

CARATTERISTICHE IDROCHIMICHE DELLE ACQUE DEL SUBALVEO DEL FIUME ASPIO (ANCONA)

INDICE

RIASSUNTO	pag.	75
ABSTRACT	„	75
INTRODUZIONE	„	75
ORIENTAMENTI DI GEOLOGIA	„	75
LA FALDA DEL SUBALVEO	„	77
CARATTERISTICHE CHIMICHE DELLE ACQUE	„	77
— ACQUE SUPERFICIALI	„	77
— ACQUE SOTTERRANEE	„	79
DISCUSSIONE DEI RISULTATI	„	81
CONCLUSIONI	„	85
BIBLIOGRAFIA	„	87

RIASSUNTO

Lo studio del chimismo delle acque sotterranee presenti nella falda del subalveo del fiume Aspio ha permesso di suddividere la falda in due parti, una superiore ed una inferiore, che presentano caratteristiche chimiche completamente diverse.

Nella parte superiore della falda prevalgono acque senza azione dominante e derivanti dalla diretta infiltrazione delle acque superficiali di origine essenzialmente meteorica.

Nella parte inferiore si hanno acque cloruro-sodiche derivanti dal mescolamento delle acque della falda con le acque salate provenienti dal Pliocene inferiore. Queste ultime hanno possibilità di risalire attraverso le faglie NO-SE- e NE-SO interessanti tutta la zona esaminata.

La parte superiore e quella inferiore della falda sono separate da un'interfaccia che costituisce il substrato delle acque «dolci» presenti nella falda del subalveo del fiume Aspio.

ABSTRACT

This paper describes the results of hydrochemical studies of groundwater existent in the Aspio river unconfined aquifer.

This aquifer is divided in two parts, each with different chemical characters. In the upper part of the aquifer we have waters without dominant ions and deriving from direct infiltration of meteoric waters.

The lower part is characterised by chlorine-sodium waters deriving from the rise of salt waters present in lower Pliocene. The salt waters rise, probably, through the NW-SE and NE-SW faults present in the examined area.

The upper and lower part of the aquifer are separated by an interface representing the «substratum» of «fresh» water existing in the unconfined aquifer of the Aspio river.

(*)Istituto di Chimica, Facoltà di Ingegneria, Università di Ancona.

(**)Istituto di Geologia Applicata, Facoltà di Ingegneria, Università di Ancona.

PAROLE CHIAVE: Idrochimica, Idrogeologia, Fiume Aspio, Ancona.

KEY WORDS: Hydrochemistry, Hydrogeology, Aspio River, Ancona.

INTRODUZIONE

L'area oggetto di questo studio è costituita dal bacino idrografico del fiume Aspio (Tav. 1) situato ad occidente dell'anticlinale cupolare che costituisce il Monte Conero. L'area è caratterizzata da un regime pluviometrico che presenta un minimo localizzato lungo la valle dell'Aspio nei mesi di luglio ed agosto (Fig. 1 e 2), ed un massimo nel mese di ottobre e di settembre per il Monte Conero. La temperatura media è di 14-15°C con minimi in gennaio e massimi in luglio (Fig. 1). I digrammi ombrotermici (Fig. 1) mostrano che si ha un bilancio idrico negativo per i mesi di luglio ed agosto e cioè si ha un unico periodo secco nella stagione estiva (NANNI, 1979).

L'interesse per questo piccolo bacino è dovuto alla presenza, nella falda del subalveo, di acque con elevati valori della conducibilità elettrica dislocati in vari punti della Valle dell'Aspio ed in particolare delle sorgenti mineralizzate delle Fontanelle. Lo scopo di questa indagine è quindi quello di localizzare le aree con alti valori dei parametri chimici e di stabilirne i rapporti con le caratteristiche geologiche della zona.

A questo fine è stata condotta una campagna freaticometrica con lo scopo di conoscere la dinamica della falda, e una fitta campionatura delle acque sotterranee e superficiali.

ORIENTAMENTI DI GEOLOGIA

Le caratteristiche geologiche dell'area indicata s'inquadrano in quelle della regione marchigiana (SELLI, 1951; CERETTI, 1962; FANCELLI R. & RADRIZZANI S., 1964; CRESCENTI ed altri, 1974, 1978; LECHI ed altri, 1978; COLALONGO ed altri, 1979; NANNI, 1979); in questo lavoro vengono riportati solamente gli elementi principali (Tav. 2).

Lo stile tettonico dell'area è a pieghe e faglie ad andamento appenninico (NO-SE e NE-SO). Le faglie NO-SE hanno una componente orizzontale e dislocano le strutture NE-SO (Tav. 2).

La successione stratigrafica è rappresentata essenzialmente da *facies* pelitico-sabbiose e dall'alto verso il basso si hanno:

— sabbie giallastre a stratificazione lenticolare, con lenti di ghiaia e arenaria intercalate ad argille

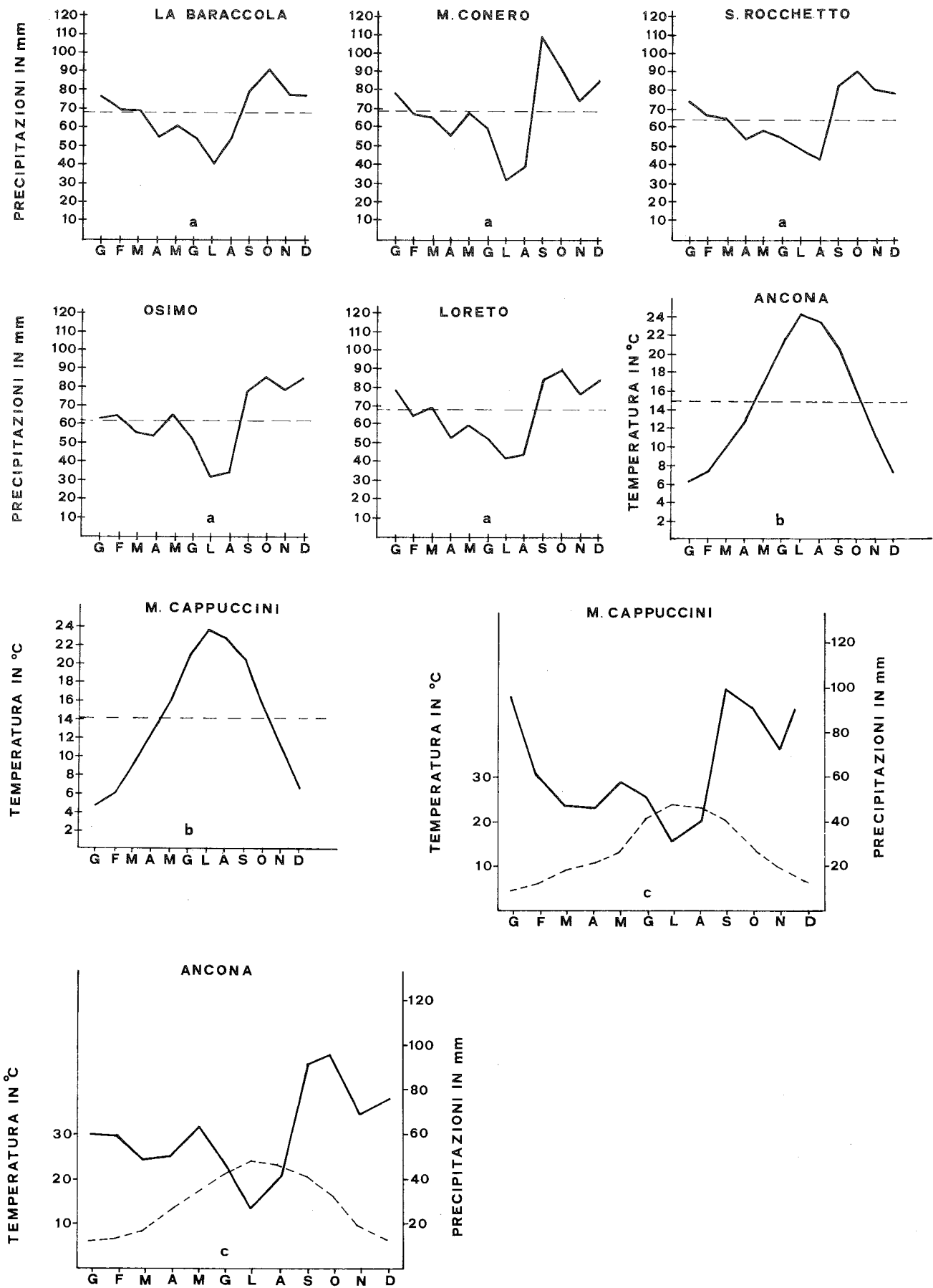


Fig. 1 - a) Diagrammi delle precipitazioni medie mensili del periodo 1921-1971; b) diagrammi termometrici. In ascissa sono riportati i valori medi mensili della temperatura; c) diagrammi ombrotermici. Il periodo critico interessa i mesi di giugno, luglio ed agosto.

CARTA PLUVIOMETRICA
ISOIETE ANNUE

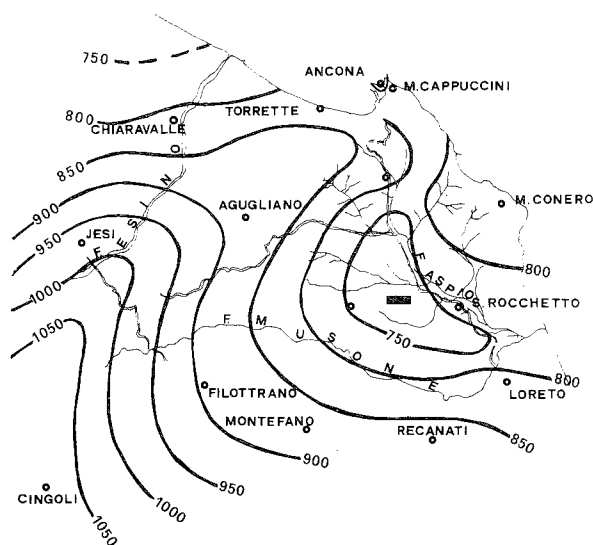


Fig. 2 - Carta pluviometrica delle medie annuali.

siltoso-sabbiose. Unità S₄ (Pleistocene);

- alternanza di argille siltoso-sabbiose ocracee ed arenarie poco cementate. Unità A₄ (Pleistocene);
 - alternanza di argille siltose ocracee con lenti e strati lenticolari di sabbia poco cementata. Le sabbie sono predominanti nella parte bassa (Unità S₃). Lateralmente, verso costa, la S₃ passa ad argille marnoso-siltose fortemente organogene e con grossi complessi canalizzati di arenaria (Unità S₃', Pleistocene);
 - argille marnose siltoso-sabbiose di colore azzurro chiaro ed ocraceo. La stratificazione è evidenziata da straterelli millimetrici di sabbia ocracea fine. Unità A₃ (Pleistocene);
 - argille marnose bluastre a stratificazione evidente e ricche in resti organogeni. Unità A₁-A₂ (Pleistocene);
 - trasgressione;
 - argille marnose ben stratificate di colore azzurro ocraceo (Pliocene medio p.p.);
 - alternanza di sabbie poco cementate con argille marnose scure. Le sabbie sono prevalenti sulle argille (Pliocene inferiore).
- Depositi continentali:
- alluvioni argilloso-limose, sabbioso-argillose con ciottoli calcarei e selciferi derivanti dalla degradazione delle Unità S₃ e S₄. Questi depositi sono presenti soprattutto nelle alluvioni del Fiume Aspicio;
 - alluvioni argilloso-sabbiose con ciottoli di Scaglia e marna e ghiaia sabbiosa.
- Solamente in prossimità del Fiume Musone e del Torrente Betelico si ha mescolanza delle alluvioni con le alluvioni ghiaiose di questi ultimi.

LA FALDA DEL SUBALVEO

Il substrato su cui poggiano le alluvioni dell'Aspicio è di natura essenzialmente argillosa, salvo i

tratti in cui affiorano le sabbie del Pliocene inferiore (Tav. 2) e la parte bassa dell'Unità S₃.

Nelle alluvioni del Fiume Aspicio e del Torrente Betelico è stata condotta, nella primavera del 1978, una campagna freaticometrica al fine di stabilire l'andamento della tavola d'acqua. La ricostruzione della freaticometria si basa su misure condotte in 140 pozzi. Le quote delle isofreatiche sono riferite al livello del mare ed i valori delle quote dei pozzi sul piano di campagna sono stati ricavati dalle carte aereofotogrammetriche alla scala 1:5.000 a 1:2.000 edite dai Comuni della zona.

L'analisi della carta freaticometrica (Tav. 3) permette di suddividere l'area in due zone:

- una settentrionale comprendente la parte iniziale del bacino fino al fosso Scaricalasino;
- una meridionale compresa tra il fosso Scaricalasino ed il fiume Musone.

Nell'area settentrionale l'andamento delle isofreatiche è uniforme ed il flusso è sempre diretto verso il fiume. In questo tratto il fiume viene ricaricato dalla falda.

Nell'area meridionale la freaticometria è più articolata. L'irregolarità delle isofreatiche è dovuta principalmente ai prelievi che in questa zona sono di notevole entità. L'andamento del flusso è influenzato dai prelievi e varia da punto a punto. In generale, comunque, è il fiume che cede acqua alla falda. La freaticometria dei principali affluenti dell'Aspicio è regolare e presenta un flusso diretto verso i fossi ed il Torrente Betelico.

CARATTERISTICHE CHIMICHE DELLE ACQUE

L'indagine del chimismo delle acque dell'Aspicio e del Torrente Betelico è stata condotta sia nelle acque superficiali che in quelle sotterranee. L'analisi chimica dei campioni è stata eseguita in laboratorio subito dopo il loro prelievo, ed i parametri esaminati sono: bicarbonati (C.N.R., 1972); carbonati (C.N.R., 1972); calcio (C.N.R., 1972); magnesio (C.N.R., 1972); ferro (STOOKEY, 1970); cloruri (C.N.R., 1972); solfati (C.N.R., 1972); nitriti (C.N.R., 1972); N.O. (C.N.R., 1972); ammoniacale (C.N.R., 1972); pH (C.N.R., 1972); conducibilità (C.N.R., 1972) e tensioattivi (CRISP, ECKERT & GIBSON, 1976).

ACQUE SUPERFICIALI

Sono state analizzate le acque dei principali affluenti dell'Aspicio e le acque del fiume stesso prima e dopo l'immissione degli affluenti principali. I prelievi delle acque superficiali (Tav. 4) sono stati eseguiti in prossimità dei pozzi per verificare la possibile connessione fra le acque superficiali e quelle di falda. Dai risultati delle analisi, riportati nelle Tabb. 1-2-3-6, risulta che:

- la **conducibilità** delle acque superficiali presenta alti valori (massimi di 1980 μS) anche se notevolmente inferiori ai valori massimi delle acque sotterranee. La distribuzione è casuale, ed i valori più bassi sono stati misurati nel Fiume Aspicio e nel torrente Betelico.

Tabella 1

Camp. n.	1	2	3	4	5	52	53	60
NaHCO ₃	554,4	655,2	907,2	579,6	747,6	604,8	520,8	756,0
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—
D. Tot.	36,5	124,2	57,3	39,3	79,4	49,0	42,9	45,4
D. Temp.	20,3	42,1	39,1	26,1	34,0	22,1	27,0	25,2
D. Perm.	16,2	82,1	18,2	13,2	45,4	26,8	15,9	20,2
Ca ⁺⁺	97,1	409,8	135,6	114,2	199,9	138,5	119,9	122,8
Mg ⁺⁺	29,4	52,0	56,3	26,0	71,1	34,6	31,2	35,5
Ca/Mg	3,3	7,8	2,4	4,3	2,8	4,0	3,8	3,4
Fe ⁺⁺	50	350	90	5	10	120	150	70
Cl ⁻	46,8	75,2	100,1	58,9	274,0	80,9	82,0	274,7
SO ₄ ²⁻	30	53	36	10	355	100	84	95
NO ₂ ⁻	8	—	90	3	12	672	194	3600
NH ₃	—	—	0,09	—	0,01	0,018	0,14	0,42
N.O.	5,2	1,1	12,1	0,6	1,3	2,8	7,4	8,1
Tens.	—	52	8	38	108	144	192	380
pH	7,70	7,14	7,07	7,35	7,46	7,77	7,79	8,08
Cond.	8,5	22,2	13,7	9,5	24,3	11,8	10,6	19,8

Campioni n. 52, n. 53 e n. 60 = Fosso Marganetto

Tabella 2

Camp. n.	6	7	8	54	56
NaHCO ₃	630,0	789,6	982,8	604,8	588,0
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—	—
D. Tot.	53,3	52,9	39,0	41,9	46,5
D. Temp.	34,4	30,4	25,0	24,9	30,8
D. Perm.	18,9	22,5	13,0	17,0	15,7
Ca ⁺⁺	119,9	147,0	85,6	107,1	115,6
Mg ⁺⁺	56,3	39,0	42,4	36,4	42,4
Ca/Mg	2,1	3,7	2,0	2,9	2,7
Fe ⁺⁺	20	150	7420	50	10
Cl ⁻	82,3	54,6	105,0	75,2	72,4
SO ₄ ²⁻	35	41	10	42	44
NO ₂ ⁻	—	7	—	4400	2
NH ₃	—	—	—	0,18	—
N.O.	0,4	4,3	2,1	3,2	0,6
Tens.	86	6	—	76	—
pH	7,31	7,14	7,30	7,85	7,44
Cond.	12,5	11,2	13,6	10,4	10,8

Camp. n. 54 = Fiume Aspico
Camp. n. 56 = Sorgente

- **La concentrazione idrogenionica** varia da un pH di 7,77 ad un pH di 8,40. Questi valori sono superiori ai valori medi delle acque naturali e sono superiori ai valori del pH delle acque sotterranee dell'Aspio. Anche la distribuzione del pH è casuale e non si evidenzia una differenza fra le acque dell'Aspio e quelle dei suoi affluenti.
- **I tensioattivi** sono presenti in tutti i campioni esaminati ma con concentrazione notevolmente diversa. Il valore massimo di 1.050 ppb è stato misurato in un fosso (57) proveniente da Camerano.
- **L'ammoniaca (NH₃)** è presente in tutti i campioni di acque superficiali esaminate con valori simili da punto a punto. Il valore più basso è stato misurato nel torrente Betelico.
- **I nitriti (NO₂)** presentano una distribuzione molto simile alla NH₃, ma con concentrazioni notevolmente superiori. I valori massimi si hanno nel fosso Marganetto.
- **Il numero di ossigeno (N.O.)** è variabile da punto a punto pur presentando sempre valori elevati. I massimi valori si hanno per il fosso 57 con 16,1 ppm.
- **I solfati (SO₄)** ed i cloruri, pur con valori diversi, presentano una distribuzione dei valori casuale. Le concentrazioni massime si sono misurate nel fosso Marganetto e nel fosso 57.
- **Il ferro (Fe⁺⁺)** presenta valori massimi (150 ppb) nei fossi Marganetto e Boranico.
- **Il calcio (Ca⁺⁺)** ha, come tutti gli altri elementi una distribuzione casuale. I valori maggiori si registrano sempre nei fossi Marganetto (138,5 ppm) e Boranico (124,2 ppm).
- **Il magnesio (Mg⁺⁺)** presenta anch'esso una distribuzione casuale con i valori maggiori nel fosso Scaricalasino (40 ppm).

Tabella 3

Camp. n.	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	55	57	58
NaHCO ₃	982,8	470,4	991,2	697,2	873,6	756,0	2087	705,6	184,8	550,2	600,6	554,5	806,4	537,6	672,0	638,4
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21,2	—
D. Tot.	65,8	40,0	44,7	40,0	74,4	58,3	48,7	78,4	85,5	55,8	45,8	44,7	81,6	41,1	38,3	46,9
D. Temp.	33,3	17,5	36,0	27,9	34,9	34,7	20,6	42,6	8,4	26,3	24,0	25,6	33,8	23,6	24,2	30,8
D. Perm.	32,5	22,5	8,7	12,1	39,5	23,6	28,1	35,8	77,1	29,5	21,8	19,1	47,8	17,5	14,1	16,1
Ca ⁺⁺	124,2	102,8	81,3	97,1	119,9	179,9	35,7	199,9	215,6	157,0	142,8	114,2	139,9	124,2	94,2	119,9
Mg ⁺⁺	84,1	34,6	58,9	38,1	107,5	32,0	96,2	68,5	76,3	39,9	24,2	39,0	112,7	24,2	35,5	40,7
Ca/Mg	1,4	2,9	1,3	2,5	1,1	5,6	0,3	2,9	2,8	3,9	5,9	3,9	1,2	5,1	2,6	2,9
Fe ⁺⁺	1000	10	750	2300	120	10	225	160	61	6	10	9	2	150	75	50
Cl ⁻	528,9	44,7	221,5	165,7	1158	93,0	3443	469,3	1746	65,6	139,3	77,7	318,1	73,8	149,1	74,9
SO ₄ ⁻⁻	146	100	44	44	82	102	23	64	168	72	47	62	94	77	100	50
NO ₂ ⁻	16	8	3	7	35	17	—	13	84	—	—	4	7	33	69	473
NH ₃	—	—	—	—	0,02	0,84	6,36	0,03	0,12	—	—	0,36	0,08	0,09	0,20	0,39
N.O.	4,4	4,4	2,7	0,8	2,2	3,7	5,9	1,5	6,3	0,7	0,9	4,4	2,3	4,6	16,1	4,4
Tens.	134	56	—	26	166	82	60	62	23	2	—	—	10	64	1050	100
pH	7,37	7,58	7,35	7,45	7,45	7,50	7,94	7,33	7,61	7,32	7,30	7,28	7,31	7,86	8,40	7,83
Cond.	31,2	9,5	18,6	14,3	45,2	14,7	122,0	23,0	59,5	11,8	10,3	9,7	25,5	9,8	14,5	10,8

Camp. n. 55 = Fosso Boranico

Camp. n. 57 = Fosso proveniente da Camerano

Camp. n. 58 = Fosso Scaricalasino

- **I bicarbonati (HCO₃⁻)** hanno una distribuzione casuale, e, come il calcio, ferro, solfati, cloruri e nitrati, presentano valori massimi nel fosso Marganetto (756,0 ppm). Il valore minimo si ha nel torrente Betelico con 478,8 ppm.
- **I carbonati (CO₃²⁻)** sono assenti in tutti i campioni esaminati eccetto che per il campione 57.
- **La durezza totale**, espressa in °F, ha valori massimi di 49,0°F nel fosso Marganetto e valori minimi di 34,3°F nel torrente Betelico.

Nelle acque superficiali e nei fanghi dei principali affluenti del Fiume Aspio sono stati analizzati, a causa della presenza nella zona di industrie galvaniche, anche elementi quali il cromo (MORROW & Mc ELHANEY, 1974), nichel, rame e cadmio (AGEMIAN & CHAU, 1975; BARNARD & FISHMAN, 1973). In passato (MOGETTA, 1977) si ebbero nell'area dell'Aspio fenomeni di inquinamento delle acque da cromo derivante da scarichi industriali provenienti dalla zona di Camerano. Alla confluenza dell'Aspio con il Fiume Musone si avevano valori di cromo variabili da 500 ppm a 0,48 ppm. Questa variabilità nella concentrazione del cromo era dovuta alla discontinuità degli scarichi industriali.

Anche le analisi dei fanghi effettuate in quel periodo mostravano notevoli concentrazioni di cromo nei fanghi dell'Aspio ed in quelli del fosso Boranico. Dai risultati delle analisi attuali risulta (Tav. 8) che si è avuta una drastica riduzione del cromo nelle acque, attualmente presente in tracce, ed una sensibile diminuzione del cromo presente nei fanghi passando, ad esempio, da concentrazione di 1.388 mg/Kg a 96,8 mg/Kg per i fanghi del fosso boranico. Attualmente in tutta l'area i valori maggiori degli elementi metallici analizzati nei fanghi si riscontrano nel fosso Boranico, alla foce dell'Aspio e nel Fiume Musone, poco dopo la confluenza dell'Aspio.

ACQUE SOTTERRANEE

Sono stati campionati 51 pozzi distribuiti nell'area alluvionale (Tav. 4) e la maggior parte dei campioni sono stati prelevati in pozzi forniti di pompa. Si è inoltre cercato, per quanto possibile, di campionare pozzi ad uso civile. I risultati delle analisi sono riportati nelle Tabb. 1-2-3-4-5-6-7 e, per le specie chimiche HCO₃⁻, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, SO₄²⁻, Cl⁻, NH₃, NO₂⁻, per la conducibilità ed i tensioattivi, sono state elaborate le parti di Tavv. 5-6-7-8-9-10-11-12.

- **Carta della conducibilità** (in μ S), Tav. 5 — Osservando questa carta risulta evidente la notevole e brusca variazione della conducibilità da una zona all'altra. In particolare si evidenziano aree ben localizzate con altissimi valori della conducibilità. A queste aree si accompagnano alti valori nella concentrazione di specie ioniche quali Cl⁻, SO₄²⁻, Mg⁺⁺, Ca⁺⁺, HCO₃⁻, ecc. I valori maggiori della conducibilità sono stati misurati nei pozzi delle «Sorgenti le Fontanelle».
- **Concentrazione idrogenionica (pH)** — Il pH si presenta omogeneamente distribuito in tutta l'area con valori medi di circa 7,5. Il valore minimo si ha nel pozzo 24 con un pH di 7,05; il massimo si ha nel pozzo 57 con un pH di 8,4.
- **Carta dei bicarbonati (HCO₃⁻)**, (Tav. 6) — Le aree ad alta concentrazione dei bicarbonati ripetono, con lievi variazioni, gli andamenti visti nella carta della conducibilità. Sempre netta è l'anomalia riscontrata nei pozzi 48-49-50-51 e 57-12, mentre subiscono una discreta variazione le anomalie presenti nella restante area, rispetto alla carta della conducibilità. I valori massimi (1684 ppm) si hanno nei pozzi delle «Sorgenti le Fontanelle».
- **Carta del calcio (Ca⁺⁺)**, (Tav. 7) — A differenza delle carte precedenti risultano confermate sola-

Tabella 4

Camp. n.	22	23	24	25	26	27	28	29	30
NaHCO ₃	436,8	386,4	571,2	498,8	651,0	604,8	588,0	684,6	625,8
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D. Tot.	29,0	27,5	37,9	40,4	47,9	60,5	46,5	66,2	50,4
D. Temp.	15,1	19,5	23,2	16,1	25,5	33,3	31,7	29,0	23,6
D. Perm.	13,9	8,0	14,7	24,3	22,4	27,2	14,8	37,2	26,8
Ca ⁺⁺	92,8	65,6	129,9	128,5	155,6	177,0	134,2	164,2	148,5
Mg ⁺⁺	13,8	26,9	14,7	19,9	26,0	39,0	23,4	60,7	32,0
Ca/Mg	6,7	2,4	8,8	6,4	5,6	4,5	5,7	2,7	4,6
Fe ⁺⁺	30	39	2	8	17	5	13	624	36
Cl ⁻	39,0	50,4	56,8	54,9	67,0	88,4	49,7	570,1	57,6
SO ₄ ²⁻	6	17	28	16	63	86	53	31	76
NO ₂ ⁻	—	—	—	—	—	—	3	6	14
NH ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—
N.O.	2,3	0,2	0,4	0,9	1,6	1,0	1,4	8,0	2,9
Tens.	—	—	—	—	8	—	4	6	6
pH	7,21	7,41	7,05	7,36	7,20	7,32	7,26,	7,58	7,32
Cond.	7,2	6,5	9,3	8,4	10,2	12,3	9,6	26,8	10,0

Tabella 5

Camp. n.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
NaHCO ₃	638,4	579,6	1251,6	806,4	714,0	663,6	1041,6	625,8	487,2	621,6
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D. Tot.	56,9	50,1	64,8	78,0	54,4	59,4	76,2	51,5	36,1	45,8
D. Temp.	31,0	22,5	36,9	33,7	35,5	25,1	51,2	27,7	7,0	21,1
D. Perm.	25,9	27,6	27,9	44,3	18,9	34,3	25,0	23,8	29,1	24,7
Ca ⁺⁺	137,0	128,5	119,9	202,7	158,5	162,8	191,3	128,5	95,6	101,4
Mg ⁺⁺	54,6	43,3	84,1	65,9	35,5	45,1	68,5	46,8	29,5	49,4
Ca/Mg	2,5	2,9	1,4	3,0	4,4	3,6	2,8	2,7	3,2	2,0
Fe ⁺⁺	5	28	1470	3	12	38	6	6	34	26
Cl ⁻	92,3	67,6	483,7	161,4	42,2	113,9	146,0	65,3	107,2	160,8
SO ₄ ²⁻	84	43	66	42	59	64	102	53	96	—
NO ₂ ⁻	—	54	3	4	—	—	4	—	12	54
NH ₃	—	—	—	—	—	—	0,06	—	0,40	0,20
N.O.	1,1	1,0	4,9	2,0	0,9	0,8	1,5	0,9	16,0	15,8
Tens.	8	8	10	16	—	4	—	2	42	63
pH	7,29	7,36	7,21	7,36	7,32	7,52	7,30	7,53	7,73	7,72
Cond.	14,1	10,8	28,3	20,5	10,4	11,7	15,5	10,5	9,3	16,5

un massimo di 8,8, per il pozzo 24, ad un minimo di 0,2 per i pozzi delle Fontanelle.

Osservando i diagrammi di Piper di Fig. 3, in cui sono riportati i valori percentuali delle concentrazioni di tutti i campioni esaminati, risulta che le acque del subalveo del Fiume Aspio sono costituite da due diversi tipi d'acqua.

Un tipo è costituito da acque cloruro-sodiche (camp. 21, 9, 16, 15, 13, 17, 29, 5, 2, 45, 33, 48, 49, 50 e 51) con concentrazioni diverse delle specie chimiche da campione a campione.

L'altro tipo è costituito da acque in cui non si ha nessun ione dominante e che presentano una concentrazione simile di HCO_3^- , Ca^{++} e $\text{Na}^+ + \text{K}^+$.

I campioni d'acque cloruro-sodiche cadono tutti nelle aree ad alta concentrazione dei parametri chimici analizzati (Tav. 5) e coincidono con le aree sottoposte a forti prelievi dalla falda. I campioni d'acqua senza ioni dominanti sono invece associati ad aree senza o con scarsi prelievi. In quest'ultimo tipo di acqua ricadono anche i campioni di acque superficiali del Fiume Aspio e dei suoi affluenti principali. Nei diagrammi di Stif (Fig. 4) e nei diagrammi di Fig. 5 vengono visualizzati i due tipi d'acqua e si può osservare la forte similitudine tra le acque superficiali e le acque di falda senza ioni dominanti.

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

La freaticimetria della falda del subalveo del Fiume Aspio e dei suoi principali affluenti (Tav. 3) presenta un andamento in genere regolare con un flusso diretto dalla falda al fiume. Solamente nella parte bassa dell'Aspio la tavola d'acqua è più irregolare a causa dei forti prelievi esistenti in questa zona. L'andamento del flusso in quest'ultima zona è condizionato oltre che dai prelievi, anche dalla presenza di un paleoalveo dell'Aspio. A causa di ciò si ha un flusso diretto dai limiti dell'area alluvionale verso il paleoalveo e, in questo caso, è il fiume a ricaricare la falda. Anche i forti spessori delle alluvioni nella sinistra orografica del tratto terminale dell'Aspio sono connessi con il colmamento di questo paleoalveo.

I risultati delle analisi chimiche delle acque superficiali mostrano una maggiore concentrazione di tutte le specie chimiche nei campioni prelevati nei fossi prossimi a centri abitati ed a zone industriali (Piani della Baraccola, Camerano) come il Fosso Marganetto ed il Fosso Boranico. Procedendo verso la confluenza con il fiume Musone la concentrazione di tutte le specie chimiche presenti nelle acque dell'Aspio e dei suoi principali affluenti tende a diminuire.

L'analisi dei metalli (cromo, nichel, cadmio e rame) presenti nelle acque e nei fanghi dell'Aspio e dei suoi principali affluenti (Tab. 8) denotano una forte diminuzione delle concentrazioni rispetto ai valori riportati nelle analisi effettuate da MOGETTA (1977). Attualmente, nelle acque, si hanno solamente tracce dei metalli analizzati; mentre nei fanghi, pur notando un notevole calo, si hanno sempre concentrazioni elevate, soprattutto di cromo, che persistono lungamente anche dopo che sono cessati gli scarichi inquinanti come nel caso del Fosso Boranico e della foce dell'Aspio.

mente le aree anomale ubicate attorno ai pozzi 18-17 e 46. Vengono messe in risalto le aree ad alta concentrazione localizzate attorno ai pozzi 2 e 5-53 non chiaramente evidenziate nelle carte precedenti. I valori massimi (409 ppm) si hanno nel pozzo 2.

- **Carta del magnesio (Mg^{++})**, (Tav. 8) — L'andamento delle isolinee di ugual concentrazione rispecchia quello della conducibilità e dei bicarbonati. Rispetto alla carta del Ca^{++} si riscontra una notevole diversità nella estensione e distribuzione delle zone anomale. I valori massimi si hanno nei pozzi «Sorgenti le Fontanelle» con 331,2 ppm.
- **Carta della durezza totale (in °F)**, (Tav. 9) — Le isolinee ripetono sostanzialmente l'andamento presente nelle carte precedenti. In questa non viene evidenziata, come nella carta del Ca^{++} , la zona anomala presente attorno al pozzo 33. I valori massimi (100°F) si hanno sempre alle «Sorgenti le Fontanelle» e attorno al pozzo 2.
- **Carbonati (CO_3^{--})** — In tutti i campioni esaminati non si ha presenza di carbonati.
- **Carta dei cloruri (Cl^-)**, (Tav. 10) — Ripete sostanzialmente l'andamento delle carte precedenti, eccetto la carta del Ca^{++} , confermando ed evidenziando le aree ad alta concentrazione. I valori maggiori si hanno, a differenza delle carte precedenti attorno al pozzo 48 con 9.289 ppm.
- **Carta dei solfati (SO_4^{--})**, (Tav. 11) — Questa carta presenta notevoli differenze rispetto alle carte precedenti ed in particolare rispetto alla carta dei cloruri. Le aree ad alta concentrazione presentano un'estensione più limitata ma sempre ubicate in prossimità delle zone anomale presenti nelle carte precedenti. Le aree a maggiore concentrazione sono ubicate attorno ai pozzi 5 (355 ppm) e 17 (168 ppm). I minimi valori si sono riscontrati nei pozzi delle «Sorgenti le Fontanelle» con 2 ppm rispetto ai 9.289 ppm dei cloruri.
- **Ferro (Fe^{++})** — Le aree in cui il ferro presenta valori di concentrazione consistenti sono tutte comprese nelle zone «anomale» riscontrate nelle carte precedenti. I valori più elevati si hanno, al solito, nei pozzi delle «Sorgenti le Fontanelle» con 728 ppb (pozzo 48).
- **Carta dell'ammoniaca (NH_3), dei nitriti (NO_2) e tensioattivi**, (Tav. 12) — In tutti i pozzi esaminati si ha la presenza dell'ammoniaca in concentrazioni variabili da un massimo di 58,89 ppm (pozzo 51) (Sorgenti le Fontanelle) ad un minimo di 0,02 ppm, senza che si abbiano aree localizzate ad alta concentrazione. Anche i nitriti sono presenti in tutti i pozzi analizzati in concentrazioni limitatissime, con massimi di 90 ppb e minimi di 0,002 ppb. I tensioattivi sono pure presenti in tutti i campioni con concentrazioni massime di 1,660 ppm (nel pozzo 13) e minime di 0,003 ppm. Come per l'ammoniaca anche per i nitriti ed i tensioattivi non si individuano aree localizzate a maggiore o minore concentrazione.
- **L'ossigeno consumato (N.O.)** espresso come ml di KMnO_4 N/100 presenta valori sempre elevati anche se variabili da punto a punto. I valori maggiori si hanno nei pozzi delle «Sorgenti le Fontanelle» con 60 ml di KMnO_4 N/100.
- **Il rapporto $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$** presenta valori variabili da

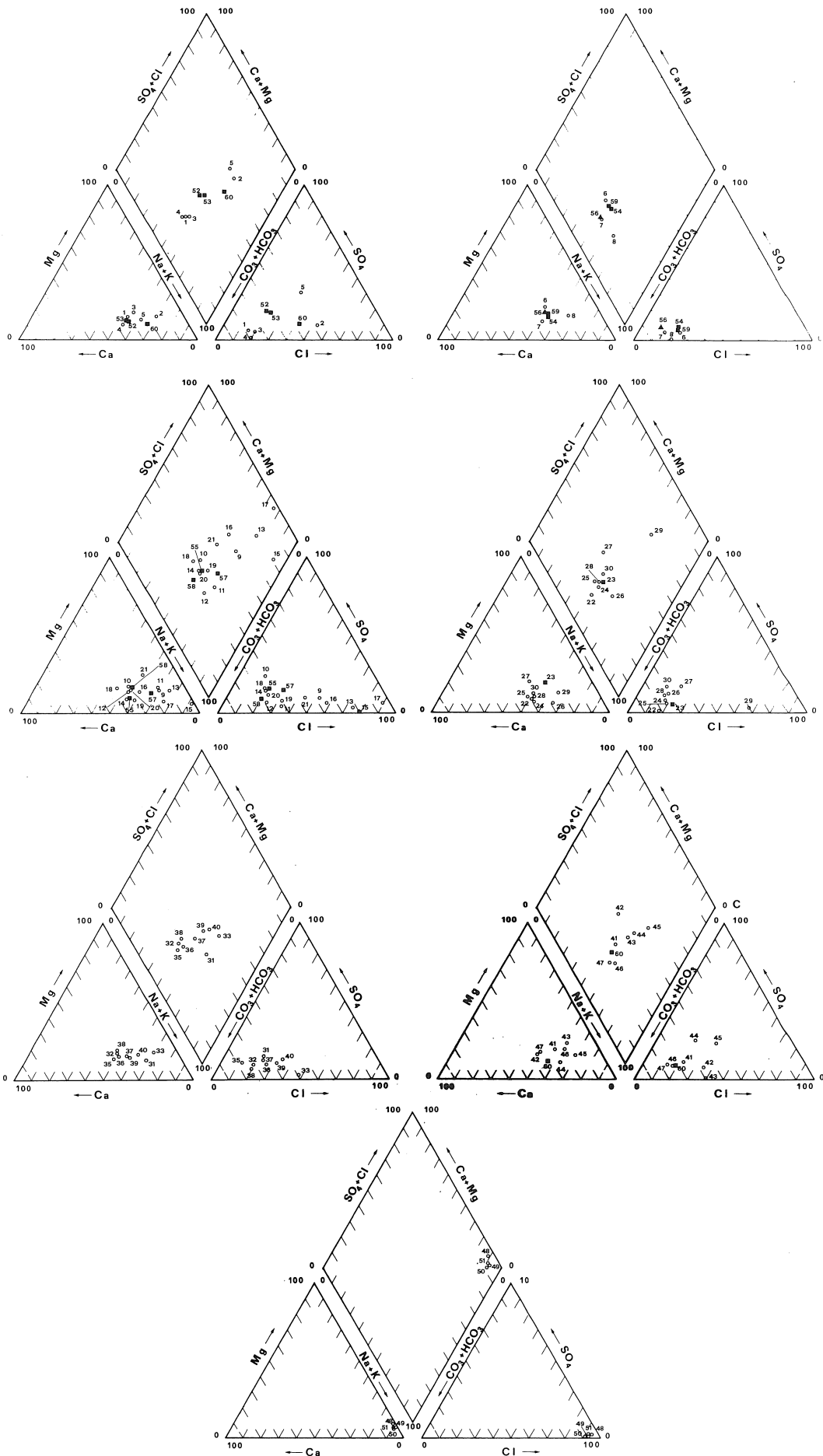


Fig. 3 - Diagrammi di Piper. I campioni 48-49-50-51 appartengono alle «sorgenti le Fontanelle».

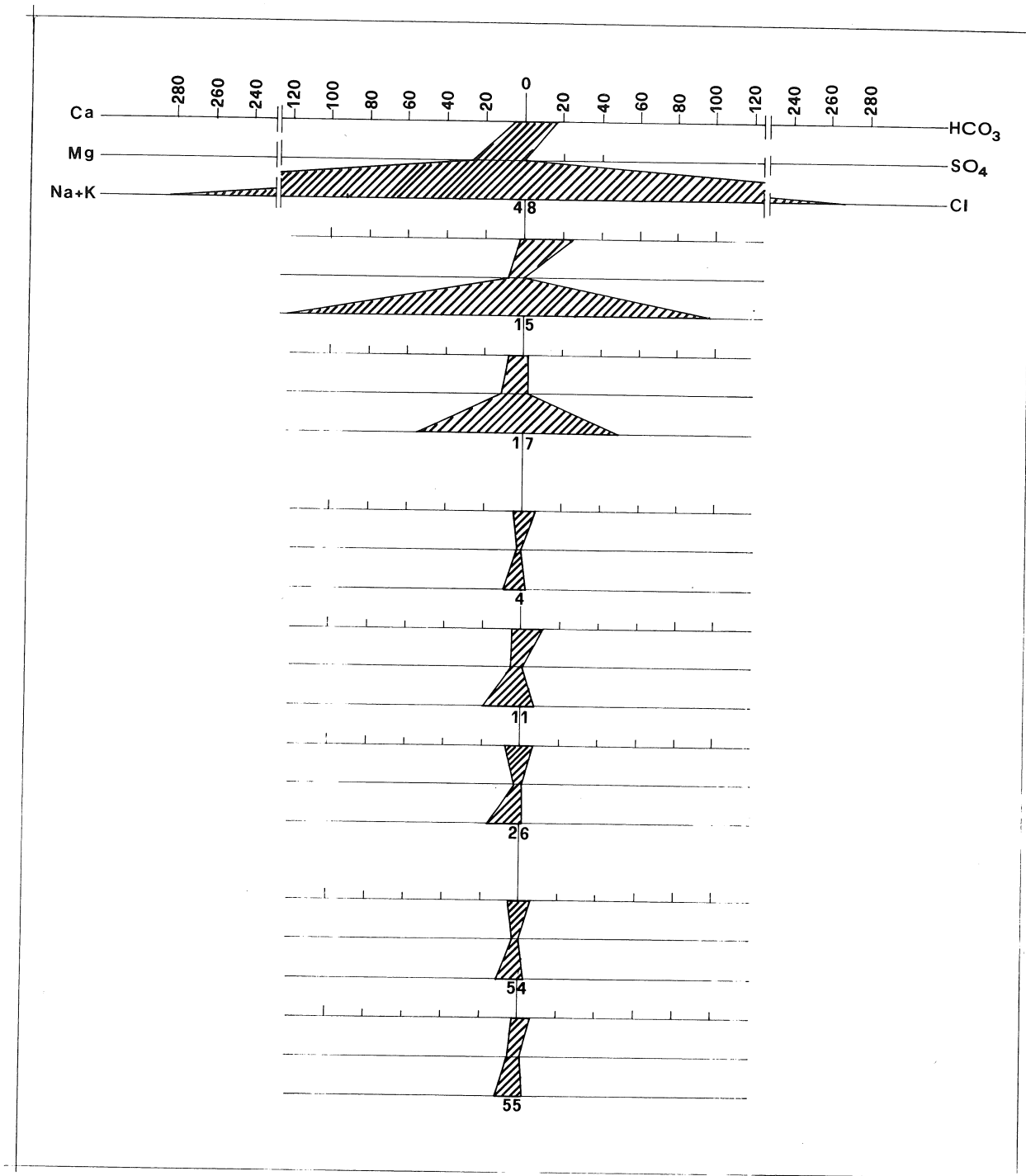


Fig. 4 - Diagrammi di Stiff. I campioni 48-15-17 rappresentano le acque cloruro-sodiche della parte inferiore della falda. I campioni 4-11-26 sono rappresentativi della fascia superiore della falda in cui si hanno acque senza ioni dominanti. I campioni 54-55 rappresentano le acque superficiali.

Tabella 6

Camp. n.	41	42	43	44	45	46	47	62
NaHCO ₃	722,4	573,6	651,0	541,8	457,8	642,6	651,0	478,8
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—
D. Tot.	49,4	59,8	42,6	36,1	45,4	49,7	54,4	34,3
D. Temp.	20,3	26,6	11,9	17,2	5,7	26,8	24,7	20,0
D. Perm.	29,1	33,2	30,7	18,9	39,7	22,9	29,7	14,1
Ca ⁺⁺	104,2	162,8	71,4	94,2	117,1	122,8	145,6	101,3
Mg ⁺⁺	56,3	45,9	59,8	30,3	39,0	45,9	43,3	21,7
Ca/Mg	1,8	3,5	1,2	3,1	3,0	2,6	3,3	4,6
Fe ⁺⁺	130	17	46	23	29	8	4	12
Cl ⁻	97,8	136,6	182,9	90,4	156,1	62,9	50,9	59,6
SO ₄ ⁻⁻	69	42	4	142	156	44	49	38
NO ₂ ⁻	2	—	—	51	55	—	—	4
NH ₃	—	—	—	—	0,13	—	—	0,06
N.O.	2,0	0,5	1,6	9,7	15,9	1,0	0,8	2,4
Tens.	9	—	4	10	16	2	—	320
pH	7,76	7,34	7,51	7,73	7,64	7,62	7,38	7,85
Cond.	11,4	13,2	11,5	10,5	15,2	10,6	10,5	7,3

Camp. n. 62 = Torrente Betelico

Tabella 7 - Pozzi «Sorgenti le Fontanelle» (analisi del 1978)

Camp. n.	48	49	50	51
NaHCO ₃	1335,6	1541,4	1684,2	1629,6
Na ₂ CO ₃	—	—	—	—
D. Tot.	164,3	118,5	97,7	114,5
D. Temp.	17,4	3,6	18,3	1,4
D. Perm.	146,9	114,9	79,4	96,
Ca ⁺⁺	109,9	77,	514	82,8
Mg ⁺⁺	331,2	240,2	205,2	227,2
Ca/Mg	0,3	0,3	0,2	0,3
Fe ⁺⁺	728	556	612	558
Cl ⁻	9289,5	7973,0	6867,5	7973,0
SO ₄ ⁻⁻	2	2	2	2
NO ₂ ⁻	2	—	3	6
NH ₃	49,98	48,34	39,96	58,84
N.O.	60,0	49,6	51,6	53,6
Tens.	3	3	4	3
pH	7,55	7,65	7,84	7,79
Cond.	920,2	720,0	644,6	744,4
HCO ₃	—	—	—	—
Na K	—	—	—	—

Qualitativamente le acque superficiali non presentano nessuno ione dominante e possono essere ricondotte ad acque con HCO₃, Na⁺ + K⁺ e Ca⁺⁺. Nelle acque sotterranee sono invece presenti acque senza nessuno ione dominante ed acque cloruro-sodiche (Figg. 3, 4 e 5). Il primo tipo d'acqua presenta una concentrazione dei parametri chimici percentualmente simile a quella delle acque superficiali. Questo è una conferma della stretta connessione tra le acque superficiali, derivanti principalmente dalle precipitazioni meteoriche, e le acque della falda. La presenza dei tensioattivi nelle acque superficiali e sotterranee mostra che vi è una infiltrazione abbastanza rapida delle acque superficiali nella falda.

Il secondo tipo, le acque cloruro-sodiche, corrisponde alle aree ad alta concentrazione, connesse con zone sottoposte a forti emungimenti, individuate nelle carte del chimismo di Tavv. 5-12. Osservando queste carte si può notare che tutte presentano un'elevata concentrazione dei carbonati, cloruri, sodio e potassio, calcio, magnesio, solfati e ferro. Comparando le carte dei cloruri e dei solfati si può inoltre osservare che la concentrazione dei solfati è, in genere, nettamente inferiore a quella dei cloruri.

Se queste acque provenissero dalla formazione Gessoso-solfifera messiniana, presente nella zona, dovrebbero presentare una concentrazione dei solfati notevolmente superiore a quella dei cloruri. In Fig. 6 si può invece osservare che le acque delle aree ad alta concentrazione sono tutte sottosature in gesso, il che prova che le acque in oggetto non provengono dalla dissoluzione dei gessi presenti nella zona, ma hanno un'altra provenienza. Generalmente acque con concentrazioni dei cloruri superiori a quelle dei solfati derivano da acque salate (HEM, 1970). I sedimenti del

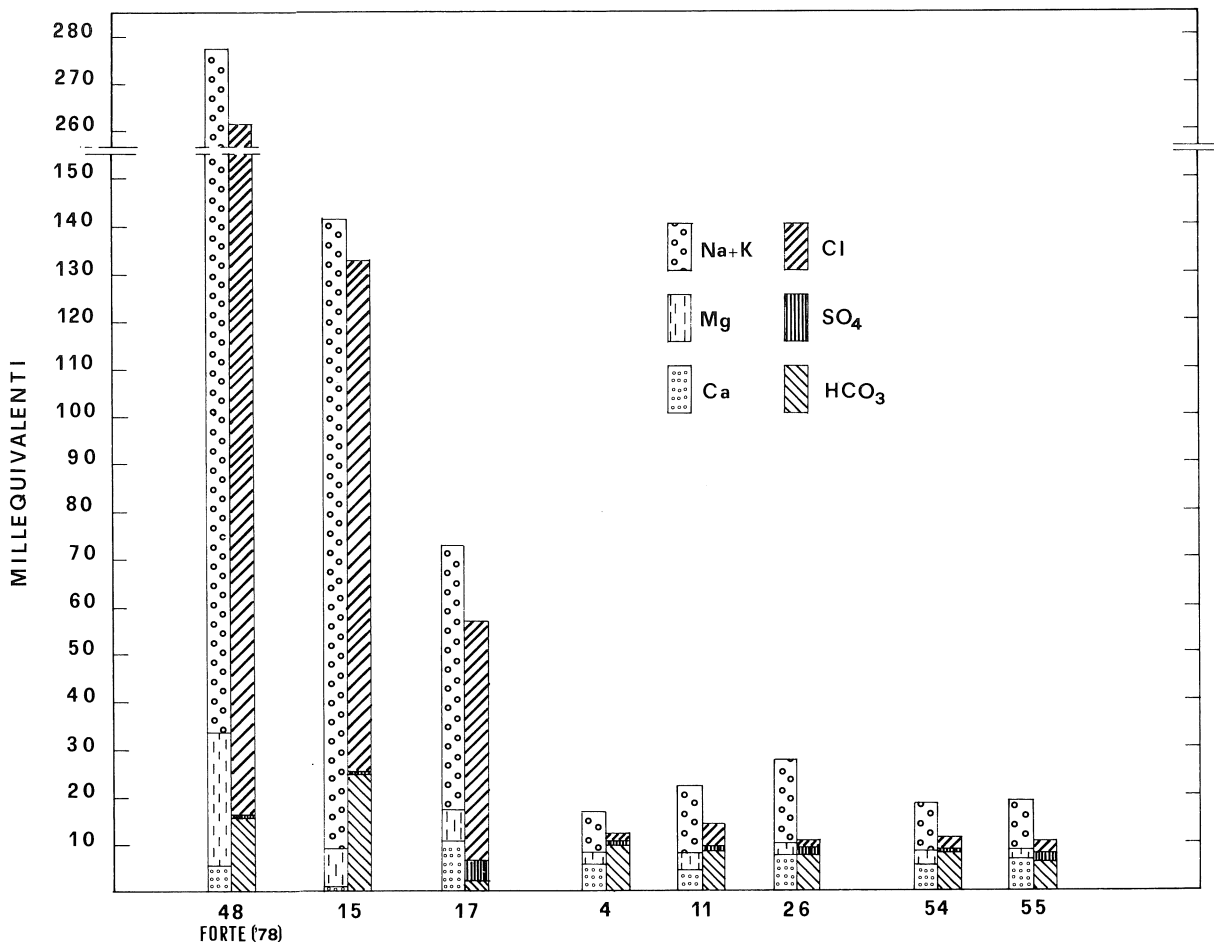


Fig. 5 - Diagrammi rappresentanti le concentrazioni delle specie chimiche nei diversi tipi d'acque esaminate.

Pliocene inferiore, in base ai dati forniti dall'AGIP mineraria (ENI, 1972), risultano spesso impregnati di acque salate. Considerando che la zona è fortemente tettonizzata da faglie ad andamento NO-SE e NE-SO, e che le faglie NE-SO hanno, oltre ad un rigetto orizzontale, un probabile rigetto verticale, è possibile ipotizzare una risalita di acque salate presenti nel Pliocene attraverso queste faglie. Le «Sorgenti le Fontanelle» risultano ubicate circa all'incrocio di questo sistema di faglie. L'assenza dei solfati nelle acque di queste «sorgenti» (2 ppm) è probabilmente dovuta a reazioni di riduzione dei solfati ad opera di batteri solfito riduttori. Che queste reazioni vi siano state, e che vi possano essere tutt'ora, viene suggerito dalla forte concentrazione dell' NH_3 , dalla presenza dello ione Fe^{++} in concentrazione notevole e dalla presenza di solfiti. L'esistenza di un forte ambiente riducente dominante in tutta la zona, ed in particolare nelle sorgenti le Fontanelle, è dimostrato dalla forte richiesta di N.O. e dalla cospicua quantità di NO_2 individuati in quasi tutti i pozzi. La presenza di lignina, sempre nei pozzi delle Fontanelle, rivela la presenza di resti vegetali nei sedimenti alluvionali sede della falda. Questo porta ad ipotizzare che in passato l'area in cui

sono attualmente ubicati i pozzi delle Fontanelle costituissero una palude forse salmastra, colmata oltre che da depositi alluvionali, anche da forti quantitativi di resti vegetali ricoperti da depositi impermeabili o semi permeabili che non hanno permesso l'ossidazione della sostanza organica.

Il fatto che in tutta la valle dell'Aspio le aree ad alta concentrazione siano ubicate in prossimità di zone sottoposte a forti emungimenti fa supporre che la falda presente nel subalveo sia costituita da acque «dolci», nella sua parte sommitale, e da acque «salate» nella parte bassa. Questi due tipi d'acqua, separati da un'interfaccia, rimangono in equilibrio fino a che la falda non è sottoposta ad emungimenti. Quando i pozzi pescano in prossimità dell'interfaccia ed i prelievi sono di notevole entità si ha il richiamo della sottostante acqua salmastra con una concentrazione delle specie chimiche più o meno elevate.

CONCLUSIONI

L'indagine freaticometrica (Tav. 3) della falda presente nel subalveo dell'Aspio ha permesso di suddivi-

Tabella 8

Camp. n.	METALLI PESANTI PRESENTI NEI FANGHI (mg/kg)				METALLI PESANTI PRESENTI NELLE ACQUE (mg/l)			
	Ni	Cr	Cd	Cu	Ni	Cr	Cd	Cu
54	0,16	0,09	0,06	1,35	0,020	0,010	0,006	0,029
55	11,30	96,80	18,96	13,25	0,090	0,196	0,018	0,208
58	0,18	0,09	0,09	3,24	0,012	0,009	0,004	0,106
60	0,14	1,00	0,18	3,85	0,016	0,021	0,009	0,096
61	0,10	0,10	0,12	4,25	0,014	0,010	0,006	0,090
62	1,36	0,13	0,08	1,26	0,009	0,010	0,007	0,052
63	0,20	0,11	0,09	1,80	0,015	0,009	0,008	0,042
64	0,34	1,64	0,12	2,06	0,029	0,020	0,008	0,070
65	21,60	24,91	6,94	2,11	0,068	0,098	0,009	0,103
66	10,30	6,12	3,86	3,86	0,020	0,098	0,019	0,320

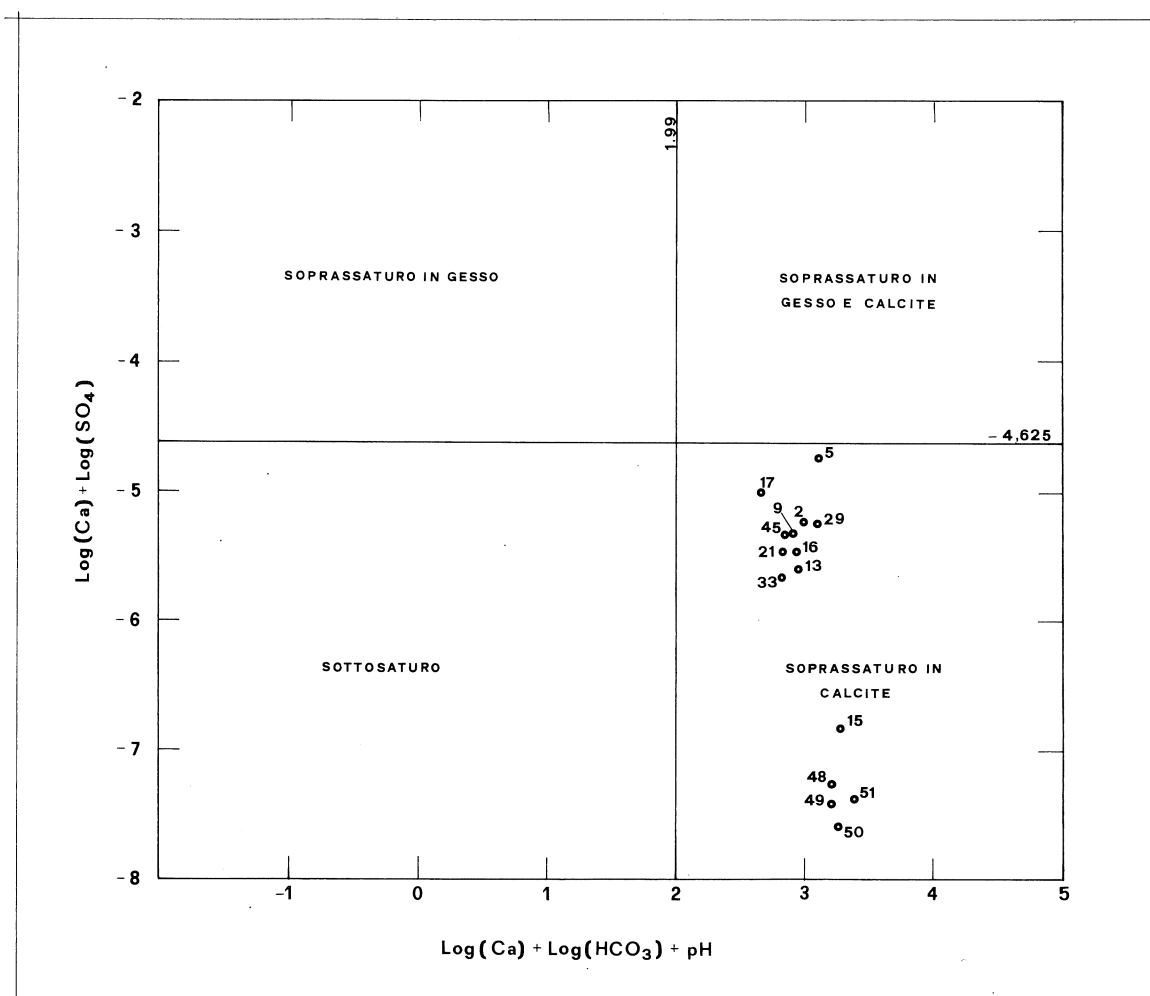


Fig. 6

dere l'area in due zone:

- una settentrionale in cui la tavola d'acqua è regolare e con il flusso diretto verso l'asta fluviale. In questo tratto è la falda che ricarica il fiume;
- una meridionale in cui la freaticimetria è condizionata dai forti prelievi e dalla presenza di un paleoalveo dell'Aspio. L'andamento del flusso sotterraneo è diretto verso le aree sottoposte ad emungimento e verso il paleoalveo, ed in questo caso è il fiume che cede acqua alla falda.

Dall'analisi chimica delle acque sotterranee risulta che la falda del subalveo dell'Aspio è suddivisa in due fasce con due distinti tipi d'acqua così distribuiti:

- nella parte superiore della falda si hanno acque senza nessuno ione dominante che derivano essenzialmente dalla infiltrazione delle acque superficiali (Fig. 3-5);
- nella parte inferiore si hanno acque cloruro-sodiche derivanti non dalla dissoluzione di rocce evaporitiche ma, probabilmente, dalle acque salate presenti nei sedimenti del Pliocene inferiore (ENI, 1972) che hanno possibilità di risalire attraverso il sistema di faglie NO-SE e NE-SO presenti nella zo-

na (Fig. 6 e Tav. 2).

La parte superiore ed inferiore della falda sono separate da un'interfaccia che costituisce il «substrato» delle acque «dolci» presenti nella falda dell'Aspio. La coincidenza tra le aree ad alta concentrazione dei parametri chimici (Tavv. 5-12) con le aree sottoposte a forti emungimenti è probabilmente dovuta al fatto che i pozzi ubicati in queste zone prelevano più acqua di quanto sia disponibile nella fascia superiore della falda ed in questo modo richiamano le sottostanti acque cloruro-sodiche.

Sempre dall'indagine chimica si evidenzia che:

- nella falda del subalveo domina, come testimoniano le forti concentrazioni di NH_3 , Fe^{++} e la cospicua presenza di sostanza organica, un ambiente più o meno riducente;
- a questo ambiente riducente è connessa la quasi totale assenza dei solfati nelle acque delle Fontanelle (pozzi 48-49-50-51). Questo fatto è probabilmente connesso con la riduzione dei solfati avvenuta in passato, e forse anche attualmente, ad opera di batteri solfito-riduttori.

BIBLIOGRAFIA

AGEMIAN H. & CHAU A.S.Y. (1975) - *An atomic absorption method for the determination of 20 elements in lake sediments after acid digestion*. Anal. Chim. Acta., 80-61.

BARNARD M.W. & FISHMAN J.M. (1973) - *Evaluation of use of the heated graphite atomizer for the routine determination of trace metals in water*. Atom. Absorp. News-letter, 12-118.

CERETTI F. (1962) - *L'attuale stato delle conoscenze sulla geologia marchigiana*. Mem. Soc. Geol. It., 4 (1), 483-519.

COLALONGO M.L., NANNI T. & RICCI LUCCHI F. (1979) - *Sedimentazione ciclica nel Pleistocene anconetano*. Geol. Romana, (in corso di stampa).

CRESCENTI U., NANNI T., RAMPOLDI R. & STUCCHI M. (1977) - *Ancona, considerazioni sismotettoniche*. Boll. Geof. Teor. Appl., 73-74, 38-48.

C.N.R. (1972) - *Metodi analitici per le acque*. Quaderni I.R.S.A., Roma.

CRISP P.T., ECKERT J.M. & GIBSON N.A. (1976) - *The determination of anionic detergent at p.p.b. Levels by graphite furnace absorption spectrometry*. Anal. Chim. Acta, 87-97.

ENI (1972) - *Acque dolci sotterranee. Inventario dei dati raccolti*

dall'Agip durante la ricerca di idrocarburi in Italia. Ed. dall'Eni.

FANCELLI R. & RADRIZZANI S. (1964) - *Note illustrative. Carta geologica d'Italia, Foglio 118, Ancona, in scala 1:100.000*. 1-42, Ser. Geol. d'It.

HEM D.J. (1970) - *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. Geological survey Water-Supply Paper, 1473, 363.

LECHI G.M., NANNI T. & RAMPOLDI M. (1978) - *Tettonica classica e da satellite a confronto: correlazione con gli eventi sismici*. Boll. Geof. Teor. Appl., 75, 168-178.

MORROW W.R. & Mc ELHANEY J.R. (1974) - *Determination of chromium in industrial effluent water by flameless atomic absorption spectroscopy*. Atom. Absorp. News-letter, 13-45.

MOGETTA R. (1977) - *Inquinamento superficiale da insedimentati di industrie galvaniche*. Tesi inedita. Facoltà di Ingegneria Università di Ancona.

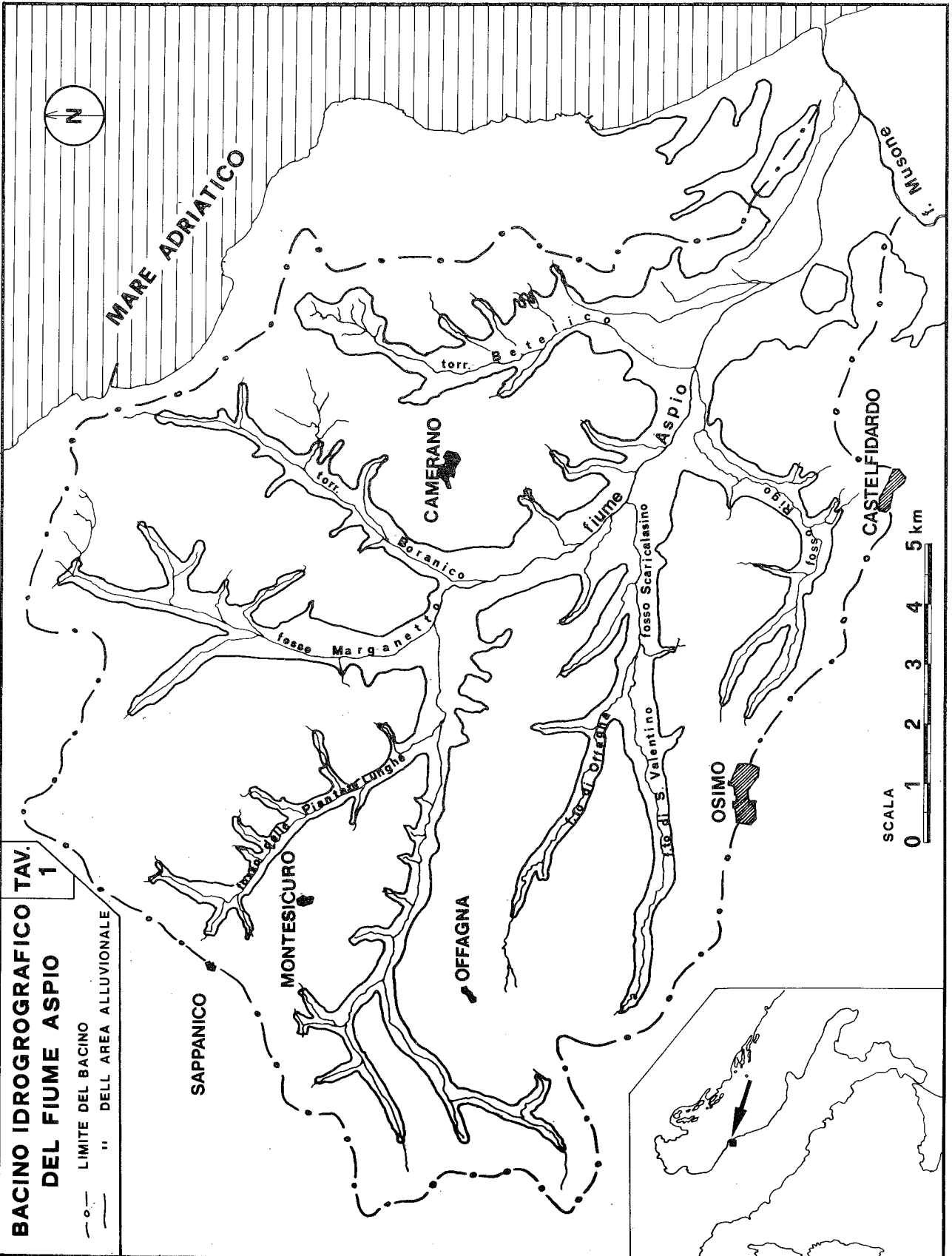
NANNI T. (1979) - *Note illustrative della geologia dell'anconetano*. Ed. da Comune di Ancona e Regione Marche (in corso di stampa).

SELLI R. (1951) - *I caratteri geologici nella regione marchigiana*. Giorn. di Geol., 21, 99-125.

STOOKEY L.L. (1970) - *Ferrozine. A new spectrophotometric reagent for iron*. Anal. Chim., 42-779.

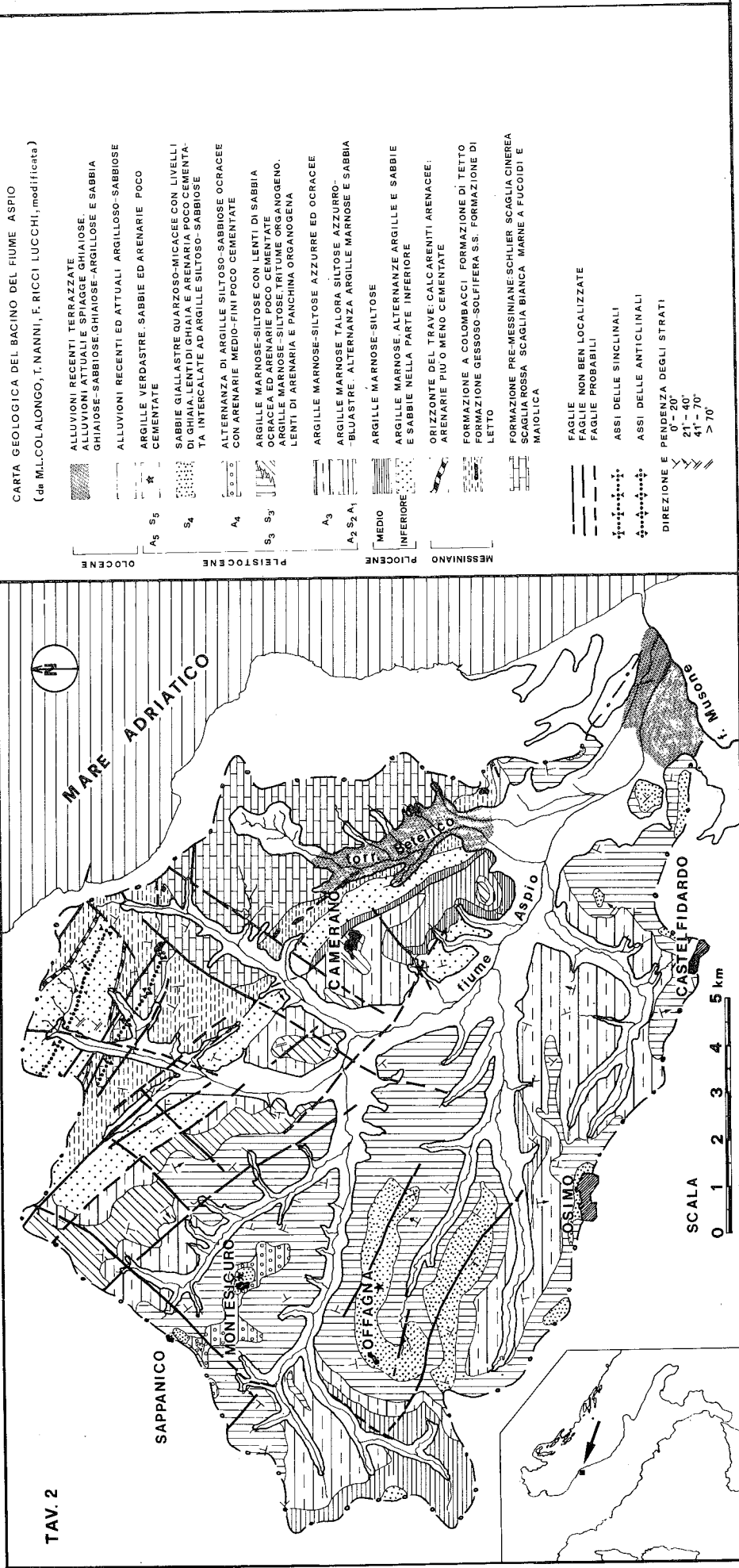
**BACINO IDROGROGRAFICO TAV. 1
DEL FIUME ASPIO**

—•— LIMITE DEL BACINO
— " — DELL' AREA ALLUVIONALE



SCALA
0 1 2 3 4 5 km

TAV. 2



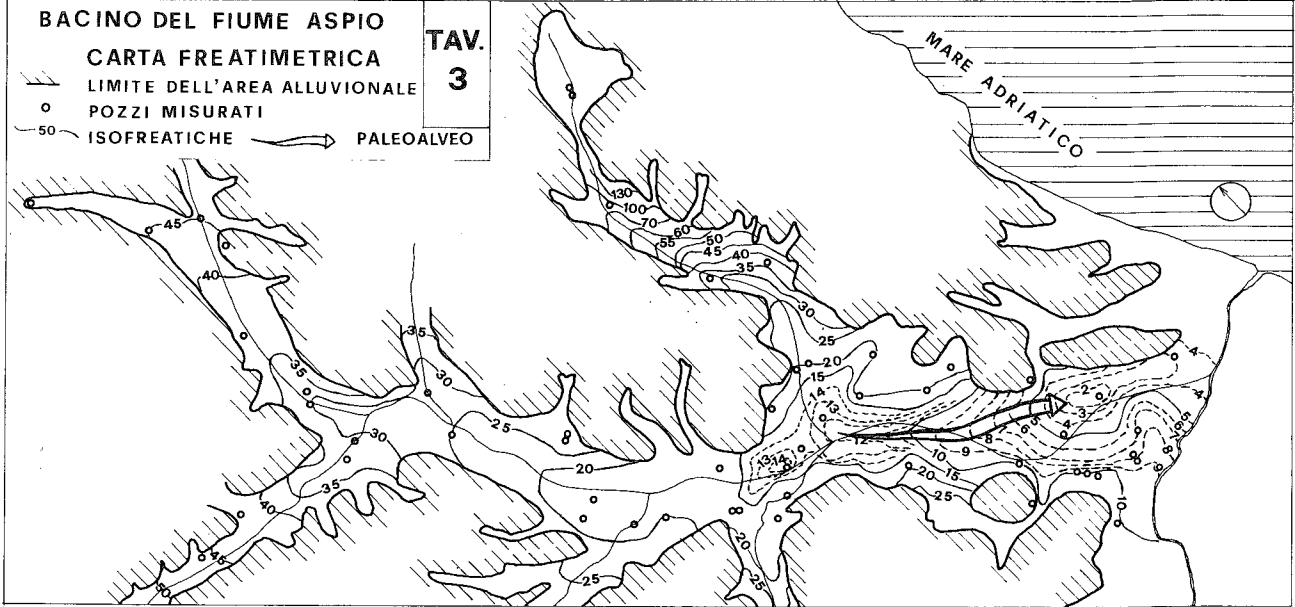
CARTA GEOLOGICA DEL BACINO DEL FIUME ASPIO
(da M.L. COLALONGO, T. NANNI, F. RICCI LUCCHI, modificata)

- ALLUVIONI RECENTI TERRAZZATE
- ALLUVIONI ATTUALI SPIAGGE GHIAIOSE.
- GHIAIOSE-SABBIOSE-GHIAIOSE-ARGILLOSE E SABBIA
- ALLUVIONI RECENTI ED ATTUALI ARGILLOSO-SABBIOSE
- ARGILLE VERDASTRE, SABBIE ED ARENARIE POCO CEMENTATE
- SABBIE GIALLASTRE QUARZOSO-MIACEE CON LIVELLI DI GHIAIA, LENTIDI GHIAIA E ARENARIA POCO CEMENTATA INTERCALATE AD ARGILLE SILTOSO-SABBIOSE
- ALTERNANZA DI ARGILLE SILTOSO-SABBIOSE OCRACEE CON ARENARIE MEDIO-FINI POCO CEMENTATE
- ARGILLE MARNOSE-SILTOSI CON LENTI DI SABBIA OCRACEA ED ARENARIE POCO CEMENTATE
- ARGILLE MARNOSE-SILTOSI CON LENTE ORGANIGENA, LENTI DI ARENARIA E PANCHINA ORGANIGENA
- ARGILLE MARNOSE-SILTOSI AZZURRE ED OCRACEE
- ARGILLE MARNOSE TALORA SILTOSI AZZURRO-BLUASTRE. ALTERNANZA ARGILLE MARNOSE E SABBIA
- ARGILLE MARNOSE-SILTOSI
- ARGILLE MARNOSE-ALTERNANZE ARGILLE E SABBIE E SABBIE NELLA PARTE INFERIORE
- ORIZZONTE DEL TRAVE, CALCARENITI ARENACEE, ARENARIE PIU' MENO CEMENTATE
- FORMAZIONE A COLOMBACCI FORMAZIONE DI TETTO FORMAZIONE GESSOSO-SOLFIFERA S.S. FORMAZIONE DI LETTO
- FORMAZIONE PRE-MESSINIANE: SCHLIER SCAGLIA CINEREA SCAGLIA ROSSA SCAGLIA BIANCA MARNE A FUOCCI DI E MATOLICA

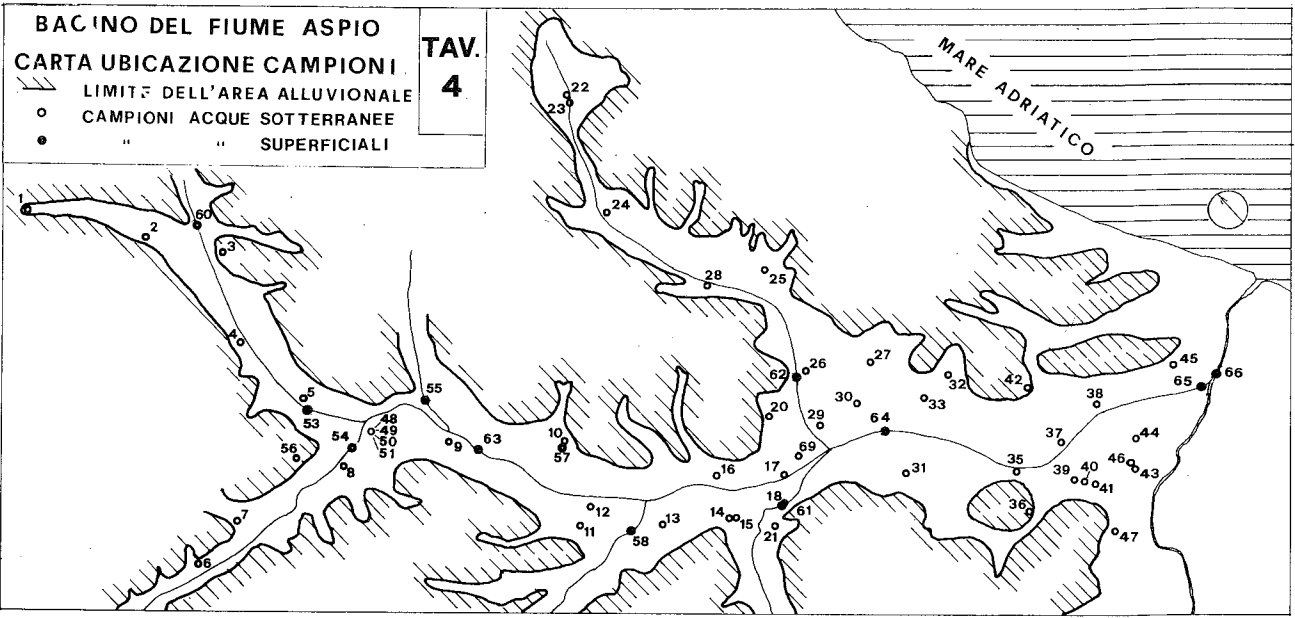
- FAGLIE NON BEN LOCALIZZATE
- FAGLIE PROBABILI
- ASSI DELLE SINCLINALI
- ASSI DELLE ANTICLINALI
- PENDENZA DEGLI STRATI
- 0° - 20°
- 21° - 40°
- 41° - 70°
- > 70°

SCALA
0 1 2 3 4 5 km

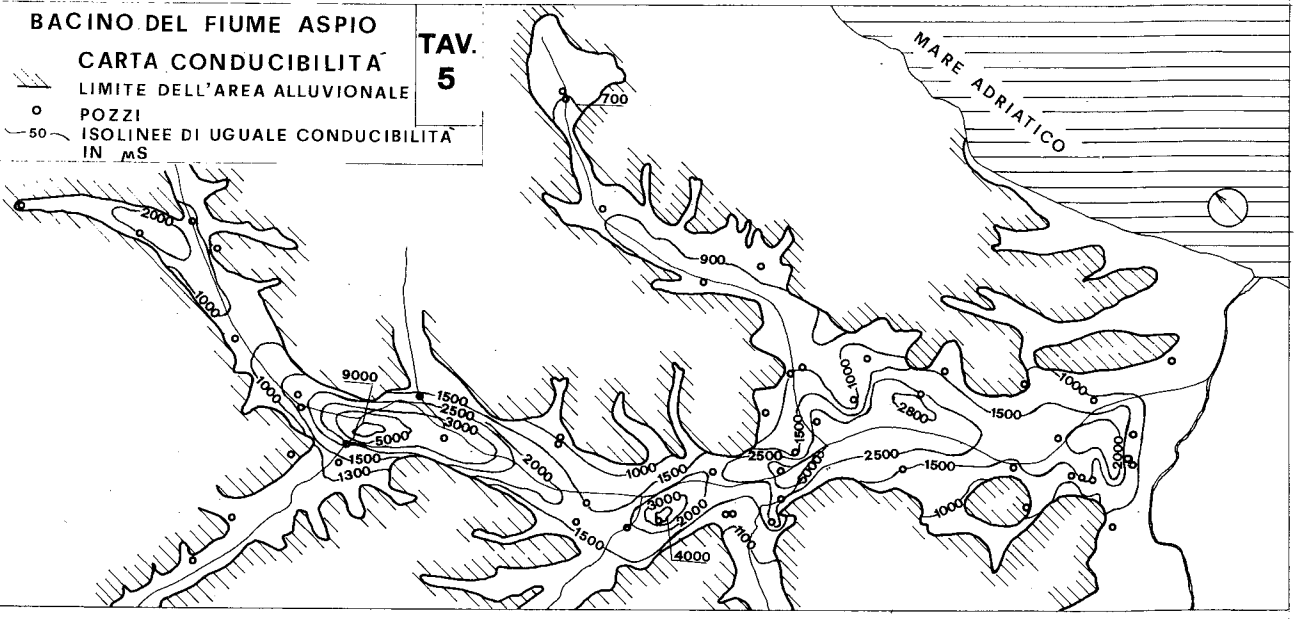
BACINO DEL FIUME ASPIO
CARTA FREATIMETRICA
TAV. 3
 --- LIMITE DELL'AREA ALLUVIONALE
 ○ POZZI MISURATI
 -50 ISOFREATICHE → PALEOALVEO

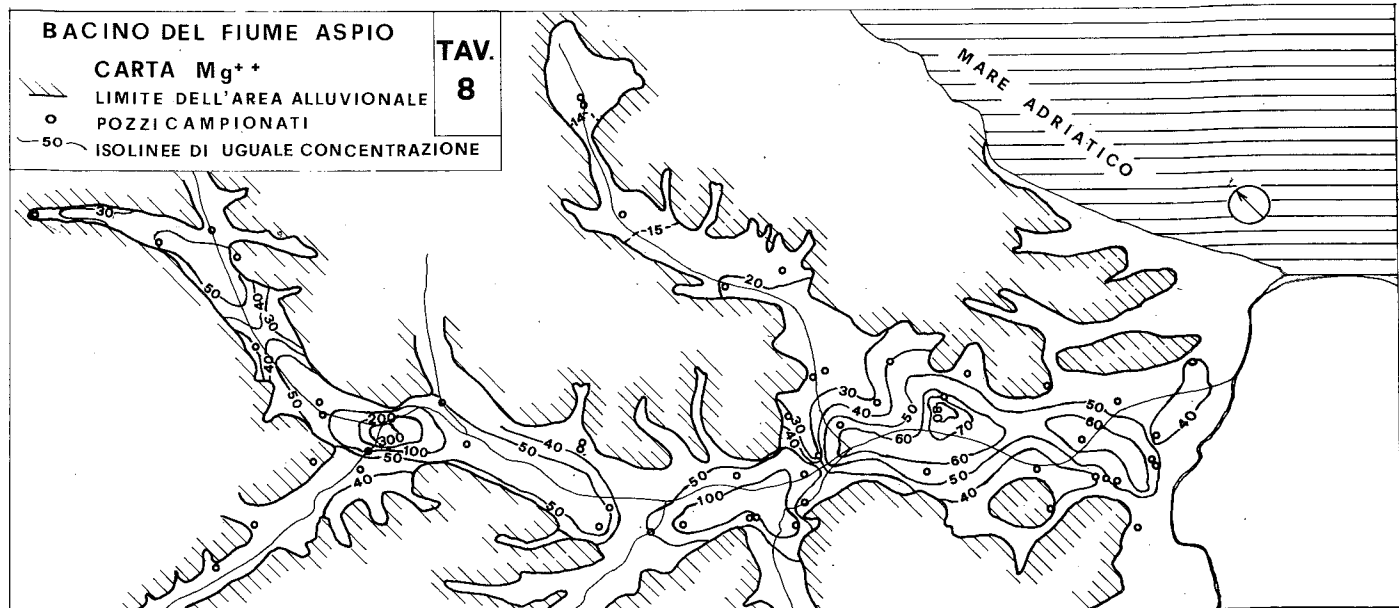
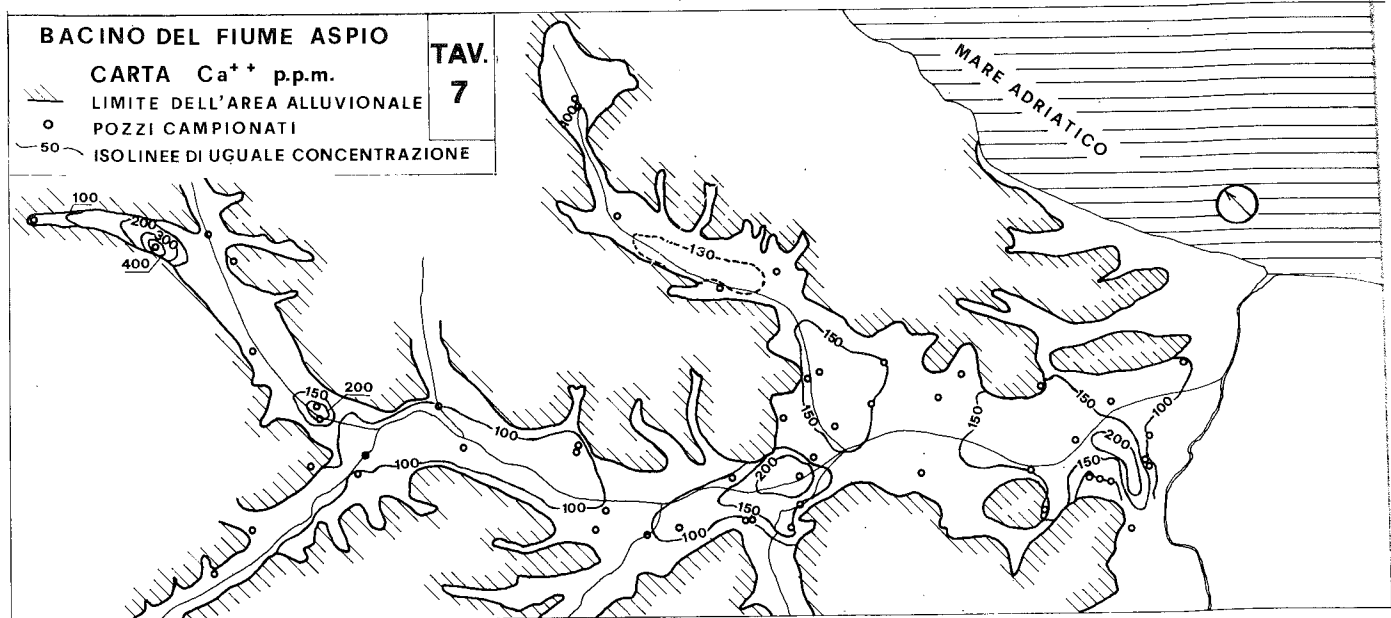
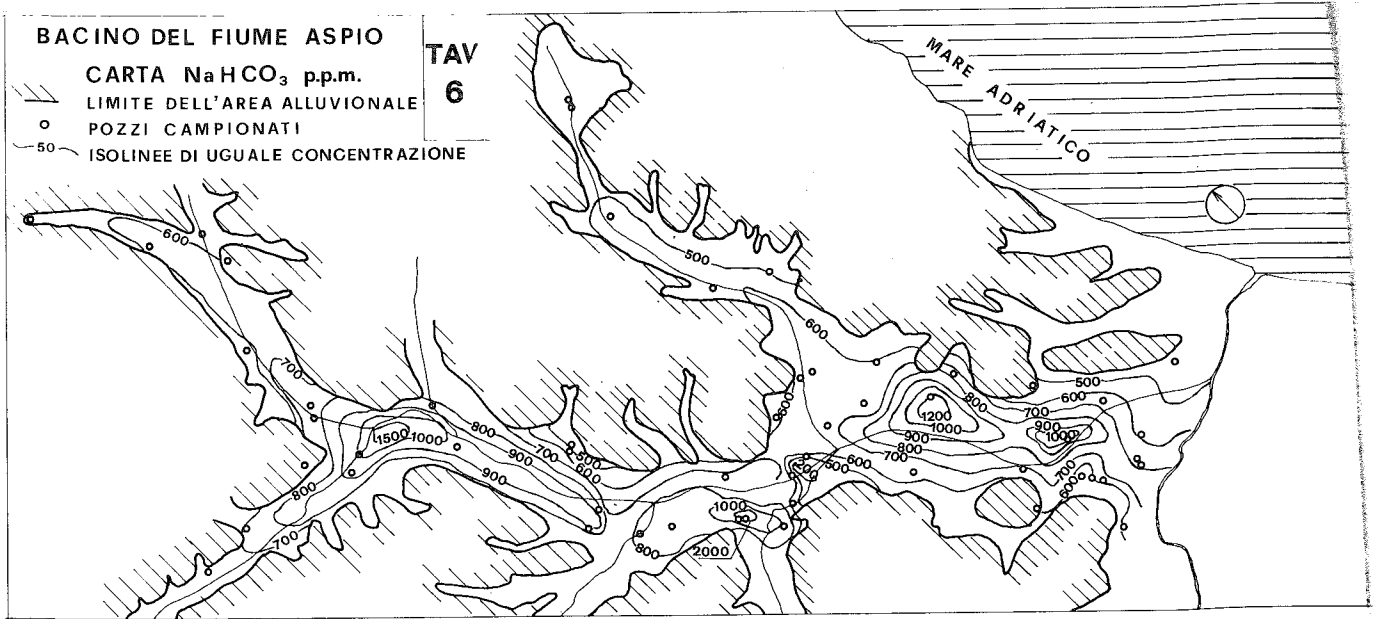


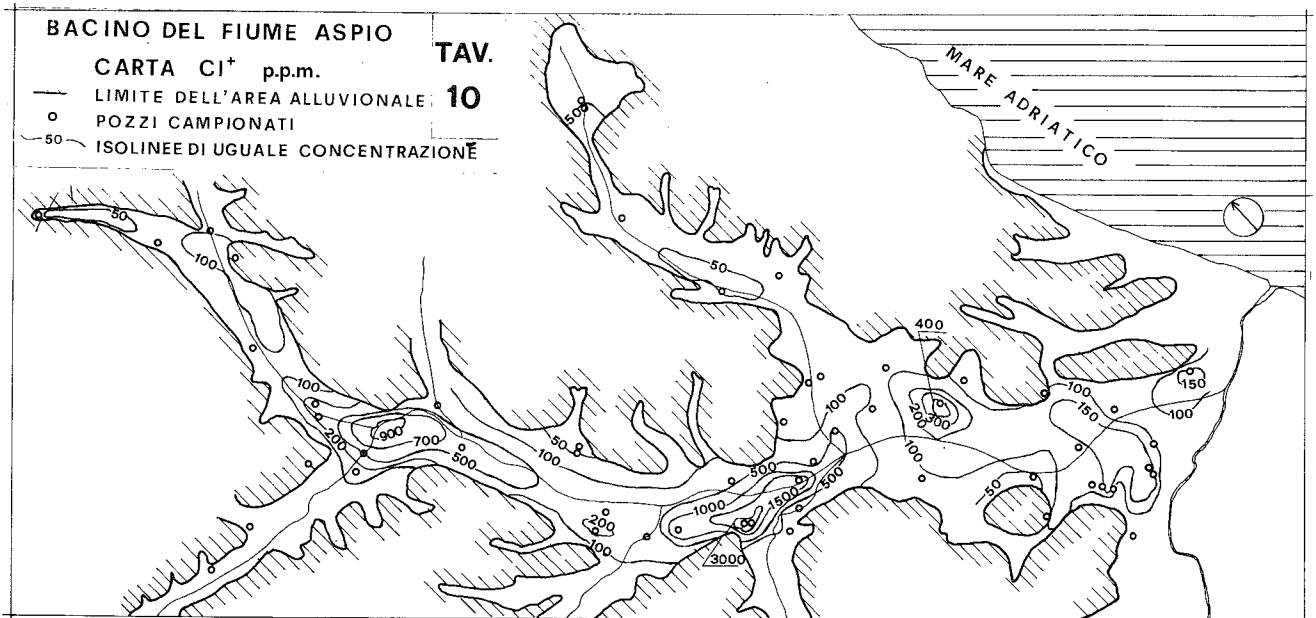
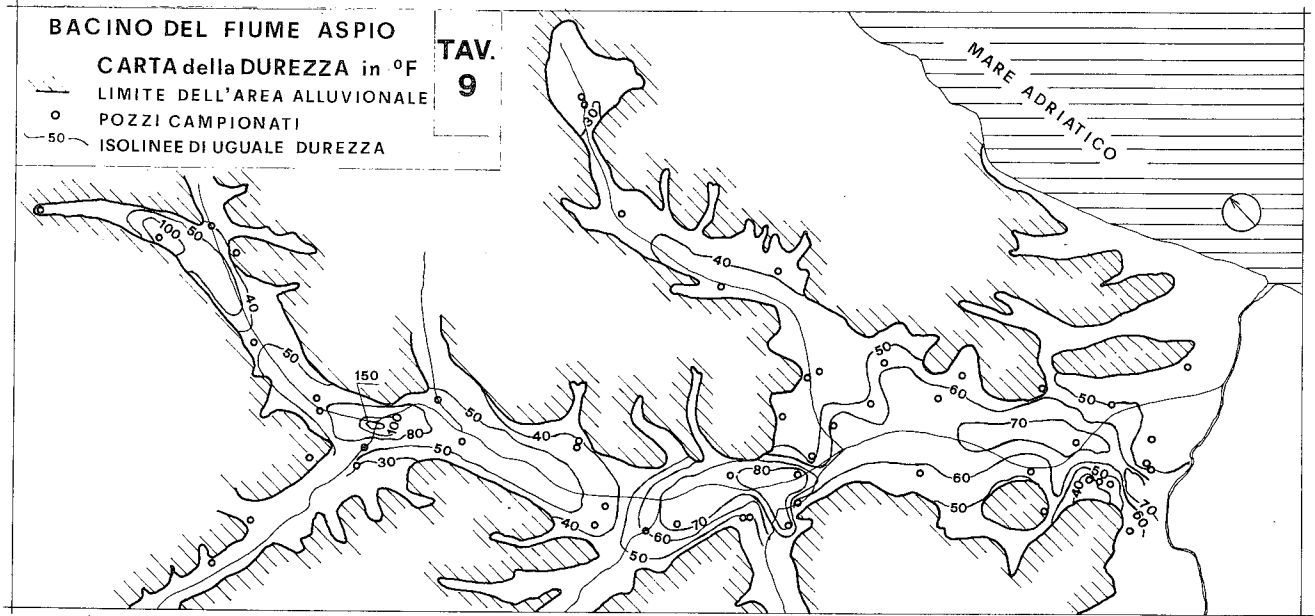
BACINO DEL FIUME ASPIO
CARTA UBICAZIONE CAMPIONI
TAV. 4
 --- LIMITE DELL'AREA ALLUVIONALE
 ○ CAMPIONI ACQUE SOTTERRANEE
 ● " " SUPERFICIALI

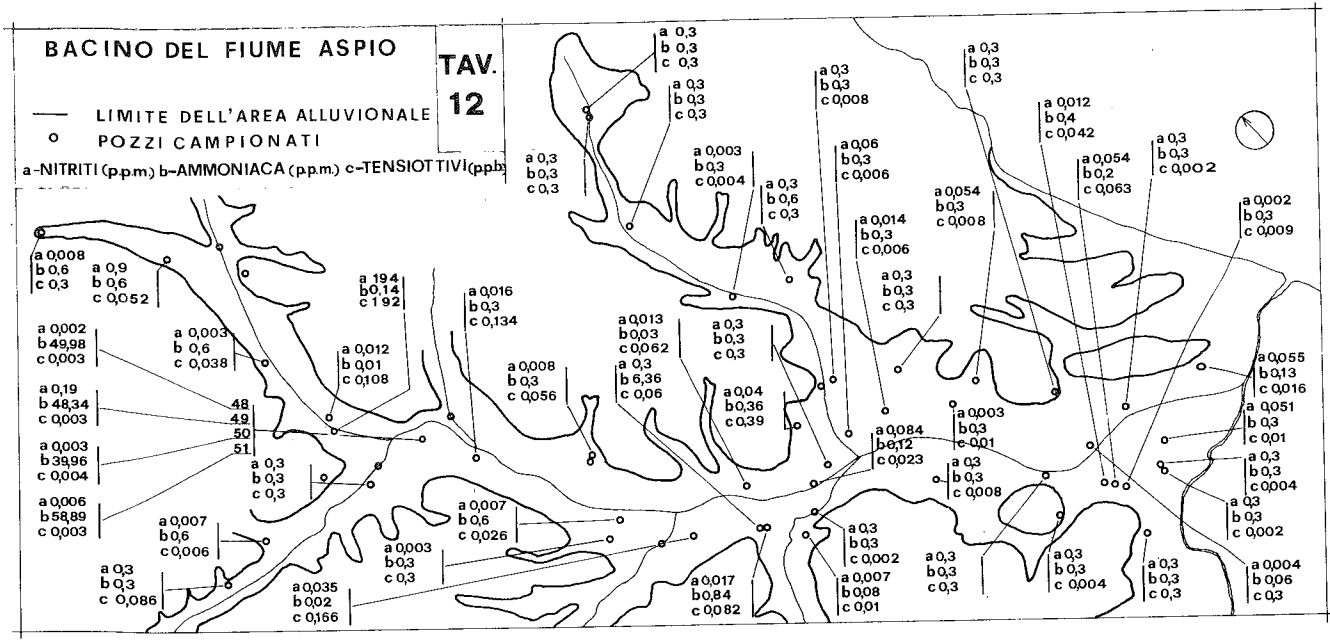
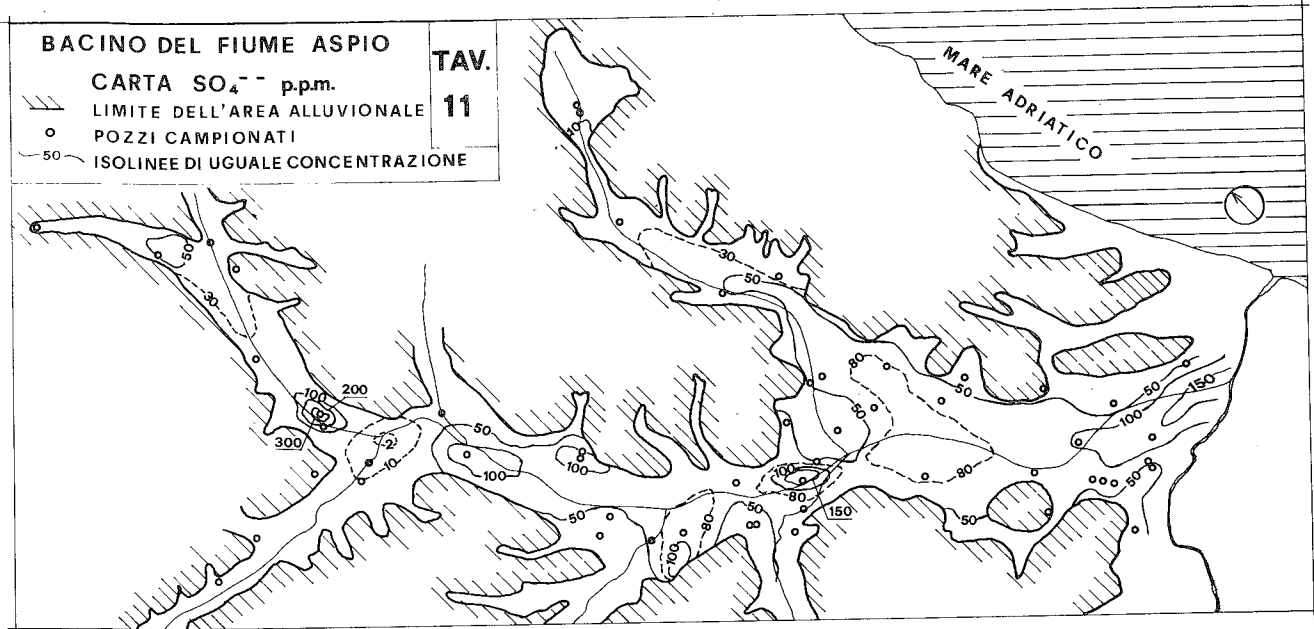


BACINO DEL FIUME ASPIO
CARTA CONDUCIBILITA'
TAV. 5
 --- LIMITE DELL'AREA ALLUVIONALE
 ○ POZZI
 -50 ISOLINE DI UGUALE CONDUCIBILITA' IN M.S.









Finito di stampare
dal Centro Stampa dell'Università
di Camerino
nel settembre 1980