

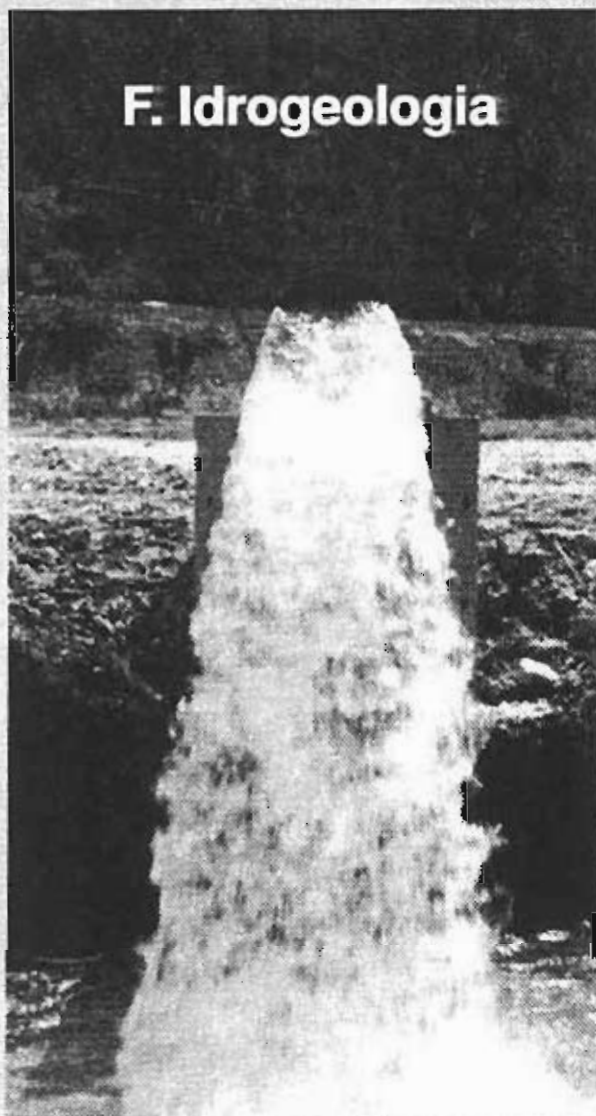


REGIONE MARCHE

Assessorato alla Protezione Civile

Progetto regionale di captazione idropotabile
tramite perforazione di pozzo e monitoraggio
delle risorse idriche preesistenti in località Burano

F. Idrogeologia



 **Aquater**

S. Lorenzo in Campo (PS)

1992

I N D I C E

1. <u>INTRODUZIONE</u>	Pag. 1
2. <u>CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELLE FORMAZIONI</u>	" 2
3. <u>COMPLESSI IDROGEOLOGICI</u>	" 9
3.1. IDENTIFICAZIONE DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI	" 9
3.2. SERIE IDROGEOLOGICHE	" 11
4. <u>SORGENTI</u>	" 12
4.1. SORGENTI DEL COMPLESSO IDROGEOLOGICO DELLA SCAGLIA	" 12
4.1.1. <u>Regime delle portate</u>	" 13
4.1.2. <u>Coefficiente di esaurimento</u>	" 15
4.1.3. <u>Regime termometrico</u>	" 18
4.1.4. <u>Conducibilità</u>	" 19
4.2. SORGENTI DEL COMPLESSO IDROGEOLOGICO DELLA MAIOLICA	" 20
4.2.1. <u>Regime delle portate</u>	" 20
4.2.2. <u>Coefficiente di esaurimento</u>	" 21
4.2.3. <u>Regime termometrico</u>	" 22
4.2.4. <u>Conducibilità</u>	" 22
4.3. SORGENTI DEL COMPLESSO IDROGEOLOGICO CORNIOLA- MASSICCIO	" 22
4.3.1. <u>Regime delle portate</u>	" 23
4.3.2. <u>Coefficiente di esaurimento</u>	" 23
4.3.3. <u>Regime termometrico</u>	" 24
4.3.4. <u>Conducibilità</u>	" 24
5. <u>CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE CONCLUSIVE</u>	" 25
6. <u>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE GENERALI</u>	" 28

1. INTRODUZIONE

Con la Delibera n° 5983 del 12.07.1990, la Giunta Regionale delle Marche ha dato incarico all'Aquater S.p.A. di eseguire, nell'ambito del "Progetto Regionale di captazione idropotabile tramite perforazione di pozzo e monitoraggio delle risorse idriche preesistenti in località Burano e realizzazione di relativo impianto di soccorso dell'acquedotto Cagli-Acqualagna", la 1° e la 2° fase del Progetto stesso consistenti rispettivamente nello studio e monitoraggio delle risorse idriche esistenti nella dorsale carbonatica Catria-Nerone e nella perforazione di un pozzo per acqua.

L'esecuzione dello studio e del pozzo avevano come scopi:

- a) Conoscere la qualità e la potenzialità delle acque sotterranee esistenti nella zona in oggetto;
- b) Individuare i caratteri idrogeologici (livelli acquiferi, aree di ricarica, bilancio idrogeologico, ecc.)
- c) Valutare i rapporti tra i prelievi nel pozzo da perforare e le sorgenti della zona, stimando le risorse idriche sotterranee disponibili e tenendo conto che la realizzazione di tale intervento deve essere effettuata nel rispetto delle suddette risorse, al fine di garantire la salvaguardia e la corretta gestione delle stesse, avendo cura di non indurre scompensi nei fiumi e nelle sorgenti che possono presumibilmente interagire con i serbatoi idrogeologici profondi.
- d) Assicurare un costante controllo della quantità e qualità delle acque.

Tutte le attività operative di campo e le elaborazioni eseguite sono state finalizzate al raggiungimento degli obiettivi suddetti; il presente rapporto illustra dettagliatamente tutti i caratteri idrogeologici della zona e risponde ai quesiti fondamentali oggetto della ricerca.

2. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELLE FORMAZIONI

La valutazione delle caratteristiche idrogeologiche delle formazioni affioranti nell'area esaminata si basa sia sui dati della letteratura geologica ed idrogeologica esistente sia sulle considerazioni derivanti dalle varie attività svolte nel corso del presente progetto; una attenzione particolare è stata attribuita ai rilevamenti geologici di dettaglio svolti nell'ottica della finalità di carattere idrogeologico del lavoro ed allo studio delle sorgenti.

Iniziando dai terreni più recenti, la caratterizzazione idrogeologica delle varie formazioni affioranti è la seguente:

Depositi quaternari

Si possono suddividere in Coltri detritiche e Alluvioni.

a) Coltri detritiche

Nell'area sono presenti depositi di versante che di volta in volta, in rapporto alle formazioni e/o gli aspetti geomorfologici cui è riferibile la loro origine, denotano una estrema variabilità dei parametri di caratterizzazione.

Si ha in effetti tutta una gamma di associazioni detritiche che - contemplando variazioni di natura dei clasti, granulometria, tessitura e strutture sedimentarie - si colloca tra due estremi rappresentati da "detriti prevalentemente ghiaiosi" e "accumuli argilloso - limoso - sabbiosi"; i primi si trovano associati per lo più a Scaglia Bianca e Rossa, Maiolica, Corniola e Calcare Massiccio mentre i secondi sono generalmente riconducibili a formazioni marnoso arenacee. L'estrema variabilità delle coltri detritiche si riflette naturalmente anche sulla loro caratterizzazione idrogeologica; i detriti calcarei ghiaiosi permettono, a differenza di quelli argillo-limoso-sabbiosi, una ottima circolazione idrica e possono fungere da tappeti di infiltrazione a vantaggio delle formazioni sottostanti.

b) Alluvioni

I depositi alluvionali - ulteriormente suddivisibili in alluvioni attuali, recenti e terrazzate - sono nel complesso di natura prevalentemente ghiaiosa e quindi caratterizzati da elevata permeabilità ma per la loro estensione generalmente limitata e lo spessore solitamente ridotto non costituiscono importanti acquiferi.

Coltri detritiche ed alluvioni possono talvolta assumere una certa importanza idrogeologica a livello locale come ad esempio avviene nell'area valliva interposta tra le dorsali del M. Forcello - M. Petria e del M. Catria - M. Acuto in cui i depositi quaternari, in virtù del loro spessore costituiscono un sia pur modesto acquifero la cui alimentazione può essere riconducibile, oltre che alle precipitazioni dirette, anche al drenaggio di scaturigini provenienti dalle strutture dei rilievi che non si infiltrano ulteriormente in profondità a causa della differenza relativa di permeabilità delle formazioni che costituiscono il letto dell'invaso.

Arenarie di M. Vicino e Marnoso - Arenacea

Complessivamente presentano una permeabilità primaria molto bassa, variabile all'interno delle formazioni in seguito all'alternanza di intervalli arenacei, cui è limitata la circolazione idrica, ed intervalli pelitici.

Alcune delle sorgenti che si trovano in questa formazione sono dovute a queste intercalazioni di materiali praticamente impermeabili che drenano i sovrastanti livelli arenacei.

Una certa permeabilità secondaria è riscontrabile in corrispondenza delle zone fratturate.

Schlier

Questa formazione è nel suo insieme praticamente impermeabile.

Si può avere una limitata permeabilità in corrispondenza dei sottili strati calcareo-marnosi presenti nella parte media alta cui può essere ricondotta l'origine di modeste scaturigini.

Bisciario

Presenta una certa permeabilità secondaria essenzialmente laddove si ha prevalenza delle litofacies calcaree e calcareo marnose rispetto ai livelli di natura marnosa che risultano praticamente impermeabili.

L'origine delle sorgenti generalmente modeste che si presentano associate a questa formazione, è riconducibile al ruolo svolto dalle intercalazioni impermeabili le quali fungono da livello di base rispetto alla circolazione idrica che può manifestarsi in corrispondenza dei sottostanti livelli calcarei.

Scaglia Cinerea

Complessivamente risulta praticamente impermeabile.

In associazione con la presenza di livelli caratterizzati da una maggiore percentuale di materiali calcarei o calcarenitici ed in corrispondenza di aree di faglia ove più intensa risulta la fratturazione, può riscontrarsi una sia pur limitata permeabilità secondaria cui è riferibile la presenza di alcune manifestazioni sorgentizie.

Scaglia Variegata

Questa formazione presenta una certa permeabilità per fratturazioni in corrispondenza dei livelli in cui le litofacies calcaree e calcareo-marnose prevalgono rispetto a quelle più marnose.

Per la maggiore presenza in percentuale della frazione calcarea e calcareo marnosa rispetto a quella riscontrabile nella Scaglia Cinerea, alla formazione in oggetto è stata attribuita, nell'ambito della cartografia idrogeologica scala 1:10.000 (vedi Album), una permeabilità migliore rispetto a quella della Scaglia Cinerea stessa cui era peraltro equiparata nella rappresentazione cartografica in scala 1:25.000 (Tav. F-1).

Scaglia Rossa-Scaglia Bianca

A queste unità stratigrafiche, caratterizzate da litofacies calcaree e calcareo marnoso nettamente prevalenti rispetto alla litofacies marnosa, è attribuibile nel complesso una permeabilità secondaria media; nell'area in esame esse sono infatti spesso coinvolte in un contesto strutturale che ne ha determinata una intensa tettonizzazione ma talvolta, in rapporto alla presenza di litofacies calcareo marnose, le fratture risultano intasate da prodotti di dissoluzione.

Nelle porzioni più francamente calcaree si possono rilevare fenomeni di natura carsica che consistono essenzialmente in canalizzazioni il cui sviluppo ed andamento sono in stretta connessione con la presenza di litoclasti e con la stratificazione.

Livelli relativamente più marnosi e locale diminuzione o assenza di fratturazione possono ostacolare la continuità della circolazione idrica nell'ambito della formazione determinando la presenza di falde sospese.

L'esame delle caratteristiche delle sorgenti che si manifestano in corrispondenza della Scaglia Rossa ha permesso di evidenziare e/o confermare quanto detto a proposito dei fenomeni carsici e delle falde sospese.

Caratteristiche idrogeologiche, estensione areale e potenza fanno considerare l'insieme Scaglia Rossa - Scaglia Bianca come un acquifero di rimarcabile importanza.

Marne a Fucoidi

Questa formazione, per la presenza di una litofacies argilloso marnosa, in virtù della sua continuità e per il suo spessore, costituisce un livello praticamente impermeabile che come vedremo in seguito riveste un ruolo importante nel contesto idrogeologico dell'area in esame.

Per quanto riguarda l'area di dettaglio della quale è stata prodotta la cartografica in scala 1:10.000 (vedi Album) sono stati mappati separatamente i due membri costituenti la formazione in quanto essi presentano differenze litologiche che ne permettono una suddivisione che si riflette anche sulle caratteristiche dal punto di vista idrogeologico.

Il membro inferiore, essenzialmente argilloso-marnoso, determina la caratterizzazione di impermeabilità attribuita alla formazione.

Il membro superiore, presenta invece litofacies calcaree che, sia pure sempre in presenza di livelli marnosi, conseguentemente all'acquisizione di una certa permeabilità secondaria per fratturazione permettono l'instaurarsi di limitati circuiti idrici evidenziati da sorgenti rilevabili al contatto col membro inferiore.

Le Marne a Fucoidi per la posizione che vengono ad occupare nell'ambito dei versanti interno ed esterno della struttura anticlinalica M. Catria - M. Nerone, determinano manifestazioni sorgive per trabocco in corrispondenza del contatto con la formazione stratigraficamente sottostante della Maiolica all'interno della quale si ha un'abbondante circolazione idrica.

Maiolica

Presenta un'alta permeabilità secondaria dovuta in primis alla fratturazione; i circuiti idrici sotterranei si sono inoltre ampliati in seguito allo svilupparsi di fenomeni carsici-agenti per lo più secondo l'andamento delle discontinuità di origine tettonica e stratigrafica che

hanno determinato la formazione di condotti e di sia pur modeste cavità. La Maiolica può essere caratterizzata anche da una certa porosità primaria in presenza di litofacies dolomitiche (Maiolica di sea mounts) che si ritrovano nei livelli depositati al di sopra degli alti strutturali giurassici (ad es. M. Nerone, M. Catria, M. Acuto) in corrispondenza dei quali si riscontra anche la presenza di sequenze condensate o ridotte.

In virtù dell'estensione dei suoi affioramenti e del rilevante spessore la Maiolica gioca un importante ruolo nel contesto idrogeologico dell'area in esame, sia che essa costituisca un acquifero fine a se stesso per la presenza di formazioni di tamponamento, sia che si presenti in continuità con gli altri acquiferi carbonatici.

Calcari diasprini

Questa formazione, che rappresenta il termine più alto dalla serie giurassica completa, è caratterizzata da una permeabilità praticamente nulla se non risulta interessata dagli effetti legati alle vicissitudini tettoniche verificatosi nell'area; in tal caso riveste il ruolo di sostegno nei confronti degli acquiferi ospitati nelle formazioni soprastanti (Maiolica).

Tuttavia quanto tettonizzati, a causa dalla fragilità che deriva loro dalle litofacies che li costituiscono, i Calcari diasprini possono acquisire un livello di fratturazione tale da permettere l'instaurarsi di una discreta circolazione idrica; essa può tradursi praticamente sia dando luogo a sorgenti al contatto con formazioni relativamente meno permeabili sottostanti (ad es. Rosso Ammonitico nella zona del Monte Catria) sia determinando - qualora gli accidenti tettonici e/o la fratturazione derivante coinvolgano anche il Rosso Ammonitico se presente - l'interconnessione degli acquiferi cui la formazione in oggetto è interposta (Maiolica-Corniola/Calcare Massiccio).

In quest'ultimo caso possono giocare un ruolo importante, specie in relazione all'entità delle dislocazioni tettoniche, anche le variazioni laterali di spessore riscontrabili da zona a zona che caratterizzano sia i Calcari diasprini che il Rosso Ammonitico/Marne a Posidonia.

Rosso Ammonitico - Formazione del Bugarone

Queste due formazioni, appartenenti rispettivamente alla serie giurassica completa la prima ed a quella condensata la seconda, sono stata accumulate sia nelle legende delle carte idrogeologiche che in questa trattazione in quanto presentano, sulla base delle suddivisioni

litologiche originali operate nell'ambito del presente progetto (vedi Elaborato Geologico A), caratteristiche analoghe. Esse risultano in effetti costituite da marne prevalenti rispetto alle litofacies calcaree il che ne determina una permeabilità molto bassa.

E' tuttavia ragionevole ritenere che la Formazione del Bugarone, a causa dell'esiguo spessore del termine marnoso, non si comporti, almeno su vasta scala, come setto impermeabile permettendo altresì una buona continuità idraulica tra gli acquiferi ospitati nelle formazioni sopra e sottostanti.

Corniola

Questa formazione presenta una permeabilità essenzialmente secondaria originata dagli eventi tettonici che ne hanno determinato la fratturazione. A seguito della circolazione idrica instauratasi in corrispondenza dei reticoli di fessurazione si sono andati sviluppando dei fenomeni di dissoluzione, facilitati dalla relativa purezza dei calcari, i quali oltre a determinare l'ampliamento dei meati originari hanno anche agito secondo i piani di stratificazione.

Il risultato combinato dovuta a fessurazione e carsismo conferisce alla Corniola un grado di permeabilità complessivamente elevato che tuttavia rispetto allo sviluppo verticale della formazione mostra sensibili variazioni risultando molto superiore nella porzione basale, in prossimità del contatto con il calcare Massiccio, di quanto non lo sia invece nella parte alta in cui si riscontra una maggiore frequenza di livelli argillo-marnosi.

Calcare Massiccio

Presenta una permeabilità molto alta che gli deriva dalla presenza di porosità sia primaria sindeposizionale che secondaria per l'intensa e diffusa tettonizzazione che lo interessa nel suo insieme.

La porosità primaria è soprattutto riscontrabile nelle litofacies del Calcare Massiccio che si presentano in corrispondenza delle serie ridotte o condensate (C.M del M. Nerone).

Fenomeni carsici anche intensi si sono manifestati sia in rapporto alla porosità primaria, determinando l'ampliamento delle canalizzazioni sindeposizionali, sia soprattutto in rapporto alla porosità acquisita per fratturazione. In questo caso è stato possibile lo sviluppo di cavità ipogee anche rilevanti che risultano impostate generalmente in corrispondenza di settori interessati a tettonizzazione più accentuata.

Gli insiemi Calcare Massiccio-Corniola, in casi di serie completa e Calcare Massiccio-Maiolica, in caso di serie ridotta, rappresentano il complesso acquifero di gran lunga più importante presente nell'area di studio della quale costituiscono inoltre il livello di base.

Il complesso è caratterizzato da una elevatissima ricettività idrica specialmente significativa laddove si presenti in affioramento a quote superiori rispetto a quella prossima al livello di base. Ulteriori contributi possono inoltre derivargli da fenomeni di drenanza a discapito di acquiferi stratigraficamente ad esso sovrapposti qualora l'entità delle dislocazioni tettoniche permetta, interrompendo la continuità-degli acquifludi interposti, di attivare una interconnessione idraulica.

3. COMPLESSI IDROGEOLOGICI

La "struttura idrogeologica" dell'area oggetto del presente studio risulta composta dalla associazione di molteplici ed eterogenei complessi idrogeologici che, in relazione al mutare da zona a zona dei rapporti stratigrafico-strutturali, costituiscono distinte serie idrogeologiche.

3.1. IDENTIFICAZIONE DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Sulla base delle caratteristiche delle varie formazioni affioranti, a partire dai terreni più recenti e trascurando i depositi quaternari di scarso interesse in una visione globale del progetto, si possono individuare i seguenti complessi idrogeologici:

- Complesso idrogeologico costituito dalle Arenarie di M.Vicino e dalla formazione marnoso-arenacea.
Pur non essendo rispettata a pieno la definizione di complesso idrogeologico si è ritenuto di poter accumunare le due formazioni per semplicità di trattazione considerandone la modesta rilevanza quali acquiferi nel contesto generale; congiuntamente agli altri termini miocenici, possono invece assumere importanza comportandosi come acquiclude rispetto agli acquiferi presenti nelle sequenze carbonatiche.
Pur caratterizzato da una permeabilità primaria e/o secondaria generalmente bassa legata ai termini a granulometria più grossolana che si traduce in limitate e diffuse restituzioni, il complesso gioca un suo ruolo a livello regionale in considerazione del fatto che per la sua estensione (al di fuori della zona di studio) può contenere ingenti volumi d'acqua;
- acquiclude costituito dallo Schlier.
Nel suo insieme risulta praticamente impermeabile;
- complesso idrogeologico del Bisciara.
La sua individuazione dipende, più che dalla sua potenzialità acquifera assoluta, dal fatto che si trova interposto tra termini (Schlier e Scaglia Cinerea) caratterizzati da una permeabilità relativa marcatamente inferiore;
- acquiclude costituito dalla Scaglia Cinerea.
Nel suo insieme risulta praticamente impermeabile.

La formazione della Scaglia Variegata globalmente caratterizzata da una permeabilità intermedia rispetto a quella dei termini cui risulta stratigraficamente interposta (Sc. Cinerea-Sc. Rossa) può essere di

volta in volta associabile all'acquiclude superiore o al complesso acquifero stratigraficamente sottostante a seconda delle diverse condizioni di giacitura e tettonizzazione.

- Complesso idrogeologico formato dai calcari e calcari marnosi della Scaglia Rossa, Scaglia Bianca e del membro superiore delle Marne a Furoidi (Complesso della Scaglia).
Tale associazione di litofacies, caratterizzata da permeabilità secondaria dovuta in massima parte a fratturazione ed in parte a fenomeni di natura carsica, costituisce il primo complesso acquifero di rilevante importanza nell'ambito dell'area di studio;
- acquiclude costituito dal membro inferiore, prevalentemente argilloso-marnoso, delle Marne a Furoidi.
- Complesso idrogeologico dei calcari della Maiolica.
Tale complesso è caratterizzato da una alta permeabilità acquisita prevalentemente per fratturazione e subordinatamente per il manifestarsi di fenomeni carsici.
Questo complesso ospita una notevole circolazione idrica sotterranea che ne determina l'identificazione quale secondo importante acquifero presente nell'area di studio.
- Acquiclude costituito dai calcari granulari a radiolari abbondantemente selciferi (calcari diasprini) e dalle marne (Rosso Ammonitico s.l.).
Nel complesso a queste litofacies è attribuibile un grado di permeabilità relativa nettamente inferiore rispetto a quello dei termini litologici cui sono interposte.
- Complesso idrogeologico costituito dai calcari della Corniola e del calcare Massiccio s.l..
Esso è caratterizzato da permeabilità molto elevata sia per porosità primaria (soprattutto nel Calcare Massiccio del Monte Nerone) che secondaria dovuta quest'ultima all'intensa tettonizzazione ed ai fenomeni carsici.
La permeabilità dei calcari della Corniola è mediamente più simile a quella della Maiolica e solo nella parte più bassa della formazione si avvicina a quella propria del Calcare Massiccio.
In questo Complesso è ospitato l'acquifero più importante dell'area e che costituisce inoltre il livello di base della dorsale carbonatica.

Per una più circostanziata caratterizzazione idrogeologica delle singole litofacies e/o complessi si rimanda ai capitoli 2 e 4 del presente elaborato.

3.2. SERIE IDROGEOLOGICHE

Sulla base delle distinzioni sopra riportate la struttura idrogeologica dell'area in esame risulta così composta:

- 1) Serie idrogeologica caratterizzata dalla presenza di tre complessi idrogeologici acquiferi (acquifero del Complesso della scaglia, acquifero del Complesso della Maiolica ed acquifero del Complesso Corniola-Calcare Massiccio) in corrispondenza delle aree in cui si hanno i termini della sequenza carbonatica premiocenica completa. I vari acquiferi sono sostenuti dagli "acquicludi" della Scaglia Cinerea, del membro inferiore delle Marne a Fucoidi, del Complesso Calcari Diasprini-Rosso Ammonitico; per quanto riguarda infine, l'acquifero del Complesso idrogeologico Corniola-Calcare Massiccio esso risulta sostenuto dal substrato impermeabile costituito dalla formazione anidritica (Anidriti di Burano) del Trias superiore, mai affiorante ma incontrata nell'area dalle perforazioni profonde eseguite dall'AGIP nell'ambito delle esplorazioni per la ricerca di idrocarburi.
- 2) Serie idrogeologica presente in corrispondenza delle aree in cui si abbiano la sequenza condensata o la sequenza ridotta. In questo caso si hanno solamente due distinti complessi idrogeologici acquiferi. Infatti, mentre l'acquifero del complesso della Scaglia mantiene la sua "identità", le mutate caratteristiche stratigrafiche comportano praticamente la fusione dell'acquifero della Maiolica con quello del Calcare Massiccio determinando la presenza di un unico complesso idrogeologico contraddistinto dalla continuità idraulica di tutte le formazioni comprese tra il membro inferiore delle Marne a Fucoidi e le Anidriti di Burano.

La schematizzazione in 2 serie idrogeologiche distinte è basata sull'assunto che si siano mantenuti i normali rapporti stratigrafici fra le varie formazioni; qualora di considerino gli eventi tettonici che hanno interessato a più riprese l'area di studio è naturale che la suddivisione fatta può essere inficiata sia dal manifestarsi di contatti anomali tra i vari complessi identificati sia dal possibile mutato comportamento dal punto di vista idrogeologico - almeno a scala locale - di determinate formazioni.

4. SORGENTI

Nel presente paragrafo vengono illustrati i risultati ottenuti dallo studio condotto su (30) sorgenti emergenti dai complessi idrogeologici della dorsale carbonatica del M. Catria-M. Nerone.

La selezione di tali emergenze, dalle iniziali 174 censite, è stata operata tenendo conto delle caratteristiche litostrutturali dell'emergenza, della loro distribuzione spaziale, della portata e delle condizioni di accessibilità all'opera di presa.

Lo scopo del lavoro è di evidenziare l'idrodinamica degli acquiferi carbonatici, attraverso lo studio dei regimi delle portate e delle temperature delle acque; si sottolinea la mancanza di informazioni riguardanti le precipitazioni meteoriche per l'anno idrologico in esame, dato che il monitoraggio mensile è iniziato ad Agosto '91 e mancano al riguardo i dati forniti dal Ministero dei Lavori Pubblici di Bologna.

Il maggior numero di sorgenti è connesso con l'acquifero della Scaglia (70 emergenze in totale), che dal punto di vista dell'economia idrologica è sicuramente il più sfruttato, seguito da quello della della Maiolica (45 sorgenti), mentre in minor numero sono le sorgenti connesse con l'acquifero del Massiccio (13 sorgenti), data anche l'eseguità degli affioramenti.

Numerose, ma sempre di piccola entità, sono le sorgenti connesse con i litotipi più permeabili del Bisciario, dello Schlier e della Marnosa arenacea, che formano acquiferi minori e di scarsa importanza idrogeologica.

Le 30 sorgenti selezionate (in Annesso "A" i loro schizzi geologici), sono state tenute sotto controllo per un intero anno idrologico (Gennaio '91-Febbraio '92), attraverso la misurazione in campagna dei principali parametri chimico-fisici: portata, temperatura, pH e conducibilità (Tab. 1, 2, 3, 4).

Di seguito si analizzano le caratteristiche salienti delle sorgenti, prendendo in considerazione i diversi acquiferi studiati.

4.1. SORGENTI DEL COMPLESSO IDROGEOLOGICO DELLA SCAGLIA

Il complesso idrogeologico della Scaglia è il più esteso della zona in studio, dato che presenta una grande estensione degli affioramenti ed una notevole potenza; infatti la superficie complessiva di tale

complesso ammonta a circa 90 km², mentre lo spessore rilevabile varia tra i 320 ed i 500 m.

Esso è costituito, come già precedentemente accennato, dai calcari e calcari-marnosi del membro superiore delle Marne a fucoidi e dalla Scaglia bianca e rosata; la Scaglia variegata, pur avendo una permeabilità minore, può presentare a luoghi sporadiche emergenze sorgentizie di portata limitata, quando sussistono condizioni tettoniche o litologiche tali (ad esempio una maggiore preponderanza delle litofacies più tipicamente calcaree) da permettere una discreta circolazione idrica.

La permeabilità è, perciò, di tipo secondario, per fratturazione della roccia o impostata lungo i giunti di stratificazione; la canalizzazione si viene, così, ad impostare su litoclasti ed interstrati, risultando strettamente dipendente sia dall'assetto giaciturale che dall'andamento della fratturazione.

Tale complesso è compreso tra due acquicludi continui dal punto di vista stratigrafico (Marne a fucoidi e Scaglia cinerea), a permeabilità molto bassa.

E' evidente, perciò, che le manifestazioni sorgentizie più importanti risultano quelle di trabocco per sbarramento su fianco di anticlinale, al contatto con la Scaglia variegata e cinerea; le frequenti intercalazioni marnose all'interno della formazione in esame determinano, spesso, l'emergenza di sorgenti di trabocco o versamento.

In altri casi, le sorgenti legate a questo acquifero si trovano ubicate lungo le incisioni prodotte dai corsi d'acqua, sui versanti dei rilievi, lontano dal contatto acquifero-acquicludo; in questo caso l'emergenza delle acque risulta condizionata non tanto da situazioni di carattere stratigrafico e/o tettonico, ma dalla morfologia.

Delle 70 emergenze di questo complesso, 18 sono state controllate mensilmente; tali sorgenti presentano caratteristiche di emergenza e fisico-chimiche a volte molto differenti fra loro.

Di seguito vengono schematicamente indicate le sorgenti controllate periodicamente e le loro caratteristiche salienti.

4.1.1. Regime delle portate

Le sorgenti legate a questo acquifero hanno, generalmente, portate che variano da valori minimi inferiori ad 1 l/s a 3-5 l/s e massime che superano i 50 l/s.

In genere, le escursioni fra portata di magra e di massima sono piuttosto rilevanti (Tab. 5). Il regime delle portate è di tipo permanente; per alcune sorgenti la portata di magra è scesa a valori molto prossimi allo 0 (S054 - S083).

Complessivamente le sorgenti della Scaglia appartengono alla 5° - 6° - 7° ed 8° classe, in base alla classificazione proposta da Meinzer.

Le portate minime maggiori si sono avute per le sorgenti S026 - S128, che si sono mantenute sempre al di sopra dei 4-5 l/s, e per le sorgenti S043 - S126 - S143 - S148 - S162 in cui le portate di magra non sono mai scese al di sotto di 1 l/s (in tale gruppo si può includere anche la sorgente S139, considerando come valore di magra la misurazione effettuata ad Ottobre-Novembre '91).

Queste informazioni permettono già una prima valutazione sull'estensione dei bacini di alimentazione delle sorgenti; le sorgenti con valori minimi di portata più consistenti, sono sicuramente legate ad un bacino di alimentazione più esteso.

Dall'analisi degli idrogrammi di magra relativi all'anno idrologico Febbraio '91-Febbraio '92, possiamo ricavare i seguenti tipi di regimi:

- Regime con due massimi e due minimi

Tipico delle sorgenti S026 - S043 - S078 - S083 - S124 - S128 - S131 - S139 - S143 - S148 - S153 - S162.

Massimo assoluto e relativo coincidono rispettivamente con la stagione primaverile e con la stagione autunnale; per alcune sorgenti il picco di portata massima si è registrato nel mese di Novembre-Dicembre.

I minimi assoluto e relativo si hanno, invece, rispettivamente nella stagione estiva e nella stagione invernale.

- Regime con un massimo ed un minimo

Si ha nella sorgente S054. In questo caso massimo e minimo corrispondono rispettivamente alla stagione primaverile ed invernale.

Le sorgenti S038 e S063 mostrano un andamento delle portate anomalo: infatti, il basso valore di quest'ultima fa presupporre l'esistenza di

un bacino di alimentazione poco esteso, con acque circolanti velocemente (come è dimostrato, anche, dalla grande variabilità delle temperature); al contrario, la costanza del regime delle portate, è indicativo di una circolazione continua e più profonda, non tanto legata ad una fratturazione della roccia, ma ad un flusso di base vero e proprio.

Entrambe le emergenze fuoriescono, comunque da litotipi a permeabilità bassa (dalla Scaglia cinerea la S038 e dai fucoidi la S063) e questo fattore potrebbe in qualche modo influenzare, o quantomeno attenuare, il regime delle portate.

Non potendo confrontare direttamente il regime delle portate con quello delle precipitazioni, per i motivi già accennati, è difficile determinare la relazione che lega questi due parametri.

Dai dati bibliografici è noto che l'andamento delle precipitazioni assume un caratteristico andamento bimodale, con un massimo principale in corrispondenza dei mesi autunnali ed un massimo secondario in corrispondenza di quelli primaverili, mentre il minimo assoluto viene raggiunto durante il periodo estivo (C. DRAMIS e alii, 1991).

E' evidente pertanto che, indirettamente, si può risalire con una certa precisione al legame fra precipitazioni e portate, anche se non è possibile definire i tempi di risposta degli acquiferi, mancando le informazioni riguardanti le misurazioni puntuali dell'anno idrologico in studio.

In linea approssimativa, potremo affermare che esiste, perciò, una stretta dipendenza delle portate e temperature dal ciclo esterno.

Ulteriori informazioni sulla dinamica di tali acquiferi potrà essere fornita dallo studio degli idrogrammi di magra effettuato con la legge teorica dell'esaurimento di Maillet e Tison.

4.1.2. Coefficiente di esaurimento

Il calcolo del coefficiente di esaurimento delle sorgenti permette di studiare il comportamento delle falde idriche in regime non influenzato, esprimendo la rapidità con cui il serbatoio si svuota, e di quantizzare i volumi d'acqua potenzialmente liberati dall'acquifero in periodo di esaurimento.

Un alto valore del coefficiente è indicativo di un rapido svuotamento dell'acquifero e quindi di una maggiore permeabilità dello stesso: trattandosi di acquiferi carbonatici, questo è da mettere in

relazione ad una maggiore canalizzazione o fratturazione della roccia-serbatoio.

La scelta della curva di esaurimento si è effettuata lasciando i picchi di portata dovuti ad acque a percorso più veloce; la si è depurata, cioè, dalle irregolarità separando nei limiti del possibile il flusso di base dal deflusso occasionale.

I parametri ottenuti sono riportati in Tab. 8 e Tab. 9, mentre le Figg. in Annesso "B" rappresentano le curve teoriche di esaurimento per alcune sorgenti calcolate attraverso la legge di Maillet.

I coefficienti ottenuti hanno valori compresi tra 0.002 e 0.053 rispettivamente per le sorgenti S038 e S054, secondo la formula di Maillet e 0.001 e 0.036 rispettivamente per la S038 e la S078 secondo quella di Tison (per la sorgente S054 non si è potuta applicare la legge iperbolica di Tison).

I volumi immagazzinati al tempo T0 variano da 176957 m³ (S026) a 5143 m³ (S063) (valori teorici calcolati con Maillet).

La sostanziale coincidenza della capacità di svuotamento (DW) valutata con le due leggi dell'esaurimento, indica che entrambe hanno interpolato la curva sperimentale con buona approssimazione.

Si ricorda, infatti, che il volume Wt rappresenta il volume d'acqua che viene liberato dalla sorgente tra inizio e fine esaurimento e che lo stesso può essere calcolato con esattezza tenendo conto delle portate realmente misurate.

Le due metodologie hanno dato valori molto diversi del coefficiente di esaurimento e conseguentemente dell'immagazzinamento dinamico.

In particolare l'interpretazione iperbolica di Tison, tende a mantenersi più alta rispetto a quella esponenziale di Maillet e quindi a fornire valori di W0 e Wt conseguentemente più elevati (circa il doppio).

In ogni caso è possibile utilizzare indifferentemente entrambe le leggi per la previsione delle portate di magra riferite a tempi relativamente brevi dall'inizio dell'esaurimento.

Per tempi lunghi occorre, invece, conoscere la legge che meglio si adatta alla curva di esaurimento della sorgente.

Per la sorgente S083 non si è potuta determinare la curva di esaurimento, mancando informazioni precise sulle portate relative al periodo estivo.

Per la sorgente 162 lo studio è stato invece effettuato considerando due curve di esaurimento: una relativa al periodo Gennaio '91-Maggio '91 (S 162 A) e l'altra relativa al periodo Luglio '91-Ottobre '91, (S 162 B) visto il picco di portata verificatosi a Luglio '91.

I valori riportati in Tab. 8 sono, invece riferiti ad un periodo di esaurimento di 240 giorni, ricavato lisciando il picco di Luglio.

Logicamente, in questo caso è risultato più appropriato studiare l'esaurimento della sorgente attraverso la separazione delle due curve, anche se la somma dei volumi ottenuti con il primo metodo è, in definitiva dello stesso ordine di grandezza di quella ottenuta considerando un periodo di esaurimento di 240 giorni.

L'andamento delle portate, è in questo caso indicativo di una rapida circolazione idrica, perciò a tempi brevi di residenza delle acque nella roccia serbatoio; le acque infiltratesi, vengono velocemente smaltite attraverso le fratturazioni della roccia.

Tale sorgente (S162) si trova ubicata in prossimità di una linea tettonica distensiva, e questo può in parte confermare le ipotesi fatte con lo studio dell'idrogramma di magra.

In definitiva, dallo studio sono emerse le seguenti considerazioni:

- 1) Il coefficiente di esaurimento calcolato caratterizza le diverse sorgenti esprimendo la permeabilità dei relativi acquiferi e, quindi, la minore o maggiore influenza di una circolazione veloce rispetto al flusso di base delle falde.

Oltretutto si sono determinati i volumi d'acqua potenzialmente liberabili dalle sorgenti durante il periodo di esaurimento, dimostrando che per falde molto estese, il valore del coefficiente di esaurimento è minore.

- 2) L'osservazione degli idrogrammi di magra permette di individuare l'influenza dei due tipi di circolazione presenti nelle litofacies carbonatiche: il primo tratto della curva è, infatti, caratterizzato da un esaurimento più rapido (tratto più acclive), mentre il secondo tratto è contraddistinto da un esaurimento più lento (tratto meno acclive della curva).

Questo trova spiegazione nella presenza di una sovrapposizione degli effetti dovuti ad un iniziale rapido svuotamento dei condotti di grande diametro e ad un successivo svuotamento

relativamente lento delle microfratture e dei meati di piccolo taglio.

Questa risulterà una caratteristica comune delle sorgenti degli acquiferi di Scaglia e Maiolica, a dimostrazione del fatto che la circolazione principale nei calcari è dovuta alle fratture ed ai condotti carsici.

4.1.3. Regime termometrico

I valori medi annui delle temperatura delle acque sono compresi tra 7.1 °C della sorgente S043 e 11.3 °C delle sorgenti S126, S131, S162 (Tab. 2).

L'andamento stagionale delle temperature mostra sempre un valore medio più elevato nella stagione estiva ed un minimo in quella invernale; il massimo di temperatura coincide di solito con i mesi di Agosto-Settembre ed il minimo con il mese di Febbraio; variazioni rispetto a questi periodi si osservano in relazione alla quota di emergenza ed alla portata stessa.

L'escursione dei valori di temperatura è variabile da sorgente a sorgente; la massima escursione si ha per la sorgente S038 (14 °C), S054 (5 °C), mentre la minima per le sorgenti S148 (1°C) e S139 - S143 - S153 (1.5 °C).

Per le sorgenti S043 - S054 - S162 la maggiore variabilità della temperatura delle acque è legata ad una circolazione idrica più veloce e/o superficiale.

In linea generale, le sorgenti con portate maggiori presentano una maggiore costanza nel regime termometrico, con escursioni annuali comprese tra 1 e 1.5 °C; le oscillazioni più ampie sono state rilevate per le sorgenti legate ad acquiferi intensamente fratturati e canalizzati o alimentati da falde molto superficiali e nelle sorgenti con portate ridotte.

La temperatura media delle acque sorgive tende ad avvicinarsi alla T° media annua del luogo di emergenza ed è quindi legata essenzialmente all'altitudine di quest'ultimo (DRAMIS, 1973); la Fig. .. mostra tale relazione.

In realtà, osservando il diagramma, si denota che la variabilità delle temperature è strettamente legata, non solo alla quota di emergenza delle sorgenti, ma ad altri fattori quali ad esempio un diverso

grado di mescolamento fra acque d'infiltrazione ed acque più profonde che vengono, ad esempio, mobilitate in periodo di esaurimento.

Dai grafici rappresentati in Figg. 1-9 si può osservare la variabilità delle temperature delle acque con le portate; solitamente ai minimi di portata corrispondono i massimi di temperatura.

E' evidente che il segnale stagionale è presente in tutte le sorgenti, anche se quelle con portate maggiori (S026 - S139 - S078 - S148 - S153) mostrano un'attenuazione del segnale stagionale, a dimostrazione dell'esistenza di un volume d'acqua di immagazzinamento maggiore, sufficiente ad annullare gli effetti dovuti ad una rapida alimentazione ad opera delle acque meteoriche.

4.1.4. Conducibilità

Nelle Figg. 1-9 vengono rappresentati i grafici di correlazione degli andamenti dei parametri chimico-fisici misurati.

Per quanto riguarda la conducibilità delle acque delle sorgenti analizzate, essa varia da valori compresi fra i 200 e i 600 uS/cm, permettendo di classificare le acque di tale acquifero come medio-minerali.

Essa dipende dalla temperatura delle acque, e aumenta al crescere di quest'ultima. Il grafico di Fig. 18 rappresenta questa correlazione.

Esistono delle eccezioni indicanti che la conducibilità è strettamente legata anche al tipo di acquifero contenente la falda; infatti, premettendo che in zone calcaree fortemente fratturate ogni sorgente può essere considerata un "caso a parte" con un proprio circuito che, a secondo che questo sia più o meno profondo, incide principalmente sulle caratteristiche chimico-fisiche delle acque, la diversità distributiva di conducibilità nelle diverse formazioni, e all'interno delle stesse, può essere dovuta anche a caratteristiche litologiche-stratigrafiche della roccia-serbatoio (ad esempio intercalazioni marnose all'interno della formazione).

Identificare la relazione che lega la variabilità della conducibilità con le portate e temperature è di non facile interpretazione.

In genere, ad un aumento della portata, corrisponde una diminuzione della conducibilità, relazione spiegabile da un mescolamento in falda con acque meno cariche di sali come possono essere quelle di pioggia.

Questa relazione non sempre è valida, dato che spesso si osservano picchi di conducibilità in occasione dei picchi di portata.

Questo è spiegabile o con una mobilitazione di acque di fondo, per effetto del maggior carico piezometrico dovuto alle precipitazioni stesse, o per il fatto che in presenza di micro o macro fratturazioni (tutto il Complesso risulta molto tettonizzato), l'acqua può, prima di affiorare percorrere lungo tratti arricchendosi di ioni e aumentando così la sua conducibilità.

4.2. SORGENTI DEL COMPLESSO IDROGEOLOGICO DELLA MAIOLICA

Le sorgenti del Complesso idrogeologico della Maiolica presentano regimi delle portate e delle temperature molto simili a quelli della Scaglia.

Sono presenti in minore numero rispetto all'acquifero precedente, sia per il minor spessore della formazione che per la minore superficie affiorante (pari a circa 76 km²).

L'acquicludo di tetto è rappresentato dalle Marne a fucoidi; quello di base, nella serie completa, dalle porzioni più marnose presenti nella Formazione del Bosso (Rosso Ammonitico) e nei Calcari e Marne del Sentino.

La frequente continuità idraulica che si ha con il sottostante acquifero del Massiccio, in presenza delle serie condensate e lacunose, non permette in questi casi alla Formazione di contenere falde significative in esso.

Si ricorda che nell'acquifero in questione, dato il minore contenuto di litofacies marnose, non si hanno, come nella Scaglia, una miriade di falde sospese e spesso isolate l'una dall'altra, ma una continuità idraulica laterale generalmente più accentuata.

Nel presente studio vengono prese in considerazione le 11 sorgenti monitorate mensilmente.

4.2.1. Regime delle portate

Dai grafici di Figg. 10-15, si può notare la forte similitudine fra i regimi delle portate di queste sorgenti con quelli del complesso della Scaglia.

Le portate variano da valori minimi inferiori ad 1 l/s a massimi di circa 40-50 l/s.

Il regime delle portate è perenne; tutte le sorgenti sono caratterizzate da un regime con due massimi e due minimi.

Anche in questo caso, la risposta dell'acquifero agli eventi meteorici (deducibile dai picchi di portata) è variabile in relazione al grado di fratturazione della roccia e al minore o maggiore sviluppo del carsismo.

In base alla classificazione proposta da Meinzer, le sorgenti analizzate ricadono nella 5° e 6° classe.

4.2.2. Coefficiente di esaurimento

Per il calcolo dei coefficienti di esaurimento delle sorgenti della Maiolica si è seguita la stessa procedura utilizzata per le sorgenti della Scaglia.

I coefficienti ottenuti con la legge di Maillet, hanno dato valori compresi 0.008 (S021 - S135 - S164) e 0.05 (S087). I volumi immagazzinati variano da 88415 mc (S135) a 6165 mc (S115).

Come è deducibile dalle Tabb. 8-9, la sorgente S115 ha un volume di immagazzinamento dinamico decisamente più ridotto rispetto alle altre; questo è indicativo di un bacino alimentatore poco esteso.

Tale manifestazione, inclusa nel gruppo delle sorgenti della Maiolica, emerge in condizioni strutturali particolari, e le sue acque potrebbero derivare in parte dai calcari della maiolica e in parte da quelli del membro superiore delle Marne a fucoidi.

4.2.3. Regime termometrico

Le temperature delle acque variano da valori minimi di 6 °C (S023) a massimi di circa 15 °C (S023).

L'escursione termometrica varia da 1.5-2 °C (S021 - S087 - S118 - S119 - S140) a 9 °C (S023).

Le escursioni termiche maggiori sono presentate da quelle sorgenti le cui acque circolano, nel tratto terminale del loro percorso, in materiale detritico (es. S023).

La relazione Quota-Temperature per le sorgenti della Maiolica è rappresentata in Fig. 17.

Come si può notare il trend generale mostra una diminuzione delle temperature delle acque con l'aumentare della quota, e l'andamento differisce di poco da quello delle sorgenti della Scaglia.

4.2.4. Conducibilità

La conducibilità delle acque delle sorgenti analizzate mostra valori variabili fra i 318 (S115) e 407 uS/cm (S135); anche in questo caso le acque possono classificarsi fra le medio-minerali.

La Fig. 18 mostra il trend caratteristico di queste sorgenti; la relazione è, perciò, valida, pur sussistendo anche in questo caso delle eccezioni legate alle caratteristiche dell'acquifero o ad altri fattori al contorno.

La variabilità di tale parametro è essenzialmente legata al regime delle portate, come già precedentemente descritto; tale relazione, non sempre identificabile e variabile da sorgente a sorgente, è da mettere in relazione relazione ai diversi tipi di circolazione a cui le acque sono sottoposte.

4.3. SORGENTI DEL COMPLESSO MASSICCIO-CORNIOLA

L'acquifero del Complesso idrogeologico Massiccio - Corniola, costituisce il livello di base della dorsale carbonatica, più in generale il livello in cui si ha il flusso di fondo (BONI e alii, 1986).

Nelle aree a serie completa esso è costituito dalla Corniola e dal Calcare massiccio ed è limitato al tetto dalle litofacies a permeabilità da bassa a molto bassa costituite dalla formazione del Rosso Ammonitico, dalle Marne a Posidonia e dai Calcari diasprini.

In presenza di successioni condensate, con la Formazione del Bugarone impostata sul Massiccio, o di successioni lacunose, con i calcari della Maiolica sul Massiccio, si ha un unico acquifero che si estende dalle Anidridi di Burano fino alle Marne a fucoidi.

Generalmente le maggiori manifestazioni sorgentizie sono ubicate in questo acquifero, a quote piuttosto basse, emergenti dall'alveo dei fiumi o poco al di sopra di essi, dando origine anche a sorgenti lineari.

Nel presente studio sono state analizzate due delle sorgenti emergenti da questo acquifero, la S075 e S086; la prima si trova ubicata a quota 527 m. sul versante meridionale del M. Nerone ed emerge al contatto dei calcari del Massiccio con la Formazione del Rosso Ammonitico.

La seconda è ubicata in destra idrografica del F. Bosso, sui litotipi della Corniola, ed è una tipica sorgente lineare con portata variabile, ma non inferiore ai 100 l/s.

Il cospicuo volume d'acqua liberato da queste sorgenti, chiarisce ampiamente l'importanza di questa formazione ai fini idrogeologici, nonostante l'esiguità degli affioramenti.

4.3.1. Regime delle portate

L'analisi del regime delle portate evidenzia una differenza notevole rispetto a quello identificato nei complessi idrogeologici superiori. (Fig. 16)

Le portate sono rilevanti, tipiche delle potenzialità idriche del massiccio, con valori di portata anche superiori ai 100 l/s.

Questi dati consentono di affermare che le sorgenti in questione sono fornite di un proprio bacino alimentatore molto esteso, risentono in maniera molto marginale (almeno per la S086) delle precipitazioni e sono caratterizzate da una circolazione idrica profonda.

La valutazione complessiva degli apporti ai fiumi attraversanti la dorsale, e provenienti dall'acquifero di base, è deducibile dalle misurazioni effettuate alle entrate e uscite delle dorsali carbonatiche.

In particolare per il F. Bosso, tali misurazioni mostrano un aumento complessivo di portata fra entrata e uscita di circa 0.1 mc/s.

L'alveo del F. Bosso, come del resto le uscite degli altri corsi d'acqua che tagliano trasversalmente la dorsale, portando in affioramento i termini più antichi della successione umbro-marchigiana, rappresenta un'asse di drenaggio preferenziale dell'acquifero di base.

La sorgente S075, ha, al contrario, un andamento marcatamente più variabile, essendo una sorgente in quota il cui affioramento è legato all'affioramento stesso della piezometrica.

4.3.2. Coefficienti di esaurimento

I valori di 10^{-4} calcolati con la legge di Maillet, e i volumi di immagazzinamento dinamico, evidenziano in modo efficace le caratteristiche idrodinamiche di tali acquiferi.

Tali risultati si accordano pienamente con il tipo di circolazione e la capacità di immagazzinamento che caratterizzano il complesso del Massiccio.

4.3.3. Regime delle temperature

Le temperature delle acque di queste sorgenti mostrano una variabilità molto limitata, con escursioni di circa 1-2 °C.

Esiste una notevole differenza fra le temperature delle due sorgenti: la temperatura media della sorgente S086 è di circa 16.5 °C, mentre la temperatura del punto S075 si mantiene intorno ai 11 °C.

Questi valori sono indici di un tipo di circolazione differente per le due emergenze.

Infatti, la S086 deve la sua particolare caratterizzazione alla risalita di acque di fondo (nonostante l'ubicazione sia nei calcari della corniola), più calde e particolarmente arricchite in contenuto salino.

Per la S075 le caratteristiche idrodinamiche risultano differenti, visto che la sorgente è legata all'affioramento in superficie della falda stessa.

4.3.4. Conducibilità

La conducibilità delle acque delle due sorgenti analizzate si differenzia da quelle degli altri due acquiferi.

Il valore si mantiene generalmente più elevato, per quelle acque la cui circolazione è profonda (1241 uS/cm, S086); le acque della S075 hanno un valore medio di circa 330 uS/cm.

Le due campagne di analisi chimiche compiute nei mesi di Maggio ed Ottobre '91, forniscono ulteriori informazioni sulla facies chimica caratterizzante queste acque (ved. elaborato geochimico E.).

5. CONSIDERAZIONI IDROGEOLOGICHE CONCLUSIVE

Da quanto detto nei capitoli precedenti si possono fare le seguenti considerazioni conclusive sull'assetto idrogeologico della dorsale carbonatica M. Catria - M. Nerone oggetto del presente studio:

- a) Il corpo acquifero costituito in massima parte dal Calcare Massiccio, e congiuntamente da zona a zona dalla Formazione della Corniola o della Maiolica, è il più importante nell'area.

L'acquifero in oggetto caratterizzato da una elevatissima ricettività idrica è alimentato direttamente dalle precipitazioni meteoriche che si verificano in corrispondenza dei suoi affioramenti situati nelle zone degli alti individuabili nel settore del M. Nerone ed in quello del M. Catria - M. Acuto. Ciò è confermato dai dati isotopici (Vedi volume E. Idrochimica) che indicano quote medie di ricarica tra i 1000 ed i 1400 m s.m.

L'acquifero in questione presenta sia un circuito più superficiale, in condizioni di falda libera sia uno più profondo in pressione.

Il primo si localizza nei settori corrispondenti o prossimi alle aree di alimentazione (la sorgente 075 di Peia è legata a tale situazione idrogeologica).

Il secondo viene a crearsi per il defluire sotterraneo delle acque nel corpo acquifero, guidate dall'assetto strutturale e la conseguente messa in pressione determinata dall'acquiclude stratigraficamente soprastante, costituito dai Calcari diasprini e dal Rosso Ammonitico (Vedi Tav. F-2, Sezioni idrogeologiche).

Il valore di pressione rilevabile nel pozzo Cagli 1 perforato nell'ambito del progetto ben si adatta al quadro prospettato.

I due circuiti sono ben differenziabili anche sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua.

Le acque la cui emergenza è legata al circuito più superficiale, si presentano poco mineralizzate ed in particolare quasi prive di SO_4 ; al contrario le acque che sono coinvolte nel circuito più profondo, risultano globalmente più mineralizzate ed in particolare con elevati tenori di Mg ed SO_4 .

I dati isotopici disponibili permettono inoltre di ipotizzare un'età media delle acque di tale circuito, non inferiore ai 15 anni.

- b) Per quanto riguarda gli altri complessi acquiferi principali compresi nella dorsale studiata (Complesso della Scaglia e Complesso della Maiolica), dalla somma delle conoscenze acquisite e dalle elaborazioni svolte (vedi anche A. Geologia, C. Geofisica, D. Idrologia, E. Idrochimica) si ricava che:

- 1) Si tratta di acquiferi praticamente indipendenti, dal punto di vista idraulico, da quello profondo del Calcare Massiccio;

- 2) Le loro caratteristiche litologiche si riflettono anche sul tipo e sulla densità delle emergenze spontanee. Infatti, al contrario di quanto rilevabile per il Complesso acquifero del Calcare Massiccio s.l., si osserva un elevato numero di punti d'acqua caratterizzato tuttavia da portate molto variabili e globalmente modeste. Questo fatto può confermare l'assenza di interconnessione idraulica con l'acquifero in pressione sottostante di cui al punto a).
- 3) I dati chimico-fisici, sia di campo che di laboratorio, permettono di confermare ulteriormente i diversi circuiti idrici sotterranei esistenti nell'area.
- 4) I caratteri generali sopra descritti (punti 1-2-3) possono essere alterati laddove si manifestino contatti anomali tra i vari complessi idrogeologici determinati dagli eventi tettonici che hanno interessato a più riprese l'area in esame.

c) Per le sorgenti dell'area studiata si possono trarre le seguenti considerazioni:

- 1) sono stati evidenziati due tipi di regimi delle portate: regimi con due massimi e due minimi e regimi con un minimo ed un massimo assoluto.
- 2) lo studio degli idrogrammi di magra delle sorgenti, ha permesso di evidenziare l'esistenza della sovrapposizione di due tipi di circolazione presenti negli acquiferi carbonatici e particolarmente evidenti nelle sorgenti dei Complessi idrogeologici di Scaglia e Maiolica. Lo studio ha inoltre permesso di ricavare il coefficienti di esaurimento con la legge teorica di Maillet e Tison. Si è constatato, in generale, che per complessi acquiferi molto estesi, come quello di base del Massiccio-Corniola, il coefficiente di esaurimento assume valori molto bassi. Negli acquiferi della Scaglia e della Maiolica, i valori sono più elevati. Conseguentemente anche le capacità di svuotamento sono risultate differenti tra loro.
- 3) Il massimo di temperatura delle acque si registra nella stagione estiva, mentre il minimo si ha nella stagione invernale. L'andamento stagionale è più evidente per quelle sorgenti che presentano portate minori e una minore estensione della falda alimentatrice.

In definitiva l'analisi delle sorgenti della Scaglia e Maiolica ha permesso di evidenziare un tipo di regime caratteristico di acque sotterranee a limitata percorrenza nel sottosuolo, riferibile al regime di flusso rapido non omogeneo di Boni et Alii.

Per le sorgenti del Massiccio, al contrario, il tipo di circolazione è caratteristico di circuiti più profondi e quindi, di un vero e proprio flusso di base, soprattutto per quanto riguarda le sorgenti lineari emergenti lungo le incisioni fluviali.

d) La caratterizzazione quantitativa delle risorse idriche sotterranee esistenti nell'area oggetto dello studio, eseguita per confronto con più metodi di calcolo (vedi volume D. Idrologia) conduce alle seguenti considerazioni:

- 1) Sull'intera area indagata, per una superficie complessiva di circa 250 km², si ha un'infiltrazione efficace (aliquota d'acqua che va a costituire le risorse idriche sotterranee) pari a ~525 mm corrispondente al 35% degli afflussi meteorici. Tale valore, espresso in termini di portata equivale a ~ 4,2 m³/sec, mentre come alimentazione specifica corrispondenti a ~ 16,5 l/s km².
- 2) Tenendo in considerazione solo la struttura anticlinale della dorsale M. Catria - M. Nerone, per una superficie di 115 km², l'infiltrazione efficace risulta di circa 667 mm corrispondenti al 43% degli afflussi meteorici.
Tale valore equivale ad una portata di circa 2,4 m³/sec ed ad una alimentazione specifica di 21 l/Sec km².
- 3) Dal bilancio ristretto alle sole zone del M. Nerone e del M. Catria - M. Acuto nelle quali le precipitazioni danno luogo ad una diretta alimentazione dell'acquifero profondo, per una superficie di circa 15 km², l'infiltrazione efficace risulta di 1057,4 mm, corrispondenti al 60% degli afflussi meteorici.
Tale valore, espresso in termini di portata equivale a 0,513 m³/sec, cioè ad una alimentazione specifica di 33,5 l/se km².
Questo risultato ben si colloca nel campo di variazioni tipico dei massicci carbonatici italiani di analoghe caratteristiche litologiche; infatti tali valori oscillano tra i 25 ed i 38 l/sec km².

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE GENERALI

Tenendo presente le conclusioni squisitamente idrogeologiche di cui al capitolo precedente, considerando i risultati sperimentali derivati dall'esecuzione della attività di perforazione e delle conseguenti prove di portata eseguite, (vol. G. Perforazione) e non dimenticando i dati meteo-idrologici registrati dalla sofisticata rete di monitoraggio installata nell'ambito del progetto, (voll. H. Microsismica ed I. Strumentazione), si possono esprimere le seguenti considerazioni conclusive di carattere generale:

- a) La perforazione del pozzo Cagli 1, in quanto tale, non ha comportato alcun squilibrio nelle risorse idriche sotterranee e superficiali dell'area.
- b) Dai calcoli eseguiti, come già espresso perfettamente inquadrati in quelli che sono i termini di variazione numerica universalmente accettati, e dalle osservazioni sperimentali eseguite durante la perforazione, si evidenzia come la struttura idrogeologica studiata ha ottime potenzialità delle risorse idriche.
- c) L'eventuale sfruttamento di tale risorsa dovrà essere susseguente ad ulteriori prove ed osservazioni, nel lungo periodo, al fine di ottimizzare lo stesso e di non creare squilibri idrogeologici. Si consideri che un bilancio idrogeologico ottimale deve basarsi su almeno 5 anni di osservazione continue.
- d) Pur tenendo presente quanto espresso al punto C. si può affermare che un limitato emungimento del pozzo Cagli 1, per usi idropotabili, è sicuramente possibile senza alcun danno per l'ambiente; tale prelievo può essere cautelativamente indicato in 25-30 l/s.
- e) L'intero studio, sia come approccio metodologico che come attività operativa e risultati tecnico-scientifici, è uno strumento di avanzatissima concezione nell'ambito della "ricerca" idrogeologica italiana.
L'ampissima serie di attività condotta e l'eccezionale mole di dati raccolti (bibliografici e sperimentali), rende tale studio una pietra di paragone per progetti simili futuri.
L'aver eseguito lo studio a così ampio respiro, permette di acquisire una visione globale dell'area e della materia, e diventa un patrimonio insostituibile per la Regione Marche, in termini di programmazione nell'utilizzo ottimale delle risorse, purché se ne adottino le indicazioni e se ne valutino attentamente i risultati.

T A B E L L E

BURANO - RETE DI MONITORAGGIO MENSILE																
Andamento delle portate (l/s)																
Punto	Quota	Gen 91	Feb 91	Mar 91	Apr 91	Mai 91	Giun 91	Lug 91	Ago 91	Set 91	Ott 91	Nov 91	Dic 91	Gen 92	Feb 92	media
21	352	4	5	4,4	6,6	5	3,6	4	2	2	2	2,3	3,3	2,6	4	3,7
23	500	1,3	4	35	40	4	1,3	0,7	0,33	0,39	3	5	1,5	4	7,7	
26	492	10	13,3	40	48	13,3	13	6,6	5,7	6,6	20	> 25	10	10	17	
38	553	0,67	0,7	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,54	0,52	0,55	0,55	0,5	0,55	0,53	
41	792	5	12	3,6	14,6	3,4	2	1,3	0,77	0,58	1,25	12,3	2,9	3,3	4,8	
43	1239	nm	5	13	8	4,4	4,4	2,3	1,29	1,1	5	8	4	4	4,6	
54	751	nm	nm	8	0,15	0,16	0,14	0,05	asc	asc	asc	asc	asc	asc	0,7	
63	858	nm	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,43	0,33	0,6	0,63	0,57	nm	0,56	
75	527	74	74	72	73	72	lav	nm	nm	1	55,2	60	38	32	55,12	
78	501	3,3	6,6	1,3	6,6	2,2	0,86	0,5	0,3	0,2	0,86	4	1,3	4	2,46	
83	506	33	40	24	52	33	lav	cm 7	nm	16	35,9	39,6	19	22,6	31,5	
86	334	170	165	nm	nm	nm	lav	lav	107	110	---	---	---	---	138	
87	483	40	50	15	40	20	2,5	0,5	1,18	1,5	18	20	15	10	17,9	
109	506	1,54	6,6	8	1,3	1,1	0,19	0,08	0,023	0,38	2	5	1,6	5,7	2,57	
115	595	0,61	1,4	1,3	1,4	0,4	0,36	0,3	0,23	0,36	1,8	0,76	0,6	1,1	0,8	
118	491	5	10	2	8	7,5	nm	nm	nm	2,5	6,6	20	7	1	6,96	
119	503	6,6	nm	nm	nm	nm	lav	2,8	1,72	1,08	6,5	6,6	5	6,6	4,6	
124	523	10	20	9	nm	4	2,5	2	0,62	0,5	4,8	3,8	3,8	4,3	5,4	
126	431	10	8	8	8	8	3	1,2	2,75	2,2	9,3	6	7,5	7,5	6,26	
128	401	10	8	8,7	nm	10	6,6	5,7	4	2,5	12	9	6	8	6,9	
131	449	10	17,1	8	10	7,8	nm	0,13	nm	6,8	25	25	17	23	13,6	
135	481	5	8	4,4	8,3	8	4,3	lav	3,3	3,3	5,5	5	4,5	4,9	5,37	
136	373	10	nm	nm	nm	19	lav	lav	7	asc	---	---	---	---	7,2	
139	550	---	---	---	---	---	13,8	---	4	2,2	2,2	23,9	15	11,2	10,3	
140	916	3,3	3,3	1,7	6,6	2,8	1,4	1,1	0,57	0,42	0,95	6,6	2	2,2	2,5	
143	608	20	20	5,7	nm	20	6,6	1,81	1,6	1,25	20	18	10	10	11,2	
147	572	5,7	8,3	7,3	8,5	8,2	3,6	4	2,12	1,9	2,1	15	5	4	5,8	
148	706	22	26,6	20	40	26	5,7	4,5	2,48	1,5	20	40	26	20	19,6	
153	515	1,5	nm	4	2	1,5	1	0,5	0,5	0,5	2	2	1	1	1,46	
162	510	20	13,3	6,6	5,7	nm	10	2,6	2,5	1,4	18	12,5	nm	7	9,05	
164	574	3,3	5	4	4,5	4	2,2	1,4	nm	nm	3,3	2,95	2	1,1	3,07	
p4	319	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

nm = non misurabile
 lav = lavori in corso
 --- = nuovo punto
 asc = asciutta

BURANO - RETE DI MONITORAGGIO MENSILE																
Andamento delle temperature (°C)																
Punto	Quota	Gen 91	Feb 91	Mar 91	Apr 91	Mai 91	Giù 91	Lug 91	ago 91	Set 91	Ott 91	Nov 91	Dic 91	Gen 92	Feb 92	media
21	352	12	11	12	11	11	11	10,5	12	12	11	11	11	12	12	11.4
23	500	10	6	7	8	9	9	10,5	15	15	14	9	8	7	6	9.6
26	492	10	8	9	8	8	8	8	9	9,5	9	8	9	9	8	8.6
38	553	6	5,5	10	9	13	15	18	18	18	16	10	8	6	4	10.6
41	792	9	8	10	8,5	8	8	8	9	11,5	12	8	8,5	8,5	8,5	9
43	1239	8	7	10	7	7	7	6	7	7,5	7	6,5	6,5	6,5	6,5	7.1
54	751	nm	ice	9	7	9	9	9	12	asc	asc	asc	asc	asc	asc	--
63	858	nm	8	9	9	9	9	9	10	10	10	9	9	9	nm	9.2
75	527	11	10	11,5	10	10,5	10	11	11	nm	10,5	9,5	10	10	10	10,3
78	501	11	10	11,5	10	10,5	10	11	11	11	11	10	10,5	10	10	10.5
83	506	11	10	12	9,5	10,5	9,5	11	11	nm	10	10	11	10,5	10	10.4
86	334	16	16,5	18	17	17	16	17,5	17	16,5	16,5	16	16,5	16,5	16,5	16,7
87	483	11	10	11	10	10	10	11	11	11	10	9	10	9,5	10	10.8
109	506	8	8	10,5	9	10,5	11,5	13	14	13	13	10	9	7	8	10.1
115	595	8	8	8	8	9,5	11	12	12,5	10	9	8	8	8	8	9.2
118	491	10	11	11	10	11	11	12	12	12	12	11	11,5	11	10.5	11.8
119	503	12	11	12	10	11	11	12	12	12	11,5	10	11	11	10.5	11.1
124	523	10	9	9	9	10	10	10	11	11,5	11	10	10	9	8,5	9.07
126	431	12	10	11	11	11	11	12	13	12	12	12	12	10,5	10	11.3
128	401	10	10,5	12	11	10	10	10	11	11	11	10	11	10,5	10,5	10.6
131	449	12	10	12	11	11	11	12	13	12	12	12	11,5	10	9,5	11.3
135	481	12	11	12	11,3	11	10	11	13	12	12	11	11	10	10	11.77
136	373	12	11	12,5	11	11	11	12,5	13	12	12	11	12	12	11,5	11,7
139	550	nm	---	---	---	---	10,5	11,5	11,5	11,5	11	11	11	11	11,5	--
140	916	10	10	11	10	10	9	10	10	10	9,5	9	10	10	10	9.88
143	608	10	9	8,5	9,5	10	9	10	10	10	9,5	9	9,5	10	10	9.5
147	572	13	11,5	12,5	10	11	11	11	11,5	11,5	11	11	11	11	11,5	11.34
148	706	10	10	10	10	10	9	10	11	9	10	10	10	10	10	9.9
153	515	12	10	11,5	10	10	10	10	11	11	11	10	11	10	10	10.57
162	510	10	10	11,5	10	11	12	14,5	13,5	13	11	11	11	10	9,5	11.3
164	574	11	10	11,5	10	10	9	10,5	---	---	10	10	10	10	10	10.1
P4	319	12	11	13,5	11,5	11,5	11,5	11	12	11,5	11	11	11	11	11,5	

Note : nm = non misurabile

Note : nm = non misurabile
ice = ghiacciata
asc = asciutta
--- = valore non rilevato per
problemi tecnici o nuovo punto di misura

BURANO - RETE DI MONITORAGGIO MENSILE																
Andamento delle conducibilità (µS/cm)																
Punto	Quota	Gen 91	Feb 91	Mar 91	Apr 91	Mai 91	Giù 91	Lug 91	Agg 91	Set 91	Ott 91	Nov 91	Dic 91	Gen 92	Feb 92	media
21	352	323	375	406	375	359	442	342	394	357	321	333	324	301	384,9	
23	500	260	319	390	338	301	374	301	338	308	327	311	306	305	321,4	
26	492	290	351	354	364	247	422	328	348	315	350	334	315	298	332	
38	553	240	301	327	328	262	365	285	320	283	306	285	305	286	299	
41	792	280	357	343	346	408	441	303	306	290	324	307	294	281	329,2	
43	1239	230	307	318	308	271	429	281	296	294	312	278	257	265	295,8	
54	751	nm	201	296	295	258	340	261	asc	asc	asc	asc	asc	asc	275	
63	858	nm	279	295	303	272	340	270	300	289	327	258	258	258	290	
75	527	287	343	323	337	322	428	315	nm	314	329	318	330	312	330	
78	501	386	441	435	429	410	551	381	405	393	404	392	404	386	416	
83	506	285	331	325	326	290	431	298	nm	294	306	297	302	294	315	
86	334	1220	1264	1202	1235	1168	1540	1234	1336	1295	1215	1160	1181	1088	1241	
87	483	280	330	351	331	330	440	322	334	330	334	220	372	281	327	
109	506	332	403	399	391	428	558	438	479	401	386	378	383	350	409	
115	595	260	299	324	325	287	429	307	361	361	325	298	298	272	318,9	
118	491	339	381	387	392	380	506	365	406	388	369	347	345	326	379	
119	503	340	387	382	390	411	446	371	385	390	349	369	357	314	376	
124	523	310	381	353	378	320	490	322	382	357	337	324	340	320	355	
126	431	365	429	411	471	410	455	383	429	417	395	382	374	349	405	
128	401	329	351	353	500	360	459	316	381	369	405	357	314	314	369	
131	449	359	417	417	495	435	480	389	449	419	406	394	386	354	415	
135	481	370	411	411	465	410	536	373	427	406	387	381	379	343	407	
136	373	394	441	428	441	440	524	378	429	440	429	429	382	364	424	
139	550	---	---	---	---	---	441	329	365	393	351	333	321	311	355	
140	916	308	330	345	343	325	488	306	368	360	334	306	306	269	337	
143	608	334	353	332	369	354	500	386	419	385	353	355	349	306	368	
147	572	247	276	274	331	268	351	252	282	286	262	274	257	258	278	
148	706	295	355	355	423	392	466	319	369	365	361	318	306	302	355,8	
153	515	295	349	323	392	306	337	304	340	297	343	327	306	318	326	
162	510	327	365	405	368	359	527	359	399	395	357	325	343	329	373	
164	574	294	343	329	367	334	416	320	nm	343	343	330	318	324	338	
P4	319	539	620	595	608	602	640	574	600	584	560	572	560	517	582	

Note : nm = non misurabile

Note : nm = non misurabile
 ice = ghiacciata
 asc = asciutta
 --- = valore non rilevato per
 problemi tecnici
 o nuovo punto di misura

BURANO - RETE DI MONITORAGGIO MENSILE														
Andamento del pH														
Punto	Quota	Gen 91	Feb 91	Marzo 91	Mag 91	Giug 91	Lug 91	Agg 91	Set 91	Ott 91	Nov 91	Dic 91	Gen 92	Feb 92
21	352	7,69	7,28	7,3	7,58	7,25	7,4	7,45	7,25	7,3	7,4	7,38	7,43	7,48
23	500	7,7	7,2	7,3	7,71	7,38	7,4	7,57	7,5	7,45	7,3	7,35	7,45	7,5
26	492	7,85	7,25	7,28	7,6	7,28	7,4	7,55	7,5	7,3	7,4	7,35	7,3	7,5
38	553	7,25	7,11	7,15	7,7	7,35	7,25	7,45	7,45	7,45	7,2	7,25	7,35	7,45
41	792	7,25	7,1	---	7,6	7,2	7,4	7,48	7,35	7,45	7,3	7,4	7,3	7,4
43	1239	7,4	7,4	7,05	7,63	7,4	---	7,5	7,24	7,5	7,3	7,3	7,47	7,4
54	751	nm	ice	7,33	7,54	7,32	7,38	7,45	asc	asc	asc	asc	asc	asc
63	858	nm	7,3	7,4	7,62	7,33	7,3	7,4	7,2	7,5	7,5	7,5	7,45	nm
75	527	7,6	7,3	7,15	7,86	7,35	7,1	7,4	nm	7,4	7,3	7,2	7,3	7,4
78	501	7,2	7,2	7,4	7,76	7,4	7,35	7,4	7,2	7,5	7,5	7,35	7,4	7,3
83	506	7,6	7,25	7,23	7,69	7,3	7,1	7,5	nm	7,3	7,3	7,25	7,45	7,48
86	334	7,3	7,15	7,1	7,27	7,1	7,26	7,35	7,38	7,4	7,25	7,05	7,25	7,25
87	483	7,25	7,1	7,4	7,61	7,2	7,4	7,47	7,3	7,5	7,3	7,5	7,4	7,4
109	506	7,27	7,16	7,35	7,53	7,31	7,12	7,56	7,4	7,5	7,45	7,3	7,45	7,3
115	595	7,75	7,65	7,3	7,67	7,2	7,33	7,6	---	7,56	7,4	7,4	7,4	7,48
118	491	7,67	7,25	7,33	7,51	7,4	7,1	7,38	7,35	7,45	7,55	7,45	7,3	7,4
119	503	7,55	7,25	7,3	7,51	7,3	7,2	7,48	7,45	7,4	7,3	7,3	7,4	7,34
124	523	7,7	7,25	7,35	7,57	7,28	7,2	7,5	7,28	7,5	7,5	7,45	7,35	7,45
126	431	7,5	7,3	7,3	7,41	7,4	7,35	7,44	7,4	7,4	7,5	7,3	7,4	7,36
128	401	7,57	7,05	7,36	7,22	7,3	7,1	7,45	7,3	7,4	7,33	7,45	7,5	7,45
131	449	7,16	7,3	7,32	7,37	7,3	7,3	7,45	7,45	7,4	7,25	7,3	7,26	7,35
135	481	7,2	7,25	7,2	7,35	7,3	7,36	7,5	7,4	7,5	7,3	7,25	7,2	7,4
136	373	7,3	7,04	7,2	7,58	7,25	7,1	7,28	7,3	7,3	7,4	7,3	7,4	7,32
139	550	nm	---	---	---	---	7,2	7,45	7,4	7,5	7,47	7,45	7,3	7,35
140	916	7,65	7,23	7,3	7,43	7,35	7,1	7,5	7,4	7,5	7,52	7,4	7,3	7,35
143	608	7,5	7,3	7,3	7,55	7,4	7,12	7,52	7,4	7,45	7,5	7,3	7,47	7,34
147	572	7,7	7,24	7,3	7,51	7,3	7,15	7,6	7,2	7,5	7,55	7,45	7,5	7,4
148	706	7,6	7,25	7,3	7,53	7,3	7,7	7,47	7,3	7,45	7,6	7,45	7,4	7,5
153	515	7,65	6,8	7,25	7,41	7,3	7,2	7,42	7,3	7,4	7,44	7,2	7,2	7,25
162	510	7,65	7,3	7,35	7,54	7,22	7,1	7,48	7,3	7,5	7,35	7,45	7,45	7,45
164	574	7,4	7,1	7,23	7,47	7,28	7,38	7,4	---	7,3	7,45	7,3	7,25	7,45
P4	319	7,2	7,1	7,2	7,63	7,32	7,55	7,55	7,48	7,6	7,35	7,5	7,55	7,5

Note : nm = non misurabile

ice = ghiacciata

asc = asciutta

--- = valore non rilevato per problemi tecnici o nuovo punto di misura

Punto	Litologia all'emergenza	Portata (l/s)		Classifica Meinzer	Temperature C		Escursione Termica
		min	max		min	max	
S026	Scaglia rossa	5.7	>25	5	8	10	2
S038	Scaglia cinerea	0.5	0.7	6	4	18	14
S043	Detrito	1.1	13	5	6	10	4
S054	Detrito	0.00	8	8	7	12	5
S063	Marne a fucoidi	0.33	0.63	6	8	10	2
S078	Scaglia variegata	0.2	6.6	6	10	11.5	1.5
S083	Scaglia rossa	0.00	52	8	9.5	12	2.5
S109	Scaglia rossa	0.023	8	7	7	14	7
S124	Scaglia rossa	0.5	20	6	8.5	11.5	3
S126	Scaglia rossa	1.2	10	5	10	13	3
S128	Scaglia rossa	2.5	10	5	10	12	2
S131	Scaglia bianca	0.13	17.1	7	--	11.5	--
S139	Detrito	--	23.9	5	8.5	10	1.5
S143	Scaglia rossa	1.6	20	6	8.5	10	1.5
S148	Scaglia rossa	1.5	40	5	9	10	1
S153	Scaglia bianca	0.5	4	5	10	11.5	1.5
S162	Detrito	1.4	20	5	9.5	14.5	5

Punto	Litologia all'emergenza	Portata (l/s)		Classifica Meinzer	Temperature C		Escursione Termica
		min	max		min	max	
S021	Maiolica	2	6.6	5	10.5	12	1.5
S023	Detrito	0.33	40	6	6	15	9
S041	Detrito	0.77	14.6	6	8	11.5	3.5
S087	Maiolica	0.5	50	6	9	11	2
S115	Detrito	0.3	1.8	6	8	12.5	4.5
S118	Maiolica	2.5(?)	20	5	10	12	2
S119	Maiolica	1.08(?)	6.6	5	10	12	2
S135	Maiolica	3.3	8.3	5	10	13	3
S140	Detrito	0.42	6.6	6	9	11	2
S147	Detrito	1.9	15	5	10	12.5	2.5
S164	Detrito	1.4(?)	5	5	9	11.5	2.5

Punto	Litologia all'emergenza	Portata (l/s)		Classifica Meinzer	Temperature C		Escursione Termica
		min	max		min	max	
S075	Massiccio	32	74	4	9.5	11.5	2
S086	Corniola	107	170	3	16	18	2

Studio delle curve di esaurimento delle sorgenti del Burano - MAILLET -

Punto	Coeffic. esaurim.	V0 mc	Wt mc	V0-Wt mc	Durata esaur.(g)	Q0 l/s teorico	Qt l/s teorico	Q0 l/s reale	Qt l/s reale
S021	0.008	61243	17988	43255	150	6.16	1.77	6.60	2.00
S023	0.038	47890	513	47377	120	20.9	0.22	40.0	0.33
S026	0.016	176957	24314	152643	120	33.8	4.65	48.0	5.70
S038	0.002	26328	20278	6050	90	0.57	0.48	0.60	0.50
S041	0.02	38066	1891	36175	150	8.82	0.44	14.6	0.58
S043	0.014	76291	6208	70083	180	12.3	1.00	13.0	1.10
S054	0.053	13702	482	13697	150	8.40	0.00	8.00	0.00
S063	0.009	5143	2829	2314	180	0.59	0.33	0.60	0.33
S078	0.023	17822	577	17244	150	4.72	0.15	6.60	0.20
S087	0.05	93955	975	92979	60	55.2	0.57	40.0	0.50
S109	0.037	15288	55	15232	150	6.64	0.02	8.00	0.02
S115	0.013	3617	1295	2322	120	1.03	0.19	1.40	0.23
S124	0.016	53636	2674	50961	180	10.3	0.52	9.00	0.50
S126	0.009	116462	19574	96887	180	10.3	2.24	10.0	1.20
S128	0.01	69798	21350	48448	120	9.32	2.70	10.0	2.50
S131	0.03	87597	880	86717	180	16.3	0.12	17.1	0.13
S135	0.008	84201	32163	52038	120	8.42	3.14	8.30	3.30
S140	0.018	25442	1737	23704	150	5.27	0.36	6.60	0.42
S143	0.02	51461	3177	48284	120	13.8	0.85	20.0	1.25
S147	0.01	54867	13083	41784	150	8.40	1.68	8.50	1.90
S148	0.02	141570	4790	136779	150	36.9	1.25	40.0	1.50
S153	0.01	12726	9314	3412	120	3.42	0.54	4.00	0.50
S162	0.009	157870	16468	141402	240	17.2	1.80	20.0	1.40
S164	0.008	87299	14032	73267	180	5.16	1.37	5.00	1.40

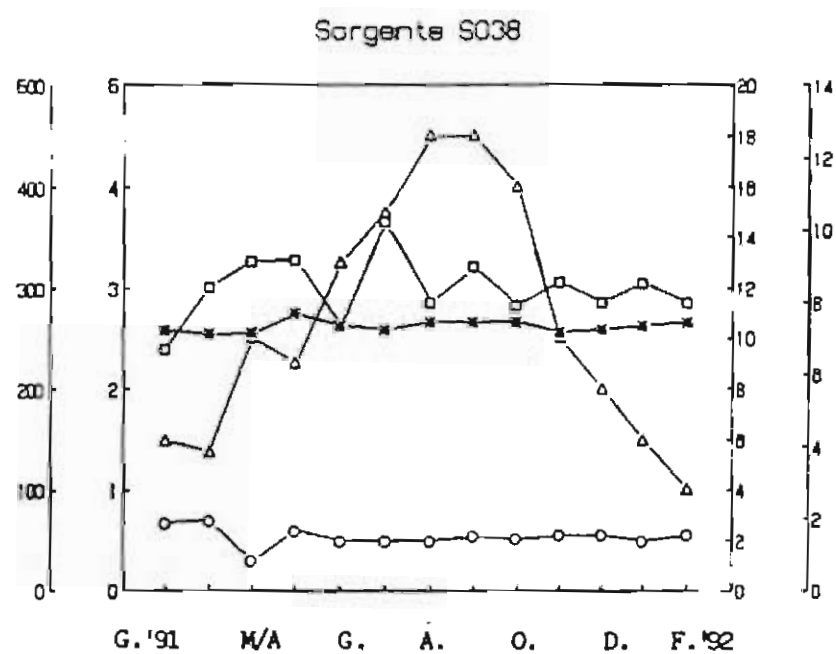
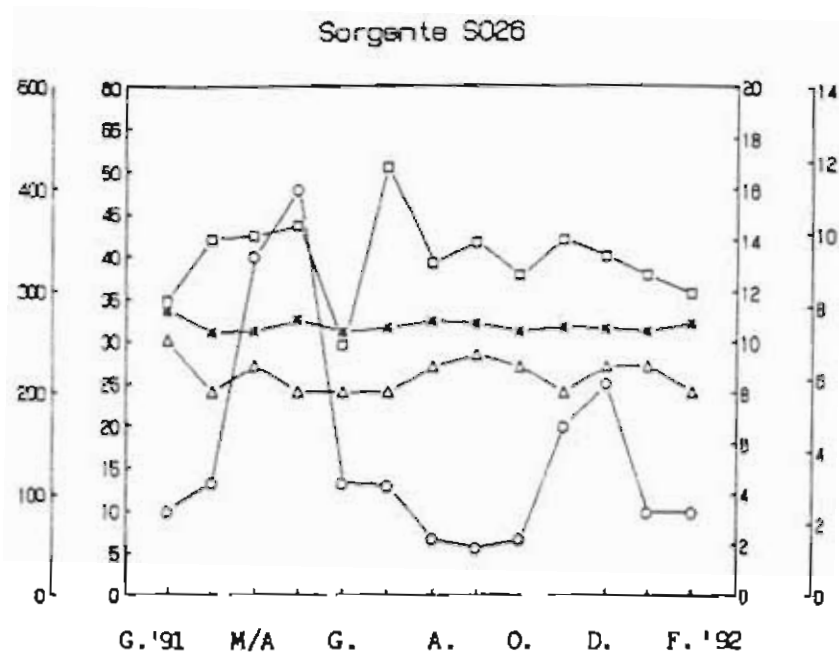
Note: V0 = Immagazzinamento dinamico al tempo t0
Wt = Immagazzinamento dinamico al tempo t
V0-Wt = Capacita' di svuotamento
Q0 = portata teorica a inizio esaurimento
Qt = portata teorica a fine esaurimento

Studio delle curve di esaurimento delle sorgenti del Burano - TISON -

Punto	Coeffic. esaurim.	V0 mc	W1 mc	V0-W1 mc	Durata esaur.(g)	Q0 l/s teorico	Q1 l/s teorico	Q0 l/s reale	Q1 l/s reale
S021	0.006	95784	50480	45304	150	6.63	1.84	6.60	2.00
S023	0.10	54977	4029	50947	120	67.05	0.36	40.0	0.33
S026	0.010	232353	90014	142339	120	35.44	5.32	48.0	5.70
S038	0.001	47393	43343	4050	90	0.57	0.48	0.60	0.50
S041	0.020	43157	9503	33654	150	11.79	0.57	14.6	0.58
S043	0.016	95520	23842	71676	180	18.46	1.15	13.0	1.10
S054	—	—	—	—	—	—	—	8.00	0.00
S063	0.006	8906	6609	2297	180	0.60	0.33	0.60	0.33
S078	0.036	20528	3166	17362	150	8.69	0.21	6.60	0.20
S087	—	—	—	—	60	—	—	40.0	0.50
S109	—	—	—	—	150	—	—	8.00	0.02
S115	0.008	9010	4433	4576	120	0.90	0.22	1.40	0.23
S124	0.033	74744	10570	64173	180	29.18	0.58	9.00	0.50
S126	0.012	147194	46348	100846	180	20.59	2.04	10.0	1.20
S128	0.008	115210	58126	57083	120	10.91	2.78	10.0	2.50
S131	—	—	—	—	—	—	—	17.1	0.13
S135	0.005	138717	83469	55249	120	8.86	3.21	8.30	3.30
S140	0.02	30709	7417	23292	150	7.44	0.43	6.60	0.42
S143	0.02	57277	15542	41734	120	14.83	1.09	20.0	1.25
S147	0.008	94606	40797	53809	150	9.63	1.79	8.50	1.90
S148	0.04	167217	24880	142337	150	73.81	1.63	40.0	1.50
S153	0.01	26373	9314	17059	120	4.66	0.58	4.00	0.50
S162	0.01	194807	54619	140188	240	24.11	1.90	20.0	1.40
S164	0.007	90509	44494	46015	180	7.22	1.75	5.00	1.40

Note: V0 = Immagazzinamento dinamico
W1 = Immagazzinamento dinamico al tempo t
V0-W1 = Capacita' di svuotamento
Q0 = portata teorica a inizio esaurimento
Q1 = portata teorica a fine esaurimento

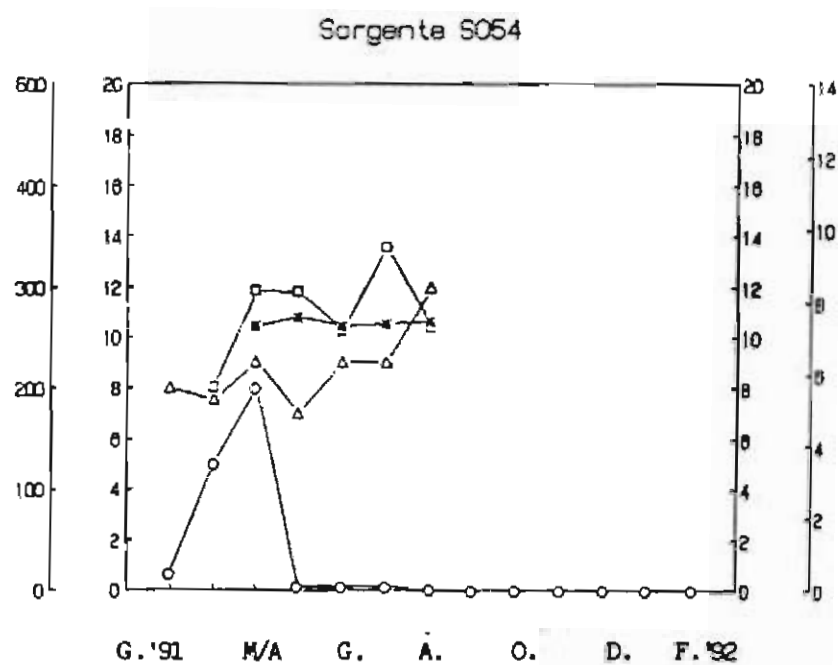
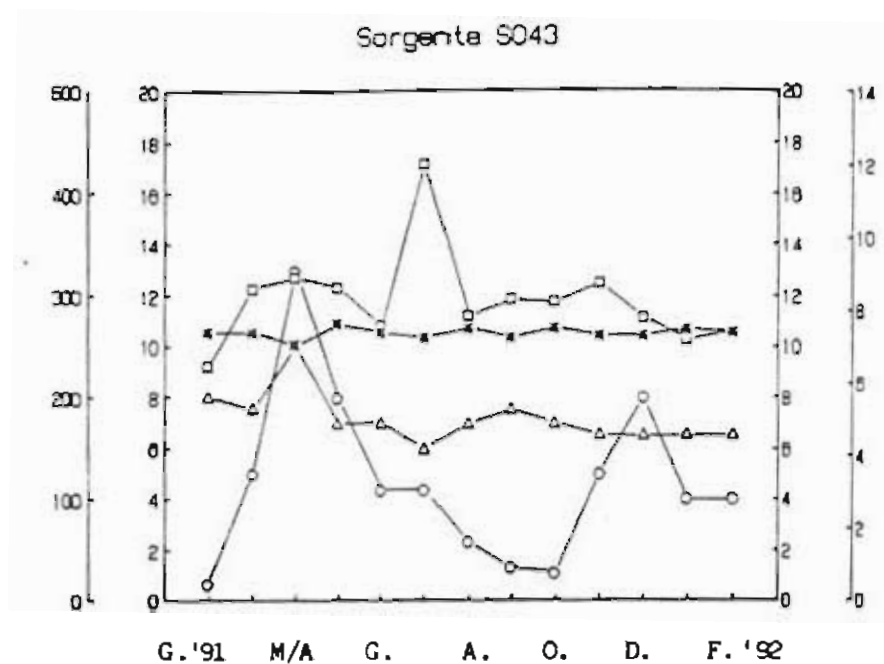
F I G U R E



Anno idrologico Gennaio 1991 - Febbraio 1992

○ portata l/s
 △ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

P R O G E T T O B U R A N O
 R E T E D I M O N I T O R A G G I O M E N S I L E

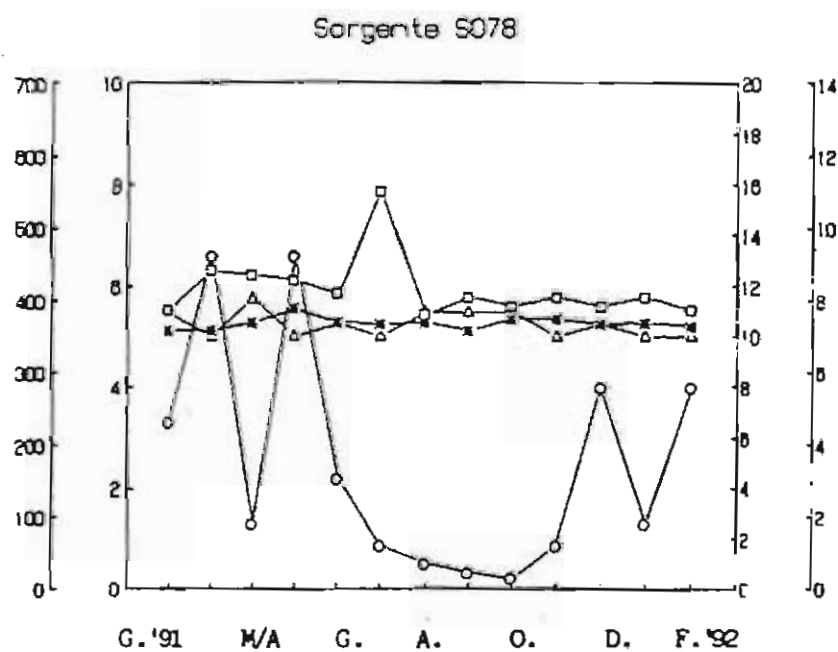
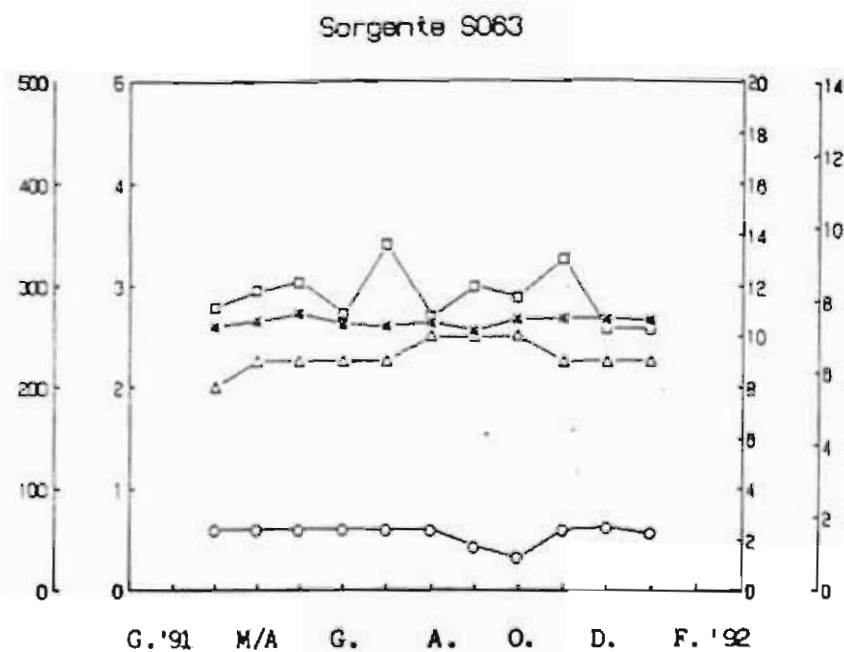


Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità µS/cm
 * pH

PROGETTO BURANO
 RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

Fig. 3

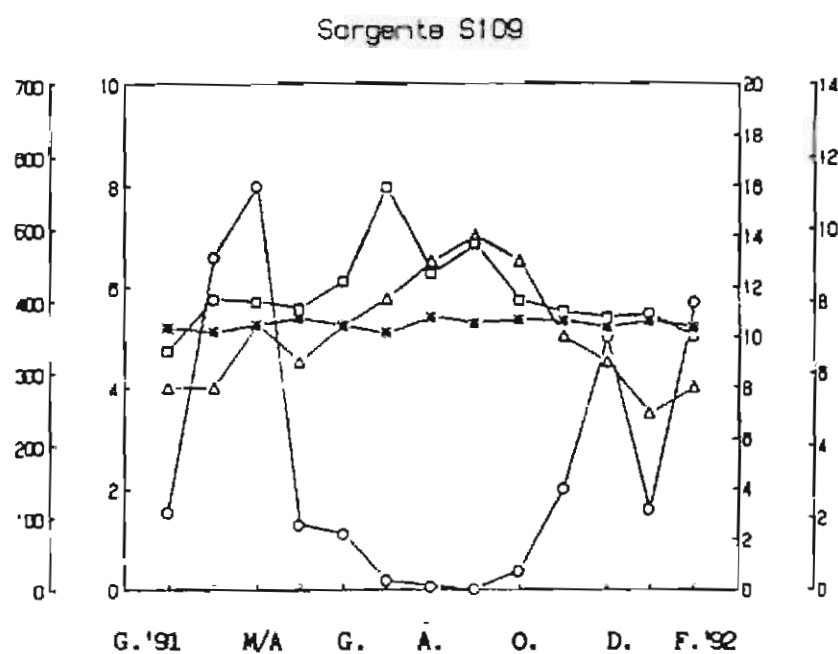
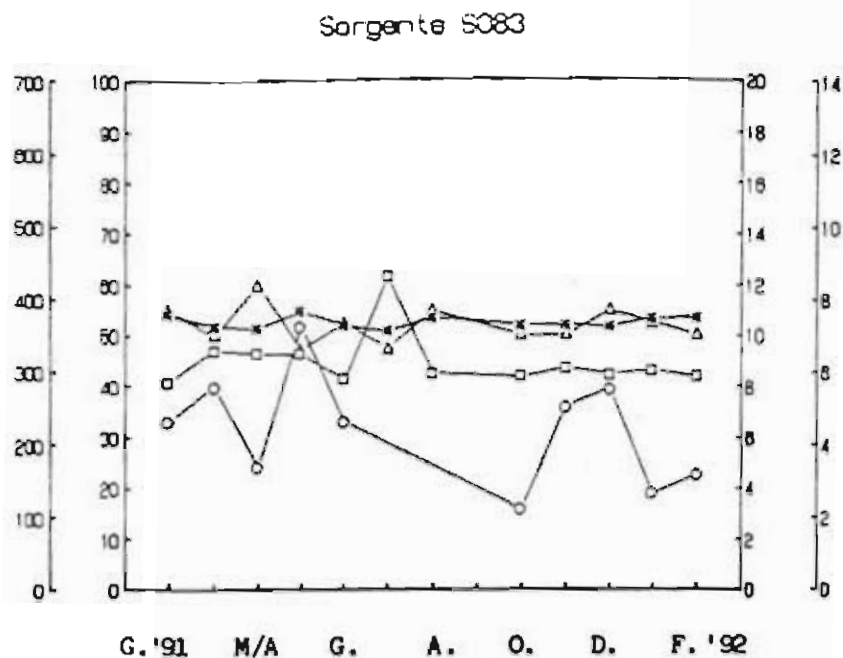


Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

P R O G E T T O B U R A N O
 R E T E D I M O N I T O R A G G I O M E N S I L E

Fig. 4



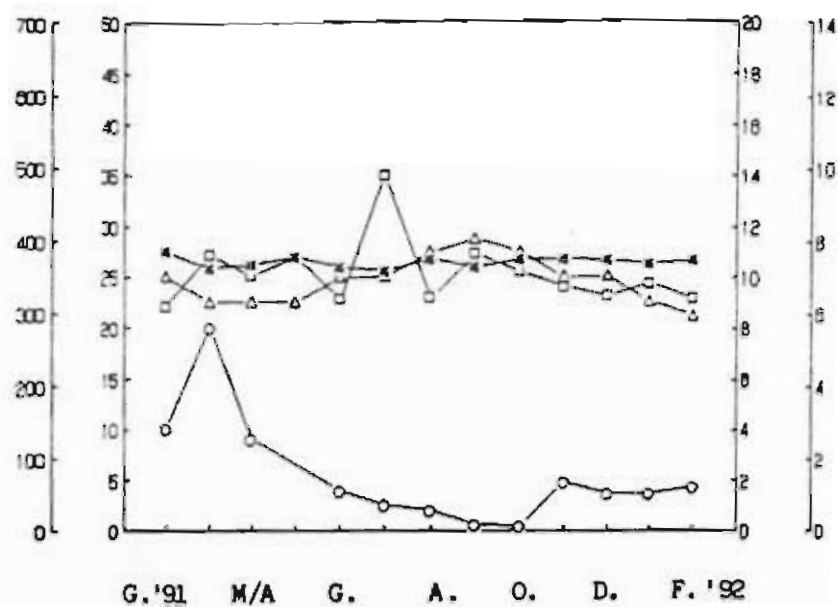
Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

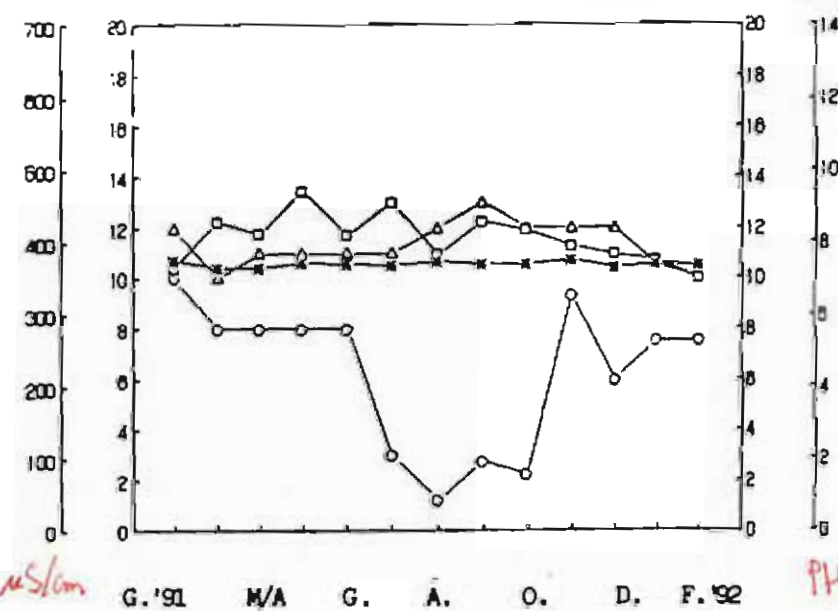
PROGETTO BURANO
 RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

Fig. 5

Sorgente S124



Sorgente S126



Anno idrologico Gennaio 1991 - Febbraio 1992

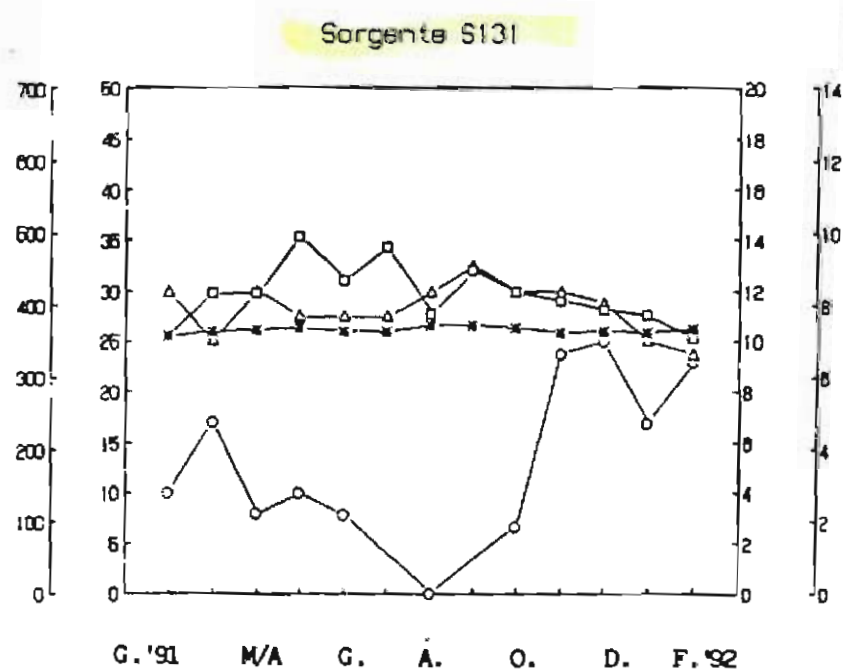
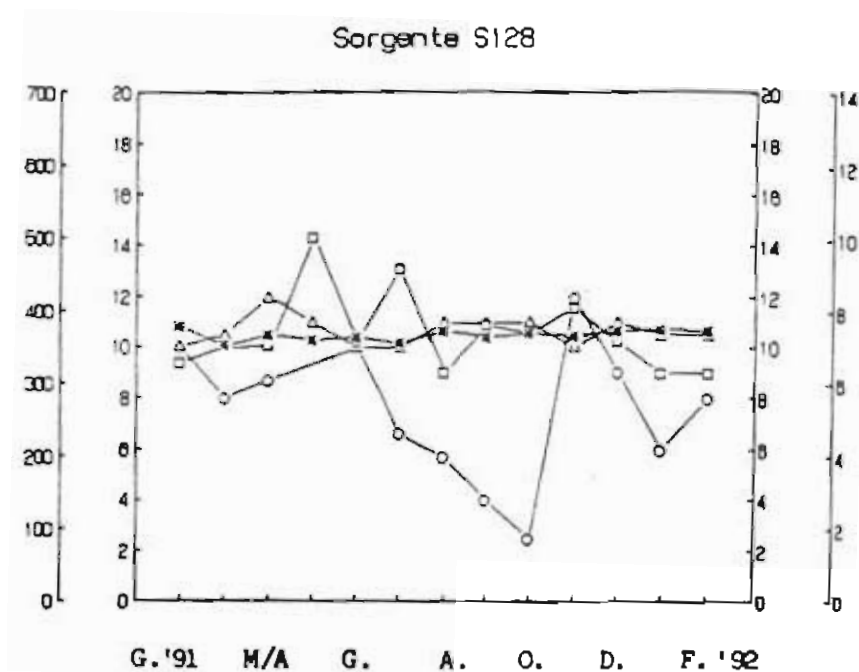
- o portata l/s
- Δ temperatura acqua °C
- conducibilità uS/cm
- * pH

PROGETTO BURANO
RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

IL FOLIO

PH

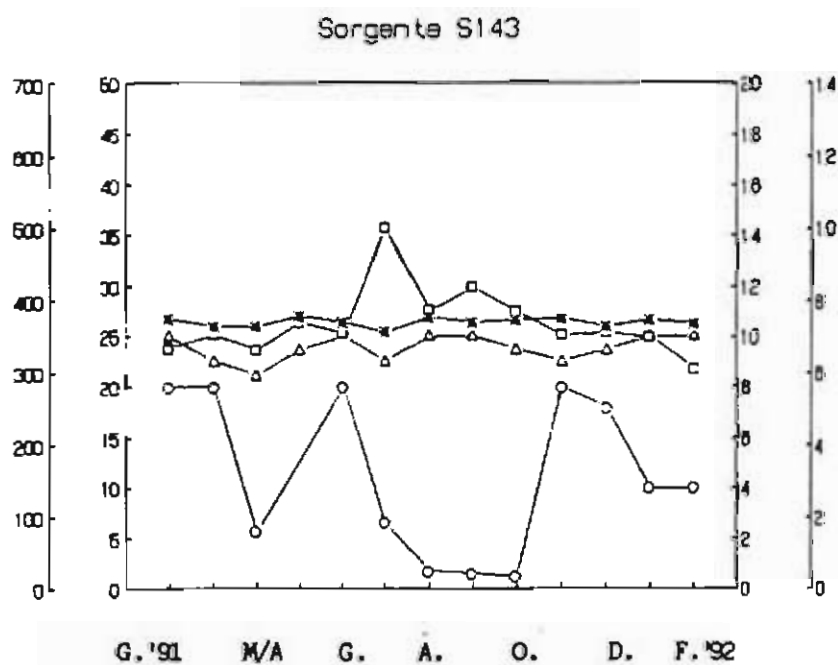
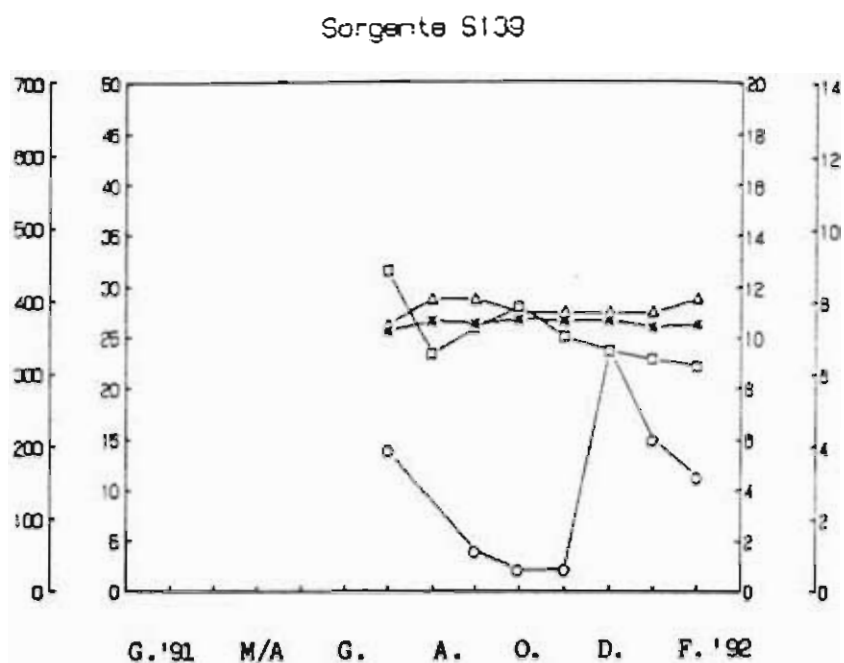
Fig. 6



Anno idrologico Gennaio 1991 - Febbraio 1992

○	portata l/s
△	temperatura acqua °C
□	conducibilità uS/cm
*	pH

PROGETTO BURANO
RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

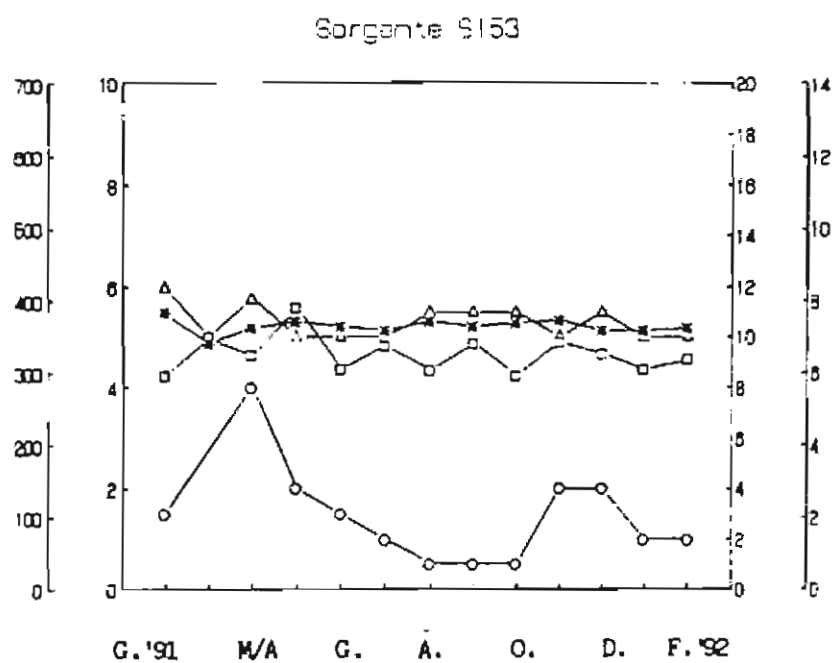
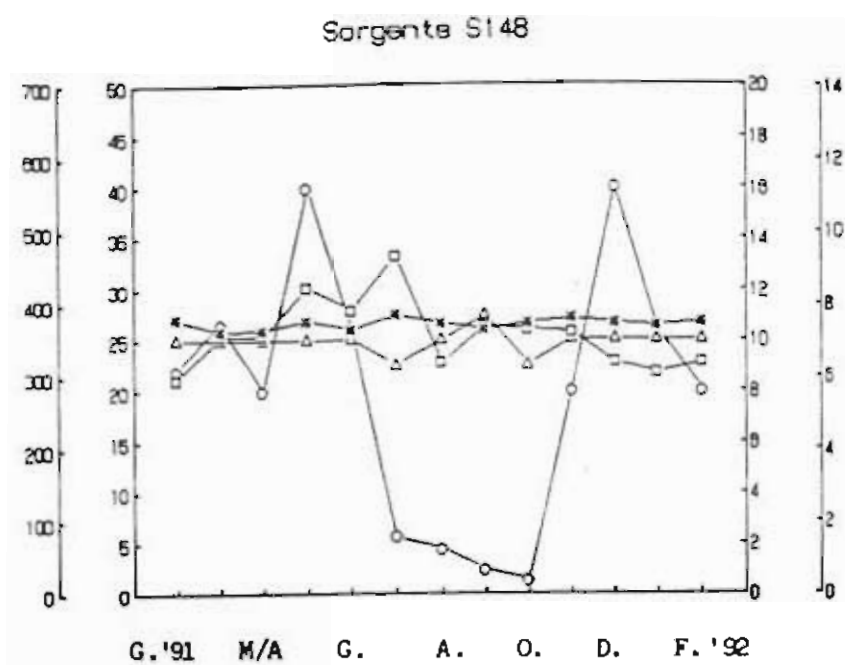


Anno idrologico Gennaio 1991 - Febbraio 1992

o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

PROGETTO BURANO
 RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

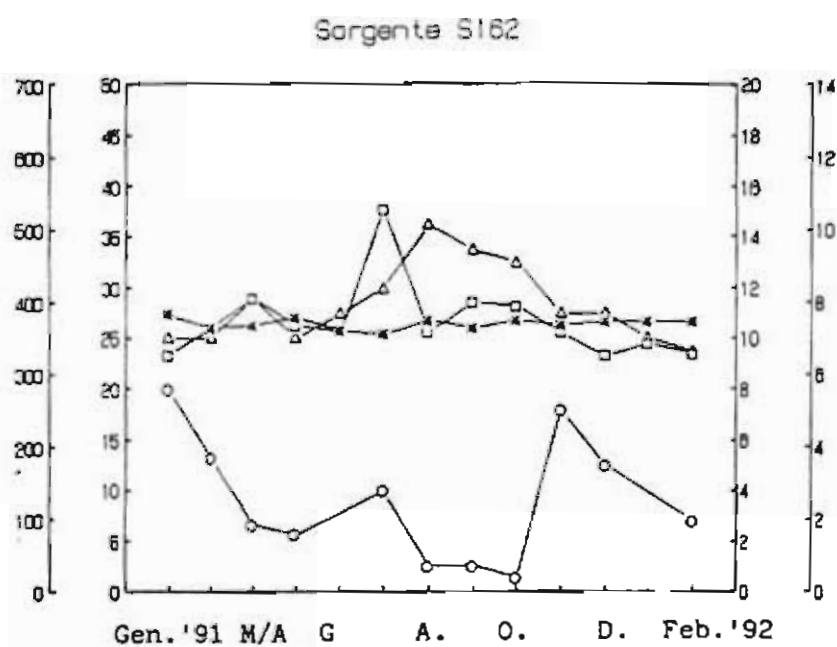
Fig. 8



Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità µS/cm
 * pH

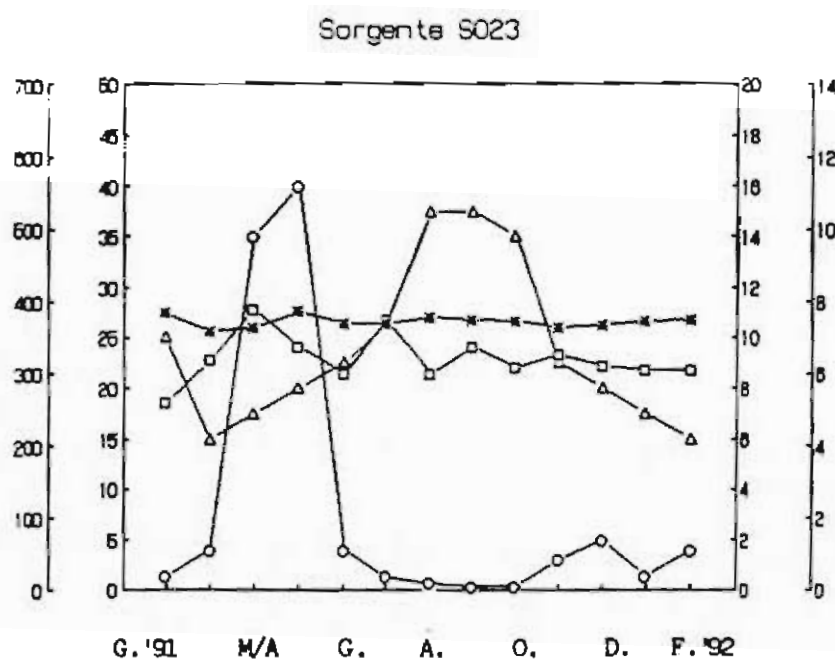
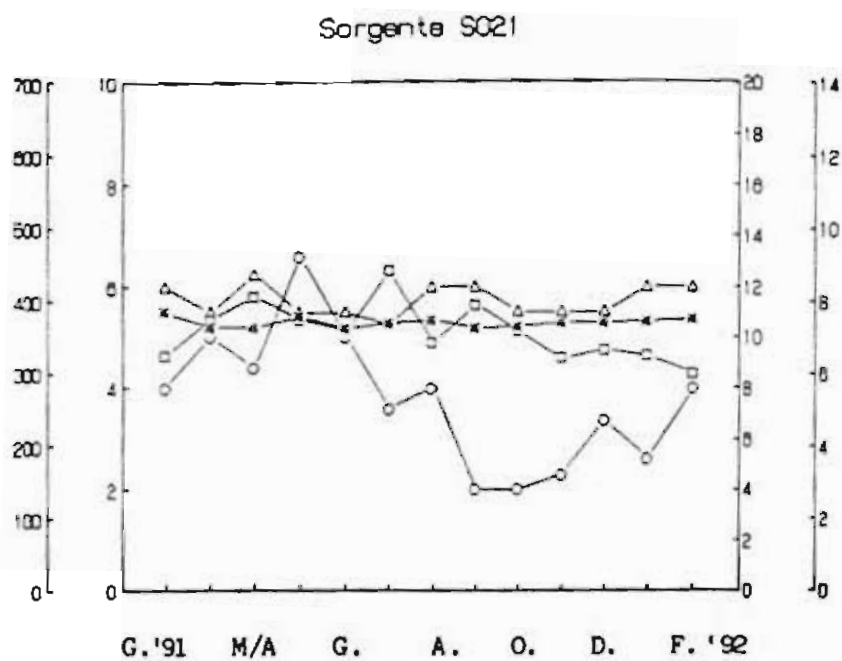
PROGETTO BURANO
 RETE DI MONITORAGGIO MENSILE



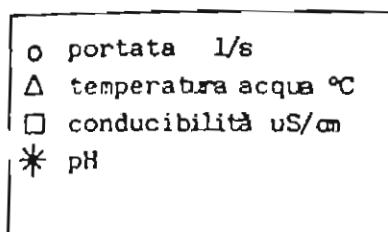
Anno idrologico Gennaio 1991 - Febbraio 1992

o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

P R O G E T T O B U R A N O
 R E T E D I M O N I T O R A G G I O M E N S I L E

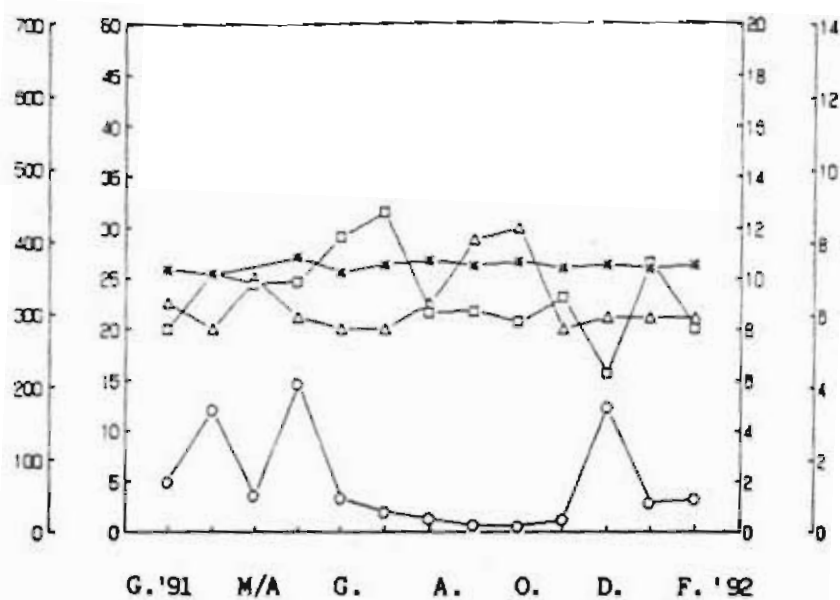


Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

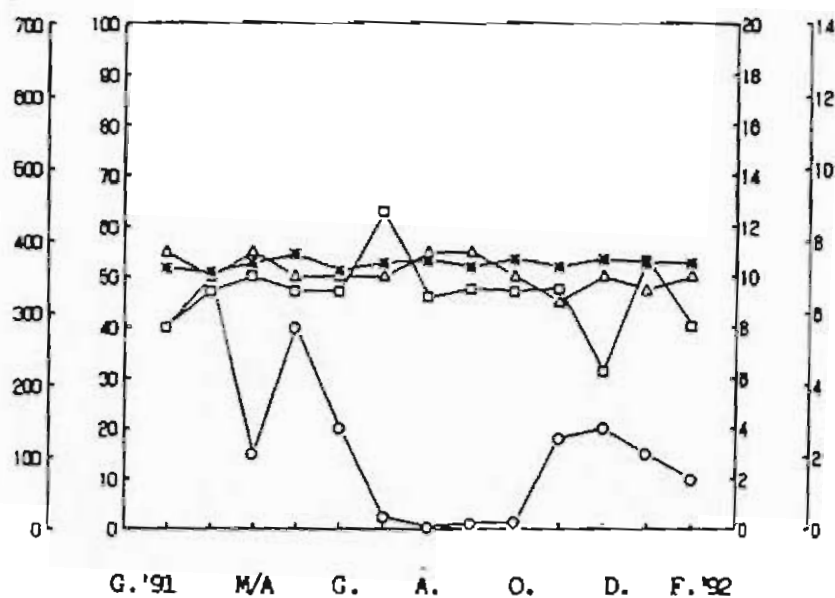


PROGETTO BURANO
RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

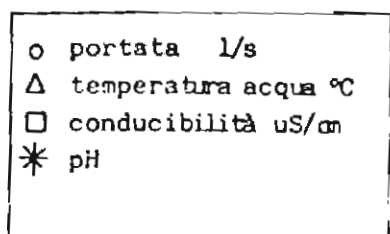
Sorgente S041



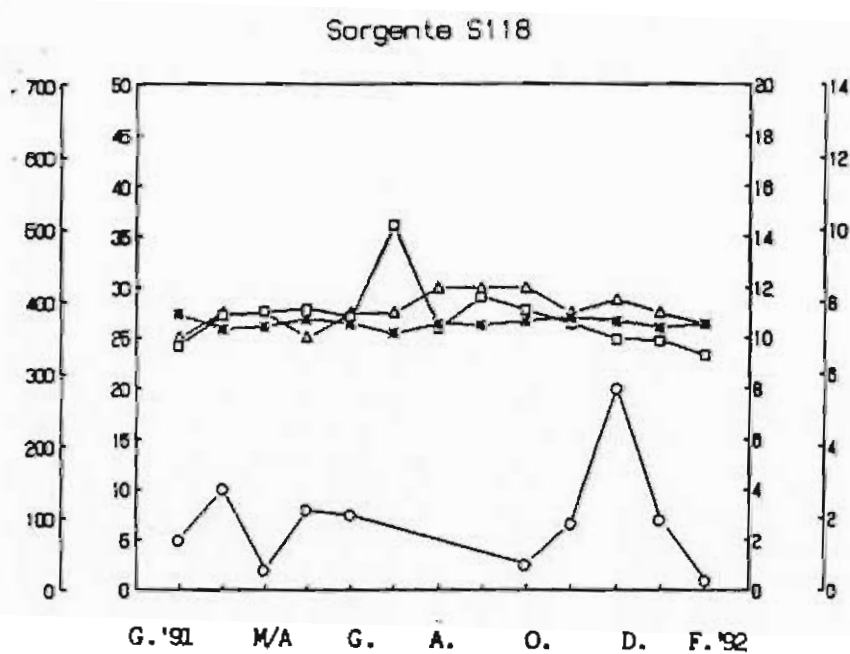
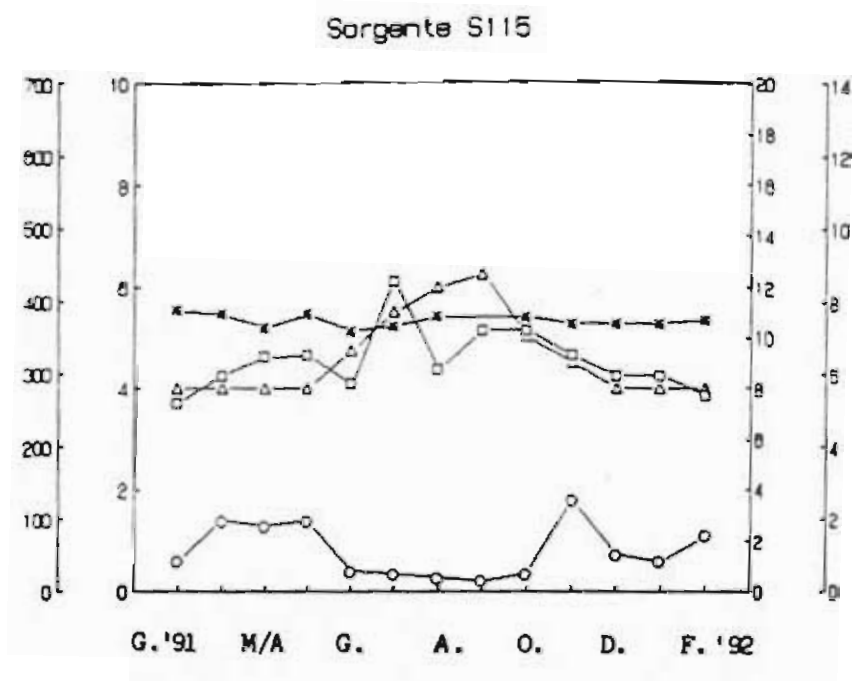
Sorgente S087



Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992



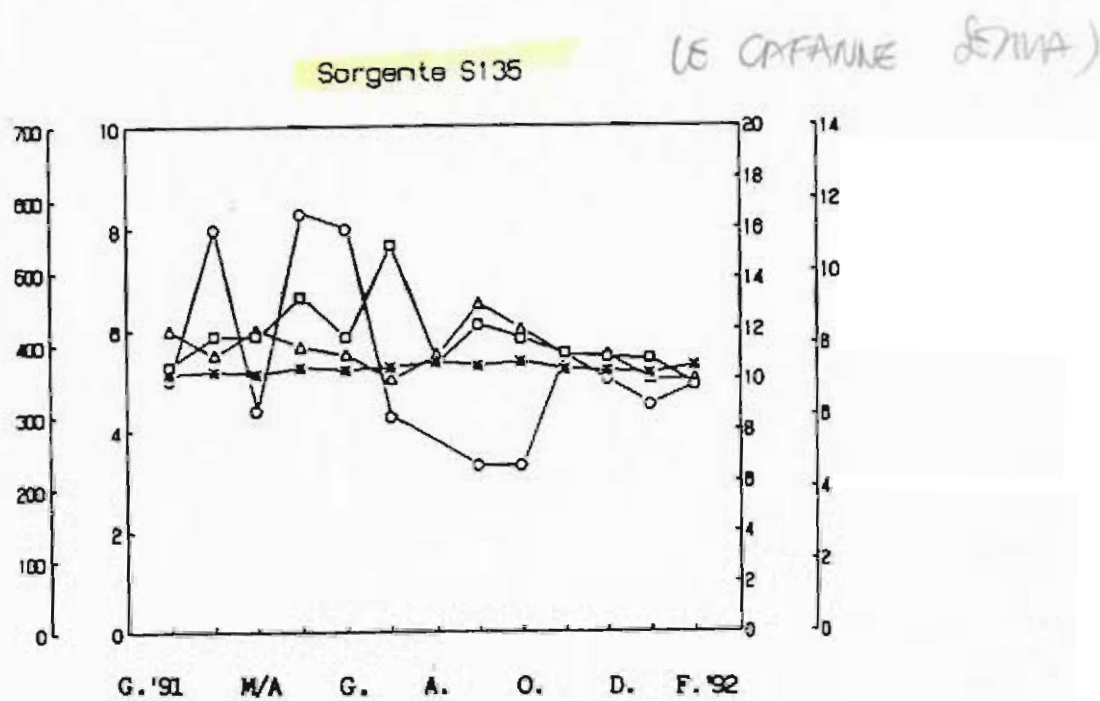
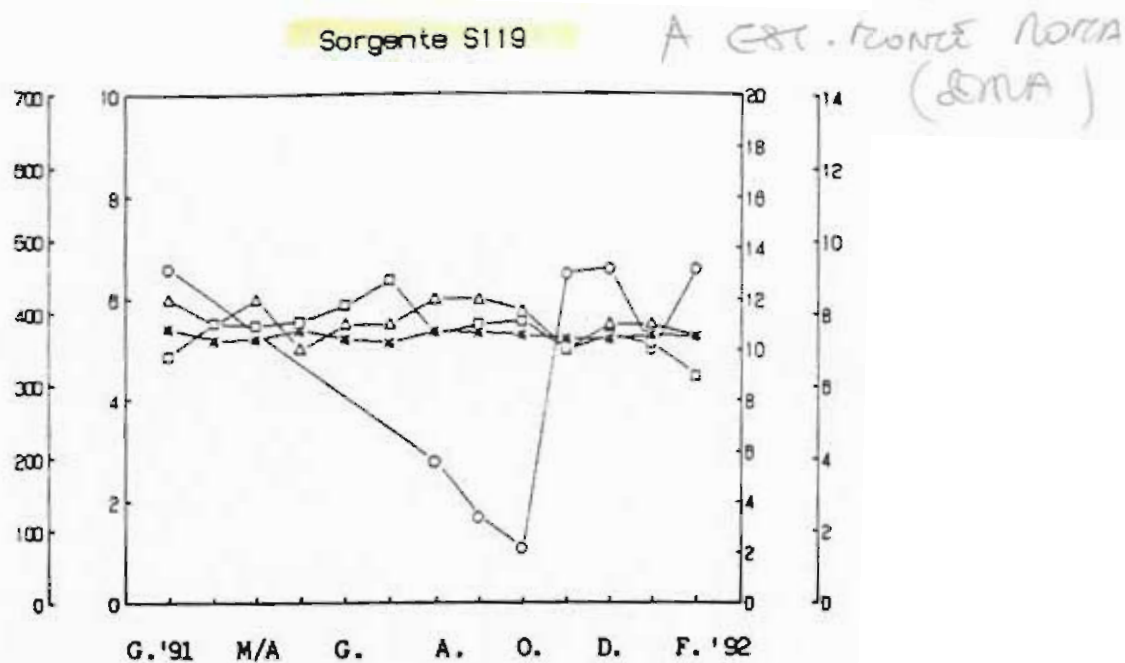
PROGETTO BURANO
RETE DI MONITORAGGIO MENSILE



Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

○ portata l/s
 △ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

P R O G E T T O B U R A N O
 R E T E D I M O N I T O R A G G I O M E N S I L E

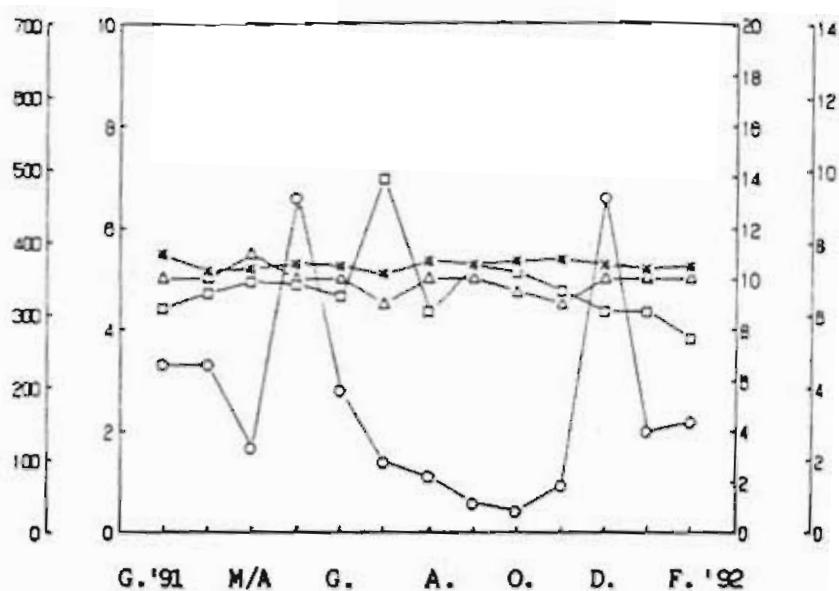


Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

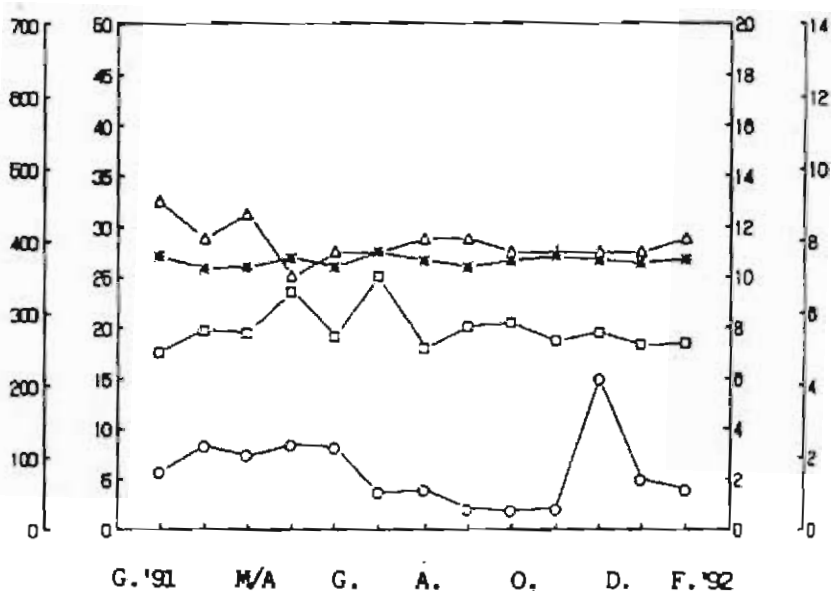
o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

PROGETTO BURANO
 RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

Sorgente S140



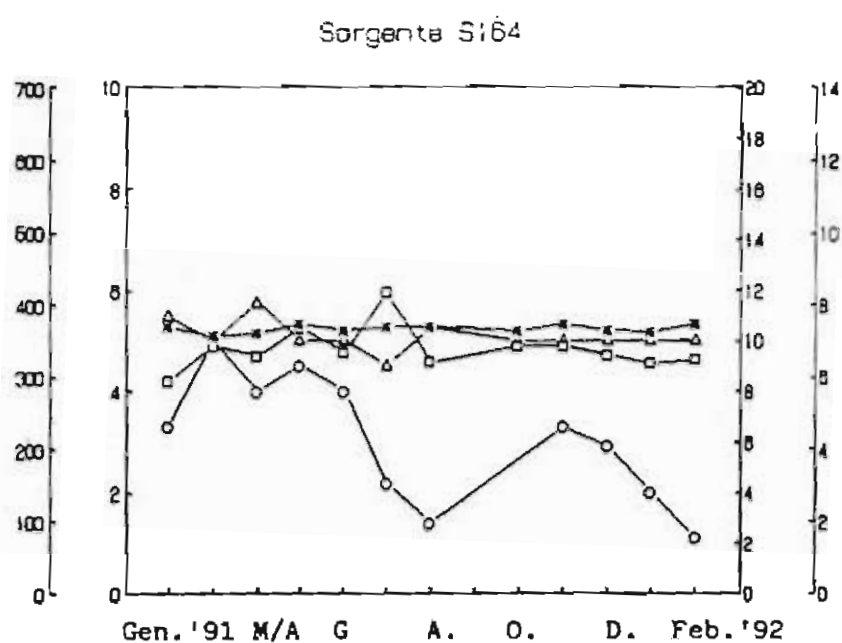
Sorgente S'47



Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

PROGETTO BURANO
 RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

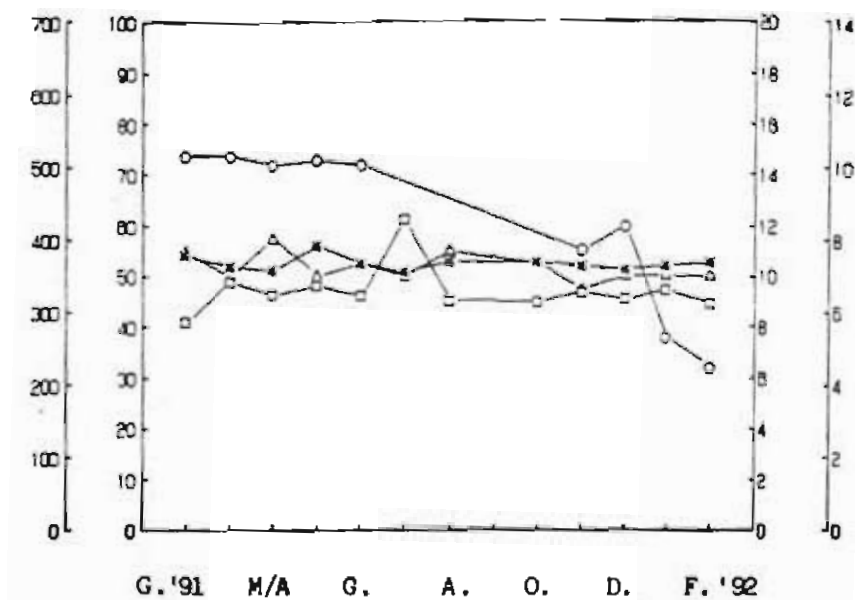


Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

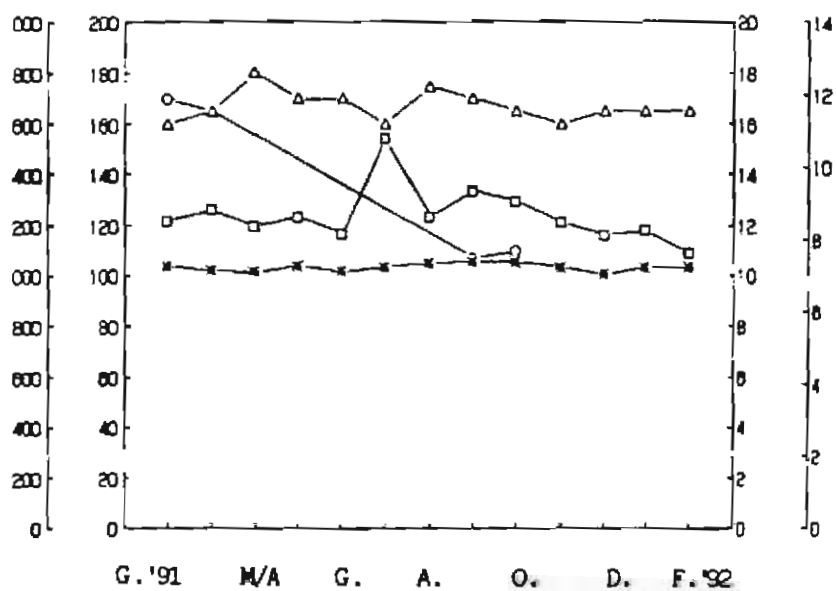
o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

P R O G E T T O B U R A N O
 R E T E D I M O N I T O R A G G I O M E N S I L E

Sorgente S075



Sorgente S086



Anno idrologico Gennaio 1991- Febbraio 1992

o portata l/s
 Δ temperatura acqua °C
 □ conducibilità uS/cm
 * pH

PROGETTO BURANO
 RETE DI MONITORAGGIO MENSILE

Fig. 17

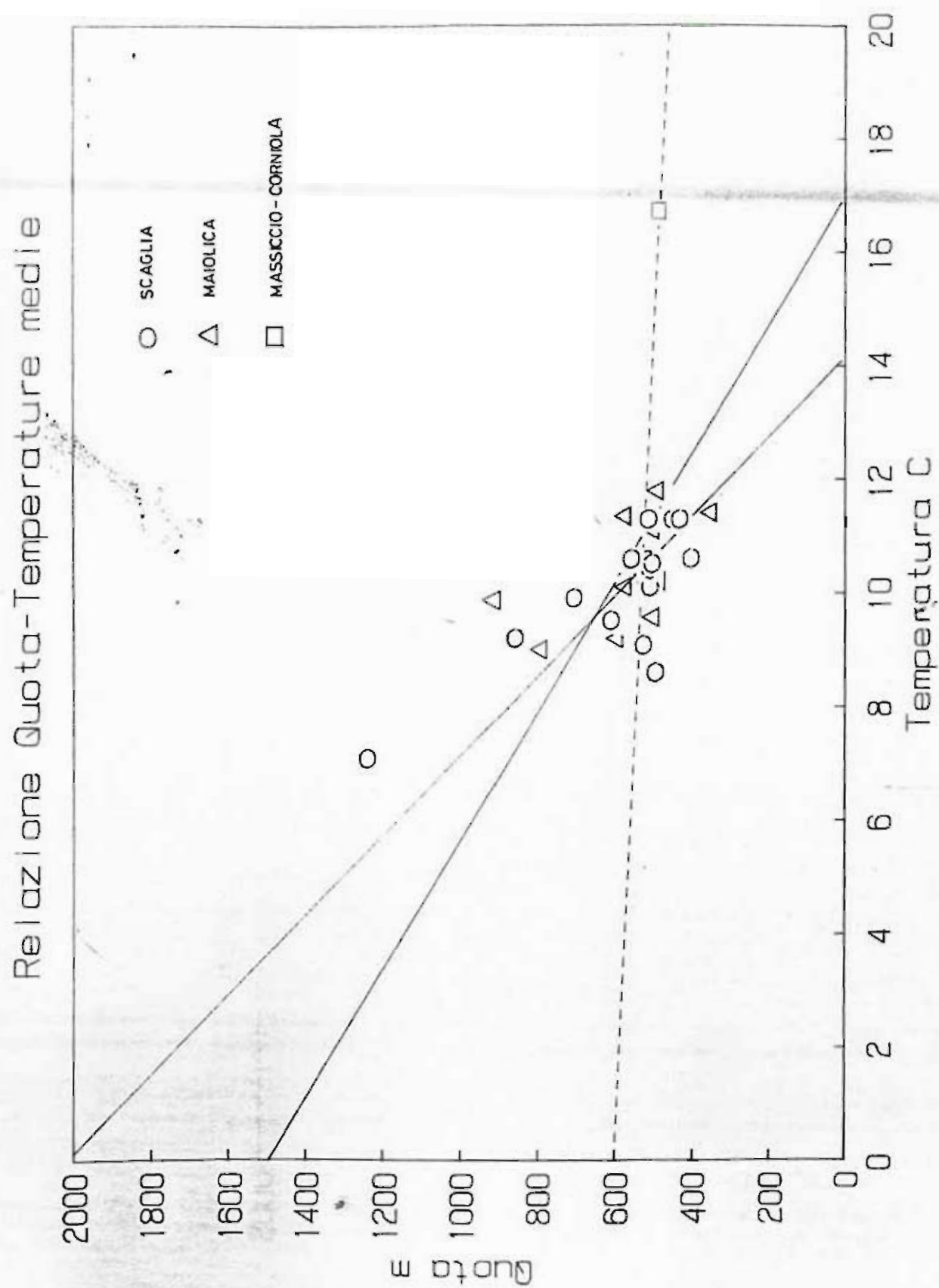


Fig. 18

