

# GEOCHIMICA ED ARCHEOLOGIA

## Lezione 8

Gianluca Sottili

AA 2022-23

## **ULTIMA LEZIONE**

**Regioni metallogeniche del Mediterraneo**

**Metodi archeometrici applicati alle scorie metallurgiche**

**Studio dell'ascia di rame della mummia del Similaun**

## **LEZIONE DI OGGI**

**Il piombo come tracciante geochimico "ambientale"**

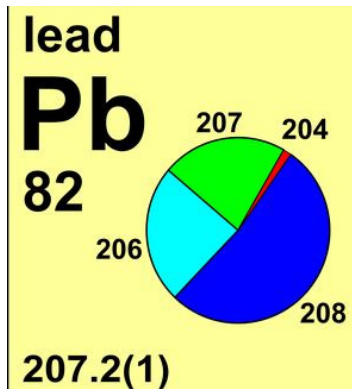
**Stratigrafia isotopica**

**La battaglia di Teutoburgo e il piombo 'germanico'**

**Il ripristino dell'acquedotto del Serino e l'eruzione di Pompei del 79 d.C.**

**Metallurgia del rame nel tardo Calcolitico / prima Età del Bronzo I vicino Oriente**

Analisi isotopiche del Pb applicate allo studio di provenienza di materiali di interesse archeologico, storico e artistico.

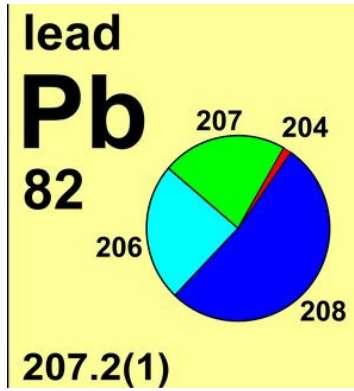


Elemento utilizzato per un'ampia varietà di manufatti:

cisterne, monete, sigilli, tubazioni, ancore, pesi, coperture di edifici, proiettili, palle di cannone, il rivestimento di bare, statuette, medicine, cosmetici, gioielli, strumenti musicali, vetri, impianti idraulici, stoviglie e pigmenti

La contaminazione da piombo ha un forte impatto in una molteplicità di ambienti e di resti animali e vegetali.

Analisi isotopiche del Pb applicate allo studio di provenienza di materiali di interesse archeologico, storico e artistico.



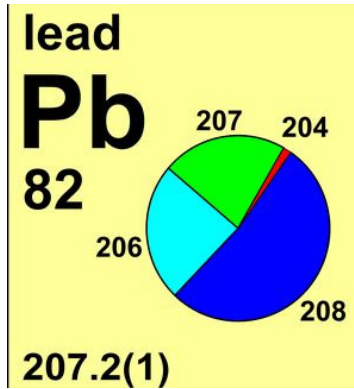
*Ascia della "Mummia del Similaun".  
Età del Rame. 3300-3100 a.C.*



*Rubens, 1609 (Ritratto di uomo africano)*

*Ceramica "white slip" cipriota.  
Età del Bronzo.*

Analisi isotopiche del Pb applicate allo studio di provenienza di materiali di interesse archeologico, storico e artistico.



materiale campionato nell'ordine di 10-15 microgrammi al binoculare

materiale campionato: 5,4 mg



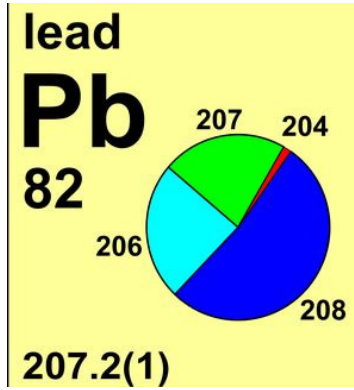
*Ascia della "Mummia del Similaun".  
Età del Rame. 3300-3100 a.C.*



*Rubens, 1609 (Ritratto di uomo africano)*

*Ceramica "white slip" cipriota.  
Età del Bronzo.*

Analisi isotopiche del Pb applicate allo studio di provenienza di materiali di interesse archeologico, storico e artistico.



Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)



Rubens, 1609 (*Ritratto di uomo africano*)



Ascia della "Mummia del Similaun".  
Età del Rame. 3300-3100 a.C.



Ceramica "white slip" cipriota.  
Età del Bronzo.

Analisi isotopiche del Pb applicate allo studio di provenienza di materiali di interesse archeologico, storico e artistico.

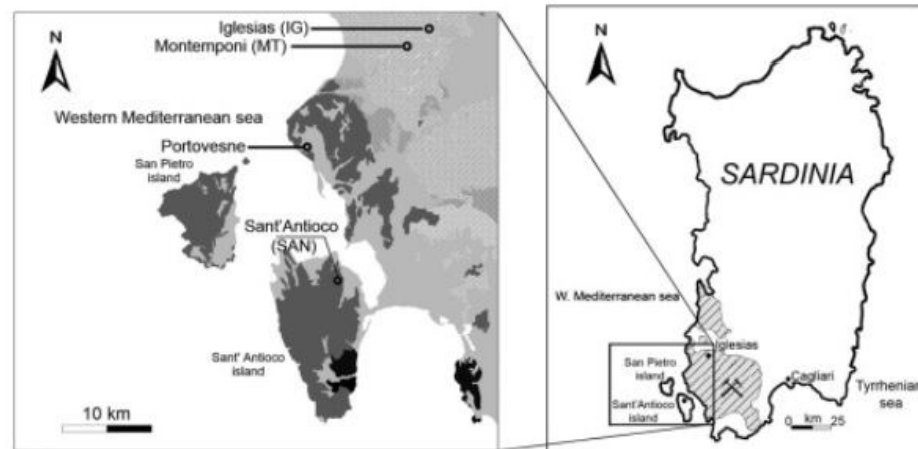


Science of The Total Environment  
Volumes 613–614, 1 February 2018, Pages 456–461



### Lead isotopic fingerprint in human scalp hair: The case study of Iglesias mining district (Sardinia, Italy)

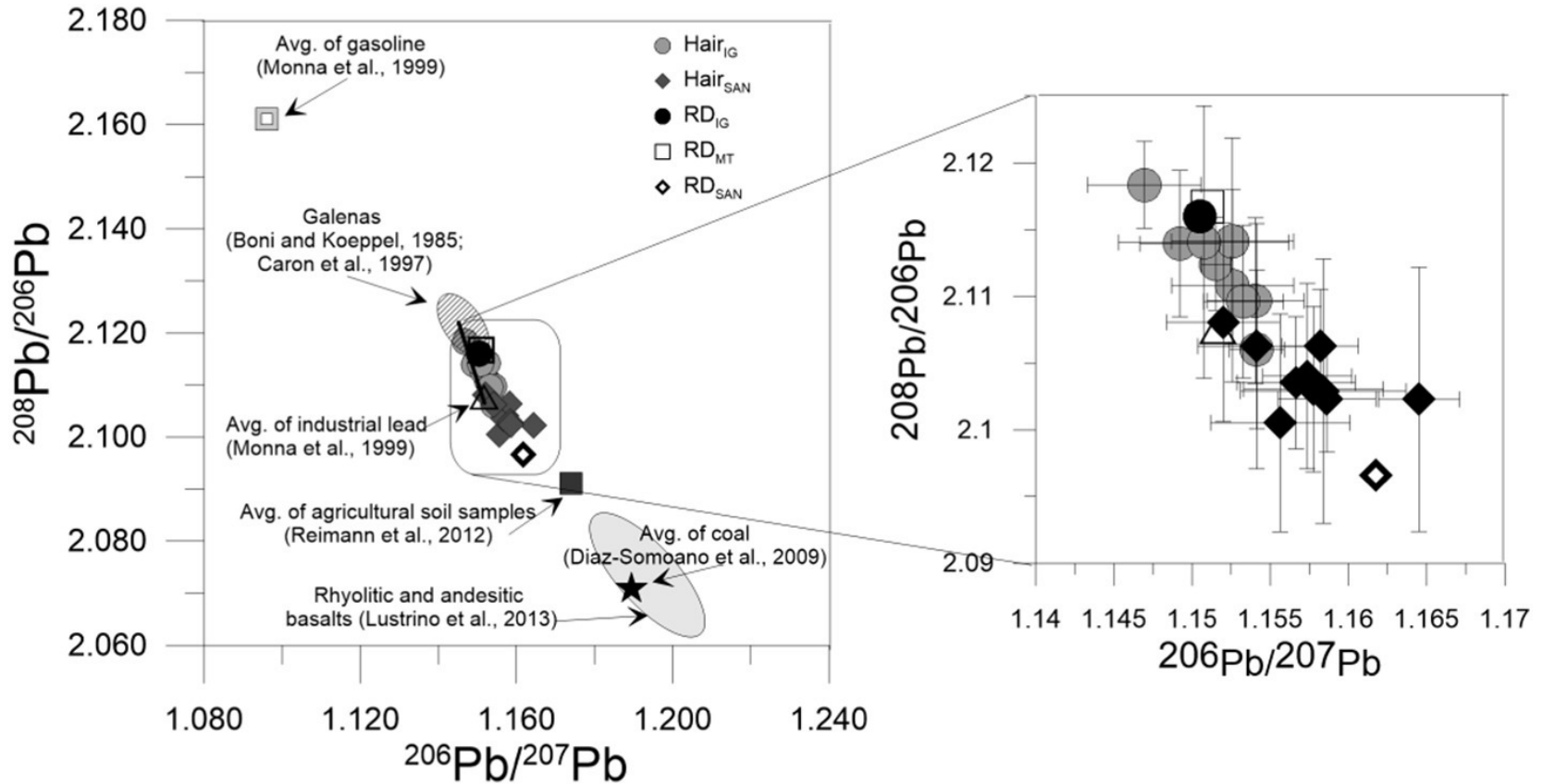
D. Varrica <sup>a</sup>, G. Dongarrà <sup>a</sup>, M.G. Alaimo <sup>a</sup>, F. Monna <sup>b</sup>, R. Losno <sup>c</sup>, E. Sanna <sup>d</sup>, G. De Giudici <sup>e</sup>,  
E. Tamburo <sup>a</sup>



#### Legend

- Quaternary deposits
- Calc-alkaline volcanic rocks (Oligocene-Miocene)
- Variscan crystalline basement
- Sedimentary rocks (Middle Oligocene-Pliocene)
- Volcano sedimentary rocks (Upper Carboniferous-Lower Eocene)

Analisi isotopiche del Pb applicate allo studio di provenienza di materiali di interesse archeologico, storico e artistico.

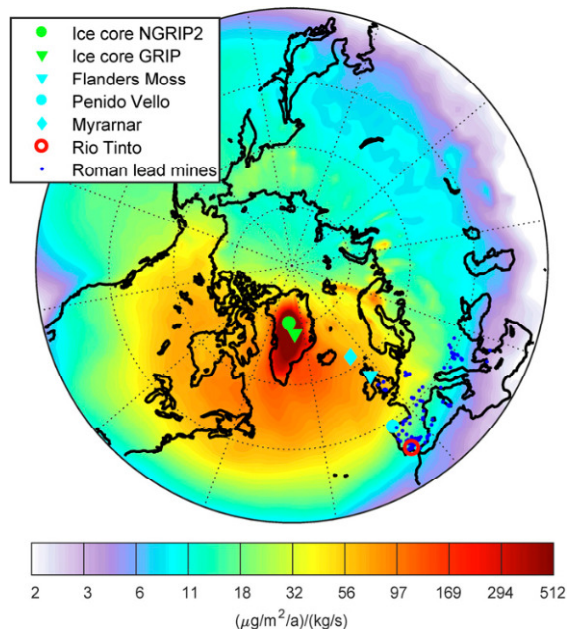


Le analisi isotopiche possono essere impiegate per determinare l'origine del Pb.



# Lead pollution recorded in Greenland ice indicates European emissions tracked plagues, wars, and imperial expansion during antiquity

Joseph R. McConnell<sup>a,b,1</sup>, Andrew I. Wilson<sup>c,d</sup>, Andreas Stohl<sup>e</sup>, Monica M. Arienzo<sup>a</sup>, Nathan J. Chellman<sup>a</sup>, Sabine Eckhardt<sup>e</sup>, Elisabeth M. Thompson<sup>d</sup>, A. Mark Pollard<sup>d</sup>, and Jørgen Peder Steffensen<sup>f</sup>



## Significance

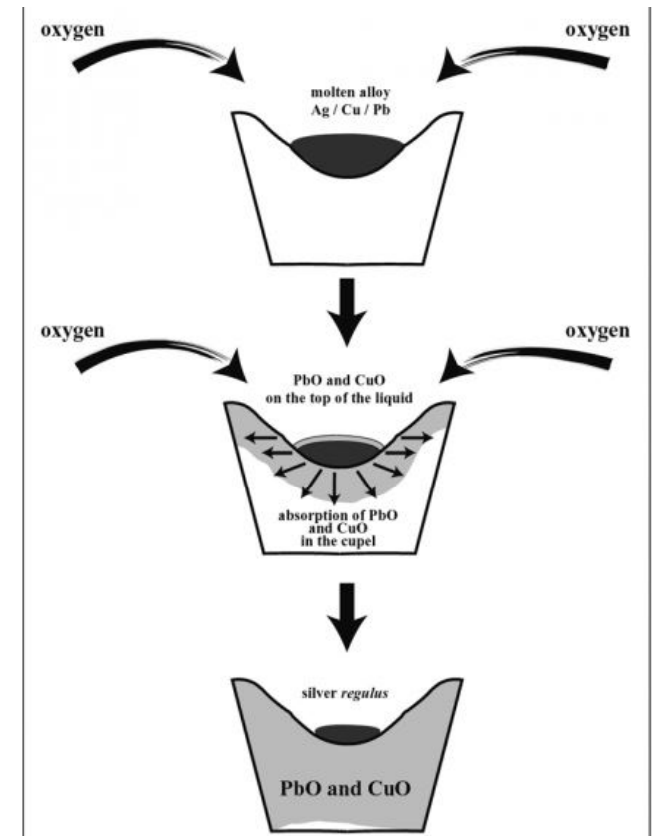
An 1100 BCE to 800 CE record of estimated lead emissions based on continuous, subannually resolved, and precisely dated measurements of lead pollution in deep Greenland ice and atmospheric modeling shows that European emissions closely varied with historical events, including imperial expansion, wars, and major plagues. Emissions rose coeval with Phoenician expansion and accelerated during expanded Carthaginian and Roman lead-silver mining primarily in the Iberian Peninsula. Emissions fluctuated synchronously with wars and political instability, particularly during the Roman Republic, reaching a sustained maximum during the Roman Empire before plunging in the second century coincident with the Antonine plague, and remaining low for >500 years. Bullion in silver coinage declined in parallel, reflecting the importance of lead-silver mining in ancient economies.

L'inquinamento da Pb come segnale geochimico legato alle attività di estrazione di metalli (argento) nel passato.

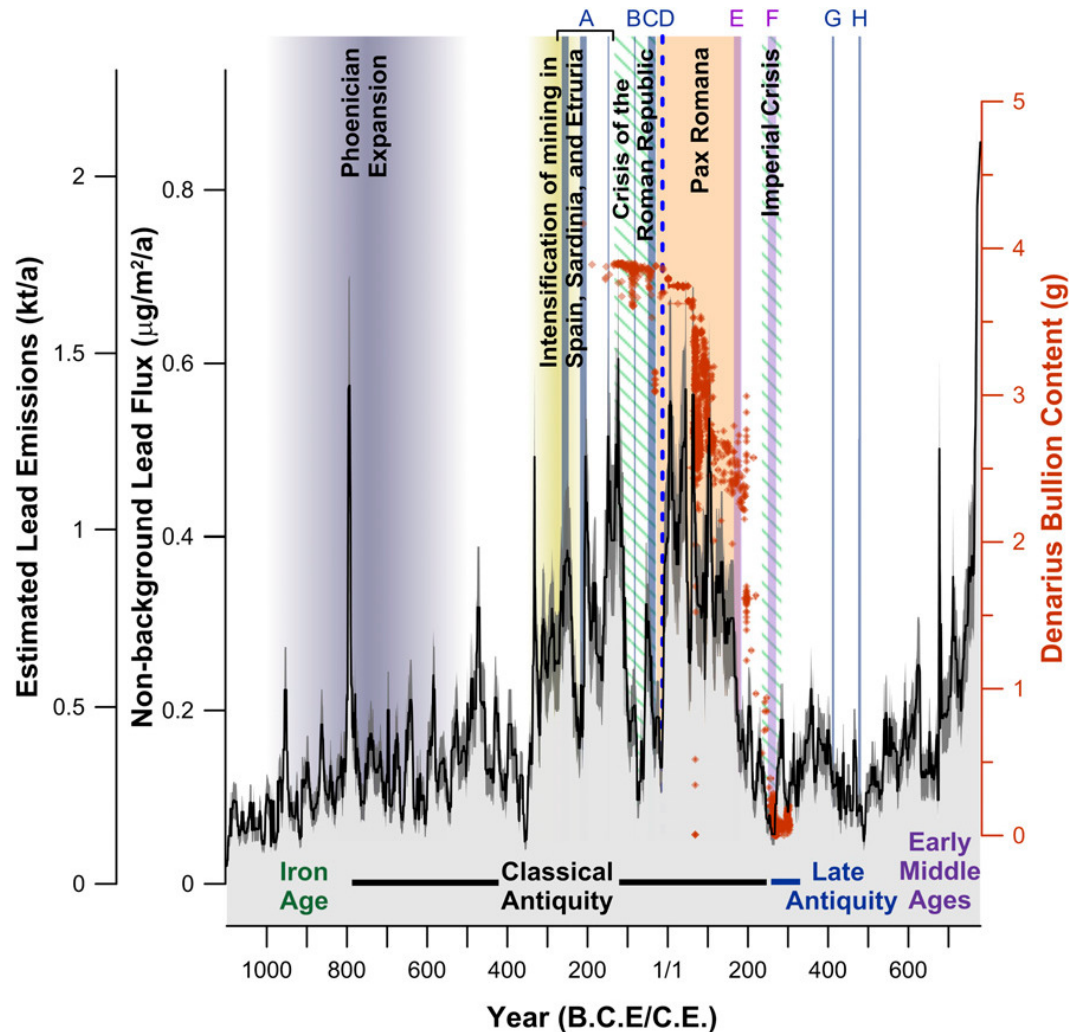
- L'estrazione e la fusione di minerali di solfuro di argento e piombo (ad es. galena) dominavano le altre fonti durante l'antichità.
- Alle miniere romane di Rio Tinto, in Spagna, per esempio, i minerali di Ag e Pb venivano arrostiti e fusi a ~ 1200 ° C per circa 10 ore in fornaci di argilla di piccole dimensioni.
- L'aggiunta di Pb era fatta per "concentrare" l'argento mediante la tecnica della coppellazione.
- La maggior parte delle emissioni in atmosfera, quindi, è il risultato di fusione di metalli ad alta temperatura.
- L'impronta isotopica nei campioni groenlandesi (GRIP) indica come zone estrattive la **Spagna** e **l'Europa nordoccidentale e centrale**.



**Galena argentifera**



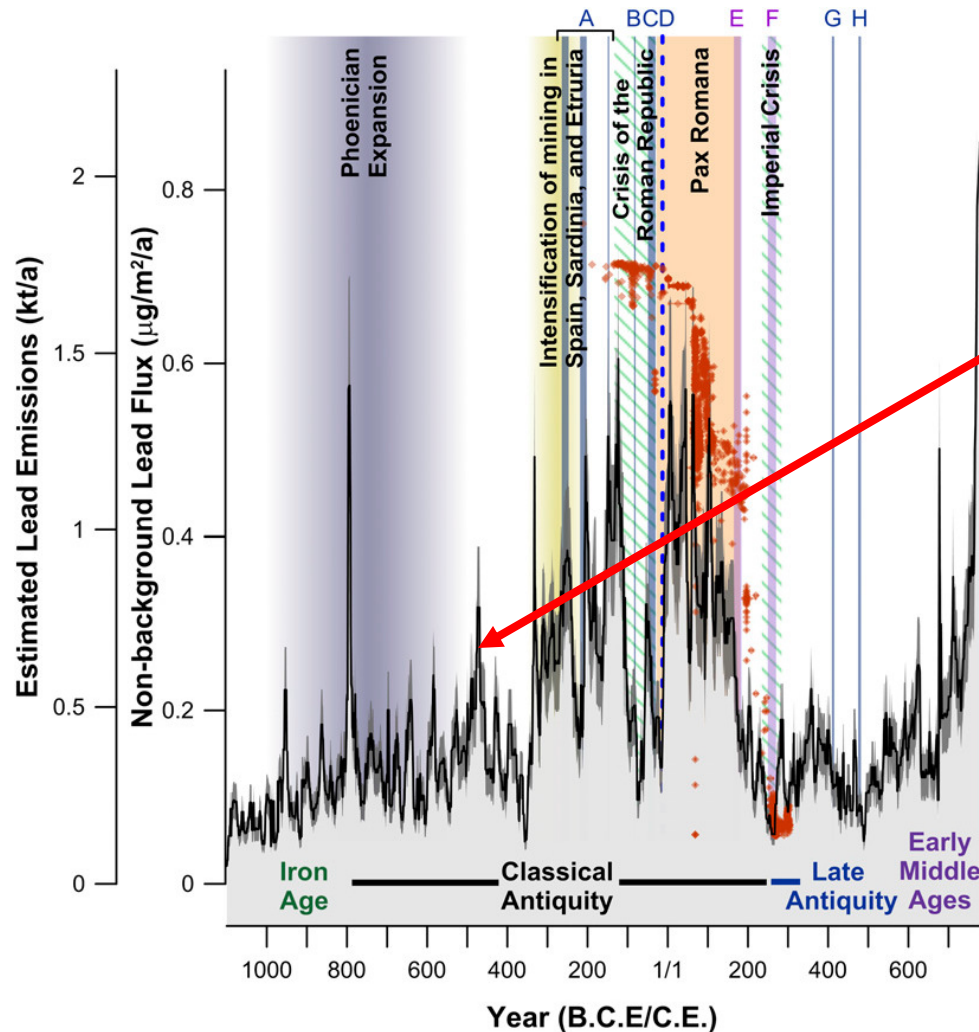
Analisi isotopiche del Pb applicate allo studio di provenienza di materiali di interesse archeologico, storico e artistico.



- A: Guerre puniche,
- B: Guerra Sertoriana,
- C: Guerre civili,
- D: Pacificazione di Gallia e Spagna,
- E: Peste Antonina
- F: Epidemia di Peste
- G: Partenza dei Romani dalla Britannia,
- H: Fine dell'Impero Romano di Occidente.

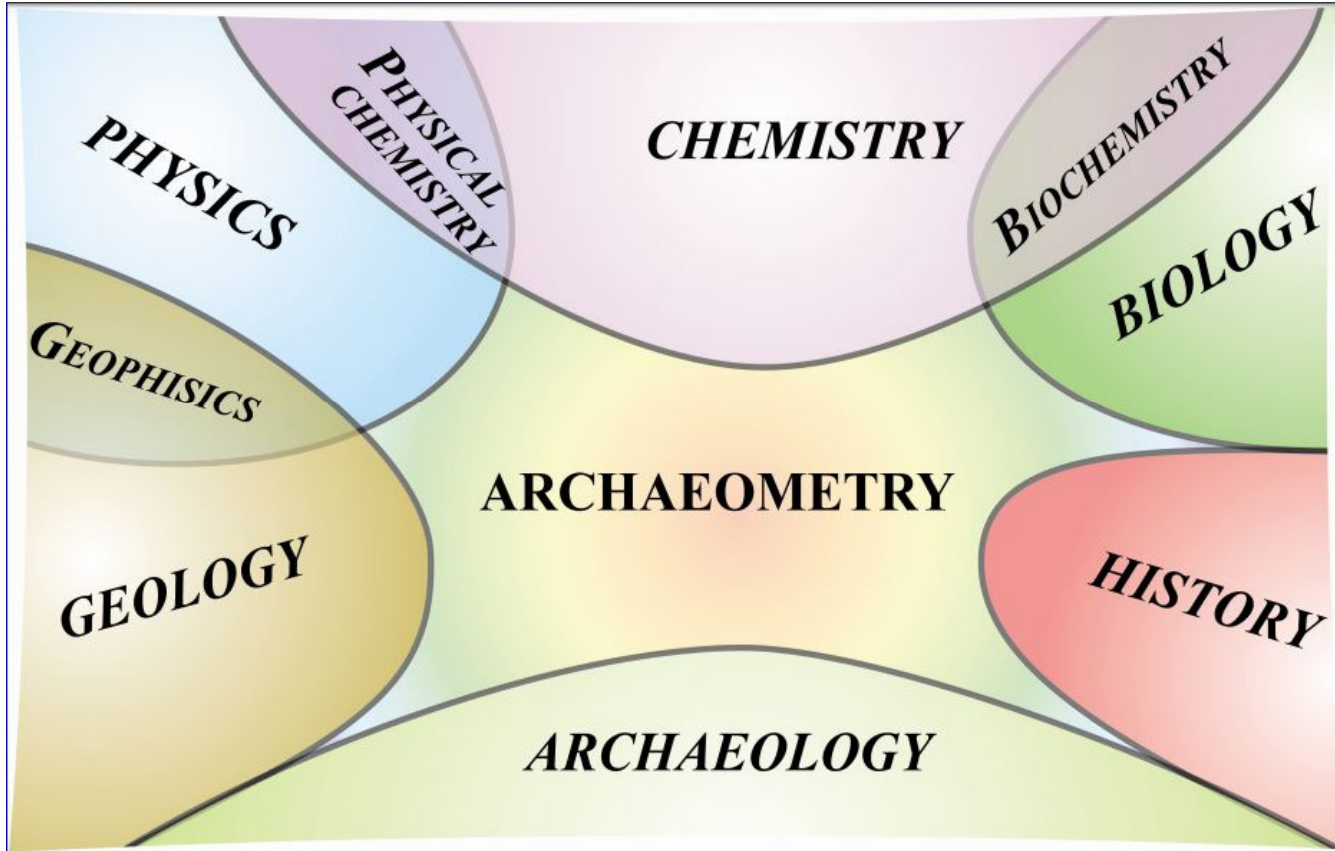
L'inquinamento da Pb come segnale geochimico legato alle attività di estrazione di metalli (argento) nel passato.

Analisi isotopiche del Pb applicate allo studio di provenienza di materiali di interesse archeologico, storico e artistico.



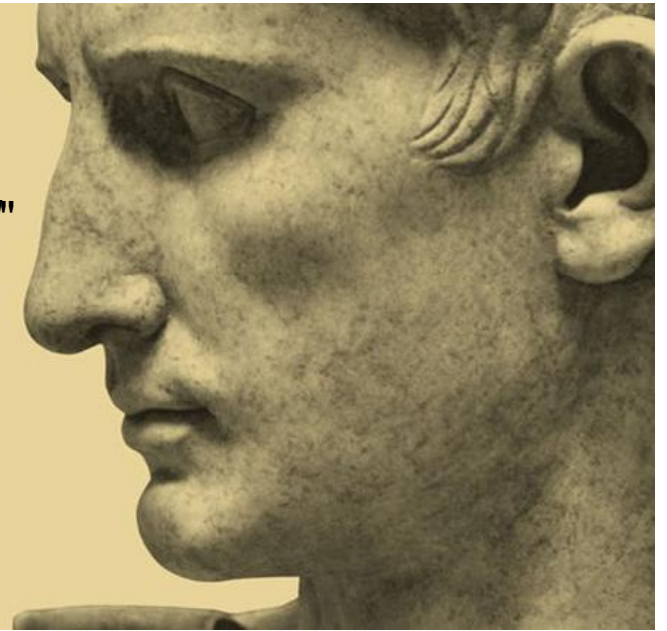
- A: Guerre puniche,
- B: Guerra Sertoriana,
- C: Guerre civili,
- D: Pacificazione di Gallia e Spagna,
- E: Peste Antonina
- F: Epidemia di Peste
- G: Partenza dei Romani dalla Britannia,
- H: Fine dell'Impero Romano di Occidente.

L'inquinamento da Pb come segnale geochimico legato alle attività di estrazione di metalli (argento) nel passato.



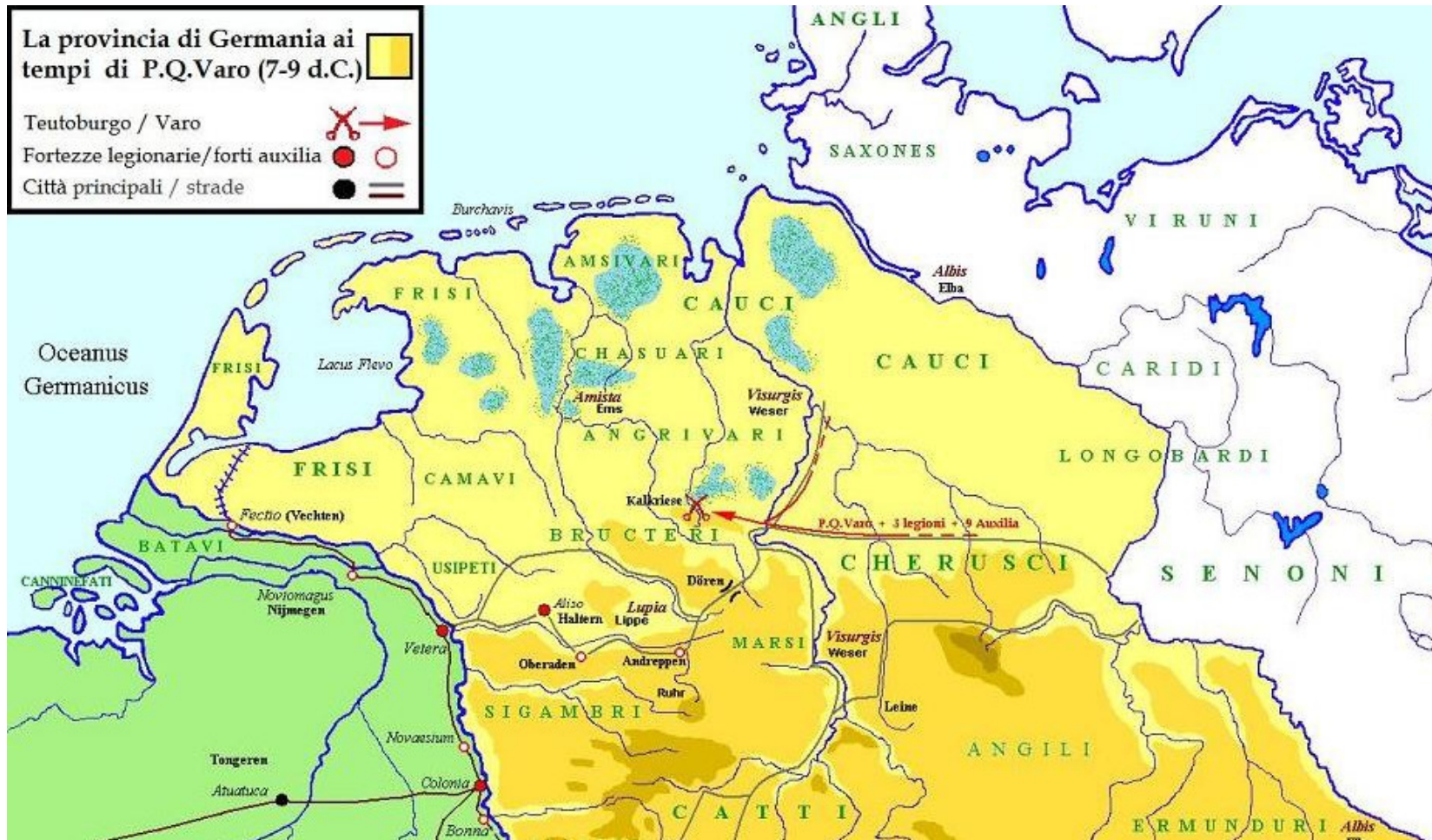
## La battaglia di Teutoburgo (settembre 9 d.C.)

*"Vare, Vare redde mihi legiones!"*



*"...Quando giunse la notizia [...] dicono che Augusto si mostrasse così avvilito da lasciarsi crescere la barba ed i capelli, sbattendo, di tanto in tanto, la testa contro le porte e gridando: "Varo rendimi le mie legioni". Dicono anche che considerò l'anniversario di quella disfatta come un giorno di lutto e tristezza."*

(Svetonio, Vite dei dodici Cesari, II, 23)



"...Varo, certamente uomo serio e di sani principi morali, rovinò se stesso ed un esercito magnifico per la mancanza di cautela, abilità, astuzia proprie di un generale, che per il valore dei suoi soldati "

(Velleio Patercolo *Storia Romana*, II, 119, 4)

## History



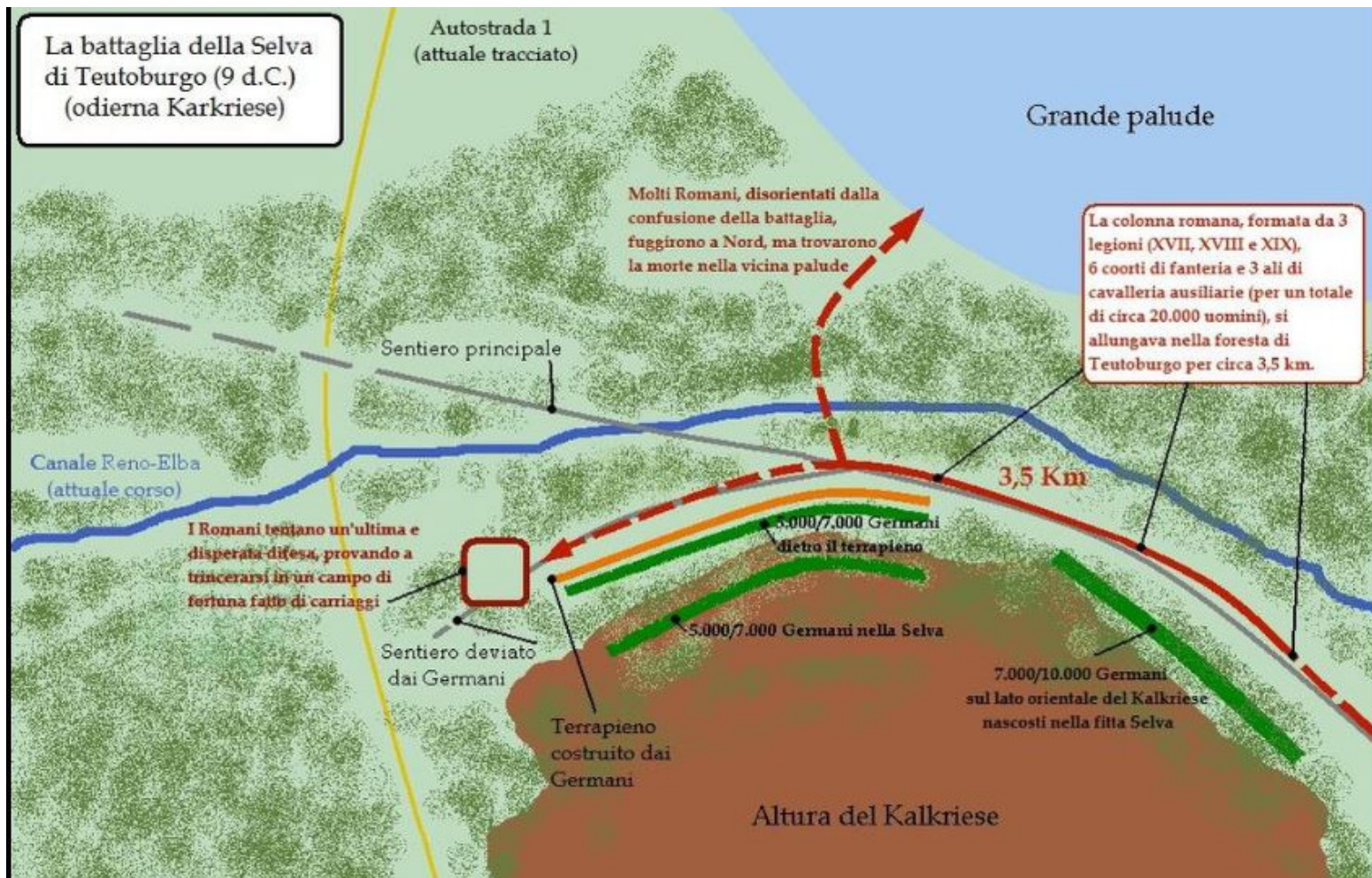
Nato da una gens patrizia decaduta, riuscì a intraprendere la carriera politica grazie alla vicinanza dell'imperatore Augusto: questi gli permise di salire i gradini del *cursus honorum* e lo accolse nella sua famiglia dandogli in sposa la figlia di suo genero, Marco Vipsanio Agrippa.

Esercitato il consolato nel 13 a.C., Varo ricoprì ruoli di notevole prestigio, quale quello di proconsole in Africa e, più tardi, quello di *legatus Augusti pro praetore* in Siria.



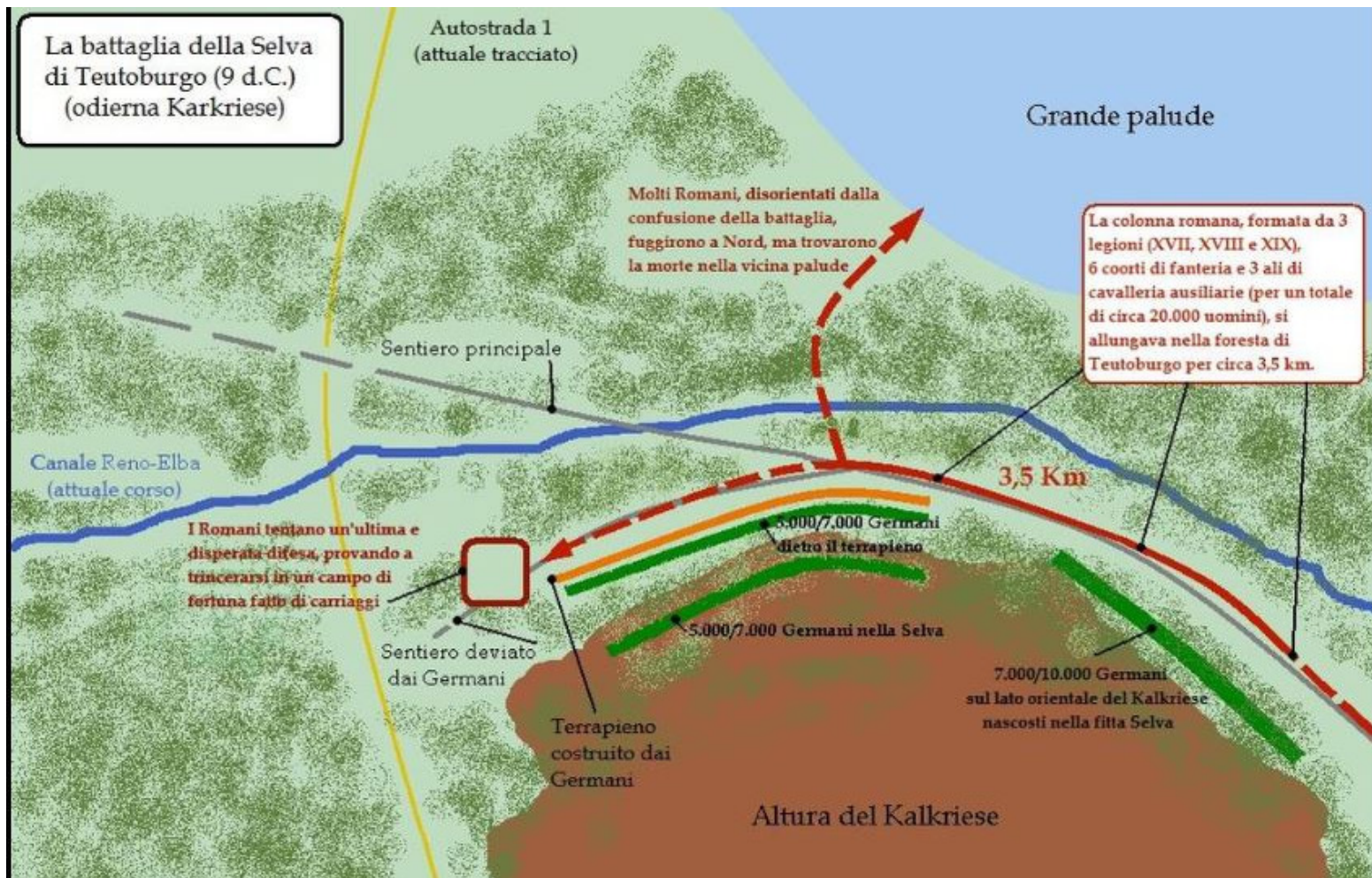


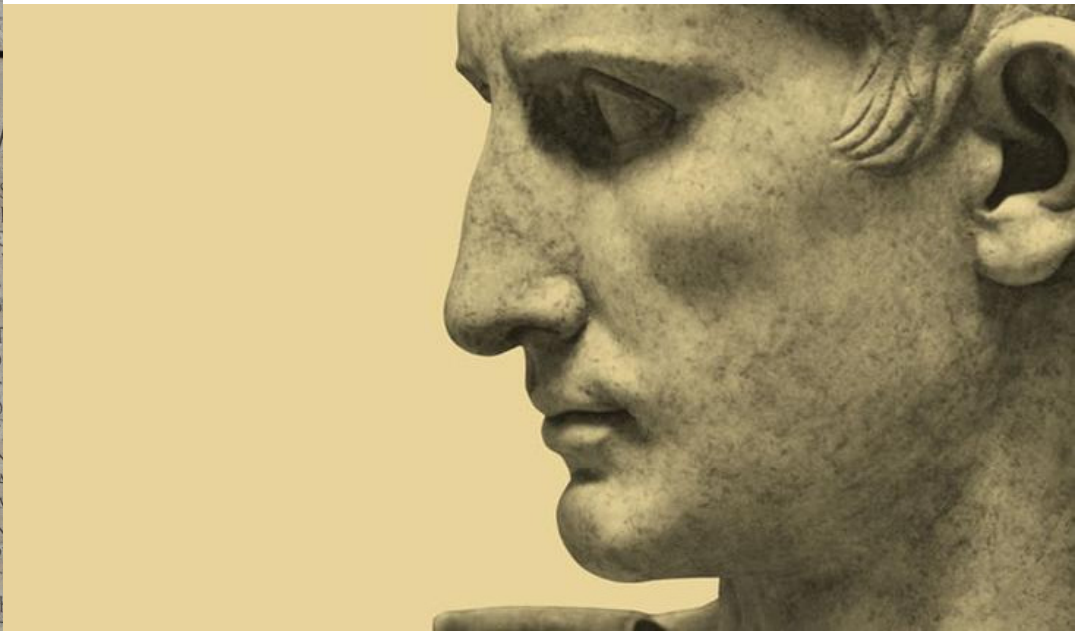
"Se Herrmann non avesse vinto la battaglia  
Con i suoi biondi compagni, non sarebbe più esistita la  
libertà tedesca, noi saremmo diventati romani.  
Nella nostra patria regnerebbero ora  
La lingua e i costumi romani...."  
[Heinrich Heine]



"...un esercito fortissimo, il primo tra le truppe romane per addestramento, valore ed esperienza, fu accerchiato a sorpresa, a causa dell'indolenza del comandante, della falsità del nemico e dell'ingiustizia del destino [...] E così l'esercito romano, chiuso tra foreste, paludi e agguati, fu massacrato fino all'ultimo uomo da un nemico che aveva sempre battuto a suo piacimento..."

(Velleio Patercolo, Storia romana, II, 119.)





*"Allargai i confini di tutte le province del popolo romano, con le quali erano confinanti popolazioni che non erano sottoposte al nostro potere. Pacificai le province delle Gallie e delle Spagne, come anche la Germania nel tratto che confina con l'Oceano, da Cadice alla foce del fiume Elba"*

Res gestae divi Augusti

Inoltre Augusto formulò nelle *Res gestae* un consiglio per il suo successore, Tiberio, affinché non intraprendesse altre spedizioni oltre i confini dallo stesso stabiliti (vale a dire i fiumi Reno e Danubio);



All'inizio degli anni '90, nei pressi della foce del Rodano (Saintes–Maries–de–la–Mer sono stati recuperati da un relitto romano 99 lingotti di piombo (totale 5,5 tonnellate)



20 CIORVM RVMB GER

*Barra di piombo di Fos nei pressi della foce del Rodano.*

Cosa vuol dire *plumb. Germ.*? Grazie alle scoperte di St. Maries-de-la-Mer è possibile integrare completamente la scritta (bollo) presente in alcuni lingotti trovati a Soest (Renania Settentrionale-Vestfalia), sciogliendo le abbreviazioni come *plumbum Germanicum*, cioè piombo germanico estratto in Germania da un appaltatore romano.

## **Tracing Roman lead sources using lead isotope analyses in conjunction with archaeological and epigraphic evidence— a case study from Augustan/Tiberian Germania**

**Michael Bode · Andreas Hauptmann · Klaus Mezger**

Analisi degli isotopi del piombo:

Primo gruppo: raccolta di reperti di piombo (ca. 150 pezzi) di periodo augusteo (9 a.C. - 9 d.C.) rinvenuto nei campi militari romani in Germania a est del fiume Reno,

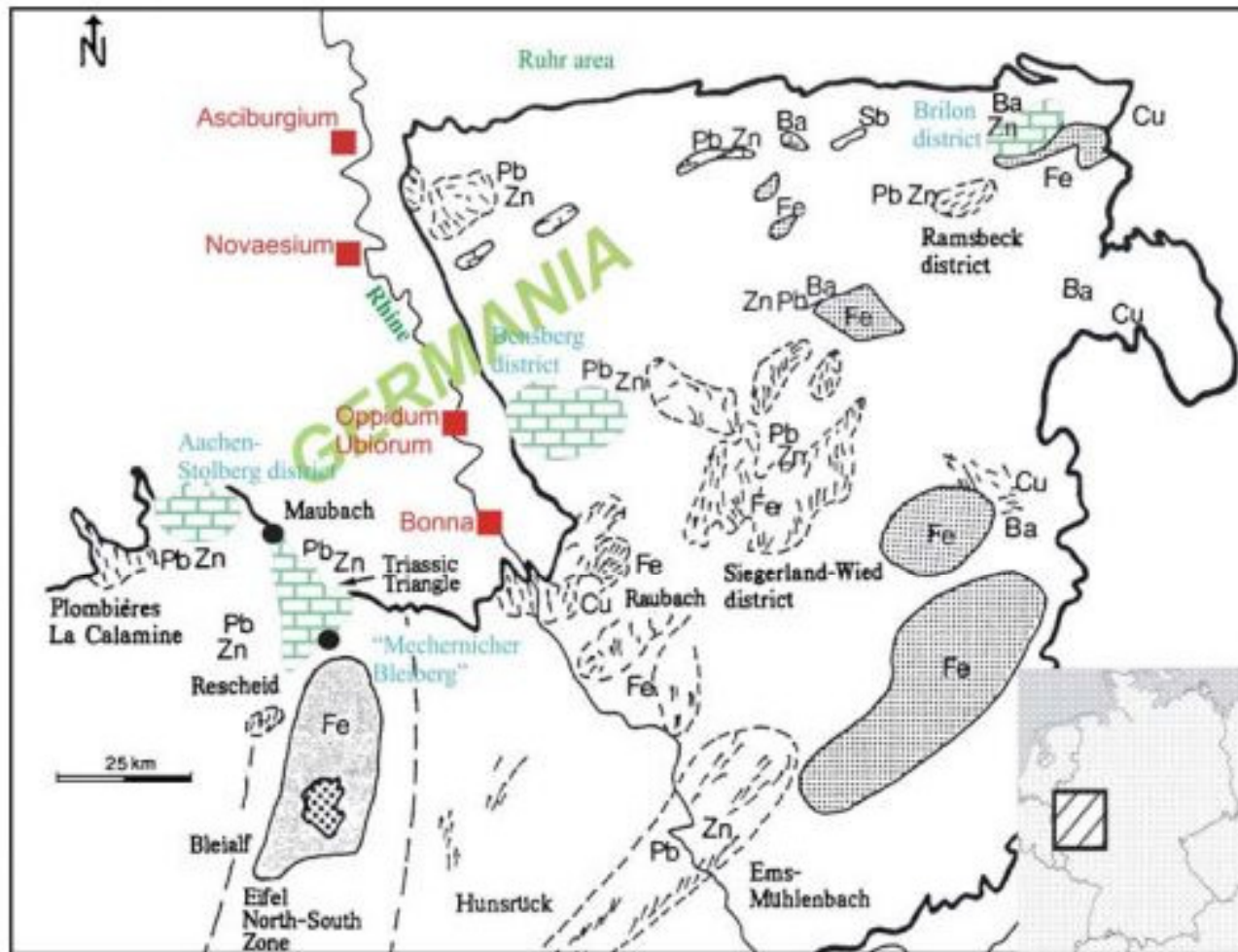
Secondo gruppo: 145 lingotti di piombo romani le cui iscrizioni e reperti di accompagnamento indicano un periodo di produzione augusteo-tiberiano.

In particolare, i lingotti sono contrassegnati con l'aggiunta "PLVMB (VM) GER (M (ANICVM) "

Analisi effettuate presso l'Institute of Mineralogy, Westfälische Wilhelms-Universität,

Strumento: thermal ionization mass spectrometer

Quantità analizzata: partendo da un campione di circa 3 mg di Pb, mediante attacco acido in HCl si è ottenuto PbCl in soluzione. Un microlitro di soluzione è stato sottoposto ad analisi allo spettrometro



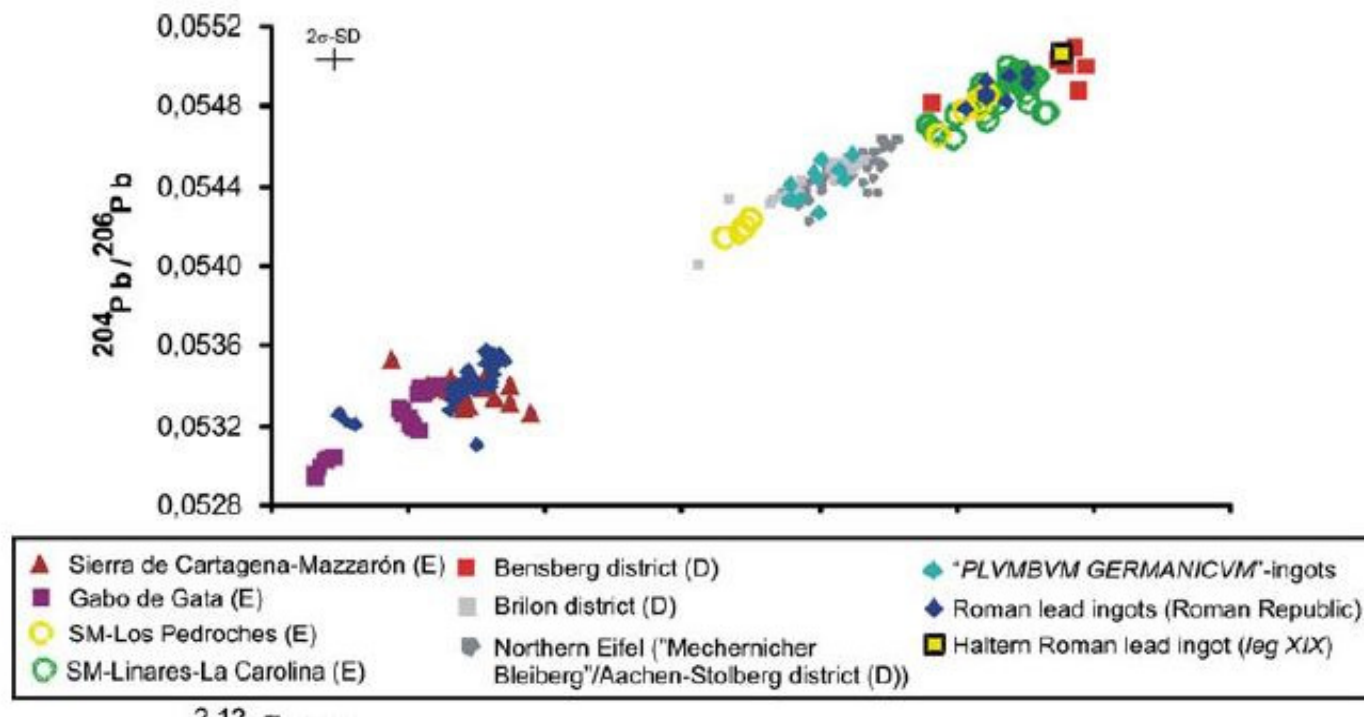
Mappa metallogenica del massiccio Renano



**Table 3** Lead ore mining districts in Spain, France, Italy, Greece and Germany discussed in this paper and the corresponding references for published LIA of

Spanish lead ore district	References
Cabo de Gata	Stos-Gale et al. 1995
Cartagena–Mazarrón	Graeser and Friedrich 1970; Arribas and Tosdal 1994; St
Sierra de Almagrera	Dayton and Dayton 1986; Arribas and Tosdal 1994; Stos
Sierra Morena (Los Pedroches)	Santos Zalduegui et al. 2004
Sierra Morena (Linares-La Carolina)	Dayton and Dayton 1986; Stos-Gale et al. 1995; Trinche
	Zalduegui et al. 2004; Tornos and Chiaradia 2004
Sierra Morena (Alcudia-Sierra Madrona)	Santos Zalduegui et al. 2004; Tornos and Chiaradia 2004
Sierra Morena (Azuaga-Fuente Obejuna)	Tomos et al. 1996; Tornos and Chiaradia 2004
French lead ore district	References
Cévennes (Villemaigne, Mont Faulat, L'Argentière, Trèves, Le Bleyard, Vialas)	Brevart et al. 1982; Baron et al. 2006; Bode 2008
Montagne Noir (La Loubatière)	Brevart et al. 1982
Italian lead ore district	References
Sardinia (Iglesiente(-Sulcis), Arburese, Barbagia(-Gerrei), Baronia, Bosa, Fluminese, Lanusei, Orrida, Sarrabus, Silius, Lula)	Gale 1980; Swainbank 1982; Boni and Köppel 1985; Da
Tuscany (Bocchegiano, Campiglia Marittima, Massa Marittima, Grosseto)	Gale and Stos-Gale 1987; Ludwig et al. 1989; Stos-Ga
Greek lead ore district	Stos-Gale et al. 1995
Attika (Laurion)	References
German lead ore district	Barnes et al. 1974; Chalkias et al. 1988; Stos-Gale et al.
Northern Eifel ("Mechernicher Bleiberg", Aachen–Stolberg district)	References
Bergische Land (Bensberg district)	Pasteels et al. 1980; Cauet 1983; Large et al. 1983; Krah
Sauerland (Brilon district)	and Tischendorf 1991; Krahn and Baumann 1996; Dur
Locality of Roman lead ingots (Roman Republican to early Emperorship (Augustan–Tiberian))	Bielicki and Tischendorf 1991; Zwicker et al. 1991; Bod
Swiss (Basel)	Schaeffer 1986; Bode 2008
Tunesia (Mahdia)	References
Italy (Mal di Ventre, Comacchio, Capo Passero)	Grögler et al. 1966
Spain (Cabrera, Menorca)	Begemann and Schmitt-Strecker 1994
France (Saintes–Maries–de–la–Mer)	Pinarelli et al. 1995; Domergue et al. 2006; Tisseyre et a
Austria (Magdalensberg)	Trincherini et al. 2001; Rodá 2004
	Trincherini et al. 2001
	Picottini et al. 2003

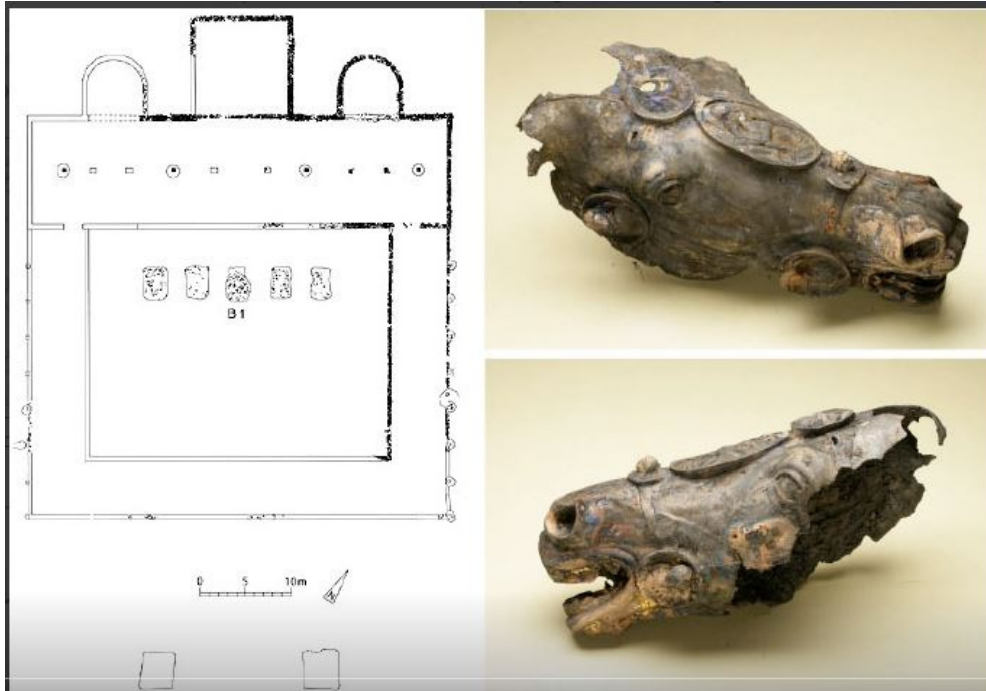
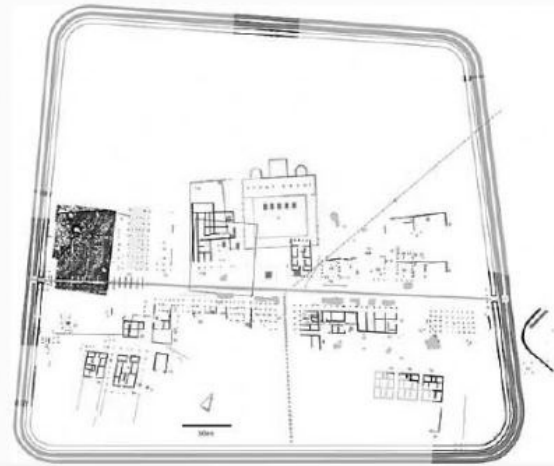
**Fig. 6** Lead isotope ratios of Roman Republican lead ingots (references s. Table 3), “PLVMBVM GERMANICVM”-ingots (cf. Table 1, references s. Table 3) and the Roman lead ingot from Haltern (D; cf. Table 1, D-137/21) plotted in the diagrams  $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  vs.  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  and  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  vs.  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ . For comparison, LIA of galena from potential lead ore mining districts in the southern Iberian Peninsula and in Germania are added (cf. Table 2, references s. Table 3).  $2\sigma$ -error bars refer to Roman lead ingots and galena analysed by Bode (2008). (SM: Sierra Morena)



Le impronte isotopiche del del piombo romano mostrano una chiara compatibilità con i depositi metellogenici della Germania (settentrionale Eifel, Sauerland, Bergische Land).

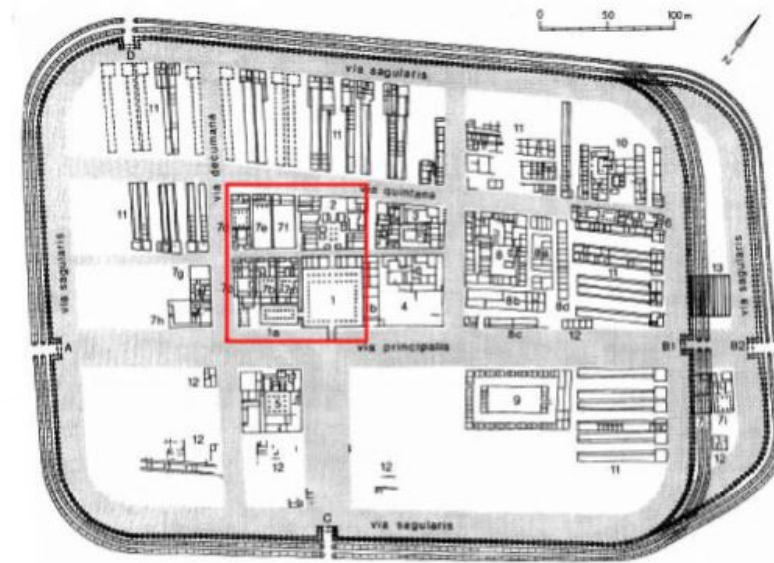
Questo indica che la maggior parte del piombo era prodotta localmente e che, dopo il 9 a.C., l'importazione di piombo spagnolo divenne rapidamente superflua

## Nuove scoperte e interpretazioni nella Germania transrenana



Insediamiento di Waldgirmes: pianta del foro con le cinque basi per statue equestri di cui rimane la porzione di una testa di cavallo

# Archaeology: nuove scoperte e interpretazioni nella Germania transrenana



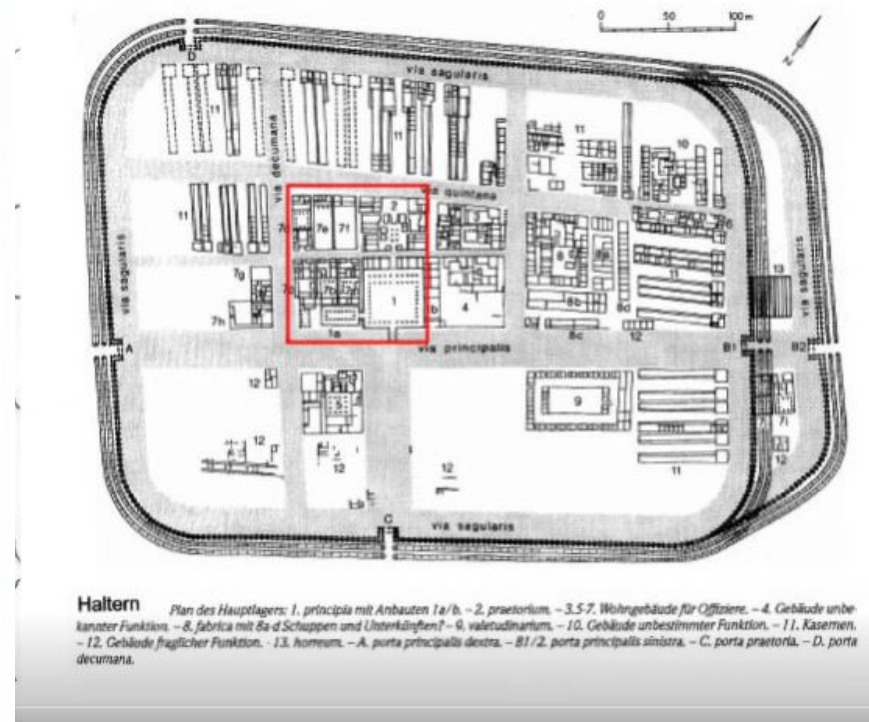
**Haltern** Plan des Hauptlagers: 1, principia mit Anbauten 1a/b. – 2, praetorium. – 3-5-7, Wohngebäude für Offiziere. – 4, Gebäude unbekannter Funktion. – 8, fabrica mit 8a d Schuppen und Unterküfsten? – 9, valetudinarium. – 10, Gebäude unbestimmter Funktion. – 11, Kasernen. – 12, Gebäude fraglicher Funktion. – 13, horreum. – A, porta principalis dextra. – B1 / 2, porta principalis sinistra. – C, porta praetoria. – D, porta decumana.

Sito di Haltern: soltanto un accampamento militare?

## Archaeology: nuove scoperte e interpretazioni nella Germania transrenana



Sito di Haltern. Tomba circolare: foto aerea e ricostruzione.



**Haltern** Plan des Hauptlagers: 1, principia mit Anbauten 1a/b. - 2, praetorium. - 3.5-7, Wohngebäude für Offiziere. - 4, Gebäude unbekannter Funktion. - 8, fabrica mit 8a-d Schuppen und Unterküpfen? - 9, valetudinarium. - 10, Gebäude unbestimmter Funktion. - 11, Kasernen. - 12, Gebäude fraglicher Funktion. - 13, horreum. - A, porta principalis dextra. - B1 / 2, porta principalis sinistra. - C, porta praetoria. - D, porta decumana.

Le tombe costruite dinanzi alle torri del campo principale di Haltern non hanno l'aspetto di sepolture frettolose, come se realizzate durante una missione militare, bensì fungevano da duraturi luoghi di memoria per i defunti. Coloro che costruirono tali tombe partirono dal presupposto di poter continuare a visitare per lungo tempo queste sepolture. Ciò significa che il campo dovette essere per lungo tempo un centro abitativo non solo per militari ma anche per civili.

Nuove interpretazioni delle fonti storiche.

Cassio Dione sostiene che in Germania non avrebbero svernato solamente soldati, ma vi fossero anche delle città, delle poleis, e che i barbari acquisirono lentamente il modo di vita dei Romani, frequentando i mercati e riunendosi pacificamente in assemblee [Cassius Dio, 56, 18, 2].

In passato questo passo di Cassio Dione non è stato preso abbastanza in considerazione; ora, le nuove scoperte nella Germania Transrenania possono essere interpretate in questa direzione.

## CONCLUSIONI:

Le ricerche archeometriche nella Germania transrenana hanno delle enormi conseguenze non solo nella valutazione della figura di Quintilio Varo ma per la valutazione politica del potere romano nella regione tra il 9 a.C. e il 9 d.C.

Druso e Tiberio avevano così profondamente assoggettato il territorio germanico sino al Weser, ma probabilmente sino al corso dell'Elba, e allo stesso tempo portato così a fondo il potere romano che era possibile iniziare a sfruttare le risorse del nuovo territorio provinciale immediatamente.

Come in altre province, le miniere passate in possesso di Augusto, divennero parte del suo patrimonio. Egli non ne curava personalmente lo sfruttamento, bensì, secondo la consuetudine romana, lo affidava a degli appaltatori, i quali versavano una parte del metallo quale tariffa per l'appalto. La consegna di uno di questi pagamenti è andata persa nella foce del Rodano e a nord della Sardegna. Da sole, il valore di queste barre si aggira sui 113.000 denari, sufficienti a pagare 500 legionari per un anno.

Tutto ciò suggerisce che già allora vi era l'intenzione di costituire la provincia su entrambe le sponde del Reno. Il Reno non doveva essere il confine, bensì un'arteria di comunicazione che collegava le due rive del corso d'acqua, che ricadevano entrambe all'interno della nuova provincia. **La Germania transrenana fu per circa sedici anni un parte provincializzata dell'impero romano.**

Si deve ad Arminio e a Varo il fatto che poi sia accaduto tutt'altro.

# L'eruzione vesuviana del 79 d.C







IMP TITVS CAES VESPASIAN AVG P M

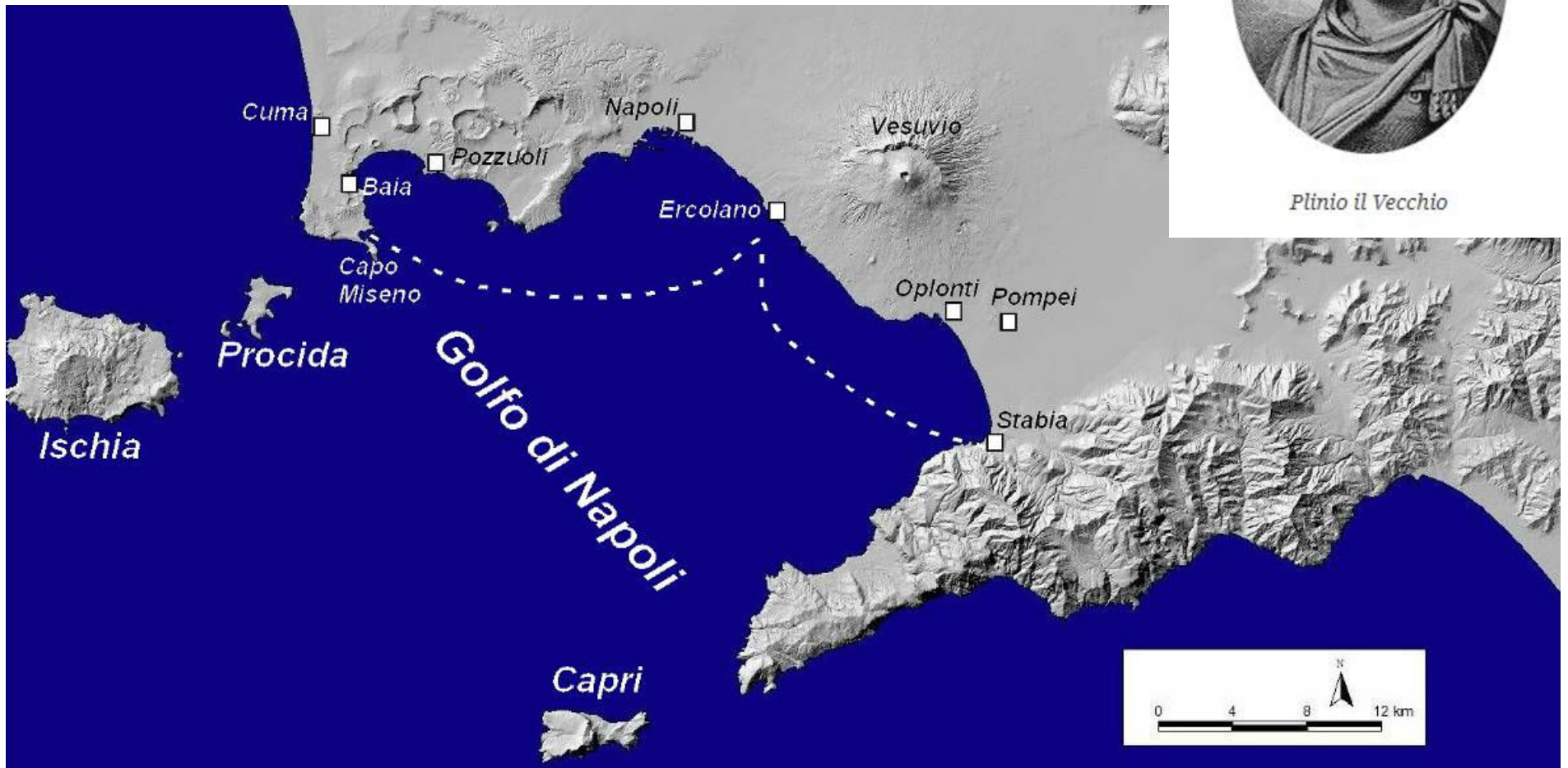
TR P VIII **IMP XIII** COS VII PP, capricorno a sinistra su un globo.

*epistula imperatoris* di Tito ai decurioni di Munigua,  
datata al 7 settembre del 79

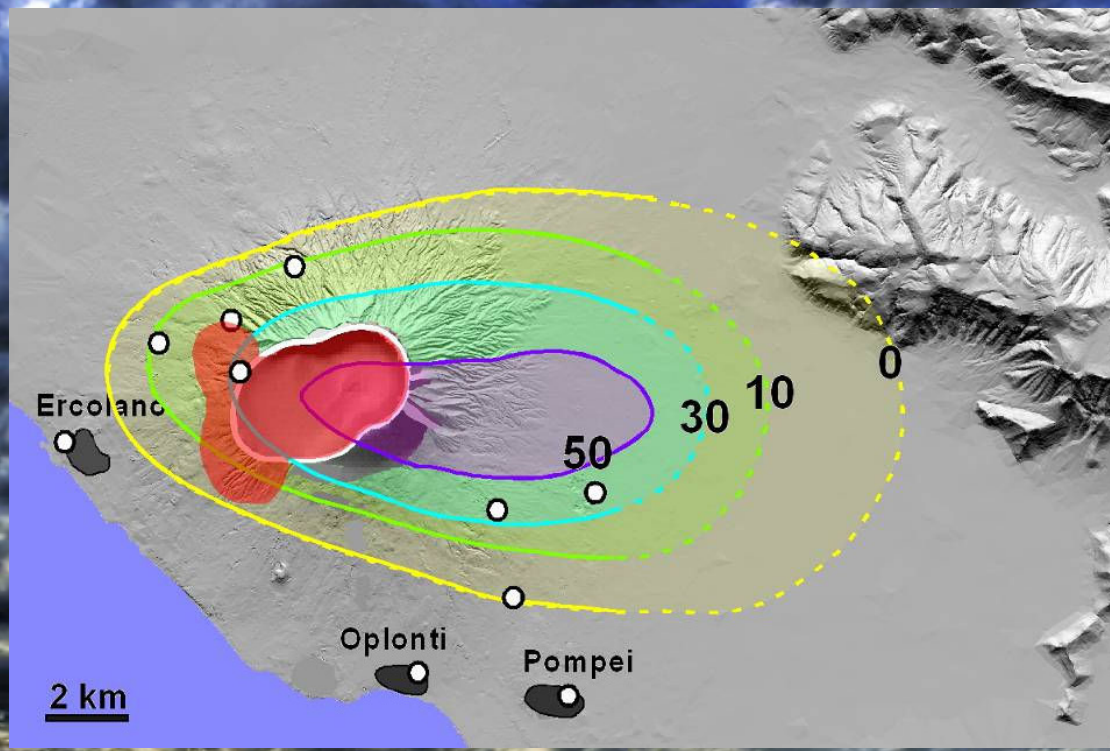
(in neretto l'indicazione della nona acclamazione imperatoria)



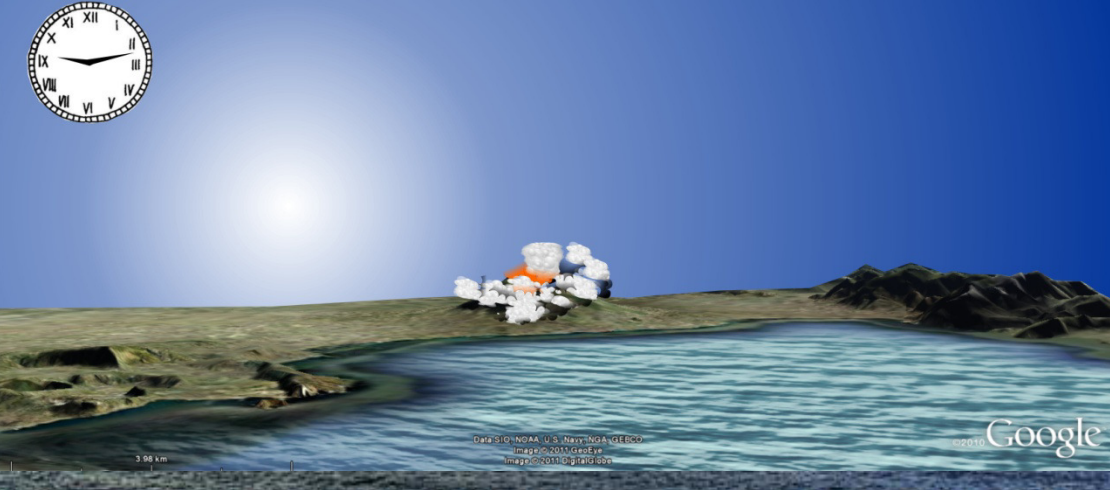
Plinio il Vecchio



# La fase iniziale freatomagmatica

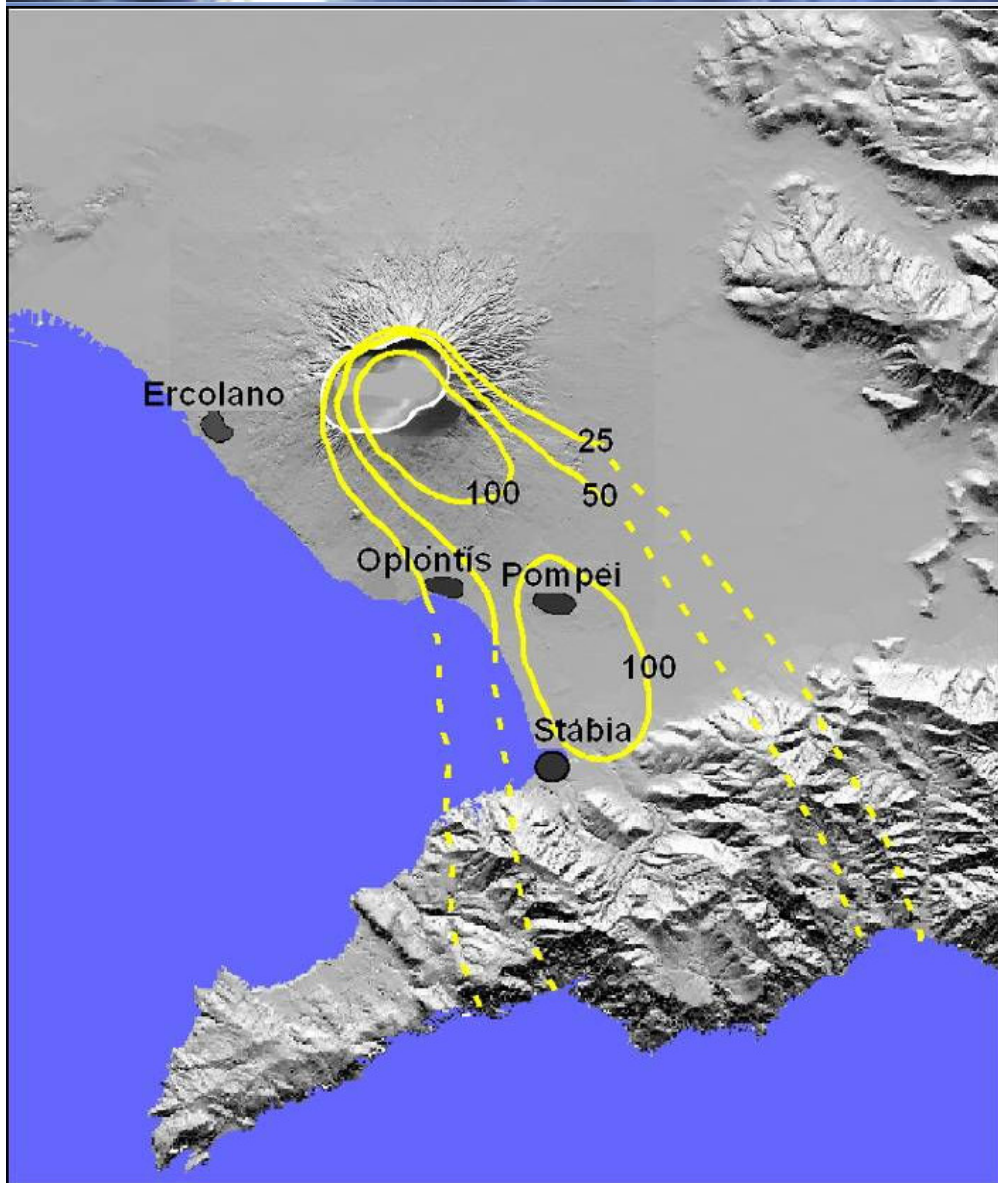


24 agosto



# La fase principale pliniana

Tra le 13 e le 20 del 24 Agosto: la pioggia di pomici bianche



Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO  
Image © 2011 GeoEye  
Image © 2011 DigitalGlobe

© 2010 Google

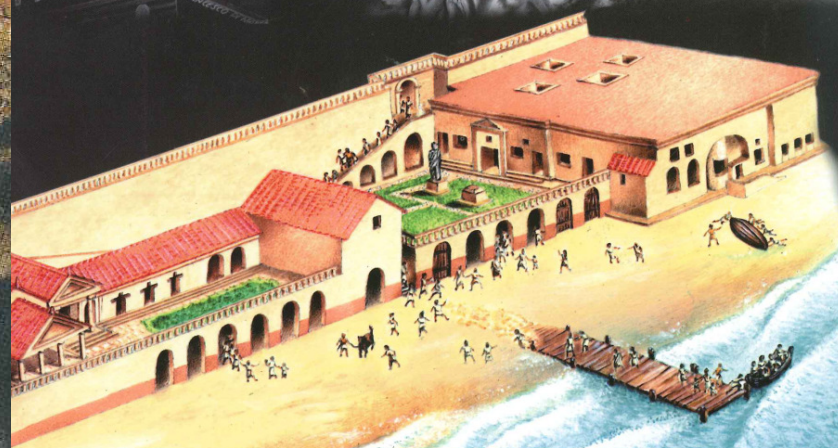
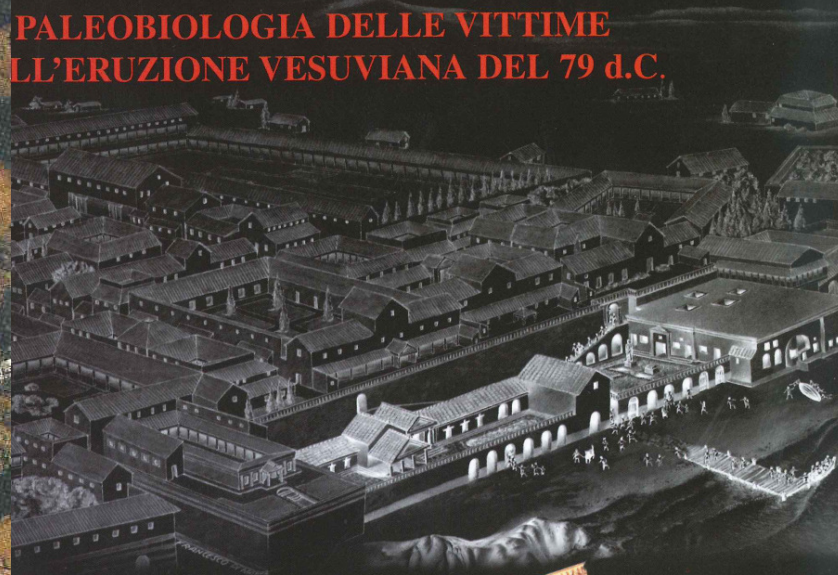
## 24 Agosto intorno alle 20: le prime colate piroclastiche



Luigi Capasso

# FUGGIASCHI DI MERCOLANO

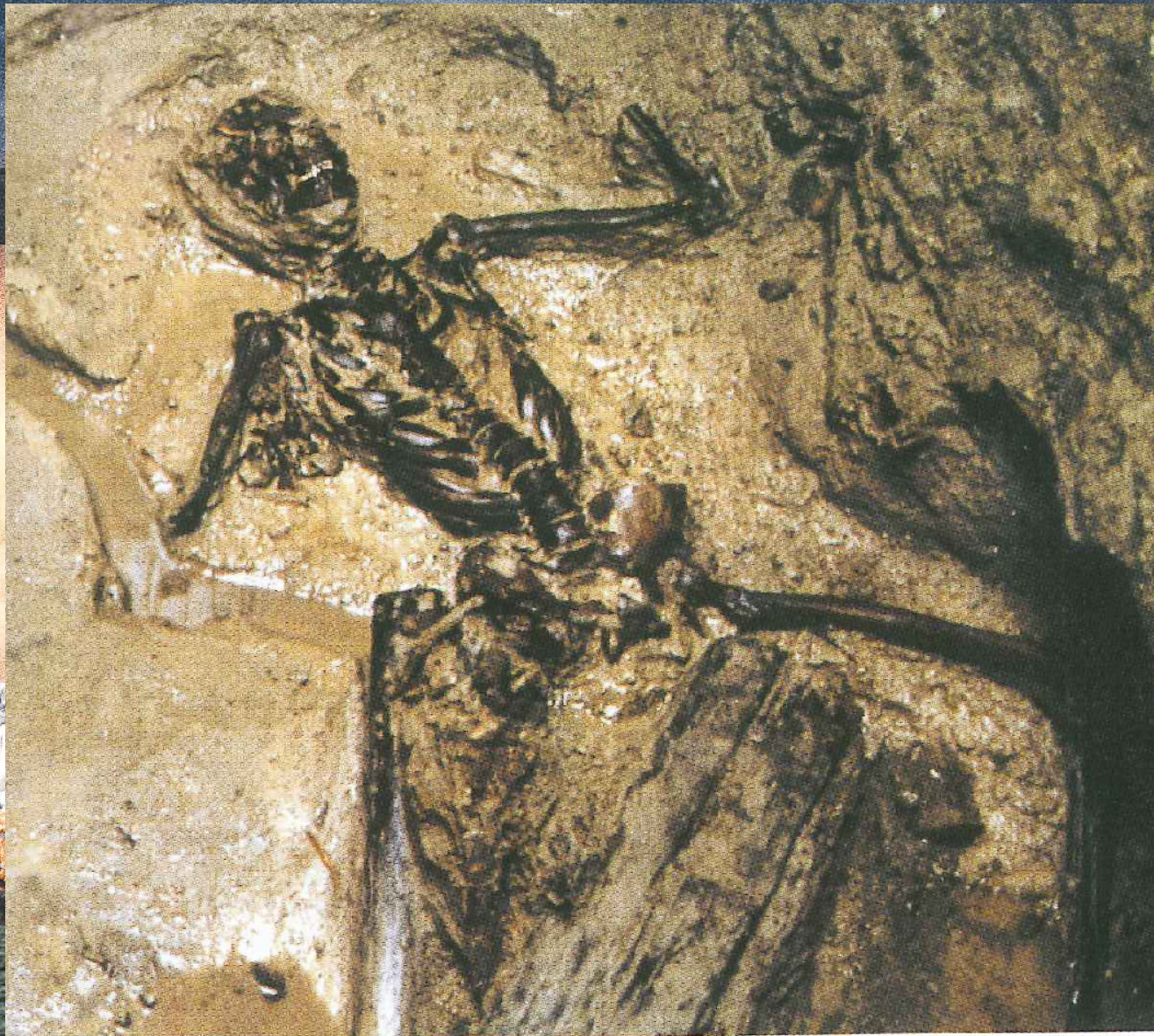
PALEOBIOLOGIA DELLE VITTIME  
ALL'ERUZIONE VESUVIANA DEL 79 d.C.



«L'ERMA» DI BRETSCHNEIDER

# Gli effetti del primo surge piroclastico sui fuggiaschi di Ercolano

ORE 01:00

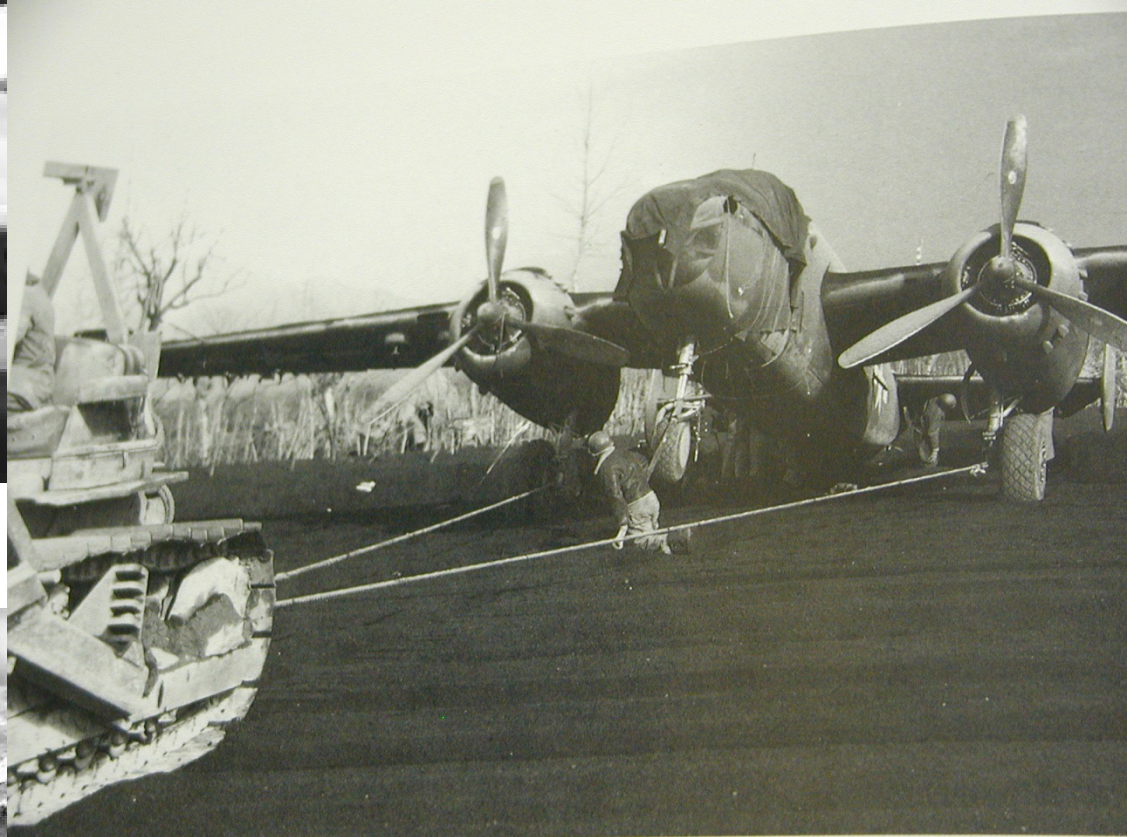




La Villa degli Ottavi (Somma Vesuviana)

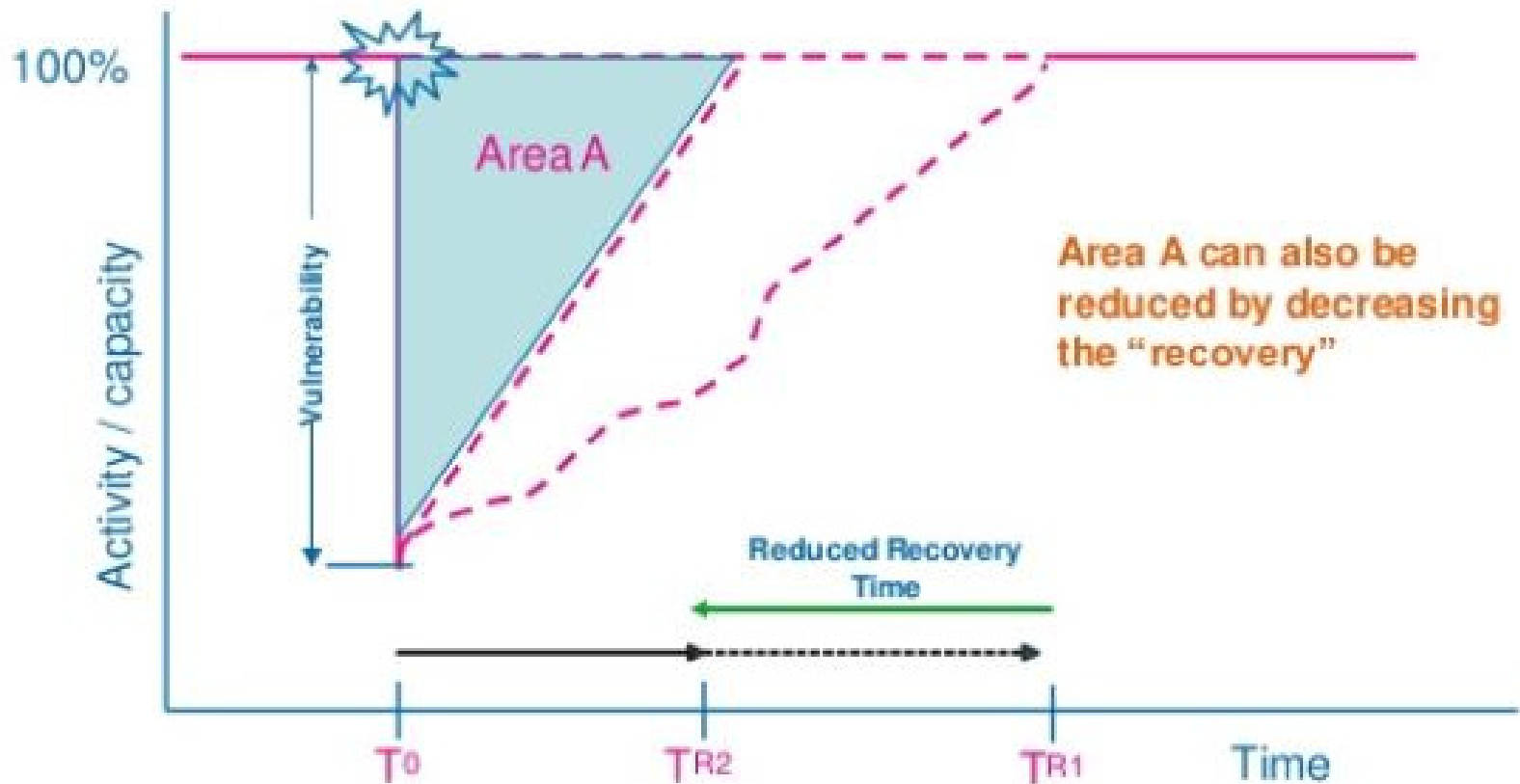


## Vesuvio 1944



## Il concetto di resilienza e la risposta alle catastrofi naturali

- Area A is a function of loss of activity and the period until the activity is recovered, i.e. it reflects "resilience"



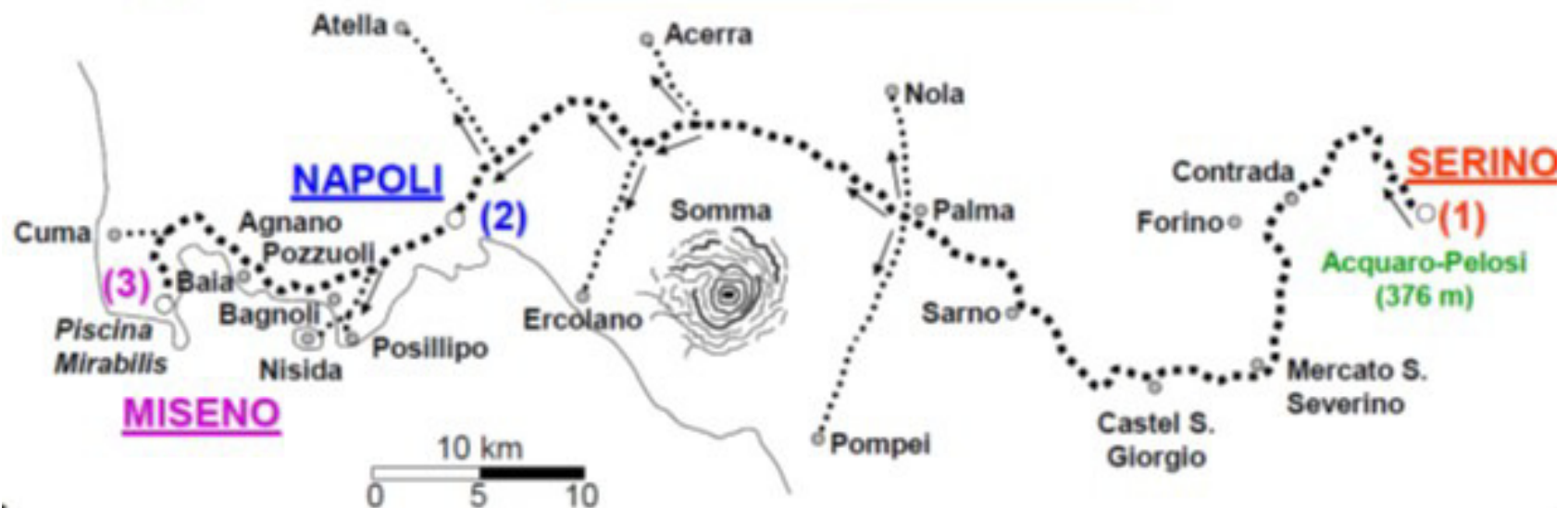


# A lead isotope perspective on urban development in ancient Naples

Hugo Delile<sup>a,b,c,1</sup>, Duncan Keenan-Jones<sup>d</sup>, Janne Blichert-Toft<sup>c,e</sup>, Jean-Philippe Goiran<sup>a</sup>, Florent Arnaud-Godet<sup>c</sup>, Paola Romano<sup>f,2</sup>, and Francis Albarède<sup>c,e</sup>

<sup>a</sup>Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Centre National de la Recherche Scientifique UMR 5133, 69365 Lyon Cedex 7, France; <sup>b</sup>Department of Archaeology, University of Southampton, Southampton SO17 1BF, United Kingdom; <sup>c</sup>Laboratoire de Géologie de Lyon, Ecole Normale Supérieure de Lyon, Université Claude Bernard-Lyon I, Centre National de la Recherche Scientifique UMR 5276, 69007 Lyon, France; <sup>d</sup>Classics, School of Humanities, University of Glasgow, Glasgow, Lanarkshire G12 8QQ, United Kingdom; <sup>e</sup>Department of Earth Science, Rice University, Houston, TX 77005; and <sup>f</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e delle Risorse, Università di Napoli Federico II, 80138 Naples, Italy

- Il canale principale dell'acquedotto di **SERINO (1)** nel suo percorso verso **NAPOLI (2)** e **MISENO (3)** era di circa **96 km**.
- Lunghezza del tratto da **Serino (1)** a **Napoli (2)** **78 km**
- Lunghezza del tratto da **Napoli (2)** a **Miseno (3)** **18 km**
- 7 rami principali: Nola, Pompeii, Acerra, Herculaneum, Atella, Pausillipon e Nisida, Cumae.
  - ✓ Lunghezza totale dei 7 rami **49 km**
- Lunghezza dell'intero Complesso Acquedottistico **145 km**



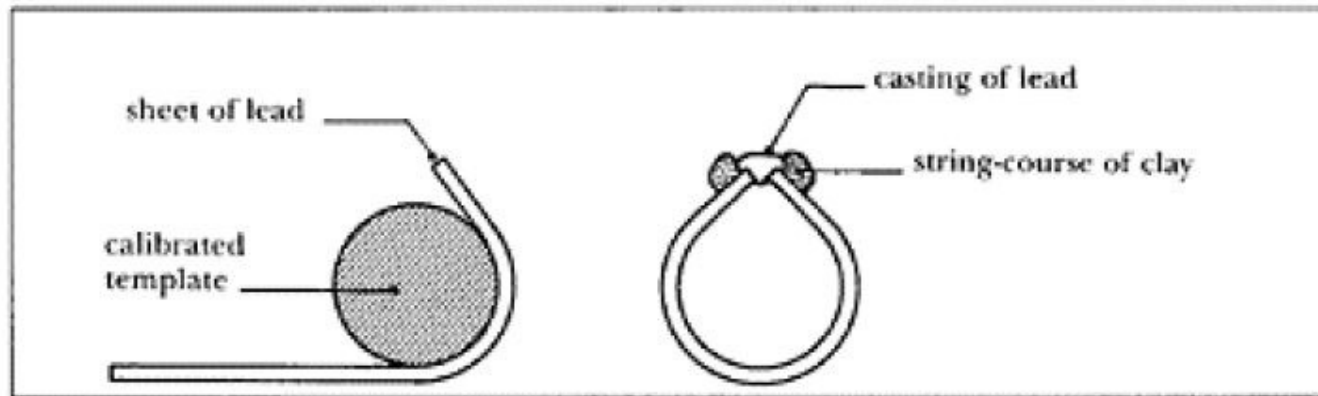
L'eruzione del 79 d.C. può aver danneggiato il sistema di acquedotti in vari modi:

➤ Deformazioni del suolo

➤ Terremoti

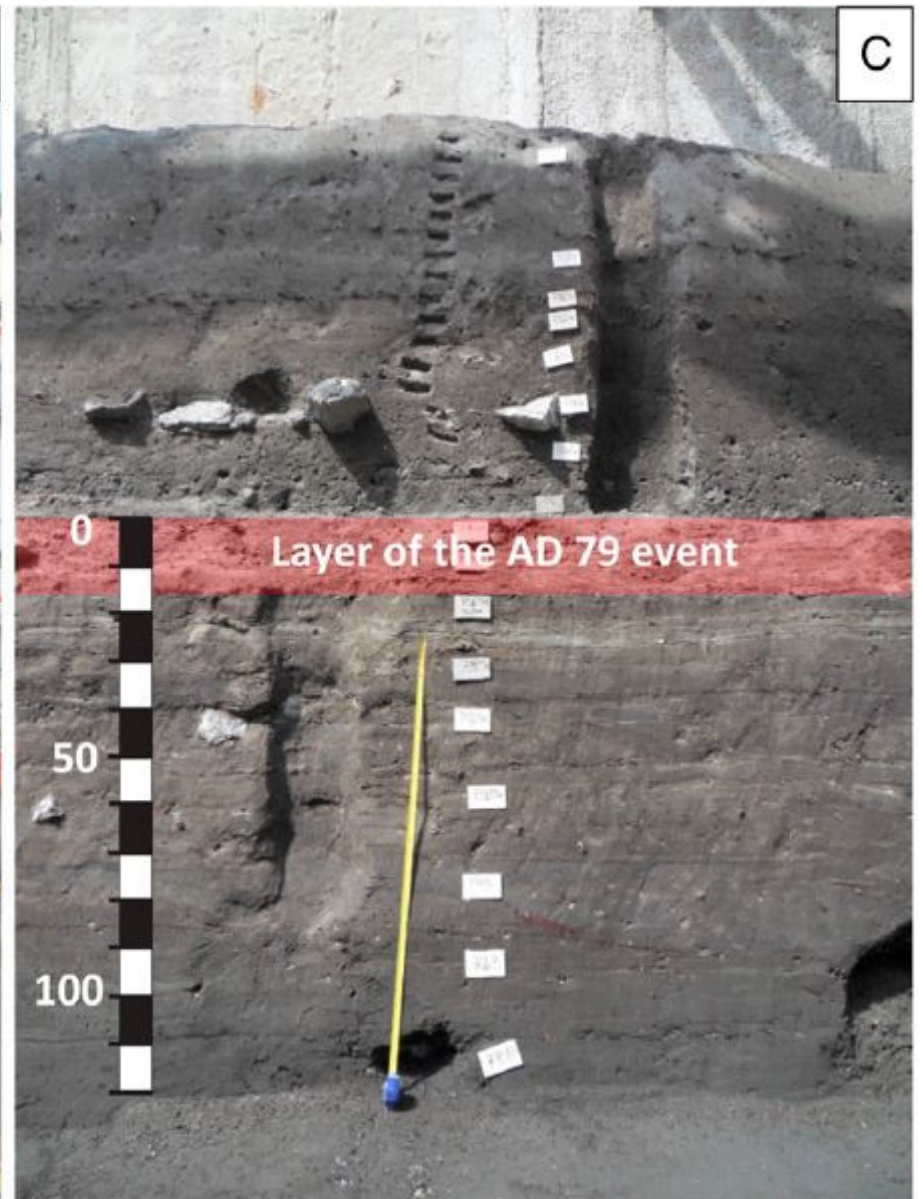
➤ Intasamento del sistema di condotte con cenere vulcanica





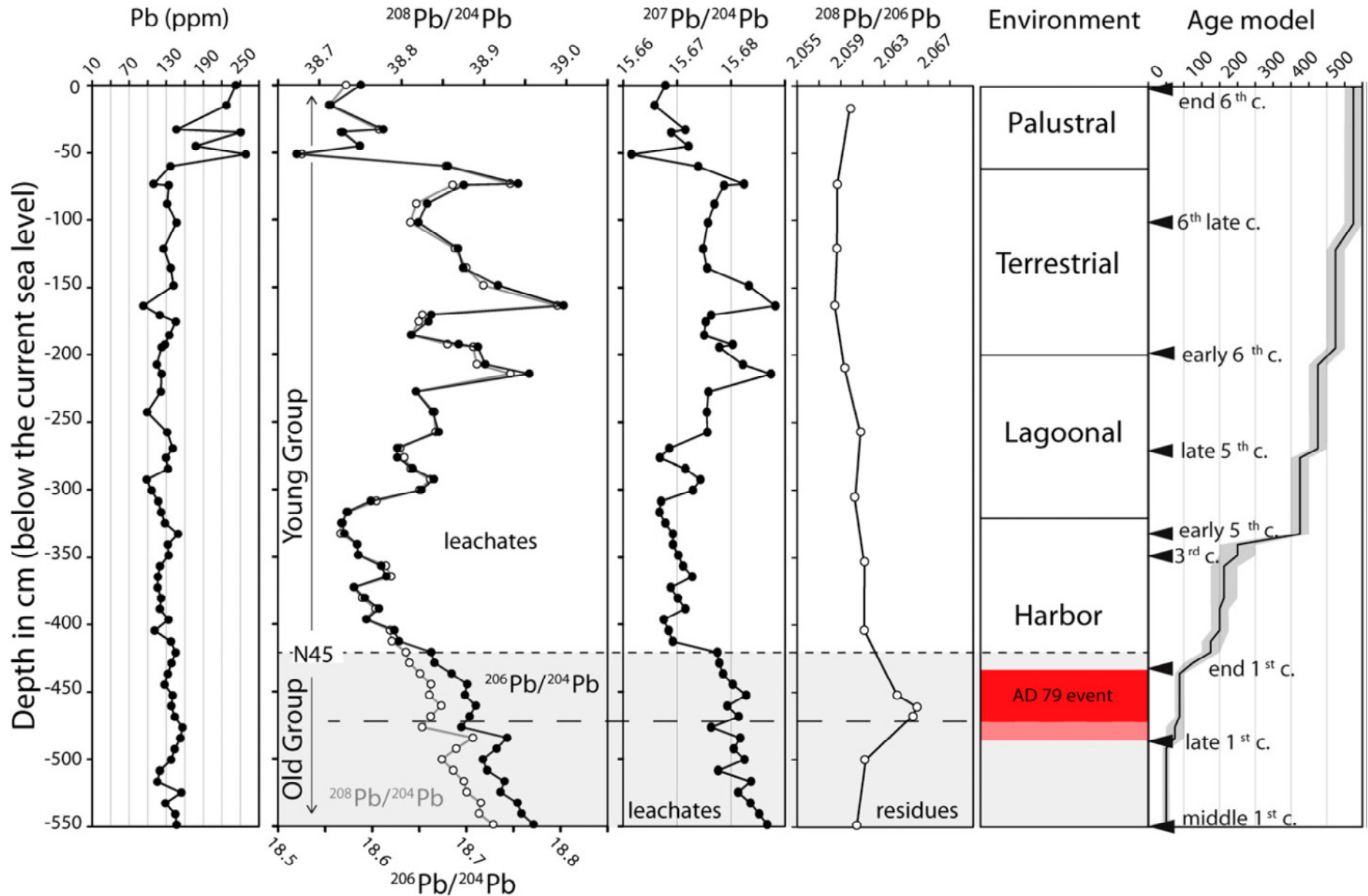
Type	Diameter		
	<i>quadrantes</i>	<i>digiti</i>	mm
<i>quinaria</i>	5	1.25	23
<i>senaria</i>	6	1.5	27.6
<i>octogenaria</i>	8	2	36.8
<i>denaria</i>	10	2.5	46
<i>duodenaria</i>	12	3	55.2
<i>quinum denum</i>	15	3.75	69
<i>vicenaria</i>	20	5	92

- La composizione isotopica di alcuni elementi pesanti, come il piombo, non cambia durante il processo metallurgico di trasformazione da minerale grezzo a manufatto.
- La composizione isotopica del piombo cambia in funzione della zona di estrazione del minerale



*Analisi degli isotopi del Pb sul percolato (cloroformio + HBr) dai sedimenti*

# Gli isotopi del piombo evidenziano due fasi principali: Pre- e post- 79 d.C.





-Andamento generale vede un decremento del rapporto  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  e  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  nel tempo (anche nel periodo dell'eruzione di Pompei).

Significato: espansione del sistema di approvvigionamento idrico e contaminazione crescente da parte di piombo di importazione da nuove aree di estrazione utilizzato anche immediatamente dopo l'eruzione di Pompei

-Interruzione di questo decremento intorno al 400 d.C. e abbandono definitivo dell'Aqua Augusta nel 472, anno del collasso economico della Campania e evento pliniano al Vesuvio. Il decremento rapido dei lavori di manutenzione riflette una molto più fragile amministrazione rispetto alla gestione del dopo 79 d.C.



Il rischio è traducibile nell'equazione  $R = P \times V \times E$ , dove:

**P = Pericolosità (Hazard):** è la probabilità che un fenomeno di determinata intensità si verifichi in un certo intervallo di tempo e in una data area;

**V = Vulnerabilità:** la vulnerabilità di un elemento - persone, edifici, infrastrutture, attività economiche - è la propensione a subire danneggiamenti in conseguenza delle sollecitazioni indotte da un evento di una certa intensità;

**E = Esposizione o Valore esposto:** è il numero di unità, o "valore", di ognuno degli elementi a rischio, come vite umane o case, presenti in una data area.

All lead mined on Earth naturally contains some amount of the radioactive element uranium 235, which decays, over time, into another radioactive element, a version of lead called lead 210. When lead ore is first processed, it is purified and most of the uranium is removed. Whatever lead 210 is already present begins to break down, with half of it decaying on average every 22 years. In Roman lead almost all of the lead 210 has already decayed, whereas in lead mined today, it is just beginning to decay.



Perez Alvaro, E. (2013) 'Experiments on Particle Physics Using Underwater Cultural Heritage: The Dilemma'

*Rosetta* **13.5**: 40-46.

<http://www.rosetta.bham.ac.uk/Colloquium2013/perezalvaro.pdf>

Subscribe

SCIENTIFIC  
AMERICAN®

Cart

0

Sign In | Stay Informed

THE SCIENCES MIND HEALTH TECH SUSTAINABILITY EDUCATION VIDEO PODCASTS BLOGS STORE



THE SCIENCES

# Ancient Roman Metal Used for Physics Experiments Ignites Science Feud

Physicists prefer Roman-era lead ingots to recently mined metal for shielding particle experiments, but archaeologists want them preserved