

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

# RENDICONTI

---

GIANCARLO BORTOLAMI, GIANFRANCO OLIVERO, FABIO  
PIOVESANA, GIAN MARIA ZUPPI

## Idrogeologia isotopica della pianura vercellese-novarese (Piemonte)

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,  
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 74 (1983), n.3, p. 157–166.*  
Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1983\\_8\\_74\\_3\\_157\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1983_8_74_3_157_0)>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

---

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma  
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)  
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>



## SEZIONE II

(Fisica, chimica, geologia, paleontologia e mineralogia)

**Geochimica.** — *Idrogeologia isotopica della pianura vercellese-novarese (Piemonte)*. Nota di GIANCARLO BORTOLAMI (\*), GIANFRANCO OLIVERO (\*), FABIO PIOVESANA (\*\*), BRUNO RICCI (\*\*\*) e GIAN MARIA ZUPPI (\*), presentata (\*\*\*\*) dal Corrisp. R. MALARODA.

SUMMARY. — Isotopic geochemical data from the ground-waters of Po Plain in the Vercelli and Novara areas are presented. Different ground-water systems are recognized according to recharge basin and underground flow patterns. These ground-water system are, essentially, related to Dora Baltea-Po, Cervo-Elvo, Sesia and Ticino rivers.

### 1. PREMESSA

Questo lavoro fa parte delle indagini idrogeologiche sulla Pianura Padana piemontese che, iniziate da oltre una decina d'anni, hanno trovato un notevole sostegno nel programma di studi sulle falde idriche profonde della intera Padania patrocinato dall'IRSA-CNR ed oramai da tempo concluso (IRSA, 1982). Vengono ripresi i dati di Geochimica isotopica (distribuzione areale dell'ossigeno 18) sulle falde idriche profonde del settore padano vercellese-novarese.

Tali dati sono stati ricavati da alcune tesi di laurea (Maso, 1977; Piovesana, 1977; Rabajoli, 1977) dirette da uno degli AA. (G.B.). Le analisi isotopiche sono state eseguite da uno degli AA. (G.M.Z.) con la collaborazione degli allora laureandi V. Maso e F. Piovesana presso il « Laboratoire de Géologie Dynamique de l'Université P. et M. Curie, Paris VI ».

### 2. GENERALITÀ SULLE TECNICHE ISOTOPICHE APPLICATE ALL'IDROGEOLOGIA

Gli isotopi di uno stesso elemento (ad esempio  $^{16}\text{O}$ ,  $^{17}\text{O}$  e  $^{18}\text{O}$  per l'ossigeno) mostrano piccole diversità di comportamento nell'insieme dei processi chimico-

(\*) Istituto di Geologia dell'Università, Palazzo Carignano, Via Accademia delle Scienze 5, 10123 Torino.

(\*\*) Aquater, 61047 San Lorenzo in Campo, Pesaro.

(\*\*\*) Centro di Studio sui Problemi dell'Orogeno delle Alpi Occidentali del CNR, Via Accademia delle Scienze 5, 10123 Torino.

(\*\*\*\*) Nella seduta del 12 marzo 1983.

fisici (ad esempio, nel corso di passaggi di fase: solido  $\rightleftharpoons$  liquido  $\rightleftharpoons$  vapore) collegabili alle differenze di massa.

Nel caso delle acque naturali la variazione del rapporto tra il contenuto in isotopo di massa maggiore e meno comune ( $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$ ) e quello di massa minore e più abbondante ( $^{16}\text{O}$  e  $^1\text{H}$ ) viene espressa in termini di differenza in parti per mille ( $\delta$  ‰) rispetto ad uno *standard* di riferimento chiamato SMOW (Standard Mean Ocean Water) secondo la relazione

$$\delta \text{ ‰} = \frac{R \text{ campione} - R \text{ standard}}{R \text{ campione}} \times 1000$$

ove  $R = ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  oppure  $^2\text{H}/^1\text{H}$ . Lo standard SMOW rappresenta la composizione isotopica media dell'acqua oceanica, la quale costituisce il punto iniziale e finale di tutti i cicli idrologici.

Le masse di vapor d'acqua che si separano dall'oceano risultano impoverite in ossigeno 18 rispetto all'acqua oceanica poiché, a motivo della differenza di tensione di vapore tra le specie isotopiche,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  (molecola pesante) è meno volatile di  $\text{H}_2^{16}\text{O}$  (molecola leggera); le medesime considerazioni valgono per gli isotopi dell'idrogeno.

Durante il fenomeno opposto, quando le masse di vapore atmosferico sono soggette, nel corso dei loro spostamenti nell'atmosfera, a fenomeni di raffreddamento e di condensazione con formazione di precipitazioni, le molecole più pesanti condensano più facilmente e la massa di vapor d'acqua rimanente risulta ulteriormente arricchita in isotopi leggeri rispetto alla massa di partenza.

Il grado di condensazione dipende dalla temperatura ed anche i valori in  $^{18}\text{O}$  (o  $^2\text{H}$ ) risultano correlati con la temperatura di formazione delle precipitazioni.

Questa relazione con la temperatura è funzione della latitudine, dell'altitudine (il contenuto in ossigeno 18 delle precipitazioni diminuisce con l'aumentare della latitudine e dell'altezza) e della stagione (le precipitazioni invernali sono maggiormente impoverite in isotopi pesanti rispetto a quelle estive).

La composizione isotopica delle acque sotterranee in sistemi idrici ben omogeneizzati è, di regola, uguale o prossima alla composizione isotopica media dell'acqua di precipitazione nella zona di ricarica del sistema.

La differenza in  $\delta$   $^{18}\text{O}$  di due falde idriche diverse corrisponde a quella delle precipitazioni nelle rispettive zone di ricarica; in altri termini, se la zona di alimentazione di due falde idriche è situata ad altitudini differenti, la loro composizione isotopica sarà pure differenziata. Se le falde idriche sono ricaricate da acque di superficie, la loro composizione isotopica rifletterà l'altitudine media dei rispettivi bacini idrografici. L'importanza di questo tracciante naturale deriva principalmente dal fatto che l'ossigeno 18 risulta, nell'ambito delle temperature biologiche, indipendente dai fattori che invece condizionano, a motivo di fenomeni di messa in soluzione o di scambio, la stabilità dei composti chimici dell'acqua durante il suo movimento all'interno dell'acquifero. Il patrimonio isotopico dell'acqua rimane invece costante dal momento stesso in cui la goccia d'acqua cade sul terreno e si infiltra, a meno che non intervengano fenomeni di mescolamento con acque a composizione isotopica diversa.

## 3. RISULTATI ED INTERPRETAZIONE

I campioni analizzati sono riferiti al settore orientale della Padania piemontese. I risultati sono riportati nelle Tabelle I e II ed espressi in per mille. L'errore analitico è stimato a 0,05 ‰ per l'ossigeno e 1,00 ‰ per il deuterio.

TABELLA I

*Composizione isotopica in ossigeno 18 dei corsi d'acqua e laghi principali.*

Nome	Data	$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$
T. Cervo (a Sagliano Micca) . . . . .	08/03/75	— 10,33
T. Cervo (a Buronzo) . . . . .	06/06/76	— 10,88
T. Elvo (a Salussola) . . . . .	27/03/76	— 9,75
T. Sessera (a Crevacuore) . . . . .	08/03/75	— 11,34
F. Sesia (a Borgosesia) . . . . .	08/03/75	— 12,56
F. Sesia (a Gattinara) . . . . .	15/04/76	— 11,30
F. Sesia (a Vercelli) . . . . .	02/02/77	— 10,40
F. Sesia (a C.na Devesio, San Nazzaro) . . . . .	20/01/77	— 11,11
F. Po (a Trino Vercellese) . . . . .	08/03/75	— 11,83
F. Po (a Chivasso) . . . . .	08/03/75	— 12,77
T. Rovasenda (a Rovasenda) . . . . .	15/04/76	— 9,52
F. Dora Baltea (a Borgo Revel) . . . . .	08/03/75	— 13,34
F. Ticino (a San Martino) . . . . .	02/02/77	— 9,95
F. Ticino (a Castelletto Ticino) . . . . .	02/10/76	— 9,41
T. Agogna (a Monticello) . . . . .	02/02/77	— 9,09
Lado d'Orta (a Orta San Giulio) . . . . .	17/03/77	— 8,05
Lago Maggiore (ad Arona) . . . . .	02/10/76	— 9,93

Si è cercato, utilizzando i dati isotopici relativi ai principali corsi d'acqua della zona (Po, Dora Baltea, Elvo, Cervo, Sesia, Agogna, Ticino), di distinguere, nell'ambito delle falde idriche sotterranee, le diverse province idriche ad essi collegate per alimentazione.

TABELLA II

*Composizione isotopica delle falde idriche del settore vercellese-novarese della Pianura Padana.*

N.	Data prelievo	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$	$\delta^2\text{H} \text{‰}$	Località
1	22/09/76	— 9,28		Acqued. Dormelletto
2	02/10/76	— 8,88		Fabbr. Plastic, Talormo
3	02/10/76	— 8,57		Fabbr. Vicario, Gattico
4	16/03/76	— 8,56		Acqued. Prato Sesia
5	22/09/76	— 8,38		Acqued. Cureggio
6	15/09/76	— 9,05		Aggrate C.
7	15/09/76	— 8,48		Acqued. Fontaneto
8	15/09/76	— 8,90		Vecchio Forno, Marano Ticino
9	16/03/76	— 9,0		Acqued. Romagnano Sesia
10	15/09/76	— 9,42		Acqued. Cavaglio
11	30/07/76	— 8,50		Gattinara
12	16/03/76	— 9,15		Ghemme
13	26/08/76	— 9,02		S. Grato, Cavaglietto
14	20/01/76	— 9,46		Fabbr. Ponti, Sizzano
15	15/06/76	— 10,37		Banca Sella, Biella
16	15/06/76	— 10,25	—71,3	Pettinatura B.ese, Vigliano B.ese
17	15/06/76	— 10,06	—70,3	Via Mulino, Vigliano B.ese
18	01/06/76	— 10,29		San Quirico, Vigliano B.ese
19	15/06/76	— 9,17	—62,5	Cossato
20	16/03/76	— 9,66		Sizzano
21	15/06/76	— 10,47	—73,0	Lanif. Gerlanda, Biella
22	15/06/76	— 10,06		Lanif. Gerlanda, Biella
23	15/06/76	— 10,84		Lanif. Perona, Valdengo
24	01/06/76	— 9,59		Lenta
25	20/01/76	— 9,63		Fara Novarese
26	26/08/76	— 7,87		Fraz. Agnellengo, Momo
27	15/06/76	— 9,31	—63,0	Sandigliano
28	30/06/76	— 8,51		C.na Tornielli, Rovasenda
29	16/03/76	— 9,48		Fara Novarese
30	06/12/76	— 8,17		Badia di Dulzago
31	06/12/76	— 8,29		Cavagliano
32	15/06/76	— 9,52	—66,2	Eden B. Verrone
33	01/06/76	— 9,44		Rovasenda
34	16/03/76	— 9,61		Acqued. Carpignano Sesia
35	15/06/76	— 9,69		Sinterama, Sandigliano
36	16/03/73	— 9,39		Sillarengo
37	20/01/77	— 9,71		Sillarengo
38	06/12/76	— 9,83		Caltignaga
39	15/06/76	— 9,94	—69,3	Tintoria, Sandigliano
40	15/06/76	— 9,31		S.C.M.A., Sandigliano
41	01/06/76	— 8,97		C.ne San Giacomo
42	01/06/76	— 9,59		Sandigliano
43	01/06/76	— 9,77		Cerrione
44	01/06/76	— 9,58		Arborio
45	16/03/76	— 9,67		Landiona
46	20/01/77	— 9,66		Acqued. Landiona
47	16/03/76	— 9,38		Acqued. Mondello Vitta
48	06/12/76	— 8,71		Acqued. Cameri
49	01/06/76	— 9,57		Crocicchio, Formigliana
50	20/01/77	— 10,22		Acqued. Vicolungo
51	16/03/76	— 9,35		Mandello

Segue: TABELLA II.

N.	Data prelievo	$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰}$	$\delta^2\text{H} \text{ ‰}$	Località
52	20/01/76	— 8,42		Acqued. Casaleggio
53	20/01/76	— 8,98		Fraz. Nibbia, San Pietro Morozzo
54	16/03/76	— 10,35		Acqued. Vicolungo
55	02/02/77	— 8,42		Acqued. Veveri
56	01/06/76	— 9,77		Cerrione
57	30/06/76	— 9,30		Piverone
58	30/06/76	— 10,27		Zimone
59	30/06/76	— 8,44	—56,2	Arro
60	16/03/76	— 9,82		Recetto
61	16/03/76	— 9,95		Biandrate
62	30/06/76	— 9,40		Rolle
63	30/06/76	— 9,22		Salussola
64	30/06/76	— 8,70		La Lista
65	16/03/76	— 10,58		San Nazzaro Sesia
66	20/01/77	— 10,61		Acqued. San Nazzaro Sesia
67	20/01/77	— 8,74		Casalgiate, Novara
68	02/02/77	— 8,92		Fabbr. Pavese Novara
69	02/02/77	— 10,51		Treccate
70	30/06/76	— 8,84		Viverone
71	30/06/76	— 9,20		Cavaglia
72	01/06/76	— 8,86		Casanova Elvo
73	30/06/76	— 8,60		Collobiano
74	01/06/76	— 9,46		Oldenico
75	16/03/76	— 9,87		Fraz. Devesio, San Nazzaro
76	20/01/77	— 9,67		Fraz. Ponzana, Casalino
77	02/02/77	— 9,95		Acqued. Olengo
78	30/06/76	— 10,39		Francia Avetta, Cossano C.se
79	15/06/76	— 11,75		Casello autostr. Santhià
80	30/07/76	— 9,12		Vettigné
81	16/03/76	— 10,52		Villata
82	02/02/77	— 9,54		Garbagna
83	02/02/77	— 10,40		Sozzago
84	30/06/76	— 9,67		Quinto Vercellese
85	16/03/76	— 9,47		Borgo Vercelli
86	02/02/77	— 9,67		Fraz. Prealpa, Casalino
87	02/02/77	— 10,35		Acqued. Tornago
88	03/06/80	— 11,77	—81,8	Acqued. Maglione
89	30/06/76	— 10,72		Borgo d'Ale
90	15/06/76	— 10,19		Stab. Magliola, Santhià
91	30/06/76	— 11,80	—83,0	San Germano Vercellese
92	30/06/76	— 9,11		Olcengo
93	30/06/76	— 8,67	—57,1	Caresanablot
94	30/06/76	— 10,27		Tronzano
95	15/06/76	— 12,88	—92,1	Casello autostr. Borgo d'Ale
96	30/06/76	— 11,13		C.na Carbondolo, Bianzè
97	05/08/76	— 11,73		Crova
98	05/08/76	— 10,24		Selve
99	05/08/76	— 9,22		C.ne di Strà, Vercelli
100	16/03/76	— 8,86		Fraz. Brarola, Vinzeglio
101	30/06/76	— 11,56		Villareggia
102	30/06/76	— 11,32	—79,0	Cigliano
103	30/06/76	— 12,08	—86,0	Bianzè
104	05/08/76	— 11,83		Carpeneto
105	05/08/76	— 9,17		Sali Vercellese
106	05/08/76	— 9,16		Casalrosso
107	05/08/76	— 9,50		Larizzate
108	15/06/76	— 12,44	—89,2	Casello autostr. Cigliano

Segue: TABELLA II.

N.	Data prelievo	$\delta^{18}\text{O} \text{‰}$	$\delta^2\text{H} \text{‰}$	Località
109	05/08/76	- 11,01		Oschiena
110	05/08/76	- 9,83		Carengo
111	16/03/76	- 8,94		Palestro
112	16/03/76	- 9,72		Robbio Lomellina
113	30/06/76	- 12,03		Ronchi
114	30/06/76	- 12,07		Livorno Ferraris
115	16/07/76	- 9,47		Lachelle
116	05/08/76	- 9,13		Desana
117	05/08/76	- 9,00		Prarolo
118	30/06/76	- 11,49		Rondissone
119	30/06/76	- 12,82		Sant'Antonino
120	16/07/76	- 10,74		Castell'Apertole
121	16/07/76	- 10,59		C.na Forzedia, Ronsecco
122	16/07/76	- 9,61		Ronsecco
123	16/07/76	- 9,30		Asigliano
124	05/08/76	- 8,85		Pezzana
125	17/03/77	- 8,94		Mortara
126	30/06/76	- 10,83		Saluggia
127	16/07/76	- 11,38		Lamporo
128	30/06/76	- 11,15		Torrazza Piemonte
129	16/07/76	- 11,69		San Germano Vercellese
130	16/07/76	- 9,69		C.na Ariosa, Trino Vercellese
131	05/08/76	- 10,30		Saletta
132	05/08/76	- 9,51		Pertengo
133	05/08/76	- 9,21		Stroppiana
134	05/08/76	- 9,49		Caresana
135	16/03/76	- 9,46		Langosco
136	16/07/76	- 12,03		Borgo Revel
137	16/07/76	- 12,06		Crescentino
138	16/07/76	- 9,48		Fontanetto Po
139	16/07/76	- 11,14		Trino Vercellese
140	16/07/76	- 9,91		Due Sture, Morano Po
141	16/07/76	- 9,67		Balzola
142	16/03/76	- 9,32		Mantie
143	17/03/76	- 8,71		Terrasa, Candia Lomellina

3-1. *Provenienza delle masse d'aria umida.*

Nel classico diagramma  $\delta^2\text{H}-\delta^{18}\text{O}$  i campioni risultano distribuiti (fig. 1) lungo la retta

$$\delta^2\text{H} = (7,99 \pm 0,17) \delta^{18}\text{O} + (11,08 \pm 1,83).$$

Essendo l'eccesso in deuterio « d » leggermente superiore al valore 10 (Craig, 1961), gli apporti meteorici risultano influenzati essenzialmente da masse d'aria umida di provenienza atlantica, a cui si aggiungono modesti apporti mediterranei, come è stato evidenziato in precedenti lavori (Bortolami *et alii*, 1978; Zuppi & Bortolami, 1983).

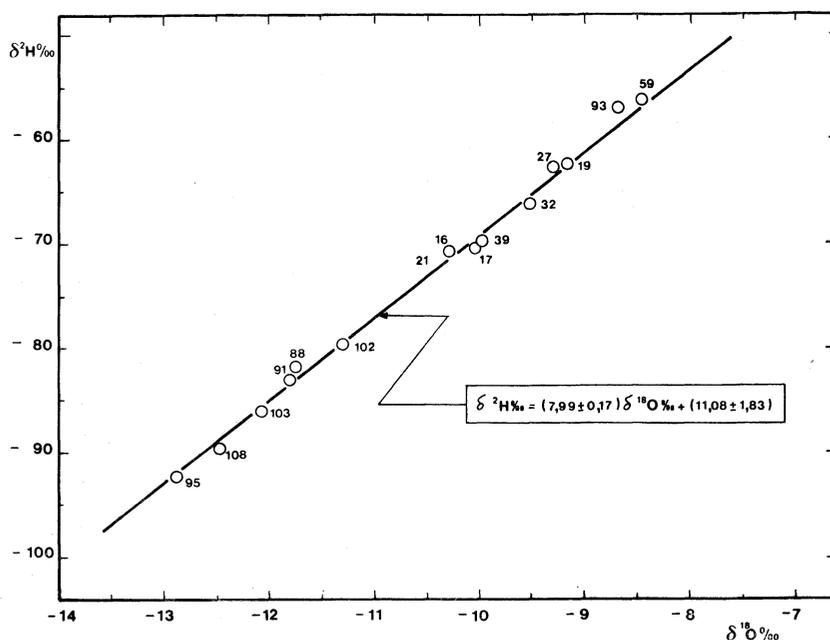


Fig. 1. - Diagramma  $\delta^2\text{H}$ — $\delta^{18}\text{O}$  relativo alle acque sotterranee del settore vercellese-novarese della Padania piemontese.

Il coefficiente di correlazione è 0,99, l'errore relativo di correlazione 0,95.

### 3-2. Le province idriche della pianura vercellese-novarese ed i rispettivi bacini di alimentazione.

Il sistema Po-Dora Baltea mostra, a Trino Vercellese, un valore medio annuo di  $-12,30 \pm 0,30$  ed una variazione di  $1,3\text{‰}$ .

Il sistema Elvo-Cervo è caratterizzato da un bacino idrografico di modesta estensione, che permette una rapida risposta ai segnali meteorici. La composizione isotopica media in ossigeno 18 per l'Elvo è  $-9,75$  e per il Cervo  $-10,57$ , con una variazione rispettivamente di  $1,00$  e  $0,55\text{‰}$ .

Il Fiume Sesia presenta a Borgosesia un valore medio annuo in ossigeno 18 di  $-10,43 \pm 0,30$  ed una variazione di  $2,8\text{‰}$ ; a Vercelli invece mostra un valore medio pari a  $-9,73 \pm 0,25$  ed una variazione più ridotta di  $1,2\text{‰}$  (Tab. I). Tale progressivo arricchimento in isotopo pesante è legato agli apporti sia del T. Sesera e del sistema Elvo-Cervo sia a quelli delle falde idriche, presenti in destra idrografica.

Il Ticino, a causa dell'effetto tampone dovuto al Lago Maggiore, presenta una notevole uniformità di composizione isotopica, con un valore medio vicino a  $-10,00\text{‰}$  ed una variazione di circa  $0,50\text{‰}$ .

Le composizioni isotopiche diverse di questi sistemi idrici sono legate alle differenti altimetrie dei rispettivi bacini idrografici.

Nella mappa della distribuzione areale, relativa alle falde idriche, dell'ossigeno 18 (fig. 2) risulta evidenziata, a partire dal margine sud-occidentale della Provincia di Vercelli, un'ampia area, ben delimitata, a composizione isotopica prossima a  $-12\text{‰}$ . Questa zona corrisponde ad un paleocorso della Dora Baltea, a direzione più o meno parallela all'asse padano. Durante il tragitto sotterraneo, come ben si nota in fig. 2, le acque legate alla Dora vanno soggette via via a diluizioni con quelle del sistema Elvo-Cervo.

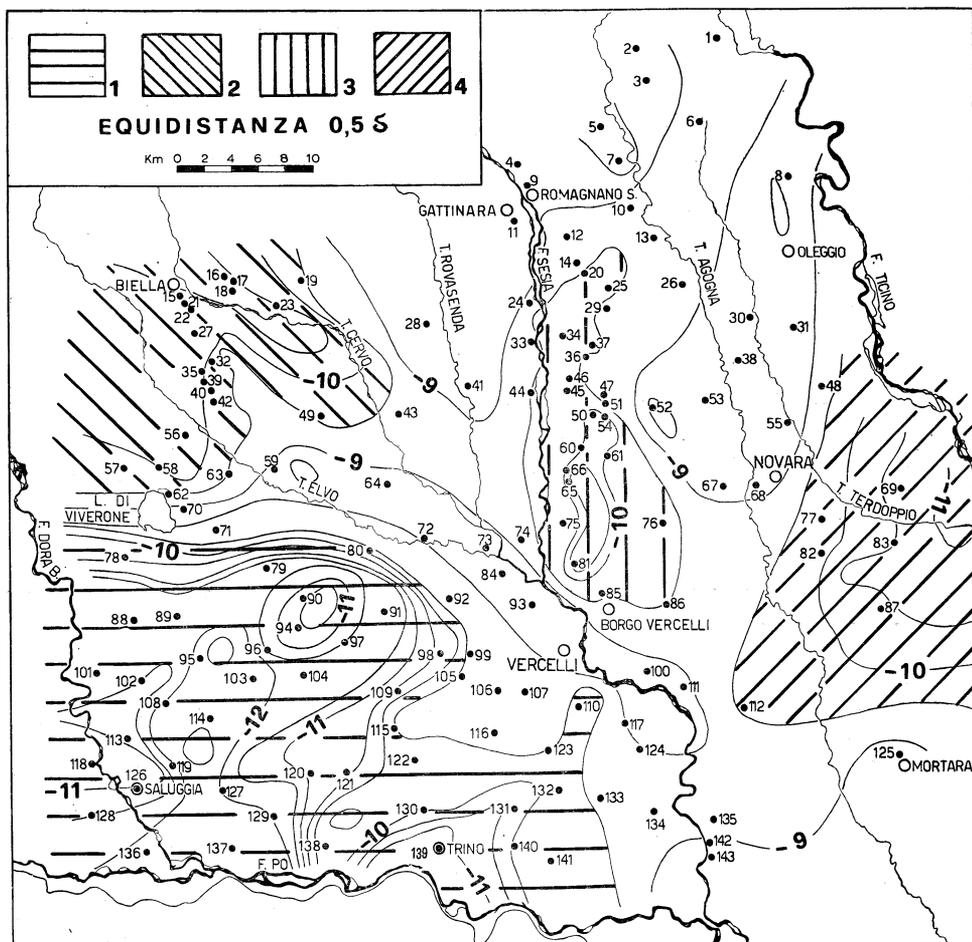


Fig. 2. - Distribuzione del contenuto in ossigeno 18, espresso in  $\delta$  per mille, in relazione ai differenti sistemi idrici di ricarica: 1) Po-Dora Baltea; 2) Elvo-Cervo; 3) Sesia; 4) Ticino.

La numerazione relativa ai punti d'acqua campionati corrisponde a quella di Tab. II.

Tenuto conto della situazione geolitologica della zona al piede della Collina Torino-Casale, in corrispondenza alla quale le alluvioni quaternarie, di spessore modesto (una diecina di metri), poggiano direttamente sui depositi marini del Bacino Terziario Piemontese praticamente impermeabili, si nota in questo tratto

(campione n. 139) una zona di perdita verso NE del sistema Po-Dora Baltea sulla diretta prosecuzione del Torrente Stura di Val Cerrina (Trino).

Si osserva abbastanza bene, nel settore nordoccidentale, l'influenza del sistema Elvo-Cervo fino ad una diecina di chilometri dalla confluenza con il F. Sesia (campione n. 93). La composizione isotopica nella zona più prossima all'area di ricarica (campione n. 23) è quasi uguale a quella annuale del F. Cervo. La diluizione che si verifica nel decorso sotterraneo, a direzione SE, evidenzia la notevole influenza degli apporti locali.

Verso Sud è presente una zona, relativa all'Anfiteatro Morenico di Ivrea, alimentata da apporti meteorici locali cui si aggiungono in profondità perdite della Dora Baltea a valle di Ivrea; questi apporti alpini profondi circolano entro depositi fluvio-glaciali (campione n. 88, relativo all'Acquedotto di Maglione) ricoperti da materiale morenico.

Le acque appartenenti al bacino del Sesia sono caratterizzate da un valore medio in ossigeno 18 un po' superiore a  $-10\text{‰}$  ed è possibile seguirle nel loro andamento sino al congiungimento con il sistema Elvo-Cervo. Nel tratto di « alta pianura » tra Gattinara e Greggio le acque risultano mescolate con apporti più locali e la composizione isotopica arriva come valore massimo in ossigeno 18 a  $-9,75\text{‰}$ .

A Sud-Est di questa zona le acque del Sesia si incontrano e si mescolano con quelle del Ticino. Quest'ultimo è caratterizzato da valori in  $\delta^{18}\text{O}$  leggermente più positivi rispetto al Sesia (prossimi a  $-10\text{‰}$ ). Tra le aree alimentate dal Sesia e dal Ticino è presente un ampio settore con acque più positive (tra  $-8,26$  e  $-9,00\text{‰}$ ) collegabili per alimentazione al sistema Agogna-Terdoppio, bene in armonia con le condizioni morfo-altimetriche dei bacini idrografici di questi corsi d'acqua.

Nell'area meridionale (Lomellina) risulta evidente una zona di mescolamento delle varie province idriche con valori in ossigeno 18 attorno a  $-9,50\text{‰}$ . Tale composizione, leggermente arricchita in isotopi pesanti rispetto a quella delle principali direttrici di deflusso, è dovuta probabilmente anche ad apporti dal Monferrato, dove la composizione isotopica di varie emergenze è compresa tra  $-8,25$  e  $-9,42\text{‰}$  (Bortolami *et Alii* 1980a). Sembra quindi che la zona della Lomellina sia da considerare come la « *gouttière* » non solo di tutto il sistema sotterraneo del Piemonte orientale (Province di Vercelli e Novara) ma anche della zona lombarda a NNW di Milano.

#### BIBLIOGRAFIA

- BORTOLAMI G., RICCI B., SUSELLA G. F. e ZUPPI G. M. (1978) - *Isotope Hydrology of Val Corsaglia, Maritime Alps, Piedmont, Italy*. « Isotope Hydrology 1978, IAEA », Vienna, 1, 327-350, 11 ff., 2 tabb.
- BORTOLAMI G., DE VECCHI PELLATI R., RICCI B. e ZUPPI G. M. (1980a) - *Indagine idrogeochimica preliminare delle sorgenti alimentate da circuiti profondi della zona collinare compresa tra il corso del Po e del Tanaro (Piemonte)*. I° Seminario Informativo Sottoprogetto Energia Geotermica, CNR, 411-423, 3 ff., 1 tab.

- BORTOLAMI G., FANNUCCI O., PIOVESANA F., RABAJOLI E., RICCI B. e ZUPPI G. M. (1980b) - *Studio idrogeochimico delle falde profonde della pianura novarese*. « Quaderni IRSA », 51 (1), 151-178, 16 ff., 1 tab.
- BORTOLAMI G., FANNUCCI O., MASO V., RICCI B. e ZUPPI G. M. (1980c) - *Costruzione di carte idrogeochimiche mediante elaboratore elettronico*. « Le Strade », n.s. 82, 153-162, 8 ff.
- CRAIG H. (1961) - *Isotopic variations in meteoric waters*. « Science », 133, 1833-1834, 1 f.
- IRSA (Istituto Ricerca sulle Acque) (1982) - *Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana*. « Quaderni IRSA », 51 (2), 1-70, 12 ff.
- MASO V. (1977) (ined.) - *Studio idrogeologico della pianura vercellese*. Tesi Univ. Torino, 185 pp.
- PIOVESANA F. (1977) (ined.) - *Studio idrogeochimico della pianura novarese*. Tesi Univ. Torino, 84 pp.
- RABAJOLI E. (1977) - (ined.) - *Studio geoidrologico della pianura novarese*. Tesi Univ. Torino, 72 pp.
- ZUPPI G. M. e BORTOLAMI G. (1983) - *Hydrogeology: a privileged field for environmental stable isotopes applications: some Italian examples*. « Boll. SIMP », in stampa.