



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

Corso di Laurea Specialistica in Geologia Applicata all'Ingegneria
e alla Pianificazione Territoriale

TESI SPERIMENTALE IN IDROGEOLOGIA

*Rilevamento idrogeologico nell'alto bacino del Fiume Chienti per la gestione
della risorsa idrica nel Parco Nazionale dei Monti Sibillini*

Relatore

Prof. Marco Petitta

Studente

Andrea Nardoni

Matricola 694376

Correlatrice

Dott.ssa Lucia Mastrorillo

Anno Accademico

2009/2010

INDICE

INTRODUZIONE	1
--------------	---

PARTE PRIMA

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	3
2. GEOLOGIA REGIONALE	8
2.1 SUCCESSIONI SEDIMENTARIE	9
2.2 ASSETTO STRUTTURALE	16
3. IDROGEOLOGIA REGIONALE	22
4. IDROGEOLOGIA DELL'ALTO BACINO DEL CHIANTI	28

PARTE SECONDA

5. RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO	31
5.1 ATTIVITA' DI CAMPAGNA	32
5.2 STRUMENTAZIONE E METODI DI MISURA	33
5.3 RILEVAMENTO DEI DATI	38
5.3.1 CHIANTI DI GELAGNA	40
5.3.2 CHIANTI DI PIEVE TORINA	49
5.3.3 TORRENTE FORNACE	61
6. ELABORAZIONE DEI DATI RACCOLTI	65
6.1 RICOSTRUZIONE DELLA PORTATA NATURALE	65
6.2 INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI SORGENTI	67
6.3 REDAZIONE DELLA CARTA IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA	73

PARTE TERZA

7.	RICOSTRUZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO CONCETTUALE	75
7.1	VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE E CONFRONTO CON IL FLUSSO DI BASE CALCOLATO CON LA SCOMPOSIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DELLE STAZIONI IDROMETRICHE	76
7.2	REALIZZAZIONE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE	84
7.2.1	SEZIONE A-A'	85
7.2.2	SEZIONE B-B'	86
7.2.3	SEZIONE C-C'	87
7.2.4	SEZIONE D-D'	88
7.3	MODELLO IDROGEOLOGICO CONCETTUALE	89
8.	GESTIONE E UTILIZZO DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE	98
8.1	RISORSA IDRICA SOTTERRANEA UTILIZZATA PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDROPOTABILE E PER SCOPI IDROELETTRICI	99
8.2	INDICAZIONI SULLE ZONE PIU' IDONEE PER ULTERIORI PRELIEVI IDROPOTABILI	102
9.	CONCLUSIONI	105
	<i>Bibliografia</i>	111

ALLEGATO 1 – CARTA IDROLOGICA
ALLEGATO 2 – CARTA IDROGEOLOGICA
ALLEGATO 3 – SEZIONI IDROGEOLOGICHE
ALLEGATO 4 – SCHEDE MISURE DI PORTATA

INTRODUZIONE

Questo lavoro di tesi specialistica ha come obiettivo l'aggiornamento della valutazione quantitativa delle risorse idriche sotterranee, attualmente disponibili nell'alto bacino del Fiume Chienti con lo scopo di fornire indicazioni per una loro corretta gestione. Il presente studio fa riferimento ad un ampio programma d'attività di ricerca che il Dipartimento di Scienze della Terra sta svolgendo in collaborazione con l'Autorità di Bacino del Fiume Tevere e il Parco Nazionale dei Monti Sibillini.

Le attività di studio previste vanno ad integrare e approfondire i risultati ottenuti da uno studio realizzato nel 2007 dal DST sull'intero territorio del Parco (Boni & Petitta, 2007).

In particolare, per il territorio relativo dell'alto bacino del Fiume Chienti sono state realizzate 3 fasi di ricerca:

- a) Approfondimento conoscitivo dell'assetto idrogeologico di dettaglio, finalizzato all'individuazione dei principali acquiferi che alimentano le sorgenti presenti nell'alto bacino del Chienti;
- b) Campionamento delle acque sotterranee dei diversi acquiferi riconosciuti, per la futura caratterizzazione isotopica nel prosieguo del progetto al fine di definire le modalità di ricarica;
- c) Valutazione dell'attuale stato quantitativo della risorsa idrica sotterranea attualmente disponibile, al fine di individuare aree potenzialmente idonee per il futuro approvvigionamento idropotabile della Regione Marche.

Per la realizzazione delle fasi di ricerca descritte è stato eseguito, nel periodo Agosto – Dicembre 2010, un rilevamento idrogeologico di dettaglio in tutto l'alto bacino del Fiume Chienti, chiuso in corrispondenza della diga di Polverina.

Il rilevamento idrogeologico ha previsto:

- l'esecuzione di 33 misure di portata sul Chienti di Gelagna, Chienti di Pieve Torina (Torrente Sant'Angelo, Fosso di Capriglia, Fosso Corlano e Fosso Val di Tazza) e il Torrente Fornace (Torrente Rio, Torrente Capodacqua), ripetute in 2 campagne (Agosto e Novembre);

- campionamento delle acque delle principali sorgenti per analisi isotopiche;
- censimento delle principali derivazioni di acque superficiali e captazione di acque sotterranee.

PARTE PRIMA

1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame è situata nell'Italia centrale, nella Regione Marche e fa parte della Provincia di Macerata. Essa confina a Nord con la provincia di Ancona, a Sud ed a Ovest con l'Umbria (Piana di Colfiorito) ed a Est con la zona costiera della provincia di Macerata (fig.1). E' costituita da un territorio prevalentemente montuoso, ubicato nel settore centrale dell'Appennino Umbro – Marchigiano.

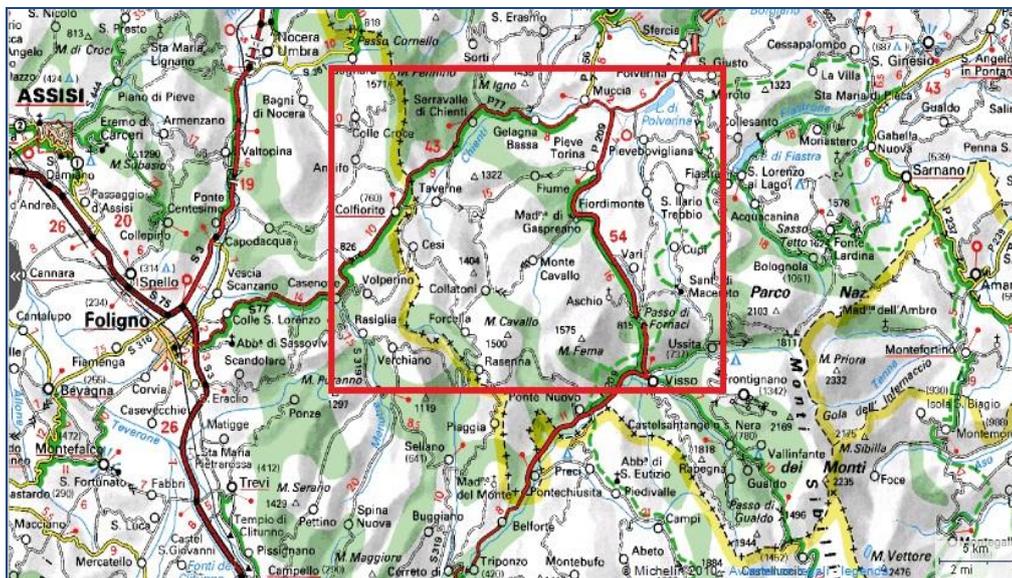


Fig. 1 – Ubicazione geografica dell'area in studio

Lo studio è stato effettuato nell'alto bacino del Fiume Chienti che ha origine nella Piana di Colfiorito e sfocia nel Mar Adriatico. L'area è stata esaminata grazie all'ausilio della CARTA TECNICA REGIONALE (SCALA 1 : 10.000); in particolare l'area ricade nelle sezioni : 312080 Sefro – 313050 Camerino – 313060 Camerino – 312110 Monte Pennino – 312120 Serravalle – 313090 Muccia – 313100 Pievebovigliana – 312150 Monte Trella – 312160 Taverne – 313130 Pieve Torina – 313140 Fiastra – 324040 Costa – 325010 Monte Torricchio – 325020 Valle Stretta. Lo spartiacque del bacino idrografico (fig. 2) in esame, chiuso al lago di Polverina, si segue proseguendo in senso antiorario con quote tra i 500 e 600 metri, passando per Monte Muccia (955 m) e Monte Igno (1433 m) fino al Piano di Sardignano (1120 m);

proseguendo verso sud incontra Monte Camorlo (1395 m), Monte I Pancali (1334 m) e attraversa la Piana di Colfiorito (circa 750 m); deviando verso SSE incontra Monte Trella (1020 m), Monte Birbo (1150), Monte Tolagna (1400 m), Monte Petetta (1327 m), Monte Cavallo (1483 m), Monte Cetrognola (1491 m), Monte Fema (1574 m), Forca d’Ashio (928 m), Valico Le Fornaci (814), Monte Careschio (1366 m) e devia verso Nord incontrando le alture di Monte Banditella (1582 m), Pian Terrena (1530 m), Monte Rotondo (1377 m), Monte Arastrella (1377 m), poi prosegue scendendo di quota passando per Monte S. Savino (875 m) fino a chiudere lo spartiacque poco più a valle nel lago di Polverina, in corrispondenza della diga (400 m).

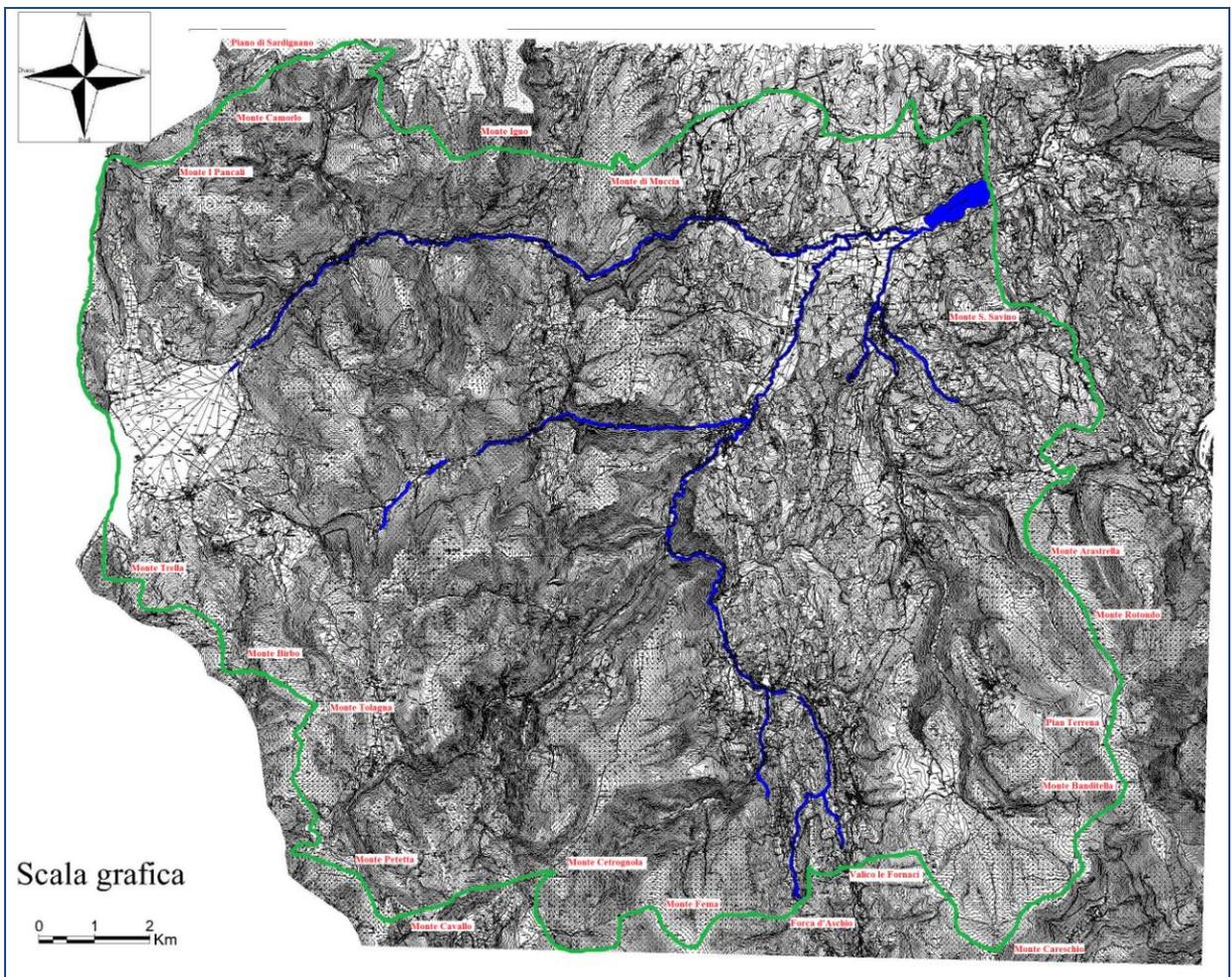


Fig. 2 - Bacino idrografico in esame, in verde la linea spartiacque e in blu il reticolo idrografico in esame.

Le aste fluviali analizzate sono quelle del Chienti di Gelagna, del Chienti di Pieve Torina e del Torrente Fornace.

Il Chienti di Gelagna scorre, con prevalente direzione W – E per circa 10 km fino alla confluenza con il Chienti di Pieve Torina. Questo secondo ramo, che scorre prevalentemente con direzione S – N è lungo circa 7 km e riceve come affluente di sinistra il Torrente Sant'Angelo (6 km) in corrispondenza di Pieve Torina.

Il Torrente Fornace, originario affluente di destra del Fiume Chienti, dopo la realizzazione dell'invaso di Polverina si immette direttamente nel lago.

L'area studiata confina con il settore nord - occidentale del Parco Nazionale dei Monti Sibillini (fig. 3) istituito con D.P.R. il 6 agosto 1993. Proprio per questa particolare posizione, la gestione dell'area studiata deve comunque tenere in considerazione i principi di tutela e salvaguardia propri di un parco nazionale.

La principale caratteristica geomorfologica del rilievo marchigiano (tanto montuoso quanto collinare) è la presenza di pendii piuttosto ripidi, culminanti in superfici sommitali dolcemente modellate o subpianeggianti, che rappresentano i resti del paesaggio a basso rilievo che caratterizzava il territorio regionale prima delle ultime fasi di sollevamento tettonico (CENTAMORE et al., 1980; CALAMITA et al., 1982).

Le valli infatti si presentano strette e profonde; particolari esempi sono il tratto che va da Colfiorito a Muccia, dove scorre il Chienti di Gelagna e il tratto da Fiume a Pieve Torina dove scorre il Torrente Sant'Angelo, in queste zone i litotipi sono abbastanza competenti. Generalmente nei tratti come questo sono assenti i depositi alluvionali, che si trovano invece dove le valli si allargano maggiormente. Un'altra particolarità dell'area appenninica è costituita dal fatto che, in seguito a fattori microclimatici e strutturali, come fronti di sovrascorrimento, i versanti orientali sono un poco più ripidi di quelli esposti ad occidente.

Questa considerazione è motivata dal fatto che i versanti sinistri rispetto al verso di scorrimento del fiume sono esposti a Sud e, durante le fasi climatiche fredde, erano soggetti a notevoli escursioni termiche. Infatti lo scioglimento diurno del ghiaccio favoriva quindi il ruscellamento sul versante sinistro, in questo modo il detrito si accumulava con discreti spessori che rendevano il versante meno ripido e causavano lo spostamento dell'alveo verso destra.



Fig. 3 – Mappa del Parco Nazionale dei Monti Sibillini, nel riquadro l'area di studio

Nell'area in esame i rilievi più alti non superano i 1582 metri di Monte Baditella e 1574 metri di Monte Fema, tra gli altri ricordiamo Monte Maggio, 1222 m; Monte Cavallo, 1483 m; Monte Massa, 1304 m; Monte Igno, 1433 m; Monte Giulo, 1300 m e Monte Cetrognola, 1491 m. I rilievi montuosi si trovano prevalentemente nella parte occidentale dell'area. Procedendo verso oriente si incontra una fascia stretta torbida che funge da raccordo con la monoclinale periadriatica, composta da terreni più recenti. Il paesaggio caratteristico di questa fascia di raccordo è prevalentemente collinare, anche se più aspro di quello caratteristico della fascia collinare periadriatica. In quest'area è possibile osservare depositi alluvionali terrazzati, costituiti da ciottoli calcarei e talvolta arenacei, nonché da livelli sabbiosi o limosi. Attualmente il clima è temperato e ricade con buona approssimazione nell'ambito di quello tipico della Regione Peninsulare Centrale, i versanti sono quasi sempre vegetati, e quindi i processi di erosione lineare hanno una tendenza di origine climatica a prevalere su quelli di erosione areale e di sedimentazione fluviale (BISCI, 1991).

Il clima influenza anche l'intensità e la frequenza dei fenomeni franosi che si hanno soprattutto in coincidenza con i periodi di maggior precipitazione; si può affermare che al crescere delle dimensioni del corpo franoso, la durata degli eventi meteorici critici aumenta progressivamente, mentre l'intensità delle precipitazioni decresce.

Oltre al clima e alle precipitazioni i fenomeni franosi sono legati anche alla sismicità della zona e all'azione dell'uomo. L'area di studio è soggetta a fenomeni gravitativi che si differenziano a seconda della zona in considerazione, infatti i versanti ripidi e con litologie competenti sono soggetti a crolli e frane veloci, mentre dove la morfologia è più dolce e la litologia meno competente si può assistere a fenomeni di tipo *slides* di tipo traslazione; un esempio è la frana di tipo misto che interessa i detriti di versante a Serravalle di Chienti (BISCI, 1991).

Spesso la morfologia di una regione può cambiare anche per motivi legati alle opere umane, infatti nella zona esaminata ci sono importanti bacini artificiali per uso idroelettrico come il "Lago di Boccaforname" a Pievebovigliana e il "Lago di Polverina" subito dopo la confluenza tra il Chienti di Gelagna e il Chienti di Pieve Torina. Le dighe e le numerose briglie lungo i tratti di fiume analizzati limitano il movimento del carico solido naturale trasportato dall'acqua, che a valle di tali manufatti si trovano quindi ad avere forte energia di erosione lungo le sponde e sul fondo del proprio letto.

2. GEOLOGIA REGIONALE

Nel settore di Appennino carbonatico in cui ricade l'area di studio affiora la ben nota successione pelagica umbro - marchigiana che può essere considerata un eccezionale documento geologico di riferimento per gli standard stratigrafici. Essa è rappresentata da una successione calcarea di ambiente costantemente pelagico tra le più continue al mondo; per questo è ben conosciuta, è stata, ed è, oggetto di numerosi studi geologici interdisciplinari. La successione umbro - marchigiana, oltre ad avere un'ottima bio-cronostratigrafia, è rappresentata da una litologia molto caratteristica contenente numerosi marker litologici, come ad esempio i "Livelli Anossici". Questi livelli, oltre ad avere un'ottima correlabilità regionale, permettono la correlazione con eventi paleoceanografici globali.

Il Dominio Umbro - Marchigiano si trova in condizioni geostrutturali atipiche quali:

- continua sedimentazione pelagica su subsidente crosta continentale per più di 200 milioni di anni;
- ambiente mai al di sotto della CCD, *Calcite Compensation Depth* (profondità di compensazione della calcite).
- isolamento da aree e da apporti detritici continentali;
- la successione delle deformazioni non ha alterato le originali strutture, tessiture e la continuità dei sedimenti ed inoltre non ha prodotto fenomeni di metamorfismo (PARISI & MONTANARI, 2000).

2.1 SUCCESIONI SEDIMENTARIE

L'intera successione sedimentaria che forma l'ossatura dell'Appennino Umbro – Marchigiano fu interamente deposta su crosta di tipo continentale, appartenente alla cosiddetta “microplacca di Adria”.

Questa successione presenta una parte basale riferibile ad ambienti sedimentari continentali, costieri e marini di acqua bassa (Trias – Lias inf.), una parte media di ambiente pelagico (serie Umbro – Marchigiana) ed una parte superiore torbida (Oligocene sup. – Miocene sup.).

Le principali fasi orogeniche alpine, che accompagnarono la chiusura dell'Oceano Ligure – Piemontese fino alla sua completa eliminazione, iniziarono nel Cretacico e si conclusero nell'Eocene con la collisione continentale. I settori interni (oceanici) dell'Appennino furono sicuramente interessati da questo evento, mentre i domini esterni Toscano, Umbro – Marchigiano (fig. 4) e Laziale – Abruzzese furono pienamente coinvolti nell'orogenesi solo a partire dall'Oligocene.

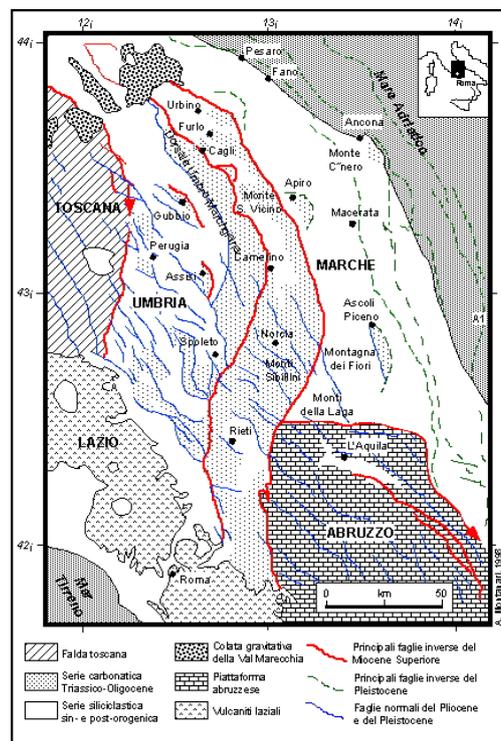


Fig. 4 – Inquadramento geologico e tettonico della dorsale umbro – marchigiana (Parisi & Montanari, 2000)

La descrizione delle formazioni che verranno riassunte in seguito è stata ricavata da CENTAMORE et alii (1986) e da CALAMITA et alii (1986). La figura (fig. 5) riassuntiva a fine descrizione proviene da PARISI & MONTANARI (2000).

Nel Trias sup. un vasto bacino evaporitico di acqua bassa (**Formazione delle Anidridi di Burano**) occupò tutta l'area umbro – marchigiana. La fine del trias (Retico sup.) fu accompagnata da importanti variazioni climatiche che determinarono la produzione di sedimenti calcareo – argillosi deposti, almeno nell'Umbria centro occidentale, in una vasta piattaforma di acqua bassa (**Formazione del M. Cetona**). Il Lias inf. fu caratterizzato dallo sviluppo di una piattaforma carbonatica, **Formazione del Calcare Massiccio**, il quale Può essere suddiviso in due membri : il Calcare Massiccio A, o inferiore, ed il Calcare Massiccio B, o superiore (CENTAMORE et al., 1971).

Il Calcare Massiccio A è formato da strati massicci biancastri grano-sostenuti con intercalazioni di calcari nocciola prevalentemente fango-sostenuti in strati medio-sottili, con strutture riferibili ad ambienti peritidali. Il suo spessore può superare i 500 – 600 metri. Il Calcare Massiccio B è formato da strati medi biancastri granuloso-sostenuti con piccoli ooidi e fine biodetrito; spesso non è cartografabile per l'esiguo spessore (50 – 60 metri).

L'annegamento della piattaforma del Calcare Massiccio non avvenne ovunque nello stesso momento: in molti affioramenti toscani, il Calcare Massiccio è ricoperto da facies pelagiche condensate già nel Sinemuriano, mentre in molte località dell'Appennino Umbro – Marchigiano la sedimentazione del Calcare Massiccio perdurò fino al Carixiano.

Per i motivi appena detti la successione giurassica è caratterizzata da diverse eteropie di facies e può essere suddivisa in una successione completa, caratterizzata da un notevole spessore di sedimenti, deposti in continuità nelle zone più depresse del bacino; da una successione condensata; una ridotta (o lacunosa) e una composta (COLTORTI & BOSELLINI, 1980). La successione completa comprende diverse formazioni affioranti nella zona.

Le aree rialzate ospitarono una sedimentazione condensata e lacunosa (**Formazione del Bugarone**), quelle abbassate invece successioni più potenti e complete, con tutti i possibili termini intermedi tra un estremo e l' altro.

Le successioni giurassiche estese e complete caratterizzate, dal basso verso l'alto, da **Corniola, Marne di Monte Serrone, Rosso Ammonitico, Calcari e Marne a Posidonia, Calcari Diasprigni**, furono deposte durante l'apertura e l'espansione dell'Oceano Ligure – Piemontese; in questo stesso intervallo di tempo grandi quantità di fango calcareo, prodotto nel Dominio Laziale - Abruzzese (Piattaforma Carbonatica), rifornirono il contiguo bacino Umbro – Marchigiano.

La CORNIOLA è formata da calcari fango-sostenuti biancastri ed avana, con liste e noduli di selce, con sottili livelli marnoso-argillosi e con detrito calcareo-calstico da fine a grossolano. Nella parte basale si possono rinvenire lenti di breccie ed olistoliti di Calcare Massiccio del M.Nerone, sono frequenti i fenomeni di slumping. Il suo spessore può variare da pochi metri a 150 – 200 metri, (SINEMURIANO INFERIORE p.p – TOARCIANO INFERIORE p.p.).

Le MARNE DEL SERRONE sono costituite da alternanze di calcareniti, marne e calcari marnosi grigio-verdastri; nella porzione superiore prevalgono i litotipi detritici. Lo spessore è variabile tra i 20 e i 30 metri. (PLIENSBACHIANO SUPERIORE – TOARCIANO p.p).

Il ROSSO AMMONITICO è formato da calcari marnosi nodulari e marne argillose rossastre, con bande verdi e giallastre, ricchi di fossili (Ammoniti). I primi sono più abbondanti nella porzione superiore. Lo spessore varia tra 10 e 15 metri. (TOARCIANO p.p).

I CALCARI A POSIDONIA sono calcari biancastri, marnosi e talora rossastri alla base, a luoghi ricchi di gusci di lamellibranchi pelagici; la selce può essere presente nella parte basale e più frequente in quella sommitale. A luoghi sono presenti calcari detritici fini, spesso abbondanti. Ha uno spessore di circa 50 metri, (TOARCIANO SUPERIORE p.p – BAJOCIANO INFERIORE).

I CALCARI DIASPRIGNI sono micriti e biomicriti parzialmente o totalmente silicizzate, con abbondanti liste e noduli di selce, il più delle volte marrone-verdastra. Dal basso verso l'alto possono essere individuati 3 membri: quello inferiore, costituito da micriti parzialmente silicizzate con liste di selce, disposte in strati regolari e sottili, tra loro separati da veli marnosi; quello intermedio, più siliceo, è costituito prevalentemente da selce, con micriti completamente silicizzate.

La stratificazione è spesso irregolare; infine il membro superiore è caratterizzato da

micriti silicizzate, ben stratificate, contenenti selce in liste o noduli. Lo spessore varia tra gli 80 e i 150 m. (CALLOVIANO – TITONICO inf.).

La successione RIDOTTA o LACUNOSA è costituita da sedimenti che si sono depositi nelle zone rialzate poste all'interno del bacino; a causa di locali emersioni o di fenomeni erosivi, sono presenti numerose lacune nella sedimentazione.

La successione COMPOSTA invece è caratterizzata da litotipi della successione completa sovrapposti a quelli delle successioni condensate (BUGARONE) o lacunose. Ciò è dovuto alla tettonica distensiva, che causava spesso lo smembramento e l'annegamento degli alti strutturali allora esistenti.

Al di sopra delle successioni giurassiche appena descritte si è depositato il gruppo calcareo e/o marnoso CRETACICO – PALEOGENICO che considerando sempre il termine stratigraficamente più basso ha inizio con la Formazione della MAIOLICA.

E' composta da calcari micritici bianchi con liste di noduli di selce grigia e nerastra; sottili livelli bituminosi via via più frequenti verso l'alto. Sono presenti, a luoghi, intercalazioni di calcareniti e calciruditi. Lo spessore varia da 20-40 metri nelle zone di alto strutturale a 450 metri nelle depressioni. (TITONIANO SUPERIORE – APTIANO INFERIORE p.p.).

Le MARNE A FUCOIDI sono marne e marne-argillose policrome nella parte inferiore con uno spessore che varia tra 40 e 50 metri; calcari marnosi e marne calcaree biancastri nella parte superiore, all'interno sono presenti veli marnoso-argillosi verdastri, che tendono a scomparire verso l'alto, per lasciare il posto a liste e noduli di selce, alla base è presente lo strato guida SELLI auct. In determinate zone sono presenti abbondanti intercalazioni calcareo-clastiche. Lo spessore di questo membro varia da 50 a 80 metri, (APTIANO INFERIORE – CENOMANIANO INFERIORE).

La SCAGLIA BIANCA è costituita da calcari marnosi biancastri con selce, rosata nella porzione inferiore e nerastra in quella superiore; in quest'ultima è presente lo strato guida BONARELLI (marne argillose nere di ambiente euxinico) Auct. A luoghi si rinvencono calcari biodetritici diffusi che possono mascherare i caratteri tipici dell'unità. Lo spessore è di circa 30 metri, (CENOMANIANO MEDIO – TURONIANO MEDIO).

La SCAGLIA ROSSA è possibile suddividerla in tre membri; un membro inferiore costituito da calcari e calcari marnosi rosati con selce rossa; un membro intermedio

con calcari rosati, con locali intercalazioni calcarenitiche; nella parte alta sono presenti livelli marnosi rossi; un membro superiore composto da calcari e calcari marnosi rossastri con selce rossa. Sono caratterizzati dalla frattura concoide e, in seguito ad alterazione meteorica, danno luogo a piccole scaglie che formano estesi conoidi detritici, talvolta anche di spessore considerevole. Lo spessore può variare tra i 250 e i 450 metri, (TURONIANO sup. – EOCENE medio).

La SCAGLIA VARIEGATA è formata da alternanze policrome di calcari e calcari marnosi, spesso con selce rossa o nerastra (talora solo nella parte basale) e di marne e marne argillose. In alcune zone si trovano calcari detritici che possono mascherare i caratteri distintivi dell'unità (Foraminiferi di mare sottile). I Foraminiferi planctonici presenti negli strati marnosi e calcareo marnosi permettono di datare la formazione. Lo spessore varia tra i 20 e i 40 metri, (EOCENE medio – EOCENE sup.).

La SCAGLIA CINEREA è costituita da marne calcaree, marne e marne argillose grigio-verdastre, talora con bande rossastre alla base e, a luoghi calcari detritici concentrati soprattutto nella parte inferiore. Nelle porzioni sommitali si nota un graduale aumento della componente argillosa con una diminuzione di quella calcarea. Lo spessore varia da 100 a 250 metri. (EOCENE SUPERIORE –OLIGOCENE).

Il BISCARO è formato da calcari, calcari silicei e calcari marnosi con selce nerastra e con frequenti livelli vulcano derivati, sono presenti strati di medio spessore. Nella parte meridionale dell'Appennino umbro – marchigiano vi si ritrovano livelli calcarenitici, i cui clasti derivano dall'erosione della Piattaforma Laziale – Abruzzese. Lo spessore può variare tra 5 e 30 metri nelle zone ai bordi del bacino e 100 – 120 metri nelle zone più interne al bacino. I Foraminiferi presenti permettono di datare la formazione, (AQUITANIANO p.p. – BURDIGALIANO SUPERIORE p.p).

Lo SCHLIER è composto da marne, marne calcaree e marne argillose grigiastre, con calcari marnosi biancastri. Gli strati, di spessore ridotto, sono spesso obliterati da un clivaggio di notevole entità. Sono presenti lenti calcarenitiche, i cui clasti sembrano provenire dalle zone di alto strutturale. Lo spessore è variabile a causa delle eteropie di facies e tende a ridursi nelle zone di alto strutturale (30 – 300 metri). L'età di deposizione va dal BURDIGALIANO al MESSINIANO inferiore nel bacino marchigiano esterno e dal BURDIGALIANO e il TORTONIANO medio nel Bacino di Camerino.

Le MARNE CON CERROGNA sono marne calcaree e marne emipelagiche grigio – azzurre, con sottili intercalazioni di calcari marnosi. La formazione è in eteropia con lo Schlier ed ha una stratificazione da sottile a media, sono presenti *slumpings*. Dalle intercalazione detritiche è possibile riconoscere i “Calcari a Briozoi e Litotamni”. Lo spessore varia tra i 200 e i 300 metri. (BURDIGALIANO SUPERIORE p.p. – TORTONIANO MEDIO).

La sedimentazione tardomiocenica successiva allo Schlier e Marne del Cerroigna è condizionata dalla fase compressiva che da W verso E interessa il bacino umbro – marchigiano. Si sviluppa quindi un’avanfossa torbidityca che migra verso E in seguito allo sviluppo della catena appenninica. Nell’avanfossa torbidityca si formano diversi bacini minori tra cui il Bacino di Camerino con le sue omonime arenarie presenti nell’area di studio.

Le ARENARIE DI CAMERINO sono costituite da corpi torbidityci di forma lenticolare, in sequenza positiva, caratterizzati dalle seguenti associazioni di facies: 1) areanaceo – conglomeratica, alla quale è associata una facies caotica; 2) arenacea; 3) arenaceo – pelitica; 4) pelitico – arenacea; 5) pelitica. Dal bordo orientale la profondità va gradualmente diminuendo verso quello occidentale e verso Nord. Lo spessore è di 1500 metri. Nelle zone centro – orientali è di 300 – 500 metri. Le microfaune permettono di datare la formazione all’intervallo TORTONIANO medio – MESSINIANO inf.

DEPOSITI QUATERNARI

Si dividono principalmente in: 1) Detriti di falda; 2) Materiali di Frana; 3) Depositi fluvio – lacustri; 4) Depositi alluvionali terrazzati.

- 1) DETRITI DI FALDA: sono presenti soprattutto sui versanti orientali dei rilievi, a causa dell’intensa tettonizzazione ivi presente. Sono costituiti da materiali eterometrici a spigoli vivi, derivanti dalle Formazioni della Maiolica e della Scaglia rossa, disposti a volte in letti a granulometria fine e grossolana tra loro alternati. Sono da imputare principalmente a fenomeni di gelo-disgelo.

- 2) MATERIALI DI FRANA : sono formati da blocchi e pacchi di strati inclusi in masse a granulometria fine. Derivano da fenomeni di crollo, causati talvolta da faglie e fratture conformi al pendio.
- 3) DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI : riempiono le depressioni tettoniche (Piana di Colfiorito) e sono costituiti da argille, limi, sabbie e ciottoli. Lo spessore è variabile e può giungere a 100 metri.
- 4) ALLUVIONI TERRAZZATE : depositi continentali, disposti in terrazzi di 4 ordini.

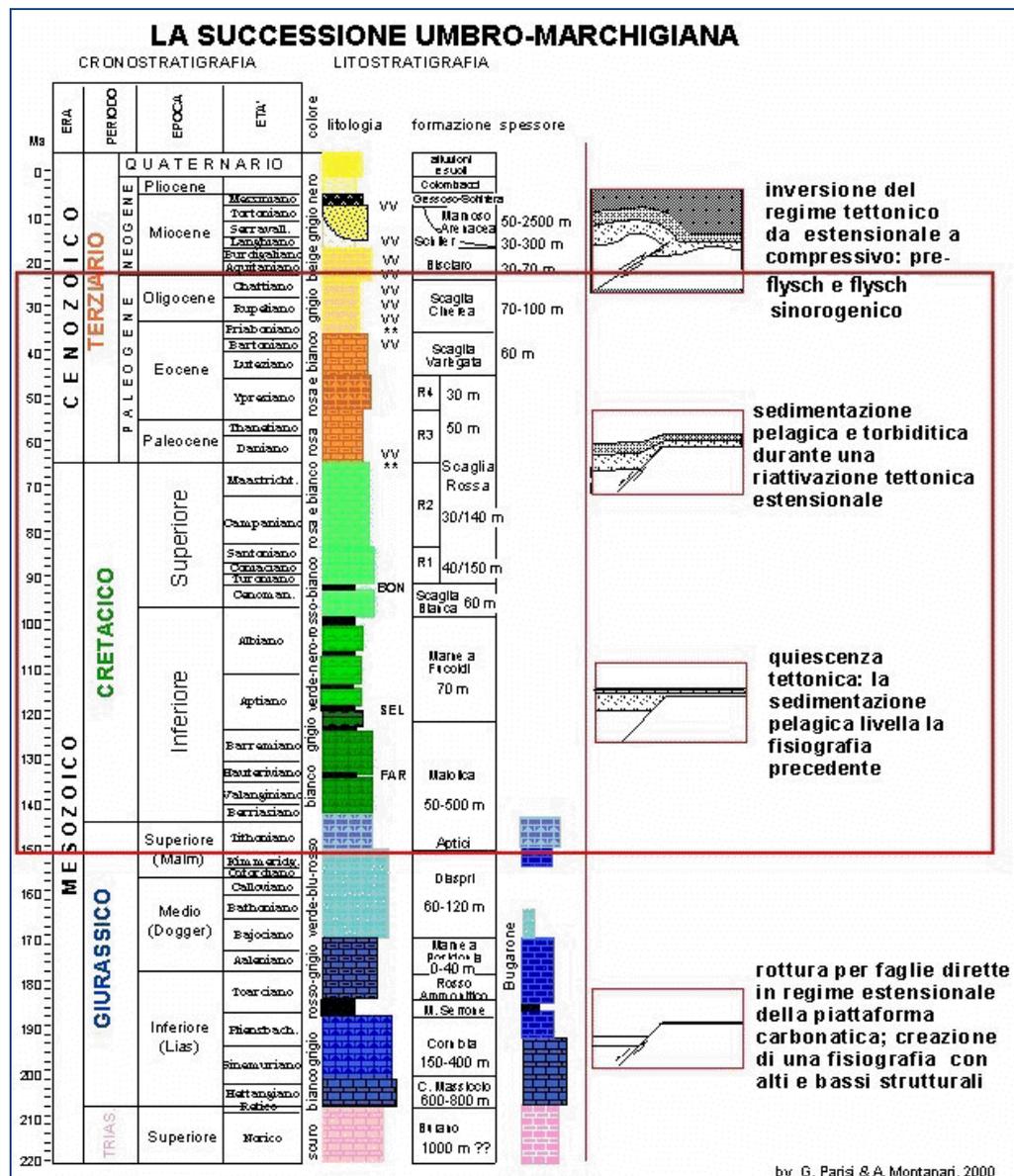


Fig. 5 – Successione Umbro – Marchigiana (Parisi & Montanari, 2000)

2.2 ASSETTO STRUTTURALE

In passato molti studi della catena umbro – marchigiana sono stati condotti e riportati in articoli da ricercatori dell'Università di Camerino (CALAMITA & DEIANA, 1986, 1988), Perugia (LAVECCHIA et al., 1987) e dall'AGIP (BALLY et al., 1986, 1988). Essi definiscono la catena come un insieme di pieghe e sovrascorrimenti generatesi per compressioni che si sono sviluppate nel Miocene superiore – Pliocene. La direzione di compressione è stata prevalentemente SW – NE con movimento delle masse rocciose verso NE. Dal Pliocene superiore l'area è stata interessata da una tettonica distensiva con direzione ancora SW – NE; le faglie dirette ad andamento NW – SE evidenti soprattutto nella parte meridionale della catena, hanno generato blocchi via via ribassati verso SW. Nonostante i numerosi studi sulla catena umbro – marchigiana, alcuni aspetti riguardanti i rapporti genetici tra pieghe e sovrascorrimenti, la determinazione dell'entità dei raccorciamenti, dell'estensione in profondità dei motivi strutturali superficiali, non sono stati ancora del tutto chiariti.

Il dominio strutturale della catena carbonatica umbro – marchigiana (“dominio intermedio” da CENTAMORE et alii, 1972) è delimitato verso Ovest dal “dominio interno” caratterizzato da vasti affioramenti fliscioidi della Formazione marnoso – arenacea (Burdigaliano p.p – Tortoniano). Il dominio interno è chiamato anche “bacino umbro” (CENTAMORE et al., 1972) ed è costituito dalla Formazione marnoso – arenacea interessata da sovrascorrimenti a vergenza nord – orientale dove sono presenti unità accavallate dall'interno verso l'esterno. Verso est, fra la catena carbonatica e il mar Adriatico è presente il “dominio esterno” dove affiorano le unità evaporitiche e torbiditiche del Messiniano – Pliocene, in gran parte sepolte verso l'esterno, sotto la successione post – trasgressiva. E' situato ad oriente del sovrascorrimento dei M. Sibillini e comprende la porzione più esterna della catena marchigiana, in gran parte sepolta sotto la successione plio-pleistocenica post-trasgressiva. L'assetto strutturale principale è dato da pieghe e sovrascorrimenti il cui andamento definisce ancora una forma arcuata. Le culminazioni assiali portano in affioramento i più profondi terreni mesozoico – paleogenici (Conero, Cingoli, Acquasanta, e Montagna dei Fiori). In questa configurazione di dominio esterno sono

presenti motivi di retroscorrimento, alcuni dei quali utilizzano come livello di scollamento il Bisciario o la Scaglia Cinerea (COOPER & BURBI, 1988).

Il settore di Appennino Umbro – Marchigiano interessante da questo studio ricade interamente nel “dominio intermedio”. Il “dominio intermedio” corrispondente infatti alla dorsale carbonatica umbro – marchigiana presenta una caratteristica forma arcuata con convessità verso NE. Ad ovest è separata dal dominio toscano con una importante struttura di raccorciamento a vergenza nord – orientale (“fronte del Cervarola”); a nord è presente il complesso dei terreni alloctoni di provenienza occidentale (“colata della Val Marecchia”); a sud è limitato da due importanti discontinuità tettoniche: la “linea Ancona – Anzio” degli Autori o “linea Olevano – Antrodoco” (SALVINI & VITTORI, 1982) dove i terreni umbro – marchigiani sono sovrascorsi su quelli della “Piattaforma carbonatica laziale – abruzzese e il “fronte del Gran Sasso” che determina l'accavallamento dei terreni più prossimi alla piattaforma su quelli del bacino umbro – marchigiano; nella parte orientale la catena scompare sotto la successione plio – pleistocenica post-trasgressiva.

Il dominio intermedio può essere diviso in tre grandi sistemi strutturali tra loro sub paralleli che da ovest ad est sono: “dorsale umbro – marchigiana”, la depressione intrappenninica Acqualagna – Visso e la “dorsale marchigiana” (CENTAMORE et al., 1972) ad est (fig. 6).

La “dorsale umbro – marchigiana” si presenta con anticlinali asimmetriche con fianco orientale rovesciato nei terreni sovrastanti il Calcere massiccio, da una cresta piatta e da un fianco occidentale generalmente normale. Le anticlinali si dispongono “scalarmente” nell’ambito della forma arcuata della catena; ogni anticlinale risulta tangente alla successiva nel punto di massima curvatura, ottenendo così quella disposizione planimetrica nota come “vigrasione scalare” (SCARSELLA, 1951), riconoscibile nell’allineamento Montiego – M. Nerone – M. Cucco – M. Maggio – M.S. Stefano.

I motivi plicativi che caratterizzano l’intera dorsale carbonatica umbro – marchigiana hanno avuto diverse interpretazioni; Lavecchia (1981) associa le pieghe ad un processo di “buckling” che precede lo sviluppo dei sovrascorrimenti; Koopman (1983) considera le pieghe come una conseguenza del movimento delle rocce di tetto lungo un piano di sovrascorrimento a geometria a scalini; Calamita (1990) associa il

piegamento delle unità pelagiche, ben stratificate, a un “sovrascorrimento cieco” coinvolgente il calcare massiccio.

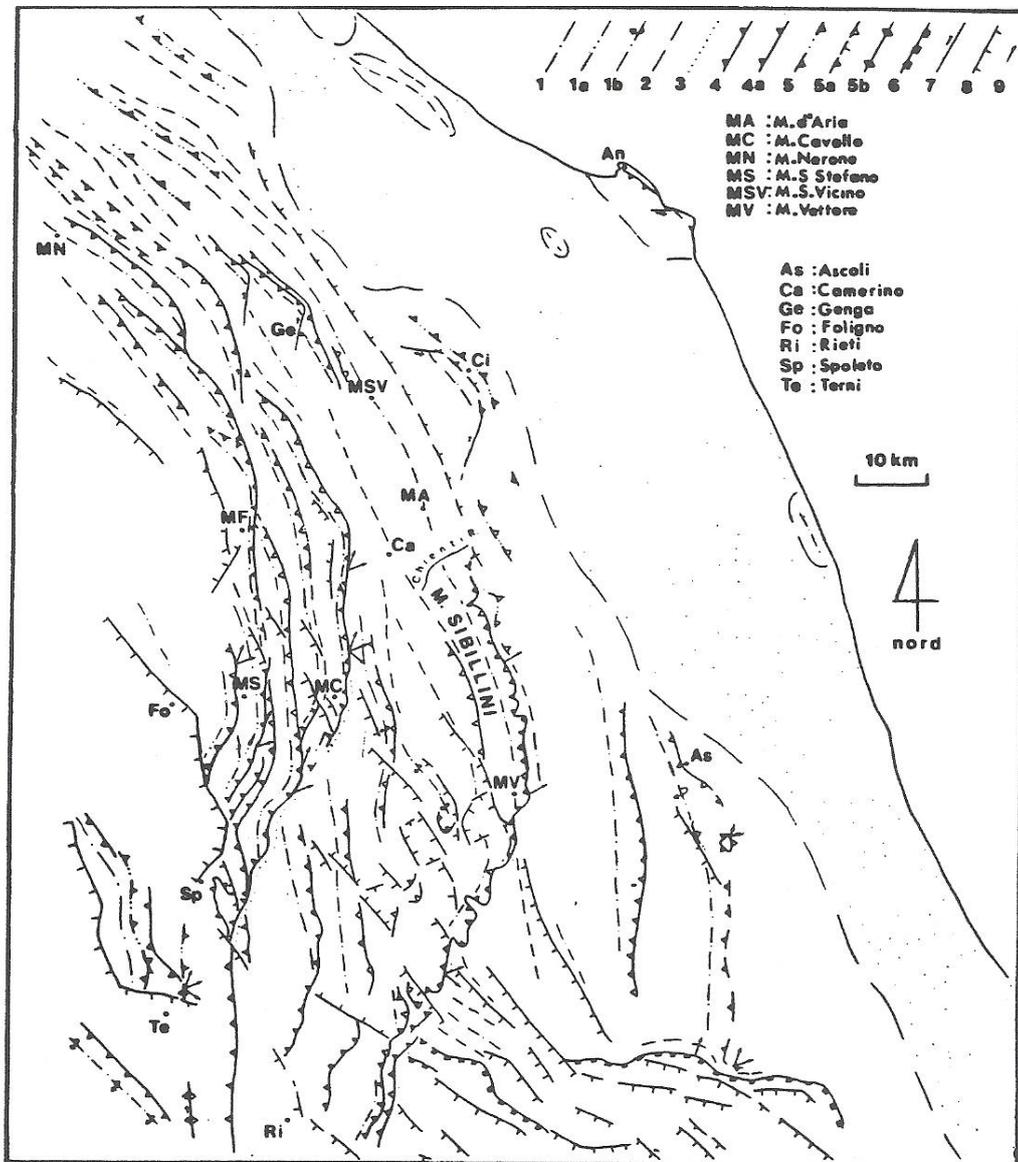


Fig. 6 – Schema strutturale dell’Appennino umbro – marchigiano (CALAMITA & PIZZI, 1992).

1) Macroanticlinale; 1a) macroanticlinale con fianco esterno intensamente tettonizzato; 1b) macroanticlinale con il fianco esterno rovesciato; 2) sinclinale; 3) andamento assiale di pieghe minori vicino al fronte del sovrascorrimento; 4) sovrascorrimento; 4a) sovrascorrimento transpressivo e/o rampa laterale obliqua; 5) retroscorrimento; 5a) faglia normale preesistente (probabilmente messiniana) riattivata come retroscorrimento; 5b) retroscorrimento in zona triangolare; 6) fronte del sovrascorrimento della Piattaforma laziale – abruzzese; 7) faglia di strappo transpressiva; 8) faglia normale recente; 9) slip-vectors. Nell’area marchigiana esterna la catena è sepolta sotto i depositi plio – pleistocenici (area puntinata).

Sono presenti due sovrascorrimenti principali con direzione Nord – Sud e con vergenza nord orientale. Dall'interno verso l'esterno, il primo sovrascorrimento si dispone lungo la linea Montiego – M.S Stefano accavallandosi sulle dorsali più esterne che sono M. della Strega, M. Pennino, M. Cafaggio, M. Massa e M. Primo, esso non è visibile come elemento continuo, ma può essere rilevato nelle zone di taglio nella Scaglia cinerea e nella Scaglia rossa lungo la direttrice Avellana – Isola Fossara – Pascelupo – Cancelli – Bagnara.

Il secondo sovrascorrimento limita, lungo il bordo orientale, la dorsale umbro – marchigiana e determina l'accavallamento delle anticlinali carbonatiche sui terreni terziari della depressione intrappenninica. Questo sovrascorrimento affiora con continuità da M. Cavallo a Prioraco, nella valle del Potenza; la sua prosecuzione verso nord è stata ipotizzata fino all'altezza di Fabriano.

Tra i due sovrascorrimenti descritti sono comprese la struttura di M. della Strega, accavallata sui terreni terziari della depressione Acqualagna – Visso, e le anticlinali di M. Pennino, M. Cafaggio, M. Massa e M. Primo, con rapporti di sovrapposizione a vergenza nordorientale.

Nella parte centrale del dominio intermedio è presente la depressione Acqualagna – Visso, la quale è costituita da emipelagiti della Scaglia cinerea, del Bisciario e dello Schlier (Oligocene – Tortoniano), dalle torbiditi arenacee e dai depositi evaporitici tortoniano – messiniani. Queste ultime unità affiorano diffusamente nel settore meridionale, a sud di Fabriano, mentre si rinvencono al nucleo di strette sinclinali in quello settentrionale. Anche in questa configurazione sono presenti sistemi di pieghe e sovrascorrimenti (poco visibili a causa della natura prevalentemente argillosa dei terreni terziari) con l'identico andamento arcuato che caratterizza il dominio intermedio. Nuclei di rocce mesozoiche emergono in culminazioni assiali di pieghe anticlinali che da sud a nord sono quelle di Genga, di Sassoferrato – Bellisio Solfare, in generale esse sono asimmetriche con vergenza nord orientale. Il limite meridionale della depressione è segnato da una brusca culminazione assiale verso le anticlinali di M. Fema e M. Bove che mostrano evidenti rapporti di accavallamento via via più intensi verso sud.

La “dorsale marchigiana” è costituita principalmente da un unico motivo anticlinalico, il quale interessa in affioramento i terreni prevalentemente mesozoici fino al calcare

massiccio, ha le sue culminazioni assiali in corrispondenza di M.S Vicino e M. Vettore. La struttura è accavallata sui terreni terziari del dominio esterno lungo un complesso sovrascorrimento, presente e riconoscibile in affioramento a sud della Valle del Chienti, il “sovrascorrimento dei Monti Sibillini” (LAVECCHIA, 1985; BARCHI et al., 1988), che affiora lungo le valli del Fiastrone, dell’Ambro e del Tenna ed al Pizzo di Meta. A nord della Valle del Chienti, l’anticlinale costituente la dorsale esterna viene considerata sovrascorsa (DALLAN NARDI et al. 1971; BOCCALETTI et al., 1986; BALLY et al., 1986; CALAMITA & DEIANA, 1986) anche se il piano di sovrascorrimento non si è riconosciuto in superficie. In quest’area il motivo strutturale più evidente è rappresentato da un contatto tettonico, lungo un piano immergente a NE, tra i terreni mesozoico – paleogenici e quelli miocenici a sud e pliocenici a nord. Esso è stato interpretato come un retroscorrimento che avrebbe mascherato il sovrascorrimento dei M. Sibillini (CALAMITA & DEIANA, 1986). Le ipotesi per la probabile prosecuzione settentrionale del sovrascorrimento dei M. Sibillini sono state fatte da Calamita & Deiana, (1986) che hanno considerato l’anticlinale dei Monti della Cesana come facente parte del “dominio esterno”; successivamente Bally et al. (1986) e Lavecchia et al. (1987) hanno riferito quest’ultima struttura al “dominio intermedio”. All’assetto tettonico compressivo descritto si associano motivi strutturali diretti legati alla fase tettonica distensiva plio-pleistocenica. In particolare maggiormente interessata da questo tipo di tettonica è l’area meridionale della catena. La Piana di Colfiorito va messa in relazione alle faglie distensive che durante il Pliocene superiore – Pleistocene inferiore hanno disarticolato le strutture compressive prima descritte. Le faglie dirette hanno andamento prevalentemente NNW – SSE con piano immergente a WSW via via più recenti dall’interno verso l’esterno. L’area di Colfiorito si colloca in corrispondenza dell’elemento strutturale compressivo noto in letteratura come anticlinorio interno (LAVECCHIA & PIALLI, 1980; LAVECCHIA, 1981) di cui una delle caratteristiche strutturali e morfologiche più evidenti di tale area è la presenza di depressioni tettoniche colmate da depositi fluviali e lacustri di età quaternaria (ACCORDI & MORETTI, 1967; PERNO, 1969; GREGORI, 1990; CELLO et alii, 1997), la cui geometria ed evoluzione è controllata dall’attività dei sistemi di faglie dirette. I sistemi di faglie normali dell’area di Colfiorito sono costituiti da vari segmenti *en echelon* a direzione prevalentemente NW

– SE, con subordinati tratti a direzione circa N-S e con tratti a direzione N100 localmente di maggiore importanza (BONCIO & LAVECCHIA, 1999).

La cinematica, prevalentemente distensiva, ha componenti oblique sinistre sui tratti da appenninici a N-S e con movimenti *dip – slip* a transtensivi destri sui tratti E-W o N100 (PIZZI, 1992).

3. IDROGEOLOGIA REGIONALE

L'idrogeologia regionale del dominio umbro - marchigiano è senza dubbio condizionata dal particolare assetto geologico strutturale e geomorfologico descritto nel capitolo precedente, che ha favorito l'impostazione di un reticolo di drenaggio attivo trasversale all'asse delle strutture e profondamente inciso, tanto da raggiungere la quota di saturazione degli acquiferi contenuti nelle dorsali. Spesso sono proprio gli alvei dei fiumi ad essere delle vere e proprie sorgenti in quanto i principali recapiti della circolazione idrica sotterranea risiedono lungo il loro corso. Questo tipo di sorgente viene definita "lineare" per distinguerla dai tradizionali punti di emergenza delle acque sotterranee, definiti come sorgenti "puntuali" (MASTRORILLO et al., 2009).

Negli ultimi 25 anni le ricerche riguardanti l'idrogeologia quantitativa nel dominio umbro - marchigiano sono state numerose come numerosi sono stati i lavori presenti in bibliografia, soprattutto dopo la pubblicazione dello Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale (BONI et alii, 1986). Nel lavoro appena citato sono forniti i primi elementi quantitativi sull'entità delle risorse idriche sotterranee rinnovabili e viene messa in evidenza l'importanza del ruolo delle sorgenti lineari nell'assetto idrogeologico regionale. Tra i numerosi lavori si citano BONI et alii, 1991; BONI & MASTRORILLO, 1993; BONI et alii, 1994; BONI & PETITTA, 1994; BONI & PREZIOSI, 1994; BONI et alii, 2005; BOSCHERINI et alii, 2005; CAPRARI & NANNI, 1999; MASTRORILLO, 1994,1996, 2001; PREZIOSI, 2007.

Da questi lavori si evince un assetto idrogeologico regionale caratterizzato dall'esistenza di vasti acquiferi generalmente isolati a scala regionale e in alcuni settori fra loro sovrapposti; localmente sono state riconosciute situazioni di interconnessioni idrauliche fra acquiferi contigui. E' evidente infatti la netta distinzione fra i nuclei delle anticlinali, prevalentemente calcarei, idraulicamente isolati dalla cintura impermeabile delle Marne a fucoidi, e la fascia periferica della Scaglia calcarea sede di una circolazione idrica generalmente indipendente, e idraulicamente limitata dalla scaglia cinerea (MASTRORILLO, 2001).

I complessi idrogeologici rappresentati nella carta idrogeologica in allegato (Allegato 2) e descritti di seguito sono stati interpretati sulla base geologica proposta dalla

Regione Marche, Carta Geologica Regionale Edizione CTR con scala 1 : 10.000, Responsabile Scientifico Prof. Massimo Sarti, Dipartimento Scienze del Mare, Università Politecnica delle Marche. Nell'area di studio sono stati riconosciuti e classificati nove complessi idrogeologici ciascuno dei quali corrisponde ad una o più formazioni geologiche caratterizzate dalla stessa capacità di assorbire ed immagazzinare le acque meteoriche. I complessi idrogeologici riconosciuti e illustrati e rappresentati in figura 7 vengono di seguito descritti a partire da quello stratigraficamente più antico fino a quello più recente.

Le caratteristiche dei complessi che verranno esposti fanno riferimento ai lavori di BONI et alii (1986), NANNI (1991) e MASTRORILLO (2009).



Fig. 7 – Schema dei rapporti fra successione stratigrafica umbro – marchigiana, complessi idrogeologici e acquiferi (Mastrorillo et alii, 2009)

IL COMPLESSO DELLA CORNIOLA E DEL CALCARE MASSICCIO (LIASSICO MEDIO – INFERIORE) ospita l'acquifero di base delle dorsali carbonatiche. Esso comprende le formazioni del calcare massiccio e della corniola, con uno spessore che per il Calcare Massiccio può essere superiore ai 700 metri e per la Corniola può essere variabile tra i 140 e i 400 metri (BONI & PETITTA, 2007). La permeabilità del calcare massiccio è molto elevata, soprattutto per porosità secondaria connessa alla fratturazione. Gli sforzi tettonici hanno provocato un'intensa ed omogenea fratturazione tale da rendere altamente permeabile tutta la sequenza. Solo nella parte superiore della Corniola si riscontra una diminuzione della permeabilità a causa dell'aumento della componente marnosa del calcare. Nell'area in esame il Calcare Massiccio affiora a nord di Monte Fema mentre la Corniola affiora in varie nei pressi di Bavareto. La valutazione diretta dell'infiltrazione efficace per il complesso Corniola – Calcare Massiccio ha portato alla definizione di range di valori variabili tra 300 e 800 mm / anno (Mastrorillo et alii, 2009).

IL COMPLESSO CALCAREO – SILICO – MARNOSO (GIURASSICO MEDIO) assume localmente il ruolo di aquiclude fra l'acquifero basale contenuto nel complesso della Corniola e del Calcare Massiccio e l'acquifero sovrastante contenuto nel complesso della Maiolica. Il Complesso Calcario – Silico – Marnoso comprende le Marne del Serrone, il Rosso Ammonitico, Calcari e Marne a Posidonie e Calcari Diasprigni ed è caratterizzato da una permeabilità molto bassa. In particolare la formazione dei Calcari Diasprigni, oltre ad avere una porosità primaria praticamente nulla, è caratterizzato da fratture generalmente riempite dai residui della dissoluzione della selce. Dove la successione è ridotta o lacunosa l'assenza di questo complesso consente l'esistenza di un unico acquifero contenuto indistintamente nel complesso della Corniola e Calcare Massiccio e nel complesso della Maiolica (Acquifero Regionale Basale). Complessivamente il complesso ha uno spessore che varia da poche decine di metri a 200 metri (BONI & PETITTA, 2007).

IL COMPLESSO DELLA MAIOLICA (CRETACICO INFERIORE) è formato dalla sequenza carbonatica compresa tra la sequenza silico – marnosa giurassica (complesso Calcario – Silico – Marnoso) e la formazione delle Marne a Fucoidi. Questo complesso è caratterizzato da un'importante circolazione delle acque sotterranee che coinvolge anche il sottostante complesso della Corniola e Calcare Massiccio in

presenza di serie giurassiche lacunose o ridotte. Quando invece, la circolazione idrica è sostenuta alla base dell'aquiclude locale del Complesso Calcareo – Silico – Marnoso giurassico, l'acquifero alimenta sorgenti connesse a falde di estensioni ridotte caratterizzate da evidenti segnali stagionali. Lo spessore è variabile da alcune decine di metri (alti strutturali con successione giurassica condensata) a 400 - 500 m (zone di bacino con successione giurassica completa) e ha valori medi di infiltrazione efficace compresi fra 350 e 600 mm/anno (BONI & PETITTA, 2007).

IL COMPLESSO DELLE MARNE A FUCOIDI (APTIANO - ALBIANO) si presenta con bassa permeabilità essendo costituito da calcari marnosi e marne calcaree con liste e noduli di selce. Questo complesso assume un ruolo di aquiclude basale per la circolazione idrica del complesso della Scaglia Calcaree e chiude lateralmente gli acquiferi basali della maiolica e del Calcarea Massiccio. Quando la continuità di questo complesso è interrotta da motivi tettonici si verificano scambi idrici fra gli acquiferi più superficiali della Scaglia e gli acquiferi più profondi. Lo spessore, variabile da 50 a 100 m, in corrispondenza di fronti tettonici compressivi si riduce notevolmente a causa di processi di laminazione (BONI & PETITTA, 2007).

IL COMPLESSO DELLA SCAGLIA CALCAREA (CRETACICO SUPERIORE) è costituito dai litotipi della Scaglia bianca e rossa ed ospita importanti acquiferi sostenuti dall'aquiclude delle Marne a Fucoidi. Gli estesi affioramenti di questo complesso nell'area di studio costituiscono l'area di ricarica sia di falde di notevole estensione che alimentano importanti sorgenti regionali (Salette, Capodacqua e Boccafornace), sia di falde di modesta estensione che alimentano sorgenti stagionali con portate trascurabili. In questo complesso si riconosce frequentemente una doppia circolazione: una veloce legata ad uno sviluppo consistente del carsismo e una più lenta legata alla rete di microfratture del calcare. Lo spessore totale è compreso fra 200 e 500 metri, mentre l'infiltrazione efficace varia localmente da 150 a 400 mm/anno in funzione della componente marnosa e dello stato di fratturazione del calcare (BONI & PETITTA, 2007).

IL COMPLESSO CALCAREO – MARNOSO (MIOCENE – OLIGOCENE) è costituito da marne, marne calcaree e calcari marnosi della Scaglia Variegata, Scaglia

Cinerea, Bisciara, Schlier e Marne a Cerroghna. La circolazione idrica in tali depositi può essere considerata trascurabile tanto da attribuire a questo complesso il ruolo di acquiclude nei confronti degli acquiferi della scaglia. Gli affioramenti del Complesso Calcareo - Marnoso circondano con continuità le strutture carbonatiche e sono presenti diffusamente nelle depressioni intrappenniniche costituendo l'acquiclude regionale di tutta la circolazione idrica sotterranea delle dorsali carbonatiche. Lo spessore è variabile tra 250 e 350 metri (BONI & PETITTA, 2007).

Il COMPLESSO DEI DEPOSITI TERRIGENI (MIOCENE) è rappresentato da una sequenza terrigena argilloso – marnosa con intercalazioni di arenarie (ARENARIE DI CAMERINO) e conglomerati. La circolazione idrica è limitata alle unità arenacee e conglomerati che, se di spessore consistente, possono essere sede di falde perenni che alimentano il reticolo idrografico e le sorgenti maggiori. Lo spessore varia da zona a zona e spesso è superiore alle centinaia di metri. Nell'area in esame il complesso affiora limitatamente nella zona nord – orientale e non costituisce oggetto di studio di questa ricerca. Lo spessore è variabile da alcune centinaia a oltre un migliaio di metri (BONI & PETITTA 2007).

Il COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI E FLUVIO – LACUSTRI (PLIOCENE – OLOCENE) è composto da ghiaie calcaree sciolte o debolmente cementate da una matrice marnosa, con orizzonti e lenti di sabbie e limi in varia proporzione. Presente lungo i principali corsi d'acqua, questo complesso ha un'estensione molto limitata ed assume quindi un ruolo secondario nell'economia idrogeologica regionale. Questo complesso ospita falde multistrato dove prevale una componente ghiaiosa e sabbiosa sostenuta da un substrato poco permeabile. Queste falde, sono ricaricate in gran parte da apporti idrici sotterranei provenienti dalle dorsali carbonatiche adiacenti.

I depositi poco permeabili delle conche intramontane favoriscono l'infiltrazione concentrata dove sono presenti inghiottitoi, svolgendo un ruolo importante nell'alimentazione degli acquiferi carbonatici sottostanti.

Del complesso fanno parte anche le alluvioni terrazzate e i depositi lacustri della Piana di Colfiorito.

Il COMPLESSO DEI DEPOSITI DETRITICI DI VERSANTE (PLEISTOCENE – OLOCENE) con un'elevata capacità d'infiltrazione delle acque, comprende i depositi quaternari (detriti di falda, materiali di frana, accumuli morenici) che possono ospitare modeste falde sospese, quando poggiano su complessi poco permeabili. Gli acquiferi dei depositi detritici di versante possono avere importanza locale, ma assumono un ruolo idrogeologico secondario nell'economia idrogeologica a scala regionale; esso infatti contribuisce alla ricarica degli acquiferi carbonatici sottostanti e costituisce un ottimo collegamento idraulico fra gli acquiferi carbonatici delle dorsali montuose e quelli alluvionali.

4. IDROGEOLOGIA DELL'ALTO BACINO DEL CHIANTI

Gli studi dell'area in esame hanno inizio con una pubblicazione, PERRONE (1910), quando Perrone, studioso di idrologia, si occupò in dettaglio del bacino del Chianti. Il suo studio aveva lo scopo di valutare le risorse idriche del territorio marchigiano al fine di identificare fonti in grado di sostenere uno sfruttamento idroelettrico utile per le industrie italiane nei primi anni del 1900. Nel suo lavoro vengono prima descritte e distinte le rocce in base alla loro permeabilità (egli notò nelle rocce calcaree una buona permeabilità al contrario delle litologie più argillose meno permeabili) e poi vengono illustrati i risultati ottenuti in diverse campagne di misure di portata effettuate tra il 1904 e il 1910. Già nel lavoro del Perrone si evince che le maggiori sorgenti presenti lungo il bacino del Chianti sono principalmente quelle "lineari", ovvero sorgenti presenti lungo l'alveo del fiume. Il suo studio è stato utile per la ricerca delle risorse per sfruttamento idroelettrico, ma è utile anche per un confronto con dati ricavati nei periodi a seguire. Dopo molti anni di carenza di studi, nel 1972 DEIANA & DRAMIS approfondirono la conoscenza sugli acquiferi principali dando una prima distinzione in base alla permeabilità secondaria determinata dalle fasi tettoniche compressive e distensive che interessarono l'area dal Miocene superiore al Pleistocene inferiore (CALAMITA & DEIANA, 1986). Il loro lavoro è stato incentrato sul reperimento dei dati climatologici e sul rilevamento di numerose sorgenti puntuali perenni presenti nel bacino del fiume Chianti. Per ogni sorgente gli autori hanno riportato la quota, la posizione geografica, la portata di magra, le caratteristiche fisico – chimiche, litologia drenante e quella funzionante da acquiclude. Nonostante l'importantissima mole di informazioni presenti in questa pubblicazione c'è da dire che manca un approfondimento sulle sorgenti lineari presenti nel bacino del Chianti, principale modalità di erogazione delle risorse idriche dell'area in esame. Successivamente Boni et alii (1986) si adoperarono per sopperire a questa mancanza dei dati, infatti oltre ad identificare le sorgenti puntuali per la prima volta misurarono le sorgenti lineari più significative, indicandone i valori della portata media integrata anche da dati precedenti da apposite misure eseguite in loco. Le acque sorgive, oltre che dal punto di vista della identificazione e della quantificazione, sono state anche distinte a seconda delle proprietà geochimiche nel lavoro di NANNI (1991).

Non sono noti recenti studi specifici sull'idrogeologia dell'alto bacino del Chienti, ma esistono comunque lavori scientifici riguardanti un territorio più vasto (TARRAGONI, 2005; BONI et alii, 2005 e BONI & PETITTA, 2007) da cui poter acquisire diverse informazioni quantitative utili.

Tarragoni (2005) afferma che l'area di ricarica delle sorgenti presenti nel bacino del Chienti ha un'estensione di 69,8 Km² con una portata totale di 1,32 m³/s. Sempre nello stesso lavoro precisa anche che l'acquifero è costituito dal complesso della Scaglia Calcarea e subordinatamente dal complesso della Maiolica. La sorgente "La Peschiera" (150 L/s) emerge dal complesso della Maiolica, la cui superficie di affioramento è però insufficiente ad alimentare la portata erogata, per cui si ipotizza una connessione idraulica tra l'acquifero basale e quello della Scaglia Calcarea.

BONI et alii (2005) in un lavoro riguardante la dorsale umbro – marchigiana calcolarono e riportarono valori di portata misurati sul primo tratto del Chienti di Gelagna e sul Torrente Sant'Angelo. In particolare nel lavoro viene valutato il contributo dell'acquifero del Piano di Colfiorito alla portata del Fiume Chienti pari a 115 L/s. Questo acquifero sembrerebbe soggetto a marcate oscillazioni piezometriche di lungo periodo, dell'ordine di diverse decine di metri. Gli Autori hanno misurato incrementi di portata nell'alveo del Fiume Chienti tra il Piano di Colfiorito (745 m) e Gelagna Bassa, pari complessivamente a 615 L/s; infine è stato misurato l'incremento di portata in alveo del Fosso di Valle Sant'Angelo, tra le quote 700 e 620 metri pari a 105 L/s. Sempre nello stesso lavoro si afferma che le sorgenti lineari del Chienti di Gelagna, distribuite tra la quota 750 e 650 metri non sono sempre attive, ma risultano soggette a periodiche fasi di esaurimento. Esse infatti come si afferma che erano attive tra il 1993 e il 1998, con portate medie consistenti; mentre risultavano esaurite nel 2003/2004, quando il flusso di base del Chienti aveva origine a quota 600 metri.

Nello studio idrogeologico del 2007, eseguito per conto del Parco Nazionale dei Monti Sibillini (BONI & PETITTA, 2007) è stato ricostruito il "Modello Idrogeologico Concettuale dell'Acquifero sospeso della Scaglia Calcarea del Fiume Chienti", identificato come un esteso acquifero alimentato da affioramenti del Complesso della Scaglia Calcarea. Per un'area di ricarica a 70,5 Km², la portata media delle sorgenti puntuali e lineari alimentate di 1275 L/s, l'infiltrazione efficace di circa 570 mm/anno e il gradiente idraulico medio pari a circa il 20%. Gli Autori attribuiscono

all'acquifero basale, contenuto nel complesso della Maiolica, l'alimentazione della sorgente "La Peschiera", con portata media di 175 L/s per una area di alimentazione di 4,6 Km². Come già esposto da Tarragoni (2005), l'area di alimentazione individuata risulta insufficiente a giustificare la portata erogata, per cui BONI & PETITTA (2008) ipotizzano un apporto per *drainance* di circa 75 L/s, attraverso il complesso delle Marne a Fucoidi da parte dell'acquifero della Scaglia Calcarea.

Per avere un quadro complessivo della valutazione delle risorse idriche sotterranee del bacino del Chienti bisogna far riferimento ai risultati esposti da Mastrocillo (1996). L'autore valuta per il tratto del Chienti di Gelagna che attraversa la dorsale interna un apporto complessivo delle acque sotterranee di 0,45 m³/s; mentre per il Chienti di Pieve Torina (escluso il contributo della Sorgente "La Peschiera") valuta una portata totale di 0,30 m³/s; per il Fosso Val di Tazza 0,15 m³/s e per il Fosso Sant'Angelo di 0,14 m³/s. Sono state calcolate anche la portata media della sorgente "La Peschiera" pari a 0,23 m²/s e la portata media totale della sorgente di "Boccafornace" e di "Capodacqua" pari a 0,98 m³/s. Complessivamente le risorse idriche sotterranee sono pari a 2,25 m³/s e partendo da questa valutazione, parzialmente integrata da lavori più recenti descritti, la ricerca svolta in questa tesi ha avuto come obiettivo operativo l'aggiornamento del quadro complessivo della disponibilità idrica del territorio studiato.

PARTE SECONDA

5. RILEVAMENTO IDROGEOLOGICO

L'acqua sotterranea è l'assoluta protagonista di un processo dinamico che vede l'acqua meteorica penetrare nelle rocce, defluire e riemergere in superficie in corrispondenza delle sorgenti. In questo percorso le rocce, in funzione della loro permeabilità, assumono un ruolo importante, che può essere di chiusura e confinamento (aquiclude) o di fungere da serbatoio, capace di assorbire, immagazzinare e restituire in superficie l'acqua immagazzinata (aquifer). In questo lavoro di tesi, per valutare e analizzare il quadro idrogeologico complessivo, per definire l'area di ricarica delle sorgenti lineari e puntuali individuate si è proceduto utilizzando il "metodo diretto" che parte dalla fine del processo idrogeologico, vale a dire dalla misura della portata erogata dalle sorgenti, per risalire alla valutazione dell'infiltrazione efficace dell'area di ricarica (BONI, 2008).

Contemporaneamente alle misure di portata è stata condotta una campagna di campionamento delle acque sorgive per l'analisi isotopica per ottenere informazioni integrative per la ricostruzione di un modello idrogeologico di dettaglio, ottenuto secondo i criteri dell'idrogeologia quantitativa, che tiene conto anche dei risultati di un accurato esame dell'assetto idrostrutturale dell'area.

5.1 ATTIVITA' DI CAMPAGNA

L'attività di campagna ha previsto l'esecuzione di misure di portata finalizzate alla valutazione quantitativa delle sorgenti sia lineari che puntuali in 33 sezioni ubicate lungo il corso del Chienti.

Le acque della sorgente lineare emergono in superficie, in modo diffuso, lungo un tratto di alveo fluviale e determinano un considerevole aumento della portata del corso d'acqua.

Le sorgenti lineari si individuano con misure di portata seriate, eseguite lungo gli alvei in periodo di magra, almeno una settimana dopo la fine dell'ultima pioggia e comunque quando non vi sia ruscellamento di superficie. La portata erogata si ricava dalla differenza dei valori misurati in sezioni successive ubicate in corrispondenza dell'affioramento di complessi idrogeologici con ruolo di aquitard e/o aquiclude.

Queste sorgenti si attivano quando la quota di saturazione della falda intercetta la quota dell'alveo permettendo così un'alimentazione diretta delle acque sotterranee alla portata del fiume.

I tratti drenanti del corso d'acqua in genere si esauriscono verso valle in corrispondenza dell'affioramento di rocce impermeabili che localmente tamponano la falda favorendo l'emergenza delle acque sotterranee. L'individuazione dei tratti drenanti è necessaria per ricostruire il probabile andamento della superficie piezometrica e definire lo schema di circolazione idrica sotterranea.

In tutti i corsi d'acqua appenninici, la portata di magra, misurata in una qualunque stazione, generalmente corrisponde alla somma delle portate erogate contemporaneamente dalle sorgenti puntuali e lineari poste a monte che corrisponde alla componente della portata definita "flusso di base".

Per individuare le sorgenti lineari e valutarne correttamente la portata è necessario conoscere lo schema delle eventuali derivazioni di acque superficiali presenti lungo l'alveo del fiume. Per questo motivo, un'attività di campagna preliminare ha previsto il censimento di tutte le derivazioni presenti per ottenere la ricostruzione della portata naturale del fiume. E' stato, inoltre, eseguito il censimento delle principali sorgenti puntuali con rilevamento delle portate (dove significative) e dei principali parametri

chimico – fisici per ricostruire il quadro completo della distribuzione territoriale dei principali punti di emergenza delle acque sotterranee.

Successivamente si è svolta una fase di campionamento delle acque di 12 sorgenti puntuali per analisi isotopica da effettuare e confrontare in futuro; questo tipo di analisi è stato eseguito soltanto sulle sorgenti puntuali, in quanto le sorgenti lineari hanno una composizione chimico fisica alterata dalla miscelazione con le acque superficiali.

L'attività di campagna è stata organizzata in 2 campagne di rilevamento nei mesi di Agosto e Novembre, precisamente l'ultima settimana di Agosto e la prima settimana di Novembre. La campagna di Agosto è stata stabilita con l'intento di misurare il valore più attendibile del flusso di base per la quasi totale assenza di piogge e il probabile totale esaurimento del ruscellamento, mentre la campagna di Novembre ha permesso un confronto con la campagna precedente.

5.2 STRUMENTAZIONE E MODALITA' DI MISURA

Per effettuare le misure di portata è stato utilizzato un sensore di flusso, il modello utilizzato è **OTT Nautilus C 2000** (fig. 8); esso è stato progettato per l'uso in canali a pelo libero dove la presenza della vegetazione o di trasporto solido possono creare problemi ai correntometri ad elica (idromulinello). La misura viene effettuata in base al voltaggio indotto dall'acqua, grazie alla presenza di sali disciolti in un campo magnetico. Questo strumento è stato molto utile per misurare velocità di flusso da 0,00 m/s a 2,5 m/s. E' costituito da una parte che viene avvitata ad un'asta graduata di metallo e va immersa nell'acqua in corrispondenza dell'altezza cui si vuole effettuare la misura. Ha una forma appiattita (nella figura l'oggetto di colore giallo), ed ha al di sotto di essa 2 fori rivolti verso il letto del fiume che sono i misuratori della velocità di flusso nell'unità di tempo (di solito 30 secondi). Il valore della velocità viene riportata su un display, modello **SENSA Z 300** collegato tramite un cavo impermeabile allo strumento immerso nell'acqua.



Fig. 8 – *Strumentazione utilizzata per le misure di portata*

Prima di procedere alla misura ci si deve adoperare all'allestimento della sezione, quindi si provvede a regolarizzare l'alveo del corso d'acqua ripulendolo di vegetazione e/o rocce che possano disturbare il normale flusso dell'acqua.

Dopo aver posizionato la fettuccia metrica per la misura della larghezza della sezione del corso d'acqua e misurato tramite l'asta del Nautilus le profondità delle verticali si è proceduto ad effettuare le misure alle varie altezze e distanze. Particolare attenzione va posta affinché la sezione sia perpendicolare alle sponde e quindi alla direzione del flusso. Dopo aver riportato i dati rilevati (lunghezze, altezze e velocità) su un foglio di calcolo excel è possibile calcolare la media della velocità relativa ad ogni verticale (fig. 9).

Per ottenere il valore della portata corrispondente alla velocità media di ogni verticale vengono considerate le mediane tra le varie verticali e calcolate le aree tra

esse comprese (aree parziali). Ogni area parziale viene moltiplicata per il valore di velocità media di ciascuna verticale considerata ottenendo così valori di portata parziale. Sommando i valori calcolati si ottiene la portata totale che attraversa la sezione considerata.

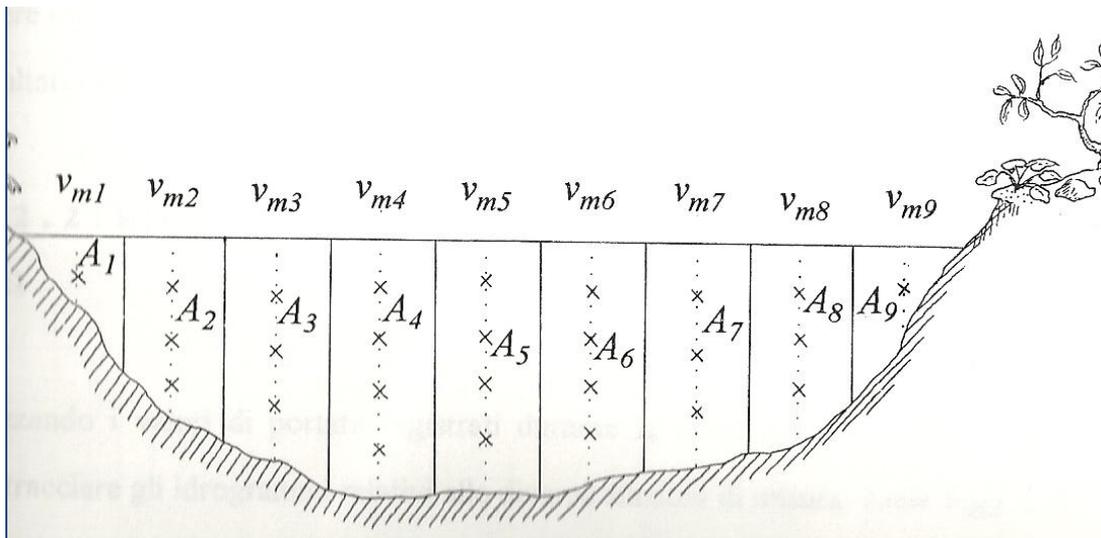


Fig. 9 – Schema della sezione di misura e dei vari parametri utilizzati,
(A =area parziale, Vm = velocità media)

In campagna sono stati misurati una serie di parametri (temperatura, pH e conducibilità elettrica) mediante un'unità multiparametrica, *Multi 340i, WTW* (fig. 10). La *Multi 340i, WTW* è dotata di 2 sonde, una per la temperatura e la conducibilità elettrica (conduttimetro) e un'altra per la temperatura e il pH (pH-metro).

La misura viene eseguita con conduttimetro, il cui funzionamento è basato sul principio del ponte di Wheatstone; il suo valore viene generalmente espresso in micro-siemens per centimetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Poiché la conducibilità dipende largamente dalla temperatura (in quanto cresce quando si eleva), i risultati vengono riferiti alla temperatura di emergenza delle acque (se le misure vengono eseguite all'atto del campionamento) (Celico, 1986).



Fig. 10 – Unità multiparametrica per la misurazione dei parametri idrochimici in situ.

La sonda per pH è generalmente un elettrodo a vetro che misura la differenza di potenziale elettrico su due lati di una sottile membrana di vetro posta all'estremità dell'elettrodo; tale differenza di potenziale è legata alla differenza tra le concentrazioni degli ioni idrogeno all'interno e all'esterno della membrana.

Il potenziale delle cariche determina il numero di ioni H^+ e OH^- e quando esso è determinato, il pH compare digitalmente sul display del *Multi 340i, WTW*.

Il potenziale è co-dipendente dalla temperatura della soluzione, ecco perchè anche la temperatura viene visualizzata sul display insieme al valore del pH.

Prima dell'utilizzo viene effettuata una calibrazione con due soluzioni tampone standard. Nella calibrazione a due punti si usa una soluzione tampone a pH 7,01 (praticamente neutra) e una a pH 10,01.

La rappresentatività del risultato analitico dipende innanzitutto dalla procedura di raccolta del campione: risulta di estrema importanza infatti prelevare il campione in modo tale da mantenere inalterate le sue caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche fino al momento dell'analisi. A tal fine, si utilizzano contenitori per la raccolta e il trasporto che non alterino le caratteristiche dell'acqua, evitando quindi lo scambio di sostanze tra la soluzione e il contenitore stesso.

Una volta effettuate le analisi in sito dei parametri idrochimici (pH, conducibilità e temperatura) e misurata la portata dove è stato possibile, si è passato alla fase del

campionamento. Per il campionamento dell'acqua delle sorgenti appena descritte sono stati utilizzati 2 contenitori (fig. 11) da 100 ml sterili con doppia chiusura.

L'acqua è stata campionata in modo da non lasciare aria all'interno del contenitore, aria che potrebbe condizionare i parametri chimici e biologici dell'acqua e falsare le analisi, quindi chiuso con il primo tappo in pressione e con il secondo avvitato per sicurezza. Sono stati utilizzati 2 contenitori, uno da consegnare in laboratorio e un altro da conservare per eventuali ulteriori verifiche.



Fig. 11 – *Recipienti sterili con doppia chiusura per campionamento di acqua sorgiva*

5.3 RILEVAMENTO DEI DATI

Verranno di seguito descritte tutte le sezioni di misura della portata, e di campionamento delle acque sorgive distribuite nell'area studiata; compresi i punti di derivazione e restituzione incontrati lungo gli alvei dei corsi d'acqua studiati. Per ciascun corso d'acqua la descrizione procede da monte a valle.

Nella Tabella 1 sono riassunti i valori delle portate misurate nelle due campagne e nella tabella 2 sono riportati i parametri chimico – fisici misurati in tutte le sorgenti puntuali censite. L'ubicazione di tutti i punti di misura è riportata nella carta idrologica (Allegato 1).

SEZIONE	SIGLA	Quota m.s.l.m	PORTATA L/S	
			AGO	NOV
CHIANTI DI GELAGNA				
Galleria La Botte	CG10	750	22	41
Fonte Cagnolo	CG20	655	260	57
Serravalle	CG25	620	142	37
Bavareto	CG30	593	255	36
Ponte di Gelagna	CG40	575	566	301
Gelagna Bassa	CG50	539	638	293
Ponte Case Acqua Moscia	CG60	520	612	320
Monte di Muccia	CG70	475	524	309
Valle di Muccia	CG80	437	614	355
Monte Confl. C.Pieve Torina	CG90	410	N.M	327
CHIANTI DI PIEVE TORINA				
Fosso Val di Tazza	CP10	583	75	37
Fosso Corlano	CP20	580	4	39
Valle conf. F. Corano - F.V d Tazza	CP23	576	N.M	76
A valle CP23	CP25	567	N.M	71
Capriglia	CP30	538	79	65
Madonna di Caspreano	CP40	519	128	89
Monte conf. con La Peschiera	CP50	516	131	106
Sorgente Peschiera	CP60	516	312	162
Madonna di Carpineto	CP70	499	698	585
Roti	CP80	478	717	534
Torrente Sant'Angelo				
Le Rote	CP90	695	48	32
A valle del cimitero	CP100	647	96	37
Fiume monte derivazione	CP110	628	132	81
Fiume a valle derivazione	CP120	627	92	67
Pieve Torina La Rocca	CP130	488	127	94
Lucciano	CP140	448	1074	793
Monte confl. Chienti di Gelagna	CP150	410	N.M	583
Ponte La Trave	SZF	405	1240	896
TORRENTE FORNACE				
Boccafornace	F10	442	18	18
Capodacqua	F20	438	360	303
Torrente Fornace	F30	436	800	936
Torrente Rio	F35	435	N.M	15
Case Rancia	F40	425	797	953

Tab. 1 – Sezioni di misura della portata in alveo e valori rilevati nelle due campagne

N.M = Non Misurata

SORGENTI PUNTUALI			AGOSTO			NOVEMBRE		
Sigla	Nome	Quota (m)	Conducibilità Elettr. (µS/cm)	pH	Temperatura (°C)	Conducibilità Elettr. (µS/cm)	pH	Temperatura (°C)
S_A	Fonte Cagnolo	655	391	7,6	9,5	Secca		
S_B	Bavareto	594	389	7,65	10,8	Secca		
S_C	Gelagna Bassa	539	484	7,24	12	499	7,06	11,8
S_D	Fiume	629	374	7,72	10,8	378	7,5	10,7
S_E	La Peschiera	517	336	7,86	10,6	334	7,6	10,2
S_F	Salette	637	247	8,14	11	247	7,9	10,7
S_G	Boccafornace	470	347	7,65	11,7	384	7,4	10,5
S_H	Capodacqua	460	300	7,8	9,8	306	7,55	9,5
S_I	Frontillo di Sopra	588	Non misurata			632	7,15	13,2
S_L	Val di Tazza	690	Non misurata			531	7,3	10,6
S_M	Aschio	860	Non misurata			371	7,67	10,5
S_N	Centare	816	Non misurata			335	7,75	9,5

Tab. 2 – Sorgenti puntuali censite e valori dei parametri chimico – fisici rilevati nelle due campagne.

5.3.1 CHIANTI DI GELAGNA

Lungo questo ramo, che viene considerato come l'asta principale del Chianti, sono state effettuate 10 misure di portata, censite e campionate 3 sorgenti puntuali e riconosciuta 1 derivazione. Il Chianti di Gelagna ha origine dai Piani di Colfiorito e termina alla confluenza con il Chianti di Pieve Torina, circa 2 Km più a valle di Muccia.

Il Chianti di Gelagna si origina dal Piano di Colfiorito, bacino endoreico di raccolta dell'acqua di ruscellamento proveniente da monti circostanti. Questa zona costituisce un'area di ricarica preferenziale in quanto tutta l'acqua raccolta s'infiltra nella pianura per poi emergere nell'alveo del Chianti in corrispondenza dell'imbocco della Galleria La Botte. La Galleria, un alveo artificiale che nell'ultimo tratto scorre sotterraneo, raccoglie, infatti, il deflusso superficiale e sotterraneo della Piana, che costituisce la portata iniziale del Chianti di Gelagna. A circa 750 metri s.l.m è stata effettuata la prima misura di portata che ha come sigla CG10 (fig.12), in questa sezione la portata risente molto dell'effetto diretto delle precipitazioni, infatti nel mese di Agosto si è avuta una portata di 22 L/s mentre nel mese di Novembre 41 L/s, circa il doppio.



Fig. 12 – Sezione CG10 – Galleria la Botte

Dopo circa 100 metri il Chienti di Gelagna entra nella Botte dei Varano da cui fuoriesce, dopo un percorso sotterraneo di circa 300 metri, nella "Gola di Serravalle", dove scorre incidendo il complesso idrogeologico della Maiolica. A monte del paese di Serravalle, nei pressi di Fonte Cagnolo ad una quota di 655 metri è stata ubicata la seconda sezione di misura che ha come sigla CG20 (fig. 13). La sezione è ubicata in corrispondenza del passaggio Marne a Fucoidi – Scaglia Calcarea per quantificare l'eventuale contributo alla portata del fiume della falda della maiolica. Nel mese di Agosto si nota un notevole incremento di portata rispetto alla misura precedente, infatti dai 22 L/s di Galleria la Botte si passa a 260 L/s, mentre nel mese di Novembre si misurano solo 57 L/s.



Fig. 13– Sezione CG20 – Fonte Cagnolo

In corrispondenza della sezione è stata rilevata, solo nel mese di Agosto, la presenza di una sorgente puntuale denominata Fonte Cagnolo, a quota 655 metri ed ha come sigla S_A (fig. 14), nel mese di Agosto è stato possibile misurare anche la portata di questa sorgente pari a circa 1 L/s, mentre a Novembre era secca.



Fig. 14 - Sorgente Fonte Cagnolo S_A, a sinistra nel mese di Agosto a destra nel mese di Novembre.

Proseguendo più a valle, dopo aver attraversato il paese di Serravalle il fiume incide di nuovo il complesso della Maiolica; è stata effettuata la terza misura a quota 620 metri e con sigla CG25 (fig. 15); qui si misura una portata di 142 L/s nel mese di Agosto e di 37 L/s nel mese di Novembre.



Fig. 15 – Sezione CG25 – Serravalle

Uscendo dal paese di Serravalle e proseguendo lungo la S.S.77 si giunge alla frazione di Bavareto a quota 593 dove è stata effettuata la quarta misura di portata con sigla CG30 (fig. 16); qui nel mese di Agosto si misurano 255 L/s, mentre nel mese di Novembre in linea sezioni precedenti si misurano 36 L/s; in corrispondenza di questa sezione il corso d'acqua incide il complesso della Corniola e Calcare Massiccio.

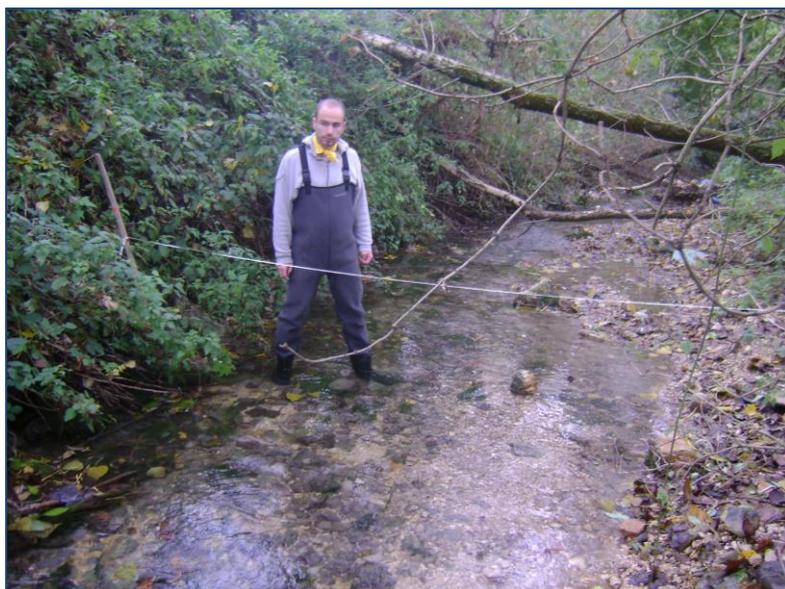


Fig. 16 – Sezione CG30 – Bavareto

Nei pressi della sezione CG30 si trova la sorgente Bavareto, con sigla S_B e quota 594, la quale ad Agosto ha una portata di circa 7 L/s mentre ad Agosto è secca (fig.17).



Fig. 17 – Sorgente Bavareto S_B, a sinistra nel mese di Agosto a destra nel mese di Novembre

Scendendo ancora di quota, il fiume attraversa il fronte di sovrascorrimento che ha portato la Corniola a sovrapporsi tettonicamente alla Scaglia Calcarea. A valle del bivio per Camerino, nei pressi del Ponte di Gelagna a quota 575, è stata effettuata la quinta misura di portata con sigla CG40 (fig. 18), qui si misurano 566 L/s nel mese di Agosto e 301 nel mese di Novembre. Questa sezione è posta all'uscita del Chienti

dalla dorsale carbonatica di Monte Igno e la portata del flusso di base misurata corrisponde al contributo degli acquiferi contenuti in questa dorsale.



Fig. 18 – Sezione CG40 – Ponte di Gelagna

Proseguendo ancora sulla S.S. 77 si giunge nel paese di Gelagna Bassa, dove è stata ubicata la sezione CG50 (fig. 19), in corrispondenza di un vecchio mulino a quota 539 metri e nel complesso idrogeologico Calcareo – Marnoso. Nel mese di Agosto si hanno 638 L/s mentre nel mese di Novembre 293 L/s.



Fig. 19 – Sezione CG50 – Gelagna Bassa

In questa località pochi metri a monte della sezione CG50 è situata la sorgente di Gelagna Bassa S_C (fig. 20) sotto una struttura di un mulino non più utilizzato. Questa sorgente è stata soggetta a misura di portata sia nel mese di Agosto (4,5 L/s), sia nel mese di Novembre (6 L/s). Da questo punto il Chienti incide la dorsale carbonatica di Monte di Muccia, ampiamente separata da quella precedente dal fronte di sovrascorrimento di Visso – Monte Cavallo.



Fig. 20 – Misura di portata Sorgente Gelagna Bassa S_C

La sezione seguente si trova nei pressi del ponte che conduce alla località di Case Acqua Moscia, ha come sigla CG60 (fig. 21) e la quota è di 520 metri ed è stata ubicata al passaggio della Scaglia alle Marne a Fucoidi; in questa stazione di misura sono stati misurati 612 L/s nel mese di Agosto e 320 L/s nel mese di Novembre.



Fig. 21 – Sezione CG60 – Ponte Case Acqua Moscia

Proseguendo lungo la stretta valle del Chienti di Gelagna si giunge poco più a monte di dell'abitato di Muccia dove nei pressi della sezione CG70 (fig. 23), a quota 475 è stato interessante notare dei depositi lacustri (fig. 22) ed è stato possibile ipotizzare e poi confermare da dati bibliografici la presenza di un bacino lacustre wurmiano che si estendeva dal lago di Polverina a Gelagna.

I depositi lacustri osservati sono considerati come il letto del vecchio bacino lacustre, mentre i depositi travertinosi presenti in località Gelagna Bassa sono considerati il tetto del Bacino. La presenza di torbificazione e le frequenti alternanze di lamine nelle argille indicherebbero una generale modesta profondità e una relativa calma delle acque di un bacino dal fondo leggermente, ma non uniformemente, subsidente nel tempo (DAMIANI et alii, 1967).

Dalle misure effettuate nel mese di Agosto risulta una portata di 524 L/s e nel mese di Novembre pari a 309 L/s.



Fig. 22 – *Depositi lacustri presso la sezione CG70*

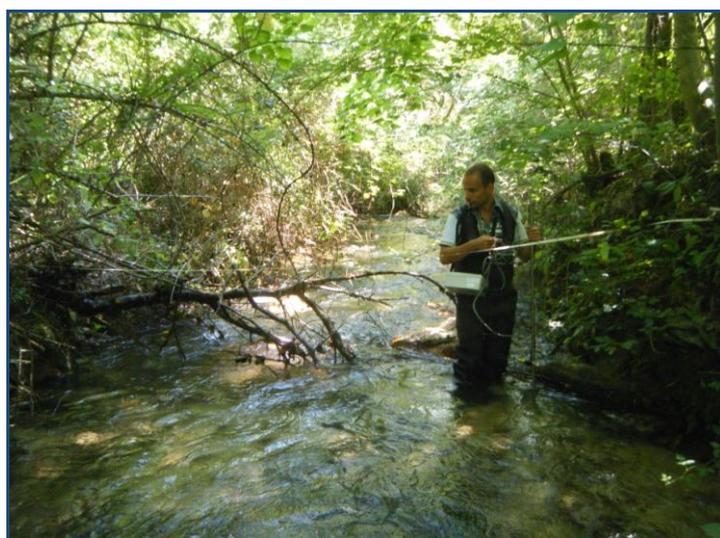


Fig. 23 - *Sezione CG70 – A monte di Muccia*

Prima dell'abitato di Muccia, il Fiume Chienti di Gelagna viene derivato da un sistema di chiuse in un canale artificiale che passa accanto ad un lavatoio e scorre in un canale interrato e all'uscita del paese confluisce nuovamente nel Chienti; proprio subito dopo questa confluenza è stata allestita la nona sezione a quota 437 metri con sigla CG80 (fig 24). Il fiume giunge dopo aver attraversato un tratto del complesso della Scaglia Calcarea; nel mese di Agosto si misurano 614 L/s mentre nel mese di Novembre 355 L/s.

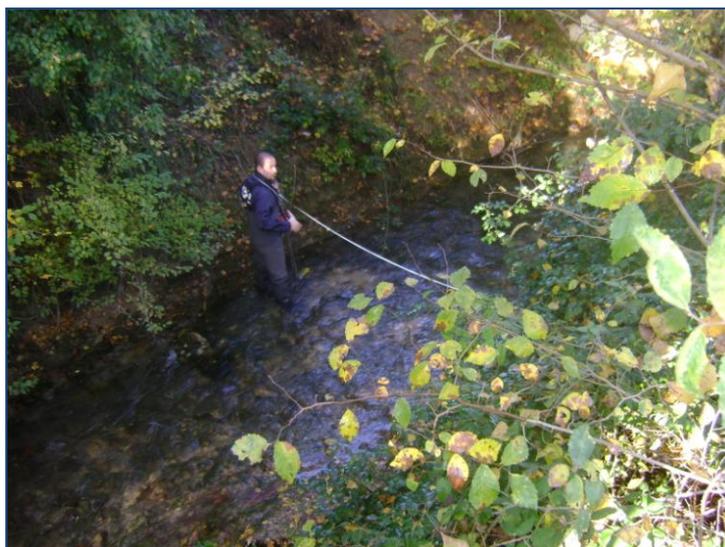


Fig. 24 – Sezione CG80 – A valle di Muccia

Prima della confluenza con il Chienti di Pieve Torina, è stata allestita una sezione di controllo solo nel mese di Novembre, per verificare l'eventualità di ulteriori derivazioni ipotizzate in Agosto. La sezione si trova a quota 410 metri ed ha come sigla CG90 (fig. 25). La portata misurata, di 327 L/s, consente di escludere, almeno in questo periodo, la presenza di derivazioni artificiali fra questa sezione e la precedente. A quota 412 metri il Chienti di Gelagna si unisce al Chienti di Pieve Torina per formare il Chienti.

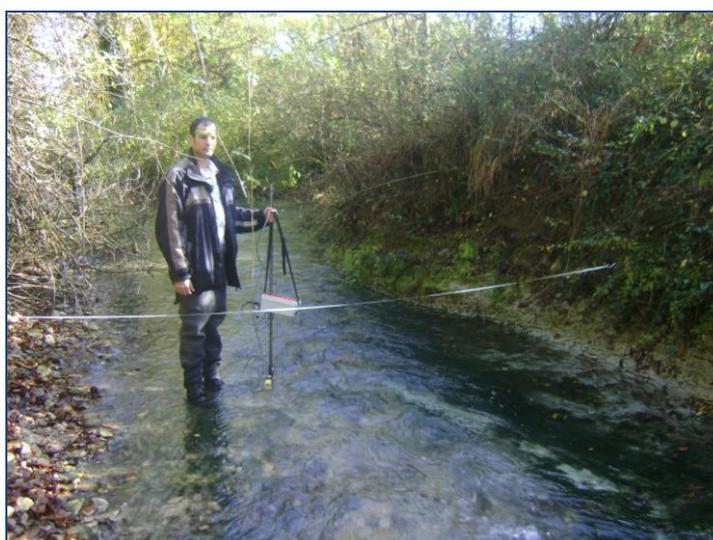


Fig. 25 – Sezione CG90 – Monte confluenza con il Chienti di Pieve Torina

5.3.2 CHIANTI DI PIEVE TORINA

Il Chianti di Pieve Torina nasce nella Val di Tazza, dalla sorgente Salette. La Sorgente S_F (fig. 26) Salette, è ubicata nella Val di Tazza, a quota 637 metri. Essa è captata dall'acquedotto di Pieve Torina e non è stato possibile effettuare direttamente la misura di portata. La sorgente è posta al contatto tra il complesso della Scaglia Calcarea e quello meno permeabile Calcarea – Marnoso.

A quote superiori della captazione della Sorgente Salette è assente il drenaggio in alveo. Il rilascio della captazione è situato pochi metri al di sotto della cabina di captazione e quello è il punto di inizio drenaggio del Fosso Val di Tazza, che riceve anche i contributi di un fosso che scende dal paese di S.S. Cosma e Damiano e della Sorgente Val di Tazza (pochi L/s) che si trova a quota 690 metri ed è siglata S_L (fig. 27). La captazione della sorgente è stata integrata da un sistema di pozzi ubicati nel tratto compreso tra la sorgente Salette e la confluenza con il fosso Corlano; per questo motivo si è deciso di allestire la prima sezione di misura a valle di tutte le captazioni per avere un valore più reale e preciso.

Il valore totale della captazione può variare da un minimo di 25 L/s ad un massimo di circa 80 L/s (ATO 3, 1999).



Fig. 26 – Sorgente Salette S_F

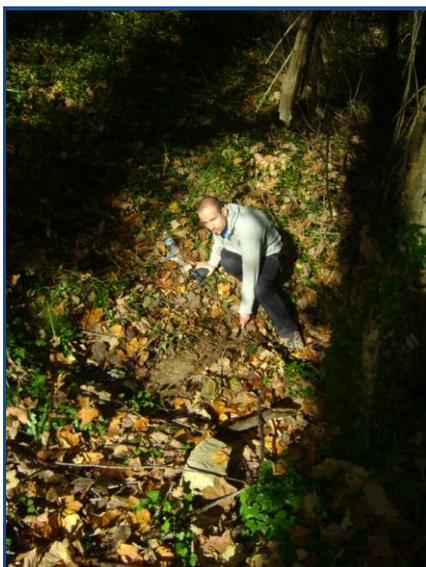


Fig. 27 – Sorgente S_L, Val di Tazza.

La prima sezione è stata effettuata quindi a quota 583 con sigla CP10 (fig. 28), i risultati avutisi dovrebbero coincidere con l'entità del rilascio delle sorgenti Salette. Si sono misurati valori di 75 L/s nel mese di Agosto e 37 L/s nel mese di Novembre.

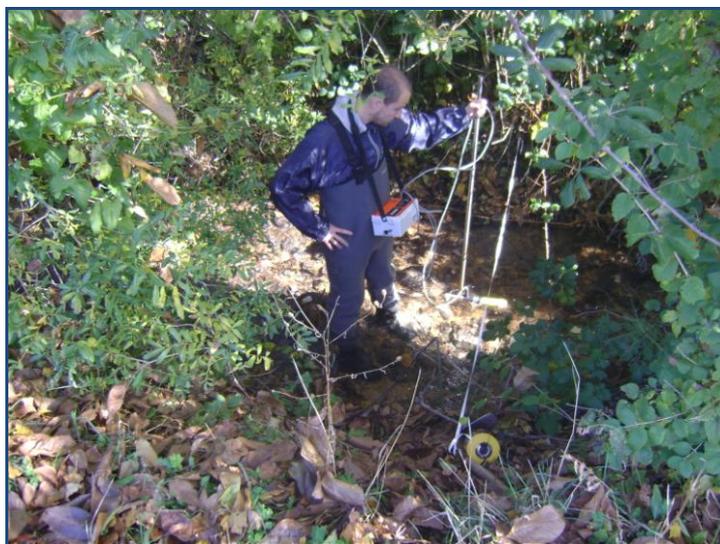


Fig. 28– Sezione CP10 – Fosso Val di Tazza

Poco più a valle il Fosso Val di Tazza incontra il Fosso Corlano che nasce da sorgenti situate nei pressi di Colle Corlano e nei pressi di Aschio, dove è stata censita nel mese

di Novembre una sorgente captata, 5 L/s (ATO 3, 1999), S_M (fig. 29), a quota 860 metri.



Fig. 29 – *Sorgente S_M, Aschio.*

La portata di questo fosso è condizionata molto dalle precipitazioni, infatti dalla misura fatta nella sezione CP20 (fig. 30) a quota 580 si osserva come nel mese di Agosto, quando le precipitazioni sono del tutto assenti, la portata è di circa 10 volte inferiore di quella misurata a Novembre (4 e 39 L/s).



Fig. 30 – *Sezione CP20 – Fosso Corlano*

Dopo la confluenza tra Fosso Corlano e Fosso Val di Tazza il corso d'acqua prende il nome di Fosso di Capriglia; sono state effettuate 2 misure di controllo, nel mese di

Novembre in corrispondenza della CP23 (quota 576 e portata di 76 L/s) e della CP25 (quota 567 e portata di 71 L/s). Le portate misurate non hanno evidenziato particolari situazioni di interesse. Procedendo sulla S.S. 209 si arriva nei pressi di Capriglia dove il fiume entra nel complesso della Scaglia, in corrispondenza della sezione CP30 (fig. 31) situata a quota 538 metri. Si misurano nel mese di Agosto 79 L/s, mentre nel mese di Novembre 65 L/s.



Fig. 31 – Sezione CP30 - Capriglia

Mentre la valle si stringe e si rientra nella dorsale carbonatica, il Fosso di Capriglia prosegue scendendo di quota fino ad arrivare a quota 519 metri dove è stata effettuata la misura di portata con sigla CP40 (fig. 32), Madonna di Caspreano in corrispondenza dell'affioramento delle Marne a Fucoidi. Le portate misurate nel mese di Agosto è pari a 128 L/s, mentre nel mese di Novembre è di 89 L/s.

Il Fosso Capriglia da questo punto, dopo la confluenza con il Torrente Vallicello nella Valle San Benedetto che è risultato secco in entrambe le campagne, prende il nome di Chienti di Pieve Torina.

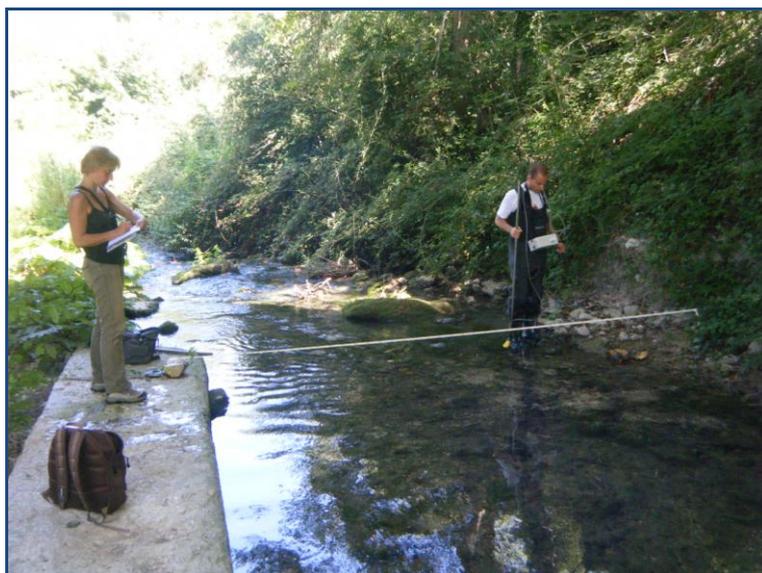


Fig. 32 – Sezione CP40 – Madonna di Caspreano

Esso nei pressi di Madonna di Caspreano entra nel complesso della Maiolica, dove riceve il contributo della sorgente “La Peschiera”.

Essa si trova a quota 517 e ha come sigla S_E (fig. 33). Di questa sorgente è stata allestita anche la sezione per la misura di portata ,CP 60 (fig. 34): nel mese di Agosto erogava circa 312 L/s, mentre nel mese di Novembre 162 L/s.



Fig. 33 – Sorgente La Peschiera S_E



Fig. 34 – Sezione CP60 – “La Peschiera”

A monte della confluenza con “La Peschiera” è stata effettuata una misura di controllo che ha come sigla CP50, a quota 516, con valori di portata ad Agosto pari a 131 L/s e ad Agosto di 106 L/s. Poco più a valle, a quota 499 è stata allestita la sezione CP70 (fig. 35) Madonna di Carpineto, in corrispondenza del passaggio Maiolica – Marne a Fucoidi.

I valori di portata nel mese di Agosto sono pari a 698 L/s e nel mese di Novembre di 585 L/s, compreso l’apporto della sorgente “La Peschiera”.



Fig. 35 – Sezione CP70 – Madonna di Carpineto

L'ultima sezione prima della confluenza con il Torrente Sant'Angelo è stata effettuata poco prima di entrare nell'abitato di Pieve Torina nei pressi di Roti, sezione CP80 (fig. 36) a quota 478, Roti, nel complesso calcareo – marnoso, per verificare un eventuale contributo da parte della falda della Scaglia Calcareo.



Fig. 36 – Sezione CP80 – Roti

In corrispondenza di Pieve Torina il Chienti riceve il contributo dell'affluente di sinistra: il Torrente Sant'Angelo.

Entrando nel paese di Pieve Torina e prendendo il bivio per Le Rote si sale per circa 6 Km dove in Località Centare è stata censita nel mese di Novembre una sorgente, S_N (fig. 37), che si trova a quota 816 metri ed ha una portata di 7 L/s.



Fig. 37 – Sorgente S_N, Centare.

Il drenaggio in alveo del Torrente Sant'Angelo ha inizio a quota 700 metri.

La prima sezione di misura della portata è stata ubicata nella frazione appunto de “Le Rote”, la sigla della sezione è CP90 (fig. 38) e si trova a quota 695 metri. Ad Agosto la portata era di 48 L/s, mentre nel mese di Novembre di 32 L/s.



Fig. 38 – Sezione CP90 – Le Rote

Scendendo di quota fino al cimitero il torrente scorre nel complesso della Maiolica, fino alla sezione denominata CP100 (fig. 39) a quota 647. Nel mese di Agosto sono stati misurati 96 L/s, nel mese di Novembre 37 L/s.



Fig. 39 – Sezione CP100 – A valle del cimitero

Proseguendo verso Pieve Torina si giunge al paese di Fiume dove il Torrente Sant'Angelo aziona un mulino, la sezione è stata allestita a monte di una derivazione per uso agricolo. Ha come sigla CP110 (fig. 40) e si trova a quota 628, nel mese di Agosto si hanno 132 L/s, mentre nel mese di Novembre 81 L/s. Questa sezione è ubicata all'uscita del corso d'acqua dalla dorsale di Monte Massa. A Fiume è stata censita la sorgente S_D (fig. 41), essa si trova a quota 629 ed è una sorgente che viene utilizzata come fontanile e lavatoio. La portata di questa sorgente è di circa 3 L/s ed è compresa nella portata misurata nella sezione CP110.

Pochi metri più a valle, sempre nell'abitato di Fiume, dopo la derivazione è stato effettuata una misura di portata per valutare l'entità dell'acqua derivata. La sezione ha come sigla CP120 (fig. 40) e si trova a quota 627 metri. Ad Agosto si sono misurati 92 L/s, nel mese di Novembre 67 L/s.



Fig. 40 – A sinistra sezione CP110 – Fiume monte derivazione;
a destra sezione CP120 – Fiume a valle derivazione.



Fig. 41 – *Sorgente Fiume S_D, lavatoio e fontanile.*

A valle di Fiume il Torrente Sant'Angelo entra nella dorsale Monte di Muccia – Monte Fema incidendo delle profonde gole nella Scaglia fino al paese di Pieve Torina, dove in località “La Rocca” è stata allestita la sezione CP130 (fig. 42) a quota 488; qui dove è stata misurata una portata di 127 L/s nel mese di Agosto e di 94 L/s nel mese di Novembre.



Fig. 42 – *Sezione CP130 – “La Rocca”*

Il Chienti di Pieve Torina, ricevuto il Torrente Sant'Angelo, prosegue fino a quota 448 metri dove è stata allestita la sezione CP140 (fig. 43), Lucciano, che nel mese di Agosto presentava una portata di 1074 L/s mentre nel mese di Novembre di 793 L/s.



Fig. 43 – Sezione CP140 – Lucciano

Le sezione successiva si trova poco prima della confluenza con il Chienti di Gelagna, e come la CG90 essa è stata allestita solo nel mese di Novembre, come misura di controllo. La sua sigla è CP150 (fig. 44), si trova a quota 410 metri ed ha una portata di 583 L/s.



Fig. 44 – Sezione CP150 – Monte confluenza con Chienti di Gelagna

A valle della confluenza tra il ramo del Chienti di Gelagna e il ramo del Chienti di Pieve Torina, dove il corso d'acqua prende definitivamente il nome di Chienti che mantiene fino alla foce in Adriatico, è stata eseguita una misura di portata finale, comprensiva dei due rami del Chienti. La sezione siglata SZF (fig. 45) si trova a quota 405 metri ed è stata allestita nei pressi di Ponte La Trave. La portata misurata nel mese di Agosto è pari a 1240, nel mese di Novembre a 896 L/s.

Circa un km più a valle di questa sezione il Chienti sfocia nel lago artificiale di Polverina, dove nei pressi della diga chiude il suo bacino idrografico. Un altro Torrente che s'immette nel lago di Polverina è il Torrente Fornace.



Fig. 45 – Sezione SZF – Ponte La Trave

5.3.3 TORRENTE FORNACE

Il Torrente Fornace, affluente naturale del Chienti, sfocia nel lago artificiale di Polverina.

Esso nasce da due aree sorgive poste alle pendici di uno sperone calcareo a monte del paese di Pievebovigliana.

Con S_G (fig. 46) è siglata la Sorgente di Boccafornace, a quota 460 metri, che ha una portata non misurabile direttamente, in quanto emerge all'interno di un lago artificiale (Lago di Boccafornace), da cui parte una condotta che convoglia l'intera portata della sorgente verso una centralina posta più a valle per la produzione di energia elettrica. L'emergenza più alta è ubicata nei pressi di un inghiottitoio carsico, che si attiva in corrispondenza eventi piovosi di particolare intensità. In questo punto sono stati eseguiti i campionamenti e la determinazione dei parametri chimico – fisici.



Fig. 46 – *Sorgente di Boccafornace, a sinistra la sorgente, a destra il lago artificiale.*

La prima sezione F10 (fig. 47) è stata allestita in prossimità della centralina idroelettrica e misura la portata del troppo pieno della condotta. La sezione si trova a quota 442 metri e sia nel mese di Agosto, che nel mese di Novembre ha una portata di 18 L/s.



Fig. 47– Sezione F10 – Torrente Boccafornace

La Sorgente S_G (fig. 48), Capodacqua inizia il suo drenaggio lungo l'alveo di un fosso a quota 460 metri in corrispondenza dell'impianto di captazione che preleva 10 L/s (ATO 3, 1999). La sua portata, misurata più a valle nella sezione F20 (fig. 49) nei pressi del campo sportivo di Pievebovigliana, a quota 438 metri, prima della confluenza con il Torrente di Boccafornace, nel mese di Agosto è stata di circa 360 L/s, mentre nel mese di Novembre di circa 300 L/s.



Fig. 48 – Sorgente Capodacqua S_H



Fig. 49 – Sezione F20 - Capodacqua

Pochi metri più a valle, dopo la confluenza con il Torrente di Boccafornace, è stata effettuata la terza misura. La sigla della sezione è F30 (fig. 50) e si trova a quota 436 metri. Si ha una portata complessiva delle due sorgenti nel mese di Agosto di 800 L/s e nel mese di Novembre di 936 L/s.



Fig. 50 – Sezione F30 – Torrente Fornace (Campo Sportivo)

Entrando nel paese di Pieveboggiana e solo nel mese di Novembre è stata misurata anche la portata del Torrente Rio, affluente di destra del Torrente Fornace, che ad Agosto era secco; la portata calcolata è di 15 L/s. La sua sigla è F35 e la sua quota 435 metri.

A quota 425 metri è stata allestita l'ultima misura di portata del Fornace, nei pressi di Case Rancia. La sua sigla è F40 (fig. 51). Nel mese di Agosto si ha una portata di 797 L/s, nel mese di Novembre di 953 L/s. A valle della sezione F40 parte della portata del Torrente Fornace viene derivata fino alla centrale idroelettrica di "Mulino Beldiletto", l'intera portata del Torrente Fornace confluisce a quota 396 metri nel lago artificiale di Polverina, distante circa 1,5 km.



Fig. 51 – Sezione F40 – Torrente Fornace (Case Rancia)

In una frazione di Pievebovigliana, Frontillo di Sopra è stata censita nel mese di Novembre una sorgente captata, S_I (fig. 52) a quota 588 metri, nei pressi di un fontanile.



Fig. 52 – Sorgente S_I, Frontillo di Sopra.

6. ELABORAZIONE DEI DATI RACCOLTI

Tutti i dati idrogeologici rilevati nelle due campagne di misura sono stati elaborati ed interpretati allo scopo di :

- ricostruire la portata naturale dei corsi d'acqua tenendo conto delle derivazioni e captazioni censite;
- individuare dei tratti di alveo drenanti e valutare la portata delle sorgenti lineari.

6.1 RICOSTRUZIONE DELLA PORTATA NATURALE

Per la corretta valutazione e la gestione delle risorse idriche presenti nell'alto bacino del Chienti si è proceduto a censire e ubicare tutte le derivazioni presenti sul ramo del Chienti di Gelagna, su quello di Pieve Torina e suoi affluenti, e su quello del Torrente Fornace.

Misure di portata opportunamente ubicate a monte e a valle delle derivazioni censite hanno consentito di valutare l'entità dell'acqua derivata affinché questo possa rendere più facile la ricostruzione della portata naturale.

Tutte le derivazioni riconosciute sono state ubicate nella Carta Idrologica (Allegato 1). Dove sono indicati i punti di derivazione, di restituzione e i canali di derivazione, sia in superficie che in condotta sotterranea con specifica simbologia.

Nel Chienti di Gelagna, la prima derivazione incontrata durante il rilevamento di campagna si trova a monte del paese di Muccia, dove l'acqua prelevata, scorre in un canale artificiale che alimenta un lavatoio e viene restituita subito a valle dopo l'abitato di Muccia dove in passato alimentava un mulino. Questa derivazione preleva soltanto una parte dell'acqua presente nell'alveo naturale che ha una portata compresa fra 614 L/s (Agosto) e 355 L/s (Novembre).

Sul Torrente Sant'Angelo, affluente del Chienti di Pieve Torina, nei pressi di Fiume è presente una derivazione che preleva nel mese di Agosto circa 40 L/s e nel mese di Novembre circa 15 L/s. L'acqua attraverso condotte interrato raggiunge i paesi di Seggiole e Col di Giove, dove alimenta due bacini artificiali ad uso irriguo.

Presso il lago di Boccafornace, al di sotto della diga in cemento è presente una condotta in acciaio che preleva le acque del lago e le conduce in una centrale

idroelettrica situata più a valle. In questa derivazione tutto ciò che viene derivato viene restituito a valle della centrale nei pressi del campo sportivo di Pievebovigliana. Questa derivazione (420 L/s nel mese di Agosto e di circa 610 L/s nel mese di Novembre) preleva l'intera portata della sorgente di Boccafornace, infatti nell'alveo naturale restano circa 20 L/s

Presso Capodacqua, dove è presente la sorgente S_H si trova una cabina di captazione dove vengono prelevati 10 L/s che sono fonte dell'acquedotto di Pievebovigliana.

Un'altra captazione presente presso Val di Tazza, e fa riferimento la sorgente Salette S_F. In ques'area è presente un campo pozzi Salette A che preleva acqua dalla falda sotterranea, circa 22 L/s ed ha un uso periodico, un altro campo pozzi è quello di Salette B che preleva acqua sempre in falda sotterranea, circa 30 L/s ed ha un uso occasionale, mentre dalla Sorgente Salette vengono prelevati 25 L/s per uso continuo (ATO 3, 1999).

6.2 INDIVIDUAZIONE DELLE PRINCIPALI SORGENTI

Tenendo conto dello schema delle derivazioni descritto nell'area in esame sono stati riconosciuti 12 tratti di alveo drenati corrispondenti a 12 *sorgenti lineari*. Inoltre sono state censite 4 sorgenti puntuali con portata considerevole. Nella tabella 3 vengono riportate le principali sorgenti riconosciute, con le loro sigle, quote, denominazione del tratto drenante e portate misurate. I valori riportati mettono in evidenza che la maggior parte delle sorgenti rilevate presenta valori di portata molto differenti fra i due periodi di rilevamento.

Alcune sorgenti (Sorgenti 1 – 4 – 11) nel mese di novembre non sono risultate attive.

Le sorgenti lineari sono rappresentate nella “Carta Idrogeologica” allegata (Allegato 2), esse sono rappresentate da un triangolo di colore blu, che presenta tre classi di grandezze a seconda della portata rappresentata. Quando l'incremento è stato notato solo nel mese di Agosto il triangolo non presenta il riempimento interno colorato.

Le sorgenti puntuali sono anch'esse indicate nella “Carta Idrogeologica” allegata e sono rappresentate da un cerchio di colore blu, che come per le sorgenti lineari presenta tre classi di grandezze a seconda della portata rappresentata. Quando la sorgente è stata rilevata in una sola campagna il cerchio non presenta il riempimento interno colorato.

Le sezioni di misura della portata sono state ubicate in corrispondenza degli affioramenti dei Complessi Idrogeologici con ruolo di acquiclude o in corrispondenza dei fronti di sovrascorrimento che chiudono idraulicamente le dorsali.

E' quindi possibile individuare il complesso idrogeologico da cui emerge l'acqua sotterranea che alimenta le sorgenti lineari e puntuali individuate.

Dall'ultima colonna della Tabella 3 appare evidente che la maggior parte delle sorgenti è presente nel complesso della Scaglia Calcarea, ma le sorgenti con portata maggiore emergono prevalentemente nei complessi della Maiolica e Corniola – Calcarea Massiccio.

Fa eccezione il duplice sistema sorgivo del Torrente Fornace (Sorgente Capodacqua e Sorgente Boccafornace) in cui emerge la portata maggiore di tutto il bacino (800 L/s in Agosto e 960 L/s in Novembre) esclusa la captazione di Capodacqua, ed è ubicato nel complesso della Scaglia Calcarea.

Oltre agli incrementi lungo l'alveo del fiume sono stati individuati anche tratti in cui si assiste a un decremento di portata dovuto principalmente a motivi idrogeologici e relativamente a motivi antropici. I valori negativi indicano che il tratto di alveo considerato alimenta la falda sotterranea; questo fenomeno si verifica quando la quota di saturazione dell'acquifero sottostante è inferiore alla quota dell'alveo. Nell'area in esame lungo il Chienti di Gelagna sono stati riconosciuti due tratti in cui si rilevano decrementi di portata (tab. 4)

Il primo tratto si trova tra le quote 655 e 520 metri, tra le sezioni di Fonte Cagnolo (CG20) e Serravalle (CG30), infatti si ha un decremento di 120 L/s nel mese di Agosto e di 20 L/s nel mese di Novembre. Un altro decremento si ha tra le quote 520 e 475 metri tra Ponte Case Acqua Moscia e Monte di Muccia, in cui si ha un decremento di 90 L/s nel mese di Agosto e di 10 L/s nel mese di Novembre.

Questi dati andrebbero comunque confermati da una serie più lunga di misure, in quanto il basso valore del decremento potrebbe rientrare nell'ordine di grandezza dell'errore di misura (circa il 10%).

Nel mese di Agosto tra Ponte di Giove e la confluenza con il Chienti di Pieve Torina e tra Lucciano e la confluenza con Chienti di Gelagna si è assistito ad un decremento, misurato a Ponte La Trave, di circa 450 L/s. Inizialmente si è pensato alla presenza di una probabile derivazione che prelevasse una così alta quantità di acqua, ma nel mese di Novembre sul ramo del Chienti di Gelagna il decremento è risultato di circa 30 L/s mentre sul ramo del Chienti di Pieve Torina di 230 L/s. Questa situazione non molto chiara fino al mese di Novembre è stata risolta con un nuovo sopralluogo nel mese di Dicembre, quando le portate dei due corsi d'acqua non hanno presentato nessun decremento. I tratti interessati sono stati analizzati approfonditamente ed è risultato che non è presente nessuna derivazione sui 2 rami interessati, ma dall'analisi effettuata si è potuta osservare la numerosa quantità di pompe per uso agricolo presenti nell'alveo dei due corsi d'acqua. Maggiormente interessato da questo fenomeno è stato il ramo del Chienti di Pieve Torina che attraversa una vasta area in cui sono presenti campi da coltivazione nei quali si è notata la presenza di numerosi pozzi.

Per cui, da quanto visto ed analizzato nel mese di Dicembre si è potuto ipotizzare che nei mesi estivi in cui le piogge sono scarse, il decremento risulta più elevato per l'attingimento per uso agricolo, nel mese di Novembre con l'arrivo delle prime piogge

autunnali l'attingimento diminuisce e di conseguenza anche il decremento e nel mese di Dicembre quando le piogge sono molto frequenti, soprattutto nel periodo in cui è stato effettuato il sopralluogo, non urge il bisogno di attingere acqua e per questo motivo non risulta nessun decremento.

SIGLA	QUOTA	SORGENTE	TIPOLOGIA	PORTATE (L/s)		COMPLESSO IDROG.
				AGO	NOV	
1	750 - 655	<i>Chienti di Gelagna tra Galleria La Botte e Fonte Cagnolo</i>	Lineare	240	15	Maiolica
2	620 - 593	<i>Chienti di Gelagna tra Serravalle e Bavareto</i>	Lineare	115	0	Maiolica
3	593 - 575	<i>Chienti di Gelagna tra Bavareto e Ponte di Gelagna</i>	Lineare	310	265	Corniola - Calcarea Massiccio
4	575 - 535	<i>Chienti di Gelagna tra Ponte di Gelagna e Gelagna Bassa</i>	Lineare	70	0	Scaglia Calcarea
5	475 - 437	<i>Chienti di Gelagna tra monte di Muccia e valle di Muccia</i>	Lineare	90	45	Scaglia Calcarea
6	637	<i>Fosso Val di Tazza contributo Sorgente Salette</i>	Puntuale	75	35	Scaglia Calcarea
7	538 - 519	<i>Chienti di Pieve Torina tra Capriglia e Madonna di Caspreano</i>	Lineare	50	25	Scaglia Calcarea
8	517	<i>La Peschiera</i>	Puntuale	310	160	Maiolica
9	519 - 499	<i>Chienti di Pieve Torina tra Madonna di Caspreano e Madonna di Carpineto escluso il contributo della sorgente La Peschiera</i>	Lineare	260	335	Maiolica
10	659	<i>Inizio drenaggio Torrente Sant'Angelo - Le Rote</i>	Lineare	50	30	Scaglia Calcarea
11	659 - 647	<i>Torrente Sant'Angelo tra Le Rote e a valle del cimitero</i>	Lineare	50	0	Maiolica
12	647 - 628	<i>Torrente Sant'Angelo tra a valle del cimitero e Fiume monte derivazione</i>	Lineare	35	45	Scaglia Calcarea
13	627 - 488	<i>Torrente Sant'Angelo tra a valle derivazione (Fiume) e La rocca</i>	Lineare	35	30	Scaglia Calcarea
14	478 - 448	<i>Chienti di Pieve Torina tra Roti e Lucciano escluso il contributo del Torrente Sant'Angelo</i>	Lineare	230	165	Scaglia Calcarea
15	460	<i>Capodacqua</i>	Puntuale	360	305	Scaglia Calcarea
16	470	<i>Boccaformace</i>	Puntuale	440	635	Scaglia Calcarea

Tab. 3 – Sorgenti riconosciute con sigla, quota, denominazione del tratto drenante e portata

QUOTA (m)	TRATTO	PORTATA (L/s)		COMPLESSO IDROG.
		AGO	NOV	
655 – 620	<i>Chienti di Gelagna tra Fonte Cagnolo e Serravalle</i>	- 120	- 20	Scaglia Calcarea
520 – 475	<i>Chienti di Gelagna tra Ponte Case Acqua Moscia e monte di Muccia</i>	- 90	- 10	Maiolica

Tab. 4 – Tabella dei decrementi di portata in alveo

Anche se i dati disponibili non sono sufficienti per delineare con pochi margini d'errore il regime di erogazione delle emergenze naturali si è cercato di ricostruire l'andamento di portata sia del Chienti di Gelagna, del Chienti di Pieve Torina e del Torrente Sant'Angelo. Nei grafici (fig. 53 – 54 – 55) che seguono si evidenzia l'andamento dei tre corsi d'acqua considerati, in particolare, gli aumenti e i decrementi. Il corso del Chienti di Gelagna è stato considerato da Colfiorito, ovvero dalla prima misura effettuata, alla sezione CG80 a valle di Muccia per avere corrispondenza con le stesse sezioni di Agosto. Dai grafici è possibile osservare come su questo ramo ci siano sia degli aumenti che dei decrementi; si nota anche come pur avendo lo stesso andamento nei 2 mesi considerati ci sono delle discrete differenze di portata, infatti si può dire che la portata in generale ad Agosto è circa il doppio di quella di novembre. Per lo stesso motivo per cui sono state scelte le sezioni sul ramo appena analizzato, sul ramo del Chienti di Pieve Torina è stato considerato il tratto che va da Capriglia a Lucciano, escluso il Torrente Sant'Angelo e la sorgente “La Peschiera”; di essi comunque è possibile osservare gli aumenti di portata sul grafico in corrispondenza della sezione CP70 e CP140. Su questo ramo non si notano diminuzioni di portata significative, e si nota che l'andamento della portata nei mesi di Agosto e Novembre è nel primo tratto simile, per poi differenziarsi leggermente. Per il Torrente Sant'Angelo sono state scelte tutte le sezioni dall'inizio drenaggio, dalla CP90 alla CP130; ben visibile sul grafico è (primo incremento) l'inizio del drenaggio nella dorsale Monte di Massa e poi il secondo incremento fino a “La Rocca” nei pressi di Pieve Torina.

Il decremento visibile dal grafico è dovuto alla derivazione per uso agricolo nei pressi di Fiume; la quantità di acqua derivata non viene restituita.

Come si può vedere dai grafici gli incrementi principali si trovano tutti in corrispondenza della dorsale Monte di Muccia – Monte Fema. In tutti e tre i rami è ben visibile come le portate nel mese di Novembre sono inferiori a quelle di Agosto, questo fenomeno può indicare che molto probabilmente anche se ci si trova in un mese autunnale e quindi con precipitazioni maggiori di un mese estivo, il flusso di base si trova in prossimità del suo livello minimo. Mentre nel mese di Agosto contrariamente a quanto si pensava l'acquifero era ancora nella sua all'inizio della fase di esaurimento.

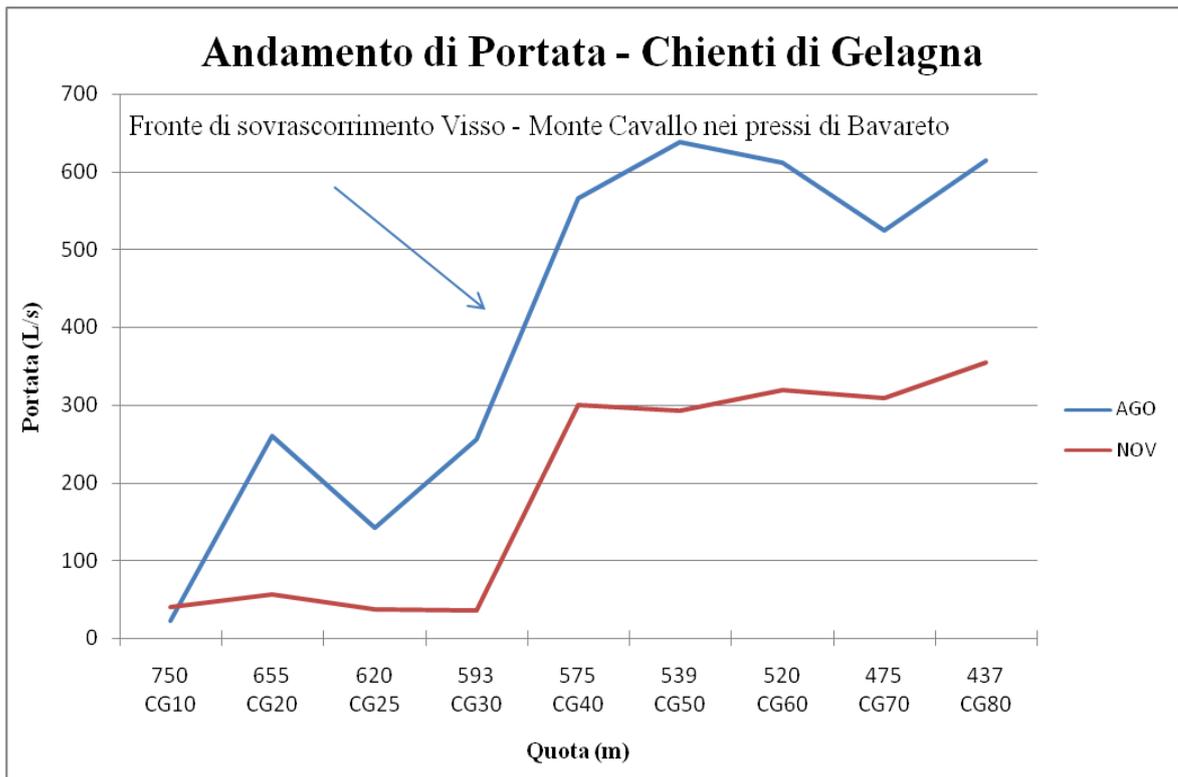


Fig. 53 – Andamento di portata del Chienti di Gelagna da Colfiorito a valle di Muccia

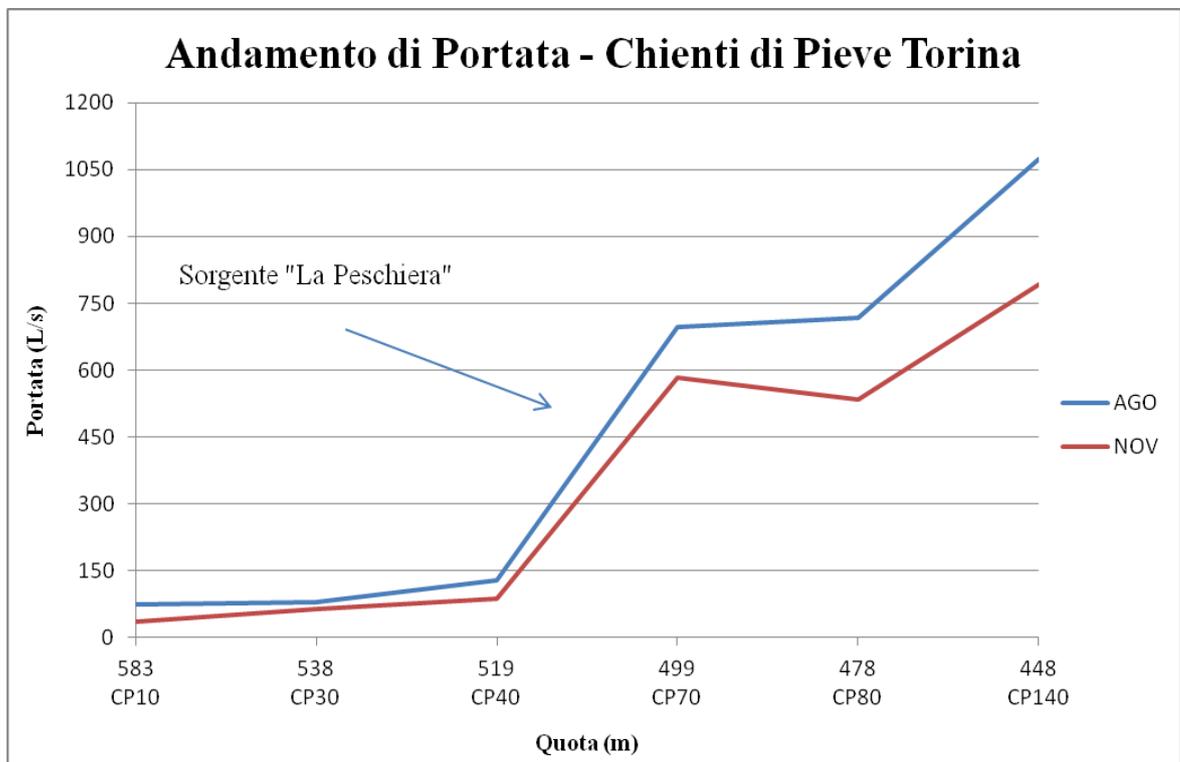


Fig. 54 – Andamento di portata del Chienti di Pieve Torina da Capriglia a Lucciano (Pieve Torina)

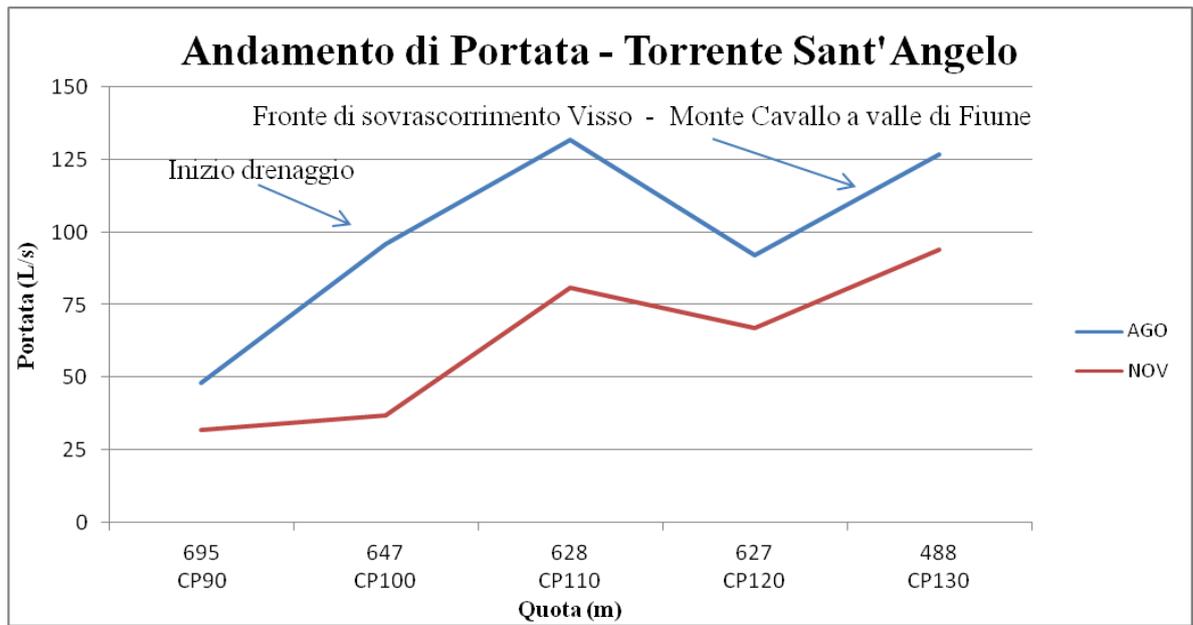


Fig. 55 – Andamento di portata del Torrente Sant' Angelo dall'inizio drenaggio a "La Rocca" (Pieve Torina)

6.3 REDAZIONE DELLA CARTA IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA

Tutti i dati raccolti durante il periodo di rilevamento hanno portato alla realizzazione della carta idrologica (Allegato 1); la loro elaborazione e interpretazione ha consentito la successiva realizzazione della carta idrogeologica (Allegato 2), entrambe alla scala 1:20.000.

La **carta idrologica** è stata costruita mettendo insieme 14 sezioni della Carta Tecnica Regionale delle Marche con scala 1:10.000, elencate nel Capitolo 1 di questo lavoro. L'operazione di unione e di redazione della carta è stata realizzata attraverso il *software* "AUTOCAD 2010" con un accurato lavoro di precisione. Successivamente è stato tracciato il reticolo idrografico in esame e il suo bacino idrografico.

Poi si è passati all'inserimento delle sezioni di misura delle portate censite e delle sorgenti con le rispettive informazioni riportate in tabelle.

Nella carta sono state inserite le derivazioni, le restituzioni, le centrali idroelettriche, i laghi artificiali e le stazioni idrometriche presenti nell'area, già descritte nei paragrafi precedenti.

Questa carta è stata successivamente utilizzata come base per la **carta idrogeologica**, dove sono riportati tutti i complessi idrogeologici presenti nell'area. Essi sono il risultato di un lavoro di raggruppamento, sulla base delle stesse caratteristiche idrogeologiche, di tutte le formazioni geologiche affioranti riportate nella Carta Geologica della Regione Marche con scala 1:10.000.

Ciascuna formazione affiorante, infatti, è stata attribuita ad uno specifico complesso idrogeologico in base al grado di attitudine ad assorbire ed immagazzinare le acque meteoriche.

Sono stati individuati 9 complessi idrogeologici che vengono indicati in carta con colori

convenzionali:

- i toni rosati indicano affioramenti di litotipi dotati di una buona capacità di assorbire ed immagazzinare le acque meteoriche, che costituiscono le aree di ricarica degli acquiferi carbonatici regionali;
- i toni di grigio corrispondono agli affioramenti di litotipi caratterizzati da scarsa permeabilità e assumono prevalentemente il ruolo di aquiclude;

- con il celeste i depositi alluvionali (rappresentati da retinati) corrispondono agli affioramenti delle formazioni prevalentemente continentali costituite da depositi di copertura e travertini, con attitudine all'assorbimento delle acque variabile in funzione dell'incidenza del loro contenuto limoso e argilloso;
- il colore arancione indica i depositi detritici e quello giallo il complesso marnoso – arenaceo.

Per ciascun complesso le principali caratteristiche sono descritte nella legenda della carta.

Nella carta oltre ai complessi sono presenti i principali lineamenti strutturali (faglie e sovrascorrimenti), che assumono, nell'assetto idrogeologico ricostruito, importanti ruoli idrogeologici. In linea generale i fronti di sovrascorrimento regionale corrispondono a barriere idrauliche a cui si può attribuire la natura di limite a flusso nullo; le faglie dirette, prevalenti sui fianchi occidentali delle dorsali, favoriscono lo scambio idrico fra strutture adiacenti e costituiscono linee di drenaggio preferenziale per la circolazione idrica profonda.

Nella carta vengono riportate tutte le sorgenti rilevate. Le sorgenti puntuali sono segnate con un cerchio blu. Il colore pieno, indica le sorgenti attive nei due periodi di misura e il cerchio vuoto le sorgenti individuate in un solo periodo.

Le sorgenti lineari sono rappresentate da triangoli blu, che sono pieni nel caso nel caso in cui l'incremento è stato misurato dei due periodi di misura e sono vuoti nel caso in cui l'incremento è stato misurato solo nel mese di Agosto.

I decrementi di portata in alveo sono rappresentati con archi blu pieni.

La dimensione dei simboli delle sorgenti dipende dalla portata misurata; sono state individuate 3 classi di portate, la più piccola corrisponde a portate < 20 L/s, la media a portate comprese tra 20 L/s e 100 L/s e la più grande a portate > 100 L/s.

Con delle linee verde chiaro sono indicate le tracce dei 4 profili idrogeologici redatti alla scala 1:20.000 (Allegato 3).

PARTE TERZA

7. RICOSTRUZIONE DEL MODELLO IDROGEOLOGICO CONCETTUALE

Per la ricostruzione del modello idrogeologico concettuale si è proceduto inizialmente alla valutazione delle risorse idriche sotterranee attraverso l'individuazione della distribuzione territoriale delle sorgenti e la valutazione della portata totale erogata dalla stesse.

La portata totale delle sorgenti presenti nei 2 principali bacini idrografici (Chienti di Gelagna e Chienti di Pieve Torina) è stata confrontata con il regime mensile degli idrogrammi delle stazioni idrometriche del Chienti a Ponte di Giove (Chienti di Gelagna) e del Chienti a Pieve Torina (Chienti di Pieve Torina).

Per l'individuazione dei diversi acquiferi, per la ricostruzione della loro geometria superficiale e profonda si è proceduto alla realizzazione di 4 sezioni idrogeologiche (Allegato 3).

Infine si è cercato di valutare la potenzialità di ogni acquifero riconosciuto.

7.1 VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE E CONFRONTO CON IL FLUSSO DI BASE CALCOLATO CON LA SCOMPOSIZIONE DEGLI IDROGRAMMI DELLE STAZIONI IDROMETRICHE

Per la valutazione delle risorse idriche sotterranee sono stati considerati i valori delle portate delle sorgenti lineari e puntuali identificate nel territorio studiato.

Nel bacino del Chienti di Gelagna nel mese di Agosto emergono circa 620 L/s di cui 545 L/s dalla dorsale di Monte Igno e 75 L/s dalla dorsale di Monte di Muccia.

Nel mese di Novembre emergono totalmente circa 295 L/s di cui 260 L/s nella dorsale di Monte Igno e 35 L/s nella dorsale di Monte di Muccia. In particolare la sorgente più significativa (310 L/s nel mese di Agosto e 265 L/s nel mese di Novembre nel tratto tra Bavareto e Ponte di Gelagna) emerge nell'alveo del Chienti tra le quote 575 e 535 metri in corrispondenza del fronte di sovrascorrimento Visso – Monte Cavallo, che chiude idraulicamente la circolazione idrica sotterranea della dorsale di Monte Igno lungo il suo fianco orientale.

Nel bacino del Chienti di Pieve Torina nel mese di Agosto emergono circa 1090 L/s di cui 75 L/s dalla dorsale di Monte Fema, 50 L/s dalla dorsale di Monte di Capriglia, 570 L/s dalla dorsale di Monte Uschio e 230 L/s emergono nei pressi di Pieve Torina dal complesso calcareo – marnoso, dove la quota piezometrica molto probabilmente è prossima a quella della superficie topografica. Dalla dorsale Monte Costruzza – Monte di Giulio che drena il Torrente Sant'Angelo nel mese di Agosto emergono circa 170 L/s.

Nel mese di Novembre nel bacino del Chienti di Pieve Torina emergono circa 825 L/s, di cui 35 L/s dalla dorsale di Monte Fema, 25 L/s dalla dorsale di Monte di Capriglia, 495 L/s dalla dorsale di Monte Uschio e 165 L/s dalla sorgente lineare nei pressi di Pieve Torina.

Le principali emergenze sia lineari che puntuali si rinvencono tra quota 519 metri e 419 metri nell'area della sorgente "La Peschiera" con 570 L/s nel mese di Agosto e 495 L/s nel mese di Novembre, in corrispondenza della locale chiusura idraulica esercitata dal complesso delle Marne a Fucoidi nei confronti della circolazione idrica sotterranea che si svolge nel complesso della Maiolica.

Nel bacino del Torrente Fornace emergono complessivamente nel mese di Agosto circa 800 L/s e nel mese di Novembre circa 960 L/s, tutti in corrispondenza di 2 sorgenti puntuali (Capodacqua a quota 460, 360 L/s nel mese di Agosto e 305 L/s nel mese di Novembre; Boccafornace a quota 470 metri, 440 L/s nel mese di Agosto e 635 L/s nel mese di Novembre). Esse sono poste in corrispondenza della chiusura idraulica esercitata dal complesso Calcarea – Marnoso nei confronti della circolazione idrica sotterranea della Scaglia Calcarea.

Le risorse idriche sotterranee complessivamente valutate nell'area di studio e relative al periodo Agosto – Novembre variano da un minimo di circa 2000 L/s nel mese di Novembre ad un massimo di circa 2500 L/s nel mese di Agosto, di cui il 19% emerge nel bacino del Chienti di Gelagna, il 43% nel bacino del Chienti di Pieve Torina e il restante 38% nel Bacino del Torrente Fornace. Come si può vedere dai risultati ottenuti, le maggiori risorse idriche sotterranee emergono principalmente nei bacini del Chienti di Pieve Torina e del Torrente Fornace e soprattutto in prossimità di 3 importanti sorgenti dell'area di studio, che sono per il Chienti di Pieve Torina la sorgente “La Peschiera” e per il Torrente Fornace le sorgenti di “Capodacqua” e di “Boccafornace”. La bassa percentuale attribuita al bacino del Chienti di Gelagna non permette di ritenere quest'area quantitativamente significativa per lo sfruttamento della risorsa idrica.

La valutazione delle risorse idriche così ottenuta è stata confrontata con la valutazione della portata del flusso di base ottenuta dalla scomposizione degli idrogrammi mensili relativi alle stazioni idrometriche del Chienti a Ponte di Giove (relativa al ramo del Chienti di Gelagna e ubicata a quota 429 metri subito a valle di Muccia) e del Chienti a Pieve Torina (relativa al ramo del Chienti di Pieve Torina ubicata a quota 445 metri a valle della confluenza con il Torrente Sant'Angelo).

I più recenti studi di idrogeologia quantitativa hanno messo in evidenza che la portata dei corsi d'acqua appenninici è alimentata da due componenti che assumono diverso ruolo nel corso dell'anno:

- il ruscellamento, che si sviluppa esclusivamente sulla superficie dei bacini a seguito di precipitazioni meteoriche intense e prolungate;
- il flusso di base, esclusivamente alimentato dalle acque sotterranee che vengono a giorno attraverso sorgenti puntuali e lineari.

L'entità delle due principali componenti del deflusso, in un bacino idrografico, dipende almeno tre fattori dominanti:

- le caratteristiche geologiche del territorio: in particolare, la litologia delle rocce affioranti, l'assetto strutturale e le condizioni morfologiche;
- le caratteristiche climatiche della regione: in particolare, l'entità e il regime delle precipitazioni, la temperatura media nelle diverse stagioni;
- la gestione del territorio: in particolare, la protezione del suolo e del patrimonio forestale, lo sviluppo agricolo, la regolazione del deflusso di superficie e la gestione delle risorse idriche sotterranee (BONI et alii, 1993a).

Nei bacini appenninici, con superficie di qualche migliaio di km², il ruscellamento ha sempre carattere impulsivo e si esaurisce completamente pochi giorni dopo la fine della precipitazione che lo ha provocato. Dopo un determinato periodo più o meno lungo dalla fine dell'ultima pioggia, la portata dei corsi d'acqua è alimentata esclusivamente da acque sotterranee.

Nell'area in esame la portata di magra dei corsi d'acqua dipende sostanzialmente dalla portata erogata dalle sorgenti.

Lo studio delle risorse idriche utilizzabili in periodo estivo si pone, quindi, come principale obiettivo l'identificazione di tutte le emergenze naturali di acqua sotterranea che alimentano il flusso di base e l'analisi del loro regime di portata di breve periodo (stagionale) e di lungo periodo (cicli pluriennali) (BONI & RUISI, 2002).

Il metodo che si utilizza per distinguere il flusso di base dal ruscellamento è fondato sul principio elementare che, quando si esaurisce il ruscellamento, l'intera portata del corso d'acqua viene alimentata da acque sotterranee riferibili alla somma del flusso di base e del flusso ipodermico. Per avere dei valori attendibili è bene misurare la portata nel momento in cui cessa il ruscellamento. Prendendo in considerazione il clima dell'Italia centrale, periodi di aridità di 15 – 30 giorni ricorrono in ogni stagione e in ogni mese dell'anno. Per cui è possibile determinare in modo teorico la portata delle acque sotterranee in ogni mese a condizione di identificare i momenti più favorevoli che cadono alla fine dei periodi più aridi prolungati, quando si è completamente esaurito il ruscellamento.

Il “metodo delle portate mensili caratteristiche” (BONI et alii, 1993a) consiste nel selezionare e confrontare alcuni valori medi e minimi caratteristici, ricavati dall’analisi su lungo periodo delle portate giornaliere rilevate alle stazioni idrometriche del Servizio Idrografico di Stato.

Per la scomposizione vengono infatti selezionati, per ogni mese, due valori medi e due valori estremi della portata, che danno origine a quattro linee corrispondenti rispettivamente:

- linea A: media delle portate mensili, deflusso totale medio di ciascun mese dell’anno;
- linea B: media delle portate giornaliere minime (portata di magra ordinaria);
- linea C: minima delle portate mensili, flusso di base;
- linea D: minima delle portate giornaliere, minima portata registrata alla stazione idrometrica in tutto il periodo di attività.

Attribuendo un preciso significato idrologico ai valori prescelti, si ottiene un idrogramma mensile in cui la portata media viene scomposta in tre campi identificati come: ruscellamento calcolato (R) compreso fra la linea A e la linea B, flusso di base calcolato (FB) e campo indeterminato (CI), compreso fra i due precedenti (fra la linea B e la linea C). Per ruscellamento (R) si intende quella porzione di acqua meteorica che non penetra nel sottosuolo, ma scorre rapidamente sulla superficie dei bacini idrografici. Il flusso di base (FB) si identifica con il contributo delle acque sotterranee alla portata complessiva del corso d’acqua, corrispondente, con buona approssimazione, all’entità delle risorse idriche sotterranee.

Per descrivere il “metodo delle portate mensili caratteristiche” ed illustrare come si giunge alla valutazione del ruscellamento e del flusso di base si è fatto riferimento ai dati bibliografici riguardanti le stazioni idrometriche del Chienti di Gelagna a Ponte di Giove che ha funzionato dal 1953 al 1976 e del Chienti di Pieve a Pieve Torina che ha funzionato negli anni 1939 – 1940, 1948, 1953 – 1976 (BONI et alii, 1993b).

Clienti di Gelagna a Ponte di Giove (429 m. s.l.m) - Periodo di osservazione 1953 - 1976												
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Linea A	2,02	2,31	2,36	2,24	1,75	1,32	0,92	0,71	0,61	0,76	1,02	1,66
Linea B	1,28	1,21	1,57	1,53	1,28	1,03	0,75	0,62	0,49	0,44	0,61	0,98
Linea C	0,23	0,23	0,38	0,43	0,35	0,20	0,09	0,09	0,09	0,09	0,21	0,21
Linea D	0,14	0,14	0,13	0,21	0,22	0,11	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,15
Ruscigliamento (A-B)	0,74	1,10	0,79	0,71	0,47	0,29	0,17	0,09	0,12	0,32	0,41	0,68
Campo indeterminato (B-C)	1,05	0,98	1,19	1,10	0,93	0,83	0,66	0,53	0,40	0,35	0,40	0,77
Flusso di base (C)	0,23	0,23	0,38	0,43	0,35	0,20	0,09	0,09	0,09	0,09	0,21	0,21

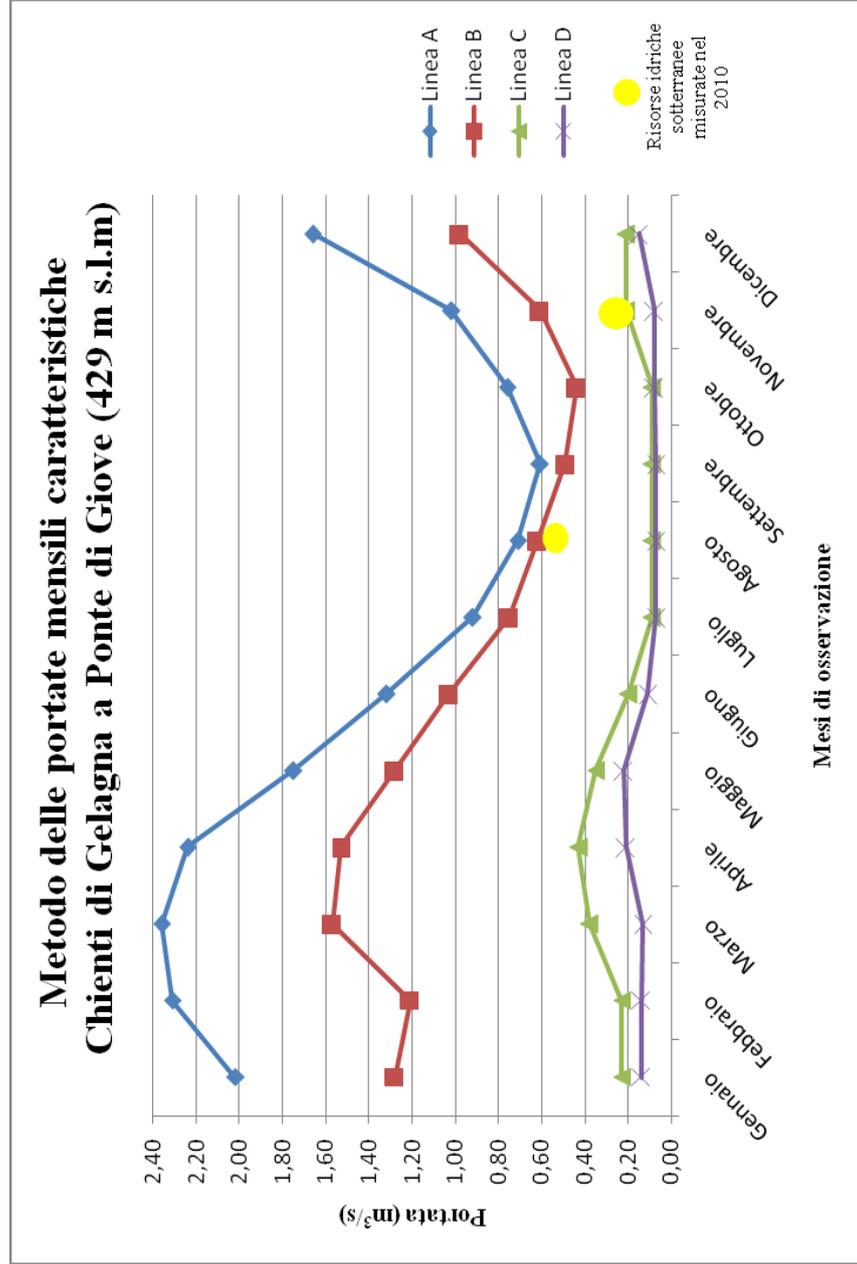


Fig. 56 – Scomposizione dell'idrogramma relativo alla stazione di Ponte di Giove effettuata secondo il "Metodo delle portate mensili caratteristiche" (BONI et alii, 1993b).

Clienti di Pieve Torina a Lucciano (445 m.s.l.m.) - Periodo di osservazione 1939 - 1940, 1948, 1953 - 1976												
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
Linea A	2,74	3,34	3,45	3,22	2,70	1,85	1,28	0,91	0,81	0,96	1,46	2,24
Linea B	1,96	1,99	2,56	2,33	1,93	1,46	1,02	0,79	0,70	0,66	0,88	1,38
Linea C	0,37	0,41	0,60	0,63	0,93	0,79	0,81	0,42	0,42	0,41	0,39	0,48
Linea D	0,35	0,35	0,45	0,46	0,65	0,68	0,50	0,41	0,40	0,37	0,34	0,34
Ruscigliamento (A-B)	0,78	1,35	0,89	0,89	0,77	0,39	0,26	0,12	0,11	0,30	0,58	0,86
Campo indeterminato (B-C)	1,59	1,58	1,96	1,70	1,00	0,67	0,21	0,37	0,28	0,25	0,49	0,90
Flusso di base (C)	0,37	0,41	0,60	0,63	0,93	0,79	0,81	0,42	0,42	0,41	0,39	0,48

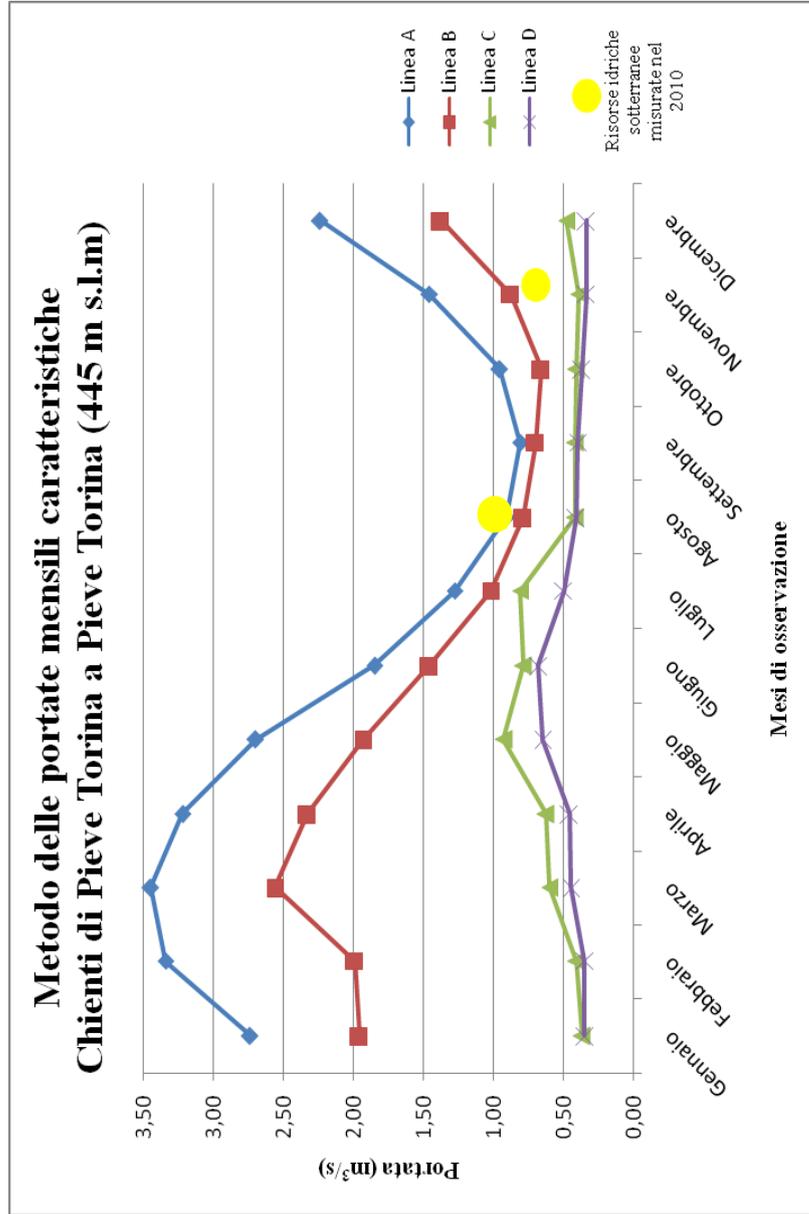


Fig. 57 – Scomposizione dell'idrogramma relativo alla stazione di Pieve Torina effettuata secondo il "Metodo delle portate mensili caratteristiche" (BONI et alii, 1993b)

L'idrogramma del Chienti a Ponte di Giove è caratterizzato nel periodo Agosto – Novembre dall'esistenza di un campo indeterminato compreso tra il 70% e il 41%, il ruscellamento medio varia tra il 15% e il 13%, mentre il flusso di base medio calcolato è compreso tra il 13% e il 42%.

Una volta effettuata la scomposizione dell'idrogramma delle rispettive sezioni idrometriche ed individuate le varie percentuali riferite ai campi di ruscellamento, campo indeterminato e flusso di base si procede con il confronto dei dati acquisiti in campagna e nel caso in esame si è fatto riferimento alle misure di portata effettuate su tutte le sorgenti individuate a monte della sezione CG80 ubicata in corrispondenza della stazione idrometrica Ponte di Giove, e a monte di Lucciano (CP140) posta nei pressi della stazione idrometrica di Pieve Torina.

La portata delle sorgenti è riportata nella tabella 5.

I dati presentati confermano il valore del flusso di base notevolmente più alto nel Chienti di Pieve Torina rispetto a quello del Chienti di Gelagna.

Infatti le risorse idriche sotterranee presenti in quest'ultimo bacino (620 – 295 L/s) sono circa la metà di quelle che emergono nel bacino del Chienti di Pieve Torina (1090 – 825).

Il confronto diretto della valutazione delle risorse idriche nel corso di questa tesi e gli idrogrammi presentati nelle figure 56 e 57 consentono di fare alcune considerazioni.

Stazione Idrometrica	PORTATA TOTALE SORGENTI L/s	
	AGO 2010	NOV 2010
Ponte di Giove – CG80 A valle di Muccia	620	295
Pieve Torina – CP140 Lucciano	1090	825

Tab. 5 – Portata totale delle sorgenti in corrispondenza delle stazioni idrometriche

La portata totale calcolata delle sorgenti del Chienti di Gelagna nel mese di Agosto (tab. 5) è pari a 0,62 m³/s. I valori del flusso di base non sono confrontabili in quanto il valore ottenuto dal metodo sarebbe molto diverso dal valore sperimentale e soprattutto sottostimato, per cui è probabile che gran parte della portata che il metodo attribuisce al campo indeterminato sia compresa nel flusso di base del valore sperimentale.

Nel mese di Novembre la scomposizione dell'idrogramma presenta un valore del campo indeterminato pari $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$, circa il 40% della portata totale, come simile è il valore del ruscellamento; il flusso di base è di $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$, ed in questo caso si avvicina molto al valore sperimentale della portata totale calcolata delle sorgenti nel mese di Novembre, che è pari a $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$ (fig. 59).

La portata totale delle sorgenti misurata a Pieve Torina nel mese di Agosto è pari a $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (tab. 6), anche in questo caso la portata calcolata dal metodo è sottostimata, per cui gran parte del campo indeterminato è parte integrante del flusso di base. Nel mese di Novembre il metodo delle portate mensili caratteristiche attribuisce al ruscellamento un valore pari a $0,58 \text{ m}^3/\text{s}$, circa il 40% della portata totale, mentre il campo indeterminato risulta essere pari a $0,49 \text{ m}^3/\text{s}$, il flusso di base con circa il 26% della portata totale ha un valore di $0,39 \text{ m}^3/\text{s}$. Il valore sperimentale del flusso di base attribuito alla portata totale delle sorgenti in questo periodo è pari a circa $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Si evidenzia come, nel periodo in esame, gran parte del campo indeterminato possa rientrare nel valore del flusso di base.

7.2 REALIZZAZIONE DELLE SEZIONI IDROGEOLOGICHE

La tavola delle sezioni idrogeologiche costituisce l'Allegato 3 di questo lavoro.

Sono state eseguite 4 sezioni idrogeologiche le cui tracce sono riportate nella Carta Idrogeologica (Allegato 2); le sezioni sono state eseguite alla stessa scala degli altri allegati (1:20.000), in modo tale da poterle confrontare più facilmente. La scelta delle tracce dei profili è stata studiata accuratamente in modo da scegliere quelle più rappresentative per le aste fluviali, alcune sono parallele e attraversano un'intera idrostruttura, altre invece sono trasversali rispetto ai corsi d'acqua e intercettano le principali sorgenti.

La ricostruzione delle sezioni idrogeologiche è stata fatta sulla base della carta geologica con scala 1:10.000 della Regione Marche, da cui sono state riprese le giaciture delle formazioni affioranti.

L'interpretazione geologico – strutturale è la stessa proposta dagli Autori sulla carta geologica regionale con scala 1:10.000.

Nelle sezioni idrogeologiche interpretative tutti i complessi idrogeologici calcarei con ruolo di acquifero (Complesso della Scaglia calcarea, Complesso della Maiolica e Complesso della Corniola – Calcarea massiccio) vengono interpretati come “Complessi carbonatici indifferenziati” e rappresentati con un puntinato nero su sfondo bianco.

Con diversi toni di grigio vengono rappresentati i complessi idrogeologici con ruolo di acquiclude (Complesso marnoso – arenaceo, Complesso calcareo – marnoso e Complesso delle Marne a Fucoidi) e di aquitard (Complesso calcareo – silico – marnoso).

Il settore saturo dell'acquifero della scaglia è rappresentato dal colore verde e il probabile livello piezometrico della falda è contraddistinto da una linea nera con un triangolo bianco, nel caso in cui il livello di falda è ipotizzato la linea nera è tratteggiata.

La falda dell'acquifero basale è rappresentata dal colore blu e il probabile livello piezometrico corrisponde a una linea nera con un triangolo nero.

La posizione delle sorgenti riportate nella carta idrogeologica ed intercettate dalle sezioni viene indicativamente rappresentata da cerchi (sorgenti puntuali) e triangoli (sorgenti lineari), colorati diversamente in funzione dell'alimentazione

prevalentemente attribuita all'acquifero della scaglia (verde) o all'acquifero basale (blu) (BONI & PETITTA, 2008).

7.2.1 SEZIONE A-A'

La sezione trasversale, con direzione ESE – WNW, attraversa le strutture carbonatiche a Nord del Chienti di Gelagna, circa parallelamente ad esso. La sezione passa sulla cima di Monte Maggio, Monte di Bavareto, Monte Igno e Monte di Muccia. Si estende per circa 10 Km. Dalla ricostruzione dell'assetto idrogeologico e dei livelli piezometrici e dei loro probabili acquiferi, si evince che procedendo da WSW verso ENE le falde individuate hanno quote di saturazione progressivamente minori.

Si può osservare l'acquifero sospeso della Scaglia nella struttura di Monte Maggio sostenuto dall'aquicluda delle Marne a Fucoidi. L'acquifero ha il suo livello di saturazione a quota 655 metri, e sembrerebbe alimentare la sorgente di Fonte Cagnolo che nel mese di Novembre è risultata secca.

Proseguendo verso valle è stato riconosciuto a quota 593 metri un acquifero basale che alimenta il Chienti di Gelagna da Serravalle a Gelagna Bassa idraulicamente chiuso dal fronte di sovrascorrimento Visso – Monte Cavallo.

Questo fronte separerebbe idraulicamente l'acquifero basale di Monte Igno da quello più orientale di Monte di Muccia saturo a quota più bassa (475 metri s.l.m.) e contenuto nella Scaglia Calcarea che alimenta il Chienti nell'attraversamento della dorsale di Muccia.

In questa dorsale l'acquifero basale ha una quota di saturazione inferiore ipotizzata circa ai 400 metri (quota che fa riferimento al decremento presente in prossimità della sezione CG70 a monte di Muccia).

7.2.2 SEZIONE B-B'

La sezione idrogeologica B-B' propone un tentativo di interpretazione dell'assetto idrogeologico che determina l'alimentazione della Sorgente La Peschiera e delle sorgenti lineari presenti sul Chienti di Pieve Torina.

La sezione attraversa trasversalmente quasi tutta l'area di studio, da SW a NE per circa 13 Km, incrociando dopo 7 Km la sezione C-C'.

Dalle quote di emergenza delle principali sorgenti puntuali dell'area (La Peschiera, Boccafornace e Capodacqua) e calcolato un gradiente idraulico del 20 ‰ (BONI & PETITTA, 2007), si è potuta stabilire una quota della falda in prossimità della sezione considerata. Infatti partendo da SW sono stati riconosciuti 2 acquiferi. Il primo è stato l'acquifero sospeso della Scaglia la cui quota piezometrica è stata ricavata dalla sorgente lineare del Torrente Sant'Angelo nei pressi di Fiume e dalla quota della sorgente dell'omonima località. La quota della falda si attesta intorno ai 630 metri.

Proprio al di sotto di questo acquifero è stato riconosciuto, forse il più importante acquifero dell'area, che è quello che alimenta la sorgente "La Peschiera".

In accordo con quanto detto da BONI & PETITTA (2007), attraverso questo profilo si evidenzia che la sorgente "La Peschiera" non è alimentata solo dal complesso della Maiolica ma anche dal sovrastante acquifero della Scaglia, come ipotizzato da BONI & PETITTA (2007) che giustificano la *drainance* attraverso il complesso delle Marne a Fucoidi, legata anche alle discontinuità tettoniche del complesso delle Marne a Fucoidi.

Questa supposizione giustifica così la continua e abbondante portata della sorgente "La Peschiera".

La sezione (Allegato 3) mette bene in evidenza la geometria dell'acquifero basale rispetto all'acquifero sospeso della Scaglia e il punto di emergenza della sorgente "La Peschiera".

Procedendo verso Est l'acquifero basale è tamponato dalle Marne a Fucoidi che lo separano da un altro acquifero della Scaglia che ha una quota di saturazione calcolata di 500 metri.

Questo acquifero è separato superiormente dal complesso Calcareo - Marnoso mentre inferiormente dal quello delle Marne a Fucoidi.

7.2.3 SEZIONE C-C'

La sezione C-C' ha direzione NW – SE, si estende per circa 5 Km e dopo circa 2 incrocia la sezione B-B'.

Essa è stata tracciata in corrispondenza della sorgente di “Boccafornace” che si trova ad una quota di 470 metri, alimentata da un vasto acquifero contenuto nella Scaglia Calcarea.

Questo profilo confermerebbe quanto già detto da BONI & PETITTA (2007), i quali affermano che le sorgenti di Boccafornace e Capodacqua sono ubicate laddove il Complesso della Scaglia Calcarea affiora localmente dalla coltre impermeabile che lo ricopre.

Infatti questo acquifero è chiuso al tetto dall'acquiclude del complesso Calcarea – Marnoso e la quota di saturazione rimane 10 – 20 metri sotto il piano campagna nella zona a monte delle emergenze; infatti, calcolato un gradiente idraulico medio del 20‰ si è ipotizzato anche un livello piezometrico dell'acquifero nei pressi di Fiordimonte pari a circa 500 metri.

7.2.4 SEZIONE D-D'

La sezione D-D' descrive l'assetto idrogeologico delle strutture presenti nella parte sud-orientale dell'area di studio.

La sezione ha direzione WSW – ENE, parte da Monte Fema, prosegue passando per la sorgente di Aschio, attraversa il Fosso Corlano raggiungendo Appennino per poi continuare a salire fino a Monte Rotondo. Partendo da WSW questa sezione mette in evidenza l'acquifero sospeso della Scaglia che alimenta la sorgente di Aschio (captati 5 L/s, (ATO 3, 1999), sostenuto dalle Marne a Fucoidi e tamponato lateralmente dal fronte di sovrascorrimento di Visso – Monte Cavallo. Questo stesso fronte chiude l'acquifero basale che probabilmente alimenta le captazioni presenti intorno alla sorgente "Salette". La sorgente naturale "Salette" costituisce il livello di base dell'acquifero sospeso nella Scaglia Calcarea a quota 637 metri, le opere di captazione in corrispondenza della sorgente e lungo la valle (pozzi) dovrebbero invece raggiungere il sottostante acquifero basale. Il cui livello piezometrico è stato ipotizzato ad una quota di 550 metri circa.

Questo acquifero è delimitato a est dall'aquiclude del complesso Calcarea - Marnoso e superiormente dal quello dall'aquiclude delle Marne a Fucoidi. Procedendo verso oriente è presente il vasto acquifero della Scaglia Calcarea che alimenta le sorgenti di "Boccafornace" e "Capodacqua" di cui già si è discusso nelle sezioni B-B' e C-C', la quota di saturazione è di circa 500 metri.

7.3 MODELLO IDROGEOLOGICO CONCETTUALE

La corretta ricostruzione di un modello idrogeologico concettuale della circolazione idrica sotterranea richiede necessariamente la conoscenza nel dettaglio di 2 aspetti fondamentali del territorio:

- l'assetto geologico strutturale e soprattutto la natura dei principali lineamenti tettonici regionali (faglie e fronti di sovrascorrimento), le caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti (contenuto marnoso – argilloso e grado di fratturazione);
- la valutazione dell'area di alimentazione dell'idrostruttura e della portata totale erogata dalla stessa.

L'accurata analisi e revisione in chiave idrogeologica delle informazioni geologiche porta alla definizione ed individuazione dei lineamenti geologico – strutturali che potrebbero costituire limiti e barriere idrauliche in grado di condizionare le direzioni del flusso sotterraneo.

Partendo da Est e procedendo verso Ovest sono state individuate 4 idrostrutture (fig. 58):

- a) Idrostruttura Monte Igno – Monte di Massa
- b) Idrostruttura Monte Maggio
- c) Idrostruttura Monte di Muccia – Monte Fema
- d) Idrostruttura Monte Rotondo – Monte La Banditella

Nella figura che segue sono rappresentate le 4 idrostrutture con diversi colori, i lineamenti tettonici e i punti di emergenza lineari e puntuali.

CARTA DELLE IDROSTRUTTURE

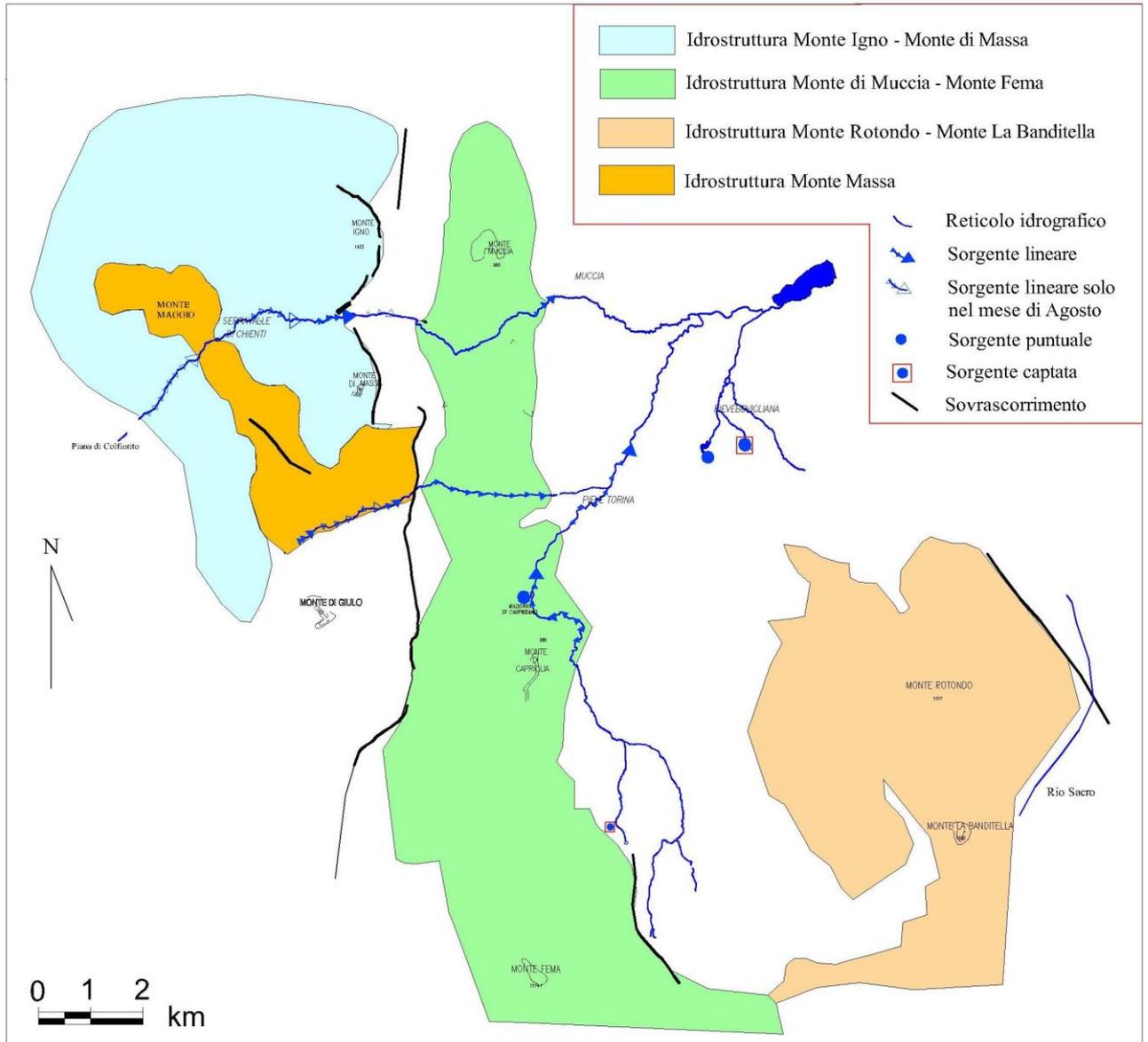


Fig. 58 – Carta delle Idrostrutture

Con l'ausilio del *software* AUTOCAD 2010 si sono delimitate e calcolate le aree di ogni idrostruttura, per cui nella tabella che segue (tab. 6) vengono indicate le aree e la portata totale erogata di ogni singola idrostruttura.

IDROSTRUTTURA	PORTATA TOTALE L/s		AREA (Km ²)
	AGO	NOV	
<i>Monte Igno – Monte di Massa</i>	620	260	35
<i>Monte Maggio</i>	135	75	8
<i>Monte di Muccia – Monte Fema</i>	960	785	46
<i>Monte Rotondo – Monte La Banditella</i>	800	940	44

Tab. 6 – Schema delle Idrostrutture con portate e aree di alimentazione

Come si può osservare dalla tabella e dalla carta delle idrostrutture (fig. 58), l'idrostrutture che erogano maggior quantità di acqua sono quelle di Monte Rotondo – Monte La Banditella con 800 L/s nel mese di Agosto e 940 L/s nel mese di Novembre e quella di Monte di Muccia – Monte Fema che eroga 960 L/s ad Agosto e 785 L/s a Novembre; questa idrostrutture comprendono la parte centrale e sud – orientale dell'area di studio.

Si nota come le idrostrutture più a nord – ovest erogano una quantità di acqua minore, questo fenomeno è dovuto a vari fattori, il primo fattore, il più evidente, è l'estensione dell'idrostruttura, infatti quella di Monte Maggio ha un'estensione di 8 km² mentre quella più nord – occidentale di Monte Igno – Monte di Massa si estende per 35 km². La portata erogata dall'idrostruttura di Monte Maggio ha una portata totale erogata di 135 L/s nel mese di Agosto, mentre a Novembre si hanno solo 75 L/s; la portata erogata dall'idrostruttura di Monte Igno è pari a 620 L/s nel mese di Agosto e 260 L/s nel mese di Novembre. Un altro fattore che condiziona la portata di questa dorsale è sicuramente il fronte di sovrascorrimento (Visso – Monte Cavallo), che rappresenta un limite a flusso nullo, mentre un altro fattore potrebbe essere dato dalle intercalazioni marnoso – argillose presenti nei complessi della Scaglia Calcarea nell'area più nord – occidentale, che limiterebbero il drenaggio.

Il modello idrogeologico concettuale dell'area in esame è stato elaborato attraverso:

- ricostruzione delle sezioni idrogeologiche,
- la distribuzione areale delle sorgenti,
- l'analisi dei vari complessi idrogeologici
- l'individuazione dei limiti idrogeologici.

Sono state individuate 2 circolazioni differenti. Una circolazione più profonda costituita dall'acquifero basale contenuto nei complessi Calcarea Massiccio – Corniola e Maiolica e una circolazione più superficiale costituita dall'acquifero contenuto complesso della Scaglia Calcarea.

Localmente nell'area studiata i due acquiferi riconosciuti molto probabilmente sono interconnessi tra loro.

Si è cercato di attribuire ad ogni sorgente un'area di alimentazione corrispondente all'affioramento del complesso idrogeologico da cui emerge. Successivamente si è proceduto a calcolare l'infiltrazione efficace media dell'area nel periodo di studio. I risultati di questa analisi sono rappresentati nella tabella 7 dove viene riportata l'idrostruttura, gli acquiferi ipotizzati, le portate calcolate nei mesi di Agosto e Novembre, le portate medie totali, la probabile area di alimentazione di ogni acquifero, la probabile infiltrazione efficace calcolata nei mesi di Agosto e Novembre e l'infiltrazione efficace media della portata totale media. I valori riportati sono stati calcolati attraverso il metodo diretto e le informazioni bibliografiche disponibili.

IDROSTRUTTURA	ACQUIFERO	Q(L/s)		Q (L/s) Media	AREA (Km ²)	IE (mm/anno)		
		AGO	NOV			AGO	NOV	
a)	Monte Igno	550	260	440	29	395		
	—	70	0		6			
	Monte di Massa	Totale	620		260			35
b)	Monte Maggio	0	0	103	0	405		
	—	130	75		8			
	Monte di Massa	Totale	130		75			8
c)	Monte di Muccia	570	495	873	7	595		
	—	390	290		39			
	Monte Fema	Totale	960		785			46
d)	Monte Rotondo	0	0	870	0	620		
	—	800	940		44			
	Monte La Banditella	Totale	800		940			44
Monte di Muccia, Monte Fema, Monte Rorondo, Monte La Banditella		Totale	1760	1725	1743	90	610	

Tab. 7 – Tabella riassuntiva del bilancio

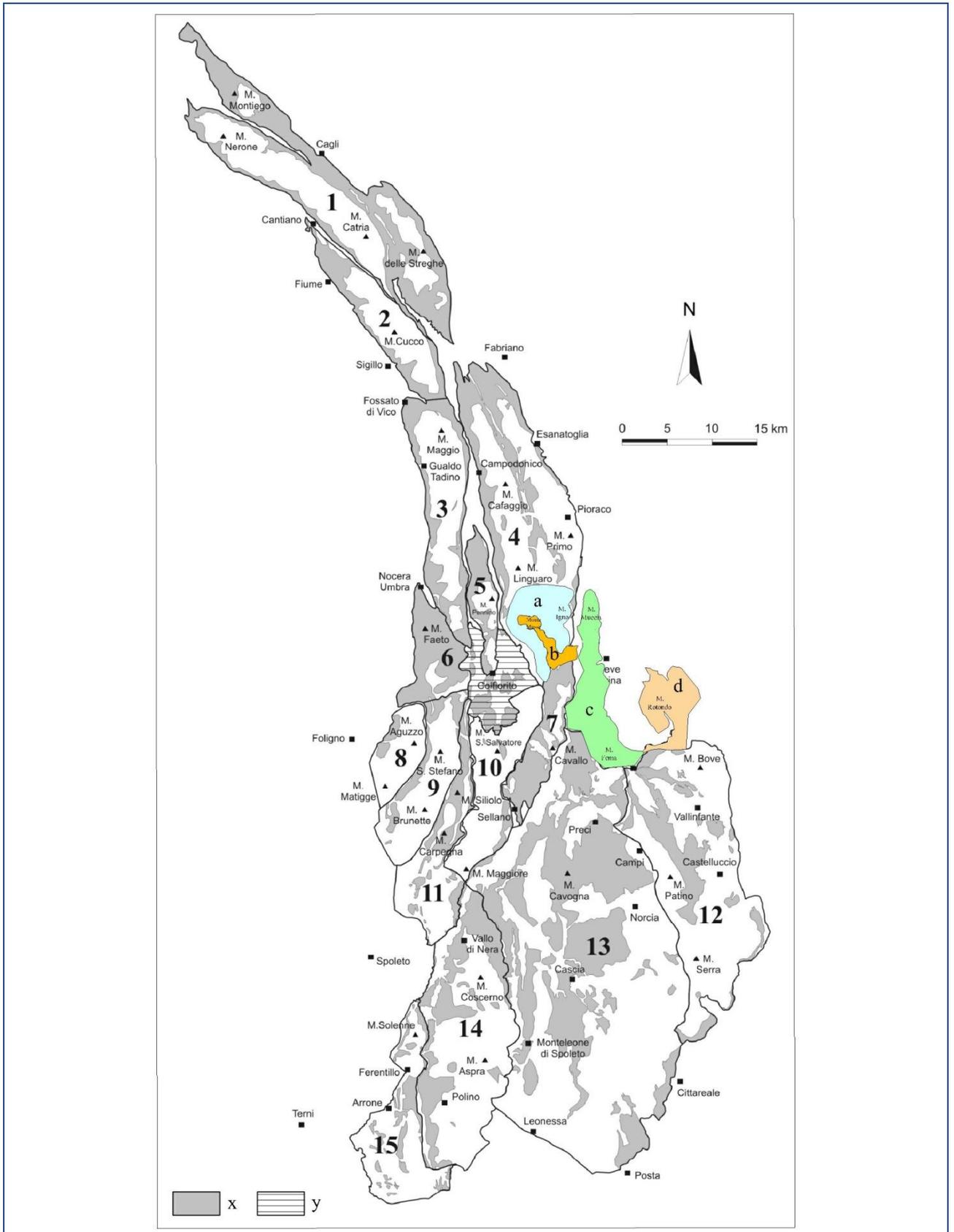


Fig. 59 – *Mappa delle idrostrutture; x) complesso della Scaglia Calcarea, y) area preferenziale di ricarica del Piano di Colfiorito (Mastrorillo & Petitta, 2010).*

L'idrostruttura Monte Igno – Monte di Massa (in azzurro e contraddistinta dalla lettera a nella figura 59) corrisponde alla parte meridionale dell'idrostruttura Monte Linguaro – Monte Primo nel lavoro di MASTRORILLO & PETITTA (2010).

I limiti idrostrutturali sono stati attribuiti con l'ausilio dei dati di BONI & PETITTA (2008) e MASTRORILLO & PETITTA (2010).

Infatti il limite occidentale di questa idrostruttura corrisponde al fronte di sovrascorrimento che determina l'accavallamento della dorsale di Monte Pennino sulla dorsale più esterna di Monte Cafaggio, determinando la separazione idraulica fra le due strutture e quindi ipotizzando un limite a flusso nullo.

Verso sud – ovest essa è limitata dalla Piana di Colfiorito che presenta un'area di alimentazione preferenziale con un'infiltrazione efficace elevata.

A sud la dorsale in esame è limitata dall'idrostruttura di Monte Cavallo (MASTRORILLO & PETITTA, 2010)(fig. 59) e dall'idrostruttura di Monte Massa che è caratterizzata in gran parte dal complesso della Scaglia e drena le acque del Torrente Sant'Angelo.

La parte occidentale presenta un altro limite a flusso nullo corrispondente al sovrascorrimento di Visso – Monte Cavallo.

Il limite settentrionale è stato ipotizzato partendo dai dati di infiltrazione efficace presenti in bibliografia, in questo modo si è potuto risalire attraverso la portata erogata a delimitare l'idrostruttura verso Nord, con un limite che corrisponde circa allo spartiacque dell'area studiata in quella zona.

La struttura ha un'estensione di 35 km² in cui prevale l'affioramento della Maiolica, circa 29 km²; il complesso della Scaglia calcarea affiora solo per 6 km².

La portata complessiva erogata dall'idrostruttura nel mese di Agosto è pari a 620 L/s di cui 550 provenienti dall'acquifero profondo e 70 da quello della Scaglia; nel mese di Novembre la portata di 260 L/s corrisponde solamente all'acquifero profondo.

L'infiltrazione efficace calcolata con i dati di Agosto corrisponde a quella presente in bibliografia (MASTRORILLO & PETITTA, 2010), con valori di 591 mm/anno per l'acquifero profondo e 378 mm/anno per la Scaglia. Nel mese di Novembre l'infiltrazione efficace sarebbe più bassa in quanto rispecchia la quantità di precipitazioni avutesi nei mesi estivi e prima parte dell'autunno. In media nel periodo Agosto – Novembre vengono erogati circa 440 L/s e si ha un'infiltrazione efficace

media di 395 mm/anno; questo valore è conforme con il valore di 415 mm/anno ricavato nel lavoro di Mastrotrillo & Petitta (2010).

I valori d'infiltrazione efficace hanno permesso anche di attribuire un'area di alimentazione alle sorgenti presenti nei pressi di Bavareto; infatti in quest'area vengono erogati mediamente circa 300 L/s dal complesso della Corniola con un'area di alimentazione calcolata di circa 16 km², superiore all'affioramento della Corniola stessa, per cui sono stati ipotizzati degli apporti dal complesso della Maiolica per drainance attraverso il complesso calcareo – silico – marnoso.

L'idrostruttura di Monte Maggio (in giallo e contraddistinta dalla lettera b nella figura 59) è costituita interamente dal complesso della Scaglia Calcareo e drena il Torrente Sant'Angelo, essa corrisponde alla parte settentrionale dell'idrostruttura di Monte Cavallo (Mastrotrillo & Petitta, 2010). E' delimitata sia a nord sia ad ovest e sia ad est dall'idrostruttura di Monte Igno – Monte di Massa, il limite meridionale corrisponde al Torrente Sant'Angelo, infatti ipotizzando il flusso da nord verso sud esso rappresenta un limite a potenziale imposto.

La struttura ha un'estensione di 8 km² in cui sono presenti solo affioramenti della Scaglia Calcareo.

La portata complessiva erogata dalla struttura è pari a 135 L/s nel mese di Agosto e 75 L/s nel mese di Novembre e si ha una portata media del periodo Agosto – Novembre di 103 L/s; la quantità di acqua appena espressa deriva interamente dall'acquifero della Scaglia.

Come si può vedere dalla tabella 7, l'infiltrazione efficace nei mesi di Agosto e Novembre risente delle precipitazioni avutesi nel periodo precedente dei mesi considerati, periodo primaverile per la portata di Agosto, e periodo estivo per la portata di Novembre; per cui l'infiltrazione efficace risulta elevata nel primo mese e al di sotto della media nel secondo mese. Il valore dell'infiltrazione efficace media invece di 405 mm/anno è in accordo con il valore calcolato da Mastrotrillo & Petitta (2010) per l'idrostruttura di Monte Cavallo, pari a 425 mm/anno.

L'idrostruttura Monte di Muccia – Monte Fema Massa (in verde e contraddistinta dalla lettera c nella figura 59) è delimitata a nord ed a est dal complesso calcareo – marnoso che chiude idraulicamente la struttura nella parte settentrionale.

Ad est la struttura è separata dall'idrostruttura precedentemente descritta dal limite a flusso nullo del sovrascorrimento di Visso – Monte Cavallo.

Nella parte meridionale il limite è stato imposto considerando il limite settentrionale dell'idrostruttura Monte Tolentino – Monte Cavogna (MASTRORILLO & PETITTA, 2010; BONI & PETITTA, 2008) e valori di infiltrazione efficace media per il calcolo dell'area di alimentazione.

La struttura ha un'estensione di 46 km² in cui prevale il complesso della Scaglia Calcarea, circa 39 km² di superficie di affioramento, mentre i restanti 7 appartengono al complesso della Maiolica.

La portata complessiva erogata dalla struttura nel mese di Agosto è pari a 960 L/s, di cui 570 L/s provenienti dall'acquifero profondo e 390 L/s da quello della Scaglia; nel mese di Novembre la portata complessiva è di 785 L/s, di cui 495 L/s dall'acquifero profondo e i restanti 290 L/s da quello della Scaglia.

I valori d'infiltrazione efficace relativi a questa idrostruttura per quanto riguarda l'area di alimentazione dell'acquifero della Scaglia sono più alti nel mese di Agosto e minori nel mese di Novembre, a causa della mancanza di precipitazioni del periodo estivo e del primo periodo autunnale.

Il valore d'infiltrazione efficace media del periodo Agosto – Novembre è pari a 595 mm/anno, anch'esso in linea con i valori bibliografici (Tarragoni, 2005) d'infiltrazione efficace delle idrostrutture limitrofe dell'area (circa 595 mm/anno).

Per quanto riguarda l'acquifero profondo, i valori d'infiltrazione efficace risultano molto elevati. Considerando che dei 7 Km² affioranti attribuiti all'acquifero profondo, circa 5 Km² corrispondono all'affioramento di Maiolica che drena le acque nell'area della sorgente “La Peschiera” viene riscontrato il problema già esposto in precedenza.

La portata delle sorgenti presenti tra Madonna di Caspreano e Madonna di Carpineto, drenanti il complesso della maiolica, è troppo elevata per giustificare i circa 5 Km² di affioramento, per cui viene ipotizzata una connessione idraulica con il complesso della Scaglia per drainance attraverso il complesso delle Marne a Fucoidi, che è caratterizzato da uno spessore esiguo e da una intensa tettonizzazione.

L'idrostruttura di Monte Rotondo – Monte La Banditella Maggio (in rosa e contraddistinta dalla lettera d nella figura 59) ha un'estensione di circa 44 km², tutti

appartenenti al complesso della Scaglia Calcarea, è delimitata a nord ed a ovest dal complesso calcareo – marnoso, il quale è caratterizzato da uno spessore esiguo.

Ad est la struttura è delimitata dal limite a flusso nullo del sovrascorrimento dei Monti Sibillini, a sud – est dal limite a potenziale imposto dal Rio Sacro.

A sud la struttura è delimitata da un probabile spartiacque sotterraneo e (MASTRORILLO, 1994) a nord della struttura dell'idrostruttura di Monte Bove (MASTRORILLO & PETITTA, 2010).

La portata totale erogata dalla struttura nel mese di Agosto è pari a 800 L/s attribuiti tutti all'acquifero della Scaglia, che ricopre il 100 % degli affioramenti dell'idrostruttura. Nel mese di Novembre la portata totale è di 940 L/s.

Le portate erogate corrispondono alla risorsa idrica complessiva attribuita alla sorgente di Capodacqua e a quella di Boccafornace, l'emergenza delle due sorgenti si trova nel complesso calcareo – marnoso.

L'infiltrazione efficace attribuita ai singoli mesi di studio con il metodo diretto è risultata elevata rispetto al range di valori presente in bibliografia per il complesso della Scaglia Calcarea, come anche è risultata leggermente elevata l'infiltrazione efficace media del periodo Agosto – Novembre, pari a 620 mm/anno (tab. 7).

Per cui, dai dati esposti e dalle descrizioni fatte, si può ipotizzare un'interconnessione tra l'idrostruttura di Monte di Muccia – Monte di Massa e l'idrostruttura Monte Rotondo – Monte La Banditella.

Infatti, come si può notare dalla tabella 7 sommando le portate di queste due strutture, sia nel mese di Agosto, sia nel mese di Novembre, si hanno circa 1750 L/s totali con una infiltrazione efficace di 610 mm/anno, corrispondente circa a quella calcolata da TARRAGONI (2005) per l'area di alimentazione delle sorgenti di Capodacqua e Boccafornace, avente un valore pari a 595 mm/anno.

Le portate elevate e costanti potrebbero anche far ipotizzare un acquifero molto ampio da non essere condizionato dall'andamento delle precipitazioni durante l'anno e quindi fonte di una buona risorsa idrica.

8. GESTIONE E UTILIZZO DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

La gestione delle risorse idriche spesso è affidata ad ingegneri civili ed ad ingegneri idraulici che nello studio delle acque, nella loro valutazione e nella gestione usano metodi ingegneristici che sottovalutano spesso il contesto idrogeologico del territorio nel quale le risorse si rendono disponibili.

Tutte le valutazioni sono desunte dalla elaborazione di dati idrologici relativi agli apporti meteorici e alle portate dei corsi d'acqua misurati dalle rare stazioni idrometriche ancora funzionanti. Questo approccio, validissimo per lo studio dei processi che portano alla formazione delle piene, non può dare risultati attendibili nella valutazione delle risorse idriche disponibili e del loro regime temporale perché, nei periodi aridi, tutte le risorse disponibili sono erogate dalle sorgenti (fanno eccezione le risorse invasate in bacini artificiali). I metodi ingegneristici non considerano spesso il fatto che i corsi d'acqua perenni per gran parte dell'anno sono alimentati esclusivamente da sorgenti e che, di conseguenza, i calcoli che tentano di trovare una relazione tra regime ed entità delle precipitazioni con la portata dei corsi d'acqua, possano portare a risultati errati.

Allo stesso modo, la pretesa di “regionalizzare” il dato di portata acquisito da una stazione idrometrica al bacino posto a monte, porta a valutazioni che non corrispondono alla realtà territoriale (BONI, 2007).

Questo lavoro, come tutti gli studi di Idrogeologia Quantitativa si fonda su due approcci complementari:

- A) una minuziosa analisi della geologia del territorio che consente di identificare gli acquiferi, intesi come i grandi serbatoi sotterranei costituiti da rocce permeabili porose, le loro aree di alimentazione, i loro limiti e i punti di emergenza;
- B) l'individuazione e lo studio del regime di portata di tutte le sorgenti.

I metodi dell'Idrogeologia Quantitativa consistono esclusivamente nell'acquisizione di dati sperimentali acquisiti sul campo a seguito dell'esame minuzioso del territorio ed in particolare nella misura sistematica delle portate erogate da tutte le sorgenti. Perché abbiano un senso le misure della portata devono essere eseguite in punti ben definiti

(immediatamente a monte e a valle delle emergenze lineari) e in tempi ben definiti, quando sia esaurito ogni residuo processo di ruscellamento (BONI, 2007).

8.1 RISORSA IDRICA SOTTERRANEA UTILIZZATA PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDROPOTABILE E PER SCOPI IDROELETTRICI

Le formazioni carbonatiche dell'alto bacino del Fiume Chienti ed i relativi acquiferi rivestono un ruolo fondamentale per l'approvvigionamento idropotabile e per il settore idroelettrico dell'area di studio.

Dallo studio effettuato e dai risultati avutisi sono state identificate aree in cui è presente un'abbondante quantità di risorsa idrica sotterranea che in determinate percentuali viene utilizzata tramite captazione per l'approvvigionamento idropotabile e tramite derivazione per scopi idroelettrici.

Tre sono le zone sorgive con portata rilevante utilizzate per gli usi idropotabili ed idroelettrici:

- 1) Sorgente "Salette"
- 2) Sorgente "Capodacqua"
- 3) Sorgente "Boccafornace"

1) Presso la Val di Tazza, comune di Pieve Torina, è presente la sorgente "Salette", da cui vengono captati totalmente circa 80 L/s per l'approvvigionamento idropotabile; infatti questa fonte costituisce una parte dell'intera rete acquedottistica del paese di Pieve Torina; altri 50 L/s (ATO 3, 1999) circa (75 L/s in Agosto e 35 L/s a Novembre) vengono rilasciati ed alimentano il Chienti di Pieve Torina.

2) Presso Pievebovigliana è presente la sorgente "Capodacqua", che eroga una portata media che nel periodo Agosto – Novembre pari a circa 330 L/s (360 L/s nel mese di Agosto e 305 L/s nel mese di Novembre); in più vengono captati circa 10 L/s (ATO 3, 1999) per l'approvvigionamento idrico del paese di Pievebovigliana.

3) Sempre a Pievebovigliana presso il lago artificiale di Boccafornace è presente la sorgente "Boccafornace", che eroga in media nel periodo di studio circa 540 L/s (440

L/s nel mese di Agosto e 635 L/s nel mese di Novembre), tutti derivati e poi restituiti tramite una condotta da una centrale idroelettrica.

L'unica sorgente puntuale con portata rilevante ma non utilizzata per usi vari è la sorgente di "La Peschiera" presso Madonna di Caspreano, che unita al contributo di una sorgente lineare poco più a valle (Madonna di Caspreano – Madonna di Carpineto), proveniente dallo stesso acquifero, eroga una portata media di 530 L/s.

Le quattro sorgenti appena citate sono rappresentate nella figura seguente (fig. 60) con i dati riassunti nella relativa tabella.

Sorgente	Q Totale media (L/s)	Usò Idropotabile (L/s)	Usò Idroelettrico e restituzione (L/s)	Rilascio in alveo (L/s)	Deflusso in alveo (L/s)
Salette	130	80	0	50	0
Capodacqua	330	10	320	0	0
Boccaformace	540	0	540	0	0
La Peschiera	530	0	0	0	530

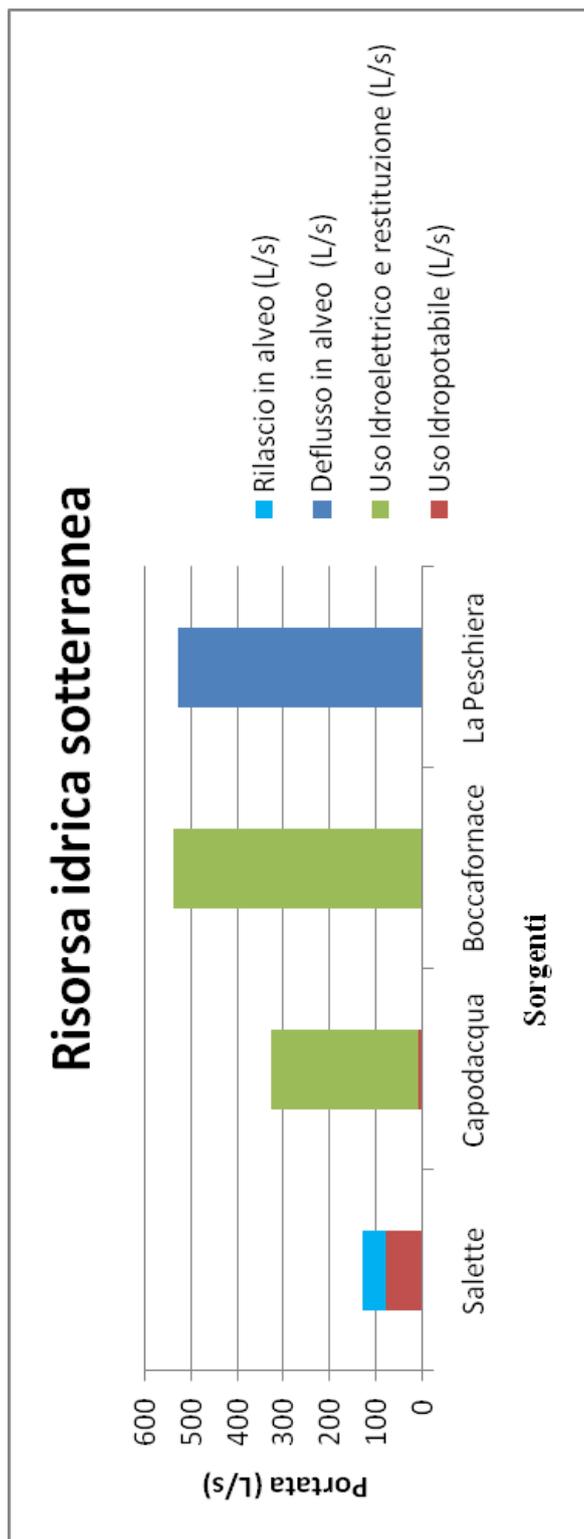


Fig. 60 – Grafico e tabella delle maggiori risorse idriche riconosciute nell'area di studio con i rispettivi scopi di utilizzo e non utilizzo

8.2 INDICAZIONI SULLE ZONE PIU' IDONEE PER ULTERIORI PRELIEVI IDROPOTABILI

Sulla base delle considerazioni fatte nei capitoli precedenti, dei risultati esposti nella figura 60, sono stati individuati alcuni punti strategici di prelievo per la gestione della risorsa idrica del Parco Nazionale dei Monti Sibillini.

Dall'analisi delle risorse attualmente captate emerge che delle quattro sorgenti esaminate per la gestione della risorsa idrica, solo tre si prestano pienamente per un eventuale attingimento.

- Sorgente CAPODACQUA

Questa sorgente anche se limitatamente captata, per circa il 3% della risorsa totale, si presta pienamente per un eventuale attingimento per uso idropotabile. Tale provvedimento dovrà essere esaminato, cercando di limitare la quantità della risorsa idrica per uso idroelettrico (Centrale Idroelettrica nei pressi di Mulino Beldiletto, Pievebovigliana).

- Sorgente BOCCAFORNACE

Anche la sorgente di Boccafornace è soggetta a derivazioni per uso idroelettrico (Centrale Idroelettrica a valle del lago di Boccafornace e Centrale Idroelettrica nei pressi di Mulino Beldiletto, Pievebovigliana (fig. 61). Come per la sorgente di Capodacqua anche questa può essere utilizzata per un probabile attingimento per uso idropotabile cercando di ridurre la quantità di acqua prelevata dalle Centrali Idroelettriche.

- Sorgente LA PESCHIERA

Questa sorgente, forse la più importante per quanto riguarda la gestione delle risorse idriche della zona di studio, è situata presso Madonna di Caspreano (fig. 61) ed è caratterizzata da una sorgente puntuale e una sorgente lineare, in media nel periodo Agosto – Novembre essa eroga circa 530 L/s. Tutta l'acqua della sorgente puntuale defluisce direttamente in alveo e insieme alla sorgente lineare va ad alimentare il Chienti di Pieve Torina.

Quest'area è ritenuta molto idonea per quanto riguarda un eventuale prelievo per uso idropotabile.

- Sorgente SALETTE

L'area della sorgente "Salette" presenta più del 50% di acque captate per uso idropotabile, per cui può essere considerata meno idonea rispetto alle altre per un probabile attingimento per uso idropotabile nel territorio del Parco Nazionale dei Monti Sibillini.

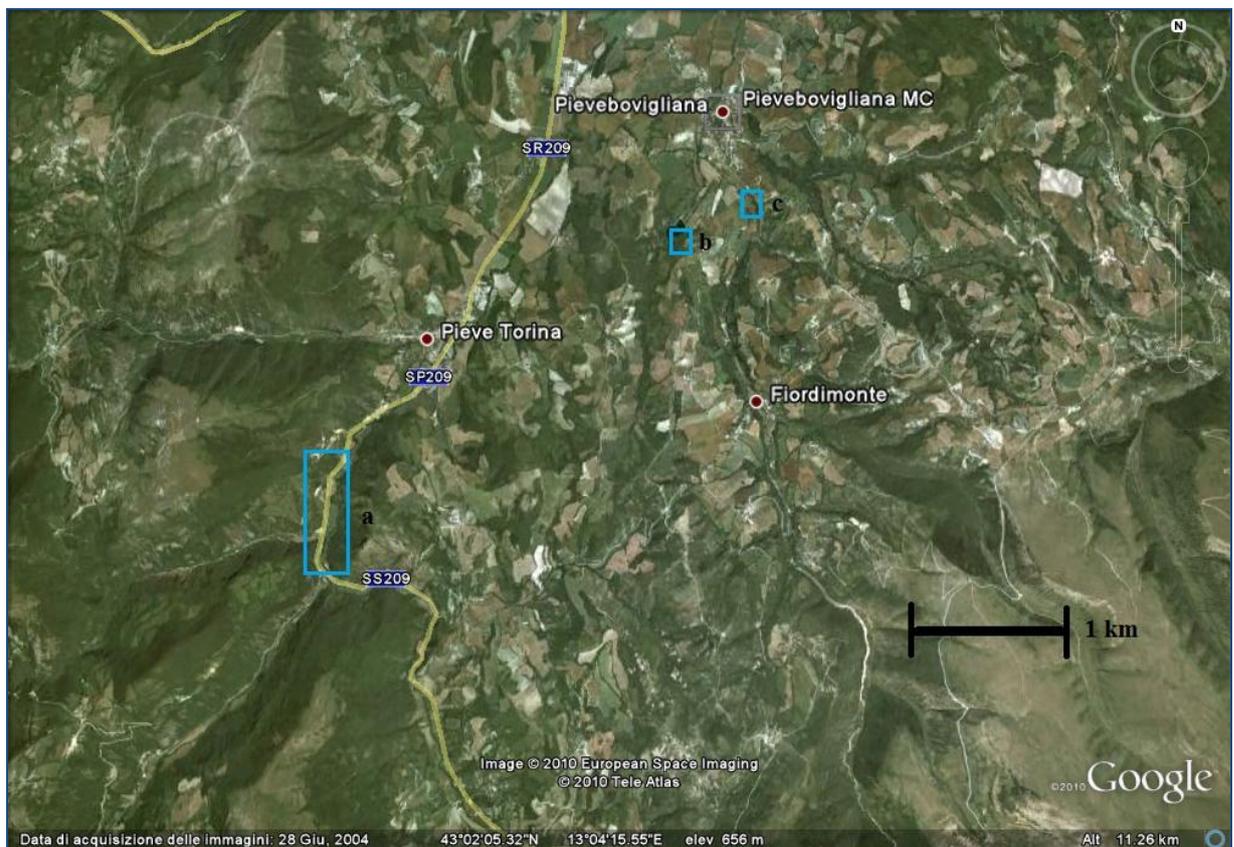


Fig. 61 – Aree idonee per prelievi idropotabili, a) “La Peschiera”; b) “Boccaforncace”; c) “Capodacqua”

Le aree appena descritte oltre ad essere idonee da un punto di vista quantitativo per l'elevata portata d'acqua erogata dagli acquiferi, dovrebbero essere idonee anche dal punto di vista qualitativo. Tutte le aree di ricarica sono infatti ubicate in settori di territorio particolarmente integri dal punto di vista ambientale.

Per l'eventuale utilizzo per scopi idropotabili della sorgente La Peschiera e della sorgente Boccafornace sono comunque necessarie analisi chimiche specifiche per verificare la reale condizione di potabilità delle acque.

Inoltre, per quanto riguarda l'area di Pievebovigliana e con riferimento alle sorgenti di Boccafornace e Capodacqua, dal sito del Genio Civile della Provincia di Macerata è stato rilevato che gli enti Provinciali hanno in progetto ulteriori derivazioni per uso idroelettrico, quindi, si ipotizza in futuro un sovrasfruttamento della risorsa idrica in quest'area per scopi che già ad oggi risultano alquanto elevati, in una zona in cui la percentuale di centrali idroelettriche è già elevata.

Pertanto, nei lavori e studi futuri, si consigliano verifiche più approfondite anche presso gli enti sopraindicati e preposti al controllo delle risorse idriche al fine di evitare eccessivi utilizzi per scopi idroelettrici favorendo, invece, prelievi per scopi idropotabili a servizio della Regione Marche ed in particolar modo per il Parco Nazionale dei Monti Sibillini.

9. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono riportati i risultati ottenuti dal rilevamento idrogeologico nell'alto bacino del Fiume Chienti, eseguito nel periodo agosto-novembre 2010.

Il lavoro ha avuto come obbiettivo l'aggiornamento della valutazione quantitativa delle risorse idriche sotterranee per la loro gestione e il loro utilizzo nel Parco Nazionale dei Monti Sibillini, con lo scopo di approfondire i risultati ottenuti da uno studio realizzato nel 2007 dal DST sull'intero territorio del Parco Nazionale dei Monti Sibillini (BONI & PETITTA, 2007).

La ricerca ha avuto una fase di approfondimento conoscitivo dell'assetto idrogeologico con l'individuazione dei principali acquiferi; una fase di campionamento delle principali sorgenti e una fase in cui sono state valutate le risorse idriche presenti nell'area in modo tale da individuare aree idonee per il futuro approvvigionamento idropotabile della Regione Marche e del Parco Nazionale dei Monti Sibillini.

L'area di studio si trova nella Regione Marche, nella provincia di Macerata, e confina ad ovest con l'Umbria, in particolare con la piana di Colfiorito e con il settore nord – occidentale del Parco Nazionale dei Monti Sibillini istituito con il D.P.R il 6 Agosto 1993.

Geologicamente l'area ricade nel settore di Appennino dove affiora la successione pelagica umbro – marchigiana caratterizzata dalle note successioni che vanno dal Calcarea Massiccio ai depositi terrigeni con la distinzione delle varie serie complete, condensate e lacunose. Queste formazioni e le formazioni di copertura sono state classificate in nove complessi idrogeologici caratterizzati dalla medesima capacità di immagazzinare l'acqua di precipitazione (infiltrazione efficace): Corniola e Calcarea Massiccio, Calcarea – Silico –Marnoso, Maiolica, Marne a Fucoidi, Scaglia Calcarea, Calcarea – Marnoso, Depositi Terrigeni, Depositi Alluvionali e Fluvio – Lacustri e Depositi detritici di versante.

Strutturalmente nella zona di studio sono presenti principalmente pieghe e sovrascorrimenti generatesi per compressione con direzione prevalentemente SW – NE con movimento delle masse rocciose verso NE; il sovrascorrimento principale

presente nell'area è quello di Visso – Monte Cavallo ed assume il ruolo idrogeologico regionale di limite a flusso nullo per la circolazione idrica profonda.

L'idrogeologia dell'area, condizionata dall'assetto geologico strutturale, è caratterizzata da reticoli di drenaggio che incidono trasversalmente le strutture raggiungendo la quota di saturazione degli acquiferi contenuti nelle dorsali. E' così che si alimentano le "sorgenti lineari" (tratti di alveo con incrementi naturali della portata) che sono la modalità di emergenza delle acque sotterranee più frequente nell'area studiata.

Per ricostruire il quadro idrogeologico della zona, e per valutare l'entità della risorsa idrica sotterranea è stato utilizzato il "metodo diretto" dell'idrogeologia quantitativa, che partendo dalla fine del processo idrogeologico, vale a dire dalla misura della portata erogata dalle sorgenti, arriva alla valutazione dell'infiltrazione efficace delle aree di ricarica e alla delimitazione dei bacini idrogeologici.

Per questo scopo, infatti, sono state effettuate due campagne di misura della portata nell'alveo dei principali corsi d'acqua della zona. In totale sono state controllate 61 sezioni di misura, 28 nel mese di Agosto e 33 nel mese di Novembre, di cui 10 nel bacino del Chienti di Gelagna, 17 in quello del Chienti di Pieve Torina; 5 sezioni sono state ubicate lungo l'alveo del Torrente Fornace ed 1 finale a valle della confluenza tra il Chienti di Pieve Torina e il Chienti di Gelagna.

Le sezioni di misura della portata sono state ubicate in corrispondenza dell'affioramento di complessi idrogeologici con ruolo di aquitard e/o aquiclude al fine di misurare la quantità di acqua sotterranea che emerge in corrispondenza di ciascun complesso idrogeologico inciso dal corso d'acqua.

E' stato eseguito il censimento delle principali sorgenti puntuali e dove le portate erano significative è stata effettuata anche la misura; sempre in questa fase sono stati misurati i principali parametri chimico – fisici per ricostruire il quadro completo della distribuzione territoriale dei principali punti di emergenza delle acque sotterranee.

Al rilevamento idrogeologico di campagna ha fatto seguito la fase di elaborazione dei dati attraverso la ricostruzione della portata naturale, con il riconoscimento e valutazione delle principali derivazioni presenti lungo i corsi d'acqua, e l'individuazione delle sorgenti lineari in corrispondenza dei tratti di alveo con incrementi di portata significativi.

L'ubicazione delle sezioni di misura e i valori di portata misurata sono riportati nella **Carta Idrologica** alla scala 1: 20.000 (Allegato 1). L'interpretazione idrogeologica dei dati raccolti è contenuta nella **Carta Idrogeologica** alla scala 1: 20.000 (Allegato 2), dove sono riportati tutti i complessi idrogeologici presenti nell'area e le sorgenti lineari e puntuali individuate con i rispettivi valori di portata.

Le risorse idriche sotterranee complessivamente valutate nell'area di studio e relative al periodo Agosto – Novembre variano da un minimo di circa 2000 L/s nel mese di novembre ad un massimo di circa 2500 L/s nel mese di agosto, di cui il 19 % emerge nel bacino del Chienti di Gelagna (620 L/s in agosto e 295 L/s in novembre), il 43 % nel bacino del Chienti di Pieve Torina (1090 L/s in agosto e 825 L/s in novembre) e il restante 38 % nel bacino del Torrente Fornace (800 L/s in agosto e 960 L/s in novembre).

Nel bacino del Chienti di Gelagna la sorgente più significativa (310 L/s nel mese di agosto e 265 L/s nel mese di novembre) emerge nell'alveo del fiume tra Bavareto e Ponte di Gelagna tra le quote 575 e 535 metri, in corrispondenza del fronte di sovrascorrimento Visso – Monte Cavallo che chiude idraulicamente la circolazione idrica sotterranea della dorsale di Monte Igno lungo il suo fianco orientale.

Nel bacino del Chienti di Pieve Torina la principale emergenza di acque sotterranee si trova tra quota 519 metri e 419 metri nell'area della sorgente “La Peschiera” con 570 L/s nel mese di Agosto e 495 L/s nel mese di Novembre, in corrispondenza della locale chiusura idraulica esercitata dal complesso delle Marne a Fucoidi nei confronti della circolazione idrica sotterranea che si svolge nel Complesso delle Maiolica.

Nel bacino del Torrente Fornace le risorse idriche sotterranee emergono tutte in corrispondenza di due sorgenti puntuali (Capodacqua a quota 460 metri, 360 L/s nel mese di Agosto e 305 L/s nel mese di Novembre; Boccafornace a quota 470 metri, 440 L/s nel mese di Agosto e 635 L/s nel mese di Novembre) poste in corrispondenza della chiusura idraulica esercitata dal Complesso Calcareao – Marnoso nei confronti della circolazione idrica sotterranea della Scaglia Calcarea.

Dai risultati ottenuti appare evidente che le maggiori risorse idriche sotterranee emergono nei bacini del Chienti di Pieve Torina e del Torrente Fornace, soprattutto in prossimità di tre importanti sorgenti dell'area di studio che sono: “La Peschiera” (Chienti di Pieve Torina), “Capodacqua” e “Boccafornace” (Torrente Fornace). Le

risorse idriche presenti nel bacino del Chienti di Gelagna non sono state ritenute quantitativamente significative nel contesto idrogeologico regionale.

La valutazione delle risorse idriche ottenuta è stata confermata dai risultati ottenuti dalla scomposizione degli idrogrammi mensili relativi alle stazioni idrometriche del Chienti a Ponte di Giove (ramo del Chienti di Gelagna e ubicata a quota 429 metri subito a valle di Muccia) e del Chienti a Pieve Torina (ramo del Chienti di Pieve Torina ubicata a quota 445 metri, a valle della confluenza con il Torrente Sant'Angelo). I valori del flusso di base mensile calcolati per il periodo agosto – novembre risultano, infatti, confrontabili con quelli della portata delle sorgenti complessivamente misurata nella campagna di rilevamento idrogeologico di agosto-novembre 2010.

Per l'allestimento del modello idrogeologico concettuale della circolazione idrica profonda, che ha previsto la distinzione dei diversi acquiferi che alimentano le sorgenti individuate, sono state realizzate 4 **sezioni idrogeologiche** riportate nell'Allegato 3.

La ricostruzione delle sezioni ha consentito di ricostruire la geometria profonda dei due acquiferi principali:

- l'acquifero basale regionale, corrispondente all'acquifero profondo in cui circolazione idrica si svolge prevalentemente nei complessi idrogeologici della Corniola – Calcarea Massiccio e della Maiolica;
- l'acquifero della scaglia, con circolazione idrica meno profonda contenuta nel complesso della Scaglia Calcarea e sostenuta sull'acquifero sottostante dall'aquiclude delle marne a fucoidi.

Sempre dalle sezioni idrogeologiche è possibile osservare il ruolo di aquiclude dei complessi meno permeabili delle Marne a Fucoidi e del Complesso Calcarea – Marnoso.

La ricostruzione delle sezioni idrogeologiche, l'analisi della distribuzione areale delle principali sorgenti e il riconoscimento del ruolo idrogeologico dei principali lineamenti strutturali dell'area ha consentito di individuare quattro idrostrutture, di cui è stato calcolato il bilancio idrogeologico (vedi tabella 7 e figura 58) assumendo che le portate misurate nel periodo agosto – novembre 2010 siano rappresentative dei valori di massima magra del regime di erogazione delle sorgenti. Il valore di infiltrazione

efficace desunto, deve quindi considerarsi sottostimato rispetto ad corrispondente valore medio annuo.

Le idrostrutture “a” e “b” risulterebbero idraulicamente indipendenti con valori di infiltrazione efficace di circa 400 mm/anno.

Nell'idrostruttura a è possibile distinguere un acquifero profondo alimentato esclusivamente dagli affioramenti dei complessi della Corniola – Calcare Massiccio e della Maiolica con un' infiltrazione efficace media di 395 mm/anno. L'acquifero della Scaglia risulta saturo alla quota di scorrimento del fiume solo nel mese di agosto; nel mese di novembre infatti non sono state rilevati sorgenti alimentate da questo acquifero.

Per l'idrostruttura “b”, dove è stata riconosciuta solo la circolazione idrica dell'acquifero della scaglia, è stata calcolata un'infiltrazione efficace di 405 mm/anno.

Nell'idrostruttura “c” è stata confermata l'ipotesi di interconnessione idraulica fra l'acquifero basale e quello profondo, già avanzata da Tarragoni (2005) e Boni e Petitta (2007), per giustificare la portata della sorgente “La Peschiera”. L'infiltrazione efficace di questa idrostruttura risulta quindi di 595 mm/anno.

Sulla base dei risultati dei calcoli di bilancio è stata ipotizzata anche una continuità idraulica fra gli acquiferi della scaglia dell'idrostruttura “c” e dell'idrostruttura “d”. In particolare, la circolazione idrica della scaglia dell'idrostruttura “c”, oltre ad alimentare per drainance l'acquifero basale alimenterebbe in parte anche l'acquifero della scaglia dell'idrostruttura “d”, trovando il suo livello di base nelle sorgenti Capodacqua e Boccafornace.

Per quanto riguarda la gestione e l'utilizzo delle risorse idriche sotterranee vengono suggerite le aree che sono risultate più idonee ad un eventuale progetto di sfruttamento idropotabile. Le aree individuate corrispondono ai punti di emergenza delle seguenti sorgenti:

- sorgente Capodacqua, di cui attualmente viene captato solo il circa il 3 % per uso potabile e il restante 97% per uso idroelettrico;
- sorgente Boccafornace, attualmente interamente sfruttata per la produzione di energia elettrica;
- sorgente La Peschiera, attualmente non utilizzata.

Le sorgenti descritte oltre ad essere idonee da un punto di vista quantitativo per l'elevata portata, dovrebbero essere idonee anche dal punto di vista qualitativo. Tutte le aree di ricarica sono infatti ubicate in settori di territorio particolarmente integri dal punto di vista ambientale. Per l'eventuale utilizzo per scopi idropotabili della sorgente La Peschiera e della sorgente Boccafornace sono comunque necessarie analisi chimiche specifiche per verificare la reale condizione di potabilità delle acque.

Bibliografia

- ACCORDI B. & MORETTI A. - (1967), Note illustrative del Foglio 131 'Foligno'. Serv. Geol. It. Rome, 57.
- BALLY A. W., BURBI L., COOPER C & GHELARDONI R (1986) – *La tettonica di scollamento dell' Appennino Centrale*, Atti 73° Congresso Società Geologica Italiana (1986), 75 – 78, Roma.
- BALLY A. W., BURBI L., COOPER C & GHELARDONI R (1988) – *Balanced sections and seismic reflection profiles across the Central Apennines*, Mem. Soc. Geol. It., 35, 257 – 310.
- BARCHI M., GUZZETTI F., LAVECCHIA G., LOLLI O., & BONTEMPO R. (1988) – *Sezioni geologiche bilnciate attraverso il sistema a pieghe umbro – marchigiano: 1) la sezopme Trevi – Valle dell'Ambro*. Boll. Soc. Geol. It., 107, 109 – 130.
- BOCCALETTI M., CALAMTA F., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., DEIANA G., MORATTI G., MICARELLI A., POTETTI M. (1986) – *Evoluzione dell'Appennino tosco – umbro – marchigiano durante il Neogene*, Giorn. Geol., 48, 227 – 233.
- BONI C.F. (2008) – DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, *Produzione scientifica del Professor Carlo Felice Boni*. SAPIENZA, UNIVERSITA' DI ROMA.
- BONI C.F. (2007) - *Le imponenti risorse idriche sotterranee rinnovabili dell'Appennino Centrale: quante sono, dove sono, come sono utilizzate*. In: Atti del convegno " La crisi dei sistemi idrici: approvvigionamento agro-industriale e civile". VII Giornata dell'Acqua. 22 marzo 2007. ROMA
- BONI C.F., BONO P., CAPELLI G. (1986) – *Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale – A)* Carta idrogeologica (scala 1:500.000); B) Carta idrologica (scala 1:500.000); C) Carta

dei bilanci idrogeologici e delle risorse idriche sotterranee (scala 1:1.000.000) – Mem. Soc. Geol. It. , 35 (2): 991-1012.

BONI C.F., BONO P., CAPELLI G., LOMBARDI S., ZUPPI G.M. (1986) – *Contributo all'idrogeologia dell'Italia Centrale: analisi critica e metodi di ricerca.* – Mem. Soc. Geol. It., 35, 947-956.

BONI C.F., CASCONI D., MASTRORILLO L., TARRAGONI C. (2005) – *Note illustrative della Carta idrogeologica delle dorsali interne umbro-marchigiane. Scala 1:50.000.* Pubblicazione N° 2865 CNR – Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche. ROMA: CNR-GNDCI (ITALY).

BONI C.F., FALCONE M., GIAQUINTO S., MARTINI E. & ZOPPIS L. (1991) – Risorse idriche sotterranee dei massicci carbonatici umbri – In “*Le acque sotterranee in Umbria*”, 49 – 64. A cura di Giaquinto S., Marchetti G., Martinelli A., Martini E. Pubbl. n° 413 del GNDCI-CNR, Protagon edit.

BONI C.F., MASTRORILLO L. (1993) – *Rilevamento idrogeologico dei Monti di Foligno* – Atti del Convegno “Ricerca e protezione delle risorse idriche sotterranee delle aree montuose”. Brescia, 24-25 Ottobre 1991. Quaderni di sintesi, 42, 247 – 268. A cura dell'Azienda Servizi Municipali di Brescia.

BONI C.F., MASTRORILLO L., PETITTA M. (1993b) – *Scomposizione della portata dei corsi d'acqua dell'Appennino Marchigiano con il metodo delle portate mensili caratteristiche* – Geologia Applicata e Idrogeologia, 28, Bari, 121-129

BONI C.F., MASTRORILLO L., PREZIOSI E. (1994) – *Simulazione numerica di acquiferi carbonatici: l'esempio della struttura Monte Maggio – Monte Penna (Nocera Umbra)* – Geologica Romana, 30, 27-36.

BONI C.F. & PETITTA M. (2008) – *Redazione informatizzata della cartografia idrogeologica tematica del territorio della Regione Umbria. Rapporto definitivo.*

Contratto di ricerca Regione Umbria – Giunta Regionale Direzione Regionale Ambiente, Territorio e Infrastrutture Servizi tecnici Regionali – Dipartimento di Scienze della Terra Università di Roma “La Sapienza”.

BONI C.F. & PETITTA M. (2007) – *Studio idrogeologico per l’identificazione e la caratterizzazione degli acquiferi che alimentano le sorgenti dei corsi d’acqua perenni dei Monti Sibillini, esteso all’intera area del Parco Nazionale. Rapporto definitivo*. Contratto di studio di ricerca Autorità di Bacino del Fiume Tevere – Parco Nazionale dei Monti Sibillini – Dipartimento di Scienze della Terra Università di Roma “La Sapienza”.

BONI C.F., & PETITTA M. (1994) – *Sorgenti lineari e valutazione dell’infiltrazione efficace in alcuni bacini dell’Italia centrale* – Quaderni di geologia applicata, 1, 99 – 113. Pitagora Bologna.

BONI C.F., PETITTA M., PREZIOSI E. & SERENI M. (1993a) – *Genesi e regime di portata delle acque continentali del Lazio* – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Ufficio Pubblicazioni, Collana di Monografie Scientifiche, Roma.

BONI C.F., & PREZIOSI E. (1994) – *Le sorgenti lineari nell’alto bacino del fiume Nera (Appennino umbro-marchigiano, Italia centrale)* – In: Rencontre internationale des Jeunes Chercheurs en Géologie Appliquée, 31-35. Lausanne 21 Avril 1994.

BONI C.F. & RUISI M. (2002) – *Nuovi metodi di valutazione delle risorse idriche rinnovabili nel bacino dell’Aterno-Pescara*. Convegno. Giornata mondiale dell’acqua, Roma 12/02/1999.

BOSCHERINI A., CHECCUCCI R., NATALE G. & NATALI N. (2005) – *Carta idrogeologica della Regione Umbria a scala 1 : 100.000*. Regione Umbria Direzione Politiche Territoriali, ambientali e Infrastrutture. Servizio Geologico. Giornale di Geologia Applicata 2.

- BISCI C. & DRAMIS F. (1991) – *La geomorfologia delle Marche. L' Ambiente fisico delle Marche – Regione Marche, Giunta Regionale – Assessorato Urbanistica – Ambiente, 1991 SELCA, Firenze.*
- BONCIO P. & LAVECCHIA G. (1999) – *I terremoti di Colfiorito (Appennino umbro-Marchigiano) del Settembre-Ottobre 1997: contesto tettonico e prime considerazioni sismogenetiche*, Boll. Soc. Geol. It. **118**, 229–236.
- CALAMITA F. (1990) – *Thrust and fold – related structures in the Umbria – Marche Apennines (Central Italy)*, *Annales Tectonicae*, 4, 83 – 177.
- CALAMITA F., CENTAMORE E., DEIANA G & MICARELLI A. (1986) – *Evoluzione tettonico – sedimentaria dell'area umbro – marchigiana dal Trias al Pleistocene*. Studi Geologi Camerti, “La Geologia delle Marche”, numero speciale in occasione del 73° Congresso della Società Geologica Italiana, 1986, 89 – 90.
- CALAMITA F., COLTORTI M., DEIANA G., DRAMIS F. & PAMBIANCHI G. (1982) – *Neotectonic evolution and geomorphology of the Cascia and Norcia depression (Umbria – Marche Apennine)*. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, **5**, 263-276.
- CALAMITA F., DEIANA G. (1986) – *Evoluzione strutturale neogenico – quaternaria dell'Appennino umbro – marchigiano*, Studi Geol. Camerti, vol. speciale “La geologia delle Marche”, 91 – 98.
- CALAMITA F. & DEIANA G. (1988) – *The arcuate shape of the Umbria – Marche – Sabina Apennines (Central Italy)*. *Tectonophysics*, 146 (1988), 139 – 147, Amsterdam.
- CALAMITA F. & PIZZI A. (1992) – *Tettonica quaternaria nella dorsale appenninica umbro – marchigiana e bacini intrappenninica associati*. Studi Geologi Camerti Volume speciale “Evoluzione geomorfologica e tettonica quaternaria

dell'Appennino centro – meridionale. Atti del convegno – escursione Camerino – Salerno, 6 – 10 Luglio 1992.

CAPRARI M., & NANNI T. (1999) – *Idrogeologia della dorsale carbonatica del M. Catria – M. Nerone (Appennino umbro – marchigiano settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 118: 313 – 326.

CELLO G., MAZZOLI S., TONDI E. & TURCO E. (1997) - *Active tectonics in the central Apennines and possible implications for seismic hazard analysis in peninsular Italy*, Tectonophysics 272, 43–68.

CENTAMORE E., CHIOCCHINI M., DEIANA G., MICARELLI A. & PIERUCCINI U. (1971) – *Contributo alla conoscenza del Giurassico dell'Appennino Umbro – Marchigiano*. Studi Geologi Camerti 1, 1971.

CENTAMORE E., DEIANA G., DRAMIS F & PIERUCCINI U. (1980) – *Morphotectonic characteristics of the Umbria – Marche Apennine*. Studi Geologi Camerti, 6 (1980), 31 – 35.

CENTAMORE E., DEIANA G., MICARELLI A & POTETTI M. (1986) – *Il Trias – Paleogene delle Marche*. Studi Geologi Camerti “La geologia delle Marche”, numero speciale in occasione del 73° Congresso della Società Geologica Italiana, (1986), 9 – 27.

CENTAMORE E., JACOBACCI A., MARTELLI G., (1972) – *Modello strutturale umbro .marchigiano. Correlazioni possibili con le regioni adiacenti*, Boll. Soc. Geol. It., 93, 155 – 188.

COLTORTI M. & BOSELLINI A. (1980) - *Sedimentazione tettonica nel Giurassico della dorsale marchigiana*. *Studi Geologici Camerti*, IV, 13-21.

- COOPER C. & BURBI L. (1988) – *The Geology of the Central Sibillini Mountains*, Mem. Soc. Geol. It., 35, 322 – 347.
- DALLAN NARDI L., ELTERN P. & NARDI R. (1971) – *Considerazioni sull’arco dell’Appennino settentrionale e sulla linea Ancona – Anzio*. Boll. Soc. Geol. It., 90, 203 – 211.
- DAMIANI A., DAMIANI V & MORETTI A. (1967) – *Segnalazione di un episodio lacustre wurmiano nell’alta valle del Chienti (Marche)*. Boll. Soc. Geol. It., 87, 171 – 181. 4 ff.
- DRAMIS F & DEIANA G. (1972) – *Le sorgenti della provincia di Macerata*. Cam. Comm. Ind. Artig. e Agr di Macerata, vol. I – II, Macerata.
- GREGORI L. (1990) – *Geomorfologia e neotettonica dell’area di Colfiorito*, Geog. Fis. e Din. Quat. **13**(1), 43–52.
- KOOPMAN A. (1983) – *Detachment tectonics in the Central Apennines, Italy*, Geol. Utraiectina, 30, 1 – 155.
- LAVECCHIA G. (1981) – *Appunti per uno schema strutturale dell’Appennino umbro – marchiagiano: 3 – Lo stile deformativo*, Boll. Soc. Geol. It., 100, 271 – 278.
- LAVECCHIA G (1985) – *Il sovrascorrimento dei Monti Sibillini: analisi cinematica e strutturale*. Boll. Soc. Geol. It., 104 (1985), 161 – 194, Roma.
- LAVECCHIA G., MINELLI G., PIALLI G. (1987) – *Contractional and exstensional tectonics along the Trasimeno Lake – Pesaro transect (Central Italy)*, in: “The litosphere in Italy. Advances in Earth Science Research”, preprint volume edited by A. Boriani, M. Bonafede, G. Piccardo, G.B Vai, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.

- LAVECCHIA G. & PIALLI G. (1980) – *Appunti per uno schema strutturale dell'Appennino umbro – marchigiano: 2) la copertura*, Studi Geologi Camerti 6, 23 – 30.
- MASTRORILLO L. (1996) – *Contributo alla valutazione delle risorse idriche sotterranee dell'Appennino carbonatico marchigiano*. Quaderni di Geologia Applicata 1/1996: 25 – 35.
- MASTRORILLO L. (1994) – *Idrogeologia quantitativa delle dorsali carbonatiche dell'Appennino marchigiano: valutazione delle risorse idriche rinnovabili*. Tesi di Dottorato in Scienze della Terra. Università degli studi di Roma “La Sapienza”.
- MASTRORILLO L., BALDONI T., BANZATO F., BOSCHERINI A., CASCONI D., CHECCUCCI R., PETITTA M. & BONI C. (2009) – *Analisi idrogeologica quantitativa del dominio carbonatico umbro*, Italian Journal of Engineering Geology and Environment, 1 (2009).
- MASTRORILLO L. & PETITTA M. (2010) - *Effective infiltration variability in the Umbria-Marche carbonate aquifers of central Italy*. Journal of Mediterranean Earth Sciences **2** (2010).
- NANNI T. (1991) – *Idrogeologia*. Da “L'ambiente fisico delle Marche”, Regione Marche, Assessorato Urbanistico, Ed. S.E.L.C.A. (FI), 115 – 209.
- PERNO U. (1969) - Note illustrative del Foglio 123 “Assisi”. *Serv. Geol. It.*, Rome, 76.
- PERRONE E. (1910) – *Reno, Lamone, Fiumi Uniti, Savio, Marecchia, Foglia, Metauro, Esino, Potenza, Chienti, Tenna, Aso ed altri minori. Pozzi artesiani della pianura emiliana, dal Panaro alla Marecchia e del litorale Adriatico, da Porto Corsini a Pesaro*. Min. Agr. Ind. E Comm., Mem. Illustrative della Carta idrografica d'It., 35, Roma.

- PIZZI A. (1992) – *Faglie recenti ed attive e origine delle depressioni tettoniche. Esempi dell'Appennino umbro – marchigiano*. Tesi di Dottorato, Università della Calabria, 172.
- PREZIOSI E. (2007) – *Simulazioni numeriche di acquiferi carbonatici in aree corrugate: applicazioni al sistema idrogeologico della Valnerina (Italia centrale)*. Quaderno 125. Istituto di Ricerca sulle Acque – CNR.
- REGIONE MARCHE GIUNTA REGIONALE, SERVIZIO AMBIENTE E PAESAGGIO, POSIZIONE DI FUNZIONE INFORMAZIONI TERRITORIALI E BENI PAESAGGISTICI - *CARTA GEOLOGICA REGIONALE, EDIZIONE CTR SCALA 1 : 10.000*. Dipartimento Scienze del Mare, Università Politecnica delle Marche Rilievo effettuato negli anni 1996-2003 - Progetto Docup, Ob 5b e Progetto CARG.
- REGIONE MARCHE GIUNTA REGIONALE, Ufficio Cartografia e Informazioni Territoriali - *CARTA TECNICA REGIONALE EDIZIONE CTR SCALA 1 : 10.000*.
- SALVINI F.R. & VITTORI E. (1982) – *Analisi strutturale della linea Olevano – Antrodoco – Posta (Ancona – Anzio Auct.): metodologia di studio delle deformazioni fragili e presentazione del tratto meridionale*, Mem. Soc. Geol. It., 24, 337 – 335.
- SCARSELLA F. (1951) – *Un aggruppamento di pieghe dell'Appennino Umbro – Marchigiano. La catena : M. Nerone – M. Catria – M. Cucco – M. Penna – Colfiorito – M. Serano*. Bollettino Servizio Geologico Italiano, 73 (1951), 307 – 320.
- TARRAGONI C. (2005) – *Definizione dell'assetto idrogeologico dei Monti Sibillini e sua verifica col contributo della simulazione numerica delle condizioni di flusso e dell'Idrologia isotopica*. Tesi di Dottorato. Università degli Studi di Roma “La Sapienza”.

SITI WEB

ATO, 1999 – *Autorità d'ambito Territoriale Ottimale* N°3. MARCHE CENTRO.

www.ato3marche.it

GENIO CIVILE MACERATA - <http://geniocivile.provincia.mc.it/>

PARISI G & MONTANARI A., 2000 - <http://www.unipg.it/~gparisi/>

SIT - SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE, Provincia di Macerata -
<http://geniocivile.provincia.mc.it/>