

Zeitschrift:	Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Herausgeber:	Società ticinese di scienze naturali
Band:	82 (1994)
Heft:	2
Artikel:	Metodi geochimici per lo studio di sorgenti di gas : Il caso del bacino superiore del Lago Maggiore
Autor:	Greber, Emil
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1003329

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 31.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

METODI GEOCHIMICI PER LO STUDIO DI SORGENTI DI GAS IL CASO DEL BACINO SUPERIORE DEL LAGO MAGGIORE

EMIL GREBER

Geoform, Consulenza e studi geologici SA,
Anton Graff-Strasse 6,
CH-8401 Winterthur

ABSTRACT

In a project financed by the "Nationaler Energie-ForschungsFonds", gas seeps from the Lago Maggiore and from rock fissures in Rivapiana were investigated with modern geochemical methods. Two gas types occur: the gases in the lake and the Verzasca River are characterized by CH₄ portions of higher than 85 vol% and low N₂ contents, whereas the comparatively rather small gasfluxes in the Rivapiana Rock fissures show distinctly higher N₂, but lower CH₄ contents. Despite this contrast, the latter can be considered as transformed gases of the former type.

A bacterial origin can be deduced from δ¹³CH₄ and δD data. Bacterial oxidation processes can be demonstrated by the use of δ¹³CO₂ data.

INTRODUZIONE E RETROSPETTIVA STORICA

Nel quadro di un progetto del Fondo nazionale di ricerca per l'energia (NEFF), uscite di gas nel Lago Maggiore e in fessure della roccia a Rivapiana sono state studiate con metodi geochimici. La fondazione NEFF ha tra altro lo scopo di finanziare la ricerca sull'avvigionamento energetico. Questa fondazione, che si trova attualmente in via di ristrutturazione, è a sua volta sostenuta finanziariamente dall'economia petrolifera, idroelettrica, del gas e del carbone. Punto di partenza di questo studio è stato il rapporto NEFF n. 261 (BUECHI & WILD 1986, WILD 1990), i cui dati sono stati reinterpretati.

Nella regione del bacino superiore del Verbano sono presenti numerosi punti di fuoriuscita di gas (fig. 1). La maggior parte di essi si trova nel lago, a breve distanza dalla riva. Un'uscita è nel fiume Verzasca, poco a monte della sua foce nel lago. Sulla terraferma sono sinora stati trovati gas soltanto in un sondaggio di 15 m negli gneiss presso Magadino (WERENFELS 1939) e in fessure della roccia a Rivapiana. L'emissione complessiva di gas si aggira sui 50-100'000 m³ all'anno.

L'origine di questi gas è sempre stata controversa. Basandosi sul grande spessore delle alluvioni alle foci della Verzasca e del Ticino ALTHAUS (1943) e RICKENBACH (1947) li interpretano come gas d'origine batterica, cioè gas liberati dalla demolizione batterica di materiali organici in condizioni diagenetiche di scarsa profondità. Poichè lo spessore delle alluvioni sulle rive nord e sud del Verbano è ridotto, WERENFELS (1939) e WEBER (1943) parlano di gas termocatalitici. Questi gas si formano per decomposizione non batterica di

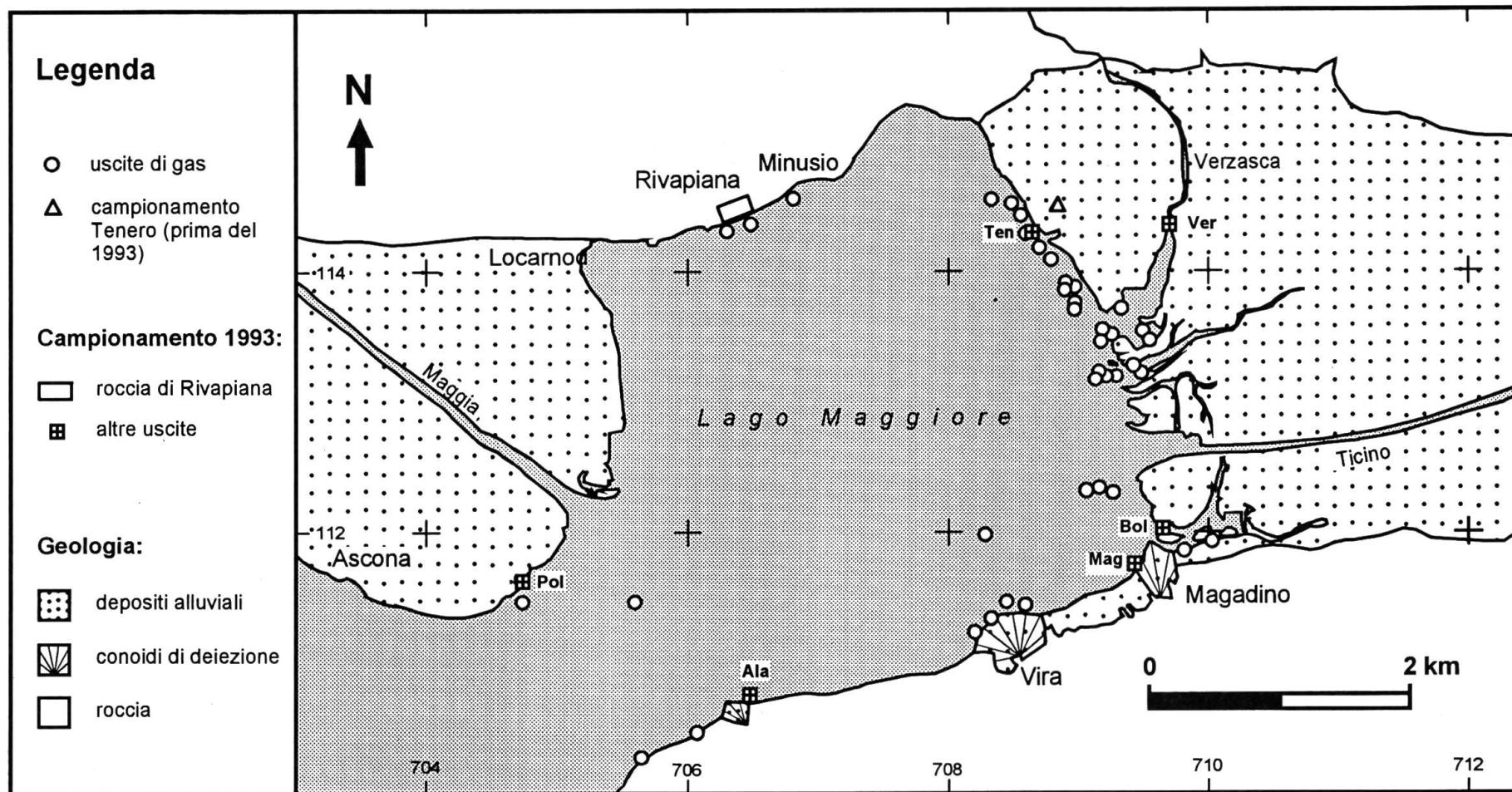


Fig. 1 Uscite di gas e località di campionamento 1993 nel bacino superiore del Lago Maggiore (modificato da BUECHI & WILD 1986).

GEOLOGIC MAP OF THE NW-PART OF
THE SOUTHERN ALPS
(modified after Zingg, 1983)

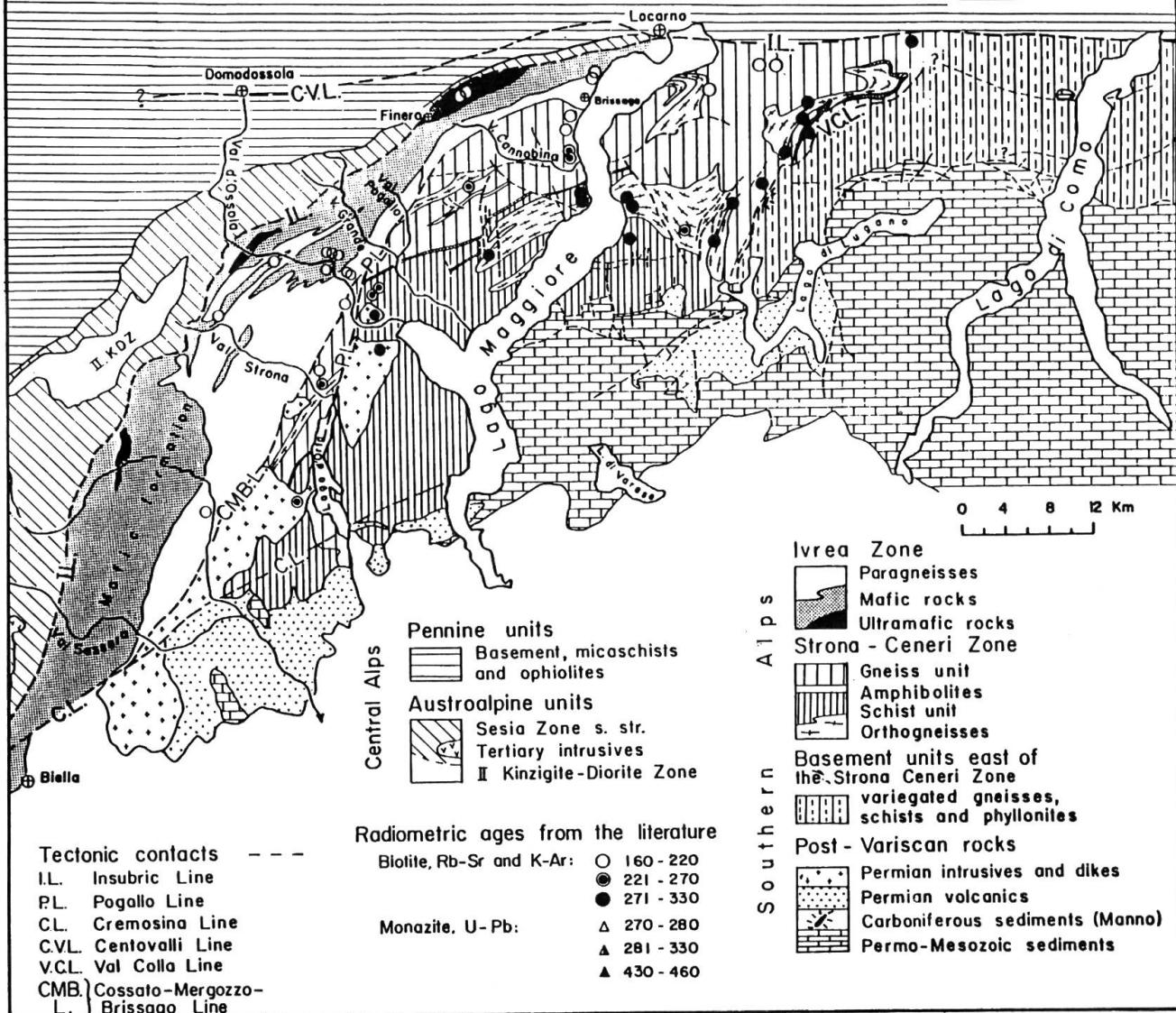
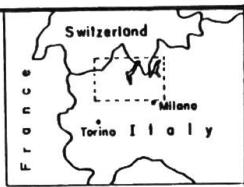


Fig 2 Carta geologica del Sudalpino nord-occidentale (da HANDY 1987, modificato da ZINGG 1983).

materiale organico a temperature molto elevate. Infine BUECHI & WILD (1986) e WILD (1990) considerano, accanto ad un gas recente d'origine batterica presente in misura preponderante, anche l'esistenza di una componente gasosa proveniente dal mantello terrestre secondo la "teoria di Gold" (GOLD & SOTER 1980).

Sulla sola base della composizione del gas non è possibile trarre conclusioni univoche sulla sua origine. Per far questo occorrono moderni metodi isotopici come quelli sviluppati soprattutto nell'industria petrolifera.

QUADRO GEOLOGICO E GENESI POTENZIALE DEL GAS

In base alle condizioni geologiche è spesso possibile escludere determinati tipi di formazione di gas. Tuttavia, poiché le condizioni della regione circostante il bacino superiore del Verbano sono particolarmente complesse, in questo caso ciò non è possibile. La regione in esame è divisa dalla Linea insubrica in una porzione eurasistica (Alpi centrali, sponda nord) e in una porzione cristallina africana (Alpi meridionali, sponda sud) (HEITZMANN 1987, SCHMID et al. 1987 e 1989). La fragile Linea delle Centovalli (MANCKTELOW 1985) e la duttile Linea di Pogallo (HANDY 1987) sono altre strutture tettoniche che si riuniscono nella zona di Locarno (fig. 2). Quando la Zolla periadriatica si incuneò nella Placca eurasistica (BERNOULLI & BERTOTTI 1991), sedimenti bituminosi furono spesso imprigionati come lenti tettoniche lungo la Linea insubrica (v. Atlante geologico, foglio Bellinzona). Sedimenti parzialmente bituminosi furono pure trasportati molto a nord, forse fino alla zona di Locarno, da sovrascorimenti sud-vergenti nel cristallino sudalpino (LAUBSCHER 1985, ROEDER 1989). Gas termocatalitici risalenti lungo gli elementi fragili della Linea insubrica, cioè le linee del Canavese e del Tonale, e della Linea di Pogallo come pure della fragile Linea delle Centovalli sarebbero perciò senz'altro pensabili. Molto importante è anche il riempimento di materiale sciolto (oltre 750 m di spessore!) del Piano di Magadino, formato probabilmente in gran parte di sedimenti d'età glaciale, soprattutto lacustri. Alla base FELBER (1993) ipotizza depositi marini del Pliocene. Tuttavia sino ad oggi sono stati sondati soltanto i primi 120 m, composti di sedimenti fluviali, in prevalenza sabbioso/siltosi. In queste serie ricche di materiale organico come pure nei sedimenti recenti del lago si può contare su una produzione di gas batterici. Gas provenienti dal mantello dovrebbero invece essere esclusi, poiché la Linea insubrica, benché profonda, è intracrostale.

METODI GEOCHIMICI

Metodi

Venti campioni di gas raccolti nell'estate 1993 sul fondo del lago e in fessure della roccia a Rivapiana sono stati analizzati per determinarne la composizione gasosa e isotopica: H₂, He, N₂, O₂, CO₂, Ar, CH₄, idrocarburi superiori, δ¹³C e δD in CH₄ nonché δ¹³C e δ¹⁸O in CO₂. Inoltre furono analizzati campioni di gas nobili e fu eseguita una campagna di ricerche sul Piano di Magadino, che non sarà però illustrata in questo lavoro. Per l'interpretazione furono usati anche dati precedenti, tra altro misurazioni del ¹⁴C. Indicazioni dettagliate sulla raccolta dei campioni e tutti i dati si trovano in GEOFORM 1994 e GREBER & WYSS 1994.

Composizione dei gas

Tutti i campioni di gas sono composti principalmente di CH₄, CO₂ e N₂. Tra i gas del lago (inclusi quelli della Verzasca) e quelli della roccia a Rivapiana vi sono nette differenze. I gas del lago presentano percentuali nettamente più elevate di CH₄ (per lo più superiori a 85 vol%, contro 10-35 %) ma percentuali nettamente inferiori di N₂ (1-20 % contro 60-80 %) rispetto a quelli della roccia. Un rapporto Ar/N₂ atmosferico nei campioni 1993 di

Rivapiana (fig. 3) indica però che le elevate percentuali di N₂ provengono dall'atmosfera. Se questi campioni vengono corretti per N₂ (o Ar) in rapporto all'atmosfera, il gas risultante si differenzia da quello del lago soltanto per il maggior contenuto di CO₂. Si deve quindi supporre che piccole quantità (il flusso di gas a Rivapiana è stimato sui 10 m³/anno) di un gas simile a quello riscontrato in vari punti del lago passi dai sedimenti lacustri alle fessure e si mescoli, in condizioni di insaturazione, con aria del terreno ridotta, cioè praticamente priva di ossigeno. Il CO₂ potrebbe provenire dall'aria del terreno e dall'ossidazione di CH₄. Una simile correzione di N₂ funzionerebbe anche per due campioni fortemente contaminati dall'aria (Pol e Bol) (fig. 3). Ma poiché in questo caso la mescolanza con l'aria è avvenuta soltanto al momento del campionamento, essa è riconoscibile (a differenza di quanto accade per i gas di Rivapiana) anche per l'elevato contenuto di O₂ (10,5 resp. 14,1 %). Inoltre è rivelatore il fatto che i gas del lago mostrano un rapporto Ar/N₂ che corrisponde a quello dei due gas nell'acqua a contatto con l'aria (fig. 3). Questo significa che questi due gas disciolti nell'acqua dei sedimenti vengono liberati in fase gasosa e trascinati in superficie dal metano in risalita. In nessun campione è stato possibile evidenziare idrocarburi superiori. Se ne può dedurre che i gas del Lago Maggiore dovrebbero essere gas secchi di origine batterica oppure termocatalitici evoluti (TISSOT & WELTE 1984). Gas termocatalitici associati con petrolio sarebbero umidi, conterrebbero dunque idrocarburi superiori. L'assenza di N₂ non atmosferico, che pure si libera spesso durante la produzione di gas metano evoluto, può essere interpretata come indizio contro l'ipotesi di simili gas secchi.

Isotopi

Con l'aiuto dei valori di δ¹³C e δD è possibile provare in modo univoco l'origine batterica dei gas del Lago Maggiore (fig. 4). La presenza di gas secchi evoluti è improbabile, poiché questi presentano valori di δ¹³CH₄ superiori a 40 ‰_{PDB}.

Metano proveniente dal mantello terrestre è praticamente escluso, poiché presenta valori di δ¹³CH₄ ancora maggiori. Nel caso di gas batterici è di regola possibile decidere, in base al valore di δD, se il metano si è formato in ambiente terrestre (soprattutto attraverso processi di fermentazione) o marino (soprattutto per riduzione di CO₂) (WHITICAR et al. 1986). Nel nostro caso ciò non è possibile a causa delle grosse oscillazioni nel contenuto di D anche in campioni prelevati in diretta successione nello stesso punto (processi di frazionamento durante il campionamento?). Anche un indizio indiretto di presenza di Pliocene marina alla base dei riempimenti del Piano di Magadino è perciò impossibile. Per i gas delle rocce a Rivapiana è dimostrabile una parziale ossidazione batterica del metano a CO₂, collegata a un aumento del tasso di ¹³C nel metano e una corrispondente diminuzione nel CO₂ (COLEMAN et al. 1981). Con la diminuzione della percentuale di CH₄ (quindi con il progredire della trasformazione) il valore di δ¹³CH₄ aumenta da -62,8 a -57,8 ‰_{PDB} e quello di δ¹³CO₂ diminuisce da -38,0 a -54,8 ‰_{PDB}. I valori medi di δ¹³CO₂ (-47,2 ‰_{PDB}) sono, anche a confronto con quelli della letteratura, nettamente negativi. La citata ossidazione del metano è probabilmente causata dal contatto del gas con l'aria del terreno, la quale, benché ridotta come aria, rimane pur sempre più ossidante del metano risalente. Nei gas di Rivapiana i valori di ¹⁴C misurati nel metano (42,9 resp. 43,2 ‰ Modern) sono nettamente inferiori a quelli del CO₂ (60,5 resp. 79,2 ‰ Modern). E' un'ulteriore indicazione che almeno una parte del CO₂ proviene da aria relativamente recente del terreno.

CONCLUSIONI

Nello studio di emissioni gasose, oltre alle indagini geologiche e alle analisi della composizione dei gas, assumono importanza decisiva soprattutto le misurazioni degli isotopi. Grazie alla conoscenza delle condizioni geologiche si può stimare la probabilità della presenza di singoli gas. Confronti tra le composizioni delle singole miscele gasose (se sono

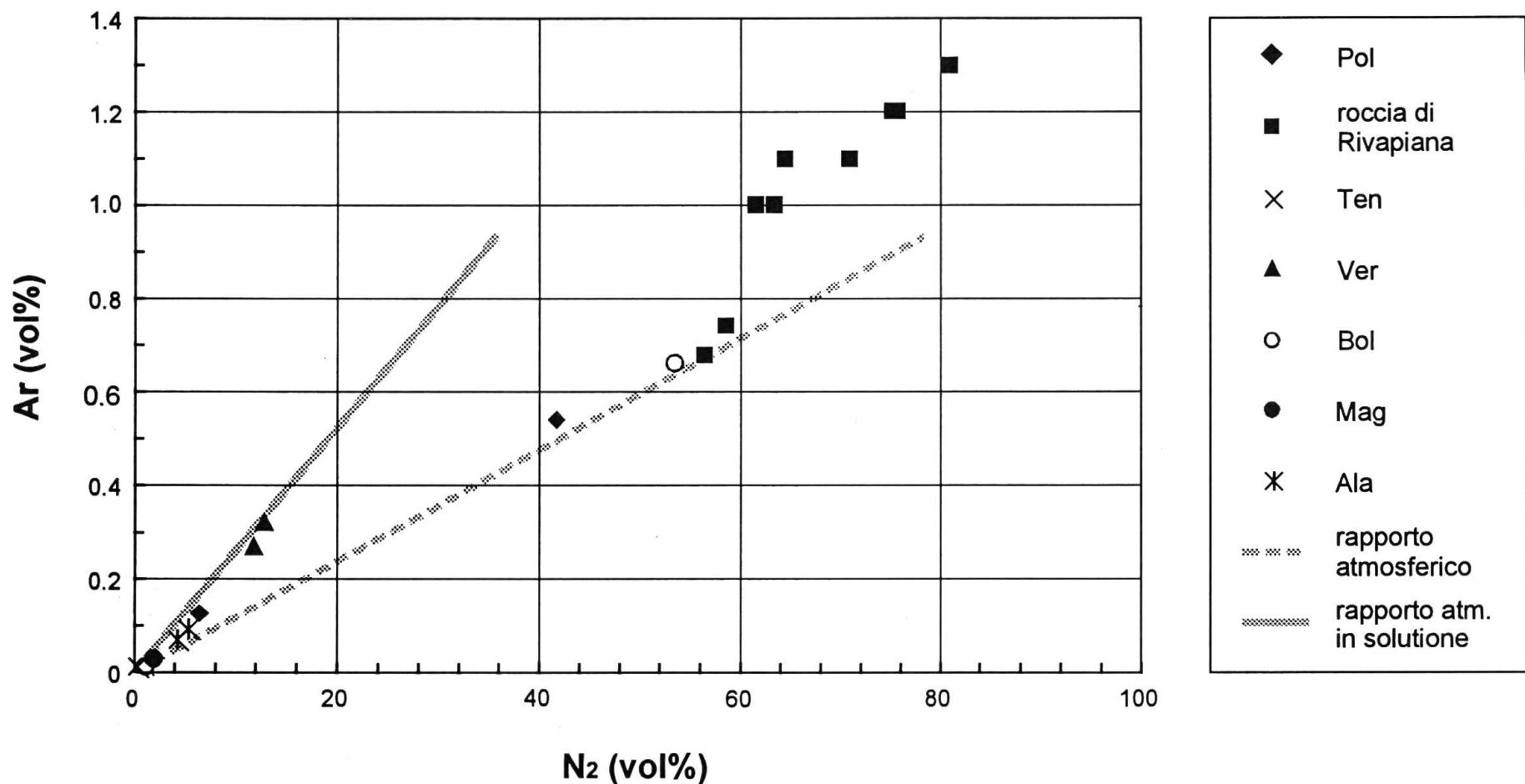


Fig 3 Il rapporto atmosferico Ar/N₂ in 2 campioni da Rivapiana, in uno Bol e in uno Pol (tutti dalla campagna di misura 1993) indica che Ar e N₂ provengono dall'atmosfera. Si suppone che i valori molto alti di Ar nelle precedenti analisi dei campioni di Rivapiana risalgano a errori di misura. A differenza di quanto avviene nelle singole uscite di gas sulla terraferma (rocce a Rivapiana), in quelle nel lago Ar e N₂ sono dischiolti nell'acqua dei sedimenti prima di essere trasformati in fase gasosa e trasportati dal metano in risalita.

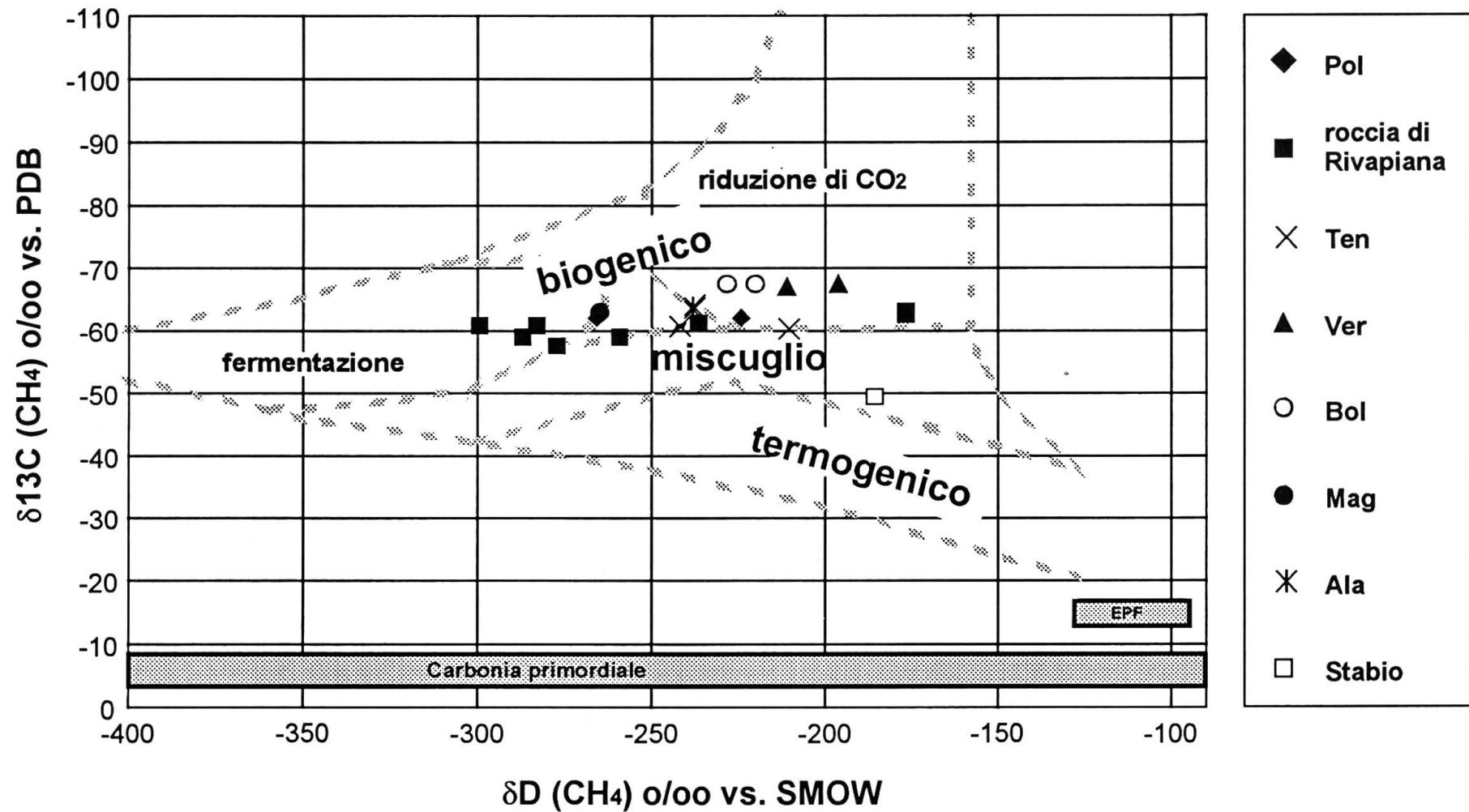


Fig. 4 Diagramma isotopico sec. WHITICAR et al. 1986, modificato con dati di WELHAN 1988 (EPF = East Pacific Rise). Il campione Stabio (Ticino meridionale) è stato incluso come riferimento. A differenza dei gas del Lago Maggiore, esso contiene chiaramente una componente termocatalitica.

disponibili più campioni) consentono conclusioni su processi di miscelazione e di trasformazione e sulle modalità di risalita. Con queste misurazioni relativamente semplici ed economiche è anche possibile escludere determinati tipi di formazione dei gas. Conclusioni univoche sulla origine dei gas e sui processi di trasformazione in corso possono però essere tratte soltanto attraverso l'analisi isotopica di CH₄ e CO₂.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio di cuore per il vigoroso sostegno a queste ricerche R. Wyss e W. Leu, entrambi della Geoform SA. Si ringrazia sentitamente G. Cotti per la traduzione del testo originale in lingua italiana e M. Felber per il suo notevole sostegno al progetto.

Il prelievo di gas alla foce del Ticino e della Verzasca, è stato possibile grazie alla collaborazione della Fondazione Bolle di Magadino (M. Flury e collaboratori); mentre W. Wild ha fornito sostegno logistico e preziose informazioni; a tutti un sentito grazie!

Il contenuto di questo articolo è stato oggetto di una presentazione nell'ambito dell'«Incontro Internazionale giovani ricercatori in geologia applicata» a Losanna il 21 aprile 1994.

BIBLIOGRAFIA

- ALTHAUS H.E., 1943 - Erdgasvorkommen in der Schweiz. - PEK-Bericht Nr. 1035.
- BERNOULLI D., BERTOTTI G., 1991 - The South-Alpine sedimentary cover in the Southern Ticino Region. - In: Heitzmann P. (ed.): NFP 20 Bulletin: Tectonics and deep structure of the western and southern Swiss Alps - an excursion guide, 9, pp. 57-66.
- BÜCHI U.P., WILD W., 1986 - Erdgasvorkommen Lago Maggiore. Schlussbericht 1. Forschungsphase. - NEFF - Gesuch Nr. 261, 93 pp.
- COLEMAN D.D., RISATTI J.B., SCHOELL M., 1981 - Fractionation of carbon and hydrogen isotopes by methane-oxidizing bacteria. - Geochim. Cosmochim. Acta, 45: 1033-1037.
- FELBER M., 1993 - La storia geologica del tardo-Terziario e del Quaternario nel Mendrisiotto (Ticino Meridionale, Svizzera). - Dissertation ETH Zürich, 10125, 617 pp.
- GOLD T., SOTER S., 1980 - The Deep Earth Gas Hypothesis. - Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 46(111): 11-35.
- GEOFORM, 1994 - Gasvorkommen im Tessin - Herkunft, Genese und Bedeutung: Geochemische Abklärungen, Phase 1: Gasvorkommen Lago Maggiore - Magadino. - NEFF-Projekt Nr. 581, pp. 66 + 51 Fig. + 1 Beil.
- GREBER E. WYSS R., 1994 - Origin and evolution of the Lago Maggiore gas seeps revealed by geochemical techniques. - Bull. schweiz. Ver. Petroleum-Geol. u. -Ing., 61 (139).
- HANDY M.R., 1987 - The structure, age and kinematics of the Pogallo Fault Zone; Southern Alps, northwestern Italy. - Eclogae Geol. Helv., 80(3): 593-632.

- HEITZMANN P., 1987 - Evidence of late oligocene/early miocene backthrusting in the central alpine "root zone". - *Geodinamica Acta*, 1(3): 183-192.
- LAUBSCHER H.-P., 1985 - Large-scale, thin-skinned thrusting in the southern Alps: Kinematic models. - *Geol. Soc. Am. Bull.*, 96: 710-718.
- MANCKTELOW N.S., 1985 - The Simplon Line: a major displacement zone in the western Lepontine Alps. - *Eclogae Geol. Helv.*, 78(1): 73-96.
- RICKENBACH E., 1947 - Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, I. Teil: 3. Abschnitt; - Vorkommen von bituminösen Schiefern. 4. Abschnitt; - Asphaltvorkommen. 5. Abschnitt; - Erdgasvorkommen. - *Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie*, 26(1): 80-88.
- ROEDER D., 1989 - South-Alpine thrusting and trans-Alpine convergence. - In: Coward M.P., Dietrich D., Park R.G. (eds.): *Alpine Tectonics*. Geol. Soc. Spec. Publ., 45: 211 - 227.
- SCHMID S.M., ZINGG A., HANDY M., 1987 - The kinematics of movements along the Insubric line and the emplacement of the Ivrea zone. - *Tectonophysics*, 135: 47-66.
- SCHMID S.M., AEBLI H.R., HELLER F., ZINGG A., 1989 - The role of the Periadriatic Line in the tectonic evolution of the Alps. - In: Coward M.P., Dietrich D., Park R.G. (eds.): *Alpine Tectonics*. Geol. Soc. Spec. Publ., 45: 153-171.
- TISSOT B.P., WELTE D.H., 1984 - Petroleum formation and occurrence. - Second revised and enlarged edition, Springer-Verlag, 699 pp.
- WEBER F., 1943 - Das Erdgasvorkommen von Tenero am Lago Maggiore. - Büro für Bergbau, Akte B, Nr. 1030.
- WELHAN J.A., 1988 - Origins of methane in hydrothermal systems. - *Chem. Geol.*, 71: 183-198.
- WERENFELS A., 1939 - Die Gasvorkommen im oberen Lago Maggiore. - *Eclogae Geol. Helv.*, 32: 221-227.
- WHITICAR M.J., FABER E., SCHOELL M., 1986 - Biogenic methane formation in marine and freshwater environments: CO₂ reduction vs. acetate fermentation - Isotope evidence. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 50: 693-709.
- WILD W., 1990 - Erdgasvorkommen am Lago Maggiore - Indirekter Nachweis von Mantelmethan. Nachtrag zum Schlussbericht 1. Phase vom 10. Oktober 1986 - NEFF - Projekt Nr. 261, 17 pp.
- ZINGG A., 1983 - The Ivrea and Strona-Ceneri Zones (Southern Alps, Ticino and N-Italy) - A review. - *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 63: 361-392

