

Equilibri e Bilanci di Subalveo

Filippo Forlani¹ – Edmondo Forlani²

Introduzione

Parte delle problematiche relative alla balneazione e quindi alla qualità delle acque lungo costa, derivano dalle interferenze con le acque continentali, principalmente di superficie.

In questa trattazione si vogliono meglio inquadrare, e dare un possibile spunto per studi più mirati, le interferenze con l'acqua di mare dovute alle acque sotterranee, certamente di minore impatto rispetto alle acque di superficie, ma che, in particolari condizioni, possono avere effetti negativi sulla qualità delle acque lungo costa.

La base di questa trattazione è relativa a diversi studi eseguiti sulle acque di falda del Marecchia del Conca ecc., studi la cui finalità era più sulla qualità delle acque di falda, studio degli inquinanti, fonti ed origine. Si è quindi cercato di estendere i risultati di questi studi alla realtà della costa.

Per comprendere le relazioni che vi sono fra le falde acquifere ed il mare è necessario inquadrare le geometrie degli acquiferi di interesse, come questi si collegano a mare e la qualità delle loro acque.

Successivamente si farà uno studio quantitativo sugli apporti a mare ed in costa per i casi presi in esame.

Si prenderanno in esame gli acquiferi dei conoidi del Marecchia, del Conca e acquiferi minori tra Gabicce e Bellaria.

Geometria degli Acquiferi del Conoide del Marecchia

Il conoide del Marecchia, (fig.1), ha una estensione planimetrica di circa 100km². In sezione, da monte verso valle, si distinguono tre zone caratteristiche:

- la *zona apicale*, estranea alla subsidenza, con alluvioni che poggiano normalmente

su formazioni di base, sede dell'acquifero freatico;

- la *zona di anastomizzazione*, dove gli spessori di ghiaia indifferenziata raggiungono quasi il centinaio di metri con sostanziale continuità verticale,
- la *zona di conoide vera e propria*, ove sono distinguibili più acquiferi, con geometrie e caratteristiche variabili anche lateralmente.

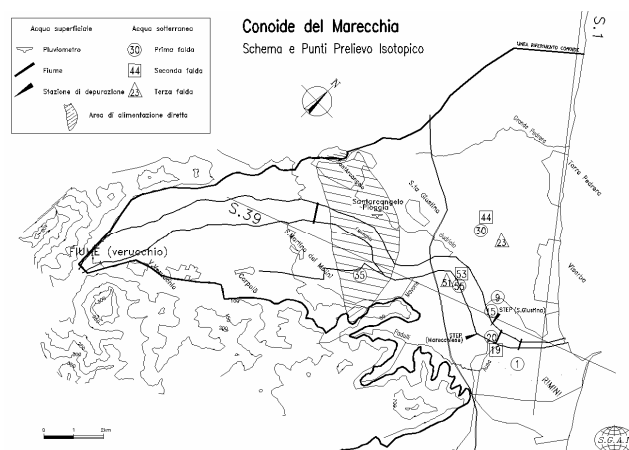


Fig. 0-1 Planimetria Schematica del Conoide del Marecchia e dei punti interessati dalla ricerca chimica-isotopica AMIR dell'anno 1999-2000.

Dalla zona di anastomizzazione, zona tratteggiata), a valle si ha una differenziazione netta e precisa in più falde confinate, pur permanendo una falda freatica.

Da qui le caratteristiche delle acque si differenziano sia da falda a falda, sia arealmente all'interno di una singola falda. I fattori che intervengono a questa differenziazione sono:

- apporti diretti dal fiume;
- apporti dalle falde freatiche laterali alla zona apicale e fascia di anastomizzazione;
- tempi di permanenza negli acquiferi ed interscambi con le fasi solide;
- connessioni e mare;
- emungimenti;

Le maggiori problematiche sono:

- l'identificazione dei processi di alimentazione diretta dal fiume e dalla freatica nelle falde differenziate;
- le loro potenzialità quali-quantitative nel contributo di ricarica.

Tale processo avviene nella zona 'indifferenziata', (tratteggio in figura 1).

¹ dottore ingegnere – S.G.A.I. srl - www.sgai.com

² dottore geologo – S.G.A.I. srl - www.sgai.com



Fig. 0-2 Sezione idrogeologica schematica, si evidenziano le tre zone: zona apicale, di anastomizzazione, e la zona differenziata.

Inquadramento Geochimico delle Acque mediante l'impiego del diagramma di Piper-modificato

L'indagine sulla geochimica delle acque è stata effettuata mediante l'impiego del diagramma di Piper, sviluppato ed evoluto per poter discernere condizioni di maggiore o minore mineralizzazione con l'aggiunta della terza dimensione. E' noto che il diagramma triangolare di Piper rappresenta i rapporti negli elementi cationici ed anionici senza riuscire ad evidenziare acque della stessa origine, ma più o meno mineralizzate, (es. i punti sul diagramma di Piper relativi all'acqua di mare e ad un'acqua di mare diluita con acqua distillata risultano coincidenti).

La base dati è rappresentata da tutte le analisi chimiche rese disponibili da AMIR e successivamente HERA, dei relativi pozzi. Essi sono stati opportunamente verificati in base alla stratigrafia, eliminando i pozzi plurifinestrati e/o quelli che non davano sufficienti garanzie 'monofalda'.

I pozzi identificati "monofalda" sono stati successivamente classificati a seconda della falda di appartenenza, (distinguendo necessariamente la falda A1 nella falda tabulare I e "sottofalde" A e B).

La base dati così creata contempla tutte le analisi chimiche storiche dal 1975 al 2005; ben 30 anni di misurazioni.

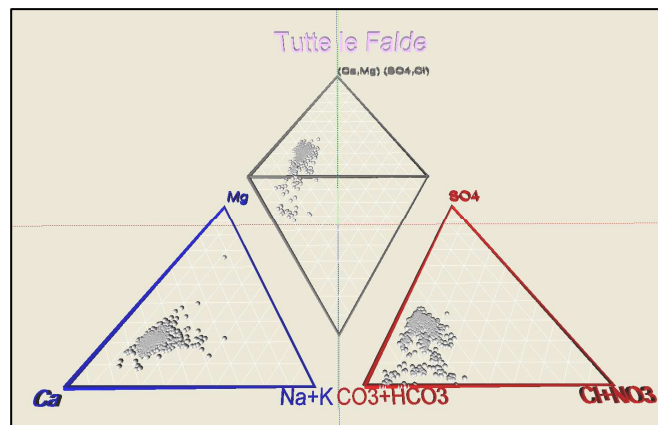


Fig. 0-3 – Diagramma di Piper con tutte le chimiche della base dati.

Si osserva che le acque, a parte alcuni punti singolari, sono ben delimitate, soprattutto da un punto di vista cationico. Nel diagramma triangolare degli anioni si nota, invece, una differenziazione verso acque più bicarbonatiche.

E' interessante ora distinguere ogni analisi chimica elaborata per falda di appartenenza, sempre con le ipotesi fatte.



Fig. 0-4 – Andamento delle falde lungo la direttrice di costa.

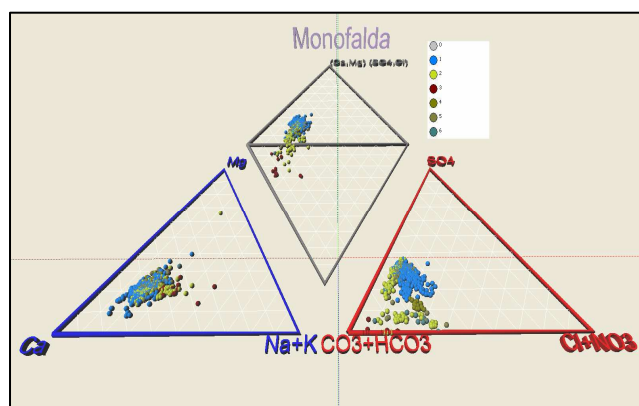


Fig. 0-5 – Diagramma di Piper con differenziazione per acquifero d'appartenenza.

Si osservano più sovrapposizioni fra i primi acquiferi; il terzo acquifero confinato, invece, risulta ben definito a livello anionico.

Per meglio differenziare gli acquiferi da un punto di vista chimico si è tentata una nuova via, ossia, come precedentemente scritto, si è aggiunta la terza dimensione al diagramma di Piper. Una ulteriore caratteristica di un'acqua oltre ai rapporti ionici è la loro concentrazione; si è così posta come terza dimensione la conducibilità specifica, correlabile con il residuo fisso.

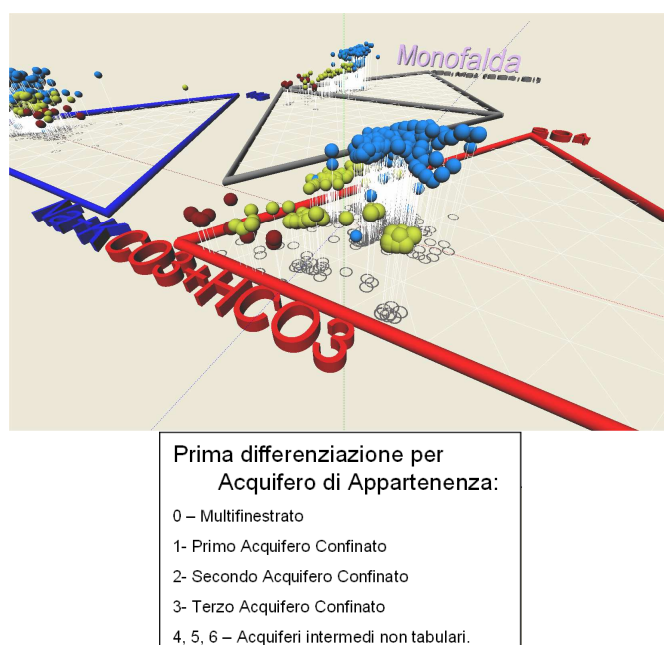


Fig. 0-6 – Diagramma di Piper con la terza dimensione rappresentata dalla conducibilità specifica.

In questo modo si è riusciti a meglio differenziare la varie falde fra loro ed a poter realisticamente identificare la falda d'appartenenza di un pozzo, data la sua un'analisi chimica, nonostante le possibili aree di sovrapposizione nel semplice diagramma di Piper.

Dalla figura Fig. 0-6 si nota come le acque di prima falda abbiano una conducibilità specifica, (e quindi un residuo fisso), superiore a tutte le falde.

Osservando gli indici di saturazione del pozzo P1, (tipico della prima falda), si osserva che l'acqua è in equilibrio con il carbonato di Calcio, avendo un indice di saturazione prossimo allo zero (nella simulazione è leggermente superiore):

| Phase | SI | log IAP | log KT | |
|----------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Anhydrite | -1.55 | -5.89 | -4.33 | CaSO4 |
| Aragonite | -0.04 | -8.32 | -8.27 | CaCO3 |
| Calcite | 0.11 | -8.32 | -8.43 | CaCO3 |
| CH4(g) | -62.19 | -64.96 | -2.77 | CH4 |
| CO2(g) | -1.52 | -2.85 | -1.33 | CO2 |
| Dolomite | -0.42 | -17.25 | -16.83 | CaMg(CO3)2 |
| Gypsum | -1.30 | -5.89 | -4.59 | CaSO4·2H2O |
| H2(g) | -22.00 | -25.10 | -3.10 | H2 |
| H2O(g) | -1.80 | -0.00 | 1.80 | H2O |
| Halite | -6.86 | -5.31 | 1.56 | NaCl |
| O2(g) | -42.88 | -45.79 | -2.91 | O2 |

Tab. 0-1 – Indici di saturazione per le acque del pozzo P1 (analisi del 15/02/05).

Da un punto di vista cationico (vedi precipitazione del Carbonato di Calcio), si assiste ad una riduzione del Calcio, non solo nelle quantità assoluta, ma anche relativa, passando da una falda a quella più profonda, in particolare nella terza falda, A3.

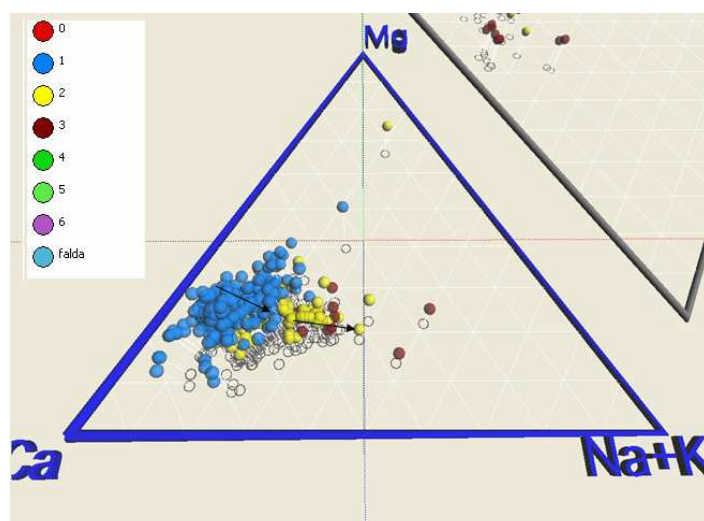


Fig. 0-7 – Diagramma di Piper – rapporti cationici e residui ed evoluzione dell'acqua con l'aumentare del tempo di permanenza in falda (si noti che sono rappresentati I rapporti cationici, in generale non è detto che in 3 falda il sodio+potassio sia superiore della prima).

Posto che il pH ha un ruolo fondamentale nella saturazione dei carbonati, nella prossima figura si evidenzia il pH per ogni falda.

Si osserva che il 70% delle misure eseguite su pozzi in prima falda ha pH inferiore a 7.25. La distribuzione praticamente si ribalta per la seconda, ed il 100% dei dati sulla terza ha pH superiore a 7.25.

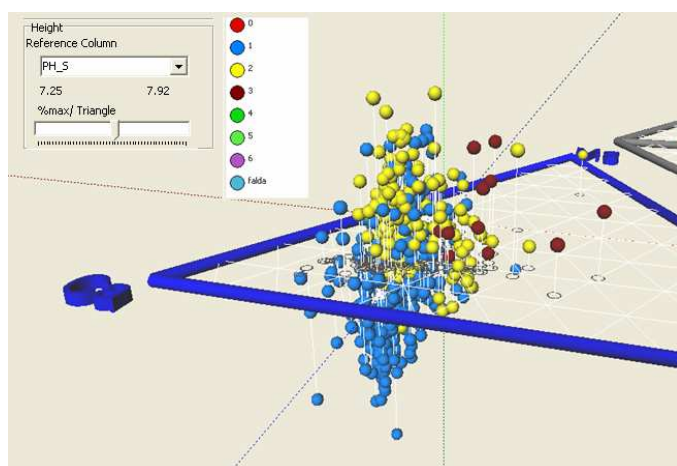


Fig. 0-8 – Diagramma di Piper, Altezze: pH, riferimento pH=7.25 (sul piano di Piper).

Gli indici di saturazione per un'acqua tipica della terza falda (pH più elevato) sono anch'essi in buon equilibrio con la fase calcite.

Si potrebbe quindi ipotizzare che al permanere nel tempo dell'acqua in sottoterraneo si abbia un aumento di pH ed un conseguente riequilibrio con le fasi componenti l'acquifero.

| Phase | SI | log IAP | log KT | |
|---------------------|--------|---------|--------|--------------------------------------|
| Anhydrite | -3.14 | -7.47 | -4.33 | CaSO ₄ |
| Aragonite | -0.28 | -8.55 | -8.27 | CaCO ₃ |
| Calcite | -0.13 | -8.55 | -8.43 | CaCO ₃ |
| CH ₄ (g) | -67.22 | -69.98 | -2.76 | CH ₄ |
| CO ₂ (g) | -2.19 | -3.51 | -1.33 | CO ₂ |
| Dolomite | -0.67 | -17.49 | -16.82 | CaMg(CO ₃) ₂ |
| Gypsum | -2.89 | -7.47 | -4.59 | CaSO ₄ ·2H ₂ O |
| H ₂ (g) | -23.10 | -26.20 | -3.10 | H ₂ |
| H ₂ O(g) | -1.81 | -0.00 | 1.81 | H ₂ O |
| Halite | -6.92 | -5.37 | 1.56 | NaCl |
| O ₂ (g) | -40.79 | -43.70 | -2.91 | O ₂ |

Tab. 0-2 – Indici di Saturazione per il Pozzo P51, terza falda, (analisi del 14/12/04).

Ciò è coerente con i carbonati, ma non lo è con altri elementi. Infatti nel tempo si dovrebbe assistere ad un accumulo di ioni quali sodio e cloruro, non avendo questi la possibilità di dare origine a sali per le condizioni termodinamiche presenti. La seconda e poi la terza falda hanno valori inferiori in sodio e cloruro rispetto alla prima, nonostante i rapporti cationici li rendano preponderanti.

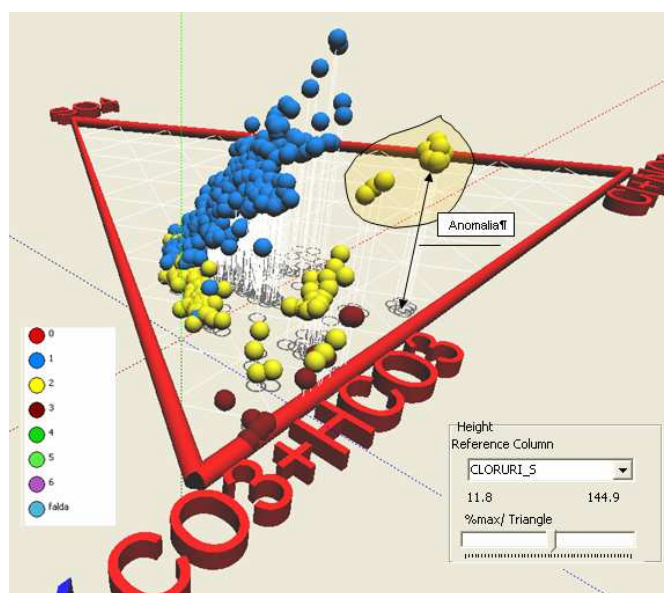


Fig. 0-9 – Diagramma di Piper con altezze in funzione della concentrazione in Cloruri.

La differenza nel chimismo non può quindi solo derivare da un raggiungimento di equilibrio di fasi; si evidenzia quindi un probabile maggiore apporto in sostanze minerali dalle acque di infiltrazione più recenti. Non si può inoltre escludere, almeno per i punti più vicini alla costa, che vi sia presenza di cloruri dovuti a sovrappompaggio alla fine degli anni '70.

Chimica delle Acque di Prima Falda A1.

Dai diagrammi di Piper precedenti si può notare che il triangolo degli anioni, unito alla terza dimensione, può facilmente distinguere le acque provenienti dai diversi acquiferi.

Ora si prende in esame la prima falda confinata, (quella composta dalle "sferette" azzurre, nei diagrammi precedenti).

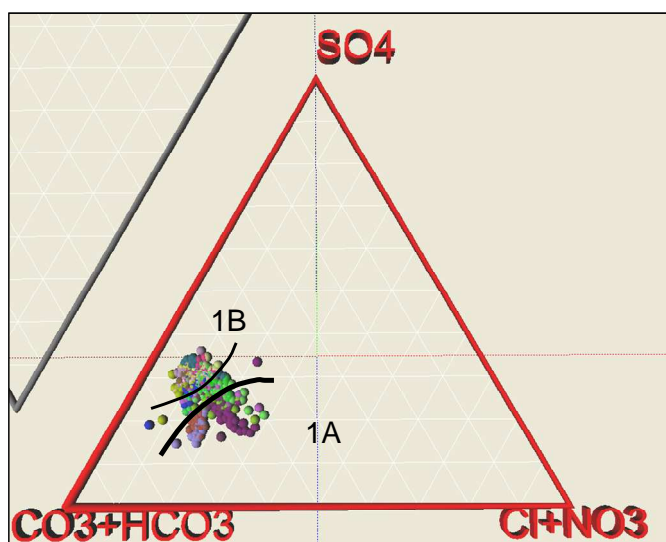


Fig. 0-10 – Prima falda confinata, ad ogni colore corrisponde una captazione.

Osservando l'ubicazione dei singoli pozzi si nota una sostanziale differenziazione spaziale in due aree ben distinte, 1A ed 1B; come risultano definite dalla figura successiva.

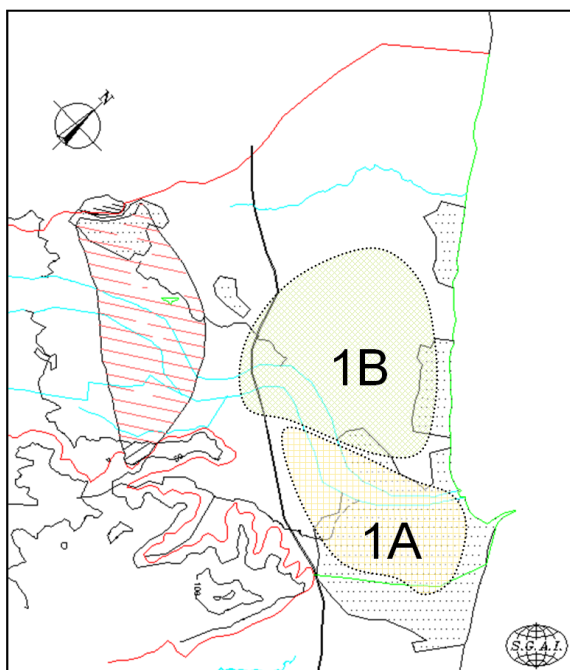


Fig. 0-11 – Differenziazione chimica nella prima falda confinata.

In particolare, l'area 1B rappresenta l'area di diretta alimentazione dal Fiume Marecchia, si osservi infatti nella figura Fig. 0-11 il Fiume e la zona di anastomizzazione, ove si ha alimentazione della prima falda confinata.

L'estensione della 1B a NW non è così ben definita come rappresentato, la tendenza delle captazione più a NW è comunque di avere una

minore concentrazione specifica in solfati rispetto a bicarbonati e/o cloruri nitrati.

La linea di demarcazione tra le aree 1A ed 1B è ben distinta già a valle dell'Autostrada, essa rispecchia i risultati già ottenuti nello studio effettuato per AMIR nel '99-'00, di cui si riporta una rappresentazione schematica dell'alimentazione della prima falda confinata:

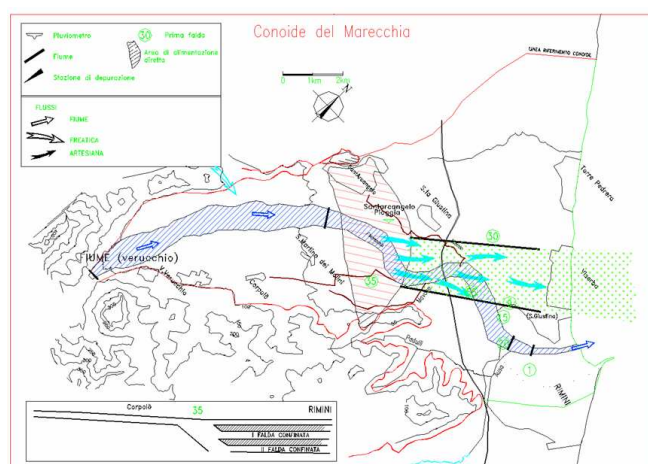


Fig. 0-12 – Schema di Alimentazione diretta dal Fiume nella I Falda. (Studio SGAI per AMIR '99).

L'area 1A ha una maggiore mineralizzazione, dal punto di vista anionico vi è un maggiore apporto relativo in cloruri, invece i cationi rispettano i medesimi rapporti.

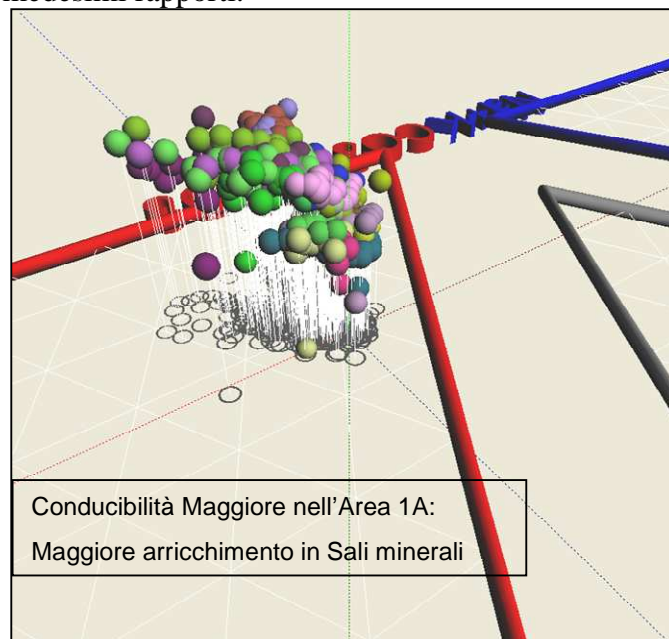


Fig. 0-13 – La conducibilità (correlabile con la concentrazione in sali minerali) è superiore nell'area 1A.

Relativamente ai nitrati si rimanda ai capitoli ad esso relativi.

Andamento dei Cloruri nella Prima Falda Confinata

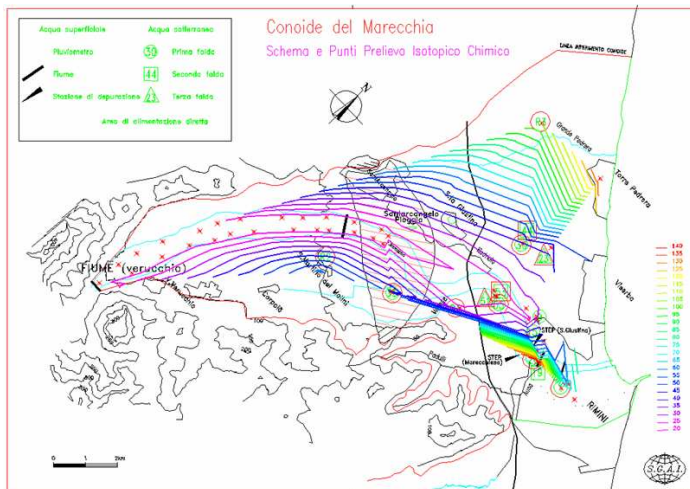


Fig. 0-14 – Andamento dei Cloruri nella prima falda confinata (valori medi delle serie storiche).

Si nota che vi è un netto incremento in cloruri all'altezza dell'R3 ed in destra. Osservando le serie storiche ed i dati attuali si rileva come il P20 abbia registrato questi valori elevati, ugualmente il P27 ha avuto in passato picchi anche 2-3 volte superiori. La serie storica del P27, altresì, evidenzia picchi in ferro e manganese a questi rilievi, condizione che fa pensare ad un non utilizzo del pozzo ed una riattivazione solo per eseguire il prelievo; ciò sicuramente comporta accumulo di ioni e quindi anomalie.

Il dato è comunque interessante. Infatti l'R3, unito ad un pozzo AMIR nei pressi di Torre Pedrera rimarca quasi sicuramente una ingressione di cuneo salino (a tale scopo sarà d'aiuto una analisi sul rapporto Boro/Cloruri); la serie storica disponibile non rileva un andamento correlabile o anticorrelabile.

Chimica delle Acque della Seconda Falda Confinata ed Intermedie

Dallo schema degli acquiferi si notano acquiferi intermedi tra il primo ed il secondo confinato, qui di seguito rappresentati lungo una direttrice parallela alla costa:

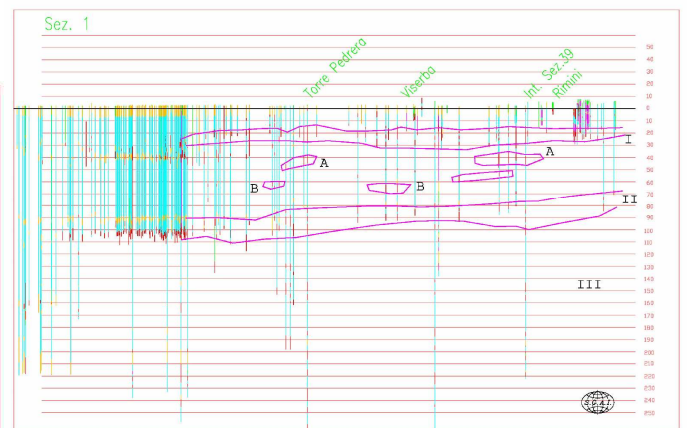


Fig. 0-15 – Gli acquiferi confinati tabulari, I e II e le falde intermedie A, B senza continuità laterale.

Gli acquiferi A e B ed il secondo acquifero confinato A2, hanno rapporti ionici simili, come evidenziato dal diagramma di Piper:

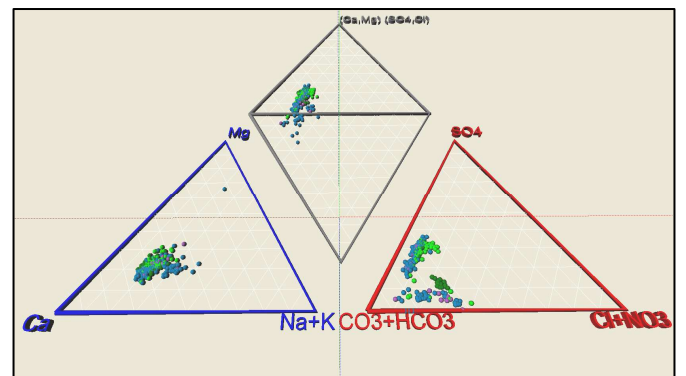


Fig. 0-16 – Diagramma di Piper per il secondo acquifero confinato e acquiferi intermedi A e B.

Il fatto che le acque dalle falde intermedie abbiano rapporti ionici simili con quelle della seconda falda confinata non significa che le acque abbiano chimica simile, infatti le falde intermedie, avendo un ricambio differente e sicuramente molto inferiore, risultano con caratteristiche fortemente riducenti, con presenza di ferro, manganese ed anche ammonio, questo verrà meglio visto in seguito.

Ora è interessante osservare che nel diagramma anionico, indipendentemente dall'acquifero d'appartenenza, si distinguono due zone, la 2A e 2B.

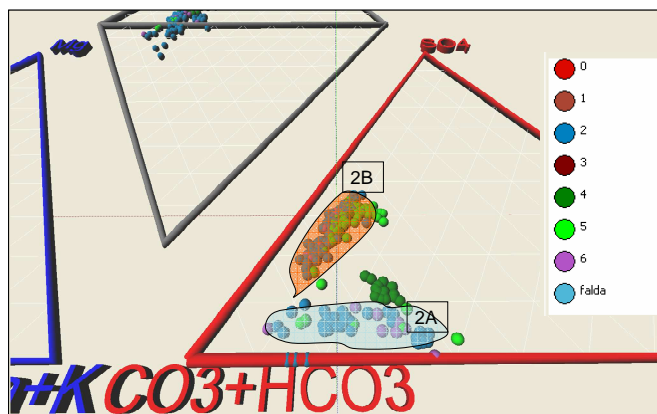


Fig. 0-17 – Le aree ben distinte nel diagramma anionico di Piper, 2A e 2B.

Analizzando l'ubicazione dei pozzi relativi alla zona 2A e 2B si osserva che si dispongono in aree ben distinte e definite:

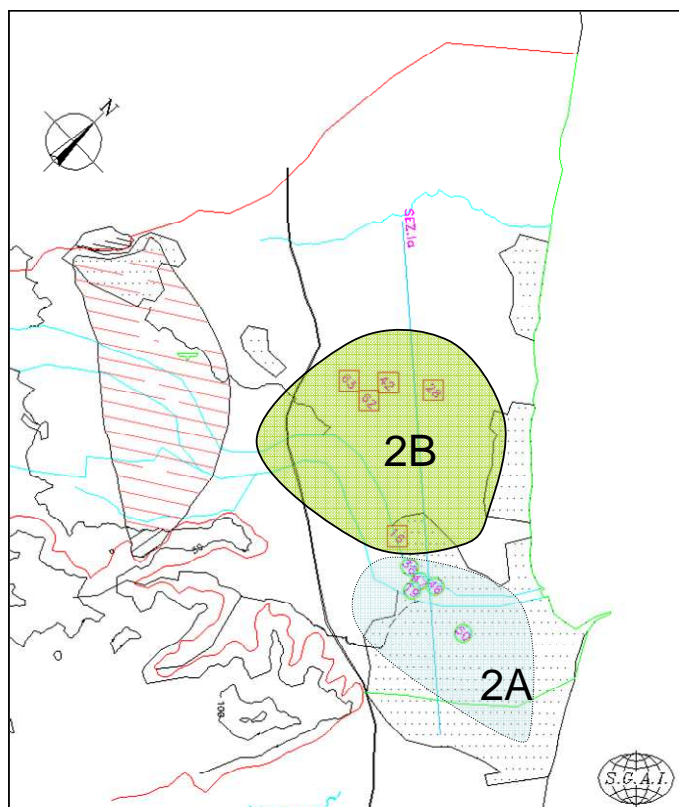


Fig. 0-18 – Le zone 2A e 2B del triangolo anionico di Piper corrispondono ad aree distinte nel Conoide.

Si nota un parallelo del tutto simile con la differenziazione chimica delle acque provenienti dalla prima falda confinata; nonostante, come già evidenziato, queste ultime abbiano un tenore in sali minerali inferiori e ben distinto dalla prima. La distinzione fra la falda tabulare e quelle intermedie non è discriminante sulle concentrazioni relative fra cationi ed anioni

principali; si dovrà analizzare le quantità di questi. Nel diagramma seguente si è posta l'altezza in funzione della conducibilità specifica. Pur mantenendo la differenziazione areale 2A e 2B in due gruppi distinti nel diagramma anionico, si osserva una buona distinzione fra le falde 2, e quelle intermedie non tabulari (qui distinte con i numeri 4, 5, 6).

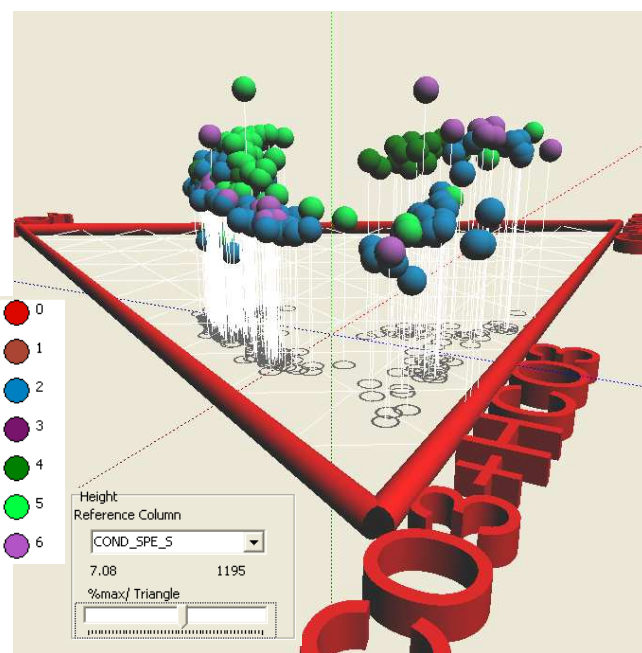


Fig. 0-19 – Distinzione fra le acque della seconda falda tabulare e falde intermedie: altezza in funzione della conducibilità specifica.

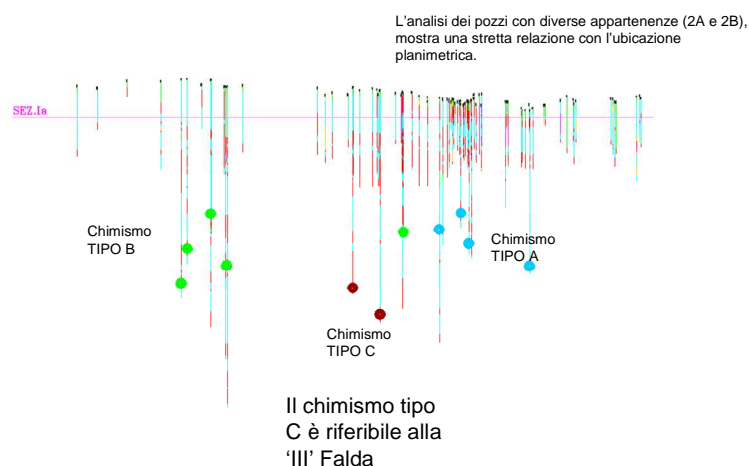


Fig. 0-20 – Ubicazione sulla direttrice Ia, (vedi Fig. 0-18) dei chimismi tipo 2A e 2B.

Per osservare meglio l'andamento e "l'invecchiamento" delle acque dal momento della ricarica a valle, si può indagare anche l'ossigeno disciolto; esso infatti descrive i fenomeni riduttivi che avvengono progressivamente nel tempo per il

contatto dell'acqua con sostanze organiche facenti parte l'acquifero.

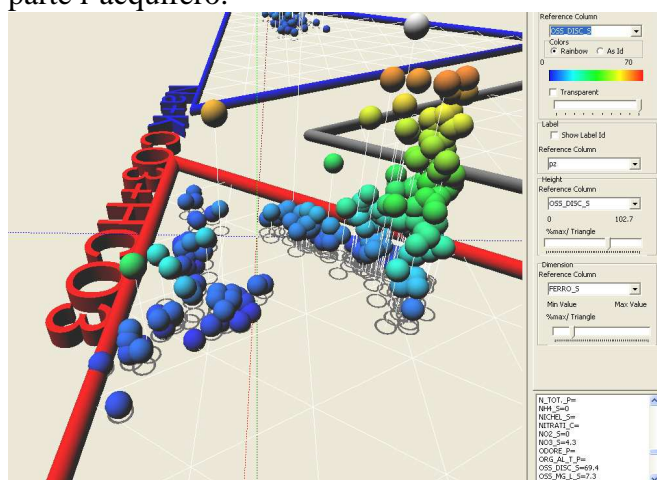


Fig. 0-21 – Seconda Falda ed intermedie. Altezze proporzionali all'ossigeno disciolto.

E' qui chiarissimo che gli acquiferi nell'area 2A hanno ossigeno disciolto molto basso, mentre quelle relative all'area 2B hanno un valore decrescente che è in funzione della distanza dall'infiltrazione; questo fenomeno dimostra che non vi sono apporti o miscele esterne dall'acquifero.

Nella zona A l'ossigeno è mediamente al 5-10% della saturazione, nella zona B, (all'aumentare della concentrazione relativa di solfati), si ha una maggiore saturazione 40-70%.

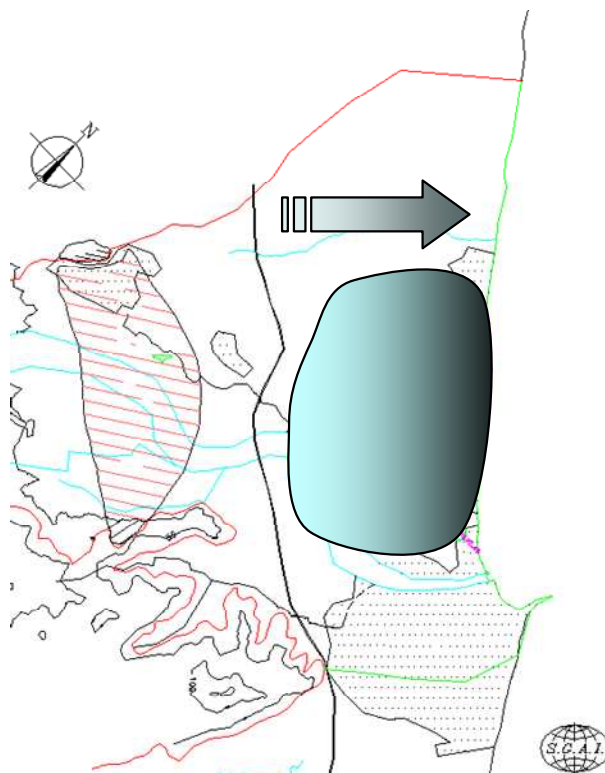


Fig. 0-22 – Andamento della saturazione in ossigeno per l'area 2B. L'ossigeno decresce gradatamente dalla zona di prima infiltrazione.

Chimica delle Acque della Terza Falda Confinata e successive

Al di sotto della seconda falda confinata tabulare non si hanno molti dati stratigrafici, ed ancora meno pozzi monofalda che captino queste acque.

Questi acquiferi sono poco sfruttati e probabilmente non hanno uno sbocco diretto al mare o alle falde superiori, quindi hanno tempi di permanenza che sono prossimi al momento della loro creazione. A tempi di permanenza elevati corrispondono trasformazioni chimiche nelle acque per raggiungere l'equilibrio con le fasi solide dell'acquifero, con particolare riguardo alla sostanza organica presente. Ciò comporta, solitamente, un ambiente riducente con la trasformazione, finchè l'ossigeno è disponibile, dei nitrati in ammonio, riduzione dei solfati e aumento relativo dell'alcalinità e la presenza di ferro e manganese. A seguito di queste trasformazioni si ha un ulteriore aumento del pH che sposta gli equilibri dei carbonati al raggiungimento della saturazione, con la conseguente precipitazione di carbonati di calcio e magnesio.

Si riporta, inoltre, la presenza di metano, più o meno accentuata in funzione della profondità.

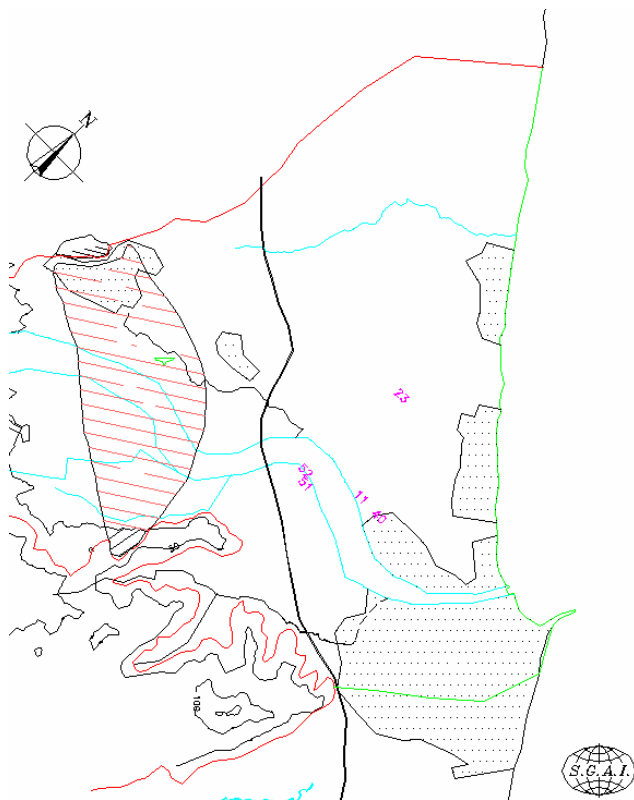


Fig. 0-23 – Pozzi monofalda con serie chimica disponibile relativi alla terza falda confinata e successive.

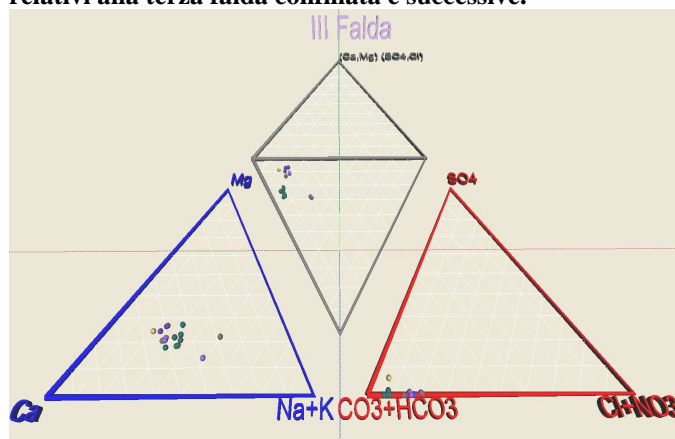


Fig. 0-24 – Serie chimica delle acque provenienti dal III acquifero confinato e successivi.

La Falda Freatica e di Subalveo

La falda freatica, che alimenta direttamente la costa, presenta caratteristiche fortemente dipendenti dalle condizioni di ricarica.

In particolare si nota:

- zona nei pressi del Porto Canale, direttamente alimentata dal sub-alveo e dalle acque dell'Ausa, zona Parco Marecchia;

- zona Torre Pedrera-Bellaria e Rimini-Miramare, scarsamente alimentata dal fiume,

Va considerato che la zona Torre Pedrera-Bellaria è stata interessata da un fortissimo sfruttamento, con creazione del cuneo salino.

Falda di Subalveo del Marecchia

Le caratteristiche delle acque freatiche di subalveo/Marecchia, da analisi effettuate circa 10anni fa hanno mostrato le seguenti caratteristiche:

| | S1 | S2 | S3 | S4 |
|------|-------|------|------|-------|
| Na | 105 | 49 | 71.3 | 79 |
| K | 7 | 9.2 | 14.5 | 9.2 |
| Ca | 138.5 | 191 | 274 | 158 |
| Mg | 35 | 30 | 64.5 | 34.2 |
| SO4 | 142 | 139 | 517 | 175.6 |
| HCO3 | 361 | 244 | 523 | 214 |
| Cl | 196 | 78.5 | 87 | 135.4 |
| NO3 | 16 | 47 | 0 | 31 |

Tab. 0-3 – Chimica delle acque freatiche presso il Parco Marecchia (dati AMIR).

La sostanza azotata è quindi presente in concentrazioni elevate ma non altissime come in altre zone e/o in altre falde.

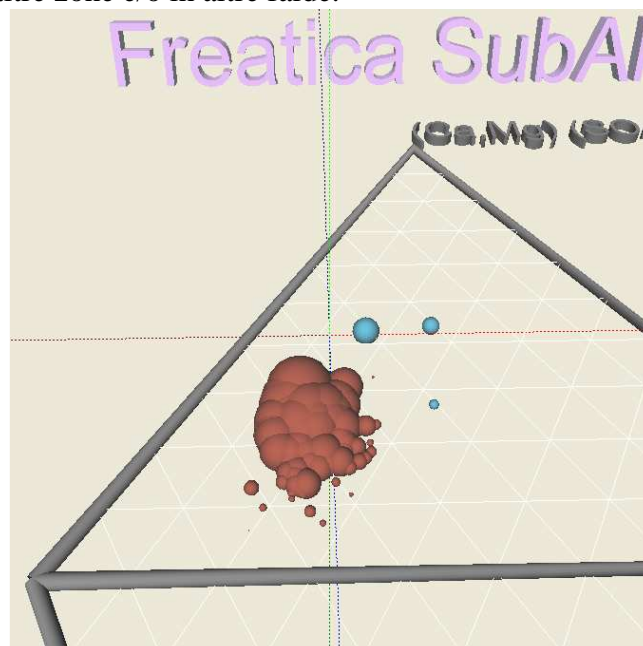


Fig. 0-25 – Differenziazione nel diagramma di Piper delle acque della freatiche e quelle 'di prima falda'. Il raggio è proporzionale alla concentrazione di nitrati.

Per la valutazione degli apporti si considera il flusso in un mezzo poroso in acquifero non confinato (condizione freatica).

Si considera che il moto sia in regime stazionario e che non vi siano particolari emungimenti.

$$Q = kAi$$

per metro lineare, e posto $T = kh$:

$$Q(\text{per ml}) = Ti$$

i: il gradiente idraulico. Da misurazioni eseguite sulla freatica, (zona Riccione) nelle vicinanze della linea di costa risulta essere variabile da 0,15/100 a 0,30/100. Si assume 0,002.

T: trasmissibilità, kh; la variazione di h è tale da potersi considerare media. Nei pressi del Porto Canale la presenza delle ghiaie può portare a trasmissibilità dell'ordine di $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, allontanandosi si può assumere $5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.

Si ottiene così:

$$Q_1 = 80 \text{ l/giorno /ml}$$

$$Q_2 = 8 \text{ l/giorno/ml}$$

Il picco è presumibile nella zona di sub-alveo (Porto Canale-Deviatore Marecchia).

L'apporto di sostanze azotate nell'area di balneazione risulta:

Sostanza azotata (i NO₃): 3,2 – 0,32 gr/giorno /ml

Valore che si può considerare 'piccolo' nei tratti di costa ove vi è moto ondoso e senza luoghi di 'ristagno'.

Falda Freatica lungo costa

Allontanandosi dall'area di freatica direttamente alimentata dal fiume si passa da condizioni di ricarica dirette con acque ossigenate a condizioni via via più riducenti con la trasformazione dell'azoto da nitrato ad ammoniacale, presenza di ferro e manganese.

Queste caratteristiche sono tipiche per acque con tempi di permanenza elevati, ricambi limitati e presenza di sostanza organica.

Le portate giornaliere a mare sono dell'ordine o inferiori a Q₂ (1-10l/giorno/ml).

La loro interferenza è quindi limitata.

Caso particolare è invece la presenza di scogliere radenti contro l'erosione

In questo caso si hanno condizioni in cui non vi è il ricambio e l'ossigenazione necessaria e si vengono a creare condizioni veramente particolari:

- il fondale basso;

- materiale di fondo non solo sabbioso, ma anche limoso e argilloso;
- l'insolazione in bacino chiuso e quindi l'elevata temperatura dello specchio d'acqua;

uniti all'apporto costante e dal fondo di acque con sostanze azotate allo stato ammoniacale e le condizioni riducenti,

comportano la degradazione delle sostanze organiche in assenza di ossigeno, proprio nel sedime, con la formazione di molecole complesse anche a base di zolfo; ed oltre alla qualità delle acque per le condizioni microbiologiche si ha la creazione di gas maleodoranti.

Cenni sulla Problematica dei Nitrati

Negli anni '80 si è assistito ad un notevole aumento della concentrazione di nitrati nelle falde del Conoide.

Sono stati condotti diversi studi per ricercarne le cause e per definire le falde meglio sfruttabili ad uso idropotabile.

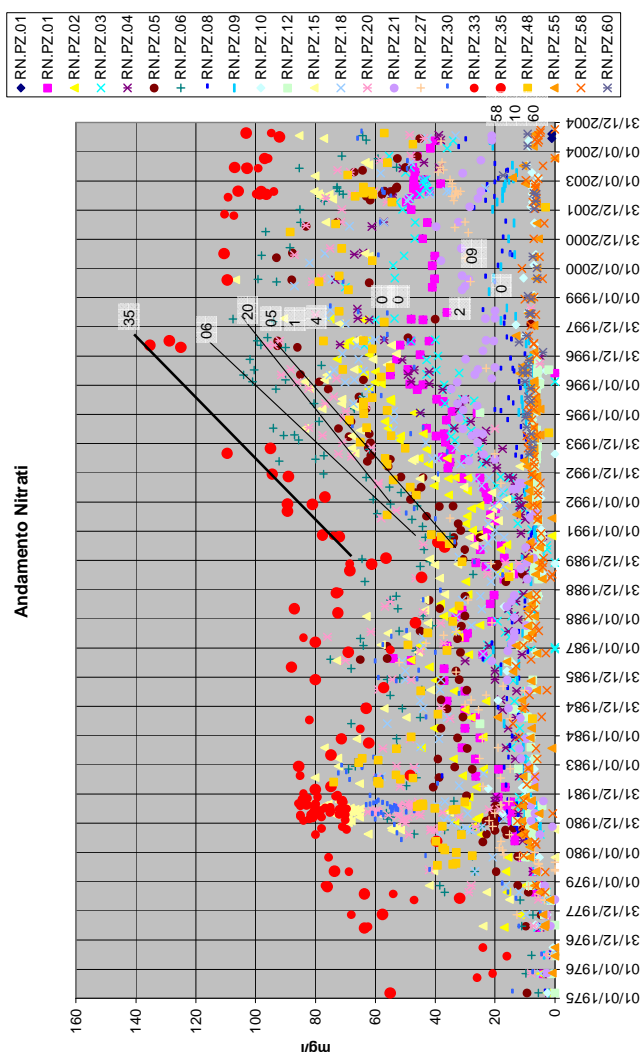


Fig. 0-26 – Serie temporale della concentrazione dei Nitrati in alcuni punti di monitoraggio.

Osservando le serie storiche si è giunti allo schema seguente per spiegare l'andamento dei nitrati in falda, in particolare la prima confinata. L'apporto del fiume è notevole e consente di diluire le elevate concentrazioni che si raggiungono nella freatica (zona apicale) e che via via interessano le zone più lontane dalla diretta alimentazione del Marecchia.

Ci si aspetta un simile andamento anche per le acque della freatica a valle dell'anastomizzazione, con, quindi, maggiori concentrazioni di sostanze azotate, (anche sotto forma ammoniacale).

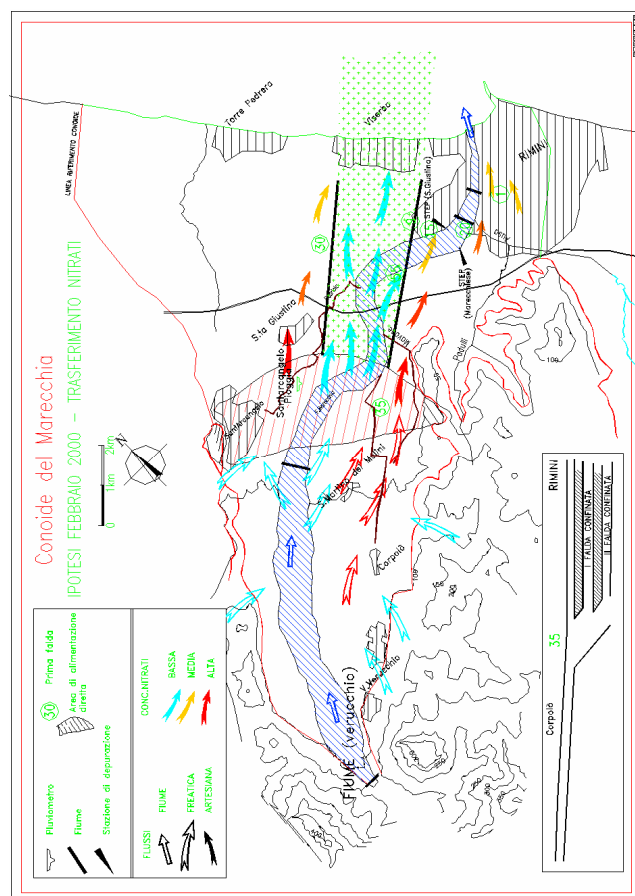


Fig. 0-27 – Schema di alimentazione da nitrati in falda.

Geometria degli Acquiferi del Conoide del Conca

Il conoide che sottende il Torrente Conca presenta una sola falda confinata ed una falda freatica.



Fig. 0-28 – Planimetria del Conoide del Conca.

Durante la crisi idrica degli anni '70, (unita allo sviluppo del turismo in modo esponenziale per la riviera), si è assistiti al depauperamento della risorsa acqua sotterranea, fino al raggiungimento dell'intrusione marina, qui molto amplificata.

Le cause, come detto, sono da attribuirsi:

- ad anni particolarmente siccitosi;
- alla crescente domanda nel periodo estivo;
- alla configurazione idrogeologica del bacino del Torrente Conca, ove le formazioni litologiche non hanno una adeguata capacità serbatoio che consenta di avere un effetto volano sulle portate in seguito ai periodi di minor precipitazione meteorica.

Per rispondere a tali problematiche venne progettato ed eseguito uno dei primi esempi di “bacino di ricarica”, la diga del Conca.

Il principio di funzionamento è semplice ed è esplicito nella figura successiva:

- la posizione dello sbarramento è il risultato di un approfondito studio geologico ed idrogeologico del fenomeno di ricarica delle falde del conoide;
- in particolare nella situazione “senza diga” o a sbarramento aperto, il letto del Torrente non consente una ricarica del conoide se non in modo limitato, (nella sezione esso risultava già insediato nelle argille plioceniche e solo eventi di piena consentivano la ricarica);
- con il posizionamento dello sbarramento si consente la ricarica delle falde, in particolare la falda confinata.

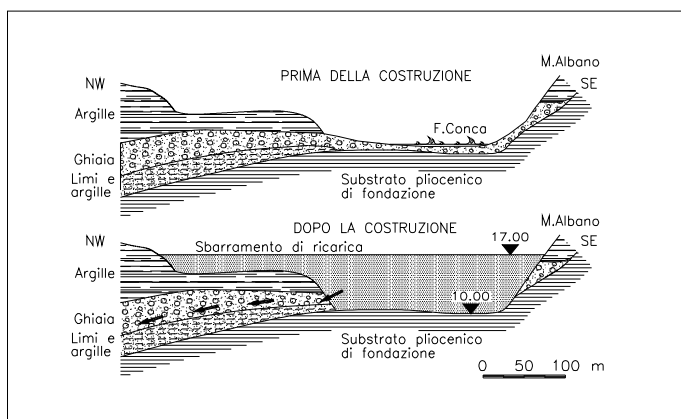


Fig. 0-29: Schema di funzionamento della ricarica.

Uno studio piezometrico svolto nel 1998, ha evidenziato questo effetto di ricarica, (che consente lo sfruttamento di 5-7mln di mc d’acqua) dalla prima falda confinata.

Falda Confinata

La falda confinata, il cui tetto è da 14-15m slm a 15-20slm, risente direttamente dell’effetto di ricarica.

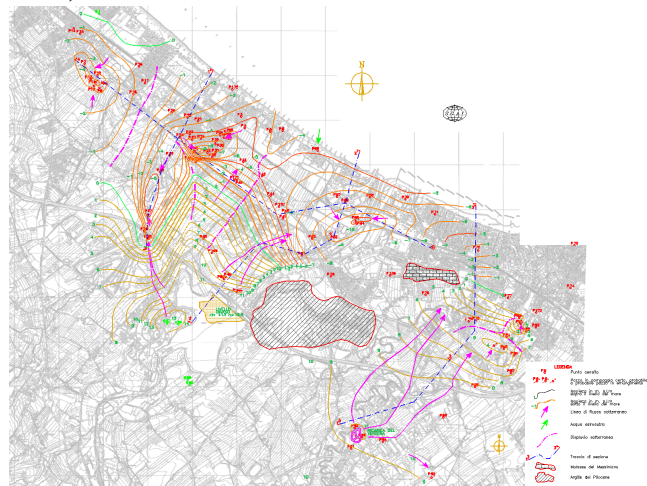


Fig. 0-30 – Andamento dei flussi della falda confinata.

L’andamento piezometrico, nelle stagioni invernali (sbarramento aperto), ed estive, (sbarramento chiuso, i.e. con ricarica attiva), è il seguente:

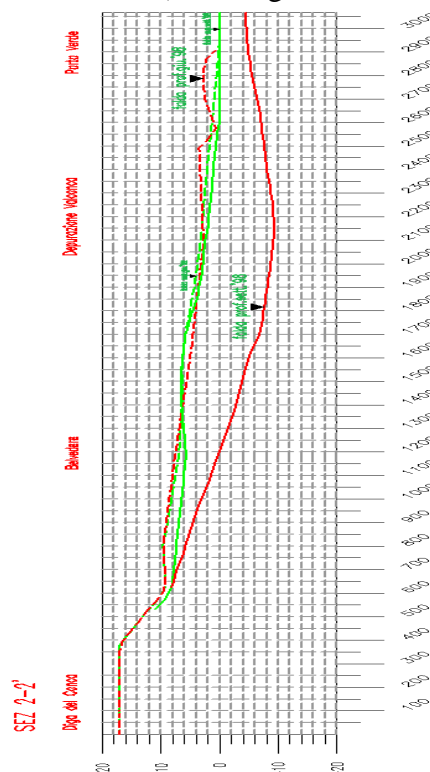


Fig. 0-31 – Andamento dei livelli piezometrici della falda confinata (rosso continuo in Ottobre, rosso tratteggiato a Giugno: massima ricarica).

Le acque, con un buon rinnovo e quindi ben ossigenate, hanno caratteristiche qualitative buone.

Esse, come visto con il Marecchia non interessano direttamente l’acqua di balneazione.

Falda Freatica

La falda freatica è relativamente interessata dalla ricarica della Diga. Come dalla figura precedente, evidenziata in linea verde, la freatica non subisce forti variazioni nelle condizioni di Diga aperta o chiusa. E' comunque evidente che le variazioni non sono visibili in quanto nel periodo estivo vi è un maggiore emungimento.

Sicuramente l'azione della Diga è nella qualità delle acque, consentendo un maggiore ossigenazione di acque che è noto presentano elevati condizioni di ossidoriduzione.

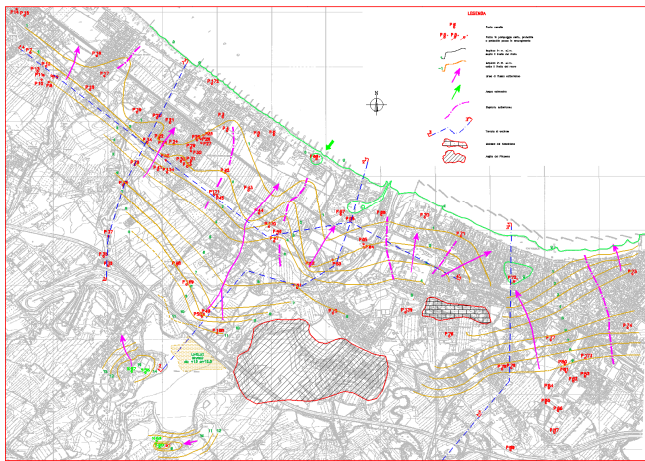


Fig. 0-32 – Andamento delle isopiez e delle condizioni di ricarica della falda freatica.

Per quanto concerne l'area di freatica che viene direttamente interessata dalla ricarica artificiale si può osservare che le caratteristiche delle acque d'invaso non possono che migliorarne la qualità.

Qualità delle Acque d'invaso e delle acque rilasciate dall'invaso.

Posto l'effetto delle acque d'invaso alle falde a valle di questo è necessario fare una breve osservazione sulla loro qualità.

Da uno studio eseguito nel 2002 mediante logs multiparametrici su più punti si è constatato un buono stato delle acque, con buona ossigenazione e la praticamente assenza di condizioni ossidoriduttive:

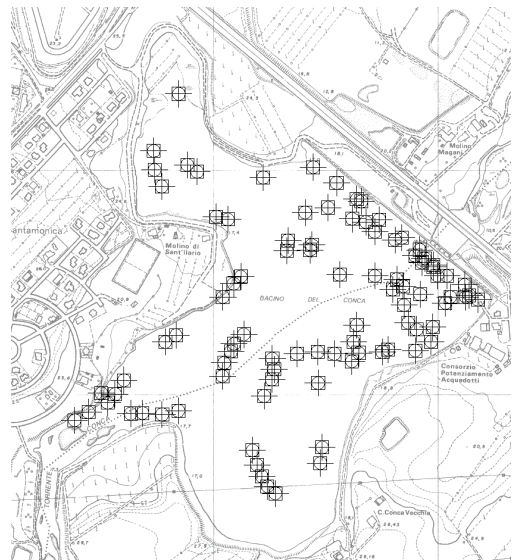


Fig. 0-33 – Ubicazione dei Logs. (SGAI 2002).

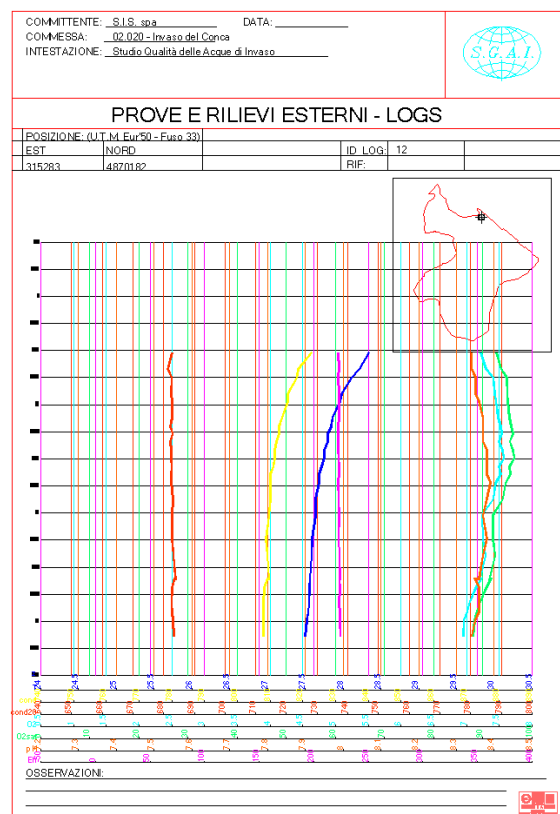


Fig. 0-34 – un log eseguito nella campagna 2002.

Il grafico seguente mostra i valori medi mensili in apporto di nutrienti nell'invaso. Nei periodi invernali a sbarramento aperto i valori sono quelli dell'acqua che scorre allo sbarramento.

Si osserva che:

- la concentrazione di sostanze azotate è minima, comportando quindi una forte diluizione delle eventuali acque provenienti da diretta infiltrazione da terreni agricoli o altro di valle;

- l'apporto di fosfati è piccolo, ma in falda questo viene praticamente immediatamente metabolizzato;
- così è per il BOD5.

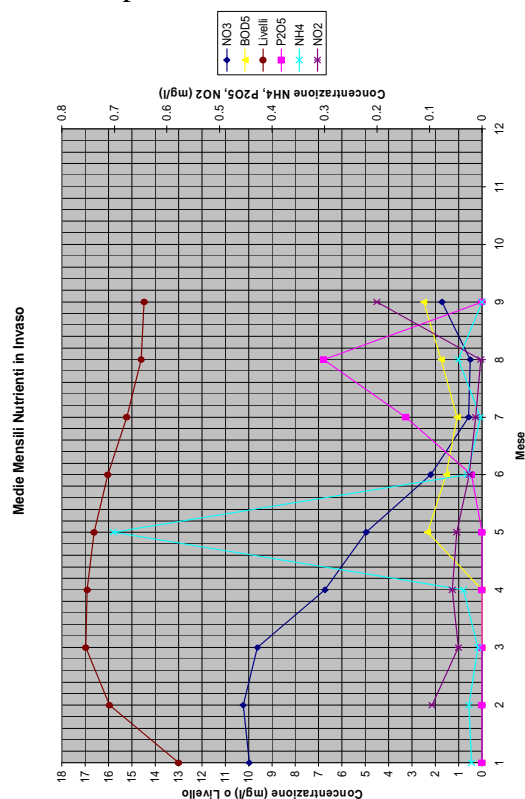


Fig. 0-35 – Valori medi mensili nutrienti nell'invaso.

Si nota inoltre l'effetto positivo dello sbarramento nei periodi estivi, ove, trattenendo i picchi di sostanze nutrienti, ne rilascia piccole quantità a mare.

A questo si aggiungono anche le problematiche relative alle acque di prima pioggia.

L'invaso, in questo caso, nei periodi estivi trattiene le acque di prima pioggia, rilasciandole poi in modo più mitigato ed abbattendo i picchi, almeno per quanto riguarda le acque a monte dello sbarramento.

Ciò consente, inoltre, di abbattere la torbidità alla foce nei sopradetti fenomeni.

Questo è confermato dai dati ARPA alla foce, ove, fra tutti i punti monitorati da ARPA, la foce del Conca risulta quella con minor superamento dei valori di soglia per la balneabilità.

Effetti dello Sbarramento sulla Foce

Avendo trattato gli effetti dello sbarramento sulla qualità delle acque di falda e divagato sull'effetto dello sbarramento durante i mesi estivi, è utile

fare una breve digressione sul trasporto all'invaso ed i rilasci a valle.

Da diversi studi eseguiti e da diversi autori, si è ricostruito il quantitativo e le caratteristiche granulometriche dei materiali trattenuti dall'invaso.

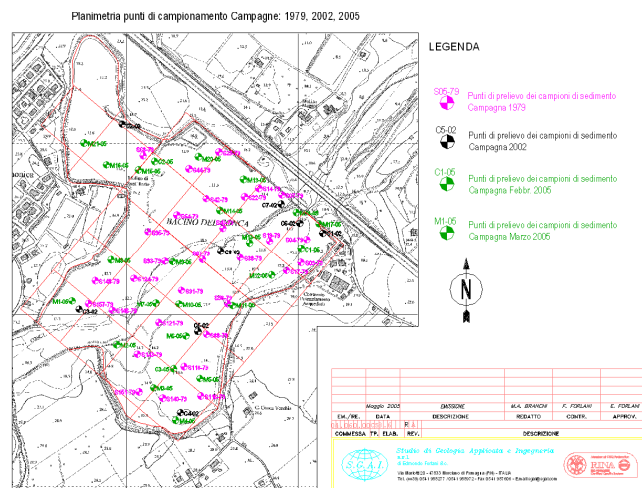


Fig. 0-36 Punti di prelievo del materiale, e raffronto con campagne precedenti.

Dallo studio è risultato:

. capacità d'invaso al 2002: superiore a 1'250'000 mc

. materiale trattenuto medio annuo 4-8mila mc/anno.

Questo è il dato degli ultimi 10-15anni.

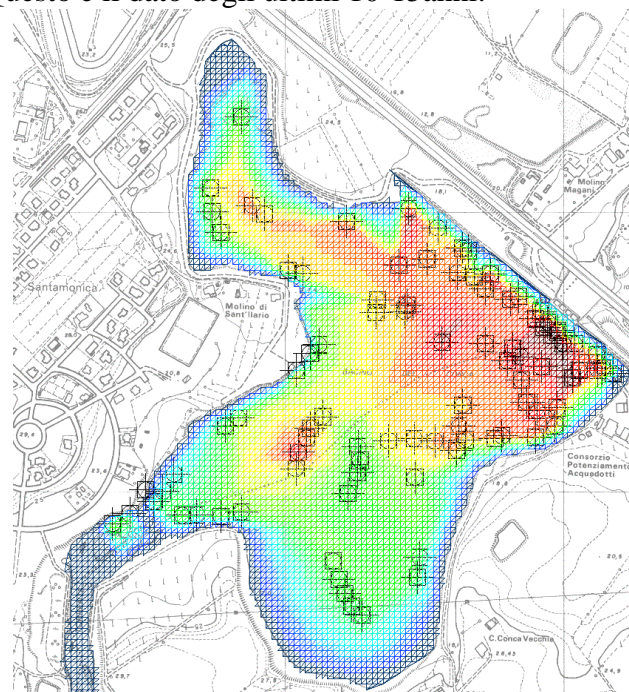
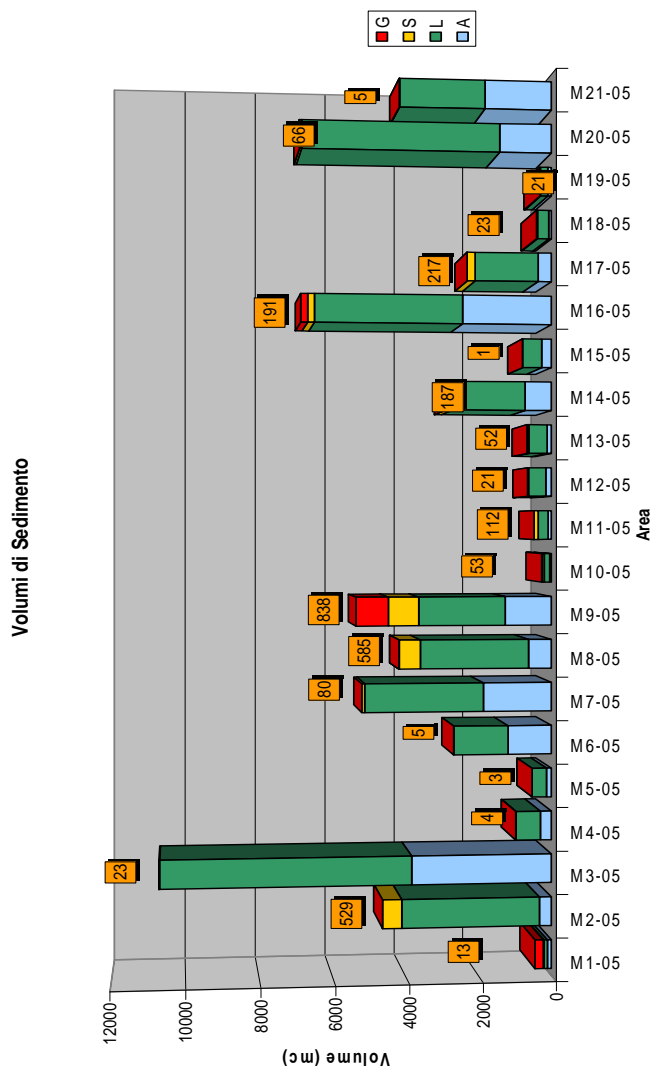


Fig. 0-37 Campagna 2'002. Ubicazione dei Logs eseguiti ed andamento qualitativo della profondità.

Le caratteristiche del materiale sono risultate:

| | Valore Medio (%) | | |
|---------------|------------------|------|---------------|
| | 1979 | 2002 | 2005 Marzo |
| Ghiaia+Sabbia | 3.7 | 6 | 9.7 |
| Limo | 50.2 | 63.5 | 64 |
| Argilla | 45.4 | 30.5 | 26.3 |

Tab. 0-4 – Quantità % di materiali presenti. Nel 2005 è stata analizzato anche un tratto a monte della Diga.
Le caratteristiche sono tali da non poter essere impiegato per il ripascimento.



Posti i 4'000mc/anno di accumulo, si ha che circa il 5-6% è costituito da sabbie.

Questo nasce dal fatto che, a meno di prescrizioni particolari, lo sbarramento è attivo nei soli mesi estivi ed il 90% del trasporto solido è nei mesi invernali come da uno studio eseguito su bacino idrogeologico simile, il Sillaro.

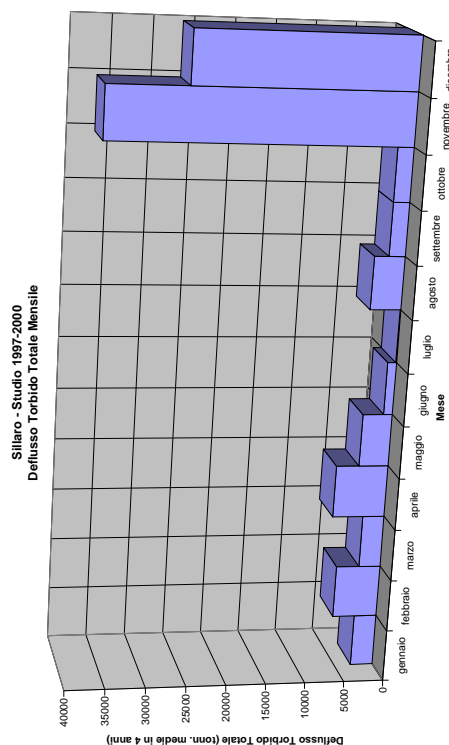


Fig. 0-38 – Sillaro Andamento del deflusso torbido medio anni 1997-2000.

Si nota che solo il 12% del trasporto solido è nei mesi di attività dello sbarramento, da cui le sabbie trattenute risultano inferiori allo 0,6% del trasporto solido totale.

Acquiferi minori

Dopo questa digressione, si passa a trattare gli acquiferi minori.

Essi sono di minor entità, anche se a volte confinati, sono lungo la costa, spesso in corrispondenza di corsi d'acqua minori, come il T.Marano, ecc.

Tralasciando gli acquiferi confinati, la cui interferenza con le acque di costa e di balneazione è praticamente nulla, si può osservare che la falda freatica, sempre con portate limitate, ma distribuite lungo tutto il tratto costiero, ha il suo apporto costante.

Le quantità sono quelle già esposte dell'ordine di 10 l/giorno per ml, qui non si ha presenza di un 'subalveo' ghiaioso ben definito, ma principalmente sabbie, sabbie-limose per i primi metri. Esse risultano non di buona qualità.

E' elevata la presenza di sostanze azotate in forma ammoniacale, ferro e manganese (spesso oltre i limiti di potabilità), si nota praticamente l'assenza di ossigeno disciolto e le forti condizioni riducenti.

L'interazione con l'acqua di mare è sì distribuita ma limitata nelle quantità, il solo effetto del moto ondoso è sufficiente all'ossigenazione ed alla miscelazione con l'acqua di mare, (e precipitazione di idrossidi vari, in particolare quello di ferro).

Fanno eccezione le zone ove le scogliere anti erosione hanno consentito un minimo ricambio con le acque di mare aperto.

Qui gli effetti negativi vengono amplificati e gli apporti comportano la formazione di un sottofondo anossico con la probabile proliferazione di microrganismi anaerobi con tutte le conseguenze sulla balneabilità.

Conclusioni e possibili sviluppi

Il seguente intervento è il frutto di studi idrogeologici ed idrochimici sulle falde del Marecchia, del Conca e falde intermedie, finalizzati alla conoscenza degli acquiferi e della qualità delle acque. Si è qui cercato di 'prolungare' queste conoscenze verso le problematiche relative alla balneazione ed alle relazioni delle falde acquifere con il mare ed in particolare con la linea di costa.

Dagli studi fatti si conclude che le interferenze quantitative sulla qualità delle acque per la balneazione sono limitate alla sola interazione con la falda freatica. Queste interazioni risultano limitate rispetto agli apporti delle acque superficiali, anche se distribuite lungo tutta la linea di costa, a meno di alcune condizioni particolari, come ad esempio le spiagge confinate da scogliere antierosive con minimo ricambio d'acqua di mare. In queste condizioni le acque freatiche, riducenti, con ammonio, ferro e manganese contribuiscono in modo attivo alla degradazione anaerobica del fondale.

Per meglio 'collegare' gli studi eseguiti e studiare le relazioni freatica-acque di balneazione sarebbe auspicabile creare una base dati da un'indagine chimica ed isotopica sulle acque di ristagno, correlandola con le già note acque sotterranee e del mare e per verificare al meglio questi scambi un'indagine termografica dall'alto per meglio comprendere gli effetti delle maree e le interazioni freatica/acqua di mare.

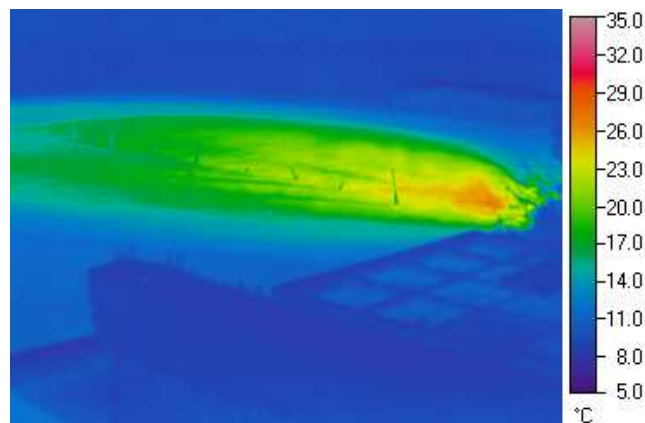


Fig. 0-39 – Esempio di indagine termografica – scarico a mare di acque calde.

Bibliografia

Stumm, W., Morgan, J.J., 1996 – Aquatic Chemistry, Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters. Hiley.