
Ferdinandea	-3	3	0	0

Il massimo CRV di vulcani attivi è 12-14.



CRV



Colli Albani

Ischia

Vesuvio

Campi Flegrei

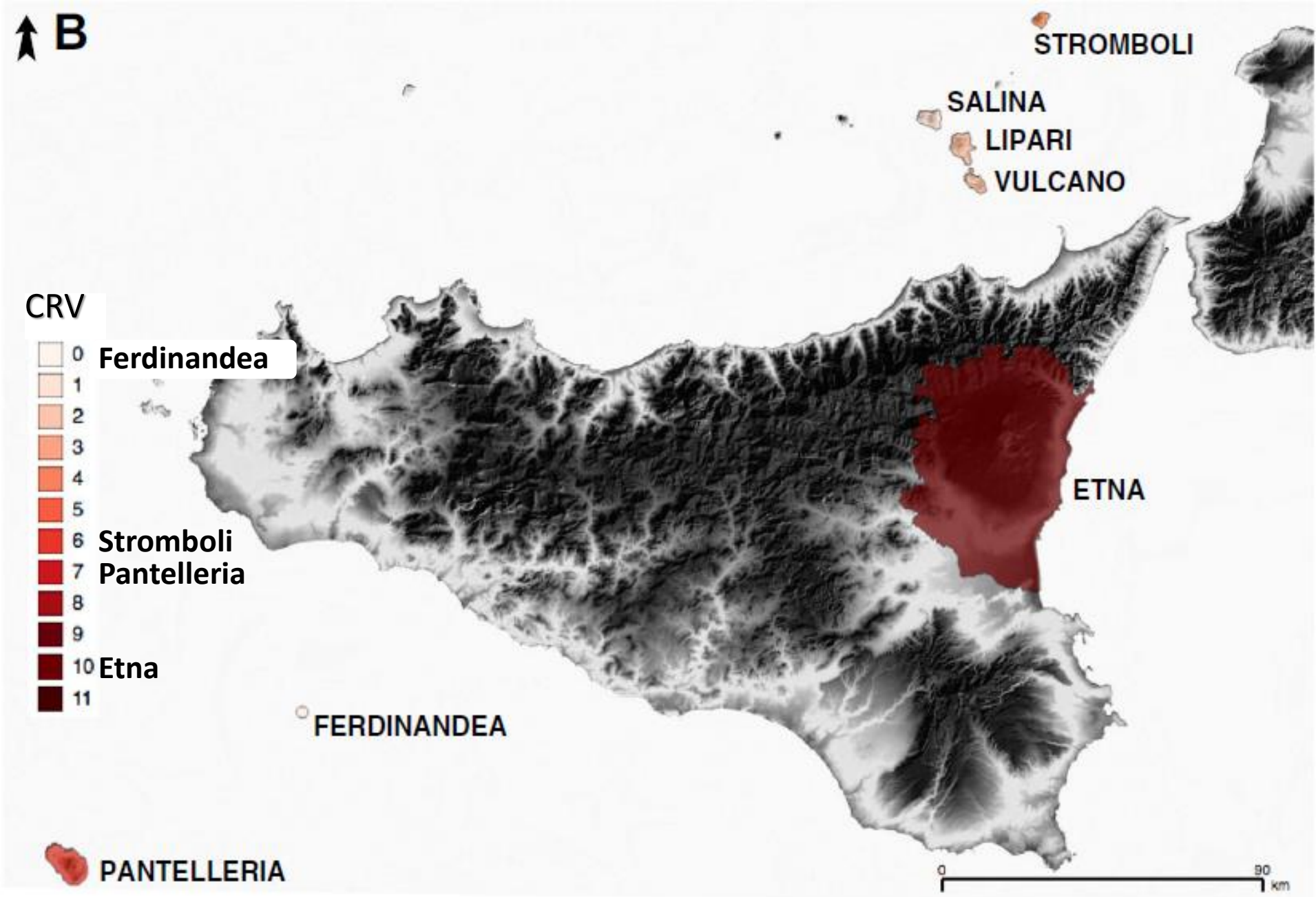
CAMPI FLEGREI

VESUVIO

ISCHIA







Non tutti i vulcani sono pericolosi allo stesso modo.

## Coefficiente di Rischio Vulcanico (CRV)

$$\text{CRV} = Kt + \text{VEI} + \log(\text{numero popolazione})$$

**Kt** =  $\log(1/\text{tempo trascorso dall'ultima eruzione})$

**VEI** = Volcanic Explosivity Index

**numero popolazione** = Danni potenziali



# Coefficiente di Rischio Vulcanico

$$CRV = Kt + VEI + \log(\text{numero popolazione})$$

$$Kt = \log(1/\text{tempo trascorso dall'ultima eruzione})$$

Ultima eruzione	Kt
Almeno 1 tra 0 e 1 anni fa	0
Almeno 1 tra 1 e 10 anni fa	-1
Almeno 1 tra 10 e 100 anni fa	-2
Almeno 1 tra 100 e 1.000 anni fa	-3
Almeno 1 tra 1.000 e 10.000 anni fa	-4
Almeno 1 tra 10.000 e 100.000 anni fa	-5
Almeno 1 tra 100.000 e 1.000.000 anni fa	-6



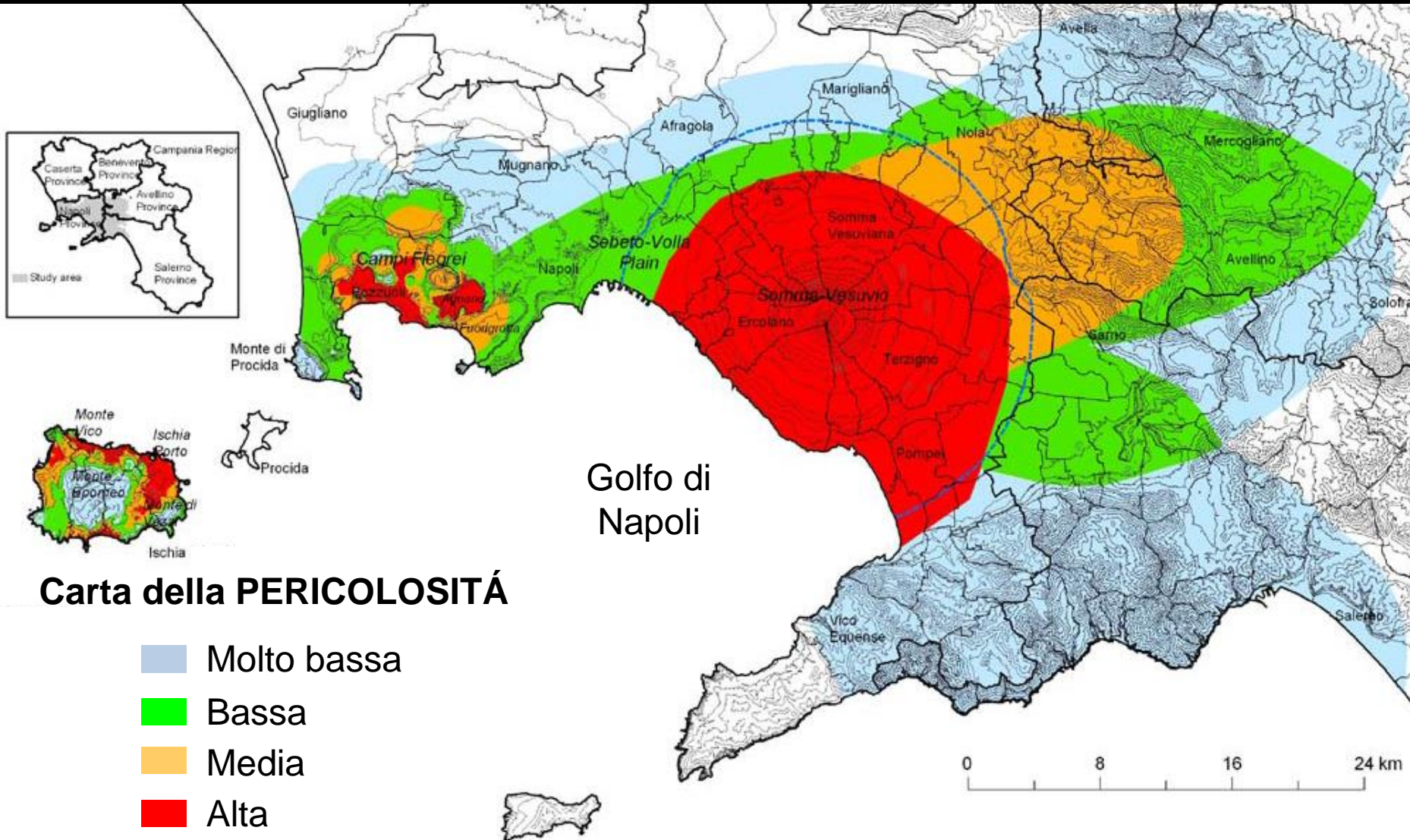
# Coefficiente di Rischio Vulcanico

$$CRV = Kt + VEI + \log(\text{numero popolazione})$$

**VEI** = Volcanic Explosivity Index

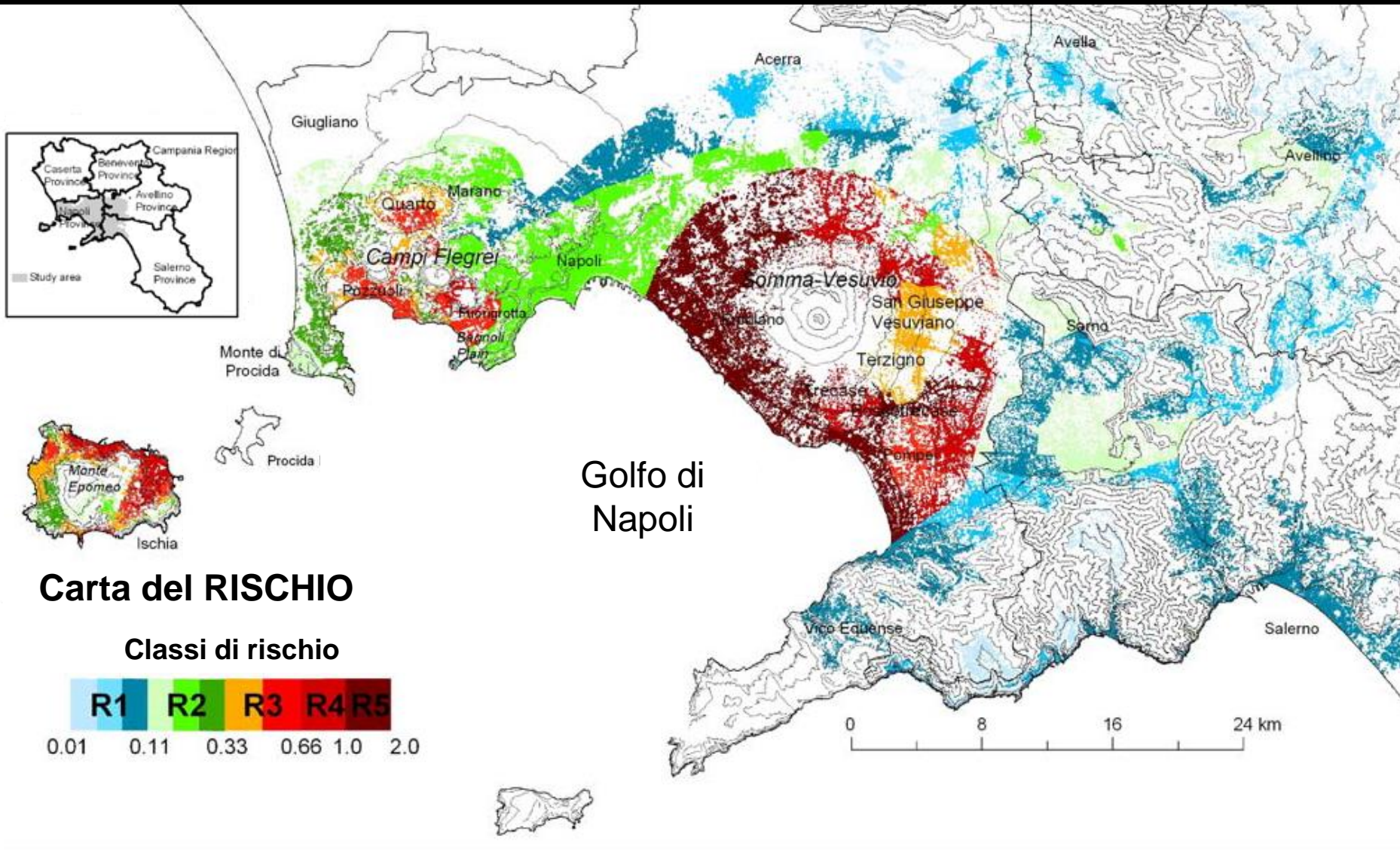
<b>VEI</b>	Distanza raggiunta	Impatti climatici	da
PDC			
1	<1 km	--	<b>PDC = Pyroclastic Density Current</b>
2	1-5 km	--	
3	3-10 km	Possibili impatti regionali	
4	10-15 km	Impatti climatici variabili	
5	15-30 km	Impatti climatici variabili	
6	30-50 km	Impatti climatici globali minori	
7	50-100 km	Impatti climatici globali severi	
8	>100 km	Impatti climatici globali catastrofici	

# Pericolosità vulcanica





# Rischio vulcanico





# Esistono vulcani nel sistema solare?

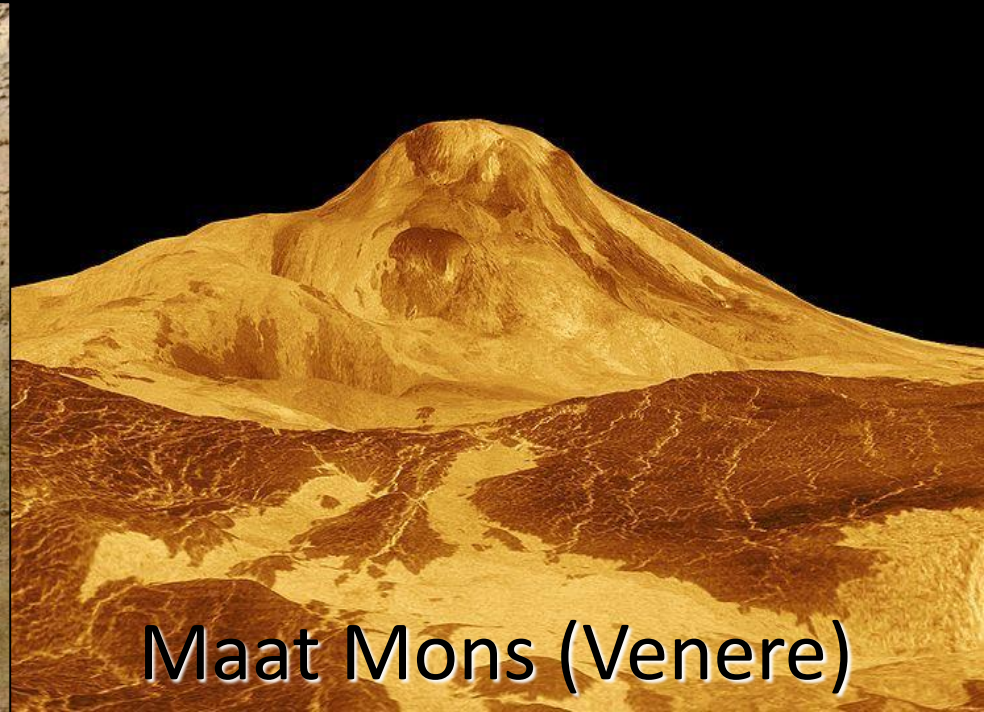
I vulcani non sono presenti solo sulla Terra.

Marte presenta i vulcani più grandi del sistema solare (Olympus Mons = altezza ~23 km).

Vulcani anche su Venere e su vari satelliti (Luna compresa).



Olympus Mons (Marte)



Maat Mons (Venere)



# Esistono vulcani nel sistema solare?

22,500 m

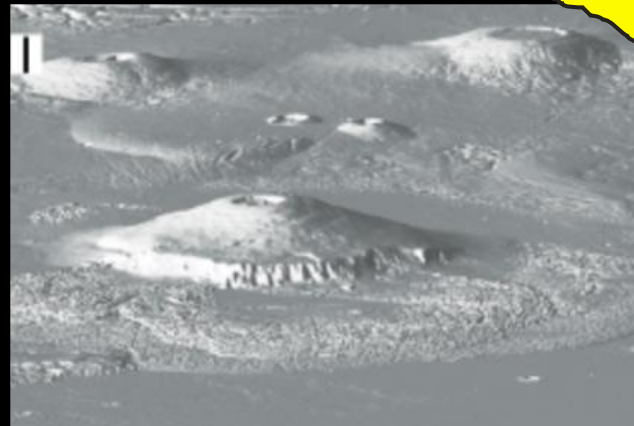
M. Olympus

8,844 m

M. Everest



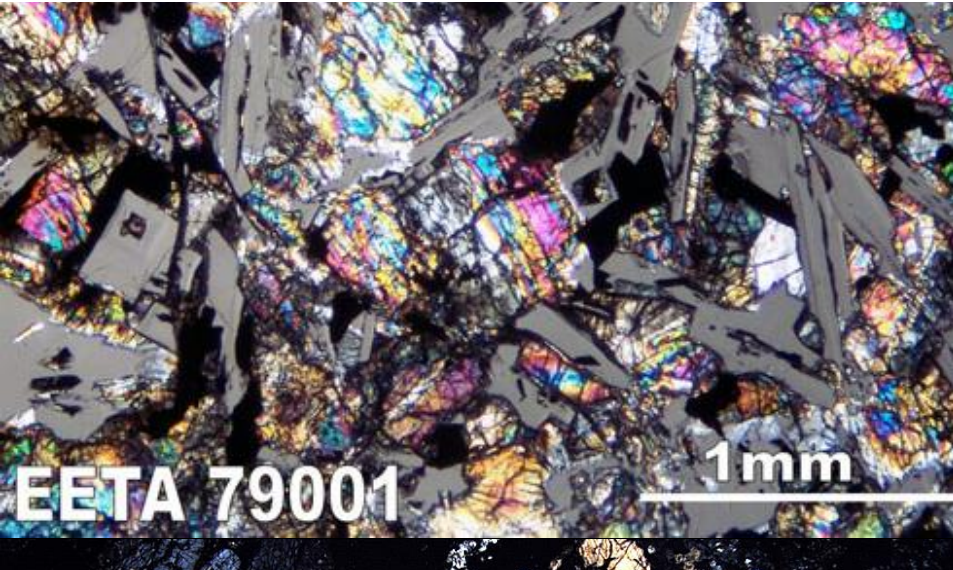
Olympus Mons (Marte)



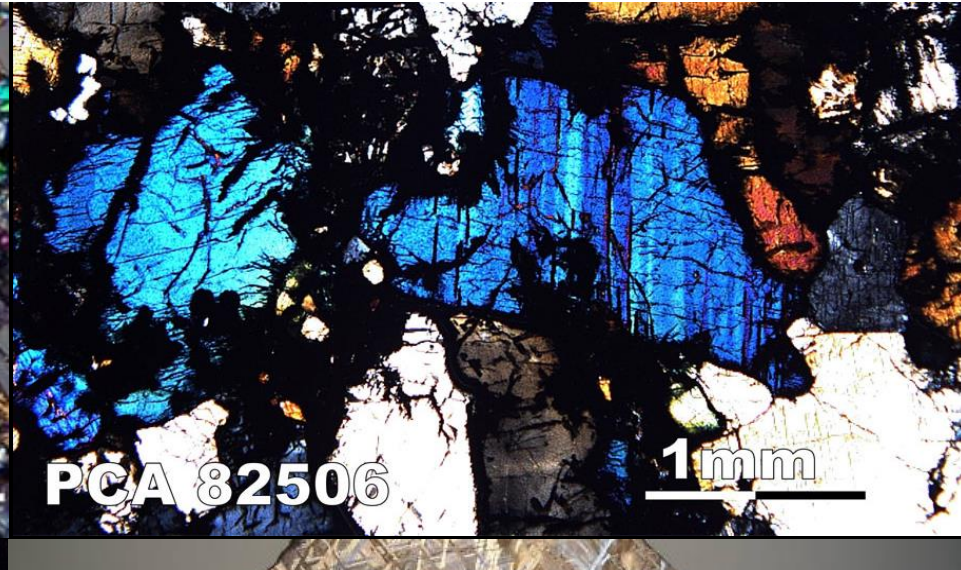


# Esistono vulcani nel sistema solare?

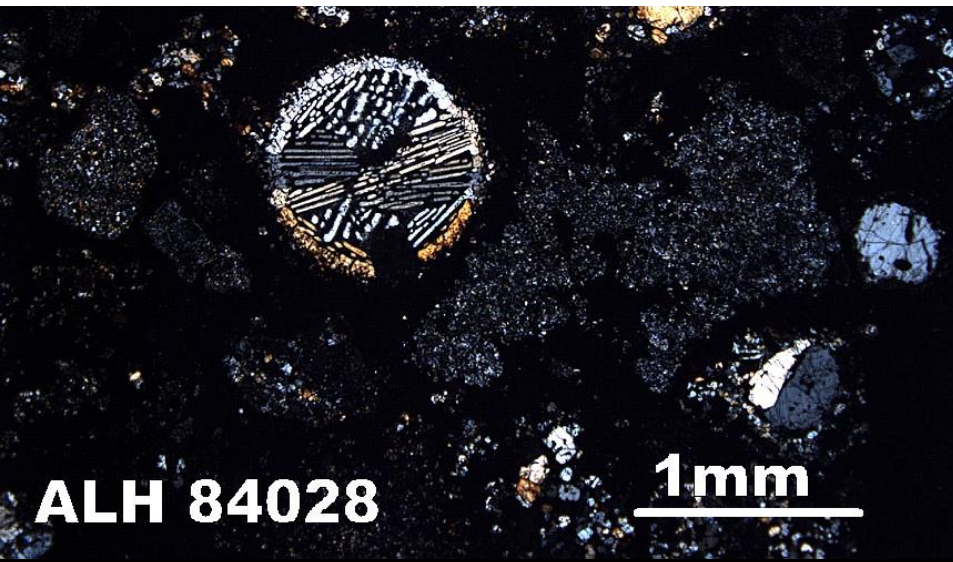
Shergottite (basalto a plagioclasio-piroseno)



Ureilite (acondrite a pigeonite-olivina)



Aubrite (Condrite a enstatite)



Ottaedrite (Meteorite ferrosa)





# I vulcani sono prevedibili?

Mmmhhh... si e no...

E' molto più difficile prevedere l'arrivo di una scossa sismica.

I tempi di preavviso possono essere di qualche giorno o settimane, ma...



Innalzamento del suolo di  
~2 m

Una giornata di caos: strade bloccate, Pozzuoli prigioniera del traffico  
Riunione in Prefettura con Scotti. In poche ore necessarie molte requisizioni

## Si cerca casa per 3000 famiglie

Il suolo sale di 3 mm al giorno. Luongo: verranno altre scosse

POZZUOLI - Pochi giorni soltanto di tregua. Ieri mattina, ad un mese esatto dallo scossone del 4 settembre, Pozzuoli si è ritrovata all'appuntamento con il terrore. La spallata più forte da quando il bradisismo ha ripreso a far lievitare il suolo dell'area flegrea. Un boat cupo, più sinistro del solito. Un sussulto, netto (erano le 8,09), poi venti, interminabili secondi di tremore. I pennini dei sismografi si sono riassetati soltanto dopo quattro minuti e mezzo. La scossa più vigorosa fra le quattromila registrate a Pozzuoli dal luglio dell'anno scorso ad oggi. Quasi doppia l'energia liberata dalla terra, rispetto all'evento di un mese fa.

Nella zona dell'epicentro, fra la Solfatarà e il cratere di Cigliano, il terremoto ha raggiunto il sesto-settimo grado della scala Mercalli. Ma lo specchio del sisma stavolta si è dilatato a dismisura. Almeno sesto gra-

la prima vittima, sia pure indiretta, del bradisismo. Una donna di 68 anni, Giovanna De Filippis, colta da maleore a Napoli per la paura, è morta durante il trasporto all'ospedale San Paolo. Trenta persone hanno fatto ricorso alle cure dei sanitari a Pozzuoli. Un'altra anziana donna, colpita al capo da calcinacci, è ricoverata in fin di vita al Cardarelli. Abitazioni fatiscenti, già dichiarate pericolanti, sono crollate in via Solfatarà e in diverse zone del centro flegreo. Gravemente lesionate tre chiese ed un vecchio albergo che ospitava dal novembre '80 famiglie di terremotati. Frane un po' dappertutto: le più vistose a monte della Domiziana, fra Agnano e Epitaffio, dove è ormai in pericolo la sicurezza della strada provinciale che collega Pozzuoli con Bacoli e Monte di Procida

da scongiurare è rappresentato dal «tracollo» sistematico del sistema socio-economico puteolano. In Prefettura, nel corso del vertice con il ministro Scotti, sono stati decisi altri provvedimenti urgenti nell'uno e nell'altro senso. Requisizioni a tappeto lungo la fascia costiera domiziana, acquisto massiccio di abitazioni subito disponibili, ma anche interventi finalizzati al recupero dell'attività nelle fabbriche, nelle scuole, nelle comunità sociali. Gli esperti da ieri hanno qualche fondato motivo in più di preoccupazione. «Dobbiamo aspettarci altre scosse, anche forti», dice senza mezzi termini il direttore dell'Osservatorio vesuviano, professore Luongo. La terra sale di tre millimetri al giorno. Qualcuno è più pessimista, non esclude un «coinvolgimento» del fenomeno in atto nel sottosuolo flegreo con il bacino vesuviano. La tensione,

CRATERE CIGLIANO  
EPICENTRO  
GLI ASTRONI  
SOLFATARÀ  
Pozzuoli  
Golfo di Pozzuoli

Nel grafico l'epicentro della scossa

# In che modo si definisce un vulcano attivo?

I vulcani lavorano e poi si riposano.

A periodi di attività possono seguire periodi di stasi lunghi anche decine di migliaia di anni.

Il tempo tra due grandi eruzioni è definito “Tempo di Ritorno”.

I **vulcani attivi** hanno dato eruzioni negli ultimi 10 ka.

I **vulcani quiescenti** (o dormienti) sono in stasi da un periodo più breve rispetto al Tempo di Ritorno medio.

I **vulcani spenti** sono in stasi da periodi più lunghi rispetto al Tempo di Ritorno medio.



# Ma come si genera un magma?

Aumento di T

Diminuzione di P

Aggiunta di v

Attrito

Impatto

Aumento di P



...Mmmhhh...  
Fusione per  
decompressione?



# In che modo il magma solidifica?

## VETRIFICAZIONE

Trasformarsi in **vetri** =  
masse solide amorfe  
senza fasi cristalline

## CRISTALLIZZAZIONE

Formare **cristalli** =  
sostanze che hanno un preciso  
ordinamento strutturale ed un  
identico chimismo in ogni loro  
porzione

## CRISTALLIZZAZIONE e VETRIFICAZIONE

Solidificare formando sia cristalli che vetro.



# In che modo il magma solidifica?

Un raffreddamento **molto rapido** (da pochi secondi a qualche minuto) potrebbe portare alla formazione di una massa vetrosa (assenza di cristalli).

Un raffreddamento **molto lento** (es. 10-100.000 anni) porta alla formazione di pochi grandi cristalli.

Un raffreddamento medio (es. poche ore-giorni) porta alla formazione di numerosi cristalli più piccoli.

A volte il raffreddamento avviene “**a due stadi**” (ossia lento nella prima parte e rapido nella seconda).

# In che modo il magma solidifica?

A seconda della presenza o meno di vetro e dei cristalli le rocce ignee possono essere divise in due (o tre) grandi categorie.

Rocce **PLUTONICHE**: raffreddamento **molto lento** all'interno della crosta (con cristalli grandi e visibili ad occhio nudo).

Rocce **VULCANICHE**: raffreddamento **rapido o a due stadi** (con cristalli di dimensioni più piccole ed, eventualmente, anche con la presenza di vetro).

Rocce **FILONIANE** o **IPOABISSALI**: con **velocità** di raffreddamento (e dimensioni dei cristalli) **intermedie**.

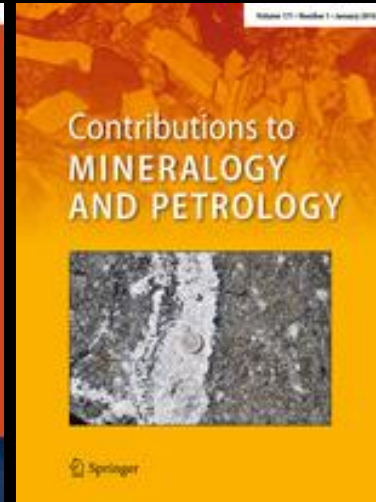
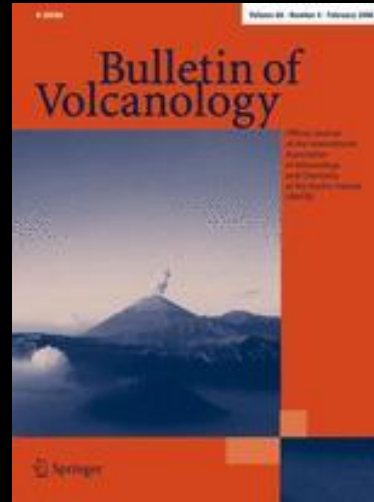


# Perché ci sono?

Questa è la sfida più affascinante...

I vulcani, come i terremoti, sono la manifestazione della Terra che è viva.

Non possiamo contrastarli. Bisogna solo rispettarli.



# Dopo il lavoro del geologo...



Mappa digitale del rilievo dei Colli Albani



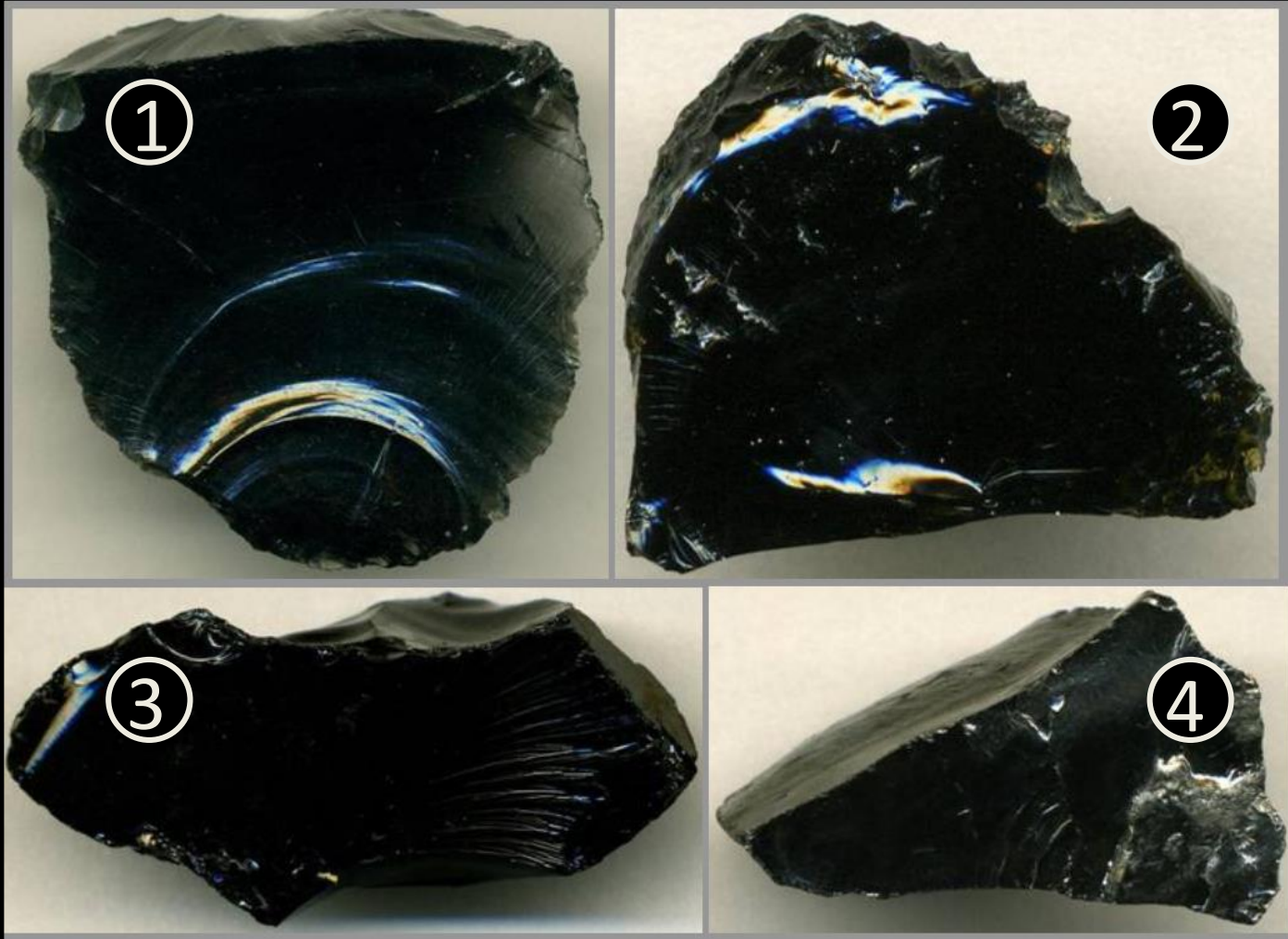
# Dopo il lavoro del geologo...



Carta geologica dei Colli Albani



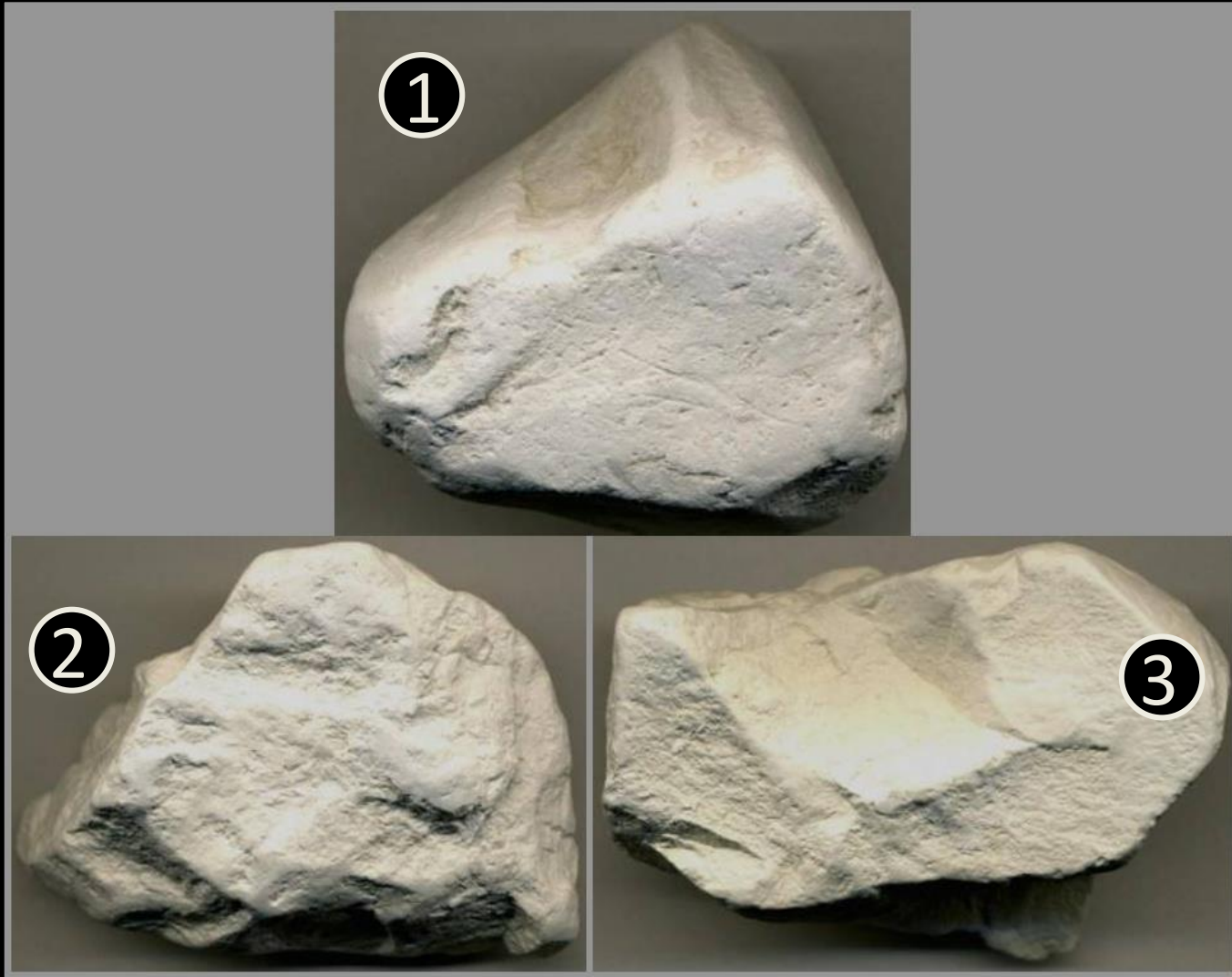
# Queste sono rocce diverse?



- 1 = Ossidiana (vetro vulcanico)
- 2 = Indocinite (tipo di tectite)
- 3 = Gilsonite (asfalto naturale solidificato)
- 4 = Antracite (carbone metamorfico)



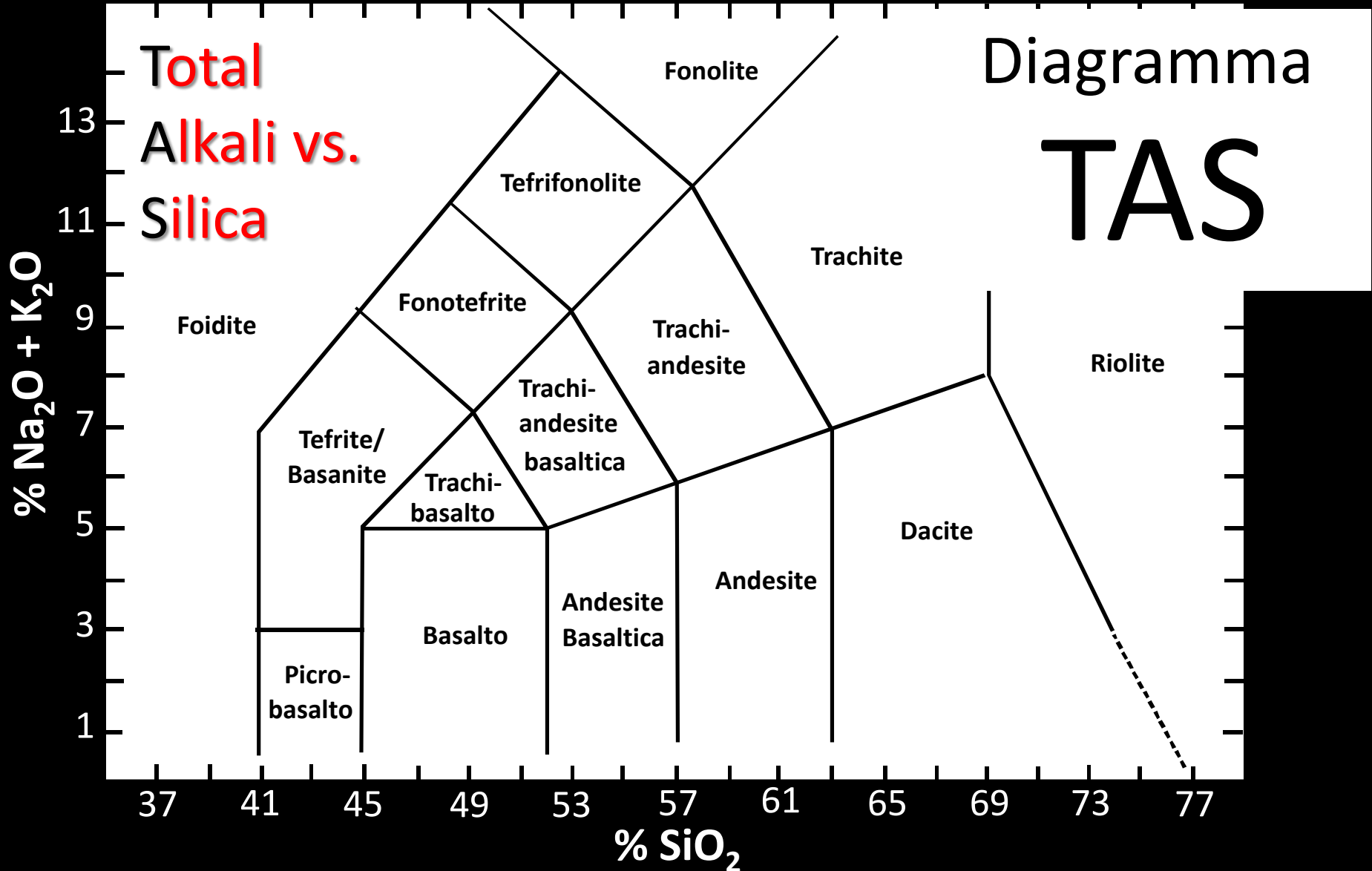
# Queste sono rocce diverse?



- 1 = Creta (calcare a grana molto fine)
- 2 = Diatomite (roccia sedimentaria silicea)
- 3 = Caolino (argilla derivata dal feldspato)

# Come si classificano le rocce ignee?

1) su base chimica:





# Analisi chimiche rappresentative di rocce vulcaniche (elementi maggiori)

	Basalto	Foidite	Andesite	Dacite	Riolite
$\text{SiO}_2$	45,4	46,2	60,0	69,7	73,2
$\text{TiO}_2$	3,0	1,2	1,0	0,4	0,2
$\text{Al}_2\text{O}_3$	14,7	14,4	16,0	15,2	14,0
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	4,1	4,1	1,9	1,1	0,6
$\text{FeO}$	9,2	4,4	6,2	1,9	1,7
$\text{MnO}$	0,2	0	0,2	0,0	0,0
$\text{MgO}$	7,8	7,0	3,9	0,9	0,4
$\text{CaO}$	10,5	13,2	5,9	2,7	1,3
$\text{Na}_2\text{O}$	3,0	1,6	3,9	4,5	3,9
$\text{K}_2\text{O}$	1,0	6,4	0,9	3,0	4,1
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,4	0,4	0,2	0,1	0,0

**N.B. La  $\text{SiO}_2$  è sempre l'ossido più abbondante.**

	Basalto		Basalto		Corpo Umano
SiO <sub>2</sub>	45,4	Si	21,2%	Si	0,002%
TiO <sub>2</sub>	3,0	Ti	1,8%	Ti	<0,001%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,7	Al	7,8%	Al	<0,001%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,1	Fe	9,2%	Fe	0,005%
MnO	0,2	Mn	0,2%	Mn	<0,001%
MgO	7,8	Mg	4,7%	Mg	0,04%
CaO	10,5	Ca	7,5%	Ca	1%
Na <sub>2</sub> O	3,0	Na	2,2%	Na	0,1%
K <sub>2</sub> O	1,0	K	0,8%	K	0,2%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,4	P	0,6%	P	0,2%
		O	44,0%	O	52,0%
				C	14,0%
				H	8%
				N	2,4%

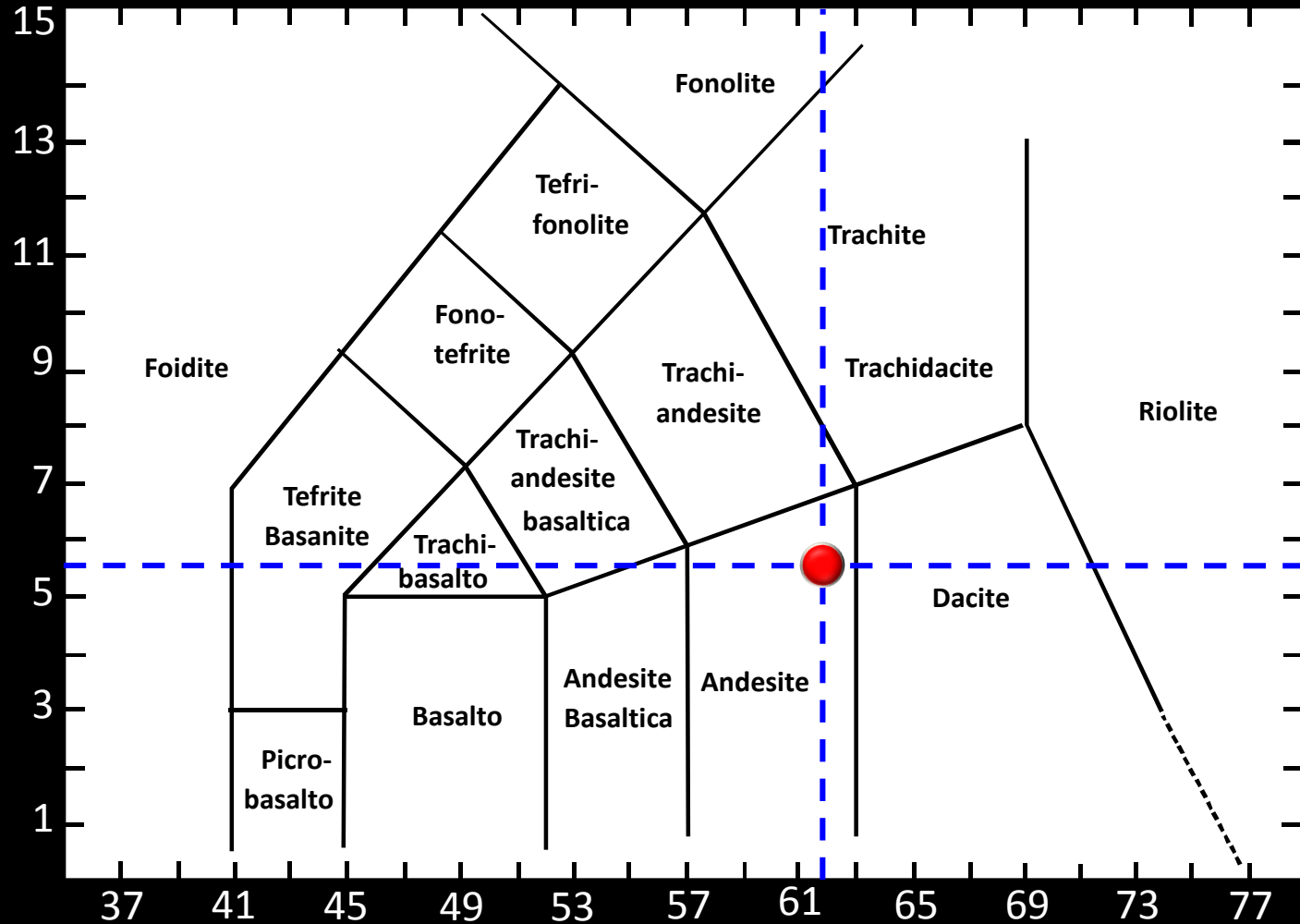
~80% di questo corpo umano (non tutti di corpi sono uguali) è composto da 5 elementi (O, C, H, N, Ca)

~95% di questo basalto (non tutti i basalti sono uguali) è composto da 6 elementi (O, Si, Fe, Ca, Al, Mg)



# Come si chiama una roccia ignea con questa composizione?

	Cosa è?
SiO <sub>2</sub>	61,70
TiO <sub>2</sub>	0,69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,90
FeO	4,74
MnO	0,09
MgO	2,65
CaO	6,48
Na <sub>2</sub> O	4,00
K <sub>2</sub> O	1,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,25





# Come si classificano le rocce ignee?

2) su base mineralogica:

Q = Quarzo

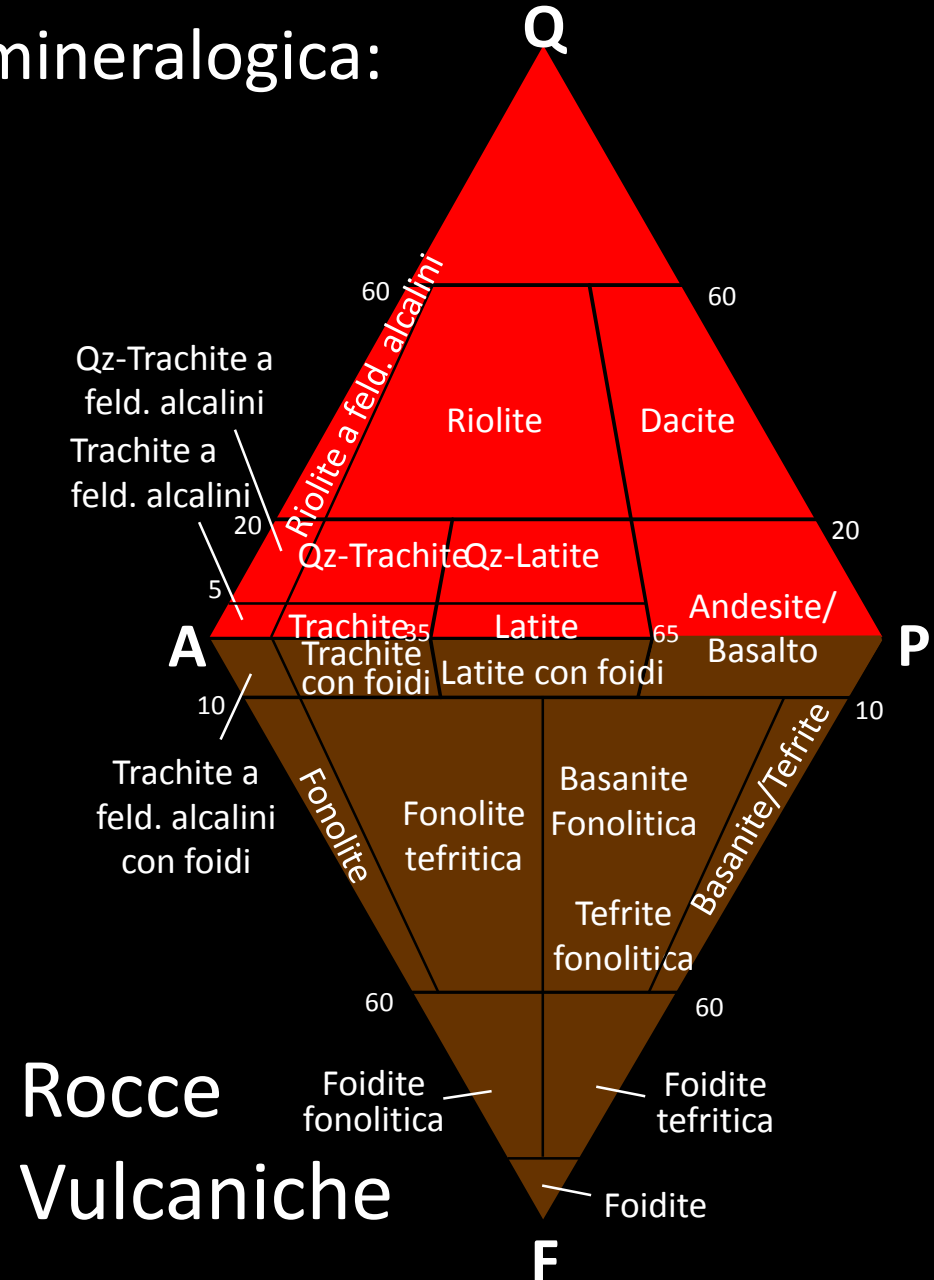
A = Alkali-feldspati

P = Plagioclasii

F = Feldspatoidi

Riconoscere questi minerali a occhio nudo è possibile, ma a volte molto difficile.

Usiamo allora il **microscopio**.





# I geologi studiano le rocce



## Così non va bene...

# I geologi studiano le rocce



Le trasformiamo in **sezioni sottili**...



