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: 09.12.2025

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

Boll. Soc. Tic. Sci. Natur. (Lugano) - 82(2), 1994, pp 29-37 ISBN-88-85118-12-7

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 CH_4 portions of higher than 85 vol% and low N_2 contents, whereas the comparatively rather small gasfluxes in the Rivapiana Rock fissures show distinctly higher N_2, but lower CH_4 contents. Despite this contrast, the latter can be considered as transformed gases of the former type.
A bacterial origin can be deduced from $\delta^{13}CH_4$ and δD data. Bacterial oxidation processes can be demonstrated by the use of $\delta^{13}CO_2$ 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'approvvigionamento 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 m^3 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, cioé 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

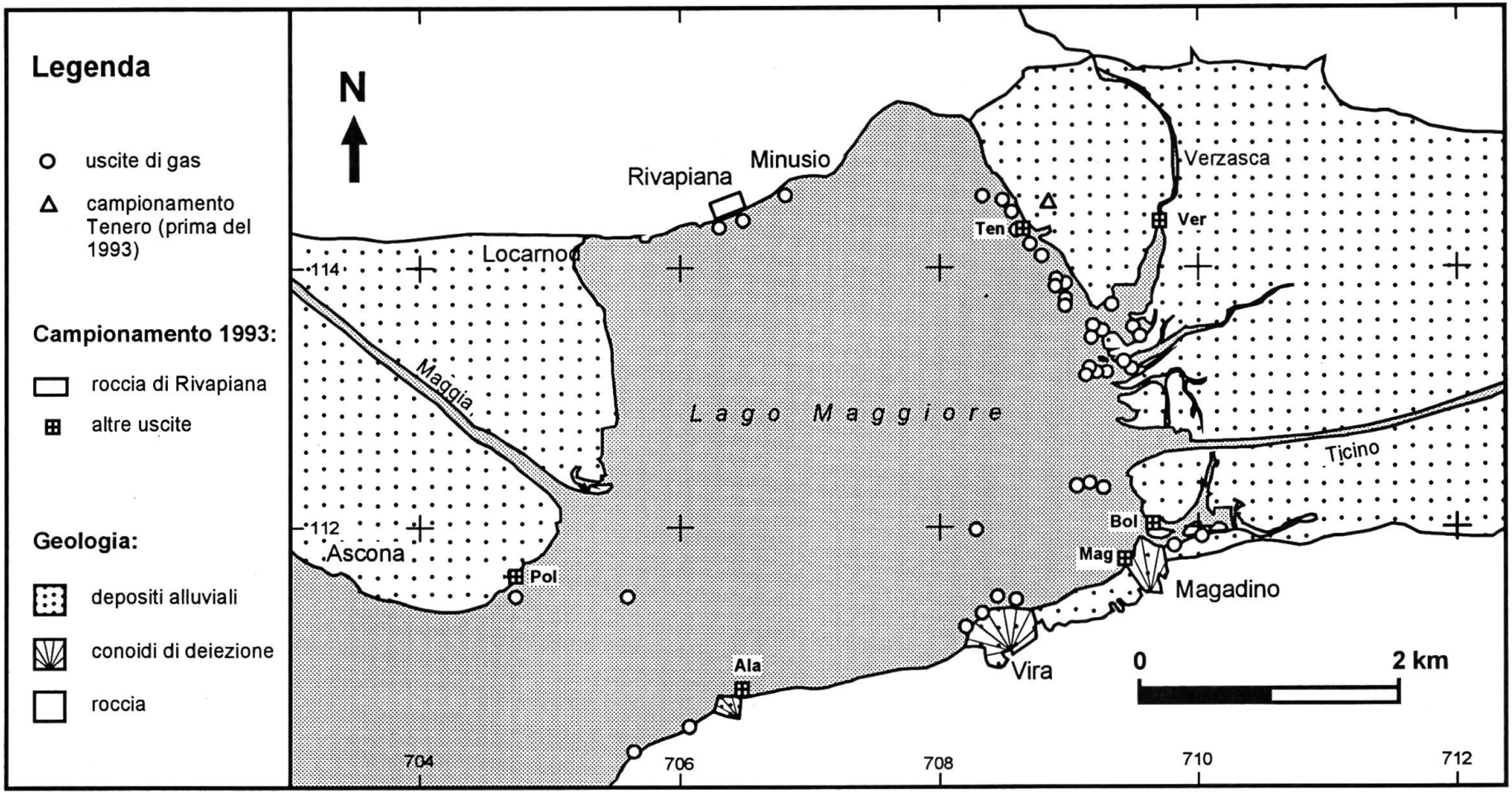

Fig. 1 Uscite di gas e località di campionamento 1993 nel bacino superiore del Lago Maggiore (modificato da BUECHI & WILD 1986).

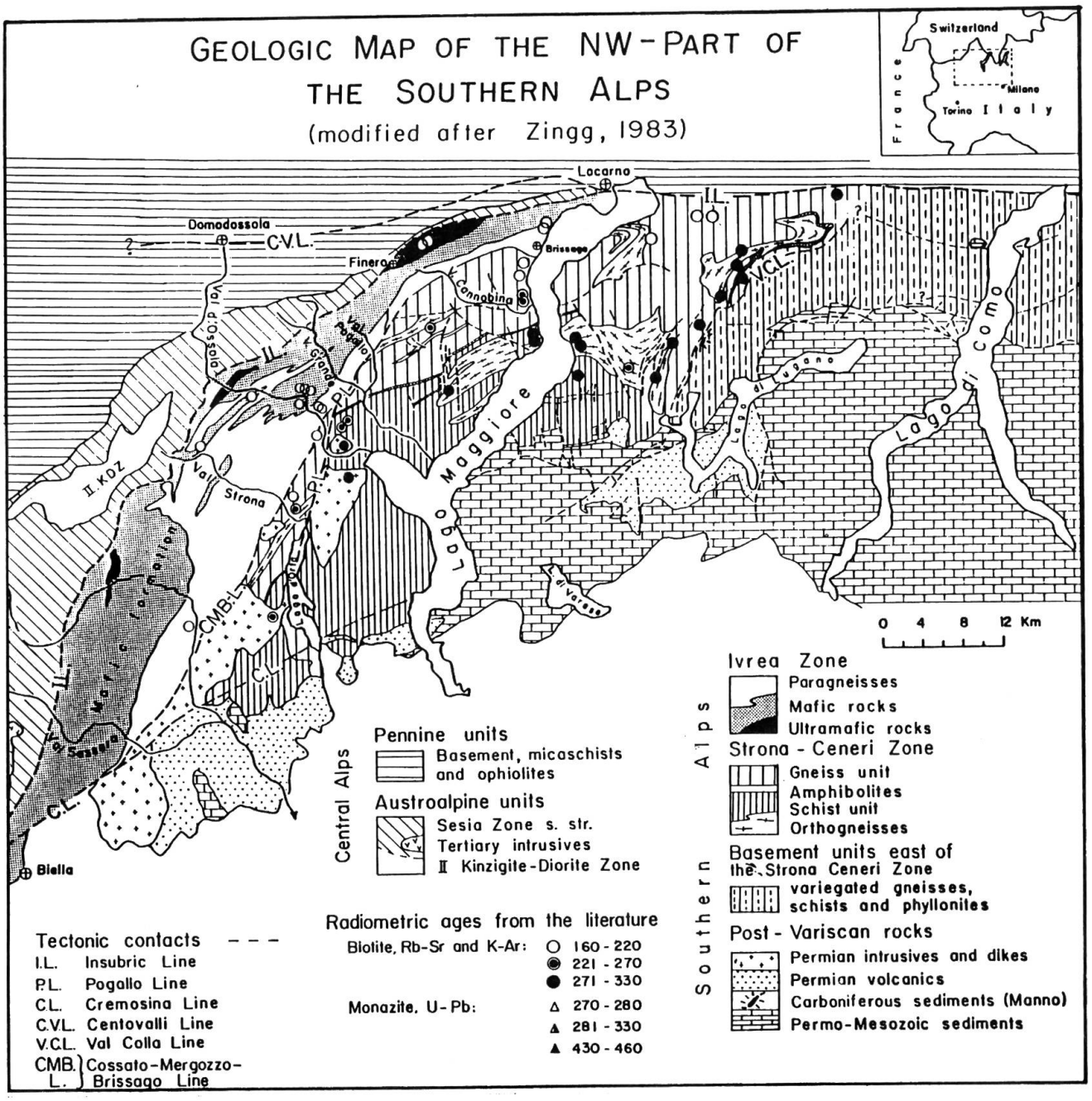

Fig 2 Carta geologica del Sudalpino nord-occidentale (da HANDY 1987, modificato da ZINGG 1983).

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 eurasiatica (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 eurasiatica (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 sovrascorrimenti 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: H_2, He, N_2, O_2, CO_2, Ar, CH_4, idrocarburi superiori, $\delta^{13}C$ e δD in CH_4 nonché $\delta^{13}C$ e $\delta^{18}O$ in CO_2. 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 ^{14}C. 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 CH_4, CO_2 e N_2 . 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 CH_4 (per lo più superiori a 85 vol%, contro 10-35 %) ma percentuali nettamente inferiori di N_2 (1-20 % contro 60-80 %) rispetto a quelli della roccia. Un rapporto Ar/N_2 atmosferico nei campioni 1993 di

Rivapiana (fig. 3) indica però che le elevate percentuali di N_2 provengono dall'atmosfera. Se questi campioni vengono corretti per N_2 (o Ar) in rapporto all'atmosfera, il gas risultante si differenzia da quello del lago soltanto per il maggior contenuto di CO_2. Si deve quindi supporre che piccole quantità (il flusso di gas a Rivapiana è stimato sui 10 m^3/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, cioé praticamente priva di ossigeno. Il CO_2 potrebbe provenire dall'aria del terreno e dall'ossidazione di CH_4. Una simile correzione di N_2 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 O_2 (10,5 risp. 14,1 %). Inoltre è rivelatore il fatto che i gas del lago mostrano un rapporto Ar/N_2 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 N_2 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 $\delta^{13}C$ 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 $\delta^{13}CH_4$ superiori a 40 $‰_{PDB}$.

Metano proveniente dal mantello terrestre è praticamente escluso, poiché presenta valori di $\delta^{13}CH_4$ 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 CO_2) (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 marino 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 CO_2, collegata a un aumento del tasso di ^{13}C nel metano e una corrispondente diminuzione nel CO_2 (COLEMAN et al. 1981). Con la diminuzione della percentuale di CH_4 (quindi con il progredire della trasformazione) il valore di $\delta^{13}CH_4$ aumenta da -62,8 a -57,8 $‰_{PDB}$ e quello di $\delta^{13}CO_2$ diminuisce da -38,0 a -54,8 $‰_{PDB}$. I valori medi di $\delta^{13}CO_2$ (-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 ^{14}C misurati nel metano (42,9 risp. 43,2 % Modern) sono nettamente inferiori a quelli del CO_2 (60,5 risp. 79,2 % Modern). E' un'ulteriore indicazione che almeno una parte del CO_2 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

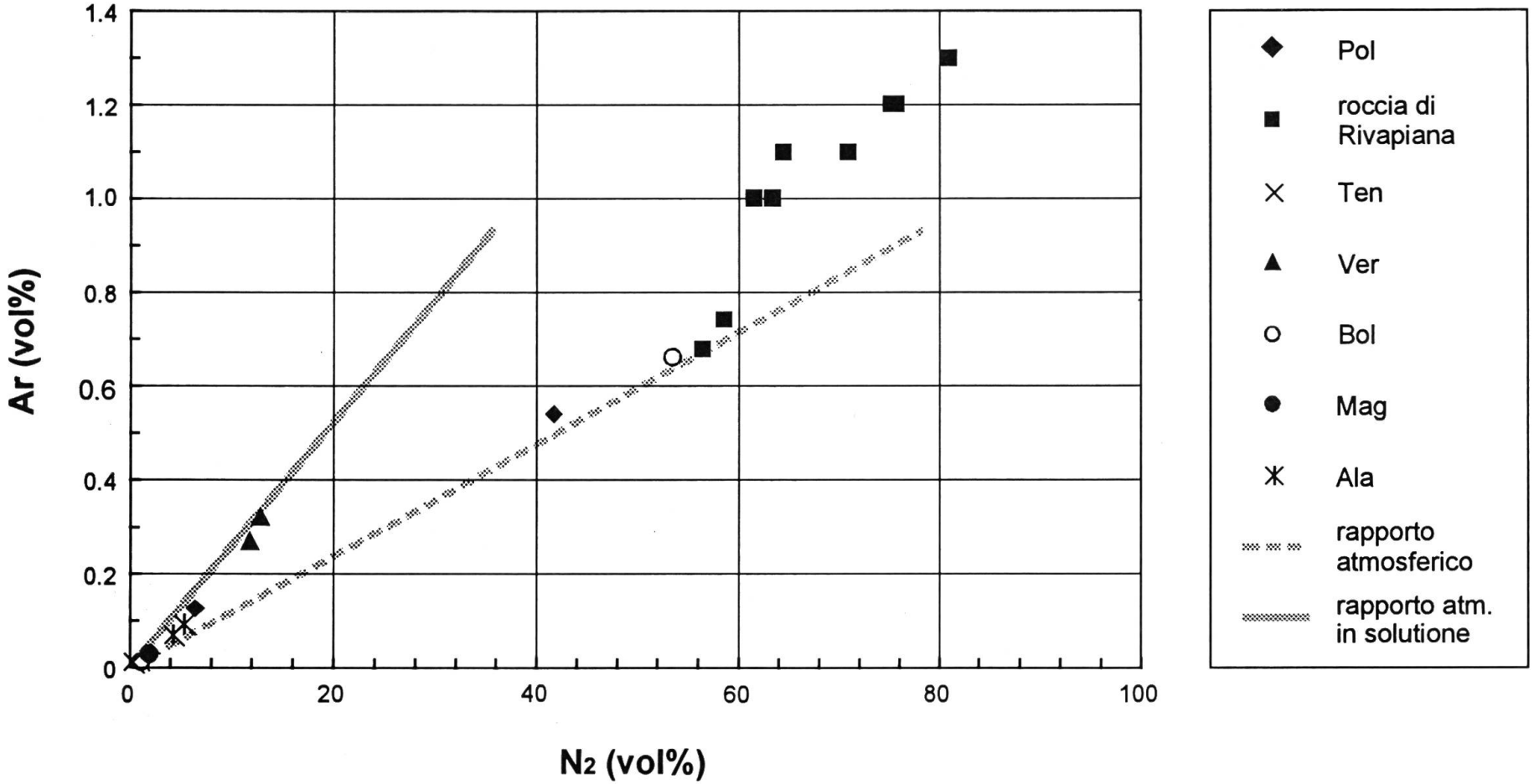

Fig 3 Il rapporto atmosferico Ar/N_2 in 2 campioni da Rivapiana, in uno Bol e in uno Pol (tutti dalla campagna di misura 1993) indica che Ar e N_2 provengono dall'atmosfera. Si suppone che i valori molto alti di Ar nelle precedenti analisi dei campioni di Rivapiana risalgano a errori di misura. A differenza di quanto avviene nelle singole uscite di gas sulla terraferma (rocce a Rivapiana), in quelle nel lago Ar e N_2 sono disciolti nell'acqua dei sedimenti prima di essere trasformati in fase gasosa e trasportati dal metano in risalita.

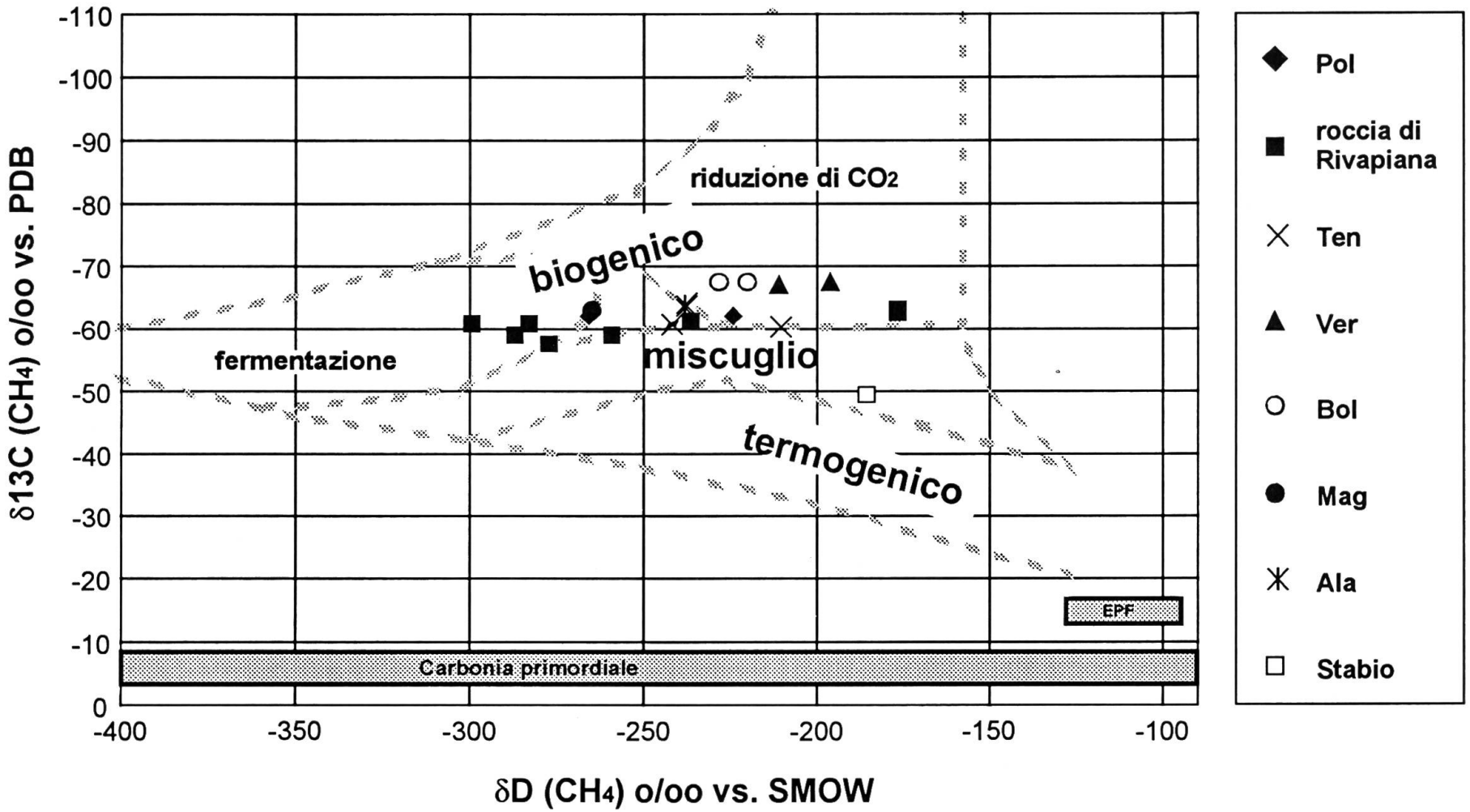

Fig. 4 Diagramma isotopico sec. WHITICAR et al. 1986, modificato con dati di WELHAN 1988 (EPF = East Pacific Rise). Il campione Stabio (Ticino meridionale) è stato incluso come riferimento. A differenza dei gas del Lago Maggiore, esso contiene chiaramente una componente termo-catalitica.

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 CH_4 e CO_2.

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 occurence. - 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: CO_2 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

ricevuto il: 10.6.1994
ultime bozze il: 5.12.1994